

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班
碩士論文

指導教授：張俊彥 博士

發展地球科學日月地關係之
動畫輔助評量

The Development and Validation of an Animation-Based
Assessment to Evaluate Secondary Students' Conceptual
Understanding of the Relative Motion of the Earth, Sun
and Moon

研究生：羅文鑫

中華民國 101 年 7 月

謝辭

終於走到了這個時候！回想起口試當天，我還在想這是求學階段的終點，還是一個休息站。不管如何，未來還是有許多需要學習的事物，就當這是一個階段的成果吧！

首先要感謝的，當然就是我的指導教授張俊彥老師，從大三開始的大專生計畫，教授開啟了我對這個領域的一扇門，每當我有新的想法時，教授總是全力支持並給予指導。進了研究所，論文的研究方向是否合適或是遭遇研究上的困難，教授一定給予最大的幫助。直到碩士論文的完成，對張教授除了感謝還是感謝。其次是我的口試委員，李旻憲教授及吳穎田教授，謝謝兩位教授在口試當天的指引以及論文中的缺漏或不足的部分，讓這份論文能夠更完整，謝謝你們。

再來就是一路上給予無數次指導及幫助的庭光學長與佑達學長，沒有兩位學長的協助，我的論文可能還未能如期產出，真的非常感謝兩位學長。當然，不能忘了六年餘的同窗——毛毛，幫了我許多大大小小的忙；還有草，沒有你的鼎力協助，收集資料的過程一定無法如此順利。最後，當然不能忘了一路上給我鼓勵與支持的小優，感謝妳陪我走過大學與研究所這段旅程。

念研究所的這些日子，謝謝一路上陪伴我的家人、同學、學長、學弟及朋友們，沒有你們，研究生生活怎能如此多彩多姿！希望大家能繼續朝自己的目標前進，感謝大家！

文鑫 民國 101 年 夏

摘要

本研究之目的在發展動畫輔助評量，來降低學生答題時非必要之外在認知負荷，此多餘認知負荷與評量目標無關，但可能導致學生解題錯誤，進而影響作答表現。本研究評量內容為國中自然科之地球科學天文月相單元，受試對象為 105 名九年級學生，其中 49 名分配到動畫輔助評量組，另外 56 名為圖文評量組。在評量信度方面，動畫輔助評量的信度為 0.6，圖文評量信度為 0.5。此外，本研究也試圖分析空間能力及作答成績間的關連性。

研究結果發現，動畫輔助評量組學生的表現顯著高於圖文評量組，且在解題過程有較低的認知負荷；另外，學生對於動畫輔助評量的接受程度亦較圖文評量高。除此之外，學生的空間能力與評量表現有某種程度相關，動畫輔助評量對高空間能力組的學生較低空間能力組有助益，但低空間能力組的學生則未達顯著。因此，在未來的研究上，動畫輔助評量的設計應更仔細考慮學生個體的空間能力差異。

關鍵詞：動畫、電腦化測驗、認知負荷、空間能力、態度

Abstract

In order to improve the validity of science testing design to evaluate students' conceptual understanding of the relative motion of the Earth, sun, and moon, this study developed an Animation-Based Assessment (ABA) to ease secondary students' extraneous cognitive load. A total of 105 ninth-grade students participated in this study. Forty-nine of the students were assigned to take the ABA, and the others were assigned to take the Graph-Based Assessment (GBA). The reliability estimates of the GBA and ABA are acceptable; the Cronbach's alpha coefficients were .50 for GBA and .60 for ABA, respectively. The results of the analysis on students' scores indicate that, in comparison with those of GBA, the students of ABA significantly got higher scores and reported lower cognitive load while solving test questions. Moreover, students' acceptance towards the ABA was significantly higher than the GBA. Furthermore, it was found that the level of students' spatial ability was associated with students' test performance. The students with higher spatial ability significantly benefited from the ABA more than the GBA, but the students with lower spatial ability did not. Future research into animation-based testing design should carefully take the individual differences in spatial ability into account.

Keywords: animation, computerized assessment, cognitive load, spatial ability, attitude

目錄

第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究問題	4
第四節 研究的重要性.....	5
第五節 名詞釋義	5
第六節 研究範圍與研究限制	6
第貳章 文獻探討	7
第一節 多媒體（動畫）輔助教學	7
第二節 日月地相關教學研究	8
第三節 評量目的	9
第四節 動畫輔助評量.....	12
第五節 認知負荷理論.....	14
第六節 空間能力	20
第七節 小結	21
第參章 研究方法	23
第一節 研究對象	23
第二節 研究設計與流程.....	24
第三節 研究工具	27
第四節 資料分析	32
第肆章 研究結果.....	35
第一節 學生在動畫輔助評量表現明顯優於圖文評量.....	35
第二節 題型差異、空間能力、先備知識及認知負荷顯著影響評量表現.	37
第三節 動畫輔助評量組學生感受到認知負荷顯著低於圖文組	40

第四節 空間能力高低對學生使用不同題型的差異	41
第五節 先備知識對學生使用不同評量差異	43
第六節 態度問卷與晤談.....	45
第七節 小結	47
第伍章 結論與建議	49
第一節 結果	49
第二節 討論	51
第三節 建議	53
參考文獻	55
附錄	61
附錄一 評量截圖	61
附錄二 認知負荷量表與態度問卷	66

表目錄

表 2.2.1 國民中小學九年一貫課程綱要日月地相關能力指標.....	9
表 2.5.1 研究學者與其對認知負荷的定義	15
表 3.1.1 圖文評量組與動畫輔助評量組詳細人數.....	24
表 3.2.1 施測流程表	26
表 3.3.1 國民中小學九年一貫課程綱要日月地相關能力指標.....	27
表 3.3.2 試題雙向細目表	28
表 4.1.1 動畫輔助評量組與圖文評量組之平均分數比較	36
表 4.1.2 動畫輔助評量組與圖文評量組之原始平均分數與調整後平均數	37
表 4.1.3 動畫輔助評量組與圖文評量組之單因子共變數分析.....	37
表 4.2.1 學生在評量總分、先備知識、空間能力及認知負荷之相關數據	39
表 4.2.2 評量資料的同時迴歸法估計結果與模式摘要	39
表 4.3.1 動畫組與圖文組之作答認知負荷	41
表 4.4.1 所有學生依空間能力分組表	41
表 4.4.2 動畫組與圖文組依空間能力之平均分數比較	42
表 4.5.1 依先備知識分高、中、低三組，比較動畫組與圖文組評量成績	44
表 4.6.1 態度問卷資料處理.....	45

圖目錄

圖 3.2.1 研究發展流程圖	25
圖 3.3.1 試題評量發展流程圖	30
圖 4.4.1 依空間能力分組之動畫組與圖文組學生成績表現.....	42
圖 4.5.1 依先備知識分組之動畫組與圖文組學生成績表現.....	43
圖 4.5.2 動畫組與圖文組依先備知識分組之平均分數盒狀圖	44

第壹章 緒論

本研究旨在應用動畫輔助評量於國中地球科學學科之天文日月地關係單元。日月地相關概念屬於大尺度的抽象觀念，學習者學習與解題過程，往往需要在腦中建立日月地模型，並同時思考解題所需條件，這樣的情形很可能導致學生在解題過程中耗費相當大的心智資源，提高認知負荷。研究者假設，相較於傳統以圖文呈現的試題，運用動畫輔助評量技術，很可能可以降低學習者解題過程中的認知負荷。若此假設成立，動畫試題將更能有效評估學習者的學習困難，提供教師評估教學內容與補救教學參考。本章分為共六個部分，為「研究背景與動機」、「研究目的」、「研究問題」、「研究的重要性」、「名詞釋義」、「研究範圍與研究限制」。



第一節 研究背景與動機

促進教育與科技進步、培養學生人文科技素養、增加科學人才，為當前國內教育的重要目標。透過科學教育進而提升國民科學素養為科學教育重要目標（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993。教育部，民 100）。有效運用教學資源與科技、並適當運用教學法以提升學習者的科學素養，為教師所努力的方向。相對於教學的改進，學習者是否有實質的學習收穫，便要透過評量來瞭解學習者的學習情形。所謂評量是指收集、統整並解釋學生的學習資料，做為修改教學歷程的參考（郭生玉，2007）。評量工具應如何設計、發展甚或改進，才能有效評量學生的科學素養，以提供科學教師瞭解學習者的學習狀況，這些問題都是當前科學教師及科學教育研究者試著回答的問題與努力的方向之一（盧雪梅，1998）。

傳統的評量試題多以文字或圖文方式呈現的紙筆測驗，雖然批改迅速、易於

施測，但卻也有多項缺點，譬如評量方式過於偏重紙筆測驗、評量過於強調記憶層次等等（盧雪梅，1998；李坤崇，1999）。此外，許多抽象的概念，特別是大尺度或微觀尺度的概念，往往不是片斷文字或圖片就能完整表達題意。若評量試題的評測內容包含了許多抽象概念，或相對複雜的分析與歸納，很可能提高學習者理解題意或解題過程的認知負荷。如果高認知負荷是造成解題錯誤的主要原因之一，就會同時造成試題無法客觀反應學生的學習困難，降低評量效度。

近年來，許多研究者都指出，動畫能描述複雜的連續動作或狀況發展，較文字解釋更具真實性，也較靜態圖像更易於瞭解其功能與涵義（Bloomer, 1990; Baecker & Small, 1990）。Park and Hopkins（1993）也指出，動畫可輕易傳達出所要表現的內容，利用動畫來說明結構，遠比利用圖片或是文字解說來得容易，特別是當要解釋抽象的概念時，動畫適合作為引導學生學習的工具。研究者認為，若將動畫運用於輔助評量試題發展，將很可能有助於學習者理解較複雜或抽象的題意；藉由動畫的輔助，學生很可能可以借助動畫所呈現模型的協助，減少解題過程中所需的認知資源，降低非必要的認知負荷，提升評量的效度。

相較於傳統圖文為主的試題，動畫輔助評量試題最大的優點包括：1. 動畫扮演了輔助的表徵，較圖像提供更豐富的訊息，讓受試者具體瞭解題意所要描述的抽象概念或現象。2. 相較於靜態圖片，動畫可以提供類似影片的效果，更能清楚呈現真實的情境。3. 動畫以卡通般的呈現方式，較能有效提升學生的學習動機（Wouters, Paas & van Merriënboer, 2008）。PISA 2006（The Programme for International Student Assessment）中也提到，傳統試題透過圖表幫助學習者理解試題內容，然而這些圖表與概念經常無法與學習者所處的現實環境作有效結合，這樣就很可能會造成傳統試題無法評估學習者在課堂上所習得的知識、技能是否能有效運用於解決日常生活中的問題，而降低了評量的意義。研究者認為，運用動畫輔助評量，很可能可以進一步提升目前評量工具發展的空間。因此，本研究目的之一即在於發展動畫輔助評量。

國、高中地球科學學科之天文日月地關係的課程中，日、月、地三者的空間

中的相對關係與位置隨時間改變，以及月相盈虧之成因，這兩個章節對於中學階段是一個重要但抽象的概念。過去文獻指出，學生在學習此抽象且與空間關係高度相關的概念時，學習成效很可能會受到空間能力、認知負荷因素的影響（邱美虹、陳英嫻，1995）。同樣地，學生在解題過程，將會運用相當程度的空間能力於理解題意與解決問題；此外，解題過程中運用的心智資源，很可能會提高學生的認知負荷，造成解題過程中的負擔。也就是說，學習者在試圖解決日月地關係這一類抽象而複雜的空間概念時，很可能因下列原因而導致解題錯誤：(1)空間能力導致無法理解題意；(2)因認知負荷過高而無法進行解題；(3)因課堂上的學習不足，而導致答錯。在教學理論中，評量的目的在於有效評估學習者學習困難。然而，若命題者未能考量學習者在問題解決過程中，導致解題錯誤的原因，評量試題很可能無法精確反映學習者的學習困難，造成教師無法有效掌握學生學習情形。因此，在日月地關係相關概念的評量上，發現影響學生解決問題過程的因素，並設計適當的評量工具協助評量，將是科學教育一個重要而新興的議題。

除此之外，由於先備知識會影響學生理解動畫等外部表徵，過去文獻也反映出好的學習中存在專家逆轉效應，但相關研究結果並不一致。Mayer（2001）指出多媒體輔助（包括動畫）的效益，對於低知識的參與者較為明顯，相較於高知識的參與者獲得動畫的幫助較為有限。ChanLin（2001）的研究結果卻認為高先備知識學生使用動畫，較低先備知識學生來得有幫助。因此，研究者想瞭解先備知識對於學生使用不同題型的試題是否有差異存在。

第二節 研究目的

過去的研究指出，動畫輔助教學可以有效降低學習者學習抽象概念過程的認知負荷。同樣地，動畫輔助評量很可能可以降低學生解決抽象概念相關問題過程中的認知負荷（Wu, Yeh, & Chang, 2010），本研究之目的即在發展地球科學領

域日月地關係之動畫輔助評量試題，希望瞭解學生使用動畫輔助評量與圖文評量的表現差異，以及動畫輔助評量試題是否可以有效降低受試者不必要的認知負荷。除此之外，本研究也將試圖分析空間能力、先備知識以及作答成績間的關連性，進一步探討不同空間能力學生作答不同方式呈現之評量試題的表現；以及，透過態度問卷與晤談，實際瞭解學習者對於動畫輔助試題評量的感受及看法。

本研究具體目標如下：

1. 瞭解國中九年級學生作答動畫輔助評量與圖文評量的表現差異。
2. 瞭解影響學生作答動畫輔助評量與圖文評量的因素。
3. 瞭解不同程度學生作答動畫輔助評量與圖文評量的差異。
4. 瞭解學生對於動畫輔助評量的感受。

第三節 研究問題

基於上述研究目的，本研究欲探討學生作答動畫輔助評量與圖文評量的表現及作答時的認知負荷程度，並探究空間能力對學生作答試題的影響。因此，針對以下問題進行研究：

1. 學生作答動畫輔助評量與圖文評量是否有表現上的差異？
2. 哪些因素影響學生作答評量，造成評量表現差異？
3. 使用不同評量工具對於學生之認知負荷是否有差異？
4. 不同空間能力之學生使用動畫輔助評量與圖文評量，作答表現是否有差異？
5. 使用不同評量工具對於不同程度之學生，答題表現是否有差異？

第四節 研究的重要性

學習地球科學日月地相關概念中，如周年運動、日月食成因、月相盈虧等等，這些概念都是大尺度但抽象的概念，學習者在無法直接觀察的情況下，必須靠想像建構模型，造成學習過程產生較高的認知負荷。過去雖有文獻指出動畫輔助教學可以有效提升這一類抽象而複雜概念的學習，但非常少的文獻曾經發展動畫輔助評量。傳統評量試題多半是由圖片與文字的呈現方式，過於簡略的題目敘述與圖片，很可能難以表達出複雜的題意。學生在解決問題的過程中，也可能產生較高的認知負荷，影響作答。研究者希望透過動畫的輔助來協助學生理解試題，降低解題過程的認知負荷，同時也試圖評估影響學生解決問題過程的因素。

第五節 名詞釋義

1. 動畫輔助評量 (Animation-Based Assessment)

