

國立交通大學

理學院碩士在職專班科技與數位學習組

碩士論文

電子白板的資訊量與互動量對學習成效之影響

—以國一生物為例



The Influence of Elements of Information and Interactive Quantity for

Interactive Whiteboard on Learning Achievements

– Taking Junior High School “Biology” Classes as an Example

研究生：黃建福

指導教授：陳登吉 教授

中華民國九十九年六月

電子白板的資訊量與互動量對學習成效之影響
— 以國一生物為例

The Influence of Elements of Information and Interactive Quantity for
Interactive Whiteboard on Learning Achievements
– Taking Junior High School “Biology” Classes as an Example

研究生：黃建福

Student : *Chien-Fu Huang*

指導教授：陳登吉

Advisor : *Dr. Deng-Jyi Chen*



A Thesis

Submitted to Degree Program of E-Learning
Collage of Science
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master In
Degree Program of E-Learning

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

電子白板的資訊量與互動量對學習成效之影響

— 以國一生物為例

學生：黃建福

指導教授：陳登吉 博士

國立交通大學理學院碩士在職專班科技與數位學習組

摘要

近年來電子白板 (interactive whiteboard, IWB) 被廣泛的應用，因其具有強大的教育功效如提升學習成效、學習動機、教學效率、教室氣氛等，其中最重要的是增加互動性，使得學生的注意力與參與度也隨之增加，但電子白板只是科技教學輔具，如何有效的使用需要更進一步的研究，然而目前較少在電子白板上呈現的教材的相關研究，故本研究欲探討符合 IWB 互動性多媒體教材之設計原則，並探討 IWB 融入國中自然領域教學對學生自然領域學習成就及認知負荷之影響。

本研究採用準實驗設計方法，實驗對象為桃園某所國中一年級五個班級學生共 151 人，進行以下的實驗：

(1)以國一生物「化石」主題單元，探討電子白板上不同資訊量的多媒體教材，對學生在該單元之學習成效與認知負荷的影響。

(2)以國一生物「演化學說」主題單元，探討電子白板教師與電子白板的互動量對學生在該單元之學習成效的影響

(3)以國一生物「演化歷史」為主題單元來探討學生與電子白板的互動量對學生在該單元之學習成效的影響。

收集數據統計分析的結果發現如下：

(1)電子白板上不同資訊量的多媒體教材在學習成效上有顯著差異，以資訊量 7 的學習成效較佳。

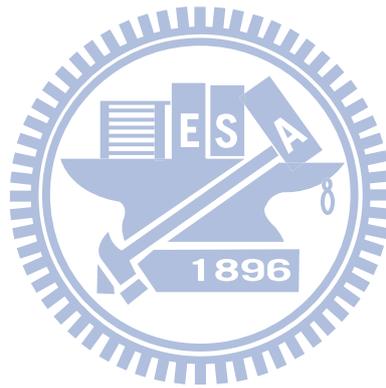
(2)電子白板上不同教師與電子白板互動量的多媒體教材在學習成效上有顯著差

異，以互動量 5 的學習成效較佳。

(3)電子白板上不同學生與電子白板互動量的多媒體教材在學習成效上有顯著差異，以互動量 3 的學習成效較佳。

本研究的成果，可提供生物教師使用電子白板進行「化石」、「演化學說」與「演化歷史」等主題單元教學時的教材設計與教學方式參考。

關鍵字：資訊量、學習成效、電子白板



The Influence of Elements of Information and Interactive Quantity for Interactive Whiteboard on Learning Achievements

– Taking Junior High School “Biology” Classes as an Example

Student: Chien-Fu Huang

Advisor: Dr. Deng-Jyi Chen

Degree Program of E-Learning
College of Science
National Chiao Tung University

Abstract

Recently, interactive whiteboard has been widely applied in that it possesses powerful educational effectiveness such as promoting learning effectiveness, learning motives, teaching efficiency, classroom atmosphere, etc. Most importantly, it increases learning interaction and the attention and participation of students. However, interactive whiteboard is only the technological teaching aid, and it should be further studied to bring it into full play, but so far no relevant studies on teaching materials through interactive whiteboard have been found. Therefore, the purpose of this study was aimed to explore the design principles of IWB interactive multimedia teaching materials and the influence of students' learning achievements in Nature Science and cognitive load with IWB integrated into teaching in Nature Science in junior high school.

The study used quasi-experimented designs to do the following experiments. The subjects are 151 students of 7th grade from five classes of some junior high school in Taoyuan.

- (1) The study took “Fossil” in Biology of 7th grade as the main subject unit and explored multimedia teaching materials of different information suites on IWB on the influence of students' learning achievements and cognitive load on that unit.
- (2) The study took “Evolution Theory” in Biology of 7th grade as the main subject unit

and explored the teachers who use IWB and the interactive quantity of IWB on the influence of students' learning achievements on that unit.

- (3) The study took "Evolution History" in Biology of 7th grade as the main subject unit and explored the interactive quantity between students and IWB on the influence of students' learning achievements on that unit.

The results of the data analysis are as follows:

- (1) On IWB, multimedia teaching materials of different elements of information have significant differences in learning achievements, and elements of information 7 has better learning achievements.
- (2) On IWB, different teachers and multimedia teaching materials of IWB interactive quantity have significant differences in learning achievements, and interactive quantity 5 has better learning achievements.
- (3) On IWB, different students and multimedia teaching materials of IWB interactive quantity have significant differences in learning achievements, and interactive quantity 3 has better learning achievements.

The results of this study are able to provide Biology teachers with the design of teaching materials and teaching methods for reference when they use IWB to teach main subject units such as "Fossil", "Evolution Theory", and "Evolution History".

Key words: Elements of Information , Learning Archivement , Interactive Whtieboard

誌謝

能夠完成這本論文，要感謝許多人在這一路上對我的指導與幫助，讓我在交通大學進修的這兩年中，能夠順利畢業並在各方面都能有所成長。

首先要感謝指導教授陳登吉老師和孔博士的指導及教誨，在學術上給予我充分的指導，為我的研究開啟一扇大門，尤其是孔崇旭教授每個禮拜不辭辛勞地在我整個研究過程及論文撰寫上給予細心的指導及觀念上的啟發，讓我能順利完成研究及論文，還有黃世昆教授及洪茂盛教授在論文口試時給予我細心的指導與建議，讓我的論文能更加完善。

再來要感謝實驗室的同學們：陳錦儒同學、廖元鴻同學、洪詩玲同學及徐淑芬同學在我的研究過程中提供協助，大家能夠同心協力合作完成學業是件很令人感動及開心的事。還有我所任教學校的長官及老師們：傅瑜雯校長、葉蓮芬主任、殷湘玲小姐等給予我許多幫助與鼓勵，協助我完成研究。

最後更要感謝我的家人給我的鼓勵與支持，讓我這兩年可以將心思專注在學業及研究上，尤其是媽媽在我進修期間生病，所幸有父親、二位兄長及親戚們的幫忙，讓我有餘力完成學業。

真的很謝謝你們大家對我的幫助，你們給我的協助與支持正是我完成學業的最大動力，最後謹以本論文獻給所有幫助我、支持我、關心我的人，謝謝大家。

黃建福謹誌

中華民國九十九年七月

目錄

目錄.....	vi
表目錄.....	ix
圖目錄.....	x
一、緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	1
1.3 研究目的.....	3
1.4 研究範圍與限制.....	4
1.5 名詞解釋.....	4
1.5.1 電子白板(interactive whiteboard).....	4
1.5.2 資訊量(elements of information).....	5
1.5.3 學習成效(learning achievement).....	5
二、文獻探討.....	6
2.1 認知負荷.....	6
2.1.1 認知負荷的基本假設.....	6
2.1.2 認知負荷的類型.....	7
2.1.3 認知負荷理論的教學設計原則.....	9
2.1.4 降低認知負荷相關研究.....	10
2.1.5 認知負荷的測量.....	11
2.1.6 資訊量的討論.....	12
2.2 互動學習相關理論.....	12
2.2.1 互動學習的形式.....	12
2.2.2 互動學習模式於電子白板之應用.....	13
2.3 電子白板相關研究.....	15

2.3.1 電子白板的應用層次	15
2.3.2 電子白板的相關研究	16
三、理論模型	23
四、研究方法	26
4.1 研究流程與架構	26
4.1.1 研究流程	26
4.1.2 研究架構	26
4.2 研究設計	27
4.2.1 實驗步驟	27
4.2.2 實驗設計	28
4.2.3 研究對象	32
4.3 研究工具	32
4.3.1 電子白板	32
4.3.2 後測試卷(生物科學習成就測驗)	34
4.3.3 認知負荷主觀評量問卷	34
4.3.4 互動式多媒體教材	35
4.4 資料處理	35
4.5 互動式多媒體教材編輯製作	36
4.5.1 互動式多媒體教材編輯製作軟體-IMCS	36
4.5.2 教材編輯製作過程	37
4.5.3 互動式多媒體教材樣版	40
4.5.4 互動式多媒體教材樣版製作過程	41
五、實驗結果與討論	45
5.1 電子白板單面教材資訊量對學習成效之分析	45
5.1.1 進行階段一實驗前的前測單因子變異數分析的結果	45
5.1.2 階段一實驗—不同資訊量後測成績單因子變異數分析的結果	46



5.1.3 階段一實驗—不同資訊量後測成績之學習成效比較.....	48
5.1.4 階段一實驗—不同資訊量之認知負荷比較.....	48
5.2 電子白板單面教材資訊量師-白互動量對學習成效之分析.....	49
5.2.1 階段二實驗—不同師-白互動量後測成績單因子變異數分析的結果.....	49
5.2.2 階段二實驗—不同師-白互動量後測成績之學習成效比較.....	51
5.3 電子白板每一小單元生-白互動量對學習成效之分析.....	52
5.3.1 階段三實驗—不同生-白互動量後測成績單因子變異數分析的結果.....	52
5.3.2 階段三實驗—不同生-白互動量後測成績之學習成效比較.....	53
5.4 結果摘要.....	54
5.5 討論.....	54
六、結論與建議.....	56
6.1 結論.....	56
6.2 建議.....	56
6.3 未來研究方向.....	56
參考文獻.....	57
附錄一 學習成就測驗試卷.....	62
附錄二 認知負荷量表.....	68

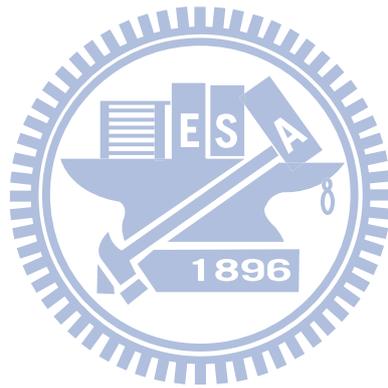


表目錄

表 1 國內外電子白板相關文獻。	16
表 2 資訊量計算方式	30
表 3 SB680V 硬體規格表	33
表 4 專家教學資料表	34
表 5 後測試卷信度分析表	34
表 6 階段一實驗前測之各班學生變異數同質性檢定	45
表 7 階段一實驗前測之各班學生單因子變異數分析 ANOVA	45
表 8 階段一實驗後測之各組學生變異數同質性檢定	46
表 9 階段一實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA	46
表 10 階段一實驗後測之五種資訊量數之成對比較	47
表 11 五種資訊量教材之學習成就比較表(描述性統計量)	48
表 12 階段一實驗認知負荷統計表(描述性統計量)	48
表 13 階段二實驗後測之各組學生變異數同質性檢定	49
表 14 階段二實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA	49
表 15 階段二實驗後測之五種師-白互動量數成對比較	50
表 16 五種師-白互動量教材之學習成就比較表(描述性統計量)	51
表 17 階段三實驗後測之各組學生變異數同質性檢定	52
表 18 階段三實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA	52
表 19 階段三實驗後測之五種生-白互動量數成對比較	53
表 20 五種生-白互動量教材之學習成就比較表(描述性統計量)	54

圖目錄

圖 1 互動理論模型	23
圖 2 研究架構圖	27
圖 3 實驗步驟圖	28
圖 4 文字資訊量 3 計算範例	29
圖 5 圖片資訊量 3 計算範例	29
圖 6 圖文並茂元件資訊量 3 計算範例	30
圖 7 電子白板裝置運作圖	33



