

國小三年級學童自然科「蠶」 與「輕與重」知識表徵結構之研究

陳永發

桃園縣茄苳國小教師

摘 要

本研究運用接近性判斷法、語辭聯想法與概念構圖法探究國小三年級學童在自然科學習單元中有關「蠶」與「輕與重」的知識表徵結構為何？並進一步探究國小三年級學童在兩個單元的知識表徵結構間是否有跨單元的情形發生，同時亦探究學生專家與學生生手在這些表現上的差異。

研究結果顯示：受試者在同一單元內的概念配對的連結強度顯著高於跨單元概念配對的連結強度；概念關聯程度量表中，教師、學生專家與學生生手在表現趨勢上並沒有顯著的差異。透過概念連結作業的分析，可以建立個別受試者的知識概念結構圖，並進一步予以計分。學生專家所建構的概念結構圖其複雜程度顯著高於學生生手所建構的概念結構圖；而學生的概念結構圖跨單元與否並不會影響學生在學業成就上的表現。研究者並據以提出研究上與教學上的建議。

關鍵詞：知識表徵、知識結構

壹、緒論

自然科的學習強調概念的理解與獲得。要了解學生是否理解教材的內容，現行的方式仍以紙筆測驗或實驗操作來瞭解學生理解的程度。然而學生其腦海中所建構的自然科學知識究竟是如何表徵？概念與概念間是如何連結？其連結的強度為何？認知心理學者提出許多不同的看法。在實際的自然科教學過程中，學生所學習的內容是代表不同知識概念的學習單元。就科學的知識觀點來看，不同的學習內容雖然被安排在不同的學習單元裡，但是其所涵蓋不同科學概念之間往往是有所關聯的。然而，學生是否也建構出有關聯的知識結構？教材中單元的區分是否會影響學生知識表徵的結果？要了解這些，就必須瞭解學生是如何表徵其所學習的教材內容。所以，本研究以三年級下學期實際教學的過程中所學習的「蠶」與「輕與重」兩個單元為內容，探討國小三年級的學童如何表徵自然科中不同學習單元的學習內容，並進一步探究專家學生與生手學生在這些表現上的差異。

貳、有關知識表徵結構之文獻探討

一、何謂知識

從認知心理學的觀點來看，知識就是個體所獲的訊息、記憶中訊息的組成與整合、長期記憶的內容(Bruning, etal 1999)、認知的結構(彭聘齡、張必隱，1999)或是心的組成物(Haberlandt, 1997, p.133)。要了解知識的表徵就必須了解認知心理學對知識相關的看法，像是知識的種類以及組成知識的基本單位。

(一)知識的種類

Mayer(1981)將知識區分為三類(引自林清山譯，1991: 10-11)：語意知識(semantic knowledge)：是指一個人對世界的事實知識；程序性知識(procedural knowledge)：意味著個體在特殊情境下所使用的算則，或一系列的步驟；策略性知識(strategic knowledge)：指的是如何去學習、記憶以及解決問題的一般性方法。Haberlandt(1997: 134)指出認知心理學將知識區分為陳述性的知識(declarative knowledge)與程序性的知

識兩大類。Tulving(1972)將陳述性知識進一步區分為語意知識(semantic knowledge)與情節式知識(episodic knowledge)。語意知識所指的是個體對於概念和原則，以及其彼此間關聯的知識。情節式知識則是有關個體自傳式經驗(autobiographical experience)的貯存與提取。兩者均由概念、命題與基模所組成。程序性知識則為一套產出(production)系統，由許多腳本(script)所組成(Haberlandt, 1997: 46-48)。

綜合上述，認知心理學者將知識區分為陳述性與程序性知識兩大類。這樣的區分是為了解知識如何表徵以及知識形式上的方便。實際上，在大部分的場合裡，個體在進行認知的過程中，往往同時涵蓋了陳述性的知識與程序性的知識(Best, 1999: 12)，兩者存在著交互作用(interplay)的關係(Bruning, 1999: 13)，兩類知識相輔相成促使個體認知更加有效率。

(二)知識的組成單位

Bruning et al(1999: 49-61)認為知識的認知組成單位有概念(concept)、命題、產出(production)、腳本。Kellogg(1995)指出知識的表徵在文獻上被以不同的形式來加以描述，像是基模(schema)、心理模式、類別、概念、腳本及架構(frame)。Haberlandt(1997: 134)指出知識所形成的心理表徵包括概念、屬性(features)、命題、腳本、基模、心像、心理模式(mental model)、產出(production)系統、條件(condition)、行動(action)與符號。這些組成單位各有其不同的表徵方式。

由上述知識的種類以及其組成單位的分析可知陳述性與程序性的知識兩者有不同的內涵以及組成要素，茲將這兩種知識的組成單位與特點如表一。

表 1

陳述性與程序性知識的類別、單位與特點

		類別	單位	特點
知識 (長期記憶)	陳述性知識	語意知識	概念、屬性、命題、腳本、基模、心像	有意識的、事實的、knowing what、可表達的、靜態的、語文的
		情節知識	心理模式與符號	
	程序性知識		產出系統、條件、行、基模、腳本、心的、行動的、心理模式	技能的、自動化的、迅速的、knowing how、難以表達的、非語文的

二、知識的表徵與結構

(一)何謂知識表徵

表徵是認知心理學重要的概念之一，所以了解表徵的涵義，有助於了解知識是如何表徵的。彭聃齡、張必隱(1999：8)將知識的表徵視為認知的結構。Glass(1986)認為訊息的記載與表達的方式稱為對這種訊息的表徵.....表徵代表著相應的訊息(引自彭聃齡、張必隱，1999：8)。

張氏心理學辭典指出，在一般心理學上，表徵是指將外在現實世界轉換為心理事件的歷程。認知心理學的訊息處理論認為表徵是將訊息經譯碼後轉換成另一種形式以便於貯存或表達的歷程(張春興，1989：331)。Mandler(1985)認為表徵是知識與知識間的組織方式，亦即與基模相符一致。表徵既代表和傳遞某種事物的訊息，同時它又是一種內部的心理結構。表徵在訊息處理的過中形成，同時又對隨後的訊息處理具有調節與控制的作用。

綜合上述有關表徵的敘述可知，知識表徵是個體將從外在所獲得的訊息，進一步處理，以某種形式貯存在個體的長期記憶中，並且能夠提取用以協助個體有效地進行各類的認知活動，像是知覺、型態辨識、記憶、回憶、閱讀、問題解決...等活動，是個體認知的內在歷程與結果。

(二)不同學者對知識表徵的區分

不同學者對知識表徵的區分有不同的看法，茲分別敘述如下：

Bruning et al(1999)將知識的表徵視為長期記憶的結構與模式，認為長期記憶的表徵方式有三大類：1.由不同的認知單位來加以表徵，像是概念、命題、基模、產出系統與腳本，每一種認知單位均有其不同的表徵方式；2.以語意模式來加以表徵，像是網絡模式(network models)、ACT 模式；3.種將長期記憶的表徵方式區分為語文(verbal)與心像(imaginal)的表徵，也就是 Pavis 的雙符碼理論(dual coding theory)。

Anderson(1990, pp.86-145)將知識的表徵區分為以知覺為基礎的知識表徵(perception-based knowledge representation)以及以意義為基礎的知識表徵(meaning-based knowledge representation)兩大類。知覺為基礎的知識表徵保留許多最初知覺經驗的結構。此一類的知識表徵有心像(images)與線性順序兩種(linear orderings)，心像保留有關物體在空間中的位置以及物體的視覺性質的訊息；線性順序則保留事件發生或處理的順序，像是在一個句子中字詞的順序；意義為基礎的知識表徵收錄(encode)事件的意義同時刪除不重要的知覺訊息。任何事件(event)最初均包括語文(verbal)與視覺(visual)的訊息，這些訊息很快地被遺忘，只留下有關此一事件的意義的訊息。所以此一表徵是經由抽象化以及意義化的知識表徵。此一類的表徵有兩種一為命題的表徵另一為基模。其中基模收錄了命題、心像、線性順序等表徵。

鄭昭明(1993：272-289)指出自 1969 年以來對知識表徵與結構的相關模式有心理字彙(mental lexicon)、Quillian 的網狀模式(semantic net network model；teachable language comprehender，TLC)、語意屬性模式(semantic feature)、擴散活化模式(spread of activation)、命題的知識結構、LNR(Lindsay、Norman and Rumelhart)系統、高層的知識結構模式與類比的表徵等七種。其中網狀模式、語意屬性模式與擴散活化模式均主張概念視知識的基本單位，在模式中以一個節點表示之；其餘對於知識的表徵則有不同的看法。

Solso 指出知識的表徵有五個主要的模式(吳玲玲譯，1998：297)：群集模型(clustering model)：概念傾向以群集的方式組織起來；理論集合模式(set-theoretical)：概念在記憶中是以集合的型態出現，或者是訊息的集合；語意屬性比較模型(semantic feature-comparison)：概念在記憶當中表徵的是一組語意特徵；網絡模型(network)：知識是許多獨立的單元以網絡的方式連結起來。例如 TCL、ACT 模式；腦神經認知模式(neurocognitive model)：知識的表徵是腦神經網絡的組織，是存在於不同單位之間的連結。

(三)有關知識表徵的相關陳述與模式

1.網狀模式

Quillian 認為人的知識系統是一個階層狀的結構。此一模式為一計算機的程式，用電腦模擬人類的語文理解與語言行為，亦稱為可教的語言理解者(teachable language comprehender)。

在這個模型中語意記憶的基本成分是用以表徵一特定個體或概念的節點(node)，節點包括單位與特徵。在這些節點之間具有連結的關係，形成一階層性的網絡。單位可以是物件(object)、事件(event)或思想(idea)，幾乎所有能夠以名詞或名詞片語所表徵的都是本模式的單位；而特徵用以描述或說明一個單位的結構，其功能類似於一個語句的述詞(predicate)、形容詞、副詞的概念。單位與特徵的連結具認知精簡性(cognitive economy)的功能，可避免增加認知的負荷。