採用電腦 Adobe flash 軟體設計開發，可呈現如影片的解釋工具，並可自由操作撥放暫停，研究者自行設計製作試題，將動畫加入試題中，作為輔助試題解釋或舉例的工具。

2. 認知負荷 (Cognitive Load)

當學習者接受到外在環境、工作或任務訊息時，透過處理、運用及思考的過程中，對心理或生理引起負擔、苦惱或憂慮所造成認知系統負載的過程，進而可能影響表現的因素。

3. 空間能力 (Spatial Ability)

能將物體或模型在二度空間與三度空間中進行想像或相互轉換，並且辨識物體結構方位轉變的能力 (Macnab & Johnstone, 1990)，進一步透過思考想像，達到運用此模型之技能。

第六節 研究範圍與研究限制

本研究之研究對象為某公立國中九年級學生，四個班級共一百零五位受試者參與本研究，所有受試者已在前個學期接受過地球科學課程中的日月地關係、月相等教學，因此對此內容已有基本的概念。另外，因研究時間的限制，研究者針對實驗結果挑選出十四位學生進行晤談，實際收集學生心理感受，並與研究結果對比佐證。在研究對象及研究目的的前提下，本研究結論不宜做過度推論。

第貳章 文獻探討

本研究欲發展動畫輔助評量與圖文評量，探討學習者在學習日月地關係抽象概念後，作答不同方式呈現之評量試題是否有差異。同時，評估認知負荷、空間能力、以及學習者作答結果間的關連性。本章文獻探討包括「多媒體輔助教學」、「日月地相關教學研究」、「評量目的」、「動畫輔助評量」、「認知負荷理論」及「空間能力」等相關研究文獻分別探討之。

第一節 多媒體（動畫）輔助教學

近年來，數位科技與動畫技術的蓬勃發展，電腦輔助教學（Computer Assisted Instruction, CAI）的相關技術，對學生的科學學習也提供相當大的助益（Chang, 2000；Chang, 2002；張俊彥和董家莒，2000；張俊彥和陳盈霖，2000），因此研究者認為動畫引入教學或評量中，很可能會產生正面的影響。許多學者亦認為應用電腦輔助教學為科學學習帶來了新的契機，電腦輔助教學有助於評估學習者的認知能力，且能有效提升學習成效（Chang, 2002）。事實上，數位科技除了可以增加測驗的時效性（efficiency）外，亦能為測驗的題目與選項提供更真實的情境（authenticity）。

由於電腦日漸普遍，利用電腦動畫教學，不論是在分子旋轉的操控性上，或是立體結構視覺化之效果，均比幻燈片更為方便有效（廖焜熙、邱美虹，1996），特別在複雜概念系統的理解或想像上，透過電腦輔助來模擬、視覺化或情境化等等，協助學生理解建模也有所成效，尤其是低成就學生效果顯著（White & Schwarz, 1999; Mayer, 2001）。Okamura and Nakagawa（2002）也認為，動畫能提供較多的資訊，靜態圖像只能讓人瞭解其功能與含義，與動畫相較起來，動畫有較好的指導與解釋的作用。利用網路多樣化的學習資訊，加上即時互動與多媒體

的特性，可使傳統教材呈現方式更多元、豐富且充實，多樣化的學習資訊使得教學活動更活潑，大幅提升教與學的效能，活化了課程設計、教材呈現、教學及學習活動等方面（潘文福，2001）。其它研究也指出，透過電腦輔助教學，結合聲音、影像、動畫等多媒體技術，使得教學情境變得多元且豐富，有助於學習效果的提升（Boyle, 1997）。因此，研究者認為有必要將動畫引入評量中，輔助試題解釋、舉例或呈現，提升評量成效，而此將在後面部分詳細探討。

第二節 日月地相關教學研究

地球科學概念中，天文單元相較於其他單元的概念，皆為較複雜且抽象，如周日運動、周年運動、天體運動、四季成因及月相盈虧等等，美國國家科學教育標準（National Science Education Standards, 1996）從研究中也發現，即使學生瞭解日月地模型，對月相盈虧的成因也無法正確解釋，可見此為較複雜之概念。因此，研究天文相關的數量相對其他如地質、氣象方面為多，其中又以月相相關概念為主（呂志峰，2008），例如月相週期變化、日月食現象等，這些現象的成因包含了日、月、地三者的相對關係，且需要三度空間的思考方式，因此常會對學生造成認知上的困難。民國 100 學年實施的中小學九年一貫課程綱要教學目標中亦提到：觀察月亮東昇西落的情形，並知道月亮有盈虧現象（月相變化）；利用模型描述地、日、月之間的相對運動，並解釋月相變化、日食、月食的現象（教育部，民 99）。可見瞭解與學習日月地之間的運動關係，是具有相當的重要性，研究者將相關內容整理如下（表 2.2.1）。

當學生學習日月地關係的概念時，因太陽、月球及地球三者是在三度空間中分布，學生的學習成就與本身空間能力便有相當關係；因此，空間能力是影響學生學習此概念時的重要因素（邱美虹、陳英嫻，1995）。而教學者常利用不同的教材、工具或教學方法來幫助學生學習，教學過後，教師便要透過評量的方式來

確認學生是否真實瞭解日月地關係，做為教學成效的評估。

表 2.2.1 國民中小學九年一貫課程綱要日月地相關能力指標

第二階段（三至四年級）	2-2-4-2 觀察月亮東昇西落的情形，以及長期持續觀察月相，發現月相盈虧，具有週期性。
第四階段（七至九年級）	2-4-3-1 由日、月、地模型瞭解晝夜、四季、日食、月食及潮汐現象。 2-4-3-4 知道地球在宇宙中的相關地位。

第三節 評量目的

教師在教學過後，教學成效的評估是必要的，除了確認教材或教法需要如何修改或改進，另一方面為的是增進學生學習成效，以達成教學目標。而教學目標是否達成，必須在教學過後，做客觀而正確的評量。因此，評量乃成為教學歷程中不可或缺的一部分（郭生玉，2007）。

評量與教學息息相關，教師依據學生的需求設計教案，評量也應當經過適切的設計，才能讓評量發揮效用。而評量基本的定義是運用科學方法和技術，收集學生在學習過程中的行為、成就及訊息資料，進一步依據教學目標，對學生學習表現進行選擇分析、評斷和回饋的一系列工作（Airasian, 1996）。在整個教學歷程中，評量與教學活動是一體的，教學評量的主要目的，在於分析教學得失及診斷學習困難，作為實施補救教學和個別輔導的依據，具體來說，評量可以指任何可以用來瞭解學生目前學習狀況的方法（王文中、呂金燮、吳毓瑩、張郁雯、張淑慧，2004）。另外，評量工具也可做為獲得學生在學習過程中有關知識學習、心智發展的相關資訊，幫助教學者釐清學生學習課程的情形以作為課程修正、課程實施進度安排的依據。Linn and Gronlund（1995）亦強調教學評量能協助教師

擬定適當的教學目標，準備適當的教學材料及提高教學效率。因此，設計教學評量主要要素便有以下幾點（王文中等人，2004）：1.個別差異，如同學生特質，必須針對學生差異設計適當的評量方式或教學內容設計；2.課程的內容與特性，教學方式或教材製作是依課程內容不同而設計；3.教學或評量的媒體與資源，媒體與資源是傳達教學與評量的方式，如教師、教材或電腦多媒體資源的廣泛與多元，便會決定了評量本質的發展，因為評量最終還是教學的一部分，電腦輔助教學日益普及，多媒體輔助評量的設計必須與教學整合，更方便有效的教學與評量系統是不容忽視的；4.評量結果的決策與教學結果的回饋，教學過程中所用之評量，應是針對學生行為與認知過程中，評測出有效的教學結果，教學方法常因內容或概念而使用不同的教學模式或教材，同樣地，評量的呈現方式也因認知及概念不同而大不相同。

而評量的種類甚多，依評量的目的、分數的解釋及題目的選擇不盡相同。如依評量的目的分類，評量有四大類：安置性評量、形成性評量、診斷性評量和總結性評量（郭玉生，2007）。安置性評量的目的，在於確立學生具備學習新單元的起點行為，以安置在適當的班級中學習；形成性評量的目的，在於及時發現學生的學習困難，以改進教學；診斷性評量的目的，在於分析學習困難的原因，以便進行補救教學；總結性評量的目的，則在評定學習成效，以確定教學的效果。本研究中的評量範圍針對日月地關係，屬於診斷性評量，此評量也著重於評量試題的設計及學生對於評量內容的理解程度，若評量內容超出學生理解範圍，使學生盲目猜題或評量試題過於簡單，那評量結果就無法提供參考價值，評量必須配合學習內容及欲評測之目標設計，才能達到評量的效用。

另外，根據受試者對評量試題回饋的形式，評量試題可概分為選擇反應（select response type）與產生反應（generate response type）兩種主要的類型，因目前較大型考試主要都以選擇型試題為主，因此本研究評量試題皆以選擇題方式呈現。另一方面，一般測驗無論是是非、選擇、問答題型，幾乎都是以文字搭配圖片，較少其他類型的呈現方式，而評量試題的設計，與受試者能否正確接收試

題所表達的涵義，也是決定試題效度的重要因素之一。若試題內容包含超大尺度的概念，如行星運轉、板塊運動、大氣現象等等，或細微尺度概念，如原子分子模型等等，這些概念很可能因為學生無法透過直接觀察產生經驗，因而在閱讀相關試題時，不容易理解試題之涵義。一份評量試題很可能因為上述因素，無法評測學生的知識或認知能力，因此，目前許多科學教育研究者，運用電腦輔助教學的技術，在幫助學生學習這些概念上，獲得相當明顯的成效（董家苕、張俊彥，1999；Chang, 2000；Hughes, 1974；Cavin & Lagowski, 1987；Geba, Asker, & Ozkan, 1992）。

以往傳統評量工具中，多半以紙筆方式呈現及作答（李坤崇，1999），也常流於下列缺點：1. 引起受試者焦慮，特別是高度利害關係的測驗（Payne, 1997）。2. 無法收集測驗過程的訊息（孫光天、陳新豐、吳鐵雄，1998）。3. 出題、考試、閱卷、成績計算等作業皆由人工處理，測驗受限於時間與地點，因此測驗效率低落，且人工作業的效率不高，評分缺乏客觀標準與自省思維，出錯的機會亦相對較大（何榮桂，1990；周文正，1998；李坤崇，1999）。4. 無法給予立即回饋。5. 評量認知過於強調記憶層次（李坤崇，1999）。6. 常因強調低層次的記憶評量，而忽略較高層次思考的評量（李坤崇，1999）。研究者希望透過電腦動畫輔助的方式，修正以上缺點，進而達到提升評量的成效。

未來的教學評量方式應朝向多元化、多樣化及互動化等方向發展，這也是必然的趨勢（李坤崇，1999；王文中等人，2004），Linn and Gronlund（1995）提到測驗評量是改革教育及提升學生能力的主要工具，且應重視實作基礎評量、積極運用電腦化測驗、改善教師評鑑方法及重視測驗與評量的正確使用。利用電腦輔助測驗（computer-based testing, CBT），提供多元豐富的試題呈現方式及額外的測驗相關資訊等優點，可提高測驗效率、減少測驗時間並降低測量誤差（何榮桂，1990）。透過評量連結教學目標，不僅能預測學生未來發展及設定學習成果，更可協助學生在學習歷程中獲得最好的學習效果，因此，教學與評量之整合乃為未來發展評量的趨勢（李坤崇，1998；簡茂發、李琪明、陳碧祥，1995；Kubiszyn

& Borich, 1987；Linn & Gronlund, 1995），所以本研究欲設計之動畫輔助評量以上述文獻為目標，詳細探討如下節。

第四節 動畫輔助評量

一直以來，傳統的評量試題多半採紙筆測驗的方式，學生作答與教師批改相當熟悉，但這也有部分的限制，例如呈現抽象概念時，學習者無法直接觀察現象而無法理解題意，即便運用圖形來輔助解釋；另外，若試題當中需要有真實的情境，那試題往往會過於冗長，而讓學習者無法立即判斷回答(Wu et al., 2010)。因此，研究者欲藉由動畫輔助使受試者更容易理解試題，進而提升測量學習者之學習狀況。而動畫為一種表徵的形式，透過電腦多媒體特性將事件發生始末或物質變化經過模擬呈現的方式，教育中最常運用到動畫特質的如抽象概念、非直覺的、巨觀現象、微觀現象、受時間限制、受空間限制、具危險性或耗費時間金錢的實驗課程或情境等等。

過去研究動畫的議題中，Bloomer（1990）指出動畫的特性在於利用連續性的畫面，讓人透過視覺對所表達訊息而有所反應。Baecker and Small（1990）則認為動畫是一種很好的舉例與解釋工具，因為它能描述複雜的連續動作或狀況發展，較文字解釋更具真實性，也較靜態圖像更易於瞭解其功能與涵義。Park and Hopkins（1993）透過一些講師使用動畫設備的經驗，瞭解動畫的特性和規則，而推薦動畫的特性如以下六點，包括：（一）可以展示一項程序性的連續行動；（二）可模擬複雜的行為模式；（三）展示無形的系統作用和行為；（四）幫助解釋或舉例，如口頭說明或圖解較困難的任務；（五）提供視覺上的提示、比喻或是引導；（六）集中注意力在具體的工作或是描述。透過以上六點特性，大致總結了動畫在教育上實際運用的方法和使用時機。在這之中，Park and Hopkins（1993）又將動畫所扮演的角色整理為以下五點：

1. 動畫可用來吸引學生的注意。靠著動畫顯著的特徵，可以刺激吸引學生的注意力。例如在解釋一個繁雜的系統時，學生的注意力不是那麼容易集中，而動畫便可當作吸引學生的工具。
2. 幫助解釋舉例之工具。利用動畫來說明結構，遠比利用圖片或是文字解說來得容易。例如要解釋複雜的結構時，動畫較能利於幫助表達。
3. 動畫可輕易傳達出所要表現的內容。當要學習一個重要的過程，而這個重要的過程包含了改變，動畫便可清楚解釋它的意義。
4. 提供模型幫助想像。當要解釋一個系統作用時，若這個系統只能由外部觀察，無法看到內部的情形，利用動畫便可幫助想像系統內部的結構和功能。
5. 作為瞭解抽象概念過程中的一個視覺比喻或引導方向的工具。當要解釋抽象的概念時，可以透過動畫來引導學生學習或想像。

經由以上動畫特性，動畫可幫助想像、理解或思考，在評量試題中加入動畫解釋舉例，相較於傳統試題更能貼近實際生活的情境，Cook(2006)也明確指出動畫能在一段時間呈現多重圖像，便能將一個現象的過程完整呈現。

近來，情境式教學是熱門的議題，教學與評量為相輔相成的，當教學有真實的情境，評量卻受紙筆測驗的限制，只能利用圖片和文字敘述給予受試者作答，受試者無法理解題目所要傳達的意思，很可能降低評量的成效。除此之外，動畫較圖片更易於理解其含意，試題中加入動畫輔助，提供適當解釋或舉例的工具，例如非試題測驗目標之抽象概念，降低非必要的認知負荷，引導學生思考想像，針對試題評測目標判斷回答，提供教學回饋，提升測驗題材的真實性與評量學生能力。