一、緒論

1.1 研究背景

近來年，電子白板被廣泛的應用於教育上，世界各國大量引進學校與教室教學之中，在「2009年創新教學與學習科技國際論壇」中教育部司長即指出：2005年墨西哥建置了4萬片、馬來西亞建置6萬片；2007年英國中小學50%的班級有電子白板；到了2009年英國中小學98%設置電子白板，美國總統歐巴馬承諾200億經費挹注教育，其中100億用於打造未來教室，韓國提撥3166萬美金完成2400間教室E化，台灣也於「資訊教育白皮書」中提出要撥款四十餘億經費建置中小學資訊設施，方便教室中進行多媒體互動式教學，其中互動式電子白板已經是傳統教室中最重要的教學輔具之一。

電子白板其實只是一塊大型的觸控板，連接電腦與單槍投影機而運作，之所以會被如此大量的引進於教學現場是因為其異於傳統黑板及單槍投影機教學的功能，甚至可以說是結合了傳統黑板及單槍投影機於一體，在此螢幕上可隨意書寫、操作、標記、圈點，所書寫資料能儲存、重複播放及列印。

因為具有這些功能，所以電子白板在教育現場使用時，有相當良好的教學成效，相關的研究也陸續出現，有學者研究指出，電子白板具有增加互動性、提升學習成效、有助教學效率、幫助資訊學習能力(Bruce & Rose, 2010; Hall & Higgins, 2005; Hennessy, Deaney, Ruthven, & Winterbottom, 2007; Omar, 2010; Schmid, 2008; Slay, Siebörger, & Hodgkinson-Williams, 2008; Thompson & Flecknoe, 2003; 江志浩, 2009; 劉文斌, 2009; 蔡文瓊, 2009; 張夏暖, 2009; 高瑩真, 2008; 鄭仁燦, 2008; 陳秀雯, 2008; 林儀惠, 2007; 黃國禎, 2007; 顏菀廷, 2007)等的功能，尤其是提升互動性的部份，因為提升了互動性，相對的也增加了學生的注意力、參與度、學習動機、學習態度及學習興趣等。

1.2 研究動機

根據上述背景，因為電子白板具有如此多的教學功能與優點，所以電子白板進入教

室後勢必會對教師傳統的教學帶來極大的衝擊，並造成教學環境的改變，如教學習慣、教材設計、教學方式、教室配置與教室氣氛等等，如何善用此高互動性的科技輔具來導入教學，且發揮此設備之最大功能與效益，需要更多、更深入的研究來探討及證明，(Bruce & Rose, 2010)提出需要更多研究來決定電子白板如何使用可以與學習成效相關，不當的教材呈現是無法提升動機和學習成效的，由此可知，在使用電子白板教學時，應有適當的教材呈現方式。

早期電子白板的研究多以師生自陳量表為工具進行問卷調查或晤談結果所得，探討項目偏向於教師知覺、師生滿意度、學習動機、學習態度等(陳惠邦，2006)，近來才有較多探討使用電子白板教學的學習成效，但多為傳統教學組、單槍教學組與電子白板組的比較(江志浩，2009；張夏暖，2009；顏菀廷，2007；林儀惠，2007)，但卻少有深入探討電子白板上多媒體教材設計的原則對學習成效的影響，而學習成效正是教學上認知層次首要達成的目標之一，故本研究的重點著重在於電子白板教學時不同因素對學習成效的影響。

在多媒體教材的設計上，資訊量是首要考慮的要素之一，因為資訊量會影響認知負荷，不當的教材呈現方式，將影響學習者外在認知負荷，進而影響學習成效(Mayer, Moreno, Boire & Vagge, 1999)，而當資訊量過多時，會增加教材的外在認知負荷，可能會降低學習成效。

人的工作記憶容量有資料數目(chunks)的限制(Cowan, 2001; Miller, 1956)，語言記憶容量的能力大約是 7 ± 2 (Miller, 1956)，圖像記憶容量的能力約能記憶 4 ± 1 個圖形資料項目(Cowan, 2001)，但是這些實驗所得到的數字，卻都是在桌上型電腦的研究之下所得到的，然而不同載具適合的資訊量不同，電子白板也是一種載具，應有其較適當的資訊量，至今仍相當缺乏於電子白板之尺寸實驗相關的文獻，而電子白板將成為未來教學輔具的主流，故研究者想探討若以較常見的電子白板尺寸-80吋時(以 SB680V 為例)，教材設計之較佳資訊量為何，此為本研究的動機之一。

許多研究都指出電子白板可增加教室教學的互動性，相關的研究並未詳細指出使用電子白板教學時可增加何種互動及互動的增加對學習成效是否有正面的效果，故有學者

(陳惠邦，2006)指出互動的內涵與必要性及成效需要更進一步的探討。且互動的方式有很多種，如教師-學生、教師-電子白板、教師-電子白板-學生、學生-電子白板-學生、教師-學生-電子白板等等，其中教師與電子白板的互動可增加學生的注意力與學習動機，並有提示重點的效果，但過多的互動是否反而會增加不必要的認知負荷，而降低了學習成效，故本研究的動機之二乃在探討教師與電子白板的互動應為多少較為適當。

由互動學習理論可知，互動是學習的方式之一，學習者藉由與同儕的互動、與教師的互動及與教材的互動都可以得到學習的效果。互動會影響學習動機與學習成效，尤其是學生和電子白板的互動，李慶志(2008)的研究指出讓學生藉由親自操作電子白板學習數學，有助於提高該生的數學學習興趣。但也有學者(陳惠邦，2006)提出警告，如果教師過於倚賴互動白板，並常允許學生在互動白板上活動，很有可能導致教學進度落後，甚而更強化了教師中心的教學，目前尚無相關研究指出學生與電子白板互動對學習成效之影響及較佳的學生操作電子白板次數，故本研究的動機之三旨在探討學生與電子白板的互動應為多少較為適當。

綜合以上所述，研究者想要了解如何將電子白板這項科技在教學上「有效地使用」來達到學習成效的目標。

1.3 研究目的

基於前述的研究背景及動機，電子白板具有強大的教育潛能，近來政府大量的將電子白板導入學校及教室，勢必造成教學現場的改變，由此可知，電子白板上的多媒體教材設計及教學策略應有不同的原則，而目前尚缺乏相關的研究，故本研究之目的旨在探討應用電子白板教學時之資訊量及互動量是否會影響學習成效和認知負荷，並希望藉此能歸納出較佳的教學方式，期能提供教師在電子白板上編輯多媒體教材及應用電子白板教授多媒體教材時的一項參考。

本研究以國中一年級自然與生活科技領域演化單元為教學內容，設計符合電子白板需求的高互動式多媒體教學教材，並作為電子白板融入教學研究之實驗材料，本研究目的如下：

- 1.探討利用電子白板教學時，較適合之多媒體教材單面資訊量為何。
- 2.探討利用電子白板教學時，較適合之教師與電子白板的互動量為何。
- 3.探討利用電子白板教學時，較適合之學生與電子白板的互動量為何。

1.4 研究範圍與限制

本研究範圍界定如下：

本研究以國一自然與生活科技「演化」作為電子白板的多元媒體教材課程內容，研究者依「九年一貫課程標準之能力指標」編輯多元媒體教材，希望將本研究的結果作為電子白板多元媒體教材編輯及教學的參考依據，但因限於時間、人力及經費等問題，使得本研究結果運用受到以下幾點的限制：

- 1.本研究的實驗設計採方便取樣的方式，實驗進行之樣本皆以班級為單位進行實驗，以桃園縣某國中一年級學生為實驗對象，故本研究的結果無法對其他群體做過度的延伸及推論。
- 2.本研究所採用之教材內容為國一自然與生活科技「演化」單元，所得之結果僅能推論國一自然與生活科技「演化」單元之教學參考，對於其他的教學單元，無法做過度的推論。
- 3.本研究是以 80 吋之電子白板作為研究工具，所得之結果是否能推論至其他不同尺寸規格的電子白板，則有待進一步的研究。

1.5 名詞解釋

1.5.1 電子白板(interactive whiteboard)

電子白板，英文名稱為 Interactive WhiteBoard，簡稱為 IWB，中文也可稱為互動式電子白板、互動電子白板、互動白板等。電子白板是大型的觸控板，連結電腦、投影機而運作，電子白板相當於觸控式螢幕，外觀與傳統白板相似，但電子白板可以透過其上所安裝之軟體而有許多互動功能，是近年來被大量使用的教學輔具。電子白板的生產廠商及型號非常多樣，本研究所採用的電子白板是 Smart Board 公司生產的 SB680V。

1.5.2 資訊量(elements of information)

許多研究皆提及資訊量，多數研究皆指出過多的資訊量會影響學習者的學習。但資訊量如何計算，並沒有一定的規則與標準。本研究探討各相關文獻後，將「資訊量」以「觀念的個數」做計算，將敘述一個觀念的聲音、文字或圖片各視為一個元件。

1.5.3 學習成效(learning achievement)

指學生在學科學習之後的成果表現，衡量學習者的學習成效有很多種方法，這裡所指的學習成效乃是指學習者的學習成績，包括期中成績、期末成績、實驗的後測成績等，本研究的學習成效是指實驗的後測成績，亦即學生在接受互動式多媒體教材教學後立即給予試卷施測所得的後測成績。若學生的成績越高，代表學習成效越好。本研究的教材共分為三個學習單元，每一個單元課程的學習結束後會進行形成性評量，以此測驗成績定義為各單元的學習成效。



二、文獻探討

2.1 認知負荷

「認知負荷」(cognitive load)早期應用在軍事訓練及各種企業上，稱為「心智工作負荷」(mental workload)，直到Sweller(1998)提出「認知負荷理論」(cognitive load theory, CLT)將此觀念引入教育界，學界才開始聚焦於探討教學法、學習內容對於學習者概念獲得與認知層面的影響，以及認知負荷與教學效果的關係之後，於是開啟了認知負荷理論運用於教育問題的研究新頁。

2.1.1 認知負荷的基本假設

Sweller所提出的認知負荷理論對人類認知架構有四項基本假設(Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998；宋曜廷，2000；翁嘉鴻，2001；陳蜜桃，2003)：

1. 人類的工作記憶(working memory)容量是有限的

人類對於新訊息的接收，必須依賴工作記憶對訊息做更深入的認識與理解，理解之後刻意予以保留，使之轉為長期記憶。工作記憶的容量是有限的，平均只能儲存大約 7 個要素(elements)，但是能真正同時操作處理的，只有2-4 個要素，且工作記憶運作或保留的時間極短，若未經重述，大約20 秒隨即消失(Van Merriënboer & Sweller, 2005)，由於運作記憶容量有限，所以如果需要一次處理多個訊息，容易造成認知負荷過重。且若待處理的訊息其本身內部要素的互動性高，必須相互參照後才能了解，則個體將更耗費短期記憶容量，因而產生更大的認知負荷，造成學習困難。

2. 人類的長期記憶 (long term memory) 並沒有容量的限制

由於長期記憶無容量限制的特性，使得專家與生手在處理某些事件上，產生極大的差異性。專家和生手最主要的差別，在於長期記憶所儲存知識內容的多寡。由於專家的長期記憶儲存許多的問題狀態 (problem states) 知識，以及對應的解法，在面對問題情境時，可以自長期記憶中迅速的檢索出對應之策，但新手卻需要於短期記憶中進行推理和搜尋，進而耗費了許多精力。

3. 知識是以基模 (schema) 的形式儲存在長期記憶中

個體學習所得知識概念以基模的形式存於長期記憶中，根據基模理論，它的發展是由簡單到複雜，由粗略到精緻的建構過程。許多佔用記憶容量的訊息成分，可以融合成一個複雜的基模，而變成一個單一的處理單位，所以，基模除了在長期記憶中可以發揮組織和儲存訊息的功能外，亦可以在工作記憶區發揮降低記憶負荷的功能(Van Merriënboer & Sweller, 2005)。

4. 基模運作自動化 (schema automation) (張春興，1996)是基模建構的重要過程

人類處理訊息的模式有兩種，一種是控制式處理，另一種是自動化處理。控制式處理在意識層面上占用的運作記憶空間極多，而自動化處理較不需意識的監控，占用的記憶空間極少。自動化的訊息處理可降低工作記憶的負荷，若藉由充分的練習可以將基模的運作自動化，當基模運作自動化後，可以節省許多工作記憶區的空间，進而降低工作記憶區之負荷，便可同時對更多訊息作同時或更深入的處理。