節點和屬性之間是由→所聯繫。這些→表示網絡中各種成分之間具有直接的聯繫，節點直接聯繫於它所具有各種屬性(彭聃齡、張必隱，1999：200)。此一模式不僅標示訊息提取的方向，而且假設訊息提取距離越遠，所花的時間就越長。

2.語意屬性比較模式(semantic feature-comparison model)

由 Smith 與 Shoben 與 Rip 於 1974 年所提出，主要的目的是補足 TLC 解釋上的困難之處。

此一模式認為知識是由一個多向度的空間所組成，每一個概念在此一空間內佔據一個位置，兩個不同概念之間的語意距離可以從兩者在此空間的幾何距離來決定；距離越小則兩者之間的語意距離越小，反之則越大。

概念可以經由此一概念在此空間內各個向度的質量來表示。一個概念是由一組的屬性(features)來代表的。屬性可以分為定義性屬性(defining feature)與特徵性屬性(characteristic feature)兩類。前者是界定其類別歸屬的屬性。特徵性的屬性是此一概念所獨有的屬性。

任何概念都有許多特徵代表，這些特徵有些是重要的有些是不重要的，其中的關鍵在於定義性的屬性，較不重要的就是特徵屬性。例如想要判斷「知更鳥是鳥」是否為真的敘述，就必須比較「知更鳥」和「鳥」的定義性特徵與屬性特徵。重疊的越多句子就越真，也就是該類別中越典型的例子。一類事物中越典型的例證所需反應的時間也就越短。例如「知更鳥是鳥」就比「雞是鳥」的反應時間要短，因為知更鳥是較為典型的鳥類(鄭麗玉，1993：75)。

3. 擴散激發模式

此一模式主張知識是一個複雜的連結網絡，特定的概念在有關的概念間以聯線(links)擴散開來。概念的連結強度由連線的長短表示之，越短表示連結越強，越長表示連結越弱。這個模式指出個體要想起某一個概念，由相關聯的字或提示(prime)活化，而越近的連結活化越快(鄭麗玉，1993)，也就是說因為擴散而被活化的節點被活化的程度決定於這些節點與最初被活化的節點之間關聯的強度。

擴散活化模式基於層次網絡模型的基礎而發展，但失去了在層次網絡模型中所具有的單純性與簡易性。此一模式沒有提出一個統一的語意知識組織，認為概念和屬性之間是根據個人經驗而被聯繫起來的，並沒有決定這種聯繫的統一模式，不但在概念和屬性的組織方面有其複雜性；而且此一模式亦未解釋當兩個概念被活化以後如何做出決定也需要經過一個複雜的過程(彭聘齡、張必隱，1999：206)。

4. 命題的知識結構(ACT(adaptive control of thought；ACT-E、ACT-* & ACT-R))

ACT 理論隨著時間的演變不斷地修正。Anderson 於 1976 年提出 ACT-E，於 1983 提出 ACT*，最近於 1990 與 1993 的書中提出 ACT-R。其中 R 所代表的就是理性(rational)之意，強調在認知的理性層次(Best, 1999：194)。

在 ACT-E 模式中以節點將概念表徵為主動的(active)與非主動(inactive)的兩種狀態。主動的節點可以表徵認知系統中的概念，一旦此一節點被活化，將擴散到其他連結的節點，使原本的節點由不主動的狀態改變為主動的狀態。在 ACT*模式中主張不同

概念間的連結具備不同的活動(Best, 1999 : 194)。

5.LNR 系統

Norman 與 Rumelhart(1975)指出其所提出的模式是一個主動的結構網絡(active structural network)模式。此一模式既可描述陳述性知識，也可以描述程序性的知識。其主要是由節點與有標籤關係(labeled relation)所組成。後者具有方向性，譬如一個附了標籤「是一個」的連結，從一個方向來看表示一個「與上層」的關係(例如：麻雀是一種鳥)，但反方向則表示一個「與下層」的關係(例如：類別概念「鳥」底下有「麻雀」)。本模式最基本的運作單位是以一個行動(action)為中心的事件(event)，包括行動的主事者(agent)、接受者(recipient)與物件(object)。此一模式並未說明如何詮釋與預測知識的吸收與使用的現象(鄭昭明，民 1993 : 283-284)。

6.高層的知識結構模式

(1)基模

基模是指一般物體與事件，包括一般訊息的知識型態。基模是物件或事件動態的心理表徵(Kellogg,1995 : 166)，也是個體內在事先的期望與解釋方式(Chafe,1990)。基模經常涵蓋了一個次基模(subschemas)，並且具有不同的型態，屬於物體物件的基模為架構(frames)，屬於事件的基模則稱為腳本，用以表徵問題的基模則稱之為問題基模(problem schemas) (Haberlant,1997 : 141)。

(2)腳本

腳本為基模的一種，由 Schank 與 Abelson 於 1979 年提出，用以代表日常生活中經常出現的事件序列，是一種最簡單的知識結構，基於腳本的知識個體可以推論後續的行動，不須藉由詳細的陳述與對話。腳本由兩類的變項所組成：一類是配備(props)，另一類是角色(role)。每一腳本包括一組進入狀況(entry conditions)、一序列的場景(scenes)與一組結果(results)。

7.類比的表徵

個體將外界的事物以類比的訊息(analogical information)來貯存於知識系統裡面，則此種的知識稱為類比的表徵(analogical representation)。類比的表徵以類似於外界實物的心像貯存於記憶中的訊息。

8.神經網絡模型(neural network model)(彭聘齡、張必隱，1999 : 206-209)

神經網絡是由一組平行運作的小處理單位所組成，其間包括輸出與輸入的連結，每一個連結之間有不同的強度，此一強度決定了活化的程度。在神經網絡模型中，把儲存於語意的部分稱為語意分析器(semantic analyzer)。在語意分析器中有無數個對語意

進行編碼的節點。這些節點能從語言分析器、視覺分析器中接受輸入，並且將有關的知識儲存在此一節點或其他節點的聯繫之中。這些節點依照層次來排列。Martindale(1991)認為，通過這種層次的結構可以將訊息編碼為越來越抽象的概念。神經網絡的層次與層次網絡模型不同，在神經網絡模型的概念節點中，並不包括所有的屬性，而且其最高的節點代表最基本的概念。

神經網絡模型中，雖然連線的長度都一樣，但是其強度並不相同。具典型性的概念其與上位概念之間的聯繫就越強。同時概念之間並無否定的連線。此外此一模型中亦存在著側抑制的機制。所謂側抑制(lateral inhibition)指的是同一水平的節點之間互相進行抑制。

9.連結論者模式(Brunning et al., 1999 : 72-73)

(1)由電腦隱喻到人腦隱喻(由序位處理到平行處理)

認知心理學者對個體認知的隱喻以由過去的「電腦」隱喻(computer metaphor)轉換為人腦隱喻(brain metaphor ; brainlike)。由過去認為個體認知採取序位處理(serial processing)轉變為認為平行處理(parallel distributed processing)的連結模式。McClelland(1988)指出連結論者與一般認知理論的差異是，大部分的認知理論均認為知識均是以一靜態的型態拷貝(copy of pattern)加以貯存；連結論者則認為知識是以簡單的處理單位(processing unit)之間的連結強度(connection strength)來貯存，而不是單位本身。這些連結強度允許原本的貯存類型被加以重新創造(re-created)。

連結模式認為個體在認知時，採取平行處理的方式，所以同一時間可以從不同的向度來處理所認知的事物，其歷程兼具由上而下、由下而上、上下交互(interactive)三種處理歷程。

(2)分散的表徵(distributed representation)

另外一個連結論者模式重要的概念是分散的表徵，意指知識是貯存在處理單位間的連結強度，而不是單位本身。此一模式處理單位可以類比為神經元(neurons)，處理單位之間的連結可以類比為突觸(synapse)，此一類比方式有助於研究者了解大腦的結構與功能。

三、知識結構的測量

(一)測量知識結構的步驟

Goldsmith, Johnson, and Action(1991)認為測量知識結構有三大步驟，分別為「引出知識」(knowledge elicitation)、「表徵知識結構」(knowledge representation)、以及「評量知

識結構」(evaluation of knowledge representation)(引自宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩，1998)。

1.引出知識

「引出知識」乃指以某種方法讓個體表現出對某些概念，以及對概念間關係的瞭解情形。常用以引出知識的方法有：

- (1) 聯想法(words association)，指受試者要求針對某些刺激說出他所聯想到的概念(Chi, Glaser, & Rees,1982)。
- (2) 卡片分類法(sorting)，要求受試者將寫在卡片上的概念加以分類。
- (3) 接近判斷法(similarity judgment)，要求受試者直接就兩兩配對的概念，判斷其語意接近的情形(Shepard & Chipman,1970；Goldsmith et al.,1991)。

上述各種方法主要是爲了瞭解每個概念配對之間的關聯的強度，以作爲進一步的分析。

2.表徵知識結構

「表徵知識結構」乃是將被引出的知識以某種表徵方法找出其結構。學者們曾使用「多向度量尺法」(multidimensional scaling, MDS)來處理接近性的資料以產生空間的構形，進而找出概念間的結構關係。Tversky and Hutchinson(1986)則認爲，使用「增生樹狀圖」(additive tree)更能代表知識的空間構形。Goldsmith 等人(Goldsmith et al., 1991；Acton, Johnson, & Chipman, 1994)則發展出「徑路搜尋法」(pathfinder)，用以轉換概念間的接近性資料，找出知識結構。

3.評量知識結構

「評量知識結構」則是將轉化後的知識表徵和某種「標準」加以比較，進而瞭解某個知識結構與該標準的差異有多大。

(二)概念構圖法

概念構圖是由命題(proposition)所組成，每一個命題包括兩個概念節點(concept node)及概念間的連結語(relation link)。概念在概念圖中以階層(hierarchy)的方式呈現，一般性；概括性概念排在上層，較特定、具體的概念則排在下層，而最下層往往是最具體的範例。

