

國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所

碩士學位論文

指導教授：謝建成 博士

基於學生-問題表分群之學習概念圖研究

A Study on the Concept Maps Based on Student-Problem Chart

研究生：楊依婷 撰

中華民國一〇三年一月

## 摘要

學習概念圖是一種圖形化工具，可幫助學習者組織、整合過去學習過的知識與新學習到的知識。本研究利用資料探勘之關聯規則技術，分析學生測驗作答資料，建構學習概念圖，在過去的研究中，多是基於學生得分資料為常態分佈下，將學生分成高分、中分、低分群分析，但學生的得分常不屬於常態分佈，本研究以學生-問題表(S-P Chart)為分群基礎，分析 30131 位國中三年級學生自然科試卷資料，將學生依學習狀況分為六群，並利用資料探勘之關聯規則技術，分別建構各群學生「力與運動」單元之學習概念圖，以了解學生對於概念理解的順序，並根據建構出的概念圖結果，針對學生學習上的迷失概念，提出建議補救學習路徑，進行補救學習，最後評估學習成效。

研究結果發現，依關聯規則所建構出的各群學習概念圖與課程編排順序有很大的差異，此外，以 S-P Chart 為分群基礎可建構出更細緻化的學習概念圖結果，A 群與 A'群在得分上皆屬高成就之學生，但有不同的學習概念圖結構，而 B 群與 B'群學生也是如此，其在得分上之成就相同，但學習概念圖結構不同。S-P Chart 從個別學生的作答反應，診斷學習狀況，而非只從得分或排名去衡量，因此可做出更準確的分群，達到更徹底的適性化教學。

在學習成效方面，參與補救學習的 40 位學生全體成績有顯著提升，以分群資料來看，B 群、C 群、C'群學生經補救學習後，學習成效有顯著進步。本研究結果可提供給教師教學與領域專家編排教科書時參考，另也可提供給系統開發者參考，以快速建構學習概念圖與補救學習路徑，開發即時且適性化的數位學習系統。

**關鍵詞：**學生-問題表、學習概念圖、資料探勘、適性化學習

## Abstract

Concept maps are graphical tools that help learners organize and integrate new knowledge based on what they have learned. This study analyzes students' assessment data applying association rule, one of the data mining techniques, to construct concept maps. In the previous studies, students were both divided into three groups which were high-score, middle-score, and low-score students group based on the percentage of students' ranking only when the data of students' scores follow normal distribution. However, the data of students' scores usually don't follow normal distribution. This study analyzes 30131 9<sup>th</sup> grade students' assessment data and divides students into six groups based on student-problem chart (S-P Chart) to construct concept maps of mechanics subject for these six groups by applying association rule. This study suggests remedial learning paths for students based on the combination of their concept maps and misconceptions, and then analyses learning performances.

Results of this study show that the concept maps constructed by students' assessment data are quite different from the one defined by school curriculum. A major finding is that the concept maps constructed based on student-problem chart can be more accurate and elaborated. The results indicate that the structure of concept map of group A is quite different from the one of group A' even if group A and group A' both belong to high-score students group, and the same as group B and group B'. It can be reasoned that dividing based on student-problem chart is more accurate and elaborated than dividing just by high-score, middle-score, and low-score students groups. Furthermore, it can achieve adaptive learning more thoroughly.

The result of learning performance indicates all participants have improvement significantly after they learned by suggested remedial learning paths, and the same as group B, group C, and group C'. The findings can be offered to the developers of

digital learning systems so as to construct an adaptive remedial instruction system.

**Keywords:** Student-problem Chart, Concept Map, Data Mining, Adaptive Learning

## 目次

第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究問題.....	2
第四節 研究範圍與限制.....	2
第二章 文獻探討.....	3
第一節 學習概念圖.....	3
第二節 資料探勘.....	5
第三節 學生-問題表.....	7
第三章 研究方法.....	11
第一節 研究流程.....	11
第二節 製作學生-問題表.....	12
第三節 建構學習概念圖.....	13
第四節 學習成效評估.....	19
第五節 研究工具.....	23
第四章 研究結果與討論.....	24
第一節 學生-問題表分群結果.....	24
第二節 各群學生學習概念圖.....	24
第三節 學習成效評估結果.....	45
第五章 結論與未來研究.....	50
第一節 研究結論.....	50
第二節 未來研究.....	51
參考文獻.....	53

## 表次

表 3-3-1 試題與權重對照表.....	14
表 3-3-2 C 群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	14
表 3-3-3 C 群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	15
表 3-3-4 C 群學生概念關聯分析表.....	16
表 3-4-1 前測試題與概念權重表.....	21
表 4-1-1 S-P Chart 分群結果各群學生人數表.....	24
表 4-2-1 A 群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	25
表 4-2-2 A 群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	25
表 4-2-3 A 群學生概念關聯分析表.....	26
表 4-2-4 A'群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	27
表 4-2-5 A'群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	28
表 4-2-6 A'群學生概念關聯分析表.....	28
表 4-2-7 B 群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	31
表 4-2-8 B 群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	31
表 4-2-9 B 群學生概念關聯分析表.....	31
表 4-2-10 B'群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	33
表 4-2-11 B'群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	34
表 4-2-12 B'群學生概念關聯分析表.....	34
表 4-2-13 C 群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	37
表 4-2-14 C 群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	37
表 4-2-15 C 群學生概念關聯分析表.....	38
表 4-2-16 C'群學生答錯試題項目集與支持個數表.....	40
表 4-2-17 C'群學生答錯試題關聯規則與信心水準.....	41
表 4-2-18 C'群學生概念關聯分析表.....	41

表 4-3-1 全體學生敘述統計.....	45
表 4-3-2 全體學生成對樣本 t 檢定 .....	45
表 4-3-3 A 群學生敘述統計.....	46
表 4-3-4 A 群學生成對樣本 t 檢定.....	46
表 4-3-5 A'群學生敘述統計.....	46
表 4-3-6 A'群學生成對樣本 t 檢定.....	46
表 4-3-7 B 群學生敘述統計.....	47
表 4-3-8 B 群學生成對樣本 t 檢定.....	47
表 4-3-9 B'群學生敘述統計.....	47
表 4-3-10 B'群學生成對樣本 t 檢定 .....	48
表 4-3-11 C 群學生敘述統計.....	48
表 4-3-12 C 群學生成對樣本 t 檢定.....	48
表 4-3-13 C'群學生敘述統計.....	49
表 4-3-14 C'群學生成對樣本 t 檢定 .....	49

## 圖次

圖 2-1-1 以「概念圖」為主題的概念圖.....	4
圖 2-2-1 王富民(2009)研究分群概念圖結果與一般課程安排順序對照圖.....	7
圖 2-3-1 學習診斷分析圖.....	9
圖 2-3-2 試題診斷分析圖.....	10
圖 3-1-1 研究流程圖.....	11
圖 3-3-1 C 群學生初步學習概念圖.....	17
圖 3-3-2 C 群學生簡化後之學習概念圖.....	18
圖 3-3-3 C 群學習概念圖.....	19
圖 3-4-1 實驗設計流程圖.....	20
圖 4-2-1 A 群學生初步學習概念圖.....	26
圖 4-2-2 A 群學生簡化後之學習概念圖.....	27
圖 4-2-3 A 群學生學習概念圖.....	27
圖 4-2-4 A'群學生初步學習概念圖.....	29
圖 4-2-5 A'群學生簡化後之學習概念圖.....	30
圖 4-2-6 A'群學生學習概念圖.....	30
圖 4-2-7 B 群學生初步學習概念圖.....	32
圖 4-2-8 B 群學生簡化後之學習概念圖.....	33
圖 4-2-9 B 群學生學習概念圖.....	33
圖 4-2-10 B'群學生初步學習概念圖.....	35
圖 4-2-11 B'群學生簡化後之學習概念圖.....	36
圖 4-2-12 B'群學生學習概念圖.....	36
圖 4-2-13 C 群學生初步學習概念圖.....	39
圖 4-2-14 C 群學生簡化後之學習概念圖.....	39
圖 4-2-15 C 群學生學習概念圖.....	40

圖 4-2-16 C'群學生初步學習概念圖.....	42
圖 4-2-17 C'群學生簡化後之學習概念圖.....	43
圖 4-2-18 C'群學生學習概念圖.....	43

## 公式

公式 2-3-1 注意係數數學意義公式.....	8
公式 2-3-2 學生注意係數計算公式.....	8
公式 2-3-3 試題注意係數計算公式.....	9
公式 3-2-1 學生注意係數計算公式.....	13
公式 3-2-2 給定學生判定類別公式.....	13
公式 3-3-1 信心水準計算公式.....	15
公式 3-3-2 概念影響程度計算公式.....	16
公式 3-4-1 概念錯誤比率計算公式.....	21

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機

學習概念圖是一種圖形化工具，可幫助學習者組織、整合過去學習過的知識與新學習到的知識，做有意義的學習(Novak & Cañas, 2008; Novak & Gowin, 1984)。王富民 (2009)與 Lee, Lee, and Leu (2009)分析學生評量資料，將學生分成高分群、中分群、低分群，利用資料探勘之關聯規則技術建構各群學生之學習概念圖，前者發現國中學生對於「力與運動」單元中的各概念理解順序與教科書編排順序有很大的差異，所以依據其所建構出的概念圖結果，提出建議補救學習路徑。然而，高、中、低分群是學生得分在常態分佈下，依人數比例所分成的，高分群人數佔總人數之 27%，中分群人數佔 46%，低分群人數佔 27%(Kelley, 1939)，但學生得分資料常不屬於常態分佈，又，在資料探勘的過程中，原始資料品質的好壞對於探勘結果會造成很重要的影響(曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯，2005)，既然原始資料不是常態分布，將學生分成高、中、低分三群可能有失準確度。

有鑑於此，本研究欲利用不同的分群技術，分析國中三年級學生自然科評量資料，解決上述問題，此外，本研究也欲將學生做更細緻、更準確的分群，使群數較多且每群之中學生人數較少，此情況更容易且更適合適性化教學。本研究利用學生-問題表(Student-Problem Chart, S-P Chart)將學生依得分與注意係數分成六群，分別是 A 群(學習穩定型)、A'群(粗心大意型)、B 群(努力不足型)、B'群(欠缺充分型)、C 群(學力不足型)以及 C'群(學習異常型)(佐藤隆博，1975; Sato, 1985; 余民寧，1997; 呂秋文，2000)，每一群學生的學習狀況都不相同，並同樣利用資料探勘之關聯規則技術，分別建構各群學生之「力與運動」單元的學習概念圖。除了欲改善原始得分資料非常態分佈的問題外，將學生分成六群較分成三群更細緻化也能更準確，學生群數變多而每群之中學生數變少，使分在同一群學生的差

異愈小，所得的學習概念圖結果更契合學生的學習情況，進而達到更好的適性化學習效果。

## 第二節 研究目的

為了達到更準確的適性化學習，本研究利用學生-問題表將學生分成六群，建立各群學生之學習概念圖，試圖從學生答錯試題的關聯規則中，了解代表不同學習狀況的不同群學生對於概念理解的順序，並評估依據學習概念圖所提出的補救學習路徑，對於補救學習之學習成效是否提升。本研究之研究目的如下：

- (1) 利用 S-P Chart 分析，給定每位學生判定類別，了解個別學生之學習狀況。
- (2) 利用資料探勘關聯規則分析學生測驗作答資料，得到各概念間的因果關係與影響程度，以了解不同學習狀況之學生對於概念的認知順序，進而分別建構以 S-P Chart 分群為基礎的各群學生之學習概念圖。
- (3) 依據各個學生答題狀況，提出每一位學生之建議補救學習路徑。
- (4) 評估依補救學習路徑所做的補救學習之學習成效。

## 第三節 研究問題

基於上述研究目的，本研究所提出的研究問題如下：

- (1) 利用 S-P Chart 將學生測驗資料分群結果為何？
- (2) 以 S-P Chart 分群為基礎的各群學生之學習概念圖為何？
- (3) 每一位學生的建議補救學習路徑為何？
- (4) 經補救學習路徑進行之補救學習，其學習成效是否提升？

## 第四節 研究範圍與限制

本研究建構學習概念圖之試題採樣資料為國中自然科模擬考試題，研究範圍為「力與運動」單元，其概念包含位移、速度、加速度、合力、第一運動定律、第二運動定律、第三運動定律等七項，各試題之概念權重由國中專業教師給定。

## 第二章 文獻探討

本章分三部分，首先介紹學習概念圖，接著介紹資料探勘之關聯規則探勘，最後介紹學生-問題表。

### 第一節 學習概念圖

概念圖(concept map)是一種可組織表達知識的圖形化工具，由 Novak 根據 Ausubel 的學習理論(Ausubel, 1962, 1963)所提出，其中包含了三個要素，一是概念，二是概念與概念間的關係，三是階層型式。Novak and Gowin (1984)定義「概念」是在一事件或物件中察覺到的規律性事物，給定一抽象化符號。概念圖是由命題(propositions)構成，命題包含兩個以上的概念，用連接詞連接，形成有意義的描述。概念圖的另一特性是階層型式，愈一般化、愈概括的概念放在概念圖的愈上層，愈特定、專業化的概念放在概念圖的愈下層，建立起知識的脈絡，因此，概念圖的閱讀方式通常是由上往下。圖 2-1-1 為以「概念圖」為主題所建構的概念圖。

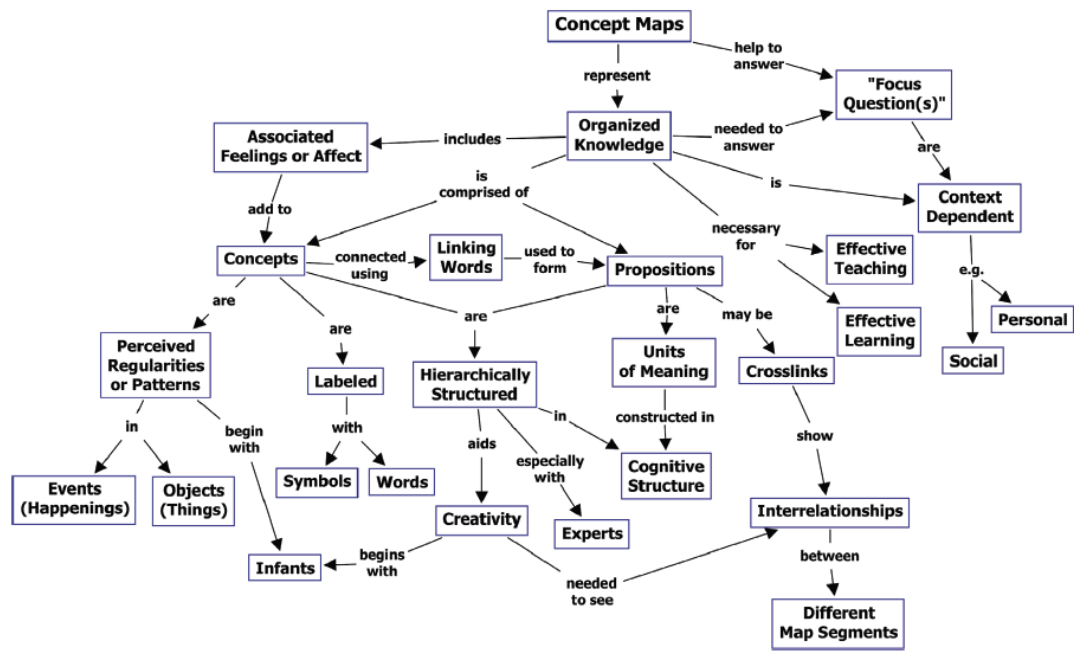


圖 2-1-1 以「概念圖」為主題的概念圖

資料來源：取自 Novak and Cañas(2008)