2.1.2 認知負荷的類型

Sweller(1998)等人指出在教學過程中，學習者的認知負荷來源可分為以下三類：

1. 內在認知負荷(intrinsic cognitive load)

內在認知負荷是指在工作記憶中需要同時進行並整合處理的元素(element)數量，這種複雜的元素越多，學習者的內在認知負荷就越大。當訊息結構複雜度越高，學習者需要將高關聯性的教材在工作記憶區中處理，此時即產生內在認知負荷。內在認知負荷的來源是教材本身特性，不易靠良好的教材設計而降低。

2. 外在認知負荷(extraneous cognitive load)

外在認知負荷來自於教材的組織和呈現方式。不同的教材組織與呈現方式會有不同大小的外在認知負荷。妥善安排、有組織的呈現教材，可以降低外在認知負荷，讓學習者更能善用有限的工作記憶區來處理與學習內容相關的資訊。當教材的內在認知負荷低時，外在認知負荷高對學習成效的影響不大，但若教材內在要素互

動性高，則教材的呈現方式將非常重要(Sweller & Chandler, 1994)。

3. 有效認知負荷(germane cognitive load)

有效認知負荷源自教學設計者的影響，係指藉由教學設計來適當地呈現教材，吸引學生專注於學習內容的認知過程及基模建構。有效認知負荷雖然會增加學習者的負荷感，卻可幫助建構自動化的基模。常用的方法如問學生問題、提出未完成的例題讓學生完成等。良好的教學設計，應可降低學生的外在認知負荷，增加學生的有效認知負荷。但唯有在總認知負荷量（包括內在、外在、有效認知負荷），未超出學習者的工作記憶負荷量時，適當引入有效認知負荷才有意義。

由上述三種認知負荷型態可知，有效認知負荷性質類似外在認知負荷，但外在認知負荷不利學習，而有效負荷卻會提昇學習成效。當內在認知負荷較低時，學習者很容易就了解教材，無須藉由教學設計來降低外在認知負荷；但當內在認知負荷較高時，則要透過教學設計來降低外在認知負荷，並運用有效認知負荷來建構學習新內容所需的基模，幫助學習者在有限運作記憶中處理訊息。

由於認知負荷是建立在工作記憶容量的基礎之上，所以三種認知負荷之間是一種彼此消長的關係。有效的學習，三種認知負荷相加起來的總量是在一定的範圍內，其中一種認知負荷較高，則另外兩種認知負荷必然較低。如果三種認知負荷都偏高，則必然阻礙學習的進行。所以教師在教學過程中，應當考慮到這三種認知負荷之間的相互關係，進行最佳化的教學設計，才能達到最好的教學效果。

影響認知負荷的因素包含教材本身的難易程度、教學者所呈現的教學資訊方式、學習者的本身先備知識（知識的基本架構-基模）及學習者接收資訊的類型與能力。

因此本研究教學者在教學的過程，考量教材的內在認知負荷、外在認知負荷及有效認知負荷來設計適當互動式多媒體教材。實驗第一階段的設計就是教學者為了探討較適的內在認知負荷，讓學習者經過不同的資訊量呈現得到的學習成效分析，讓教學者可以找到對於這些教學者的有效的教學設計。實驗第二階段的設計就是應用實驗一的結果得知較適的資訊量後，教師透過與電子白板的互動來吸引學生注意力，使其專注學習，藉此探討較佳的有效認知負荷，期許教學者未來在教學中可以利用實驗結果分析達到最大

的教學成效。

2.1.3 認知負荷理論的教學設計原則

Sweller(1998)等人 歸納以認知負荷理論為主題的研究，提出教學設計之原則分別為：開放目標效應 (goal free effect)、示例效應 (worked example effect)、完成問題效應(completion problem effect)、分散注意力效應(split attention effect)、型態效應(modality effect)、多餘效應 (redundancy effect)、變化效應 (variability effect) 等，茲簡述如下：

1. 開放目標效應 (goal free effect)

當問題並非只有一種解決方式時，教學歷程應採開放目標，使學生不受限制地自由表達自己思考後的結果，以及過程中遇到的問題，減少外在認知負荷。(Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000；陳蜜桃，2003)

2. 示例效應 (worked example effect)

教師在教導有關程序性知識(procedure knowledge)前，若能呈現適當的範例，可協助學生對於問題狀態和解題步驟建構出較完整的基模，也可協助降低外在認知負荷，此範例須著重在其問題狀態、呈現步驟以及使學生可以歸納出衍生問題或基模的設計。(Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000；陳蜜桃，2003)

3. 完成問題效應 (completion problem effect)

將示範例題只呈現一半的解法，剩下一半由學習者完成時，能使學習者不容易分心，且具有減低外在認知負荷的效果。(Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000；陳蜜桃，2003)

4. 分散注意力效應 (split attention effect)

分散注意力的發生原因為學習者需要將他們的注意力分開，以獲得不同呈現來源的資訊，並且花費心力將不同來源的資訊整合起來。這樣處理兩種來源的資訊時，便產生較高的認知負荷，也降低學習效果。(Sweller et al., 1998; Yeung et al., 1997; Yeung, 1999；宋曜廷，2000)

5. 型態效應 (modality effect)

人類的工作記憶可以同時處理形碼(視覺)與聲碼(聽覺)這兩種型態的訊息，以兩套系統來處理訊息將優於單一系統，可以透過這兩種訊息的同時出現，降低學生本身學習的認知負荷，其效果會比只有視覺或純聽覺來的好。(Penny, 1989; Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000；徐易稜，2001；陳蜜桃，2003)

6. 多餘效應 (redundancy effect)

當學習者面對多種方式呈現的資訊時，如果單一呈現方式即可完整傳達意義，但卻將相同的資訊以不同方式同時呈現，則會發生多餘效應。大量訊息同時進入到工作記憶將會導致過度負荷，降低了學習效果，故當這些訊息自身的意義明確時，獨立呈現即可，無須互相參照。(Kalyuga et al.,2000; Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000)

7. 變化效應 (variability effect)

學習者在進行解題時，變換不同的問題與情境，雖然造成更大的認知負荷，但此時產生的是有效認知負荷，將有助於基模的建立與學習遷移的發展。(Sweller et al., 1998；宋曜廷，2000；陳蜜桃，2003)

2.1.4 降低認知負荷相關研究

1.減少內在認知負荷

雖然Sweller等人認為內在認知負荷是無法透過教學設計而改變的，但仍有研究者嘗試尋找方法來降低內在認知負荷。內在認知負荷是來自教材中元素的交互作用，所以減少內在認知負荷的方法就是減少元素間的交互作用(Ayres, 2006)。

2.降低外在認知負荷

外在認知負荷的來源主要是由教材的組織和呈現方式，所以使教材的呈現方式最佳化是降低外在認知負荷的一個重要途徑。Mayer等人(2002)以認知負荷理論、雙重編碼理論等為基礎，提出多媒體教學設計的五個原則(Mayer & Moreno, 2002)如：多媒體原則(multimedia aids)認為用旁白和動畫並用的效果比僅用旁白的效果好；接近原則(contiguity aids)為旁白和動畫同時出現比先後出現好；形式原則

(modality aids)認為出現文字和旁白並用比僅出現文字效果好；多餘原則 (redundancy aids)認為出現旁白和動畫，比出現旁白、動畫及說明文字的效果好；一致原則(coherence aids)則是應減少不必要的文字和聲音，使呈現的內容一致。

3.增加有效認知負荷

Sweller等人(1998)認為變化效應(variability effect)是增加有效認知負荷的有效途徑之一。變化效應有助於學習者更投入與學習有關的作業，因此在學習遷移上效果更明顯，有助於基模的建立和發展。

2.1.5 認知負荷的測量

認知負荷的測量通常包含心理負荷 (mental load) 與心智努力 (mental effort) 兩個部份 (Sweller, 1998)：

1.心理負荷 (mental load)

是由任務或環境所造成的負荷，包括元素互動性、教材設計等。

2.心智努力 (mental effort)

個體為了順應工作需求所付出的能力與資源。對心智努力的衡量，可反應出心理負荷所沒有反應出的認知負荷。

Burnken, Plass 與 Leutner(2003)認為測量認知負荷的方式可以兩個維度來劃分：主觀與客觀及直接與間接。主觀性測量是指用主觀性的方法，例如自我報告法等來測量認知負荷的強度，通常以評定量表測量，由學習者自我反省，將自己的負荷量化，學習者評定本身的負荷後，選取較適合自己的尺度；客觀性測量是指經由對行為、生理狀況及成績等進行客觀的觀察，得出認知負荷的大小。直接測量是指對受測者的主觀感覺、大腦活動進行直接測量，以此衡量認知負荷；而間接測量是指對受測者的行為及學習成績進行推論，來進行判斷而得到結論。

就以上方法來說，主觀測量法為最常見的方法，其效度、信度、敏感度上，都較其他測量法為佳，且更方便而具實用與可行性(Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998)。

故本研究中認知負荷的衡量採用主觀測量法，以學習者心理負荷與學習者主觀的心智努

力的衡量，參考宋曜廷(2000)測量認知負荷量表，分別就學生對教學內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力，分七個向度做為選項。

2.1.6 資訊量的討論

Miller(1956)指出工作記憶(working memory)在同一時間可以容許七個資訊項目(item)或元件(element)，一般人的記憶容量大約為 7 ± 2 項目，這些項目可以是字母、數字、或圖形，也可以是詞或句子。Mayer(1999)則提出在總資訊內容相同的情況下，將資訊分段呈現，比一次呈現所有的資訊，有較佳的學習成效，並於2003年提出分割效應(segmentation effect)的原則，將學習內容分割成數個小片段，減少每次訊息量，藉以解決資訊量過多的問題。

陳彙芳(2000)把內容的複雜度(摘要式及詳述式)視為資訊量的差異，來探討資訊量對學習成效的影響，結果發現學習者面對較少的資訊量會有較佳的學習效果。范懿文(2000)指出無論是「高資訊量」或「低資訊量」的學習，其內容元件的性質相同，而元件的數量不同，對學習成效會有顯著影響。洪碧霞(2008)研究發現學習能力較弱的學生，其所能記憶的資訊量很難超過4個，而一般學生則多半可以掌握到6個資訊量。陳姚真等(2008)則指出資訊量過多會增加認知負荷、分散學習者的注意力或使訊息處理不及，造成較差的學習成效。

多數研究皆指出資訊量會影響學習者的學習成效，但資訊量卻沒有一定的計算方式。本研究中，由以上文獻整理後，將「資訊量」以「觀念的個數」做計算，將敘述一個觀念的聲音、文字或圖片各視為一個元件，並期望能找出在電子白板上最適合學習的資訊量。

2.2 互動學習相關理論

2.2.1 互動學習的形式

互動是學習的重要關鍵。若沒有明顯的互動的話，學生很容易分心或對其他人產生誤解，或是會將他們的專注力轉移到其他活動上，互動能讓學習者有參與感，而不只是一個旁觀者，進而提昇學習的效果(Webster,1993)。

Moore 與 Kearsley(1996) 表示，「如何應用相關的技巧促進教學互動，一直是迫切需要研究的主題。」，所以 Moore 在 1989 年提出了教學的三大互動型態：學習者與教材的互動、學習者與教師的互動以及學習者與學習者的互動。

1. 學習者與教材的互動

此互動定義成學習者與教材內容智慧地互動過程，此種互動能帶給學習者在理解、觀點或認知結構等的改變，能有助於學習成效。

2. 學習者與教師的互動

此種互動是學習者與教師的互動，教師藉由互動來鼓勵學生或激起學生的學習興趣，且可澄清學生對課程內容誤解的部份，對學習有正向的幫助。

3. 學習者與學習者間的互動

透過學習者間相互詢問、解說或表達意見，以達到相互學習的效果，而教師加入或不加入此學習群體間的互動都可以有學習的效果 (湯宗益、廖莉芬, 2003)。

Hillman, Willis 與 Gunawardena(1994)則將 Moore 的三種互動形式擴展，於是增加了第四種互動—學習者與科技的互動。

Anderson 與 Garrison(1998)則認為，除了 Moore 的三種互動型態外，應再增加三種互動的型式：教學者與教學者互動、教學者與教材互動，和教材與教材互動，此六種教學互動型式形成一個完整的教學互動架構。