參、研究方法

根據上述有關知識表徵與知識結構的測量的文獻分析。基於研究的內容與研究者本身的能力，本研究以接近性判斷法、語意聯結法、自陳法與概念構圖法，研究國小三年級學童在「蠶」與「輕與重」兩個單元內容的知識結構。

一、研究對象

本研究對象選自桃園縣○○國民小學三年級的學生與自然科教師(4位，其中一位為甲、乙、丙、戊之任課教師)。本研究以班級為單位，選取甲(28人)、乙(30人)、丙(29人)、戊(30人)四個班級，共117人，因研究者能力與時間上的限制，採隨機分派的方式，使四個班級分別接受不同的作業與測驗(如表一)，並且依其本學期自然科期中考的成績，以班為單位，將班上的學生區分為高(25%)、中(50%)、低(25%)三組，將高分組的學生視為學生專家；低分組的學生為學生生手。

表 1

研究對象分組表

受試者	教師	甲	乙	丙	戊
總人數	4	28	30	29	31
高分組(學生專家)		7	7	7	7
中分組		14	16	15	17
低分組(學生生手)		7	7	7	7
作業與測驗	1.概念關聯程度量表。	1.概念關聯程度量表。	1. 概念關聯程度量表。 2. 概念連結作業。	1. 概念關聯程度量表。	1. 學習內容自陳作業。

二、研究工具

(一) 概念關聯程度量表(附件一)

本量表主要的目的是瞭解受試者認為兩個不同的學習單元中所出現的概念之間關聯的程度。其主要是針對國小三年級康軒版自然科第六冊課本中的第二單元「蠶」與第六單元「輕與重」的內容中所提及的12個概念，進行兩兩配對，共66題。其中第

二單元有五個；第六單元有七個，由本校三位自然科教師討論後提出(經由三位自然科老師討論的結果，希望能藉此了解學生是否能將第六單元中所獲得的「地球上所有的物質都有重量」的概念應用於第二單元中，所以選擇此二單元為研究的主題)。評定量表為五點量表，記分時「非常有關係」得五分；「滿有關係」得四分；「有關係」得三分；「只有一點點關係」的得二分；「沒有關係」的得一分。施測時，由研究者親自施測，根據指導語，確認學生了解如何回答量表之後，鼓勵學生從自然課中所學得的知識，快速地評定兩個名詞間的關聯程度。施測對象為，三年甲班、乙班與丙班，共 87 人；以及教師 4 人，施測時間約為二十分鐘。

(二) 概念連結作業(附件二)

本作業主要的目的是瞭解學生對於兩個名詞之間，是如何連結的，進一步發展學生的概念結構圖。本作業為一語句完成測驗，根據上述十二個名詞所發展出的六十六個配對，提供十個連接詞範例為參考(1...有關係...；2...有...；3...包括...；4...會產生...；5...會造成...；6...會影響...；7...組成...；8...的原因是...；9...可以...；10...是...)，鼓勵受試者根據自然課中「蠶」與「輕與重」所學得到的知識，找出兩個名詞中最適當的連接詞或完成一個句子。如果受試者認為兩個名詞之間無法用連接詞來連接或一點關係都沒有，就在括號中打「×」。本作業由研究者親自施測，施測對象為三年乙班，施測時間為六十分鐘。

(三) 學習單元內容自陳作業

本作業主要的目的是瞭解受試者如何運用文字或圖畫的方式，呈現其內在的知識內容。藉以推知其內在的知識表徵型式。本作業屬於開放式的紙筆測驗，施測時提供學生一張 A4 大小的空白紙，由施測者鼓勵學生就「蠶」單元中所學到的知識，用句子的型式或畫圖的方式將自己腦海中所想到的所有內容呈現出來。本作業由研究者親自施測，施測時間為四十分鐘。

三、研究程序

本研究的研究程序如表二。本研究經文獻探討的過程，發展出研究的主題與研究的方法。接著依據研究的目的、對象與內容發展研究工具。

國小三年級學童自然科「蠶」與「輕與重」知識表徵結構之研究

表 2

研究流程表

項次	工作內容	日期
一	決定研究題目	90.04.
二	文獻探討	90.04
三	發展研究工具	90.05
四	蒐集資料	
四之一	概念連結作業(三乙)	90.06.04
四之二	概念關聯程度量表(三甲、三乙、三丙、教師)	90.06.04-09
四之三	自陳作業量表(三戊)	90.06.06
伍	分析資料(量化分析與質化分析)	90.06
六	完成報告	90.06

四、資料處理

本研究主要採取量的分析與質的分析兩種分析方式，茲依不同的量表與作業加以陳述之。

(一) 概念關聯程度量表

1. 平均數分析

根據三年甲、乙、丙所有受試者在每一題試題上的表現情形予以表列並分析之。

2. t 考驗

將受試者在分屬於「蠶」、「輕與重」單元內概念的配對的試題平均分數，分別與跨單元配對試題平均分數的分數進行差異顯著性考驗。

3. 平均數折線圖

根據量表的所得的結果，輸入 office 97 試算表中，算出教師(4 人)、學生專家(高分組，21 人)與學生生手(低分組，21 人)在每個題目上得分的平均數，依據這些平均數劃出教師、學生專家與學生生手在所有題目表現上的折線圖，藉以瞭解三者之間的表現類型是否一致。

4. 變異數分析

用以考驗教師、專家與生手在「概念關聯程度量表」試題得分上的差異情形。

(二) 概念連結作業

1. 文句分析—形成概念結構圖

根據此一作業的內容，將每各受試者的知識結構具體化。用以瞭解受試者不同概念之間的連結情形與結構關係。

2. 結構型式分析

根據所分析出來的每一位受試者的概念結構圖。藉以分析、歸納受試者概念構圖的結構與型式，以瞭解不同單元的概念間的連結情形。

3. 概念結構計分

根據每一位受試者的概念結構圖與以計分。計分方法為出現的名詞數與連結的次數的總和，為每位受試者在概念結構圖上的分數，此一分數稱之為概念結構分數。

4. t 考驗

- (1) 用以考驗學生專家與學生生手在概念結構分數上的差異情形。
- (2) 用以考驗受試者跨單元與否在學業成績表現上的差異情形。
- (3) 用以考驗受試者跨單元與否在概念結構分數上的差異情形。

(三) 自陳作業

分析學生在自陳作業中的表現型式為何？其內容為何？進一步針對其內容的品質評定分數，將之與學業成績進行比較。

肆、結果與討論

一、受試者在概念關聯量表中的表現情形

(一) 受試者在概念關聯量表中整體表現情形

受試者在概念關聯量表中每一題的分的平均數如表三。由表三中發現平均數高於 4 分的概念配對中屬於「蠶」單元的配對有「完全變態-蠶」、「昆蟲-完全變態」、「卵-昆蟲」、「卵-完全變態」、「卵-蠶」、「蝴蝶-完全變態」、「蝴蝶-昆蟲」、「蝴蝶-卵」八個，其總平均分數為 4.32；屬於「輕與重」單元的配對有「天平-重量」、「地心引力—重量」、「重量-彈簧秤」、「彈簧秤長度-彈簧秤」與「蹺蹺板-重量」五個超過 4 分，其總平均分數為 2.90。另外，跨單元配對的得分介於 1.14 到 2.57 之間，其平均數為 1.52。

就其個別連結來看，「蠶」單元內的概念連結以「卵-完全變態」與「卵-蠶」的連結分數最高(均為 4.71)；「輕與重」單元內的概念連結以「天平-重量」的連結分數最高(4.22 分)，其中「方向」與其他概念連結的分數，均較其他配對的分數為低，顯示整體受試者認為「方向」的概念與「輕與重」單元內的其他概念關聯並不大，也就是說受

國小三年級學童自然科「蠶」與「輕與重」知識表徵結構之研究

試者可能並未建立「重量具有方向性」的概念。在跨單元概念配對方面，每個配對的平均數均未超過 3 分。顯示就整體受試者而言跨單元概念的配對，均具備較低的關聯性。

進一步分別將受試者在分屬於「蠶」、「輕與重」單元內概念的配對的試題平均數，分別與跨單元配對試題平均數的分數進行考驗，發現「蠶」與「輕與重」單元內概念的配對的試題得平均數均顯著高於跨單元配對試題得平均數(「蠶」： $t=20.87^{***}$ ， $P=0.000$ ；「輕與重」： $t=6.08^{***}$ ， $p=0.000$)。顯示受試者在單元內的概念配對的關聯強度顯著高於跨單元概念配對的關聯強度。