概念圖可幫助學習者對於學習主題組織相關的知識結構，也能將新學習到的知識與過去所學過的現有知識做整合，進行有意義的學習(meaningful learning)，因此，概念圖常被教育領域所應用。Chiou (2008)針對兩個班級的 124 位管理學院修習高級會計學課程的大學生進行實驗，研究結果發現相對於傳統式教學，利用概念圖學習可顯著提升學生的學習成效，且根據學生表示，概念圖除了可幫助他們了解、整合以及釐清會計學的概念之外，還能增加他們對於學習會計學的興趣。此外，Hwang, Shi, and Chu (2011)研究結果也指出，學習者若搭配行動裝置上可即時修改的概念圖，在真實情境中的學習場地進行學習，對於學習成效以及學習態度都有顯著提升，且根據訪談學習者的結果，使用概念圖學習的學生皆表示，「知識結構的呈現」為該研究所提的學習方法中的優點之一。

藉由檢視學生所繪製的概念圖，可以評定學生的學習程度，Novak and Gowin (1984)提出了評分概念圖的標準，以學生畫出的正確階層、關係、連結與舉出的例子分別給分，分數愈高代表學生對於該知識領域理解愈完整。McClure, Sonak,

and Suen (1999)研究指出，利用概念圖評分具有可靠性及有效性。另外，概念圖也是協同知識建構的工具(Roth & Roychoudhury, 1993)，幫助溝通複雜的概念或議題。

## 第二節 資料探勘

資料探勘(data mining)是從大量的資料中，運用相關的分析技術，從中萃取、發掘出未知的規則形式或其他模式所表達的知識，進而提供管理階層進行決策制定，甚至提供視覺的功能以協助使用(Cabena et al., 1998; Chung & Gray, 1999; Hall, 1995; Liao & Chen, 2004)。資料探勘可以建立六種模式，包括分類(classification)、回歸(regression)、時間序列(time series)、群集分析(clustering)、關聯(association)、序列(Sequence)等(彭文正, 2001)，本研究只針對關聯規則探勘進行討論。

關聯規則(association rule)是資料探勘中最早被提出的理論技術，也是最廣為應用的，主要想找出資料庫中資料與資料間的關係，即在某物件或事物已存在或發生的狀況下，發生或存在另一物件或事物的機率。關聯規則的兩個重要的參數為：支持度(support)與信心水準(confidence)，支持度代表在所有事件集合中，包含特定項目集的發生次數，支持度愈高代表該項目集愈具代表性；信心水準用來表示規則的準確度，信心水準愈高的規則愈有參考價值。例如，在商店所有的交易中，出現過 X 商品的交易次數，即為 X 的支持度，而關聯規則為  $X \rightarrow Y$  的表示式，其意義為：買過 X 商品的交易中，又同時買了 Y 商品的機率，此機率即為該關聯規則的信心水準，算法為集合{X,Y}的支持度除以集合{X}的支持度。最小支持度(minimum support)和最小信心水準(minimum confidence)為支持度和信心水準的門檻值，可依需求調整，藉以找出最有代表性與具意義的規則(Hen, Kamber, & Pei, 2011；Tan, 2007；曾憲雄等人，2005)。

Apriori 演算法是最先被提出的關聯規則探勘演算法，是由 Agrawal 與 Srikant

在 1994 年提出。Apriori 演算法的原則為：若依項目集是高頻項目集，則它的所有子集合也必定是高頻的，例如，若集合{A,B,C}為高頻項目集，它的子集合{A}、{B}、{C}、{AB}、{AC}與{BC}也會是高頻項目集。因此，Apriori 演算法使用一種逐層搜尋疊代的機制，產生頻繁項目集，也就是說，使用前一階段所發掘的大型項目集，來產生下一階段的大型項目集，其方式為在所有 1-項目集集合中，刪除支持度低者，只保留高頻項目集，在這些高頻的 1-項目集中，兩兩配對成 2-項目集，同樣只保留高頻的項目集，再以同樣的方式找出 3-項目集及其它更大的項目集，直到不能找到任何頻繁的項目集為止。

王富民（2009）與 Lee, Lee, and Leu (2009)將關聯規則探勘應用於教育領域上，分析學生測驗評量資料，從學生答錯的試題中找出關聯規則，進而建構出學生的學習概念圖，使得概念圖建構過程有系統性，也比傳統由領域專家建構的學習概念圖有效率。王富民（2009）分析國中學生的模擬考測驗資料，從中找出與「力與運動」單元相關的試題，利用關聯規則探勘技術，找出學生答錯試題的關聯規則，分別建構出高分群、中分群、低分群學生的學習概念圖，並與教科書編排順序比較，其研究結果發現，高分群學生答錯試題支持度偏低，因此無法找出答錯試題的關聯規則；中分群學生的學習概念圖與一般課程安排順序的根節點相同，中段概念也大致與課程安排順序先後相似，但後段概念卻有明顯差異；低分群學生的學習概念圖與課程安排順序出現很大的差異，由此可知低分群學生的概念認知與領域專家認同的概念結構有很大的差異。圖 2-2-1 為王富民研究分群概念圖結果與一般課程安排順序對照圖。藉由分析由關聯規則所建構的概念圖，可以幫助教師了解學生學習上盲點。而 Lee、Lee and Leu（2009）亦利用關聯規則探勘分析學生的作答資料，建構出一套智慧型概念圖診斷系統，可快速建構學習者之概念圖，幫助教師即時診斷學生的學習障礙與迷失，省去了領域專家擷取知識的冗長、費時的過程。

關聯規則除了在教育上被用來分析學生資料與學習成就外(Kumar & Chadha, 2012)，也常被應用於圖書館，分析讀者行為與借閱紀錄(柯皓仁、楊雅雯、吳安

琪、戴玉旻、楊維邦，2002；陳垂呈，2004；謝建成、林湧順，2006；陳建傑，2010），以及影像處理(陳建宏，2000)等等。

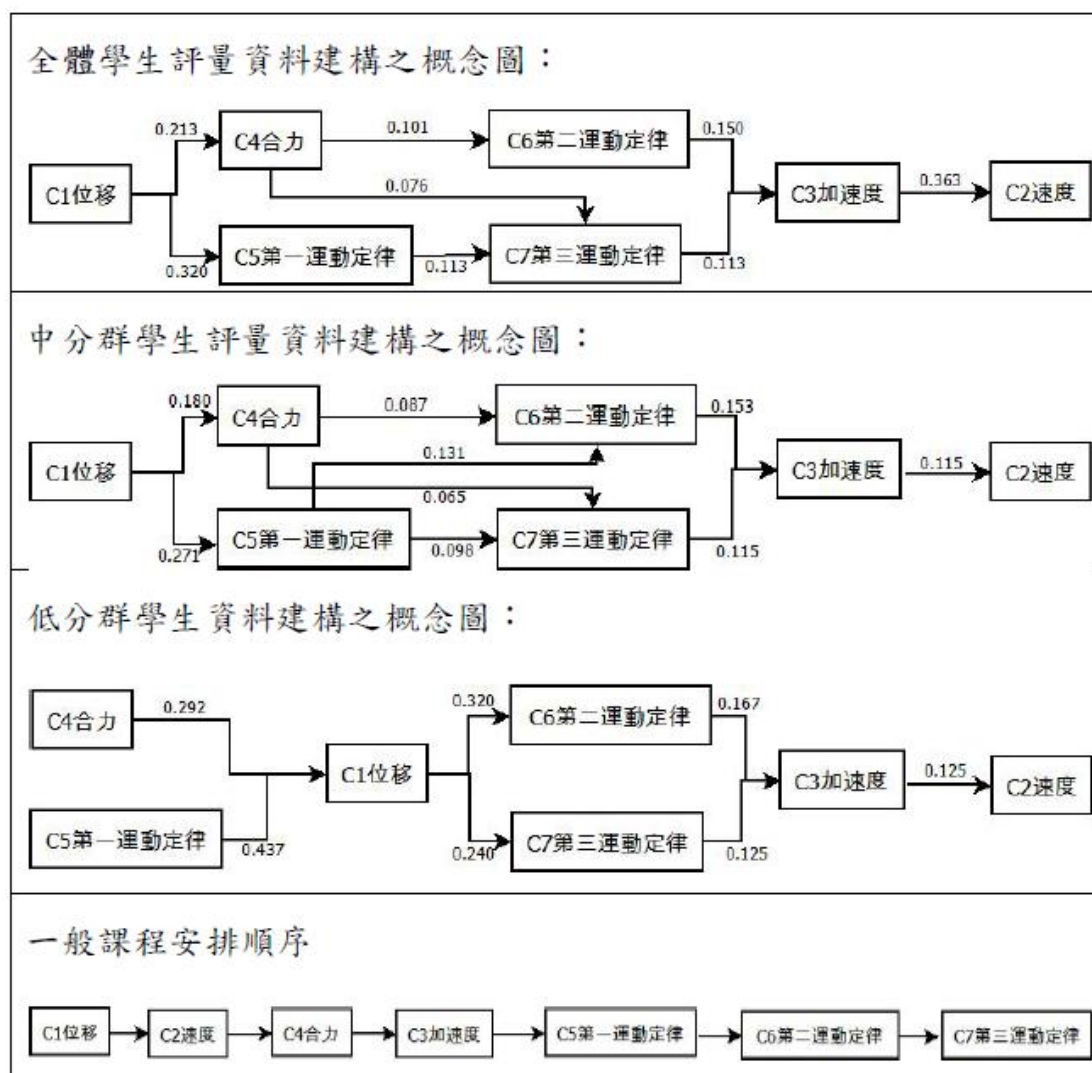


圖 2-2-1 王富民（2009）研究分群概念圖結果與一般課程安排順序對照圖

資料來源：取自王富民(2009)

### 第三節 學生-問題表

學生-問題表(Student-Problem Chart, S-P Chart)是由佐藤隆博(Takahiro)於1970年代所創，相對於傳統式的「試題分析」只針對某試題的難易度或鑑別度，或是只給定個別學生分數與名次，S-P Chart 分析是一種將學生在試題上的作答反應「圖形化」的分析方法，診斷出個別學生的學習狀況(佐藤隆博，1975；Sato, 1985；

余民寧，1997；呂秋文，2000)。

「實際反應組型(response pattern)」指的是學生在某份測驗上，對於每一試題的作答結果，以 1 代表答對，0 代表答錯，所組成的一個向量，而一個班級的 N 位學生，在有 n 題試題的測驗卷中，所組合而成的一 N×n 矩陣，就是 S-P 原始資料表。接著，將 S-P 原始資料表的學生與試題順序重新排列，依據學生答對題數，將答對題數最多者至最少者由上往下排列；再依據試題答對人數，將答對人數最多的試題至最少的試題由左往右排列，最後，畫出「S 曲線」與「P 曲線」，前者指的是依據每位學生答對題數，由左往右數出與該學生答對題數相同的試題個數，在其右邊畫一條分界線，所有學生的分界線連起來形成一階梯狀曲線，稱為 S 曲線；後者作法也是如此，依據每一試題答對人數，由上往下數出與其答對人數相同的學生個數，畫出分界線，所連接成的階梯狀曲線稱為 P 曲線。上述步驟完成之後，即為 S-P Chart。

「完美反應組型」指 S 曲線以左與 P 曲線以上皆為 1，S 曲線以右與 P 曲線以下皆為 0 的情況，而注意係數(caution index)即為基於完美反應組型與實際的作答反應組型間的差異所求得，其數學意義為：

$$\text{注意係數} = \frac{\text{實際反應組型與完美反應組型間的差異}}{\text{完美反應組型的最大差異}} \quad \text{公式 2-3-1}$$

基於上述公式 2-3-1，學生注意係數(caution index for students, CS)公式可改寫如下：

$$CS_i = \frac{\sum_{j=1}^{y_i} (1 - y_{ij})(y_{.j}) - \sum_{j=y_i+1}^n (y_{ij})(y_{.j})}{\sum_{j=1}^{y_i} y_{.j} - (y_i)(\mu')} \quad \text{公式 2-3-2}$$

其中， $y_{ij}$  代表學生 i 在試題 j 作答情形(1 代表答對，0 代表答錯)， $y_i$  代表學生 i 之答對題數， $y_{.j}$  代表試題 j 之答對人數， $\mu'$  代表試題之平均答對人數。由上述公式，可計算出每一位學生之注意係數。依據學生的得分與注意係數，可給定該

學生之判定類別，並繪製出學習診斷分析圖。學習診斷分析圖以學生注意係數為 x 軸，學生得分百分比為 y 軸，學生注意係數以 0.5 為分界，學生得分以 50% 與 75% 為分界，將學生依學習狀況分為六大類：學習穩定型、粗心大意型、努力不足型、欠缺充分型、學力不足型以及學習異常型。學習診斷分析圖如下圖 2-3-1 所示：

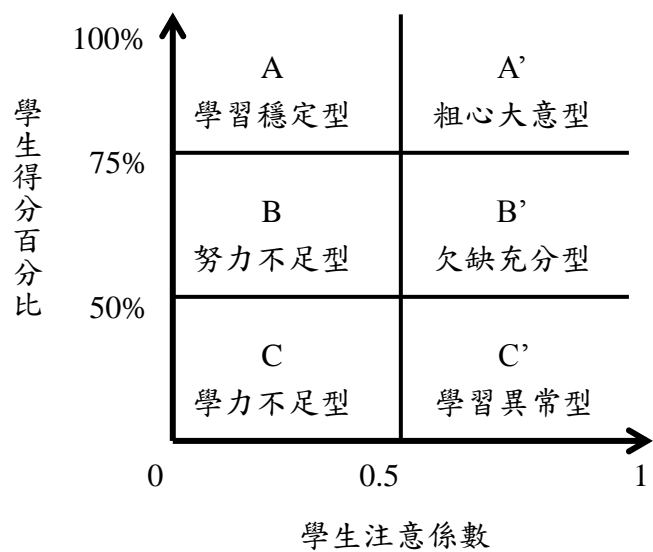


圖 2-3-1 學習診斷分析圖

本研究即以此六大類學習狀況為依據，將學生分成六群，分別繪製各群學生之學習概念圖。

同樣基於公式 2-3-1，試題的注意係數(caution index for items, CP)公式可改寫如下：

$$CP_j = \frac{\sum_{i=1}^{y_j} (1 - y_{ij})(y_i) - \sum_{i=y_j+1}^N (y_{ij})(y_i)}{\sum_{i=1}^{y_j} y_i - (y_j)(\mu)} \quad \text{公式 2-3-3}$$

其中， $y_{ij}$  代表學生 i 在試題 j 作答情形(1 代表答對，0 代表答錯)， $y_i$  代表學生 i 之答對題數， $y_j$  代表試題 j 之答對人數， $\mu$  代表學生之平均答對題數。由上述公式 2-3-3，可計算出每一試題之注意係數。依據試題的答對人數與注意係數，可

給定該試題之判定類別，並繪製出試題診斷分析圖。試題診斷分析圖以試題注意係數為 x 軸，試題答對人數百分比為 y 軸，試題注意係數以 0.5 為分界，試題答對人數以 50% 為分界，將試題的屬性分為四大類，如圖 2-3-2 所示。A 區試題相當適當，適合學生的測驗程度；B 區試題難度高，可鑑別出學習力高的學生；A' 區試題答對率高，但有些地方應進行部分修正；B' 區試題不佳，須大幅修改或刪除。

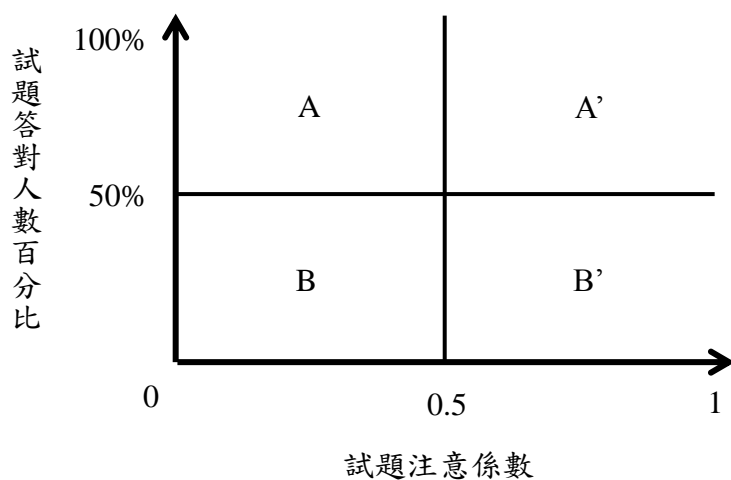


圖 2-3-2 試題診斷分析圖

藉由計算學生與問題的注意係數，S-P Chart 分析可了解並確認個別學生的學習情況，以及測驗試題的品質，而非像傳統的只從學生的得分與排名去衡量，此方法不僅可對測驗資料做進一步的分析，更是協助教師診斷學生表現、測驗品質與教學成果的有效工具。

