

國立臺灣師範大學科學教育研究所博士班
博士論文

指導教授：邱美虹博士

以科技為基礎之課室互動教學環境
對於國中學生細胞分裂概念學習之影響

Study the Influence of Technology-enhanced Interactive
Teaching Environment on Student Learning of Junior High
School Biology—A Case Study of ‘Cell Division’

研究生：楊 凱 悌

中華民國 101 年 5 月

誌 謝

在博士論文即將完成之際，回首這段求學路，我深深地覺得自己很幸運，一路上遇到許多師長的鼓勵、指導與提攜，讓我在求學階段每每遇到困難，都可以一步步地跨越並往前邁進，而我的父母親也在求學過程中，無怨無悔地給予支持與幫助，以及多位在職老師在我攻讀博士學位期間，協助研究的進行，這些都是我要感謝的人，僅以本文獻上最誠摯的謝意。

首先，要感謝指導教授—國立臺灣師範大學科學教育研究所邱美虹教授，在博士求學生涯的指導與教誨，讓我在獲得專業知識的同時，也瞭解許多待人接物的方法，而老師的鼓勵與指導也讓我在求學的過程走得更為順心。接著，我要感謝國立彰化師範大學生物學系黃世傑教授的啟蒙，讓我自大學期間起，便開始培養對於科學教育與數位學習研究領域的濃厚興趣。除此之外，也要感謝學位論文口試委員國立彰化師範大學科學教育研究所王國華教授、國立臺北教育大學自然科學教育系盧玉玲教授、國立屏東教育大學數理教育研究所林曉雯教授以及國立臺灣師範大學科學教育研究所張文華教授在論文上所提供的寶貴建議，讓我的博士論文更臻完善，在此亦向教授們獻上誠摯的謝意與敬意。

我要將論文完成的喜悅和榮耀與我的父母親、外子與公婆分享，感謝父母親在求學過程中的支持與協助，讓我能夠在求學期間全力以赴、無後顧之憂，猶記得爸媽在我奔波臺中教書與臺北求學時，在清晨與深夜一起載送我搭車往返，在我遭遇困難時，當我傾訴的對象，幫我加油打氣；外子亦在我求學的路上不斷地給我許多的支持、鼓勵與信心，此外，我也要感謝外子的鼓勵，讓我順利考取了ACA Flash 與 ACA Photoshop 國際資訊證照，讓我在進行博士論文研究時，具備充足的能力開發論文所需的各類 IWB 互動數位教材；公婆也在我論文完成之際

給予許多的支持，倘若沒有他們在求學路上的全力支持、當我的後盾，我將走得更加艱辛。

最後，我要感謝臺中市立育英國中的支持，讓我可以順利攻讀博士學位，也要感謝行政院國家科學委員會專題研究計畫(計畫編號：NSC 99-2511-S-134-002-MY3)的支持，讓本論文在研究資料的蒐集上更加順利。期待這個論文的完成，在學術研究方面，可以對科學教育與數位學習研究領域，能有具體之貢獻，在教學實務方面，亦可以做為教師進行資訊融入教學的參考。

以科技為基礎之課室互動教學環境 對於國中學生細胞分裂概念學習之影響

摘要

近年來，互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)整合白板與電腦間雙向互動操作以及多媒體整合呈現之創新，讓 IWB 融入教學成為各國政府之支持與推動的政策，我國亦於 2006 年起政策性推動 IWB 融入各級學校之教學；因此，本研究嘗試探究 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學效益。本研究由文獻分析，依據細胞分裂主題之資訊融入教學的建議與 IWB 之教學應用的建議，並參考 Richard E. Clark、Robert B. Kozma 與 Richard E. Mayer 之論點，發展出「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」以及「質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌」兩個論點作為本研究之立論基礎，發展以 IWB 為基礎之課室互動教學活動，並針對 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益進行深入評估。

本研究採準實驗研究設計，將參與研究之國中一年級學生共 107 人，分為「傳統資訊融入教學組」(n=57)與「IWB 融入教學組」(n=50)，「傳統資訊融入教學組」於傳統課室環境中應用 Microsoft PowerPoint 進行教學，「IWB 融入教學組」則是於傳統課室環境中應用 IWB 進行教學。在教學進行前，先針對研究對象實施細胞分裂主題之總結性評量前測、細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)前測與 Kolb 學習風格量表，以收集量化資料；接著進行為期一週的教學，在教學過程中，進行全程課室錄影，以收集質性資料；教學結束後，再實施細胞分裂主題之總結性評量後測、TDTCD 問卷後測與建構式多媒體學習環境問卷(Constructivist Multimedia Learning Environment

Survey, CMLES), 以蒐集量化資料。本研究針對蒐集到的質性與量化資料進行分析, 結果發現:

- 一、相較於傳統資訊融入教學, 學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之環境中進行學習, 有較佳之學習效益與概念改變情形。
- 二、相較於傳統資訊融入教學, 學生認為 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學環境較符合建構式學習環境。
- 三、相較於傳統資訊融入教學, 在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之環境中進行教學, 師生互動模式偏向於教師減少講述教學而學生主動參與教學活動之情形增加。
- 四、不同學習風格學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題, 其學習效益與概念改變具有差異。
 1. 經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生, 在 IWB 融入細胞分裂主題教學環境之學習效益與概念改變情形, 顯著優於傳統資訊融入教學環境。
 2. 經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生, 在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題, 均能獲得相等之學習效益與概念改變情形。
 3. 經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生, 在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題, 均能獲得相等之學習效益; 但是在概念改變情形上, 則以 IWB 融入教學環境下之概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學佳。
 4. 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題, 能獲得相等之整體學習效益與概念改變情形。

五、不同學習風格學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題，其在 CMLES 問卷中呈現之對於學習環境的感受情形具有差異。經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，對於 IWB 融入教學環境之感受顯著較傳統資訊融入教學環境佳，特別是在「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」之學習感受上，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生，對於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生則對於兩種資訊融入教學環境有相同正向的學習感受。

六、不同學習風格個案學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題，其課程參與度具有差異。經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下有較高之參與度，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下均有高參與度，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下多有高參與度，但在「減數分裂之意義與過程」子概念之學習，以在 IWB 融入教學環境下之參與度較高。

關鍵字：細胞分裂、互動教學、互動式電子白板、學習環境、學習風格、科技輔助科學學習效益之三元決定論

Study the Influence of Technology-enhanced Interactive Teaching Environment on Student Learning of Junior High School Biology— A Case Study of ‘Cell Division’

Abstract

In recent years, Interactive Whiteboard (IWB) triggers the innovation of combining the bi-directional interactive operation between whiteboards and computers with multi-media presentation, which makes many countries support and promote the policy of integrating IWB into teaching. Taiwan also launched the policy to promote integrating IWB into teaching in various levels of schools in 2006. This study tries to investigate the effectiveness of integrating IWB into teaching of the ‘cell division’ concept in junior high school Biology. Referring to related literature, this study concludes the suggestions for effective teaching of ‘cell division’ concept. This study also refers to the viewpoints proposed by Richard E. Clark, Robert B. Kozma and Richard E. Mayer to develop two statements as its own theoretical basis: ‘Triadic Determinism of the Effectiveness of Technology-enhanced Science Learning: Attributes of Learning Technology, Teaching Methods and Learner Characteristics’ and ‘Research Methodology Emphasizing Both Quality and Quantity can Help Clarify the Full View of Technology-enhanced Science Learning.’ Based on above, this study develops IWB-based classroom interaction teaching activities and evaluates its effectiveness of integrating IWB into the teaching of ‘cell division’ concept in junior high school.

This study adopts the quasi-experimental design. There are 107 junior high school first-graders participating in this research. They are divided into the ‘integrating traditional technology into teaching group (n=57)’ and the ‘integrating IWB into teaching group (n=50).’ Microsoft PowerPoint is used to teach those in the ‘integrating traditional technology into teaching group’ in traditional classroom. On the other hand, IWB is used to teach students in the ‘integrating IWB into teaching group’ in traditional classroom. Before instruction, quantitative data is collected by administering the pre-test of summative assessment for ‘cell division’, pre-test of two-tier diagnostic test for ‘cell division’ (TDTCD) and ‘Kolb’s Learning Style Scale’. During one-week instruction, qualitative data is collected by recording the classroom teaching activities. After instruction, quantitative data is collected by administering the post-test of summative assessment for ‘cell division’, post-test of TDTCD and ‘Constructivist Multimedia Learning Environment Survey (CMLES).’ This study analyzes the collected qualitative and quantitative data and the results are listed below:

1. Compared to the students learning in the environment of integrating traditional technology into teaching, those who learn in the environment of integrating IWB into teaching of the ‘cell division’ concept in junior high school have better effectiveness in learning and conceptual change.
2. Compared to integrating traditional technology into teaching, students think that integrating IWB into teaching of the ‘cell division’ concept in junior high school better fits into the constructivist learning environment.
3. Compared to integrating traditional technology into teaching, reduced teacher instruction and improved student active participation in teaching activities are more commonly observed in teacher-student interaction in the environment of

integrating IWB into teaching of the 'cell division' concept in junior high school.

4. Students of different learning styles have different effectiveness in learning and conceptual change when learning the 'cell division' concept in different types of integrating technology into teaching.

- (1). Students who prefer 'concrete experience' in grasping learning experience have significantly better effectiveness in learning and conceptual change when learning the 'cell division' concept in IWB-integrated teaching environment than in traditional technology-integrated environment.

- (2). Students who prefer 'abstract conception' in grasping learning experience have similar effectiveness in learning and conceptual change when learning the 'cell division' concept in IWB-integrated teaching environment and in traditional technology integrated environment.

- (3). Students who prefer 'active experiencing' in transforming learning experience have similar effectiveness in learning when learning the 'cell division' concept in IWB-integrated teaching environment and in traditional technology integrated environment. However, they have better effectiveness in conceptual change when learning in IWB-integrated teaching environment than in traditional technology integrated environment.

- (4). Students who prefer 'reflective observation' in transforming learning experience have similar effectiveness in learning and conceptual change when learning the 'cell division' concept in IWB-integrated teaching environment and in traditional technology-integrated environment.

5. Students of different learning styles have different attitudes toward learning environment in the CMLES when learning the 'cell division' concept in different types of integrating technology into teaching. Students who prefer 'abstract

conception' in grasping learning experience have significantly more positive attitudes toward IWB-integrated teaching environment, especially for 'Learning to Investigate,' 'Learning to Think,' 'Relevance,' 'Ease to Use' and 'Challenge' subscales, than toward traditional technology-integrated environment. Students who prefer 'active experiencing' in transforming learning experience have more positive attitudes toward IWB-integrated teaching environment in 'Learning to Investigate,' 'Learning to Think' and 'Challenge' subscales than toward traditional technology-integrated environment. Students who prefer 'concrete experience' in grasping learning experience and those who prefer 'reflective observation' in transforming learning experience have the same positive attitudes toward the two types of integrating technology into teaching.

6. Students of different learning styles have different levels of classroom participation when learning the 'cell division' concept in different types of integrating technology into teaching. Students who prefer 'concrete experience' in grasping learning experience and those who prefer 'active experiencing' in transforming learning experience have higher participation in the IWB-integrated teaching environment. Students who prefer 'abstract concepts' in grasping learning experience have high participation in the two types of integrating technology into teaching. Students who prefer 'reflective observation' in transforming learning experience also have high participation in the two types of integrating technology into teaching; however when learning the sub-concept of 'meaning and process of meiosis,' they have higher participation in the IWB-integrated teaching environment.

Keyword : cell division, interactive teaching, Interactive Whiteboard, learning environment, learning style, Triadic Determinism of the Effectiveness of Technology-enhanced Science Learning

目 錄

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 第壹章、緒論 | 1 |
| 第一節 研究背景與研究動機..... | 1 |
| 第二節 研究目的與待答問題..... | 6 |
| 第三節 名詞釋義..... | 17 |
| 第四節 研究範圍與限制..... | 19 |
| 第貳章、文獻探討 | 20 |
| 第一節 科技輔助科學學習..... | 21 |
| 一、 科技輔助科學學習的多元觀點..... | 21 |
| (一) 媒體僅是載具不會影響學習—Clark 的觀點..... | 24 |
| (二) 媒體特有的屬性可以輔助學習—Kozma 的觀點..... | 31 |
| (三) Clark 與 Kozma 論點之比較..... | 37 |
| 二、 Mayer 的多媒體認知學習理論..... | 44 |
| 三、 科技輔助科學學習之當代趨勢..... | 47 |
| 四、 小結..... | 48 |
| 第二節 互動式電子白板在教育上的應用..... | 55 |
| 一、 IWB 之發展史及其在教育上的應用..... | 55 |
| (一) IWB 之發展史與其作為教學與學習工具的潛在優勢..... | 56 |
| (二) IWB 在科學學習上之應用..... | 58 |
| 二、 各國將 IWB 融入教學之現況..... | 60 |
| (一) 英國推動 IWB 融入教學之現況..... | 60 |
| (二) 其他國家推動 IWB 融入教學的現況..... | 61 |
| 三、 我國推動 IWB 融入教學之現況..... | 63 |
| 四、 IWB 融入教學之實徵性研究..... | 63 |
| (一) 國外相關研究..... | 64 |
| (二) 國內相關研究..... | 64 |
| 五、 小結..... | 65 |
| 第三節 生物學細胞分裂主題之迷思概念與教學設計..... | 70 |
| 一、 細胞分裂主題的重要性及其內涵..... | 70 |
| (一) 細胞分裂主題的重要性..... | 70 |
| (二) 細胞分裂主題的內涵..... | 71 |
| 二、 細胞分裂主題之迷思概念..... | 76 |
| 三、 細胞分裂主題之數位教學設計的原則..... | 80 |
| (一) 次微觀結構的具象化..... | 80 |
| (二) 動態本質的視覺化..... | 82 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| (三) 概念差異性的比較..... | 83 |
| (四) 由微觀到次微觀的教學順序..... | 85 |
| 四、 小結..... | 85 |
| 第四節 學習風格與數位學習..... | 88 |
| 一、 Kolb 學習風格..... | 88 |
| (一) Kolb 學習風格之理論..... | 88 |
| (二) Kolb 學習風格之量測..... | 91 |
| 二、 Kolb 學習風格與數位學習之相關性實徵研究..... | 92 |
| 三、 小結..... | 94 |
| 第五節 學習環境之師生互動設計..... | 96 |
| 一、 學習環境..... | 96 |
| (一) 學習環境的重要性..... | 97 |
| (二) 學習環境感受之量測..... | 104 |
| 二、 師生互動..... | 106 |
| (一) 師生互動的重要性..... | 107 |
| (二) 師生互動模式..... | 108 |
| (三) 師生互動模式之分析法—FIAC 系統..... | 110 |
| (四) 應用 FIAC 系統之相關研究..... | 112 |
| (五) FIAC 系統應用於教育研究之優點與限制..... | 112 |
| 三、 小結..... | 113 |
| 第六節 總結..... | 115 |
| | |
| 第參章、研究方法..... | 121 |
| 第一節 研究設計..... | 121 |
| 第二節 研究對象與研究情境..... | 123 |
| 第三節 研究工具..... | 124 |
| 一、 互動式電子白板..... | 124 |
| 二、 細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法..... | 125 |
| 三、 量化資料蒐集工具..... | 130 |
| (一) 細胞分裂主題之總結性評量..... | 130 |
| (二) 細胞分裂之二階層診斷式測驗..... | 132 |
| (三) 建構式多媒體學習環境問卷..... | 132 |
| (四) Kolb 學習風格量表..... | 134 |
| 四、 質化資料蒐集工具..... | 135 |
| (一) 師生口語互動編碼記錄表..... | 135 |
| (二) 學生課程參與度記錄表..... | 136 |
| 第四節 研究流程..... | 137 |
| 第五節 資料蒐集與分析..... | 139 |

| | |
|---|------------|
| 一、 量化資料之蒐集與分析..... | 139 |
| (一) 細胞分裂主題之總結性評量..... | 139 |
| (二) TDTCD 問卷..... | 140 |
| (三) CMLES 問卷..... | 141 |
| 二、 質性資料之蒐集與分析..... | 142 |
| (一) 標準化教學錄影之流程..... | 142 |
| (二) 教學錄影資料之編碼與分析..... | 142 |
| 第肆章、研究結果..... | 146 |
| 第一節 不同資訊融入教學模式之學生的起點行為..... | 146 |
| 第二節 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益..... | 148 |
| 一、 學生認知方面的改善情形..... | 148 |
| (一) 細胞分裂主題之總結性評量的分析..... | 148 |
| (二) TDTCD 問卷之分析..... | 153 |
| 二、 學生對於學習環境感受之差異情形—CMLES 問卷之分析..... | 171 |
| (一) CMLES 問卷之整體性分析..... | 171 |
| (二) CMLES 問卷各分量表之分析..... | 172 |
| 三、 假設考驗..... | 179 |
| 第三節 IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於不同學習風格國中學生 之輔助學習的效益..... | 185 |
| 一、 不同學習風格學習者之認知層面學習效益的分析..... | 185 |
| (一) 總結性評量之分析..... | 185 |
| (二) TDTCD 問卷之分析..... | 204 |
| 二、 不同學習風格學習者之學習感受調查分析..... | 219 |
| (一) 學習環境感受—CMLES 問卷分析..... | 219 |
| 三、 研究假設考驗..... | 233 |
| 第四節 不同資訊融入教學模式下師生互動分析..... | 261 |
| 一、 不同資訊融入教學模式下師生互動分析..... | 261 |
| (一) 整體性之師生互動分析..... | 261 |
| (二) 各子概念教學之師生互動分析..... | 264 |
| 二、 不同學習風格個案學生於不同資訊融入教學模式下之上課情形 分析..... | 271 |
| (一) 不同經驗攫取偏好學生於不同資訊融入教學環境下之上課情 形分析..... | 271 |
| (二) 不同經驗轉換偏好學生於不同資訊融入教學環境下之上課情 形分析..... | 272 |
| 三、 假設考驗..... | 274 |
| 第五節 總結與討論..... | 278 |

| | |
|---|------------|
| 一、 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益..... | 278 |
| (一) 認知層面之學習效益..... | 278 |
| (二) 情意層面之學習感受情形..... | 279 |
| (三) 師生互動情形..... | 279 |
| 二、 不同學習風格之國中一年級學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題之效益..... | 284 |
| (一) 認知層面之學習效益..... | 284 |
| (二) 情意層面之學習感受情形..... | 287 |
| (三) 不同學習風格之個案學生的上課情形..... | 288 |
| 第五章、 結論與建議..... | 295 |
| 第一節 結論..... | 296 |
| 第二節 建議..... | 304 |
| 參考文獻..... | 307 |
| 附錄..... | 322 |
| 附錄一 細胞分裂主題之 IWB 數位教材設計教案..... | 322 |
| 附錄二 細胞分裂主題之總結性評量..... | 327 |
| 附錄三 細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)..... | 329 |
| 附錄四 建構式多媒體學習環境問卷..... | 335 |
| 附錄五 Kolb 學習風格量表..... | 337 |

表 次

| | | |
|---------|--|-----|
| 表 2-1-1 | 媒體所具有與認知相關之屬性對於學習的影響..... | 34 |
| 表 2-1-2 | Clark 與 Kozma 在學習、媒體與媒體研究之方法論觀點上的比較..... | 43 |
| 表 2-1-3 | 學習、媒體屬性與媒體研究之方法論的觀點..... | 53 |
| 表 2-2-1 | IWB 之特性與優勢在中學生物教學上的應用..... | 66 |
| 表 2-3-1 | 有絲分裂與減數分裂之比較..... | 75 |
| 表 2-3-2 | 學生對於細胞分裂主題之相關概念存有的迷思概念及其可能來源..... | 77 |
| 表 2-3-3 | 細胞分裂主題之主概念、學生的學習困難與數位教學設計原則對應表..... | 87 |
| 表 2-5-1 | 核心模型所涵蓋之構念的主要變數..... | 99 |
| 表 2-5-2 | FIAC 系統的口語互動類型..... | 111 |
| 表 3-2-1 | 研究對象人數分布情形..... | 123 |
| 表 3-3-1 | 細胞分裂主題之數位教學設計原則與兩組教學方法之比較表... | 126 |
| 表 3-3-2 | 總結性評量命題所涵蓋之概念..... | 131 |
| 表 3-3-3 | 總結性評量之雙向細目分析表..... | 132 |
| 表 3-3-4 | 師生口語互動編碼記錄表..... | 136 |
| 表 3-3-5 | 學生課程參與度記錄表..... | 136 |
| 表 3-5-1 | FIAC 系統的口語互動類型..... | 143 |
| 表 3-5-2 | 學生在不同資訊融入教學環境下之課程參與的行為類型..... | 145 |
| 表 4-1-1 | 細胞分裂主題之總結性評量前測成績之分析..... | 146 |
| 表 4-1-2 | 細胞分裂之二階層診斷式測驗前測成績之分析..... | 147 |
| 表 4-2-1 | 學生於不同資訊融入教學模式之總結性評量共變數分析摘要表 | 149 |
| 表 4-2-2 | 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 150 |
| 表 4-2-3 | 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 150 |
| 表 4-2-4 | 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」子概念的共變數分析摘要表..... | 151 |
| 表 4-2-5 | 不同資訊融入教學模式學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s d 分析..... | 152 |
| 表 4-2-6 | 不同資訊融入教學模式學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s d 分析..... | 153 |
| 表 4-2-7 | TDTCD 問卷之共變數分析摘要表..... | 154 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 表 4-2-8 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」子概念的共變數分析摘要表..... | 155 |
| 表 4-2-9 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」子概念的共變數分析摘要表..... | 156 |
| 表 4-2-10 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與過程」子概念的共變數分析摘要表..... | 156 |
| 表 4-2-11 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第一題之前後測作答情形..... | 158 |
| 表 4-2-12 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第二題之前後測作答情形..... | 159 |
| 表 4-2-13 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第三題之前後測作答情形..... | 160 |
| 表 4-2-14 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第四題之前後測作答情形..... | 161 |
| 表 4-2-15 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第五題之前後測作答情形..... | 162 |
| 表 4-2-16 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第一題之前後測作答情形..... | 163 |
| 表 4-2-17 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第二題之前後測作答情形..... | 164 |
| 表 4-2-18 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第三題之前後測作答情形..... | 165 |
| 表 4-2-19 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第四題之前後測作答情形..... | 166 |
| 表 4-2-20 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第五題之前後測作答情形..... | 166 |
| 表 4-2-21 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第一題之前後測作答情形..... | 167 |
| 表 4-2-22 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第二題之前後測作答情形..... | 168 |
| 表 4-2-23 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第三題之前後測作答情形..... | 169 |
| 表 4-2-24 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第四題之前後測作答情形..... | 170 |
| 表 4-2-25 | 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第五題之前後測作答情形..... | 171 |
| 表 4-2-26 | 不同資訊融入教學分組學生在「學習溝通」分量表之感受情形.. | 173 |
| 表 4-2-27 | 不同資訊融入教學分組學生在「學習探究」分量表之感受情形.. | 174 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 表 4-2-28 | 不同資訊融入教學分組學生在「學習思考」分量表之感受情形.. | 175 |
| 表 4-2-29 | 不同資訊融入教學分組學生在「相關性」分量表之感受情形..... | 176 |
| 表 4-2-30 | 不同資訊融入教學分組學生在「易用性」分量表之感受情形..... | 177 |
| 表 4-2-31 | 不同資訊融入教學分組學生在「挑戰性」分量表之感受情形.... | 178 |
| 表 4-3-1 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生之總結性評量的共變數分析摘要表..... | 186 |
| 表 4-3-2 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生之總結性評量的共變數分析摘要表..... | 187 |
| 表 4-3-3 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生之總結性評量的共變數分析摘要表..... | 188 |
| 表 4-3-4 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生之總結性評量的共變數分析摘要..... | 189 |
| 表 4-3-5 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 190 |
| 表 4-3-6 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 191 |
| 表 4-3-7 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 192 |
| 表 4-3-8 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 193 |
| 表 4-3-9 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 193 |
| 表 4-3-10 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 194 |
| 表 4-3-11 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s d 分析..... | 195 |
| 表 4-3-12 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s d 分析..... | 196 |
| 表 4-3-13 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 197 |
| 表 4-3-14 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 198 |
| 表 4-3-15 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 199 |
| 表 4-3-16 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 200 |
| 表 4-3-17 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 201 |
| 表 4-3-18 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 201 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 表 4-3-19 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s <i>d</i> 分析..... | 202 |
| 表 4-3-20 | 經驗攫取偏好為「省思觀察」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen' s <i>d</i> 分析..... | 203 |
| 表 4-3-21 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表..... | 205 |
| 表 4-3-22 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表..... | 206 |
| 表 4-3-23 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表..... | 207 |
| 表 4-3-24 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表..... | 208 |
| 表 4-3-25 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 209 |
| 表 4-3-26 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 210 |
| 表 4-3-27 | 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與重要性」的共變數分析摘要表..... | 210 |
| 表 4-3-28 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 212 |
| 表 4-3-29 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 212 |
| 表 4-3-30 | 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 213 |
| 表 4-3-31 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 214 |
| 表 4-3-32 | 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 215 |
| 表 4-3-33 | 經驗主換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與重要性」的共變數分析摘要表..... | 215 |
| 表 4-3-34 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表..... | 217 |
| 表 4-3-35 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 217 |
| 表 4-3-36 | 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表..... | 218 |
| 表 4-3-37 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形..... | 221 |
| 表 4-3-38 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形..... | 222 |
| 表 4-3-39 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形..... | 223 |
| 表 4-3-40 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形..... | 224 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 表 4-3-41 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形..... | 225 |
| 表 4-3-42 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形..... | 226 |
| 表 4-3-43 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形..... | 227 |
| 表 4-3-44 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形..... | 228 |
| 表 4-3-45 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形..... | 229 |
| 表 4-3-46 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形..... | 230 |
| 表 4-3-47 | 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形..... | 231 |
| 表 4-3-48 | 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形..... | 232 |
| 表 4-4-1 | 不同資訊融入教學模式下師生互動行為出現之頻率..... | 262 |
| 表 4-4-2 | 不同資訊融入教學模式下師生互動行為之累積時間比例..... | 263 |
| 表 4-4-3 | 「染色體與其重要性」教學之師生互動行為出現的頻率..... | 265 |
| 表 4-4-4 | 「染色體及其重要性」教學之師生互動行為之累積時間比例.... | 266 |
| 表 4-4-5 | 「細胞分裂的意義與過程」教學之師生互動行為出現的頻率.... | 267 |
| 表 4-4-6 | 「細胞分裂的意義與過程」教學之師生互動行為之累積時間比例..... | 268 |
| 表 4-4-7 | 「減數分裂的意義與過程」教學之師生互動行為出現的頻率分析..... | 269 |
| 表 4-4-8 | 「減數分裂的意義與過程」教學之師生互動行為累積時間比例的分析..... | 270 |
| 表 4-4-9 | 不同經驗攫取偏好學生於不同資訊融入教學環境下各概念之學習情形..... | 272 |
| 表 4-4-10 | 不同經驗轉換偏好學生於不同資訊融入教學環境下各概念之學習情形..... | 273 |

圖 次

| | | |
|---------|---|-----|
| 圖 2-1-1 | 多媒體認知學習理論的架構..... | 46 |
| 圖 2-1-2 | 科技輔助科學學習效益之三元決定論..... | 51 |
| 圖 2-1-3 | 科技輔助科學學習環境之研究架構..... | 54 |
| 圖 2-3-1 | 細胞週期圖..... | 73 |
| 圖 2-3-2 | 細胞分裂圖..... | 73 |
| 圖 2-3-3 | 減數分裂圖..... | 75 |
| 圖 2-3-4 | BioLogicaTM 生物網站(http://biologica.concord.org/)中以 3D 互動軟體介紹細胞結構之介面..... | 82 |
| 圖 2-4-1 | 經驗學習環..... | 89 |
| 圖 2-4-2 | Kolb 之經驗學習模型..... | 91 |
| 圖 2-5-1 | IEA 教室環境研究之核心模式..... | 98 |
| 圖 2-5-2 | 核心模式之學校構念的關係..... | 103 |
| 圖 2-5-3 | Leary 之溝通模式..... | 109 |
| 圖 2-6-1 | 科技輔助科學學習環境之研究架構..... | 116 |
| 圖 3-1-1 | 本研究之研究架構圖..... | 122 |
| 圖 3-3-1 | IWB 系統架構與運作圖..... | 124 |
| 圖 3-3-2 | 染色體位置、成分以及染色體隨物種而異之數位教材擷取畫面 | 129 |
| 圖 3-3-3 | 細胞分裂之數位教材擷取畫面..... | 130 |
| 圖 3-4-1 | 研究流程圖..... | 138 |
| 圖 5-1-1 | 本研究之理論架構圖..... | 295 |
| 圖 5-1-2 | 科技輔助科學學習效益之三元決定論：IWB 屬性與學習效益之關係..... | 296 |
| 圖 5-1-3 | 科技輔助科學學習效益之三元決定論：IWB 屬性、學習風格與學習效益間之關係..... | 298 |

第壹章 緒論

本章分為研究背景與研究動機、研究目的與待答問題、名詞釋義以及研究範圍與限制四節，分述本研究之研究動機、目的與待答問題，並針對本研究的專有名詞進行說明，同時也將述及本研究之研究範圍與限制。

第一節 研究背景與研究動機

科技與科學的進展帶動了人類文明的進步，自十八世紀到二十世紀，人類歷經機械化、電子化與資訊化之工業革命，讓人類邁入了知識經濟的時代。然而，隨著千禧年人類基因組計畫定序的完成，生命科學已進入一個新的里程碑；物理則從巨觀世界走入了微觀的奈米世界，電子、光電、生物醫學等領域紛紛與奈米科技結合，以開創出更輕薄短小的創新產品，生命科學與奈米科技已成為二十一世紀的超能量，正試圖改變世界並掀起全球產業革命，因此，世界各國紛紛投以大量的人力與資源來開發相關產業。人類文明的第四波革命，隨著「基因科學」與「奈米科技」的崛起已悄然來到(成章瑜，2002)。

過去數十年來，生命科學的大幅進展帶動了生物科技的進步，許多新科技與新發現正不斷進入公共領域(public realm)，因此對於公眾科學素養的要求也隨之提高，期待公民對於基因篩檢(genetic screening)、幹細胞研究(stem cell research)、基因改造生物與基因改造食品(genetically modified organism/ food)等能有所瞭解並參與決策，故若公民對於遺傳學之核心概念缺乏完整的瞭解，將無法對於相關的議題做出正確的決定，因而幫助學生對於遺傳學之核心概念具有科學素養是相當迫切的(Duncan, Rogat, & Yarden, 2009)。世界各國也都將當代遺傳學之核心概念列入中學義務教育的階段，包含英國、美國、德國、澳洲等，台灣也不例外，然而，由於遺傳學涉及生物各構造層次間的關係，包含基因、染色體、細胞、組織、器官、系統等，且其呈現的現象無法直接觀察，不是發生得太快就是發生得

太慢，不然就是尺度太大或尺度太小；因此，遺傳學之相關概念對於中學生而言特別難以理解(Duncan et al., 2009; Hickey, Kindfield, Horwitz, & Christie, 2003)。而生物學中「細胞分裂」這個主題又是學生學習遺傳學相關概念的基礎(Oztap, Ozay, & Oztap, 2003)；因此，若要讓學生能進入當代遺傳學領域、理解其核心概念並具有科學素養，須先讓學生能掌握「細胞分裂」這個主題。

Brown(1995)與 Oztap, Ozay 與 Oztap(2003)指出，細胞分裂、光合作用、呼吸作用、食物網與食物鏈以及演化，是中學生物裡難以教學的主題，而教師與學生又一致地認為細胞分裂是當中最困難的主題。從研究中也發現各年齡與各階段的學生對於細胞分裂的過程理解不佳(Lewis, Leach, Wood-Robinson, 2000a, b; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Smith, 1991)。Lewis 等(2000a, b)指出，學生對於細胞分裂的主題理解不佳，是源於其對基本結構(basic structure)—細胞、染色體、基因(gene)、遺傳訊息(gene information)之間的關係不瞭解，以及容易對於這些遺傳學的術語感到困惑所致。因此，若能在教學的過程中，清楚地呈現出這些基本結構間的關係，將有助於協助學生發展融貫的理解。Brown (1995)與 Oztap 等(2003)更進一步指出，如果在教學過程中透過各種教學輔具，例如染色體在細胞分裂中各階段的圖片與影片，特別是有時間呈現之相位差顯微鏡來強調細胞分裂過程之動態本質，並建立染色體的模型(chromosome model)，將有助於克服學生在細胞分裂主題上的學習困難。因此，本研究將依循當前電腦科技與資訊通訊技術(Information Communication Technology, ICT)之快速發展的趨勢，整合多媒體呈現來協助學生建立遺傳學之基本結構與結構之間的關係，並透過 2D 或 3D 圖型與動畫、影片、模擬等多媒體呈現模式，來強調細胞分裂過程之動態本質，以協助學生建構一個融貫的遺傳學概念架構(conceptual framework)，釐清遺傳學之基本結構與結構間的關係，除此之外，動畫、影片等多媒體動態呈現的特質，亦有助於學生理解「細胞分裂」過程之動態本質(Brown, 1995; Browning & Lehman,

1988; Oztap et al.; 2003)。然而，在眾多 ICT 技術中，互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)的創新，不但實現了白板與電腦間的雙向互動與操作，讓 IWB 成為一個整合所有數位教學資源的新介面，且其內建的多項教學軟體與多媒體整合的動態呈現，亦有助於引發學生的注意力並增進其對於概念的理解，也讓教師的教學更具有彈性與變通性，基於此，IWB 適合作為協助學生建立一個融貫的遺傳學概念架構與學習細胞分裂動態過程的教學工具。除此之外，IWB 的高度互動性亦拉近了課室環境中師生與生生間的距離，故 IWB 不但是白板發展史上的關鍵性革新，對於傳統課室教學環境而言更謂是一大躍進(Northcote, Mildenhall, Marshall, & Swan, 2010; Smith, Higgins, Wall, & Miller, 2005)。

基於上述的優勢，各國對此新穎的教學科技紛紛大力投資，將之推入各級學校，故 IWB 已成為過去十年來教育領域之數位科技中能見度最高的指標之一 (British Educational Communications and Technology [BECTA], 2003, 2004, 2006; Thomas & Jones, 2010)，相較於其他科技而言，IWB 引入課室的目的亦以創新教學為主，但不同的是，IWB 的推動廣受政府支持，特別是美國、歐盟、加拿大、澳洲、南非、中東等(Slay, Sieborger, & Hodgkinson-Williams, 2008; Somyurek, Atasoy, & Ozdemir, 2009; Thomas & Jones, 2010)。而我國教育部也自 2006 年起政策性宣佈，推動 IWB 融入教學，在「建構 e 化教學環境」的方案下，開始補助部分縣市試辦 IWB 導入教室教學，並鼓勵發展學科領域學習中心，2007 年更以「建構 e 化學習環境示範點」計畫來遴選各縣市部分學校試辦電子白板(即 IWB) e 化教學，重點補助試辦學校進行試驗與評估，希冀在評估後將之逐步推展至全國中小學，藉此來提升學生的學習成效與動機。除此之外，教育部更於 2008 年公布「中小學資訊教育白皮書」，明訂六大目標與相關具體策略及行動方案來推動台灣二十一世紀之資訊教育政策，並於「提升教室與校園的軟硬體設備與網路服務」目標訂定之「增加一般教室的資訊科技設備」與「推動多功能 e 化專科教

室」的行動方案中，建議採納 IWB 作為一般教室或 e 化專科教室中的資訊相關設備(教育部，2008)。由此可知，將 IWB 推入我國各級中小學，將成為一股必然的趨勢，因此，實有必要針對 IWB 融入教學進行深入探討，以結合 IWB 的優勢發展出適切的教學策略與設計，作為課程設計者與教學者之參考。

雖然 IWB 具有整合多媒體呈現之特質，可作為協助學生建立一個融貫的遺傳學概念架構與細胞分裂動態過程的教學工具，然而，IWB 係屬新興的教學科技，且其所營造出來的學習環境迥異於傳統課室學習環境，師生間的互動方式也隨著 IWB 的介入而有別於傳統課室環境。許多實徵性研究多對於 IWB 融入教學持正向的態度，認為其能提高學習動機、增強學習效果與師生的資訊能力等，然而，這些研究多為英國、美國、加拿大與澳洲之大學及中、小學個別教師所執行的小規模研究計畫報告(Glover, Miller, Averis, & Door, 2005; Smith et al., 2005)，因此，Smith 等(2005)以及 Torff 與 Tirota (2010)指出，未來宜持續進行更多正式且具嚴謹實驗設計的研究，以收集更多非僅為自陳量表之研究資料，以進一步釐清 IWB 對於學生學業之影響，並區辨出 IWB 相較於其他學習科技的獨特優勢。國內關於 IWB 應用於教育領域的相關實徵性研究也隨著政策性的推動而持續累積，但其針對 IWB 應用於國中自然與生活科技課程教學的相關研究較為缺乏，基於此，本研究欲深入探討 IWB 融入課室教學環境，對於國中一年級學生自然與生活科技課程細胞分裂主題之學習效益、師生互動與對於學習環境知覺的影響。

除此之外，近年來隨著數位科技的快速發展與數位學習環境之普及，許多研究均指出學習風格是預測學習者在數位學習環境下之學習效益或學習感受的有效因素(Federico, 2000; Ford & Chen, 2000; Wang, Wang, Wang, Huang, 2006)。

Federico(2000)針對學士後進修的學生進行探究，發現同化者(assimilator)與調適

者(accommodator)對於網路教學的態度顯著較聚斂者(converger)與發散者(diverger)者來得正向。Terrell(2002)則針對修習教育電腦科技課程之博士生進行研究,發現學習風格會決定學習者對於數位學習形式的偏好,且在經驗攫取(grasp of experience)上偏好抽象概念(abstract conceptualization, AC)者在數位學習環境下的學習,較偏好具體經驗(concrete experience, CE)者佳。Wang 等(2006)則針對國中學生進行自然與生活科技課程之數位學習進行探究,發現發散者(diverger)與同化者(assimilator)具有較佳之學習效益,亦即是經驗轉換(transformation of experience)偏好省思觀察(RO)者之學習效益較主動實驗(AE)者佳。Manochehri 與 Young(2006)則針對大學生之數位學習進行探究,發現在數位學習環境下同化者(assimilator)與聚斂者(converger)的表現較好,即在經驗攫取上偏好抽象概念(AC)者為佳;Manochehri(2008)亦指出在經驗攫取上偏好抽象概念(AC)者,對於數位學習環境持較為正向的態度, Aragon、Johnson 與 Shaik(2002)的研究結果亦同, AC 者偏好數位學習環境,而 CE 者偏好面對面的教學環境。然而, Harris、Dwyer 與 Leeming(2003)探究大學生進行普通心理學之數位學習,發現學習者之學習風格與接受數位學習的方式,均不會影響其學習成效與對學習環境之感受, Zacharis(2010)則針對主修電腦科學之大學生進行探究,發現無論在傳統面對面的環境或數位學習環境下,學習者之學習風格與學習成效間均沒有統計上之顯著差異。Harris 等與 Zacharis 指出,其研究結果可能與課程設計有關,並建議應進行更多的研究來釐清學習風格與學習效益以及學習態度間的關係,從上述之實徵研究結果可以發現,學習風格對於學生的影響不盡相同。Kolb(1984)指出學習風格會隨學習任務、環境、時間等情況而異,不同的教學設計與不同的策略可能會影響不同學習風格之學習者的學習,因此,實有必要針對學習風格之議題進行深入探究,以深入瞭解新興互動科技—IWB 所營造之數位學習環境,對於不同認知風格學生之學習影響,此外,上述實徵研究之對象多以大學以上的學生為主,較少探究中學生之學習風格與數位學習效益間的關係,故本研究也將從學習風格

的角度來探究 IWB 融入國中自然與生活科技課程之教學，對於學生學習效益、學習環境知覺與師生互動的影響，以提供更多關於 IWB 數位教學設計上的資訊給第一線教師、研究者以及課程設計者之參考。

第二節 研究目的與待答問題

一、研究目的

基於前述之研究動機，本研究將從文獻分析提出一個資訊融入教學環境中，有效之生物學細胞分裂主題的教學策略，將之應用於 IWB 數位教材之開發並探究其對於學生學習與師生互動之影響，基於此，除了細胞分裂主題之 IWB 數位教材的開發外，本研究有兩個主要的研究目的：

- (一) 從學生的學習成效、學生對於學習環境之感受以及課室師生互動三個面向，分別探究該課程之效益情形。
- (二) 從學習風格的角度，來探究不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好之學生，在該課程中進行學習時之學習成效、對於學習環境的感受以及師生互動的情形。

希冀藉由本研究，進一步探究 IWB 此一新興互動科技所營造出來之學習環境，對於不同學習風格學生之學習成效、學習環境感受以及師生互動的影響，以供教育現場之教師、IWB 數位教材開發者與研究者之參考。

二、待答問題

基於本研究之研究目的，本研究之待答問題如下：

依據第一個研究目的：從學生的學習成效、學生對於學習環境之感受以及課室師生互動三個面向，分別探究本研究所開發之 IWB 數位教材的效益情形。本研究所欲探討之研究問題為：

- 1-1. 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習效益之影響情形為何？
- 1-2. 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習環境之感受情形為何？
- 1-3. 相較於傳統資訊融入教學，在 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學環境中，師生互動的差異情形為何？

依據第二個研究目的：從學習風格的角度，來探究不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好之學生，在該課程中進行學習時之學習成效、對於學習環境之感受以及師生互動的情形。本研究所欲探討之研究問題分別為：

- 2-1. 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境之學習效益情形為何？
- 2-2. 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境之學習環境的感受情形為何？
- 2-3. 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境之師生互動情形為何？

三、研究假設

本研究共有 83 個虛無假設需要考驗，分別羅列如下：

(一) 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習 效益之影響情形的研究假設。

H₀₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

H₀₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

H₀₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

H₀₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

H₀₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

H₀₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₀₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₀₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

(二) 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習 環境之感受情形的研究假設。

H₀₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

H₁₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

H₁₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

H₁₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

H₁₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₁₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₁₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

(三) 相較於傳統資訊融入教學，在 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學環境中，師生互動之差異情形的研究假設。

H₁₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在整個教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

H₁₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「染色體與其重要性」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

H₁₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「細胞分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

H₁₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「減數分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

H₂₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在整個教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

H₂₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「染色體與其重要性」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

H₂₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「細胞分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

H₂₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「減數分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

(四) 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境之學習效益情形的研究假設。

H₂₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

H₂₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

H₂₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

H₂₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

- H₂₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。
- H₂₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。
- H₃₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

- H₃₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₃₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。
- H₄₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。
- H₄₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。
- H₄₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。
- H₄₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。
- H₄₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。
- H₄₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₄₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₄₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₄₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

H₄₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

H₅₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

(五) 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境之學習環境的感受情形的研究假設。

H₅₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

H₅₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

H₅₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

H₅₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

H₆₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₆₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

H₇₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

H₇₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

H₇₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

H₈₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

H₈₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₈₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

H₈₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

第三節 名詞釋義

一、互動教學(interactive teaching)

互動一詞出現在兩個教育研究之領域中，一為教學，另一則為新的教育科技(Beauchamp & Kennewell, 2010)，在教學的過程中，師生間的互動不但是教學過程的核心活動(簡馨瑩，2010；Waller, 1932)，對於學生的學習成就更具有關鍵性的影響(孫旻儀，2007；簡馨瑩，2010；Anderson, Ryan, & Shapiro, 1989; Wubbels & Levy, 1993)。過去研究多探討在傳統課室環境中，因為教學活動產生之師生互動對於學生學習的影響，然而，本研究所定義之互動教學則是以 IWB 所建構之學習環境下，由 IWB 互動科技所營造出來的互動教學。

二、傳統資訊融入教學

相較於互動科技之 IWB 融入教學，本研究定義傳統資訊融入教學為教師採用單槍投影機與電腦，將各項教學資源整合以 Microsoft PowerPoint 投影片製作成教材，再將之投影到屏幕上進行教學，教學過程無 IWB 所提供之互動功能。

三、互動式電子白板

本研究應用於教學之互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)係由加拿大 SMART™ 科技公司所生產的 SmartBoard™，其所採用的技術為類比電子壓感(analog resistive)技術，該類 IWB 藉由 USB 線與筆記型電腦或個人電腦連結，而筆記型電腦或個人電腦須再與單槍投影機連結，然後，再透過單槍投影機將筆記型電腦或個人電腦螢幕之畫面投影到 IWB 的面板上，藉由一連串 IWB 的校正動作，便可藉由觸碰 IWB 的面板來操縱電腦。除此之外，IWB 還能夠支援文字輸入的功能，可將面板上的書寫、繪圖與標記等資訊，儲存至連線的筆記型電腦或個人電腦中。

四、學習風格

學習風格是一種獨特之認知、情意與心理的行為，可以作為學習者感知學習環境並與之互動、回應的指標(Keefe, 1979)，也可以說是學習者在面對學習任務時，所表現出關於學習技能、策略與學習傾向上的個別差異(Schmeck, 1988)，學習風格在短時間內不會因學習情境而改變，是一個相對穩定性的指標。然而，學習風格的理論繁多，本研究採用之學習風格理論為 Kolb 學習風格理論，該理論是 Kolb(1984)依據 John Dewey、Kurt Lewin、Jean Piaget 等人的觀點，並經過長期對於經驗學習理論的探究發展出來，該經驗學習理論依據經驗攫取偏好與經驗轉換偏好兩個維度來分類學習者之學習風格。

五、細胞分裂

細胞分裂(cell division)包含有絲分裂(mitosis)與減數分裂(meiosis)兩種，兩者對於生物體的意義不同；有絲分裂的功能為生殖、生長與修補，而減數分裂的功能則在於形成生殖細胞。當真核細胞進行細胞分裂時，會歷經細胞生長、染色體複製與分離、細胞質分裂的過程。由於本研究之研究對象為國中學生，因此，本研究述及之細胞分裂主題的概念僅限於染色體在細胞分裂過程中之複製與分離的行為、兩種細胞分裂後產生的子細胞數量上的差異、兩種細胞分裂對於生物體之主要意義與生殖的關係。

第四節 研究範圍與限制

由於本研究採用 IWB 教學，因此在執行本研究設計的環境須具備有 IWB，讓研究對象與教師能進行 IWB 之教學與學習外，該受試者也須對於 IWB 具有一定的認識，並知道如何操作。本研究之研究工具「細胞分裂主題之總結性評量」、「細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)」等，因研究者資源的限制，無法普遍進行大範圍的施測來建立其信、效度，只能針對研究者可以接觸到的資源進行預試，預試樣本為中部某兩所國民中學一、二年級學生，因此，本研究之研究工具應用到其他相關研究上須謹慎考量。另外，本研究以中部地區之公立國民中學一年級學生為研究對象，因此，研究結果在推估至其他階段或其他地區之學生時須謹慎小心，且本研究之教材設計為細胞分裂相關概念為主，故研究結果亦無法推論至其他概念。

第貳章 文獻探討

本章共分為五節，分別由「科技輔助科學學習」、「互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)在教育上的應用」、「生物學細胞分裂主題之迷思概念與教學設計」、「學習風格與數位學習」與「學習環境之師生互動設計」五個主題進行文獻探討。「科技輔助科學學習」的部分會從科技輔助科學學習之多元觀點、理論基礎與當代趨勢的文獻回顧，提出科技輔助科學學習之模式—包含「科技輔助科學學習效益之三元決定論」與「質量並重的研究方法」，本研究亦以此作為開發本研究 IWB 數位教材與本研究之研究架構的依據；「互動式電子白板(IWB)在教育上的應用」的部份會介紹 IWB 的發展史與教育上的應用，以及各國推行 IWB 融入教學之政策與相關實徵性研究；「生物學細胞分裂主題之迷思概念與教學設計」的部分會介紹細胞分裂主題的迷思概念與相關教學設計的建議，並依據文獻探討提出有效之細胞分裂主題的數位設計原則，再配合 IWB 的特性與優勢開發本研究細胞分裂主題之 IWB 數位教材。「學習風格與數位學習」的部分會介紹 Kolb 學習風格及其對數位學習之影響與相關性實徵研究，以作為本章第一節提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」的學習者特質因素，來探究 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學，對於不同學習風格之學習者的影響。「學習環境之師生互動設計」則介紹學習環境之重要性與學習環境感受之量測、師生互動的重要性與師生互動模式以及 Flanders(1970)所提出之師生口語互動分析系統—Flanders Interaction Analysis Categories(FIAC)，以作為本研究之研究方法上的理論基礎。

第一節 科技輔助科學學習

本節分為科技輔助科學學習的多元觀點、Mayer 的多媒體認知學習理論、科技輔助科學學習之當代趨勢與小結四個部分，分別介紹科技是否能輔助科學學習以及科技輔助科學學習之理論基礎及當代趨勢，並依據文獻探討提出本研究之科技輔助科學學習的模式，作為開發本研究 IWB 數位教材之依據。

一、科技輔助科學學習的多元觀點

過去 25 年來，資訊通訊技術(Information Communication Technology, ICT)的空前成長與使用，促進了中、小學與大專以上學校的教與學(Holliman & Scanlon, 2004)，而這些應用於輔助學習的 ICT 則稱為學習科技(learning technology)。在 2011 年的今日，回首過去 ICT 的發展，就如同 Hall 與 Jacques 在 1990 年代末期在 *New Times* 所描述的一樣，新的千禧年正上演著過去的歷史，因為世界正隨著 ICT 的出現與使用，在許多面向上都產生了質變(Kozma, 2003; Yelland, 2008)。

ICT 的快速發展，不但加速了人類科技知識的量產，也改變了人類學習的型態。衛星連線教室、高速網路、大容量儲存裝置、高效能之個人電腦等科技的出現，似乎有數不盡的潛能可以將教育引入新的領域(American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1998; Linn, 2003)。AAAS 指出，美國教育史上從來沒有比現在更廣泛地認同科技是素養教育的重要組成，教育學者和一般大眾都渴望看到某些科技使用上的潛能可以在教育上獲得實踐。因此，在科技進展與資訊教育政策的帶動下，不僅教育邁入了新的紀元，探索新科技對於學習之影響的研究也如雨後春筍般地發展。AAAS(1998)指出，不論是學校內或學校外，有越來越多的科學學習是透過和成熟的媒體互動而發生。Linn(2003)回顧 ICT 的進展在「科學文本和教學」、「科學討論和合作」、「資料收集和表徵」、「科學視覺化和科學模擬」以及「建模(modeling)」五個科學教育領域中的角色與影響，並依

據實徵研究的證據，指出 ICT 不斷反覆且最終有利地影響了科學教育與學習。Kang 與 Lundeberg(2010)進一步指出，科技可以創造讓學生主動解決生活面臨之問題的學習環境，而且聚焦於學習目標，由科技所創造之學習環境能增強學生對於科學本質的觀點並加深其概念發展。Bransford, Brown 與 Cocking(2000)與 Ebenezer, Kaya 與 Ebenezer(2011)亦指出，科技逐漸成為學習過程中的一部分並且成為學習者在教室中產生、管理與溝通知識的方法。透過這些新穎的科技，結合真實世界之探究活動與互動式視覺化，將能協助學習者發展關鍵的科學概念，以及近來深受國際重視之科學探究技能(eg. Council of Ministers of Education of Canada [CMEC], 1997; National Research Council [NRC], 1996)。

ICT 基於「學習將會被適當的媒體、學生、學科內容和學習任務的組合所強化(Clark, 1983)」、「新科技的許多特徵與學習科學之法則是一致的，而且新科技對於提升教育是相當有希望的(Bransford, Brown, & Cocking, 2000)」、「將設備完全配置，將能增加師生在課堂上的使用，也將能促進教學與學習(Cuban, Kirkpatrick, & Peck, 2001)」等基本假定下，影響了科學學習之效益。然而，ICT 對於學習的輔助迄今仍然存在有爭議(e.g. Clark, 1983, 1994a; Kozma, 1991, 1994a; Kulik & Kulik, 1991)，隨著正、反向實徵研究證據的不斷湧現，以及研究方法的進步，有研究者嘗試透過後設分析(meta-analysis)研究法來探究科技對於學習的影響，以奠定科技輔助學習的理論基礎。

Kulik 與 Kulik(1991)更新其 1980 年代的研究，針對 254 個含控制組的研究，再次進行後設分析，其發現電腦教學(Computer-Based Instruction, CBI)經常對學生有正向的效果，平均可以提高學生測驗成績約 0.30 個標準差，且效果量(effect size)隨研究特徵而異，已發表文章的效果量較未發表者大、不同教學者的效果量較相同教學者大、教學時間短者較大，而且 CBI 會讓學生對於教學和電腦產生

少量正向的態度，但隨著教學時間的增加，正向態度隨之降低。從 Bayraktar(2001) 針對美國於 1970~1999 年發表之電腦輔助教學(Computer Assisted Instruction, CAI) 應用於中學及大學之科學教育的研究論文共 42 篇進行後設分析，亦得到相似的結果，CAI 整體的效果量約為 0.273，且效果量隨教學時間、教學者效應等變數而異，且 CAI 的效果量自 1970 年代起逐年下滑。Liao(2007) 針對台灣於 1983~2003 年發表之 CAI 研究論文共 52 篇的後設分析(meta-analysis)結果，可以發現，CAI 之平均效果量較傳統教學者約高 0.55，CAI 之效果量亦隨變數而異，特別是 CAI 的效果量亦隨著年代下滑，2000-2003 年 CAI 之研究的效果量僅為 0.310。另外，美國教育、計畫辦公室，評鑑與政策發展部(U. S. Department of Education, Office of Planning, Evaluation and Policy Development)則針對 1996-2008 年超過 1000 篇高等教育之線上學習(online learning)的研究進行後設分析後指出，平均來說，在線上學習環境的學生表現較接受面對面教學(face-to-face instruction)的學生來得好；單純線上學習之效果量較面對面教學者高 0.14($p < 0.05$)、線上環境搭配面對面之混層教學之效果量較面對面教學者高 0.35($p < 0.001$)(Means, Toyama, Murphy, Bakia, & Jones, 2009)。然而，Jaggars 與 Bailey(2010)則反駁美國教育、計畫辦公室，評鑑與政策發展部所進行的研究，其擴大蒐集的研究範圍，延伸到完全線上、半學期之學院課程之研究，進行後設分析後發現沒有上述之趨勢——線上學習者表現較接受面對面教學者好，其指出上述的研究結果沒有包含到低收入(low-income)和學業未完備(academically underprepared)的學生。

從上述針對 CBI、CAI 與線上學習等實徵研究之後設分析可以知道，媒體科技提升學生之學習效益隨著不同研究時間、不同研究場域、不同媒體設計等各種變數而有不同的研究結果；因此，媒體科技能提升學生學習效益的論點是受到挑戰的。回顧教學科技與媒體對於學習影響的觀點，從 1980 年代起的影帶教學、CBI、CAI 到 ICT 以來，儘管科技本身已經大幅地進步，但是這些觀點間仍存在

著一些爭論，而這些爭論仍不斷地反覆(perennial)與再現(recurring)(Wellington, 2005)。

早在 1994 年，Ross (1994)即指出媒體效益爭論的議題並非瑣碎的，而是對於研究者與實務者如何思考媒體之應用具有重要的影響，故 *Educational Technology Research & Development* 特組專刊針對 Richard E. Clark 與 Robert B. Kozma 的媒體論戰進行深入討論。由於本論文的目的之一在發展一個有效的互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)教學環境，來輔助國中學生進行細胞分裂主題之學習，因此，希冀透過媒體論戰之文獻的回顧，作為開發本研究之 IWB 數位課程的理論基礎。基於此，本節將先回溯 1980 年代以來，Clark 與 Kozma 對於媒體輔助學習之論辯，並從科技在學習上的角色、科技是否有其獨特的屬性來影響學習，以及媒體研究之研究方法論三個面向來闡述其論點，以探討科技輔助學習的角色與其對於學習之影響，並從中獲得本研究之研究設計上的依據。

(一) 媒體僅是載具不會影響學習—Clark 的觀點

在電視、電腦科技興起並作為學習工具的 1980 年代，Clark(1983)分析媒體比較研究後，提出「學習者無法從任何媒體獲得任何學習效益」的觀點，而其最廣為人知之卡車譬喻為：

‘The best current evidence is that media are mere vehicles that deliver instruction but do not influence student achievement any more than the truck that delivers our groceries causes changes in our nutrition.’ (Clark, 1983, p445)

此外，Clark 建議除非有新的理論被提出，否則應停止去問有關從媒體獲得學習之研究與評鑑的問題，因而開啟學者對於「媒體是否影響學習？」的爭論。

1. 後設分析與媒體屬性研究支持 Clark 之「媒體不會影響學習」的主張

Clark(1983)從媒體比較研究之後設分析的證據，以及媒體屬性之研究，指出媒體僅是載具不會影響學習效益，教學方法才是影響學習效益的關鍵。

(1) 媒體比較研究之後設分析反應出媒體效益歸因上的困惑

Clark(1983)從媒體比較研究之後設分析發現，在過去的媒體比較研究中，影帶教學顯著較傳統教學來得好，但經過 Kulik, Kulik 與 Cohen(1979)以效果量重新換算後，發現效益僅有 0.2 個標準差，約 1.6 分的差異。而且，Kulik, Kulik 與 Cohen(1980)指出，過去的媒體比較研究，在研究方法上沒有控制，往往是不同團隊的教學設計或不同的教師，在不同的實驗組裡給予不同的教學內容與教學方法，造成研究結果無法歸因，若以相同教學者進行所有實驗時，則媒體之正向效果量有下降的趨勢，另外，當教學個人化系統(personalized system of instruction, PSI)、編序式教學法(programmed instruction, PI)與傳統教學法進行比較時，PSI 和 PI 的效果量相似，然而，當時大多數的電腦化教學僅是透過電腦來呈現 PSI 或 PI 這兩種教學法，因此，效益的本質可能源於教學方法而非媒體，當我們將媒體與教學方法分開時，或許更能解釋學習的效果。另外，學習者的新奇效應(novelty effect)，也會讓媒體研究之效益的效果量隨時間逐漸下降(Kulik, Bangert, & Williams, 1983)。除上述之外，Kulik 等(1983)也指出，已發表之文章較未發表者有更高的效果量，這意味著主編的人為偏好。基於上述後設分析的證據與效果量的重新估算，Clark 指出過去的媒體比較研究存在這些困惑的因素，造成將學習效益歸因於媒體的迷思。

(2) 不同媒體屬性的研究卻達成了相同的學習效益

相較於媒體比較研究僅聚焦在媒體本身，有另一群學者建議一個新的研究取向——媒體的屬性及其對於學習過程中訊息處理方式的影響(Salomon,1979)。

Salomon 與其他學者主張，不是媒體而是媒體的特定屬性影響了學習，媒體的特性屬性可以被學習者用來建模或形塑，以發展獨特的認知過程。例如：許多媒體擁有像「減緩物體運動、放大縮小(zoom)模擬的細節或拆解(unwrap)三度空間的物體為二度空間」等能力(capacity)的屬性，這些屬性被認為可以在學習者建模時，培養其認知技能。Salomon(1974)指出，對於線索注意力較低的孩童，可以透過影片，以攝影機放大縮小的功能，針對許多不同細節從廣角聚焦到特寫的過程，讓孩童學會放大模擬細節的認知技能。另外，Blake(1977)指出，透過棋子移動和棋局型態的動態建模，也許可以提高生手辨別可能之位移與棋局結構的技能。

然而，Clark(1983)引用 Mielke(1980)的研究反駁了媒體屬性之研究，指出只有非常少可用於培養認知技能的媒體屬性被證明是有效的。此外，Clark 也引用 Bovy(1983)的研究反駁 Salomon 之「影像放大縮小」的媒體屬性研究，其指出 Bovy 改以「影像逐漸縮小到消失(irising)」的屬性，提供專注於線索的練習，該研究結果也和 Salomon 的研究一樣有效；另外，Bovy 還發現僅將線索獨立出來的方法——透過 zooming 和 irising 將挑出之連續細節進行靜態的近照，在培養專注於線索的技能上較 zooming 或 irising 更為有效；因此，Clark 認為僅將相關線索有效獨立出來，才是訓練學生該認知技能的必要條件。另外，Blake 以靜態圖、以圖片搭配動態箭頭、從靜態圖片拍攝動態影片，以這三種方法對高或低視覺能力之大學生教棋子的移動，發現這三種方法對於高視覺能力者都有效，但對於低視覺能力者，以箭頭和動態實驗組較靜態組顯著來得好；換言之，Clark(1983)認為視覺化棋子的移動才是學習棋子移動的必要條件，而箭頭和動態表徵都只是

視覺化的充分條件而非必要條件。因此，必要條件才是教學理論的基礎，而教學方法正是學習過程中必要認知運作的處方。

2. Clark 之「媒體不會影響學習」主張的核心論點

Clark(1994a)重新回應其他學者對於 1983 年文章的評論，並重申其論點與立場，其主張的核心論點為，「教學方法才會影響學習，而非媒體屬性」以及「任何必要的教學方法都可以被設計成以不同的媒體呈現」，其論述如下：

(1) 教學方法才會影響學習，而非媒體屬性

在此論點下，有兩個重要的論述，分別為：教學方法才是影響學習的必要條件，以及媒體屬性並非學習研究中的必要變數。

① 教學方法才是影響學習的必要條件

針對媒體研究中，究竟誰才是影響學習的關鍵角色呢？Clark(1983, 1994a)以媒體比較研究之後設分析與媒體屬性的研究作為其立論的基礎。Clark(1994a)指出，許多嘗試複製已發表之媒體屬性的研究發現，不同的媒體屬性都可以有相同或相似的認知功能(e.g. Bovy, 1983)，因此，若沒有單一個媒體屬性可作為某學習任務所需之獨特認知效果所用，則該屬性必為其他造成學習獲得之變數的代理伺服器(proxy)。基於此，Clark 指出，當有一個媒體或一組媒體屬性被發現可以促進學習效益時，就必須去問：「是否有另一個媒體或其他媒體屬性也會產生相似的研究結果？」如果有共享的屬性，則作為教學科技者，必須選擇較不貴的方法來達成學習目標，故我們必須圍繞在可互換之變數共享之屬性的根本結構特徵，來形成媒體研究的理論，而非憑藉其相關的表面特徵。Kulik 等(1980)後設分析的證據亦顯示，在不同媒體或媒體屬性研究下，所獲得之學習效益的來源是共享的變數—即「教學方法」。Clark(1983, 1994a)進一步以藥物類比來說明其主

張，不同藥物的形式—膠囊、液態、注射等就像不同的媒體，然而，只有藥物的化學成份才能促進健康。若無法將方法與媒體分離，則將造成許多困惑，並阻礙理論的建立，我們不能單純僅就不同類型之傳遞媒體來建構一個適當的藥物設計科學(medical design science)(Clark, 1994a)。

②媒體屬性不是學習研究中的必要變數

隨著科技的進展，媒體屬性的研究開啟媒體屬性理論的可能性。媒體屬性理論一旦建立起，則媒體屬性將因為能教導學習者進行心智的轉換(mental transformation)，而造成學習者擁有獨一無二的認知技能，則媒體屬性的潛能將帶給人類在學習上前所未見的輔助效益(Clark, 1983)。媒體屬性這個可行的研究取向，有三個基本的主張：(a)媒體屬性可以培養認知技能(b)媒體屬性，特別是電腦屬性，能提供特別的獨立變項，描述屬性建模和學習成就間的關係(c)透過媒體屬性的教學，特別是電腦，將能讓學習者習得遷移的能力(Clark, 1985)。

基於上述的主張，媒體屬性與效益之相關研究不斷湧現。Clark(1983, 1994a)以非常少可以培養技能的媒體屬性被發現並證明為有效，以及許多不同的媒體都能完成相同的學習目標(e.g. Bovy, 1983)，反駁了媒體屬性研究的前兩個基本主張。除了「放大縮小」之外，還有許多相同有效的方法可以強調細節，來培養「注意線索」的認知技能，因此，這些所謂媒體屬性(e.g. zooming 或 irisning)的構念，對於認知技能的培養並非必要條件，故沒有一個媒體屬性是具有獨特的認知效果(cognitive effect)，任何媒體屬性僅能作為達成學習目標之必要認知過程的充分外在條件。另外，在1980年代電腦媒體蓬勃發展之際，隨著電腦快速被應用於教學上，有研究者希望較新的媒體可以做為教導可通則化(generalizable)之問題解決技能的教學環境，高度的熱忱以及較差的研究設計，支持了教學上使用電腦可能會促進學習與遷移的期待(Clark, 1983, 1985, 1992)。然而，從許多研究證據顯示，

無論對於一般領域之問題解決或學習去學習之技能的養成而言，電腦或電腦程式的撰寫技能都不是必要的部分(Clark, 1985, 1992)。就如同透過 zooming 之建模，來培養學生對於線索注意的技能，這個技能的培養僅侷限於特定之實驗任務而無法協助學生進行較遠的遷移(Clark, 1985)，因此，其他旋轉物體或將物體從 3D 展開成 2D 構造等媒體屬性，在學習與遷移的研究上，也沒有明顯的正向證據(Clark, 1992)。由上述可知，媒體屬性並非學習研究中必然的變數(Clark, 1994a)。

(2) 可取代性的挑戰：任何必要的教學方法都可以被設計成以不同的媒體呈現

在媒體是否影響學習的爭論中，除了上述「誰才是影響學習的關鍵角色？」外，教學方法與媒體論辯的另一個核心為「教學方法是否可以被取代或替換(interchangeable)呢？」。持媒體屬性觀的學者(e.g. Kozma, 1991; Salomon, 1979)認為，媒體的屬性或媒體的能力與教學方法是不可分的(Kozma, 1991, 1994a, 1994b)，例如：zooming 和 irising 這些媒體呈現的方式，需伴隨媒體的獨特功能才能相輔相成，進而影響學習。但是，持教學方法才會影響學習的學者(e.g. Clark, 1983; Morrison, 1994)認為，媒體不等於教學方法，唯有媒體與教學方法分離，才有助於學習理論的發展(Clark, 1983, 1994a, 1994b)。

Clark(1994b)指出，從學習的觀點來看，當學習受到外在事件影響時，這些事件必須能支持學習目標所需之認知過程或結構，而這些外在事件的內容就是所謂的教學方法。就學習理論的初步分析而言，教學方法是不可以被取代的，除非有關認知過程和結構的學習理論改變了，教學方法才需要隨之改變；此外，學習理論的基本層次包含，人類認知結構和過程的特徵、一般的知識類型和動機的機制等面向，但是媒體這個變項從未被證實有用，且沒有任何認知學習理論囊括媒體與媒體屬性。

Clark 除再次重申教學方法為媒體學習的關鍵外，也強調從根本的層次來說，教學方法是不可取代的。除此之外，其認為多數的媒體研究將媒體與教學方法混淆，就 Clark 的觀點而言，媒體屬性不等同教學方法，其認為教學設計者、發展者和研究者經常無法適切地將他們的研究，和已經存在、從教學而來之基本和應用性研究相連結，並認為大眾對於媒體的熱衷以及聚焦在特定情境所產生之學習結果，導致忽視或誤解了基本的研究——只重視情境的生態效度(ecological validity)而不重視變數的構念效度(construct validity)，因此，造成在研究設計上，沒有仔細分析有關教學方法和相關認知過程之定義與測量的議題，而導致相似的教學方法有許多不同的操作型定義，造成教學方法在設計上以可互換的(interchangeable)方式展現在不同的傳遞媒體裡，進而造成教學方法和媒體的困惑。另外，每當有新的傳遞科技出現時，科技學者就認為，需要再有一個新的學習理論來解釋新的學習方式，進而不斷且不適切地再發明新的理論，因此，困惑的研究引起困惑的結果，導致了媒體研究領域零碎的研究與實務。

基於此，Clark 認為媒體研究與媒體學習理論發展的首要之務是釐清教學方法與媒體，並從認知學習理論為出發點，先具有一個學習所需之認知過程的似真模型(plausible model)後，從穩定的研究結果獲得學習所需之認知過程的操作型定義，接著發展可以在教學課程中支持認知過程的策略，據此才可以擁有一個良好的媒體設計。以藥物設計科學為例，釐清有效的藥物成分後，就必須選擇傳遞藥物最好的媒介，將此概念應用於透過媒體來進行學習的議題上時，則教學方法就是有效的藥物成分，而媒體則為傳遞藥物的媒介，媒體的選擇是教學設計最後階段的關鍵，在此階段，可以選擇一個最有效的媒體與模式來展現和傳遞一個教學方法，於特定情境針對特定學習者進行教學。基於此，在教學活動設計的初始階段，教學方法被定義成支持認知過程的關鍵元素，是不可取代的，然而，在設計的最後階段，任何在學習認知過程中必要的教學方法，都可以被設計成以不同的

媒體呈現(Clark, 1994b)。

(二) 媒體特有的屬性可以輔助學習—Kozma 的觀點

科技的進展帶給了人類各領域許多的希望，當大眾熱衷於媒體科技帶給教育領域的優勢時，Clark(1983)以媒體比較研究之後設分析與媒體屬性研究之檢驗為證據，提出了「媒體在任何情況下都不會影響學習」的論點，並且建議大家中止對於媒體的研究。在巨觀的後設分析下，一個個媒體研究似乎隱含著其他的訊息，Kozma(1991)以“learning with media”一文加入了媒體的爭論。

在述及 Kozma 的主張之前，首先釐清該爭論所談的「主角」與涉及的「事件」分別為誰？在此爭論中的主角為媒體和教學方法，而主角牽涉的事件則為學習，這個爭論所論的是「誰」影響了該「事件」的發生。Kozma 與 Clark 站在不同的角度上參與了該爭論，Clark 從巨觀之後設分析的證據論述媒體與學習，強調教學方法才是支持學習的核心；而 Kozma 則微觀地從學習是如何發生的，來反觀不同的媒體所產生的認知效果，特別是媒體或媒體屬性，在學習者建構、形成與修正心智模式之過程的貢獻討論起。因此，兩位學者對媒體與學習持不同的觀點。

對於「學習」而言，Kozma 是從建構主義的觀點來看學習，在這個理論架構下，學習是一個主動、建構的過程。在此過程中，學習者藉由萃取環境中的資訊並將之與記憶中既存的資訊整合，策略性地管理可獲得之認知資源來創造新知識。此過程會受限於認知因子—短期記憶之訊息量與持續的時間、長期記憶中可獲得與任務相關之訊息、訊息如何被結構化、訊息被活化並運作的程序等。換言之，學習的過程對於外在環境是很敏感的，例如：在某些時候可以獲得的特定訊息、可獲得的持續時間、特定訊息被結構化的方式、訊息被尋找的容易度等。基

於此，嵌在書、電視、電腦等媒體中的訊息即構成了外在環境，學習者和這些訊息以及媒體架構的情境互動，則學習便由此發生，故知識與學習並非個體或學習環境單獨的特質，而是學習者的認知資源和外部環境間交互作用所建構出來，因此，學習者在各種媒體環境中，主動地和媒體合作建構知識(Kozma, 1991)。這樣的觀點和 Clark 對於媒體單向傳遞訊息的觀點是大不相同的。然而，基於此學習觀，媒體與學習間必然存有一個關係，而非單純的載具(Kozma, 1994a)。

另外，對於「媒體」而言，Kozma(1994a)則從媒體本身的科技、符號系統和處理能力(processing capability)三個向度來定義媒體，並據此檢驗媒體相關研究，指出媒體的這些特質連結了從這些特質獲益的教學方法，而這些與認知相關的特徵和學習者表徵與處理訊息的方法互動，影響學習者表徵和處理訊息的方式，進而影響其心智模式的結構化、形成與修正。Kozma 對於媒體所賦予之三個面向的定義，分別為「科技」可以決定媒體的功能、形狀和其他物理特徵，但對於學習沒有直接的認知效果；「符號系統」為媒體可以呈現訊息的形式；「處理能力」則為媒體處理或運作其可用之符號系統的能力，媒體的處理能力能彌補學習者處理訊息的能力，或促進學習者執行訊息的運作，或執行學習者無法執行的訊息運作。許多學習者常由外在可獲得的訊息，來提供自己有用的表徵和操作，換言之，學習者也可以透過使用具有某些特定處理能力的媒體來獲益。