表 3

概念關聯程度量表各題平均數

題號	連結單位	平均數	題號	連結單位	平均數	題號	題目	平均數	題號	題目	平均數
27	完全變態-蠶	4.71	1	天平-重量	4.22	12	地心引力-完全變態	1.50	44	卵-彈簧秤長度	1.28
30	昆蟲-完全變態	4.45	2	天平-彈簧秤	3.67	13	地心引力-昆蟲	2.57	45	卵-跳跳板	1.29
35	昆蟲-蠶	4.26	3	天平-彈簧長度	2.48	15	地心引力-卵	1.62	48	蝴蝶-天平	1.41
40	卵-完全變態	3.98	4	天平-跳跳板	3.98	18	地心引力-蝴蝶	2.02	49	蝴蝶-方向	1.97
41	卵-昆蟲	4.36	5	方向-天平	1.50	20	地心引力-蠶	1.78	52	蝴蝶-重量	2.24
46	卵-蠶	4.71	6	方向-重量	1.60	21	完全變態-天平	1.21	54	蝴蝶-彈簧秤	1.34
50	蝴蝶-完全變態	4.60	7	方向-彈簧秤	1.47	22	完全變態-方向	1.28	55	蝴蝶-彈簧秤長度	1.40
51	蝴蝶-昆蟲	4.53	8	方向-彈簧秤長度	1.57	23	完全變態-重量	1.38	56	蝴蝶-跳跳板	1.31
53	蝴蝶-卵	4.34	9	方向-跳跳板	1.69	24	完全變態-彈簧秤	1.20	61	蠶-天平	1.33
57	蝴蝶-蠶	3.24	10	地心引力-天平	2.47	25	完全變態-彈簧秤長度	1.14	62	蠶-方向	1.66
			11	地心引力-方向	2.47	26	完全變態-跳跳板	1.26	63	蠶-重量	2.07
			14	地心引力-重量	4.12	28	昆蟲-天平	1.24	64	蠶-彈簧秤	1.38
			16	地心引力-彈簧秤	2.48	29	昆蟲-方向	1.60	65	蠶-彈簧秤長度	1.26
			17	地心引力-彈簧長度	2.24	31	昆蟲-重量	2.29	66	蠶-跳跳板	1.19
			19	地心引力-跳跳板	3.03	32	昆蟲-彈簧秤	1.34			
			36	重量-彈簧秤	4.03	33	昆蟲-彈簧秤長度	1.36			
			37	重量-彈簧秤長度	3.57	34	昆蟲-跳跳板	1.28			
			47	彈簧長度-彈簧秤	4.03	38	卵-天平	1.50			
			58	跳跳板-重量	4.14	39	卵-方向	1.57			
			59	跳跳板-彈簧秤	3.52	42	卵-重量	1.72			
			60	跳跳板-彈簧秤長度	2.66	43	卵-彈簧秤	1.38			
平均數	4.32		平均數	2.90		平均數			平均數	1.55	

(二) 教師、學生專家與學生生手在概念關聯量表中的表現趨勢分析

由 office 97 中試算表計算教師(4 位)、學生專家(21 位)與學生生手(21 位)在個試題中的平均數。由平均數畫出教師、學生專家與學生生手在整個試題的表現情形(如圖一，數列一代表學生生手；數列二代表學生專家；數列三代表教師)。由圖一可知教師、學生專家與學生生手在整個試題的反應曲線大約是一致的。由此可知教師、學生專家與

學生生手三者在此一試題中，在每個試題的反應情形趨於一致。

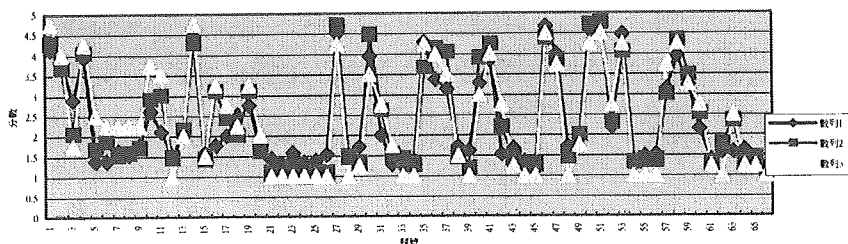


圖1 教師專家與生手概念關聯程度測驗之表現折線圖

(三)教師、學生專家與學生生手在每個試題上的變異數分析

爲了瞭解教師、學生專家與學生生手三者有沒有顯著的差異，所以以 SPSS for windows 6.0 進行變異數分析，以瞭解三者在每一個試題的差異情形。經由變異數分析的結果顯示三者在第十六題(地心引力—彈簧秤)的表現上有非常顯著的差異 ($F=6.8453_{(2,43)}^{**}, P=0.0026$)，進一步以 Scheffe' 事後比較的結果發現學生生手的分數 (3.0952) 明顯高於學生專家 (1.7619) 組，此一結果與常理推斷不符，有待進一步探究；其餘的試題並沒有顯著的差異。也就是說教師、學生專家與生手專家在不同概念關聯程度的表現上，並沒有顯著的差異情形。

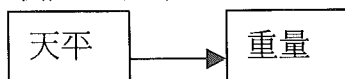
二、概念連結作業量表分析

(一)受試者概念結構圖分析

1.分析的方法、規準、計分與結果

研究者依據受試者在概念連結作業的語句進行分析。由語句中的主格與受格以箭頭連結兩個名詞，在不同單元的名詞以不同的框線表示之，屬於「蠶」單元的以三線框表示之；屬於「輕與重」單元的名詞以單線框表示之；超出語句連結作業範圍的概念則以虛線框表示之，最後形成受試者的概念結構圖。

例如：「天平可以比較東西的重量」就紀錄爲：



研究者依據每位受試者的概念結構圖進行分析。分析的過程中發現，依據複雜的程度與是否跨單元的標準來區分，發現受試者的知識結構圖可區分爲(1)結構複雜且跨

國小三年級學童自然科「蠶」與「輕與重」知識表徵結構之研究

單元；(2)結構複雜，沒有跨單元；(3)結構簡單，但跨單元；(4)結構簡單，沒有跨單元(如表四)。複雜程度與否的標準是以出現的名詞數與連結的次數為分數，出現一次就給一分。當分數超過 25 分時便將之視為複雜的概念結構，低於二十五分則為簡單的之概念結構(三年乙班整體的概念結構的平均分數為 24.23)；跨單元與否的標準，主要是決定於不同單元的概念是否有連結的情形發生。以圖二為例，其概念出現 13 個，有 25 條連結，得 38 分，因超過 25 分，且不同單元概念間有所連結，所以視為複雜且跨單元的概念結構圖，將受試者分析結果各概念結構類型分配如表四。由表四中可知受試者概念結構圖複雜且跨單元者共有 8 位，佔全部受試者 26.67%；結構簡單沒有跨單元者共 6 位，佔全部受試者 20%；結構簡單跨單元者共 6 位，佔全部受試者 20%；結構簡單未跨單元者共 10 位，佔全部受試者 33.33%。

表 4

三年乙班學童知識結構類別次數分配表

跨單元與否 \ 複雜程度	結構複雜	結構簡單
跨單元	8(26.67%)	6(20%)
沒有跨單元	6(20%)	10(33.33%)