Taylor(1998)也指出在學習活動裡有兩種互動的形式：社會形式的互動(social)與個人形式的互動(individual)。社會形式的互動指的是學生與老師或學生與學生之間的互動；個人形式的互動則是指學生與教材之間的互動。

而在這些互動形式之下，電子白板可以呈現教材，又是科技的一部份，故電子白板同時具有「教材」與「科技」的雙重身份，在互動學習裡扮演了非常重要的角色。

2.2.2 互動學習模式於電子白板之應用

王磊(2000)則更進一步指出，在多媒體教學中，師生間主要透過媒體為中介來進行學習，故而形成了三種互動模式：「人一機」，「人一機—人」及「人—人」。

「人一機」互動模式指的是人與機器的互動，其中的「人」主要是指學習者，是「學習者與教材的互動」的演變，學習者透過互動式多媒體教材、電腦與電子白板，利用互動式多媒體教學軟體與教材內容間進行交互作用，使學習者能在操作中適時得到反饋。圖文並茂，內容豐富的「人一機」互動模式能有效地提升學生的學習興趣，使學生產生學習慾望，使學習動機增加，且有利於學生的認知主體運作。在「人一機」互動模式下，學習者可以運用互動電子設備的軟體與硬體，操作適合自己學習程度的練習，透過電腦的回饋，達成自我學習的目的。

「人—人」互動模式指的是人與人的互動，其中的「人」可以是學習者，也可以是教師，故較常見的是「生—生」、「師—生」及「生—師」三種，是「學習者與教師的互動」及「學習者與學習者間的互動」的綜合，此種互動都有助於觀念的學習或是學習群體的建立。

「人一機—人」互動模式是在電子白板教學中較常見的互動形式，指的是教學中學習者之間或學習者與教師之間透過電子白板的互動來進行溝通，常見的表現方式有以下三種。

1. 「教師—機—單一學生」的互動

此模式較適用於個別化教學，教師透過多媒體教材及電子白板來呈現教學內容，學生則經由操作電子白板強化學習獲得的概念，且在一對一的教學環境中，學生可以得到教師的及時指導，並加強和教師情感上的溝通。

2. 「教師—機—群體學生」的互動

在這種模式中，教師透過電子白板呈現多媒體教材及教學概念，學生和教師則可透過進行問答、對話來溝通，教師可透過學生對電子白板的操作確認概念是否清楚，並使用電子白板來告知學生錯誤概念的部份。在整個互動過程中，教師扮演控制者與指導者的角色。

3. 「學生—機—學生」的互動

在電子白板的課堂中，學生透過電子白板的操作來發表自己的意見，並將自己的認知概念呈現，與其他學生進行互動交流，其他學生可具體了解彼此概念，進而

形成學習群體，達到交互學習、互動學習的目的。

電子白板功能與增加的互動不論對教師或學生都有相當良好的幫助。

傳統教室的教學，教師會讓學生上台利用黑板示範講解，而將傳統黑板示範教學的方式結合電子白板所提供的軟體，更可讓學生在電子白板上移動教材，完成學習任務、標記註釋，結合軟體提供立即回饋、計算學習表現，或重現之前呈現的教材。

教師在教學應用操作上可使用教材及教學過程的保存與重現，並利用操作拖曳及隱藏與揭示等功能來強調重點。學生則可從觀摩他人與電子白板的互動過程中，將他人的操作歷程與自己的經驗與知識相比較，並且在分享及操作的過程中，將自己學習歷程的內隱知識外顯化，達到同儕之間的知識轉換與交流互動。而教師則可透過讓學生實際上台操作、經由學習記錄或檢測的結果，來了解學生的學習狀況，當學生有問題時，教師便可立即介入指導修正。因此，電子白板互動功能讓學生在使用多樣化展示功能的同時，呈現更詳細的概念成長的過程，也間接改變了師生間的教學互動(顏苑廷，2007)。

本研究綜合 Moore(1989)的三大互動型態、Hillman(1994)等人的第四種互動型態及王磊(2000)提出的三種互動模式來得到本研究的互動理論模型，即「教師」、「學生」及「電子白板」三者間的互動。

2.3 電子白板相關研究

2.3.1 電子白板的應用層次

電子白板原為辦公室簡報訓練等用途而設計，陳惠邦(2006)提出電子白板引進教室中應用的四個層次如下所述：

1. 代替傳統黑板的展示或教學呈現功能

把電子白板當成傳統的黑板來使用，在上面書寫或畫圖來進行教學，或是將電子白板當作大型螢幕，將電腦上的各種教材呈現出來。

2. 以教師為主導媒體操作平台

利用電子白板的機能比上一個層次多，教師不僅把電子白板當黑板使用，並藉由電子白板來控制電腦，開啟相關的教學媒體及教材來進行教學。

3.以教師為中心的展示平台

此層次的電子白板除了被當作黑板使用，並用來控制電腦之外，教師還會應用電子白板軟體的功能（如聚光燈、各式各樣的畫筆等）和有用的教學素材（如內建遊戲、圖片等）來進行教學。

4.師生互動學習平台

教師不僅會如上述三項所提及的方式操作電子白板，還會結合網路、視訊或其他週邊設備及教學資源，設計能有效促進師生互動的教學活動。比起上述三個層次，最重要的是教師具備自行設計教材的能力，也才能靈活運用電子白板的機能。

本研究所製作的互動式多媒體教材即採師生互動學習平台，期望能發展出適合此平台下較佳的互動方式與數量，以供教師教學時參考。

2.3.2 電子白板的相關研究

由以下文獻可知，電子白板的確有相當良好的教學成效，但其成效多為與傳統教學或單槍教學比較，卻少有探討互動的內涵及不同互動類型對學習成效的影響，故本研究擬探討不同互動模式下不同互動量對學習成效的影響，以做為教師設計教材及教學時的參考。國內外電子白板的相關文獻與研究結果整理如表 1。

表 1 國內外電子白板相關文獻。

研究者 /年份	主題/篇名	對象	科目 單元	研究 項目	研究方法與結論
Omar S. López 2010	The Digital Learning Classroom: Improving English Language Learners' academic success in mathematics and reading using interactive whiteboard technology	英語學習者	英文 數學 閱讀	學習 成效	本測驗的第一個目標是想決定IWB科技促進學習成效的程度，減少了三年級生和五年級生在數學與閱讀的學習差距。第二個測試目標是決定IWB是否比傳統教室更有助於學業成績。本研究採準實驗設計，結果強烈的表示IWB可以促進學習成效，且提升了英文學習者的成績，使其與正常學生沒有差距。

續表1

<p>Bruce Torff , Rose Tirota 2010</p>	<p>Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics</p>	<p>國小</p>	<p>數學</p>	<p>學習 動機</p>	<p>對773位國小高年級學生以IWB進行數學教學後，自我覺知的動機層次。實驗組的學生動機高於控制組的學生，但效應不算很高。需要更多研究來決定電子白板如何使用可以與學習成效相關，不當的教材呈現是無法提升動機和學習成效的</p>
<p>江志浩 2009</p>	<p>以多元智能角度探討互動式電子白板對國小學童學習成效之研究</p>	<p>國小</p>	<p>自然</p>	<p>學習 成效</p>	<p>實驗組學童接受互動式電子白板教學方式，控制組則以一般傳統方式進行教學。自然與生活科技學習成就測驗成績有顯著差異，實驗組顯著優於控制組，且師生互動更為密切。</p>
<p>劉文斌 2009</p>	<p>電子白板融入代數推理教學之研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學 代數</p>	<p>學習 成效</p>	<p>對六名六年級學童進行三週的教學活動，以自編的前、後測筆試工具、訪談、教學錄影、學習單、教學回饋單與教學省思記錄蒐集資料，透過質性為主，量性為輔的方式進行分析。學童不僅在前後測筆試之平均答對率有所提升，也能了解未知數符號在一般式中所代表的意義。研究結果顯示可協助發展學童在形數規律情境問題中的代數推理能力。</p>
<p>張夏暖 2009</p>	<p>運用互動式電子白板於溝通式教學之成效研究-以國中英語科為例</p>	<p>國中 九年 級</p>	<p>英語</p>	<p>學習 成就 和 學習 態度</p>	<p>實驗組其中之一採用互動式電子白板教學，另一實驗組實施單槍投影機教學，控制組則採取傳統黑板教學。互動式電子白板教學之學習成就與學習態度均較佳。</p>

續表 1

<p>蔡文瓊 2009</p>	<p>電子白板小組系統化複習策略對國小學童英語學習成效之研究</p>	<p>國小</p>	<p>英語認句</p>	<p>學習成效和學習興趣</p> <p>研究對象分為三組，分別接受「電子白板小組系統化複習」、「小組系統化複習」及「小組教學」的教學策略來進行實驗教學，且每組依照英語認句學習成效後測劃分學生為學習成就高中低。電子白板小組系統化複習策略在英語認句學習成效與英語學習興趣量的表現均較優，而高成就學童則在英語認句學習成效優於中成就學童與低成就學童。</p>
<p>黃致翔 2009</p>	<p>以ASSURE模式應用IWB與TINS輔助國小自然科學之行動研究</p>	<p>國小自然</p>	<p>學習成績和學習動機</p>	<p>以花蓮縣鄉村某國小六年級學生共 19 人為研究對象，透過教室觀察、訪談、學習文件、學習動機問卷、學習環境感受量表等資料的收集，進行四個月的研究。根據研究結果顯示，接受互動式電子白板教學的學童，其自然科學學習成績、學習動機皆有所提昇；對於自然科的學習態度亦有明顯的變化。</p>
<p>高瑩真 2008</p>	<p>互動式電子白板應用於國小高年級健康課程教學對不同學習風格學習者學習情形影響之研究</p>	<p>國小</p>	<p>健康</p>	<p>學習成就和學習態度</p> <p>探討對不同學習風格學習者學習情形影響之研究。實驗組為應用互動式電子白板於教學，控制組為傳統資訊融入教學，進行五節課共 200 分鐘的健康課程教學。研究發現如下： 一、電子白板組學習效益較高。 二、電子白板組國小學童中，省思觀察者的學習效益高於主動實驗者。</p>

續表 1

<p>郭伊黎 2008</p>	<p>結合互動式電子白板協助中重度智能障礙兒童學習功能性數學成效之研究</p>	<p>國小啟智班</p>	<p>數學</p>	<p>學習成效和學習態度</p> <p>探討電子白板教學對提升中重度智能障礙兒童功能性數學能力與數學態度之成效。以九名國小啟智班智能障礙學生為研究對象，進行六週共 20 節教學。研究者對受試者施以前、後測，並於三週後再進行追蹤測驗。研究發現對數學技能增進立即成效、維持成效及提升學習態度。</p>
<p>鄭仁燦 2008</p>	<p>互動式電子白板融入國小英語教學之研究</p>	<p>國小</p>	<p>英語</p>	<p>學習成就和學習動機和學習焦慮</p> <p>實驗組是以互動式電子白板做為教學的工具，控制組則以一般英語的教學方式，以黑板、單字卡、海報為主要的教學工具。研究結果發現實驗組學生大部分生皆喜歡使用 IWB 上英語課，並知覺 IWB 對其英語學習成就有正向的幫助，能提高其英語學習興趣。建議教學者應適當地允許學生在 IWB 上互動。</p>
<p>曹勝傑 2008</p>	<p>以互動式電子白板為基礎之 ICT 教學環境建置及提升學生學習成效之研究</p>			<p>提出一個 IWB 為基礎的 ICT 教學環境架構，以 IWB 及終端伺服器為中心，整合學習資源、網路學習角及虛擬 IWB 等三個部份。藉由 IWB 具有助長學生學習興趣與主動性的特點，間接提高學生學習的參與度，促進學生在學習活動中，由被動的接受者轉為主動的自主學習。教師由原本的教學者轉為輔導學生學習的角色。</p>