近幾年之部分國際大型測驗，如國際數學與科學潮流探究（TIMSS）及2006國際學生評量計畫PISA CBAS（Computer-Based Assessment of Science），在科學測驗題素材與選項中置入了許多的「聲光」效果，包括彩色的圖表、動畫、影片等，來評量學生對科學概念的瞭解、解釋和解決各種科學情境及挑戰所能達到的程度。PISA在2009年也加入了電腦化試題，此評量也是以動畫輔助呈現的方

式。因此，運用數位線上測驗的便利性，較容易找出影響學生思考能力的重要因子，藉由評量這些重要因子來描繪學生在該主題的領域知識、推理能力、學科態度等因子，將會是未來數位動畫試題的重要功能。

透過動畫的主要優點為：1.動畫扮演了輔助的表徵，較圖像提供更豐富的訊息，讓受試者具體瞭解題意所要描述的抽象概念或現象，如地球科學領域中之日月地關係。2. Dancy and Beichner（2006）指出動畫如同影片，相較於靜態圖片更能清楚呈現真實的情境。3.動畫較為卡通般的呈現，能有效提升學生的學習動機（Wouters, Paas & van Merrienboer, 2008）。本研究以地球科學領域中之日月地關係為主軸，參考相關學者的研究建議，將動畫引入評量試題中，期望能改良圖文評量的缺失，提升評量的成效，以達到此研究之目的。

第五節 認知負荷理論

本研究欲探討動畫輔助評量與圖文評量在學生作答時的認知負荷差異，因此設計評量試題時，應降低非題目所要評測目標之認知負荷，以助於學生作答，達到評量欲評測之目標。此部分將探討認知負荷理論定義、假定與認知負荷來源，並在設計試題時，搭配認知負荷理論，以利本研究之結論探討。

認知負荷定義：

過去的文獻中，許多學者對於認知負荷皆有一套定義，研究者挑選較多人使用之定義，依年份整理如下（表 2.5.1）：

表 2.5.1 研究學者與其對認知負荷的定義

研究學者	認知負荷定義
Jex(1988)	學習者面對學習內容，在學習環境中欲表現符合任務之行為時，所意識到「任務要求」與「自身認知能力」之間，心智負荷差異的評估。
Paas(1992)	認知負荷是多向度的概念，包含了學習者本身的特性，如認知能力與先備經驗等；以及學習環境如學習內容、資訊展現方式、教材編排方式、學習程序與時間壓力等。
Sweller(1994)	學習者在執行一項任務時，加諸於學習者認知系統上的負荷，若教材或學習步驟超過學習者的工作記憶容量，將降低學習者的理解、學習和問題解決能力。
黃克文(1996)	學習者在接受訊息、處理與運用的過程中，因訊息之內容(數量、質量等)、學習環境、環境與互動方式等因素，超越了學習者的認知能力，在「心理」或「生理」上引起了負擔、苦惱與憂慮，甚至是失敗、挫折的後設概念。
宋曜廷(2000)	個體在執行某種作業的過程中，因作業特性所需之認知能量或認知資源造成個體認知系統（尤其是工作記憶）的負載狀態。
黃柏勳(2003)	個體在工作情境（學習情境）下處理訊息時，感受到心智負荷與心智努力的負荷總量。若此負載總量超出個體所能接受的範圍，將導致個體的認知系統無法負載，進而在心理或生理引起焦慮、壓力與苦惱等負面感知，並影響工作（學習）的表現。
陳蜜桃(2003)	個體執行某種工作或任務的過程中，個體所感受到心智負荷與心智努力的負載狀態。以訊息處理理論而言，「認知負荷」是指工作記憶的負荷。

綜合以上定義，研究者認為認知負荷是個體在面對工作、環境或是任務時，由於同時所需處理訊息的總量而造成認知系統負載，當負載量超出個體所能接受的範圍，便會造成心理或生理上的負面情緒，進而影響表現。因此，在作答評量的過程中，如果試題所測驗的目標必須運用較多的抽象概念，或同時提取多種心智模型以解決較複雜的問題時，就可能增加了學生的認知負荷，若學生因非必要之認知負荷過高而影響作答，便可能降低答題的效果，而無法評測出學生的能力。

認知負荷的基本假定：

認知負荷是由 Sweller 將此觀念運用到教學設計上 (Sweller, van Merriënboer, & Pass, 1998)，而認知負荷對人類認知架構 (cognitive architecture) 如：記憶、基模發展及自動化訊息處理的概念，有一些基本的假定 (宋曜廷, 2000; Sweller et al., 1998)：

1. 工作記憶容量是有限的。人類的工作記憶容量是有限且儲存時間短暫，如果學習者欲處理的訊息需要更多、更深入或理解的工作記憶，在運用較多的訊息相互參照後才能瞭解，則學習者將耗費更多短期記憶的容量，因而產生更大的認知負荷，造成學習困難。
2. 長期記憶本身沒有容量的限制。人類長期記憶所儲存的知識內容是無限的，只要記憶中儲存了特定問題的知識，以及相對應的解法，面對問題時，便可在長期記憶中立即提取相對應的解法，但對於此知識不熟悉之新學習者，則需在工作記憶中進行推理和搜尋，耗費大量工作記憶，容易造成過度的認知負荷。
3. 長期記憶內的知識與技能是以基模的型態儲存。基模可將工作記憶的複雜訊息融合成一個複雜的基模，提供長期記憶組織和儲存知識的功能，而在工作記憶中可以處理新訊息，降低工作記憶所產生的負荷。
4. 基模運作自動化是基模建構的重要過程。學習者控制訊息處理是透過意識層

面，這將佔用許多工作記憶的空間；而基模運作自動化較少為意識監控，佔用極少的工作記憶空間。起初許多知識技能的學習都是由意識層面處理，經過不斷練習才轉換成自動處理，因而降低認知負荷。

基於以上的假定，在人類的認知學習上，工作記憶空間是有限的，但長期記憶是無限的，當面對任務時，須透過長期記憶中的知識基模進行組織整合，若無法從長期記憶中有效提取相關的知識基模時，可能會消耗過多的工作記憶而產生不同類型的認知負荷。

認知負荷類型：

依據認知負荷理論，可將學習歷程中的認知負荷分為三類(Cooper, 1998; Sweller, 1994, 2005; Sweller et al., 1998)：

1. 內在認知負荷(Intrinsic cognitive load)：與教材本身元素有關，當教材本身的交互作用很高時，代表教材性質較複雜，內容的難易度較高，因此，內在認知負荷較重。另外，學習者本身的程度與先備經驗也與內在認知負荷有關，隨先備知識與經驗的不同，學習者感受到的教材難易度也不同。內在認知負荷是基本的負荷，主要來自教材元素的交互性、學習者本身程度及兩者間的交互作用。
2. 外在認知負荷(Extraneous cognitive load)：與教材的設計組織較為密切，如呈現方式或學習活動，將造成學習者學習時不同程度的工作記憶負荷，因此可透過教學設計來降低外在認知負荷。
3. 有效認知負荷(Germane cognitive load)：藉由教學設計有效吸引學習者專注在任務內容或基模建構的認知過程。有效認知負荷與外在認知負荷雖容易混淆，外在認知負荷會阻礙學習者學習，而有效認知負荷雖然會增加學習者的負荷，但會增進基模的建構，前提是不能超出學習者的負荷範圍。

綜合上述，試題評量的設計會影響學生的外在認知負荷與有效認知負荷，而

試題內容則是影響學習者的內在認知負荷，因外在認知負荷可透過試題設計來降低負荷量，研究者將針對此部分修正試題，進而達到提升評量學生能力的目標。

Sweller 認知負荷理論的教學效應

Sweller (2008) 的研究當中，從實徵研究歸結出九種因教學設計而產生的效應，其中研究者認為與評量試題設計相關的效應如下：

1. 分散注意力效應 (Split-attention effect)：

當學習教材中資訊由兩種以上的呈現方式，如圖形和文字解釋未經整合而分開呈現，對新手學習者而言，兩者的訊息是難以理解的，必須將兩者訊息整合後才能理解，因此多重訊息會占去工作記憶容量，導致學習效果不佳。因此教材設計應將多重資訊整合呈現，減少內容和文字間的搜尋。

在評量中，題目的敘述和圖片或動畫的呈現必須整合，清楚呈現試題架構，減少尋找試題內容不必要的認知負荷。

2. 多餘效應 (Redundancy effect)：

指學習中出現不相關的資訊。以不同方式呈現相同資訊，如圖片本身即能提供學習者所需的訊息，加入文字敘述反而會增加認知負荷，產生負面影響。因此在動畫設計時，確定呈現的內容是必要的，避免在畫面中出現無關的訊息，導致多餘效應的影響。

3. 專家逆轉效應 (Expertise reversal effect)：

此項假定是對專家而言，隨著專業知識的增加，許多為了降低新手認知負荷的設計，可能因多餘效應而產生外在認知負荷，對專家來說是多餘的，因此教學設計前，必須確認學習者的知識基礎，再進行適當的教材建構。

在評量中，因動畫可由作答者自由暫停或播放，若學生對評測概念已非常熟悉，不需要動畫的輔助，便可自行將動畫暫停，達到降低因多餘效應而產生的外在認知負荷。

4. 元素互動效應 (Element interactivity effect)：

認知負荷理論中，有提到內在認知負荷與元素的互動性有關，元素互動性過高會占用過多的工作記憶容量，導致內在認知負荷過高，影響學習效果。因此，教材設計要考慮元素的數量、元素間的互動程度與複雜度而決定。

評量中的動畫設計也不宜過於複雜，若元素的互動性過於複雜，反而造成多餘的認知負荷，進而影響學生作答。

5. 獨立互動性元素效應（Isolated interacting elements effect）：

當教材內容中的元素互動程度很高時，學習者很難理解，解決的方法是獨立將各元素呈現出來，暫時忽略元素間的互動性，當熟悉各元素之後再開始強調元素間的互動性。獨立學習各元素的教學無法讓學習者建構完整的理解，必須學習到各元素間的互動才能瞭解整體內容。

學習者作答評量試題時，若試題內容的元素複雜度相當高，但並非所有元素皆為要評測之目標，因此適當給予輔助，幫助作答者對於試題的理解，藉此提升評量的成效。

以上效應除了影響學習者的學習成效，也會在學生作答評量時產生認知負荷，進而影響作答的品質與實際能力的表現。過去也有研究顯示，利用表徵將抽象概念以動態形式的動畫呈現，並不能保證學習者達到教學設計者的預期目標。Tversky, Morrison and Betrancourt（2002）認為多數動畫設計太過複雜或呈現速度太快，造成學生無法正確接受動畫傳遞的訊息，阻礙學生學習。若動畫呈現出與概念無關或排列方式錯誤的訊息時，容易造成學習者產生迷思概念；而學習者處理動畫表徵所提供的訊息時，也常發生轉譯困難的問題。從教學觀點來看，動畫中包含的資訊若過於發散，或同時傳達太多訊息，將使學生無法達到預期的學習目標(Reimann, 2003)；以認知負荷理論的觀點來看，欲透過動畫模擬幫助學生建立概念理解，當教學材料本身複雜度太低、動畫設計不當等原因，有可能造成學習者額外的認知負荷，反而降低了學習成效。

因此，設計動畫輔助評量也必須考慮動畫輔助的必要性，否則可能對學習者

造成負面的影響，在 Mayer 提出降低多媒體學習造成之認知負荷的方式中(Mayer & Moreno, 2003)，藉由多媒體對於感官的刺激與感受，例如動畫搭配旁白，可將訊息作結合處理；將複雜概念簡化，提供必要的訊息；除去與內容無關的資訊，減少學習者的工作記憶量；畫面呈現簡單化，將不必要的裝飾移除；整體畫面的安排呈現必須適當，根據學習者能力設計動畫等等。並搭配前面提及 Sweller (2008) 認知負荷理論效應，降低學習者因認知負荷影響作答成效，設計動畫輔助評量，使評量更有效率的評測學生能力，達到評量之目標。

第六節 空間能力

學習地球科學日月地關係的模型中，學習者之空間能力將影響學習的成效（邱美虹、陳英嫻，1995），當學習者在學習思考時，腦海中進行空間推理便與本身空間能力有關（梁勇能，2000），而空間能力是指能對平面或立體的圖像進行建構、轉換、提取或保留的能力，在某些領域中，例如數學和科學，高空間能力的人通常具有較高的創造力（Lohman,1988）。在心理學當中，空間能力也被視為是智力的一種（張春興，1997）。而構成空間能力的因素，通常是由許多技能所構成（McGee,1979; Linn & Peterson, 1985; Carroll, 1993），其中，McGee(1979)認為空間能力至少由兩個成分組成：空間視覺（Spatial Visualization）及空間定位(Spatial orientation)。Linn and Peterson（1985）認為空間視覺能力包含三類：1.空間知覺(Spatial Perception)指個體能以自身方位辨識空間中物體位置的能力。2.心像旋轉（Mental Rotation）指個體能想像圖像在腦海中旋轉的能力。3.空間視覺（Spatial Visualization）指個體能理解三度空間中物體移動或旋轉之能力，且在腦中成像並加以操作運用。而空間定位能力則是 Lohman(1988)提出，指個體能由不同角度觀察物體之能力。

在教學方面的研究中，Lord（1985）研究指出空間能力與科學學科之學習成

就有密切的關係；在各學科的學習上，空間能力也是必要的（余芳如，2003）。地球科學方面，許多研究都涉及空間能力的使用，如空間能力與天文相關學習（Bishop, 1987），地質課程之成績與空間透視能力相關（Orion, Ben-Chaim, & Kali, 1994）。因此，學習地球科學日月地相關概念的過程中，太陽、地球及月球為空間中的相對關係，學習者在想像日月地模型時，便需要三度空間的想像能力。

本研究評量試題所設計之動畫，雖以平面二維呈現為主，但太陽、地球及月球三者相對關係與月相盈虧皆是三維的立體空間，透過動畫的輔助，研究者欲以空間能力做為一變項，探討不同空間能力學生在作答評量的表現有無差異，瞭解空間能力是否影響到學習者的抽象概念思考，進而影響評量的準確性，是否實際評測出學生的能力。本研究使用梁勇能（2000）開發之空間能力測驗，用以評測學生之空間能力，探討學習者作答表現與空間能力間之關係。

第七節 小結

如上述文獻，要評量學生是否瞭解日月地相關概念，評量的準確性也相當重要，本研究擬將動畫加入評量試題中，輔助試題的題意呈現或解釋，探討動畫輔助評量是否能評測教師欲評測之目標，利用動畫特性降低試題中非必要之認知負荷或空間能力影響，提升評量之效度；再輔以認知負荷量表及空間能力量表，探討動畫輔助評量與認知負荷及空間能力的關連性，並透過態度問卷及晤談實際瞭解學生作答感受及看法。

第參章 研究方法

本研究欲探討學生使用動畫輔助評量與圖文評量兩種不同呈現方式，在學生作答表現上是否有顯著差異，並輔以認知負荷量表與空間能力量表探討此兩因素與評量表現的關聯性；另外，針對不同先備知識學生及不同空間能力學生分析作答動畫輔助評量與圖文評量的差異，並收集學生答題的態度問卷，探討學生對於動畫輔助評量的感受及看法。最後，透過晤談，實際瞭解學生的作答情形。本章依「研究對象」、「研究設計與流程」、「研究工具」與「資料分析」作介紹。