在建構主義的學習觀下，Kozma 從媒體所具有之與認知相關的特徵為基礎，來看學習的主體—學習者，如何和外在環境—傳播的訊息，持續、反覆地交互作用來建構知識，而媒體的特徵(屬性或能力)在這個互動的過程中，又扮演了什麼樣的角色。基於文獻的回顧，Kozma 對於「媒體是否影響學習？」這個議題，提出許多有力的證據與論述，分別說明如下：

1. 媒體與認知相關之屬性和學習間的關係支持 Kozma 之「媒體能輔助學習」的主張

Kozma(1991, 1994a)從建構主義的角度以及媒體與認知相關的屬性為基礎，回顧書、電視、電腦與多媒體的相關研究，並檢視這些媒體與認知相關的特質對於學習的影響。由於 Kozma 主要以媒體之符號系統與處理能力的定義，來討論媒體所具有之與認知相關的特質對於學習的影響，因此，書、電視、電腦與多媒體所具有之符號系統與處理能力，在學習過程中所扮演的角色，整理如表 2-1-1。



表 2-1-1 媒體所具有與認知相關之屬性對於學習的影響

| 媒體類型 | 書 | 電視 | 電腦 | 多媒體 |
|------------------|---|--|--|-----------------------------|
| 符號系統 | 圖文視覺系統 | 圖文視覺系統 口語聽覺系統 | 圖文視覺系統 口語聽覺系統 | 圖文視覺系統 口語聽覺系統 |
| 處理能力 | 穩定性 | 可同時處理 短暫呈現 之視覺與聽覺符號系統。 | 1. 可同時處理 短暫呈現 之視覺與聽覺符號系統。 2. 可將方程式、數值或類比符號轉換為圖形。 3. 能程序化 (proceduralize) 訊息，依特定規則來運算符號。 | 透過電腦將各種媒體輔助學習的優點，無縫整合到一個環境。 |
| 媒體與認知相關之功能和學習的關係 | 1. 閱讀者隨目的，從書的圖、文建構心智表徵與情境並喚起基模。在閱讀過程中，閱讀者不斷地將這些建構的表徵整合到基模、更新基模或建構新基模以獲得學習。 2. 書的穩定性可協助閱讀者往前或往後閱讀，協助自己建構表徵。 | 1. 電視使用的符號系統與短暫本質，會影響心智表徵之動態特質的建構。 2. 當觀看者具有觀看目的時，會完全投入並建構更精緻化的表徵；而且以電視呈現之視覺成份所建構的表徵，容易攜帶情境訊息並易於記憶。 | 1. 電腦的轉換能力可協助學生將學校獲得之符號系統連結到真實情境。 2. 電腦可程序化物體間的關係，協助學習者在電腦微世界中建構、修正並精緻化其心智模式。 | 多媒體環境整合各種媒體的優勢，有策略性地促進學習。 |

資料來源：整理自 Kozma(1991)

Kozma 嘗試將媒體學習理論紮根在知識被建構之認知與社會的過程中，透過重新定義媒體與認知相關的特徵，來分析這些特徵對於學習者之認知學習過程有何影響，並發現學習者從這些特徵獲益的證據，這些特徵互補了學習者的先備

知識與認知技能(Kozma, 1991, 1994a)，而此結果將無法透過 Clark 憑藉之媒體比較研究的效果量來獲知。

2. Kozma 之「媒體能輔助學習」主張的核心論點

在「媒體是否影響學習？」之爭論中，Clark(1983, 1994a)主張「媒體在任何情況下都不會影響學習，只有媒體傳遞之教學方法才會影響學習。」Kozma(1991, 1994a)則以「媒體會不會影響學習？」以及「在什麼情況下，媒體將會影響學習？」兩個問題來反問，並從知識被建構之認知與社會過程，重新紮根媒體與學習的關係。Kozma(1991, 1994a, 1994b)依據書、電視、電腦與多媒體之相關研究的證據，主張「媒體與認知相關的特徵輔助了學習的過程」，而該主張涵蓋了兩個核心的論點——「媒體與教學方法一起影響學習，而且兩者往往透過影響彼此來影響學習」以及「媒體與教學方法是一體、無法分割的」。

(1) 媒體與教學方法一起影響學習，而且兩者往往透過影響彼此來影響學習

學習不是對於教學「傳遞」的接受式反應，而是一個主動、建構、認知與社會的過程，在這個過程中，學習者策略性地管理可獲得之認知資源，透過和環境中的資訊互動、將之整合到記憶中既存的資訊，來創造新的知識。據此觀點，知識與學習不是個體與學習環境的單獨特質，而是學習者之認知資源和外部環境間的交互作用而來，且這個交互作用強烈地受到內、外部資源穩合在一起的程度所影響(Kozma, 1991, 1994a)。因此，為了瞭解媒體與學習的關係，需以和這些過程相融且互補的方式來定義媒體，故 Kozma 論述的媒體不僅是以科技面向來定義的媒體，而是以其和認知相關的特徵來定義。從上述 Kozma 對於書、電視、電腦與多媒體的研究分析，可以瞭解到媒體之「科技」的主要效果，是讓媒體之「符號系統」與「處理能力」這兩項與認知相關的能力得以實現，同時也限制這兩項能力。書、電視、電腦與多媒體等研究中，圖文的排列方式、視聽覺整合呈現的

方式、程序化訊息的設計等，影響了學習者與媒體和教學方法的互動。雖然，某些效益的歸因可以是媒體或教學方法，但是，媒體與教學方法之間卻也共享了許多變異，而一個好的設計將會整合媒體與教學方法(Kozma, 1991)。因此，媒體與教學方法一起影響了學習，而且兩者往往透過影響彼此來影響學習(Kozma, 1994b)。

(2) 媒體與教學方法是一體、無法分割的

不管有無使用媒體，大多數的學習者都能從環境中獲得的訊息，提供自己有用的表徵。然而，當學習者在提供自己有用的表徵上具有困難時，有時候是受限於先備知識或工作記憶等，而特定的媒體可以提供學習者有用的表徵，或協助其建構表徵(Kozma, 1991, 1994a)。Kozma(1994a)以微世界

(microworld)—*ThinkerTools*(White, 1984, 1993)以及互動式影碟—*Jasper*

Woodbury Series(Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992)來說明，當媒體的能力與應用媒體能力之教學方法，和認知與社會過程產生互動時，知識就從中被建構出來，Kozma 據此來論述媒體與教學方法是一體、無法分割的。

White(1984, 1993)利用了電腦程序化訊息的能力—也就是依據特定規則來運算符號的能力，將牛頓運動定律輸入電腦，創造了微世界—*ThinkerTools*，讓學習者在該環境中透過與具有規則之物件進行互動，來建構類似專家的心智模式；White 的研究發現，小學六年級的學生在 *ThinkerTools* 學習牛頓力學的課程後，相較於傳統教學組的學生，實驗組的學生除了對於物理概念有更好的理解之外，*ThinkerTools* 也促進了學生在真實世界轉換表徵的能力。Kozma 認為這樣的認知效果，源自於電腦將學生輸入的訊息轉變成動畫呈現的能力，幫助學生建構心智模式。而 *Jasper Woodbury Series* 影碟則因為豐富之視覺表徵能力，可以提供學習者豐富的情境，協助其將心智模式連結到真實世界而增進其問題解決的表

現。但是，Clark(1994a, 1994b)與 Morrison(1994)卻認為是設計到媒體中的教學策略(例如：物件的操弄與情境範例等)，而非所謂的媒體能力促進了學習。但是，Kozma(1994a)指出，媒體的屬性就是它的能力，這個能力總在設計的過程中被呈現出來。媒體往往限制了教學方法，但也讓教學方法得以實現(Kozma, 1994b)。Reiser(1994)以媒體之教學設計者的身分回應了 Kozma 的觀點，並指出「特定的媒體屬性讓特定的教學方法可行」。而 Jonassen, Compbell 與 Davidson(1994)也指出，學習時，學生同時和媒體與教學方法互動，要獨立媒體與教學方法的效果是困難且不可能的，而且，在設計的過程中，是無法輕易以一個媒體來置換另一個媒體並進行比較的。因此，在一個好的設計裡，媒體與教學方法都是設計的一部分。

(三) Clark 與 Kozma 論點之比較

在「媒體是否影響學習？」之爭論中，Clark 與 Kozma 以不同的角度分析媒體相關之研究，作為各自論點的證據，論述了究竟「媒體」和「教學方法」，何者為影響「學習」的關鍵因素。Clark 從後設分析與媒體屬性研究的證據，強調教學方法才是支持學習的核心；而 Kozma 則從學習是如何發生的，來反觀不同媒體或媒體屬性，在學習者建構、形成與修正心智模式過程中的貢獻，指出媒體的屬性互補了學習的過程。因此，Clark 與 Kozma 對於學習的觀點、媒體是否真有所謂的屬性可以輔助學習，以及媒體研究的研究方法，持有不同的觀點，以下將從這三個面向來討論兩位學者觀點上的差異與其他學者的看法。

1. 媒體與學習間的關係

Shrock(1994)指出「媒體是否影響學習」的爭論中，雖然參與爭論的人使用相同的字，但這些字似乎沒有相同的意義；而在此爭論中最難處理的字，正是「媒體」、「方法(即教學方法)」、「影響」與「學習」。「媒體」與「方法(即教學方法)」

這兩個變因與「學習」間存在什麼樣的關係，而所謂的「影響」又如何界定呢？

Clark(1994a, 1994b)指出，當學習受到外在事件所影響時，這些事件必須支持學習目標所需的認知過程或結構，這些是學生無法自己提供給自己的，而這些外在事件就是所謂的教學方法。Clark 對於學習的觀點受到 Gagne 的學習觀點與教學理論所支持。依據 Gagne, Briggs 與 Wager(1992)，若將學習所需之任何事件與內在認知訊息處理之事件相比的話，喚起注意力(gain attention)、演練(drill and practice)、回饋，這些活化或支持內在過程的事件，稱為外在教學事件；由於媒體具有喚起學生注意或引起動機之功能，故 Gagne 等將媒體視為一個組成教學之溝通或刺激的媒介，而非外在教學事件。然而，Clark 又引述 Salomon(1984)的新認知理論—將動機歸因為學習者對於外在事件之反應的信念和預期，非單純的外在事件，並將動機從外在事件排除(Clark, 1994a)，若依此觀點，則媒體將永遠不會成為一個原因或影響，Shrock(1994)質疑這個直接排除動機與媒體間存有關係的論點。Clark(1994b)直言，媒體這個變項從未被證實是有用的，其不曾遇過任何一個認知學習理論囊括媒體與媒體屬性這個因素。Clark 以媒體比較研究之後設分析作為主張的證據，然而，Kozma(1994a)質疑 Clark 回顧的比較性媒體研究，嵌入的主要是行為學派之刺激與反應觀點，媒體所提供的刺激依表面特徵來分類，而媒體在學習上的效果則以考試的反應來比較，Kozma 認為 Clark 回顧的這些媒體比較研究，缺乏了對於學習發生之認知、情境或社會過程的描述。

從 Clark 對於學習的定義，可以知道其對於學習的觀點可以由 Gagne 等(1992)的學習觀—一個認知與行為學派的折衷觀點，加以說明。Kozma 則認為學習不是對於教學傳遞之接受式的反應，學習是一個主動、建構、認知與社會的歷程，學習者的認知資源和外部環境間的交互作用，一起建構了知識與學習的過程；這個交互作用強烈受到內、外部資源穩合程度的影響(Kozma, 1994a)。就此觀點，

媒體與學習間必然存有一個關係，而這個關係必須紮根在知識被建構之認知與社會的過程中，當然也必須透過這個架構中來檢驗媒體與學習間的潛在關係，並釐清媒體影響學習之機制，而非僅觀察後測得分或效果量的大小(Jonassen et al., 1994; Kozma, 1994a, 1994b; Shrock, 1994)。

2. 媒體的屬性

在媒體與教學方法之爭中，Clark 認為教學方法才會影響學習，Kozma 則認為媒體的屬性讓教學方法得以實現，同時也限制了教學方法，學習者透過與媒體和教學方法的互動獲得學習，簡言之，媒體屬性與學習的歷程彼此互補，媒體屬性可以協助學生建構表徵並形成、精緻化或修正心智模式。

Clark(1983, 1994a)以「可取代性的考驗」—如果一個實驗處理能被另一個處理以相似的結果取代，則結果的原因應為實驗處理中某些「共享的屬性」，來檢驗媒體屬性的研究後，指出沒有一個媒體屬性(e.g. zooming 或 irisng)具有獨特的認知效果，任何媒體屬性僅能作為達成學習目標之必要認知過程(e.g. 將線索獨立出來的策略，即為 Clark 所謂之必要的教學方法)的充分外在條件。

Morrison(1994)亦質疑 Kozma(1994a)以 *ThinkerTools* 和 *Jasper Woodbury Series* 的研究做為支持媒體屬性輔助學習的證據，Morrison 認為這些屬性並非電腦和影碟所特有。Clark(1994b)更指出，大眾對於媒體的熱衷以及聚焦在媒體所提供的情境，往往只考慮到生態效度，而忽視了在研究中所採用之變數的構念效度，而且依據前述的學習觀與可取代性的考驗，媒體或媒體屬性無法構成學習的必要條件，當然也不會在教學理論上扮演任何角色。這樣的觀點讓媒體的爭論延伸出了「必要與充分條件」與「研究方法論」之爭。

Kozma(1994a)指出，教育科技是一個設計科學(design science)而非自然科學，我們研究的現象是我們自己的概念與儀器(device)間的產物，假如媒體與學習之間沒有關係，是我們尚未製造出兩者間的關係，但是，如果我們不瞭解媒體與學習間的關係，則我們也無法製造出一個像樣的關係。如果以建構主義的觀點來看學習的話，學習是認知過程和環境特質的交互作用，則媒體與學習間必存在一個關係，Kozma 認為，若要瞭解媒體在學習中的角色，則必須以和認知與社會過程相容與互補的方法來定義媒體，並以心理之訊息與過程和環境之訊息與過程的交互作用作為架構，來檢驗媒體與學習之潛在關係，因此，媒體理論與研究必須同時反應媒體的能力與其被使用之社會情境的複雜度。Kozma(1991, 1994a, 1994b)透過檢驗書、電視、電腦與多媒體的研究，並以 *ThinkerTools*、*Jasper Woodbury Series* 和 *MutliMedia and Mental Models in Chemistry(4M: Chem)* 為例，指出以媒體來進行學習是一個互補的過程，學習者和媒體一起合作建構表徵與知識，媒體的屬性讓教學方法得以實現，同時也限制了教學方法，兩者常常透過影響彼此來影響學習，而且一個好的設計則往往將會整合媒體與教學方法。Reiser(1994)以一個媒體教學設計者的立場回應了 Kozma 對於媒體屬性的觀點，其指出特定的媒體屬性讓特定的教學方法可行，是一個 Clark 不承認的事實，教學方法是否成功地傳遞，是依傳遞教學方法的媒體屬性而定，Reiser 直言 Clark 太少注意這些讓傳遞可行之傳遞系統(即媒體)的特質，換言之，若沒有適當的傳遞媒介來傳遞藥物，則所謂有效的藥物成分也將不會有效。

關於「必要與充分(sufficient)條件」之爭，Kozma(1994a)回應，「科學家關心之必要條件，是去除不想要而營造想要的」換言之，科學家感興趣的是某些想要的產物，例如學習，他們考量的是建立一些充分的條件讓學習得以發生。必要的條件是缺乏則事件無法發生，但充分的條件存在則事件必然發生。知道哪些缺乏則學習無法發生固然重要，但是對於「設計科學」來說，更重要的是在哪些條件

下則學習將會發生。Reiser(1994)指出，作為一個教學設計者，其認為 Clark 之充分(sufficient)—必要的論點是不必要的，其不會被許多不同的媒體屬性能完成相同的教學目標所困擾，Reiser 樂見於特定媒體屬性可以培養並達成一特定的學習目標，這會讓身為教學設計者的他，考慮採用這些屬性來達成教學目標。

3. 媒體研究的研究方法

Clark(1983, 1994b)從媒體比較之後設分析與媒體屬性研究的證據，指出教學方法才是影響學習的關鍵，其認為大眾對於媒體的熱衷，導致我們忽略了新媒體之成功研究案例中，所採用之變數的構念效度，Clark 質疑媒體研究中未釐清「因」跟「果」，造成相似的教學方法有許多不同的操作型定義，並以非常不同的結果在設計中被互換地使用，就如同將線索獨立出來的教學方法，以兩種不同的設計—zooming 與 irising，產生了相似的教學效益。Morrison(1994)支持 Clark 之「教學方法與媒體困惑」的觀點，質疑 Kozma(1994a)所舉之 *ThinkerTools* 與 *Jasper Woodbury Series* 兩個研究沒有良好的研究設計，造成研究結果無法有效地詮釋效益的來源是教學策略或媒體。Morrison 建議，*ThinkerTools* 的控制組如果不是傳統教學法，而是給學生一個桌球室來執行相同的實驗，可能將有不同的研究結果；此外，其進一步以文本的方式，呈現與 *Jasper Woodbury Series* 實驗組相似的情境給控制組，發現兩者有相似的教學效果，據此，Morrison 提出媒體研究應該要「相似比相似(like with like)」—即「等位的評鑑(equivalent evaluation)」的建議(Morrison, 1994, 2001)，然此觀點卻受到 Koumi(1994)的質疑，其指出媒體的比較研究，應公平地讓具有高創意之實務者，在適當的資源與時間下，將每個媒體的潛能完全發揮，此外，Koumi 進一步指出以不同的媒體、相同的單元或教學功能、使用相同的教學方法，進行媒體比較研究，就猶如砍斷馬的兩條腿來看馬是否跑得跟人一樣快(Koumi, 1994)。

Ernest 與 Federico(2000)指出，過去媒體比較研究多在比較傳統(以教師為媒介)與以科技為媒介作為取代或互補教師之教學，然而這樣的比較性研究因為設計上的錯誤，正遭受內、外在效度的問題。Koumi(1994)亦質疑 Clark(1983)引用之後設分析證據中，所採用的媒體比較研究的品質。Kozma(1994a)則質疑 Clark(1983)回顧之媒體比較研究所嵌入的，主要是行為學派的學習觀，缺乏任何對於學習發生之認知、情意或社會過程的描述。Kozma 進一步以教育研究的典範正在轉變，來呼籲媒體研究之研究方法也應跟著轉變。House(1991)指出，引導教育研究之目標與基本假設，正從「世界是一組存在可見之因與果間的似定律關係，而且這個關係有規律地在不同情境中作用」轉變到「世界是交互作用之原因結合在一起產生事件」。在新的典範下，我們應該尋找的不是因和果，而是因果機制，也就是產生之事件背後的過程，不是一般的通則而是充分的趨勢(sufficient tendency)，亦即是這些機制在複雜社會情境下運作的淨效果(net effect)，而這也是設計科學所追求的目標(Kozma, 1994a)。

如果粗略地將教育研究的取向，依據釐清機制和描述交互作用來區分的話，則前者為分析取向(analytic approach)，後者則為系統性取向(systemic approach)(Salomon, 1991)，對於前者，Salomon 建議採用量化研究，以統計的方法來建立媒體研究中之變數間的關係；而相對於後者，則交互作用則需以民俗誌學(ethnographic)或自然學(naturalistic)的方法，來釐清課室活動中各種教學向度間的相互關係(Kozma, 1994a)。Ullmer(1994)也指出，過去的傳統方法無法完全獲知現代多媒體系統對學生的影響，並提出一個新的研究法取向——在一個自然的情況下、更質性地捕捉更大範圍之媒體對於學習者的影響，Reiser 亦贊同以該取向來進行新的媒體研究，以釐清足以解決其他教學問題的教學情境。

從 Clark 與 Kozma 對於「媒體是否影響學習？」的主張與論點中，可以發現兩位學者對於學習的觀點、媒體是否具有獨特的屬性可以影響學習，以及媒體研究的方法論上，持有不同的看法。兩位學者在這三個面向上的區別如下：

表 2-1-2 Clark 與 Kozma 在學習、媒體與媒體研究之方法論觀點上的比較

| | Clark | Kozma |
|-------|---|---|
| 學習觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● Gagne 的學習條件論 <p>學習是一種將外在環境的刺激轉化為訊息處理的階段，並從中獲得新知識和能力的歷程。媒體並非學習所需之外在事件。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 建構主義學習觀 <p>學習是一個主動、建構、認知與社會的歷程。學習者與外在環境(媒體)一起建構了知識。</p> |
| 媒體屬性觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● 媒體或媒體屬性並非學習理論的必要變項 <ol style="list-style-type: none"> 1. 教學方法才是影響學習的必要條件。 2. 媒體(或媒體屬性)並非學習發生之必要條件。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 以媒體或媒體屬性來進行學習是一個互補的過程 <ol style="list-style-type: none"> 1. 媒體讓教學方法得以實現，同時也限制了教學方法。 2. 媒體和教學方法透過影響彼此來影響學習。 |
| 研究方法觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● 分析取向 ● 量化研究取向 <p>釐清並控制情境來增加內度效度，瞭解造成現象的因和果。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 系統性取向 ● 質性研究取向 <p>教室內的每個事件、元素或動作都有潛力影響整個教室，考量整個情境的因素並觀察因果機制。</p> |

資料來源：研究者自行整理

儘管媒體的論戰至今已二十多年，Clark(2001)依然堅持其立場，並指出這個爭論中的關鍵立場已在近幾年顯著演進，其中之一為 Kozma 同意過去沒有明顯的證據可說明媒體與學習之因果關係(Kozma, 1994c)。此外，Clark 亦指出其仍不認同媒體與媒體屬性是媒體學習效益的原因，也不同意依此衍伸出未來可能從媒體獲得學習的好處，並反對執行所謂的「質性、認知與社會個案的研究」而不採

用傳統實驗研究，其認為這樣的研究無法進行推論，並指出不應在科學方法應用到教學媒體研究得不到預期效益時，拒絕使用科學方法。

Kozma(1994a, 1994b, 1994c)則持續希望有新的且較少限制之研究方法，可以用來發現學習者與媒體間更複雜之交互作用，以及學習者從此交互作用中獲益的證據，此外，Kozma 也指出，應該超越對於「證明媒體會引起學習」的關注了，這樣我們將能以更複雜的方式來探索問題，並將研究主軸轉向「我們能以什麼方法來使用媒體的能力，影響特定學生、任務與情境的學習？」Kozma 在 1991 年即預言網路的潛能，並呼籲應盡快在電腦科技的能力被用於互動式肥皂劇與 3D 遊戲等之前，建立起媒體學習理論，以避免我們處於自己創造之遊戲規則的邊緣，而在進入 21 世紀之後，Mayer (2003)即整理過去的研究，提出了「多媒體認知學習理論(cognitive theory of multimedia learning)」，建立了媒體影響學習的理論基礎，以下將針對「多媒體認知學習理論」進行討論。

二、Mayer 的多媒體認知學習理論

從媒體獲得學習之爭論已延伸數十載，即便許多論點已經演進，但是該爭論仍然相當活躍且是一個備受關注的議題(Clark, 2001)，其中關鍵性的變化之一即為，1990 年代以來之學習心理學的革命與認知教學心理學(cognitive instructional psychology)的進展，讓學習的焦點從教師中心轉而聚焦到學習者身上(Jonassen et al., 1994)，而且人類對於訊息在工作記憶(working memory)處理之不同模式亦有了更深入的瞭解，這些轉變與發現提供了媒體輔助學習之研究領域新的研究取向，媒體研究學者也不再像過去 1980 年代僅關注於媒體間的比較，而是朝向以知識被建構之認知與社會的過程來檢驗教學方法與媒體間的關係(e.g. Kozma, 1994a)、朝向教學方法為媒體教學之核心的觀點(e.g. Clark, 1994a)，以及朝向學習者為媒體學習環境之中心的觀點(e.g. Jonassen et al., 1994)，Mayer(1997)以及

Mousavi, Lowe 與 Sweller(1995)則聚焦於個體認知與訊息處理的歷程，探討媒體教學之設計策略。

承如 Kozma(1994a, 1994c)對於媒體輔助學習論點的堅持以及呼籲以研究為基礎之媒體理論的建立，多媒體學習的效益保證(promise)是讓學生可以透過兩種以上的模式(mode)來促進其理解，例如圖、文混合呈現(Mayer, 1997；Mayer, 2003)，為能達到以多媒體來輔助學習之目的，首要之務即是釐清人們如何從多媒體獲得學習，基於此，Mayer 及其同事不斷致力於探究多媒體訊息之呈現與學習間的關係。Mayer(2003)以個體認知的歷程作為出發點，並基於雙管道(dual channel)處理、有限之訊息處理的能力(limited capacity)與主動學習(active learning)三個假設以及過去累積之研究成果，提出「多媒體認知學習理論(cognitive theory of multimedia learning)」，來解釋人類是如何透過多媒體(圖、文混合呈現)來進行學習(如圖 2-1-1)。其中，雙管道處理的假設是衍生自 Paivio(1986)、Clark 與 Paivio(1991)以及 Baddeley(1992, 1998)的研究，意指人類擁有分開處理視覺與聽覺表徵的系統；有限之訊息處理能力的假設則為，每個訊息處理管道中能夠處理的訊息量是相當有限的；主動學習則指，當學習者投入主動認知處理(active cognitive processing)的過程時，即產生有意義的學習 (Mayer, 2003)。

在以電腦為基礎之多媒體學習環境下，外在表徵包含口語文字與動畫等，學習者透過選擇、組織、整合三個非線性且反覆(iterative)的過程來進行主動學習，並將學習的成果儲存在長期記憶裡。其中，「選擇」是指學習者在接觸到外在表徵時，須選擇特定的聲音與圖像，透過視覺與聽覺通道來進行訊息處理，有時候口語會轉換成視覺表徵，以視覺通道來進行處理，但是，此訊息處理通道的處理量是有限的；「組織」是學習者將口語和視覺素材建構成融貫的心智表徵；「整合」則是學習者將口語和圖像模式與先備知識產生連結。Mayer(2003)指出，有意義

的學習仰賴選擇、組織和整合的過程，只要能促進這三個過程的主動發生，將能達到有意義的學習，如圖 2-1-1 所示。

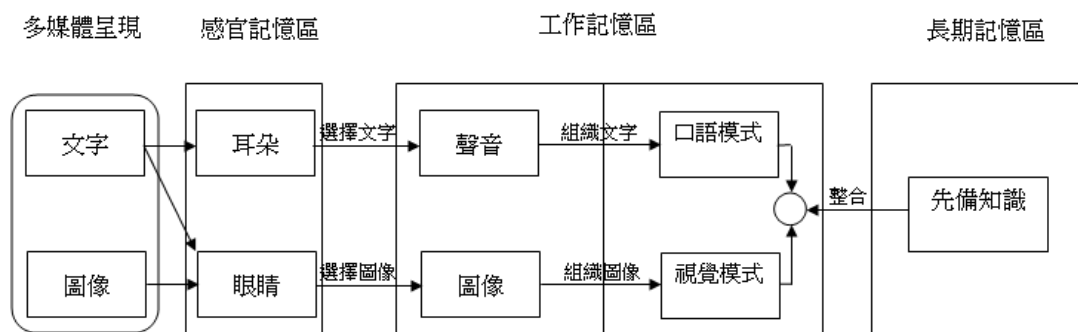


圖 2-1-1 多媒體認知學習理論的架構(Mayer, 2003)

另外，Mayer(2003)還進一步指出，科技本身不會引發學習，不同科技的使用不會改變人類心智運作的本質，唯有誘發與藉由學習者的認知處理才會促進學習，因此，教學科技若經精心設計，將對於人類的認知提供強大的助益，Mayer 依據其多年研究結果提出四個多媒體教學環境之設計原則，分別為：

- **多媒體效應(multimedia effect)**：無論再以書或電腦為基礎之環境，學生從圖文比單獨文字學得更深入。
- **融貫效應(coherence effect)**：排除額外的素材時，學生會學得較深入。
- **空間接近效應(spatial effect)**：將相關之圖片與文字放在一起，學生會學得更深入。
- **個人化效應(personalization effect)**：文字以對話形式呈現，會讓學生學得更深入。

除了上述之設計原則之外，Mayer(2003)之多媒體認知學習的架構中，對於學習者在多媒體學習環境進行選擇、組織和整合之主動學習過程的描述，也意涵著學習者與學習相關的特質，例如學習者對於訊息的偏好與選擇、所能接受的訊息量與先備知識等，亦會影響其在多媒體學習環境中的學習，因此，科技輔助學

習環境之設計也應考量學習者與學習相關之特質，才能發揮科技輔助學習之潛能。

三、科技輔助科學學習之當代趨勢

自 Clark 與 Kozma 之媒體論戰—教學方法與媒體屬性之爭以來，無論在學習心理學以及 ICT 技術上均已大幅進展，Mayer 以個體認知歷程為主，結合多媒體呈現所提出之多媒體認知學習理論，提供了媒體研究者一個紮根媒體教學設計的方向，然而，Kozma 備受挑戰之媒體屬性論—媒體具有特殊的屬性可以影響學習的觀點，也隨著科技的進展有了更豐富的內涵與研究成果。Reiser(2001)回顧教育科技的發展史，指出 1995 年後，電腦和其他數位科技以及網際網路的發展，帶動了這些媒體科技在教育上的應用，這些科技因為網路跨越時間與空間的特質以及以相對較低的成本大量傳遞訊息、科技的互動能力再加上不斷增加的多媒體能力，讓數位科技與網路以「非傳統」的方式促進學習的發生，而這樣的趨勢應用是不容忽視的。相較於 1990 年代以前的媒體，電腦科技以及網際網路的發展已帶來了教學實務的巨大改變，而這樣的改變是前所未見的(AAAS, 1998; Hastings & Tracey, 2005; Holliman & Scanlon, 2004; Kozma, 2003; Reiser, 2001; Yelland, 2008)。Hastings 與 Tracey(2005)指出，科技的進展已經將 Clark 運送貨物的卡車轉變成超音速的飛機了，而且以更新、更快且更不昂貴的方式影響學習。

近幾年來科技與網際網路的進展可以發現，科技已在科學學習中逐漸扮演重要的角色，同時也已提供了許多媒體屬性輔助科學學習的證據，例如：視覺化的工具—*eChem* 可以協助學生建構分子模型並轉換表徵，增進其對於化學表徵的瞭解(Wu, 2003; Wu, Krajcik, Soloway, 2001)，微世界可以提供學生經驗建構、修正並精緻化心智模式(Krajcik & Czerniak, 2007; White & Schwarz, 1998)，透過 GIS、GPS 等科技，結合真實世界之探究活動與互動式視覺化，能協助學習者發展關鍵

的科學概念與科學探究技能(Ebenezer et al., 2011)，另外，電子探針(electronic probes)或感測器(sensors)讓學生可以透過簡單的電子儀器進行以前難以執行的探究活動，這些科技可以即時記錄資訊並繪圖，因而讓學生有更多的時間可以針對資料進行探究並發展科學概念，同時也提升了學生的繪圖能力、問題解決技能、科學理解與學習動機(Dori & Sasson, 2008; Nakhleh, 1994; Krajcik & Czerniak, 2007)。另外，Blog、討論版、聊天室等即時與非即時討論區等，則創造了跨世界的學習社群(Krajcik & Czerniak, 2007)等。

Linn(2003)回顧 ICT 在「科學文本和教學」、「科學討論和合作」、「資料收集和表徵」、「科學視覺化和科學模擬」以及「建模(modeling)」五個科學教育領域中的角色與影響，指出 ICT 不斷反覆而且最終有利地影響了科學教育與學習。Krajcik 與 Czerniak(2007)也指出以電腦為基礎之科技可以做為認知的工具，網路可以協助訊息的蒐集與共享，3D 圖示可以協助訊息的視覺化等，因此應在課室中充分利用科技來支持學生對於現象的主動探討，讓學生在活動參與的過程中發展豐富的科學概念並精熟科學實務。從許多實徵研究都發現到科技所創造的學習環境，可以促進學生科學概念、探究實務與科學本質觀點的發展(Ebenezer et al., 2011; Kang & Lundeberg, 2010; Krajcik & Czerniak, 2007; Linn, 2003)。換言之，過去二十年來之科技進展以及應用科技輔助科學學習的相關研究可以知道，目前已有豐富之實務證據可以支持科技輔助科學學習的論點，同時，也厚實 Kozma 之媒體屬性論的內涵。

四、小結

本研究將依據 Clark 與 Kozma 對於科技輔助科學學習之多元觀點，並包含 Mayer 的多媒體認知學習理論以及科技輔助科學學習之當代趨勢的文獻分析，提出本研究主張之科技輔助科學學習的模式，據此作為本研究之立論基礎，並進行

IWB 課程、教學活動設計、研究資料蒐集與分析。由於數位科技與網際網路的快速發展，當前應用於教學的媒體已逐漸由學習科技所取代，不但豐富了過去 Kozma 所提出之媒體屬性論，也帶動了這些科技在教育上的應用，並帶給了教學實務上巨大的改變，基於此，為能符合當代數位科技營造之學習環境，本研究擴展了當初 Kozma 所提之「媒體屬性」為「學習科技屬性」，並提出一個科技輔助科學學習的模式，以做為科技輔助科學學習環境之相關研究的基礎，在這模式下包含兩個核心論點，分別為「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」以及「質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌」。

(一) 科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質

近年來，媒體隨著 ICT 的快速發展而數位化，並對於科學學習具有良好之輔助效益(Krajcik & Czerniak, 2007; Linn, 2003)，而這些可以用於輔助學習之 ICT 或媒體技術即為學習科技(learning technology)，因此，本研究擴增了 Clark 與 Kozma 所爭論之媒體屬性，並聚焦於當前常用於課室教學環境中的學習科技，來架構本論文之科技輔助科學學習效益的三元決定論。

由於當前大多數學習科技採用之教學方法與策略，與 1983 年所擁有之教學方法與策略是相容的，因而造成媒體爭論不斷地反覆出現(Hastings & Tracey, 2005)。Mayer(2003)亦指出，科技本身不會影響學習，唯有搭配有效之教學策略與設計才能輔助學習者的學習，換言之，以當前最流行之 3D 科技為例，若其未經設計則將流於 3D 遊戲與電影之用，對於學習的輔助也將最小化。誠如 Kozma(1991)所言，一個好的設計將整合媒體與教學方法，而兩者往往透過影響彼此來影響學習。因此，本研究認為媒體爭論裡，Kozma 的媒體屬性論與 Clark

對教學方法的堅持都是對的。

此外，1990 年以後，學習心理學歷經了科學革命—從行為主義到認知主義、教學主義到建構主義，將注意力轉而聚焦到學習者身上。然而，無論是 Clark 對於教學方法的堅持抑或是 Kozma 的媒體屬性論，均過度聚焦於媒體之教學主義觀，忽略了科技所鷹架之學習環境中的主體仍是學習者(Jonassen et al., 1994)。然而，從 Mayer(2003)強調個體認知歷程於多媒體學習環境中之重要角色的多媒體認知學習理論亦可以知道，學習者與學習相關的特質，包含對於圖文、視聽覺訊息之選擇、組織與整合的方式等會影響其在該環境下的學習，而學習科技之實徵性研究亦支持了這樣的觀點，例如：Rakap(2010)指出，偏好閱讀/寫作者在網路學習環境中的學習效益，高於其他類型之學習風格者。學習者之認知風格亦會影響其在數位學習環境中的互動方式，進而影響其學習效益(Chen, Magoulas, & Dimakopoulos, 2005)。另外，高互動之多媒體素材會顯著改善學習者之態度，進而增進其學習效益，而且學習者的學習風格與環境之互動設計間具有高度的交互作用(Kettanurak, Ramamurthy, & Haseman, 2001)。由此可知，學習者特質是影響科技輔助學習環境效益的重要因素之一。

從前述之文獻分析可知，學習者特質、教學方法與學習科技的屬性都是影響科技輔助科學學習環境之效益的因素，唯有同時考量這三者，才能建構一個有效的科技輔助科學學習的環境，讓科技輔助科學學習之效益最大化。

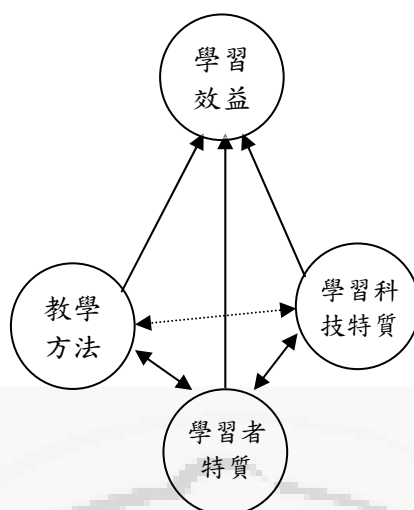


圖 2-1-2、科技輔助科學學習效益之三元決定論

(二) 質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌

自 1990 年代以後，學習理論與媒體(學習科技)屬性已有更完整的論述(Clark, 2001; Hastings & Tracey, 2005; Jonassen et al., 1994)，因此，學習科技研究之研究方法也應隨之轉變，才能瞭解科技輔助學習環境的學習效益。從文獻分析可以知道，Clark(1994b)與 Kozma(1994a, b)對於科技輔助學習之相關研究的研究方法，持有不同的觀點，Clark(1994b, 2001)認為媒體與教學方法的困惑，造成媒體研究無法釐清學習效益的來源，並反對所謂的「質性、認知與社會個案的研究」，其認為這樣的研究不但無法進行推論，也無法促進教學媒體設計的進展。然而，現今科技輔助學習之角色不再僅限於科學概念的學習，還包含促進學生對於現象的主動探討、科學實務的精熟與探究能力以及科學本質觀點的發展(Kang & Lundeberg, 2010; Krajcik & Czerniak, 2007; Linn, 2003)。這些包含概念、學習動機、探究能力與科學本質觀等的發展，非僅由簡單的成就測驗可以量測，也非僅透過後設分析就可以說明其效益來源，後設分析的效果量雖呈現一個顯而易見的量化數字，卻抽離了對於學習發生之情境的描述，究竟該效果來自何種情境、哪些教學策略抑或是發生於哪些學習者身上呢？因此，一個質性研究的觀點有其必要性(Kozma, 1994a; Reiser, 1994; Ullmer, 1994)。量化研究雖具有推論特性，但其

簡化情境脈絡的描述與對於特殊個案的忽視，讓純量化之研究的參考與應用價值受到限制，但若加入質性研究方法對於研究場域脈絡的探究，以及對於特殊個案的重視，將可讓科技對學習影響的相關研究更富參考與應用之價值。基於此，若要提供教育這門設計科學(design science)更豐富的訊息，來促進人類學習的發生，一個質量並重的研究方法，將能更深入地解釋人類在科技學習環境中的學習，並提供教學設計者更多科技學習環境的設計方針。

依據前述文獻之整理與分析，研究者將隨著科技媒體之進展，將擴展 1980 年代 Kozma 所提出之「媒體屬性論」以及 Clark 與 Kozma 對於「媒體屬性」的爭論，將過去之媒體屬性擴展為學習科技屬性，並從學習觀、學習科技屬性觀(媒體屬性觀)與媒體研究之方法論三個面向，比較 Clark 與 Kozma 兩位學者的觀點，並提出研究者的看法，整理如表 2-1-3。

表 2-1-3 學習、學習科技屬性與媒體研究之方法論的觀點

| | Clark | Kozma | 研究者 |
|--------------------|--|--|---|
| 學習觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● Gagne 學習條件論 <p>學習是一種將外在環境的刺激轉化為訊息處理的階段，並從中獲得新知識和能力的歷程。媒體並非學習所需之外在事件。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 建構主義學習觀 <p>學習是一個主動、建構、認知與社會的歷程。學習者與外在環境(媒體)一起建構了知識。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Mayer 多媒體認知學習理論 <p>學習者透過雙管道學習，以有限之訊息處理的能力，藉由選擇、組織、先備知識整合三個非線性且反覆的過程進行主動學習。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學習者與學習相關的特質是影響其在科技學習環境之學習效益的因素之一 |
| 學習科技屬性觀 (媒體屬性觀) | <ul style="list-style-type: none"> ● 媒體或媒體屬性並非學習理論的必要變項 <ol style="list-style-type: none"> 1. 教學方法才是影響學習的必要條件。 2. 媒體(或媒體屬性)並非學習發生之必要條件。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 以媒體或媒體屬性來進行學習是一個互補的過程 <ol style="list-style-type: none"> 1. 媒體讓教學方法得以實現，同時也限制了教學方法。 2. 媒體和教學方法透過影響彼此來影響學習。 | <ul style="list-style-type: none"> ● Mayer 多媒體認知學習理論 <ol style="list-style-type: none"> 1. 媒體須以視、聽覺整合呈現以確保良好效益。 <ul style="list-style-type: none"> ● 以媒體或媒體屬性來進行學習是一個互補的過程 |
| 媒體研究之方法觀 | <ul style="list-style-type: none"> ● 分析取向 ● 量化研究取向 <p>釐清並控制情境來增加內容效度，瞭解造成現象的因和果。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 系統性取向 ● 質性研究取向 <p>教室內的每個事件、元素或動作都有潛力影響整個教室，重視整個情境的因素並觀察因果機制。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 質性、量化研究取向並重 <p>量化與質性取向並重有助於釐清因果與機制。</p> |

資料來源：研究者自行整理

綜合上述兩個核心論點，本研究提出一個科技輔助科學學習環境之研究架構，如圖 2-1-3。本研究也將依據「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」為基礎，並採用質量並重之研究方法，來探究 IWB 這個新興互動科技融入教學對於學生學習之影響。換言之，為深入瞭解 IWB 輔助學習之效益，本研究在學習者特質方面，將採學習風格(learning style)的角度進行研究，在學習科技屬性方面，則針對 IWB 的特性進行探究，在教學方法方面，主要採用當前國內課室環境中常用之資訊科技融入教學法，而在 IWB 數位教材之設計上則是應用文獻分析所獲得之細胞分裂主題的教學策略，結合 IWB 教學應用之優勢和策略，來發展本研究之細胞分裂主題的 IWB 教學活動設計。

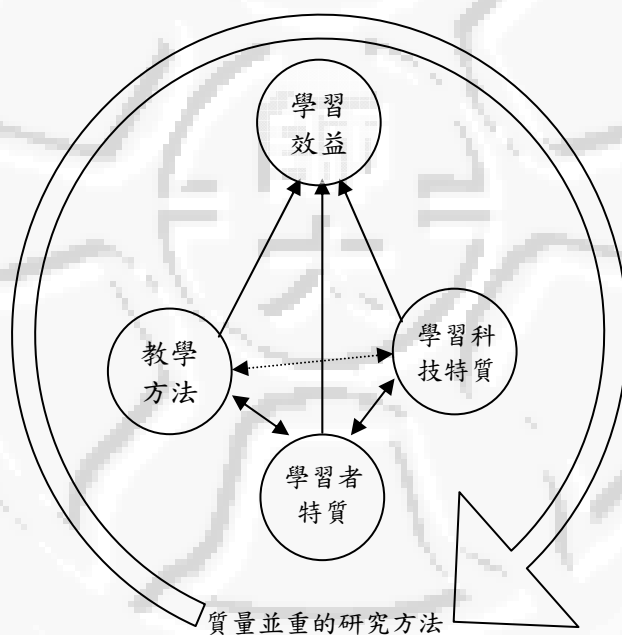


圖 2-1-3、科技輔助科學學習環境之研究架構

第二節 互動式電子白板在教育上的應用

本節分為互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)的發展史及其在教育上的應用、各國推行 IWB 融入教學之政策、IWB 融入教學之實徵性研究以及小結四個部分，分別探討 IWB 之發展史與特性和優勢、在教育上的應用，以及當前各國推行 IWB 融入教學的現況與相關實徵性研究，並作為設計 IWB 課程之理論基礎。

一、IWB 之發展史及其在教育上的應用

近幾年來，隨著 ICT 技術的快速發展，ICT 已逐漸被引入教育領域中，用以建置 e 化學習環境並進行創新教學，然而，在各類 ICT 技術中，IWB 的發明實現了白板與電腦間之雙向互動與操作，使其成為一個整合所有數位教學資源的新介面，因此，IWB 的創新與導入對於傳統課室環境而言，不但是一大躍進，更可以說是白板發展史上的關鍵性革新。除此之外，IWB 內建之多項教學軟體與多媒體整合的動態呈現，也讓教師的教學更具彈性與變通性，並有助於提高學生的注意力與增進其對於概念的理解，而且，IWB 之高度互動性也拉近了課室環境中師生與生生間的距離(Northcote, Mildenhall, Marshall, & Swan, 2010; Smith, Higgins, Wall, & Miller, 2005)。基於上述之優勢，各國對此新穎之教學科技紛紛大力投資，將之推入各級學校，因而讓 IWB 在過去十年來迅速竄起，成為教育領域之數位科技中能見度最高的指標之一(British Educational Communications and Technology Agency [BECTA], 2003, 2004, 2006; Thomas & Jones, 2010)。相較於其他學習科技，IWB 最特別之處在於其獲得多國政府的大量投資與支持，因此在過去五年來，已有越來越多之實徵性研究回應 IWB 在義務教育階段上的使用，*Learning, Media and Technology* 和 *Austrasian Journal of Educational Technology* 更為此發行了專刊來探討 IWB 在教育上的應用(Thomas & Jones, 2010)。由於本研究的目的之一在開發有效之細胞分裂的 IWB 數位課程，並探討

由 IWB 這個新興科技所營造之學習環境對於學生的學習影響。因此，以下將先探討 IWB 的特性與優勢及其在科學教育上之應用，以作為本研究開發中學自然與生活科技課程之 IWB 數位教材的基礎。

(一) IWB 之發展史與其作為教學與學習工具的潛在優勢

IWB 最初源於商業用途，並廣泛應用於辦公室會議，讓業界人員可以透過 IWB 進行腦力激盪，或是即時記錄會議過程。IWB 具有一個大且對於觸碰相當敏感的白板，利用特殊的筆或手指，將能在 IWB 上進行書寫、繪圖或操作各種程式。透過 USB 介面，IWB 可以和電腦連線，將電腦影像藉由單槍投影到 IWB 上；同時，藉由相關應用軟體，將能讓電腦同步顯示 IWB 上的內容，並且將白板上所書寫的資料或操作的過程記錄，透過 IWB 儲存註解的功能轉存至電腦中 (Smith et al., 2005; Somyurek, Atasoy, & Ozdemir, 2009)。因此，IWB 同時扮演著白板與電腦螢幕雙重的角色，讓白板與電腦間可以進行雙向互動與操作，可以說是白板發展史上的關鍵性革新。除此之外，IWB 的特質—「互動性功能」與內建之豐富的教學素材庫、書寫文字、編輯儲存或多頁瀏覽等功能，以及其他的系統相互整合，將能建置一個 e 化的學習環境，並且增強師生於課堂上的即時互動。基於此，IWB 逐漸被引入到教育領域中，最初是用於高等教育，直到 1990 年代末期才進入小學階段使用 (Higgins, Beauchamp, & Miller, 2007)，英國、美國、加拿大、歐盟、澳洲、紐西蘭、南非等國因為 IWB 的各項優勢，也陸續政策性地將 IWB 推入各級學校，希冀藉由 IWB 上述之優勢，來建構 e 化學習環境，提升學生的學習動機與效益。

隨著各國對於 IWB 的投資，有關 IWB 導入課室環境之相關研究也陸續增加。從 BECTA (2007) 的研究報告、Smith 等 (2005) 以及 Glover, Miller, Averis 與 Door (2005) 依據相關 IWB 之研究報告，可以歸納出 IWB 作為教學與學習工具所

具備之潛在優勢有提高教學效能、具有多媒體(multimedia)/多模態(multimodal)的表徵、能支持教學資源之發展與管理、提高課程的互動性與學生的學習動機和注意力、增進學生參與和合作的機會等。而上述這些 IWB 所具有之潛在優勢，在教學上的應用主要為，IWB 本身具有龐大的教學素材庫，可以有效地支持教師開發教學素材(Slay, Sieborger, & Hodgkinson-Williams, 2008; Smith et al., 2005)，而且 IWB 可以整合影音、圖片呈現多元豐富的資源，讓課程變成彩色且更為生活化(Levy, 2002)，並有助於呈現更為完整的課程，讓學生更能融入整個課程當中並提高其學習動機與參與。此外，IWB 允許多媒體與多模態呈現之視覺本質，不但有助於協助學生對於概念的理解(Holmes, 2009)，亦能符合不同學習類型之學生的需求(Holmes, 2009; Smith et al., 2005)，並能提高學生的注意力(BECTA, 2007; Holmes, 2009; Glover et al., 2005; Levy, 2002; Northcote et al., 2010; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005; Wall, Higgins, & Smith, 2005)。另外，IWB 也可以隨著教師教學與不同學生的需求，聚焦或放大特定內容，或在面板上進行內容註記，並將教師與學生的互動或教學過程儲存下來，並可隨時往前、覆後進行複習(Smith et al., 2005; Slay et al., 2008)。而且，IWB 的面板相較於數位學習環境中的桌上型電腦，更能讓教師和學生間能有更多的視覺接觸與互動。除此之外，IWB 高度互動性的特質，不但可以拉近師生與生生間的距離，增加課室中的互動與討論，而該特質更是 IWB 融入課程之效益來源的關鍵(Holmes, 2009; Northcote et al., 2010)，透過讓學生直接與 IWB 上的教學素材、資源與互動遊戲等進行直接的互動，不但能引起全班性的討論，更有助於減少學生的猜測，促其能更精確的下決定，並監控自己的學習過程(Smith et al., 2005)。Smith 等更進一步指出，IWB 之增進學生參與與互動的特質，對於富含探究活動、需要學生高度參與之自然課程相當有助益。另外，學生也表示 IWB 是一個有效的工具能促動並加速學習的歷程，特別是當他們有機會自己去使用 IWB 時，將能加速其學習(Slay et al., 2008; Wall et al., 2005)，而且 IWB 整合多媒體與多重感官呈現的視覺本質，可以加深

學生的印象，並增強其注意力與其學習動機(Slay et al., 2008; Smith et al., 2005)。由上述可知，以 IWB 作為教學與學習工具具有相當多的潛在優勢，而這些潛在優勢對於學習環境的資源與互動性具有正面的影響，因而使之成為目前教育科技關注的焦點之一。

(二) IWB 在科學學習上之應用

由於本研究之目的主要在開發一個有效之中學細胞分裂主題的 IWB 數位教材，並深入探究將 IWB 融入中學科學之學習對於學生之影響，因而實有必要針對 IWB 作為教學與學習工具之潛在優勢如何應用於科學學習進行深入探究。

Barnes(1992)、Mercer(2005)以及 Gillen, Littleton, Twiner, Staarman 與 Mercer(2008)指出，學習科學並非將科學事實累積起來，而是教師將學生引入一個新科學觀點的過程，幫助學生發展新的方法來看這個世界，並且使用語言來意義化其經驗。因此，從一個社會文化的觀點來看科學教育，則科學教育被視為一個濡化(enculture)學生的過程，讓學生以特殊的方法致知(knowing)、表徵世界(representing the world)，並從一科學觀點來作出其主張(making claim)(Murcia & Sheffield, 2010)。由於科學具有其獨特的社會語言，而流暢地在科學內容與各種表徵間進行轉換之能力，能幫助學生理解科學現象，因此，多模態表徵(multimodal representations)對於科學教學而言特別地重要(Kozma, 2003)，而教師在科學教學中的關鍵角色，即是當學生在整合新的科學概念時，以一個更廣大的科學架構來協助學生整合新的資訊與表徵(Gillen et al., 2008; Mortimer & Scott, 2003)。從上述 IWB 文獻之回顧可以發現，IWB 無論作為教學與學習之工具均具有許多潛在的優勢，例如：彈性與變通性、整合多模態呈現以及提高師生間的互動等，而這些潛在的優勢尤適用於科學之教學(Smith et al., 2005)。Hennessy, Deaney, Ruthven 與 Winterbottom(2007)亦指出，IWB 的引入提供了一個新的機會，讓學生在全班

教學時可以互動性地使用 IWB，而學生正可以在這樣的環境下公開地傳達其想法，而且這樣的分享不侷限於口語上，而是包含圖示與其他的表徵形式，學生也因此更容易連結到科學的知識並接收教師與同儕的回饋；因此，Hennessy 等主張，IWB 提供了一個連結參照物(reference)之動態且可操弄的物件，而該物件正可以提供一個跨學科之新的支持型式，IWB 所提供之該支持型式是一種促進概念交換與明確性之社會共享的認知，並且依據他人的觀點來進行新意義之協商。

Gillen 等(2008)針對 IWB 融入國小自然科學的教學，發現 IWB 整合多種資源之呈現與 ICT 功能之相對容易度，提供了一個新的機會來促進多面向的教學策略，且 IWB 整合多媒體呈現的功能，不但能創造學生學習經驗的連續性、表徵科學的現象，也有助於學生投入該學習活動並調適其理解。Murica(2008)則發現，IWB 能連結到網站與線上活動的教學資源，獲得真實生活的科學情境，而提高了連結到社會情境之主動科學學習的可能性，除此之外，IWB 也創造出一個流暢的空間，允許教師與學生一起探索科學概念、提出問題並調和(reconcile)科學與非正式的概念，讓師生之間進行互動式的溝通。Hennessy 等(2007)則採用個案研究法，探究 IWB 如何被用來支持中學科學之教學與學習，Hennessy 等發現教師利用 IWB 之動態與操弄的本質，能幫助學生聚焦在思考關鍵的概念與過程，拆解並解釋這些概念與過程，而且有組織地建構之，同時和學生一起協商新的、共享的理解。

Gillen 等(2008)指出，所有的溝通本來就是多模態的(multimodal)，而科學的理解更需要多向度的(multidimensional)。由上述之文獻可以知道，IWB 固有之彈性與變通性、整合多模態呈現、提高師生間互動等特質，及其本身具有之所有學生都能觀看、操弄之大面板的優勢下，讓科學教師更容易營造出一個允許多模態、多重表徵呈現的共享平臺，來輔助不同學習風格學習者的學習。

二、各國將 IWB 融入教學之現況

有鑑於 ICT 對於人類生活各面向產生的質變，為能使全民具有資訊素養，在多變的環境中隨時掌握知識發展的脈動，以迎戰二十一世紀知識經濟的時代，全球在過去幾年來大力投資 ICT(Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2001)；然而，在眾多 ICT 技術中，IWB 是過去十年來教育領域中能見度最高的學習科技之一(BECTA, 2003, 2004, 2006; Thomas & Jones, 2010)。IWB 相較於其他學習科技最特別且不同之處在於其獲得多國政府的大量投資與支持，其中尤以英國為最，歐盟、美國、澳洲、紐西蘭、台灣、南非、中東地區等也在這波潮流之列，因而，過去五年來已有越來越多的研究反應 IWB 在義務教育教育階段上的使用，*Learning, Media and Technology* 和 *Austrasian Journal of Educational Technology* 更為此發行了專刊來探討 IWB 這項新科技在教育上的應用以及教師與學生對於該科技的感受(Thomas & Jones, 2010)。而在這波 IWB 大量引入中、小學的潮流中，英國是最為積極的國家，以下將針對英國與其他各國推動 IWB 之政策進行說明：

(一) 英國推動 IWB 融入教學之現況

在這波 IWB 大量引入中、小學的潮流中，英國是主要的代表。英國政府基於提高學生參與度與學習成就之理念，自 1997 年起大量投資 ICT 於教育領域中，其中包含 IWB。英國政府於 2000 年左右開始推動 IWB，並於 2003 年起大力投資中、小學建置 IWB 的設備並進行評估，造成 IWB 成為英國中、小學最普遍之教學工具以及特殊的文化狀態(Kennewell & Higgins, 2007)。IWB 之所以在英國中、小學特別受到歡迎，主要是由於英國教育與技能部(Department for Education and Skills, DfES)在政策上的推動所致，DfES 自 2003 年起政策性地補助 IWB 的建置，其中，DfES 於 2003-2004 年間推動「小學白板擴展計畫(Primary Schools Whiteboard Expansion, PSWE)」，補助 1,000 萬英鎊支持 21 個地方教育機

關為小學建置 IWB(Haldane, 2007; Somekh et al., 2007)，並自 2004-2006 年進行大規模的評估。當時之 DfES 秘書 Charles Clarke 更指出：「未來學校將班班有電子白板」(Arnott, 2004)，DfES 也更進一步於 2004-2005 年，另外補助 2,500 萬英鎊支援中、小學建置互動式白板並進行教育應用之推廣，總計英國政府於 2003-2005 年在 IWB 上的投資，已超過 5,000 萬英鎊(Smith et al., 2005)，而在所有教育領域之 ICT 的投資則高達 1 億英鎊(Hall & Higgins, 2005)。

根據 2004 年 ICT 在學校之研究與評估的報告指出，英國目前各級學校之 IWB 設備的建置情形，小學階段從 2003 年之 48%，到 2004 年已達 63%，中學階段從 2003 年之 82%，到 2004 年已達 92%，特殊學校則從 2003 年之 53%，到 2004 年已達 71%(Prior & Hall, 2004)，到 2007 年為止，英國小學之 IWB 的建置已達 100%，中學也達到 98%(BECTA, 2007)。BECTA(2007)亦指出，IWB 在中、小學課室中的建置顯著增加，也帶動了中、小學教師在課堂中使用 ICT 的頻率，為能協助教師之專業成長與資源共享，英國更成立了國家電子白板網路(National Whiteboard Network, NWN)，提供教師進行 IWB 之教育訓練，並透過該平台進行教學資源與教材之分享(Somekh et al., 2007)。基於此，*Learning, Media and Technology* 期刊特別針對該英國特有之 IWB 的現象出了一個專刊進行探討，以瞭解教師與學生對此一新興科技所營造之新教室的感受。

(二) 其他國家推動 IWB 融入教學的現況

除了英國大力投資 ICT 技術，特別是 IWB 於各級教育之外，美國、歐盟、澳洲、紐西蘭、南非等國也在其中之列。美國教育部投資超過 7 億元來建置教育科技，2006-2007 年間申請 Blue Ribbon Schools Program 之學校，多使用 IWB 來進行教學；墨西哥也於 2005 年購入 10 萬片 IWB，並結合即時反饋系統(Interactive Response System, IRS)的技術建置 e 化學習環境，期待藉此提高學生的學習興趣

以降低全國輟學率。歐盟於 2004 年起鼓吹會員國複製英國的經驗以跟進英國的腳步，其中，土耳其在國際資源—世界銀行(World Bank)和歐盟(European Union)所贊助之 1998-2006 的基礎教育計畫(Basic Education Program, BEP)與 2006-2010 的中等教育計畫(Secondary Education Program, SEP)中，獲得贊助將 ICT 整合到土耳其的教育系統，特別是 IWB，以提昇學校教育之量與質的面向；Somyurek 等(2009)更指出，相較於 1998 年以前土耳其政府對於其他 ICT 的投資，過去幾年來教育部與私人公司大量採購 IWB 建置於土耳其中、小學教室的數量是相當驚人的。

澳洲政府於 1999-2000 年投資了約 4.3 億元於政府各級組織之 ICT，IWB 亦在其中之一列，澳洲為提高年輕族群具有大學以上之學歷，將網路化互動式電子白板(Networked Interactive White boards, NIWBs)作為提升高等教育的工具之一 (Daeson, 2010)，另外，新南威爾斯(New South Wales)州政府則於 2007 年起挹注 6,600 萬澳幣建置 IWB 於所有學校，希望能在 2011 年前跟進英國的腳步(Homles, 2009)。紐西蘭教育部自 2001 年起推動數位機會計畫(Digital Opportunities Project, DOP)，透過教育部、學校、大學和 ICT 相關企業之間以夥伴關係來推動一系列的計畫，支持學校進行創新 ICT 之使用，藉由讓學校使用最新之科技，來提升教與學的目標；其中，在 2005 年提出之 Project ACTIVate，就是 DOP 計畫之一，其主要的目標在推動 IWB 科技的使用，來結合跨學校之教學、學習與研究，並強化合作、遠距和探究為基礎之教學與學習，時任教育部長之 Helen Clark 指出，希望透過像 IWB 之新教育科技來創造全紐西蘭學生高品質之互動學習(Yelas & Engles, 2010)。在這波全球建置 ICT 來促進學生學習動機、學習參與與成就的潮流下，南非也渴望透過像 IWB 這樣的科技來提高學生的學習成就而追隨這個趨勢，南非教育部於 2008 年起已委託一個省分進行試驗性推廣 IWB 的研究，以在大規模引入互動科技前進行評估(Slay et al., 2008)。

三、我國推動 IWB 融入教學之現況

我國教育部也自 2006 年起跟進各國的腳步，政策性宣佈推動 IWB 融入教學。在教育部(2006)推行之「建構 e 化教學環境」的方案下，教育部補助部分縣市試辦 IWB 導入教室教學，並鼓勵發展學科領域學習中心，2007 年更以「建構 e 化學習環境示範點」計畫來遴選各縣市部分學校試辦電子白板(即 IWB) e 化教學，重點補助試辦學校進行試驗與評估，彙整試辦學校的實驗結果後，將逐步推展至全國中、小學，希冀藉由該資訊設備的引入，來提升學生的學習成效與動機，目前台灣每個縣市均有學校已裝置 IWB 或 IRS 等互動科技，甚至有學校已全校建置一班班具有 IWB 的設備。除此之外，我國政府為了讓新世代孩童在面臨資訊科技帶來之挑戰時，能夠利用各種資源與機會，在快速變遷的社會環境中，提升自己的資訊素養，並成為主動的學習者，以隨時掌握知識發展的脈動，自 2006 年起，開始起草「中小學資訊教育白皮書」，並於 2008 年公布「中小學資訊教育白皮書」，其中明訂六大目標——「培養學生應用資訊科技解決問題的能力」、「養成學生使用資訊科技的正確觀念、態度與行為」、「保障並促進師生的數位機會均等」、「培訓具備資訊科技應用能力的教師」、「發展多元的數位教學資源」、「提升教室和校園的軟硬體設備與網路服務」與相關具體策略及行動方案；其中，在「提升教室與校園的軟硬體設備與網路服務」的目標中，提及「增加一般教室的資訊科技設備」與「推動多功能 e 化專科教室」之行動方案，方案中即建議採納 IWB 作為一般教室或 e 化專科教室中的資訊相關設備，並期望 e 化專科教室比例能由 2008 年之 35%，提高到 2011 年之 65%(教育部，2008)。由此可知，將 IWB 推入我國各級中小學，將成為一股必然的趨勢。

四、IWB 融入教學之實徵性研究

隨著 IWB 被大量引入中小學教室中，關於 IWB 之研究報告已由早期一些英、美國、加、澳高等教育與個別教師所執行之小規模研究計畫的摘要和報告

(Smith et al., 2005)，到近年來已有越來越多的研究，是關於 IWB 在義務教育階段上使用的觀點(Jewitt, Moss, & Cardini, 2007)。由於本研究的目的之一在發展一個細胞分裂主題之 IWB 數位課程，因此以下將針對國內外有關 IWB 融入中小學之實徵性研究，特別是 IWB 融入數理相關科目之教學的實徵性研究進行文獻回顧。

(一) 國外相關研究

國外將 IWB 融入自然教學之文獻多為小學階段(Hennessy et al., 2007)。Gillen 等(2008)針對 IWB 融入國小自然科學的教學，發現 IWB 整合多種資源之呈現與 ICT 功能之相對容易度，提供了一個新的機會來促進多面向的教學策略，且 IWB 整合多媒體呈現的功能，不但能創造學生學習經驗的連續性、表徵科學的現象，也有助於學生投入該學習活動並調適其理解。Murica(2008)則發現，IWB 能連結到網站與線上活動的教學資源，獲得真實生活的科學情境，而提高了連結到社會情境之主動科學學習的可能性，除此之外，IWB 也創造出一個流暢的空間，允許教師與學生一起探索科學概念、提出問題並調和(reconcile)科學與非正式的概念，讓師生之間進行互動式的溝通。Hennessy 等(2007)則採用個案研究法，探究 IWB 如何被用來支持中學科學之教學與學習，Hennessy 等發現教師利用 IWB 之動態與操弄的本質，能幫助學生聚焦在思考關鍵的概念與過程，拆解並解釋這些概念與過程，而且有組織地建構之，同時和學生一起協商新的、共享的理解。

(二) 國內相關研究

我國教育部自 2006 年政策性宣佈推動 IWB 融入教學以來，應用 IWB 建構 e 化專科教室，以及在傳統教室中將 IWB 融入教學已是未來的趨勢，國內關於 IWB 應用於教育領域的相關實徵性研究正持續累積當中且多為小學階段之應用。陳彥君與董修齊(2010)將 IWB 融入國小高年級之數學教學發現，接受 IWB

融入教學之學生的學習動機顯著高於接受傳統教學之學生，而 IWB 組學生的學習動機主要來自於學習環境的誘因——即 IWB 讓課程內容更生動，且聲光效果更能吸引學生的注意並增進師生間的互動所致。除此之外，楊凱悌、王子華與邱美虹(2011b)更將 IWB 融入國中自然與生活科技領域之細胞分裂主題的教學，研究發現，相較於傳統資訊融入教學組之學生，採用 IWB 融入教學的學生，具有顯著較佳之學習效益，除此之外，楊凱悌等亦發現，相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入教學可以讓不同認知風格之學生獲得較為均等的學習效益，其推論由於認知風格屬於場地依賴(Field dependent, FD)的學生偏好被動學習策略，較依賴外界訊息以及具體與完整之教學引導來進行學習(Chen & Macredie, 2004; Chou, 2001; DeTure, 2004; Frank & Keane, 1993; Saracho, 1998; Wang, 2007)，而 IWB 整合多媒體與多模態呈現的特色，相較於傳統資訊融入教學環境，恰可以提供一個更能提高 FD 學生學習動機、注意力與學習理解的學習環境，因而增進 FD 學生在 IWB 課室教學環境中的學習效益。

五、小結

從前述之文獻報告(BECTA, 2007; Glover et al., 2005; Holmes, 2009; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005)歸納整理 IWB 應用於教學與學習的優勢主要有：彈性(flexibility)與變通性(versatility)、多媒體/多模態的呈現(multimedia/multimodal presentation)、提高教學效能(efficiency)、支持教學計劃與教學資源的發展、提升學生使用 ICT 的技能、增進課程的互動性與學生的參與度、提高學生的學習動機、增進學生的學習理解。

由於本研究的目的之一在應用 IWB 之特性與優勢，來開發有效之細胞分裂主題的 IWB 數位教材，因此，本研究將 BECTA(2007)、Glover 等(2005)、Holmes(2009)、Slay 等(2008)、Smith 等(2005)對於 IWB 應用於教學之優勢的觀

點，應用於中學生物主題的教學，說明如下：

表 2-2-1 IWB 之特性與優勢在中學生物教學上的應用

| IWB 之優勢 | 對中學生物科教學之應用 |
|-------------------|---|
| 彈性與變通性 | <ul style="list-style-type: none">● IWB 適用於不同年齡或領域的教學；且其頁面註記、翻頁與儲存、移動與聚焦呈現等功能，可以讓教學更具彈性及變通性。因此，IWB 適用於中學生物科的教學。● IWB 可以隨著教師教學需求與不同學生的需求，而聚焦或放大特定內容，或在面板上進行內容註記，同時，教師也可以將與學生互動或教學過程(包含所有的註記內容)儲存下來，並可隨時往前、覆後進行複習。 |
| 多媒體與多模態的呈現 | <ul style="list-style-type: none">● IWB 是一個整合所有教學資源的新介面，其內建多項教學軟體與多媒體整合的動態呈現，有助於引起學生的注意並協助其理解抽象的概念。在生物科教學上，許多次微觀或動態的畫面(例如：細胞分裂的過程等)，亦或是體內的構造與功能(例如：血液循環、氣體交換、擴散作用等)。如果可以透過 IWB 視覺呈現的本質，將有助於協助學生對於概念的理解，同時，IWB 也允許多媒體與多模態的呈現，可以同時在面板上呈現多重表徵，以符合不同學習類型之學生的需求。 |
| 提高教學效能 | <ul style="list-style-type: none">● 教師可以從 IWB 上展示許多媒體資源，呈現多種表徵，或以新的方式來建模抽象的想法與概念，而增進其教學效率，例如：染色體的結構可以同時搭配各種類型之圖片與影帶或 3D 模型的呈現，讓學生更能建立起染色體的模型。 <p style="text-align: right;">[續下頁]</p> |

提高教學效能

- 學生也表示若其有機會可以使用 IWB 時，IWB 能促動且加速其學習歷程。教師可以透過 IWB 設計一些教學活動，讓學生能主動思考並操作 IWB，例如：教師可以提供一些未完成之細胞分裂的步驟圖，讓學生討論並合作來完成；亦或是讓學生在教師提供之細胞分裂各步驟染色體變化的圖片，讓學生合作將該過程組合正確，並說明其中 DNA、染色體含量的變化。

支持教學計劃與教學資源的發展

- IWB 有許多內建的素材庫，依學科的不同分別提供一些動畫圖示或音樂，協助教師發展數位教材。例如：青蛙的解剖等。

提升學生使用 ICT 的技能

- 教師使用 IWB 有助於讓學生融入 e 化的學習環境，學生也可透過同儕的討論或觀摩教師的教學，進而提升其使用 ICT 的技能。

增進課程的互動性與學生的參與度

- IWB 所營造的互動性，能增進課室的互動並拉近師生間的距離，比使用筆記型電腦(laptop)更能藉由維持視覺接觸，讓教師和學生有更多的接觸，並讓教師更有能力維持教室的控制。此外，IWB 對於富含探究活動、需要學生高度參與之自然科的幫助較其他科目大。

提高學生的學習動機

- IWB 動態與整合視聽呈現的功能，讓教學活動變得更為生動、立體，相較於一般 2D 平面與教課書的呈現，更能提高學生的注意力與學習動機。

增進學生的學習理解

- IWB 的視覺本質，以及允許多重表徵呈現的特質，不但能吸引學生的注意，更有助其學習理解，並能增進不同學習風格學生的學習。例如：IWB 可以在大面板上同時呈現 2D 染色體構造，以及 3D 動態影片展示染色體 (chromosome)、基因 (gene) 與基因訊息 (genetic information) 間的關係，不但可以增進不同學習風格 (learning style) 學生的學習理解外，亦可以讓學生結合 2D 與 3D 畫面的資訊，進而增進其解讀 2D 與 3D 圖片關係的能力。

資料來源：Yang 與 Wang (2012)

從表 2-2-1 可以知道，IWB 在中學生物科教學上之應用的優勢主要有，IWB 可以隨著教師教學與不同學生學習之需求，聚焦、放大特定內容，或在面板上進行內容註記，教師亦可以將與學生互動或教學的過程儲存下來，並可隨時往前、覆後進行複習，讓教師之教學相當具有彈性與流暢性。另外，IWB 允許多媒體與多模態之視覺呈現的本質，不但能符合不同學習風格之學習者的需求、增進學習者之學習動機、學習理解、學習參與以及師生間的互動外，也能提高教師的教學效能。除此之外，IWB 還有許多內建的素材庫能協助生物教師開發數位教材，學生也能在課室參與中增進其 ICT 的技能。

基於上述 IWB 融入中學生物科教學的優勢，IWB 導入課室環境將能作為教師進行資訊融入中學生物科教學一個可行的策略，特別是對於生物課程中教師與學生公認最難以學習的主題之一——細胞分裂 (Oztap et al., 2003)，這些優勢將有助於協助學生視覺化細胞分裂過程之實體與動態過程，除此之外，IWB 高度互動性之特質亦可以提高學生的參與度與學習動機。據此，表 2-2-1 將作為本研究開

發細胞分裂之 IWB 數位教材的基礎，而本研究之細胞分裂主題的 IWB 教學活動設計，請參見「第參章 研究方法」之「第三節研究工具」的「二、細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法」。



第三節 生物學細胞分裂主題之迷思概念與教學設計

本節分為細胞分裂主題的重要性與內涵、細胞分裂主題之迷思概念、細胞分裂主題之數位教學設計的建議與小結四個部分，首先，針對細胞分裂主題之重要性與內涵、迷思概念以及相關教學設計的建議進行探討，並依據文獻探討提出有效之細胞分裂主題的數位設計原則，並配合本章第二節述及之互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)的特性與優勢，來開發本研究細胞分裂主題之 IWB 數位課程。