續表 1

<p>陳秀雯 2008</p>	<p>運用互動式電子白板於國小四年級數學領域教學之研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學</p>	<p>學習態度和學習成效</p> <p>將學生為實驗組與對照組，分別進行互動式電子白板教學與一般黑板教學。 本研究之研究結果顯示： 1.在認知與行為層面的數學學習態度並無顯著的影響。 2.在情感層面的數學學習態度有顯著的影響。 3.實驗組學生，分數及面積單元的學習成效顯著優於一般黑板教學的學生。 4.電子白板的使用不但能提升教師教學的效率，還能吸引學生的注意力，進而引發學生對於數學的學習興趣，且能讓學生更清楚理解教學的內容。 建議電子白板只是教學的輔具，教師設計的教學活動應要強調學生的學習，並以適當的教學策略來促進學生的學習。</p>
<p>高俊豐 2008</p>	<p>以合作學習應用互動式電子白板在國小高年級數學縮圖與比例尺單元之成效研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學縮圖比例尺</p>	<p>學習成效與學習態度</p> <p>採用合作學習為教學策略，以學生在六年級上學期數學領域成績，區分為高、低學業成就，每組 4 至 5 人，進行為期 3 週，共計 12 節課的實驗教學。 一、提昇學生數學學習成效。 二、能提昇學生數學學習態度，且對於「學習數學信心」有提昇效果。 三、對「低學業成就」學生而言，結合互動式電子白板在數學學習成效上顯著優於傳統合作學習策略。 四、實驗組受訪學生對使用互動式電子白板多持正面肯定的態度，認為確實能幫助他們學習數學且改變學習態度</p>

續表 1

<p>李慶志 2008</p>	<p>國小六年級學童在動態多重表徵視窗環境下比例解題補救教學之個案研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學 比例</p>	<p>學習 興趣</p>	<p>針對「國小比例情境單元」設計補救教學活動，選取六年級三位低、中、高成就學生為研究對象，並利用 GSP 軟體與電子白板，實施三週五次的比例補救教學課程，過程中採用錄影、填寫學習單，晤談與分析，最後進行後測等方法。 結果發現提高解題之正確率，更提升個案學生的學習慾望及以下發現。 結論如下： (1)電腦動畫、數值變化、多樣的呈現方式都有助於提高個案數學學習興趣。 (2)個案藉由親自操作電子白板學習數學，有助於提高個案的數學學習興趣。</p>
<p>黃國禎 2007</p>	<p>互動式電子白板融入國小數學領域教學之行動研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學</p>	<p>學習 表現 及 學習 態度</p>	<p>行動研究，研究者以任教班級為研究對象，經過兩學期的行動實施歷程(2007年9月至2008年5月)，利用學生問卷、教學現場錄音、訪談記錄、學生週記及教師反思日誌來蒐集研究所需資料。能改善學生的數學學習態度、有助於引起學習動機，提升教師教學效率。</p>
<p>林儀惠 2007</p>	<p>互動式電子白板在國小數學教學之探討-以國小數學領域五年級面積單元為例</p>	<p>國小</p>	<p>數學 面積</p>	<p>學習 成效 和 學習 動機</p>	<p>教師使用 IWB 融入教學方式進行教學之學童，其數學成就測驗結果優於教師以傳統模式進行教學之學童，且大部分的學生皆能肯定使用 IWB 融入教學，並能提昇學生對學習數學之興趣。</p>

續表 1

<p>陳彥至 2007</p>	<p>電子白板於國小數學科教學之行動研究</p>	<p>國小</p>	<p>數學</p>	<p>學習氣氛和學習態度</p>	<p>行動研究法。研究發現，使用電子白板有助於學習氣氛的提升，部分電子白板內建的工具如尺規、幾何繪圖工具等，能讓學生更專注於學習；在電子白板上直接拖曳、旋轉、縮放圖形等功能有助於學生瞭解幾何單元的概念，讓學生更瞭解抽象概念的基本原理；而學生也普遍喜歡使用電子白板來進行幾何概念的學習。</p>
<p>顏苑廷 2007</p>	<p>應用互動式電子白板融入國小數學教學成效之探究</p>	<p>國小</p>	<p>數學</p>	<p>學習成效和學習動機</p>	<p>透過小組合作的方式讓學生與互動式電子白板產生互動，或是教師與互動性電子白板互動時，都對學生學習產生影響。實驗組是以互動式電子白板當成教學互動的工具，控制組以單槍投影為教學的工具。 研究結果發現實驗組的學習成效和數學學習動機有其顯著的差異。</p>
<p>周孝俊 2007</p>	<p>互動式電子白板教學活動和實驗</p>	<p>國小</p>	<p>自然</p>	<p>學習興趣</p>	<p>以環境議題--「土石流」為例，結合電子白板進行教學活動，設計出以類似「大富翁」為主軸的闖關遊戲。提高學生的學習興趣，以表現出以學習者為中心(learner-centered)的精神與意義。</p>

資料來源：研究者整理

三、理論模型

本研究的理論模型為綜合 Moore(1989)、Hillman, D., Willis. J. & Gunawardena, N. (1994)、Anderson 與 Garrison(1998)及王磊(2000)的互動模式所得出。

本研究之互動理論模型如圖 1。

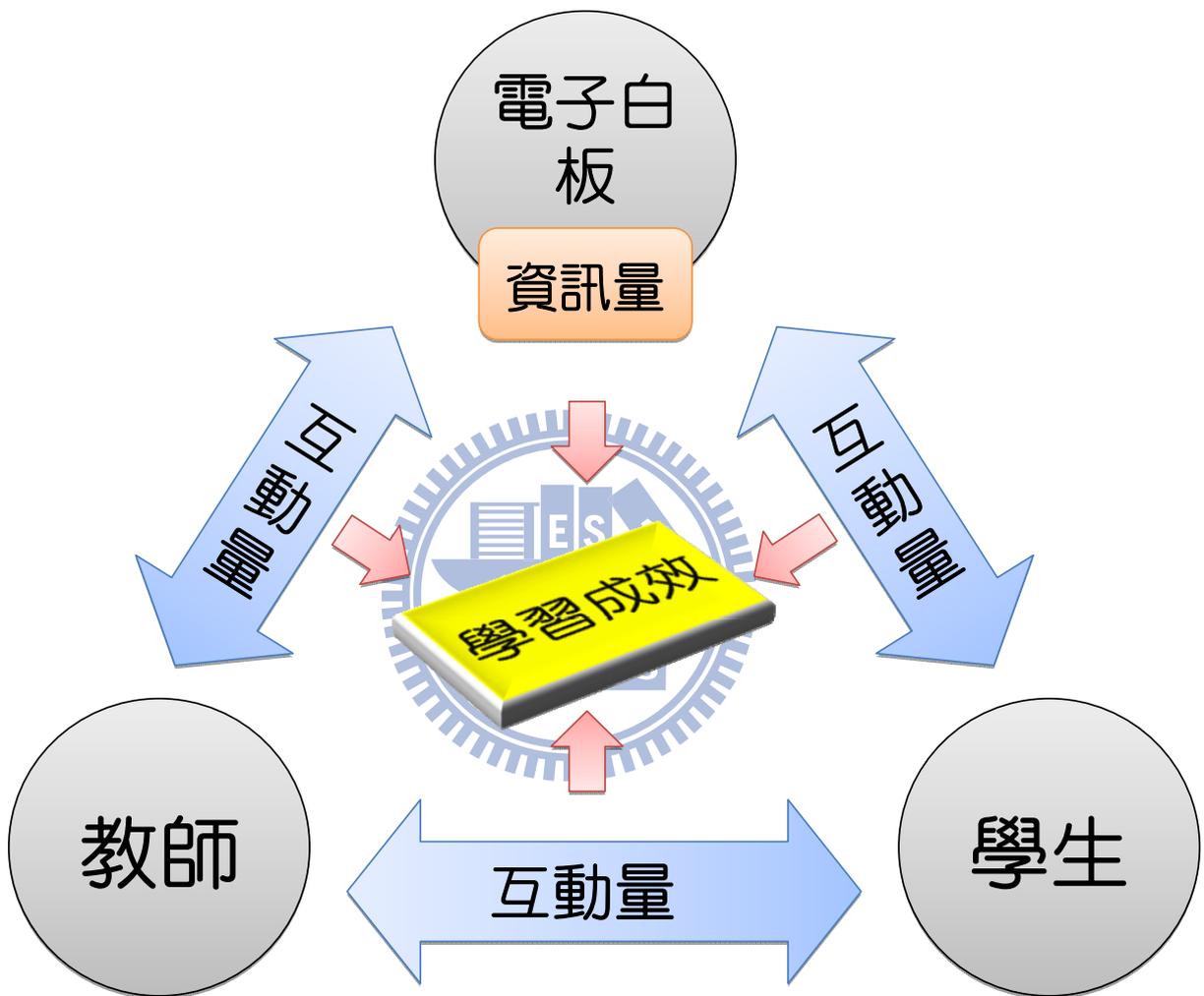


圖 1 互動理論模型

互動的主體有三個：教師、學生及電子白板，茲說明如下：

1. 教師

知識的傳授者，也是教材的編輯者，當教師使用電子白板呈現教材時會與電子白板產生互動，透過與電子白板的互動來增加學生的動機與注意力並傳遞知識；經由與學生的互動如發問、回應等方式來增進學生對知識的理解，有助學習成效的提升。

2. 學生

知識的接受者，學習的主體，經由與教師的互動可加深對知識的理解，並修正不正確的觀念；經由與電子白板的互動與回饋，及在電子白板上呈現其所理解的概念，將抽象的想法具體化，可與教師進行概念上的溝通與確認、修正。

3. 電子白板

科技教學輔具之一，具有 Moore(1989)三種互動型態中的「教材」角色，是教材的呈現工具，也具有 Hillman 與 Gunawardena(1994)四種互動型態中「科技」的角色，因其能將使用者在其上的操作傳給電腦，再經由單槍投影機呈現出反應，故其同時具有「教材」與「科技」的角色。

互動的方式有三個：教師與電子白板的互動(簡稱師-白)、學生與電子白板的互動(簡稱生-白)及教師與學生的互動(簡稱師-生)，茲說明如下：

1. 教師－電子白板的互動(師-白)

Anderson 與 Garrison(1998)的六種互動型式之一為「教學者與教材互動」，而電子白板是教材的載具，故教師與電子白板的互動即屬「教學者與教材互動」型式的一種。教師與電子白板的互動可吸引學生的注意力，因為電子白板有許多功能，使教師可利用許多不同的方式來呈現教材，並與教材互動，而教師與電子白板的互動有許多種，例如拖拉、點選、碰撞、畫筆、開啟網頁、啟動程式、啟動視訊等等，其中較常使用，也是電子白板上較易引起注意力的應是拖拉，故本研究的師-白互動量僅計算每個畫面教師操作電子白板的拖拉次數。

2. 學生－電子白板的互動(生-白)

電子白板同時具有「教材」與「科技」的角色，故此模式既是 Moore(1989)的「學習者與教材的互動」型態，也是 Hillman 與 Gunawardena(1994)所提出的「學習者與科技的互動」型態。故學生與電子白板的互動有許多種，例如拖拉、點選、碰撞、畫筆、開啟網頁、開啟程式等等操作，因學生的操作行為較難控制，故本研究的生-白互動量僅計算每一小單元結束後，學生上台操作電子白板的次數。

3.教師－學生的互動(師-生)

即「教學者與學習者的互動」型態，經由此互動可強化彼此情感、學習動機及注意力，並可藉由問答之間澄清修正錯誤概念，形成正面的學習氣氛。

◎資訊量

教材的構成元素之一，在多媒體教材上更為重要，因為多媒體包含文字、聲音、圖片、影片等，所含的資訊量較一般教材為高，而資訊量過高會影響認知負荷，認知負荷會影響學習成效，而資訊量的計算方式莫衷一是，本研究參考孫秉文(2009)的計算方式，將資訊量定義為每個畫面的「觀念個數」將敘述一個觀念的聲音、文字或圖片各視為一個元件，於本論文 29 頁實驗設計部份有詳細說明。

◎學習成效

學生在學科學習之後的成果表現，是教學的目標之一，而衡量學習者學習成效有方法有很多種，本研究的學習成效是指實驗的後測成績，亦即學生在接受互動式多媒體教材教學後立即給予試卷施測所得的後測成績。若學生的成績越高，代表學習成效越好。