第一節 研究對象

本研究之研究對象選自臺灣中部某國民中學，接受地球科學課程之九年級學生，選擇這些學生作為研究對象的原因有兩點：1.國中階段的地球科學中，天文單元課程以日月地模型為主軸，國民中小學九年一貫課程綱要細目中也提到，學生透過觀察月亮東昇西落的情形，並知道月亮有盈虧現象（月相變化）；利用模型描述地、日、月之間的相對運動，並解釋月相變化、日食、月食的現象（教育部，民 99）。2. 這些學生在上學期已接受過日月地關係的教學，對本研究之評量內容已學習過，且接受過校內的評量測驗。因此，本研究選擇這些學生作為研究對象。而該校為常態分班且男女合班的方式進行教學，研究者選取四個班級共 105 名學生參與研究，分為動畫輔助評量組與圖文評量組，各組兩個班級，分別接受圖文評量及動畫輔助評量，分組情況、各班人數如表 3.1.1 之統計，而班級人數差異是由於學生出席狀況所造成。

表 3.1.1 圖文評量組與動畫輔助評量組詳細人數

組別	班別	人數（男生，女生）	合計人數（男生，女生）
圖文評量組	302	29（15，14）	56（28，28）
	308	27（13，14）	
動畫輔助評量組	315	20（12，8）	49（27，22）
	325	29（15，14）	

第二節 研究設計與流程

本研究的評量試題依據國民中小學九年一貫課程綱要日月地相關能力指標出題設計，並透過 Sweller（2008）的認知負荷效應及 Mayer and Moreno（2003）提出降低多媒體學習造成之認知負荷，修改試題評量呈現的方式以及使用動畫輔助呈現內容，本節共分三階段，分別為「文獻回顧與評量發展」、「施測與晤談」、「結果與數據分析」，各階段的詳細內容與進度如下：

第一階段、文獻回顧與評量發展

研究初期依據電腦多媒體輔助教學、教學評量、動畫特性、認知負荷及空間能力及日月地教學探討相關文獻，確定日月地相關概念為學生學習理解較困難的部分，並確定研究方向及研究問題，開始著手發展評量。

依照民國 99 年國民中小學九年一貫課程綱要，參考歷年國民中學基本學力測驗與大學學科能力測驗，自然科試題中與日月地關係、月相等相關試題，修改並探討可以做為動畫輔助試題的部分。研究發展流程圖繪製如下（圖 3.2.1）：

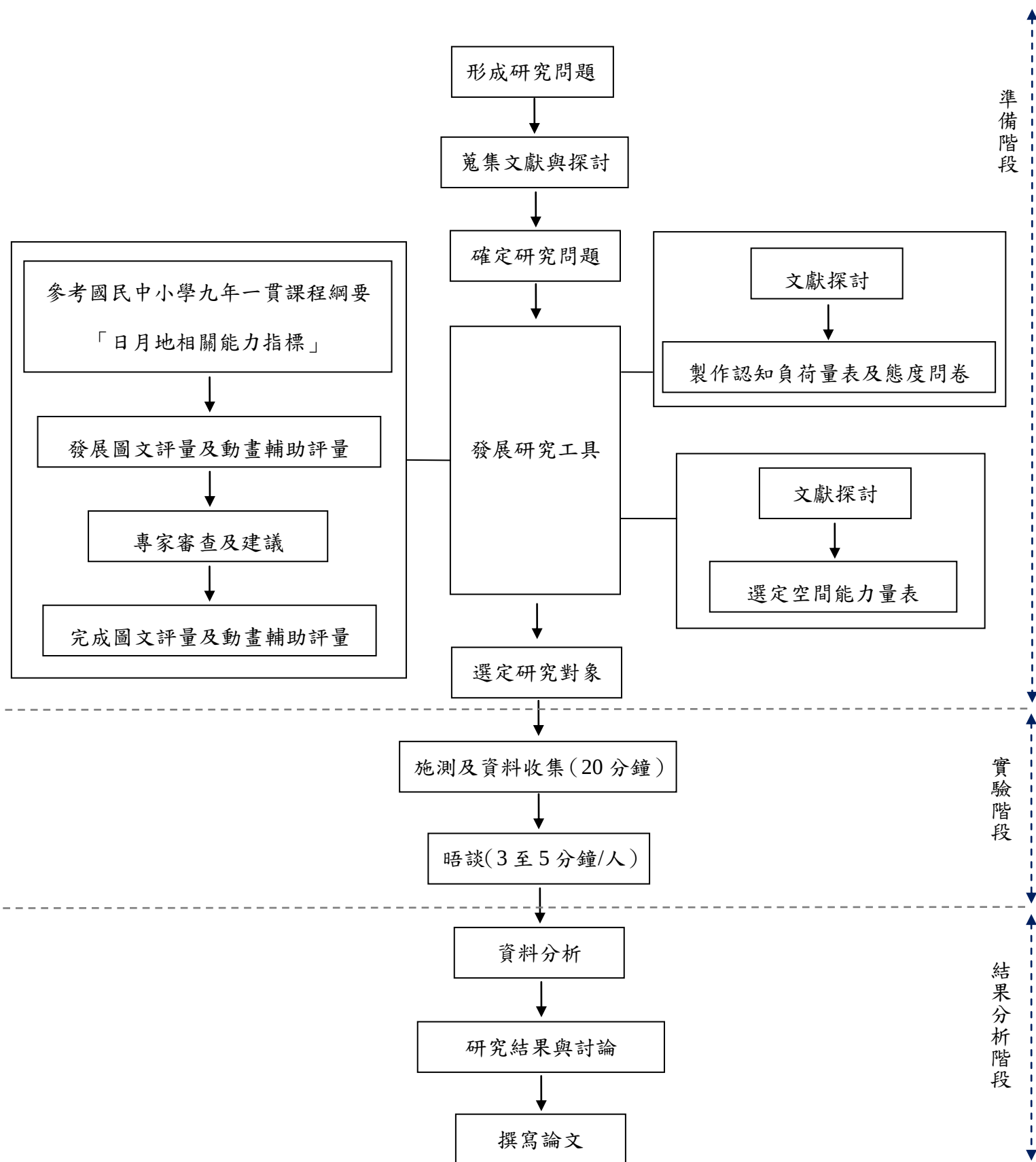


圖 3.2.1 研究發展流程圖

第二階段、施測與晤談

此階段為施測流程，包含「評量施測」、「認知負荷量表與態度問卷」、「空間能力量表測驗」及「晤談」共四個步驟，實驗步驟如表 3.2.1 所示，施測後根據評量表現與空間能力表現挑選十四位學生進行晤談，晤談內容針對回答試題的過程、方法及感受進行半結構式晤談，藉以瞭解學生在作答試題時真實的想法、感受及情形。

表 3.2.1 施測流程表

A 組	O ₁	O ₂	O ₃
B 組	O ₁	O ₂	O ₃

註 A 組=圖文評量，B 組=動畫輔助評量

O₁：A 組=圖文組認知負荷量表與態度問卷，B 組=動畫組認知負荷量表與態度問卷

O₂：A、B 組=空間能力量表

O₃：A、B 組=晤談

第三階段、結果與數據分析

此階段為「結果探討」、「資料分析」與「撰寫論文」，主要將圖文評量組與動畫輔助評量組的作答結果進行分析比對，並輔以晤談資料與預期結果對照，回答研究問題，最後進行論文撰寫。

第三節 研究工具

本研究工具分為「試題評量」、「認知負荷量表與態度問卷」、「空間能力測驗」及「晤談問題」，而評量試題分為「動畫輔助評量」與「圖文評量」，此節將針對上述工具的發展原則與流程進行介紹。

一、試題評量

本研究主要探討學生作答動畫輔助評量與圖文評量的表現差異，在目前較大型考試中，都以選擇型試題為主，因此本研究評量試題皆以選擇題方式作答。依本研究實驗設計欲發展出二種類型的試題評量，分別為動畫輔助評量及圖文評量，兩種試題評量的文字部分完全相同，唯試題呈現方式不同。試題內容依據教育部所公布的國民中小學九年一貫課程綱要（教育部，民 99）中，日月地相關概念能力指標（表 3.3.1），挑選學習觀念較為抽象、大尺度、受限於時間、難以用文字圖片表達或需要較多想像理解的概念設計試題。

表 3.3.1 國民中小學九年一貫課程綱要日月地相關能力指標

第二階段（三至四年級）	2-2-4-2 觀察月亮東昇西落的情形，以及長期持續觀察月相，發現月相盈虧，具有週期性。
第四階段（七至九年級）	2-4-3-1 由日、月、地模型瞭解晝夜、四季、日食、月食及潮汐現象。 2-4-3-4 知道地球在宇宙中的相關地位。
次主題 地球和太空 月亮	
2a.察覺月亮東昇西落。	
2b.觀察並知道月亮有盈虧現象（月相變化）。	

依照課綱所預期之學習目標，並參考國民中學基本學力測驗與大學學科能力測驗自然科試題中，有關日月地相關概念試題，作為編製評量的參考依據。首先，日月地系統概念以基本的月球及地球的自轉、公轉週期、日月地三者相對關係、判斷及推測月相的盈虧，試題由基本概念逐漸加深，加入抽象觀念及複雜的理解應用。最後，以較困難並需要抽象概念運用的試題做結。

在圖文評量中的抽象概念以一般評量的呈現方式，由圖片加上文字解釋輔助，而圖片是利用動畫進行截圖，再加上適當引導，縮短與動畫輔助試題的差距；而動畫輔助評量是以圖文評量為基礎，試題的題目內容、題目順序、圖片素材、評測觀念皆與圖文評量相同，唯抽象概念採用 Flash 軟體製作動畫，發揮動畫特性，幫助解釋舉例、提供動畫模型作為引導工具，將抽象的觀念或難以描述的概念以動畫方式呈現。製作動畫的同時，也參考 Sweller（2008）的認知負荷理論效應以及 Mayer and Moreno（2003）降低多媒體學習造成之認知負荷的方式，將動畫適當加入試題中輔助解釋或舉例，以不影響欲評測之目標，幫助學生瞭解題意，降低多餘之認知負荷，提高作答成效。動畫輔助評量及圖文評量皆為 12 題單選題，試題依 Bloom 的分類，評量雙項細目表如下（表 3.3.2）。

表 3.3.2 試題雙向細目表

單元	內容	知識	理解	應用	分析	評鑑	創造
日月地運動	地球自轉	4,6					
	地球公轉	2,6					
	月球自轉	3					
	月球公轉	1					
	日月地相對關係	5,7	5,7	8	8		
月相盈虧現象	月相盈虧現象	11	9,10	9	10		
	月相盈虧週期與變化		11,12	12	11,12		

備註：題數總共 12 題

在評量編製的信效度方面，評量初步完成後，先邀請一名國中在職地球科學教師對試題進行審查，並依照教師的建議修改試題，接著邀請地球科學天文專家以及科學教育專家各一名，對試題進行審查及建議，再依照專家的審查結果修改評量試題，達到一定的效度，試題評量發展流程如圖 3.3.1。動畫輔助評量信度係數為 0.6；各題鑑別度約在 0.3~0.7，唯評量最後一題可能因過難而鑑別度不佳；難度為 0.6。完成試題評量後，將評量放入網路平台上，輸入網址即可施測。

二、認知負荷量表與態度問卷

認知負荷量表針對評量內容如試題題意、圖片、動畫、電腦操作部分及試題難易度來設計，瞭解學生閱讀試題及作答評量時的心理感受，依學生自評方式填答量表。而態度問卷部分，內容針對試題是否能有效結合上課知識、能否結合日常生活、將題目加入動畫解釋較容易想像思考、是否希望在試題中加入動畫及答題過程中是否感受到相關概念增加，依這幾個面向進行問卷設計。

認知負荷量表與態度問卷皆採用李克特式量表編製，依七點量表勾選同意程度，分數越高表示非常同意；反之，越低表不同意。量表與問卷完成後，經由二位科學教育專家進行審查，並根據專家意見進行修編內容，最後完成認知負荷量表及態度問卷。認知負荷量表部分，圖文評量組為 5 題，動畫輔助評量組為 7 題，動畫組多 2 題為詢問動畫輔助部分；態度問卷部分皆為 7 題，量表及問卷內容可參考附錄二。

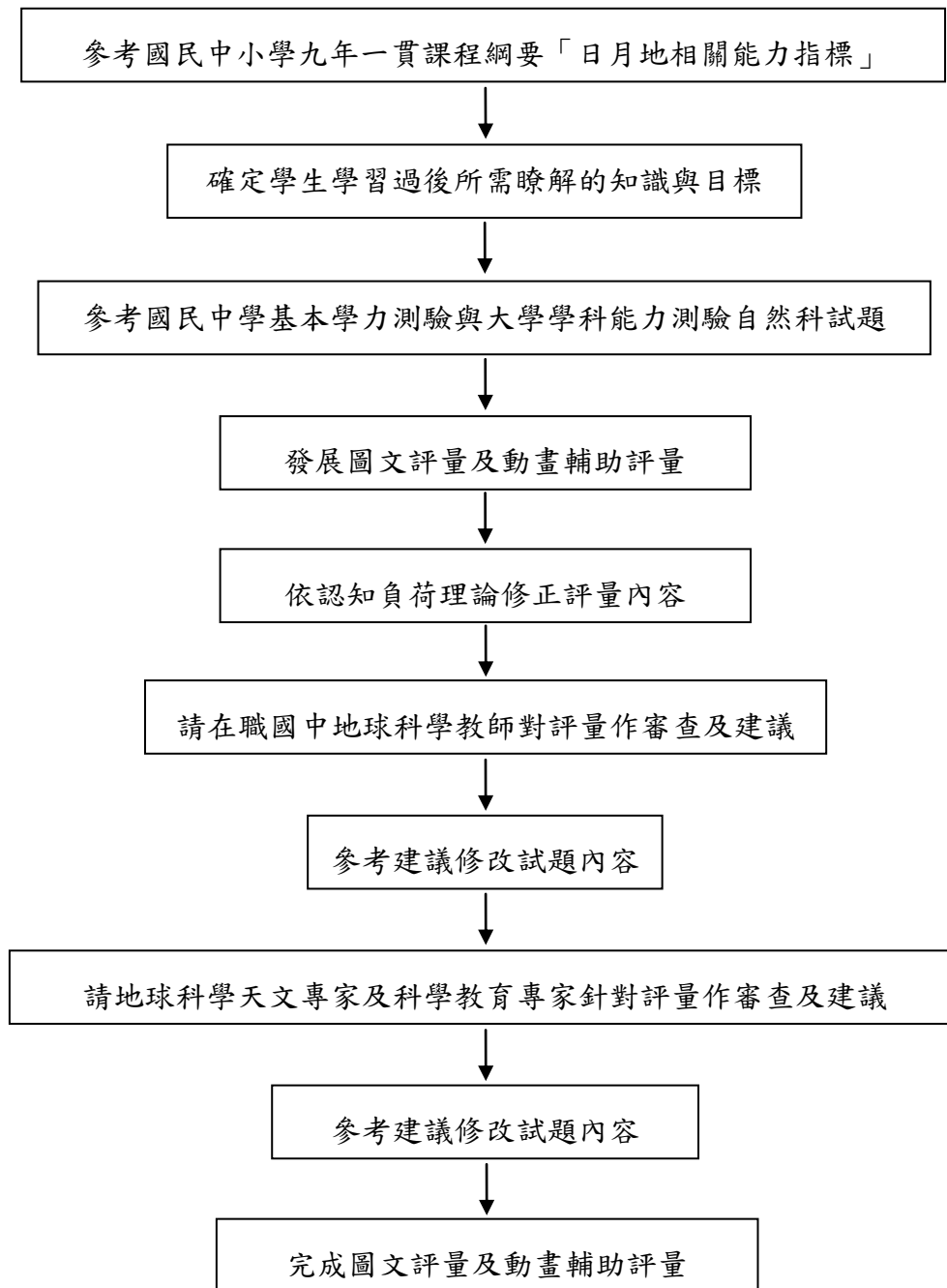


圖 3.3.1 試題評量發展流程圖

三、空間能力測驗

為瞭解學生在作答圖文評量與動畫輔助評量過程中，空間能力對其作答成效的影響，於是在施測過後，讓學生填答空間能力測驗，此測驗與認知負荷量表與

態度問卷間，學生有間隔休息時間。本研究引用梁勇能（2000）發展之空間能力測驗，此測驗開發及施測對象皆為國中學生，告知作者同意使用後，選擇此空間能力測驗做為學生空間能力依據。空間能力測驗內容分為兩個部分，第一個部分是空間方位，共 25 題，作答限制時間為 8 分鐘；第二個部分為空間視覺，共 25 題，作答限制時間為 12 分鐘，兩部分皆為單選題，總分共 50 分。因空間能力試題電腦線上化困難，所以以紙本方式施測，施測時，研究者依據原作者的規範控制作答限制，施測完畢後將學生作答結果輸入電腦分析。施測結果所測得的 KR-20 信度值為 0.89。