一、細胞分裂主題的重要性及其內涵

(一) 細胞分裂主題的重要性

二十一世紀，隨著人類基因圖譜的解碼，生命科學邁入了一個新的里程碑；奈米科技則讓巨觀的物理世界走進了微觀的奈米世界，生命科學與奈米科技已成為新世紀的超能量，正試圖改變世界並掀起全球產業革命，人類文明的第四波革命也隨之悄然到來。諾貝爾獎得主—李遠哲博士在千禧年之初即指出「基因研究和奈米科技就是下一波台灣的競爭力！」在這波新世紀的科技革命中，抓緊生命科學與奈米科技，儼然就掌握了未來(成章瑜，2002)。

過去數十年來，生命科學的大幅進展帶動了生物科技的進步，包含人類基因組定序、人類疾病之基因的檢驗、生物體基因的修飾(modified)等，而這些新科技與新發現正不斷進入公共領域並與公民日常生活息息相關，因此，讓公眾具有一個較好之遺傳學素養(genetic literacy)是相當迫切的，若公民對於遺傳學之核心概念缺乏完整的瞭解，則將無法對於基因篩檢、幹細胞研究、基因改造生物與基因改造食品等議題做出正確的決定，故幫助學生對於當代遺傳學之核心概念具有科學素養是重要且急迫的(Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005)。有鑑於此，許多國家都將當代遺傳學(modern genetics)之核心概念列入中學義務教育的階

段，例如英國、美國、德國、澳洲、以色列、荷蘭等，台灣也不例外。然而，由於遺傳學涉及生物各構造層次間的關係，包含基因、染色體、細胞、組織、器官、系統等，且其呈現的現象無法直接觀察，不是發生得太快就是發生得太慢，不然就是尺度太大或尺度太小；因此，遺傳學之相關概念對於學生而言特別難以理解(Duncan et al., 2009; Hickey et al., 2003; Knippels et al., 2005; Smith & Kindfield, 1999)。從過去近三十年來遺傳學之教與學的科學教育文獻可以知道，該主題對於學生之學習困難，大抵有可以分為五個部分：(1)領域之專有名詞、(2)細胞學的過程(cytological processes)、(3)遺傳學的複雜本質—橫跨生物體制之微觀(micro)、次微觀(sub-micro)與巨觀(macro)的層次、(4)孟德爾古典遺傳學之數學內涵以及(5)該主題在生物課程中具有抽象的本質，而且，這五個困難並非獨立而是互相加劇的(Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005; Smith & Kindfield, 1999)。

然而，「細胞分裂(cell division)」是學生理解生長、發育、繁殖與遺傳學以及演化學的基礎(Clark & Mathis, 2000; Oztap et al., 2003; Smith & Kindfield, 1999)；因此，若要讓學生能進入當代遺傳學這個領域、理解其核心概念並且具有遺傳學素養，則須先讓學生能掌握「細胞分裂」這個主題。

(二) 細胞分裂主題的內涵

細胞分裂是遺傳學所涵蓋的重要概念之一，包含有絲分裂(mitosis)與減數分裂(meiosis)兩種，兩者對於生物體的意義不同。有絲分裂主要的功能在於細胞增殖，而減數分裂的功能則在於形成生殖細胞(Campbell et al., 2008)；其中，減數分裂又是學生學習遺傳學知識與解決其相關問題必備的基礎(Duncan et al., 2009; Kindfield, 1994; Stewart, Cartier, & Passmore, 2005)。而細胞、染色體、基因這些遺傳學上的專有名詞，與這些基本結構之間的關係又是學生瞭解細胞分裂過程之基礎(Smith, 1991)。為能設計一個有效之細胞分裂主題的課程，需先掌握細胞分

裂所涵蓋之基本概念，以下將先敘明細胞分裂主題的內涵。

1. 有絲分裂

有絲分裂是細胞週期(cell cycle)中之一種細胞核分裂(nuclear division)的機制，其目的在產生與母細胞具有相同染色體數與遺傳訊息的子細胞。當真核生物(eukaryotes)的細胞進行細胞分裂時，會歷經細胞生長、染色體複製與分裂、細胞質分裂的過程，稱為細胞週期。細胞週期包含 G₁ 期、G₂ 期、S 期與 M 期(如圖 2-3-1)；G₁ 期是細胞生長的階段，亦稱為生長期，此時細胞代謝活化，細胞的大小增加，G₁ 期內有一個控制點(checkpoint)，稱為 G₁ 控制點，主要在確保所有的事物均準備好可以進入下一個階段；S 期是 DNA 複製的階段，亦稱為合成期；G₂ 期，細胞繼續生長，G₂ 期亦具有一個 G₂ 控制點，用以確保所有的事物均準備好可以進入 M 期；G₁、S、G₂ 這三個時期合稱為間期(Interphase)，佔整個細胞週期約 90% 的時間；待細胞準備就緒就開始進入細胞分裂期—M 期(即為有絲分裂期)，有絲分裂期又分為前期(prophase)、前中期(prometaphase)、中期(metaphase)、後期(anaphase)、末期(telophase)與細胞質分裂(cytokinesis)。前期，染色質(chromatin)濃縮成染色體(chromosome)，核仁(nuclei)、核膜(nuclear envelope)消失，中心粒(centrosome)往細胞的兩端移動，並延伸出許多絲狀的物質，其中一部份絲狀物構成紡錘體。前中期，細胞膜碎裂，紡錘絲伸入細胞核與染色體交互作用，此時染色體完全濃縮，每條染色體中節部分有個特殊構造稱為著絲點(kinetochores)，附著於著絲點上之紡錘絲會與染色體交互作用，使染色體開始移動。中期，紡錘絲將染色體排列在細胞核中央，以確保接下來染色體分離時，每一個新細胞核都可以各得到一份染色體。後期，成對染色體隨著紡錘絲的作用往細胞的兩端移動。末期，各染色體抵達細胞的兩極，子細胞形成新的核膜。染色體恢復成染色質絲，紡錘絲消失，接著進行細胞質分裂，產生兩個與母細胞染色體數和遺傳訊息完全相同的子細胞(如圖 2-3-2)。在末期胞質分裂的過程中，

動、植物細胞進行細胞質分裂的方式不同，動物細胞是由一種環繞在細胞中央之肌動蛋白質絲(actin)，經收縮後將細胞擠壓成兩半，形成細胞質分裂，兩個分開來的子細胞各自擁有一個細胞核；而植物細胞則在細胞中間形成細胞板，將兩個子細胞分隔開來。另外， G_0 期，又稱為靜止期，細胞會離開細胞週期並停止分裂。

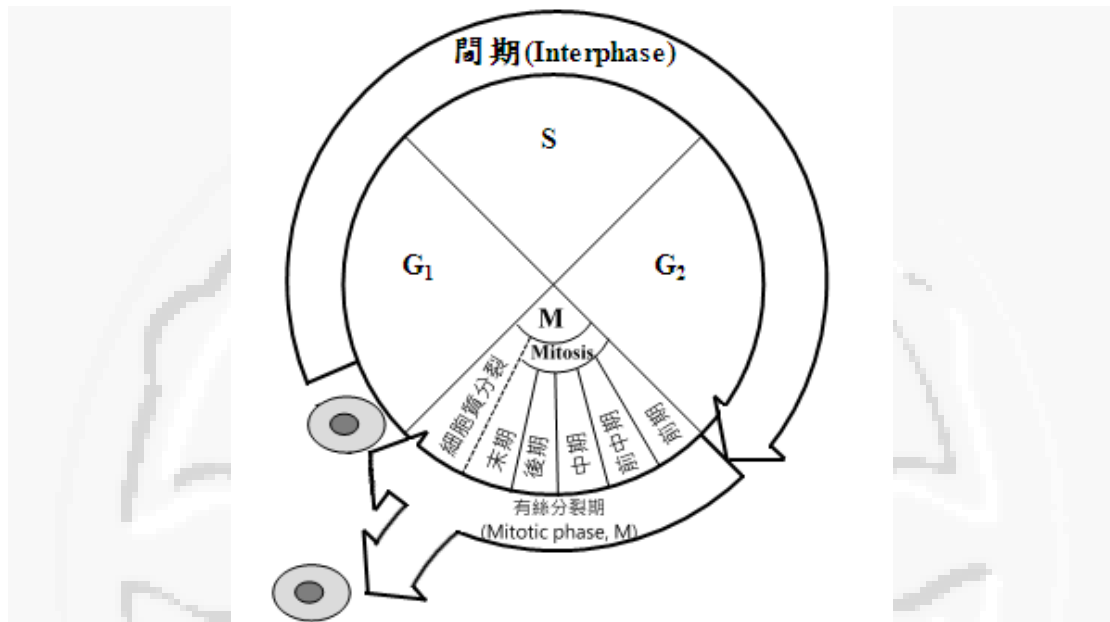
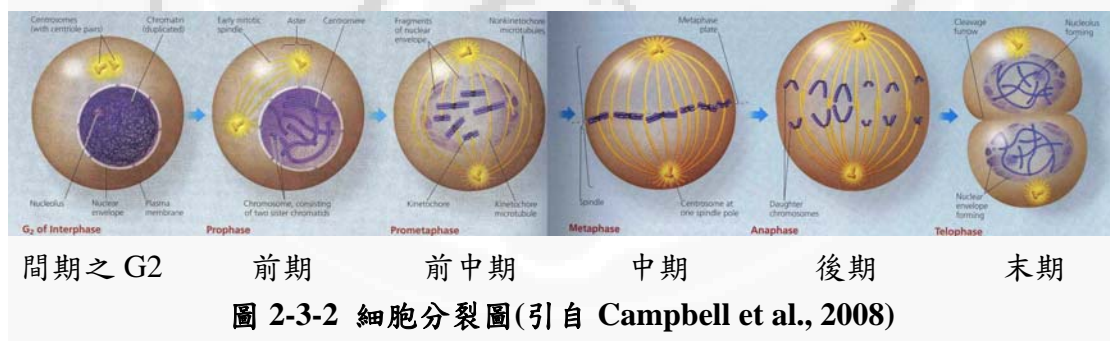


圖 2-3-1 細胞週期圖(Campbell et al., 2008)



2. 減數分裂

減數分裂是另一種細胞核分裂的機制，減數分裂之細胞週期亦會歷經 G_1 期、S 期與 G_2 期，但是 M 期則進行減數分裂，最後產生染色體數減半且遺傳訊息不同於母細胞的子細胞，即所謂的生殖細胞(或稱之為配子)；減數分裂的目的

在維持子代的染色體數與親代相同，因為若生殖母細胞沒有經過減數分裂的過程，則雄性生殖細胞與雌性生殖細胞相結合時，則每一個子代之染色體數量就會加倍。在 M 期之減數分裂或有絲分裂的過程中，均包含染色體複製(replicate)、對齊(align)與分離(separate)三個必要的過程，但其差別在於分裂的次數與同源染色體聯會。減數分裂期會歷經兩次分裂—減數分裂 I 與減數分裂 II，兩個分裂階段均包含前期、中期、後期、末期與細胞質分裂。在減數分裂 I 的過程中，前期 I，染色質濃縮成染色體，核仁、核膜消失，中心粒往細胞的兩端移動，並延伸出許多絲狀的物質，其中一部份絲狀物就構成紡錘體，同源染色體彼此配對並互相纏繞，稱之為聯會，此時容易產生染色體互換(cross over)，是造成遺傳變異的原因之一；中期 I，紡錘絲將同源染色體成對排列在細胞核中央；後期 I，每個帶有兩個染色分體之染色體，隨著紡錘絲的作用往細胞的兩端移動；末期 I 與細胞質分裂 I，每個帶有兩個染色分體之染色體(即複製的染色體或稱為姊妹染色體)，各自抵達細胞的兩極，產生兩個子細胞各含同源染色體其中一個。接著，迅速進入第二次的細胞分裂，前期 II，染色體不複製，僅形成紡錘體；中期 II，姊妹染色體排列於細胞中央；後期 II，姊妹染色體分離；末期 II 與細胞質分離 II，細胞質分離，形成兩個子細胞(如圖 2-3-3)。在減數分裂的過程中，同源染色體對之獨立分離、伴隨基因重組事件所產生之獨一無二的染色體組合，是產生遺傳變異的原因之一；而獨一無二之雄、雌配子經過受精作用結合在一起所造成之子代的變異，則是有性生殖主要的演化優勢。

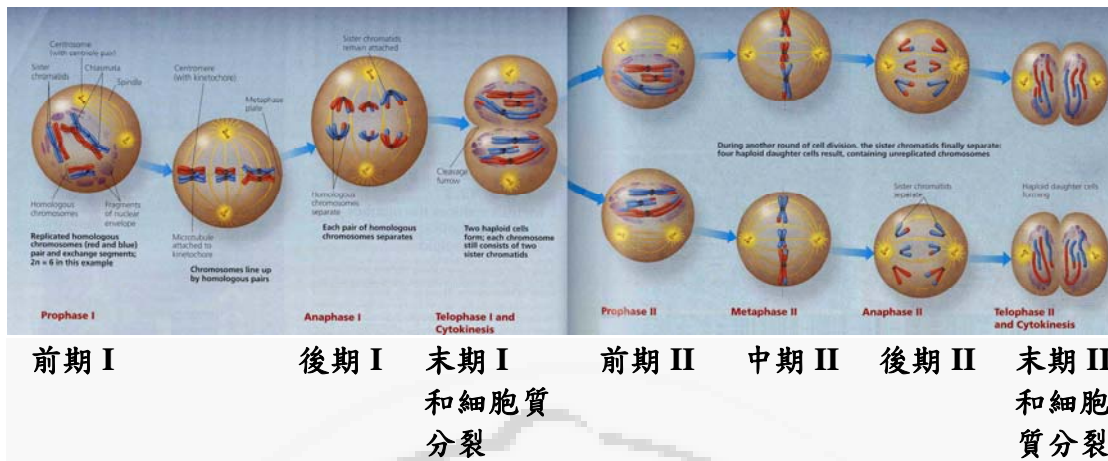


圖 2-3-3 減數分裂圖(引自 Campbell et al., 2008)

由上述可知，有絲分裂與減數分裂是真核生物細胞週期中的兩種核分裂的形式。整體而言，二者均歷經四個基本過程：染色體複製、配對、對齊與分離。有絲分裂的目的在產生新細胞，是多細胞生物生長與生物進行無性生殖所需；減數分裂的目的則在產生生殖細胞，是進行有性生殖所需。一個細胞經過一次有絲分裂後，會產生兩個與母細胞染色體數及遺傳訊息完全相同之子細胞；一個生殖母細胞經過一次減數分裂後，則產生四個僅含母細胞一半染色體數(或稱為單套染色體)且遺傳訊息不同之子細胞。兩者間之比較如表 2-3-1 所示：

表 2-3-1 有絲分裂與減數分裂之比較

| | 有絲分裂 | 減數分裂 |
|-------------|--------|---|
| 發生地點 | 體細胞 | 生殖細胞 |
| 染色體複製次數 | 一次 | 一次 |
| 染色體分離次數 | 一次 | 二次 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ● 減數分裂 I：同源染色體分離 ● 減數分裂 II：姊妹染色體分離 |
| 同源染色體的配對 | 無 | 有(發生於前期 I) |
| 子細胞與母細胞間的關係 | 基因組成相同 | 基因組成相異 |
| 子細胞之染色體套數 | 雙套 | 單套 |
| 產生子細胞數 | 二個 | 四個 |

資料來源：整理自 Campbell 等(2008)

二、細胞分裂主題之迷思概念

細胞分裂是中學學生與教師公認最難以教學與學習的主題(Oztap et al., 2003)，其中尤以減數分裂為最。從許多研究顯示，不同年級或年齡學生對此概念普遍具有學習困難與迷思概念(Lewis et al., 2000a, b; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Smith, 1991)，為能有效應用 IWB 來輔助學生對此主題之學習，本節除了先瞭解細胞分裂主題所涵蓋之核心概念之外，也將從已發表之相關文獻來分析學生對於細胞分裂主題之學習困難，並提出解決這些學習困難之有效的數位教學原則，再據此配合 IWB 的特性與優勢，發展出可以輔助學生學習該主題之 IWB 數位課程。

細胞分裂是遺傳學所涵蓋的重要概念之一(Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005; Smith & Kindfield, 1999)，從 Lewis 等(2000a, b)、Lewis 與 Wood-Robinson(2000)一系列關於中學生對於遺傳學相關概念之研究，以及楊坤原與張賴妙理(2004)整理 1970—2000 年學生對於遺傳學相關概念的學習困難之研究，可以知道學生無法釐清細胞、染色體、基因、對偶基因的物理性連結與關係，特別是染色體的本質與角色，並對於染色體與基因之間的關係感到困惑；學生無法區分有絲分裂與減數分裂的差異，無法理解染色體在細胞分裂過程中的行為與一連串基因訊息之間的關係；學生甚至認為動物才有有性生殖、植物缺乏有性生殖僅有無性生殖等。由於本論文的目的之一在提出有效之細胞分裂主題的數位設計原則，因此，將上述文獻中有關細胞分裂學習之相關概念，學生的學習困難與學習困難之可能來源，整理如下(楊凱悌、王子華與邱美虹，2011a)：

表 2-3-2 學生對於細胞分裂主題之相關概念存有的迷思概念及其可能來源

| 主概念 | 概念內容 | 學生的迷思概念 | 迷思概念的來源 |
|------|--|---|---|
| 基因 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 基因是一段 DNA，位於染色體的特定位置上。 2. 對偶基因即為一基因的複本 (alternative form)，位於同源染色體的相同基因座(locus)上。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 基因等於 DNA。 2. 將對偶基因標示於同一條染色體上、非同源染色體上、同源染色體的非相對基因座上。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生不具有形式操作期的認知能力。 ● 學生缺乏相關經驗，無法視覺化細胞內的實體。 ● 教科書的詞彙不適切、不清楚。 ● 教學方法不適切。 |
| 染色體 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 染色體由 DNA 與蛋白質構成，位於細胞核內。 2. 染色體的組數(sets of chromosome)即為套數(polidy)。 3. 大小、形狀相同的染色體稱為同源染色體 (homologous chromosome)。 4. 決定性別的染色體稱為性染色體，反之則稱為體染色體。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 染色體的數量與基因數量相等。 2. 染色體的套數與染色體數量成比例關係。 3. 一條染色體複製後成四條染色體。 4. 同源染色體即為姊妹染色體(sister chromatids)。 5. 所有的染色體不是 X 就是 Y，Y 染色體決定性別。 6. 男性有 X 染色體，女性有 Y 染色體。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生缺乏相關經驗，無法視覺化細胞內的實體。 ● 教科書或教材圖示結構不清楚。 ● 不適切的教學方法。 ● 日常生活經驗的混淆。 |
| 細胞分裂 | <ul style="list-style-type: none"> ● 有絲分裂 <ol style="list-style-type: none"> 1. 細胞藉由有絲分裂來產生新細胞，以修補衰老或耗損的細胞。 2. 有絲分裂發生於體細胞。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 細胞隨功能不同具有不同的基因，並僅攜帶表現其功能的基因。 2. 細胞經有絲分裂後產生四個子細胞、子細胞染色體會減半或增為兩倍。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學生未具形式操作期的認知能力。 ● 學生缺乏相關經驗，無法視覺化細胞內的過程。 ● 教學方法不適切。 ● 教科書圖示不清楚。 |

[續下頁]

3. 有絲分裂的過程：
- 前期：染色體複製。
 - 中期：染色體排列於細胞中央。
 - 後期：姊妹染色體分離。
 - 末期：細胞質分離，形成兩個染色體與基因物質相同之子細胞。
3. 有絲分裂過程，染色體不會複製、染色體不會相連、姊妹染色體沒有分離、具有聯會。
4. 子細胞具有的基因訊息依細胞年齡與健康程度而異。
5. 有絲分裂發生於體組織和生殖組織。
6. 植物僅有或甚至沒有有絲分裂。

- 教師具有迷思概念。

● 減數分裂

1. 細胞藉由減數分裂產生生殖細胞(即配子)。
2. 減數分裂發生於生殖細胞。
3. 減數分裂的過程：
- (1)減數分裂I(同源染色體分離)：
- 前期I：染色體複製並聯會(基因片段互換)。
 - 中期I：同源染色體成對併排於細胞中央。
 - 後期I：同源染色體分離。
 - 末期I：細胞質分離，形成兩個子細胞。
1. 減數分裂和有絲分裂的過程相同。
2. 染色體複製兩次，僅分裂一次；染色體先分離再複製、染色體互換發生在複製之前。
3. 子細胞的染色體數與原本的細胞相同或增加為2倍或為1/4、1/8，甚至不具有染色體。

- 學生未具形式操作期的認知能力。
- 學生的工作記憶空間有限。
- 學生缺乏相關經驗，無法視覺化細胞內的實體。
- 教學方法不適切。
- 教科書圖示不清楚。

- | | | |
|---|---|--|
| <p>(2)減數分裂 II(姊妹染色體分離)：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 前期 II：紡錘體重新形成。 ● 中期 II：姊妹染色體排列於細胞中央。 ● 後期 II：姊妹染色體分離。 ● 末期 II：細胞質分離，形成兩個子細胞。 | <p>4. 減數分裂產生 2 個單套體或 2 個雙套體或 4 個 4 套體的生殖細胞，或讓 2 個細胞變成 1 個、只產生 1 個子細胞、產生兩倍的子細胞數。</p> <p>5. 子細胞的基因訊息與原本的細胞相同。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● 教師具有迷思概念。 ● 教學時間太少。 |
|---|---|--|

資料來源：整理自楊坤原與張賴妙理(2004)、Brown(1995)、Duncan 等(2009)、Lewis 等(2000a, b)、Lewis 與 Wood-Robinson(2000)、Knippels 等(2005)和 Oztap 等(2003)

由表 2-3-2 可以知道，學生在細胞分裂主題上的學習困難主要有：

1. 對於遺傳學之基本結構與其物理性的連結關係不清楚，並對於遺傳學的專有名詞感到困惑。
2. 細胞分裂發生於細胞中，學生無法親眼看到這個動態的過程，特別是染色體與遺傳訊息在細胞分裂過程中的變化。
3. 無法區辨兩種細胞分裂的異同處。

這些學習困難主要源於，遺傳學之基本結構的概念分布在生物課程中不同單元，各基本結構之間的物理關係沒有被緊密的連結與明確地呈現，造成學生缺乏一個融貫的概念結構(Lewis et al., 2000b)，再加上因為學生無法對繁瑣的專有名詞產生有意義的聯結而造成混淆(Lewis et al.,2000a, b; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Oztap et al.,2003)。此外，許多研究指出，學生的學習困難是源於教材圖示與教學方法不適切所致(楊坤原與張賴妙理，2004；Brown, 1995；Lewis et al.,

2000b ; Kindfield, 1991; Mertens & Walker, 1992; Simth, 1991; Oztap et al., 2003) , 因為傳統教材圖示與教學無法具體呈現其動態本質。而且, 涉及遺傳學現象之細胞與分子的過程與實體(entities)屬於生物體制之微觀或次微觀的層次, 學生缺乏相關學習經驗, 而無法視覺化這些細胞分裂的實體與過程, 進而造成其學習困難 (Chinnici, Yue, Torres, 2004; Duncan et al., 2009) , Kinnpels 等(2005)更進一步指出, 學生因為看不見減數分裂形成配子(gametes)的過程, 因此, 棋盤方格(Punnett Square)就變成了沒有生物學意義的圖示和工具, 學生也就無法透過棋盤方格來理解孟德爾古典遺傳學的數學內涵並進行問題解決。另有研究指出, 學生之認知能力無法理解這些微觀抽象的概念, 亦是造成學習困難的原因之一(楊坤原與張賴妙理, 2004 ; Brown, 1995 ; Lazarowitz & Penso, 1992; Knippels et al., 2005) 。除此之外, Knippels 等(2005)認為學生的個別差異—先備知識、認知成熟度、對於遺傳學之印象以及間接產生的動機等, 亦是造成遺傳學學習問題的原因。Gilman(2006)則進一步指出, 學生之學習偏好可能是學生學習傳統與線上細胞分裂主題的差異來源。因此, 學生的個別差異也應在解決學生於細胞分裂主題之學習困難與課程設計上納入考量。

三、細胞分裂主題之數位教學設計的原則

由上述的文獻回顧可以知道, 學生對於細胞分裂主題的學習困難與成因, 而近年來資訊科技的優勢已逐漸能輔助並改善上述的學習困難。以下依據資訊科技之優勢, 提出資訊科技融入細胞分裂主題教學的設計原則, 分別說明如下:

(一) 次微觀結構的具象化

由表 2-3-2 可知, 遺傳學之基本結構與結構間的關係, 是學習細胞分裂概念的基礎, 其中, 染色體不僅是遺傳學教材的基本單位, 更是細胞分裂過程中的實體(楊坤原與張賴妙理, 2004 ; Lewis et al., 2000b ; Kindfield, 1991 ; Oztap et al.,

2003)，然而，無論是染色體、細胞或細胞核等相關概念，在生物體制上均屬於微觀或次微觀的層次(Duncan et al., 2009; Knippel et al., 2005)，學生對這些概念缺乏相關的學習經驗，而無法視覺化細胞分裂過程的實體與過程，進而造成學習困難(Chinnici et al., 2004)。因此，若能將這些次微觀結構具象化，即具體呈現基本結構—細胞、細胞核、染色體和基因以及這些基本結構之間的關係，以協助學生建構染色體模型並發展出融貫的概念架構，將有助於學生對遺傳學有更好的理解。然而，傳統講述式的教學與教材圖示卻無法協助學生發展此一融貫的概念。

許多研究指出，生物領域中模型的使用可以大大地強化學生的理解，例如染色體與染色體行為的建模(Clark & Mathis, 2000)。然而，Brown(1995)指出，在呈現染色體的結構上，僅採用 2D 圖示是不適切的，學生必須理解染色體 3D 的結構，才有助其建立一個融貫之遺傳學的概念架構。學習科技之相關研究也指出，視覺化(visualization)工具、以 2D、3D 圖示或動畫來表徵一個科學現象，有助於讓學生看見現象或抽象的概念，呈現出文字無法具體描述的想法(Linn, 2003; Krajcik & Czerniak, 2007)。此外，結合影片、圖片、文字與互動性的微世界(microworld)、互動式多媒體與模擬(simulation)工具，能具體提供學生直接、豐富的經驗(Krajcik & Czerniak, 2007)，讓學生透過主動地參與來發展有意義的科學概念並提高其學習動機，而這些多模態與多重感官所提供的經驗，不但能增強學生在細胞分裂主題上的學習(Smith & Kindfiled, 1999)，也有助於克服學生對於遺傳學難以學習之印象(image)與低動機(Knippl et al., 2005)，並提供數位化多模態的訊息給予不同偏好之學習風格的學習者(Gilman, 2006)。該原則可以從相關線上課程獲得支持，例如：針對遺傳學所開發之 BioLogica™ 軟體，在學生學習孟德爾定律與基因的表現型之前，先讓學生透過 3D 互動軟體來學習細胞的結構(如圖 2-3-4)，以協助學生建構細胞、細胞核與染色質的結構以及物理性的連結關係；除此之外，並讓學生知道基因產物—蛋白質的表現，是透過核孔、粗糙內質

網、高基氏體等層層傳遞，將蛋白質表現來，以影響生物體的表型(phenotype)。

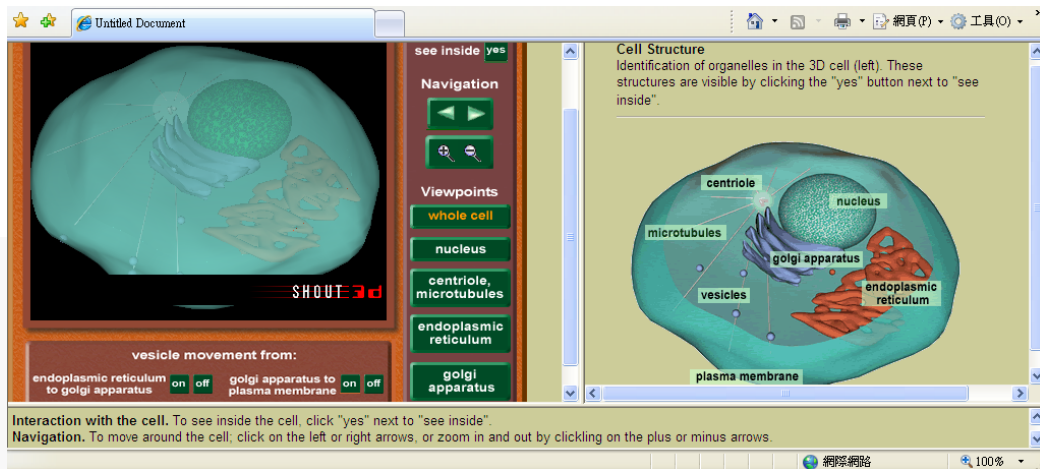


圖 2-3-4 BioLogica™ 生物網站中以 3D 互動軟體介紹細胞結構之介面(引自 <http://biologica.concord.org/>)

(二) 動態本質的視覺化

由表 2-3-2 可知，學生對於兩種細胞分裂存在許多迷思概念，究其原因主要為細胞分裂具有動態的本質且發生於細胞中，屬於微觀抽象的概念，對於尚未具備形式操作認知能力的學生而言，屬於較難理解的概念(楊坤原與張賴妙理，2004；Lazarowitz & Penso, 1992)，而且，學生對這些屬於生物體制之微觀或次微觀層次的概念，缺乏相關的學習經驗，因而無法視覺化細胞分裂的實體與過程(Chinnici et al., 2004; Duncan et al., 2009; Knippel et al., 2005)。因此，若能有效在教學過程中具體呈現細胞分裂的動態本質，將有助於學生克服該學習困難(Brown, 1995; Kindfield, 1991; Oztap et al., 2003; Smith & Kindfield, 1999)。

近年來隨著 Java、Adobe Flash 等軟體之發展，電腦視覺化與動畫軟體已成為輔助科學學習之可行的方法(Barak, Ashkar, & Dori, 2011; Dori, Barakr, & Adir, 2003)；以動畫來表徵一個科學現象，有助於讓學生看見現象或抽象的概念(Linn, 2003; Krajcik & Czerniak, 2007)，尤其是對於課堂中不可見或難以解釋之過程的視覺化特別有效(Barak et al., 2011)。Dori 與 Barak (2001)也建議，在學習的過程

中，若涉及複雜的空間結構與動態過程時，可以採用動畫輔助學習。由此可知，動畫軟體適用於呈現具有動態本質之細胞分裂概念。然而，對於同樣具有動態本質之有絲分裂而言，減數分裂的過程更為複雜，對於學生而言更加困難(Brown, 1995)。但是，減數分裂產生配子的過程卻是學生瞭解遺傳現象、孟德爾古典遺傳學數學內涵與棋盤方格應用的基礎(Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005)，Duncan 等、Knippels 等以及 Stewart 等(2005)均強調，明顯地銜接減數分裂與遺傳學現象是解決學生學習遺傳學困難的原則之一，故細胞分裂動態過程的視覺化，便是突破該學習困難的有效方法。以實徵性研究與數位課程開發為例，針對遺傳學所開發之 BioLogica™ 軟體(Hickey, Kindfield, Horwitz, & Christie, 2003)，設計了兩個網路實驗室—「恐龍遺傳學(Dragon Genetics)」與「孟德爾豌豆(Mendel's peas)」，來輔助學生學習遺傳學基因型、表型、減數分裂與家族譜系的概念。其中，「恐龍遺傳學」是源自於 GenScope 軟體 (Hickey et al., 2003)，GenScope 透過富有想像性的生物—「恐龍」來輔助學生學習基因型與表型的概念，其設計了多個視窗同時展示遺傳因子傳遞的過程與結果，包含「減數分裂視窗」—讓學生看見減數分裂形成四個配子的動態過程(讓學生瞭解減數分裂過程的聯會與互換)以及配子的結合，來輔助學生對於等位基因配對、基因型與表型的學習。另外，何秋萱(2004)探討 Adobe Flash 動畫軟體對於國中學生學習遺傳概念之影響，發現 Adobe Flash 動畫軟體能模擬並具體呈現減數分裂的動態過程，有助於學生對物體作直覺的瞭解，並降低其抽象思考的層次，對於學生的概念學習與概念改變具有幫助。

(三) 概念差異性的比較

除上述之外，從表 2-3-2 還可以發現，學生經常將有絲分裂與減數分裂混淆。除了部分學生沒有查覺到細胞分裂有兩種類型之外，大多數的學生雖然知覺到兩者間的差異，卻不清楚差異的本質為何，分不清楚哪一種過程出現在哪一種細胞

分裂中。為了協助學生釐清兩種細胞分裂間的差異，Lewis 等(2000b)以及楊坤原與張賴妙理(2004)建議，若能將兩種細胞分裂之間的異同，明確地以目的、產物與過程來加以區分，將有助於學生釐清兩種細胞分裂間的差異。

另外，由於有絲分裂與減數分裂這兩種細胞分裂，對於生物體的重要性與意義是不同的。有絲分裂的目的在於確保子細胞與母細胞間具有相同的染色體數與遺傳物質，而減數分裂則在形成染色體數減半之配子，並增加配子間的遺傳變異，此外，減數分裂過程中因為染色體的獨立分配以及互換(cross over)形成重組染色體，所產生之配子的遺傳變異亦是有性生殖過程中造成遺傳變異的原因之一(Campbell et al., 2008)。而且減數分裂概念之學習對於學生學習有性生殖與無性生殖具有決定性之影響，Hickey(2003)進一步指出，學生雖然瞭解減數分裂過程中的各種生物事件，例如染色體聯會、互換 DNA 片段等，卻不知道互換對於遺傳的影響。Lewis 等 (2000b)、Knipple 等(2005)以及 Smith 與 Kindfield(1999)建議，在討論有絲分裂、減數分裂與受精作用三者間的關係時，染色體的行為、遺傳訊息之間的傳遞與連結應明確呈現。因此，在設計此兩種細胞分裂以及兩種生殖策略的比較時，可以嘗試採用 BioLogica™ 網站中多頁面同時呈現的設計或是 GenScope 多視窗的設計(Hickey et al., 2003)，並結合互動式動畫軟體，讓學生同時比較兩細胞分裂與生殖策略的差異，並提供學生表格作為引導的鷹架，讓學生從細胞分裂的目的、染色體的複製、分裂過程、產物等方面來比較其異同。除此之外，GenScope 多視窗的設計中特別注意到減數分裂過程中染色體的互換，並引導學生瞭解互換對於遺傳變異的意義(Hickey et al., 2003)，是一個很重要的設計。

(四) 由微觀到次微觀的教學順序

由前述文獻分析可知，遺傳學各概念間存有相互依存的關係，若學生無法具有一個融貫的遺傳學概念架構，則無法對各概念間作出有意義的連結，將致其混淆遺傳學的專有名詞而產生迷思概念(楊坤原與張賴妙理，2004; Lewis et al., 2000a, b; Oztap et al., 2003)。因此，Smith(1991)以及楊坤原與張賴妙理(2004)建議，為能符合 Ausubel 所提之含攝理論(subsumption theory)，讓學生可以透過同化的原則，對於細胞分裂進行有意義的學習，應先介紹染色體的知識，包含：染色體的本質、染色體在減數分裂過程中的角色，以及染色體與基因間的關係等，亦即建立染色體模型 (Brown, 1995; Oztap et al., 2003)與建立融貫的概念結構 (Lewis et al., 2000a, b)，待學生建立起染色體的模型後，再呈現兩種細胞分裂各階段的動態過程與染色體的變化並比較兩者間的差異，將有助於學生對染色體與細胞分裂各步驟產生有意義的連結。

四、小結

近年來，生命科學與技術之快速進展，讓許多新科技與新發現不斷地進入公共領域並與公民日常生活息息相關，因此，讓公眾具有一個較好之遺傳學素養是相當迫切的(Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005)，而首要之務就是紮根於基礎義務教育中。然而，在眾多生物課程裡，遺傳學又是教師與學生公認最困難教學與學習的單元(Brown, 1995)，而細胞分裂又是學生學習與理解生長、發育、繁殖與遺傳學以及演化學的基礎(Clark & Mathis, 2000; Oztap et al., 2003; Smith & Kindfield, 1999)，若要讓學生能進入當代遺傳學的領域，則須先讓學生掌握細胞分裂這個關鍵主題。

從近三十年來大量相關文獻可以發現，學生對於細胞分裂的學習困難主要有：(1)對於遺傳學之基本結構與其物理性的連結關係不清楚，並對於遺傳學的

專有名詞感到困惑、(2)細胞分裂發生於細胞中，學生無法親眼看到這個動態的過程，特別是染色體與基因訊息在細胞分裂過程中的變化、(3)無法區辨兩種細胞分裂的異同處。因此，若能協助學生建立起一個融貫的概念架構，並結合教材輔具來呈現細胞分裂的動態過程，將有助於克服學生的學習困難(Brown, 1995; Lewis et al., 2000a,b; Oztap et al., 2003)，並能協助其對於遺傳學發展出更好的理解。此外，由於細胞分裂—有絲分裂與減數分裂，在遺傳學上具有重要的意義，然而，學生卻經常無法區分這兩者的差異，也經常將其目的、過程、產物相混淆，而且，教科書對於這些遺傳學相關概念間之關係的闡述也較為隱晦不明，因此，若要克服此一問題，則需要透過教師的教學策略，將此兩種細胞分裂與受精作用、生殖策略等相關概念進行比較，讓學生對這些概念產生連結(楊坤原與張賴妙理，2004; Duncan et al., 2009; Knippels et al., 2005; Lewis et al., 2000b; Smith & Kindfield, 1999; Stewart et al., 2005)。而克服這些學習困難則可以透過資訊科技來達成，包含視覺化、多模態與多重感官的輔助，因此，本研究針對細胞分裂主題之數位媒體的設計提出了四個數位設計原則，以克服學生在細胞分裂主題之主要學習困難，並據此作為本研究設計細胞分裂主題之 IWB 數位課程的理論基礎，這四個數位設計原則為：(1)次微觀結構的具象化、(2)動態本質的視覺化、(3)概念差異性的比較以及(4)由微觀到次微觀的教學順序。

依據九年一貫自然與生活科技領域課程之分段能力指標，本研究進行教學之細胞分裂主題僅涵蓋染色體及其重要性、細胞分裂、減數分裂的相關概念，為能清楚呈現本研究依據上述文獻所提出之四個數位設計原則與學生學習困難間的關係，細胞分裂主題涵蓋之主概念、學生在細胞分裂主題之主要學習困難以及數位教學設計原則間的對應，如下表所示：

表 2-3-3 細胞分裂主題之主概念、學生的學習困難與數位教學設計原則對應表

| 主概念 | 學生的學習困難 | 數位教學設計原則 |
|------------------------|---|---|
| 基因 染色體 | <ul style="list-style-type: none"> ● 對於遺傳學之基本結構與其物理性的連結關係不清楚，並對專有名詞感到困惑。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 次微觀結構的具象化：具體呈現基本結構—細胞、細胞核、染色體和基因以及這些基本結構之間的關係。 |
| 細胞分裂 ●有絲分裂 ●減數分裂 | <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞分裂發生於細胞中，學生無法親眼看見該動態過程，特別是染色體與基因訊息在細胞分裂過程中的變化。 ● 無法區辨兩種細胞分裂的異同處。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 動態本質的視覺化：具體呈現兩種細胞分裂的動態本質。 ● 差異性的比較：區分兩種細胞分裂的差異。 ● 微觀到次微觀的教學順序：教學序列應先呈現遺傳學之基本結構與關係，再進行兩種細胞分裂的教學。 |

資料來源：楊凱悌等(2011a)

除此之外，Knipples 等(2005)指出，為了幫助學生自己理解並發現遺傳學現象與減數分裂、有性生殖間的關係，一個主動學習的取向是必要的，因為，學生僅被告知遺傳學之核心概念與概念間的關係是不夠的。由於，本研究希望透過 IWB 之整合多媒體/多模態呈現、讓課程更具彈性與變通性、增加課程之互動性與參與、增進學生之學習動機與學習理解等優勢，結合上述表 2-3-3 之數位設計原則來開發有效的 IWB 數位課程，增進學生之課程參與度、學習理解與學習動機。因此，本研究將依據本章第二節之「IWB 的特性與優勢」配合本節提出之「細胞分裂主題的數位教學設計原則」，來開發細胞分裂主題之 IWB 數位教材，本研究設計之 IWB 數位教材請參見「第參章 研究方法」之「第三節研究工具」的「二、細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法」。

第四節 學習風格與數位學習

本節分為 Kolb 學習風格、Kolb 學習風格與數位學習之相關性實徵研究以及小結三個部分，分別介紹 Kolb 學習風格及其對於數位學習之影響，並以此作為本章第一節「科技輔助科學學習」所提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」的學習者特質因素，以探究 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學，對於不同學習風格之學習者的影響。

一、Kolb 學習風格

近年來，個別差異已成為數位學習領域關注的焦點，例如認知風格、先備知識、學習風格等(Chen, 2003)。本研究將探究 IWB 數位學習環境中，學習者之學習風格對於其學習之影響，學習風格是一種獨特之認知、情意與心理的行為，可以作為學習者感知學習環境並與之互動、回應的指標(Keefe, 1979)，也可以說是學習者在面對學習任務時，所表現出關於學習技能、策略與學習傾向上的個別差異(Schmeck, 1988)，亦即為個體偏好之學習方式的態度和行為(Honey & Mumford, 1992)。然而，學習風格之理論繁多，其中以 Kolb 學習風格理論最廣被採用(Cassidy, 2004; Duff & Duffy, 2002)，本研究也將採用 David A. Kolb(1984)所發展之經驗學習理論(experiential learning theory, ELT)來進行探究，以下將回顧其理論內涵與 Kolb 學習風格的量測方式。

(一) Kolb 學習風格之理論

David A. Kolb 採納了 20 世紀將「經驗」置於人類學習與發展理論之核心關鍵的著名學者，包含 John Dewey、Kurt Lewin、Jean Piaget、William James、Carl Jung、Paulo Freire、Carl Rogers 等人的觀點，並經過長期對於經驗學習理論的探究，於 1984 年出版了 *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development* 一書，提出一個經驗學習歷程的完整模式與成人發展的多元線

性模式，來解釋人類成熟的發展階段、學習過程與經驗間的關聯(Kolb, 1984; Kolb & Kolb, 2005)。

Kolb(1984)主張個體是透過發現與經驗來獲得學習，並將學習定義為一個在經驗轉換過程中創造出知識的歷程，而知識就在攫取(grasp)與轉換(transform)經驗之整合的過程中產出。由於經驗是學習的基礎，Kolb 在其所提出之經驗學習理論中定義了兩個經驗攫取之對應模式—具體經驗(concrete experience, CE)與抽象概念(abstract conceptualization, AC)，以及兩個將攫取經驗進行轉換的對應模式—省思觀察(reflective observation, RO)與主動實驗(active experience, AE)，並從一個回應情境需求之四種學習模式間的創造性張力的角度，將經驗學習描述為一個知識建構的歷程，在這個過程中，學習者以循環的方式經驗這四個模式，來回應學習的情境以及所學習到的事物。學習者接觸新訊息所接受到之具體經驗，是觀察與省思階段的基礎，在省思觀察階段中，學習者為了下一個階段之行動應用而從不同的觀點來省思，並透過省思衍生出抽象的概念，接著再將這些抽象概念應用到新的情境並將其作為創造新經驗之導引，該經驗學習環如圖 2-4-1 所示(Kolb & Kolb, 2005)。

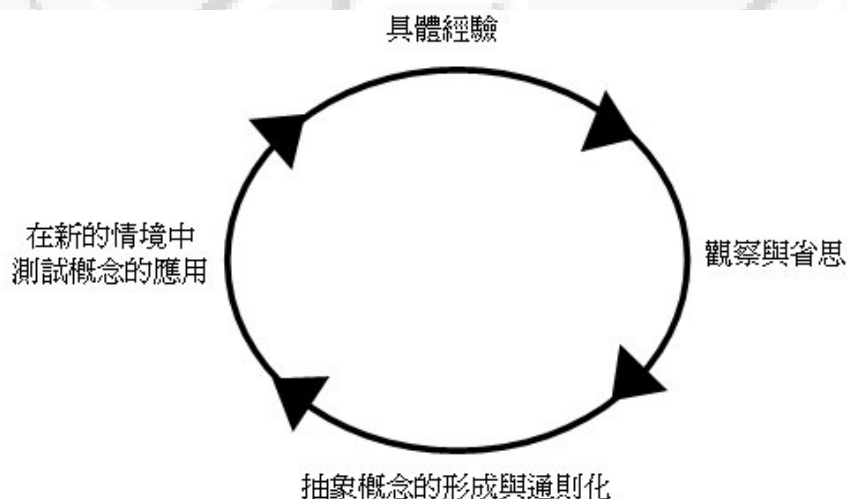


圖 2-4-1 經驗學習環(Kolb & Kolb, 2005)

由於學習者會透過對於經驗的選擇，安排自己以不同的程度捕捉實在，再將之轉換為自己的知識，因此，學習者對於經驗之安排會決定其在學習過程中強調這四種模式的程度，故學習環會隨著學習者之學習風格與學習情境而異(Kolb & Kolb, 2005)。Kolb 提出之學習環的模式中包含四種經驗學習的模式，這四種傾向形成兩個垂直的軸向，抽象/具體軸向是描述對於經驗的理解(prehension)，該軸向呈現出兩種不同且對立之經驗攫取的過程，抽象概念是依賴概念的詮釋與符號的表徵來攫取經驗，稱之為理解(comprehension)，具體經驗則透過對於立即經驗的感受來攫取經驗，稱之為領悟(apprehension)。主動/省思對立是一種轉換，呈現出兩種將攫取經驗進行轉換的方式，一種是透過內在省思，即所謂之內在轉換的過程(intention)，另一則透過對外在世界之外部操弄，即所謂之外在轉換的過程(extension)。這四種學習模式的偏好說明如下(Cassidy, 2004; Kolb & Kolb, 2005)：

- **具體經驗(concrete experience, CE; 即 experiencing)**：透過感覺來獲得學習(learning from feeling)，對於感覺敏銳，偏好經驗的學習(experiential learning)。
- **抽象概念(abstract conception, AC; 即 thinking)**：透過思考來獲得(learning by thinking)，偏好透過概念性與分析性的思考來獲得理解。
- **主動實驗(active experiencing, AE; 即 doing)**：從實作獲得學習(learning by doing)，偏好主動之試誤方式 (trial-and-error)來進行學習。
- **省思觀察(reflective observation, RO ; 即 reflecting)**：從省思中獲得學習(learning by reflecting)，偏好省思與觀察，在嘗試任何行動前會廣泛地考量任務與潛在的解決方案。

(二) Kolb 學習風格之量測

Kolb(1984)提出之學習風格的概念是以學習者使用學習環之不同模式的偏好為基礎，來描述學習者在學習過程中之個體差異。Kolb 為能瞭解個體對於學習過程之四種模式的傾向，發展出學習風格量表(learning style inventory, LSI)，Kolb 之學習風格量表依據學習者之四種學習模式的特徵取向，定義出四種學習風格：發散者(diverger)、同化者(assimilator)、聚斂者(converger)以及調適者(accommodator)(請參見圖 2-4-2)。這四種學習風格的特徵說明如下(Cassidy, 2004; Kolb & Kolb, 2005)：

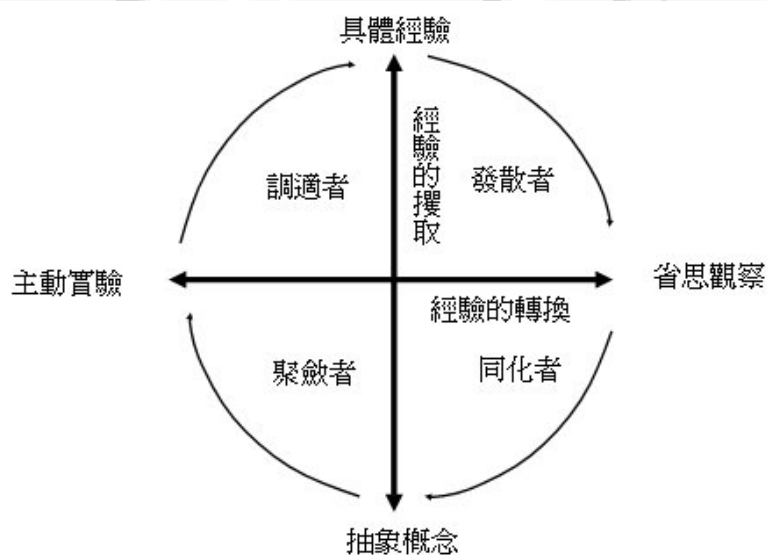


圖 2-4-2 Kolb 之經驗學習模型(Kolb, 1984)

- **發散者**：具有此學習風格者以 CE 和 RO 為主要的學習能力，擅長從許多不同的觀點來看具體的現象，喜歡收集資訊並對人感興趣，喜歡以小組工作、欣賞多元的觀點並喜歡接受個別化的回饋，若以圖像或整體觀將能幫助其學習。這類學習者擅長於藝術。
- **同化者**：具有此學習風格者以 AC 和 RO 為主要的學習能力，擅長從廣大的範圍來理解訊息，並將之歸納以簡潔富邏輯之形式呈現，且較少聚焦在人們，對於觀念、抽象概念感興趣。講述、閱讀、花時間去完整思考事物、探索分析的模型等都是同化者偏好學習的方式。這類學習者適合從事資訊與科學的

職業。

- **聚斂者**：具有此學習風格者以 AC 與 AE 為主要的學習能力，擅長發現想法與理論之實際的應用，有能力透過尋找問題之適當的解決方案，來解決問題並下決定。若給與他們模擬、實務上的應用、實驗工作以及給予機會實驗新的想法時，他們將學得最好。這類學習者適合專才(specialist)與技術的職業。
- **調適者**：具有此學習風格者以 CE 與 AE 為主要的學習能力，主要從動手作的經驗來獲得學習。他們喜歡實現計畫並參與新的且富挑戰性的經驗裡，傾向於獲得感受而非邏輯分析，因此在理論與情境相左情況下，會傾向於相信直覺而放棄理論。這類學習者在學習的過程中，喜歡設定目標、和他人一起工作並使用不同的策略來完成計畫。其適合行動取向的職業，例如銷售員。

Kolb(1976)為了量測個體對於四種學習能力(CE、AC、RO、AE)之偏好，發展出 LSI-1，LSI-1 是包含 9 個題項的自陳量表。Kolb(1985)再次修編 LSI-1 為 12 個題項，形成 LSI-2。在 LSI 執行的過程中，作答者被要求對每個題項中關於四種學習風格之敘述排序，LSI 得分則反應出個體對於四種學習傾向的偏好，學習者填答完後會計算出個體對於經驗攫取(AC-CE)的偏好以及經驗轉換(AE-RO)之偏好。本研究為瞭解不同學習風格者在本研究所設計之 IWB 數位學習環境下的學習效益，將採用 Kolb(1985) 所發表之 LSI-2 量表來蒐集學生的學習風格，該量表之執行、計分與題項內容，請參見「第參章 研究方法」之「第二節 研究工具」。

二、Kolb 學習風格與數位學習之相關性實徵研究

當代教育研究已開始重視學習者對於學習環境之知覺、動機與學習風格等因子對於學業成就之影響(Cassidy, 2004)；隨著科技之快速發展，個別差異的議題

也在近年來成為數位學習領域關注的焦點(Chen, 2003)。有許多研究者從 Kolb 學習風格的角度來探究學習者在數位學習環境中的學習效益，Sein 與 Robey(1991)針對 80 位電腦生手，以不同方式訓練其使用電子化郵件歸檔系統，研究發現聚斂者在電腦訓練方法下學得最好，Federico(2000)針對學士後進修的學生共 234 位進行探究，發現同化者與調適者對於網路教學的態度顯著較聚斂者與發散者來得正向。Terrell(2002)則針對 159 位修習教育電腦科技課程之博士生進行研究，發現學習風格會決定學習者對於數位學習形式的偏好，在經驗攫取上偏好抽象概念者在數位學習環境下的學習，較偏好具體經驗者佳。Wang, Wang, Wang 與 Huang(2006)則針對 455 位國中學生進行自然與生活科技課程之數位學習進行探究，發現發散者與同化者具有較佳之學習效益，亦即是經驗轉換偏好省思觀察者之學習效益較主動實驗者佳。Manochehri 與 Young(2006)則探究 390 位大學生以傳統教學及數位學習兩種方式進行代數學習，發現以教學者為基礎之學習課程裡，學習風格與學習成效間沒有關聯，但是在數位學習環境下，則以同化者與聚斂者的表現較好，也就是在經驗攫取上偏好抽象概念者為佳；Manochehri(2008)亦指出在經驗攫取上偏好抽象概念者——同化者與聚斂者，對於數位學習環境持有較為正向的態度。Aragon, Johnson 與 Shaik(2002)的研究結果亦同，抽象概念者偏好數位學習環境，而具體經驗者偏好面對面之教學環境。

然而，Harris, Dwyer 與 Leeming(2003)針對 230 位在不同數位學習環境下學習普通心理學的學生進行探究，發現學習者之學習風格與接受之數位學習方式，均不會影響其學習成效與其對於數位學習環境的感受，此外，學習者之學習風格亦與其在傳統講述教學環境之表現無關。Zacharis(2011)則針對 161 位主修電腦科學之大學生進行探究，發現無論在傳統面對面的環境或數位學習環境下，學習者之學習風格與學習成效間均沒有統計上之顯著差異。Harris 等指出，雖然其研究發現學習風格對於數位學習效益沒有任何影響，但其研究也沒有證明學習風格與

數位學習沒有關係，由於 Harris 等設計之其中一個數位學習環境有較多的多媒體，能提供較多的互動給學習者，應能輔助實作者(doer)的學習，然而研究結果卻非如此，Harris 等進一步推論，可能是該課程設計不足以讓實作者有足夠的動機投入該課程所致。Zachairs 也指出雖然其研究發現學習風格與數位學習沒有顯著關係，然而，這樣的發現也有待更大的樣本或不同課程等因素來釐清。

雖然學習風格被認為是一個預測學生學習成就的因素之一，然其研究結果迄今仍然分歧(Zachairs, 2011)，從上述實徵性研究結果亦可以獲得瞭解。Kolb(1984)指出學習風格會隨學習任務、環境、時間等情況而異，因此，不同的教學設計與不同的策略可能會影響不同學習風格之學習者的學習，故實有必要針對學習風格之議題進行深入探究，然而，由於 IWB 屬於我國政府現階段政策性推行之互動性學習科技，其所營造之數位學習環境迥異於傳統課室環境，也不同於一般電腦教室或傳統資訊融入教學的環境，為能提供更多關於 IWB 數位教學設計的資訊給第一線教師、研究者以及課程設計者，來進行 IWB 數位課程之開發，實有必要深入探究 IWB 所營造之數位學習環境對於不同學習風格者的學習影響。

三、小結

學習風格領域之研究已活躍超過 40 年以上，近來更受到許多研究領域的關注，其中，在教育應用上的研究是除了心理學領域之外最大宗的。當代教育研究對於學業成就的探討已超越對於智力與先備知識的關注，個體對於學習環境之知覺、動機、學習風格等議題，已成為探究影響學業成就與表現之相關因素的焦點(Cassidy, 2004)。許多研究指出學習風格會影響個體之學業能力與學業上的表現(Cassidy, 2004; Kolb, 1984)。隨著數位科技的快速發展與數位學習環境之普及，從許多數位學習之相關實徵性研究已發現，個別差異是影響學習者在數位環境下之學習成效的重要因素(Chen, 2003)，故個別差異已成為近來數位學習所關切的

議題之一，許多研究均指出學習風格是預測學習者在數位學習環境下之學習效益或學習感受的有效因素(Federico, 2000; Ford & Chen, 2000; Wang et al., 2006)。然而，從上述文獻回顧可以發現，學習風格與數位學習效益及學習感受間的關係仍很分歧，有待更多的研究來加以釐清，Kolb(1984)亦指出學習風格會隨學習任務、環境、時間等情況而異，Harris 等(2003)與 Zachairs(2011)也指出，課程設計是釐清學習風格與學習效益間關係需考量到的因素，Federico(2000)與 Wang 等(2006)也認為瞭解學生之學習風格有助於提升數位學習教學計畫的執行，並增強學生在數位學習環境下的學習。

基於上述，再加上近年來由於 IWB 在政府政策性的推動下，正逐步推入各級中、小學，然而，此一新興互動科技所營造之學習環境不但不同於傳統課室環境，亦不同於一般電腦教室與傳統資訊融入教學所營造的學習環境，因而，實有必要針對 IWB 提供之視覺化的本質、多媒體整合呈現與互動性等特質所營造的數位學習環境進行深入探究，來瞭解 IWB 數位教學策略對於不同學習風格之學習者的影響，以作為教師、課程設計與研究者於教學設計上之參考。

第五節 學習環境之師生互動設計

本節分為學習環境、師生互動與小結三個部份，首先，針對學習環境之重要性以及學習環境感受之量測來進行探討，以作為本研究探究學生知覺 IWB 所建構之新興數位學習環境的理論基礎；然而，在學習過程中，師生互動不但是構築學習歷程的核心元素，更是學習環境中的一個重要變數，故亦將回顧師生互動之相關文獻，並針對師生互動的重要性、師生互動模式以及 Flanders(1970)所提出之師生口語互動分析系統—Flanders Interaction Analysis Categories(FIAC)進行深入探究，以作為本研究課室觀察之互動分析的方法學依據。

一、學習環境

教師在課室中為了達成各種教學與管理目的之行為已成為許多研究的焦點，國際教育成就評鑑組織(The International Association for Evaluation of Education Achievement, IEA)更為了瞭解各國間典型之教學行為上的差異，與學生認知與情意面向上的關聯性，進行了為期十年之跨國學習環境的研究(Anderson, Ryan, & Shapiro, 1989)，近來國際間致力於概念化、評量或探究對於學習環境的知覺，已讓學習環境成為一個蓬勃的研究領域(Fraser, 1994, 1998; Fraser & Walberg, 1991; She & Fisher, 2000)。許多研究均指出學習環境與學生之認知與情意上的成就間具有關聯性，因此，學習環境被視為是一個用來預測學生學習成就的重要因子(Fraser, 1998; She & Fisher, 2000; Talton & Simpson, 1986)。在近幾年來，我國政府政策性推動 IWB 融入教學，將 IWB 大量引入各級學校，IWB 的建置主要是在傳統教學環境裡，而 Smith 等(2005)指出 IWB 無論作為教學與學習工具而言，均具有相當的潛力，尤其在師生互動上的優勢更倍受關注，因此，本研究將以 IWB 所營造出來之互動策略，作為本研究互動教學之典型。然而，由 IWB 互動科技所營造出來之學習環境不同於傳統課室環境，故本研究將深入探究學生對於 IWB 課室環境之知覺與其學習效益間的關係。因此，以下將回顧學習環境

與師生互動之相關文獻來作為本研究之研究方法的理論基礎。

(一) 學習環境的重要性

IEA為了瞭解各國間典型之教學行為上的差異，與學生認知與情意面向上的關聯性，進行了為期十年之跨國學習環境的研究，其中，該研究更針對相關文獻之回顧，整理出教室環境中與學生成就相關之十五個構念，分別為社區特質 (community characteristic)、學校特質 (school characteristic)、教師特質 (teacher characteristic)、家庭特質 (home characteristic)、學生特質 (student characteristic)、課室情境 (classroom characteristic)、教師知覺 (teacher perceptions)、教學量 (quantity of instruction)、引導學生 (orienting students)、教導學生 (teaching students)、評量學生 (assessing and evaluating students)、管理學生 (managing students)、學生知覺 (student perceptions)、學生參與 (student participation) 與學生成就 (student outcome)，並據此提出一個核心模型 (core model) (如圖 2-5-1)，來描述這十五個構念間的關聯性。

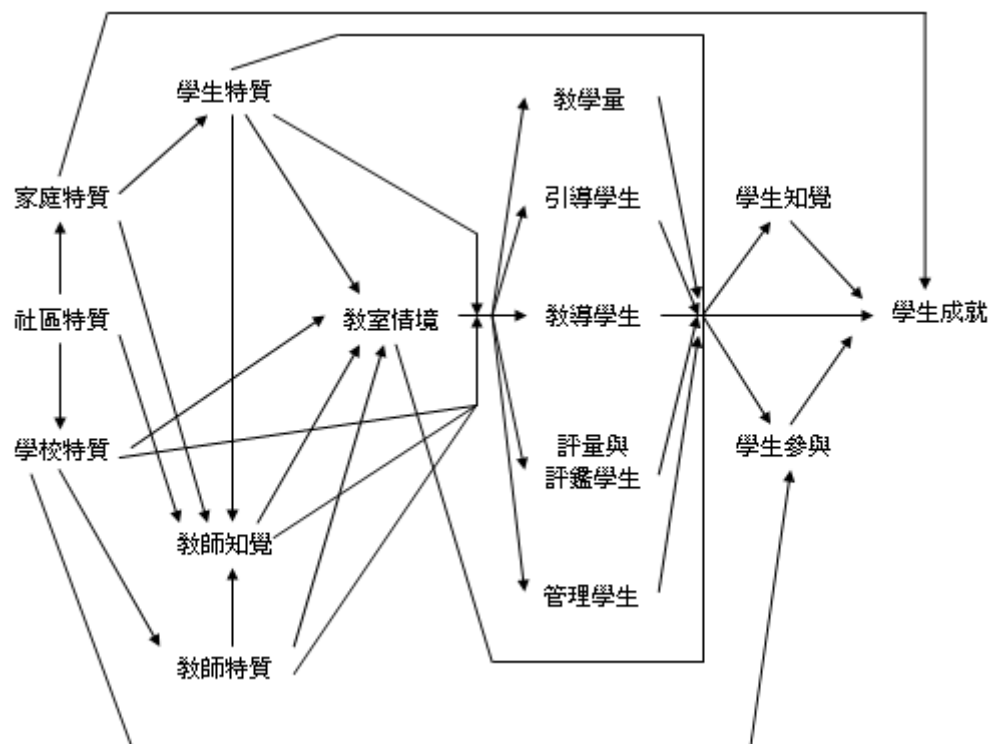


圖 2-5-1 IEA 教室環境研究之核心模式 (Anderson et al., 1989)

社區特質、學校特質、教師特質、家庭特質與學生特質之變數，在傳統上被稱為是人口統計學上的變數，這些構念的主要目的在提供一些關於教師、學生、社區與學校情境的描述，以檢驗不同情境下教學與學習的差異。教導學生、評量與評鑑學生、引導學生、管理學生、學生參與之構念則包含各項教室行為的變數，教導學生知識與技能相關之變數屬於「教導學生」的構念，決定學生學得有多好或判斷學習品質或量之相關變數則屬於「評量與評鑑學生」的構念，確保學生瞭解其學習內涵之變數則屬於「引導學生」的構念，讓學生表現合宜之相關變數則屬於「管理學生」的構念，「學生參與」的構念則是從學生的觀點來看學生主動參與教室活動的情形。「教師知覺」與「學生知覺」構念則包含教師與學生看待彼此與其教室之方式的變數。「教室情境」的構念則包含關於教室本質的變數，「教學量」的構念則包含關於學生所接收之教學量與教學型態，最後兩個構念分別為「學生

成就」與「學生對於學科之態度」，其中，「學生成就」更是整個核心模式的依變數。每一個構念的主要變數內涵如表2-5-1：

表2-5-1 核心模型所涵蓋之構念的主要變數

| 構念名稱 | 主要變數名稱 |
|------------------------|---|
| 社區特質 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學校位置 |
| 學校特質 | <ul style="list-style-type: none"> ● 學校類型(type of school) ● 學校的年級組織(grade level organization of school) ● 學校大小 ● 學科整年之教學時數的分配 |
| 教師特質 | <ul style="list-style-type: none"> ● 性別 ● 年齡 ● 教學年資 ● 教師所具備之教師資格類型(type of certification) ● 教師接受學科內容訓練的程度 ● 每週學科授課時數 ● 每週額外授課之學科領域的數量 ● 每週授課總時數 |
| 家庭特質 (即學生之 社經地位) | <ul style="list-style-type: none"> ● 父親教育程度 ● 母親教育程度 ● 父親職業 ● 家庭使用語言與學校教學使用語言之相似程度 |
| 學生特質 | <ul style="list-style-type: none"> ● 性別 ● 年齡 ● 前測成績 ● 抱負(aspiration) ● 對於學校的態度 ● 對於學科的態度 |
| 教室情境 | <ul style="list-style-type: none"> ● 使用分組的型式 ● 觀察到分組的型式 ● 使用的教材類型 ● 學生能否於校外使用教科書 ● 課程重點 ● 課程目標 ● 登記上課學生人數 ● 出席課程學生人數 ● 教室的成人數 |

[續下頁]

- 教師知覺**
- 教師自主性
 - 教師對於全班學生相對能力之判斷
 - 教師對於需要補救教學之學生比例的判斷
- 教學的量**
- 學生接受之教學量
 - 每天分配給學科教學的時數
 - 真實用於學科教學的比例
 - 每週家庭作業量
 - 學生被要求做功課之時間量
- 引導學生**
- 教師告知學生課程目標的程度
 - 教師在教學前複習相關知識與技能的程度
- 教導學生**
- **一般師生互動**(general teacher-student interaction)：
 1. 教師互動(teacher interacting)、
 2. 教師監控(teacher monitoring)、
 3. 教師監控學生的型態(例如：監控個別學生或小組合作的工作)
 4. 口語互動的方向(direction of verbal interaction)
 5. 靜默(silence)的程度
 6. 學生個別或合作工作之頻率
 - **教學型式**(instructional format)：
 1. 講述教學、
 2. 對話/討論、
 3. 口語練習、
 4. 在座位上閱讀、
 5. 在座位上寫練習或學習單、
 6. 實驗室工作
 - **師生互動本質**(nature of teacher-student interaction)：
 1. 教師提供線索來結構化學生學習的程度、
 2. 教師提供學生指引以學習或完成功課的程度、
 3. 教師解釋事物給學生聽的程度、
 4. 教師使用教材來輔助解釋的程度、
 5. 教師展示其期望學生學習事物的程度、
 6. 教師舉例說明其解釋內容之主要重點的程度
 - **補救幫忙**(remedial help)：
 1. 教師額外幫忙的頻率、
 2. 學生接受這種幫忙的人數、
 3. 何時提供這種幫忙、
 4. 這種幫忙的型式(例如：小組或個別學生)、
 5. 提供這種幫忙的類型(例如：學習單、家教式、其他的教科書)

- 由學生啟動之互動(student-initiated interactions)：
 1. 學生投入社會互動的程度
 2. 學生個別貢獻學術討論的程度
 3. 學生問問題的程度
- 評量學生
 - 教師提問的種類：
 1. 教師表示其投入非正式評量的程度
 2. 教師問問題要求學生記得其所學的程度
 3. 教師問問題要求學生去思考其答案的程度
 4. 教師問問題要求學生表達並為其意見辯護的程度
 5. 教師問問題來確認其解釋學生是否理解的程度
 6. 教師描述其問題給個別學生的程度
 7. 教師描述其問題給小組學生的程度
 - 學生回應教師問題的方式：
 1. 學生給短的回答
 2. 學生給長的回應
 3. 全部學生都不回答
 - 教師再度回應學生對其提問所產生之回應的方式：
 1. 等待時間的長短
 2. 教師是否指出答案正確與否
 3. 若答案正確，教師是否會重覆該答案
 4. 若答案錯誤，教師是否會再次指派該問題給其他學生，或是直接給正確答案
 5. 教師是否會以探測問題(probe)來追蹤學生回應
 6. 教師是否給與個別或小組學生探測的問題
- 管理學生
 - 教師使用測驗來評量或分級學生的程度
 - 教師使用測驗來診斷學生特別之學習缺失的程度
 - 師生間缺乏干涉(involvement)
 - 評估花在學科活動上的時間
 - 評估花在程序性或班務維持的時間
 - 評估花在從一教學形式或教室活動轉到另一形式的時間
 - 評估花在例行性事物或一般管理活動的時間
- 學生知覺
 - 學生知覺教室環境的類型
 - 學生知覺教學本質的類型(特別是教師提供之教學結構)
 - 學生知覺教師教室管理之技能與能力
- 學生參與
 - 學生專注或主動參與學習過程的程度
- 學生成就
 - 學生接受教學後所獲得之學業上的學習成果
 - 學生對於學科的態度

資料來源：Anderson等(1989)

由Anderson等(1989)針對跨國教室環境研究所提出之核心模式，闡述了上述十五個教室環境構念間可能存有的關係，其中，家庭特質、學生特質、教室情境、教學量、引導學生、教導學生、評量與評鑑學生、管理學生、學生知覺與學生參與這十個構念對於學生的學習成就具有直接的影響，教師知覺則對於學生學習成就具有間接的影響，教導學生不但對於學生學習成就具有直接影響，同時也會透過影響學生知覺與參與而間接影響學生之學習成就。由於核心模式包含許多構念，且構念間的關係錯綜複雜，而呈現出相當複雜的結構，然而，由於每個構念包含許多的變數，特別是隸屬於教導學生與教室管理構念的變數，更大幅提高核心模式的複雜性，而此複雜性也反應出教室環境的複雜度(Anderson et al., 1989)。Anderson等所提出之核心模式，不但有助於研究者對於教室環境之本質與複雜性的理解之外，也提供了教室環境研究之課室觀察、資料收集與詮釋一個組織架構與方向。

在IEA跨國教室環境研究中，為了探究上述核心模式所強調之一般性的概念模式，而特別將教室、教學與教學變數總稱為學校(schooling)變數，並據此探究學校變數對於學生在教室中獲得知識、技能與態度的影響，而該模式僅強調「學校(schooling)」此一構念下之三個一般性的領域—情境(context)、教學(teaching)和學生成就(outcome)間的關係，而情境、教學與學生成就三個領域分別構築該一般性概念模式中三個部份，模式如圖2-5-2所示：

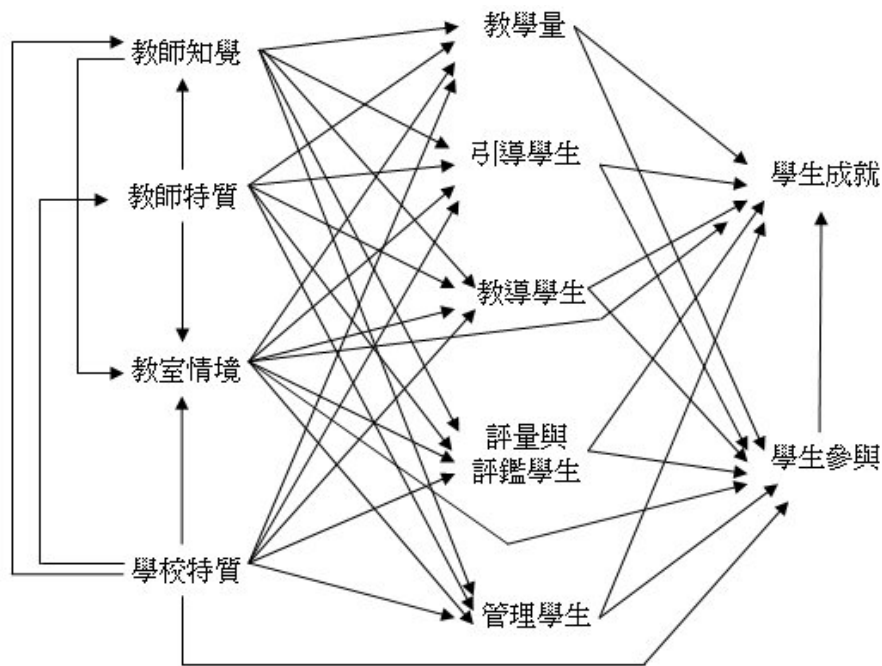


圖2-5-2 核心模式之學校構念的關係(Anderson et al., 1989)

依據上述以學校構念為主之模式來探究情境、教學與學生學習成就間的關係，從跨國研究發現，研究結果隨不同國家之教室環境而異，但大致上，教師與學生的互動越多，則學生在學業上的投入也會越多，教學、評量或兩者對於學生在學業上的投入均具有正向的影響，學生所接受到的教學量(包含學習機會、家庭作業等)對於學生的學習量具有直接的影響，除此之外，學生對於學習環境的知覺會影響其在學業上的參與與最後的成就表現，而且學生對於教師所提供之教學結構的知覺也會影響其對於該學科的態度，而學生的學習成就與對於學科之態度間亦具有雙向關係，彼此相互影響(Anderson et al., 1989)；由此可知，學校(schooling)構念中的教學層面，對於學生的學習成就與學習參與具有相當大的影響。除了IEA為期十年之跨國教室環境研究的發現之外，從許多研究亦可以發現學習環境的重要性，Fraser(1998)、Talton 與Simpson(1986)指出學生對於教室學習環境的感受是影響其科學學習成果的主要因素及重要預測變項之一。此外，學生對科學的態度與其學習環境的感受間不但存有顯著相關(Fraser & Fisher, 1982; Germann, 1988; Myers III & Fouts, 1992)，也影響學生的學習成就(Schibeci, 1984; Simpson & Oliver, 1985)。Schibeci(1989)歸納影響學生科學態度的