四、研究方法

本章旨在描述本論文之研究設計，以探討在電子白板上之互動式多媒體教材以不同的「資訊量」、「教師與電子白板互動量」、「學生與電子白板互動量」，其對國一自然與生活科技「演化」單元學習成效之影響。

本研究採三階段實驗進行，實驗一主要目的為找出電子白板上其多媒體教材設計之最佳「資訊量」數(3、5、7、9、11)；實驗二目的是將教材融入「不同教師與電子白板互動量」(0、3、5、7、9)，透過實驗方式找出多少互動量，學生的學習成效最佳；實驗三則是將教材融入「不同學生與電子白板互動量」(1、2、3、4、5)，透過實驗方式找出多少互動量，學生的學習成效最佳，並作為未來行動載具上製作多媒體教材設計之參考依據。

全章共分五節，第一節研究流程及架構；第二節研究設計；第三節研究工具；第四節資料分析；第五節多媒體教材編輯製作。

4.1 研究流程與架構

4.1.1 研究流程

本研究先確認研究主題，再根據研究背景與動機，發展出研究目的與研究問題後，著手蒐集相關文獻。界定研究範圍，訂出研究架構，設計互動式多媒體教材及測量工具後，進行實驗及收集數據，並經 SPSS 軟體分析數據後得出研究結果，最後依研究結果提出結論、建議及未來發展方向。

4.1.2 研究架構

本研究採因子設計之準實驗研究法，所研究之因子為自變項共三項，為別為資訊量、師-白互動量及生-白互動量，研究之架構如圖 2。

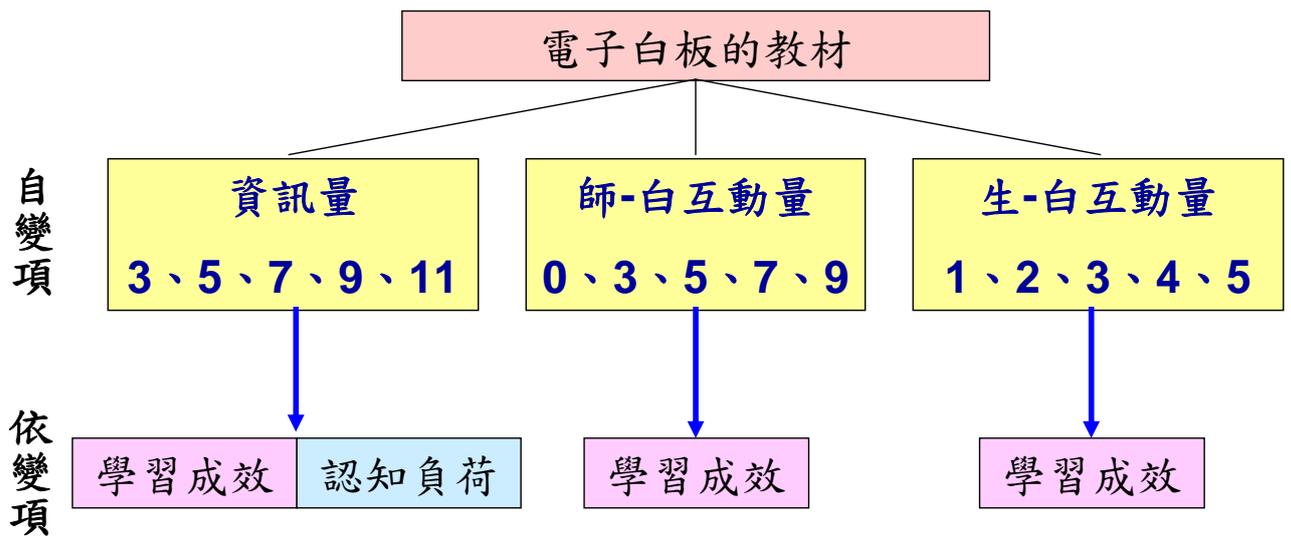


圖 2 研究架構圖

4.2 研究設計

4.2.1 實驗步驟

本研究依研究目的設計實驗。研究者製作三個單元教材，第一單元設計不同「資訊量」的互動式多媒體教材共 5 種，在完成單元教學後立即進行認知負荷及學習成效評量，並進行數據分析；第二單元則以第一單元之數據分析結果，得出較佳之資訊量後，設計相同資訊量但不同「教師與電子白板互動量」之教材共 5 種，在完成單元教學後立即進行認知負荷及學習成效評量，並進行數據分析；第三單元則以第二單元之數據分析結果，得出較佳之教師與電子白板互動量後，設計相同資訊量且相同教師與電子白板互動量之教材 1 種，但在每一小單元教學後，給予「學生上台與電子白板互動之次數」不同，完成教學後立即進行認知負荷及學習成效評量，並進行數據分析。本研究實驗步驟過程如圖 3。