四、晤談問題

本研究於施測過後進行晤談，主要目的是瞭解學生作答試題時的想法，如何思考題意，腦中想到什麼方法或模型來回答問題，研究者採用半結構式晤談。晤談的過程中，研究者會先給與一張只有文字敘述的題目，試問學生怎麼思考或作答，學生可自由在紙上畫圖幫助思考作答；接著再給與日月地三者相對的位置圖形，此時詢問學生，題目如果有給圖片的話，對於思考或作答有無差異；最後，以口頭方式描述若圖片改成動畫方式輔助呈現，兩者的感受或作答上有什麼不同，比較希望哪種方式呈現。另外，詢問試題的難易程度，以及使用電腦作答與平常在教室用紙本作答評量的感受差異。透過以上簡單的晤談，更實際瞭解學生作答試題時真實的想法、感受及情形，與數據分析比較，輔助研究結果解釋。

晤談學生的選擇上，研究者特別針對空間能力及評量表現來做選擇，以學生在評量與空間能力測驗中，表現與平均達一個標準差以上之學生，共挑選了 14 位，在動畫輔助評量組中，挑選了空間能力高且評量表現高的學生 4 位、空間能力高但評量表現低的學生 3 位、空間能力低與評量表現低的學生 3 位；另外，在圖文評量組中，挑選空間能力低且評量表現低的學生 4 位。晤談地點是在教室後方或走廊上，以不受干擾為主。

第四節 資料分析

本研究主要分析比較兩組學生使用評量的成績差異，數據資料處理使用 SPSS 18.0 應用軟體進行分析，研究中所使用的資料分析方法與研究問題，詳述如下：

本研究主要使用獨立樣本平均數考驗（t 考驗）、獨立樣本之單因子共變數分析（Analysis of Covariance, ANCOVA）及多元迴歸分析（Multiple Regression Analysis）進行資料分析，進行統計分析方法之前，必須符合變異數分析的基本假定（常態性檢定、變異數同質性）及組內迴歸係數同質假設。

在常態性檢定的部分，對兩組學生的評量成績進行常態性分佈的檢定，檢驗兩組學生之成績是否達常態的標準，檢驗結果未達常態分佈。因此根據 Stevens（1996, p.238）所述：未達常態分佈時僅對 Type I error 有影響（robust to Type I error），而即使是非常歪斜（skewed）的分佈，也僅使 Type I error 高估為.055 或.06。故若無法滿足常態分佈的條件時，則降低研究之顯著水準由 $p < .05$ 降低為 $p < .04$ 。

變異數同質性檢定的部分，檢驗兩組學生的成績是否可代表同一母群，若無法滿足，則將原始數據加以轉換，使之符合變異數同質性的假定。而組內迴歸係數同質假設方面，為說明共變項與依變項的關聯性在各組內是相同的，也是共變數分析的必要工作。因此，將學生評量成績與上學期期末考成績進行組內迴歸係數的同質性檢定，檢驗兩組成績的迴歸線是否滿足平行的條件，以進行共變數分析。

第一個研究問題「學生作答動畫輔助評量與圖文評量是否有表現上的差異？」，欲分析兩組學生作答評量的表現有無差異，先透過獨立樣本平均數考驗，再以獨立樣本之單因子共變數分析（Analysis of Covariance, ANCOVA），以學生上學期期末考地球科學部分之成績作為共變數，因兩組學生先備知識可能影響

作答表現，再以組別作為自變數，動畫輔助評量與圖文評量成績作為依變項，進行分析。

第二個研究問題「哪些因素影響學生作答評量，造成評量表現差異？」，採用多元迴歸分析(Multiple Regression Analysis)，以同時迴歸方法(解釋型迴歸)將所有的解釋變項同時放入迴歸方程式當中，對依變項進行影響力的估計，使用解釋型迴歸的目的是在瞭解自變項對依變項的解釋情形，試圖找出研究目的的因素中與評量表現相關的程度為何，其中本研究假設的因素為：先備知識、評量類型、認知負荷及空間能力，並瞭解各因素的預測力與強度，與評量分數的關係是否顯著。

第三個研究問題「使用不同評量工具對於學生之認知負荷是否有差異？」，分析動畫輔助評量組與圖文評量組學生之認知負荷，使用獨立樣本平均數考驗的方法，比較平均數有無差異，並求出效果量，瞭解顯著差異的強度。

第四個研究問題「不同空間能力之學生使用動畫輔助評量與圖文評量，作答表現是否有差異？」，將所有參與研究之學生以空間能力測驗成績排序，未依動畫組及圖文組分開排序是要確定空間能力表現是相同程度的學生進行比較。依空間能力成績前 27%為高空間能力組，後 27%為低空間能力組，取此兩組是因為前 27%與後 27%學生較能代表高低空間能力差異。分組後，在各組中以獨立樣本平均數考驗檢驗動畫組學生與圖文組學生的評量表現差異，並求出效果量，瞭解顯著差異的強度。

第五個研究問題「使用不同評量工具對於不同程度之學生，答題表現是否有差異？」，以學生的先備知識為依據分三組，前 27%為高先備知識組、後 27%為低先備知識組、其餘為中先備知識組，接著依不同先備知識組別，比較動畫組學生與圖文組學生的評量表現，使用獨立樣本平均數考驗的方法，比較平均數有無差異，並求出效果量，瞭解顯著差異的強度。

近年來，教育與心理學研究鼓勵使用效果量來呈現研究結果中變項間的關係

強度。以效果量來描述處理效果，不但具有統計檢定的多項優點，而且可避免統計檢定的多項問題。譬如效果量之計算著重處理與結果變項之關係強度，而非僅用“是否能拒絕虛無假設”作為評估的標準，這樣的指標特別在過大與過小的樣本處理具有重要的指標意義，且可用以補充其他資料分析法之不足。

第肆章 研究結果

本研究目的主要探討動畫輔助評量與圖文評量是否能降低學生作答時非必要之認知負荷，透過認知負荷理論，降低試題當中多餘之認知負荷，進而達到提升評量學生學習成效。針對本研究目的及研究問題，本章依據評量、認知負荷量表與態度問卷、空間能力測驗及晤談資料進行分析。本章分成七節，第一節為學生作答動畫輔助評量表現明顯優於圖文評量；第二節探討題型差異、空間能力、先備知識及認知負荷顯著影響評量表現；第三節為動畫輔助評量組學生感受到認知負荷顯著低於圖文組；第四節為空間能力高低對學生使用不同題型的差異；第五節為先備知識對學生使用不同評量差異；第六節為學生的態度問卷與晤談內容；第七節為本章小結。此外，為了降低學生本質上的差異，研究者將學生上學期自然科期末考成績中，地球科學部份的成績做為依據，因上學期期末考範圍包含日月地相關內容，而該次段考地球科學試題為十二題單選題，以一題 1 分計算，滿分為 12 分，將此次段考成績做為學生的先備知識基準分析。

第一節 學生在動畫輔助評量表現明顯優於圖文評量

此節探討使用動畫輔助評量與圖文評量兩組學生在作答表現上的差異，因此使用獨立樣本平均數考驗比較兩組學生的成績表，動畫輔助評量組學生之平均分數為 7.3 分，圖文評量組為 4.8 分，變異數同質性的 Levene 檢定未達顯著 ($F=.306$ ， $p=.581>.05$)，表示這兩個組學生成績的離散情形無明顯差別，可代表同一母群。而動畫組的平均分數顯著高於圖文組的平均分數 ($t=-5.70$ ， $p=.000$ ， $d=1.1$ ，large effect size)，且由表 4.1.1 可知兩組學生在評量表現上達顯著差異。

表 4.1.1 動畫輔助評量組與圖文評量組之平均分數比較

	動畫輔助評量組			圖文評量組			<i>t</i>	<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
評量總分	49	7.3	2.4	56	4.8	2.2	-5.70*	.000	1.1

* $p < .04$ (因上列資料未通過常態檢定，故整體的臨界值取為 $p < .04$)

接著，因學生的先備知識可能會影響作答的結果，研究者將兩組學生的先備知識影響扣除後進行分析，分析方法為獨立樣本之單因子共變數分析(Analysis of Covariance, ANCOVA)，依變數為評量總分，固定因子為兩組評量組別，共變項為先備知識分數。動畫組與圖文組學生的平均成績經調整後如表 4.1.2，動畫組為 7.1 分、圖文組為 4.9 分，Levene 的變異數同質性檢定未達顯著， $F(1,103) = .001$ ， $p = .970 > .05$ ，表示兩組學生成績的離散情形無明顯差別。另外，組內迴歸係數同質性考驗結果未達顯著水準， $F(1,101) = 1.615$ ， $p = .207$ ，表示各組內的共變項與依變項的線性關係具有一致性，可進行共變數分析。

在先備知識的檢驗發現(表 4.1.3)， $F(1,102) = 25.526$ ， $p = .000 < .05$ ，達顯著水準，效果量 $\eta^2 = .200$ ，表示先備知識對於評量分數有一定的解釋力，具有統計的意義。而兩組別的考驗也達顯著水準， $F(1,102) = 24.683$ ， $p = .000 < .05$ ，效果量 $\eta^2 = .195$ ，顯示組別對於評量分數也有一定的解釋力，也就是動畫輔助評量組與圖文評量組。事後比較的結果則指出，動畫輔助評量組及圖文評量組的學生成績表現一樣有顯著的差異，顯示動畫輔助對於學生作答產生了作用。

表 4.1.2 動畫輔助評量組與圖文評量組之原始平均分數與調整後平均數

	原始平均數	調整後平均數
動畫輔助評量組	7.3	7.1
圖文評量組	4.8	4.9

表 4.1.3 動畫輔助評量組與圖文評量組之單因子共變數分析

依變項	變異數來源	SS'	df	MS'	F	η^2	Sig.
評量總分	共變數（先備知識）	121.21	1	121.21	25.526*	.200	.000
	組別（評量方法）	117.21	1	117.21	24.683*	.195	.000
	組內（誤差）	484.35	102	4.75			
	校正後的總數	722.76	104				

* $p < .04$ （因上列資料未通過常態檢定，故整體的臨界值取為 $p < .04$ ）

第二節 題型差異、空間能力、先備知識及認知負荷顯著影響評量表現

在上一節中，動畫組與圖文組學生在作答表現上有顯著差異，研究者欲瞭解造成學生表現差異的因素為何，由文獻探討及研究問題的假設，可能因素有四種：第一、題型差異，動畫輔助試題與圖文試題呈現上的差異。第二、先備知識影響。第三、認知負荷影響學生作答。第四、空間能力造成作答差異。要評斷這四個因素必須使用多元迴歸的方式分析，找出各因素影響學生作答的程度關係。

首先，認知負荷量表針對理解試題內容，由學生依據作答後的感受自行勾選，包含文字說明、圖片或動畫內容，量表為七點式自評量表，分數越高表示認知學

生的負荷越重。認知負荷量表中，文字說明與圖片內容分為兩題詢問，分析上，研究者將兩題加總後取平均，代表該學生之認知負荷分數。空間能力表現方面，空間能力測驗為 50 題單選題，每題 1 分，以學生作答總分代表該學生之空間能力。在先備知識上，取學生上學期期末考中的地球科學試題成績，因此次段考內容包含日月地關係，題數同為 12 題，所以總分亦是 12 分，將此做為學生先備知識的依據。

透過多元迴歸分析，採同時迴歸分析（解釋型迴歸），由數據可看出（表 4.2.1），各變項與依變項的相關均十分顯著，而認知負荷分數越低是認知負荷程度越低，因此為負值。而各變項間，認知負荷與空間能力未達顯著相關，其他雖達顯著相關，但程度不高。

各因素與學生評量成績的解釋程度方面，由分析結果（表 4.2.2），組別、先備知識、空間能力及認知負荷四個變項對評量總分達顯著水準， $F(4,100) = 17.56$ ， $p = .000$ ，且相關係數 $R = .64$ ，整體 R^2 也達 .413，調整後的 R^2 為 .389（Durbin-Watson=1.83）。由 R 值可知，四個變項對評量總分的相關為 .64； R^2 值可知，四個變項對評量總分所能解釋的變異量為 41.3%，調整後的 R^2 也達 .389，仍有不錯的解釋力。在模式考驗的結果上，迴歸分析達顯著水準具統計意義，表示這些因素確實能夠解釋學生的評量表現。

表 4.2.1 學生在評量總分、先備知識、空間能力及認知負荷之相關數據

變項		平均數	標準差	相關			
				X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	組別	.5	.5	1.00			
X ₂	先備知識	8.7	2.1	.24*	1.00		
X ₃	空間能力	29.8	8.7	.24*	.36*	1.00	
X ₄	認知負荷	4.2	1.7	-.24*	-.24*	-.15	1.00
Y	評量總分	6.0	2.6	.49*	.41*	.45*	-.31*

* $p < .05$

表 4.2.2 評量資料的同時迴歸法估計結果與模式摘要

DV=評量總分	未標準化係數		標準化係數			共線性	
預測變項	B	Se	Beta	t	p	允差	VIF
（常數）	1.39	1.24		1.16	.267		
組別	1.81	.43	.34	4.22*	.000	.883	1.13
先備知識	.25	.11	.20	2.30*	.023	.820	1.22
空間能力	.08	.03	.27	3.28*	.001	.843	1.19
認知負荷	-.22	.13	-.14	-1.70	.093	.907	1.10
整體模式			R=.642	R ² =.413	Adj. R ² =.389		
			F（4,100）=17.559* （p=.000）				