根據計分的結果顯示，受試者的概念結構分數分配如表五。最高分為 41 分，最低分為 9 分，平均分數為 24.23 分。

表 5

三年乙班概念結構分數分佈表

組距	0-10 分	11-20 分	21-30 分	31-40 分	41-50 分
概念結構分數	2	6	17	4	1
平均	24.23				

2.實例

茲將四種類型之概念結構圖分別以實例呈現之

(1) 結構複雜且跨單元

①三年乙班 1號邱○○

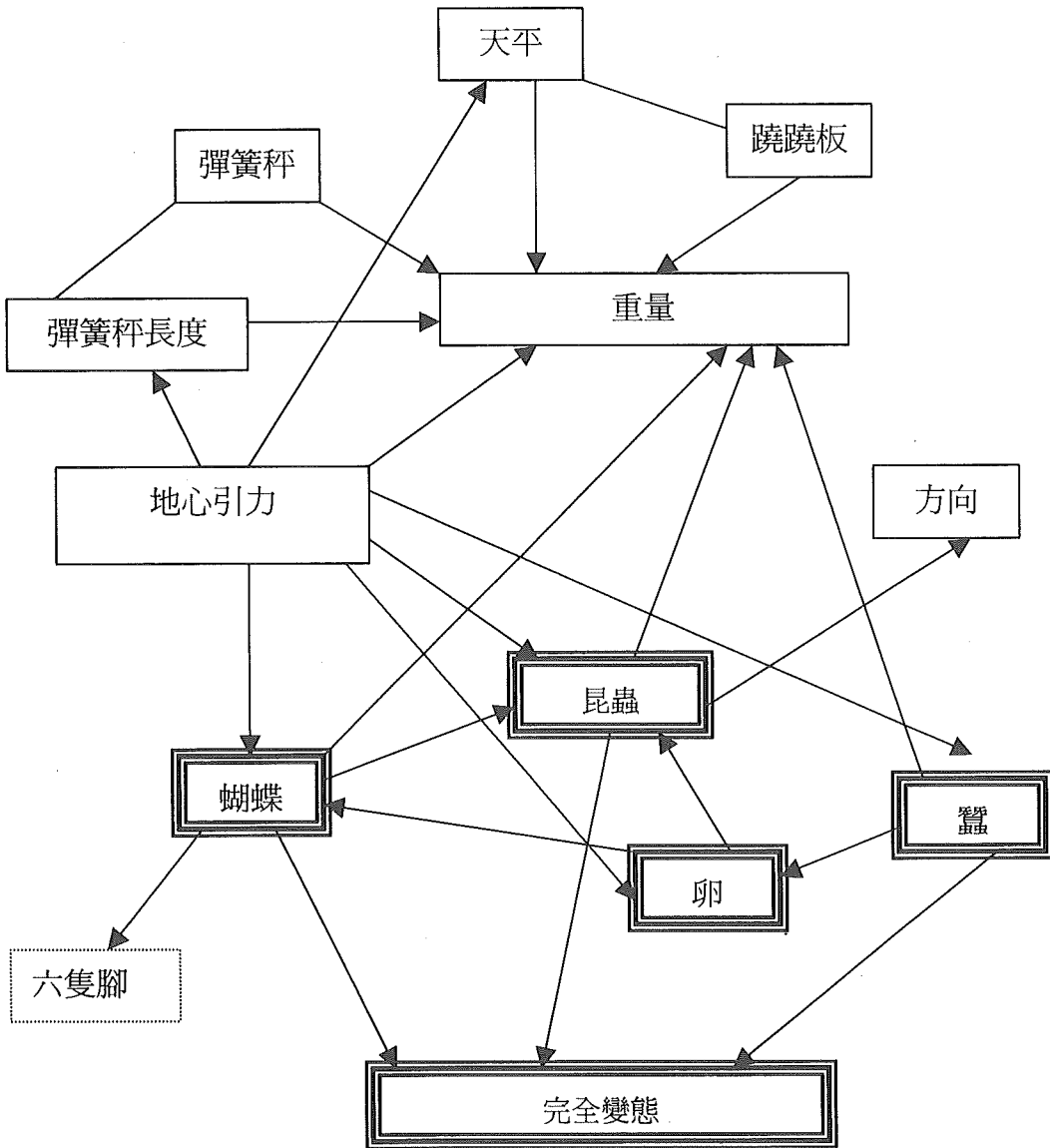


圖 2 概念結構表徵圖

(2)結構複雜但沒有跨單元

②三年乙班 7號梁○○

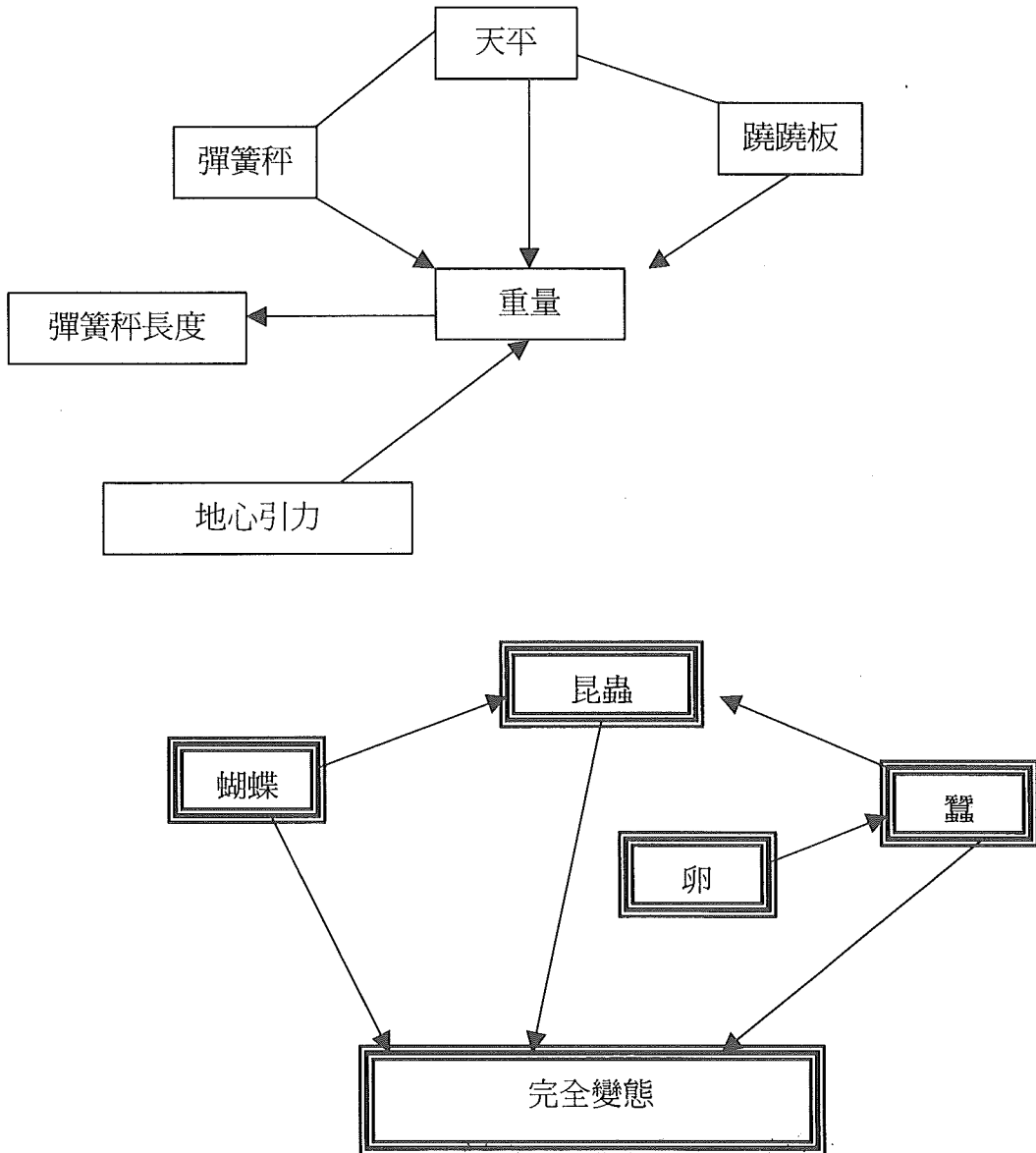


圖3 概念結構表徵圖

③三年乙班 5號匡○○

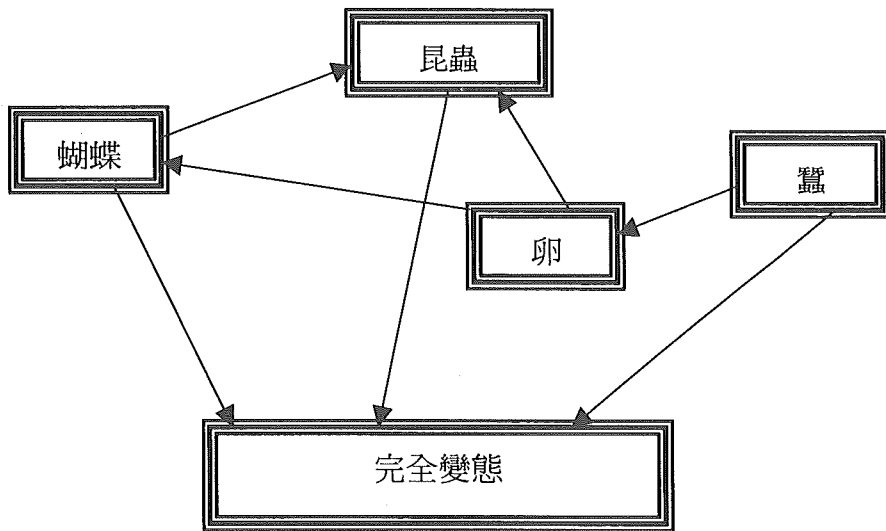
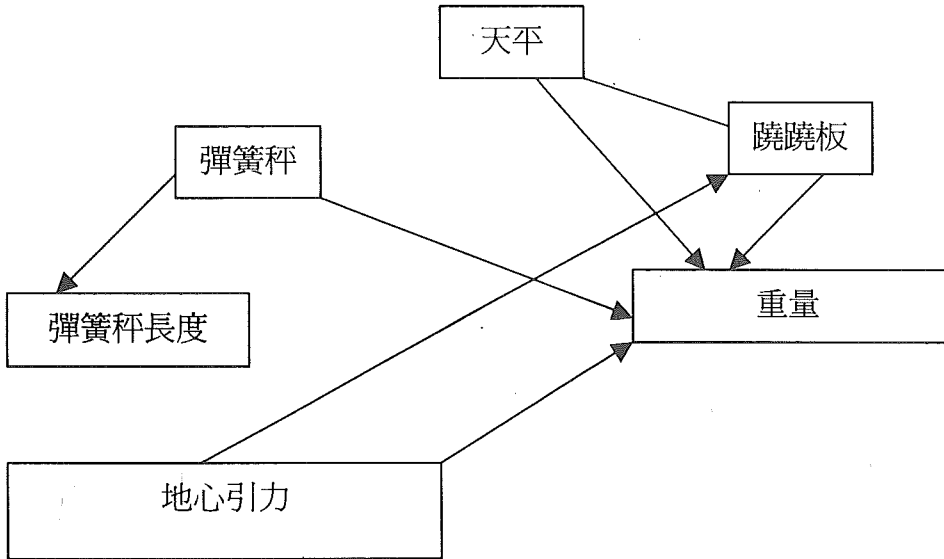