## 第三章 研究方法

根據研究目的與相關文獻探討，本章將詳細說明本研究採用的研究方法，第一節為整體研究的流程，第二節說明製作學生-問題表的方法，第三節說明建構學習概念圖的方法，第四節說明學習成效評估的進行方式，第五節為本研究所採用的研究工具。其中，本章將以 S-P Chart 分群結果之 C 群學生資料為例，說明概念圖建構之步驟。

### 第一節 研究流程

本研究在確立研究動機與目的後，進行相關文獻探討，接著資料的分析與處理分為兩大部分進行，分別為：製作學生-問題表與建構學習概念圖，將所得的各群學生之學習概念圖結果為依據，進行國中學生之學習成效評估實驗，最後撰寫成論文。圖 3-1-1 為本研究流程圖。

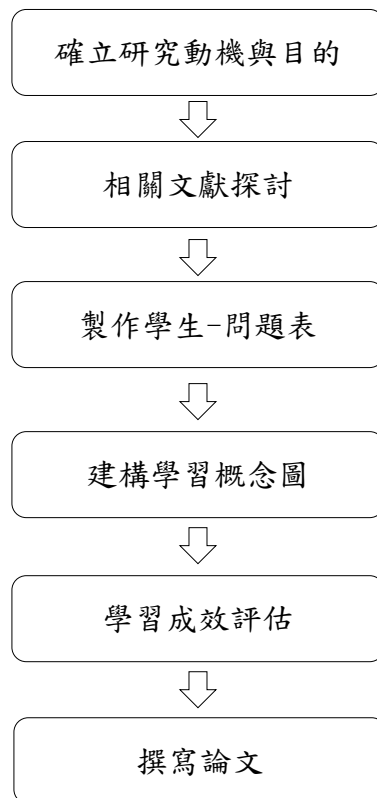


圖 3-1-1 研究流程圖

## 第二節 製作學生-問題表

傳統式的測驗資料處理只能給定學生得分與名次，S-P Chart 分析可比較某學生在試題上的作答反應與全班作答反應之差異，藉以診斷出個別學生的學習狀況，而非只從得分與排名去衡量。本節將詳細說明 S-P Chart 製作方式，包含其所採用的試題資料與進行步驟。

### 一、試題採樣資料

本研究所採用的試題資料為某機構舉辦模擬考自然科試題，試題範圍包括「力與運動」單元，共為 57 題選擇題，參與考試的學生共 30131 人。

### 二、S-P Chart 製作步驟

S-P Chart 製作方式敘述如下：

#### 1. 資料預處理

將學生答題情形轉換成一  $N \times n$  之矩陣，其中  $N$  為學生人數， $n$  為試題數，每一列代表某學生在各試題之作答情形，每一行代表某試題之所有學生作答情形。將資料重新編碼，1 代表答對，0 代表答錯。

#### 2. 重新排列

計算每位學生之答對題數與每道試題之答對人數，並使其重新排列，將學生資料依據答對題數由高至低排列，再將試題依學生答對人數由左至右排列。

#### 3. 畫出「S 曲線」

依據每位學生答對題數，從左至右數出與該學生答對題數相同之試題個數，在其右邊畫出一條分界線，也就是該分界線以左之試題個數等於該學生答對題數，將所有分界線連起來，形成一階梯狀的曲線，稱為 S 曲線。

#### 4. 計算學生注意係數

藉由計算每一位學生注意係數(CS)，來判斷個別學生作答情況。注意係數之計算公式為：

$$CS_i = \frac{\sum_{j=1}^{y_i} (1 - y_{ij})(y_{.j}) - \sum_{j=y_i+1}^n (y_{ij})(y_{.j})}{\sum_{j=1}^{y_i} y_{.j} - (y_i)(\mu')} \quad \text{公式 3-2-1}$$

其中， $y_{ij}$  代表學生  $i$  在試題  $j$  作答情形(1 代表答對，0 代表答錯)， $y_i$  代表學生  $i$  之答對題數， $y_{.j}$  代表試題  $j$  之答對人數， $\mu'$  代表試題之平均答對人數。

### 5. 給定學生判定類別

依據每位學生之學生注意係數，給定該學生之判定類別，若自然科得分 45 分(75%)以上，注意係數小於 0.5，該學生判定類別為 A，反之為 A'；若得分 30~44 分(50~70%)，注意係數小於 0.5，該學生判定類別為 B，反之為 B'；若得分低於 30 分(50%)，注意係數小於 0.5，該學生判定類別為 C，反之為 C'，如公式 3-2-2。

$$\text{判定類別} = \begin{cases} A & \text{if } \text{得分} \geq 45 \text{ 且 } CS_i < 0.5 \\ A' & \text{if } \text{得分} \geq 45 \text{ 且 } CS_i \geq 0.5 \\ B & \text{if } 30 \leq \text{得分} < 45 \text{ 且 } CS_i < 0.5 \\ B' & \text{if } 30 \leq \text{得分} < 45 \text{ 且 } CS_i \geq 0.5 \\ C & \text{if } \text{得分} < 30 \text{ 且 } CS_i < 0.5 \\ C' & \text{if } \text{得分} < 30 \text{ 且 } CS_i \geq 0.5 \end{cases} \quad \text{公式 3-2-2}$$

## 第三節 建構學習概念圖

本節將詳細說明建構概念圖之方式，包含其所採用的試題資料與進行步驟。

### 一、試題採樣資料與資料預處理

從上述模擬考自然科試題中，由專業領域教師挑選「力與運動」單元相關之試題，共有四題，將其編號為 Q1 至 Q4。其中，「力與運動」單元共包括七個概念，將其編號為 C1 至 C7，並由專業教師給定權重，試題與權重對照如表 3-3-1。

表 3-3-1 試題與權重對照表

概念	位移	速度	加速度	合力	第一運動定律	第二運動定律	第三運動定律
試題	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Q1	0	0	0.3	0	0	0.4	0.3
Q2	0	0	0	0.4	0.6	0	0
Q3	1	0	0	0	0	0	0
Q4	0	0.5	0.5	0	0	0	0

## 二、概念圖建構步驟

### 1. 找出答錯試題項目集與支持個數

將學生分成六群之後，以群為單位，計算各群學生之 1-項目集(1-itemsets)與 2-項目集的支持個數，1-項目集支持個數代表 Q1 至 Q4 個別答錯人數，2-項目集支持個數代表四題試題中兩兩一組之答錯人數。以 C 群為例，C 群學生中，答錯試題 Q1 的人數為 2706 人，所以答錯試題項目集「Q1」之支持個數為 2706；答錯試題 Q1 且又答錯試題 Q2 的人數為 1422 人，所以答錯試題項目集「 $Q2 \cap Q1$ 」之支持個數為 1422，C 群學生答錯試題項目集與支持個數整理如表 3-3-2，依支持個數遞減排列。

表 3-3-2 C 群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	3482
Q1	2706
$Q1 \cap Q4$	2386
Q2	2083
Q3	1938
$Q2 \cap Q4$	1821
$Q3 \cap Q4$	1708
$Q2 \cap Q1$	1422
$Q3 \cap Q1$	1374
$Q3 \cap Q2$	1018

## 2. 找出答錯試題關聯規則與信心水準

依據關聯規則，計算任兩題試題之信心水準，信心水準計算公式如下：

$$confidence(Q_i \rightarrow Q_j) = P(Q_j | Q_i) = \frac{\text{支持個數}(Q_i \cap Q_j)}{\text{支持個數}(Q_i)} \quad \text{公式 3-3-1}$$

關聯規則  $Q_i \rightarrow Q_j$  之信心水準即代表在答錯第  $i$  題的情況下，答錯第  $j$  題的機率，而最小信心水準為一門檻值，代表最小可接受的信心水準。以 C 群為例，在最小信心水準設為 0.4 時，求得各關聯規則與其信心水準如表 3-3-3，依照信心水準遞減排列。若有出現矛盾的情況，則只保留信心水準較高者，將信心水準較低之試題關聯刪除。

表 3-3-3 C 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
Q1→Q4	0.882	
Q3→Q4	0.881	
Q2→Q4	0.874	
Q3→Q1	0.709	
Q4→Q1	0.685	刪除
Q2→Q1	0.683	
Q1→Q2	0.525	刪除
Q3→Q2	0.525	
Q4→Q2	0.523	刪除
Q1→Q3	0.508	刪除
Q4→Q3	0.491	刪除
Q2→Q3	0.489	刪除

## 3. 轉換為概念關聯

本研究欲求得概念之間的關係，進而建構學習概念圖，所以在此步驟將「試題與試題之間的關聯規則」轉換成「概念與概念之間的影响程度」，根據表 3-3-1，每個試題( $Q_i$ )皆有所包含之概念( $C_x$ )與權重( $R_{Q_i C_x}$ )，利用公式 3-3-2(王富民，2009；Lee, Lee, and Leu, 2009)，找出每個可能的概念關聯( $C_x \rightarrow C_y$ )，以及計算該概念關聯影响程度( $W_{C_x C_y}$ )。

$$W_{CxCy} = Cx \rightarrow Cy = confidence(Qi \rightarrow Qj) \times R_{QiCx} \times R_{QjCy} \quad \text{公式 3-3-2}$$

在公式 3-3-2 中， $R_{QiCx}$  代表 Qi 試題中概念 Cx 之權重， $R_{QjCy}$  代表 Qj 試題中概念 Cy 之權重。以 C 群為例，所有可能的概念關聯與其影響程度整理如表 3-3-4。

表 3-3-4 C 群學生概念關聯分析表

關聯規則 Qi→Qj	信心水準 Confidence (Qi→Qj)	條件概念 Cx	權重 $R_{QiCx}$	結論概念 Cy	權重 $R_{QjCy}$	概念關聯 Cx→Cy	影響程度 $W_{CxCy}$
<b>Q1→Q4</b>	0.882	C3	0.3	C2	0.5	C3→C2	0.132
		C6	0.4	C2	0.5	C6→C2	0.176
		C6	0.4	C3	0.5	C6→C3	0.176
		C7	0.3	C2	0.5	C7→C2	0.132
		C7	0.3	C3	0.5	C7→C3	0.132
<b>Q3→Q4</b>	0.881	C1	1	C2	0.5	C1→C2	0.441
		C1	1	C3	0.5	C1→C3	0.441
<b>Q2→Q4</b>	0.874	C4	0.4	C2	0.5	C4→C2	0.175
		C4	0.4	C3	0.5	C4→C3	0.175
		C5	0.6	C2	0.5	C5→C2	0.262
		C5	0.6	C3	0.5	C5→C3	0.262
<b>Q3→Q1</b>	0.709	C1	1	C3	0.3	C1→C3	0.213
		C1	1	C6	0.4	C1→C6	0.284
		C1	1	C7	0.3	C1→C7	0.213
<b>Q2→Q1</b>	0.683	C4	0.4	C3	0.3	C4→C3	0.082
		C4	0.4	C6	0.4	C4→C6	0.109
		C4	0.4	C7	0.3	C4→C7	0.082
		C5	0.6	C3	0.3	C5→C3	0.123
		C5	0.6	C6	0.4	C5→C6	0.164
		C5	0.6	C7	0.3	C5→C7	0.123
<b>Q3→Q2</b>	0.525	C1	1	C4	0.4	C1→C4	0.21
		C1	1	C5	0.6	C1→C5	0.315

#### 4. 建構學習概念圖

概念關聯  $Cx \rightarrow Cy$  中，設前者 Cx 為父概念，後者 Cy 為子概念，建構出初

步的學習概念圖，父概念為子概念的先備知識，表示在學習的過程中，必須先學習過父概念之後，再學習子概念，所以，依關聯規則所建構之學習概念圖即可呈現出學生對於各概念的理解順序。而 $W_{CxCy}$ 即代表父概念 $Cx$ 影響子概念 $Cy$ 之影響程度，其值愈大，表示學生對父概念學習成效影響子概念學習成效愈鉅。以C群學生資料為例，將表3-3-4中所有概念關聯建構成初步學習概念圖，如圖3-3-1所示。

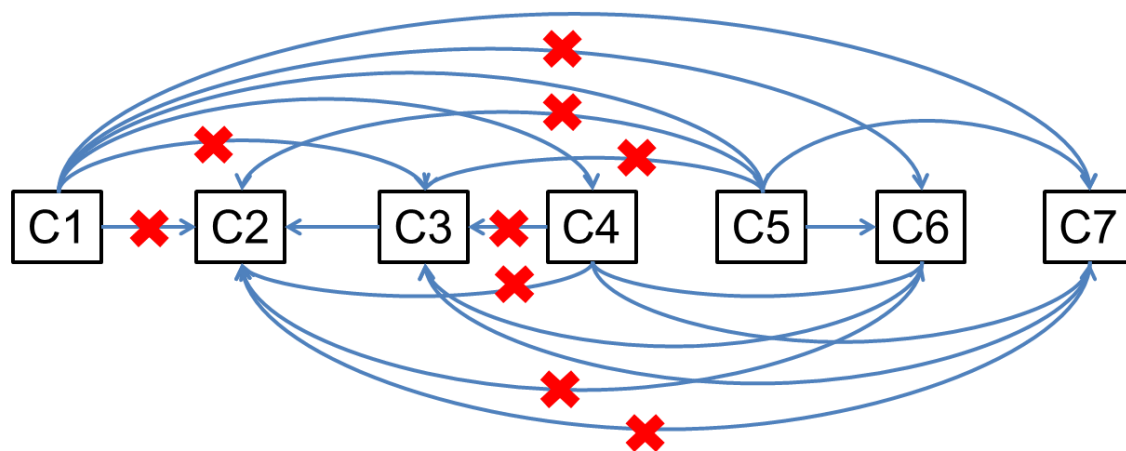


圖 3-3-1 C 群學生初步學習概念圖

為了適度簡化學習概念圖，以及去除不合理的狀況，本研究採取三個簡化概念圖原則，在圖3-3-1中標示X處，即為欲捨去的概念關聯。簡化概念圖原則(王富民，2009)如下：

- (1) 刪除重複概念關聯：若有重複之概念關聯，只保留影響程度較高者。如在表3-3-4中，關聯規則「 $Q3 \rightarrow Q4$ 」與關聯規則「 $Q3 \rightarrow Q1$ 」中，皆有概念關聯「 $C1 \rightarrow C3$ 」，而前者有較高的信心水準(0.441)，予以保留，並將後者刪除，以此類推。
- (2) 刪除「概念循環」迴圈：若 $Cx$ 為 $Cy$ 之父概念，同時 $Cy$ 又為 $Cx$ 之父概念，形成概念循環，是不合理的狀況，此時只保留影響程度較高者，刪除影響程度較低之概念關聯。
- (3) 捨去較簡單的結構：若 $Cx$ 為 $Cy$ 之父概念， $Cy$ 為 $Cz$ 之父概念，而 $Cx$

又為  $C_z$  之父概念時(即  $C_x \rightarrow C_y \rightarrow C_z$ , 又  $C_x \rightarrow C_z$ ), 將  $C_x \rightarrow C_z$  結構捨去。  
 如在圖 3-3-1 中,  $C_4$  為  $C_7$  之父概念,  $C_7$  為  $C_3$  之父概念,  $C_4$  又為  $C_3$  之父概念, 形成  $C_4 \rightarrow C_7 \rightarrow C_3$ , 且  $C_4 \rightarrow C_3$ , 此時將較簡單的結構  $C_4 \rightarrow C_3$  捨去, 以此類推。