* $p < .05$

另外，透過變異數波動因素值（VIF）、條件指數值（CI）與自變項在各特徵值的變異數比例（variance proportion）來檢測自變項間是否存在多元共線性的

問題，結果發現各變項中 VIF 值最大為 1.22，數值小於 10；CI 值最大為 15.26，約略等於 10；且自變項在各特徵值的變異數比例並無呈現重疊情況，依據王保進（1999）的觀點，可推論此四個變項並無存在多元共線性的問題。

進一步對個別變項進行事後考驗，係數估計的結果指出，組別具有最佳的解釋力（ $t(100)=4.22$ ， $p=.000<.05$ ），Beta 係數達.344，也就是動畫輔助評量組與圖文評量組，表示有無動畫輔助有相當程度的影響。其次為空間能力（ $t(100)=3.28$ ， $p=.001<.05$ ），Beta 係數為.274，表示空間能力會影響作答評量的成績。再來是先備知識（ $t(100)=2.30$ ， $p=.023<.05$ ），Beta 係數為.195，表示先備知識對於評量表現會影響。最後是認知負荷（ $t(100)=-1.70$ ， $p=.093>.05$ ），Beta 係數為-.137， t 值未達顯著水準，而這表示認知負荷程度與學生的評量表現未有顯著的解釋力，這個部份將在下節探討之。

第三節 動畫輔助評量組學生感受到認知負荷顯著低於圖

文組

前一節探討了影響評量成績的因素，認知負荷對於學生的評量成績雖有顯著相關，但解釋力上未達顯著，因此研究者將兩組學生的認知負荷分數作比較，使用 T 檢定比較兩組平均數（表 4.3.1）。圖文組學生的認知負荷平均為 4.6 分，動畫組為 3.8 分（ $t=2.5$ ， $p=.013<.05$ ， $d=0.5$ ，medium effect size），兩組平均達顯著差異，接近中度效果量，分數越低表示作答評量時認知負荷程度越低。因此學生在作答評量時，動畫輔助評量的認知負荷顯著低於圖文評量。

表 4.3.1 動畫組與圖文組之作答認知負荷

	動畫輔助評量組			圖文評量組			<i>t</i>	<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
認知負荷	49	3.8	1.6	56	4.6	1.6	2.5*	.013	0.5

* $p < .05$

第四節 空間能力高低對學生使用不同題型的差異

而研究問題中，針對此研究問題，研究者以學生之空間能力成績作依據，取高空間能力與低空間能力兩群學生進行分析，只取高、低空間能力的原因是此兩群較能代表空間能力有差異的情況。另外，此研究問題分組是將所有的學生依空間能力先分群，再比較各群內的動畫組與圖文組之學生成績表現，依此方式是為了確保空間能力是在同樣的情況下進行分析。高空間能力組為空間能力表現前 27% 的學生，低空間能力組為後 27% 的學生（表 4.4.1）。分組後，再分別使用 T 檢定比較各組中，使用動畫輔助評量與圖文評量兩組的表現的差異。

表 4.4.1 所有學生依空間能力分組表

空間能力	分數	人數（男生，女生）
低空間能力	12~24 分	28（8，20）
高空間能力	37~48 分	28（22，6）

分析結果顯示（表 4.4.2、圖 4.4.1），依空間能力分高、低兩組後進行比較，在低空間能力組中，動畫組的平均成績為 5.2 分，圖文組為 3.7 分，動畫組平均分數高於圖文組的平均分數（ $t=-1.263$, $p=.22$, $d=0.6$, medium effect size），但 P

值大於.05，未達顯著。而高空間能力組中，動畫組的平均成績 8.1 分，圖文組為 5.8 分，動畫組平均分數顯著高於圖文組的平均分數，達高度效果量（ $t=-2.88$, $p=.01$, $d=1.1$, very large effect size）。因此，在高空間能力組中，動畫輔助評量組學生的表現皆顯著高於圖文評量組。因此，若以空間能力分組的話，對於高空間能力的學生，作答動畫輔助評量是有顯著的幫助。

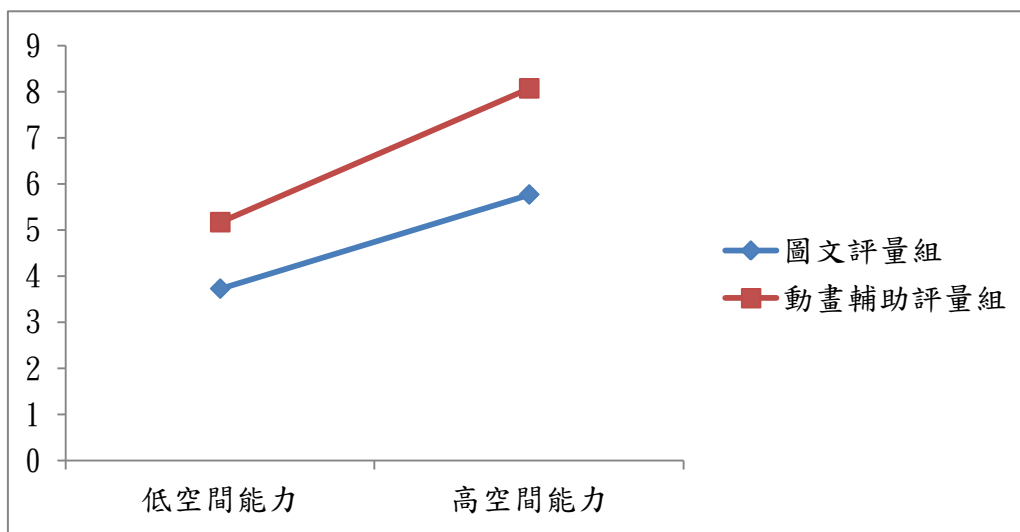


圖 4.4.1 依空間能力分組之動畫組與圖文組學生成績表現

表 4.4.2 動畫組與圖文組依空間能力之平均分數比較

空間能力	動畫輔助評量組			圖文評量組			t	P	d
	n	M	SD	n	M	SD			
低	6	5.2	2.6	22	3.7	2.4	-1.263	.218	0.6
高	15	8.1	2.0	13	5.8	2.2	-2.880*	.008	1.1

* $p < .05$

第五節 先備知識對學生使用不同評量差異

由於先備知識會影響學生理解評量內容，因此本研究依據學生上學期期末考自然科成績中，地球科學之成績將學生分為高先備知識、中先備知識及低先備知識三組，探討動畫輔助評量對於不同程度之學生，答題表現是否有差異，使用 T 檢定比較三組中，動畫組學生與圖文組學生評量表現之平均數差異。劃分的標準為該組的前 27% 為高先備知識，後 27% 為低先備知識，其餘學生為中先備知識。動畫組與圖文組的學生均依此先備知識標準分為低中高三群。

分析結果顯示（圖 4.5.1、表 4.5.1），依先備知識分高中低三組比較。在低先備知識組中，動畫組的平均成績 6.3 分，圖文組為 4.4 分，動畫組平均分數顯著高於圖文組的平均分數（ $t=-5.704, p=.00, d=1.0$, large effect size）。在中先備知識組部分，動畫組的平均成績 6.7 分，圖文組為 4.5 分，動畫組平均分數顯著高於圖文組的平均分數（ $t=-2.443, p=.02, d=1.0$, large effect size）。在高先備知識組部分，動畫組的平均成績 9.5 分，圖文組為 5.5 分，動畫組平均分數顯著高於圖文組的平均分數（ $t=-4.091, p=.00, d=1.9$, huge effect size）。因此，依先備知識分為高、中、低三組後，動畫輔助評量組學生之成績表現顯著較圖文評量組學生表現好，且都有大的效果量。

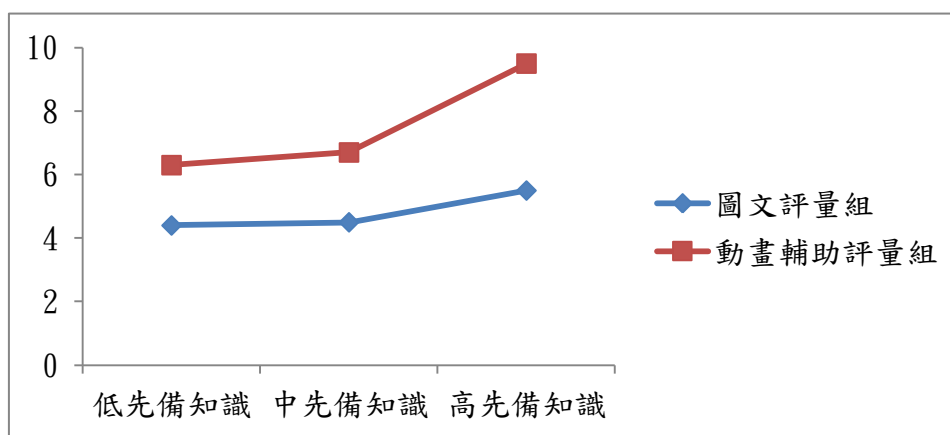


圖 4.5.1 依先備知識分組之動畫組與圖文組學生成績表現

表 4.5.1 依先備知識分高、中、低三組，比較動畫組與圖文組評量成績

先備知識	動畫組			圖文組			<i>t</i>	<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
低	13	6.3	2.4	15	4.4	1.7	-2.443*	.022	1.0
中	23	6.7	1.9	26	4.5	2.3	-3.447*	.001	1.0
高	13	9.5	1.8	15	5.5	2.5	-4.091*	.000	1.9

* $p < .05$

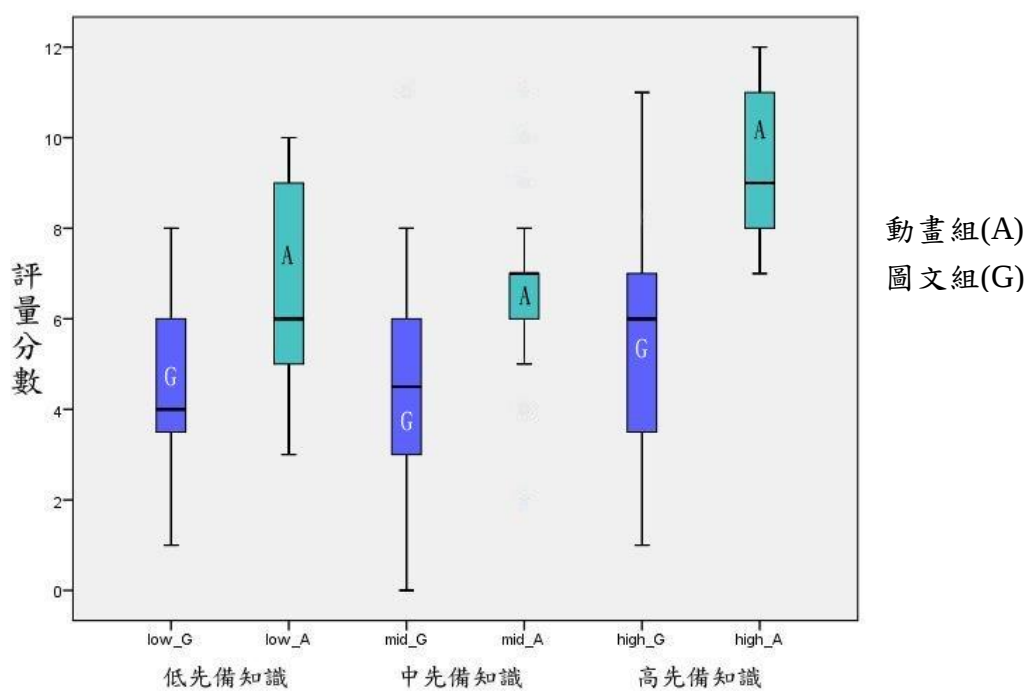


圖 4.5.2 動畫組與圖文組依先備知識分組之平均分數盒狀圖

第六節 態度問卷與晤談

態度問卷部分

在評量作答態度問卷的部分採七點量表，分數越高表示越同意，反之則不同意，如表 4.6.1，研究者特別發現在「希望加入動畫」選項中，兩組學生達顯著差異（ $t=2.223$, $p=.028$, $d=0.4$, medium effect size），其中，圖文組的學生明顯想加入動畫輔助試題呈現，而動畫組學生可能已有動畫輔助，但也對加入動畫表示同意。

另外，在圖文評量組中，認為「若加入動畫輔助可幫助思考」平均分數達同意（ $M=6.0$ ， $SD=1.3$ ）；而動畫輔助評量組中，認為「動畫是否看不懂，或是理解動畫有困難」平均分數在稍微不同意與沒意見之間（ $M=3.4$ ， $SD=1.7$ ），表示動畫不會造成多餘的認知負荷；一樣在動畫輔助評量組中，認為「回答動畫試題較一般試題輕鬆」平均分數達稍微同意（ $M=5.0$ ， $SD=1.6$ ），表示學生認為作答動畫輔助評量，稍微較一般評量輕鬆。

表 4.6.1 態度問卷資料處理

項目	動畫輔助評量組			圖文評量組			<i>t</i>	<i>P</i>	<i>d</i>
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
結合上課知識	49	5.2	1.5	56	5.7	1.4	1.623	.108	0.3
結合日常生活	49	5.4	1.5	56	5.2	1.4	-.882	.380	0.2
評量有助於學習	49	5.6	1.6	56	5.5	1.6	-.108	.914	0.0
希望加入動畫	49	5.7	1.5	56	6.3	1.2	2.223*	.028	0.4

* $p < .05$

晤談部分

晤談的部分，透過前面的數據分析，空間能力表現是僅次於組別達到與評量成績相關的顯著因素，因此，研究者欲瞭解空間能力對於學生成績表現的關係為何及實際對試題的認知負荷感受，於是研究者透過晤談，瞭解以下四組學生的對試題的感受及想法，分別為動畫評量組中的高空間能力高分組、低空間能力高分組、低空間能力低分組以及圖文組中的低空間能力低分組，挑選此四組的原因為以下幾點：

1. 選擇動畫組中，高空間能力高分組與低空間能力高分組，是想要瞭解空間能力不同但成績表現差不多的學生，作答思考或解題的方式為何，不同空間能力在解較複雜題型時，思考過程所需的能力是什麼。
2. 選擇動畫組的低空間能力低分組及圖文組的低空間能力低分組，這兩組的比較，研究者想瞭解同為低空間能力的學生，在接受不同類型試題的感受及看法，亦瞭解他們回答試題過程的方式。
3. 選擇動畫組中低空間能力高分組與低空間能力低分組，研究者想瞭解此兩組對於動畫的感受，以及動畫對作答上的幫助為何。

針對以上四組學生，以半結構式晤談的方式實際瞭解他們的想法，確定動畫或圖片對於學生理解試題或解題是否有幫助。晤談結果如下：

1. 動畫組中高空間能力高分組的同學認為，試題一定要有圖片或動畫輔助，否則對題意很難理解，但呈現方式以圖片或動畫皆可接受，部分認為兩者差異不大。
2. 動畫組中低空間能力高分組也認為試題要有圖片或動畫輔助，因為能提升對題意的理解、想像及判斷，且認為動畫呈現較圖片更有幫助，特別在理解或想像