圖4 概念結構表徵圖

(3)結構簡單但跨單元

①三年乙班 14 號劉○○

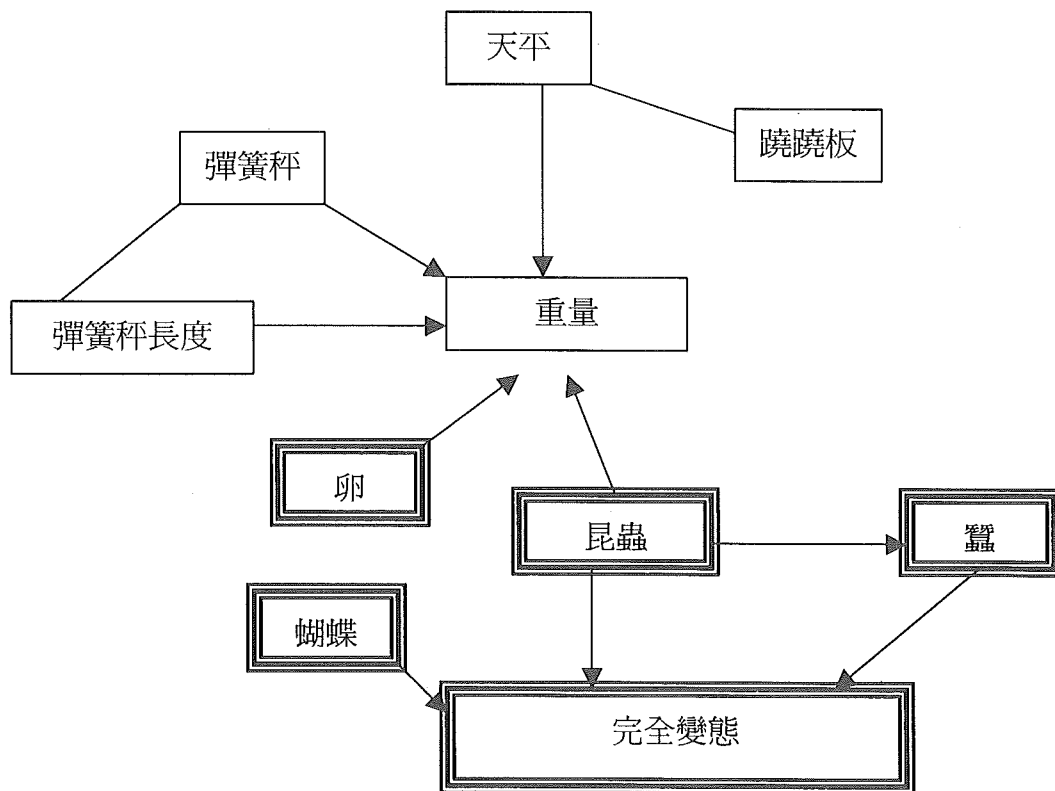


圖5 概念結構表徵圖

(4)結構簡單且無跨單元

①三年乙班 17 號邱○○

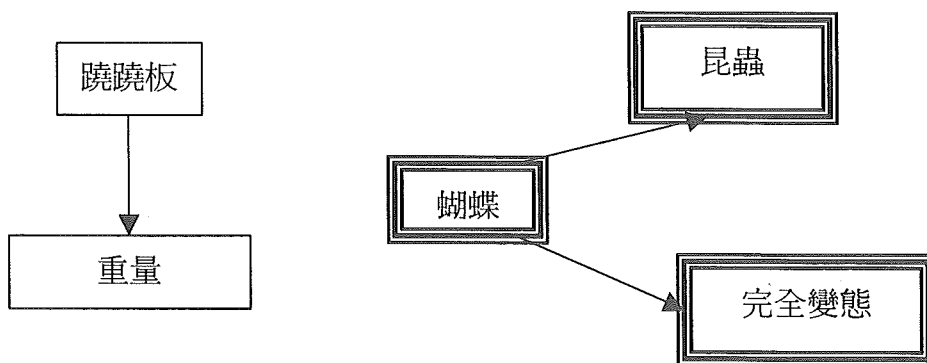


圖6 概念結構表徵圖

②三年乙班 24 號 鄒○○

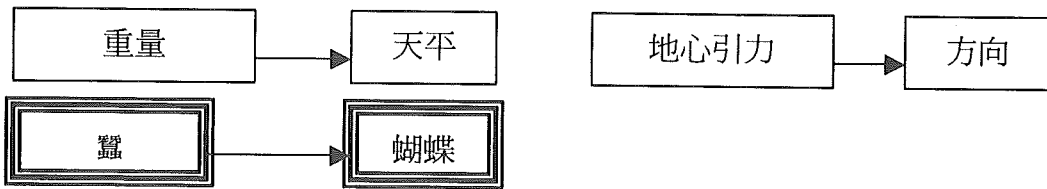


圖 7 概念結構表徵圖

(三)學生專家與學生生手在概念結構分數之比較

1. 學業成績與概念結構分數之比較

研究者根據受試者的概念結構圖，依據概念出現的數量與概念間連結的次數給予分數，稱之為概念結構分數。接著根據受試者第一次期中考的成績，與學生概念結構分數進行相關分析，發現兩者之間有極顯著的正相關($r^2=0.6099^{***}$; $p=.000$)。也就是說學童的學業成績越高，其所建構的概念結構分數也就越高。

2. 專家與生手概念結構分數與結構型態之比較

(1)學生專家與學生生手概念結構圖之比較

概念結構型主要是根據上述的分類。結構複雜且跨單元之概念結構為第一類(標記為 1)；結構複雜但為跨單元為第二類(標記為 2)；結構簡單但跨學科為第三類(標記為 3)；結構簡單且為跨學科為第四類(標記為 4)。將學生專家與學生生手在這方面的表現，紀錄如表六。

根據表六與進一步 t 考驗的結果，我們發現學生專家的概念結構分數平均為 29.86 顯著高於生手的 18.57($t=2.83^*$; $p=.015$)。學生專家的結構型態大多為結構複雜但未跨單元(4 人, 54%)，若僅以複雜程度來看則學生專家的概念結構有六位屬於複雜的(85.71%)；學生生手的結構型態則多為結構簡單且未跨學科(42.86%)，若僅以複雜程度來看，則有五位(71.14%)。由此可知，大部分的學生專家均建構一個複雜的自然知識概念結構，也就是說自然科學業成就表現好的學生大多會建構一個複雜的自然科概念結構。

(2)跨學科與否在學業成績與概念結構分數上之差異

研究者進一步以三年乙班所有受試者為對象探討跨學科與否兩者在學業成績與概念結構分數方面是否有顯著的差異。經由 t 考驗的研究結果顯示跨學科與否對學童在學業成績($t=-0.54$, $p=0.59$)與概念結構分數($t=1.91$, $p=0.067$)上並沒有顯著的差異。由此

可知，學生其知識概念跨單元與否並未影響其在自然科上概念結構複雜度與學業成就上的表現。進一步探究其原因，可能目前國小自然科教學以單元作為學習的主體與階段，在進行成就測驗時，亦以單元內的概念為主要的試題，較少以跨單元的試題來了解學童自然科學習的結果，所以知識結構跨單元與否並未影響學童的學業成績與概念結構分數。

表 6

學生專家與學生生手概念結構表現分析表

學號	3204	3207	3208	3211	3216	3221	3229	3203	3212	3213	3215	3224	3228	3231
結構分數	27	25	41	31	26	25	34	24	31	25	12	9	9	20
總分/平均	209/29.86							130/18.57						
結構型態	2	2	1	2	2	3	1	3	1	2	4	4	4	3

* 結構型態中 1 代表概念結構複雜且跨單元；2 代表概念結構複雜但未跨單元；3 代表概念結構簡單但跨單元；4 代表概念結構簡單且未跨單元。

(四)概念連結作業之內容分析

1. 「概念關聯作業量表」與「概念連結作業量表」分析結果之比較

研究者進一步分析受試者在概念連結作業中關聯的次數與內容藉以瞭解，兩個單元所涵蓋的名詞間關聯的情形，進一步與概念關聯程度量表中的結果相比較。由表七可知道「天平與重量」連結的次數為 29 次(最高次數為 30 次)；接著為「完全變態與蠶」的連結，其連結次數為 27。概念間是如何連結的，各個受試者間有一致的地方；也有不同的地方(如表七)。進一步將每一題連結的次數與三年乙班在「概念關聯量表中」每一題所得到的分數(1-5)，兩者之間達到極顯著的相關($r=0.9225^{***}$ ； $p=0.000$)。由此可知，當受試者認為兩個概念間關聯程度越強的話，就越有可能產生兩個概念連結的陳述，也就是說「概念關聯程度量表」與「概念連結作業量表」可以顯示受試者對某兩概念之間的連結強度，而「概念連結作業」更進一步地顯示出概念間連結的內容。

2. 跨單元連結之分析

表七中連結單位以網底表示兩個概念分屬於「蠶」與「輕與重」不同單元的概念，屬於跨單元的連結。其中以「昆蟲—重量」(11 次, 36.67%)、「蠶—重量」(8 次, 26.67%)與「地心引力—昆蟲」(7 次, 23.33%)的連結較強，其餘「地心引力—卵」(4 次)、「地心引力—蝴蝶」(2 次)、「地心引力—蠶」(3 次)、「重量—蝴蝶」(3 次)、「重量—蠶」(3 次)。因為重量與地心引力均屬於自然界中普遍存在的對象，地心引力是造成地球上事物重量的原因(受試者在「地心引力—重量」之間連結次數為 21)，自然而然地與其他事

物(像是，昆蟲、蠶、蝴蝶)相連結。由作業量表分析的結果顯示受試者進行跨單元的連結的次數較少，顯示教師在進行教學時必須進一步引導學生進行跨單元概念連結的思考。

表 7

概念連結作業內容分析表

項次	連結單位	連結內容	次數	項次	連結單位	連結內容	次數
1	天平—重量	測量、影響、有、知道、比較、產生	29	34	昆蟲-跳跳板		0
2	天平—彈簧秤	一樣、測量重量、有關係、可比較重量、	16	35	昆蟲-蠶	蠶是昆蟲的一種	24
3	天平—彈簧長度	可以量重量	1	36	重量-彈簧秤	彈簧秤可測量重量、彈簧秤有重量	18
4	天平—跳跳板	量重量、一樣、像、差不多、比較重量、原理相同	24	37	重量-彈簧秤長度	重量越重彈簧秤的長度越長、由彈簧秤長度可知重量、造成	9
5	方向—天平	向下的比較重、	2	38	卵-天平		0
6	方向—重量	向下	2	39	卵-方向		0
7	方向-彈簧秤		0	40	卵-完全變態	卵是完全變態的階段之一、有些卵會變成完全變態的昆蟲、有關係	15
8	方向-彈簧秤長度		0	41	卵—昆蟲	大部分的昆蟲會產卵、有些卵會變成昆蟲	18
9	方向-跳跳板	重的一端向下、一高一低	4	42	卵-重量	卵有重量	3
10	地心引力-天平	影響、有關係、作用在、造成	8	43	卵-彈簧秤		0
11	地心引力—方向	向下	1	44	卵-彈簧秤長度		0
12	地心引力-完全變態		0	45	卵-跳跳板		0
13	地心引力-昆蟲	作用於、使昆蟲有重量	7	46	卵-蠶	蠶是由卵出來的、卵孵化出蠶、蠶卵是蛋黃的(紫黑色的)	28
14	地心引力-重量	產生、造成、有重量的原因	21	47	彈簧長度-彈簧秤	有關係、彈簧秤量東西會使彈簧秤長度改變、彈簧受到重量使彈簧秤變長	11
15	地心引力-卵	作用於、受影響	4	48	蝴蝶-天平		0
16	地心引力—彈簧秤	有地心引力才能讓彈簧秤重量	3	49	蝴蝶-方向	蝴蝶會辨別方向	3
17	地心引力-彈簧秤長度	有關係	1	50	蝴蝶-完全變態	蝴蝶是完全變態的(昆蟲)	26
18	地心引力-蝴蝶	作用於、受到地心引力產生重量	2	51	蝴蝶-昆蟲	蝴蝶是昆蟲	23
19	地心引力-跳跳板	有相關、使跳跳板有重量、作用於、會影響	10	52	蝴蝶-重量	蝴蝶有(很輕的)重量	3
20	地心引力-蠶	使蠶有重量	3	53	蝴蝶-卵	蝴蝶會產卵、有些卵會變成蝴蝶、蝴蝶的卵是圓形的(綠色的)	19
21	完全變態-天平		0	54	蝴蝶-彈簧秤		0
22	完全變態-方向		0	55	蝴蝶-彈簧秤長度		0
23	完全變態-重量	沒有關係	1	56	蝴蝶-跳跳板		0
24	完全變態-彈簧秤		0	57	蝴蝶-蠶	都是(完全變態的)昆蟲、都會產卵、都會化蛹、一樣	13
25	完全變態-彈簧秤長度		0	58	跳跳板-重量	可以比較重量、有重量、測量重量	19
26	完全變態-跳跳板		0	59	跳跳板-彈簧秤	都可以測量重量	4
27	完全變態-蠶	蠶是完全變態的昆蟲	27	60	跳跳板-彈簧秤長度	都有向下、對比	2
28	昆蟲-天平	天平可知昆蟲的大小	1	61	蠶-天平		0
29	昆蟲-方向	昆蟲知道方向	2	62	蠶-方向	蠶會辨別方向	2
30	昆蟲-完全變態	有些昆蟲是完全變態的昆蟲	28	63	蠶-重量	蠶有(很輕的)重量	8
31	昆蟲-重量	昆蟲有重量、由重量可知昆蟲的大小	11	64	蠶-彈簧秤		0
32	昆蟲-彈簧秤		0	65	蠶-彈簧秤長度		0
33	昆蟲-彈簧秤長度		0	66	蠶-跳跳板		0