因素主要有個人背景特性、家庭、學校與同儕四大變項；其中，學校變項對於學生所持有之科學態度的影響最大(Haladyna & Shaughnessy, 1982)，學生對於科學的態度不僅會受到學校大小、班級人數、教學設備、活動空間等因素所影響(鄭湧涇&楊坤原，1998)；教師所經營的教室學習環境亦與學生的科學態度具有密切關聯(Myers III & Fouts, 1992)，教師的專業素養及其對於科學的態度與信念，可經由教學活動影響學生的態度及其對於學習環境的覺知(Fraser, 1998)；且教師的教學策略與方法和學生的科學態度間亦具有顯著相關(Yager, Tamir, & Huang, 1992)。Wubbels與Levy(1993)也發現良好正向的師生互動關係可以促進學生學習科學的興趣與學業成績。由此可知，教師若能善用學校的相關設備與教學資源，融入適切的教學策略與方法，來營造良好師生互動的學習環境，將有助於提升學生的科學態度與學習成就。而本研究將就IWB作為教學與學習工具之潛在優勢，來營造一個具有高度互動性的學習環境，並藉此來探討該學習環境對於學生學習效益與學習態度之影響，然而，依據Anderson等(1989)提出之核心模式中學校構念所強調的一般概念性模式(如圖2-5-2)，由於本研究之教師知覺與特質、教室情境與學校特質因研究設計而屬於固定因子，因而本研究將聚焦在模式圖的中間教學部分，探究IWB教學對於學生學習成就與態度上的影響，除此之外，也將深入探究教學過程中師生間的互動對於學生學習之影響。

(二) 學習環境感受之量測

自 1960 年代起，學習環境之相關研究開始成為社會科學研究中感興趣的議題並日益受到重視。Bloom(1964)回顧並統整相關文獻後指出，學習環境之測量是精確預測與有效操弄學習的關鍵。自 1966 年起，陸續有研究開始探究學生對於學習環境感受的量測方式，以及學習環境對於學生學習之影響，這一系列的研究指出學生對於學習環境的感受可以被有效測量，且該指標是學習成就的有效預測因子(Anderson & Walberg, 1974)。而學習環境之研究通常有兩種方式，一為客

觀的觀察，另一則是透過教室環境內部參與者的主觀知覺(Fraser, 1989)，Anderson 與 Walberg(1974)指出，學生是教學的直接領受者，從教室環境之內部參與者的角度來獲知教室環境的瞭解，相較於外部觀察者獲得之資料所具有的推論性更高；因此，透過對於學生對學習環境之感受的量測，將能獲得更深入與真確的訊息。She 與 Fisher(2000)也指出，對於教室環境之內部參與者的測量在近年來常被使用，尤其是進行大樣本資料的收集時，更是主要採用的研究方法，另外，She 與 Fisher 更進一步指出，以學生觀點作為量測教室環境的來源具有許多好處：

1. 學生直接參與課室活動，相較於外部觀察者觀察過更多教師之典型行為。
2. 學生較熟悉他們教師的習性。
3. 學生位於一個更好的位置來判斷教師行為的某些面向。
4. 學生能觀察出觀察者無法觀察到之教師行為的面向。
5. 相較於直接觀察之低推論的變數，學生對於教室之知覺更能說明學生成就之大部分的變異。
6. 受過訓練的觀察者相較於問卷之複印、執行與評分而言，來得更為昂貴與耗時。
7. 觀察者的存在也有可能會改變原本教室中平常會發生的事。

由此可知，透過對於學習環境之量測與觀察，將有助於瞭解學生在此學習環境中的學習成就，包含認知與情意面向上的學習表現，然而，以教室環境之內部參與者來作為學習環境之量測的資訊來源，不但能大規模地收集資料外，更能獲得較為深入、真確且具推論性的資料。除此之外，由於 IWB 係屬新興之教學科技，其所具備之優勢與高互動性所營造出來的學習環境，迥異於傳統資訊融入之課室環境。然而，從過去學習環境之相關研究可以發現，無論在傳統課室環境下

或數位學習教室裡，學習環境都是預測學生學習成果的重要指標之一(Anderson et al., 1989; Anderson & Walberg, 1974; Bloom, 1964; Rovai & Barnum, 2003; Summers, Waigandt, & Whittaker, 2005)。因此，本研究將以 Maor 與 Fraser(2005)所發展之建構式多媒體學習環境問卷，來收集學生對於本研究所營造出來之 IWB 數位學習環境與傳統數位學習環境的知覺與感受，並深入探究不同數位學習環境對於學生學習之影響。

另外，過去的研究對於學生之學習成就的表現主要聚焦在教學科目之認知面向上，然而，近來對於學生學習之成就的表現也開始著重在情意面向，學生的態度則成為測量學生成就之情意面向上的主要因子(She & Fisher, 2000; Weinburgh, 1995)，Fraser(1994)指出，學生對於教室環境之知覺會影響學生的學習成就。因此，本研究也將學生對於學習環境之知覺，作為學生在數位學習環境下之學習效益的變數之一。

二、師生互動

教室是教育制度中最基本的單位，教師與學生是教室環境中的主要參與者，(孫旻儀，1997)，教師透過教學活動，讓師生或生生間彼此不斷地對話、交換與調整知識的歷程來達到學習的目的，因此，師生互動不但是教師與學生雙向溝通的歷程，更是整個教學過程中實際進行的核心活動(陳奎熹、王淑俐、單文經、黃德祥，1996；簡馨瑩，2010；Waller, 1932)。從 Anderson 等(1989)為了探究核心模式所強調之一般性的概念模式，僅聚焦到學校(schooling)變數而提出之模式(請參見圖 2-5-2)，亦可以發現學校此一變數下主要涵蓋情境、教學與學生成就三大部分，其中，「教學」部分涵蓋最多的構念—「教學量」、「引導學生」、「教導學生」、「評量與評鑑學生」以及「管理學生」，這五個構念又以「教導學生」構念下所囊括之教室行為的變數最多，分別為一般師生互動、教學型式、師生互動

本質、補救幫忙以及由學生啟動之互動 5 個次構念，共 26 個變數(請參見表 2-5-1)，該構念是指教師透過語言(what teacher say)與行為(what teacher do)來促進學生的學習，且該構念對於學生之學習成就、知覺與學習參與均具有直接的影響 (Anderson et al., 1989)，Wubbels 與 Levy(1993)指出良好正向的師生互動關係可以促進學生學習科學的興趣與學業成績，因此，師生互動可以說是教學成效的關鍵因素(孫旻儀，2007；簡馨儀，2010；Anderson et al., 1989；Wubbels & Levy, 1993)。而 IWB 互動科技最受關注之優勢即在於其能提高師生間的互動(Smith et al., 2005)，因此，本研究除探究由 IWB 所營造出來之互動策略對於學習效益之影響外，也將深入探究 IWB 所營造出來之互動策略對於師生互動的影響。

(一) 師生互動的重要性

從 IEA 為期十年之跨國研究可以發現，教師與學生的互動越多，則學生在學業上的投入也會越多，而且教師之教學歷程對於學生之學習成就與學習態度，也具有相當重要的影響(Anderson et al., 1989)。Fraser(1998)指出，教師在創造一個課室環境或氣氛來引導科學學習上具有重要的貢獻。Wubbels 與 Levy(1993)也指出，教師是營造一個正向學習環境的關鍵角色，特別是透過師生間的互動或溝通，而且師生間的正向關係亦能提升學生在科學上的興趣與成就。除此之外，Duran 與 Monereo(2005)則發現不同的教學方法會影響教室裡的教學結構與師生互動的本質。教師若調整其教學模式，增進師生與生生間的互動則有助於引導學生的學習參與，進而提升其學習表現(Crawford, Chen, & Kelly, 1997)。由上述之文獻回顧可以知道，師生互動對於學習成就具有關鍵性的影響，因此，分析教室裡之師生間的互動可以說是教與學研究的重要議題(孫旻儀，2007；陳美玉，1998；簡馨瑩，2010；Brok, Brekelmans, & Wubbels, 2004)，同時，亦是本研究所關注的焦點之一。

(二) 師生互動模式

早期師生互動關係之研究多從團體動力學與教師領導的觀點，來探究師生間的互動關係與班級氣氛(簡馨瑩，2010)，Lewin, Lippitt 與 White(1939)針對教師領導方式與學生行為關係進行探究，將教師領導方式分為「權威型(authoritarian)」、「民主式(democratic)」以及「放任型(laissez-faire)」，權威型教師主導所有的事物，但師生間的關係是不密切，民主型教師與學生共同參與班級事物，兩者間的關係是密切的，而放任型教師則完全不參與班級事物。Anderson(1943)則將師生間的互動行為分為「控制型(dominative contacts)」與「統合型(integrative contacts)」兩種類型，控制型教師多採用命令、威脅、提醒與責罰等行為來對待學生，統合型教師則多以同意、讚賞、接受以及有效協助等行為來對待學生，教師採用控制型行為來領導學生者，學生往往表面順從教師但心裡反抗激烈，反之，教師採用統合型行為領導學生者，學生往往能自動自發，師生間的關係也較為融洽。早期之師生互動研究主要是將教師行為作為師生互動分類的依據，並探究教師領導方式對於學生的影響(孫旻儀，2007；陳奎憲等，1996)。晚近有關師生互動關係之研究則多以師生間之交互作用理論模式為主，其中以 Flanders(1970)針對課室師生互動發展出來之師生互動分析系統(Flanders Interaction Analysis Categories, FIAC)最為著名，Flanders 以教師話語對於學生之影響的概念為基礎，特別針對師生間的口語互動發展出一套課室觀察的技術，將教學情境中師生口語的互動分為—教師語言對於學生的影響(直接或間接影響)、學生的語言以及教室情境三大部分十個類別(詳細介紹請參見表 2-5-2)。Wubbels, Levy 與 Brekelmans(1997)針對過去多年的研究，指出教學方法雖然是教學效益一個很重要的指標，但是師生之間的關係亦可以作為優異教學的指標，因此，有效益之教師不但是好的教學者(technician)也是優秀的溝通者(communicator)，因為教師以許多不同的方式和學生溝通，便自然地與學生發展出不同的關係；基於此，Wubbels 等採用臨床心理學家 Timothy Leary(1957)發展之溝通模式並加以作為教育上的使用，Leary 依據

兩個向度—「支配(dominance)-順從(submission)」(即「影響力(influence)」)向度與「合作(cooperation)-對立(opposition)」(即「接近性(proximity)」)向度來分類人類的溝通，影響力是指對於溝通的控制，即誰控制了該溝通，而接近性則是指溝通時，人們的合作程度。Leary 發展之溝通模式如圖 2-5-3：

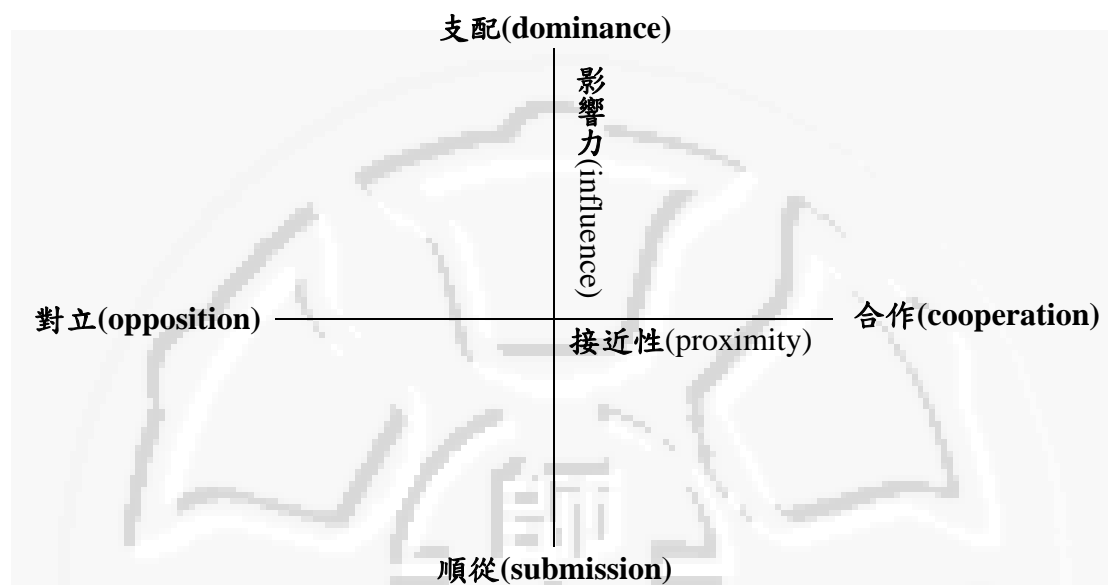


圖 2-5-3 Leary 之溝通模式(Wubbels et al., 1997)

Wubbels 等(1997)將 Leary 之溝通模式應用到教室之師生互動上，縱軸是師生溝通的過程中，教師對於學生的影響程度，橫軸則為師生互動的過程中，教師對於學生的接近程度，Wubbels 等指出，其研究發現無論學生或教師均認為最好的教師應該是教室裡強的領導者，不但友善而且懂得很多、少具有不確定感、不滿意和批判，同時也給學生較多的自由，實際上的學生表現也印證了該知覺，支配與合作和學生的成就表現具有正相關；此外，對立型的教師是最差的，因此，高支配與合作類型之教師是最好的教師。然而，教師的溝通行為在不同的情況下是會改變的，有時候「支配-對立」卻是對於學生較好的情況。因此，學生對於師生關係間的知覺是教學效益一個重要的變數(Brok et al., 2004)。

(三) 師生互動模式之分析法—FIAC 系統

由於師生間的互動不但是教學過程中的核心活動(簡馨瑩, 2010; Waller, 1932), 對於學生的學習成就也具有關鍵性的影響(孫旻儀, 2007; 簡馨瑩, 2010; Anderson et al., 1989; Brok et al., 2004; Wubbels et al., 1997; Wubbels & Levy, 1993), 因此, 分析教室中的師生互動是一個很重要的研究議題, 其有助於釐清教與學之問題所在(孫旻儀, 2007; 陳美玉, 1998; 簡馨瑩, 2010; Brok et al., 2004)。然而, 教室觀察主要可以分為兩種方法, 一為量化方法, 另一則為質化方法, 量化方法即所謂的劃記方法, 即將所欲觀察之特定行為與經驗加以分類後, 觀察者再針對觀察的情形劃記並記錄其時間, 質化方法即結合人種誌的方法, 觀察者則將所有觀察到的人、事、時、地、物記錄於筆記本中(陳美玉, 1998)。

在師生互動分析的研究方法中, 使用最為廣泛且最為著名之觀察工具即為 Flanders 於 1960 年代所發展之互動分析系統—FIAC 系統, 其將師生的口語互動依據教師影響學生的概念為基礎, 分為教師話語(直接影響或間接影響)、學生話語以及教室情境三大部分共十種類型, 以協助記錄並分析教室中師生互動的重要事件對於教與學的影響, 並提供教師改善教學之訊息(Flanders, 1961, 1970)。Flanders 所提出之 FIAC 系統對於師生口語互動的分類與 Anderson 等(1989)提出之核心模式中之「教導學生」構念的變數相近, 兩者主要均在探討師生間的「口語互動」對於學生學習之影響, 包含教師互動、口語互動的方向、靜默的程度等, 因此, 本研究將以 FIAC 系統來作為師生互動分析的工具。FIAC 系統中針對教師與學生之互動類型的分類如表 2-5-2 所示:

表 2-5-2 FIAC 系統的口語互動類型

| 教師與學生的行為 | |
|------------------------------|---|
| 教師話語 | 1. 接納學生的情感 (accepts feeling): 教師以一種不具威脅性的方式接受並釐清學生的感受狀態，學生的感受也許是正向，也許是負向的；包含預測或回想(recall)學生的感受。 |
| (indirect influence) 間接影響 | 2. 稱讚或鼓勵 (praises or encourages): 稱讚或鼓勵學生的動作或行為；包含舒緩緊張但不損及他人的笑話、點頭或說「嗯(um hm)?」或「繼續(go on)」。 |
| | 3. 接受或使用學生的想法 (accepts or uses ideas): 教師釐清、擴大或發展學生所提出的想法；包含教師延伸學生的意見或想法，但是當教師呈現較多自己的意見或想法時，就屬於第 5 類。 |
| | 4. 問問題 (asks questions): 詢問學生有關教學內容或步驟的問題，並期待學生回答。 |
| (direct influence) 直接影響 | 5. 演講 (lectures): 教師就教學內容或步驟提供事實或見解，表達教師的想法、問反詰句(rhetorical question)。 |
| | 6. 指示 (gives directions): 給予期待學生順從之指示、命令或指令。 |
| | 7. 批評學生或維護權威 (criticizes or justifies authority): 做出評論企圖改變學生不被接受之行為模式為可接受之行為型式、責備某人、說明教師為什麼採取目前的行為、極端自我參照(self-reference)。 |
| 學生話語 | 8. 學生話語—回應 (student talk—response): 學生說話是為了回應教師。教師促動師生的接觸或誘導學生說話。 |
| | 9. 學生話語—自發 (student talk—initiation): 由學生主動開啟對話，假如是教師指定學生回答，觀察者必須決定學生是否想要說話，假如是，則採用該類別。 |
| 靜默 | 10. 靜默或困惑 (silence or confusion): 暫停、短暫的沉默或是觀察者感到困惑無法瞭解師生溝通的時候。 |

資料來源：Flanders(1970)

使用 FIAC 系統來進行課室觀察，記錄的方式為觀察者每隔三秒鐘就須將其所觀察到之課室中所發生的互動行為，依據行為發生的順序選擇適當的類型記錄

其行為代碼(Flanders, 1961, 1970)，然本研究依據研究需求對 FIAC 系統進行調整，詳細之課室觀察方法請參見「第參章 研究方法」之「第五節 資料蒐集與分析」的「二、質性資料之蒐集與分析」。

(四) 應用 FIAC 系統之相關研究

Flanders 所發展之 FIAC 系統是 1960-1970 年代之教室師生口語互動的標準模式，迄今仍是師生互動行為觀察系統中最廣為使用的研究工具(Darst, Mancini, & Zakrajsek, 1983)。FIAC 系統在教育上之應用主要是作為課室觀察的研究工具，以提供回饋訊息給予教師來改變其教學或作為師資培育之用。Flanders(1960)以及 Amidon 與 Flanders(1961)利用 FIAC 系統來探討直接教學與間接教學對於學生學習幾合與社會學研究之成就的影響，研究發現教師採用間接教學時，學生學得顯著較多。Schantz(1963)則發現 具有較高能力之學生在教師採用間接影響的教學下，其自然成績顯著較直接影響高。但是，Flander 與 Amidon(1962)也指出，教師彈性運用兩種風格之教學，相較於僅採用直接或間接教學風格更具教學效益。Sahlberg(2010)、Sahlberg 與 Boce(2010)則運用 FIAC 系統來分析阿爾巴尼亞中學教育改革前後，師生課室互動情形的變化，研究發現課室中教師仍主導整個教學，學生主動發言的時間在 45 分鐘的課程中少於 30 秒，Sahlberg 指出除非課室中之口語互動形式改變，否則教育改革中提倡之合作學習將難以在中學紮根，Sahlberg 與 Boce 則進一步指出教育政策應優先支持教師轉變其教學，來提升多產(productive)且互動之學習，否則學生將無法獲得當代知識社會所需之知識與技能。

(五) FIAC 系統應用於教育研究之優點與限制

系統性觀察的方法提供了師生互動研究一個科學取向的研究方法，本研究所採用之 FIAC 系統在師生互動研究上具有以下的優點：編碼方法對於觀察者而言相當容易學習與使用，而且受過良好訓練之觀察者的觀察結果一致性很高，但是

觀察者需要嚴謹的訓練是一個限制，除此之外，FIAC 系統僅著眼於師生間的口語互動，忽略了師生間之非口語互動對於學習的影響，也忽略掉學生與教學媒體和教材之互動，另外，學生的學習效益除了受到師生互動之影響外，師生互動之環境亦會影響學生的學習(Flanders, 1970; Hopkins, 1993)。因此，本研究將以 FIAC 系統來分析學生於 IWB 數位環境下之師生互動情形，以深入瞭解 IWB 所營造之數位學習環境對於學生學習之影響。

三、小結

學習環境被視為是一個用來預測學生學習成就之重要因子(Fraser, 1998; She & Fisher, 2000; Talton & Simpson, 1986)，學生之學習成就除了與教學活動有直接相關之外(Anderson et al., 1989)，學生對於科學的態度與其學習環境的感受間不但存有顯著相關(Fraser & Fisher, 1982; Myers III & Fouts, 1992)，也影響學生的學習成就(Schibeci, 1984; Simpson & Oliver, 1985)。學生對於科學的態度不僅會受到學校大小、班級人數、教學設備、活動空間等因素所影響之外(鄭湧涇&楊坤原, 1998)；教師對於教室學習環境之經營以及教師之教學策略與方法和學生的科學態度間亦具有密切關聯(Myers III & Fouts, 1992; Yager, Tamir, & Huang, 1992)，除此之外，良好正向的師生互動關係也可以促進學生學習科學的興趣與學業成績(Wubbels & Levy, 1993)。

近幾年來，我國政府政策性推動 IWB 融入教學，將 IWB 大量引入各級學校，而 IWB 整合多媒體呈現、允許學生與之互動等特質所營造之課室環境不同於傳統課室環境，其中，IWB 促進師生與生生間之互動的優勢更是大眾關注的焦點(Smith et al., 2005)，因此，本研究將深入探究在 IWB 所營造之學習環境，對於學生學習環境知覺、學習效益以及師生互動的影響，並依據本章第一節所提出之核心論點為依據，採用質量並重的方法來進行探究，故除了量化研究方法外，本

研究也將採用課室觀察方法來探究 IWB 學習環境中之師生互動情形，詳細之研究方法的說明請參見第參章。



第六節 總結

近年來，隨著 ICT 技術之空前成長與使用，讓數位學習研究如雨後春筍般地蓬勃發展，然而從實徵研究之後設分析可以發現，媒體科技提升學生之學習效益隨著不同研究時間、不同研究場域、不同媒體設計等各種變數而異，因此，媒體科技能提升學生學習效益的論點不斷地受到挑戰(Wellington, 2005)。回顧 Richard E. Clark 與 Robert B. Kozma 之媒體論戰、Mayer 之多媒體認知學習理論以及科技輔助科學學習之趨勢，可以發現學習者特質、教學方法與學習科技的屬性都是影響科技輔助科學學習環境之效益的因素，Mayer(2003)指出，科技本身不會影響學習，唯有搭配有效之教學策略與設計才能輔助學習者的學習，而一個好的設計將整合媒體與教學方法，兩者間往往透過影響彼此來影響學習(Kozma, 1991)，因此，科技屬性與教學方法在數位學習環境之設計中應同時納入考量。然而，科技所鷹架之學習環境的主體仍是學習者(Jonassen et al., 1994)，Mayer 之多媒體認知學習理論強調個體認知歷程在多媒體學習環境中的關鍵角色，許多實徵性研究也發現個別差異是影響學習者在數位環境下之學習成效的重要因素(Chen, 2003)，因此，唯有同時考量這三者，才能建構一個有效的科技輔助科學學習環境，讓科技輔助科學學習之效益最大化。除此之外，從 Clark 與 Kozma 媒體論戰所衍生之研究方法的爭論可以知道，質性、認知與社會個案之研究取向的推論性受限，而量化研究雖具有推論特性，但其簡化情境脈絡的描述與忽視特殊個案，讓純量化之研究的參考與應用價值受到限制，然而若加入質性研究方法對於研究場域脈絡的探究，以及對於特殊個案的重視，將可讓科技對學習影響的相關研究更富參考與應用價值。故本研究提出科技輔助科學學習模式—「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」以及「質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌」兩個核心論點，作為科技輔助科學學習環境之教材開發的依據與研究架構(如圖 2-6-1)，而本研究亦據此作為研究之立論基礎，並發展 IWB 數位課程與教學活動設計、進行研究設計、資

料蒐集與分析，以深入探究 IWB 此一新興數位科技所營造之學習環境對於學生學習之影響。

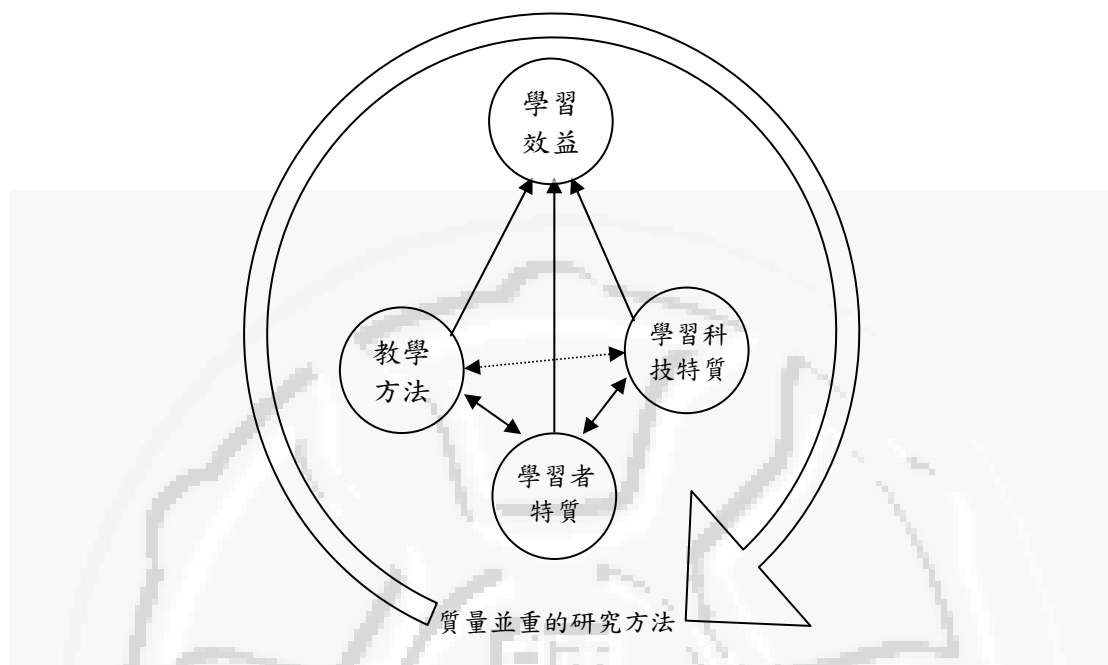


圖 2-6-1、科技輔助科學學習環境之研究架構

隨著 ICT 技術的快速發展，ICT 逐漸被引入教育領域中，用以建置 e 化學習環境並進行創新教學，然而，在各類 ICT 技術中，IWB 無論作為教學與學習之工具均具有許多優勢，包含彈性與變通性、多媒體/多模態的呈現、提高教學效能、支持教學計劃與教學資源的發展、提升學生使用 ICT 的技能、增進課程的互動性與學生的參與度、提高學生的學習動機以及增進學生的學習理解等 (BECTA, 2007; Glover et al., 2005; Holmes, 2009; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005)，因而讓 IWB 在過去十年來迅速竄起，成為教育領域之數位科技中能見度最高的指標之一 (BECTA, 2003, 2004, 2006; Thomas & Jones, 2010)，並獲得多國政府的大量投資與支持，我國教育部也自 2006 年政策性宣佈推動 IWB 融入教學，由此可見，在傳統教室中將 IWB 融入教學已是未來的趨勢。然而，IWB 係屬新興教育科技，其所營造之學習環境不但迥異於傳統課室環境，亦不同於一般電腦教室與傳統資訊融入教學的學習環境，但隨著 IWB 被大量引入中、小學教室中，

IWB 之研究報告從早期多為英、美、加、澳高等教育與個別教師所執行之小規模研究計畫的摘要和報告(Smith et al., 2005)，已有越來越多的研究是關於 IWB 在義務教育階段上的使用(Jewitt et al., 2007)，但仍多限於小學階段(Hennessy et al., 2007)，而且較少有研究針對 IWB 應用於自然科學教學進行探究，因此，實有必要針對 IWB 在中學自然科學教學之應用進行深入探究，故本研究基於政策性推動之趨勢與 IWB 作為教與學工具的優勢，選擇 IWB 作為本研究所提出之「科技輔助科學學習之三元決定論」中的「學習科技」來加以探討。

圖 2-6-1 之「教學方法」的部分，主要採用當前國內課室環境中常用之資訊科技融入教學法，而在 IWB 數位教材之設計上，則以生物學細胞分裂主題之相關文獻的教學設計建議來紮根。從近三十年來大量相關文獻可以發現，學生對於細胞分裂的學習困難主要有：(1)對於遺傳學之基本結構與其物理性的連結關係不清楚，並對於遺傳學的專有名詞感到困惑、(2)細胞分裂發生於細胞中，學生無法親眼看到這個動態的過程，特別是染色體與遺傳訊息在細胞分裂過程中的變化、(3)無法區辨兩種細胞分裂的異同處。因此，若能協助學生建立起一個融貫的概念架構，結合教材輔具來呈現細胞分裂的動態過程，將有助於克服學生的學習困難(Brown, 1995; Lewis et al., 2000a,b; Oztap et al., 2003)，並能協助其對於遺傳學發展出更好的理解。由於細胞分裂—有絲分裂與減數分裂，在遺傳學上具有重要的意義，然而，學生卻經常無法區分這兩者的差異，也經常將其目的、過程、產物相混淆，若要克服此一問題，需要透過教師的教學策略，將此兩種細胞分裂與受精作用、生殖策略等相關概念進行比較，讓學生對這些概念產生連結(楊坤原與張賴妙理，2004; Duncan et al., 2009; Lewis et al., 2000b; Knippels et al., 2005; Smith & Kindfield, 1999; Stewart et al., 2005)。而資訊科技透過視覺化、多模態與多重感官的輔助，將有助於學生克服上述之困難，因此，本研究針對細胞分裂主題之數位媒體的設計提出了四個數位設計原則，來幫助學生克服細胞分裂主題之

主要學習困難，並據此作為本研究設計細胞分裂主題之 IWB 數位課程的理論基礎，這四個數位設計原則為：(1)次微觀結構的具象化、(2)動態本質的視覺化、(3)差異性的比較以及(4)由微觀到次微觀的教學順序。除此之外，Knipples 等(2009)更指出，為了幫助學生自己理解並發現遺傳學現象與減數分裂、有性生殖間的關係，一個主動學習的取向是必要的，學生僅被告知遺傳學之核心概念與概念間的關係是不夠的，因此，本研究希望透過 IWB 整合多媒體/多模態呈現、讓課程更具彈性與變通性、提升課程之互動性與參與、增進學生之學習動機與學習理解等優勢，搭配上上述四個細胞分裂主題之資訊融入教學的設計原則，來開發以 IWB 特質及學科主題之教學策略為基礎的數位課程，並評估該課程之效益與對於學生學習的影響。

圖 2-6-1 之「學習者特質」的部分，則以 Kolb 之學習風格為探究的議題。學習風格領域之研究一直是個相當活躍的研究領域，近來更受到許多研究領域的關注，其中尤以教育應用之探究為最(Cassidy, 2004)。許多研究指出學習風格會影響個體之學業能力與學業上的表現(Cassidy, 2004; Kolb, 1984)。近來隨著數位科技的快速發展與數位學習環境之普及，許多數位學習之相關實徵研究已發現個別差異是影響學習者之數位學習效益的重要因素，認知風格、學習風格、先備知識等均為數位學習領域探究的焦點(Chen, 2003)，許多研究指出學習風格是預測學習者在數位學習環境下之學習效益或學習感受的有效因素(Federico, 2000; Ford & Chen, 2004; Wang et al., 2006)。然而，從文獻回顧可以發現，學習風格與數位學習效益及學習感受間的關係迄今仍很分歧(Zachairs, 2011)，並有待更多的研究來加以釐清，Kolb(1984)指出學習風格會隨學習任務、環境、時間等情況而異，Harris 等(2003)與 Zachairs(2011)也指出，課程設計是釐清學習風格與學習效益間關係需考量到的因素，Federico(2000)與 Wang 等(2006)亦認為瞭解學生之學習風格有助於提升數位學習教學計畫的執行，並增強學生在數位學習環境下的學

習。由於 IWB 在政府政策性的推動下，正逐步推入各級中小學，然而，此一新興互動科技所營造之學習環境不同於傳統課室環境，亦不同於一般電腦教室與傳統資訊融入教學所營造的學習環境，因而，有必要針對 IWB 提供之視覺化的本質、多媒體整合呈現與互動性等特質所營造之數位學習環境進行深入探究，來瞭解 IWB 數位教學策略對於不同學習風格之學習者的影響。

除此之外，教師在課室中為了達成各種教學與管理目的之行為已成為許多研究的焦點(Anderson et al., 1989)，近來國際間致力於概念化、評量或探究對於學習環境的知覺，已讓學習環境成為一個蓬勃的研究領域(Fraser, 1994, 1998a; Fraser & Walberg, 1991; She & Fisher, 2000)。許多研究均指出學習環境與學生之認知與情意上的成就間具有關聯性，因此，學習環境被視為是一個用來預測學生學習成就的重要因子(Fraser, 1998; She & Fisher, 2000; Talton & Simpson, 1986)。過去的研究對於學生之學習成就的表現主要聚焦在教學科目之認知面向上，然而，近來對於學生學習之成就的表現也開始著重在情意面向，學生的態度成為測量學生成就之情意面向上的主要因子(She & Fisher, 2000; Weinburgh, 1995)。此外，由於師生間的互動不但是教學過程中的核心活動(簡馨瑩，2010；Waller, 1932)，對於學生的學習成就也具有關鍵性的影響(孫旻儀，2007；簡馨瑩，2010；Anderson et al., 1989; Brok et al., 2004; Wubbels et al., 1997; Wubbels & Levy, 1993)。基於此，本研究對於數位學習效益之定義，除包含認知層面之知識獲得外，亦包含學生對於學習環境的感受，另外，IWB 除整合多媒體呈現、提升學生學習動機、提高教學之彈性、流暢性與教學效率等優勢外，最受關注之特質即為師生互動的優勢(Smith et al., 2005)，因此，本研究也將深入探究 IWB 學習環境下之師生互動的情形。

在「研究方法」上，本研究將採用質量並重的方法來探究不同學習風格學習者在 IWB 數位學習環境下之學習效益，除採用認知測驗與自陳量表來獲得學生在認知與情意面向上的表現外，也將採用課室觀察與 FIAC 師生互動分析系統為基礎，來深入瞭解不同學習風格學生在 IWB 數位學習環境中之師生互動情形。



第參章 研究方法

本章共分為研究設計、研究對象與研究情境、研究工具、研究流程以及資料蒐集與分析五節來敘明，首先說明本研究之研究設計、研究對象，接著為本研究採用之研究工具，包含互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)、細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法，以及量化資料蒐集工具—細胞分裂主題之總結性評量、細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)、建構式多媒體學習環境問卷(Constructivist Multimedia Learning Environment Survey, CMLES)與 Kolb 學習風格量表，質化資料蒐集工具則為編碼記錄表，第四節將述及本研究的研究流程，第五節則說明資料的蒐集與分析方法。

第一節 研究設計

從第貳章第一節之科技輔助科學學習之多元論點、Mayer 之多媒體認知學習理論以及科技輔助科學學習之趨勢，本研究提出了「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」以及「質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌」兩個核心論點作為本研究之立論基礎，如圖 3-1-1 所示；並以 IWB 作為本研究提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」中所要探究之學習科技，再分別就「IWB 屬性」、「細胞分裂主題之資訊融入教學法」以及「學習風格」三個部份來紮根本研究中所主張之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」的三環，並據此來設計 IWB 數位教材，並進一步以質量並重之研究方法，來探究 IWB 數位學習環境下之學習效益。

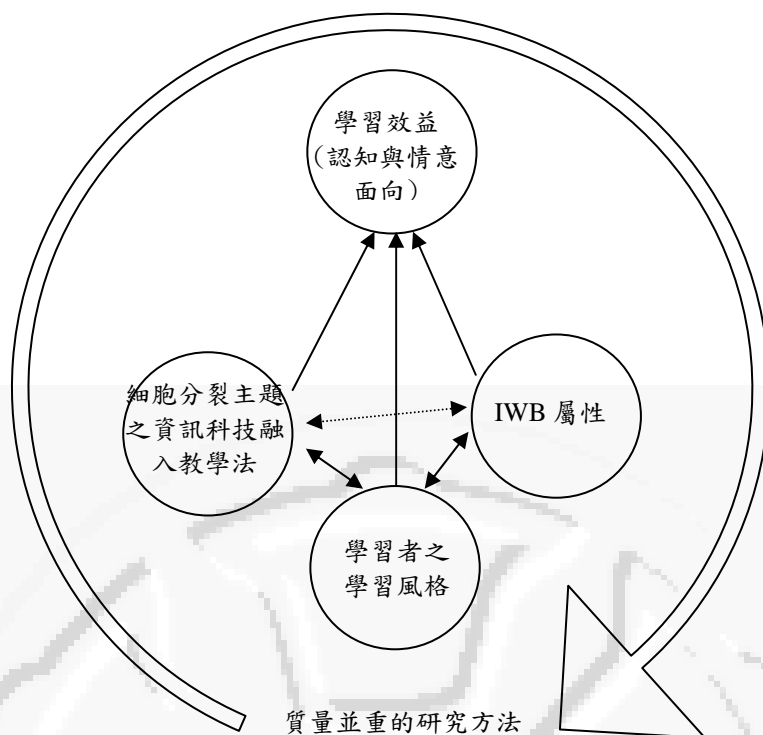


圖 3-1-1 本研究之研究架構圖

依據圖 3-1-1，本研究在 IWB 融入教學之學習效益的評估方面，分別從知識之獲得與學習環境的感受來探究；另外，為了能深入瞭解 IWB 輔助科學學習之情形，將同時採用量化與質性研究方法，從學習效益、對於學習環境之感受與師生互動三個部份，來探究 IWB 融入教學對於不同認知風格國中學生學習之影響。基於上述，本研究在「研究方法」上，採用質量並重的方法來探究學習者在數位學習環境下之學習效益，除採用認知測驗與自陳量表來獲得學生在認知與情意面向上的表現外，也將採用課室觀察與 FIAC 師生互動分析系統為基礎，來深入瞭解學生在 IWB 數位學習環境中之師生互動情形。以下各節將分別就研究對象、研究工具、研究設計與研究流程以及資料蒐集與分析來敘明。

第二節 研究對象

本研究之研究對象為中部某公立國中一年級學生四個班 107 位，男生 53 人、女生 54 人，參與研究之班級屬於常態編班，且學校具有 IWB，但是 IWB 建置在專科教室，因此，這四個班的學生接觸 IWB 的機會不多。這四個班的學生上自然與生活科技課時，主要採傳統講述式教學，由於該國中每間教室均配有電腦與屏幕，因此，學生有時也會接受傳統資訊融入教學(即 Microsoft PowerPoint 投影片教學)的上課模式。

本研究採準實驗研究設計，將參與的學生以班級為單位隨機分派為二組，一組實施傳統資訊融入教學(T 組)，即採用 Microsoft PowerPoint 為主，搭配傳統單槍投影機與屏幕的方式進行教學，另一組則實施 IWB 融入教學(IWB 組)，T 組與 IWB 組之詳細說明，請參照本章「第三節 研究工具」之「二、細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法」以及「第四節 研究流程」。

表 3-2-1、研究對象人數分布情形

| 數位教材 | 男 | 女 | 總人數 |
|------------------|----|----|-----|
| IWB 融入教學組(IWB 組) | 25 | 25 | 50 |
| 傳統資訊融入教學組(T 組) | 28 | 29 | 57 |

第三節 研究工具

一、互動式電子白板

本研究所採用之 IWB 係由加拿大 SMART™ 科技公司所生產的 SmartBoard™，其所採用的技術為類比電子壓感(analog resistive)技術，該 IWB 藉由 USB 線與筆記型電腦或個人電腦連結，筆記型電腦或個人電腦須再與單槍投影機連結，單槍投影機則會將筆記型電腦或個人電腦螢幕之畫面投影到 IWB 的面板上，然後，藉由一連串 IWB 的校正動作，教師便可藉由觸碰 IWB 的面板來操縱電腦，如圖 3-3-1。IWB 支援文字輸入的功能，亦能將面板上的書寫、繪圖與標記等資訊，儲存至連線的筆記型電腦或個人電腦中。

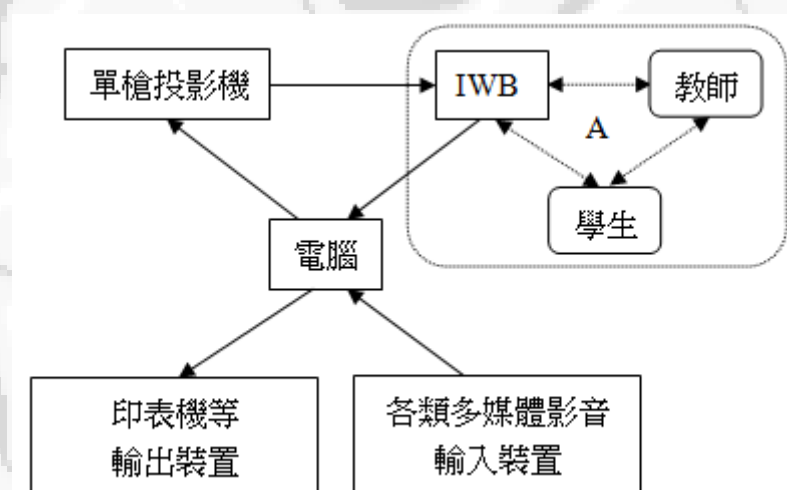


圖 3-3-1 IWB 系統架構與運作圖。A：IWB、教師與學生間形成的互動環境
(引自楊凱悌、王子華與邱美虹，2011b)

二、細胞分裂主題之數位教材設計與教學方法

本研究之教學內容為國中一年級自然與生活科技(下冊)「生命的繁衍」單元中之「細胞分裂」主題(南一書局, 2009), 教學內容涵蓋「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」及「減數分裂的意義與過程」(在生物學上, 細胞分裂(cell division)分為有絲分裂(mitosis)與減數分裂(meiosis)兩種類型, 兩者對於生物體的意義不同, 有絲分裂主要的功能在於細胞增殖, 而減數分裂的功能則在於形成生殖細胞(Campbell et al., 2008); 然而, 目前國內國中自然與生活科技課程之教科書將有絲分裂直接稱為細胞分裂, 而減數分裂則為另一種細胞分裂的類型)。在「染色體與其重要性」主題之教學內容, 主要包含染色體位於細胞核內, 含有遺傳物質可以控制生物體性狀的表現, 細胞核內的染色體數隨物種而異, 以及同源染色體的概念; 在「細胞分裂的意義與過程」及「減數分裂的意義與過程」教學內容中, 主要在讓學生瞭解細胞進行細胞分裂或減數分裂的時機及其分裂過程的差異。

本研究所設計之數位教材, 主要依據 Brown(1995)與 Oztap 等(2003)的建議, 藉由適當之 2D 與 3D 圖片的呈現來協助學生建立染色體模型, 並在教學中透過各種教學設計來強調細胞分裂過程之動態本質, 以協助學生學習細胞分裂的主題, 因此, 本研究主要採用影像、圖片和 Flash 動畫製作數位教材。IWB 組與 T 組之數位教材所包含的概念均相同, 進行教學的教師亦相同, 其主要的差異在於, 對於 IWB 組而言, 這些數位教材將轉換為可在 SmartBoard™ 之 NoteBook™ 軟體中操作的模式進行教學, 讓學生與教師間可以透過 IWB 的面板來進行互動, 進而讓學生獲得學習; 對於 T 組而言, 這些數位教材則採用 Microsoft PowerPoint 搭配傳統單槍投影機與屏幕的方式進行教學, 師生間的互動則局限於口語上的互動。IWB 組與 T 組之教學方法在「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」及「減數分裂的意義與過程」三個教學次主題之差異情形, 如表

3-3-1 所示，IWB 教材之教案請參見附錄一：

表 3-3-1 細胞分裂主題之數位教學設計原則與兩組教學方法之比較表

| 教學次主題 | 細胞分裂之數位教學設計原則 | IWB 組 | T 組 |
|----------|---|--|--|
| 染色體與其重要性 | <ul style="list-style-type: none"> ● 次微觀結構的具象化：具體呈現基本結構—細胞、細胞核、染色體和基因以及這些基本結構之間的關係。 ● 微觀到次微觀的教學順序：教學序列應先呈現遺傳學之基本結構與關係，再進行兩種細胞分裂的教學。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 教師將各種圖片與動畫整合在 IWB 上呈現，來協助學生建立遺傳學之基本結構與結構間的關係，以及染色體的模型。IWB 可以流暢地整合多種媒體在同一個介面上，並以多模態方式呈現，讓學生可以以不同表徵方式來學習某概念。 ● 透過教師設計的問答活動，讓學生透過合作並操作 IWB 上的數位教材，來進行回答，以增進學生對於遺傳學之基本構造的瞭解與學習動機。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 教師以 Microsoft PowerPoint 呈現有關遺傳學之基本結構的圖片，協助學生建立起遺傳學之基本結構與結構間的關係，以及染色體的模型。由於 Microsoft PowerPoint 缺乏整合 Flash 動畫呈現的功能，因此 Flash 動畫均須離開 Microsoft PowerPoint 介面另外執行。 ● 學生一樣透過與教師的問答活動來進行學習，但是，學生無法操作 IWB，答案的呈現則是待學生回答完問題後，由教師操作 Microsoft PowerPoint 內建之「自訂動畫功能」(例如：飛入、菱形擴展等)來進行線性播放。 |

[續下頁]

[續上頁]

- 教學過程中，教師讓學生主動操作 IWB 數位教材上之 Flash 動畫，來增加其對於染色體相關概念的理解，並增進其學習動機(如圖 3-3-2)。
- 教師與學生的互動僅限於口語上的互動，所有軟體操作均由教師執行，Flash 動畫亦由教師操作並發問，待學生回答後，教師再展示 Flash 動畫來呈現答案。

細胞分裂的意義與過程

- **動態本質的視覺化：**具體呈現兩種細胞分裂的動態本質。
- **微觀到次微觀的教學順序：**教學序列應先呈現遺傳學之基本結構與關係，再進行兩種細胞分裂的教學。
- 在 IWB 面板上，將數位教材的畫面分成兩個部分，以方便同時呈現畫面資訊，並透過遮屏效果，將畫面分段呈現。此外，透過問答活動來引導學生思考並合作完成細胞分裂過程的各步驟。
- 教師設計活動讓學生合作操作 IWB 上的數位教材來回答，並完成整個細胞分裂的過程，同時參考細胞分裂的圖示，在 IWB 之數位教材上，繪製染色體數量與套數的變化情形，以增進學生對於細胞分裂過程的理解與學習動機(如圖 3-3-3)。
- 採用師生間的問答活動，以 Microsoft PowerPoint 內建之「自訂動畫功能」(例如：飛入、菱形擴展等)，採線性播放來進行教學。
- 教師與學生的互動僅限於口語上的互動，所有的軟體操作均由教師進行。

[續下頁]

減數分裂的意義與過程

- **動態本質的視覺化：**具體呈現兩種細胞分裂的動態本質。
- 減數分裂的教學方法同於前述之細胞分裂的教學方法。
- 採用師生間的問答活動，以 Microsoft PowerPoint 內建之「自訂動畫功能」(例如：飛入、菱形擴展等)，線性播放來進行教學。
- **差異性的比較：**區分兩種細胞分裂的差異。
- 應用 IWB 跨頁比較的功能，以及可以對 IWB 面板上呈現之數位教材進行註記的功能，讓學生清楚知道兩種細胞分裂的差異。
- 教師與學生的互動僅限於口語上的互動，所有的軟體操作均由教師進行。
- **微觀到次微觀的教學順序：**教學序列應先呈現遺傳學之基本結構與關係，再進行兩種細胞分裂的教學。
- 藉由讓學生合作操作 IWB 的活動，使其能書寫資訊在 IWB 上的數位教材，來對於細胞分裂與減數分裂進行比較，促使學生更清楚地瞭解兩種分裂的關係。

資料來源：楊凱悌等(2011b)

基於表 3-3-1，有關 IWB 組與 T 組在各次主題之教學活動設計的差異情形，舉例說明如下：在「染色體與其重要性」次主題中，數位教材以 Flash 動畫來介紹染色體位於細胞核內，由 DNA 和蛋白質所組成，且細胞核中的染色體數目隨物種而異(數位教材之擷取畫面如圖 3-3-2 所示)，而 IWB 組的教學方式為，教師讓學生自己操作 IWB 上的數位教材，並對於 Flash 動畫中所列出之生物(如圖

3-3-2 下方)，選擇他們感興趣之物種進行點選，進而發現不同物種所含的染色體數不同；而 T 組的教學方式為，教師直接操作與展示 Flash 動畫，介紹染色體的位置及其內容物後，透過問答活動，讓學生回答各物種的染色體數，接著，教師再展示 Flash 動畫以呈現答案，讓學生知道物種染色體數的差異。



圖 3-3-2 染色體位置、成分以及染色體隨物種而異之數位教材擷取畫面
(引自楊凱悌等，2011b)

另外，在「細胞分裂的意義與過程」及「減數分裂的意義與過程」次主題方面，教師採用類似的設計方式來進行教學。以「細胞分裂的意義與過程」為例，IWB 組的教學方式為，一開始先將 IWB 之畫面分成兩部分，畫面左邊呈現細胞分裂的意義—由一個細胞分裂成兩個相同的細胞，右邊則呈現細胞分裂的流程圖，但是不提供細胞核內染色體的變化情況，而是透過教師與學生之間的問答，將染色體的變化情形逐步填入，並讓學生將各步驟的專有名詞移動到正確的流程步驟上。除此之外，為加深學生對於「細胞分裂過程」的印象，教師採用挑戰計時的策略，讓學生以合作的方式，將細胞分裂的過程排列出來(如圖 3-3-3)，並將分裂過程中的每個步驟拖曳到相對的圖片下面；接著，再讓學生觀察細胞分裂過程中染色體、DNA 含量的變化，並利用 IWB 所附的色筆將之繪於圖 3-3-3 左下方，並寫出這是細胞分裂的過程。T 組的教學方式為，教師將圖 3-3-3 的畫面以問答方式讓學生回答，並透過 PPT 內建之自訂動畫的功能，將細胞分裂的過程、

細胞分裂過程中染色體與 DNA 含量之變化等逐步展示出來。

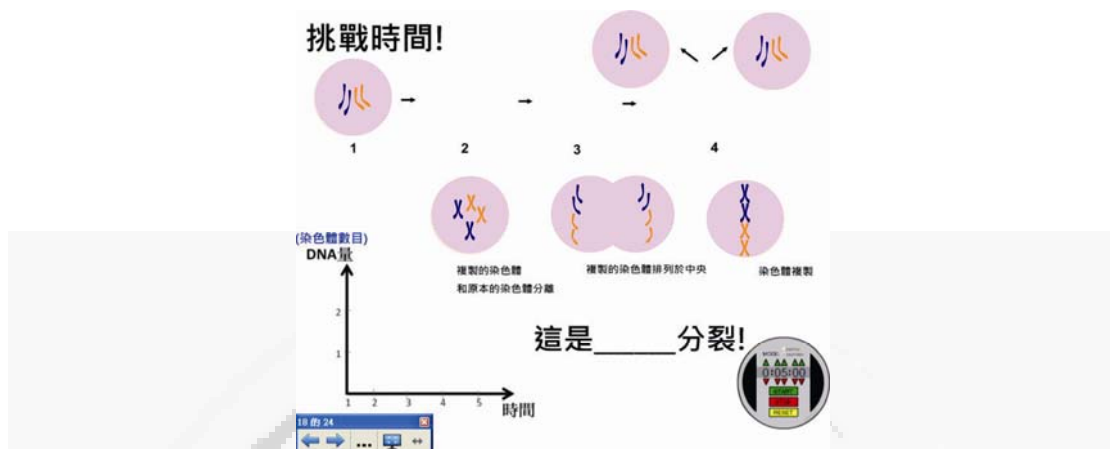


圖 3-3-3 細胞分裂之數位教材擷取畫面(引自楊凱悌等，2011b)

三、量化資料蒐集工具

(一) 細胞分裂主題之總結性評量

該總結性評量依據整個細胞分裂主題之數位教材的內容作整體性的命題，用以評量學生在不同資訊融入教學環境下之學習效益與概念學習的情形。該總結性評量的命題內容涵蓋「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」等三個主題共 13 個概念(如表 3-3-2)，該總結性評量共 25 題，內容效度採用雙向細目表(如表 3-3-3)來確認題目分布的合理性，命題完畢後再請評量與課程內容專家以及資深國中教師共 3 人修正後完，並針對 121 位已學習過細胞分裂主題之學生施測，獲得 KR20 信度為 0.790，難度為 0.507，題目之鑑別度均大於 0.300。細胞分裂主題之總結性評量請參見附錄二。

表 3-3-2 總結性評量命題所涵蓋之概念

| 主題 | 概念 |
|------------|---|
| 染色體與其重要性 | <ul style="list-style-type: none"> ● 染色體位於細胞核內，含有遺傳物質—基因，控制生物體遺傳性狀表現。 ● 細胞核內的染色質絲只有在進行細胞分裂時，才濃縮成染色體。 ● 成對的染色體稱為雙套(簡稱 2n)，單條不成對的染色體稱為單套(簡稱 n)，體細胞為雙套，生殖細胞為單套染色體。 ● 染色體數目隨物種而有所不同，人類體細胞的染色體有 23 對。 ● 染色體中，大小形狀相似的染色體稱為同源染色體。 ● DNA 指紋能鑑定身分。 |
| 細胞分裂的意義與過程 | <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞可以藉由細胞分裂來產生新細胞，以修補衰老或耗損的細胞或進行無性生殖。 ● 細胞分裂的過程：染色體複製→染色體排列於細胞中央→複製的染色體和原先的染色體分離→細胞質分離。 ● 細胞分裂後會產生兩個與母細胞相同的子細胞。 |
| 減數分裂的意義與過程 | <ul style="list-style-type: none"> ● 細胞可以藉由減數分裂產生配子，進行有性生殖。 ● 減數分裂的過程：染色體複製→同源染色體分離→形成兩個各含一套染色體的細胞→複製的染色體和原先的染色體分離→細胞質分離。 ● 減數分裂後會產生四個具有單套染色體的子細胞。 ● 減數分裂可以讓精卵結合時恢復為二倍體。 |

表 3-3-3 總結性評量之雙向細目分析表

| 教學概念/布倫分類 | 知識 | 理解 |
|------------|----|----|
| 染色體與其重要性 | 3 | 4 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 2 | 4 |
| 減數分裂的意義與過程 | 1 | 11 |

(二) 細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)

TDTCD 問卷主要用以瞭解學生的迷思概念情形。該問卷之前測、後測成績，將作為學生接受細胞分裂主題之數位教材的教學活動後，學生在細胞分裂主題之概念改變的依據，本研究也將採用 TDTCD 問卷深入瞭解學生迷思概念改變之情形。TDTCD 問卷主要依據文獻發現之學生對於細胞分裂主題的迷思概念(請參見表 2-3-2)，並參考 Lewis 等(2000a)所發展之遺傳學問卷，由研究者進行改編與發展，再經由評量與課程內容專家以及資深國中教師 3 人審核修正後具有專家效度，並針對 61 位已學習過細胞分裂主題之學生施測，其信度採再測信度為 0.769，TDTCD 總共 15 題，該問卷之計分方式為第一階與第二階選項均答對才獲得 1 分，總分為 15 分，該問卷內容請參見附錄三。

(三) 建構式多媒體學習環境問卷(Constructivist Multimedia Learning Environment Survey, CMLES)(Maro & Fraser, 2005)

Maro 與 Fraser(2005)有鑑於學習多媒體之日益蓬勃發展，並廣泛以建構式取向的學習策略融入到課室環境，來輔助學生之學習，因而發展 CMLES 問卷來瞭解此一獨特學習環境對於教師與學生的感受，以及學生對於教師營造之多媒體學習環境的感受情形，分數越高代表學生感受越正向，並偏向於認為該環境較符合建構式教學環境。該問卷主要用來分別評量，教師使用多媒體課程搭配建構取向之教學時，教師和學生對於該學習環境的感受，包含「使用多媒體學習的過程(The Process of Learning with the Multimedia Progress)」和「多媒體軟體(The Multimedia

Program)」兩大部分，共具六個分量表；其中「使用多媒體學習的過程」部分，主要用來評量學生對於以多媒體進行學習之過程的感受，包含「學習溝通 (Learning to Communicate)」、「學習探究(Learning to Investigate)」與「學習思考 (Learning to Think)」三個分量表；「多媒體軟體」的部分，則主要用來評量學生對於互動式多媒體的反應，包含「相關性(Relevance)」、「易用性(Ease to Use)」以及「挑戰性(Challenge)」三個分量表。由於該問卷相較於以遠距、網路學習環境為主所開發之「遠距與開放式學習環境量表(Distance and Open Learning Environment Scale, DOLES)」(Jegade, Fraser, & Fisher, 1995)、「建構式線上學習環境量表(Constructive On-line Learning Environment Survey, COLES)」(Taylor & Maor, 2000)、「網路化學習環境量表(Web-Based Learning Environment Instrument, WBLEI)」(Chang & Fisher, 2001)與「遠距教育學習環境量表(Distance Education Learning Environment Survey, DELES)」(Walker & Fraser, 2005)等學習環境問卷，更適合本研究之研究情境，因此，本研究採用 CMLES 問卷來蒐集 T 組與 IWB 組學生對於學習環境之感受。CMLES 之六個分量表的相關描述如下所列：

1. 學習溝通：學生有機會討論他們問題和解決方案的程度。
2. 學習探究：學生被鼓勵參與探究學習的程度。
3. 學習思考：學生有機會反省其學習和思考的程度。
4. 關聯性：課程中的訊息是真實的且能反應日常生活情況的程度。
5. 易用性：課程是複雜的並能以各種方式呈現資料的程度。
6. 挑戰性：課程能挑戰且刺激學生思考的程度。

該量表為 Likert 5 點量表、共 30 題，以學生在課堂中的學習情形來計分，「總是如此」為 5 分，「從未發生」為 1 分，「常常發生」、「有時發生」和「很少發生」分別為 4、3、2 分。英文版之 CMLES 經由具有英語翻譯相關碩士學位者進行翻

譯後，再經由具有教學科技專長之專家審查，並經國中一年級學生男、女生共兩位閱讀後，以確定題項之文字敘述適當。中文版之 CMLES 問卷針對國中一年級學生 123 人進行施測後，獲得 Cronbach α 值為 0.950，各分量表之信度分別為「學習溝通」：0.825、「學習探究」：0.885、「學習思考」：0.900、「相關性」：0.895、「易用性」：0.865 與「挑戰性」：0.884，由此可見該中文版 CMLES 問卷具有良好之信度，量表內容請參見附錄四。

(四) Kolb 學習風格量表

該學習風格量表主要的目的在瞭解學生的學習風格，本研究所採用學習風格量表為 Kolb 在 1985 年出版的 LSI-2，量表內容請參見附錄五；該量表包含四個基本構面，分別為具體經驗(concrete experience, CE)、省思觀察(reflective observation, RO)、抽象概念(abstract conception, AC)與主動實驗(active experience, AE)，這四個構面之內部一致性信度為 CE=0.82、RO=0.73、AC=0.83、AE=0.78，均大於 0.700，具有良好之內部一致性信度(Smith & Kolb,1986)。Kolb 學習風格量表共 12 題，受試者將各題項最符合自己學習情況的題項以 4 來表示，第二符合自己學習情況的題項以 3 表示，第三符合自己學習情況的題項以 2 表示，最不符合自己學習情況的題項以 1 表示。

例如：當我學習時，

_____A.我喜歡加入自己的感受。(具體經驗)

_____B.我喜歡觀察與聆聽。(省思觀察)

_____C.我喜歡針對觀念進行思考。(抽象概念)

_____D.我喜歡實際動手操作。(主動實驗)

量表之計分方式是將每位作答者所有作答題目之 A、B、C、D 四個選項的分數全部加總，即得到每位作答者經驗攫取偏好的得分—CE 分數(所有題目之 A 題項

的填答分數加總)與 AC 分數(所有題目之 C 題項的填答分數加總),以及經驗轉換偏好的得分—RO 分數(所有題目之 B 題項的填答分數加總)與 AE 分數(所有題目之 D 題項的填答分數加總),AC 的總分減去 CE 的總分,獲得經驗攫取偏好的分數;AE 總分減去 RO 的總分,得到經驗轉換偏好的分數,再以經驗攫取偏好與經驗轉換偏好兩個維度,將受試者區分為發散者、調適者、同化者、聚斂者,其中,經驗攫取偏好為「具體經驗」者有發散者與調適者,經驗攫取偏好為「抽象概念」者有聚斂者與同化者,經驗轉換偏好為「省思觀察」者有發散者與同化者,經驗轉換偏好為「主動實驗」者有調適者與聚斂者(請參見圖 2-4-2)。

四、質化資料蒐集工具

本研究採用之質化資料蒐集工具主要有師生互動口語編碼記錄表與學生課程參與度記錄表,分別用來記錄不同資訊融入教學模式下之師生口語互動情形,以及不同認知風格學生之課程參與情形,以作為日後進行質性資料分析之用。

(一) 師生口語互動編碼記錄表

師生口語互動編碼記錄表(如表 3-3-4),主要是用來記錄傳統資訊融入教學與 IWB 融入教學環境下之師生間的口語互動情形,該表會記錄課室錄影的日期、班級所屬的研究組別(IWB 組或 T 組),以及該堂課是第幾節課。除此之外,亦會記錄教學章節、編碼的時間與編碼的類型,由於本研究欲探究不同資訊融入教學環境下之師生口語互動情形,並採用 Flanders(1970)所發展之師生口語互動分析系統—FIAC 系統來進行編碼,為能符合研究場域與上課的實際情形,本研究設定之編碼單位為「可觀察之完整口語互動行為」為一個單位。

表 3-3-4 師生口語互動編碼記錄表

| 錄影日期_____ | | 組別_____ | | 節數_____ | |
|-----------|----|---------|----|---------|--|
| 教學章節 | 時間 | 編碼 | 附註 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(二) 學生課程參與度記錄表

學生課程參與度記錄表(如表 3-3-5)，主要是用來記錄不同學習風格學生於傳統資訊融入教學與 IWB 融入教學環境下之課程參與情形，該表會記錄課室錄影的日期、班級所屬的研究組別(IWB 組或 T 組)，以及該堂課是第幾節課。除此之外，亦會記錄教學章節、編碼的時間、學生與編碼的類型，由於本研究另欲探究不同學習風格學生於不同資訊融入教學環境下之課程參與情形，而針對目標學生每 6 秒中進行一次觀察並記錄，以進一步瞭解不同認知風格學生在不同資訊融入教學環境下的上課情形。

表 3-3-5 學生課程參與度記錄表

| 錄影日期_____ | | 組別_____ | | 節數_____ | | | | | | | | | |
|-----------|----|---------|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 教學 | 時間 | 學生 | 編碼 | 附註 | 學生 | 編碼 | 附註 | 學生 | 編碼 | 附註 | 學生 | 編碼 | 附註 |
| 章節 | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

第四節 研究流程

本研究為了從學習風格的角度來探討 IWB 融入國中自然與生活科技課程細胞分裂主題之教學，對於國中一年級學生學習效益的影響，採用準實驗研究設計，將參與研究的學生分為實驗組與對照組，實驗組實施 IWB 融入教學(IWB 組)，對照組則實施傳統資訊融入教學(T 組)，兩組採用之數位教材所包含的概念均相同，進行教學的教師亦相同，其主要差異在於資訊融入教學的方式。IWB 組採用 IWB 融入教學，並讓學生可以直接與 IWB 以及數位教材接觸並進行互動；T 組則主要採用 Microsoft PowerPoint 為主，由教師藉由單槍投影機與布幕進行一般資訊融入教學，教師僅呈現與展示數位教材之內容，並由教師操作 Flash 動畫進行展示與說明，學生沒有機會與數位教材直接接觸互動。

在研究流程方面，進行教學實驗前，先對學生實施「細胞分裂之總結性評量前測」、「TDTCD 前測」以及「Kolb 學習風格量表」，分別瞭解學生之學習起點行為以及學習風格；然後，針對兩組學生分別進行為期一週共五節課的資訊融入教學；教學過程中，固定於教室前、後面各架設一臺錄影機，教室前面所架設之攝影機，攝影範圍涵蓋所有學生，教室後面所架設之攝影機，攝影範圍涵蓋教室全貌，並以教師之教學為攝影焦點。課程結束後，再對兩組學生實施「細胞分裂之總結性評量後測」、「TDTCD 後測」以及「CMLES 問卷」，以瞭解其學習效益與對於學習環境之感受。研究流程如下圖：

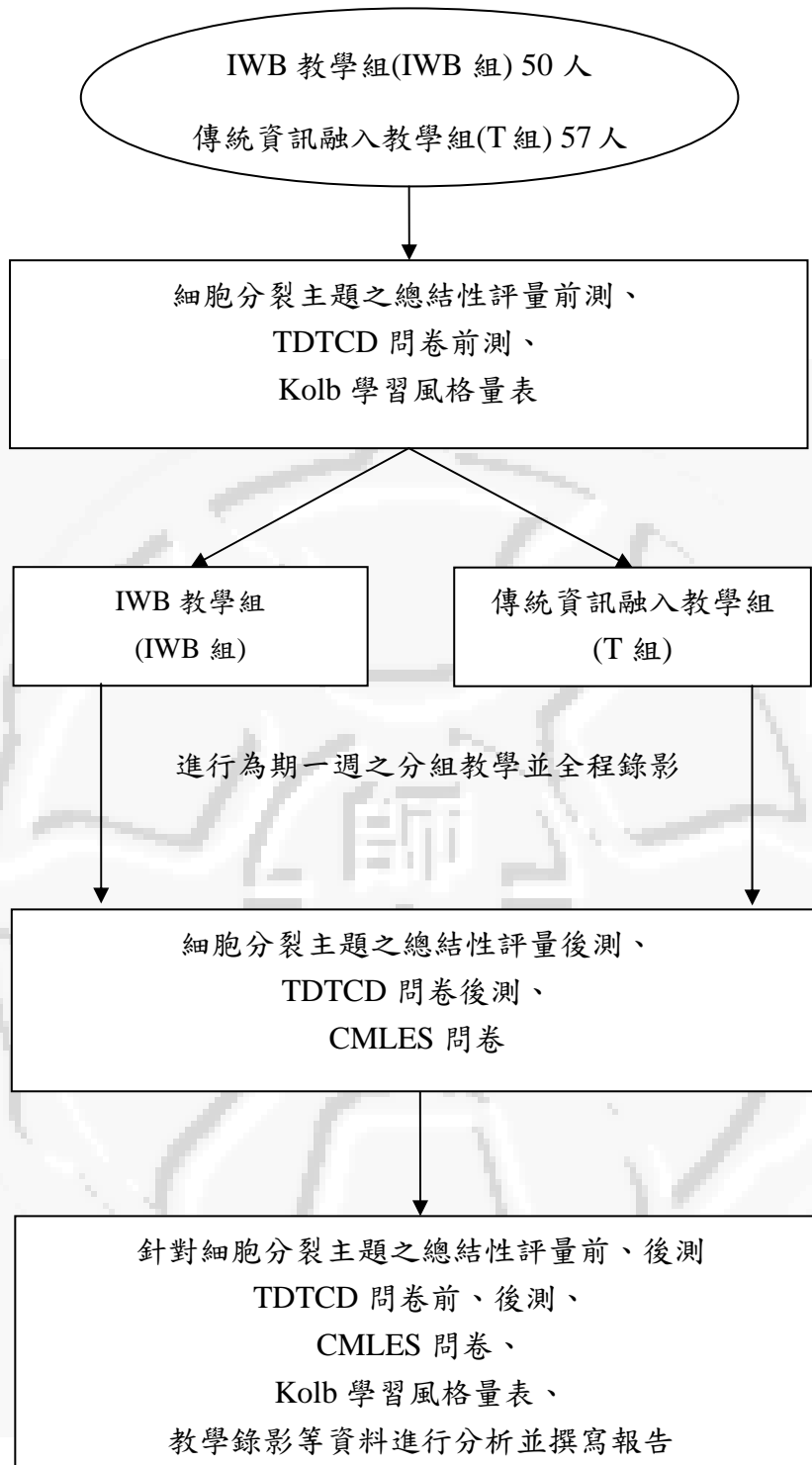


圖 3-4-1 研究流程圖

第五節 資料蒐集與分析

一、量化資料之蒐集與分析

本研究所蒐集到的資料包含量化與質性資料，量化資料來源主要有「Kolb 學習風格量表」、「總結性評量」、「TDTCD 問卷」以及「CMLES 問卷」，「Kolb 學習風格量表」主要在瞭解學生的學習風格，而後三者的主要用途分別在瞭解學習者於不同資訊融入教學模式下的學習效益，包含認知面向與情意面向，「細胞分裂主題之總結性評量」與「TDTCD 問卷」均在教學前與教學後施測，而「CMLES 問卷」則僅在教學後實施。資料分析方法如下：

(一) 細胞分裂主題之總結性評量

該總結性評量主要用以評量學生在不同資訊融入教學環境下之學習效益的情形。本研究定義「總結性評量前測」為學生對於細胞分裂主題知識的學習起點行為，「總結性評量後測」為學生於本研究進行細胞分裂教學後之認知面向的學習效益。該總結性評量量化資料分析採用 SPSS PC12.0 中文版進行共變數分析(ANCOVA)，分析過程中以總結性評量前測成績為共變項，資訊融入教學模式為固定因子(fixed factor)，總結性評量後測成績為依變項，以探討學生於不同資訊融入教學模式的效益情形。為進一步瞭解不同資訊融入教學之效益的效果量，本研究在 ANCOVA 分析之後，再採用 Cohens' *d* 效果量(effect size)(Cohen, 1988) 進行兩種分析，其一是針對兩種資訊融入教學之學生的後測成績進行效果量分析，以比較 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之學習成果(learning outcome)的差異，另一則針對兩種資訊融入教學之學生的前、後測成績進行效果量分析，以瞭解這兩種資訊融入教學學生之學習效益(learning effectiveness)的差異情形。效果量之估算方式如下：

$$\text{Cohen's } d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}}}$$

M_1 、 M_2 ：兩種成績的平均值

σ_1 、 σ_2 ：兩種成績的標準差

除此之外，為深入探討不同資訊融入教學模式對於不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生之學習效益的影響，本研究先針對 IWB 組學生進行分析，將學生依據 Kolb 學習風格量表得分，按經驗攫取偏好得分分為具體經驗(CE)與抽象概念(AC)兩大類，再按經驗轉換偏好得分分為省思觀察(RO)與主動實驗(AE)兩大類型，然後採用共變數分析(ANCOVA)，分析過程以 IWB 組學生之總結性評量前測成績為共變項，再分別以學生經驗攫取偏好與經驗轉換偏好類型為固定因子，總結性評量後測成績為依變項，以瞭解不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好類型學生在 IWB 組中的學習效益情形。接著，再針對傳統資訊教學組學生進行上述之分析。另外，本研究為深入瞭解不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生於不同資訊融入教學環境之學習效益的效果量，在 ANCOVA 分析之後，再針對不同資訊融入教學環境下之不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生的前、後測成績進行 Cohen's d 效果量分析，以瞭解不同學習風格學生於不同資訊融入教學環境下之學習改善的差異情形。

(二) TDTCD 問卷

TDTCD 問卷主要用以瞭解學生的迷思概念情形，該問卷之前測、後測成績，將作為學生接受細胞分裂主題之數位教材的教學活動後，學生在細胞分裂主題之概念改變的依據。本研究定義「TDTCD 問卷前測」為學生對於細胞分裂主題知識的學習起點行為，「TDTCD 問卷後測」為學生於本研究進行細胞分裂教學後之認知面向的學習效益。TDTCD 問卷之 量化資料分析採用 SPSS PC12.0 中文版進