上，且希望以動畫方式呈現；另外，也認為動畫較生動。

3. 動畫組的低空間能力低分組也認為圖片能幫助引導，若改成動畫輔助會更容易理解題意，且清楚題目所要表達或詢問的內容。

4. 圖文組中的低空間能力低分組認為圖片能幫助理解題意，若使用動畫則更容易思考判斷以及回答問題，較希望以動畫呈現的試題。

透過晤談佐證，幾乎所有的學生皆希望以動畫的方式輔助試題呈現，唯有高空間能力的部分學生認為圖片或動畫皆可，因此，在研究問題中，動畫是否能有效降低學習者的認知負荷？經過受測者的回答分析，研究者認為是可行的，並透過晤談內容驗證動畫輔助確實可以幫助他們想像、理解試題的內容敘述，降低非必要之認知負荷，進一步達到提升評測學習者的能力，發揮評量的效用。

第七節 小結

經過前面幾節的分析，動畫輔助評量組學生的表現顯著高於圖文評量組，而研究者欲探討可能影響作答的因素為何，透過文獻分析，研究者針對學生的作答題型、先備知識、認知負荷及空間能力這四個因素進行分析，也發現各因素對於評量成績皆有顯著的相關，且具有相當程度的解釋力。進一步分析動畫輔助評量對於高、中、低先備知識學生的影響程度，結果都有達顯著相關。再以高、低空間能力對學生進行分組，分析兩組學生作答動畫輔助評量或圖文評量有無顯著差異，結果發現高空間能力的學生有顯著提升，低空間能力組的學生表現有提升，但未達顯著。最後，輔以態度問卷及晤談，實際瞭解學生的感受及看法，以達到真實資料的收集。

最後，學生作答時，可能還有其他因素的影響，但在本研究之目的下，將針對研究問題在下章進行詳細的討論及建議。

第五章 結論與建議

本研究欲探討國中九年級學生作答動畫輔助評量與圖文評量的表現差異，在同樣接受過日月地內容教學及學校段考測驗後，作答本研究之評量表現是否因試題設計或呈現方式而有不同，並進一步分析影響作答的因素，以及瞭解學生對評量的態度與感受。本章共分為三節，第一節根據分析，整理結果；第二節針對研究結果，進行綜合討論；第三節提出建議及未來研究方向。

第一節 結果

學生作答動畫輔助評量表現明顯優於圖文評量

依據研究數據的分析，國中九年級學生作答動畫輔助評量表現明顯優於圖文評量。研究者進一步將學生的先備知識做為共變數，將先備知識的影響扣除後再分析，動畫輔助評量組學生的表現同樣顯著高於圖文評量組學生，研究者認為是試題呈現方式不同所造成的影響。

題型差異、空間能力、先備知識及認知負荷顯著影響評量表現

兩組學生在評量表現上達顯著差異，進一步分析造成此影響的因素，題型差異、空間能力、先備知識及認知負荷與評量表現皆有顯著相關，調整後的 R^2 達.389，表示以此四項因素解釋評量總分達 38.9% 的解釋力。各因素的解釋程度上，組別具有最佳的解釋力，也就是兩組使用不同方式呈現之評量，Beta 係數達.344，代表動畫輔助評量與圖文評量間，因動畫輔助而顯著影響學生作答的成績。接下來是空間能力，Beta 係數達.274，表示學生作答此評量時，因本身空間能力的關係，會影響作答的表現。再來是學生的先備知識，Beta 係數達.195，因先備知識與評量內容同為日月地關係，所以會與作答成績相關，因此不多加敘述。最後，認知

負荷因素也與評量成績達到顯著相關，但在解釋率上接近顯著而未達顯著。

動畫輔助評量組學生感受到認知負荷顯著低於圖文組

研究者針對兩組學生作答時之認知負荷進行比較，動畫輔助評量組學生在解題過程顯著有較低的認知負荷，表示動畫輔助能幫助學生降低認知負荷。

空間能力高低對學生使用不同題型的差異

研究者以學生之空間能力成績作依據，取高空間能力與低空間能力兩群學生進行分析。低空間能力組中，動畫組成績雖高於圖文組成績，但未達顯著差異；而高空間能力組中，動畫組成績同樣高於圖文組成績，並達顯著差異，且有高度的效果量。依此結果，表示學生的空間能力與評量表現有某種程度相關，以動畫輔助呈現的評量試題，對於高空間能力的學生，在作答上較有顯著的差異；而低空間能力組未達顯著。

先備知識對學生使用不同評量差異

研究者在動畫輔助評量組及圖文評量組中，又以學生的先備知識分為高先備知識、中先備知識及低先備知識，分別進行動畫組與圖文組的比較。研究結果在以先備知識為依據的三組中，動畫組與圖文組的評量平均得分皆達顯著差異，動畫組平均得分顯著高於圖文組，且都達高度效果量，代表學生在作答不同方式呈現之評量時，有很大的差異，且對於所有的學生皆有影響。

第二節 討論

從研究結果顯示，學生作答動畫輔助評量表表現明顯優於圖文評量。當學生面對題意較為抽象、需要理解想像的試題時，若能提供動畫輔助，利用動畫特性呈現試題，如幫助解釋舉例的工具、傳達題意所要呈現內容、提供模型幫助想像或作為瞭解抽象概念的引導工具（Park & Hopkins, 1993），減少因題意不明或其他因素影響作答。另一方面，從認知心理學的角度來看，設計適當的動畫可以清楚且適切的表現動態過程，此一特性有助於減少受試者的外在認知負荷（Extraneous cognitive load），透過多媒體的方式降低認知負荷（Mayer & Moreno, 2003），讓受試者充分運用其有限的認知資源於回答試題上。因此，對於本研究中的學生，動畫無形中減少了他們在理解題意時所需運用的工作記憶量，讓他們有更充裕的資源用於問題思考解決，所以動畫輔助評量組學生平均得分顯著高於圖文評量組，對於所有學生皆達到顯著的效果，達到提升評量的效度，此與 Wu et al.（2010）的研究發現是一致的。

另外，學生的空間能力會影響作答的結果，當學習者在思考時，腦海中進行空間推理便與本身空間能力有關（梁勇能，2000）。在地球科學日月地關係的模型中，學生之空間能力將影響學習的成效（邱美虹、陳英嫻，1995；Bishop, 1987），相對於評量上亦是如此。本研究，學生回答評量試題時，與學生本身空間能力有相當程度的關係，特別是高空間能力組的學生回答動畫輔助評量較低空間能力組有助益，表示高空間能力之學生對於動畫理解優於低空間能力學生，此與邱美虹與陳英嫻（1995）的研究結果是類似的。因此，未來動畫的設計應考慮學生的空間能力差異。

在不同先備知識的學生，使用不同評量皆有顯著差異，動畫組的表現皆高於圖文組。Mayer（2001）指出，多媒體輔助教材（包括動畫）的效益，對於低知識的參與者較為明顯，相較於高知識的參與者，獲得動畫的幫助較有限，此稱為

個別差異原則。此原因主要由於高知識學習者藉由圖文就足以形成理解問題所需之心智表徵，因此對於動畫或圖片感受差異不大。其他部分的學習者認為動畫能幫助理解試題，因動畫能提供一個鷹架，協助學生形成一個完整的內部表徵，然後學生便能參照這個表徵來解決問題，減少因題意不明所產生的阻礙（Wu et al., 2010）。晤談中的高空間能力高分組中有學生亦提到，給與動畫或圖片輔助，感覺差異不大。此外，若因動畫對於專家產生額外之認知負荷，那麼動畫便是多餘的，此即所謂專家逆轉效應（Sweller, 2008）。但 ChanLin（2001）的研究結果卻認為高先備知識學生使用動畫，較低先備知識學生來得有幫助。為了降低個別差異原則與專家逆轉效應，研究者設計動畫時，便透過動畫的互動性（Interactivity），使學生能依認知需求與節奏控制動畫的播放（Cook, 2006），透過學生自由操控動畫，有效減低答題時的認知負荷。因此，利用動畫特性輔助評量，降低其他效應影響，對於所有程度學生皆有幫助，來達到提升評量成效的目標。

在本次研究當中，以動畫輔助評量為主軸，比較其與圖文評量的差異，並探討造成差異的因素，最後發現加入動畫輔助的差異最明顯，空間能力及認知負荷同樣會影響評量成績。因此，利用動畫的特性輔助試題呈現、解釋或舉例，且動畫也可同時提供圖片的資訊，只要透過互動按鈕操作，便能停止動畫，此對於高、中、低各程度的學生皆有助益。質性資料的分析中，學生認為動畫輔助評量較傳統的紙本評量更容易理解，且在解題過程有較低的認知負荷。

評量最初的目的是為了評估學生學習成效，瞭解學習困難，那麼評量的設計應該是針對學習內容，若受到其他因素或學生本身能力的影響，評量的結果便打了折扣，所以評量該如何呈現、評測學生能力，也是教育相當重要的一個環節。本研究透過動畫輔助，較圖文評量更明確呈現試題內容，提升評量成效，瞭解學生學習狀況，達到診斷學生問題的目的。

第三節 建議

依據本研究之結果，動畫結合於評量中，降低受試者認知負荷，符合本研究之目的；國際學生能力評量計畫（PISA）近幾年也加入了電腦化試題，說明了動畫輔助評量有其發展的特性。另外，因學生本身空間能力差異會影響評量結果，所以未來的研究上，動畫輔助評量的設計應更仔細考慮學生個體的空間能力差異。

未來十二年國教免試入學的政策，著重於學生的在校成績，這也讓每一次教學後的評量重要性越來越高，如何提升評量實際評測學生的能力，進而瞭解與反應學生的學習狀況，甚至給予教師教學回饋顯得至關重要。因此，提升評量的準確度與成效是必要的。本研究透過動畫輔助來降低非題目所要評測目標之認知負荷，進而評量學生能力，若能應用在更廣泛的評量測驗當中，對教師與學生將是雙贏的局面。

參考文獻

中文部分

- 王文中、呂金燮、吳毓瑩、張郁雯、張淑慧(2004)。教育測驗與評量—教室學習觀點。台北：五南圖書出版公司。
- 李坤崇(1999)。多元化教學評量。台北：心理出版社。
- 余芳如(2003)。不同教學策略對國小高年級學生學習「月相盈虧」概念的影響。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文。
- 何榮桂(1990)。電腦教學系統中的測驗設計。中等教育，41(2)，29-34。
- 呂志峰(2008)。中學生月相盈虧相關迷思概念類型與概念改變過程之探討。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學地球科學研究所，台北市。
- 宋曜廷(2000)。先前知識、文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系博士論文，未出版，台北市。
- 邱美虹、陳英嫻(1995)。月相盈虧之概念改變。師大學報，40，509-548。
- 林敏芳(2005)。線上評量應用於教學上的現狀與發展。生活科技教育月刊，38(1)，74-85。
- 周文正(1998)。www 上電腦輔助測驗系統之研製。國立高雄師範大學：第七屆電腦輔助教學研討會論文集。國立高雄師範大學。
- 孫光天、陳新豐、吳鐵雄(1998)。線上測驗回饋對作答情緒與動機影響之研究。國立高雄師範大學：第七屆電腦輔助教學研討會論文集。國立高雄師範大學，9-14。
- 教育部(民99)。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。
- 教育部(民100)。教育施政理念與政策。
- 郭生玉(2007)。教育測驗與評量。台北：精華書局。
- 梁勇能(2000)。動態幾何環境下，國二學生空間能力學習之研究。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學數學研究所，台北市。

- 張俊彥和陳盈霖（2000）。不同電腦輔助教學(CAI)模式對高中學生「恆星演化」學習成就及其態度之影響。台灣師範大學學報：科學教育類，45(2)，1-20。
- 張俊彥和董家莒（2000）。「問題解決」或「無問題解決」？電腦輔助教學設計成效之比較研究。科學教育學刊，8(4)，357-377。
- 張春興（1997）。教育心理學。台北：五南圖書。
- 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啟示。教育學刊，21，29-51。
- 黃克文（1996）。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 黃柏勳（2003）。認知上的瓶頸—認知負荷理論。教育資料與研究，55，71-78。
- 董家莒和張俊彥（1999）。以「問題解決」為策略之電腦輔助教學學習成效：以土石流單元為例。中華民國第十五屆科學教育學術研討會手冊，133。
- 廖焜熙、邱美虹（1996）。立體化學與空間能力。化學，54(2)，145-151。
- 潘文福（2001）。應用學習單的網路化教學設計與成效分析。國立台灣師範大學教育研究所博士論文，未出版，台北市。
- 盧雪梅（1998）。實作評量的應許，難題與挑戰。教育資料與研究，20，1-5。
- 簡茂發、李琪明、陳碧祥（1995）。心理與教育測驗發展的貴與展望。測驗年刊，42，1-12。

英文部分

- Airasian P. W. (1996). *Assessment in the classroom*. New York: McGraw-Hall.
- Bangert-Drowns, R. L., Kulik, J. A. & Kulik, C-L. C. (1985). Effectiveness of computer-based education in secondary schools. *Journal of Computer-Based Instruction*, 12, 59-68.
- Baecker, R. & Small, I. (1990). Animation at the Interface. *The Art of Human-Computer Interface Design*, 251-267.

- Bishop, J. E. (1987). Developing students' spatial ability. *The science Teacher*, 20-23.
- Bloomer, C.M., (1990). Principles of Visual Perception. *New York: Design Press*.
- Boyle, T. (1997). *Design for multimedia learning*. New York: Prentice Hall.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Cavin. C. S., & Lagowski, J. J. (1987). Effects of computer simulated or laboratory experiments and student aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2),145-160.
- Chang, C. Y. (2000). Enhancing tenth graders' earth-science learning through computer-assisted instruction. *Journal of Geoscience Education*, 48, 636-640.
- Chang, C. Y. (2002). The impact of different forms of multimedia CAI on students' science achievement. *Innovations in Education and Teaching International*, 39, 280-288.
- ChanLin, L. (2001). Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(4), 409-419.
- Cook, M. P. (2006). Visual representation in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90, 1073-1091.
- Cooper, G. (1998). Research into cognitive load theory and instructional design at UNSW. From http://education.arts.unsw.edu.au/CLT_NET_Aug_97.HTML.
- Dancy, M.H. & Beichner, R. (2006). Impact of animation on assessment of conceptual understanding in Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), 1-7.
- Geban, O., Askar, P., & Ozkan, I. (1992). Effects of computer simulations and problemsolving approaches on high school students. *Journal of Educational*

Research, 86(1), 5-10.

Hughes, W. R. (1974). A study of the use of computer simulated experiments in the physics classroom. *Journal of Computer Based Instruction*, 1, 1-6.

Jex, H. R. (1988). Measuring mental workload: Problems, progress and promises. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*, 5-39. Amsterdam; New York: North-Holland.

Kubiszyn, T., & Borich, G. (1987). Educational testing and measurement(2nd ed.). Glenview, IL: Scott, Foresman.

Linn, M. C., & Peterson, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479–1498.

Linn, R. L. & Gronlund, N. E. (1995). *Measurement and Assessment in teaching*(7th. Ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes and knowledge. In R. J. Sternberg (Eds.), *Advances in the psychology of human intelligence*, 181-248. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lord, T. R. (1985). Enhancing the visuo-spatial aptitude of students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 395-405.

McGee, G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 899-918.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.

Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to

- competence in the biological science. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-41.
- Okamura Kazumi, & Nakagawa Masaki (2002). A System for Preparing Animation by Pen Interfaces. *IPSJ SIGNotes Human Interface*, No.067.
- Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1994). Relationship between earth science education and spatial visualization. Paper presented for annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Anaheim, CA.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.
- Park, O. C. & Hopkins R. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. *Instructional Science*, 21, 427-449.
- Payne. D. A. (1997). *Applied Educational Assessment*. Boston : Wadsworth Publishing.
- Reimann, P. (2003). Multimedia learning: beyond modality. *Learning and Instruction*, 13(2), 245-252.
- Stevens, J. (1996, 3rd ed). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, Inc.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312.
- Sweller, J. (2005). The redundancy principle in multimedia learning. In R.E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* , 159-167. New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2008). Cognitive bases of human creativity. *Educational Psychology Review*.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive

- architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-295.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Does it facilitate learning? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247–262.
- White, B. Y., & Schwarz, C. V. (1999). Alternative Approaches to Using Modeling and Simulation Tools for Teaching Science. In W. Feurzeig & R. N. (Eds.). *Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education* , 226-255. New York: Springer.
- Wouters, P., Paas, F, & van Merriënboer, J. J. G. (2008). How to optimize learning from animated models: A review of guidelines based on cognitive load. *Review of Educational Research*, 78, 645-675.
- Wu, H. C., Yeh, T. K., & Chang, C. Y. (2010). The design of an animation-based test system in the area of Earth sciences. *British Journal of Educational Technology*, 41(3), E53-E57.

附錄

附錄一 評量截圖

同學您好：

我是國立臺灣師範大學的研究生，此評量為日月地關係及月相等內容試題，作答結果不會影響在校成績，請同學放心作答~
請將個人資料填完後，便可開始作答~

~謝謝您~

國立臺灣師範大學 科學教育研究所 研究生 羅文鑫 e-mail:698450257@ntnu.edu.tw

*必要回答

班級 *

姓名 *

座號 *

性別 *

- ☐ 男
- ☐ 女

1.請 問月球繞地球一圈(360度)約需時多久？ *

- ☐ 一天
- ☐ 一個月
- ☐ 兩個月
- ☐ 一年

2.請 問地球繞太陽一圈約需時多久？ *

- ☐ 一天
- ☐ 一個月
- ☐ 兩個月
- ☐ 一年

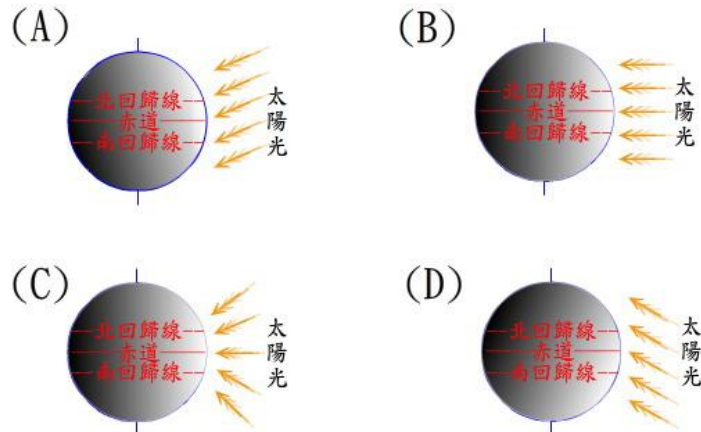
3. 請問月球自轉一圈約需時多久？ *

- ☐ 一天
- ☐ 一個月
- ☐ 兩個月
- ☐ 一年

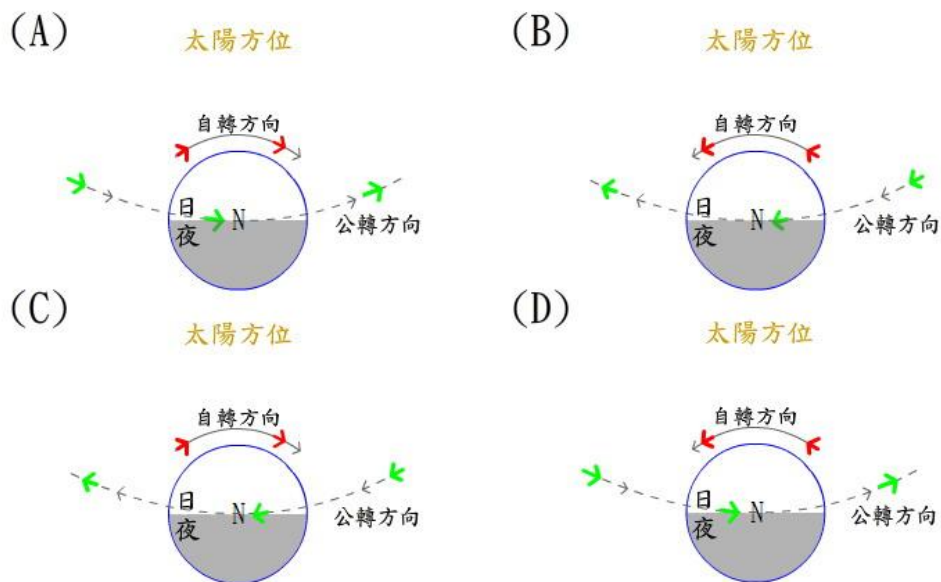
4. 請問地球自轉一圈需時多久？ *

- ☐ 一天
- ☐ 一個月
- ☐ 兩個月
- ☐ 一年

5. 晝夜長短是因為太陽光直射地球位置不同所造成，下列哪個選項中是台灣全年中「晝最長夜最短」當天太陽照射地球的方向？

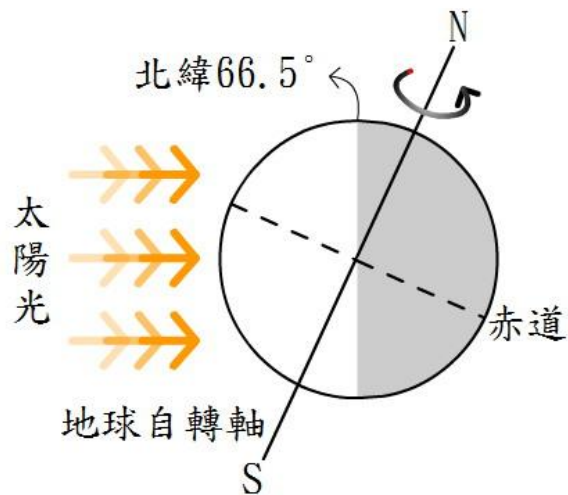


6. 若由北極上空俯瞰地球，下列哪個選項最能表示地球自轉及公轉方向(N為北極)？



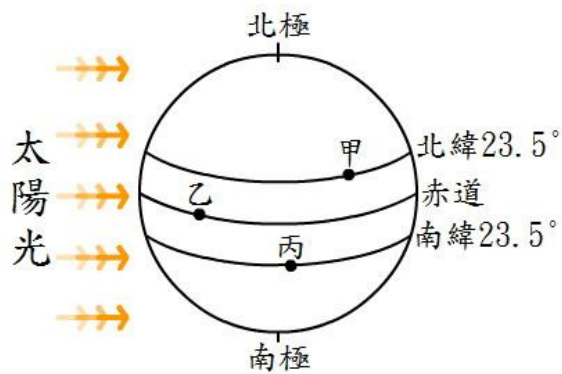
7. 右圖為地球某日的日照區域與陰影區域示意圖，請問此日是一年之中哪一個月份？

- (A) 三月
- (B) 六月
- (C) 九月
- (D) 十二月



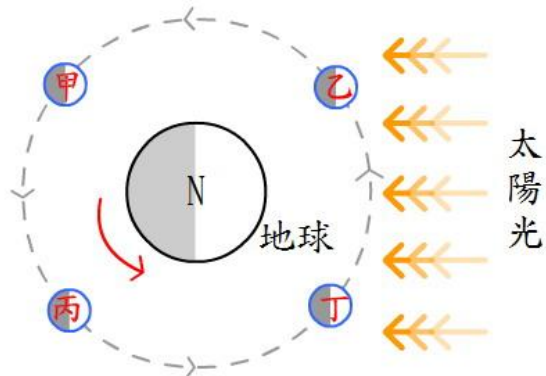
8. 如圖所示，假設某日正午太陽直射赤道，甲、乙、丙三地當天白天時間長短比較，下列何者正確？

- (A) 乙 > 甲 ≈ 丙
- (B) 甲 ≈ 乙 ≈ 丙
- (C) 甲 > 乙 > 丙
- (D) 丙 > 乙 > 甲



9. 小金某天傍晚6點在西方地平線附近看到了月亮，請問月球當時的位置比較接近圖中哪個位置？

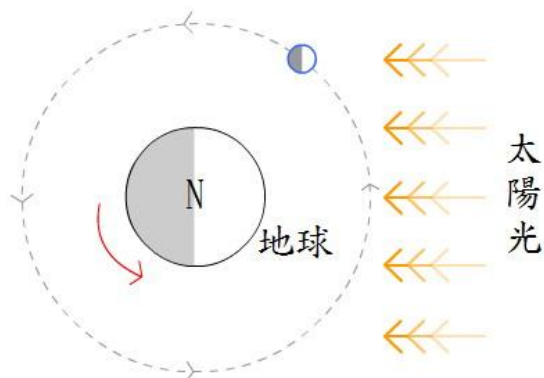
- (A) 甲
- (B) 乙
- (C) 丙
- (D) 丁



圖為地球與太陽相對關係示意圖，地球旁的箭頭表示地球自轉方向，N為北極，圓形虛線為月球繞行地球軌道。

10. 如果月亮、地球與太陽之相對位置如下圖所示，則下列何者為當天的月相？

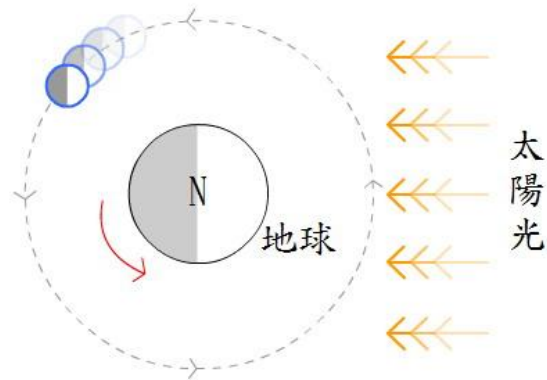
- (A)
- (B)
- (C)
- (D)



圖為地球與太陽相對關係示意圖，地球旁的箭頭表示地球自轉方向，N為北極，圓形虛線為月球繞行地球軌道。

11. 如果今天傍晚看到的月相是 ，那今晚午夜的月相為下列何者？

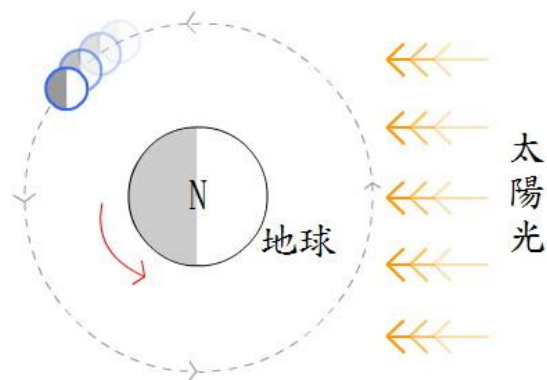
- (A) 
- (B) 
- (C) 
- (D) 



圖為地球與太陽相對關係示意圖，地球旁的箭頭表示地球自轉方向，N為北極，圓形虛線為月球繞行地球軌道。

12. 如果今晚12點時，月亮從東方地平線升起，請問在台灣看到的月相為下列何者？

- (A) 
- (B) 
- (C) 
- (D) 



圖為地球與太陽相對關係示意圖，地球旁的箭頭表示地球自轉方向，N為北極，圓形虛線為月球繞行地球軌道。

附錄二 認知負荷量表與態度問卷

認知負荷與態度量表(圖文)

同學您好！

本量表主要希望了解您在使用評量時的感受，所以請您試著回想作答的過程，並於填答時依照您的真實感受作答，謝謝！

國立臺灣師範大學 科學教育研究所 研究生 羅文鑫 e-mail:698450257@ntnu.edu.tw

*必要

班級 *

姓名 *

座號 *

性別 *

- ☐ 男
☐ 女

1.我覺得我花了很多心力才理解試題題意的內容：包含題目及選項中的文字敘述(概念的解釋、圖片旁的文字解說...等文字內容)。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

2.我覺得我花了很多心力才理解試題中的圖片：包含題目或選項中出現的圖片。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

3.我覺得答題時電腦操作容易（換題、回答問題）。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

4.我覺得我花了很多心力（腦力）在思考如何解題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

5.我覺得閱讀整份試題比一般傳統考卷輕鬆容易。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

6.閱讀或思考作答試題時，題目圖片能幫助我想像、思考問題，理解題意。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

7.閱讀或思考作答試題時，選項中有圖片能幫助我回答問題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

8.閱讀或思考作答試題時，圖片能幫助我與上課的知識做連結。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

9.我覺得試題中使用圖片能與日常生活結合。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

10.如果將圖片改成動畫，如月球、地球、太陽運行的動畫等等，更能幫助我回答試題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

11.我覺得閱讀圖文試題也會幫助我理解一些上課中沒有學好的內容(如颱風的旋轉、板塊運動或日月地關係的模型)。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

12.我希望在試題中加入動畫。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

認知負荷與態度量表(動畫)

同學您好！

本量表主要希望了解您在使用評量時的感受，所以請您試著回想作答的過程，並於填答時依照您的真實感受作答，謝謝！

國立臺灣師範大學 科學教育研究所 研究生 羅文鑫 e-mail:698450257@ntnu.edu.tw

*必要

班級 *

姓名 *

座號 *

性別 *

- ☐ 男
☐ 女

1.我覺得我花了很多心力才理解試題題意的內容：包含題目及選項中的文字敘述(概念的解釋、動畫旁的文字解說...等文字內容)。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

2.我覺得我花了很多心力才理解試題中的圖片：包含題目或選項中出現的圖片。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

3.我覺得我花了很多心力才理解試題中的FLASH動畫：包含題目或選項中，你對於動畫內容所花的思考力（腦力）程度。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

4.我覺得答題時電腦操作容易（換題、動畫的播放與暫停、回答問題）。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

5.我覺得在看動畫的過程中，我花了很多心力才掌握到動畫要傳達的重點。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

6.我覺得我花了很多心力（腦力）在思考如何解題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

7.我覺得閱讀整份試題比一般傳統考卷輕鬆容易。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

8.閱讀或思考作答試題時，動畫能幫助我想像、思考問題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

9.閱讀或思考作答試題時，動畫能幫助我回答問題。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

10.閱讀或思考作答試題時，動畫能幫助我與上課的知識做連結。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

11.我覺得試題中使用動畫能與日常生活結合。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

12.我覺得回答動畫試題較一般傳統考卷來得輕鬆。 *

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

13.我覺得閱讀動畫試題也會幫助我理解一些上課中沒有學好的內容(如颱風的旋轉、板塊運動或日月地關係的模型)。^{*}

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意

14.我希望在試題中加入動畫。^{*}

1 2 3 4 5 6 7

非常不同意 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 非常同意