三、單元內容自陳作業分析

研究者請受試者以回憶的方式運用紙筆將「蠶」單元的內容呈現在一張白紙上。接受該作業的對象為本校三年戊班的學生，共 30 位。

(一)形式分析

依受試者的作業內容來分析，其表現形式主要可分為命題以及圖畫解說兩種形式。完全以命題的受試者有 8 位(男生，3 位；女生 5 位)；命題為主，圖形僅佔少數者有 6 位(男生，4 位；女生 2 位)；命題與圖形比例相當者有 14 位(男生，8 位；女生 6 位)；圖形為主，命題為輔者 1 位(男)；2 位受試者(男生，1 位；女生 1 位)完全以圖形呈現之(如表 8)。由此可知受試者呈現單元內容的形式主要還是以命題為主(28 位，90.33%)，這可能受限於此作業乃是以紙筆的形式進行的，所以受試者僅能以命題或圖形的方式呈現之。同時，受試者的命題多為簡單的敘述(比如：蠶會變成蛾；蠶會吃桑葉)，較少複雜且統整的陳述(比如：蠶的一生可以區分為卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段，屬於完全變態的昆蟲)。

表 8

三年戊班男女自陳作業形式分析表

性別	男	女	總計
表現形式			
完全以命題呈現	3	5	8
命題為主	4	2	6
命題與圖形相當	8	6	14
圖形為主命題為輔	1	0	1
完全以圖形呈現	1	1	2
總計	17	14	31

(二)內容分析

就內容來看，大部分的受試者均會形容蠶的外型、食性、運動方式以及飼養時應注意事項，像是蠶身體很軟、吃桑葉、蟻蠶像螞蟻...等；部分受試者則以圖畫或語句的方式表示蠶必須經過卵、幼蟲、蛹、成蟲四個階段(18 位，58.06%)；有 11 位會提及蠶是完全變態的昆蟲(35.48%)。進一步與三年乙班概念結構連結強度圖比較的結果顯示「卵-蠶」、「完全變態-蠶」、「蠶-昆蟲」三個連結均屬於強度較強的連結。分析的結果也發現，受試者自陳的內容，均以學習單元的內容為主要的內容，較少涉及單元以外的內容，像是「蝴蝶-蠶」、「蝴蝶-完全變態」雖屬於強度較強的連結，但是在自陳作

業中，均未出現。顯示自陳作業無法讓學童完整地呈現其內在的知識內容。如果有適當的提示(像是概念連結作業)將可激發受試者呈現出更多的知識結構。

(三)自陳作業品質分析

1.自陳作業分數與學業成績之相關分析

研究者協同二位本校擔任自然科教學的老師，針對受試者自陳量表的內容，依據是否符合單元學習的內容與符合科學概念的內容為標準，給每位受試者 1 到 5 分作為自陳作業內容品質高低的分數。分數越高代表其自陳作業的內容品質越高。進一步將受試者自陳作業所得的分數與其第一次期中考的成績進行相關分析，分析結果顯示學業成績與自陳作業的分數兩者之間具有非常顯著的相關($r=0.5024^{**}$, $P=0.004$)，顯示受試者的學業成績越高，其在自陳作業所獲得的分數也就越高。

2.學生專家與學生生手在自陳作業分數上之比較

研究者根據受試者本學期期中考的成績抽取前後各七位的學生，將之區分為學生專家與學生生手，共 14 位，針對兩者在自陳作業分數進行 t 考驗。分析結果顯示學生專家的自陳作業分數(4.14)顯著高於學生生手的自陳作業分數(2.43； $t=3.42^{**}$ ， $P=0.005$)，顯示學生專家在自陳作業的品質顯著高於學生生手。也就是說自然科學業成績越高，其所建構的內容就越能符合單學學習的內容與科學知識的標準。

伍、結論與建議

本研究主要的目的是瞭解國小三年級學童在「蠶」與「輕與重」的單元中知識結構，進一步探究學生專家與生手專家的知識結構的差異，以及與學業成就之間的關係。根據上述的分析與討論歸納本研究的結論與建議：

一、結論

- (一) 受試者在同一單元內的概念配對的連結強度顯著高於跨單元概念配對的連結強度。
- (二) 在概念關聯成度量表中，教師、學生專家與學生生手在表現趨勢上並沒有顯著的差異。也就是說三者對於不同配對概念的反應趨勢一致。
- (三) 透過概念連結作業的分析，可以建立個別受試者的知識概念結構圖，並進一步予

以計分。學生專家所建構的概念結構圖其複雜程度顯著高於學生生手所建構的概念結構圖；而學生的概念結構圖跨單元與否並不會影響學生在學業成就上的表現。

- (四) 根據受試者在概念連結作業的內容與次數分析結果可以建構出全體受試者的概念關聯結構強度圖。
- (五) 受試者運用紙筆的方式呈現學習單元的內容，主要以命題和圖示為主。學生專家的作業內容越能符合單元學習的內容和科學知識標準。

二、建議

(一) 研究限制

本研究採用「概念關聯程度量表」、「概念連結作業」與「學習單元自陳作業」三種。其中概念連結作業中概念結構圖的建構、複雜度的計分、與自陳作業中內容品質的計分，均難避免粗糙、獨斷與主觀的批評。另外，這三個工具以紙筆的方式進行之，難免會將學生的反應限制在只能以紙筆表現的形式，只能探究受試者能以紙筆形式呈現的知識概念結構。發展出一個不受限於紙筆形式的測量學童知識結構的工具與方法，是一件相當重要且困難的工作。

(二) 教學上的省思

1. 協助學童建構複雜的知識概念結構

研究結果顯示，學業成績與概念結構圖的複雜度具備高度的相關，所以進行教學時，運用文字或圖表的方式協助學童對整個單元學習的內容，進行統整的理解，同時鼓勵學童進行概念間的連結，將有助於學童建構一個複雜的知識概念結構。

2. 有關跨單元概念應用的教學與評量仍有待加強

根據研究結果顯示，學童學業成績的高低與是否能建構跨單元的知識概念圖沒有顯著的差異。但是就科學理論而言，建構一個跨單元的知識概念結構，意味著學童能將所學的知識應用在不同現象的解釋。這樣的結果往往是基於學童對於此一知識概念有一充分的理解。目前教師的教學與評量較少針對不同學習單元之間的連結進行之。建議自然科教師除了針對學習單元內容的統整之外，應視學習內容加強單元之間或是單元之外的統整或原理的應用，鼓勵學生主動建構一個複雜且跨不同概念體系的知識結構。

3. 運用概念構圖的教學促進學童建構複雜且跨體系的知識結構

概念構圖方法在教學前後受試者一組概念，然後要求受試者將這些概念用適當的連結語把它們連結起來，形成一個概念圖，可從中偵測學習者的知識結構與錯誤概念。

兼具學習的策略與工具的特性(余民寧、陳嘉成、潘雅芳, 1996)。教師在進行教學的前、後, 鼓勵學生將所學到的知識內容, 建構成一個複雜且跨不同概念體系的知識結構。是學生能夠自我監控自己的學習, 教師亦可以從中瞭解學生學習的結果。

陸、結 語

本研究試圖對嘉義市教師、學生和家長對教科書開放與施行後的觀點做探究。主要探究：1. 受訪者對教科書開放選用政策之認知與看法；2. 教科書對小學教師專業自主和教材選擇權之增進性；3. 對教科書選用程序實際運作之了解情形做訪談, 並歸納整理訪談結果。在訪談的過程及做文獻分析時, 發現目前教師在評選教科書時, 由於缺乏選用評鑑表作為參考, 導致無法選出自己滿意, 學生家長喜歡的版本, 所以進一步設計自編一「教科書評選之參考表」, 並邀請一同儕進行試用, 以確立其實用價值性。