行共變數分析，分析過程中以 TDTCD 問卷前測成績為共變項，資訊融入教學模式為固定因子，TDTCD 問卷後測成績為依變項，以探討學生於不同資訊融入教學模式的效益情形。除此之外，為深入探討不同資訊融入教學模式對於不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好類型學生之學習效益的影響，本研究先針對 IWB 組學生進行分析，將學生依據 Kolb 學習風格量表得分，按經驗攫取偏好得分分為 CE 與 AC 兩大類，再按經驗轉換面向分為 RO 與 AE 兩大類型，然後採用共變數分析，分析過程以 IWB 組學生之 TDTCD 問卷前測成績為共變項，再分別以學生經驗攫取偏好和經驗轉換偏好類型為固定因子，TDTCD 後測成績為依變項，以瞭解不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好類型學生在 IWB 組中的學習效益情形。接著，再針對傳統資訊教學組學生進行上述之分析。

(三) CMLES 問卷

CMLES 問卷主要是用來評量學生對於傳統資訊融入教學環境與 IWB 融入課室教學環境之感受，CMLES 問卷得分越高代表學生對於該學習環境感受越正向，且該學習環境越符合建構式教學。CMLES 問卷量化資料分析除進行內部一致性分析，並統計每一個題項之平均分數外，亦採用 SPSS PC12.0 中文版進行獨立樣本 t 檢定，以探討不同資訊融入教學模式下，學生對於學習環境之感受是否具有顯著差異。另外，亦進一步分別針對 CMLES 問卷之六個子調查表的填答分數進行獨立樣本 t 檢定，以深入瞭解不同資訊融入教學模式之學生，對於學習環境各向度之感受是否具有顯著差異。除此之外，為深入探討不同資訊融入教學模式對於不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生之學習感受的影響，本研究針對不同資訊融入教學環境之經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生的 CMLES 問卷作答結果進行獨立樣本 t 檢定，以瞭解不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好學生在不同資訊融入教學環境下之學習感受的差異情形。

二、質性資料之蒐集與分析

本研究採用 Flanders(1970)所發展之 FIAC(Flanders Interaction Analysis Categories)系統來進行師生互動之分析，故將依據該方法來進行資料之蒐集與分析。本研究所蒐集之質性資料主要為攝影資料，為深入瞭解不同資訊融入教學模式下之師生互動情形，研究者於本研究之教學過程中進行全程錄影，教學攝影為期一週五節課(一節約 50 分鐘)，一班蒐集 5 節細胞分裂主題教學之錄影資料。質性資料之蒐集與分析程序，說明如下：

(一) 標準化教學錄影之流程

每一堂課之教室前面與後面各架設一臺攝影機，架設於教室前面之攝影機主要在捕捉所有學生的上課情形，攝影範圍涵蓋全班學生，而架設於教室後面之攝影機主要以教師之教學為攝影焦點，故其攝影範圍涵蓋教師教學與教材全貌；兩支攝影機同時攝影之目的主要作為後續師生互動資料分析之交叉比對所用。

(二) 教學錄影資料之編碼與分析

本研究將採用表 3-5-1 與表 3-5-2 對教學錄影資料進行編碼，並採用卡方檢定來進行課室觀察資料的口語互動分析，課程參與情形則採用百分比分析，說明如下：

1. 口語互動分析：

本研究參考 Flanders(1970)所發展之師生口語互動分析系統—FIAC 系統(如表 3-5-1)，將課室師生互動行為進行編碼，FIAC 系統按十種口語分類行為出現的頻率將教師口語行為對於學生之影響分為兩類，區隔界線為第 4 種口語互動行為，第 1、2、3 種口語互動行為，屬於較為開放性的行為，較能引發學生主動表達自己的想法，而教師對於學生之影響屬於間接影響，而第 5、6、7 種的口語

互動行為屬於較為具結構性之行為，較會限制學生表達自己的想法，故學生較被動，多是教師問問題才回答或表達想法，而教師對於學生之影響屬於直接影響，第 10 種口語互動行為的分類為靜默或困惑，即當時教室的情形可能無法判讀，FIAC 編碼系統如下：

表 3-5-1 FIAC 系統的口語互動類型

| 教師與學生的行為 | |
|--|--|
| 教師話語 (indirect influence) 間接影響 | 1. 接納學生的情感 (accepts feeling)：教師以一種不具威脅性的方式接受並釐清學生的感受狀態，學生的感受也許是正向，也許是負向的；包含預測或回想(recall)學生的感受。 |
| | 2. 稱讚或鼓勵 (praises or encourages)：稱讚或鼓勵學生的動作或行為；包含舒緩緊張但不損及他人的笑話、點頭或說「嗯(um hm)?」或「繼續(go on)」。 |
| | 3. 接受或使用學生的想法 (accepts or uses ideas)：教師釐清、擴大或發展學生所提出的想法；包含教師延伸學生的意見或想法，但是當教師呈現較多自己的意見或想法時，就屬於第 5 類。 |
| | 4. 問問題 (asks questions)：詢問學生有關教學內容或步驟的問題，並期待學生回答。 |
| | 5. 演講 (lectures)：教師就教學內容或步驟提供事實或見解，表達教師的想法、問反詰句(rhetorical question)。 |
| | 6. 指示 (gives directions)：給予期待學生順從之指示、命令或指令。 |
| | 7. 批評學生或維護權威 (criticizes or justifies authority)：做出評論企圖改變學生不被接受之行為模式為可接受之行為型式、責備某人、說明教師為什麼採取目前的行為、極端自我參照(self-reference)。 |
| 學生話語 | 8. 學生話語—回應 (student talk—response)：學生說話是為了回應教師。教師促動師生的接觸或誘導學生說話。 |
| | 9. 學生話語—自發 (student talk—initiation)：由學生主動開啟對話，假如是教師指定學生回答，觀察者必須決定學生是否想要說話，假如是，則採用該類別。 |
| 靜默 | 10. 靜默或困惑 (silence or confusion)：暫停、短暫的沉默或是觀察者感到困惑無法瞭解師生溝通的時候。 |

資料來源：Flanders (1970)

本研究分別針對上述 10 種口語互動行為在課室教學中的「出現頻率」與「累積時間」進行分析，本研究針對教學錄影資料，依據表 3-3-6 進行編碼，只要觀察到符合之口語互動行為就記錄一次，並同時記錄該口語互動行為的起始時間，而新的口語互動行為出現時，即記錄前種口語互動行為之結束時間與新口語互動行為之起始時間，藉由上述記錄方式，則可以知道不同口語互動行為產生之次數與累積之時間，最後再將所有互動行為產生之頻率與累積時間之百分比進行卡方檢定，以瞭解不同資訊融入教學環境下師生口語互動行為之差異。由於本研究為能確實記錄每一個師生口語互動的行為，以一個可觀察之完整口語互動行為為一個編碼單位，編碼範例如下：

師：...所以這裡肯定有出問題，男生跟女生一定大不同。[編碼:8:00-5]

師：如果這裡改成卵母細胞，最後出來會有幾個？[編碼:8:21-4]

生：一個。[編碼:8:28-8]

師：一個，好，那我現在就給它弄不見，這邊沒有，這邊沒有，這邊沒有，最後留下一個(教師讓減數分裂的畫面最後產生四個子細胞的圖刪除到只剩下一個子細胞)，那這樣的話，前面這些也沒有(教師逐一把刪除之子細胞前面的所有細胞劃掉)。[編碼:8:31-3]

師：那你幫老師想一個問題，精子跟卵子誰大誰小？[編碼:8:56-4]

生：卵。[編碼:8:58-8]

上述範例之編碼說明為，[編碼:8:00-5]中之 8:00-5 代表 8 分 0 秒之師生互動行為的編碼為 5—講述。

2.課程參與情形分析：

本研究為深入瞭解不同學習風格學生在不同資訊融入教學模式下之學習情形，首先，從 IWB 組與 T 組中隨機各挑選出 4 位不同學習風格之個案學生，再依據表 3-5-2 之編碼系統，將不同學習風格之個案學生在每堂課中的上課情形進行編碼，編碼方式為每一節課每一位個案學生均以 6 秒為單位，只要觀察到個案學生出現符合表 3-5-2 之上課行為即記錄一次，因此，記錄方式是每 6 秒記錄一次，本研究針對錄影資料將 8 位個案學生之上課行為依序逐一記錄下來，並針對每一種上課行為之「出現頻率」與「累積時間」進行百分比分析。

表 3-5-2 學生在不同資訊融入教學環境下之課程參與的行為類型

| 課程參與度 | 學生行為 |
|-------|----------------------------------|
| 有參與 | A1. 離開座位操作 IWB |
| | A2. 在原座位回應教師(和教學內容有關) |
| | A3. 看教師或黑板/IWB 並同時和同學交談(和教學內容有關) |
| | A4. 看教師或看黑板/IWB |
| | A5. 寫筆記 |
| 無參與 | B1. 左右張望(沒有講話) |
| | B2. 和同學聊天 |
| | B3. 做自己的事 |

第肆章 研究結果

本章共分為「不同資訊融入教學模式之學生的起點行為」、「IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益」、「IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於不同學習風格國中學生之輔助學習的效益」以及「不同資訊融入教學模式下之師生互動分析」以及「總結與討論」五節。首先，敘明不同資訊融入教學模式之學生的起點行為，再分別從學生的學習成效、學生對於學習環境之感受以及課室師生互動三個面向，來探究互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)融入國中一年級細胞分裂主題之教學對於學生學習之影響；並另從學習風格的角度，來探究不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好之學習者，在該課程中進行學習時之師生互動情形、學習效益及其對於學習環境之感受情形。

第一節 不同資訊融入教學模式之學生的起點行為

在進行IWB融入國中細胞分裂主題教學效益之分析前，首先針對不同資訊融入教學模式分組之學生的起點行為進行分析，因此，本節分別針對細胞分裂主題之總結性評量與細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)的前測成績進行獨立樣本t檢定，以探究兩組學生之起點行為，研究結果分別如表4-1-1與4-1-2：

表4-1-1 細胞分裂主題之總結性評量前測成績之分析(n=107)

| | IWB組(n=50) | | T組(n=57) | | t值 | P值 |
|------|------------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | | |
| 前測成績 | 29.280 | 9.439 | 26.737 | 8.624 | 1.456 | 0.148 |

表 4-1-2 細胞分裂之二階層診斷式測驗前測成績之分析(n=107)

| | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 | P值 |
|------|-------------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | | |
| 前測成績 | 4.100 | 2.082 | 3.965 | 1.762 | 0.363 | 0.717 |

由表 4-1-1 可以發現，兩組學生於細胞分裂主題之總結性評量的前測成績沒有顯著差異 ($t=1.456, p>0.05$)，另從表 4-1-2 發現，兩組學生於 TDTCD 問卷之前測成績亦沒有顯著差異 ($t=0.363, p>0.05$)，由此可知，IWB 融入教學組 (IWB 組) 與傳統資訊融入教學組 (T 組) 在數位學習環境之起點行為無顯著差異。

第二節 IWB融入國中細胞分裂主題教學之效益

本研究定義 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益，包含學生認知方面的改善情形與學生對於學習環境感受之差異情形，分別以細胞分裂主題之總結性評量、TDTCD 問卷，以及建構式多媒體學習環境問卷(Constructivist Multimedia Learning Environment Survey, CMLES)三個研究工具來量測。為瞭解 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益，本節將分析 IWB 融入教學(IWB 組)與傳統資訊融入教學(T 組)學生在不同資訊融入教學模式下進行學習後，其於細胞分裂主題之總結性評量、TDTCD 問卷與 CMLES 問卷上的表現，分別從認知與情意層面來瞭解 IWB 融入中學細胞分裂主題教學之效益情形。

一、學生認知方面的改善情形

(一) 細胞分裂主題之總結性評量的分析

1. 總結性評量之整體性分析

本研究採用共變數分析(ANCOVA)進行細胞分裂之總結性評量資料的分析，分析之前先進行回歸係數同質性檢定，分析結果發現未違反同質性假設($F=3.898, p>0.05$)。接著進行共變數分析，分析過程採用「總結性評量前測成績」為共變量、「總結性評量後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子(fixed factor)，來探究國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下之學習效益情形，分析結果如表 4-2-1 所示。由表 4-2-1 可知，「總結性評量前測成績」對於「總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=5.457, p<0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「總結性評量後測成績」亦具有顯著意義($F=7.766, p<0.01$)，接著進行事後分析(post hoc)，發現 IWB 組學生之學習效益，顯著優於 T 組學生，換言之，學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下的學習效益，顯著優於傳統資訊融入細胞分裂主題之教學環境。

表 4-2-1 學生於不同資訊融入教學模式之總結性評量共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|----------|------------------|----------|
| 前測成績 | 1329.557 | 1 | 1329.557 | 5.457* | |
| 資訊融入教學模式 | 1892.196 | 1 | 1892.196 | 7.766** | IWB>T |
| 誤差 | 25338.103 | 104 | 243.636 | | |
| 校正後總合 | 29080.224 | 106 | | | |

* p<0.05; ** p<0.01

前測成績：細胞分裂之總結性評量前測成績

^a在前測成績為 27.930 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=50.105，T 組=41.592

2. 總結性評量之各子概念題目的作答分析

為深入探討不同資訊融入教學模式下，學生對於細胞分裂主題之「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個概念的學習情形，本研究亦採用共變數分析進行分析，分析過程採用「總結性評量各子概念之前測成績的總分」為共變量、「總結性評量各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究不同資訊融入教學模式學生於各子概念之學習效益的情形。

「染色體與其重要性」概念的分析結果如表 4-2-2，由表 4-2-2 可知「『染色體與其重要性』概念之前測成績」對於「『染色體與其重要性』概念之後測成績」不具有顯著意義(F=0.827, p>0.05)，然而，「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之後測成績」具有顯著意義(F=5.046, p<0.05)，故接著進行事後分析發現 IWB 組學生在「染色體與其重要性」概念上的學習效益，顯著優於 T 組學生，由此可知，IWB 在輔助學生於「染色體與其重要性」概念的學習顯著較傳統資訊融入教學佳。

表 4-2-2 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 26.873 | 1 | 26.873 | 0.827 | |
| 資訊融入教學模式 | 163.940 | 1 | 163.940 | 5.046* | IWB>T |
| 誤差 | 3378.808 | 104 | 32.489 | | |
| 校正後總合 | 3570.243 | 106 | | | |

* p<0.05

前測成績：「染色體與其重要性」概念之總結性評量前測成績

^a在前測成績為9.500的前提下，調整後平均數為 IWB組=16.238，T組=13.757

「細胞分裂的意義與過程」之子概念的共變數分析結果如表 4-2-3，由表 4-2-3 可知「『細胞分裂的意義與過程』概念之前測成績」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之後測成績」不具有顯著意義(F=0.725, p>0.05)，「資訊融入教學模式」因子對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之後測成績」具有顯著意義(F=3.986, p<0.05)，進行事後分析後發現 IWB 組學生在「細胞分裂的意義與過程」概念上的學習效益顯著優於 T 組學生，由此可知，IWB 在輔助學生於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習顯著較傳統資訊融入教學佳。

表 4-2-3 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 22.282 | 1 | 22.282 | 0.725 | |
| 資訊融入教學模式 | 122.497 | 1 | 122.497 | 3.986* | IWB>T |
| 誤差 | 3195.981 | 104 | 30.731 | | |
| 校正後總合 | 3339.963 | 106 | | | |

* p<0.05

前測成績：「細胞分裂的意義與過程」概念之總結性評量前測成績

^a在前測成績為6.360的前提下，調整後平均數為 IWB組=11.124，T組=8.979

「減數分裂的意義與過程」概念的分析結果如表 4-2-4，由表 4-2-4 可知「『減數分裂的意義與過程』概念之前測成績」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之後測成績」不具有顯著意義(F=1.252, p>0.05)，然而，「資訊融入教學模式」因子對於「『減數分裂的意義與過程』概

念之後測成績」具有顯著意義($F=6.770, p<0.05$)，接著進行事後分析，發現IWB組學生在「減數分裂的意義與過程」概念上的學習效益，顯著優於T組學生。由此可知，IWB在輔助學生於「減數分裂的意義與過程」的學習顯著較傳統資訊融入教學佳。

表 4-2-4 不同資訊融入教學模式學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 91.946 | 1 | 91.946 | 1.252 | |
| 資訊融入教學模式 | 497.155 | 1 | 497.155 | 6.770* | IWB>T |
| 誤差 | 7637.643 | 104 | 73.439 | | |
| 校正後總合 | 8367.551 | 106 | | | |

* $p<0.05$

前測成績：「減數分裂的意義與過程」概念之總結性評量前測成績

^a在前測成績為12.070的前提下，調整後平均數為 IWB組=23.041，T組=18.596

除上述之共變數分析外，本研究更進一步針對IWB組與T組學生之後測成績，採用Cohen's d 分析法來進行效果量之分析，分析結果如表4-2-5。從表4-2-5可以知道，學生於IWB融入國中一年級細胞分裂主題教學環境之學習成果較傳統資訊融入教學環境來得佳，其效果量達中高效果量(medium-large effect size) (Cohen's $d=0.595$)，另在各子概念之學習成果的效果量分析，亦可以發現IWB組在各子概念之教學效益均較傳統資訊融入教學來得佳，在「染色體及其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念均達中效果量(medium effect size) (Cohen's $d=0.440$; Cohen's $d=0.387$)，而「減數分裂的意義與過程」則達中高效果量(Cohen's $d=0.570$)。由此可知，IWB組學生相較於T組，其各子概念的學習成果均有中效果量以上之效益，尤以對於學生學習上較為困難之「減數分裂」概念的差異最大。

表4-2-5 不同資訊融入教學模式學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的Cohen's *d* 分析(n=107)

| 概念 | IWB組 | T組 | Cohen's <i>d</i> |
|------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 染色體與其重要性 | 16.240 (5.792) | 13.754 (5.507) | 0.440 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 11.120 (6.055) | 8.982 (4.929) | 0.387 |
| 減數分裂的意義與過程 | 23.280 (9.722) | 18.386 (7.259) | 0.570 |
| 全部 | 50.640 (18.840) | 41.123 (12.510) | 0.595 |

另外，本研究亦採用Cohen's *d*分析法，來探討不同資訊融入教學模式學生在總結性評量各子概念之學習效益的效果量，分析結果如表4-2-6。從表4-2-6可以發現，IWB組學生在經過IWB融入細胞分裂主題教學環境下，其學習效益的效果量較T組高(Cohen's *d*=1.436; Cohen's *d*=1.343)；除此之外，IWB組學生無論在「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個子概念之學習效益均具有高效果量(large effect size)(Cohen's *d*=1.264;Cohen's *d* =0.929;Cohen's *d* =1.251)，T組學生則在「染色體與其重要性」與「減數分裂的意義與過程」二個概念之學習具有高效果量(Cohen's *d*=0.805; Cohen's *d*=1.191)，在「細胞分裂的意義與過程」子概念之學習則為中高效果量(Cohen's *d*=0.554)。

表4-2-6 不同資訊融入教學模式學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的Cohen's *d* 分析(n=107)

| 概念 | IWB組(n=50) | | Cohen's <i>d</i> | T組(n=57) | | Cohen's <i>d</i> |
|------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| | 前測 | 後測 | | 前測 | 後測 | |
| 染色體與其重要性 | 9.520 (4.793) | 16.240 (5.792) | 1.264 | 9.474 (5.117) | 13.754 (5.507) | 0.805 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 6.320 (4.086) | 11.120 (6.055) | 0.929 | 6.386 (4.424) | 8.982 (4.929) | 0.554 |
| 減數分裂的意義與過程 | 13.440 (5.412) | 23.280 (9.722) | 1.251 | 10.877 (5.178) | 18.386 (7.259) | 1.191 |
| 全部 | 29.280 (9.345) | 50.640 (18.840) | 1.436 | 26.737 (8.548) | 41.123 (12.510) | 1.343 |

由表4-2-2~4-2-6可以知道，學生於IWB融入教學環境下，其於「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」概念之學習均顯著較傳統資訊融入教學來得好，且其效果量均達中等以上之效果量，其中，「減數分裂的意義與過程」概念之學習更達中高效果量；而且，IWB組學生在所有概念之學習的效益均達高效果量，而T組則在「細胞分裂的意義與過程」概念之學習，僅達中效果量，由此可知，本研究所設計之IWB數位教材在輔助學生建立染色體模型與細胞分裂及減數分裂上均具有良好的效益，而在輔助「細胞分裂的意義與過程」概念之學習，相較於T組具有更好的效益。

(二) TDTCD問卷之分析

1. 共變數分析

TDTCD問卷主要用於瞭解學生之迷思概念情形，本研究採用TDTCD問卷之前、後測情形進行共變數分析，來瞭解不同資訊融入

教學模式下學生概念改變的情形。在進行共變數分析之前先進行回歸係數同質性檢定，分析結果發現未違反同質性假設($F=1.088$, $p>0.05$)。接著進行共變數分析，分析過程採用「TDTCD問卷前測成績」為共變量、「TDTCD問卷後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下之學習效益情形，分析結果如表4-2-7所示。由表4-2-7可知，「TDTCD問卷之前測成績」對於「TDTCD問卷之後測成績」具有顯著意義($F=12.779$, $p<0.01$)，「資訊融入教學模式」因子對於「TDTCD問卷之後測成績」亦具有顯著意義($F=11.671$, $p<0.01$)，接著進行事後分析，發現IWB組學生之迷思概念改善之情形，顯著優於T組學生，換言之，學生於IWB融入細胞分裂主題之教學環境學習後，其迷思概念的改善效益顯著優於傳統資訊融入教學的學習環境。

表 4-2-7 TDTCD 問卷之共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 123.978 | 1 | 123.978 | 12.779** | |
| 資訊融入教學模式 | 113.232 | 1 | 113.232 | 11.671** | IWB>T |
| 誤差 | 1008.979 | 104 | 9.702 | | |
| 校正後總合 | 1254.897 | 106 | | | |

** $p<0.01$

前測成績：TDTCD問卷之前測成績

^a在前測成績為4.030的前提下，調整後平均數為IWB組=7.239，T組=5.176

另外，為深入探討不同資訊融入教學模式下，學生對於細胞分裂主題之「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念的迷思概念改善效益，亦採用共變數分析進行分析，分析過程採用「TDTCD問卷各子概念之前測成績的總分」為共變量、「TDTCD問卷各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究不同資訊融入教學模式學生於各子概念之迷思概念的改善效益。

「染色體與其重要性」概念的分析結果如表4-2-8，由表4-2-8可知「『染色體與其重要性』概念之TDTCD問卷前測成績」對於「『染色體與其重要性』概念之後測成績」具有顯著意義($F=15.973$, $p<0.01$)，然而，「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之TDTCD問卷後測成績」具有顯著意義($F=8.027$, $p<0.01$)，故接著進行事後分析，發現IWB組學生在「染色體與其重要性」概念上的迷思概念改善效益，顯著優於T組學生，由此可知，IWB在輔助學生於「染色體與其重要性」之迷思概念改善效益顯著較傳統資訊融入教學佳。

表4-2-8 不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 26.572 | 1 | 26.572 | 15.973** | |
| 資訊融入教學模式 | 13.354 | 1 | 13.354 | 8.027** | IWB>T |
| 誤差 | 173.007 | 104 | 1.664 | | |
| 校正後總合 | 214.879 | 106 | | | |

** $p<0.01$

前測成績：「染色體與其重要性」概念之TDTCD問卷前測成績

^a在前測成績為1.190的前提下，調整後平均數為 IWB組=2.574，T組=1.865

「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析結果如表4-2-9，由表4-2-9可知「『細胞分裂的意義與過程』概念之TDTCD問卷前測成績」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之TDTCD問卷後測成績」不具有顯著意義($F=1.094$, $p>0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之問卷後測成績」亦具有顯著意義($F=9.278$, $p<0.01$)。故接著進行事後分析，發現IWB組學生在「細胞分裂的意義與過程」概念上的迷思概念改善效益，顯著優於T組學生，由此可知，IWB在輔助學生於「細胞分裂的意義與過程」的迷思概念

改善效益顯著較傳統資訊融入教學佳。

表 4-2-9 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 2.254 | 1 | 2.254 | 1.094 | |
| 資訊融入教學模式 | 19.118 | 1 | 19.118 | 9.278** | IWB>T |
| 誤差 | 214.307 | 104 | 2.061 | | |
| 校正後總合 | 235.607 | 106 | | | |

** p<0.01

前測成績：「細胞分裂的意義與過程」概念之 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.630 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.601，T 組=1.754

「減數分裂的意義與過程」之概念的 TDTCD 問卷分析結果如表 4-2-10，由表 4-2-10 可知「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義 (F=5.014, p<0.05)，然而，「資訊融入教學模式」因子對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義 (F=5.291, p<0.05)，接著進行事後分析 (Post hoc)，發現 IWB 組學生在「減數分裂的意義與過程」概念上的迷思概念改善效益，顯著優於 T 組學生，由此可知，IWB 在輔助學生於「減數分裂的意義與過程」的迷思概念改善效益顯著較傳統資訊融入教學佳。

表 4-2-10 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=107)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 6.890 | 1 | 6.890 | 5.014* | |
| 資訊融入教學模式 | 7.271 | 1 | 7.271 | 5.291* | IWB>T |
| 誤差 | 142.930 | 104 | 1.374 | | |
| 校正後總合 | 157.477 | 106 | | | |

* p<0.05

前測成績：「減數分裂的意義與過程」概念之 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.210 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.073，T 組=1.550

從表4-2-7~4-2-10可以知道，學生於IWB融入教學環境下，其於「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」概念之迷思概念改善的效益均顯著較傳統資訊融入教學來得好，由此可知，相較於傳統資訊融入教學，本研究所設計之IWB數位教材，在協助國中學生細胞分裂主題之迷思概念的改善上較具有效益。

2.不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷之前、後測作答情形之分析

本研究為深入瞭解不同資訊融入教學模式學生於細胞分裂主題之概念改變情形，針對其於TDTCD問卷之前、後測作答情形進行分析，分析結果如下：

(1)第一部份：「染色體與其重要性」概念之分析

①第一題：DNA、基因與染色體

從表4-2-11兩組學生之前、後測作答情形可以發現，在教學之前，學生多無法區分染色體、DNA與基因的差異，認為題目中圖示之染色體即為基因(IWB組=60.0%、T組=75.4%)，而且兩組均有相當高比例之學生認為一條DNA就是一個基因，而DNA和蛋白質組成了染色體，故圖示中的染色體即為一個基因(IWB組=28.0%、T組=47.4%)。經過教學之後，雖已有68.0%之IWB組學生與40.4%之T組學生能區分圖示中的染色體不是基因，但其中有44.0%之IWB組學生與24.6%之T組學生能明確地區分出基因、DNA與染色體之間的關係，由此可知，本研究設計之IWB數位教材中有關染色體、基因與DNA的內容，在輔助學生改善基因、DNA與染色體間之物理關係的迷思概念上有較佳之效益，本研究推論這可能是因為IWB組教材中有提供機會讓學生透過圈選來區辨基因、

DNA 與染色體的差異，讓學生有機會與教材及同儕互動所致。

表 4-2-11 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第一部份第一題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 5(10.0%) | 11(22.0%) | 14 ^a (28.0%) | 60.0 |
| | | B | 9 [*] (18.0%) | 11(22.0%) | - | 40.0 |
| | 後測 | A | 3(6.0%) | 4(8.0%) | 9(18.0%) | 32.0 |
| | | B | 22 [*] (44.0%) | 12 ^a (24.0%) | - | 68.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 10(17.5%) | 6(10.5%) | 27 ^a (47.4%) | 75.4 |
| | | B | 7 [*] (12.3%) | 7(12.3%) | - | 24.6 |
| | 後測 | A | 5(8.8%) | 13(22.8%) | 16 ^a (28.1%) | 59.6 |
| | | B | 14 [*] (24.6%) | 9(15.8%) | - | 40.4 |

*：正確答案；^a：最多人填答；-：沒有該選項

② 第二題：同源染色體

由表 4-2-12 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，IWB 組與 T 組學生在教學之前，分別有 56.0% 與 50.9% 的學生對於同源染色體的定義存有迷思概念，經過教學之後，有 86.0% 之 IWB 組學生與 84.2% 之 T 組學生已能區分圖示中的同源染色體對數，其中，有 76.0% 之 IWB 組學生與 64.9% 之 T 組學生已獲得概念改變，能瞭解同源染色體的意義並區分同源染色體的對數，但仍有 15.8% 之 T 組學生雖能區辨同源染色體對數，卻很直觀地認為這些染色體均來自母方。由此可知，IWB 組與 T 組教材在輔助學生區辨同源染色體對數上均有不錯之效益，但仍以 IWB 教材對於學生之概念改變上有更佳之幫助。

表4-2-12 不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷第一部份第二題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 22 [*] (44.0%) | 6(12.0%) | 4(8.0%) | 64.0 |
| | | B | 6(12.0%) | 9 ^a (18.0%) | 3(6.0%) | 36.0 |
| | 後測 | A | 38 [*] (76.0%) | 2(4.0%) | 3 ^a (6.0%) | 86.0 |
| | | B | 2(4.0%) | 3 ^a (6.0%) | 2(4.0%) | 14.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 28 [*] (49.1%) | 5(8.8%) | 3(5.3%) | 63.2 |
| | | B | 14 ^a (24.6%) | 6(10.5%) | 1(1.8%) | 36.8 |
| | 後測 | A | 37 [*] (64.9%) | 2(3.5%) | 9 ^a (15.8%) | 84.2 |
| | | B | 2(3.5%) | 5(8.8%) | 2(3.5%) | 15.8 |

*：正確答案；^a：最多人填答

③ 第三題：染色體之套數

由表4-2-13兩組學生之前、後測作答情形可以發現，兩組學生多認為圖示中的染色體有三套，其對於染色體套數仍存有迷思概念，即便經過教學之後，雖然已有26.0%之IWB組學生與17.5%之T組學生達到概念改變，但仍有24.0%之IWB組學生與29.8%之T組學生將染色體的套數與同源染色體的定義相混淆，而認為染色體套數就是指形狀大小一樣的染色體有幾對，另有50.0%之IWB組學生與52.7%之T組學生雖然瞭解染色體套數與染色體之數量間有一個比例關係，但不清楚該比例的意涵而仍對其持有迷思概念。本研究推論可能由於該部份之教材僅以動畫呈現，沒有另外設計活動讓學生有再次省思所學的機會，可能是造成該概念學習成效不佳之因，若能在動畫呈現之後，再加入一些活動設計讓學生區辨不同細胞之染色體的套數，將可能獲致較佳之概念改變的效益。

表4-2-13 不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷第一部份第三題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 8(16.0%) | 18 ^a (36.0%) | 52.0 |
| | | B | 10 [*] (20.0%) | 14(28.0%) | 48.0 |
| | 後測 | A | 12(24.0%) | 19 ^a (38.0%) | 62.0 |
| | | B | 13 [*] (26.0%) | 6(12.0%) | 38.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 19 ^a (33.3%) | 17(29.8%) | 63.2 |
| | | B | 7 [*] (12.3%) | 14(24.6%) | 36.8 |
| | 後測 | A | 17(29.8%) | 18 ^a (31.6%) | 61.4 |
| | | B | 10 [*] (17.5%) | 12(21.1%) | 38.6 |

*：正確答案；^a：最多人填答

④ 第四題：等位基因

從表4-2-14兩組學生之前、後測作答情形可以發現，兩組學生在經過教學之後，有高達84.0%之IWB組學生與77.2%之T組學生認為等位基因是指位於同源染色體上相對位置的基因，但是其中有70.0%之IWB組學生與47.4%之T組學生能明確地區分等位基因是位於「同一對」同源染色體之「相對位置」上，而非「同一條」同源染色體之「上下相對的位置」上，本研究推論相較於T組教材以Microsoft PowerPoint內建之動畫，透過師生口語互動讓學生學習等位基因之概念而言，IWB教材更提供了一個介面讓學生可以透過圈選、繪圖與教材及同儕互動，因而獲致較佳之概念改變情形，由此可知，IWB提供學生與教材及同儕互動之功能，可能是IWB輔助學生學習等位基因概念有較佳之概念改變效益的原因。

表4-2-14 不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷第一部份第四題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 10 [*] (20.0%) | 13(26.0%) | 46.0 |
| | | B | 16 ^a (32.0%) | 11(22.0%) | 54.0 |
| | 後測 | A | 35 [*] (70.0%) | 7 ^a (14.0%) | 84.0 |
| | | B | 6(12.0%) | 2(4.0%) | 16.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 10 [*] (17.5%) | 17(29.8%) | 47.4 |
| | | B | 18 ^a (31.6%) | 12(21.1%) | 52.6 |
| | 後測 | A | 27 [*] (47.4%) | 17 ^a (29.8%) | 77.2 |
| | | B | 6(10.5%) | 7(12.3%) | 22.8 |

*：正確答案；^a：最多人填答

⑤ 第五題：性染色體

由表4-2-15兩組學生之前、後測作答情形可以發現，在教學之前有高達56.0%之IWB組學生與57.9%之T組學生認為只有與有性生殖有關之細胞才會具有性染色體，但在經過教學後，有相當比例之學生已獲得概念改變(IWB組=44.0%、T組=29.8%)，瞭解體細胞亦含有性染色體，然而，T組仍有17.5%之學生認為除了生殖細胞與構成生殖器官之細胞外，其他細胞都不具有性染色體，由此可知，IWB組之數位教材在輔助學生學習此概念有較佳之效益。然而，兩組學生在教學後仍分別有44.0%與49.1%學生認為與有性生殖有關之細胞才具有性染色體，本研究推論該部份之數位教材，若有一些延伸設計可以協助學生省思並應用此概念，將可能獲致更佳之概念改變的效益。

表4-2-15 不同資訊融入教學模式學生於TDTCD問卷第一部份第五題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 9(18.0%) | 10 ^a (20.0%) | 9(18.0%) | 56.0 |
| | | B | 11*(22.0%) | 8(16.0%) | 3(6.0%) | 44.0 |
| | 後測 | A | 10 ^a (20.0%) | 8(16.0%) | 4(8.0%) | 44.0 |
| | | B | 22*(44.0%) | 5(10.0%) | 1(2.0%) | 56.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 20 ^a (35.1%) | 3(5.3%) | 10(17.5%) | 57.9 |
| | | B | 13*(22.8%) | 11(19.3%) | 0(0.0%) | 42.1 |
| | 後測 | A | 11(19.3%) | 13 ^a (22.8%) | 4(7.0%) | 49.1 |
| | | B | 17*(29.8%) | 10(17.5%) | 2(3.5%) | 50.9 |

*：正確答案；^a：最多人填答

2.第二部份：「細胞分裂的意義與過程」概念之分析

①第一題：細胞經過細胞分裂後之子細胞內的染色體數為何？

由表 4-2-16 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，已有 66.0% 之 IWB 組學生與 56.1% 之 T 組學生瞭解細胞在經過細胞分裂後之子細胞的染色體數與母細胞相同，其中，IWB 組有高達 54.0% 之學生獲得概念改變，能明確地知道染色體相同之原因，而 T 組僅有 35.1% 學生獲得概念改變，瞭解該結果之成因，但另有 21.1% 之 T 組學生認為新、舊細胞是同一種細胞，所以有相同數量之染色體。除此之外，有 18.0% 之 IWB 組學生與 31.6% 之 T 組學生認為，細胞分裂的過程染色體會複製，所以子細胞之染色體數量為母細胞之兩倍。由上述之發現可知，T 組學生對於此一迷思概念的改善不若 IWB 組學生來得高，本研究推論，這可能是因為 T 組學生雖然能以視聽覺的方式來學習細胞分裂的過程，染色體會進行複製並分離到子細胞中，但缺乏 IWB 所提供之互動機會，讓學生可以透過接觸 IWB 而多了另一種感官的經驗，因而在概念改變上的效益較 IWB 組低。

表 4-2-16 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第一題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 4(8.0%) | 14 ^a (28.0%) | 36.0 |
| | | B | 5(10.0%) | 14 [*] (28.0%) | 38.0 |
| | | C | 5(10.0%) | 8(16.0%) | 26.0 |
| | 後測 | A | 3(6.0%) | 9 ^a (18.0%) | 24.0 |
| | | B | 6(12.0%) | 27 [*] (54.0%) | 66.0 |
| | | C | 1(2.0%) | 4(8.0%) | 10.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 3(5.3%) | 27 ^a (47.4%) | 52.6 |
| | | B | 4(7.0%) | 20 [*] (35.1%) | 42.1 |
| | | C | 1(1.8%) | 2(3.5%) | 5.3 |
| | 後測 | A | 1(1.8%) | 18 ^a (31.6%) | 33.3 |
| | | B | 12(21.1%) | 20 [*] (35.1%) | 56.1 |
| | | C | 5(8.8%) | 1(1.8%) | 10.5 |

*：正確答案；^a：最多人填答

② 第二題：細胞經過細胞分裂後形成之子細胞與母細胞所含的基因是否相同？

由表 4-2-17 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，76.0% 之 IWB 學生與 63.2% 之 T 組學生認為新的皮膚細胞與原本的皮膚細胞含相同的基因，但是，其中已有 52.0% 之 IWB 組學生與 35.1% 之 T 組學生獲得概念改變，瞭解細胞分裂的過程中，基因會複製並分離到新細胞，所以新細胞與原本細胞之基因相同，另有 18.0% 之 IWB 組學生與 22.8% 之 T 組學生忽略了細胞分裂的過程中基因會複製，僅認為基因會分離到新細胞，故新細胞所含基因與原本細胞相同，此外，有 15.8% 之 T 組學生雖然知道基因會複製並分離到新細胞中，但其認為新細胞的基因會因複製而比較多。由此可知，相較於 T 組，IWB 組學生在此概念之概念改變的效益較佳，而 T 組學生雖然可以透過 Microsoft PowerPoint 豐富之視覺化呈現的特質獲得學習，但仍缺乏 IWB 所提供之實際操作的互動機會，因此，T 組學生雖然知道基因會分離但卻忽略複製的過程，亦或是知道基因會複製並分離，卻忽略在複製與分離的過程中，新、舊細胞之基因仍會維持相同，故本研究推論 IWB 之互動操作的功能能促進學生對此概念達到概念改變之效益。

表 4-2-17 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第二題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 12 [*] (24.0%) | 11 ^a (22.0%) | 10(20.0%) | - | 66.0 |
| | | B | 1(2.0%) | 6(12.0%) | 8(16.0%) | 2(4.0%) | 34.0 |
| | 後測 | A | 26 [*] (52.0%) | 9 ^a (18.0%) | 3(6.0%) | - | 76.0 |
| | | B | 2(4.0%) | 4(8.0%) | 4(8.0%) | 2(4.0%) | 24.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 20 [*] (35.1%) | 9(15.8%) | 3(5.3%) | - | 56.1 |
| | | B | 5(8.8%) | 8(14.0%) | 10 ^a (17.5%) | 2(3.5%) | 43.9 |
| | 後測 | A | 20 [*] (35.1%) | 13 ^a (22.8%) | 3(5.3%) | - | 63.2 |
| | | B | 6(10.5%) | 4(7.0%) | 9(15.8%) | 2(3.5%) | 36.8 |

*：正確答案；^a：最多人填答；-：無該選項

③ 第三題：細胞經過細胞分裂後會形成幾個子細胞？

由表 4-2-18 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，有 66.0% 之 IWB 組學生與 68.4% 之 T 組學生瞭解皮膚細胞經過細胞分裂後會產生二個新細胞，其中已有 62.0% 之 IWB 組學生與 45.6% 之 T 組學生獲得概念改變，認為細胞分裂過程中，細胞會經過一次分裂所以產生二個細胞，但 T 組學生中有 22.8% 學生雖瞭解會產生二個細胞，但卻將細胞分裂與減數分裂混淆，而認為細胞分裂的過程中是經過二次分裂而產生二個細胞。除此之外，另有 20.0% 之 IWB 組學生與 19.3% 之 T 組學生將細胞分裂與減數分裂混淆，認為細胞分裂的過程中，細胞經過二次分裂產生 4 個細胞。由上述可知，IWB 組學生在該概念之概念改變上有較 T 組佳之效益，然而，仍有部分學生將細胞分裂與減數分裂混淆，因此，無論在 IWB 組與 T 組之數位教材的設計上，都應再加強兩種細胞分裂產生之子細胞數差異的比較。

表 4-2-18 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第三題之前後測作答情形 (n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 20 [*] (40.0%) | 10(20.0%) | 60.0 |
| | | B | 9 ^a (18.0%) | 11(22.0%) | 40.0 |
| | 後測 | A | 31 [*] (62.0%) | 2 ^a (4.0%) | 66.0 |
| | | B | 7(14.0%) | 10(20.0%) | 34.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 20 [*] (35.1%) | 21(36.8%) | 71.9 |
| | | B | 3 ^a (5.3%) | 13(22.8%) | 28.1 |
| | 後測 | A | 26 [*] (45.6%) | 13 ^a (22.8%) | 68.4 |
| | | B | 7(12.3%) | 11(19.3%) | 31.6 |

*：正確答案；^a：最多人填答

④ 第四題：哪些細胞會進行細胞分裂？

由表 4-2-19 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，雖然已有 26.0% 之 IWB 組學生與 15.8% 之 T 組學生獲得概念改變，瞭解細胞分裂的目的在產生新細胞，所以只發生在體細胞裡。但是，有 34.0% 之 IWB 組學生與 35.1% 之 T 組學生雖然知道細胞分裂的目的在產生新細胞，卻忽略了該細胞分裂不會發生在生殖細胞，而仍持有迷思概念，另有 20.0% 之 IWB 組學生與 14.0% 之 T 組學生則認為只要是活的細胞就會進行細胞分裂，因而持有所有的細胞都會進行細胞分裂的迷思概念。該概念在經過教學後，雖然以 IWB 組之概念改變效益較 T 組佳，但仍有多數學生持有迷思概念，本研究推論，雖然兩組數位教材均提供差異性比較之表格讓學生對細胞分裂與減數分裂進行比較，但 T 組學生是以師生口語問答搭配 Microsoft Powerpoint 自訂動畫逐一呈現答案的方式來進行學習，而 IWB 組則提供表格讓學生進行配對或填答，因而有較佳之概念改變的效益，然而，這樣的教學活動仍有些許不足，若可以加強整個教學活動設計，延伸細胞分裂與減數分裂之比較的活動，將可能獲致更佳之概念改變的效益。

表 4-2-19 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第四題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|----------|-------------------------|-----------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 8(16.0%) | 0(0.0%) | 18 ^a (36.0%) | 3(6.0%) | 58.0 |
| | | B | 7 [*] (14.0%) | 7(14.0%) | 5(10.0%) | 2(4.0%) | 42.0 |
| | 後測 | A | 10(20.0%) | 2(4.0%) | 17 ^a (34.0%) | 0(0.0%) | 58.0 |
| | | B | 13 [*] (26.0%) | 4(8.0%) | 3(6.0%) | 1(2.0%) | 42.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 14(24.6%) | 2(3.5%) | 16 ^a (28.1%) | 7(12.3%) | 68.4 |
| | | B | 9 [*] (15.8%) | 7(12.3%) | 0(0.0%) | 2(3.5%) | 31.6 |
| | 後測 | A | 8(14.0%) | 5(8.8%) | 20 ^a (35.1%) | 10(17.5%) | 75.4 |
| | | B | 9 [*] (15.8%) | 2(3.5%) | 2(3.5%) | 1(1.8%) | 24.6 |

*：正確答案；^a：最多人填答

⑤ 第五題：植物是否也會進行細胞分裂？

由表 4-2-20 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，82.0% 之 IWB 組學生與 64.9% 之 T 組學生瞭解植物亦會進行細胞分裂，其中已有 66.0% 之 IWB 組學生與 43.9% 之 T 組學生獲得概念改變，瞭解植物亦為生物，因此也會進行細胞分裂。但是，T 組學生中有 15.8% 的學生認為植物不像動物，所以不會進行細胞分裂。由此可知，IWB 組教材在輔助學生學習此概念上較 T 組教材來得佳，然而，若要讓此概念獲得更佳之效益，可以在教材設計上多增加一些植物進行細胞分裂之實例。

表 4-2-20 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第二部份第五題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 28 [*] (56.0%) | 3(6.0%) | 6(12.0%) | 3(6.0%) | 80.0 |
| | | B | 0(0.0%) | 2(4.0%) | 8 ^a (16.0%) | 0(0.0%) | 20.0 |
| | 後測 | A | 33 [*] (66.0%) | 3 ^a (6.0%) | 2(4.0%) | 3(6.0%) | 82.0 |
| | | B | 2(4.0%) | 3(6.0%) | 2(4.0%) | 2(4.0%) | 18.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 24 [*] (42.1%) | 2(3.5%) | 7(12.3%) | 1(1.8%) | 59.6 |
| | | B | 8 ^a (14.0%) | 3(5.3%) | 8 ^a (14.0%) | 4(7.0%) | 40.4 |
| | 後測 | A | 25 [*] (43.9%) | 5(8.8%) | 6(10.5%) | 1(1.8%) | 64.9 |
| | | B | 9 ^a (15.8%) | 5(8.8%) | 5(8.8%) | 1(1.8%) | 35.1 |

*：正確答案；^a：最多人填答

3.第三部份：「減數分裂的意義與過程」概念之分析

①第一題：卵細胞經過減數分裂後之子細胞內的染色體數為何？

由表 4-2-21 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，已有 62.0% 之 IWB 組學生與 24.6% 之 T 組學生認為減數分裂後產生之子細胞所含的染色體數是母細胞的一半，其中，有 56.0% 之 IWB 組學生與 21.1% 之 T 組學生已獲得概念改變，瞭解減數分裂過程中，染色體會複製一次並分離二次，所以染色體數量會減為一半。除此之外，有 20.0% 之 IWB 組學生與 29.8% 之 T 組學生認為減數分裂的過程中，染色體會複製，故產生之子細胞所含的染色體數是母細胞的兩倍，另外，有 17.5% 之 T 組學生則認為減數分裂後產生之子細胞與原本的細胞都是同一種細胞，故所含染色體數目亦會相同。由此可知，IWB 組學生在經過教學後之概念改變的效益較 T 組佳，因此，本研究所設計之 IWB 教材在輔助學生於此概念之學習較傳統資訊融入教學來得佳，本研究推論這可能是因為 IWB 數位教材提供了互動操作的機會，而讓學生有較佳之概念改變的效益。

表 4-2-21 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第一題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 9(18.0%) | 6(12.0%) | - | - | 30.0 |
| | | B | 5(10.0%) | 3(6.0%) | 11 ^a (22.0%) | 0(0.0%) | 38.0 |
| | | C | 4(8.0%) | 12 [*] (24.0%) | - | - | 32.0 |
| | 後測 | A | 5(10.0%) | 3(6.0%) | - | - | 16.0 |
| | | B | 0(0.0%) | 10 ^a (20.0%) | 0(0.0%) | 1(2.0%) | 22.0 |
| | | C | 3(6.0%) | 28 [*] (56.0%) | - | - | 62.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 14 ^a (24.6%) | 10(17.5%) | - | - | 42.1 |
| | | B | 6(10.5%) | 8(14.0%) | 9(15.8%) | 1(1.8%) | 42.1 |
| | | C | 5(8.8%) | 4 [*] (7.0%) | - | - | 15.8 |
| | 後測 | A | 7(12.3%) | 10(17.5%) | - | - | 29.8 |
| | | B | 3(5.3%) | 17 ^a (29.8%) | 3(5.3%) | 3(5.3%) | 45.6 |
| | | C | 2(3.5%) | 12 [*] (21.1%) | - | - | 24.6 |

*：正確答案；^a：最多人填答；-：無該選項

② 第二題：細胞經過減數分裂後形成之子細胞與母細胞所含的基因是否相同？

由表 4-2-22 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過教學之後，仍有許多學生對於減數分裂產生之子細胞的基因不同於原本的母細胞而存有迷思概念，有 50.0% 之 IWB 組學生與 50.9% 之 T 組學生認為減數分裂後產生之子細胞的基因與原本的母細胞相同，有 38.0% 之 IWB 組學生與 35.1% 之 T 組學生將細胞分裂與減數分裂混淆，而認為減數分裂的過程中基因會複製、分離到子細胞，故子細胞與母細胞所含之基因相同。除此之外，有 20.0% 之 IWB 組學生與 15.8% 之 T 組學生雖瞭解減數分裂的過程中，基因會複製並分離到子細胞中，但卻忽略減數分裂的過程中會經過基因重組，僅認為子細胞之基因會增加。由表 4-2-22 可以知道，無論是 T 組或 IWB 組學生都有相當高比例的學生僅瞭解減數分裂的過程中，基因會複製，但對於子細胞之基因是否與母細胞相同卻不甚清楚，本研究推論，這可能是數位教材設計未特別強調減數分裂過程中基因會交換所致，若能在減數分裂之動畫與影片之呈現上強調基因會互換，並嘗試設計一些活動讓學生將配子之多樣性與個體之遺傳變異的多樣性產生聯結，將可能讓此概念獲致較佳之概念改變的效益。

表 4-2-22 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第二題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 10(20.0%) | 14 ^a (28.0%) | 3(6.0%) | - | 54.0 |
| | | B | 6(12.0%) | 10 [*] (20.0%) | 4(8.0%) | 3(6.0%) | 46.0 |
| | 後測 | A | 14 ^a (28.0%) | 5(10.0%) | 6(12.0%) | - | 50.0 |
| | | B | 2(4.0%) | 10 [*] (20.0%) | 10(20.0%) | 3(6.0%) | 50.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 12 ^a (21.1%) | 10(17.5%) | 7(12.3%) | - | 50.9 |
| | | B | 1(1.8%) | 17 [*] (29.8%) | 8(14.0%) | 2(3.5%) | 49.1 |
| | 後測 | A | 8(14.0%) | 12(21.1%) | 9 ^a (15.8%) | - | 50.9 |
| | | B | 1(1.8%) | 17 [*] (29.8%) | 9 ^a (15.8%) | 1(1.8%) | 49.1 |

*：正確答案；^a：最多人填答；-：無該選項

③ 第三題：細胞經過減數分裂後會形成幾個子細胞？

由表 4-2-23 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過學習之後，已有 62.0% 之 IWB 組學生與 50.9% 之 T 組學生瞭解細胞經過減數分裂後會產生四個子細胞，其中，已有 50.0% 之 IWB 組學生與 42.1% 之 T 組學生獲得概念改變，知道減數分裂的過程中，因為細胞會經過二次分裂，所以最後會產生四個子細胞，但有 30.0% 之 IWB 組學生與 24.6% 之 T 組學生將減數分裂與細胞分裂混淆，認為減數分裂與細胞分裂相同，細胞均經過一次分裂，產生二個子細胞。由此可知，雖然 IWB 對於輔助學生學習此概念上有較佳之概念改變效益，但若要有更佳之學習效益，則可再強化細胞分裂與減數分裂之過程與子細胞數的區辨。

表 4-2-23 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第三題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 16 ^a (32.0%) | 9(18.0%) | 50.0 |
| | | B | 10(20.0%) | 15 [*] (30.0%) | 50.0 |
| | 後測 | A | 15 ^a (30.0%) | 4(8.0%) | 38.0 |
| | | B | 6(12.0%) | 25 [*] (50.0%) | 62.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 15(26.3%) | 22 ^a (38.6%) | 64.9 |
| | | B | 4(7.0%) | 16 [*] (28.1%) | 35.1 |
| | 後測 | A | 14 ^a (24.6%) | 14 ^a (24.6%) | 49.1 |
| | | B | 5(8.8%) | 24 [*] (42.1%) | 50.9 |

*：正確答案；^a：最多人填答

④ 第四題：哪些細胞會進行減數分裂？

由表 4-2-24 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過學習之後，已有 20.0% 之 IWB 組學生與 21.1% 之 T 組學生獲得概念改變，知道減數分裂的目的在產生生殖細胞，因此只會發生在生殖細胞中，然而，有 20.0% 之 IWB 組學生與 10.5% 之 T 組學生雖然知道減數分裂僅發生在生殖細胞中，卻將減數分裂之目的與細胞分裂之目的相混淆，而認為減數分裂的目的亦在產生新細胞；另有 12.0% 之 IWB 組學生與 33.3% 之 T 組學生則認為減數分裂的目的在產生新細胞，所以

所有的細胞都會產生減數分裂。除此之外，有 20.0% 之 IWB 組學生與 21.1% 之 T 組學生認為只要是活的細胞均會進行減數分裂。由此可知，兩組學生對於此概念之學習上，多將細胞分裂與減數分裂相混淆而存有許多迷思概念，因此，若能在教材之設計上除了提供比較表格讓學生區辨兩種細胞分裂之差異外，可以讓學生自己主動來整理並提出兩種細胞分裂的差異可以依據哪些來指標來區分，但仍需以細胞分裂的目的、分裂過程之差異、子細胞數等架構來進行比較，故教師需從旁引導，並開放 IWB 供學生書寫與解釋差異的原因，可能將獲致更佳之概念改變的效益。

表 4-2-24 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第四題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 6(12.0%) | 2(4.0%) | 17(34.0%) | 4(8.0%) | 58.0 |
| | | B | 1(2.0%) | 9 ^a (18.0%) | 5(10.0%) | 6 [*] (12.0%) | 42.0 |
| | 後測 | A | 10 ^a (20.0%) | 5(10.0%) | 6(12.0%) | 3(6.0%) | 48.0 |
| | | B | 4(8.0%) | 10 ^a (20.0%) | 2(4.0%) | 10 [*] (20.0%) | 52.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 11(19.3%) | 5(8.8%) | 19 ^a (33.3%) | 0(0.0%) | 61.4 |
| | | B | 7(12.3%) | 8(%) | 0(0.0%) | 7 [*] (3.5%) | 38.6 |
| | 後測 | A | 12(21.1%) | 5(8.8%) | 18 ^a (33.3%) | 0(0.0%) | 61.4 |
| | | B | 4(7.0%) | 6(10.5%) | 0(0.0%) | 12 [*] (21.1%) | 38.6 |

*：正確答案；^a：最多人填答

⑤ 第五題：植物是否也會進行減數分裂？

由表 4-2-25 兩組學生之前、後測作答情形可以發現，經過學習之後，已有 84.0% 之 IWB 組學生與 70.2% 之 T 組學生瞭解植物也會進行減數分裂，其中已有 62.0% 之 IWB 組學生與 40.4% 之 T 組學生獲得概念改變，瞭解植物與動物均會進行有性生殖，所以會進行減數分裂，但仍有 22.8% 之 T 組學生與 10.0% 之 IWB 組學生認為植物僅會進行無性生殖，所以只會進行減數分裂，另有 10.0% 之 IWB 組學生則認為植物只會進行有性生殖，所以只會進行減數分裂，除此之外，有 12.3% 之 T 組學生認為植物只會進行無性生殖，所以不會進行減數分裂，有 12.0% 之 IWB 組學生則認為植物只會進行有性生殖，所以不會進行減數分裂。由此可

知，雖然 IWB 組學生在這個概念的學習上具有較佳之概念改變效益，但仍有許多學生對此存有迷思概念，無法將有性生殖與減數分裂聯結，並瞭解植物亦會進行有性生殖，因此，本研究推論在兩組之數位教材的設計上，可以再強化有性生殖與無性生殖和細胞分裂與減數分裂之間的關係，將可獲致較佳之概念改變的效益。

表 4-2-25 不同資訊融入教學模式學生於 TDTCD 問卷第三部份第五題之前後測作答情形(n=107)

| 組別 | 測驗 | 內容選擇 (第一階) | 理由(第二階)(選答人數/選答率) | | | | 選答率 (%) |
|-----------------|----|---------------|-------------------|---------|-------------------------|------------------------|------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| IWB 組 (n=50) | 前測 | A | 19*(38.0%) | 1(2.0%) | 10 ^a (20.0%) | 4(8.0%) | 68.0 |
| | | B | 7(14.0%) | 4(8.0%) | 4(8.0%) | 1(2.0%) | 32.0 |
| | 後測 | A | 31*(62.0%) | 1(2.0%) | 5(10.0%) | 5(10.0%) | 84.0 |
| | | B | 1(2.0%) | 0(0.0%) | 1(2.0%) | 6 ^a (12.0%) | 16.0 |
| T 組 (n=57) | 前測 | A | 21*(36.8%) | 4(7.0%) | 14 ^a (24.6%) | 1(1.8%) | 70.2 |
| | | B | 5(8.8%) | 2(3.5%) | 7(12.3%) | 3(5.3%) | 29.8 |
| | 後測 | A | 23*(40.4%) | 3(5.3%) | 13(22.8%) | 1(1.8%) | 70.2 |
| | | B | 5(8.8%) | 2(3.5%) | 7 ^a (12.3%) | 3(5.3%) | 29.8 |

*：正確答案；^a：最多人填答

二、學生對於學習環境感受之差異情形—CMLES 問卷之分析

(一) CMLES 問卷之整體性分析

本研究以 CMLES 問卷之填答情形，作為學生在不同資訊融入教學模式下之情意層面的學習感受調查。為深入瞭解不同資訊融入教學模式學生對於學習環境之感受情形，本研究採用獨立樣本 t 檢定進行 CMLES 問卷之資料分析，來探討不同資訊融入教學模式之學生，對於學習環境之感受是否具有差異。研究結果發現，IWB 組學生對於 IWB 所營造之學習環境的感受，顯著較 T 組學生對於傳統資訊融入教學之學習環境的感受來得正向($t=2.889, p<0.01$)，意即是相較於 T 組學生，IWB 組學生更傾向於認為其學習環境較屬於建構式學習環境。由此可知，學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境的感受，顯著較傳統資訊融入細胞分裂主題之教學環境正向。

除此之外，為深入探討不同資訊融入教學模式下，學生對於學習環境之感受，本研究亦深入分析不同資訊融入教學模式學生在 CMLES 問卷中各分量表與各題項之填答情形，CMLES 共分為「學習溝通」、「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」以及「挑戰性」六個分量表。本研究將針對這六個分量表的填答總分與各題項進行獨立樣本 t 檢定之分析，以探究不同資訊融入教學模式學生對於學習環境中各向度的學習感受情形。分析結果如下：

(二) CMLES問卷各分量表之分析

1. 「學習溝通」分量表

「學習溝通」分量表的分析結果如表4-2-26，從表4-2-26可以發現，IWB組學生與T組學生在該分量表之填答總分不具有顯著差異 ($t=1.453, p>0.05$)。雖然IWB組學生在「學習溝通」分量表之填答總分較T組高，較傾向於認為其學習環境能讓他們與同儕溝通討論，但在統計上未達顯著水準，由此可知，這兩種數位學習環境應能提供相似機會讓學生與同儕進行討論與溝通。除此之外，本研究還進一步針對兩組學生於「學習溝通」分量表之逐題題項進行獨立樣本t檢定，由表4-2-26可以知道，IWB組學生多傾向於認為IWB融入教學讓他們有機會跟其他同學交談並討論，但T組學生雖傾向於認為傳統資訊融入教學模式使其有機會與其他同學交談討論，但同學之間較無解釋其想法。整體而言，兩組學生在學習溝通分量表之各題項的填答無顯著差異，意即是兩種資訊融入教學模式應能提供相似的機會讓學生進行討論與溝通。

表4-2-26 不同資訊融入教學分組學生在「學習溝通」分量表之感受情形(n=107)

| 題項內容 | IWB組(n=50) | | T組(n=57) | | t值 |
|-----------------|------------|-------|----------|-------|-------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 我有機會跟其他學生交談。 | 3.620 | 1.048 | 3.544 | 1.181 | 0.351 |
| 我和其他學生討論如何進行探究。 | 3.620 | 1.008 | 3.228 | 1.165 | 1.848 |
| 我要其他學生解釋他們的想法。 | 3.120 | 0.961 | 2.807 | 1.315 | 1.416 |
| 其他學生要我解釋我的想法。 | 3.060 | 0.935 | 2.719 | 1.333 | 1.545 |
| 其他學生和我討論他們的想法。 | 3.280 | 0.991 | 3.105 | 1.332 | 0.776 |
| 總分 | 16.700 | 3.981 | 15.404 | 5.227 | 1.453 |

Cronbach $\alpha = 0.878$

(2) 「學習探究」分量表

「學習探究」分量表之分析結果如表4-2-27，從表4-2-27可以發現，IWB組學生在「學習探究」分量表填答總分顯著高於T組學生($t=2.295, p<0.05$)。由此可知，相較於T組學生，IWB組學生更傾向於認為其學習環境，更有助其進行探究式的學習。除此之外，本研究還進一步針對兩組學生於「學習探究」分量表之逐題題項進行獨立樣本t檢定，分析結果如表4-2-27，從表4-2-27可以知道，IWB組學生與T組學生在「我藉由研究發現問題的答案」與「我進行後續研究為新的問題找到答案」題項的填答上具有顯著差異，IWB組學生多傾向於認為IWB融入教學能讓他們透過研究發現問題的答案、進行研究來驗證其想法、進行後續研究為新的問題找到答案、使其為自己設計研究問題的方法並從不同的角度來處理問題，但T組學生則傾向於認為傳統資訊融入教學模式較不能讓他們進行探究式的學習。

表4-2-27 不同資訊融入教學分組學生在「學習探究」分量表之感受情形(n=107)

| 題項內容 | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 |
|-------------------|-------------|-------|-----------|-------|---------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 我藉由研究發現問題的答案。 | 3.440 | 0.929 | 2.860 | 1.260 | 2.679** |
| 我進行研究以驗證我的想法。 | 3.220 | 0.996 | 2.807 | 1.217 | 1.905 |
| 我進行後續研究為新的問題找到答案。 | 3.320 | 0.978 | 2.842 | 1.265 | 2.163* |
| 我為自己設計研究問題的方法。 | 3.120 | 1.100 | 2.702 | 1.239 | 1.836 |
| 我從不同的角度處理問題。 | 3.380 | 0.987 | 3.070 | 1.223 | 1.429 |
| 總分 | 16.480 | 4.156 | 14.281 | 5.713 | 2.295* |

* p<0.05; ** p<0.01
Cronbach α =0.937

(3) 「學習思考」分量表

「學習思考」分量表之分析結果如表4-2-28，從表4-2-28可以發現，IWB組學生在「學習思考」分量表的填答總分顯著高於T組學生(t=2.784, p<0.01)。換言之，相較於T組學生，IWB組學生更傾向於認為其學習環境，更有助其進行學習思考。另外，本研究亦針對兩組學生於「學習思考」分量表之逐題題項進行獨立樣本t檢定，分析結果如表4-2-28，從表4-2-28可以知道，IWB組與T組學生在「我會批判思考自己的想法」、「我會學習具有質疑的態度」與「我會批判反省自己所理解的事物」題項上的填答具有顯著差異，相較於T組學生，IWB組學生多傾向於認為IWB融入教學能幫助其學習具有質疑的態度，學習批判反省自己的想法與所理解的事物。

表4-2-28 不同資訊融入教學分組學生在「學習思考」分量表之感受情形(n=107)

| 題項內容 | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 |
|------------------|-------------|-------|-----------|-------|---------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 我會謹慎思考自己的學習方式 | 3.620 | 1.086 | 3.211 | 1.191 | 1.848 |
| 我會批判思考自己的想法 | 3.700 | 1.055 | 3.263 | 1.203 | 1.984* |
| 我會學習具有質疑的態度 | 3.520 | 0.995 | 3.000 | 1.134 | 2.505* |
| 我會學習如何成為一個更好的學習者 | 3.660 | 1.118 | 3.228 | 1.150 | 1.964 |
| 我會批判反省自己所理解的事物 | 3.820 | 0.962 | 2.965 | 1.281 | 3.859** |
| 總分 | 18.320 | 4.410 | 15.667 | 5.323 | 2.784** |

*p<0.05; **p<0.01
Cronbach α =0.926

(4) 「相關性」分量表

「相關性」分量表之分析結果如表4-2-29，從表4-2-29可以發現，雖然IWB組學生在「相關性」分量表之填答總分較T組高，較傾向於認為其學習環境所呈現的教材訊息，能夠反映真實生活環境的複雜度，並廣泛呈現出與日常生活以及學生本身有關的資訊等，但在統計上未達顯著水準($t=1.924, p>0.05$)，由此可知，這兩種數位學習環境應能提供相似機會讓學生感覺到，其學習環境中的數位教材能夠反映真實生活環境的複雜度，並呈現出與日常生活以及自身有關的資訊。除此之外，本研究亦針對兩組學生於「相關性」分量表之逐題題項進行獨立樣本t檢定，分析結果如表4-2-29，從表4-2-29可以知道，IWB組學生與T組學生在「可從廣泛的資訊中進行選擇」之填答具有顯著差異，雖然兩組學生均傾向認為這種資訊融入教學模式均能夠在學習過程中，提供其廣泛的資訊讓其進行選擇，但相較於T組學生，IWB組學生更傾向於認為IWB融入教學更能提供其廣泛的資訊進行選擇，除此之外，這兩組學生在其他題項上的填答無顯著差異，意即是這兩組學生均認為其接受之資訊融入教學模式，能夠有意義地呈現與

日常生活及自身相關之訊息，且兩種教學模式均能夠反映真實生活之複雜程度。

表4-2-29 不同資訊融入教學分組學生在「相關性」分量表之感受情形(n=107)

| 題項內容 | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 |
|---------------------|-------------|-------|-----------|-------|--------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 能夠反映真實生活環境的複雜度 | 3.500 | 1.129 | 3.246 | 1.327 | 1.060 |
| 能夠以有意義的方式呈現資料 | 3.780 | 1.036 | 3.439 | 1.282 | 1.522 |
| 能夠呈現與我相關的資訊 | 3.700 | 0.953 | 3.298 | 1.281 | 1.854 |
| 能夠獲得較為符合日常生活真實情境的任務 | 3.780 | 0.975 | 3.386 | 1.236 | 1.841 |
| 可從廣泛的資訊中進行選擇 | 4.000 | 0.926 | 3.456 | 1.310 | 2.502* |
| 總分 | 18.760 | 4.326 | 16.825 | 6.027 | 1.924 |

*p<0.05
Cronbach α =0.950

(5)「易用性」分量表

「易用性」分量表之分析結果如表4-2-30，從表4-2-30可以發現，IWB組學生在「易用性」分量表的填答總分顯著高於T組學生(t=2.501, p<0.05)。換言之，相較於T組學生，IWB組學生更傾向於認為其學習環境中的數位教材，更容易操作且使用起來也很有趣。另外，本研究亦針對兩組學生於「易用性」分量表之逐題題項進行獨立樣本t檢定，分析結果如表4-2-30，從表4-2-30可以知道，IWB組學生在進行IWB教學後，在「使用起來很有趣」、「容易操作」與「只需要花一點時間就能學會如何使用」題項的填答具有顯著差異，雖然兩組學生多傾向於認為資訊融入教學模式具有有趣的畫面設計、容易瀏覽與操作、僅需要花一點時間就能學會如何操作，而且使用起來很有趣，但是相較於T組學生，IWB組學生多傾向於認為，IWB融入教學讓學生在操作數位媒體與教材上，更為容易且有趣，而且IWB的操作僅需要花一些

時間就可以學會。

表4-2-30 不同資訊融入教學分組學生在「易用性」分量表之感受情形 (n=107)

| 題項內容 | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 |
|------------------|-------------|-------|-----------|-------|---------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 具備有趣的畫面設計 | 4.020 | 1.078 | 3.772 | 1.210 | 1.113 |
| 容易瀏覽 | 4.120 | 1.023 | 3.719 | 1.264 | 1.811 |
| 使用起來很有趣 | 4.200 | 0.881 | 3.632 | 1.318 | 2.651** |
| 容易操作 | 4.220 | 0.864 | 3.596 | 1.307 | 2.942** |
| 只需要花一點時間就能學會如何使用 | 4.100 | 1.035 | 3.456 | 1.440 | 2.678** |
| 總分 | 20.660 | 4.250 | 18.175 | 5.971 | 2.501* |

* p<0.05; ** p<0.01
Cronbach α =0.941

(6) 「挑戰性」分量表

「挑戰性」分量表之分析結果如表4-2-31，從表4-2-31可以發現，IWB組學生在「挑戰性」分量表的分數顯著高於T組學生 ($t=3.107$, $p<0.01$)。換言之，相較於T組學生，IWB組學生更傾向於認為其學習環境中的數位教材，對其而言更具有挑戰性且能刺激其思考。除此之外，本研究亦針對兩組學生於「挑戰性」分量表之逐題題項進行獨立t檢定，分析結果如表4-2-31，從表4-2-31可以知道，IWB組學生與T組學生在「挑戰性」分量表之所有題項的填答上均具有顯著差異，雖然兩組學生均傾向於認為兩種資訊融入教學模式能讓幫助其思考、呈現之教材複雜卻很清楚，且能夠幫助其產生新的想法與問題，然而，相較於T組學生，IWB組學生對於IWB融入教學的感受更為正向，其多傾向於認為IWB融入教學能夠幫助其思考、教材的呈現複雜卻很清楚，且使用起來更具有挑戰性，也能讓幫助其產生新的想法與問題。

表4-2-31 不同資訊融入教學分組學生在「挑戰性」分量表之感受情形 (n=107)

| 題項內容 | IWB組 (n=50) | | T組 (n=57) | | t值 |
|-------------|-------------|-------|-----------|-------|---------|
| | 平均 | SD | 平均 | SD | |
| 能夠讓我思考 | 3.840 | 0.976 | 3.193 | 1.315 | 2.910** |
| 複雜但卻清楚 | 3.860 | 0.926 | 3.281 | 1.292 | 2.688** |
| 使用起來很有挑戰性 | 3.880 | 0.961 | 3.158 | 1.360 | 3.200** |
| 能夠幫助我產生新的想法 | 3.860 | 0.990 | 3.193 | 1.342 | 2.948** |
| 能夠幫助我產生新的問題 | 3.700 | 1.129 | 3.211 | 1.385 | 1.985* |
| 總分 | 19.140 | 4.170 | 16.035 | 6.091 | 3.107** |

* p<0.05; ** p<0.01
Cronbach α =0.937

由表4-2-26~表4-2-31可以知道，相較於傳統資訊融入教學而言，學生傾向於認為IWB融入細胞分裂主題之學習環境，在「學習溝通」、「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」均具有正向的態度，其中IWB所營造之學習環境，尤以在「學習探究」、「學習思考」、「易用性」與「挑戰性」的面向上對於學生的輔助較大，學生傾向於認為IWB所營造之學習環境更能提供機會幫助其進行學習探究與思考，而且IWB所呈現之數位教材不但有趣、易於操作外，也更具有挑戰性且能刺激其思考。

三、假設考驗

本研究在檢驗IWB融入細胞分裂主題教學之效益，做了以下的假設考驗，結果如下：

(一) 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習效益之影響情形的研究假設。

H₀₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績有顯著意義($F=7.766, p<0.01$)(表 4-2-1)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其學習效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₀₁。

H₀₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「染色體與其重要性」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念之後測成績有顯著意義($F=5.046, p<0.05$)(表 4-2-2)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其於「染色體與其重要性」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₀₂。

H₀₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「細胞分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」之後測成績有顯著意義 ($F=3.986, p<0.05$) (表 4-2-3)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₀₃。

H₀₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「減數分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「減數分裂的意義與過程」之後測成績有顯著意義 ($F=6.770, p<0.05$) (表 4-2-4)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₀₄。

H₀₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績有顯著

意義($F=11.671, p<0.01$)(表 4-2-7)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H_{05} 。

H_{06} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念後測成績有顯著意義($F=8.027, p<0.01$)(表 4-2-8)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H_{06} 。

H_{07} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與重要性」概念後測成績有顯著意義($F=9.278, p<0.01$)(表 4-2-9)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H_{07} 。

H₀₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用共變數分析(ANCOVA)兩組學生之 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「減數分裂的意義與重要性」概念後測成績有顯著意義($F=5.291, p<0.05$)(表 4-2-10)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之學生，其迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₀₈。

(二) 相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於學生學習環境之感受情形的研究假設。

H₀₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現 IWB 組學生對於學習環境之整體學習感受顯著較 T 組學生來得正向($t=2.889, p<0.01$)，因此，本研究拒絕 H₀₉。

H₁₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習溝通」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生與 T 組學生於「學習溝通」向度之學習感受無顯著差異($t=1.453, p>0.05$)(表 4-2-26)，因此，本研究接受 H₁₀。