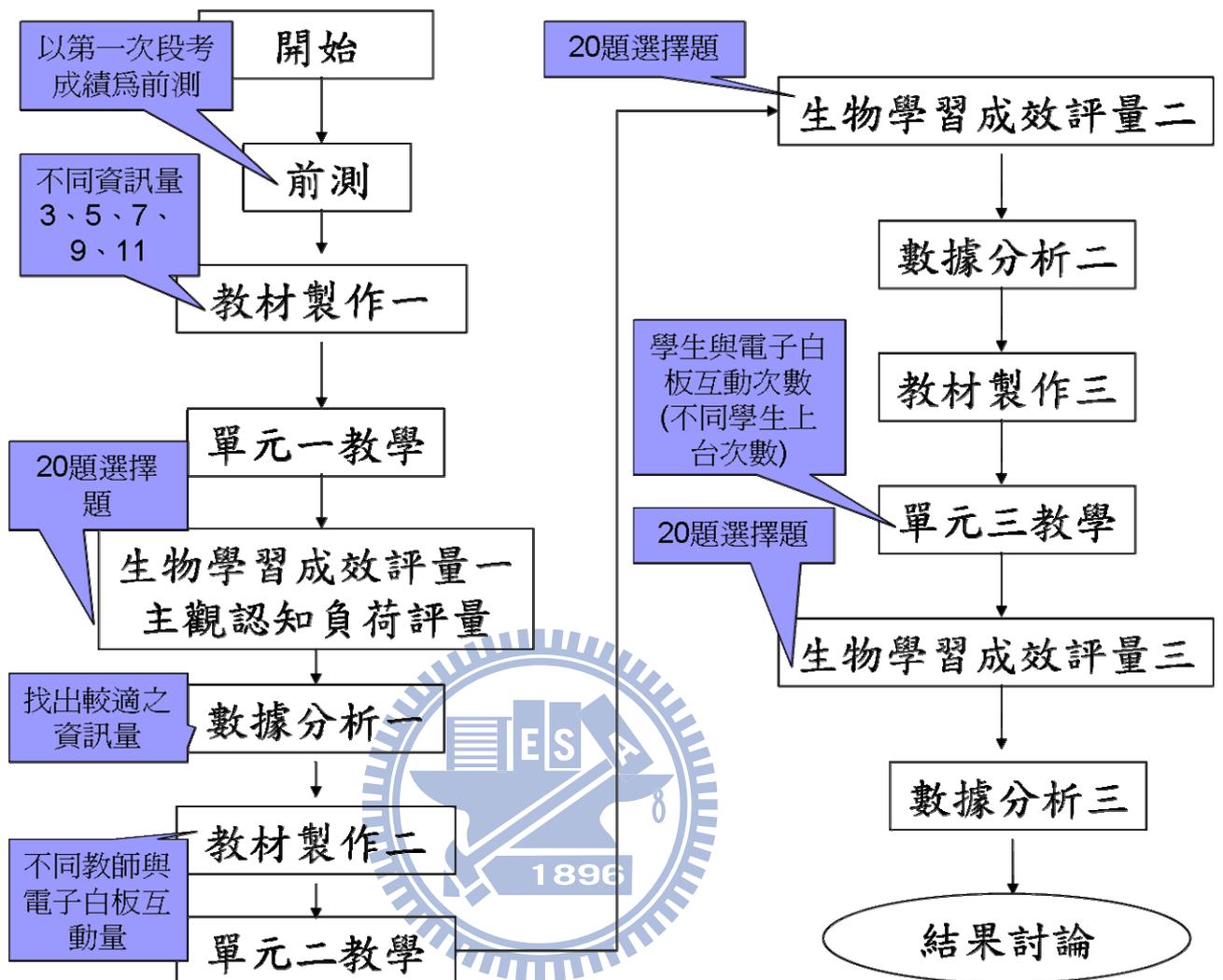


圖 3 實驗步驟圖

4.2.2 實驗設計

本研究依研究目的設計實驗，探討不同「資訊量」、「教師與電子白板互動量」及「學生與電與白板互動量」對學習成效及認知負荷的影響。

研究中的自變項是「資訊量」、「教師與電子白板互動量」與「學生與電與白板互動量」，依變項為後測的「學習成效」與「認知負荷」。本實驗之變項定義如下：

1. 自變項

(1) 教材資訊量

依據先前文獻探討，本研究將資訊量以「觀念的個數」來計算。

其中：文字元件：文字敘述一個觀念為一個元件。以圖 4 為例，資訊量=3。

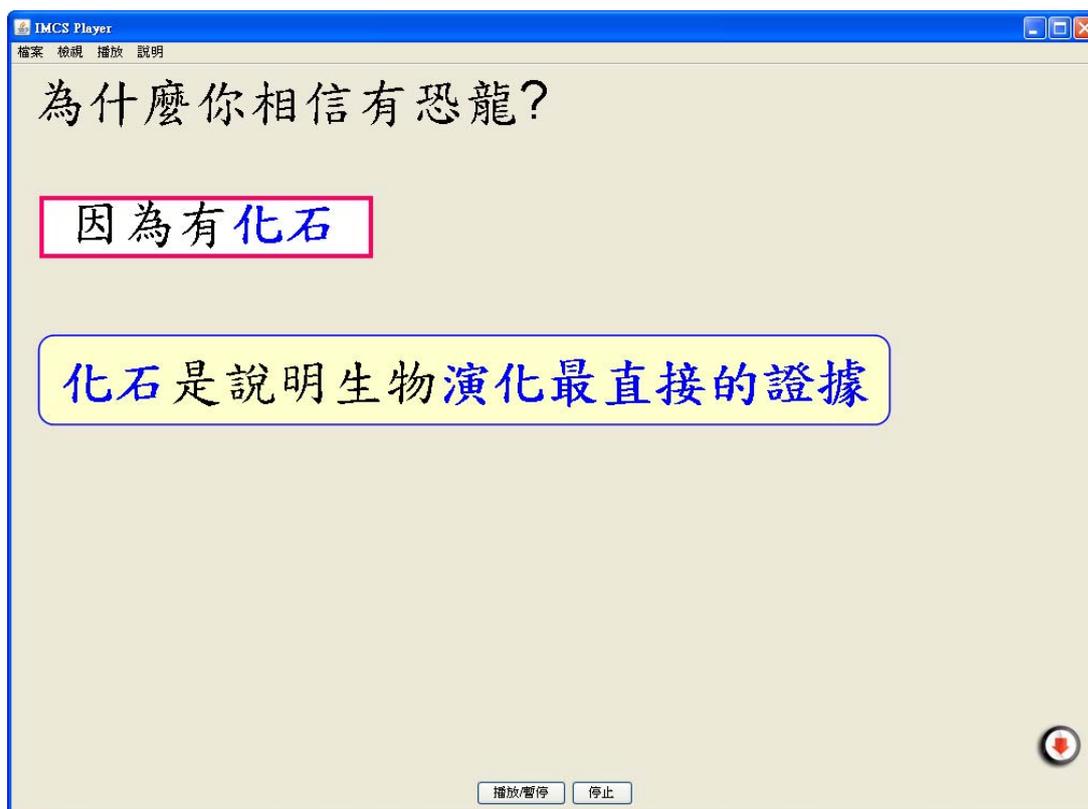


圖 4 文字資訊量 3 計算範例

圖片元件：一張圖片為一個元件。以圖 5 為例，資訊量=3。

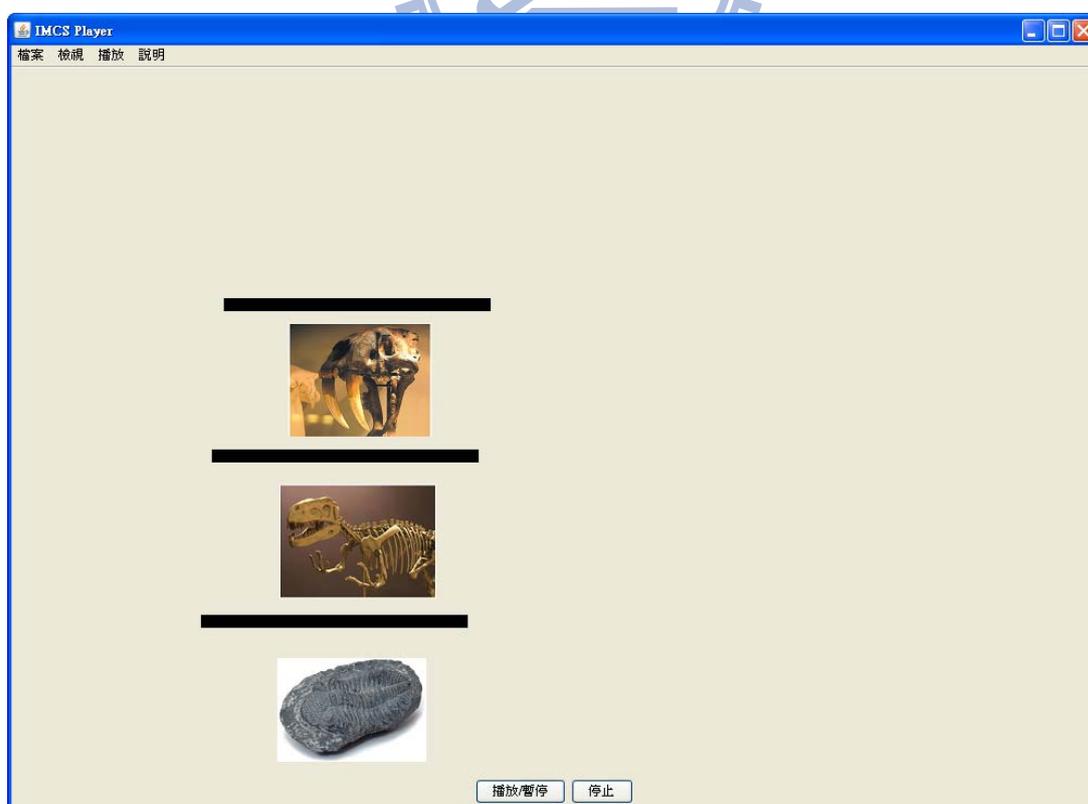


圖 5 圖片資訊量 3 計算範例

圖文並茂元件：一張圖片為一個元件、文字敘述一個觀念為一個元件。以圖 6 為例，文字敘述資訊量=1，圖片資訊量=2，故總資訊量=3。



圖 6 圖文並茂元件資訊量 3 計算範例

資訊量的計算方式整理如表 2 所示。

表 2 資訊量計算方式

名稱	計算方式
文字元件	文字敘述一個觀念為一個元件
圖片元件	一張圖片為一個元件
圖文並茂元件	一張圖片為一個元件、文字敘述一個觀念為一個元件
例外	練習題目不定義元件數

依先前文獻探討可知，人一次能記憶文字項目容量的能力大約是 7 ± 2 (Miller, 1956 ; Simon, 1974)，工作記憶在同一時間可以容許七個資訊元件，故本研究以 7 ± 2 為原則，以 7 個資訊量為中間值，往上以 2 遞增、往下以 2 遞減，選定為五種：資訊量 11、資訊量 9、資訊量 7、資訊量 5、資訊量 3。

(2)教師與電子白板互動量(師-白互動量)

教師與電子白板的互動方式有很多種，點選、拖拉、碰撞等等都算一次互動，其中最常使用的互動為點選及拖拉，而拖拉的互動及影響注意力效果較點選差，故本研究僅計算每一畫面教師對元件拖拉的次數，而點選、碰撞等都控制為 0。本研究選定之教師與電子白板互動量為五種：互動量 0、互動量 3、互動量 5、互動量 7、互動量 9。

(3)學生與電子白板互動量(生-白互動量)

學生與電子白板的互動方式有很多種，本研究僅計算學生上台操作電子白板的次數，「演化歷史」單元共區分為八個小單元，每一小單元後，一位學生上台操作一次計算為 1，二位學生上台操作二次計算為 2，依此類推，選定為五種：互動量 1、互動量 2、互動量 3、互動量 4、互動量 5。

2.依變項

(1)學習成效

指學習者在學習過教材後，對於學習成就測驗(後測)的表現情形，學習成就測驗的分數越高，代表學習成效越好。由學習成效可判斷出學生對該教材的學習效果，進而了解教材對學生學習上的幫助。

(2)認知負荷

是指學生學習教材時，學生自己所感受到的心智負荷程度及所必須付出的心智努力程度，本研究是透過認知負荷量表，要求學習者自我回顧學習的歷程，依量表上的問題，回答出自己所感受的心智負荷及心智努力程度，量表上的得分越高，代表學習時的認知負荷越大，由該量表可了解該教材對所造成學生學習上的認知負荷程度。

3.控制變項

(1)授課內容

所有學習者所接受的課程內容階段一皆為「化石」、階段二皆為「演化學說」，階段三皆為「演化歷史」。

(2)授課教師

參與本實驗 5 個班級之授課教師皆為同一人，可降低因不同授課教師對學習成效造成影響。

(3)評量工具

參與本實驗 5 個班級，皆採用相同的三份測驗試題及認知負荷評量。

4.2.3 研究對象

本研究的研究對象為桃園縣龜山鄉某國中之國中一年級學生，年齡介於 12~13 歲，該年級共有 7 班，其中一班為體育班，其餘班級皆為常態編班，實驗第一階段，以上學期三次段考及下學期第一次段考之總成績為前測，選取五個起點行為較接近的班級，每班學生約為 31 人，依學校原有編制班級進行實驗，剔除無效樣本後，有效人數共 151 人，進行實驗一。再依據實驗一結果找出最適當的資訊量後，變換不同教師與電子白板互動量，進行實驗第二階段。最後依據實驗二結果最適當的教師與電子白板互動量後，變換不同學生與電子白板互動量，進行實驗第三階段。

4.3 研究工具

4.3.1 電子白板

電子白板的英文為 Interactive WhiteBoard，英文縮寫為 IWB，中文名稱有互動白板、電子白板、互動式電子白板、交互白板等，為方便及統一稱呼，本文中皆稱為電子白板。電子白板是大型的觸控板，可感應使用者在其上的操作，但需透過 USB 來連接電腦，而電腦再連接單槍投影機投射於電子白板上，才能完成運作，如圖 7。



圖 7 電子白板裝置運作圖

圖片來源：2010 嘉穎科技股份有限公司 Carwin Technology Co., Ltd.

網址 http://www.smartboard.com.tw/products-600_2.htm

電子白板裝置完成後，整體就如同觸控式螢幕，既是電腦的監視器，也是具有正常書寫功能的傳統白板，只需用手指與白板接觸，即可輕鬆進行書寫、控制電腦程式並應用各種軟體，而且手指就是滑鼠，不需使用特別的感應筆即可控制，是極佳的教學輔具。

本研究所使用之電子白板為 SMART Board 公司所生產之 SB680V，其硬體規格如表

3。

表 3 SB680V 硬體規格表

規格	680V 型
尺寸(cm) (寬 x 高 x 深度)	165.7x125.7x8.4
有效螢幕面積(cm)	156.5x117.2
對角尺寸(cm)	195.6 (77 吋)
重量(kg)	12.7
運輸尺寸(cm) (含外箱)	207.3x137.8x14.0
運輸重量(kg) (含外箱)	18.6

資料來源：2010 嘉穎科技股份有限公司 Carwin Technology Co., Ltd.

網址 http://www.smartboard.com.tw/products-600_2.htm

4.3.2 後測試卷(生物科學習成就測驗)

配合研究目的，研究者依據康軒版國中一年級自然與生活科技教材內容編定成就測驗三份（附錄一），每份各 20 題，每題 5 分，共 60 題，分別在階段一、階段二及階段三給予後測。

測驗題目編定後，依照三位專家（如表 4）的建議做細部的調整與修正，故有基本的專家效度。

表 4 專家教學資料表

	學經歷	教學年資
A 專家	台灣師範大學生物系	15 年
B 專家	台灣師範大學生物系	7 年
C 專家	台灣師範大學生物系	7 年

接著找三年級已學過本課程班級，一個班之學生做試題預試，在回收的 68 份試卷中，內部一致性信度 Cronbach's α 值分別為 0.836、0.788 及 0.719，顯示有良好的信度，如表 5 所示。

表 5 後測試卷信度分析表

單元	Cronbach's Alpha 值	項目的個數
單元一 化石	0.836	20
單元二 演化學說	0.788	20
單元三 演化歷史	0.719	20

4.3.3 認知負荷主觀評量問卷

在文獻探討中提到測量認知負荷的方法中，以主觀測量為最方便、省時、經濟。故在本研究所使用之認知負荷量表為參考宋曜廷(2000)的認知負荷七點量表並修改而成，主要用來衡量學習者主觀的心智負荷與心智努力程度，量表中有兩個問題，每一題都有「1 到 7」七個程度選項（附錄二）：

第一題為「心智負荷測量問題」，要衡量學習者學習教材時所感受的心智負荷程度，題目為「我認為此教材的內容在學習上：」，選項從「1」表示非常容易，依序到「7」表示非常困難。

第二題是「心智努力測量問題」，要衡量學習者學習教材時所需要付出的心智努力程度，題目為「我覺得花了很大的心力，才能記得教材的內容：」，選項從「1」表示非常不同意，依序到「7」表示非常同意。

以選項上的數字代表量表上的得分，兩題的得分總和即為本研究之認知負荷的總值，兩題總和最高為 14 分，最低為 2 分，中間值為 8 分，得分越高表示認知負荷越大，越低則表示認知負荷越小。

4.3.4 互動式多媒體教材

互動式多媒體教材呈現方式包含了文字旁白、圖案插畫、靜態圖片、圖表圖形、動畫視訊、聲音音樂、虛擬實境以及互動性的設計，利用多樣性的素材表現方式，學生有機會可以從中自行操作學習，自我控制學習時間，達到個別化與適性化教學，並且因為教材的多媒體呈現，期許引起學生對教材的興趣，並且提升學生的學習成效。本研究中的多媒體教材指的是依據康軒出版社之『自然與生活科技』課程「演化」單元，透過台中教育大學孔崇旭博士軟體工程暨數位學習實驗室開發的「IMCS」互動式多媒體教材編輯系統所編之教材，以國一生物『演化』為學習內容進行編輯。

4.4 資料處理

將資料以統計軟體 SPSS 12 中文版進行統計分析，循下列方式進行：

- 1.以單因子變異數分析五種『不同資訊量教材』對學習成效的影響。
- 2.以單因子變異數分析五種『不同師-白互動量教材』對學習成效的影響。
- 3.以單因子變異數分析五種『不同生-白互動量教材』對學習成效的影響。
- 4.利用相關係數檢定，討論認知負荷與學習成效之間是否有相關性。