教科書改革的本意, 應是改變教科書僵化、保守、以及無法快速改進等缺點, 為教學帶來更多的「好」, 讓課本呈現較活潑, 教材較具彈性, 內容更多元, 讓教師的教學方法更為自主。但自從教科書開放以來, 政府教育改革的良善立意, 似乎面臨了多種責難, 不但造成老師、學生和家長的適應問題, 更衍生出許多利益問題, 使得商業行為入侵校園。日前教育部出面處理教科書價格問題, 便是這些問題的集中反映。在此, 我們不得不承認教科書選用政策本身並沒有錯, 但本改革政策推行上的致命傷, 是缺乏老師、學校、縣市政府的配套之因應措施, 以及教學者對教材編纂和篩選能力之培養。因此如何增進教師的專業, 教材的編選能力, 結合家長的力量, 並站在使用者的立場, 共同抵制教科書開放後帶來的商業化和教材宰制化等等的問題, 應是日後教育現場上的一大課題了。

參考書目

余民寧、陳嘉成、潘雅芳(1996)。概念構圖法在測驗教學上的應用。《中國測驗學會測驗年刊》, 45, 195-212。

宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩(民 1998)。知識結構的測量：徑路搜尋法與概念構

- 圖法的比較。《教育心理學報》，30(2)，123-142。
- Mayer, R. E. (1980/1997)。《教育心理學-認知取向》(林清山譯)。台北市：遠流。
- 邱上真(1989)。知識結構的評量：概念構圖技巧的發展與試用。《特殊教育學報》，4，215-254。
- 彭聃齡、張必隱(2000)。《認知心理學》。台北市：東華書局。
- 黃希庭、李文權、張慶林譯(1992)。《認知心理學》。台北市：五南書局。
- 鄭麗玉(1993)。《認知心理學：理論與應用》。台北市：五南書局。
- 黃秀瑄、林瑞欽編譯(1991)。《認知心理學》。台北市：師大書苑。
- 鄭昭明(1993)。《認知心理學》。台北市：桂冠圖書公司。
- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive Psychology and its implications*. (4thed.) The MIT Press.
- Best, J. B. (1999). *Cognitive Psychology*. N. Y.: West Publishing Company.
- Bruning, R., Schraw, G., Ronning, R., Glover, J. A. (1998). *Cognitive Psychology and Instruction* (3rd ed.) Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.
- Byrnes, J. P. (1992). The conceptual basis of procedural learning. *Cognitive Development*, 7, 235-257.
- Haberlandt, K. (1997). *Cognitive Psychology*. (2nd ed). Boston: Allyn and Bacon.
- Kellog, R. T. (1995). *Cognitive Psychology*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.

附件一：概念關聯強度量表

各位小朋友你好

以下有六十六題的題目，每個題目中都有兩個自然課中所學到的名詞，請你依據這兩個名詞之間關聯的程度在數字上打勾。你認為非常有關係的請在(5)上打勾；滿有關係的在(4)上打勾；有關係的在(3)上打勾；只有一點點關係的在(2)上打勾；沒有關係的在(1)上打勾。

例如，如果你認為猴子與香蕉之間非常有關係的話，就在 猴子<>香蕉 (5) (4) (3) (2) (1)中的(5)上打勾；

如果你認為猴子與蝴蝶只有一點點關係的，話就在 猴子<>蝴蝶 (5) (4) (3) (2) (1)中的(2)中打勾。

1 天平<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)	34 昆蟲<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)
2 天平<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)	35 昆蟲<>蠶	(5) (4) (3) (2) (1)
3 天平<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)	36 重量<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
4 天平<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)	37 重量<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)
5 方向<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)	38 卵<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)
6 方向<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)	39 卵<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)
7 方向<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)	40 卵<>完全變態	(5) (4) (3) (2) (1)
8 方向<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)	41 卵<>昆蟲	(5) (4) (3) (2) (1)
9 方向<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)	42 卵<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)
10 地心引力<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)	43 卵<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
11 地心引力<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)	44 卵<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)
12 地心引力<>完全變態	(5) (4) (3) (2) (1)	45 卵<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)
13 地心引力<>昆蟲	(5) (4) (3) (2) (1)	46 卵<>蠶	(5) (4) (3) (2) (1)
14 地心引力<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)	47 彈簧秤長度<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
15 地心引力<>卵	(5) (4) (3) (2) (1)	48 蝴蝶<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)
16 地心引力<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)	49 蝴蝶<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)
17 地心引力<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)	50 蝴蝶<>完全變態	(5) (4) (3) (2) (1)
18 地心引力<>蝴蝶	(5) (4) (3) (2) (1)	51 蝴蝶<>昆蟲	(5) (4) (3) (2) (1)
19 地心引力<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)	52 蝴蝶<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)
20 地心引力<>蠶	(5) (4) (3) (2) (1)	53 蝴蝶<>卵	(5) (4) (3) (2) (1)
21 完全變態<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)	54 蝴蝶<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
22 完全變態<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)	55 蝴蝶<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)
23 完全變態<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)	56 蝴蝶<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)
24 完全變態<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)	57 蝴蝶<>蠶	(5) (4) (3) (2) (1)
25 完全變態<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)	58 蹺蹺板<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)
26 完全變態<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)	59 蹺蹺板<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
27 完全變態<>蠶	(5) (4) (3) (2) (1)	60 蹺蹺板<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)
28 昆蟲<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)	61 蠶<>天平	(5) (4) (3) (2) (1)
29 昆蟲<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)	62 蠶<>方向	(5) (4) (3) (2) (1)
30 昆蟲<>完全變態	(5) (4) (3) (2) (1)	63 蠶<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)
31 昆蟲<>重量	(5) (4) (3) (2) (1)	64 蠶<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)
32 昆蟲<>彈簧秤	(5) (4) (3) (2) (1)	65 蠶<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)
33 昆蟲<>彈簧秤長度	(5) (4) (3) (2) (1)	66 蠶<>蹺蹺板	(5) (4) (3) (2) (1)

附件二：概念連結作業

各位小朋友大家好

在下面的題目中每個題目都有兩個名詞。請你根據自然課中「蠶的一生」與「輕與重」所學得到的知識，找出兩個名詞中最適當的连接詞或完成一個句子。如果你認為兩個名詞之間無法用连接詞來連接或一點關係都沒有，就在括號中打「×」。

例如 猴子<>香蕉：(猴子喜歡吃香蕉)
種子<>花：(花會產生種子)
動物<>石頭：(×)

以下是供你參考的一些连接詞

- (1)...有關係... (2)...有... (3)...包括... (4)...會產生...
(5)...會造成... (6)...會影響... (7)...組成...
(8)...的原因是... (9)...可以... (10)...是...

-
- 1 天平<>重量：()
2 天平<>彈簧秤：()
3 天平<>彈簧秤長度：()
4 天平<>蹺蹺板：()
5 方向<>天平：()
6 方向<>重量：()
7 方向<>彈簧秤：()
8 方向<>彈簧秤長度：()
9 方向<>蹺蹺板：()
10 地心引力<>天平：()
11 地心引力<>方向：()
12 地心引力<>完全變態：()
13 地心引力<>昆蟲：()
14 地心引力<>重量：()
15 地心引力<>卵：()
16 地心引力<>彈簧秤：()
17 地心引力<>彈簧秤長度：()
18 地心引力<>蝴蝶：()
19 地心引力<>蹺蹺板：()

國小三年級學童自然科「蠶」與「輕與重」知識表徵結構之研究

- 20 地心引力<>蠶：()
- 21 完全變態<>天平：()
- 22 完全變態<>方向：()
- 23 完全變態<>重量：()
- 24 完全變態<>彈簧秤：()
- 25 完全變態<>彈簧秤長度：()
- 26 完全變態<>蹺蹺板：()
- 27 完全變態<>蠶
- 28 昆蟲<>天平：()
- 29 昆蟲<>方向：()
- 30 昆蟲<>完全變態：()
- 31 昆蟲<>重量：()
- 32 昆蟲<>彈簧秤：()
- 33 昆蟲<>彈簧秤長度：()
- 34 昆蟲<>蹺蹺板：()
- 35 昆蟲<>蠶：()
- 36 重量<>彈簧秤：()
- 37 重量<>彈簧秤長度：()
- 38 卵<>天平：()
- 39 卵<>方向：()
- 40 卵<>完全變態：()
- 41 卵<>昆蟲：()
- 42 卵<>重量：()
- 43 卵<>彈簧秤：()
- 44 卵<>彈簧秤長度：()
- 45 卵<>蹺蹺板：()
- 46 卵<>蠶：()
- 47 彈簧秤長度<>彈簧秤：()
- 48 蝴蝶<>天平：()
- 49 蝴蝶<>方向：()
- 50 蝴蝶<>完全變態：()
- 51 蝴蝶<>昆蟲：()
- 52 蝴蝶<>重量：()

- 53 蝴蝶<>卵：()
- 54 蝴蝶<>彈簧秤：()
- 55 蝴蝶<>彈簧秤長度：()
- 56 蝴蝶<>蹺蹺板：()
- 57 蝴蝶<>蠶：()
- 58 蹺蹺板<>重量：()
- 59 蹺蹺板<>彈簧秤：()
- 60 蹺蹺板<>彈簧秤長度：()
- 61 蠶<>天平：()
- 62 蠶<>方向：()
- 63 蠶<>重量：()
- 64 蠶<>彈簧秤：()
- 65 蠶<>彈簧秤長度：()
- 66 蠶<>蹺蹺板：()

The Study of Structures of Knowledge that Third Grade Students Learned from Nature Science in Elementary School

Yun-fa Chan

Abstract

The study used similarity judgment, words association and concept mapping to explore the third grade students of elementary school how to represent the structure of knowledge which learned from two units of Nature Science. The aims of the study as follow :

First, to explore the relationship between the structures of knowledge that samples represented which learned from two units of Nature Science of third grade in elementary school.

Second, to explore the samples how to represent their structure of knowledge that learned from Nature Science curriculum.

Third, to explore the difference between the structures of knowledge represented from experts and the structures of knowledge represented from novices.

There are five results are presented. The researcher according the results of this study proposed four suggestions for further studies and Nature Science teaching in elementary school.

Keywords: knowledge representation 、 structure of knowledge