H₁₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習探究」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生對於學習環境之「學習探究」向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.295, p<0.05$)(表 4-2-27)，因此，本研究拒絕 H₁₁。

H₁₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習思考」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生對於學習環境之「學習思考」向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.784, p<0.01$)(表 4-2-28)，因此，本研究拒絕 H₁₂。

H₁₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「相關性」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生與 T 組學生對於學習環境之「相關性」向度的學習感受無顯著差異($t=1.924, p>0.05$)(表 4-2-29)，因此，本研究接受 H₁₂。

H₁₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「易用性」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生對於學習環境之「易用性」向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.501, p<0.05$)(表 4-2-30)，因此，本研究拒絕 H₁₄。

H₁₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「挑戰性」分量表的填答情形，發現 IWB 組學生對於學習環境之「挑戰性」向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=3.107, p<0.01$)(表 4-2-31)，因此，本研究拒絕 H₁₅。

第三節 IWB 融入國中細胞分裂主題教學對於不同學習風格國中學生之輔助學習的效益

為瞭解 IWB 融入國中細胞分裂主題教學，對於不同學習風格國中學生之輔助學習的效益，本節將分析不同學習風格學生在 IWB 融入教學(IWB 組)與傳統資訊融入教學(T 組)中，其細胞分裂主題之總結性評量、TDTCD 問卷與 CMLES 問卷上的表現，分別從認知與情意層面來瞭解不同資訊融入教學模式，對於不同學習風格國中學生學習效益之影響。

一、不同學習風格學習者之認知層面學習效益的分析

(一) 總結性評量之分析

為深入瞭解不同「經驗攫取」偏好與不同「經驗轉換」偏好學生在不同資訊融入教學環境下之學習效益的情形，本研究採用共變數分析(ANCOVA)進行細胞分裂之總結性評量資料的分析。在進行共變數分析之前，首先將所有學生之 Kolb 學習風格量表的填答情形，依其「經驗攫取」偏好得分將其分為具體經驗(concrete experience, CE)與抽象概念(abstract conceptualization, AC)兩類，另亦針對其「經驗轉換」偏好得分將其分為主動實驗(active experience, AE)與省思觀察(reflective observation, RO)兩類，接著再分別針對不同經驗攫取偏好與經驗轉換偏好之學生的總結性評量填答情形進行共變數分析。

1. 總結性評量之整體性的分析

(1) 不同「經驗攫取」偏好學生在總結性評量上的學習情形分析

a 經驗攫取偏好為「具體經驗」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在總結性評量上的學習情形，本研究採用共變數分析，分析過程採用「總結性評量前測成績」為共變量、

「總結性評量後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子(fixed factor)，來探究經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的學習效益情形，分析結果如表 4-3-1 所示。由表 4-3-1 可知，「總結性評量前測成績」對於「總結性評量後測成績」不具有顯著意義($F=0.093$, $p>0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=10.454$, $p<0.01$)，接著進行事後分析(post hoc)，發現 IWB 組學生之學習效益，顯著優於 T 組學生，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下的學習效益，顯著優於傳統資訊融入細胞分裂主題之教學環境。

表 4-3-1 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生之總結性評量的共變數分析摘要表 (n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|----------|------------------|----------|
| 前測成績 | 24.033 | 1 | 24.033 | 0.093 | |
| 資訊融入教學模式 | 2701.695 | 1 | 2701.695 | 10.454** | IWB>T |
| 誤差 | 12921.312 | 50 | 258.426 | | |
| 校正後總合 | 15623.245 | 52 | | | |

** $p<0.01$

前測成績：細胞分裂之總結性評量前測成績

^a在前測成績為 28.230 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=54.674，T 組=40.216

b 經驗攫取偏好為「抽象概念」者

另亦針對經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在總結性評量上的學習情形進行共變數分析，分析過程採用「總結性評量前測成績」為共變量、「總結性評量後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的學習效益情形，分析結果如表 4-3-2 所示。由表 4-3-2 可知，「總結性評量前測成績」對於「總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=15.068$, $p<0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「總結性評量後測成績」則不具有顯著意義($F=0.337$, $p>0.05$)，雖然經驗攫

取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下之學習效益較傳統資訊融入教學佳，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在不同資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，具有統計上相同的學習效益。

表 4-3-2 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生之總結性評量的共變數分析摘要表 (n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|----------|----------------------|-------|
| 前測成績 | 2966.084 | 1 | 2966.084 | 15.068 ^{**} | 0.000 |
| 資訊融入教學模式 | 66.301 | 1 | 66.301 | 0.337 | 0.564 |
| 誤差 | 10038.953 | 51 | 196.842 | | |
| 校正後總合 | 13368.000 | 53 | | | |

^{**}p<0.01

前測成績：細胞分裂之總結性評量前測成績

^a在前測成績為 27.630 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=45.796，T 組=43.537

(2) 不同「經驗轉換」偏好學生在總結性評量上的學習情形分析

a 經驗轉換偏好為「主動實驗」者

除此之外，為進一步瞭解不同經驗轉換偏好學生在不同資訊融入教學環境下之學習效益情形，本研究亦針對不同經驗轉換偏好學生之總結性評量成績進行共變數分析。本研究先針對經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在總結性評量上的學習情形進行共變數分析，分析過程採用「總結性評量前測成績」為共變量、「總結性評量後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的學習效益情形，分析結果如表 4-3-3 所示。由表 4-3-3 可知，「總結性評量前測成績」對於「總結性評量後測成績」不具有顯著意義($F=0.158, p>0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「總結性評量後測成績」亦不具有顯著意義($F=1.336, p>0.05$)，雖然經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下的學習效益較傳統資訊融入教學佳，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「主

動實驗」之國中一年級學生於不同資訊融入教學模式下，學習細胞分裂這個主題能獲得統計上相同的學習效益。

表 4-3-3 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生之總結性評量的共變數分析摘要表 (n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|---------|------------------|-------|
| 前測成績 | 27.660 | 1 | 27.660 | 0.158 | 0.693 |
| 資訊融入教學模式 | 234.430 | 1 | 234.430 | 1.336 | 0.252 |
| 誤差 | 10527.833 | 60 | 175.464 | | |
| 校正後總合 | 10779.429 | 62 | | | |

前測成績：細胞分裂之總結性評量前測成績

^a在前測成績為28.000的前提下，調整後平均數為IWB組=44.212，T組=40.283

b 經驗轉換為「省思觀察」者

本研究亦針對經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在總結性評量上的學習情形進行共變數分析，分析過程採用「總結性評量前測成績」為共變量、「總結性評量後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的學習效益情形，分析結果如表 4-3-4 所示。由表 4-3-4 可知，「總結性評量前測成績」對於「總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=6.484, p<0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「總結性評量後測成績」不具有顯著意義($F=2.383, p>0.05$)，雖然經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下之學習效益較傳統資訊融入教學佳，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂這個主題，能獲得統計上相同的學習效益。

表 4-3-4 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生之總結性評量的共變數分析摘要表
(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|----------|------------------|-------|
| 前測成績 | 1879.739 | 1 | 1879.739 | 6.484* | |
| 資訊融入教學模式 | 690.811 | 1 | 690.811 | 2.383 | 0.130 |
| 誤差 | 11886.395 | 41 | 289.912 | | |
| 校正後總合 | 16242.545 | 43 | | | |

*p<0.05

前測成績：細胞分裂之總結性評量前測成績

^a在前測成績為27.820的前提下，調整後平均數為IWB組=54.825，T組=46.010

從表 4-3-1~表 4-3-4 可以知道，依據 Kolb 學習風格之分類，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入細胞分裂主題之學習效益顯著優於傳統資訊融入教學環境，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生則在這兩種數位學習環境下均能獲得統計上相等的學習效益；而在經驗轉換偏好上，則無論「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生在這兩種數位學習環境下均能獲得統計上相等的學習效益。

2.總結性評量各子概念之學習情形的分析

為深入探究不同學習風格學生在細胞分裂主題之不同子概念下的學習效益，本研究亦針對總結性評量不同概念之作答情形採用共變數分析，分析過程以「總結性評量各子概念之前測成績的總分」為共變量、「總結性評量各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究不同學習風格學生於各子概念之學習效益的情形。分析情形如下：

(1)不同「經驗攫取」偏好學生在總結性評量之各子概念的學習情形分析

a 經驗攫取偏好為「具體經驗」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在不同概念下的學習效益情形，本研究採用共變數分析，分析過程以「總結性評量各子概念之前測成績的總

分」為共變量、「總結性評量各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生於各子概念之學習效益的情形。

經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之學習效益的分析結果如表 4-3-5，從表 4-3-5 可以知道，「『染色體與其重要性』概念之總結性評量前測成績」對於「『染色體之意義與重要性』概念之總結性評量後測成績」不具有顯著意義($F=0.670, p>0.05$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=7.001, p<0.05$)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之學習效益，顯著優於 T 組學生，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生學習「染色體與其重要性」概念，於 IWB 融入教學環境中學得顯著較傳統資訊融入教學環境來得佳。

表 4-3-5 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 6.479 | 1 | 6.479 | 0.670 | |
| 資訊融入教學模式 | 246.841 | 1 | 246.841 | 7.001* | IWB>T |
| 誤差 | 1762.866 | 50 | 35.257 | | |
| 校正後總合 | 2028.075 | 52 | | | |

* $p<0.05$

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績

^a在前測成績為 9.280 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=17.347，T 組=12.967

而在「細胞分裂的意義與過程」概念的學習則如表 4-3-6，從表 4-3-6 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義($F=0.063, p>0.05$; $F=2.623, p>0.05$)，雖然，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在學習「細胞分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得較

傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-6 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 2.050 | 1 | 2.050 | 0.063 | 0.803 |
| 資訊融入教學模式 | 85.249 | 1 | 85.249 | 2.623 | 0.112 |
| 誤差 | 1625.035 | 50 | 32.501 | | |
| 校正後總合 | 1714.113 | 52 | | | |

**p<0.01

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績^a在前測成績為6.720的前提下，調整後平均數為IWB組=11.639，T組=9.076

在「減數分裂的意義與過程」概念的學習則如表 4-3-7，從表 4-3-7 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」不具有顯著意義(F=1.344, p>0.05)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」則具有顯著意義(F=11.566, p<0.01)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之學習效益顯著優於 T 組學生，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生學習「減數分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得顯著較傳統資訊融入教學環境來得佳。

表 4-3-7 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 89.171 | 1 | 89.171 | 1.344 | |
| 資訊融入教學模式 | 767.136 | 1 | 767.136 | 11.566** | IWB>T |
| 誤差 | 3316.348 | 50 | 66.327 | | |
| 校正後總合 | 4099.019 | 52 | | | |

**p<0.01

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為12.230的前提下，調整後平均數為IWB組=25.870，T組=18.033

由表 4-3-5~4-3-7 可知，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」與「減數分裂的意義與過程」此二概念的效益顯著較傳統資訊融入教學環境來得佳。

b 經驗攫取偏好為「抽象概念」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在不同概念下之學習效益情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「總結性評量各子概念之前測成績的總分」為共變量、「總結性評量各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生於各子概念之學習效益的情形。

經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生於「染色體與其重要性」概念之學習效益的分析結果如表 4-3-8，由表 4-3-8 可以知道，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學環境中，「『染色體與其重要性』概念之總結性評量前測成績」對於「『染色體與其重要性』概念之總結性評量後測成績」具有顯著意義(F=4.113, p<0.05)，「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之總結性評量後測成績」不具有顯著意義(F=0.043, p>0.05)，雖然，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在學習「染色體與其重要性」概念，於 IWB 融入教學

環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體與其重要性」的概念上具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-8 經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|---------|------------------|-------|
| 前測成績 | 114.719 | 1 | 114.719 | 4.113* | |
| 資訊融入教學模式 | 1.206 | 1 | 1.206 | 0.043 | 0.836 |
| 誤差 | 1422.466 | 51 | 27.891 | | |
| 校正後總合 | 1541.926 | 53 | | | |

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為 9.700 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=15.113，T 組=14.813

在「細胞分裂的意義與過程」概念之學習上，從表 4-3-9 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義 (F=0.649, p>0.05; F=1.484, p>0.05)，雖然，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在學習「細胞分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」的概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-9 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 19.847 | 1 | 19.847 | 0.649 | 0.424 |
| 資訊融入教學模式 | 45.348 | 1 | 45.348 | 1.484 | 0.229 |
| 誤差 | 1558.820 | 51 | 30.565 | | |
| 校正後總合 | 1621.333 | 53 | | | |

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為 6.000 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=10.695，T 組=8.860

「減數分裂的意義與過程」概念之學習結果則如表 4-3-10，從表 4-3-10 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=6.364$, $p<0.05$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」則不具有顯著意義($F=0.250$, $p>0.05$)，雖然經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在學習「減數分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「減數分裂的意義與過程」的概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-10 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|---------|------------------|-------|
| 前測成績 | 454.951 | 1 | 454.951 | 6.364* | |
| 資訊融入教學模式 | 17.867 | 1 | 17.867 | 0.250 | 0.619 |
| 誤差 | 3645.790 | 51 | 71.486 | | |
| 校正後總合 | 4207.704 | 53 | | | |

* $p<0.05$

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績

^a在前測成績為 11.930 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=20.523，T 組=19.329

由表 4-3-8~4-3-10 可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念的效益，雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得統計上相等的學習效益。

另外，本研究亦採用 Cohen's d 分析法，來探討不同經驗攫取偏好之國中一年級學生在總結性評量各概念前後測作答的改善情形。從表 4-3-11 可以發現，

經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境，學習「染色體之意義及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個概念之學習效益均為高效果量(Cohen's $d=1.781$; Cohen's $d=0.924$; Cohen's $d=1.628$)，而經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體及其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念的效果量為中高效果量(Cohen's $d=0.579$; Cohen's $d=0.575$)、「減數分裂的意義與過程」則達高效果量(Cohen's $d=1.162$)。

表 4-3-11 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen's d 分析(n=53)

| 概念 | IWB(n=23) | | Cohen's d | T組 (n=30) | | Cohen's d |
|------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | |
| 染色體與其重要性 | 8.696 (4.358) | 17.391 (5.355) | 1.781 | 9.733 (4.919) | 12.933 (6.082) | 0.579 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 6.957 (3.581) | 11.652 (6.232) | 0.924 | 6.533 (3.792) | 9.067 (4.946) | 0.575 |
| 減數分裂的意義與過程 | 13.391 (5.088) | 25.565 (9.268) | 1.628 | 11.333 (4.853) | 18.267 (6.904) | 1.162 |
| 全部 | 29.043 (8.765) | 54.609 (18.895) | 1.736 | 27.600 (8.089) | 40.267 (12.562) | 1.199 |

另從表 4-3-12 則可發現，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境，學習「染色體及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個概念之學習效益均為高效果量(Cohen's $d=0.913$; Cohen's $d=0.943$; Cohen's $d=0.990$)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」者在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體及其重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念的效果量為高效果量(Cohen's $d=1.101$; Cohen's $d=1.227$)、「細胞分裂的意義與過程」概念則達中高效果量(Cohen's $d=0.537$)。

表 4-3-12 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen's *d* 分析(n=54)

| 概念 | IWB(n=27) | | Cohen's <i>d</i> | T組(n=27) | | Cohen's <i>d</i> |
|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | |
| 染色體之 意義與重 要性 | 10.222 (5.028) | 15.259 (5.967) | 0.913 | 9.185 (5.313) | 14.667 (4.619) | 1.101 |
| 細胞分裂 的意義與 過程 | 5.778 (4.400) | 10.667 (5.863) | 0.943 | 6.222 (5.028) | 8.889 (4.909) | 0.537 |
| 減數分裂 的意義與 過程 | 13.481 (5.672) | 21.333 (9.676) | 0.990 | 10.370 (5.471) | 18.519 (7.632) | 1.227 |
| 全部 | 29.481 (9.807) | 47.259 (18.120) | 1.220 | 25.778 (8.933) | 42.074 (12.383) | 1.509 |

由表 4-3-11~4-3-12 可以知道，整體而言，不同經驗攫取偏好之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之各子概念的學習效益均具有高效果量，而在傳統資訊融入教學環境下則僅有「減數分裂的意義與過程」概念具有高效果量，而「染色體及其重要性」概念與「細胞分裂的意義與過程」概念則具有中高以上之效果量，由此可知，本研究所設計之 IWB 數位教材以及傳統資訊融入教學之數位教材，在輔助不同經驗攫取偏好之國中一年級學生學習細胞分裂主題上具有中高效果量以上之效益。進一步分析發現，對於經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生，相較傳統資訊融入教學，IWB 數位教材對於輔助「染色體及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」概念學習之效益較佳；而對於經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，相較傳統資訊融入教學，IWB 數位教材對於輔助「細胞分裂的意義與過程」概念學習之效益較佳。

(2).不同「經驗轉換」偏好學生在總結性評量之各子概念的學習情形分析

a 經驗轉換偏好為「主動實驗」者

除此之外，為進一步瞭解經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在不同概念下的學習效益情形，本研究採用共變數分析，分析過程以「總結性評量各子概念之前測成績的總分」為共變量、「總結性評量各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生於各子概念之學習效益的情形。

經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之學習效益的分析結果如表 4-3-13，從表 4-3-13 可以知道，「『染色體與其重要性』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義($F=0.002, p>0.05$; $F=2.615, p>0.05$)，雖然，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在學習「染色體與其重要性」的概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體與其重要性」概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-13 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 0.046 | 1 | 0.046 | 0.002 | 0.966 |
| 資訊融入教學模式 | 64.678 | 1 | 64.678 | 2.615 | 0.111 |
| 誤差 | 1484.195 | 60 | 24.737 | | |
| 校正後總合 | 1549.714 | 62 | | | |

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績

^a在前測成績為 9.780 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=15.697，T 組=13.618

在「細胞分裂之意義與過程」概念之學習上，從表 4-3-14 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義($F=0.614, p>0.05$; $F=0.457, p>0.05$)，雖然，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在學習「細胞分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」的概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-14 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 15.542 | 1 | 15.542 | 0.614 | |
| 資訊融入教學模式 | 11.569 | 1 | 11.569 | 0.457 | 0.502 |
| 誤差 | 1518.262 | 60 | 25.304 | | |
| 校正後總合 | 1541.079 | 62 | | | |

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為 6.290 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=9.346，T 組=8.459

從表 4-3-15 可知，「『減數分裂的意義與重要性』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」因子，對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義($F=0.540, p>0.05$; $F=0.402, p>0.05$)，雖然，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在學習「減數分裂的意義與過程」的概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「減數分裂的意義與過程」的概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-15 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 34.152 | 1 | 34.152 | 0.540 | |
| 資訊融入教學模式 | 25.427 | 1 | 25.427 | 0.402 | 0.528 |
| 誤差 | 3793.491 | 60 | 63.225 | | |
| 校正後總合 | 3845.079 | 62 | | | |

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與重要性」概念的總結性評量前測成績^a在前測成績為11.940的前提下，調整後平均數為IWB組=19.371，T組=18.064

由表 4-3-13~4-3-15 可知，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」的效益雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得相同的學習效益。

b 經驗轉換偏好為「省思觀察」者

為深入瞭解經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在不同概念下之學習效益情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「總結性評量各主概念之前測成績的總分」為共變量、「總結性評量各主概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗獲取偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於各主概念之學習效益的情形。

經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之學習效益的分析結果如表 4-3-16，由表 4-3-16 可以知道，「『染色體與其重要性』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義($F=1.568, p>0.05$; $F=1.083, p>0.05$)，雖然，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在學習「染色體與其重要性」的概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得

佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體與其重要性」概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-16 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 70.113 | 1 | 70.113 | 1.568 | 0.218 |
| 資訊融入教學模式 | 48.433 | 1 | 48.433 | 1.083 | 0.304 |
| 誤差 | 1833.220 | 41 | 46.214 | | |
| 校正後總合 | 1990.909 | 43 | | | |

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為9.090的前提下，調整後平均數為IWB組=16.535，T組=14.358

在「細胞分裂的意義與過程」概念之學習上，從表 4-3-17 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」均不具有顯著意義(F=0.008, p>0.05; F=3.236, p>0.05)，雖然，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在學習「細胞分裂的意義與過程」的概念，於 IWB 融入教學環境中學得較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」的概念具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-17 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|---------|------------------|-------|
| 前測成績 | 0.286 | 1 | 0.286 | 0.008 | 0.929 |
| 資訊融入教學模式 | 116.057 | 1 | 116.057 | 3.236 | 0.079 |
| 誤差 | 1470.248 | 41 | 35.860 | | |
| 校正後總合 | 1594.182 | 43 | | | |

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為6.450的前提下，調整後平均數為IWB組=13.151，T組=9.819

「減數分裂的意義與過程」概念之學習結果則如表 4-3-18，從表 4-3-18 可以知道，「『減數分裂的意義與重要性』概念之總結性評量前測成績」對於「『減數分裂的意義與重要性』概念之總結性評量後測成績」具有顯著意義($F=5.322$, $p<0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「『減數分裂的意義與過程』概念之總結性評量後測成績」亦具有顯著意義($F=7.067$, $p<0.05$)，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在學習「減數分裂的意義與過程」概念，於 IWB 融入教學環境中學得顯著較傳統資訊融入教學環境來得佳。

表 4-3-18 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於總結性評量之「減數分裂的意義與重要性」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | Post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 345.675 | 1 | 345.675 | 5.322* | |
| 資訊融入教學模式 | 458.964 | 1 | 458.964 | 7.067* | IWB>T |
| 誤差 | 2662.858 | 41 | 64.948 | | |
| 校正後總合 | 3866.182 | 43 | | | |

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與重要性」概念的總結性評量前測成績
^a在前測成績為12.270的前提下，調整後平均數為IWB組=26.763，T組=19.884

由表 4-3-16~4-3-18 可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中，學習「減數分裂的意義與過程」概念的效益顯著較傳統資訊融入教學環境來得好；而「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念之學習，雖以 IWB 融入教學能提供經驗轉換偏好為「省思觀察」之國

中一年級學生較佳之學習效益，但未達顯著水準，因此兩種資訊融入教學環境能提供經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生統計上相同的學習效益。

除此之外，本研究亦採用 Cohen's d 分析法，來探討不同經驗轉換偏好之國中一年級學生在總結性評量各概念前後測作答的改善情形。從表 4-3-19 可以發現，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個概念之學習效益均為高效果量(Cohen's $d = 1.360$; Cohen's $d = 0.950$; Cohen's $d = 0.959$)，而經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體與其重要性」概念的效果量為中高效果量(Cohen's $d = 0.654$)、「細胞分裂的意義與過程」為中效果量(Cohen's $d = 0.346$)、「減數分裂的意義與過程」概念則達高效果量(Cohen's $d = 1.040$)。

表 4-3-19 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen's d 分析(n=63)

| 概念 | IWB(n=26) | | Cohen's d | T組(n=37) | | Cohen's d |
|------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | |
| 染色體與其重要性 | 8.923 (5.240) | 15.692 (4.697) | 1.360 | 10.378 (4.901) | 13.622 (4.961) | 0.654 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 5.385 (3.127) | 9.231 (4.806) | 0.950 | 6.919 (4.327) | 8.541 (5.022) | 0.346 |
| 減數分裂的意義與過程 | 12.923 (5.121) | 19.231 (7.767) | 0.959 | 11.243 (5.247) | 18.162 (7.814) | 1.040 |
| 全部 | 27.231 (9.545) | 44.154 (14.141) | 1.403 | 28.541 (8.116) | 40.324 (12.032) | 1.148 |

另從表4-3-20則可發現，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在IWB融入教學環境，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個概念之學習效益均為高效果量(Cohen's $d = 1.191$; Cohen's $d = 1.019$; Cohen's $d = 1.718$)，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」概念的效果量亦均為高效果量(Cohen's $d = 1.083$; Cohen's $d = 0.969$; Cohen's $d = 1.548$)。

表 4-3-20 經驗攫取偏好為「省思觀察」學生於細胞分裂主題各子概念之學習效益的 Cohen's d 分析(n=44)

| 概念 | IWB(n=24) | | Cohen's d | T組(n=20) | | Cohen's d |
|------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | | 前測 (平均/SD) | 後測 (平均/SD) | |
| 染色體與其重要性 | 10.167 (4.160) | 15.259 (5.967) | 1.191 | 7.800 (4.976) | 14.667 (4.619) | 1.083 |
| 細胞分裂的意義與過程 | 5.778 (4.400) | 10.667 (5.863) | 1.019 | 6.222 (5.028) | 8.889 (4.909) | 0.969 |
| 減數分裂的意義與過程 | 14.000 (5.657) | 21.333 (9.676) | 1.718 | 10.200 (4.976) | 18.519 (7.632) | 1.548 |
| 全部 | 29.481 (9.807) | 47.259 (18.120) | 1.652 | 25.778 (8.933) | 42.074 (12.383) | 1.738 |

由表 4-3-19~4-3-20 可以知道，整體而言，不同經驗轉換偏好之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境，學習細胞分裂主題之學習效益均為高效果量，而在傳統資訊融入教學環境下，除「細胞分裂的意義與重要性」概念之學習外，均達中高以上之效果量，由此可知，本研究所設計之 IWB 數位教材以及傳統資訊融入教學之數位教材，在輔助不同經驗轉換偏好之學習者學習細胞分裂主題上具有

一定程度之效益。進一步分析發現，對於經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生，相較傳統資訊融入教學，IWB 數位教材對於輔助「細胞分裂的意義與過程」概念學習之效益較佳；而對於經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生，IWB 數位教材與傳統資訊融入教學之數位教材，對於各概念之學習輔助均有高效果量。

(二) TDTCD 問卷之分析

為探究不同學習風格之國中一年級學生在經過不同資訊融入教學模式的教學後其概念改變之情形，本研究針對學生之 TDTCD 問卷的前、後測作答情形進行共變數分析，來瞭解不同學習風格學生的概念改變情形，分析結果如下：

1. TDTCD 問卷之整體性分析

(1) 不同「經驗攫取」偏好學生之 TDTCD 問卷的分析

a 經驗攫取偏好為「具體經驗」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在經過不同資訊融入教學後的概念改變情形，本研究採用 TDTCD 問卷之前、後測進行共變數分析，分析過程以「TDTCD 問卷前測成績」為共變量、「TDTCD 問卷後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的概念改變情形，分析結果如表 4-3-21 所示。由表 4-3-21 可知，「TDTCD 問卷前測成績」對於「TDTCD 問卷後測成績」不具有顯著意義($F=3.771, p>0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=14.641, p<0.01$)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之概念改變情形，顯著優於 T 組學生，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下學習後，其概念改變情形顯著優於在傳統資訊融入教學環境下的學習者。

表 4-3-21 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|----------|
| 前測成績 | 34.670 | 1 | 34.670 | 3.771 | |
| 資訊融入教學模式 | 134.666 | 1 | 134.666 | 14.641** | IWB>T |
| 誤差 | 459.753 | 50 | 9.195 | | |
| 校正後總合 | 646.981 | 52 | | | |

**p<0.01

前測成績：TDTCD問卷前測成績

^a在前測成績為3.960的前提下，調整後平均數為IWB組=7.851，T組=4.614

b 經驗攫取偏好為「抽象概念」者

另外，本研究亦針對經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 TDTCD 問卷的前、後測作答情形進行共變數分析，分析過程採用「TDTCD 問卷前測成績」為共變量、「TDTCD 問卷後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的概念改變情形，分析結果如表 4-3-22 所示。由表 4-3-22 可以知道，「TDTCD 問卷前測成績」對於「TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義(F=8.522, p<0.01)，「資訊融入教學模式」因子對於「TDTCD 問卷後測成績」則不具有顯著意義(F=1.390, p>0.05)，雖然經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習後，其概念改變的情形較傳統資訊融入教學佳，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在不同資訊融入教學環境下，學習細胞分裂主題後的概念改變情形在統計上是相同的。

表 4-3-22 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 85.285 | 1 | 85.285 | 8.522** | |
| 資訊融入教學模式 | 13.909 | 1 | 13.909 | 1.390 | 0.244 |
| 誤差 | 510.419 | 51 | 10.008 | | |
| 校正後總合 | 606.370 | 53 | | | |

**p<0.01

前測成績：TDTCD問卷前測成績

^a在前測成績為 4.090 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=6.767，T 組=5.751

(2)不同「經驗轉換」偏好學生之 TDTCD 問卷的分析

a 經驗轉換偏好為「主動實驗」者

除此之外，為進一步瞭解不同經驗轉換偏好之國中一年級學生，在不同資訊融入教學環境下之概念改變情形，本研究亦針對不同經驗轉換偏好學生之 TDTCD 問卷進行共變數分析。本研究先針對經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生的 TDTCD 問卷前、後測作答情形進行共變數分析，分析過程採用「TDTCD 問卷前測成績」為共變量、「TDTCD 問卷後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下的概念改變情形，分析結果如表 4-3-23 所示。由表 4-3-23 可知，「TDTCD 問卷前測成績」對於「TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=6.752, p<0.05$)，「資訊融入教學模式」因子對於「TDTCD 問卷後測成績」亦具有顯著意義($F=15.324, p<0.01$)，由此可知，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習後，其概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學佳，換言之，相較於傳統資融入教學環境下，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學之環境中，學習細胞分裂這個主題能獲得顯著較佳之概念改變情形。

表 4-3-23 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | Pos Hoc |
|----------|------------|---------|---------|------------------|---------|
| 前測成績 | 58.026 | 1 | 58.026 | 6.752* | |
| 資訊融入教學模式 | 131.697 | 1 | 131.697 | 15.324** | IWB>T |
| 誤差 | 515.655 | 60 | 8.594 | | |
| 校正後總合 | 686.857 | 62 | | | |

*p<0.05; **p<0.01

前測成績：TDTCD問卷前測成績

^a在前測成績為3.810的前提下，調整後平均數為IWB組=7.023，T組=4.065

b 經驗轉換為「省思觀察」者

本研究亦針對經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在 TDTCD 問卷的作答情形進行共變數分析，分析過程採用「TDTCD 問卷前測成績」為共變量、「TDTCD 問卷後測成績」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下學習後的概念改變情形，分析結果如表 4-3-24 所示。由表 4-3-24 可知，「TDTCD 問卷前測成績」對於「TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義(F=6.790, p<0.05)，「資訊融入教學模式」因子對於「TDTCD 問卷後測成績」不具有顯著意義(F=0.056, p>0.05)，由此可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在不同資訊融入教學模式下，學習細胞分裂這個主題上能獲得統計上相同的概念改變情形。

表 4-3-24 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生之 TDTCD 問卷的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 63.925 | 1 | 63.925 | 6.790* | |
| 資訊融入教學模式 | 0.526 | 1 | 0.526 | 0.056 | 0.814 |
| 誤差 | 385.983 | 41 | 9.414 | | |
| 校正後總合 | 456.182 | 43 | | | |

*p<0.05

前測成績：TDTCD問卷前測成績

^a在前測成績為4.340的前提下，調整後平均數為IWB組=7.466，T組=7.241

從表 4-3-21~表 4-3-24 可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生以及經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題後，其概念改變的效益顯著較傳統資訊融入教學佳，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生以及經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，雖然在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題後，其概念改變之效益較傳統資訊融入教學來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生以及經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在這兩種資訊融入教學環境下學習後，可獲得統計上相同之概念改變的效益。

2. TDTCD 問卷各子概念之分析

(1)不同「經驗攫取」偏好學生在 TDTCD 問卷之各子概念的學習情形分析

a 經驗攫取偏好為「具體經驗」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在不同概念下的概念改變情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「TDTCD 問卷各子概念之前測成績的總分」為共變量、「TDTCD 問卷各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生於各子概念之概念改變的情形。

經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之概念改變情形的分析結果如表 4-3-25，從表 4-3-25 可以知道，「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『染色體之意義與重要性』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=13.144, p<0.01$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=12.786, p<0.01$)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之概念改變情形，顯著優於 T 組學生，換言之，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中學習「染色體與其重要性」之概念後，獲得概念改變之情形顯著較佳。

表 4-3-25 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 18.385 | 1 | 18.385 | 13.144** | |
| 資訊融入教學模式 | 17.885 | 1 | 17.885 | 12.786** | IWB>T |
| 誤差 | 69.938 | 50 | 1.399 | | |
| 校正後總合 | 113.472 | 52 | | | |

** $p<0.01$

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績

^a在前測成績為 1.110 調整後平均數為 IWB 組=2.843，T 組=1.654

而在「細胞分裂的意義與過程」概念之概念改變情形則如表 4-3-26，從表 4-3-26 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」不具有顯著意義($F=0.056, p>0.05$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=10.881, p<0.01$)，由此可知，相較於傳統資訊融入教學環境下，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中學習「細胞分裂的意義與過程」概念後，其概念改變的情形顯著較佳。

表 4-3-26 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 0.109 | 1 | 0.109 | 0.056 | |
| 資訊融入教學模式 | 21.174 | 1 | 21.174 | 10.881** | IWB>T |
| 誤差 | 97.304 | 50 | 1.946 | | |
| 校正後總合 | 118.830 | 52 | | | |

**p<0.01

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績
^a在前測成績為 1.750 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.780，T 組=1.502

在「減數分裂的意義與過程」概念的學習則如表 4-3-27，從表 4-3-27 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」，對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」均具有顯著意義(F=10.086, p<0.01; F=7.090, p<0.01)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之概念改變情形顯著優於 T 組學生，換言之，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生學習「減數分裂的意義與過程」概念後，其概念改變的情形顯著較佳。

表 4-3-27 經驗攫取偏好為「具體經驗」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與重要性」的共變數分析摘要表(n=53)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 10.638 | 1 | 10.638 | 10.086** | |
| 資訊融入教學模式 | 7.479 | 1 | 7.479 | 7.090** | IWB>T |
| 誤差 | 52.741 | 50 | 1.055 | | |
| 校正後總合 | 70.717 | 52 | | | |

**p<0.01

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績
^a在前測成績為 1.090 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.221，T 組=1.464

由表 4-3-25~4-3-27 可知，相較於傳統資訊融入教學環境下，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中，學習細胞分裂主題之「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」這三個概念的概念改變情形顯著較佳。

b 經驗攫取偏好為「抽象概念」者

為深入瞭解經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在不同概念下之概念改變情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「TDTCD 問卷各子概念之前測成績的總分」為共變量、「TDTCD 問卷各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生於各子概念的概念改變情形。

經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之概念改變情形的分析結果如表 4-3-28，由表 4-3-28 可以知道，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學環境中，「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」因子，對於「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷的後測成績」均不具有顯著意義($F=3.543, p>0.05$; $F=0.287, p>0.05$)，雖然，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在學習「染色體與其重要性」概念，於 IWB 融入教學環境中獲得概念改變的情形，較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種數位學習環境下，學習「染色體與其重要性」概念後，其概念改變情形具有統計上相等的效益。

表 4-3-28 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 6.564 | 1 | 6.564 | 3.543 | 0.065 |
| 資訊融入教學模式 | 0.531 | 1 | 0.531 | 0.287 | 0.595 |
| 誤差 | 94.473 | 51 | 1.852 | | |
| 校正後總合 | 101.333 | 53 | | | |

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.260 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.322，T 組=2.123

在「細胞分裂的意義與過程」概念之學習上，從表 4-3-29 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」均不具有顯著意義($F=1.549, p>0.05$; $F=1.182, p>0.05$)，雖然，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生於 IWB 融入教學環境中，學習「細胞分裂的意義與過程」概念後獲得概念改變情形較佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」概念後的概念改變情形具有統計上相等的效益。

表 4-3-29 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 3.349 | 1 | 3.349 | 1.549 | 0.219 |
| 資訊融入教學模式 | 2.555 | 1 | 2.555 | 1.182 | 0.282 |
| 誤差 | 110.281 | 51 | 2.162 | | |
| 校正後總合 | 115.870 | 53 | | | |

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.500 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.459，T 組=2.023

「減數分裂的意義與過程」概念之概念改變情形的分析結果則如表 4-3-30，從表 4-3-30 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」均不具有顯著意義($F=0.358, p>0.05$; $F=0.858, p>0.05$)，雖然經驗攫取

偏好為「抽象概念」之學生在學習「減數分裂的意義與過程」概念，於IWB融入教學環境中獲得概念改變情形較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習「減數分裂的意義與過程」概念後，獲得概念改變的情形具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-30 經驗攫取偏好為「抽象概念」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=54)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 0.954 | 1 | 0.594 | 0.358 | 0.553 |
| 資訊融入教學模式 | 1.425 | 1 | 1.425 | 0.858 | 0.359 |
| 誤差 | 84.666 | 51 | 1.660 | | |
| 校正後總合 | 86.759 | 53 | | | |

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績^a在前測成績為 1.330 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=1.959，T 組=1.634

由表 4-3-28~4-3-30 可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念後，獲得概念改變的情形雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境學習後，均能獲得統計上相同之概念改變的效益。

(2) 不同「經驗轉換」偏好學生在 TDTCD 問卷之各子概念的學習情形分析

a 經驗轉換偏好為「主動實驗」者

為深入瞭解經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在不同概念下的概念改變情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「TDTCD 問卷各子概念之前測成績的總分」為共變量、「TDTCD 問卷各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生於各子概念之概念改變的情形。

經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之概念改變情形的分析結果如表 4-3-31，從表 4-3-31 可以知道，「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『染色體之意義與重要性』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=7.094, p<0.05$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=7.381, p<0.01$)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之概念改變情形，顯著優於 T 組學生，換言之，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中學習「染色體與其重要性」之概念後，獲得概念改變之情形顯著較佳。

表 4-3-31 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 10.868 | 1 | 10.868 | 7.094* | |
| 資訊融入教學模式 | 11.381 | 1 | 11.381 | 7.429** | IWB>T |
| 誤差 | 91.914 | 60 | 1.532 | | |
| 校正後總合 | 113.079 | 62 | | | |

* $p<0.05$; ** $p<0.01$

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的總結性評量前測成績

^a在前測成績為 0.980 調整後平均數為 IWB 組=2.333，T 組=1.469

而在「細胞分裂的意義與過程」概念之概念改變情形則如表 4-3-32，從表 4-3-32 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」不具有顯著意義($F=1.350, p>0.05$)，而「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義($F=14.398, p<0.01$)，由此可知，相較於傳統資訊融入教學環境下，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中學習「細胞分裂的意義與過程」概念後，其概念改變的情形顯著較佳。

表 4-3-32 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 2.317 | 1 | 2.317 | 1.350 | |
| 資訊融入教學模式 | 24.706 | 1 | 24.706 | 14.398** | IWB>T |
| 誤差 | 102.955 | 60 | 1.716 | | |
| 校正後總合 | 127.937 | 62 | | | |

**p<0.01

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績
^a在前測成績為 1.520 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.509，T 組=1.120

在「減數分裂的意義與過程」概念的學習則如表 4-3-33，從表 4-3-33 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」不具有顯著意義(F=1.882, p>0.05)，而「資訊融入教學模式」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」具有顯著意義(F=5.002, p<0.05)，接著進行事後分析，發現 IWB 組學生之概念改變情形顯著優於 T 組學生，換言之，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生學習「減數分裂的意義與過程」概念後，其概念改變的情形顯著較佳。

表 4-3-33 經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 TDTCD 問卷之「減數分裂的意義與重要性」的共變數分析摘要表(n=63)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | post hoc |
|----------|------------|---------|--------|------------------|----------|
| 前測成績 | 2.546 | 1 | 2.546 | 1.882 | |
| 資訊融入教學模式 | 6.769 | 1 | 6.769 | 5.002* | IWB>T |
| 誤差 | 81.188 | 60 | 1.353 | | |
| 校正後總合 | 90.857 | 62 | | | |

*p<0.05

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績
^a在前測成績為 1.300 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.106，T 組=1.439

由表 4-3-31~4-3-33 可知，相較於傳統資訊融入教學環境下，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中，學習細胞分裂主題

之「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」這三個概念的概念改變情形顯著較佳。

b 經驗轉換偏好為「省思觀察」者

為深入瞭解經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在不同概念下之概念改變情形，本研究亦採用共變數分析，分析過程以「TDTCD 問卷各子概念之前測成績的總分」為共變量、「TDTCD 問卷各子概念之後測成績的總分」為應變量、「資訊融入教學模式」為固定因子，來探究經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於各子概念的概念改變情形。

經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於「染色體與其重要性」概念之概念改變情形的分析結果如表 4-3-34，由表 4-3-34 可以知道，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在 IWB 融入教學環境中，「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷前測成績」對於「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷的後測成績」具有顯著意義($F=5.039, p<0.05$)，而「資訊融入教學模式」因子對於「『染色體與其重要性』概念之 TDTCD 問卷的後測成績」不具有顯著意義($F=0.599, p>0.05$)，雖然，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在學習「染色體與其重要性」概念，於 IWB 融入教學環境中獲得概念改變的情形，較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種數位學習環境下，學習「染色體與其重要性」概念後，其概念改變情形具有統計上相等的效益。

表 4-3-34 經驗轉換偏好為「省思觀察」學生於 TDTCD 問卷之「染色體與其重要性」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 8.628 | 1 | 8.628 | 5.039* | |
| 資訊融入教學模式 | 1.025 | 1 | 1.025 | 0.599 | 0.443 |
| 誤差 | 70.205 | 41 | 1.712 | | |
| 校正後總合 | 80.727 | 43 | | | |

*p<0.05

前測成績：細胞分裂之「染色體與其重要性」概念的 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.480 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.868，T 組=2.559

在「細胞分裂的意義與過程」概念之學習上，從表 4-3-35 可以知道，「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『細胞分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷後測成績」均不具有顯著意義(F=0.290, p>0.05; F=0.000, p>0.05)，雖然，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生於 IWB 融入教學環境中，學習「細胞分裂的意義與過程」概念後獲得概念改變情形較佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習「細胞分裂的意義與過程」概念後的概念改變情形具有統計上相等的效益。

表 4-3-35 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 0.581 | 1 | 0.581 | 0.290 | 0.593 |
| 資訊融入教學模式 | 0.001 | 1 | 0.001 | 0.000 | 0.985 |
| 誤差 | 82.119 | 41 | 2.003 | | |
| 校正後總合 | 82.727 | 43 | | | |

前測成績：細胞分裂之「細胞分裂的意義與過程」概念的 TDTCD 問卷前測成績

^a在前測成績為 1.770 的前提下，調整後平均數為 IWB 組=2.724，T 組=2.732

「減數分裂的意義與過程」概念之概念改變情形的分析結果則如表 4-3-36，從表 4-3-36 可以知道，「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷前測成績」與「資訊融入教學模式」對於「『減數分裂的意義與過程』概念之 TDTCD 問卷

後測成績」均不具有顯著意義($F=4.056, p>0.05$; $F=0.506, p>0.05$)，雖然經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在學習「減數分裂的意義與過程」概念，於IWB融入教學環境中獲得概念改變情形較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準，因此，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習「減數分裂的意義與過程」概念後，獲得概念改變的情形具有統計上相等的學習效益。

表 4-3-36 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生於 TDTCD 問卷之「細胞分裂的意義與過程」概念的共變數分析摘要表(n=44)

| 變異來源 | 離均差平方和(SS) | 自由度(df) | 均方(MS) | F 值 ^a | P 值 |
|----------|------------|---------|--------|------------------|-------|
| 前測成績 | 5.825 | 1 | 5.825 | 4.056 | 0.051 |
| 資訊融入教學模式 | 0.727 | 1 | 0.727 | 0.506 | 0.481 |
| 誤差 | 58.884 | 41 | 1.436 | | |
| 校正後總合 | 65.636 | 43 | | | |

前測成績：細胞分裂之「減數分裂的意義與過程」概念的TDTCD問卷前測成績^a在前測成績為1.090的前提下，調整後平均數為IWB組=2.027，T組=1.768

由表 4-3-34~4-3-36 可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念後，獲得概念改變的情形雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得統計上相等的概念改變情形。

二、不同學習風格學習者之學習感受調查分析

(一) 學習環境感受—CMLES 問卷分析

1. CMLES 問卷之整體性分析

本研究為深入探討不同學習風格之國中一年級學生，在不同資訊融入教學環境下學習後的學習感受，而以其 CMLES 問卷之填答情形作為其學習後的感受情形。首先，本研究先針對不同「經驗攫取」偏好與「經驗轉換」偏好之國中一年級學生，在 CMLES 問卷之填答總分進行獨立樣本 t 檢定，研究發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，在 IWB 融入細胞分裂主題教學之環境中學習後，對其學習環境之感受雖然較傳統資訊融入教學環境來得正向，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生對於 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之學習環境的感受沒有顯著差異($t=1.163$, $p>0.05$)；然而，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，在 IWB 融入教學環境下，其學習環境之感受顯著較傳統資訊融入教學環境者來得佳($t=3.073$, $p<0.01$)，由此可知，「經驗攫取」偏好為「抽象概念」之國中一年級學生較偏好 IWB 融入教學之學習環境，同時也認為該學習環境較屬於建構式教學環境。

除此之外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，對於 IWB 所建置之學習環境的感受雖然較傳統資訊融入教學環境來得佳，但未達顯著水準($t=1.944$, $p>0.05$)，另外，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，對於 IWB 所建置之學習環境的感受雖然也較傳統資訊融入教學環境來得佳，但亦未達顯著水準($t=1.623$, $p>0.05$)，換言之，「經驗轉換」偏好無論為「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生，對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。

2.CMLES 問卷各分量表之分析：

另外，本研究為深入探討不同學習風格之國中一年級學生對於 CMLES 問卷各分量表之感受情形，進一步針對不同學習風格學生，對於 CMLES 問卷中「學習溝通」、「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」以及「挑戰性」六個分量表之逐題填答情形與分量表之填答總分進行獨立樣本 t 檢定，以探究不同學習風格學生對於其學習環境中各向度的學習感受情形。分析結果如下：

(1).「學習溝通」子調查表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-37 可以知道，不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生對於這兩種資訊融入教學環境在學習溝通分向度上的感受是相同的。但是，在各題項之分析上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境較傳統資訊融入教學環境，讓他們有機會和其他學生交談、同學之間會互相討論如何進行探究並解釋想法，但在統計上未達顯著水準，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於 IWB 融入教學環境與傳統資訊融入教學環境於「學習溝通」分量表的學習感受，在統計上是相同的 ($t=0.528, p>0.05$)。另外，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，在 IWB 融入教學環境下學習後，則相較於傳統資訊融入教學環境者，更認為 IWB 所建構之學習環境能讓他們和同學討論如何進行探究，除此之外，在其他題項與整體作答而言，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，雖然傾向於認為 IWB 融入教學讓他們有機會和其他學生交談並與同學互相討論與解釋，但在統計上未達顯著水準 ($t=1.830, p>0.05$)。

表 4-3-37 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 我有機會跟其他學生交談。 | 3.739 (1.054) | 3.667 (1.241) | 0.225 | 3.519 (1.051) | 3.407 (1.118) | 0.376 |
| 我和其他學生討論如何進行探究。 | 3.870 (1.014) | 3.533 (1.306) | 1.021 | 3.407 (0.971) | 2.889 (0.892) | 2.044* |
| 我要其他學生解釋他們的想法。 | 3.217 (0.902) | 3.133 (1.351) | 0.267 | 3.037 (1.018) | 2.444 (1.155) | 2.000 |
| 其他學生要我解釋我的想法。 | 3.217 (0.902) | 3.033 (1.351) | 0.563 | 2.926 (0.958) | 2.370 (1.245) | 1.838 |
| 其他學生和我討論他們的想法。 | 3.348 (0.885) | 3.300 (1.393) | 0.152 | 3.222 (1.086) | 2.889 (1.251) | 1.046 |
| 總分 | 17.391 (3.738) | 16.667 (5.701) | 0.528 | 16.111 (4.154) | 14.000 (4.323) | 1.830 |

*p<0.05

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-38 可以知道，在學習溝通之面向上，經驗轉換無論是「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生，對於這兩種數位學習環境之感受都是相同。在各題項之分析上，無論經驗轉換偏好為「主動經驗」或「省思觀察」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境較傳統資訊融入教學環境，讓他們有機會和其他同學討論如何進行探究互相解釋想法，但在統計上未達顯著水準，此外，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生雖然認為傳統資訊融入教學環境較 IWB 融入教學環境，更能提供機會讓他們和同學交談，但在統計上亦未達顯著水準，換言之，不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生對於 IWB 融入教學環境與傳統資訊融入教學環境，於學習溝通分量表的學習感受在統計上是相同的($t=1.112, p>0.05$; $t=0.917, p>0.05$)。

表 4-3-38 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | t 值 | 省思觀察(n=44) | | t 值 |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | |
| 我有機會跟其他學生交談。 | 3.885 (0.993) | 3.649 (1.160) | 0.842 | 3.333 (1.049) | 3.350 (1.226) | -0.049 |
| 我和其他學生討論如何進行探究。 | 3.500 (1.030) | 3.270 (1.146) | 0.816 | 3.750 (0.989) | 3.150 (1.226) | 1.798 |
| 我要其他學生解釋他們的想法。 | 3.115 (0.952) | 2.757 (1.234) | 1.244 | 3.125 (0.992) | 2.900 (1.483) | 0.579 |
| 其他學生要我解釋我的想法。 | 3.038 (0.999) | 2.730 (1.326) | 1.053 | 3.083 (0.881) | 2.700 (1.380) | 1.073 |
| 其他學生和我討論他們的想法。 | 3.269 (0.919) | 3.108 (1.370) | 0.559 | 3.292 (1.083) | 3.100 (1.294) | 0.535 |
| 總分 | 16.808 (3.784) | 15.514 (5.009) | 1.112 | 16.583 (4.262) | 15.200 (5.736) | 0.917 |

(2).「學習探究」分量表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-39 可以知道，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生對於這兩種資訊融入教學環境，在「學習探究」面向上的感受是相同的($t=1.103$, $p>0.05$)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，則對於 IWB 融入教學環境有顯著較為正向的感受($t=2.265$, $p<0.05$)。在各題項之分析上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境較傳統資訊融入教學環境，讓他們藉由研究發現問題的答案、進行研究來驗證其想法、進行後續研究為新問題找到答案、為自己設計研究問題的方法並從不同的角度處理問題，但在統計上未達顯著水準，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生對於 IWB 融入教學環境與傳統資訊融入教學環境於「學習探究」分量表的學習感受，在統計上是相同的。然而，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，在 IWB 融入教學環境下學習後，相較於傳統資訊融入教學環境者，更認為

IWB 所建構之學習環境能讓他們藉由研究發現問題、進行研究來驗證其想法、進行後續研究為新問題找到答案。

表 4-3-39 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 我藉由研究發現問題的答 案。 | 3.522 (0.846) | 3.067 (1.363) | 1.405 | 3.370 (1.006) | 2.630 (1.115) | 2.564* |
| 我進行研究以驗證我的想 法。 | 3.304 (1.063) | 3.033 (1.326) | 0.802 | 3.148 (0.949) | 2.556 (1.050) | 2.176* |
| 我進行後續研究為新的問 題找到答案。 | 3.348 (1.027) | 3.100 (1.373) | 0.723 | 3.296 (0.953) | 2.556 (1.086) | 2.663* |
| 我為自己設計研究問題的 方法。 | 3.304 (1.020) | 2.867 (1.383) | 1.274 | 2.963 (1.160) | 2.519 (1.051) | 1.475 |
| 我從不同的角度處理問題。 | 3.348 (1.152) | 3.133 (1.167) | 0.667 | 3.407 (0.844) | 3.000 (1.301) | 1.365 |
| 總分 | 16.826 (4.141) | 15.200 (6.065) | 1.103 | 16.185 (4.225) | 13.259 (5.215) | 2.265* |

*p<0.05

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-40 可以知道，在「學習探究」之面向上，經驗轉換偏好為「主動經驗」之國中一年級學生，對於 IWB 融入教學環境的學習感受顯著較傳統資訊融入教學來得佳($t=2.214, p<0.05$)；然而，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則在 IWB 融入教學環境下學習後，其於「學習探究」面向上的感受，在統計上與傳統資訊融入教學環境是相同的($t=0.427, p>0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生顯著地認為 IWB 融入教學的學習環境，能讓他們藉由研究發現問題的答
案，除此之外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生雖傾向於認為 IWB 融入教
學環境，更能讓他們進行研究來驗證其想法、進行後續研究為新問題找到答案、

為自己設計研究問題的方法並從不同的角度處理問題，但均未達顯著水準。

表 4-3-40 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | t 值 | 省思觀察(n=44) | | t 值 |
|-----------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | |
| 我藉由研究發現問題的答 案。 | 3.192 (0.895) | 2.568 (1.094) | 2.400* | 3.708 (0.908) | 3.400 (1.392) | 0.851 |
| 我進行研究以驗證我的想 法。 | 3.038 (0.999) | 2.541 (1.070) | 1.868 | 3.417 (0.974) | 3.300 (1.342) | 0.334 |
| 我進行後續研究為新的問 題找到答案。 | 3.154 (0.967) | 2.622 (1.187) | 1.887 | 3.500 (0.978) | 3.250 (1.333) | 0.717 |
| 我為自己設計研究問題的 方法。 | 3.000 (2.432) | 1.020 (1.168) | 1.999 | 3.250 (1.189) | 3.200 (1.240) | 0.136 |
| 我從不同的角度處理問題。 | 3.308 (1.011) | 2.838 (1.167) | 1.661 | 3.458 (0.977) | 3.500 (1.235) | -0.125 |
| 總分 | 15.692 (4.164) | 13.000 (5.121) | 2.214* | 17.333 (4.061) | 16.650 (6.115) | 0.427 |

*p<0.05

(3).「學習思考」分量表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-41 可以知道，在「學習思考」這個向度的感受上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上是相同的($t=1.447, p>0.05$)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，則以 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.460, p<0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，讓他們更會批判反省自己所理解的事物，除此之外，雖然經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境，讓他們更會謹慎思考自己的學習方式、批判思考自己的想法、學習具有質疑的態度並學習成為一個更好的學習

者，但未達顯著水準。而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，更能讓他們學習具有質疑的態度、批判反省自己所理解的事物，而其他題項上的感受則無顯著差異。

表 4-3-41 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|---------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 我會謹慎思考自己的學習方式 | 3.565 (1.161) | 3.333 (1.213) | 0.703 | 3.667 (1.038) | 3.074 (1.174) | 1.965 |
| 我會批判思考自己的想法 | 3.652 (1.027) | 3.367 (1.129) | 0.948 | 3.741 (1.095) | 3.148 (1.292) | 1.818 |
| 我會學習具有質疑的態度 | 3.435 (1.080) | 3.067 (1.202) | 1.154 | 3.593 (0.931) | 2.926 (1.072) | 2.441* |
| 我會學習如何成為一個更好的學習者 | 3.652 (1.071) | 3.200 (1.186) | 1.434 | 3.667 (1.177) | 3.259 (1.130) | 1.298 |
| 我會批判反省自己所理解的事物 | 3.696 (1.020) | 3.033 (1.273) | 2.042* | 3.926 (0.917) | 2.889 (1.311) | 3.369** |
| 總分 | 18.000 (4.602) | 16.000 (5.259) | 1.447 | 18.593 (4.308) | 15.296 (5.469) | 2.460* |

*p<0.05; **p<0.01

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-42 可以知道，在「學習思考」這個向度的感受上，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，以 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.024$, $p<0.05$)，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生則在這兩種學習環境下的感受是相同的($t=1.453$, $p<0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，讓他們更會學習具有質疑的態度，除此之外，雖然經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境，讓他們更會謹慎思考自己的學習方式、

批判思考自己的想法、學習如何成為一個更好的學習者並批判反省自己所理解的事物，但未達顯著水準。而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，更能讓他們批判反省自己所理解的事物，而其他題項上的感受則無顯著差異。

表 4-3-42 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | | 省思觀察(n=44) | | |
|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | t 值 | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | t 值 |
| 我會謹慎思考自己的學習方式 | 3.385 (1.203) | 3.054 (1.201) | 1.075 | 3.875 (0.900) | 3.500 (1.147) | 1.215 |
| 我會批判思考自己的想法 | 3.462 (1.140) | 3.108 (1.125) | 1.221 | 3.958 (0.908) | 3.550 (1.317) | 1.174 |
| 我會學習具有質疑的態度 | 3.423 (1.027) | 2.838 (1.167) | 2.057* | 3.625 (0.970) | 3.300 (1.031) | 1.076 |
| 我會學習如何成為一個更好的學習者 | 3.423 (1.172) | 3.000 (1.080) | 1.478 | 3.917 (1.018) | 3.650 (1.182) | 0.804 |
| 我會批判反省自己所理解的事物 | 3.808 (1.059) | 2.865 (1.273) | 3.096 | 3.833 (0.868) | 3.150 (1.309) | 2.071* |
| 總分 | 17.500 (4.958) | 14.865 (5.176) | 2.024* | 19.208 (3.623) | 17.150 (5.402) | 1.453 |

*p<0.05

(4).「相關性」分量表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-43 可以知道，在「相關性」這個向度的感受上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上是相同的($t=0.373, p>0.05$)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，則以 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.417, p<0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境，更能夠以有意義的

方式呈現資料、能夠呈現與其相關的資訊、能獲得較為符合日常生活真實情境的任務、可從廣泛的資訊中進行選擇，但未達顯著水準，除此之外，雖然經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，較傾向於認為傳統資訊融入教學環境較能反映真實生活環境的複雜度，但亦未達顯著水準。而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，更能夠反應真實生活環境的複雜度、能以有意義的方式呈現資料、能呈現與其相關的資訊、能獲得較為符合日常生活真實情境的任務並可從廣泛的資訊中進行選擇。

表 4-3-43 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 能夠反映真實生活環境的 複雜度 | 3.435 (1.199) | 3.567 (1.251) | -0.387 | 3.556 (1.086) | 2.889 (1.340) | 2.009* |
| 能夠以有意義的方式呈現 資料 | 3.696 (1.185) | 3.667 (1.213) | 0.087 | 3.852 (0.907) | 3.185 (1.331) | 2.150* |
| 能夠呈現與我相關的資訊 | 3.739 (0.964) | 3.567 (1.194) | 0.565 | 3.667 (0.961) | 3.000 (1.330) | 2.111* |
| 能夠獲得較為符合日常生 活真實情境的任務 | 3.739 (1.054) | 3.567 (1.223) | 0.540 | 3.815 (0.921) | 3.185 (1.241) | 2.116* |
| 可從廣泛的資訊中進行選 擇 | 3.913 (0.949) | 3.600 (1.248) | 1.000 | 4.074 (0.917) | 3.296 (1.382) | 2.437* |
| 總分 | 18.522 (4.944) | 17.967 (5.672) | 0.373 | 18.963 (3.808) | 15.556 (6.259) | 2.417* |

*p<0.05

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-44 可以知道，在相關性這個向度的感受上，無論經驗轉換偏好為「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上都是相同的($t=0.572, p>0.05$; $t=1.952, p>0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，雖傾

向於認為 IWB 融入教學之學習環境，更能夠反映真實生活環境的複雜度、以有意義的方式呈現資料、能夠呈現與其相關的資訊、能獲得較為符合日常生活真實情境的任務、可從廣泛的資訊中進行選擇，但未達顯著水準。而經驗轉換為「省思觀察」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 融入教學之學習環境，更能夠呈現與其相關的資訊、能獲得較為符合日常生活真實情境的任務並可從廣泛的資訊中進行選擇。

表 4-3-44 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | t 值 | 省思觀察(n=44) | | t 值 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | |
| 能夠反映真實生活環境的複雜度 | 3.500 (1.175) | 3.243 (1.321) | 0.794 | 3.500 (1.103) | 3.250 (1.372) | 0.670 |
| 能夠以有意義的方式呈現資料 | 3.462 (1.174) | 3.378 (1.299) | 0.260 | 4.125 (0.741) | 3.550 (1.276) | 1.780 |
| 能夠呈現與我相關的資訊 | 3.346 (1.018) | 3.270 (1.262) | 0.254 | 4.083 (0.717) | 3.350 (1.348) | 2.188* |
| 能夠獲得較為符合日常生活真實情境的任務 | 3.385 (1.023) | 3.297 (1.244) | 0.295 | 4.208 (0.721) | 3.550 (1.234) | 2.105* |
| 可從廣泛的資訊中進行選擇 | 3.692 (1.050) | 3.378 (1.320) | 1.009 | 4.333 (0.637) | 3.600 (1.314) | 2.283* |
| 總分 | 17.385 (4.817) | 16.568 (6.058) | 0.572 | 20.250 (3.193) | 17.300 (6.097) | 1.952 |

*p<0.05

(5). 「易用性」分量表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-45 可以知道，在易用性這個向度的感受上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上是相同的(t=1.384, p>0.05)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則以 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向(t=2.109,

$p < 0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，顯著地認為 IWB 容易使用，此外，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境，具備有趣的畫面設計、容易瀏覽、使用起來很有趣、只要花一點時間就能學會如何使用，但未達顯著水準。而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 容易操作、只要花一點時間就能學會如何使用。

表 4-3-45 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|---------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 具備有趣的畫面設計 | 4.043 (1.065) | 3.900 (1.296) | 0.431 | 4.000 (1.109) | 3.630 (1.115) | 1.224 |
| 容易瀏覽 | 4.130 (1.180) | 3.733 (1.311) | 1.141 | 4.111 (0.892) | 3.704 (1.235) | 1.390 |
| 使用起來很有趣 | 4.261 (0.864) | 3.700 (1.264) | 1.825 | 4.148 (0.907) | 3.556 (1.396) | 1.849 |
| 容易操作 | 4.217 (0.902) | 3.600 (1.303) | 2.036* | 4.222 (0.847) | 3.593 (1.338) | 2.066* |
| 只需要花一點時間就能學會如何使用 | 4.000 (1.168) | 3.600 (1.453) | 1.079 | 4.185 (0.921) | 3.296 (1.436) | 2.707** |
| 總分 | 20.652 (4.579) | 18.533 (6.146) | 1.384 | 20.667 (4.038) | 17.778 (5.859) | 2.109* |

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-46 可以知道，在「易用性」這個向度的感受上，經驗轉換偏好無論為「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上都是相同的($t=1.746, p > 0.05$; $t=1.390, p > 0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，顯著地認為 IWB 容易使用，而且使用起來很有趣，此外，經驗轉換偏好為「主

動實驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境，具備有趣的畫面設計、容易瀏覽、只要花一點時間就能學會如何使用，但未達顯著水準。而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則在所有題項上的感受雖以 IWB 融入教學之學習環境較傳統資訊融入教學環境來得正向，但均未達顯著水準。

表 4-3-46 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | t 值 | 省思觀察(n=44) | | t 值 |
|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|-------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | |
| 具備有趣的畫面設計 | 3.808 (1.201) | 3.622 (1.299) | 0.577 | 4.250 (0.897) | 4.050 (0.999) | 0.700 |
| 容易瀏覽 | 3.808 (1.167) | 3.459 (1.366) | 1.056 | 4.458 (0.721) | 4.200 (0.894) | 1.061 |
| 使用起來很有趣 | 4.038 (0.871) | 3.378 (1.381) | 2.323* | 4.375 (0.875) | 4.100 (1.071) | 0.920 |
| 容易操作 | 4.077 (0.935) | 3.405 (1.322) | 2.362* | 4.375 (0.770) | 3.950 (1.234) | 1.338 |
| 只需要花一點時間就能學會如何使用 | 3.885 (1.107) | 3.351 (1.495) | 1.626 | 4.333 (0.917) | 3.650 (1.348) | 1.925 |
| 總分 | 19.615 (4.579) | 17.216 (6.325) | 1.746 | 21.792 (3.623) | 19.950 (4.915) | 1.390 |

*p<0.05

(6). 「挑戰性」分量表

a. 不同「經驗攫取」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-47 可以知道，在「挑戰性」這個向度的感受上，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於這兩種學習環境的感受在統計上是相同的(t=0.953, p>0.05)；而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則以 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向(t=3.626, p<0.01)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為

「具體經驗」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學環境能讓其思考、複雜卻清楚、而且使用起來很有挑戰性、能夠幫助他們產生新的想法與新的問題，但未達顯著水準。而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則顯著地認為 IWB 融入教學環境能讓其思考、複雜卻清楚、而且使用起來很有挑戰性、能夠幫助他們產生新的想法與新的問題。

表 4-3-47 不同「經驗攫取」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形(n=107)

| 題項 | 具體經驗(n=53) | | t 值 | 抽象概念(n=54) | | t 值 |
|-------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|---------|
| | IWB 組 (n=23) | T 組 (n=30) | | IWB 組 (n=27) | T 組 (n=27) | |
| 能夠讓我思考 | 3.739 (1.137) | 3.467 (1.358) | 0.776 | 3.926 (0.829) | 2.889 (1.219) | 3.655** |
| 複雜但卻清楚 | 3.783 (1.043) | 3.467 (1.224) | 0.992 | 3.926 (0.829) | 3.074 (1.357) | 2.784** |
| 使用起來很有挑戰性 | 3.870 (1.014) | 3.333 (1.398) | 1.618 | 3.889 (0.934) | 2.963 (1.315) | 2.983** |
| 能夠幫助我產生新的想法 | 3.870 (0.920) | 3.633 (1.273) | 0.752 | 3.852 (1.064) | 2.704 (1.265) | 3.609** |
| 能夠幫助我產生新的問題 | 3.565 (1.161) | 3.467 (1.358) | 0.279 | 3.815 (1.111) | 2.926 (1.385) | 2.602* |
| 總分 | 18.826 (4.658) | 17.367 (6.100) | 0.953 | 19.407 (3.775) | 14.556 (5.840) | 3.626** |

*p<0.05; **p<0.01

b. 不同「經驗轉換」偏好學生之學習感受分析

由表 4-3-48 可以知道，在「挑戰性」這個向度的感受上，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，對於 IWB 融入教學之學習環境的感受顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向($t=2.332, p<0.05$)，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則對於這兩種學習環境的感受在統計上是相同的($t=1.702, p>0.05$)。在各題項之分析上，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「主動經驗」之國中一年級學生，顯著地認為 IWB 融入教學環境複雜卻清楚、

而且使用起來很有挑戰性、能夠幫助他們產生新的想法與新的問題。而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，雖傾向於認為 IWB 融入教學環境能讓他們思考、複雜卻清楚、而且使用起來很有挑戰性、能夠幫助他們產生新的想法與新的問題，但均未達顯著水準。

表 4-3-48 不同「經驗轉換」偏好之國中一年級學生在 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形(n=107)

| 分量表 | 主動經驗(n=63) | | | 省思觀察(n=44) | | |
|-------------|-------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|-------|
| | IWB 組 (n=26) | T 組 (n=37) | t 值 | IWB 組 (n=24) | T 組 (n=20) | t 值 |
| 能夠讓我思考 | 3.654 (1.093) | 3.081 (1.362) | 1.778 | 4.042 (0.806) | 3.400 (1.231) | 2.000 |
| 複雜但卻清楚 | 3.731 (1.002) | 3.108 (1.242) | 2.116* | 4.000 (0.834) | 3.600 (1.353) | 1.152 |
| 使用起來很有挑戰性 | 3.692 (0.970) | 3.054 (1.353) | 2.180* | 4.083 (0.929) | 3.350 (1.387) | 2.018 |
| 能夠幫助我產生新的想法 | 3.808 (0.939) | 3.189 (1.309) | 2.063* | 3.917 (1.060) | 3.200 (1.436) | 1.902 |
| 能夠幫助我產生新的問題 | 3.615 (1.235) | 3.054 (1.373) | 1.664* | 3.792 (1.021) | 3.500 (1.395) | 0.800 |
| 總分 | 18.500 (4.283) | 15.486 (5.975) | 2.332* | 19.833 (4.018) | 17.050 (6.329) | 1.702 |

*p<0.05

從表 4-3-37~表 4-3-48 可以知道，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境，於「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」之學習感受上，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，換言之，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，傾向於認為 IWB 融入教學環境較屬於建構式的學習環境；而經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。除此之外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，則對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」三個向

度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，其他「學習溝通」、「相關性」與「易用性」的感受則與傳統資訊融入教學環境相同；另經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。

三、研究假設考驗

本研究在檢驗不同學習風格國中學生於 IWB 融入教學環境下之學習效益時，做了以下之假設考驗，結果如下：

(一) 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格之學習者在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境的學習效益情形的研究假設。

H₂₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績有顯著意義($F=10.454, p<0.01$)(表 4-3-1)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其整體性學習效益顯著較採用傳統資訊融入教學者佳，因此，本研究拒絕 H₂₄。

H₂₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「染色體與其重要性」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念之後測成績有顯著意義($F=7.001, p<0.05$)(表 4-3-5)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₂₅。

H₂₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「細胞分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=2.623, p>0.05$)(表 4-3-6)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₂₆。

H₂₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「減數分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「減數分裂的意義與過程」概念之後測成績有顯著意義($F=11.566, p<0.01$)(表 4-3-7)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₂₇。

H₂₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績不具有顯著意義($F=0.337, p>0.05$)(表 4-3-2)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，其整體學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₂₈。

H₂₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「染色體與其重要性」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念之後測成績不具有顯著意義($F=0.043, p>0.05$)(表 4-3-8)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₂₉。

H₃₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「細胞分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=1.484, p>0.05$)(表 4-3-9)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₀。

H₃₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「減數分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「減數分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=0.250, p>0.05$)(表 4-3-10)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₁。

H₃₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績不具有顯著意義($F=1.336, p>0.05$)(表 4-3-3)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，其整體學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₂。

H₃₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「染色體與其重要性」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念之後測成績不具有顯著意義($F=2.615, p>0.05$)(表 4-3-13)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₃。

H₃₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「細胞分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=0.457, p>0.05$)(表 4-3-14)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₄。

H₃₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「減數分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=0.402, p>0.05$)(表 4-3-15)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₄。

H₃₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其整體學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績不具有顯著意義($F=2.383, p>0.05$)(表 4-3-4)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，其整體學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₆。

H₃₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「染色體與其重要性」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「染色體與其重要性」概念之後測成績不具有顯著意義($F=1.083, p>0.05$)(表 4-3-16)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₇。

H₃₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「細胞分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「細胞分裂的意義與過程」概念之後測成績不具有顯著意義($F=3.236, p>0.05$)(表 4-3-17)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之學習效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₃₈。

H₃₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念的學習效益無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之細胞分裂主題總結性評量的「減數分裂的意義與過程」概念的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於「減數分裂的意義與過程」概念之後測成績有顯著意義($F=7.067, p<0.05$)(表 4-3-18)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益，顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₃₉。

H₄₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績有顯著意義($F=14.641, p<0.01$)(表 4-3-21)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其整體迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₀。

H₄₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念後測成績有顯著意義($F=12.786, p<0.01$)(表 4-3-25)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₁。

H₄₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念後測成績有顯著意義($F=10.881, p<0.01$)(表 4-3-26)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₂。

H₄₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念後測成績有顯著意義($F=7.090, p<0.01$)(表 4-3-27)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₃。

H₄₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績不具有顯著意義($F=1.390, p>0.05$)(表 4-3-22)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其整體迷思概念之改善情形無顯著差異，因此，本研究接受 H₄₄。

H₄₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念後測成績不具有顯著意義($F=0.287, p>0.05$)(表 4-3-28)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₄₅。

H₄₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念後測成績不具有顯著意義($F=1.182, p>0.05$)(表 4-3-29)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₄₆。

H₄₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念後測成績不具有顯著意義($F=0.858, p>0.05$)(表 4-3-30)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₄₇。

H₄₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績有顯著意義($F=15.324, p<0.01$)(表 4-3-23)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其整體迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₈。

H₄₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念後測成績有顯著意義($F=7.429, p<0.01$)(表 4-3-31)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₄₉。

H₅₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念後測成績有顯著意義($F=14.398, p<0.01$)(表 4-3-32)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₅₀。

H₅₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念後測成績有顯著意義($F=5.002, p<0.05$)(表 4-3-33)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益顯著較採用傳統資訊融入教學之學生佳，因此，本研究拒絕 H₅₁。

H₅₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其整體迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於整體後測成績不具有顯著意義($F=0.056, p>0.05$)(表 4-3-24)，由此可知，採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其整體迷思概念之改善情形無顯著差異，因此，本研究接受 H₄₄。

H₅₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「染色體與其重要性」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「染色體與其重要性」概念後測成績不具有顯著意義($F=0.599, p>0.05$)(表 4-3-34)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「染色體與其重要性」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₅₃。

H₅₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「細胞分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「細胞分裂的意義與過程」概念後測成績不具有顯著意義($F=0.000, p>0.05$)(表 4-3-35)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「細胞分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₅₄。