圖 3-3-2 為根據上述簡化概念圖原則, 並標上各概念關聯之影響程度後, 所得出的 C 群學生簡化後之學習概念圖。

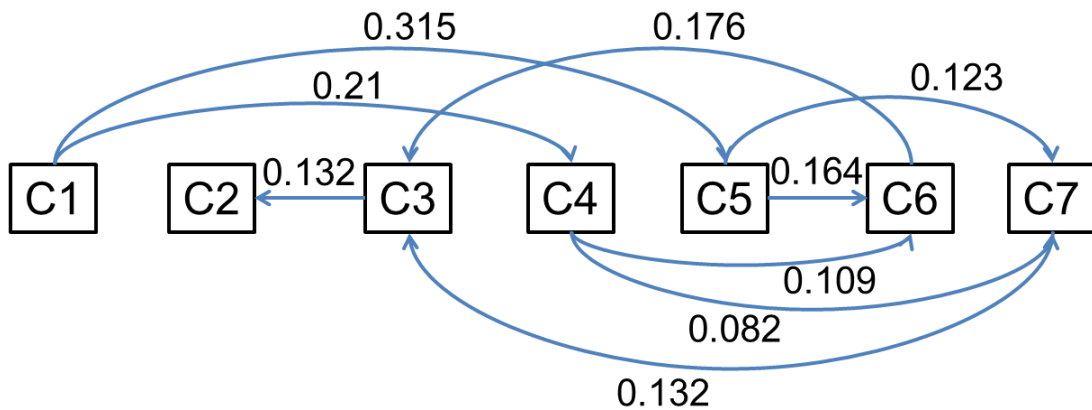


圖 3-3-2 C 群學生簡化後之學習概念圖

在簡化後之學習概念圖中, 若一概念沒有父概念(父節點數為 0), 則此概念為根節點, 也就是學習的起點, 將概念重新排列, 即可得到學習概念圖。以 C 群學生資料為例, 在圖 3-3-2 中, 概念  $C_1$  沒有父概念, 因此概念  $C_1$  即為學習概念圖之根節點, 標上概念名稱之後, C 群學生之學習概念圖如圖 3-3-3 所示。

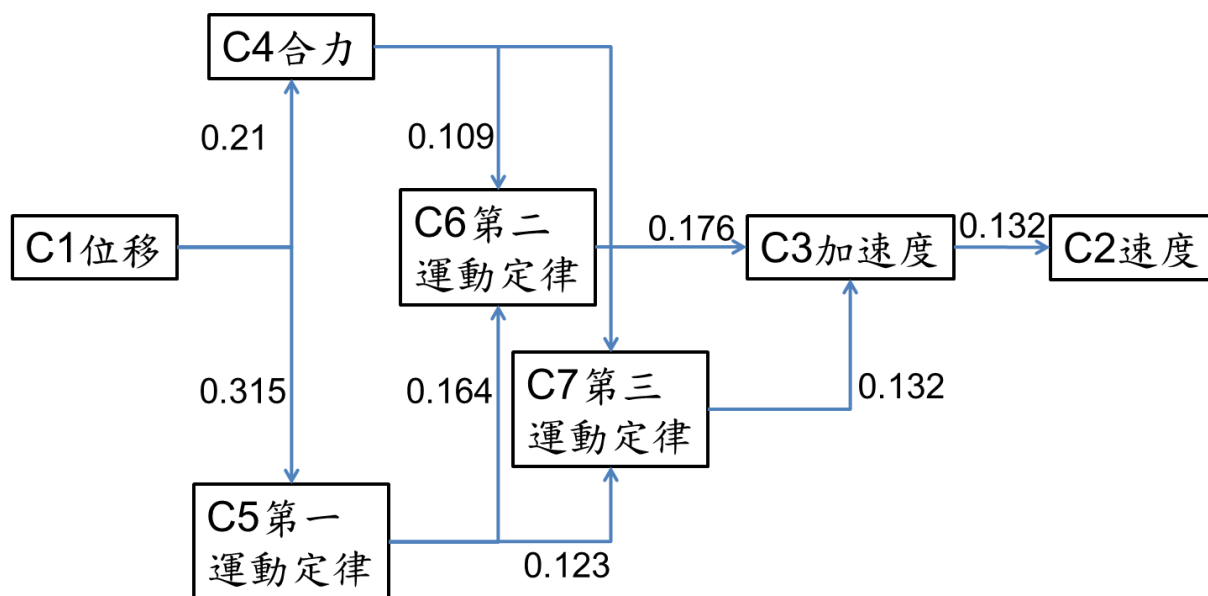


圖 3-3-3 C 群學習概念圖

#### 第四節 學習成效評估

為評估以關聯規則分析學生測驗資料所建構出的學習概念圖，是否能夠對學生有所助益，本研究進行學習成效評估實驗，以概念圖結果提出建議補救學習路徑，評估學生經補救學習路徑進行補救學習之後，學習成效是否有效提升。本節詳細說明學習成效評估實驗的研究對象、實驗設計與進行步驟。

##### 一、研究對象

本研究以臺中市后綜高中國中部三年級學生為學習成效評估實驗之研究對象，參與實驗的所有學生都已修習過自然科之「力與運動」單元。

##### 二、實驗設計

本研究以臺中市后綜高中國中部三年級學生 113 人為學習成效評估之研究對象，進行前測，檢視學生對於「力與運動」單元具備知識，根據前測結果，找出每位學生之迷失概念，並將學生依 S-P Chart 分成六群，接著從 113 人中隨機選取 40 人，針對該學生的迷失概念進行補救學習。補救學習路徑依該學生前測結果所屬群別，對照該群的學習概念圖，找出概念學習順序，進行補救學習。最

後對此 40 人進行後測，利用統計分析前測與後測資料，評估學生的學習成效是否有顯著提升。圖 3-4-1 為本研究學習成效評估之實驗設計。詳細之實驗步驟與方法於第三點說明。

研究對象 113 人的前測資料可依循本章第三節建構概念圖方法，建構各群學習概念圖，但考量樣本數因素，本章第二、三節所述之模擬考 30131 人作答資料為大樣本資料，較為準確，故本研究採用後者 30131 人作答資料所建構出的學習概念圖結果，當作此學習成效評估實驗的補救學習之依據。

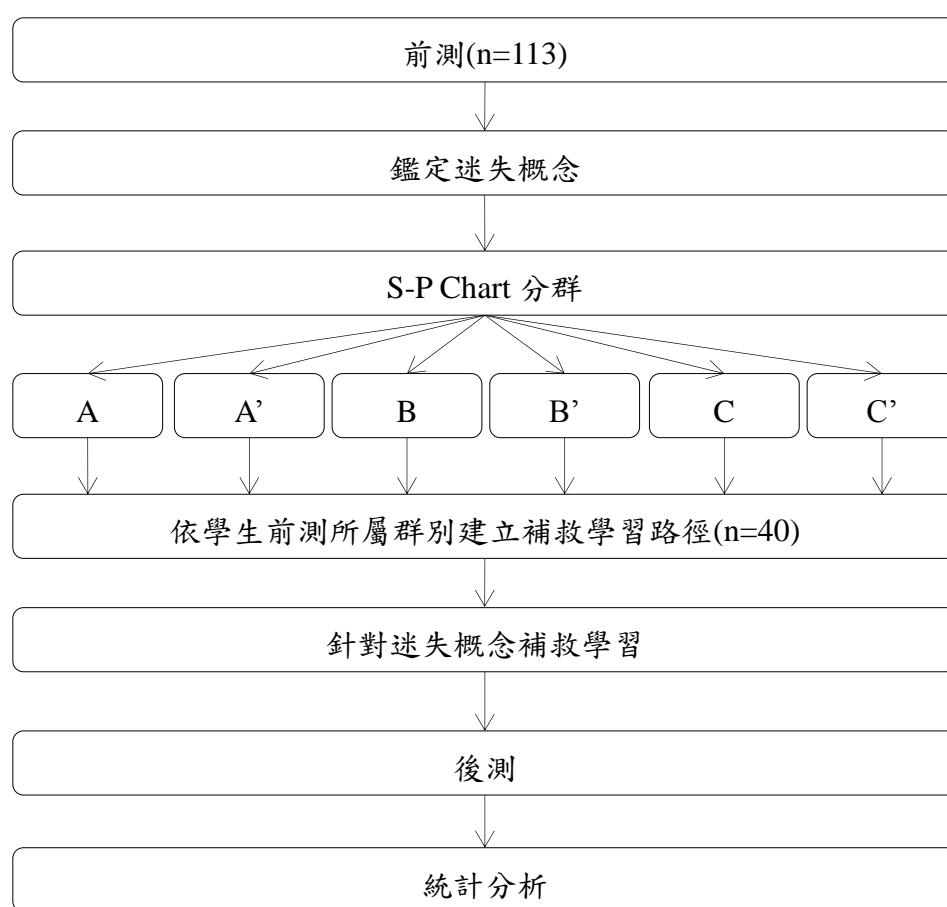


圖 3-4-1 實驗設計流程圖

### 三、學習成效評估實驗進行步驟與方法

以下為學習成效評估實驗進行步驟與方法詳細說明：

#### (1) 前測

前測試題為 5 題關於「力與運動」單元之選擇題，由專業國中教師從題庫挑

選，編號為 Q1 至 Q5，檢視學生在實驗前對於「力與運動」所具備的知識，5 題試題中包含此單元涵蓋的 7 個概念，編號為 C1 至 C7，前測試題與概念權重如表 3-4-1。

表 3-4-1 前測試題與概念權重表

概念	位移	速度	加速度	合力	第一運動定律	第二運動定律	第三運動定律
試題	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Q1	0	0	0.3	0	0	0.4	0.3
Q2	0	0	0	0.4	0.6	0	0
Q3	1	0	0	0	0	0	0
Q4	0	0	0.2	0.4	0	0.4	0
Q5	0	0.5	0.5	0	0	0	0

## (2) 鑑定迷失概念

分析學生前測作答資料，計算出每位學生對於七個概念各自的錯誤比率，進而鑑定學生的迷失概念為何，某一概念(C<sub>j</sub>)的錯誤比率計算公式(王富民，2009；Lee, Lee, and Leu, 2009)如下：

$$ER(C_j) = \frac{L(j)}{S(j)} = \frac{\sum_k e_{kj}}{\sum_i e_{ij}} \quad \text{公式 3-4-1}$$

其中， $e_{kj}$  代表第 k 題答錯的試題中，第 j 個概念的概念權重， $e_{ij}$  代表整份試題中，第 i 題的第 j 個概念的概念權重。教學者可設一錯誤比率容忍度(failratio)當作門檻值，表示答錯率的容忍程度，若錯誤比率大於錯誤比率容忍度( $ER(C_j) > \text{failratio}$ )，則將此概念視為該學生之迷失概念。在本研究中，將錯誤比率容忍度設為 0。

舉例說明：假設某學生在前測五題試題中，答錯試題 Q2、Q4、Q5，對照表 3-4-1 與公式 3-4-1，該學生概念 C1 至 C7 的錯誤比率分別為

$$ER(C1) = L(1)/S(1) = (0+0+0)/(0+0+1+0+0) = 0;$$

$$ER(C2) = L(2)/S(2) = (0+0+0.5)/(0+0+0+0+0.5) = 1;$$

$$ER(C3)=L(3)/S(3)=(0+0.2+0.5)/(0.3+0+0+0.2+0.5)=0.7；$$

$$ER(C4)=L(4)/S(4)=(0.4+0.4+0)/(0+0.4+0+0.4+0)=1；$$

$$ER(C5)=L(5)/S(5)=(0.6+0+0)/(0+0.6+0+0+0)=1；$$

$$ER(C6)=L(6)/S(6)=(0+0.4+0)/(0.4+0+0+0.4+0)=0.5；$$

$ER(C7)=L(7)/S(7)=(0+0+0)/(0.3+0+0+0+0)=0$ ；本研究將錯誤比率容忍度設定為 0，概念之錯誤比率大於錯誤比率容忍度即視為迷失概念，因此，該學生的迷失概念有 C2、C3、C4、C5、C6。

### (3) S-P Chart 分群

將參與實驗的 113 位學生根據前測成績分成六群，做法與本章第二節敘述相同。

### (4) 建立補救學習路徑

本研究從參與前測的 113 位學生中，隨機選取 40 人，針對學生之迷失概念，建立一補救學習路徑作為學生概念學習的先後順序，進行補救學習與後測。

學生根據前測成績分成 A、A'、B、B'、C、C' 六群之後，對照各群之學習概念圖，建立補救學習路徑，此部分本研究採用前一節 30131 人模擬考作答資料所建構之學習概念圖結果為建立補救學習路徑的依據。每一個學生都有個別的補救學習路徑，建立方法為：若概念  $C_j$  被鑑定為某學生的迷失概念時，對照概念  $C_j$  在學習概念圖中的位置，往上找出  $C_j$  概念的父概念節點，再由父概念節點繼續往上回推至根節點，此一路徑為該學生的補救學習路徑，但如果  $C_j$  有兩個以上的父概念節點，則取影響程度較大者。

再以上述學生為例，該學生在前測中答錯試題 Q2、Q4、Q5，在 S-P Chart 中屬於 C 群，其迷失概念有 C2、C3、C4、C5、C6，對照 C 群學習概念圖(圖 3-3-3)，從概念 C2 往上回推至根節點，得到該學生之補救學習路徑為  $C1 \rightarrow C5 \rightarrow C4 \rightarrow C6 \rightarrow C3 \rightarrow C2$ ，其中，概念 C6 的父節點有 C4 與 C5，而  $C5 \rightarrow C6$  影響程度較  $C4 \rightarrow C6$  大，故補救學習路徑中以 C5 優先。

### (5) 後測

後測試題為 11 題選擇題，由專業國中教師從題庫中挑選「力與運動」單元的題目，用來檢視學生學習成效。7 個「力與運動」之概念皆被涵蓋在此 11 題試題當中。

#### (6) 統計分析

為了評估學生在透過依學習概念圖建立的補救學習路徑引導學習後，學習成效是否有改善，本研究使用「成對樣本 t 檢定」進行統計分析，檢視學生的前測成績與後測成績是否有顯著提升。

### 第五節 研究工具

本研究資料探勘工具使用 Microsoft 所開發之 SQL Server 2008 平台，找出學生答錯試題的 1-項目集與 2-項目集集合，與其支持個數，以及找出學生答錯試題的關聯規則與其信心水準。另外，在學習成效評估中，本研究使用 IBM 公司開發之 SPSS(statistical product service solutions)軟體，進行成對樣本 t 檢定分析，檢定學生在經過補救學習之後，學習成效是否有顯著差異。

## 第四章 研究結果與討論

本章敘述本研究之結果，分為三節：第一節為學生-問題表分群結果，第二節為各群學習概念圖建構結果，第三節為學習成效評估結果。

### 第一節 學生-問題表分群結果

本研究所採用的試題資料為某機構所舉辦模擬考自然科試題，參與考試的學生人數共 30131 人。本研究分析學生作答資料，將學生依 S-P Chart 分為六群，各群學生人數如下表 4-1-1 所示：

表 4-1-1 S-P Chart 分群結果各群學生人數表

群別	人數
A	4200
A'	1581
B	7465
B'	2153
C	5642
C'	9090

### 第二節 各群學生學習概念圖

如同第三章第三節建構學習概念圖之作法，本研究利用關聯規則技術，分析自然科模擬考試題之 30131 人作答資料，本節陳述依 S-P Chart 為分群基礎所建構之 A 群、A' 群、B 群、B' 群、C 群、C' 群學生學習概念圖建構結果。

#### 一、A 群學生學習概念圖

##### 1. A 群學生答錯試題項目集與支持個數

A 群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-1：

表 4-2-1 A 群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	510
Q3	397
Q1	382
Q2	257
$Q1 \cap Q4$	78
$Q3 \cap Q4$	76
$Q2 \cap Q4$	61
$Q1 \cap Q3$	55
$Q2 \cap Q1$	33
$Q2 \cap Q3$	28

## 2. A 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

由於 A 群學生答錯試題數相對不高，計算出的信心水準也較其他組偏低，為了建構出學習概念圖，本研究將 A 群學生關聯規則之最小信心水準設定為 0.15。表 4-2-2 為 A 群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列，其中，關聯規則  $Q1 \rightarrow Q4$  與關聯規則  $Q4 \rightarrow Q1$  矛盾，前者信心水準較高，故將後者刪除。

表 4-2-2 A 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
$Q2 \rightarrow Q4$	0.237	
$Q1 \rightarrow Q4$	0.204	
$Q3 \rightarrow Q4$	0.191	
$Q4 \rightarrow Q1$	0.153	刪除

## 3. A 群學生概念關聯分析

延續表 4-2-2，將 A 群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，A 群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下表 4-2-3：

表 4-2-3 A 群學生概念關聯分析表

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
$Q_2 \rightarrow Q_4$	0.237	C4	0.4	C2	0.5	$C_4 \rightarrow C_2$	0.047
		C4	0.4	C3	0.5	$C_4 \rightarrow C_3$	0.047
		C5	0.6	C2	0.5	$C_5 \rightarrow C_2$	0.071
		C5	0.6	C3	0.5	$C_5 \rightarrow C_3$	0.071
$Q_1 \rightarrow Q_4$	0.204	C3	0.3	C2	0.5	$C_3 \rightarrow C_2$	0.031
		C6	0.4	C2	0.5	$C_6 \rightarrow C_2$	0.041
		C6	0.4	C3	0.5	$C_6 \rightarrow C_3$	0.041
		C7	0.3	C2	0.5	$C_7 \rightarrow C_2$	0.031
		C7	0.3	C3	0.5	$C_7 \rightarrow C_3$	0.031
$Q_3 \rightarrow Q_4$	0.191	C1	1	C2	0.5	$C_1 \rightarrow C_2$	0.096
		C1	1	C3	0.5	$C_1 \rightarrow C_3$	0.096

#### 4. A 群學生學習概念圖

將表 4-2-3 中所有概念關聯與其影響程度建構成 A 群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-1 所示：

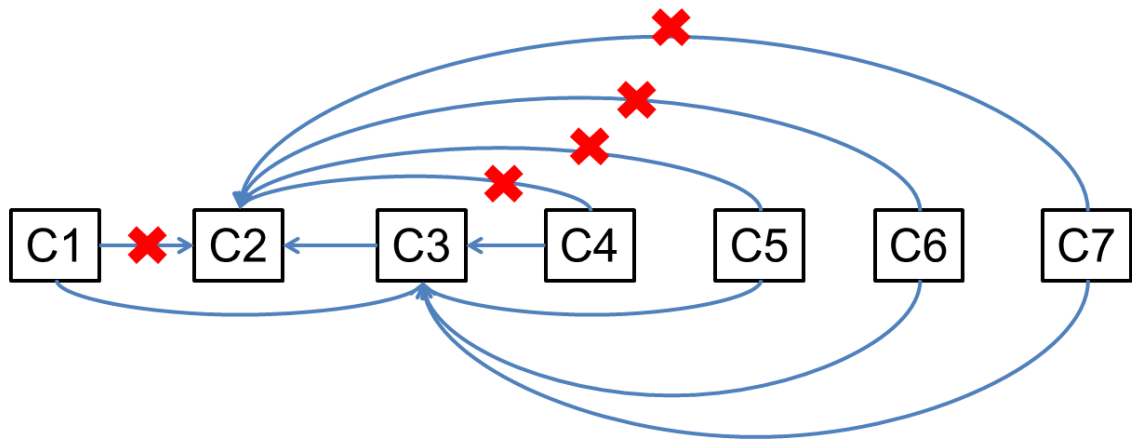


圖 4-2-1 A 群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 A 群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-2 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

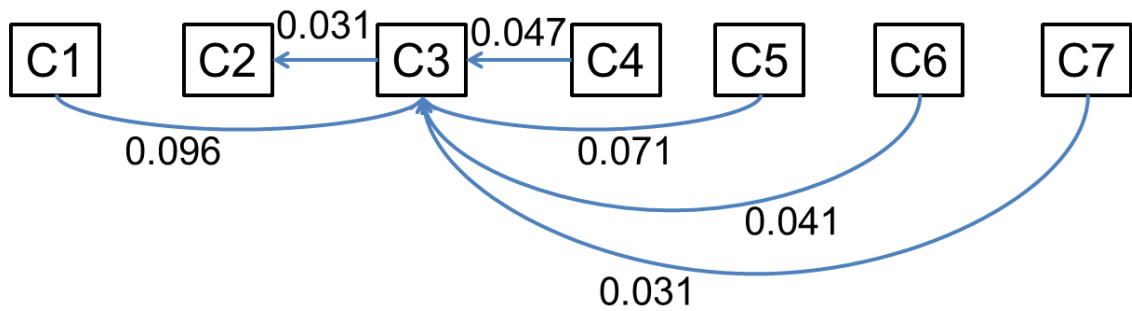


圖 4-2-2 A 群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 A 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-3 所示。

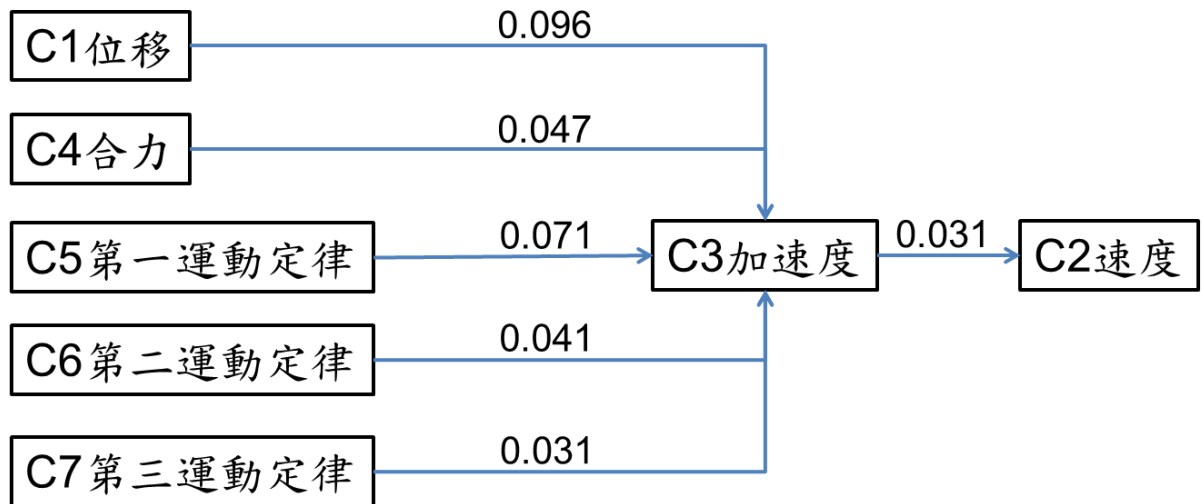


圖 4-2-3 A 群學生學習概念圖

## 二、A'群學生學習概念圖

### 1. A'群學生答錯試題項目集與支持個數

A'群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-4：

表 4-2-4 A'群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q3	244
Q1	145
Q2	121
Q4	103
Q1∩Q3	33

答錯試題項目集	支持個數
Q2∩Q3	24
Q4∩Q3	23
Q4∩Q1	17
Q4∩Q2	16
Q2∩Q1	16

## 2. A'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

本研究將 A'群學生關聯規則之最小信心水準設定為 0.15。表 4-2-5 為 A'群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列。

表 4-2-5 A'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
Q1→Q3	0.228	
Q4→Q3	0.223	
Q2→Q3	0.198	
Q4→Q1	0.165	
Q4→Q2	0.155	

## 3. A'群學生概念關聯分析

延續表 4-2-5，將 A'群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，A'群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下表 4-2-6：

表 4-2-6 A'群學生概念關聯分析表

關聯規則 Qi→Qj	信心水準 Confidence (Qi→Qj)	條件概念 Cx	權重 $R_{QiCx}$	結論概念 Cy	權重 $R_{QiCy}$	概念關聯 Cx→Cy	影响程度 $W_{CxCy}$
Q1→Q3	0.228	C3	0.3	C1	1	C3→C1	0.068
		C6	0.4	C1	1	C6→C1	0.091
		C7	0.3	C1	1	C7→C1	0.068
Q4→Q3	0.223	C2	0.5	C1	1	C2→C1	0.112
		C3	0.5	C1	1	C3→C1	0.112
Q2→Q3	0.198	C4	0.4	C1	1	C4→C1	0.079
		C5	0.6	C1	1	C5→C1	0.119

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
Q4→Q1	0.165	C2	0.5	C3	0.3	C2→C3	0.025
		C2	0.5	C6	0.4	C2→C6	0.033
		C2	0.5	C7	0.3	C2→C7	0.025
		C3	0.5	C6	0.4	C3→C6	0.033
		C3	0.5	C7	0.3	C3→C7	0.025
Q4→Q2	0.155	C2	0.5	C4	0.4	C2→C4	0.031
		C2	0.5	C5	0.6	C2→C5	0.047
		C3	0.5	C4	0.4	C3→C4	0.031
		C3	0.5	C5	0.6	C3→C5	0.047

#### 4. A'群學生學習概念圖

將表 4-2-6 中所有概念關聯與其影響程度建構成 A'群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-4 所示：

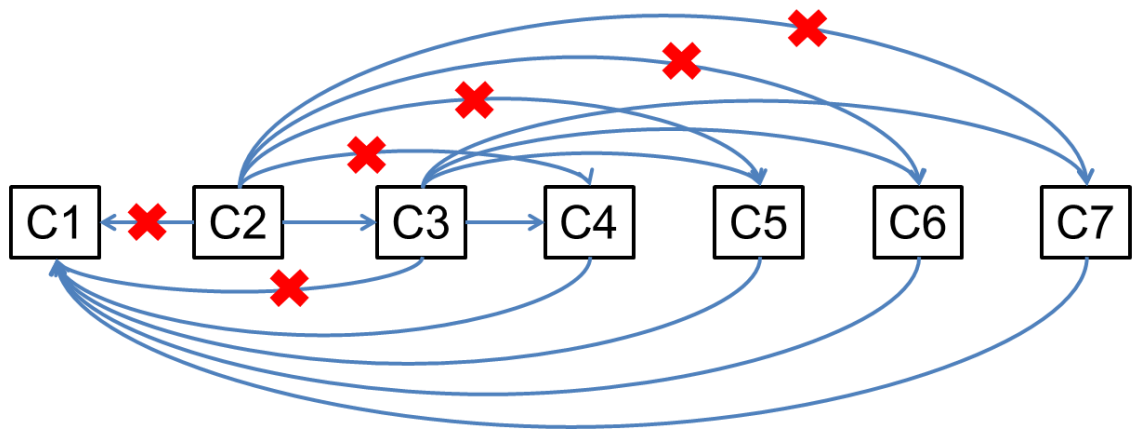


圖 4-2-4 A'群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 A'群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-5 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

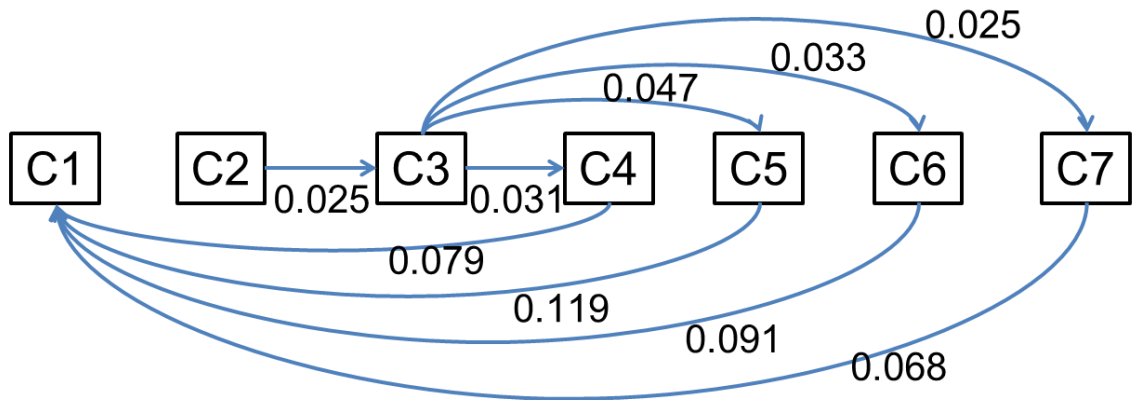


圖 4-2-5 A'群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 A' 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-6 所示。

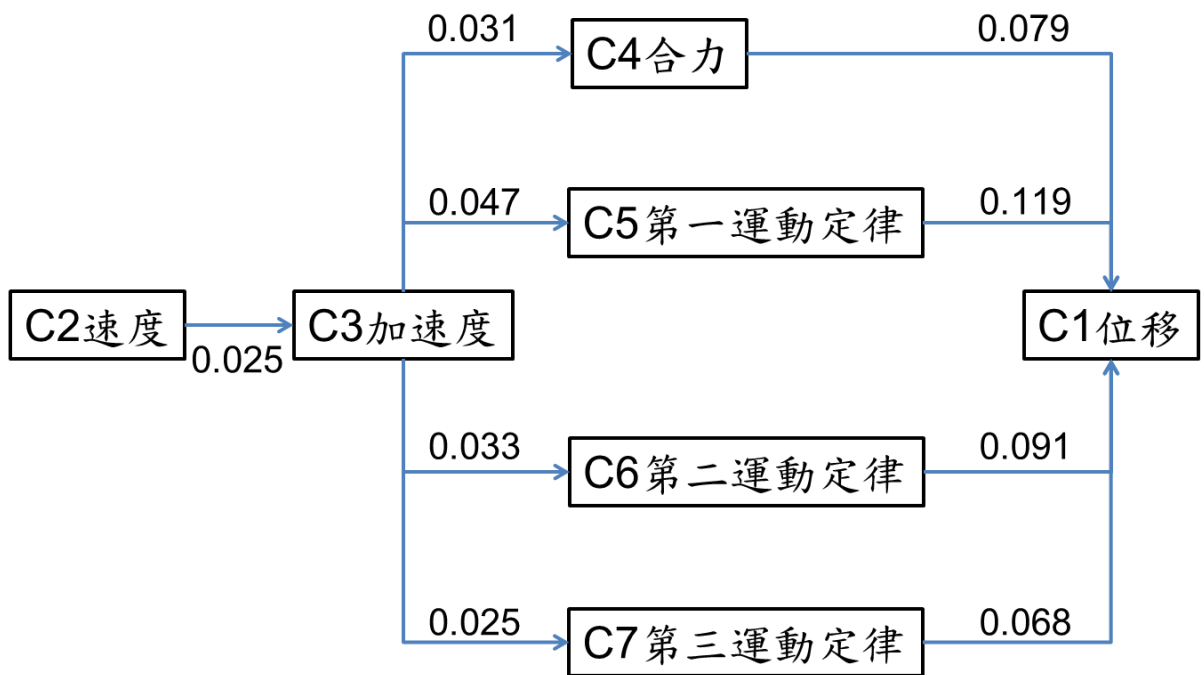


圖 4-2-6 A'群學生學習概念圖

### 三、B 群學生學習概念圖

#### 1. B 群學生答錯試題項目集與支持個數

B 群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-7：

表 4-2-7 B 群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	3244
Q1	1833
Q2	1472
Q3	1320
Q1∩Q4	1180
Q2∩Q4	952
Q3∩Q4	812
Q2∩Q1	513
Q3∩Q1	449
Q3∩Q2	405

## 2. B 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

設定 B 群學生關聯規則之最小信心水準為 0.4。表 4-2-8 為 B 群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列。

表 4-2-8 B 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
Q2→Q4	0.647	
Q1→Q4	0.644	
Q3→Q4	0.615	

## 3. B 群學生概念關聯分析

延續表 4-2-8，將 B 群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，B 群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下表