H₅₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其「減數分裂的意義與過程」子概念之迷思概念改善情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，經過一週教學後，採用共變數分析兩組學生之 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念前測與後測成績，發現學生間變異來源的數據中，「資訊融入教學模式」因子對於 TDTCD 問卷的「減數分裂的意義與過程」概念後測成績不具有顯著意義($F=0.506, p>0.05$)(表 4-3-36)，接著進行事後分析，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「減數分裂的意義與過程」概念之迷思概念的改善效益無顯著差異，因此，本研究接受 H₅₅。

(二) 相較於傳統資訊融入教學，不同學習風格之學習者在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學環境中之學習環境的感受情形的研究假設。

H₅₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其整體學習感受無顯著差異($t=1.163, p>0.05$)，因此，本研究接受 H₅₆。

H₅₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習溝通」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「學習溝通」向度之學習感受無顯著差異($t=0.528, p>0.05$)(表 4-3-37)，因此，本研究接受 H₅₇。

H₅₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習探究」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「學習探究」向度之學習感受無顯著差異($t=1.103, p>0.05$)(表 4-3-39)，因此，本研究接受 H₅₈。

H₅₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習思考」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「學習思考」向度之學習感受

無顯著差異($t=1.447, p>0.05$) (表 4-3-41)，因此，本研究接受 H_{59} 。

H_{60} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「相關性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「相關性」向度之學習感受無顯著差異($t=0.373, p>0.05$) (表 4-3-43)，因此，本研究接受 H_{60} 。

H_{61} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「易用性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「易用性」向度之學習感受無顯著差異($t=1.384, p>0.05$) (表 4-3-45)，因此，本研究接受 H_{61} 。

H_{62} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES

問卷「挑戰性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「具體經驗」的學生，其於「挑戰性」向度之學習感受無顯著差異($t=0.953, p>0.05$) (表 4-3-47)，因此，本研究接受 H_{62} 。

H_{63} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其整體學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=3.073, p<0.01$)，因此，本研究拒絕 H_{63} 。

H_{64} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習溝通」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「學習溝通」向度之學習感受無顯著差異($t=1.830, p>0.05$) (表 4-3-37)，因此，本研究接受 H_{64} 。

H₆₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習探究」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「學習探究」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.265, p<0.05$) (表 4-3-39)，因此，本研究拒絕 H₆₅。

H₆₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習思考」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「學習思考」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.460, p<0.05$) (表 4-3-41)，因此，本研究拒絕 H₆₆。

H₆₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「相關性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「相關性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學

者來得正向($t=2.417, p<0.05$) (表 4-3-43)，因此，本研究拒絕 H_{67} 。

H_{68} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「易用性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「易用性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.109, p<0.05$) (表 4-3-45)，因此，本研究拒絕 H_{68} 。

H_{69} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「挑戰性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗攫取偏好為「抽象概念」的學生，其於「挑戰性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=3.626, p<0.01$) (表 4-3-47)，因此，本研究拒絕 H_{69} 。

H_{70} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好

為「主動實驗」的學生，其整體學習感受無顯著差異($t=1.944, p>0.05$)，因此，本研究接受 H_{70} 。

H_{71} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習溝通」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「學習溝通」向度之學習感受無顯著差異($t=1.112, p>0.05$)(表 4-3-38)，因此，本研究接受 H_{71} 。

H_{72} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習探究」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「學習探究」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.214, p<0.05$)(表 4-3-40)，因此，本研究拒絕 H_{72} 。

H₇₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習思考」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「學習思考」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.024, p<0.05$) (表 4-3-42)，因此，本研究拒絕 H₇₃。

H₇₄ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「相關性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「相關性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=0.572, p>0.05$) (表 4-3-44)，因此，本研究接受 H₇₄。

H₇₅ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗獲取偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「易用性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗獲取偏好為「主動實驗」的學生，其於「易用性」向度之學習感受無顯

著差異($t=1.746, p>0.05$) (表 4-3-46)，因此，本研究接受 H_{75} 。

H_{76} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「挑戰性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「主動實驗」的學生，其於「挑戰性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=2.332, p<0.05$) (表 4-3-48)，因此，本研究拒絕 H_{76} 。

H_{77} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其整體學習感受無顯著差異($t=1.623, p>0.05$)，因此，本研究接受 H_{77} 。

H_{78} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習溝通」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好

為「省思觀察」的學生，其整體學習感受無顯著差異($t=0.917, p>0.05$) (表 4-3-38)，因此，本研究接受 H_{78} 。

H_{79} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習探究」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習探究」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「學習探究」向度之學習感受無顯著差異($t=0.427, p>0.05$) (表 4-3-40)，因此，本研究接受 H_{79} 。

H_{80} 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「學習思考」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「學習思考」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「學習思考」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=1.453, p>0.05$) (表 4-3-42)，因此，本研究接受 H_{80} 。

H₈₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「相關性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「相關性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學之經驗轉換偏好為「省思觀察」的學生，其於「相關性」向度之學習感受顯著較傳統資訊融入教學者來得正向($t=1.952, p>0.05$) (表 4-3-44)，因此，本研究接受 H₈₁。

H₈₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「易用性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗獲取偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「易用性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗獲取偏好為「省思觀察」的學生，其於「易用性」向度之學習感受無顯著差異($t=1.390, p>0.05$) (表 4-3-46)，因此，本研究接受 H₈₂。

H₈₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中學生，其對於 CMLES 問卷之「挑戰性」分量表的填答情形無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之經驗獲取偏好為「省思觀察」的國中學生，經過一週教學後，採用獨立樣本 t 檢定分析兩組學生之 CMLES 問卷「挑戰性」分量表的填答情形，發現採用 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學之經驗獲取偏好為「省思觀察」的學生，其於「挑戰性」向度之學習感受無顯

著差異($t=1.702, p>0.05$) (表 4-3-48)，因此，本研究接受 H_{83} 。



第四節 不同資訊融入教學模式下師生互動分析

為瞭解不同資訊融入教學模式下師生互動情形，本研究採用課室觀察與FIAC 師生互動分析系統為基礎，來深入瞭解學生在IWB 數位學習環境中之師生互動情形。本節將分析IWB 融入教學(IWB 組)與傳統資訊融入教學(T 組)之課室錄影資料，以瞭解兩種數位學習環境下師生互動情形之異同。除此之外，本研究為深入瞭解不同學習風格學生在不同數位學習環境之學習情形，將分析不同學習風格之個案學生的上課錄影資料。

一、不同資訊融入教學模式下師生互動分析

(一) 整體性之師生互動分析

本研究為深入瞭解不同資訊融入教學模式下師生互動情形之差異，採用FIAC 師生互動分析系統，針對不同資訊融入教學模式課室觀察的錄影資料進行編碼，接著，採用卡方檢定將所有課室觀察錄影資料之編碼結果進行分析，以瞭解這兩種數位學習環境下師生互動情形之差異，分析結果如下：

首先，本研究先將IWB 組與T 組師生上課之互動情形，包含兩組各兩個班，共四個班級之所有課室錄影的編碼資料——每個師生互動類別之「出現頻率」與「累積時間比例」的資料分別如表4-4-1 與表4-4-2，為深入瞭解不同資訊融入教學模式之師生互動情形的差異，本研究進一步採用卡方考驗來檢驗兩組師生互動類別之「出現頻率」與「累積時間比例」的差異，從表4-4-1 可以知道，IWB 組與T 組之師生互動行為出現之頻率具有顯著差異($\chi^2=17.212, p<0.05$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下與學生產生互動之行為類型出現的頻率是不同的，從表4-4-1 可以發現，IWB 組之主要前三個高出現頻率的互動行為類型依序為問問題(37.0%)、學生話語—回應(34.9%)、講述(19.1%)，而T 組依序亦為問問題(35.8%)、學生話語—回應(33.6%)、講述(22.4%)，但在差異分析方面，發現IWB 組與T

組之師生互動行為出現之頻率差異最大的前三個依序為講述、學生話語—回應、問問題，由此可知，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述行為比例的趨勢。

表 4-4-1 不同資訊融入教學模式下師生互動行為出現之頻率

| 編碼 | IWB 組(n=50) 出現頻率(%) | T 組(n=57) 出現頻率(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.3 | 0.1 | 0.2 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 1.2 | 0.5 | 0.7 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 4.5 | 4.3 | 0.2 |
| 4.問問題 | 37.0 | 35.8 | 1.2 |
| 5.講述 | 19.1 | 22.4 | -3.3 |
| 6.指示 | 0.9 | 0.3 | 0.6 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 34.9 | 33.6 | -1.3 |
| 9.學生話語—自發 | 1.7 | 2.8 | -1.1 |
| 10.靜默或困惑 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| Chi-Square(x^2) | 17.212* | | |

*p<0.05

除此之外，本研究發現 IWB 組與 T 組之師生互動行為出現之累積時間比例亦具有顯著差異($x^2=1847.242$, $p<0.01$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下與學生產生互動行為類型之累積時間比例是不同的，從表 4-4-2 可以發現，IWB 組主要的前三個高累積時間比例之互動行為類型依序為講述(49.4%)、學生話語—回應(23.8%)、問問題(16.4%)，而 T 組依序亦為講述(67.8%)、學生話語—回應(15.4%)、問問題(9.1%)，但在差異分析方面發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現之累積時間比例差異最大的前三個依序為講述、學生話語—回應、問問題，由此可知，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述時間比例，並增加發問時間比例的趨勢，同時也提高了學生回應教師發問的時間比例。另外，從表 4-4-2 可以發現，IWB 組教師提升學生參與課程的行為—「接納學生的情感、稱讚或鼓勵、接受或使用學生的想法」佔所有教學時間約 6.7%，而 T 組教師為

5.2%；IWB 組教師在教學過程中「指示」學生的時間約佔整個教學時間 1.4%，此主要為指導學生操作 IWB 所致，T 組教師則僅有 0.2% 時間花在「指示」；然而，IWB 融入教學之整個教學過程中約有 1.6% 的時間為「靜默或困惑」，而傳統資訊融入教學則為 1.2%，這些時間主要為教師調整或處理資訊教學設備，包括電腦、IWB 及其週邊相關軟硬體設施所致。整體而言，兩組學習環境之師生互動的差別主要在於「問問題」、「學生話語—回應」與「講述」的行為上，本研究發現，相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入國中一年級細胞分裂單元的教學環境下，教師「講述」行為的累積時間佔整個教學活動之時間比下降、「發問」行為佔整個教學活動時間之比重提高、「學生回應教師問答」行為的時間亦增加，本研究推論這可能是 IWB 融入教學對教師教學行為與學生上課行為所造成的影響，然此研究結果僅針對 IWB 融入國中一年級細胞分裂單元教學之師生互動情形進行分析所得，仍待後續長期跨單元之研究才能獲致更為深入的瞭解。

表 4-4-2 不同資訊融入教學模式下師生互動行為之累積時間比例

| 編碼 | IWB 組(n=50) 累積時間比例(%) | T 組(n=57) 累積時間比例(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 0.6 | 0.1 | 0.5 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 5.7 | 5.1 | 0.6 |
| 4.問問題 | 16.4 | 9.1 | 7.3 |
| 5.講述 | 49.4 | 67.8 | -18.4 |
| 6.指示 | 1.4 | 0.2 | 1.2 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 23.8 | 15.4 | 8.4 |
| 9.學生話語—自發 | 0.7 | 1.0 | -0.3 |
| 10.靜默或困惑 | 1.6 | 1.2 | -0.4 |
| Chi-Square(x^2) | 1847.242** | | |

**p<0.01

(二) 各子概念教學之師生互動分析

為進一步瞭解不同資訊融入教學模式下各子概念教學過程中師生互動情形的差異，本研究將不同資訊融入教學模式課室觀察錄影中不同子概念之教學過程的編碼資料採用卡方檢定，以瞭解這兩種資訊融入教學模式於不同子概念教學過程中師生互動情形之差異，分析結果如下：

1. 「染色體與其重要性」教學之師生互動分析

為深入瞭解不同資訊融入教學模式於「染色體與其重要性」概念之師生互動情形的差異，本研究採用卡方考驗來檢驗兩組學生於「染色體與其重要性」概念教學過程中師生互動行為類別之「出現頻率」與「累積時間比例」的差異，分析結果如表 4-4-3 與 4-4-4，從表 4-4-3 可以知道，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現頻率不具有差異($\chi^2=12.522, p>0.05$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「染色體與其重要性」概念的過程中，與學生產生互動行為之類型出現的頻率在統計上是相同的，由此可知，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「染色體與其重要性」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為類型出現的頻率是相同的。然而，從表 4-4-3 仍可以發現，IWB 組之主要前三個高出現頻率的互動行為類型依序仍為問問題(35.9%)、學生話語—回應(35.6%)、講述(18.8%)，T 組依序亦為問問題(35.6%)、學生話語—回應(34.2%)、講述(21.8%)，而兩組師生互動行為出現之頻率差異最大的前三個依序為講述、學生話語—回應與指示，由此可知，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述行為比例的趨勢，但也隨著指導學生操作 IWB 而提高了「指示」行為的比例。

表 4-4-3 「染色體與其重要性」教學之師生互動行為出現的頻率

| 編碼 | IWB 組(n=50) 出現頻率(%) | T 組(n=57) 出現頻率(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.3 | 0.1 | 0.2 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 0.9 | 0.4 | 0.5 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 5.0 | 4.9 | 0.1 |
| 4.問問題 | 35.9 | 35.6 | 0.3 |
| 5.講述 | 18.8 | 21.8 | -3.0 |
| 6.指示 | 1.2 | 0.1 | 1.1 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 35.6 | 34.2 | 1.4 |
| 9.學生話語—自發 | 1.8 | 2.5 | -0.7 |
| 10.靜默或困惑 | 0.5 | 0.1 | 0.4 |
| Chi-Square(x^2) | 12.522 | | |

然而，進一步從教學活動中，各種師生互動行為所佔之累積時間比例可以發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現的累積時間比例具有差異($x^2=994.672$, $p<0.01$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「染色體與其重要性」概念的過程中，與學生產生互動行為類型所累積的時間具有差異，從表 4-4-4 可以發現，IWB 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型依序為講述(47.8%)、學生話語—回應(26.2%)、問問題(14.5%)，而 T 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型亦依序為講述(64.5%)、學生話語—回應(18.8%)、問問題(8.5%)，但在差異分析方面發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現之累積時間比例差異最大的前三個依序為講述、學生話語—回應、問問題，由此可知，相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入細胞分裂單元之「染色體與其重要性」概念的教學，有降低講述時間比例並增加發問時間比例的趨勢，同時也提高了學生回應教師發問的時間比例。

表 4-4-4 「染色體及其重要性」教學之師生互動行為之累積時間比例

| 編碼 | IWB 組(n=50) 累積時間比例(%) | T 組(n=57) 累積時間比例(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.4 | 0.1 | 0.3 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 0.4 | 0.1 | 0.3 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 5.7 | 6.3 | -0.6 |
| 4.問問題 | 14.5 | 8.5 | 6.0 |
| 5.講述 | 47.8 | 64.5 | -16.7 |
| 6.指示 | 2.1 | 0.1 | 2.0 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 26.2 | 18.8 | 7.4 |
| 9.學生話語—自發 | 0.8 | 0.8 | 0.0 |
| 10.靜默或困惑 | 2.1 | 0.8 | 1.3 |
| Chi-Square(χ^2) | 994.672** | | |

**p<0.01

2. 「細胞分裂的意義與過程」教學之師生互動分析

不同資訊融入教學模式於「細胞分裂的意義與過程」概念之師生互動情形的差異，亦採用卡方考驗來檢驗兩組學生於「細胞分裂的意義與過程」概念教學過程中師生口語互動類別之「出現頻率」與「累積時間比例」的差異。從表 4-4-5 可以知道，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現的頻率不具有差異($\chi^2=6.029$, $p>0.05$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「細胞分裂的意義與過程」概念的過程中，與學生產生互動之行為類型出現的頻率在統計上是相同的，由此可知，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「細胞分裂的意義與過程」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為類型出現的頻率是相同的。然而，從表 4-4-5 可以發現，IWB 組之主要前三個高出現頻率的互動行為類型依序仍為問問題(39.2%)、學生話語—回應(33.6%)、講述(20.0%)，T 組依序亦為問問題(34.8%)、學生話語—回應(32.9%)、講述(25.0%)，而兩組師生互動行為出現之頻率差異最大的前三個依序為講述、問問題與接受或使用學生的想法，由此可知，在兩組不同資訊融入「細胞分裂的意義與過程」概念教學的模式，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述行為比例的趨勢，發問行為比例增加，

同時也更常接受或使用學生的想法。

表 4-4-5 「細胞分裂的意義與過程」教學之師生互動行為出現的頻率

| 編碼 | IWB 組(n=50) 出現頻率(%) | T 組(n=57) 出現頻率(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 4.8 | 2.4 | 2.4 |
| 4.問問題 | 39.2 | 34.8 | 4.4 |
| 5.講述 | 20.0 | 25.0 | -5.0 |
| 6.指示 | 0.8 | 1.8 | -1.0 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 33.6 | 32.9 | 0.7 |
| 9.學生話語—自發 | 0.8 | 2.4 | -1.6 |
| 10.靜默或困惑 | 0.0 | 0.6 | -0.6 |
| Chi-Square(x^2) | 6.029 | | |

從教學活動中各種師生互動行為類型之累積時間比例可以發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為的累積時間比例具有差異($x^2=503.044, p<0.01$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「細胞分裂的意義與過程」概念的過程中，與學生產生互動行為類型的累積時間具有差異，從表 4-4-6 可以發現，IWB 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型依序為講述(44.9%)、學生話語—回應(22.8%)、問問題(18.6%)，而 T 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型亦依序為講述(70.2%)、學生話語—回應(12.6%)、問問題(9.9%)，但在差異分析方面發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現之累積時間比例差異最大的前三個依序為講述、學生話語—回應與接受或使用學生的想法，由此可知，在「細胞分裂的意義與過程」IWB 組的教學相較於 T 組的教學，降低了講述的時間比例並提高了學生回應教師發問的時間比例，除此之外，隨著 IWB 融入教學的過程中，相較於傳統資訊融入教學，教師也隨之增加接受或使用學生想法的比例，而增加了該互動行為比例。另外，T 組教師在「細胞分裂的意義與過程」概念之教學過程中約 3.2% 的時間為「靜默或困惑」，主要是源於安裝影音軟體所致。

表 4-4-6 「細胞分裂的意義與過程」教學之師生互動行為之累積時間比例

| 編碼 | IWB 組(n=50) 累積時間比例(%) | T 組(n=57) 累積時間比例(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 11.8 | 2.2 | 9.6 |
| 4.問問題 | 18.6 | 9.9 | 8.7 |
| 5.講述 | 44.9 | 70.2 | -25.3 |
| 6.指示 | 0.6 | 1.2 | -0.6 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 22.8 | 12.6 | 10.2 |
| 9.學生話語—自發 | 1.0 | 0.7 | 0.3 |
| 10.靜默或困惑 | 0.0 | 3.2 | -3.2 |
| Chi-Square(x^2) | 503.044** | | |

**p<0.01

3. 「減數分裂的意義與過程」教學之師生互動分析

不同資訊融入教學模式於「減數分裂的意義與過程」概念之師生互動情形的差異，亦採用卡方考驗來檢驗。從表 4-4-7 可以知道，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現的頻率不具有差異($x^2=7.367$, $p>0.05$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「減數分裂的意義與過程」概念的過程中，與學生產生互動之行為類型出現的頻率在統計上是相同的，由此可知，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「減數分裂的意義與過程」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為之類型出現的頻率是相同的。然而，從表 4-4-7 可以發現，IWB 組之主要前三個高出現頻率的互動行為類型依序仍為問問題(38.5%)、學生話語—回應(34.0%)、講述(19.4%)，T 組依序亦為問問題(36.6%)、學生話語—回應(32.8%)、講述(22.2%)，而兩組師生互動行為出現之頻率差異最大的前三個依序為講述、問問題與學生話語—回應，由此可知，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述行為比例的趨勢，發問頻率增加，同時也容易引發學生回應而增進其參與。

表 4-4-7 「減數分裂的意義與過程」教學之師生互動行為出現的頻率分析

| 編碼 | IWB 組(n=50) 出現頻率(%) | T 組(n=57) 出現頻率(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 1.8 | 0.8 | 1.0 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 3.7 | 4.0 | -0.3 |
| 4.問問題 | 38.5 | 36.6 | 1.9 |
| 5.講述 | 19.4 | 22.2 | -2.8 |
| 6.指示 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 34.0 | 32.8 | 1.2 |
| 9.學生話語—自發 | 1.8 | 3.3 | -1.5 |
| 10.靜默或困惑 | 0.2 | 0.3 | -0.1 |
| Chi-Square(x^2) | 7.367 | | |

然而，從教學活動中各種師生互動行為所佔之時間比可以發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現的時間具有差異($x^2=757.741$, $p<0.01$)，換言之，教師在不同資訊融入教學模式下教導「減數分裂的意義與過程」概念的過程中，與學生產生互動之行為類型出現的時間具有差異，從表 4-4-8 可以發現，IWB 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型依序為講述(53.5%)、學生話語—回應(19.7%)、問問題(19.4%)，而 T 組主要之前三個高累積時間比例的互動行為類型亦依序為講述(72.8%)、學生話語—回應(10.5%)、問問題(10.0%)，但在差異分析方面發現，IWB 組與 T 組之師生互動行為出現之累積時間比例差異最大的前三個依序為講述、問問題與學生話語—回應。由此可知，相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入「減數分裂的意義與過程」概念教學的環境下，教師「講述」行為的時間佔整個教學活動之時間比下降、「發問」時間比重提高、「學生回應教師問答」的時間比例亦增加，同時，也隨著學生操作 IWB，教師稱讚或鼓勵學生的比重也因而增加。

表 4-4-8 「減數分裂的意義與過程」教學之師生互動行為累積時間比例的分析

| 編碼 | IWB 組(n=50) 累積時間比例(%) | T 組(n=57) 累積時間比例(%) | 差異(%) (IWB 組-T 組) |
|---------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| 1.接納學生的情感 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| 2.稱讚或鼓勵 | 1.2 | 0.2 | 1.0 |
| 3.接受或使用學生的想法 | 4.0 | 4.1 | -0.1 |
| 4.問問題 | 19.4 | 10.0 | 9.4 |
| 5.講述 | 53.5 | 72.8 | -19.3 |
| 6.指示 | 0.3 | 0.0 | 0.3 |
| 7.批評學生或維護權威 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8.學生話語—回應 | 19.7 | 10.5 | 9.2 |
| 9.學生話語—自發 | 0.3 | 1.3 | -1.0 |
| 10.靜默或困惑 | 0.9 | 1.0 | -0.1 |
| Chi-Square(x^2) | 757.741** | | |

**p<0.01

從表 4-4-3~4-4-8 可以知道，IWB 組與 T 組教師在進行各子概念之教學過程中，師生互動行為類型出現頻率均無顯著差異，而在師生互動行為累積時間比例則均有顯著差異，亦即是教師在這兩種教學模式所設計之數位教材的教學過程中，與學生互動行為類型的出現頻率在統計上是相同的，但是，師生互動行為累積時間的比例則有差異，這是由於這兩種教材設計之內容，均包含教師發問的問題、動畫、影片等是相同的，然而，因為 IWB 組設計之教材需與 IWB 的功能相結合，因此，教學活動中需要學生參與並操作 IWB，故兩種資訊融入教學模式下，師生互動行為之差異主要在於互動行為出現之累積時間的比例，而該差異正是學生學習效益與主動參與教學活動之成因；由於 IWB 融入教學過程中需要學生參與並操作之，教師也隨著引導並輔助學生操作作答，而造成「發問」與「指示」的時間比例隨之增加、教師講述的時間比例也隨之下降、學生回應問題的時間比例也增長、而且學生回應問題也較傳統資訊融入教學模式為長答而非短答，然而，傳統資訊融入教學組教師的講述時間比例多超過 60%，在「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」概念之教學更佔教學活動 70%，由此可知，IWB 融入細胞分裂主題之教學，增加了教師發問與學生回應的時間比例，

並降低教師講述的時間比例。

二、不同學習風格個案學生於不同資訊融入教學模式下之上課情形分析

本研究為深入瞭解不同學習風格學生之上課情形的差異，隨機抽樣不同資訊融入教學模式下，不同「經驗攫取」偏好與不同「經驗轉換」偏好學生各兩位，共八位學生，再以本研究自訂之編碼系統針對課室觀察之錄影資料中每位學生上課的情形，每六秒鐘編碼一次，並將所有編碼結果進行分析，分析結果如下：

(一) 不同經驗攫取偏好學生於不同資訊融入教學環境下之上課情形分析

本研究為進一步瞭解不同學習風格學生於不同資訊融入教學模式下之上課情形的差異，將隨機抽樣之不同「經驗攫取」偏好與不同「經驗轉換」偏好學生的上課情形，依據「參與教學活動」與「未參與教學活動」之行為進行編碼並分析，以下將先針對不同經驗攫取偏好之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下不同概念之上課情形進行分析，分析結果如表 4-4-9。

從表 4-4-9 可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活動之時間比例分別為 97.1%、95.7%、89.8%，均高於傳統資訊融入教學環境者(83.0%、63.8%、54.3%)；而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活動之時間比例分別為 94.9%、94.6%、81.8%，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活動之時間比例分別為 79.3%、90.0%、82.1%。由此可知，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間

比例較傳統資訊融入教學高，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在兩種資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例約 80% 以上，換言之，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下均有高參與度。

表 4-4-9 不同經驗攫取偏好學生於不同資訊融入教學環境下各概念之學習情形

| 學習概念 | | IWB 組 | | T 組 | |
|----------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 具體經驗者 | 抽象概念者 | 具體經驗者 | 抽象概念者 |
| 「染色體與其重要性」概念 | 參與教學活動之時間(%) | 97.1 | 94.9 | 83.0 | 79.3 |
| | 未參與教學活動之時間(%) | 2.9 | 5.1 | 17.0 | 20.7 |
| 「細胞分裂的意義與過程」概念 | 參與教學活動之時間(%) | 95.7 | 94.6 | 63.8 | 90.0 |
| | 未參與教學活動之時間(%) | 4.3 | 5.4 | 36.2 | 10.0 |
| 「減數分裂的意義與過程」概念 | 參與教學活動之時間(%) | 89.8 | 81.8 | 54.3 | 82.1 |
| | 未參與教學活動之時間(%) | 10.2 | 18.2 | 45.7 | 17.9 |

(二) 不同經驗轉換偏好學生於不同資訊融入教學環境下之上課情形分析

另外，本研究為瞭解不同經驗轉換偏好之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下之不同概念的上課情形，將其課室錄影之編碼資料進行分析，分析結果如表 4-4-10。從表 4-4-10 可以發現，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活動之時間比例分別為 95.1%、92.3%、85.6%，均高於傳統資訊融入教學環境者 (72.6%、52.0%、73.2%)；而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活動之時間比例分別為 96.9%、98.0%、86.0%，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，其參與教學活

動之時間比例分別為 89.7%、82.8%、63.2%。由此可知，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較傳統資訊融入教學高，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題之「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念，其參與教學活動的時間比例都高於 80%，亦即為均有高參與度，但是，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在 IWB 融入教學環境下之學習參與度較高。

表 4-4-10 不同經驗轉換偏好學生於不同資訊融入教學環境下各概念之學習情形

| 學習概念 | | IWB 組 | | T 組 | |
|----------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 主動實驗者 | 省思觀察者 | 主動實驗者 | 省思觀察者 |
| 「染色體與其重要性」概念 | 參與教學活動(%) | 95.1 | 96.9 | 72.6 | 89.7 |
| | 未參與教學活動(%) | 4.9 | 3.1 | 27.4 | 10.3 |
| 「細胞分裂的意義與過程」概念 | 參與教學活動(%) | 92.3 | 98.0 | 52.0 | 82.8 |
| | 未參與教學活動(%) | 7.7 | 2.0 | 48.0 | 17.2 |
| 「減數分裂的意義與過程」概念 | 參與教學活動(%) | 85.6 | 86.0 | 73.2 | 63.2 |
| | 未參與教學活動(%) | 14.4 | 14.0 | 26.8 | 36.8 |

由表 4-4-9~4-4-10 可以知道，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較高，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在兩種資訊融入教學環境下學習細胞分裂之主題均有高參與度。除此之外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較傳統資訊融入教學高，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下學習「染色體與其

重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念均有高參與度，但在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在 IWB 融入教學環境下之學習參與度較高。

三、假設考驗

本研究在檢驗 IWB 融入教學對於課室師生互動行為之影響時，做了以下之假設考驗，結果如下：

(一) 相較於傳統資訊融入教學，在 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學環境中，師生互動之差異情形的研究假設。

H₁₆ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在整個教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境中師生互動行為之頻率，發現兩組資訊融入教學環境中師生互動行為具有顯著差異($\chi^2=17.212$, $p<0.05$)(表 4-4-1)，在差異分析方面，發現 IWB 組的教學相較於 T 組的教學，有降低講述行為比例的趨勢，因此，本研究拒絕 H₁₆。

H₁₇ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「染色體與其重要性」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「染色體與其重要性」概念之教學過程中師生互動行為的頻率，發現兩組資訊融入教學環境於「染色體與其重要性」概念之教學過程中師生互動行為的頻率無顯著差異($\chi^2=12.522$, $p>0.05$)(表 4-4-3)，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「染色體與其重要性」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為類型出現的頻率是相

同的，因此，本研究接受 H₁₇。

H₁₈ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「細胞分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「細胞分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的頻率，發現兩組資訊融入教學環境於「細胞分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的頻率無顯著差異 ($\chi^2=6.029, p>0.05$)(表 4-4-5)，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「細胞分裂的意義與過程」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為類型出現的頻率是相同的，因此，本研究接受 H₁₈。

H₁₉ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「減數分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的頻率無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「減數分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的頻率，發現兩組資訊融入教學環境於「減數分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的頻率無顯著差異 ($\chi^2=7.367, p>0.05$)(表 4-4-7)，教師採用兩種資訊融入教學模式所設計之「減數分裂的意義與過程」概念的教材內容，在教學過程中與學生產生之互動行為類型出現的頻率是相同的，因此，本研究接受 H₁₉。

H₂₀ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在整個教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境中師生互動行為之累積時間比例，發現兩組資訊融入教學環境中師生互動行為之累積時間比例具有顯著差異($\chi^2=1847.242, p<0.01$)(表 4-4-2)，在差異分析方面，發現 IWB 組的教學相較於 T 組的教學，教師「講述」行為的累積時間佔整個教學活動之時間比例下降、「發問」行為佔整個教學活動時間之比例提高、「學生回應教師問答」行為之時間比例亦增加，因此，本研究拒絕 H₂₀。

H₂₁ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「染色體與其重要性」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「染色體與其重要性」概念之教學過程中師生互動行為的累積時間比例，發現兩組資訊融入教學環境於「染色體與其重要性」概念之教學過程中師生互動行為之累積時間比例具有顯著差異($\chi^2=994.672, p<0.01$)(表 4-4-4)，在差異分析方面，發現相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入細胞分裂單元之「染色體與其重要性」概念的教學，有降低講述時間比例並增加發問時間比例的趨勢，同時也提高了學生回應教師發問的時間比例，因此，本研究拒絕 H₂₁。

H₂₂ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「細胞分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「細胞分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的累積時間比例，發現兩組資訊融入教學環境於「細胞分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為之累積時間比例具有顯著差異($x^2=503.044$, $p<0.01$)(表 4-4-6)，在差異分析方面，IWB 組的教學相較於 T 組的教學，降低了講述的時間比例，並提高了學生回應教師發問的時間比例以及接受或使用學生想法的比例，因此，本研究拒絕 H₂₂。

H₂₃ 分別採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中學生，其在「減數分裂的意義與過程」子概念教學過程中之師生互動行為的累積時間比例無顯著差異。

採用傳統資訊融入與 IWB 融入細胞分裂主題教學之國中一年級學生，經過一週教學後，採用卡方檢定分析兩組資訊融入教學環境於「減數分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為的累積時間比例，發現兩組資訊融入教學環境於「減數分裂的意義與過程」概念之教學過程中師生互動行為之累積時間比例具有顯著差異($x^2=757.741$, $p<0.01$)(表 4-4-8)，在差異分析方面，發現相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入細胞分裂單元之「減數分裂的意義與過程」概念的教學，教師「講述」行為的時間佔整個教學活動之時間比例下降、「發問」時間比重提高、「學生回應教師問答」的時間亦增加，因此，本研究拒絕 H₂₃。

第五節 總結與討論

本節綜合本章之研究結果並進行討論；本研究定義 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益，包含學生認知方面的改善情形、學生對於學習環境感受以及師生互動之差異情形，分別以細胞分裂主題之總結性評量、TDTCD 問卷、CMLES 問卷，並透過課室教學觀察來蒐集相關資訊。

一、IWB 融入國中細胞分裂主題教學之效益

本研究藉由細胞分裂主題之總結性評量的前、後測成績與 TDTCD 問卷之前、後測成績，以及 CMLES 問卷之成績，來分別分析不同資訊融入教學模式下，國中一年級學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之學習效益、概念改變的情形以及學習感受。

(一) 認知層面之學習效益

在總結性評量之分析上，本研究發現國中一年級學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下的學習效益，顯著優於傳統資訊融入細胞分裂主題之教學環境，效果量達中高效果量(medium-large effect size)。從各子概念之分析亦可以發現，IWB 融入細胞分裂主題之「染色體的意義與重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個概念的教學效益，亦顯著優於傳統資訊融入教學環境，效果量均達中等以上之效果量(medium effect size)，其中以「染色體的意義與重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念學習輔助之效益較大。除此之外，本研究也發現，本研究所設計之 IWB 數位教材，在輔助國中一年級學生學習細胞分裂主題各子概念之學習均達高效果量，而傳統資訊融入教學之數位教材中則僅「細胞分裂的意義與過程」為中高效果量，其餘概念學習亦均達高效果量，由此可知，傳統資訊融入教學在輔助國中一年級學生學習細胞分裂主題亦具有中高以上之效果量，然若能採用 IWB 融入教學則更能達到高效果量之學

習效益。

另外，本研究以 TDTCD 問卷之前、後測填答情形作為概念改變之依據，研究發現國中一年級學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境學習後，其迷思概念的改善效益顯著優於傳統資訊融入教學的學習環境。進一步從各子概念之概念改變情形的分析，亦可以發現學生於 IWB 融入各子概念教學之環境學習後，其概念改變的情形顯著較傳統資訊融入教學組來得佳。

(二) 情意層面之學習感受情形

從 CMLES 問卷之填答情形的分析則可以發現，學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境的感受，顯著較傳統資訊融入細胞分裂主題之教學環境正向，換言之，學生顯著地認為 IWB 融入教學的環境相較傳統資訊融入教學環境更屬於建構式的學習環境。其中，尤以「學習探究」、「學習思考」、「易用性」與「挑戰性」分量表之感受，IWB 組學生之感受顯著較 T 組來得正向；學生傾向於認為 IWB 所營造之學習環境更能提供機會幫助其進行學習探究與思考，而且 IWB 所呈現之數位教材不但有趣、易於操作外，也更具有挑戰性且能刺激其思考。

(三) 師生互動情形

無論從認知或情意面向之分析，都可以發現相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入細胞分裂主題教學之學習環境能輔助學生有更佳之學習效益，且對於迷思概念之改善能達更好的效益，而且學生對其環境之感受也更為正向；從師生互動之分析則可進一步發現，兩種資訊融入教學環境下師生互動行為之類型出現的頻率與累積之時間比例均有顯著差異，相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入教學之學習環境有降低教師「講述」行為的趨勢，教師「講述」行為的累積時間佔整個教學活動之時間比例下降、「發問」行為佔教學活動之比例提高、「學

生回應教師問答」行為的時間比例亦隨之增加，這可能是 IWB 融入教學對教師教學行為與學生上課行為所造成的影響。

從各子概念教學過程中師生之互動分析則可以發現，兩種資訊融入教學環境下之師生互動行為類型出現的頻率不具有差異，而在互動行為累積之時間比例上則具有顯著差異，由於這兩種數位教材設計之內容，包含教師發問的問題、動畫、影片等均相同，然由於 IWB 組設計之數位教材需與 IWB 的功能相結合，因而教學活動中需要學生參與並操作 IWB，故兩種資訊融入教學模式下師生互動行為之差異主要在於互動行為出現之累積時間的比例，而此差異正是學生學習效益與主動參與教學活動之成因；由於 IWB 融入教學過程中需要學生參與並操作之，教師也隨著引導並輔助學生操作作答，而造成「發問」與「指示」的時間比例隨之增加、「講述」的時間比例隨之下降、「學生回應問題」的時間比例也增加。

從近三十年來細胞分裂之相關文獻(楊坤原與張賴妙理，2004; Brown, 1995; Duncan et al., 2009; Lewis et al., 2000a, b; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Knippels et al., 2005; Oztap et al., 2003)可以發現，學生對於細胞分裂的學習困難主要有：(1)對於遺傳學之基本結構與其物理性的連結關係不清楚，並對於遺傳學的專有名詞感到困惑、(2)細胞分裂發生於細胞中，學生無法親眼看到這個動態的過程，特別是染色體與遺傳訊息在細胞分裂過程中的變化、(3)無法區辨兩種細胞分裂的異同處。Brown(1995)、Lewis 等(2000a,b)與 Oztap 等(2003)建議，協助學生建立起一個融貫的遺傳學概念架構，並結合教材輔具來呈現細胞分裂的動態過程，將有助於克服學生的學習困難並協助其對於遺傳學發展出更好的理解；而資訊科技之視覺化、多模態與多重感官的呈現，則有助於學生建立一個融貫的遺傳學概念架構，並理解細胞分裂的動態過程。本研究也據此提出四個數位設計原則——「次微觀結構的具象化」、「動態本質的視覺化」、「概念差異性的比較」以及「由微觀

到次微觀的教學順序」，並依據該原則配合 IWB 之功能與 Microsoft Powerpoint 之功能，分別設計 IWB 與傳統資訊融入教學之數位教材。

由於 IWB 具有整合多媒體/多模態呈現之視覺化的本質，不但讓課程變成彩色且更為生活化(Levy, 2002)，並有助於學生對概念的理解、符合不同學習類型之學生的需求(Holmes, 2009; Smith et al., 2005)，同時也能提高學生的注意力與動機(BECTA, 2007; Glover et al., 2005; Holmes, 2009; Levy, 2002; Northcote et al., 2010; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005; Wall et al., 2005)，讓學生具備有主動學習之態度亦為幫助其理解遺傳學相關概念所必須(Knippl et al., 2005)，故 IWB 所具備之視覺化本質與增進學生課程參與與理解的特質，正可以實現上述四個細胞分裂主題之數位設計原則；而 Microsoft PowerPoint 除了能整合圖、文並以簡易動畫呈現外，相較於 TP 片與一般版書而言，Microsoft PowerPoint 還能提供一個結構化的呈現，不但有助於講述的順序與步調，並讓教學者更容易呈現結論，而且在時間上的管理也較 TP 片與一般版書來得好(Susskind, 2005)，這些特質亦有助於呈現細胞分裂主題之數位設計原則。

本研究發現無論是傳統資訊融入教學與 IWB 融入教學之數位教材，對於國中一年級學生細胞分裂主題之輔助學習，均達中高以上之效果量，其中，IWB 組在「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念之學習效益均達高效果量，而 T 組為「染色體與其重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念達高效果量，「細胞分裂的意義與過程」概念為中高效果量，本研究推論 IWB 及 Microsoft PowerPoint 視覺呈現之效益搭配「次微觀結構的具象化」之設計原則——具體呈現基因、染色體、細胞核與細胞之結構與結構間的關係，以及「動態本質的視覺化」——呈現細胞分裂與減數分裂之動態過程，增進了學生在「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數

分裂的意義與過程」三個子概念之學習效益；除此之外，IWB 之跨頁比較、書寫、拖曳之功能與 Microsoft PowerPoint 之結構化呈現的特質搭配「概念差異性的比較」之設計原則——從目的、過程、產物等差異來比較細胞分裂與減數分裂之差異，則增進了「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」概念之區辨，而促進學生在「減數分裂的意義與過程」概念的學習效益。由此足見，本研究提出之細胞分裂主題的數位教材設計原則能輔助國中學生之學習。

然而，相較於傳統資訊融入教學，IWB 融入國中細胞分裂主題之教學，無論在總結性評量之整體或子概念效益的分析，或 TDTCD 問卷之整體或子概念之概念改變情形的分析上均顯著較佳，這可以從 IWB 的特質與屬性獲得瞭解，IWB 所能提供的，除了在視覺呈現上的效益之外，最特別的是在於其互動性的特質 (Lai, 2010; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005) 與多模態的整合呈現 (Gillen et al., 2007; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005)，不但能增進學生的理解，在提升動機上亦有幫助。Gillen 等 (2007) 針對 IWB 融入國小自然科學的教學，發現 IWB 整合多種資源之呈現與 ICT 功能之相對容易度，提供了一個新的機會來促進多面向的教學策略，且 IWB 整合多媒體呈現的功能，不但能創造學生學習經驗的連續性、表徵科學的現象，也有助於學生投入該學習活動並調適其理解。Smith 等 (2005) 更指出，IWB 之增進學生參與與互動的特質，對於富含探究活動、需要學生高度參與之自然課程相當有助益。另外，學生也表示 IWB 是一個有效的工具能促進並加速學習的歷程，特別是當他們有機會自己去使用 IWB 時，將能加速其學習 (Slay et al., 2008; Wall et al., 2005)，而且 IWB 整合多媒體與多重感官呈現的視覺本質，亦可以加深學生的印象，並增強其注意力與其學習動機 (Slay et al., 2008; Smith et al., 2005)。然而，從 CMLES 問卷之填答情形的分析亦可以發現，學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境的感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，學生更傾向於認為 IWB 融入教學之學習環境為建構式的教學環境，

尤以「學習探究」、「學習思考」、「易用性」與「挑戰性」分量表之感受，IWB 組學生之感受顯著較 T 組來得正向；學生傾向於認為 IWB 所營造之學習環境更能提供機會幫助其進行學習探究與思考，而且 IWB 所呈現之數位教材不但有趣、易於操作外，也更具有挑戰性且能刺激其思考，此外，IWB 所設計之教材更能讓學生從廣泛的資訊中去進行選擇。因此，本研究推論 IWB 整合多媒體呈現之視覺本質與提高學生之學習動機、主動參與的特質，不但更易於整合多元資源、以多面向的教學策略來表徵科學現象，促進學生對於課程的投入並有助其理解，而這可能是 IWB 輔助學習之效益來源。

Hennessy 等(2007)亦指出，IWB 提供了一個新的機會，讓學生在全班教學時可以互動性地使用 IWB，讓學生更容易連結到科學的知識並接收教師與同儕的回饋。Holmes(2009)與 Northcote 等(2010)亦指出，IWB 高度互動性的特質不但可以拉近師生與生生間的距離，更增加了課室中的互動與討論，而該特質更是 IWB 融入課程之效益來源的關鍵。從 IWB 組之 CMLES 問卷的「學習溝通」分量表的填答可以發現，IWB 組學生對於各題項的感受均為正向，其多傾向於同意 IWB 融入教學之環境讓他們有機會和同學交談並討論如何進行探究；而課室錄影資料之師生互動的分析，也發現到相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入教學環境有降低教師「講述」行為的趨勢，教師「講述」行為之累積時間佔整個教學活動的時間比例下降、「發問」行為之累積時間佔整個教學活動之比例提高、「學生回應教師問答」參與教學活動的時間比例亦隨之增加。雖然，傳統資訊融入教學亦能輔助國中學生進行細胞分裂主題之學習，然而，其師生互動中多以教師「講述」為主，學生多被動地接受教師傳授的知識，「學生回應教師話語」之行為累積的時間比例也不若 IWB 組高，本研究推論這可能是兩組學生於學習效益上之差異的來源之一。除此之外，Simpson, Pollacia, Speers, Willis 與 Tarver(2003)針對大學生進行資訊融入教學之研究發現，大學生雖普遍認為

Microsoft PowerPoint 作為傳遞教學之呈現具有效益，然而，有部分學生表示教學者若沒有提供任何額外的活動來維持學生的態度時，學生會不滿意於 Microsoft PowerPoint 之教學，由此可知，Microsoft PowerPoint 需要持續有額外的活動才能維持學生的學習態度，因此，若要 Microsoft PowerPoint 教學有較佳之效益，則需教師設計更多之教學活動才能達到預期之效益。

二、不同學習風格之國中一年級學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題之效益

本研究為瞭解學習者之學習風格對於其在 IWB 學習環境下之影響，採用 Kolb(1985)發展之學習風格量表區分學生之學習風格，並藉由細胞分裂主題之總結性評量的前、後測成績與 TDTCD 問卷之前、後測成績，以及 CMLES 問卷之後測成績，來分別分析不同學習風格之國中一年級學生，在不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題之學習效益、概念改變的情形以及學習感受。

(一) 認知層面之學習效益

在總結性評量之整體性分析上，本研究發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入細胞分裂主題之學習效益顯著優於傳統資訊融入教學環境，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生則在這兩種數位學習環境下均能獲得統計上相等的學習效益；而在經驗轉換偏好上，則無論「主動實驗」或「省思觀察」之國中一年級學生在這兩種數位學習環境下均能獲得統計上相等的學習效益；而無論經驗攫取偏好為「具體經驗」或「抽象概念」之學生，以及經驗轉換偏好為「主動實驗」或「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下之前、後測成績的學習效益均達高效果量(large effect size)。

從各子概念之分析亦可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在IWB融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」與「減數分裂的意義與過程」此二概念的效益顯著較傳統資訊融入教學環境來得好。經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在IWB融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念的效益，雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，故經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得統計上相等的學習效益。經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在IWB融入教學環境中，學習「減數分裂的意義與過程」概念的效益顯著較傳統資訊融入教學環境來得好；而「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念之學習，雖以IWB融入教學能提供學生較佳之學習效益，但未達顯著水準，故此兩種資訊融入教學環境能提供經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生統計上相同的學習效益。經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在IWB融入教學環境中，學習「染色體及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」的效益雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得相同的學習效益。

另外，從Cohen's *d*分析法亦可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在IWB融入教學環境，學習「染色體之意義及其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個概念之學習效益均達高效果量，而在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體及其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念的效果量為中高效果量、「減數分裂的意義與過程」則達高效果量。經

驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，在IWB融入教學環境學習細胞分裂主題之三個概念的學習效益亦均達高效果量，而在傳統資訊融入教學環境則「染色體及其重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念的效果量達高效果量、「細胞分裂的意義與過程」則為中高效果量。經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在IWB融入教學環境，學習細胞分裂主題之三個子概念的學習效益均達高效果量，在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體及其重要性」概念的效果量為中高效果量、「細胞分裂的意義與過程」則達中效果量、「減數分裂的意義與過程」則達高效果量。經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生則在兩種資訊融入教學環境下，學習細胞分裂主題之三個子概念的學習效益均達高效果量。由此可知，本研究所設計之IWB數位教材在輔助不同經驗攫取偏好或經驗轉換偏好之國中一年級學生學習細胞分裂主題上均具有高效果量之學習效益；而傳統資訊融入教學之數位教材僅對於經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生有高效果量之效益，對於其他經驗轉換與經驗攫取偏好之學生則僅有「染色體及其重要性」與「減數分裂的意義與過程」的輔助效益較佳。

另外，本研究以 TDTCD 問卷之前、後測填答情形作為概念改變之依據，在 TDTCD 問卷整體性分析上發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下學習後，其概念改變情形顯著優於在傳統資訊融入教學環境下之學生；經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生雖在 IWB 融入教學環境下學習後，其概念改變情形較傳統資訊融入教學佳，但未達顯著水準，由此可知，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習細胞分裂主題之概念改變情形在統計上是相同的。經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下學習後，其概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學

佳；而經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學模式下，學習細胞分裂主題則能獲得統計上相同的概念改變情形。進一步從各子概念之概念改變情形的分析，則可以發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學環境中，學習細胞分裂主題之「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念的概念改變情形顯著較佳。經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生雖在 IWB 融入教學環境中，學習細胞分裂主題之三個子概念，所獲得之概念改變的情形均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，因此，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題之三個子概念，均能獲得統計上相同之概念改變的效益。相較於傳統資訊融入教學環境下，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境中，學習細胞分裂主題之三個子概念的概念改變情形顯著較佳。另外，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生雖然在 IWB 融入教學環境中，學習「染色體與其重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個子概念後，獲得概念改變的情形雖然均較傳統資訊融入教學環境來得好，但未達顯著水準，由此可知，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下均能獲得統計上相等的概念改變情形。

(二) 情意層面之學習感受情形

從 CMLES 問卷之填答情形的分析則可以發現，學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境的感受，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境，於「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」之學習感受上，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，換言之，經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，傾向於認為 IWB 融入教學環境較屬於建構式的學習環境；而經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一

年級學生，則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。除此之外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，則對於IWB融入細胞分裂主題之教學環境於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」三個向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，其他「學習溝通」、「相關性」與「易用性」的感受則與傳統資訊融入教學環境相同；另外，經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。

(三) 不同學習風格之個案學生的上課情形

從不同學習風格之個案學生的上課情形分析可以發現，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在IWB融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較高，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在兩種資訊融入教學環境下均有高參與度。而經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在IWB融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較傳統資訊融入教學高，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下學習「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念均有高參與度，但在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在IWB融入教學環境下之學習參與度較高。而該研究結果正可以說明不同學習風格之國中一年級學生，於不同資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題各子概念之學習效益的情形，從前述之研究結果可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生，在IWB融入教學環境下學習細胞分裂主題之學習效益與概念改變情形均顯著較傳統資訊融入教學環境佳，從「課程參與度」分析亦可以發現相同的研究結果，除此之外，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，則在兩種資訊融入教學環境下均有高課程參與度，而其學習效益與概念改變的情形亦在統計上為相同。另外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生，在IWB

融入教學環境下學習細胞分裂主題之學習效益雖然較傳統資訊融入教學環境佳，但未達顯著水準，而概念改變情形則顯著較傳統資訊融入教學環境佳，從「課程參與度」分析亦可以發現「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下之課程參與度較高；經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生，則在兩種資訊融入教學環境下學習「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念能獲得統計上相等的學習效益，但在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在 IWB 融入教學環境下之學習效益顯著較傳統資訊融入教學來得佳，而在概念改變上，則兩種資訊融入教學環境均能讓經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生獲得統計上相等的概念改變效益，從課程參與度分析亦可以發現兩組學生在前兩個概念之學習上有高參與度，而「減數分裂的意義與過程」概念則以 IWB 組之課程參與度較高。

近年來，個別差異已成為數位學習領域關注的焦點，例如認知風格、先備知識、學習風格等(Chen, 2003)。學習風格的理論中又以 Kolb 學習風格理論最廣被採用(Cassidy, 2004; Duff & Duffy, 2002)。Kolb(1984)主張個體是透過發現與經驗來獲得學習，並將學習定義為一個在經驗轉換過程中創造出知識的歷程，而知識就在攫取與轉換經驗之整合的過程中產出；基於此，Kolb 在其經驗學習理論中定義了兩個經驗攫取之對應模式—「具體經驗」與「抽象概念」，以及兩個將攫取經驗進行轉換之對應模式—「省思觀察」與「主動實驗」，然而，在這個以經驗為基礎之學習的過程中，學習者不斷以循環的方式經驗這四個模式，來回應學習的情境與其所學習到的事物，而且，學習者也會透過對於經驗的選擇，安排自己以不同的程度來捕捉實在，再將之轉換為自己的知識，因此，學習者對於經驗之安排會決定其在學習過程中強調這四種模式的程度，而這四種學習模式的偏好分別為：「具體經驗」—透過感覺來獲得學習(learning from feeling)、「抽象概念」—透過思考來獲得學習、「主動實驗」—從實作獲得學習(learning by doing)、「省思

觀察」—從省思中獲得學習(learning by reflecting) (Cassidy, 2004; Kolb & Kolb, 2005)，換言之，經驗攫取偏好為「具體經驗」者對於感覺敏銳，偏好透過經驗與感覺來獲得學習，故提供其感官上的經驗可以幫助其學習，而經驗攫取偏好為「抽象概念」者，則偏好透過概念性與分析性的思考來獲得理解；經驗轉換偏好為「主動實驗」者，偏好從主動之試誤來進行學習，故提供其實作機會將有助其學習，而經驗轉換偏好為「省思觀察」者偏好省思與觀察，在嘗試任何行動前會廣泛地考量任務與潛在的解決方案，故講述、閱讀等學習方式適合此類型之學習者。本研究發現，相較於傳統資訊融入教學環境—以講述為主之數位學習環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學環境—允許多媒體、多模態整合呈現之數位學習環境下的學習效益與概念改變的情形顯著較佳，除此之外，IWB 具有一個能提供學生在全班教學時可以互動性地使用的介面，亦提供了學生實作的機會，讓學生更容易連結到科學的知識並接收教師與同儕的回饋 (Hennessy et al., 2007)，本研究亦發現經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下，其概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學來得佳，另從個案學生之課程參與度分析亦發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學環境，其課程參與度較傳統資訊融入教學環境來得高，而經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生亦以在 IWB 融入教學環境下之課程參與度較高，由此可知，IWB 之整合多媒體與多重感官呈現的視覺本質提高了經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生對於課程的參與，進而輔助其在細胞分裂主題之學習，而 IWB 之高互動性的特質則提供經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生實作的經驗，並提高其在 IWB 數位學習環境下之課程參與，進而促進其在該主題之學習。

除此之外，從 CMLES 之問卷作答可以發現，經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生對於這兩種富涵視覺呈現的資訊融入教學環境均持正向的態度，而且對於這兩種資訊融入教學環境的感受不具有差異，然而，由於 IWB 除了提供視覺整

合多媒體與多模態呈現外，亦提供了互動操作的感官經驗，因而增進其於 IWB 融入教學環境下之學習效益與概念改變，故本研究推論這可能是造成經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生雖然對於這兩種教學環境的感受不具差異，但以在 IWB 融入教學環境下學習效益與概念改變情形較佳的原因。經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生則顯著地認為 IWB 融入教學環境較傳統資訊融入教學環境更符合建構式學習環境，更能提供其學習探究的機會、促進其思考並反省所學、課程中的訊息更能反應日常生活的情況並能以各種方式呈現資料、且課程也更具挑戰性更能刺激其思考，然而其在這兩種資訊融入教學環境下卻具有統計上相同的學習效益與概念改變情形，本研究推論這可能是因為細胞分裂主題涉及許多遺傳學之基本結構與結構間的關係，以及一些動態的微觀過程，相較於其他自然與生活科技課程來得更為抽象，而學生之認知能力無法理解這些微觀抽象的概念，也是造成學習困難的原因之一(楊坤原與張賴妙理, 2004; Brown, 1995; Lazarowitz & Penso, 1992; Knippels et al., 2005)，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生因為偏好透過概念性與分析性的思考來獲得理解，而細胞分裂之主題的特質正符合該類型學生的學習偏好，這可能是造成其在這兩種資訊融入教學環境下具有相同學習效益與概念改變效益之原因，但是，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生還是認為 IWB 融入教學環境更符合建構式學習環境。另外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」三個向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，而且經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下其概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學佳，本研究推論這可能是因為經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下，相較於傳統資訊融入教學環境，有更多的實作機會，使其更有被鼓勵參與探究學習的感受，且其認為 IWB 之教學課程更具挑戰感並且更能刺激其思考，讓他們更有機會反省其學習和思考，這亦可能促進經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下的學習效益與概念改變。

經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的感受，且亦具有統計上相同的概念改變效益，這可能是因為經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生偏好省思與觀察，在嘗試任何行動前會廣泛地考量任務與潛在的解決方案，故講述、閱讀等學習方式均適合此類型之學習者，而這兩種資訊融入教學環境所設計之數位教材均能提供大量的訊息，包含文字、圖片、影片等，正提供許多訊息來源供其觀察與思考，因而造成經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生對於這兩種資訊融入教學環境均持有正向的感受且具有相同學習效益之因。基於上述之研究發現，本研究推論 IWB 具有之整合多媒體與多重感官呈現的視覺本質與高互動性，是經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「主動實驗」學生之學習效益的來源，而該研究發現也支持了 Holmes(2009)的觀點，IWB 允許多媒體與多模態呈現之視覺本質，不但有助於協助學生對於概念的理理解，亦能符合不同學習類型之學生的需求。

然而，Terrell(2002)針對 159 位修習教育電腦科技課程之博士生進行研究發現，經驗攫取偏好為「抽象概念」者在數位學習環境下的學習較「具體經驗」者佳；Wang 等(2006)針對 455 位國中學生進行自然與生活科技課程之數位學習進行探究，發現經驗轉換偏好為「省思觀察」者—發散者與同化者，較經驗轉換偏好為「主動實驗」者有較佳之學習效益；Manochehri 與 Young(2006)則探究 390 位大學生以傳統教學及數位學習兩種方式進行代數學習，發現以教學者為基礎之學習課程裡，學習風格與學習成效間沒有關聯，但是在數位學習環境下，則以經驗攫取上偏好「抽象概念」者—同化者與聚斂者的表現較佳。而本研究之發現與上述沒有教師引導之數位學習環境的發現不同，本研究推論這可能是本研究所設計之資訊融入教學環境均有教師引導教學而非讓學生自主學習，而且，上述研究所設計之數位學習環境主要讓學生以閱讀的方式來獲得學習，而 IWB 學習環境除有教師引導發問之外，還以 IWB 所特有之高互動性的特質設計教學活動，讓

學生可以主動操作 IWB 並與全班互動來獲得學習，因此，IWB 不但具有整合多媒體、多模態呈現之視覺效益，提供學生更多感官的經驗與多重表徵來協助學生的學習與理解外，其獨有之高互動性亦讓 IWB 成為一個讓全班師生互動的新介面，並讓不同學習風格類型之學生分別以其感覺、操作、思考與省思觀察等方式來獲得學習，因此，學生於 IWB 融入教學環境之學習效益顯著優於傳統資訊融教學環境者，而且經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「主動實驗」學生於 IWB 融入教學環境之效益又顯著優於傳統資訊融入教學環境者，故本研究推論 IWB 之多媒體與多模態整合呈現之視覺本質與高互動性，是其促進學生學習細胞分裂主題之效益來源，而這也是本研究之研究結果與 Terrell(2002)、Wang 等(2006)以及 Manocheri 與 Young(2006)研究結果不同的原因，同時也是 IWB 與其他數位學習環境不同且優勢之處。

本研究發現不同資訊融入教學模式對於學生之學習效益有不同的影響，而且，不同資訊融入教學模式對於教師之教學方法與師生互動亦有不同的影響。這可以從本研究所提出「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」的論點獲得支持，學習科技屬性與教學方法是交互影響的，也就是因為 IWB 所具有之功能與特質，讓教師可以應用以提升學生主動參與教學的時間，而這也是讓學生覺得 IWB 環境為建構式教學環境，並促進 IWB 組學生有較佳學習效益的因素之一。除此之外，本研究也發現不同學習風格之學生的學習效益、課程參與度以及對於學習環境的感受亦不相同，這亦可由三元論來說明，學習者是學習過程的主體，學習者與學習相關的特質，包含對於圖文、視聽覺訊息之選擇、組織與整合的方式、學習風格與認知風格等會影響其在該環境下的學習，而 IWB 整合多媒體與多模態呈現之視覺本質以及高互動性等特質，不但讓教師可以應用來促進學生主動參與教學的時間，並提供了感官具體之經驗以及實作與全班互動的機會，因而促進不同學習風格學生之學習並增進其學習效

益。本研究之發現支持了本研究所提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」，IWB 之屬性與細胞分裂主題之教學策略，在 IWB 數位教材設計的過程中，隨著 IWB 的特質與屬性，不斷地與本研究所提出細胞分裂主題之資訊融入教學設計原則產生交互作用，因而設計出本研究的數位教材，教師亦在教學的過程中與本研究之數位教材產生交互作用，而形塑出不同之師生互動模式，而學生本身所具有之與學習相關的特質也在教學過程中不斷地與整個 IWB 數位教材產生交互作用，進而促進不同學習風格學生之學習效益、概念改變情形、情意感受以及課程參與程度。基於上述之研究，本研究初步地檢驗並證明了本研究所提出之科技輔助科學學習效益之三元決定論，然此研究仍待後續其他的研究，包含不同之學習科技的特質、不同的學習單元，以及不同的學習者特質來加以檢驗與支持。

第五章 結論與建議

本研究依據文獻分析提出「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」以及「質量並重的研究方法可以釐清科技輔助科學學習的全貌」兩個核心論點作為本研究之立論基礎(圖 5-1-1)；並以互動式電子白板(Interactive Whiteboard, IWB)作為本研究提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」中所要探究之教育科技，再分別以「IWB」、「細胞分裂主題之教學策略」以及「學習風格」三個部份來紮根本研究中所主張之「科技輔助科學學習效益之三元決定論」的三環；並從知識之獲得、學習環境的感受與師生互動來探究 IWB 輔助科學學習之效益。本章將分為「結論」與「建議」兩節，分別綜述本研究之研究結果並對於 IWB 輔助科學學習之相關研究提出建議。

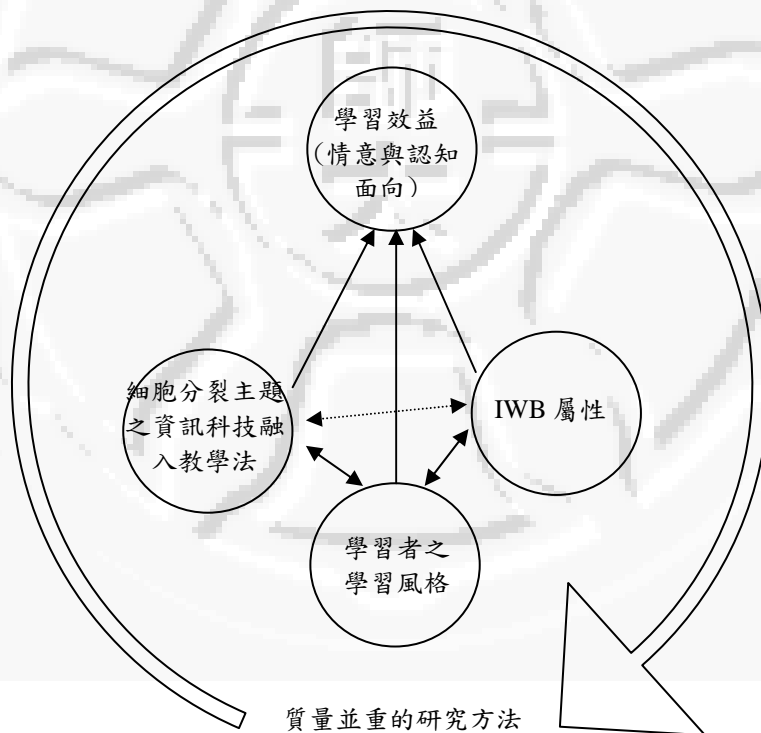


圖 5-1-1 本研究之理論架構圖

第一節 結論

一、不同資訊融入教學模式融入國中細胞分裂主題之教學效益

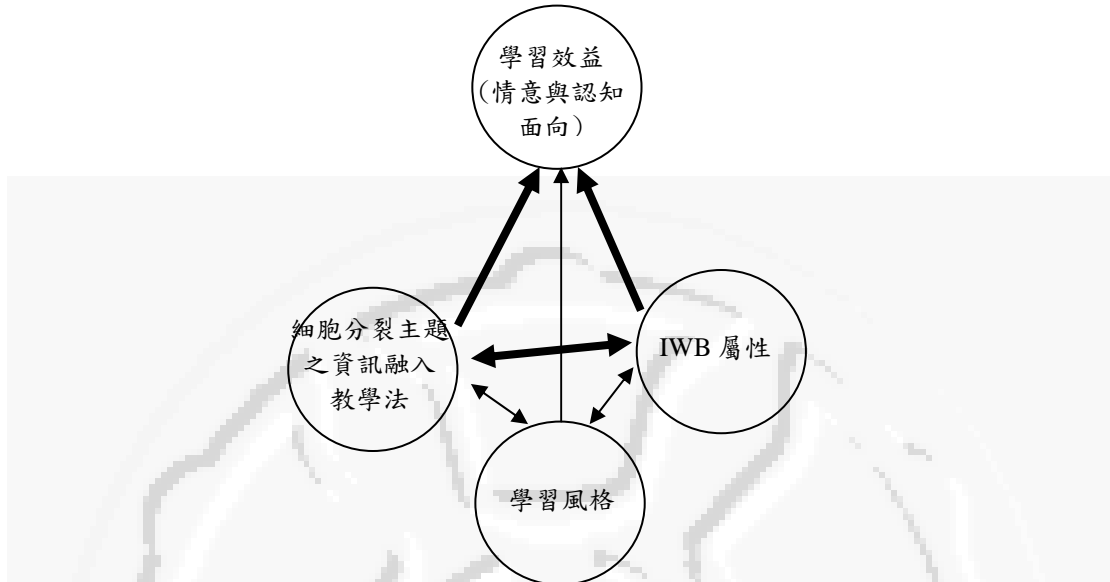


圖 5-1-2 科技輔助科學學習效益之三元決定論：IWB 屬性與學習效益之關係

如圖 5-1-2，本部份說明「IWB 屬性」與「學習效益—認知面向」以及「學習效益—情意面向」之關係：

(一) 相較於傳統資訊融入教學，學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之環境中進行學習，有較佳之學習效益與概念改變情形。

本研究發現國中一年級學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下的學習效益，顯著優於傳統資訊融入教學環境，效果量達中高效果量(medium-large effect size)。從各子概念之分析亦可以發現，IWB 融入細胞分裂主題之「染色體的意義與重要性」、「細胞分裂的意義與過程」與「減數分裂的意義與過程」三個概念的教學效益，亦顯著優於傳統資訊融入教學環境，效果量均達中等以上之效果量，其中以「染色體的意義與重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念學習輔助之效益較大。除此之外，本研究也發現，本研究所設計之 IWB 數位教材，在輔助

國中一年級學生學習細胞分裂主題各子概念之學習均達高效果量，而傳統資訊融入教學之數位教材中則僅「細胞分裂的意義與過程」為中高效果量，其餘概念學習亦均達高效果量，因此，傳統資訊融入教學在輔助國中一年級學生學習細胞分裂主題亦具有中高以上之效果量，然若能採用 IWB 融入教學則更能達到高效果量之學習效益。另外，本研究亦發現學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境學習後，其於各子概念之迷思概念的改善效益，均顯著優於傳統資訊融入教學的學習環境。由此可知，相較於傳統資訊融入教學，學生在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之環境中進行學習，具有較佳之學習效益與概念改變。

(二) 相較於傳統資訊融入教學，學生認為 IWB 融入國中細胞分裂主題之教學環境較符合建構式學習環境。

本研究發現國中一年級學生對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境的感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，學生傾向於認為 IWB 所營造之學習環境更能提供機會幫助其進行學習探究與思考，而且 IWB 所呈現之數位教材不但有趣、易於操作外，也更具有挑戰性且能刺激其思考。由此可知，相較於傳統資訊融入教學環境，學生顯著地認為 IWB 融入教學環境較符合建構式學習環境。

(三) 相較於傳統資訊融入教學，在 IWB 融入國中細胞分裂主題教學之環境中進行教學，師生互動模式偏向於教師減少講述教學而學生主動參與教學活動之情形增加。

本研究發現兩種資訊融入教學環境下師生互動行為之類型出現的頻率與累積之時間比例均有顯著差異，相較於傳統資訊融入教學環境，IWB 融入教學之學習環境有降低教師「講述」行為的趨勢，教師「講述」行為的累積時間佔整個教學活動之時間比例下降、「發問」行為佔教學活動之比例提高、「學生回應教師

問答」行為的時間比例亦隨之增加，從各子概念教學過程中師生之互動分析則可以發現，兩種資訊融入教學環境下之師生互動行為類型出現的頻率不具有差異，而在互動行為累積之時間比例上則具有顯著差異，由於這兩種數位教材設計之內容，包含教師發問的問題、動畫、影片等均相同，但是 IWB 組設計之數位教材需要與 IWB 的功能相結合，而促進學生對於教學活動的主動參與與操作 IWB，故兩種資訊融入教學模式下師生互動行為之差異，主要在於互動行為出現之累積時間的比例，而這樣的差異正是學生學習效益與主動參與教學活動之成因。

二、不同學習風格國中一年級學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題之效益

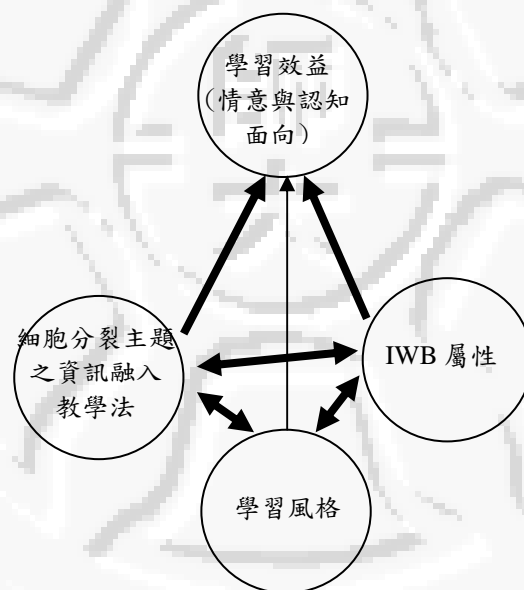


圖 5-1-3 科技輔助科學學習效益之三元決定論：IWB 屬性、學習風格與學習效益間之關係

如圖 5-1-3，本部份說明「IWB 屬性」、「學習風格」與「學習效益—認知面向」以及「學習效益—情意面向」間之關係：

(一) 不同學習風格學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題，其學習效益與概念改變具有差異。

1. 經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生，在 IWB 融入細胞分裂主題教學環境之學習效益與概念改變情形，顯著優於傳統資訊融入教學環境。

本研究發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入細胞分裂主題教學環境之學習效益顯著優於傳統資訊融入教學環境，其中尤以「染色體與其重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益顯著較傳統資訊融入教學環境來得佳。從 Cohen's *d* 效果量之分析可以發現，「具體經驗」之學生在 IWB 融入教學環境下學習「染色體的意義與重要性」、「細胞分裂的意義與過程」以及「減數分裂的意義與過程」三個子概念之學習效益均達高效果量，但在傳統資訊融入教學環境下，僅「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益達高效果量，「染色體的意義與重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念則為中高效果量。另外，本研究亦發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境下學習後，其概念改變情形顯著優於在傳統資訊融入教學環境下之學生。

2. 經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，均能獲得相等之學習效益與概念改變情形。

經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在這兩種數位學習環境下，學習細胞分裂主題之三個子概念均能獲得統計上相等的學習效益；而且，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在 IWB 融入教學環境下，學習細胞分裂主題之三個子概念的學習效益均達高效果量，而在傳統資訊融入教學環境，則「染色體的意義與重要性」與「減數分裂的意義與過程」概念學習達高效果量、「細胞分裂的意義與過程」則為中高效果量。此外，本研究亦發現經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生在兩種資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，能獲得統計上相同之

概念改變情形。

3. 經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生，在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，均能獲得相等之學習效益；但是在概念改變情形上，則以 IWB 融入教學環境下之概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學佳。

經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在這兩種數位學習環境下，學習細胞分裂主題之三個子概念均能獲得統計上相等的學習效益。而且，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境，學習細胞分裂主題之三個子概念的學習效益均達高效果量，在傳統資訊融入教學環境下，學習「染色體的意義與重要性」概念的效果量為中高效果量、「細胞分裂的意義與過程」則達中效果量、「減數分裂的意義與過程」概念則為高效果量。此外，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下學習後，其概念改變情形顯著較傳統資訊融入教學佳。

4. 經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在 IWB 融入教學與傳統資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題，能獲得相等之整體學習效益與概念改變情形。

經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生在這兩種數位學習環境下，學習細胞分裂主題雖能獲得統計上相同的學習效益；但以「減數分裂的意義與過程」概念之學習效益，以 IWB 融入教學環境顯著較傳統資訊融入教學環境佳，而在「染色體的意義與重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念之學習上，則兩種資訊融入教學環境均能提供其統計上相同的學習效益。此外，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下，學習細胞分裂主題之三個子概念的學習效益均達高效果量。從概念改變之分析上，則可以發現經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學模式下，學習細胞分裂主題均能獲得統計上相同的概念改變情形。