4-2-9：

表 4-2-9 B 群學生概念關聯分析表

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_j C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影响程度 $W_{C_x C_y}$
Q2→Q4	0.647	C4	0.4	C2	0.5	C4→C2	0.129
		C4	0.4	C3	0.5	C4→C3	0.129
		C5	0.6	C2	0.5	C5→C2	0.194

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
		C5	0.6	C3	0.5	$C5 \rightarrow C3$	0.194
$Q1 \rightarrow Q4$	0.644	C3	0.3	C2	0.5	$C3 \rightarrow C2$	0.097
		C6	0.4	C2	0.5	$C6 \rightarrow C2$	0.129
		C6	0.4	C3	0.5	$C6 \rightarrow C3$	0.129
		C7	0.3	C2	0.5	$C7 \rightarrow C2$	0.097
		C7	0.3	C3	0.5	$C7 \rightarrow C3$	0.097
$Q3 \rightarrow Q4$	0.615	C1	1	C2	0.5	$C1 \rightarrow C2$	0.308
		C1	1	C3	0.5	$C1 \rightarrow C3$	0.308

#### 4. B 群學生學習概念圖

將表 4-2-9 中所有概念關聯與其影響程度建構成 B 群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-7 所示：

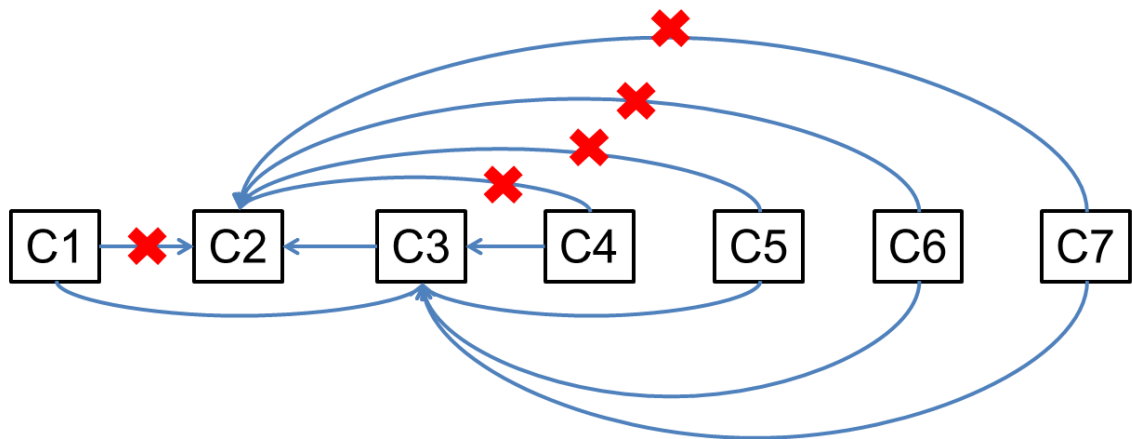


圖 4-2-7 B 群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 B 群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-8 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

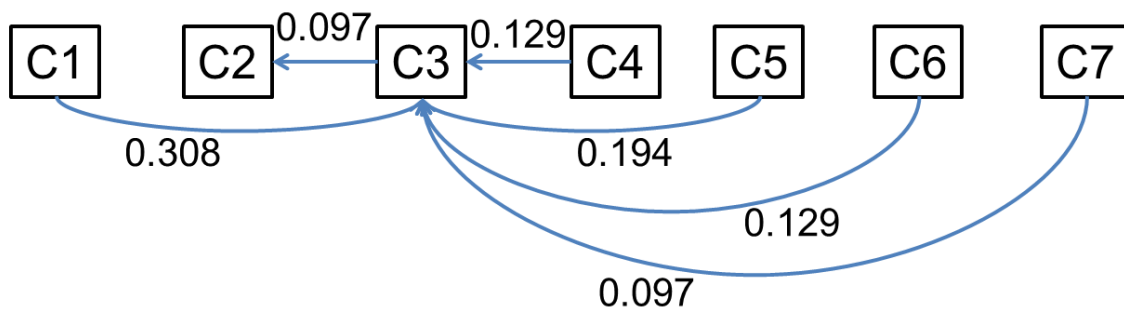


圖 4-2-8 B 群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 B 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-9 所示。

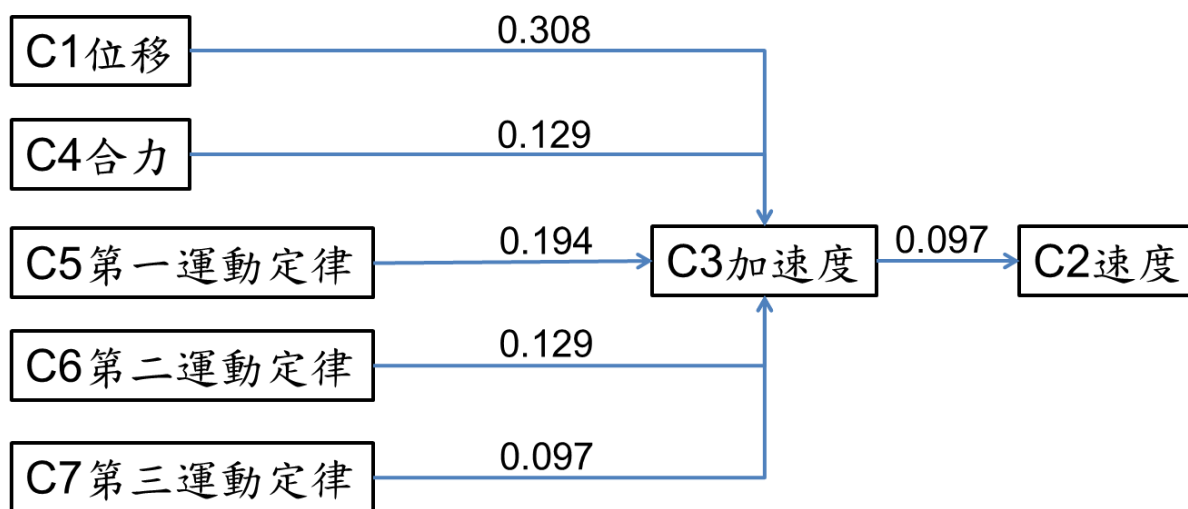


圖 4-2-9 B 群學生學習概念圖

#### 四、B'群學生學習概念圖

##### 1. B'群學生答錯試題項目集與支持個數

B'群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-10：

表 4-2-10 B'群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	789
Q1	581
Q2	543
Q3	473
Q1∩Q4	327

答錯試題項目集	支持個數
Q2∩Q4	306
Q3∩Q4	262
Q2∩Q1	224
Q3∩Q2	186
Q3∩Q1	181

## 2. B'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

設定 B'群學生關聯規則之最小信心水準為 0.4。表 4-2-11 為 B'群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列。

表 4-2-11 B'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
Q2→Q4	0.564	
Q1→Q4	0.563	
Q3→Q4	0.554	
Q4→Q1	0.414	刪除
Q2→Q1	0.413	

## 3. B'群學生概念關聯分析

延續表 4-2-11，將 B'群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，B'群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下表 4-2-12：

表 4-2-12 B'群學生概念關聯分析表

關聯規則 Qi→Qj	信心水準 Confidence (Qi→Qj)	條件概念 Cx	權重 $R_{QiCx}$	結論概念 Cy	權重 $R_{QiCy}$	概念關聯 Cx→Cy	影响程度 $W_{CxCy}$
Q2→Q4	0.564	C4	0.4	C2	0.5	C4→C2	0.113
		C4	0.4	C3	0.5	C4→C3	0.113
		C5	0.6	C2	0.5	C5→C2	0.169
		C5	0.6	C3	0.5	C5→C3	0.084
Q1→Q4	0.563	C3	0.3	C2	0.5	C3→C2	0.113
		C6	0.4	C2	0.5	C6→C2	0.113
		C6	0.4	C3	0.5	C6→C3	0.084

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
		C7	0.3	C2	0.5	$C7 \rightarrow C2$	0.084
		C7	0.3	C3	0.5	$C7 \rightarrow C3$	0.277
$Q3 \rightarrow Q4$	0.554	C1	1	C2	0.5	$C1 \rightarrow C2$	0.277
		C1	1	C3	0.5	$C1 \rightarrow C3$	0.277
$Q2 \rightarrow Q1$	0.413	C4	0.4	C3	0.3	$C4 \rightarrow C3$	0.05
		C4	0.4	C6	0.4	$C4 \rightarrow C6$	0.066
		C4	0.4	C7	0.3	$C4 \rightarrow C7$	0.05
		C5	0.6	C3	0.3	$C5 \rightarrow C3$	0.074
		C5	0.6	C6	0.4	$C5 \rightarrow C6$	0.099
		C5	0.6	C7	0.3	$C5 \rightarrow C7$	0.074

#### 4. B'群學生學習概念圖

將表 4-2-12 中所有概念關聯與其影響程度建構成 B'群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-10 所示：

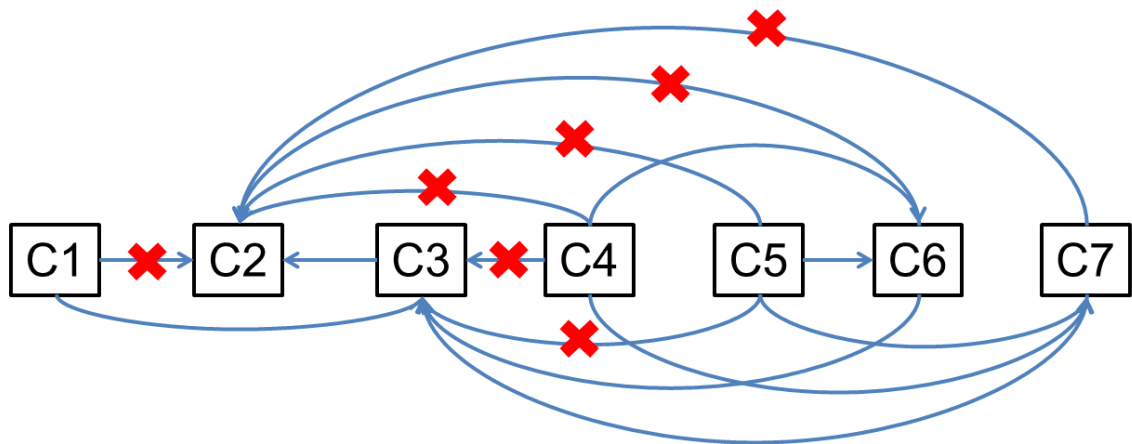


圖 4-2-10 B'群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 B'群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-11 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

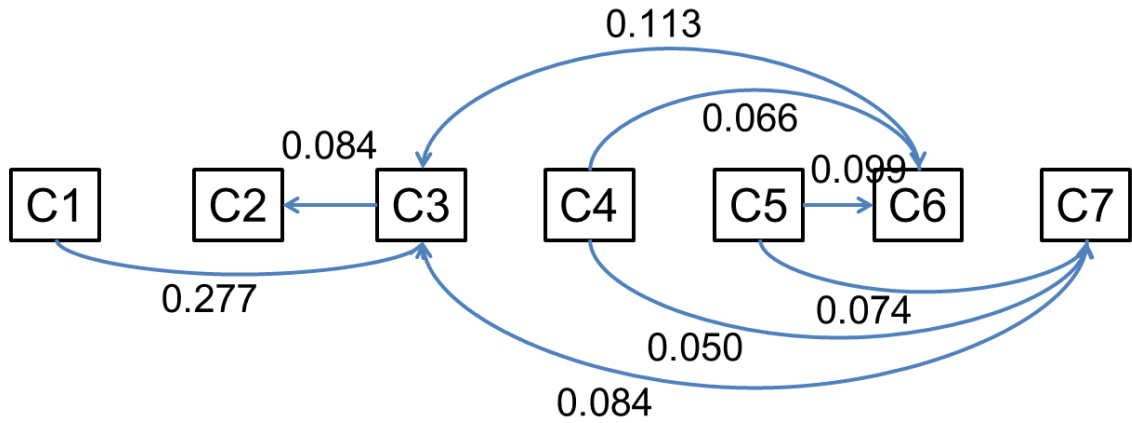


圖 4-2-11 B'群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 B' 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-12 所示。

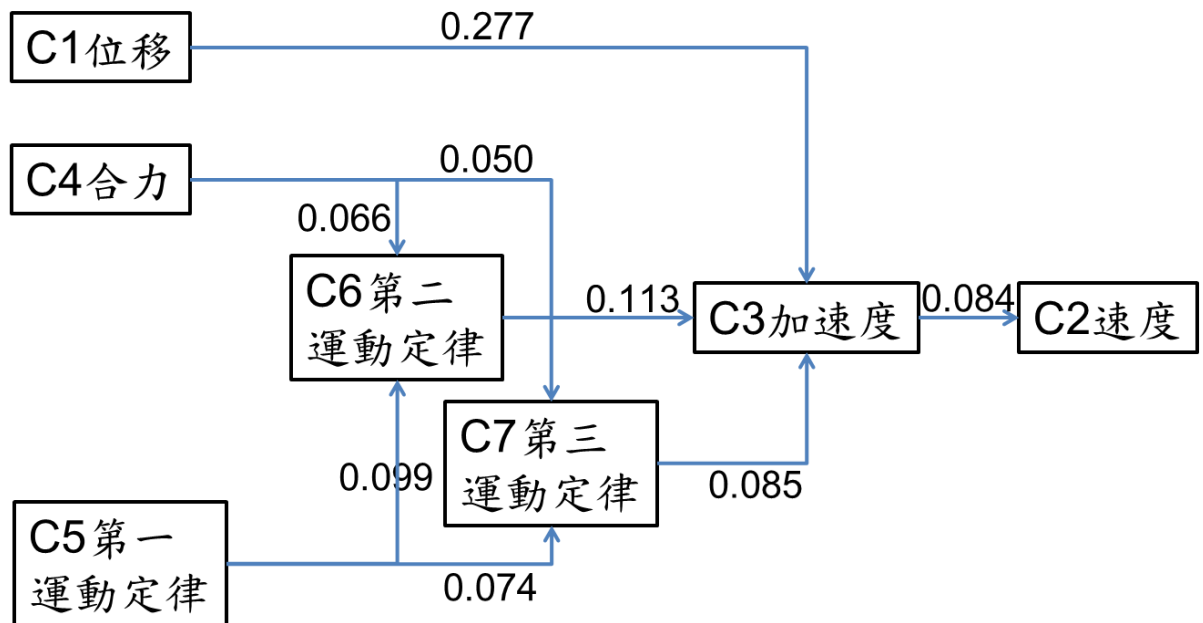


圖 4-2-12 B'群學生學習概念圖

### 五、C 群學生學習概念圖

#### 1. C 群學生答錯試題項目集與支持個數

C 群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-13：

表 4-2-13 C 群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	3482
Q1	2706
$Q1 \cap Q4$	2386
Q2	2083
Q3	1938
$Q2 \cap Q4$	1821
$Q3 \cap Q4$	1708
$Q2 \cap Q1$	1422
$Q3 \cap Q1$	1374
$Q3 \cap Q2$	1018

## 2. C 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

設定 C 群學生關聯規則之最小信心水準為 0.4。表 4-2-14 為 C 群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列。

表 4-2-14 C 群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
$Q1 \rightarrow Q4$	0.882	
$Q3 \rightarrow Q4$	0.881	
$Q2 \rightarrow Q4$	0.874	
$Q3 \rightarrow Q1$	0.709	
$Q4 \rightarrow Q1$	0.685	刪除
$Q2 \rightarrow Q1$	0.683	
$Q1 \rightarrow Q2$	0.525	刪除
$Q3 \rightarrow Q2$	0.525	
$Q4 \rightarrow Q2$	0.523	刪除
$Q1 \rightarrow Q3$	0.508	刪除
$Q4 \rightarrow Q3$	0.491	刪除
$Q2 \rightarrow Q3$	0.489	刪除

## 3. C 群學生概念關聯分析

延續表 4-2-14，將 C 群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，C 群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下

表 4-2-15：

表 4-2-15 C 群學生概念關聯分析表

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
Q1→Q4	0.882	C3	0.3	C2	0.5	C3→C2	0.132
		C6	0.4	C2	0.5	C6→C2	0.176
		C6	0.4	C3	0.5	C6→C3	0.176
		C7	0.3	C2	0.5	C7→C2	0.132
		C7	0.3	C3	0.5	C7→C3	0.132
Q3→Q4	0.881	C1	1	C2	0.5	C1→C2	0.441
		C1	1	C3	0.5	C1→C3	0.441
Q2→Q4	0.874	C4	0.4	C2	0.5	C4→C2	0.175
		C4	0.4	C3	0.5	C4→C3	0.175
		C5	0.6	C2	0.5	C5→C2	0.262
		C5	0.6	C3	0.5	C5→C3	0.262
Q3→Q1	0.709	C1	1	C3	0.3	C1→C3	0.213
		C1	1	C6	0.4	C1→C6	0.284
		C1	1	C7	0.3	C1→C7	0.213
Q2→Q1	0.683	C4	0.4	C3	0.3	C4→C3	0.082
		C4	0.4	C6	0.4	C4→C6	0.109
		C4	0.4	C7	0.3	C4→C7	0.082
		C5	0.6	C3	0.3	C5→C3	0.123

#### 4. C 群學生學習概念圖

將表 4-2-15 中所有概念關聯與其影響程度建構成 C 群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-13 所示：

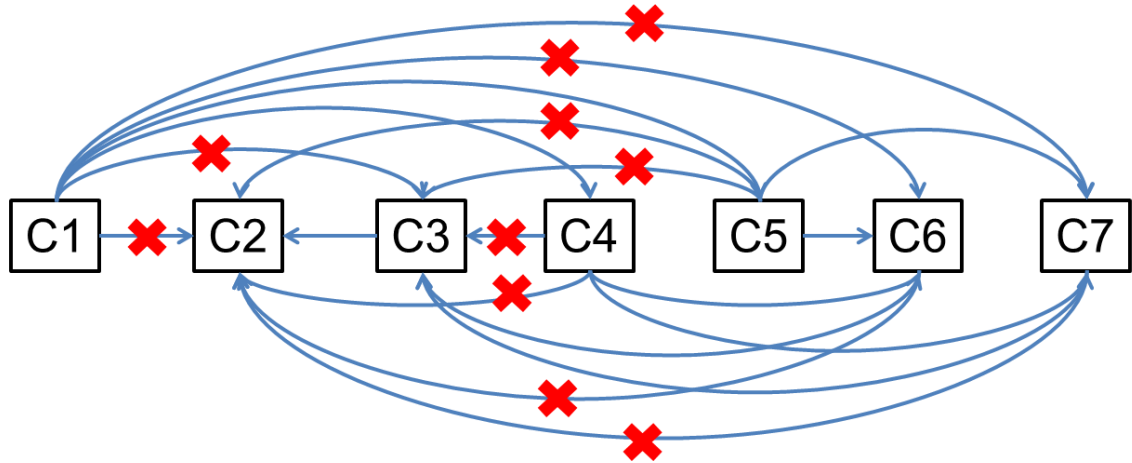


圖 4-2-13 C 群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 C 群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-14 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

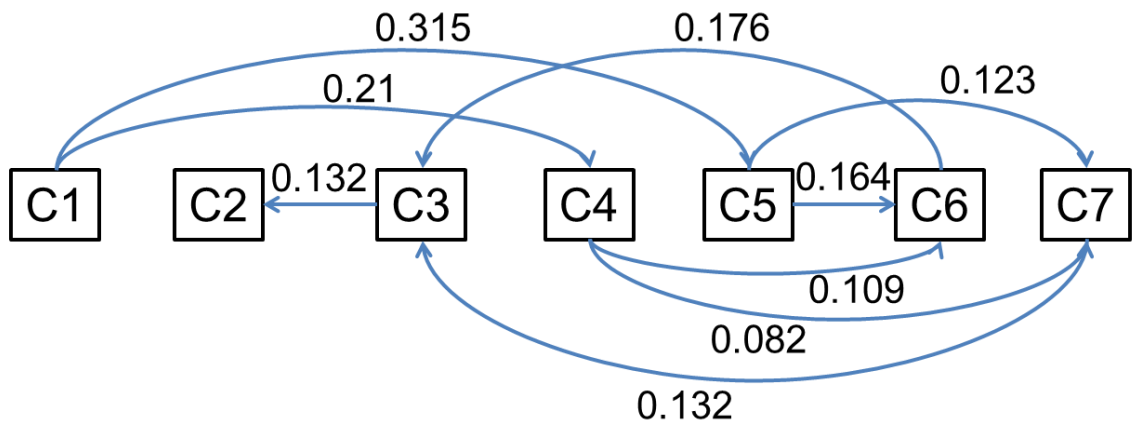


圖 4-2-14 C 群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 C 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-15 所示。

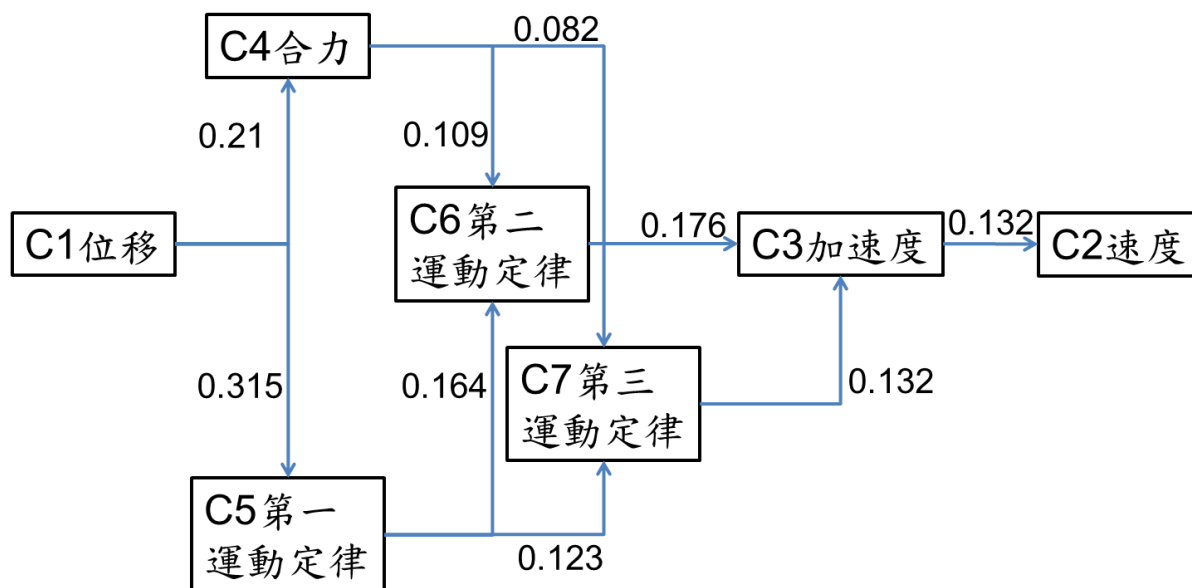


圖 4-2-15 C 群學生學習概念圖

## 六、C'群學生學習概念圖

### 1. C'群學生答錯試題項目集與支持個數

C'群學生答錯試題項目集與支持個數整理如下表 4-2-16：

表 4-2-16 C'群學生答錯試題項目集與支持個數表

答錯試題項目集	支持個數
Q4	5107
Q1	4770
Q2	4315
Q3	4258
$Q1 \cap Q4$	3823
$Q2 \cap Q4$	3432
$Q3 \cap Q4$	3397
$Q2 \cap Q1$	3316
$Q3 \cap Q1$	3303
$Q3 \cap Q2$	2951

### 2. C'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

設定 C'群學生關聯規則之最小信心水準為 0.4。表 4-2-17 為 C'群學生答錯試題關聯規則與其信心水準，依照信心水準遞減排列。

表 4-2-17 C'群學生答錯試題關聯規則與信心水準

關聯規則	信心水準	備註
Q1→Q4	0.801	
Q3→Q4	0.798	
Q2→Q4	0.795	
Q3→Q1	0.776	
Q2→Q1	0.768	
Q4→Q1	0.749	刪除
Q1→Q2	0.695	刪除
Q3→Q2	0.693	
Q1→Q3	0.692	刪除
Q2→Q3	0.684	刪除
Q4→Q2	0.672	刪除
Q4→Q3	0.665	刪除

### 3. C'群學生概念關聯分析

延續表 4-2-17，將 C'群學生「試題與試題之間的關聯規則」，轉換為「概念與概念之間的影响程度」，C'群學生所有可能的概念關聯與其影响程度整理如下

表 4-2-18：

表 4-2-18 C'群學生概念關聯分析表

關聯規則 Qi→Qj	信心水準 Confidence (Qi→Qj)	條件概念 Cx	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 Cy	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 Cx→Cy	影响程度 $W_{C_x C_y}$
Q1→Q4	0.801	C3	0.3	C2	0.5	C3→C2	0.12
		C6	0.4	C2	0.5	C6→C2	0.16
		C6	0.4	C3	0.5	C6→C3	0.16
		C7	0.3	C2	0.5	C7→C2	0.12
		C7	0.3	C3	0.5	C7→C3	0.12
Q3→Q4	0.798	C1	1	C2	0.5	C1→C2	0.399
		C1	1	C3	0.5	C1→C3	0.399
Q2→Q4	0.795	C4	0.4	C2	0.5	C4→C2	0.159
		C4	0.4	C3	0.5	C4→C3	0.159
		C5	0.6	C2	0.5	C5→C2	0.239
		C5	0.6	C3	0.5	C5→C2	0.239

關聯規則 $Q_i \rightarrow Q_j$	信心水準 Confidence ( $Q_i \rightarrow Q_j$ )	條件概念 $C_x$	權重 $R_{Q_i C_x}$	結論概念 $C_y$	權重 $R_{Q_i C_y}$	概念關聯 $C_x \rightarrow C_y$	影響程度 $W_{C_x C_y}$
$Q_3 \rightarrow Q_1$	0.776	C1	1	C3	0.3	$C_1 \rightarrow C_3$	0.233
		C1	1	C6	0.4	$C_1 \rightarrow C_6$	0.31
		C1	1	C7	0.3	$C_1 \rightarrow C_7$	0.233
$Q_2 \rightarrow Q_1$	0.768	C4	0.4	C3	0.3	$C_4 \rightarrow C_3$	0.092
		C4	0.4	C6	0.4	$C_4 \rightarrow C_6$	0.123
		C4	0.4	C7	0.3	$C_4 \rightarrow C_7$	0.092
		C5	0.6	C3	0.3	$C_5 \rightarrow C_3$	0.138
		C5	0.6	C6	0.4	$C_5 \rightarrow C_6$	0.184
		C5	0.6	C7	0.3	$C_5 \rightarrow C_7$	0.138
$Q_3 \rightarrow Q_2$	0.693	C1	1	C4	0.4	$C_1 \rightarrow C_4$	0.277
		C1	1	C5	0.6	$C_1 \rightarrow C_5$	0.416

#### 4. C'群學生學習概念圖

將表 4-2-18 中所有概念關聯與其影響程度建構成 C'群學生初步學習概念圖，如下圖 4-2-16 所示：

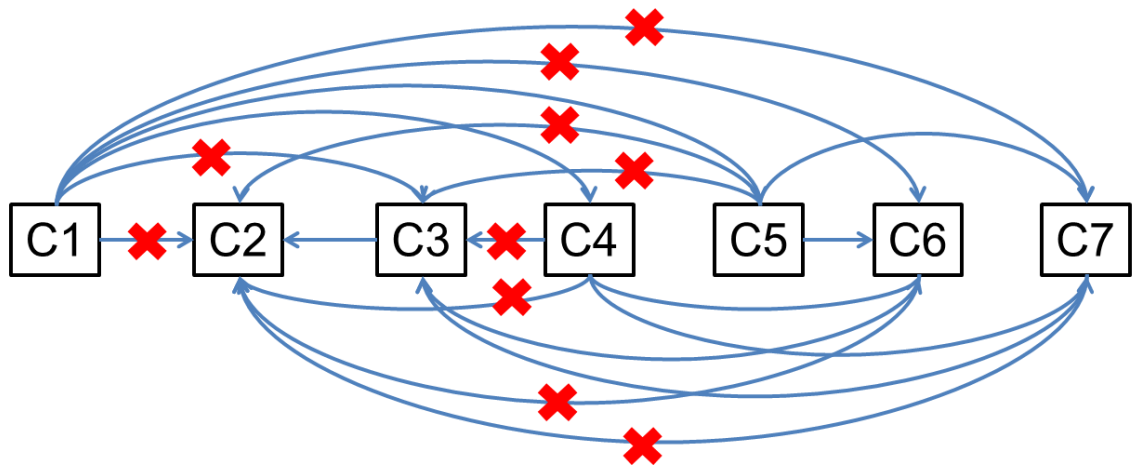


圖 4-2-16 C'群學生初步學習概念圖

根據第三章第三節提到的簡化原則，將 C'群學生初步學習概念圖簡化，圖 4-2-17 為簡化並標上各影響程度後之學習概念圖。

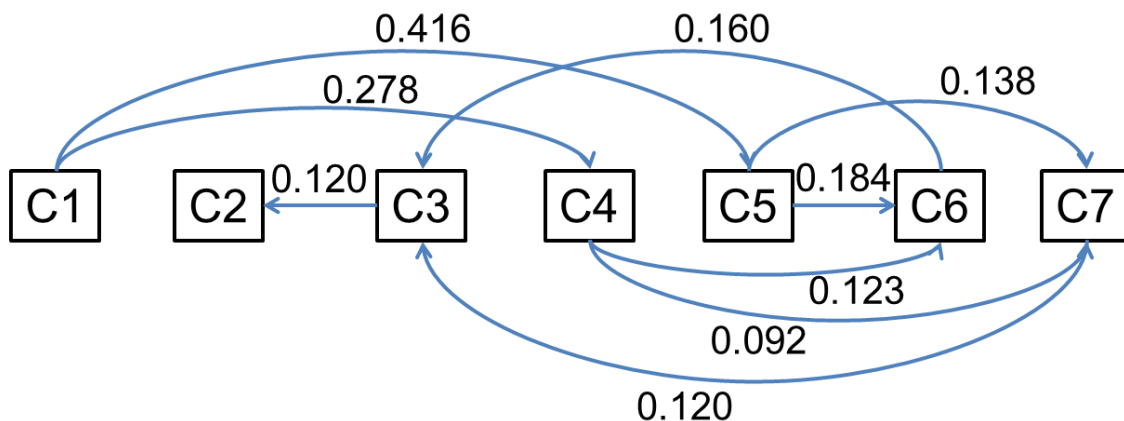


圖 4-2-17 C'群學生簡化後之學習概念圖

將簡化後之學習概念圖重新排列，找出根節點，並標上概念名稱，得到 C' 群學生之學習概念圖，如圖 4-2-18 所示。

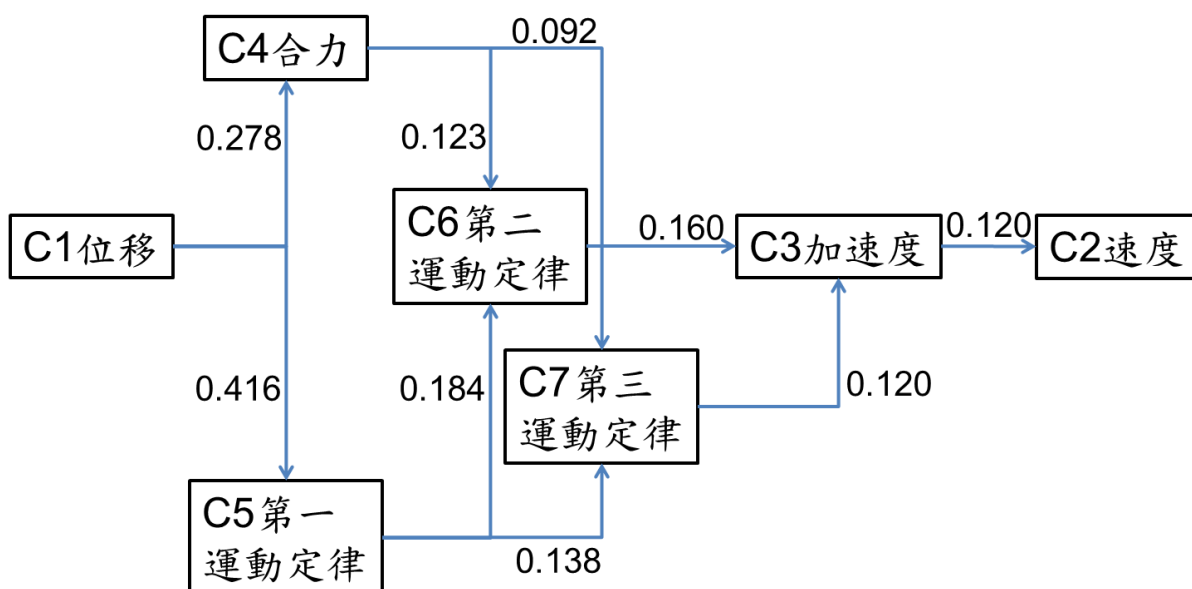


圖 4-2-18 C'群學生學習概念圖

利用資料探勘之關聯規則技術，可建構出以 S-P Chart 為分群基礎之各群學習概念圖，其中 A 群與 A' 群學生因答錯題目較少，答錯試題之關聯規則也就相對較低，但將最小信心水準降低為 0.15 後，仍可建構出該二群之學習概念圖，惟概念間的影響程度較 B 群、B' 群、C 群、C' 群低。研究結果發現，依關聯規則所建構出的各群學習概念圖與課程編排順序有很大的差異。A 群與 B 群學生之