由上述可知，本研究所設計之 IWB 數位教材在輔助經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生的學習效益與迷思概念改善情形，以及經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生的迷思概念改善情形，顯著較傳統資訊融入教學環境來得好；而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生與經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生則在這兩種資訊融入教學環境下，能獲得相同之整體學習效益與概念改變。

(二) 不同學習風格學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題，其在 CMLES 問卷中呈現之對於學習環境的感受情形具有差異。經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，對於 IWB 融入教學環境之感受顯著較傳統資訊融入教學環境佳，特別是在「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」之學習感受上，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生，對於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生則對於兩種資訊融入教學環境有相同正向的學習感受。

本研究發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生，對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生，則傾向於認為 IWB 融入教學環境相較於傳統資訊融入教學環境更符合建構式的學習環境，特別是在「學習探究」、「學習思考」、「相關性」、「易用性」與「挑戰性」之學習感受上，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生認為 IWB 融入教學環境更能提供其學習探究的機會、促進其思考並反省所學、課程中的訊息更能反應日常生活的情況並能以各種方式呈現資料、且課程也更具挑戰性更能刺激其思考。經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生，則對於 IWB 融入細胞分裂主題之教學環境於「學習探究」、「學習思考」與「挑戰性」三個向度的學習感受，顯著較傳統資訊融入教學環境來得正向，其他「學習溝通」、「相關性」與「易用性」的感受則與傳統資訊融入教學環境相同；另外，經驗轉換偏好

為「省思觀察」之國中一年級學生，則對於這兩種資訊融入教學環境持有統計上相同的學習感受。由此可知，不同學習風格之學生對於其學習環境有不同之學習感受情形。

(三) 不同學習風格個案學生於不同資訊融入教學模式下學習細胞分裂主題，其課程參與度具有差異。經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下有較高之參與度，經驗攫取偏好為「抽象概念」在兩種資訊融入教學環境下均有高參與度，經驗轉換偏好為「省思觀察」之學生在兩種資訊融入教學環境下多有高參與度，但在「減數分裂之意義與過程」子概念之學習，以在 IWB 融入教學環境下之參與度較高。

本研究發現，相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「具體經驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較高，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之國中一年級學生在兩種資訊融入教學環境下均有高參與度。而經驗轉換偏好為「主動實驗」之國中一年級學生在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題，參與教學活動的時間比例較傳統資訊融入教學高，而經驗轉換偏好為「省思觀察」之國中一年級學生，在兩種資訊融入教學環境下學習「染色體的意義與重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念均有高參與度，但在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在 IWB 融入教學環境下之學習參與度較高。由此可知，不同學習風格學生在不同資訊融入教學環境下有不同之學習參與度。而該研究結果亦可說明不同學習風格之國中一年級學生，於不同資訊融入教學環境下學習細胞分裂主題各子概念之學習效益的情形，本研究發現經驗攫取偏好為「具體經驗」之學生，在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之學習效益與概念改變情形均顯著較傳統資訊融入教學環境佳，這可能是來自於 IWB 特質符合其學習偏好，進而促進其「課程參與度」

所致，而經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生，則在兩種資訊融入教學環境下均有高課程參與度，而其學習效益與概念改變的情形亦在統計上為相同，經驗轉換為「主動實驗」之學生，在 IWB 融入教學環境下學習細胞分裂主題之學習效益雖然較傳統資訊融入教學環境佳，但未達顯著水準，而概念改變情形則顯著較傳統資訊融入教學環境佳，從「課程參與度」分析亦可以發現「主動實驗」之學生在 IWB 融入教學環境下之課程參與度較高；經驗轉換為「省思觀察」之學生，則在兩種資訊融入教學環境下學習「染色體與其重要性」與「細胞分裂的意義與過程」概念均有統計上相同的學習效益，但在「減數分裂的意義與過程」概念的學習上，則以在 IWB 融入教學環境下之學習效益較佳，從課程參與度分析亦可以發現兩組學生在前兩個概念之學習上有高參與度，而「減數分裂的意義與過程」概念則以 IWB 組之課程參與度較高。

第二節 建議

一、在學習理論上

依據 Mayer (2003)提出的「多媒體認知學習理論」，學習者在資訊融入教學環境中進行學習，其發生有意義之學習的條件是，教師教學活動須應用文字與圖像表徵，讓學習者透過眼與耳，選擇、組織、整合文字與圖像訊息，並以非線性且反覆的方式進行主動學習，並將學習的成果儲存在長期記憶裡，換言之，學習者的個人特質，對於資訊融入教學之效益具有決定性之影響，本研究發現呼應了 Mayer 的論點。由於本研究由學習風格角度，分別由「經驗攫取偏好」與「經驗轉換偏好」來進行探究，本研究建議，未來宜進一步基於 Mayer 的論點，由視覺認知處理過程與聽覺認知處理過程進行深入探究，探討「經驗攫取偏好」與「經驗轉換偏好」不同之學習者，在視覺認知處理過程與聽覺認知處理過程的差異，並進一步解釋本研究中不同學習風格學習者在 IWB 融入教學環境中，其學習效益之差異的產生原因。

二、在研究方法上

- (一) 本研究的對象為中部地區之公立國民中學一年級學生，故研究結果無法推估到其他地區或是私立學校的學生。因此，本研究建議，未來應擴大研究樣本至北、南及東部地區的公私立中學之學生，才能將研究結果進行有效推論。
- (二) 本研究的研究對象為國中一年級學生，所探討的概念僅限於基因、染色體、細胞等遺傳學專有名詞及其相關物理性關係、細胞分裂的意義與過程以及減數分裂的意義與過程等國中階段所需學習之基礎概念，未涉及複雜之 DNA 分子的組成、以及細胞分裂與減數分裂過程中紡錘體、細胞核膜、染色體聯會等變化情形。因此，無法瞭解學生對於細胞分裂主題之全面性的概念學習

效益與迷思概念情形，故為能全面瞭解學生對於細胞分裂之整體概念學習與迷思概念情形。本研究建議未來應擴大探究細胞分裂主題之範圍，並將研究對象擴展到高中學生，或採用縱貫性研究來瞭解學生在細胞分裂主題學習的全貌。

(三) 本研究的研究設計與資料蒐集兼採量化與質性資料的蒐集，研究結果主要由量化資料蒐集工具：「細胞分裂主題之總結性評量、細胞分裂之二階層診斷式測驗、建構式多媒體學習環境問卷與 Kolb 學習風格量表」，以及質化資料蒐集工具：「師生口語互動編碼記錄表與學生課程參與度記錄表」來獲得研究結果，本研究建議未來在質性資料的蒐集上，可以採用質性訪談來深入瞭解學生的學習情形與感受，以獲得更全面、更為完整的資料。

三、在教學應用上

本研究提出之「科技輔助科學學習效益之三元決定論：學習科技屬性、教學方法、學習者特質」值得第一線教師參考。本研究結果發現，學習科技的屬性對於教師教學行為與師生互動行為會有一定程度的影響，亦即學習科技屬性與教學方法間會交互影響，而不同學習風格學習者對於學習科技營造之學習環境的感受，以及在學習科技營造之學習環境中與教學活動互動的情形亦有差異，亦即學習科技屬性與教學方法與學習者特質會有交互影響，而且本研究亦發現，學習科技屬性、教學方法、學習者特質三因子在交互影響之下，也進一步影響了學習者的學習效益。基於上述，本研究提出對於第一線教師之教學應用的建議為：

(一) 建議教師在進行學習科技融入教學時，宜特別考慮到學習者特質。本研究發現相較於傳統資訊融入教學環境，經驗攫取偏好為「抽象概念」之學生對於 IWB 學習環境感受較為正向，在 IWB 學習環境中，經驗攫取偏好為「具

體經驗」之學生的學習效益與概念改變情形較佳，經驗轉換偏好為「主動實驗」之學生的概念改變情形較佳，經驗攫取偏好為「具體經驗」與經驗轉換為「主動實驗」之學生的課程參與度較佳。教師除了注意到上述較為正向的發現外，更應該進一步瞭解未有良好反應的學習者特質，無法有良好反應的原因，並嘗試依據他們的需求調整教學活動進行的方式。

- (二) 由於 IWB 教學與 Microsoft PowerPoint 的教學，在過程中均是採用單槍投影數位教材的方式進行，如果沒有善用 IWB 獨特的互動功能，很容易讓教學類似 Microsoft PowerPoint 的教學，而無法顯示出 IWB 教學的效益。本研究建議，使用 IWB 教學的教師，應該充分瞭解與應用 IWB 獨特的互動功能於教學活動中，以確保 IWB 教學的效益。
- (三) 由於 IWB 高互動數位教材之設計具有一定難度，而使得教師會因為資訊能力的限制而無法以 IWB 實施理想中的教學活動。本研究建議，學校或是教育行政當局，應該應用資源組成 IWB 教材製作團隊，以協同的方式開發 IWB 數位教材，讓有意願採用 IWB 融入教學之教師，有充分的教學資源，以確保 IWB 教學的效益。
- (四) 由於 IWB 採用單槍投影數位教材的方式進行，整體而言，IWB 反光的亮度往往會比 Microsoft PowerPoint 的教學時投影布幕反光的亮度大，連續與長久使用之下，對於學生的視力恐有影響。本研究建議，使用 IWB 教學的教師，應該特別注意讓學生有適當的眼睛休息時間。

參考文獻

一、中文文獻

- 成章瑜(2002)。新科學創造台灣競爭力。遠見雜誌，197，82-87。
- 何秋萱(2004)。Flash 融入五階段概念改變教學策略對國中生遺傳概念改變的影響。國立彰化師範大學生物研究所碩士論文，未出版，彰化縣。
- 南一書局(2009)。國民中學自然與生活科技(下冊)。台南市：南一書局企業股份有限公司。
- 孫旻儀(2007)。師生互動關係量表之編制及模式之驗證研究。教育學術彙刊，1(2)，23-40。
- 教育部(2006)。「建構縣市 e 化學習環境」建置參考說明。2010 年 9 月 27 日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/b0089/e-environment.pdf。
- 教育部(2008)。中小學資訊教育白皮書 2008-2011。2010 年 9 月 27 日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/B0010/97-100year.pdf。
- 陳美玉(1998)。教室觀察——一項被遺漏的教師專業能力(下)。研習資訊雙月刊，15(6)，60-69。
- 陳彥君、董修齊(2010)。互動式電子白板融入數學領域對國小高年級學生學習動機之影響。工業科技教育學刊，3，1-7。
- 陳奎憲、王淑俐、單文經、黃德祥(1996)。師生關係與班級經營。臺北市：三民書局。
- 楊坤原、張賴妙理(2004)。遺傳學迷思概念的文獻探討及其對教學的啟示。科學教育學刊，12(3)，365-398。
- 楊凱悌、王子華、邱美虹(2011a)。生物學細胞分裂主題之資訊融入教學設計原則。科學教育月刊，342，9-19。
- 楊凱悌、王子華、邱美虹(2011b)。探討互動式電子白板對於不同認知風格國中生學習效益之影響——以細胞分裂單元為例。課程與教學季刊，14(4)，187-208。
- 鄭湧涇、楊坤原(1998)。國中學生對生物的態度。師大學報，43(2)，37-54。
- 簡馨瑩(2010)。學生提問策略教學對教室理師生互動與教學序列結構之影響研究。當代教育研究，18(3)，125-163。

二、英文文獻

- American Association for the Advancement of Science (1998). *Blueprints for Reform: Science, Mathematics, and Technology Education*. NY: Oxford University Press.
- Amidon, E., & Flanders, N. A. (1961). The effects of direct and indirect teacher influence on dependent-prone students learning geometry. *Journal of*

- Educational Psychology*, 52(6), 286-291.
- Anderson, H. H. (1943). Domination and socially integrative behavior. In R. G. Barker, J. S. Kounia, & H. F. Wright (Eds.). *Child Behavior and Development*. New York: McGraw Hill.
- Anderson, L., Ryan, D. W. L., & Shapiro, B. J. (1989). *The IEA Classroom Environment study*. Oxford: Pergamnon Press.
- Anderson, G. J., & Walberg, H. J. (1974). Learning environments. In H. J. Walberg (Ed.), *Evaluating educational performance: A sourcebook of methods, instruments, and examples*. Berkeley, CA: McCutchan.
- Aragon, S. R., Johnson, S. D., & Shaik, N. (2002). The influence of learning style preferences on student success in online vs. face-to-face environments. *American Journal of Distance Education*, 16(4), 227-243.
- Arnott, S. (2004). Computers to replace school blackboards. *Computing*, 9 August. Retrieved January 1, 2012, from <http://www.computing.co.uk/ctg/news/1860992/computers-replace-school-blackboards>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. (1998). *Human Memory*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Barak, M., Ashkar, T., & Dori, Y. J. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56(3), 839-846.
- Barnes D. (1992) The role of talk in learning. In K. Norman (Ed.), *Thinking Voices*. London: Hodder and Stoughton.
- Bayraktar, S. (2001). A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of Research on Technology in Education*, 34, 173-188.
- Blake, T. (1977). Motion in instructional media: Some subject-display mode interactions. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 975-985.
- Bloom, B. S. (1964). *Stability and Change in Human Characteristics*. New York: Wiley.
- British Educational Communications and Technology (2003). *What the research says about interactive whiteboards*. Retrieved January 1, 2012, from <https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/15006MIG2793.pdf>
- British Educational Communications and Technology (2004). *Getting the most from your interactive whiteboard: A guide for secondary schools*. Retrieved January 1, 2012, from <https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/15091.pdf>

- British Educational Communications and Technology (2006). *The BECTA review 2006: Evidence on the progress of ICT in education*. Retrieved January 1, 2012, from http://dera.ioe.ac.uk/1427/1/becta_2006_bectareview_report.pdf
- British Educational Communications and Technology (2007). *Harnessing Technology schools survey 2007*. Retrieved January 1, 2012, from http://dera.ioe.ac.uk/1554/1/becta_2007_htssfindings_report.pdf
- Bovy, R. A. (1983). *Defining the psychologically active features of instructional treatments designed to facilitate cue attendance*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Montreal, USA.
- Bransford J., Brown A., & Cocking R. (2000). *How People Learn: Mind, Brain, Experience and School, Expanded Edition*. Washington, DC: National Academy Press.
- Brok, P., Brekelmans, M., & Wubbels, T. (2004). Interpersonal teacher behaviour and student outcomes. *School Effectiveness and School Improvement, 15*(3-4), 407-442.
- Brown, C. R. (1995). *The Effective Teaching of Biology*. New York, USA: Longman publishing.
- Browning, M. E., & Lehman, J. D. (1988). Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(9), 747-761.
- Campell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2008). *Biology* (8th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.
- Cassidy, S. (2004). Learning styles: An overview of theories, models, and measures. *Educational Psychology, 24*(4), 419-444.
- Chang, V., & Fisher, D. L. (2001). A new learning instrument to evaluate online learning in higher education. In M. Kulski & A. Herrmann (Eds.), *New horizons in university teaching and learning* (pp.23-34). Perth: Curtin University of Technology.
- Chen, S. Y.(2003). Editorial: Individual differences in web-base instruction—an overview. *British Journal of Educational Technology, 34*(4), 385-392.
- Chen, S. Y., Magoulas, G. D., & Dimakopoulos, D. (2005). A flexible interface design for web directories to accommodate different cognitive styles. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 56*, 70-83.
- Chen, S. Y., & Macredie, R. D. (2004). Cognitive modelling of student learning in web-based instructional programmes. *International Journal of Human-Computer Interaction, 17*(3), 375-402.
- Chinnici, J. P., Yue, J. W., & Torres, K. M. (2004). Students as “human chromosomes”

- in role-playing mitosis and meiosis. *The American Biology Teacher*, 66(1), 35-39.
- Chou, H-W. (2001). Influences of cognitive style and training method on training effectiveness. *Computer & Education*, 37(1), 11-25.
- Clark, D. C., & Mathis, P.M. (2000). Modeling mitosis and meiosis: A problem-solving activity. *The American Biology Teacher*, 62(3), 204-206.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149–210.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445-459.
- Clark, R. E. (1985). Confounding in educational computing research. *Journal of Educational Computing Research*, 1(2), 445-460.
- Clark, R. E. (1992). Facilitating domain-general problem solving: Computers, cognitive processes and instruction. In R. E. Clark (Ed.), *Learning from Media: Arguments, Analysis, and Evidence*. USA: Information Age Publishing Inc.
- Clark, R. E. (1994a). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21-29.
- Clark, R. E. (1994b). Media and method. *Educational Technology and Development*, 42(3), 7-10.
- Clark, R. E. (2001). What is next in the media and methods debate? In R. E. Clark (Ed.), *Learning from Media: Arguments, Analysis, and Evidence*. USA: Information Age Publishing Inc.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt(1992). An anchored instruction approach to cognitive skills acquisition and intelligent tutoring. In J. W. Regian & V. Shute(Eds.), *Cognitive Approaches to Automated Instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Council of Ministers of Education of Canada. (1997). *Common Framework of Science Learning Outcomes*. Toronto: CMEC Secretariat.
- Crawford, T., Chen, C. & Kelly, G. J.(1997). Creating authentic opportunities for presenting science: The influence of audience on student talk. *The Journal of Classroom Interaction*, 32, 1-13.
- Cuban, L., Kirkpatrick, H., & Peck, C. (2001). High access and low use of technologies in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38(4), 813-834.
- Daeson, P. (2010). Networked interactive whiteboards: Rationale, affordances and new pedagogies for regional Australian higher education. *Australasian Journal*

- of Educational Technology*, 26(4), 523-533.
- Darst, P. W., Mancini, V. H., & Zakrajsek, D. B. (Eds.)(1983). *Systematic Observation Instrumentation for Physical Education*. West Point, NY: Leisure Press.
- DeTure, M. (2004). Cognitive style and self-efficacy: predicting student success in online distance education. *The American Journal of Distance Education*, 18(1), 21-38.
- Dori, Y. J., & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology & Society*, 4(1), 61-74.
- Dori, Y. J., Barak, M., & Adir, N. (2003). A web-based chemistry course as a means to foster freshmen learning. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 1084-1092.
- Dori, Y. J., & Sasson, I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 219-250.
- Duff, A., & Duffy, T. (2002). Psychometric properties of Honey and Mumford's learning style questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 22, 147-163.
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A.(2009). A learning progression for deepening students' understanding of modern genetics across the 5th-10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 655-674.
- Duran, D., & Monereo, C. (2005). Styles and sequences of cooperative interaction in fixed and reciprocal peer tutoring. *Learning & Instruction*, 15, 179-199.
- Ebenezer, J., Kaya, O. N., & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 94-116.
- Ernest, H. J., & Federico, E. G. (2000). Measuring learning effectiveness: A new look at no-significant-difference findings. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4(1), 33-39.
- Federico, P. (2000). Learning styles and student attitudes toward various aspects of network-based instruction. *Computers in Human Behavior*, 16, 359-379.
- Flanders, N. A.(1960). *Teacher Influence, Pupil Attitudes, and Achievement*. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Office of Education, Cooperative Research Project No. 397. Minneapolis: University of Minnesota.
- Flanders, N. A. (1961). Analyzing teaching behavior. *Educational Leadership*, 19, 173-180.
- Flanders, N. A. (1970). *Analyzing Teaching Behavior*. Reading, Massachusetts:

- Addison-Wesley Publishing Company.
- Flanders, N. A., & Amidon, E. J. (1962). "Two approaches to the teaching process." *NEA Journal*, 51, 43-45.
- Frank, B. M., & Keane, D. (1993). The effect of learner's field independence, cognitive strategy instruction, and inherent word-list organisation on free-recall memory and strategy use. *Journal of Experimental Education*, 62(1), 14-25.
- Fraser, B. J. (1989). Twenty years of classroom climate work: progress and prospect. *Journal of Curriculum Studies*, 21(4), 307-327.
- Fraser, B. J. (1998). Science learning environment: Assessment, effects, and determinants. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.), *The International Handbook of Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fraser, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1982). Predicting students' outcomes from their perceptions of classroom psychosocial environment. *American Educational Research Journal*, 19, 498-518.
- Fraser, B. J., & Walberg, H. J. (Eds.) (1991). *Educational Environments: Evaluation, Antecedents and Consequences*. Oxford, England: Pergamon Press.
- Ford, N., & Chen, S. Y. (2000). Individual differences, hypermedia navigation and learning: an empirical study. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(4), 281-312.
- Gagne, R. M., Briggs, L.J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of Instructional Design* (4th ed.). Orlando: Harcourt Brace Jovanovich.
- Germann, P. J. (1988). Development of the attitudes toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitudes toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 689-703.
- Gillen, J., Littleton, K., Twiner, A., Staarman, J. K., & Mercer, N. (2008). Using the interactive whiteboard to resource continuity and support multimodal teaching in a primary science classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 348-358.
- Gilman, S. L. (2006). Do online labs work? An assessment of an online lab on cell division. *The American Biology Teacher*, 68(9), 131-134.
- Glover, D., Miller, D., Averis, D., & Door, V. (2005). The interactive whiteboard: A literature survey. *Technology, Pedagogy and Education*, 14(2), 155-170.
- Haldane, M. (2007). Interactivity and the digital whiteboard: weaving the fabric of learning. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 257-270

- Hall, I., & Higgins, S. (2005). Primary school students' perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 102-117.
- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative synthesis. *Science Education*, 66, 547-563.
- Harris, R. N., Dwyer, W. O., & Leeming, F. C. (2003). Are learning styles relevant in web-based instruction? *Journal Educational Computing Research*, 29(1), 13-28.
- Hastings, N. B., & Tracey, M. W. (2005). Do media affect learning: Where are we now? *TechTrends*, 49(2), 28-30.
- Hennessy, S., Deaney, R., Ruthven, K., & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 283-301.
- Hickey, D. T., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., & Christie, M. A. T. (2003). Integrating curriculum, instruction, assessment, and evaluation in a technology-supported genetics learning environment. *American Educational Research Journal*, 40(2), 495-538.
- Higgins, S., Beauchamp, G., & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 213-225.
- Holliman, R., & Scanlon, E. (2004). Introduction. In R. Holliman & E. Scanlon (Ed.), *Mediating Science Learning through Information and Communications Technology*. London: RoutledgeFalmer.
- Holmes, K. (2009). Planning to teach with digital tools: Introducing the interactive whiteboard to pre-service secondary mathematics teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(3), 351-365.
- Honey, P., & Mumford, A. (1992). *The Manual of Learning Styles* Maidenhead, UK: Peter Honey.
- Hopkins, D. (1993). *A Teacher's Guide to Classroom Research* (2nd ed.). Buckingham: Open University Press.
- House, E. (1991). Realism in research. *Educational Researcher*, 20(6), 2-9.
- Jaggars, S. S., & Bailey, T. (2010). *Effectiveness of Fully Online Courses for College Students: Response to a Department of Education Meta-analysis*. NY: Columbia University, Teachers College, Community College Research Center.
- Jegede, O. J., Fraser, B. J., & Fisher, D. (1995). The development and validation of a distance and open learning environment scale. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 89-94.
- Jewitt, C., Moss, G., & Cardini, A. (2007): Pace, interactivity and multimodality in teachers' design of texts for interactive whiteboards in the secondary school classroom. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 303-317
- Jonassen, D. H., Campbell, J. P., & Davidson, M. E. (1994). Learning with media:

- restructuring the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 31-39.
- Kang, H., & Lundeberg, M. A. (2010). Participation in science practices while working in a multimedia case-based environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1116-1136.
- Keefe, J. W. (1979). Learning style: An overview. In National association of secondary school principals (Ed.), *Student Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs*. Reston, Virginia: National Association of Secondary School Principals.
- Kennewell, S., & Higgins, S. (2007). Introduction to IWBs. *Learning, Media and Technology*. 32(3), 207-212.
- Kettanurak, V., Ramamurthy, K., & Haseman, W. D. (2001). User attitude as a mediator of learning performance improvement in an interactive multimedia environment: An empirical investigation of the degree of interactivity and learning styles. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 541-583.
- Kindfield, A. C. H. (1991). Confusing chromosome number and structure: A common student error. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
- Kindfield, A. C. H. (1994). Assessing understanding of biological process: Elucidating students' models of meiosis. *The American Biology Teacher*, 56(6), 367-371.
- Knippels, M. P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108-112.
- Kolb, D. A. (1976). *The Learning Styles Inventory: Technical manual*. Boston: McBer & Company.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Kolb, D. A. (1976). *Learning Styles Inventory and Technical manual*. Boston: McBer & Company.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). *The Kolb Learning Style Inventory- Version 3.1 2005 Technical Specifications*. Boston: Hay Group, Hay Resources Direct.
- Koumi, J. (1994). Media comparison and deployment: A practitioner's view. *British Journal of Educational technology*, 25(1), 41-57.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179-212.
- Kozma, R. B. (1994a). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7-19.
- Kozma, R. B. (1994b). A reply: Media and methods. *Educational Technology Research and Development*, 42(3), 11-14.

- Kozma, R. B. (1994c). The influence of media on learning: The debate continues. *School Library Media Quarterly: Journal of American Association of School Librarians*, 22(4), 233-240.
- Kozma, R. B. (2003). Technology and classroom practices: An International study. *Journal of Research on Technology in education*, 36(1), 1-14.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2007). Using learning technologies to support students in inquiry. In J. S. Krajcik, C. M. Czerniak, C. F. Berger, & C. Berger, *Teaching Children Science in Elementary and Middle School: A Project-based Approach*. NY: Routledge.
- Kulik, J., Bangert, R., & Williams, G. (1983). Effects of computer-based teaching on secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 75, 19-26.
- Kulik, J., Kulik, C., & Cohen, P. (1979). Research on audio-tutorial instruction: A meta-analysis of comparative studies. *Research in Higher Education*, 11(4), 321-341.
- Kulik, C., Kulik, J., & Cohen, P. (1980). Instructional technology and college teaching. *Teaching of Psychology*, 7(4), 199-205.
- Kulik, C.-L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based Instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75-94.
- Lai, H-j. (2010). Secondary school teachers' perceptions of interactive whiteboard training workshops: A case study from Taiwan. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(4), 511-522.
- Levy, P. (2002). *Interactive whiteboards in learning and teaching in two Sheffield schools: A developmental study*. Retrieved January 1, 2012, from <http://dis.shef.ac.uk/eirg/projects/wboards.htm>
- Lewin, K., Lippitt, R., & White, R. K. (1939). Patterns of aggressive behavior in experimentally created "social climates." *The Journal of social psychology*, 10, 271-299.
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, 177-197.
- Lewis, J, Leach, J, & Wood-Robinson, C. (2000a). What's in a cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *International Journal of Biological Education*, 34, 129-132.
- Lewis, J, Leach, J, & Wood-Robinson, C. (2000b). Chromosomes: The missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *International Journal of Biological Education*, 34, 189-199.
- Linn, M. C. (2003). Technology and science education: Starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6),

727-758.

- Liao, Y-k, C. (2007). Effects of computer-assisted instruction on students' achievement in Taiwan: A meta-analysis. *Computers & Education*, 48(2), 216-233.
- Lazarowitz, R., & Penso, S. (1992). High school students' difficulties in learning biology concepts. *Journal of Biological Education*, 26(3), 215-223.
- Manochehri, N., & Young, J. I. (2006). The impact of student learning styles with web-based learning or instructor-based learning on student knowledge and satisfaction, *The Quarterly Review of Distance Education*, 7(3), 313–316.
- Manochehri, N. (2008). Individual learning style effects on student satisfaction in a web-based environment. *International Journal of Instructional Media*, 35(2), 221-228.
- Maor, D., & Fraser, B. J. (2005). An online questionnaire for evaluating students' and teachers' perceptions of constructivist multimedia learning environments. *Research in Science Education*, 35, 221-244.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1–19.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-1139.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., and Jones, K. (2009). *Evaluation of Evidence-based Practices in Online Learning: A Meta-analysis and Review of Online-learning Studies*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education.
- Mercer, N. (2005) Sociocultural discourse analysis: Analyzing classroom talk as a social mode of thinking. *Journal of Applied Linguistics*, 1, 137–168.
- Mertens, T. R., & Walker, J. O. (1992). A paper-&-pencil strategy for teaching mitosis & meiosis, diagnosing learning problems & predicting examination performance. *The American Biology Teacher*, 49(4), 229-233.
- Mielke, K. (1980). Commentary. *Educational Communications and Technology Journal*, 28(1), 66-69.
- Morrison, G. R. (1994). The media effects question: "Unresolvable" or asking the right question? *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 41-44.
- Morrison, G. R. (2001). The equivalent evaluation of instructional media: The next round of media comparison studies. In R. E. Clark (Ed.), *Learning from Media: Arguments, Analysis, and Evidence*. USA: Information Age Publishing Inc.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead, UK: Open University Press.
- Mousavi, S., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing

- auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319–334.
- Murcia, K. (2008). Teaching for scientific literacy with an interactive whiteboard. *Teaching Science*, 54(4), 17-21.
- Murcia, K., & Sheffield, R. (2010). Talking about science in interactive whiteboard classrooms. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(4), 417-431.
- Myers III, R. E., & Fouts, J. T. (1992). A cluster analysis of high school classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 929-937.
- Nakhleh, M. B. (1994). A review of microcomputer-based labs: How have they affected science learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13, 367-381.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Northcote, M., Mildenhall, P., Marshall, L., & Swan, P. (2010). Interactive whiteboards: Interactive or just whiteboards? *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(4), 494-510.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2001). *Schooling for Tomorrow: Learning to Change: ICT in Schools*. Paris, France: Centre for Educational Research and Innovation, OECD.
- Oztap, H., Ozay, E., & Oztap, F. (2003). Teaching cell division to secondary school students: An investigation of difficulties experienced by Turkish teachers. *International Journal of Biological Education*, 38, 13-15.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Prior, G., & Hall, L. (2004). *ICT in schools survey 2004: Findings from a survey conducted in Spring 2004*. Retrieved January 1, 2012, from http://dera.ioe.ac.uk/6213/1/ict_in_schools_survey_2004.pdf
- Rakap, S. (2010). Impacts of learning styles and computer skills on adult students' learning online. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(2), 108-115.
- Rovai, A. P., & Barnum, K. T. (2003). On-line course effectiveness: An analysis of student interactions and perceptions of learning. *Journal of Distance Education*, 18(1), 57-73.
- Reiser, R. A. (1994). Clark's invitation to the dance: An instructional designer's response. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 45-48.
- Reiser, R. A. (2001). A history of instructional design and technology: Part I: A history of instructional media. *Educational Technology, Research and*

- Development*, 49(1), 53-64.
- Ross, S. M. (1994). Delivery trucks or groceries? More food for thought on whether media(will, may, can't) influence learning. *Educational Technology, Research and Development*, 42(2), 5-6.
- Sahlberg, P. (2010). Hope of cooperative learning: intentional talk in Albanian secondary school classrooms. *Intercultural Education*, 21(3), 205-218.
- Sahlberg, P., & Boce, E. (2010). Are teachers teaching for a knowledge society? *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 16(1), 31-48.
- Salomon, G. (1974). Internalization of filmic schematic operations in interaction with learners' aptitudes. *Journal of Educational Psychology*, 66, 499-511.
- Salomon, G. (1979). *Interaction of Media, Cognition and Learning*. San Francisco: Jossey Bass.
- Salomon, G. (1984). Television is "easy" and print is "tough": The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76(4), 647-658.
- Salomon, G. (1991). Transcending the qualitative-quantitative debate: The analytic and systemic approaches to educational research. *Educational Research*, 20(6), 10-18.
- Saracho, O. N. (1998). Research directions for cognitive style and education. *International Journal of Educational Research*, 29(3), 287-290.
- Schantz, B. N. (1963). *An Experimental Study Comparing the Effects of Verbal Recall by Children in Direct and Indirect Teaching Methods as A Tool for Measurement*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Pennsylvania.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to science: An update. *Studies in Science Education*, 11, 26-59.
- Schibeci, R. A. (1989). Home, school, and peer group influences on student attitudes and achievement in science. *Science Education*, 73, 13-24.
- Schmeck, R. R. (1988). Individual differences and learning strategies. In Weinstein C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P.A.(Eds.). *Learning and Study Strategies: Issues in Assessment, Instruction and Evaluation*, San Diego, CA: Academic Press.
- Sein, M., & Robey, D. (1991). Learning style and the efficacy of computer training methods. *Perceptual and Motor Skills*, 72, 243-248.
- She, H-C., & Fisher, D. (2000). The development of a questionnaire to describe science teacher communication behavior in Taiwan and Australia. *Science Education*, 84(6), 706-726.
- Shrock, S. A. (1994). The media influence debate: Read the fine print, but don't lose sight of the big picture. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 49-53.

- Simpson, C. L., Pollacia, L., Speers, J., Willis, T. H., & Tarver, R. (2003). An analysis of certain factors related to the use of powerpoint. *Communications of the International Information Management Association*, 3(2), 73-83.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1985). Attitudes toward science and achievement motivation profiles of male and female science students in grade six through ten. *Science Education*, 69, 511-526.
- Slay, H., Sieborger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboard: Real beauty or just lipstick? *Computers & Education*, 51(3), 1321-1341.
- Smith, M. U. (1991). Teaching cell division: Students' difficulties and teaching recommendations. *Journal of College Science Teaching*, 21, 28-33.
- Smith, M. U., & Kindfield, A. C. H. (1999). Teaching cell division: Basics and recommendations. *The American Biology Teacher*, 61(5), 366-371.
- Smith, H. J., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: Boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 91- 101.
- Smith, D., & Kolb, D. (1986). *User Guide for the Learning-Style Inventory*. Boston: McBer & Company.
- Somekh, B., Haldane, M., Jones, K., Lewin, C., Steadman, S., Scrimshaw, P., Sing, S., Bird, K., Cummings, J., Downing, B., Stuart, T. H., Jarvis, J., Mavers, D., & Woodrow, D. (2007). *Evaluation of the Primary Schools Whiteboard Expansion Project. Report to the Department for Children, Schools and Families*. Retrieved January 1, 2012, from http://archive.teachfind.com/becta/research.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page_documents/research/whiteboards_expansion.pdf
- Somyurek, S., Atasoy, B., & Ozdemir, S. (2009). Board's IQ: What makes a board smart? *Computers & Education*, 53(2), 368-374.
- Stewart, J., Cartier, J. L., & Passmore, C. M. (2005). Developing understanding through model-based inquiry. In M. S. Donovan & J. D. Bransford (Eds.), *How Students Learn: Science in the Classroom*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Summer, J., A. Waigandt, & Whittaker, T. (2005). A comparison of student achievement and satisfaction in an online versus a traditional face-to-face statistics class. *Innovative Higher Education*, 29(3), 233-250.
- Susskind, J. E. (2005). PowerPoint's power in the classroom: Enhancing students' self-efficacy and attitudes. *Computers & Education*, 45(2), 203-215.
- Talton, E. L., & Simpson, R. D. (1986). Relationships of attitudes toward self, family, and school with attitudes toward science among adolescents. *Science Education*, 70, 365-374.

- Taylor, P., & Maor, D. (2000). *Assessing the efficacy of online teaching with the constructivist on-line learning environment survey*. In A. Herrmann and M. M. Kulski (Eds), *Flexible Futures in Tertiary Teaching*. Proceedings of the 9th Annual Teaching Learning Forum, Perth: Curtin University of Technology.
- Terrell, S. R. (2002). The effect of learning style on doctoral course completion in a Web-based learning environment. *Internet and Higher Education*, 5, 345-352.
- Thomas, M., & Jones, A. (2010). *Interactive whiteboards: An Australasian perspective*. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(4), iii-vi.
- Torff, B., & Tirota, R. (2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics. *Computers & Education*, 54(2), 379-383.
- Ullmer, E. (1994). Media and learning: Are there two kinds of truth? *Educational Technology Research and Development*, 42(1), 21-32.
- Walker, S. L., & Fraser, B. J. (2005). Development and validation of an instrument for assessing distance education learning environments in higher education: The distance education learning environments Survey (DELES). *Learning Environments Research*, 8(3), 289-308.
- Wall, K., Higgins, S., & Smith, H. (2005). 'The visual helps me understand the complicated things': Pupil views of teaching and learning with interactive whiteboards. *British Journal of Educational Technology*, 36(5), 851-867.
- Waller, W. (1932). *The sociology of teaching*. New York: John Wiley & Sons.
- Wang, T. H. (2007). What strategies are effective for formative assessment in an e-Learning environment? *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(3), 171-186.
- Wang, K. H., Wang, T. H., Wang, W. L., & Huang, S. C. (2006). Learning styles and formative assessment strategy: enhancing student achievement in Web-based learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(3), 207-217.
- Wellington, J. (2005). Has ICT come of age? Recurring debates on the role of ICT in education, 1982-2004. *Research in Science and Technological Education*, 23(1), 25-39.
- Weinburgh, M. (1995). Sex differences in student attitudes toward science: A meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387-398.
- White, B. (1984). Designing computer games to help physics students understand Newton's law of motion. *Cognition and Instruction*, 1(1), 69-108.
- White, B. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10(1), 1-100.
- White, B., & Schwarz, C. (1998). Alternative approaches to using modeling and

- simulation tools for teaching science. In N. Roberts, W. Feurzeig, & B. Hunter (Eds.), *Computer Modeling and Simulation in Science Education*. Berlin: Springer Verlag.
- Wu, H.-K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom, *Science Education*, 87, 868-891.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting conceptual understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 821-842.
- Wubbels, T & Levy, J (1993). *Do You Know What You Look Like: Interpersonal Relationships in Education*. London: Falmer.
- Wubbels, T., Levy, J., & Brekelmans, M. (1997). Paying attention to relationships. *Educational Leadership*, 54(2), 82-86.
- Yager, R. E., Tamir, P., & Huang, D-S. (1992). An STS approach to human Biology instruction affects achievement & attitudes of elementary Science majors. *The American Biology Teacher*, 54(6), 349-355.
- Yang, K.T., & Wang, T. H. (2012). Interactive WhiteBoard: Effective interactive teaching strategy designs for Biology teaching. In Anderson Silva, Elvis Pontes, Adilson Guelfi and Sergio Takeo Kofuji (Eds.), *E-Learning - Engineering, On-Job Training and Interactive Teaching* (pp. 139-156). InTech, Croatia.
- Yelas, J., & Engles, P. (2010). Project ACTIVate: Innovations from New Zealand. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(4), 432-446.
- Yelland, N. (2008). New times, new learning, new pedagogies: ICT and education in the 21st century. In N. Yelland, G. A. Neal, & E. Dakich(Eds.), *Rethinking Education with ICT*(pp.1-10). Netherlands: Sense Publishers.
- Zacharis, N. Z. (2010). The impact of learning styles on student achievement in a web-based versus an equivalent face-to-face course. *College Student Journal*, 44(3), 591-597.

附 錄

附錄一、細胞分裂主題之 IWB 數位教材設計教案

| | |
|--|-------------------|
| 單元名稱：細胞分裂 | 設計者：楊凱悌 |
| 主題單元：細胞分裂 | 適用對象：國中七年級 |
| 學習領域：自然與生活科技 | 教學時間：5 節課(250 分鐘) |
| 教具：互動式電子白板(IWB)、電腦、單槍投影機、Notebook 軟體 | |
| 教學目標： <ol style="list-style-type: none">1. 瞭解染色體及其重要性。2. 瞭解細胞分裂的過程及其對於生物的意義。3. 瞭解減數分裂的過程及其對於生物的意義。4. 能區分細胞分裂與減數分裂的差異。 | |
| 能力指標： <p>一、過程技能</p> <p>1-4-4-3 由資料的變化趨勢，看出其中蘊含的意義及形成概念。</p> <p>1-4-5-1 能選用適當的方式登錄及表達資料。</p> <p>1-4-5-2 能由圖表、報告中解讀資料，瞭解資料具有的內涵性質。</p> <p>1-4-5-4 正確運用科學名詞、符號及常用的表達方式。</p> <p>1-4-5-5 傾聽別人的報告，並能提出意見或建議。</p> <p>二、科學與技術認知</p> <p>2-4-2-2 由植物生理、動物生理以及生殖、遺傳與基因，瞭解生命體的共同性及生物的多樣性。</p> <p>三、科學應用</p> <p>7-4-0-1 察覺每日生活活動中運用到許多相關的科學概念。</p> <p>四、設計與製作</p> <p>8-4-0-2 利用口語、影像(如攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物表達創意與構想。</p> | |
| 設計理念與依據： <p>本教學設計主要依據 Brown(1995)與 Oztap 等(2003)的建議，藉由適當之 2D 與 3D 圖片的呈現來協助學生建立染色體模型，並在教學中透過各種教學設計來強調細胞分裂過程之動態本質，以協助學生學習細胞分裂的主題，並配合 IWB 整合多媒體與多模態呈現之視覺本質(Glover et al., 2005; Homles, 2009; Northcote et al., 2010; Slay et al., 2008; Smith et al., 2005; Wall et al., 2005)，採用影像、圖片和 Flash 動畫等設計結合 Smartboard™ 之 NoteBook™ 軟體及其內建之功能，來製作 IWB 數位教材，並透過 IWB 之高互動性的特質，讓學生與教材、教師及同儕進行互動，以增進學生的學習理解與動機。</p> | |
| 教學方法： 互動式教學、多重表徵與視覺化 | |

| 教學活動 | | | |
|--------------------|---|--|-----|
| 教學步驟 | 學習目標 | 教學活動 | 時間 |
| 引起動機 | | <ul style="list-style-type: none"> ● 透過 IWB 之圖示與遮屏功能，讓學生思考日常生活中，受傷的傷口是怎麼癒合的？受精卵又是如何發育成胎兒的？讓學生可以和日常生活經驗產生連結，並對於所要學習之細胞分裂主題可以有初步的認識。並透過細胞分裂過程中，細胞核也要分裂的概念，連結到染色體的介紹。 | 10 |
| 發展主題一： 染色體與其重要性 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能瞭解染色體位於細胞核內，含有遺傳物質—基因，控制生物體遺傳性狀表現，並能用來識別身分。 2. 能瞭解同源染色體、等位基因以及染色體套數的意義。 3. 能瞭解染色體數目隨物種而異。 4. 能瞭解體染色體與性染色體的意義與差異。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 透過 IWB 整合多媒體呈現的特質，以多重表徵的方式(靜態圖與動態影片)搭配遮屏功能，來呈現染色質絲在細胞分裂之前會濃縮成染色體的過程，並呈現 DNA 之 3D 結構，以及基因、DNA、染色體、細胞核之間的關係，並透過挑戰活動讓學生操作 IWB，以區分基因、染色體、細胞核結構間的關係。 ● 簡介發現 DNA 的科學家—華生與克立克獲得諾貝爾獎及其發現對於生命科學的貢獻。 ● 介紹 DNA 指紋及其識別身分的功能，進行挑戰活動—讓學生擔任小偵探，利用閱讀 DNA 指紋找出可能的親子關係，並要求學生說出其判斷理由，同時以 IWB 所附的筆來圈畫圖示並說明之。 | 140 |

| | | | |
|-------------------------------------|--|---|----|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ● 透過核型圖介紹人類的染色體數，並透過問答法讓學生區辨男、女生核型的差異，並介紹體染色體與性染色體。 ● 以 Flash 動畫讓學生自己操作，以瞭解常見生物的染色體數，並知道染色體數量無關智力、體型等因素(請參見圖 3-3-2)。 ● 以核型圖、Flash 動畫介紹同源染色體與染色體套數的概念，並讓學生進行挑戰活動將同源染色體排在一起，且說明其判斷理由。 ● 介紹同源染色體與等位基因間的關係，並讓學生進行挑戰活動找出等位基因並要求學生說明其判斷理由。 ● 透過問答法與遮屏功能讓學生思考是否全身細胞都具有 23 對染色體?以引出體細胞與生殖細胞染色體數的差異。 | |
| <p>發展主題二： 細胞分裂的意義與過程</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能瞭解細胞分裂的意義。 2. 能瞭解細胞分裂的過程、染色體的變化與產物。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 透過 IWB 遮屏與隱藏圖示等功能，引導學生思考細胞分裂的過程：一個細胞分裂產生兩個相同的細胞，並呈現母細胞與兩個子細胞所含的染色體之後，引導學生思考細胞分裂過程的步驟應為如何?之後再讓學生將步驟名稱連結到相對的步驟上，以增進其對於過程步驟之專有名詞的認識。 ● 讓學生觀看 Flash 動畫以瞭解整個細胞分裂之動態過程。 [續下頁] | 35 |

| | | | |
|---|---|--|----|
| | | <p style="text-align: right;">[續上頁]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 讓學生透過挑戰活動排出整個細胞分裂過程的各個步驟(請參見圖 3-3-3)，並讓學生合作繪製染色體(或 DNA 含量)在細胞分裂過程中變化的圖示，並要求其說明理由(如圖 3-3-3 左下角)。 ● 介紹細胞分裂對於生物的意義。 | |
| <p>發展主題三： 減數分裂的意義與過程並比較兩種細胞分裂的差異</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能瞭解減數分裂的意義。 2. 能瞭解減數分裂的過程、染色體的變化與產物。 3. 能區分細胞分裂與減數分裂的差異。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 透過圖示與問答讓學生思考生殖細胞的染色體數，並介紹另一種細胞分裂—減數分裂及其對於生物的意義。 ● 透過 IWB 遮屏與隱藏圖示等功能，引導學生思考減數分裂的過程(同於細胞分裂之教學)，並介紹人類精、卵母細胞進行減數分裂以及有性生殖的過程會造成遺傳變異的原因，以及精、卵母細胞進行減數分裂過程的差異，除此之外，亦會介紹染色體未完全分裂會造成子代缺陷，例如唐氏症。 ● 讓學生觀看 Flash 動畫以瞭解整個減數分裂的動態過程。 ● 讓學生透過挑戰活動排出整個減數分裂的過程，並讓學生合作繪製染色體(或 DNA 含量)在減數分裂過程中變化的圖示，並要求其說明理由。 <p style="text-align: right;">[續下頁]</p> | 50 |

| | | | |
|------|--|---|----|
| | | <p style="text-align: right;">[續上頁]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 讓學生進行挑戰活動比較兩種細胞分裂的差異，完成活動後再次利用 IWB 往前復後的功能，讓學生觀看細胞分裂與減數分裂的圖示，再次確認兩種分裂的差異。 | |
| 統整活動 | | <ul style="list-style-type: none"> ● 利用 IWB 快速往前覆後的功能協助學生進行課程的複習並結束課程。 | 15 |



附錄二、細胞分裂主題之總結性評量

自然與生活科技課程測驗卷，____年____班____號，姓名_____

一、選擇題(一題4分，總分100分)

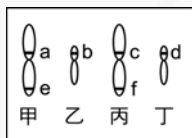
- () 1. 生物的性狀由何種小單位所決定？
 (A)染色體(B)細胞(C)基因(D)細胞核。
- () 2. 正常人類的神經細胞中，含有多少染色體？ (A) 23 條 (B) 23 對 (C) 46 對 (D) 不一定。
- () 3. 附圖為某生物細胞行減數分裂的過程之一，在正常情況之下，分裂完的子細胞染色體為下列何者？
 () 9. 水螅的出芽生殖，所產生的新芽體是：
 (A)經由精子與卵結合而產生 (B)由卵直接生長而成 (C)經由細胞分裂所產生 (D)經由減數分裂而產生。
- (A)  (B)  (C)  (D) 
- () 4. 某生物的體細胞如附圖。下列哪些圖是此生物行減數分裂時特有的圖形(細胞分裂無此圖形)？ (A)乙丁 (B)甲乙丁 (C)甲丙丁 (D)甲乙丙丁

- () 5. 番茄有 24 條染色體，則卵內的染色體為： (A) 24 條 (B) 12 條不成對 (C) 12 條成對 (D) 12 對。
- () 6. 關於 100 個精母(睪丸)細胞經減數分裂後，將產生多少個精子？ (A) 50 (B) 100 (C) 200 (D) 400。
- () 7. 洋蔥根尖細胞中基因、染色體及細胞核作一比較，此三者的大小關係是： (A) 基因 > 染色體 > 細胞核 (B) 細胞核 > 染色體 > 基因 (C) 細胞核 > 基因 > 染色體 (D) 染色體 > 細胞核 > 基因。
- () 8. 關於染色體的敘述，何者正確？ (A) 染色體位於基因上面，具有遺傳物質 (B) 平時呈現絲狀，在細胞分裂時，會聚縮成較粗短的形狀 (C) 各種生物的染色體數目都相同 (D) 人類的體細胞有 23 條染色體。
- () 10. 人類的卵細胞、卵母細胞、受精卵及成熟紅血球細胞各 1 個，請問此 4 個細胞內的染色體總數相加為何？ (A) 5×23 (B) 6×23 (C) 7×23 (D) 8×23 條。
- () 11. 1 個未受精的雞蛋，有關其構成細胞數與染色體套數的敘述，何者正確？ (A) 1 個細胞，單套 (B) 1 個細胞，雙套 (C) 多個細胞，單套 (D) 多個細胞，雙套。
- () 12. 警方由某一受害婦女身上所採得的精液樣本，其染色體上基因排列方式如附圖，目前已緝獲 4 名嫌犯，並作染色體分析，請問何者可能涉案？

 (A)  (B) 
 (C)  (D) 
- () 13. 成熟女性在其一生中約排出 460 個成熟的卵，試問其中有多少個卵基因完全相同？ (A) 460 (B) 46 (C) 23 (D) 不太可能，幾乎沒有。

() 14. 生物行有性生殖時，精子和卵必須結合，此結合的功用為下列何者？ (A)使受精卵的染色體數目成為原親代的染色體數目 (B)使受精卵的染色體數目減半 (C)使受精卵的染色體數目比原親代的染色體數目加倍 (D)使受精卵具雙細胞核。

() 15. 附圖有 2 對染色體，a、b、c、d、e、f 代表基因位置。在正常狀況下，下列敘述何者正確？ (A)甲、丙為同源染色體 (B)乙、丁皆來自於父親 (C)a、e 為控制同一性狀的 1 對等位基因 (D)c、d 為控制同一性狀的 1 對等位基因。



() 16. 大雄打籃球時不慎跌倒，手肘受傷。過一陣子，傷口邊緣增生新細胞，使傷口慢慢癒合。有關這類新增生的細胞，下列敘述何者正確？ (A)新細胞具有雙套染色體 (B)新細胞由減數分裂增生而來 (C)新細胞內染色體與周圍細胞的染色體不同 (D)新細胞內染色體數目比原來的細胞少一半。

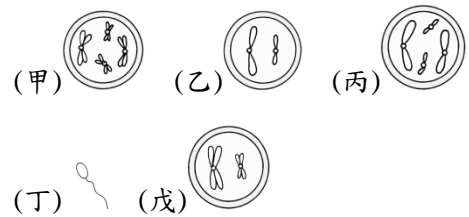
() 17. 下列生物所行的生殖方式，何者其細胞必需經過減數分裂的過程？ (A)渦蟲的斷裂生殖 (B)酵母菌出芽生殖 (C)菊花的種子繁殖 (D)馬鈴薯的營養器官繁殖。

() 18. 某一個細胞有 8 對染色體，經過 3 次細胞分裂可產生 A 個細胞，每個細胞內有 B 條染色體，則 $B - A = ?$ (A) 24 (B) 16 (C) 30 (D) 8。

() 19. 下列何者為草莓的匍匐莖繁殖、鯨魚生小鯨魚，以及落地生根以葉繁殖的共通點？ (A)有減數分裂 (B)有受精作用 (C)有細胞分裂 (D)有基因重組。

() 20. 兩兩成對的染色體，存在於下列何種細胞中？ (A)肌肉細胞 (B)精細胞 (C)卵細胞 (D)精子。

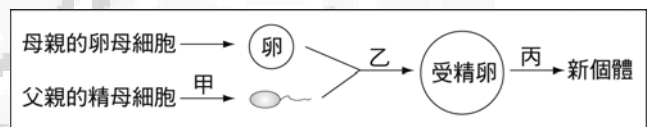
() 21. 請參照附圖，把精子形成的過程按先後順序加以排列：(A)戊甲丁乙丙 (B)丙甲戊乙丁 (C)甲丁乙丙戊 (D)丁丙甲乙戊。



() 22. 果蠅複眼細胞核中有 8 條染色體，則其體細胞及精子細胞核內分別有多少染色體？ (A) 8 條, 4 條 (B) 8 條, 2 對 (C) 4 對, 3 條 (D) 4 對, 2 對。

() 23. 附圖為人類有性生殖的簡圖，請根據圖上所標示的代號 (甲、乙、丙) 回答：減數分裂和細胞分裂分別發生在何種時期？

| 選項 | 減數分裂 | 細胞分裂 |
|-----|------|------|
| (A) | 甲 | 乙 |
| (B) | 乙 | 丙 |
| (C) | 甲 | 丙 |
| (D) | 丙 | 乙 |



() 24. 附表是細胞分裂和減數分裂的四項比較，哪一項是正確的？

| 項目 | 分裂種類 | |
|-------------------|-----------|-----------|
| | 細胞分裂 | 減數分裂 |
| (A)複製的染色體互相分離至子細胞 | 有 | 有 |
| (B)子細胞的數目 | 4 個 | 2 個 |
| (C)子細胞染色體的數目 | 加倍 | 減半 |
| (D)分裂的結果 | 使人類產生精子和卵 | 使變形蟲產生新個體 |

() 25. 下列哪個過程不發生於細胞分裂？ (A)染色體複製 (B)同源染色體分離 (C)複製的染色體分離 (D)染色體數目與原細胞相同。

附錄三、細胞分裂之二階層診斷式測驗(Two-tier Diagnostic Test for Cell Division, TDTCD)

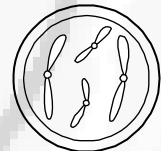
_____國中，_____年_____班，座號_____，姓名_____

各位同學 你們好：

1. 此份問卷是想瞭解您對生殖概念的想法，請仔細閱讀每一項敘述，依據您的想法作答，作答的結果完全不會影響您的自然成績，請放心作答。
2. 本問卷共有 15 題，每個題目都有兩個部分，兩個部分都是單選，作答方式如例題所示。
 - (1)左邊的答案部分，請在您認為最合理的答案前打勾。
 - (2)右邊的理由部分，請根據您左邊的答案，在它的右邊選出一個最接近您選答的理由並在打勾。
3. 交卷前請再次確認沒有漏答，謝謝您的協助與合作。

【例題】小丸子隨家人到墾丁浮潛，看到壯觀的海底景觀，除了各式各樣的熱帶魚之外，最吸引她目光的就是色彩繽紛的珊瑚。小丸子在興奮之餘有一點搞不清楚珊瑚到底是動物還是植物？您認為呢？

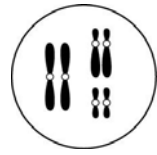
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 植 物 | <input type="checkbox"/> 珊瑚不會移動。 <input type="checkbox"/> 珊瑚會行光合作用。 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 動 物 | <input checked="" type="checkbox"/> 珊瑚要吃其他的生物才可以活下去。 <input type="checkbox"/> 珊瑚會不斷長大。 |



第一部分：DNA、基因和染色體

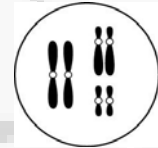
一、附圖是一個皮膚細胞的示意圖，小明說這裡有四條基因，您認為他說得對不對呢？

- | | |
|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 染色體就是基因，所以這裡有四條基因。 <input type="checkbox"/> 一條染色體上只能有一個基因，所以這裡有四條基因。 <input type="checkbox"/> 一條 DNA 就是一個基因，DNA 和蛋白質組成染色體，所以這裡有四條基因。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 一條染色體上有許多等位基因，這裡有四條染色體，所以有很多個基因。 <input type="checkbox"/> DNA 就是基因，DNA 和基因都位在染色體上，所以這裡有四條染色體、很多個 DNA 和基因。 |



二、附圖是口腔皮膜細胞示意圖，小傑 說這裡有 3 對同源染色體，你認為他說得對不對呢？

- | | |
|----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 同源染色體就是形狀大小一樣的染色體，所以這裡有 3 對同源染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 同源染色體是指染色體有同樣的來源，不是來自父方就是來自母方，這 3 對恰好都來自父方。 |
| | <input type="checkbox"/> 同源染色體是指染色體有同樣的來源，不是來自父方就是來自母方，這 3 對恰好都來自母方。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 同源染色體是指形狀大小都一樣的染色體，這裡每個大小一樣的染色體都有 2 個，所以是 2 對同源染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 同源染色體是指染色體有同樣的來源，不是來自父方就是來自母方，這裡有 6 條來自父方的同源染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 同源染色體是指染色體有同樣的來源，不是來自父方就是來自母方，這裡有 6 條來自母方的同源染色體。 |



三、附圖是口腔皮膜細胞示意圖，小明 說這裡有 3 套染色體，你認為他說得對不對呢？

- | | |
|----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 染色體套數是指形狀大小一樣的染色體有幾對，所以這裡有 3 套染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 染色體套數和染色體的數量成比例關係， $\text{染色體套數} = n(\text{染色體數}) / 2$ ，所以 $6 \div 2 = 3$ 套。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 染色體套數是指每一種染色體有幾條，這裡每一種染色體都有 2 條，所以是 2 套。 |
| | <input type="checkbox"/> 染色體套數和染色體的數量成比例關係， $\text{染色體套數} = n(\text{染色體數}) / \text{染色體對數}$ ，所以 $6 \div 3 = 2$ 套。 |

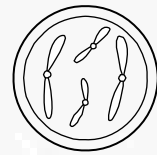
四、大雄 跟 宜靜 在討論等位基因，大雄 說：「等位基因是指位於同源染色體上相對位置的基因。」你認為對不對呢？

- | | |
|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 等位基因會控制同一種性狀，位於每一對同源染色體的相對位置上。 |
| | <input type="checkbox"/> 等位基因會控制同一種性狀，位於每一條同源染色體上下相對的位置上。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 等位基因會控制同一種性狀，等位基因是位在同一條染色體相對位置的基因。 |
| | <input type="checkbox"/> 等位基因會控制同一種性狀，等位基因是位於身體同一部位細胞的基因。 |

五、技安跟阿福在討論性染色體，阿福說：「構成人體各種細胞，只有與有性生殖有關的細胞才會具有性染色體。」你認為對不對呢？



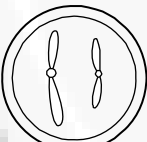
| | |
|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 人體中只有精子和卵子才具有性染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 人類中只有生殖器官的細胞才有性染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 人類中只有和生殖行為有關的細胞才有性染色體。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 和生殖行為無關的細胞也會具有性染色體，例如胃細胞。 |
| | <input type="checkbox"/> 除了生殖細胞和構成生殖器官的細胞外，其他的細胞都不具有性染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 因人類的性別主要是由父方決定，所以只有精子才有性染色體。 |

第二部分：動物的皮膚細胞會一再分裂並產生許多新的皮膚細胞。原本的皮膚細胞如圖所示：



一、假如原本的皮膚細胞所包含的染色體如右圖所示，你認為新的細胞會有多少個染色體？

請參考下圖並在打勾，選出你認為應該在新細胞中會看到的染色體數，並選出理由。

| | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 兩倍  | <input type="checkbox"/> 新的細胞比舊的細胞年輕、健康，所以有更多的染色體。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，染色體會複製，所以染色體數量會增加為兩倍。 |
| <input type="checkbox"/> 相同  | <input type="checkbox"/> 新細胞和舊細胞都是同一種細胞，所以染色體數量相同。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，染色體會複製，並分離進入新的細胞，所以染色體數量和原本的細胞相同。 |
| <input type="checkbox"/> 一半  | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，染色體會分離進入新的細胞，所以染色體數量會減少為一半。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，染色體複製後，會連續分裂兩次進入新的細胞，所以染色體數量會減少為一半。 |

二、承第二部分第一題，新的皮膚細胞和原本的皮膚細胞含相同或不同的基因呢？

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 相同 | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會複製並分離到新的細胞，所以新細胞和原本細胞的基因相同。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會分離到新的細胞，所以新細胞和原本細胞基因相同。 |
| | <input type="checkbox"/> 相同種類的細胞都含有相同的基因。 |
| <input type="checkbox"/> 不同 | <input type="checkbox"/> 新的細胞比舊的細胞年輕，所以基因比原本的細胞多。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會交換，所以新細胞的基因跟原本細胞不同。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會複製，並分離進入新的細胞，所以新細胞的基因會比較多。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會分離到新細胞，所以基因會變少。 |

三、承第二部分第一題，皮膚細胞經過細胞分裂後會產生幾個新細胞？

- | | |
|------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 2 個 | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，細胞會經過 1 次分裂，最後產生 2 個新細胞。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，細胞會經過 2 次分裂，最後產生 2 個新細胞。 |
| <input type="checkbox"/> 4 個 | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，細胞會經過 1 次分裂，最後產生 4 個新細胞。 |
| | <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，細胞會經過 2 次分裂，最後產生 4 個新細胞。 |

四、承第二部分第一題，除了皮膚細胞之外，身體其他所有的構造都會進行這種細胞分裂嗎？例如：肌肉、胃、睪丸、卵巢、腎臟。

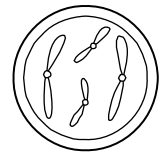
- | | |
|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 只要是活的細胞都會進行細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 動物只有這種細胞分裂，所以全部的細胞都只會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，所以所有的細胞都會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，所以所有的細胞都會進行這種細胞分裂。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，只會發生在肌肉、胃、腎臟這些含體細胞的構造中。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，只會發生在睪丸、卵巢這些含生殖細胞的構造中。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，只會發生在肌肉、胃、腎臟這些含體細胞的構造中。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，只會發生在睪丸、卵巢這些含生殖細胞的構造中。 |

五、承第二部分第一題，你認為這種皮膚的細胞分裂是否也會發生在植物身上呢？

- | | |
|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 是 | <input type="checkbox"/> 植物和動物一樣都是生物，所以會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物只會進行細胞分裂，不會進行別種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物只會進行無性生殖，所以只會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物只會進行有性生殖，所以只會進行這種細胞分裂。 |
| <input type="checkbox"/> 否 | <input type="checkbox"/> 植物不像動物，所以不會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物不是活的，所以不會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物只會進行無性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 |
| | <input type="checkbox"/> 植物只會進行有性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 |


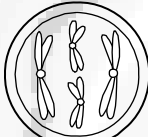
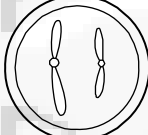
第三部分：當生殖細胞（卵和精子）形成時也會進行細胞分裂。

卵母細胞如圖所示：



一、原本的細胞所含染色體如右圖所示，你認為分裂後產生的卵細胞，會含有什麼樣的染色體呢？

請參考下圖並在打勾，選出你認為應該在新細胞中會看到的染色體數，並勾選你的理由。

| | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 一樣  | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，染色體會複製，然後再分離進入新的細胞中，所以卵細胞的染色體數量和原本的細胞相同。 <input type="checkbox"/> 新細胞和原本的細胞都是同一種細胞，所以染色體數量相同。 |
| <input type="checkbox"/> 兩倍  | <input type="checkbox"/> 新的細胞比原本的細胞年輕、健康，所以含有更多的染色體。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，會經過複製，所以染色體數量會增加為兩倍。 <input type="checkbox"/> 卵細胞會含有比較多的染色體，這樣精、卵結合後，小孩才會長得像爸媽。 <input type="checkbox"/> 因為卵細胞內已經有一個小孩，所以染色體數量會比較多。 |
| <input type="checkbox"/> 一半  | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，染色體會分離進入新的細胞中，所以染色體數量會減少為一半。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，染色體會複製一次，並分離 2 次，所以染色體數量會減少為一半。 |

二、承第三部分第一題，新的卵細胞和原本的細胞含相同或不同的基因呢？

| | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 相同 | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，基因會複製並分離到新的細胞，所以新細胞和原本細胞的基因相同。 <input type="checkbox"/> 細胞分裂的過程中，基因會分離到新的細胞，所以新細胞和原本細胞基因相同。 <input type="checkbox"/> 相同種類的細胞都含有相同的基因。 |
| <input type="checkbox"/> 不同 | <input type="checkbox"/> 新的細胞比舊的細胞年輕，所以基因比原本的細胞多。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，基因會交換，所以產生的新細胞基因會跟原本細胞不同。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程，基因會複製，並進入新細胞，所以新細胞的基因會比較多。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程，基因會分離到新細胞，所以基因會變少。 |

三、承第三部分第一題，原本的細胞經過這種細胞分裂後會產生幾個新細胞？

| | |
|------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 2 個 | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，細胞會經過 1 次分裂，最後產生 2 個新細胞。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，細胞會經過 2 次分裂，最後產生 2 個新細胞。 |
| <input type="checkbox"/> 4 個 | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，細胞會經過 1 次分裂，最後產生 4 個新細胞。 |
| | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的過程中，細胞會經過 2 次分裂，最後產生 4 個新細胞。 |

四、承第三部分第一題，身體其他部分也會進行這種分裂方式嗎？例如：肌肉、胃、睪丸、卵巢、腎臟。

| | |
|----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 對 | <input type="checkbox"/> 只要是活的細胞都會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 動物只有這種細胞分裂，所以全部的細胞都只會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，所以所有的細胞都會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，所以所有的細胞都會進行這種細胞分裂。 |
| <input type="checkbox"/> 錯 | <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，只會發生在肌肉、胃、腎臟這些含體細胞的構造中。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生新細胞，只會發生在睪丸、卵巢這些含生殖細胞的構造中。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，只會發生在肌肉、胃、腎臟這些含體細胞的構造中。 <input type="checkbox"/> 這種細胞分裂的目的在產生生殖細胞，只會發生在睪丸、卵巢這些含生殖細胞的構造中。 |

五、承第三部分第一題，你認為這種分裂方式是否也會發生在植物身上呢？

| | |
|----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 是 | <input type="checkbox"/> 植物和動物一樣，也有有性生殖，所以會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物只會進行這種細胞分裂，不會進行別種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物只會進行無性生殖，所以只會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物只會進行有性生殖，所以只會進行這種細胞分裂。 |
| <input type="checkbox"/> 否 | <input type="checkbox"/> 植物不像動物，沒有有性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物不是活的，沒有有性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物只會進行無性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 <input type="checkbox"/> 植物只會進行有性生殖，所以不會進行這種細胞分裂。 |

附錄四、建構式多媒體學習環境問卷

_____國中，_____年_____班，座號：_____ 姓名：_____

各位同學 您們好：

本問卷主要想瞭解您在上自然課時的學習情形為何？數字越大代表發生的頻率越高，數字越小代表發生的頻率越小，請您按照您在上自然課程時的真實情況進行圈選。請放心填寫，問卷結果不會影響您任何成績。

| 學習溝通 | 幾乎從未 | 很少發生 | 偶爾發生 | 經常發生 | 總是如此 |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| 在課堂上，我覺得 | | | | | |
| 1. 我有機會跟其他學生交談。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. 我和其他學生討論如何進行探究。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. 我要其他學生解釋他們的想法。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. 其他學生要我解釋我的想法。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. 其他學生和我討論他們的想法。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 學習探究 | 幾乎從未 | 很少發生 | 偶爾發生 | 經常發生 | 總是如此 |
| 在課堂上，我覺得 | | | | | |
| 6. 我藉由研究發現問題的答案。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. 我進行研究以驗證我的想法。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. 我進行後續研究為新的問題找到答案。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9. 我為自己設計研究問題的方法。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. 我從不同的角度處理問題。 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 學習思考 | 幾乎從未 | 很少發生 | 偶爾發生 | 經常發生 | 總是如此 |
| 在課堂上，我覺得 | | | | | |
| 11. 我會謹慎思考自己的學習方式 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. 我會批判思考自己的想法 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. 我會學習具有質疑的態度 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. 我會學習如何成為一個更好的學習者 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. 我會批判反省自己所理解的事物 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| 相關性 | 幾乎 從未 | 很少 發生 | 偶爾 發生 | 經常 發生 | 總是 如此 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| 使用多媒體(例如投影機、電腦、電子白板) 的課程來上課時，我覺得 | | | | | |
| 16. 能夠反映真實生活環境的複雜度 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17. 能夠以有意義的方式呈現資料 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. 能夠呈現與我相關的資訊 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. 能夠獲得較為符合日常生活真實情境的任務 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20. 可從廣泛的資訊中進行選擇 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 易用性 | 幾乎 從未 | 很少 發生 | 偶爾 發生 | 經常 發生 | 總是 如此 |
| 使用多媒體(例如投影機、電腦、電子白板) 的課程來上課時，我覺得 | | | | | |
| 21. 具備有趣的畫面設計 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22. 容易瀏覽 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 23. 使用起來很有趣 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24. 容易操作 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25. 只需要花一點時間就能學會如何使用 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 挑戰性 | 幾乎 從未 | 很少 發生 | 偶爾 發生 | 經常 發生 | 總是 如此 |
| 使用多媒體(例如投影機、電腦、電子白板) 的課程來上課時，我覺得 | | | | | |
| 26. 能夠讓我思考 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27. 複雜但卻清楚 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28. 使用起來很有挑戰性 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 29. 能夠幫助我產生新的想法 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 30. 能夠幫助我產生新的問題 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

附錄五、KOLB 學習風格量表

_____國中，班級：_____年_____班，座號：_____，姓名：_____

各位同學 您們好，下面共有 12 個問題，每個問題有四種回答，請根據各個狀況對您的適合程度依 4、3、2、1 分別加以排列(請勿重複排列或漏填)。其中最像你的句子以 4 表示，3 代表次像你的、2 代表次不像你，而最不像你的句子以 1 表示。(最像的分數最高:4 分，最不像的分數最低:1 分)
 註：敘述中的「實作」是代表「親自動手作，親自動手完成」的意思

| | |
|---|---|
| 1.當我學習的時候， <input type="checkbox"/> A.我喜歡加入自己的感受。 <input type="checkbox"/> B.我喜歡觀察聆聽。 <input type="checkbox"/> C.我喜歡針對觀念進行思考。 <input type="checkbox"/> D.我喜歡實作。 | 2.我學得最好的時候，是當 <input type="checkbox"/> A.我相信我的直覺與感受時。 <input type="checkbox"/> B.我仔細聆聽與觀察時。 <input type="checkbox"/> C.我依賴邏輯思考時。 <input type="checkbox"/> D.我努力完成實作時。 |
| 3.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我有強烈的感覺及反應。 <input type="checkbox"/> B.我是安靜、謹慎的。 <input type="checkbox"/> C.我是試著將事情想通。 <input type="checkbox"/> D.我負責所有實作。 | 4.我學習是利用 <input type="checkbox"/> A.感覺 <input type="checkbox"/> B.觀察 <input type="checkbox"/> C.思考 <input type="checkbox"/> D.實作 |
| 5.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我能接受新的經驗。 <input type="checkbox"/> B.我會從各個層面來思考問題。 <input type="checkbox"/> C.我喜歡分析事情，並分解成更小的問題。 <input type="checkbox"/> D.我喜歡試著實際動手做。 | 6.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我是個直覺型的人 <input type="checkbox"/> B.我是個觀察型的人 <input type="checkbox"/> C.我是個邏輯型的人 <input type="checkbox"/> D.我是個行動型的人 |
| 7.我學的最好的時候，是從 <input type="checkbox"/> A.同學間的討論。 <input type="checkbox"/> B.觀察。 <input type="checkbox"/> C.理論。 <input type="checkbox"/> D.試作及練習。 | 8.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我覺得整個人都投入學習中 <input type="checkbox"/> B.我會在行動前都盡量準備妥當 <input type="checkbox"/> C.我喜歡觀察及理論 <input type="checkbox"/> D.我喜歡看到自己實作的成果 |
| 9.我覺得最好的時候，是 <input type="checkbox"/> A.我依賴自己的感覺時。 <input type="checkbox"/> B.我依賴自己的觀察力時。 <input type="checkbox"/> C.我依賴自己的觀念時。 <input type="checkbox"/> D.自己試作一些事情時 | 10.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我是容易相信的人。 <input type="checkbox"/> B.我是一個審慎的人。 <input type="checkbox"/> C.我是個理智的人。 <input type="checkbox"/> D.我是個能負責的人。 |
| 11.當我學習時， <input type="checkbox"/> A.我是非常投入的。 <input type="checkbox"/> B.我喜歡觀察。 <input type="checkbox"/> C.我評估事物。 <input type="checkbox"/> D.我喜歡積極參與。 | 12.我學的最好的時候，是當我是 <input type="checkbox"/> A.接受他人看法、開放心胸時。 <input type="checkbox"/> B.非常小心時。 <input type="checkbox"/> C.分析想法時。 <input type="checkbox"/> D.實際動手做時。 |