學習概念圖結構較簡單，根節點數較多，且路徑較短，A'群學習概念圖結構與其他群有明顯的差異，概念 C2(速度)、概念 C3(加速度)屬於前段的概念，概念 C1(位移)屬後段概念，與其他群學生學習概念圖恰好相反，此結果可和 S-P Chart 診斷分析呼應，A'群學生的學習狀況被診斷為粗心大意型，得分高但答錯題目難預測。B 群與 B'群學習概念圖的後段概念相同，前段概念有部分相同，中斷概念 B'群就較 B 群複雜，再與 C 群與 C'群學習概念圖比較，發現得分愈低的學習概念圖結構就愈複雜，但概念 C1(位移)皆為根節點(前段概念)，概念 C3(加速度)、概念 C2(速度)屬後段概念，可見對於 B 群、B'群、C 群、C'群學生來說，速度、加速度屬較難理解的概念。

本研究結果與王富民(2009)研究結果比較後發現，C 群與 C'群學生之學習概念圖結構與王富民(2009)研究中的中分群學生學習概念圖結構相同，C 群與 C'群學生得分小於整份試題總分之 50%，得分較低的學生對於速度、加速度等概念較不易理解。而 A 群、A'群、B 群、B'群之學習概念圖結果與王富民(2009)研究皆無相同結構之處。

本研究設定 A 群與 A'群答錯試題關聯規則之最小信心水準相等，皆為 0.15，但比較 A 群與 A'群學生之學習概念圖，發現兩者結構有很大的差異；本研究亦設定 B 群與 B'群答錯試題關聯規則之最小信心水準相等，皆為 0.4，比較 B 群與 B'群學生之學習概念圖結果，發現兩者結構亦不相同。A 群與 A'群在得分上皆屬高成就之學生，但分析兩群作答情形，得到不同的學習概念圖結構；B 群與 B'群學生也是如此，此兩群在得分上之成就相同，但分析作答情形後得到不同的學習概念圖結構。由此可見，即使學生的得分相同，也可能會有不同的學習狀況，如果只以得分將學生分為高分群、中分群、低分群，就容易忽略部分學生之學習情況。S-P Chart 從個別學生的作答反應，診斷學習狀況，而非只從得分或排名去衡量，因此可做出更準確的分群，以 S-P Chart 為分群基礎可得到更細緻的學習概念圖。

### 第三節 學習成效評估結果

本研究以上節所述各群概念圖結果為基礎，依學生前測作答資料建立學生個別之補救學習路徑。本研究為了評估經補救學習之後，學習成效是否有改善，從參與前測的 113 學生中隨機抽取 40 人進行補救學習與後測，並使用「成對樣本 t 檢定」進行統計分析，比較學生之前測成績與後測成績是否有差異。全體學生與各群分析結果如下：

#### 一、全體

全體參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-1 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-2 所示。

表 4-3-1 全體學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	47.50	40	23.83	3.77
後測成績	52.73	40	23.13	3.66

表 4-3-2 全體學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
	平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的 95% 信賴區間				
				下界	上界			
後測成績-前測成績	5.2272	16.237	2.5673	0.0344	10.420	2.036	39	0.049

從表 4-3-2 可知，全體學生後測成績與前測成績差的 95% 信賴區間為(0.0344, 10.420)，此區間不包含 0，且大於 0，也就是全體學生的後測成績高於前測成績，表示學生經補救學習路徑引導後，學習成效有顯著提升。

#### 二、A 群

A 群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-3 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-4 所示。

表 4-3-3 A 群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	83.33	6	8.16	3.33
後測成績	72.27	6	12.53	5.12

表 4-3-4 A 群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自 由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	-6.061	13.687	5.5876	-20.42	8.3028	-1.085	5	0.328

從表 4-3-4 可知，A 群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(-20.42, 8.3028)，此區間包含 0，A 群學生經補救學習路徑引導後，學習成效沒有顯著差異。

### 三、A'群

A'群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-5 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-6 所示。

表 4-3-5 A'群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	65.00	4	19.15	9.57
後測成績	79.55	4	4.55	2.27

表 4-3-6 A'群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自 由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	14.545	21.869	10.934	-20.25	49.34	1.33	3	0.276

從表 4-3-6 可知，A'群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(-20.25, 49.34)，此區間包含 0，A'群學生經補救學習路徑引導後，學習成效沒有顯著差異。

#### 四、B 群

B 群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-7 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-8 所示。

表 4-3-7 B 群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	56.67	6	8.16	3.33
後測成績	69.70	6	12.42	5.07

表 4-3-8 B 群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自 由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	13.03	5.196	2.121	7.578	18.483	6.143	5	0.002

從表 4-3-2 可知，B 群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(7.578, 18.483)，此區間不包含 0，且大於 0，也就是 B 群學生的後測成績高於前測成績，表示學生經補救學習路徑引導後，學習成效有顯著提升。

#### 五、B'群

B'群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-9 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-10 所示。

表 4-3-9 B'群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	60	5	0	0
後測成績	43.64	5	13.48	6.03

表 4-3-10 B'群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	16.364	13.484	6.030	-33.11	0.379	2.714	4	0.053

從表 4-3-10 可知，B'群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(-33.11, 0.379)，此區間包含 0，B'群學生經補救學習路徑引導後，學習成效沒有顯著差異。

#### 六、C 群

C 群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-11 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-12 所示。

表 4-3-11 C 群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	28	10	10.33	3.27
後測成績	37.27	10	16.84	5.33

表 4-3-12 C 群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自 由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	9.273	12.812	4.052	0.107	18.438	2.289	9	0.048

從表 4-3-12 可知，C 群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(0.107, 18.438)，此區間不包含 0，且大於 0，也就是 C 群學生的後測成績高於前測成績，

表示學生經補救學習路徑引導後，學習成效有顯著提升。

### 七、C'群

C'群參與補救學習學生的前後測成績敘述統計如表 4-3-13 所示，其成對樣本 t 檢定結果如表 4-3-14 所示。

表 4-3-13 C'群學生敘述統計

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前測成績	24.44	9	8.82	2.94
後測成績	35.35	9	16.67	5.56

表 4-3-14 C'群學生成對樣本 t 檢定

	成對變數差異					t	自 由 度	顯著 性(雙 尾)
	平 均 數	標 準 差	平均 數的 標準 誤	差異的 95%信 賴區間				
				下界	上界			
後測 成績- 前測 成績	10.91	12.792	4.264	1.076	20.742	2.558	8	0.034

從表 4-3-13 可知，C'群學生後測成績與前測成績差的 95%信賴區間為(1.076, 20.742)，此區間不包含 0，且大於 0，也就是 C'群學生的後測成績高於前測成績，表示學生經補救學習路徑引導後，學習成效有顯著提升。

## 第五章 結論與未來研究

本研究利用資料探勘之關聯規則技術，依學生不同學習狀況分別建構概念圖，以了解學生對於概念理解的順序，提供教學者幫助他們了解學生學習上的障礙與盲點，並提供給教科書編排的領域專家參考。此外，一般的大班制教學環境中，很難依學生個別特性做適性化教學，本研究以 S-P Chart 為分群基礎，依學生個別學習狀況做更準確的分群，達到更準確、更徹底的適性化教學。本章敘述本研究之結論與建議。

### 第一節 研究結論

#### 一、以 S-P Chart 為分群基礎建構各群學生學習概念圖

利用 S-P Chart 分析學生測驗作答資料，利用資料探勘之關聯規則技術，可建構出不同學習狀況學生之學習概念圖。研究結果發現，A 群與 A'群學生因答錯題目很少，答錯試題關聯規則信心水準也相對較低，但將最小信心水準設定降低之後，仍可建構出學習概念圖，惟概念間的影響程度較 B 群、B'群、C 群、C'群低，而每一群學生之學習概念圖都與一般課程編排順序有所差異，教學者可從概念圖中了解學生的學習困難與盲點，調整學生的學習順序。

本研究結果發現，得分愈高學生(A 群、B 群)學習概念圖結構愈簡單，反之，得分愈低學生(C 群、C'群)學習概念圖結構愈複雜，而 A'群學生學習概念圖結構與其他群有明顯差異，前段概念與後段概念皆和其他群學習概念圖相反，此結果可和 S-P Chart 診斷分析呼應，A'群學生的學習狀況被診斷為粗心大意型，得分高但答錯題目難預測。與先前研究結果比較，C 群、C'群學生與中分群學生學習概念圖結構相同。但若只將學生資料分為高分群、中分群、低分群，得到的學習概念圖結構較一致，而以 S-P Chart 為分群基礎，可發現學生得分高低與學習概念圖結構複雜度有相關，得到分數較高的學生學習概念圖結構較簡單，根節點數

較多且路徑較短。

以 S-P Chart 將學生分成六群，可更準確地建構不同學習狀況學生之學習概念圖。A 群學生與 A' 群學生都屬於得到高分的學生，但研究結果發現，A 群與 A' 群學生的學習概念圖結構差異很大；B 群學生與 B' 群學生也有相同的情況，如果只以得分來看，B 群與 B' 群學生學習成就相同，但研究結果顯示，B 群與 B' 群學生之學習概念圖結構不相同，由此可見，如果只以高分、中分、低分群做分群，就容易忽略部分學生的學習情況，S-P Chart 從個別學生的作答反應，診斷學習狀況，而非只從得分或排名去衡量，因此可做出更準確的分群，達到更徹底的適性化教學。

## 二、以補救學習路徑進行補救學習之學習成效

本研究以各群學習概念圖為基礎，建立學生之個別補救學習路徑並進行補救學習，研究結果發現，參與實驗的全體學生學習成效有顯著進步，而以分群資料來看，B 群、C 群、C' 群學生經補救學習後，學習成效有顯著進步。

本研究結果可提供給教師教學與領域專家編排教科書時參考，另也可提供給系統開發者參考，以快速建構學習概念圖與補救學習路徑，開發即時且適性化的數位學習系統。

## 第二節 未來研究

基於本研究相關結果，未來研究之建議如下：

### 一、使用不同分群方式

除了 S-P Chart 外，是否還有其他方式，來判別學生學習成效，以不同分群基準，建構學習概念圖，其結果可與本研究比較。

### 二、發展個別學生之個別學習概念圖

本研究利用學生答錯試題的關聯規則建構出學習概念圖，是必須以群體學生為單位，若能只分析個別學生答題歷程，就能建構出個別學生專屬的學習概念圖，

達到以個人為單位的適性化學習，這是未來可以繼續研究的地方。

### 三、建構數位學習系統

本研究建構學習概念圖的方法，可提供給數位學習系統開發者參考，開發適性化之數位學習系統。

## 參考文獻

- 王富民 (2009)。以資料探勘技術分析學習評量資料—以國中力與運動概念為例 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所碩士論文。臺北市。
- 余民寧(1997)。教育測驗與評量—成就測驗與教學評量。臺北市：心理。
- 呂秋文(2000)。新數學科教材教法。臺北市：五南圖書。
- 佐藤隆博(1975)。S-P 表の作成と解釋：授業分析：學習診斷のために。東京：明治圖書。
- 柯皓仁、楊雅雯、吳安琪、戴玉旻、楊維邦(2002)。個人化及群體化圖書館資訊服務初探。國家圖書館館刊，91(1)，161-195。
- 陳垂呈(2004)。利用關聯規則發掘圖書館個人化之書籍推薦。圖書資訊學刊，2(2)，87-103。
- 陳建宏(2000)。以色列屬性關聯規則建立影像分類決策之研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學資訊工程研究所學位論文。臺北市。
- 陳建傑(2010)。基於借閱目的之資料清理機制研究—以興趣目的為例(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學圖書資訊學研究所碩士學位論文。臺北市。
- 彭文正(2001)。資料採礦：顧客關係管理暨電子行銷之應用。臺北：數博網資訊。
- 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯(2005)。資料探勘 Data Mining。臺北：旗標。
- 謝建成、林湧順(2006)。書目探勘讀者使用圖書館之行為。教育資料與圖書館學，44(1)，35-60。

- Ausubel, D. P. (1962). A subsumption theory of meaningful verbal learning and retention. *The Journal of General Psychology*, 66(2), 213-224.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*: Grune & Stratton New York.
- Cabena, P., Hadjinian, P., Stadler, R., Verhees, J., Zanasi, A., ., I. B. M. C., & ., I. T. S. O. (1998). *Discovering data mining: from concept to implementation (Vol. 1)*: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Chiou, C. C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International*, 45(4), 375-387.
- Chung, H. M., & Gray, P. (1999). Special section: data mining. *Journal of Management Information Systems*, 16(1), 11-16.
- Hall, C. (1995). The devil's in the details: techniques, tools, and application for database mining and knowledge discovery part II. *Intelligent Software Strategies*, 6(9), 1-16.
- Hen, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data mining: concepts and techniques*, 3/e. Morgan Kaufmann.
- Hwang, G. J., Shi, Y. R., & Chu, H. C. (2011). A concept map approach to developing collaborative Mindtools for context-aware ubiquitous learning. *British Journal of Educational Technology*, 42(5), 778-789.
- Kelley, T. L. (1939). The selection of upper and lower groups for the validation of test items. *Journal of Educational Psychology*, 30(1), 17-24.
- Kumar, V., & Chadha, A. (2012). *Mining Association Rules in Student's Assessment*

- Data. *International Journal of Computer Science Issues*, 9(5), 211-216.
- Lee, C. H., Lee, G. G., & Leu, Y. (2009). Application of automatically constructed concept map of learning to conceptual diagnosis of e-learning. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1675-1684.
- Liao, S. H., & Chen, Y. J. (2004). Mining customer knowledge for electronic catalog marketing. *Expert Systems with Applications*, 27(4), 521-532.
- McClure, J. R., Sonak, B., & Suen, H. K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of research in science teaching*, 36(4), 475-492.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Florida Institute for Human and Machine Cognition Pensacola Fl, www. ihmc. us.[<http://cmap. ihmc. us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/TheoryUnderlyingConceptMaps. htm>], 284.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*: Cambridge University Press.
- Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1993). The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students. *Journal of research in science teaching*, 30(5), 503-534.
- Sato, T. (1985). *Introduction to student-problem curve theory analysis and evaluation*. Tokyo: Meiji Tosho.
- Tan, P. N. (2007). *Introduction to data mining*: Pearson Education India.