4.5 互動式多媒體教材編輯製作

4.5.1 互動式多媒體教材編輯製作軟體-IMCS

本研究所製作的互動式多媒體教材，使用由台中教育大學孔崇旭博士軟體工程暨數位學習實驗室所開發的 I M C S 軟體為教材製作工具。

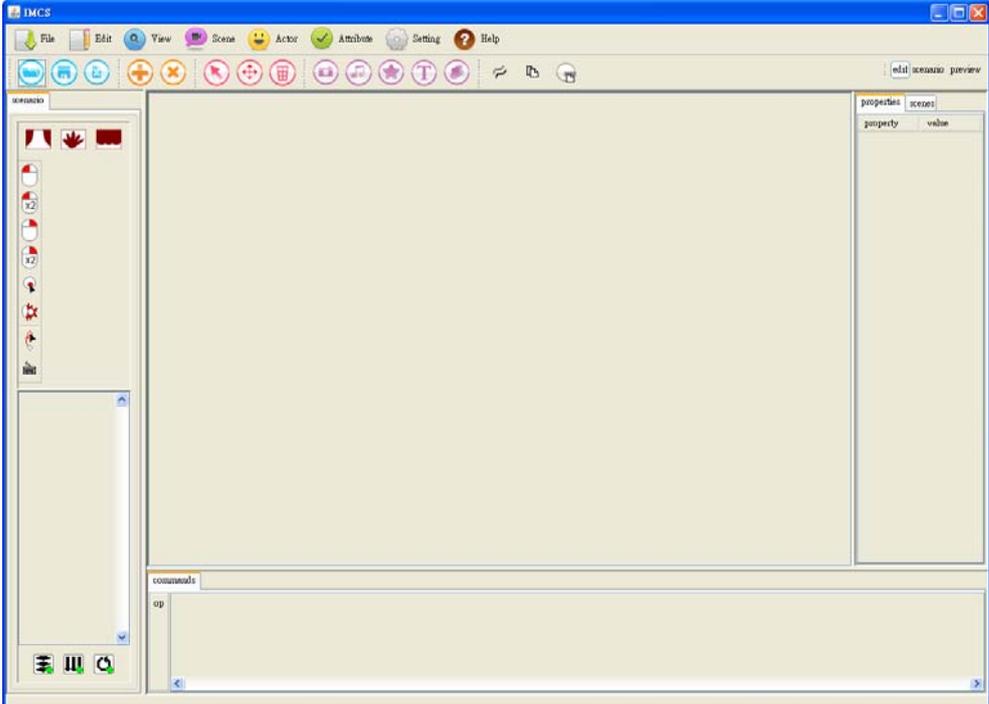
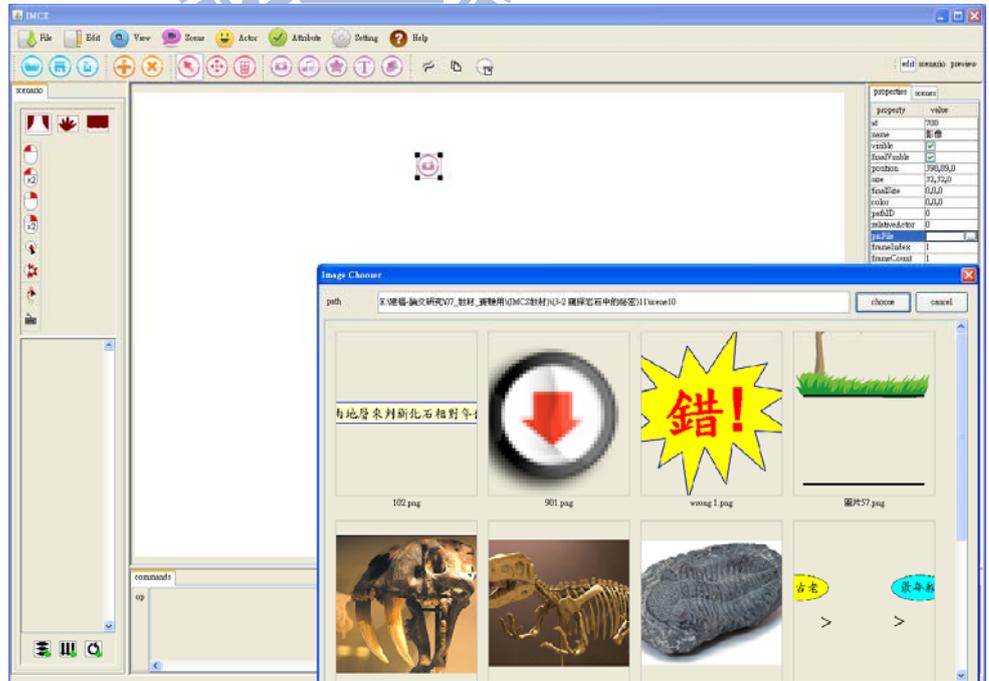
I M C S 互動式多媒體教材編輯軟體具有以下特點：

1. 人性化介面：不需要具備程式語言的編寫能力，圖形顯示，易學易用。
2. 操作簡易：套用路徑動畫、設定互動角色等功能，都只要用滑鼠操作即可完成。
3. 功能強大：可設定角色的互動、點選、拖拉、碰撞等相關功能-用觸碰或點選啟動做不同的演出設定等
4. 免安裝：程式檔案小，使用前不需安裝、設定。
5. 跨平台：本軟體以 JAVA 編寫，可在不同的作業環境下使用。
6. 步驟化操作設計：建立場景→新增演員→劇情設定→播放檔案。
7. 支援多種媒體格式：如：jpg、jpeg、png、gif、mp3、wav 等。
8. 提供元件管理功能：提供場景列表與演員列表，方便管理加入的內容。
9. 利用路徑製作動態效果：可安排演員的進場與走位，可用複製功能設定相同路徑。
10. 活用聲音表情的魅力，吸引學習者的注意：也可利用錄音功能配上生動的旁白。

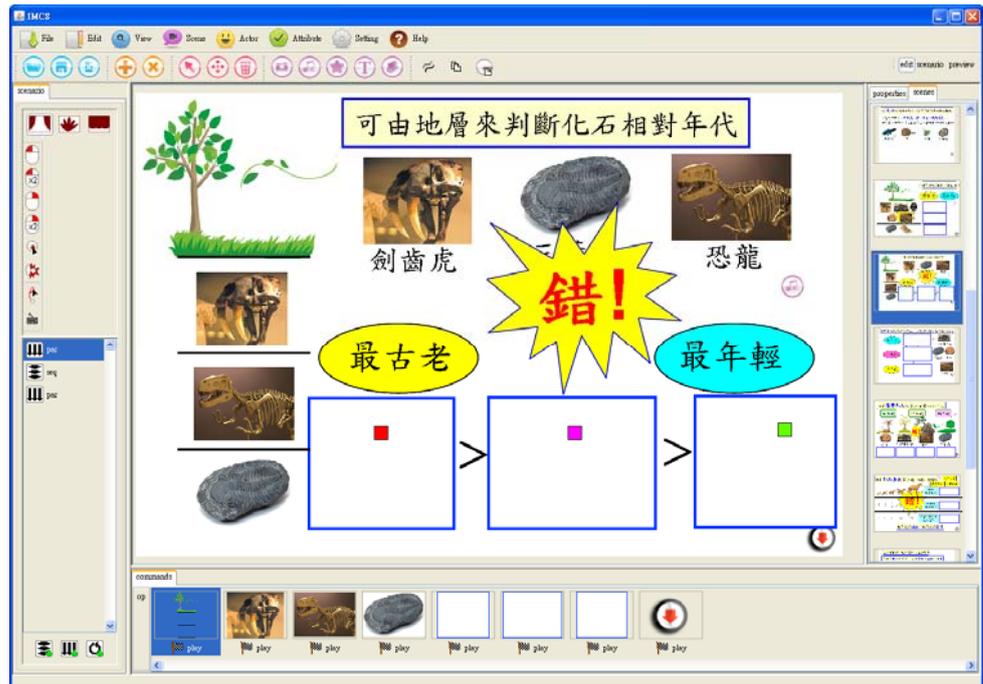
綜上所述，IMCS 是一套針對教學及電腦入門者所開發出的一套互動式多媒體教材製作軟體，透過引導方式，採視覺化編輯方式，並結合聲音、音樂、文字、圖片等素材來編輯製作多媒體課程，並能在不同作業平台上使用，是一套非常容易上手的教材製作軟體。

4.5.2 IMCS 教材編輯製作過程

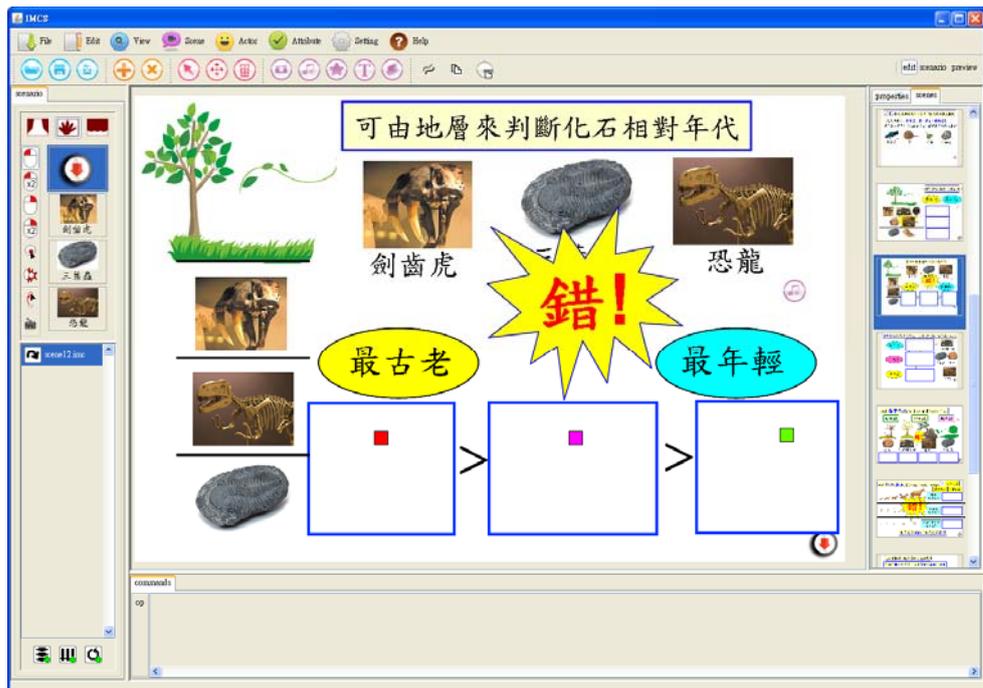
本研究使用「IMCS」製作適合教師教學及學生操作、互動之教材，方便教師將抽象概念具體呈現，有助學生概念學習，使用「IMCS」的教材製作過程說明如下：

教材製作說明	圖片範例
<p>Step1 打開 IMCS 時 之畫面</p>	
<p>Step2 建立圖片演員 (creat image actor → properties → 選取圖片檔案 所在位置)</p>	

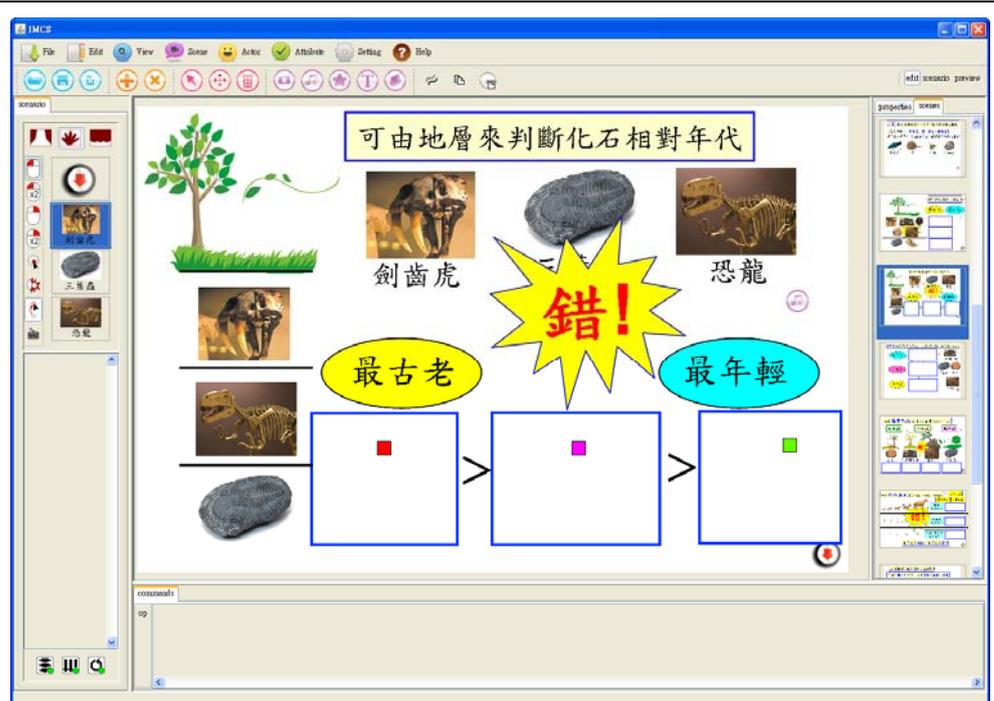
Step3
設定出現順序



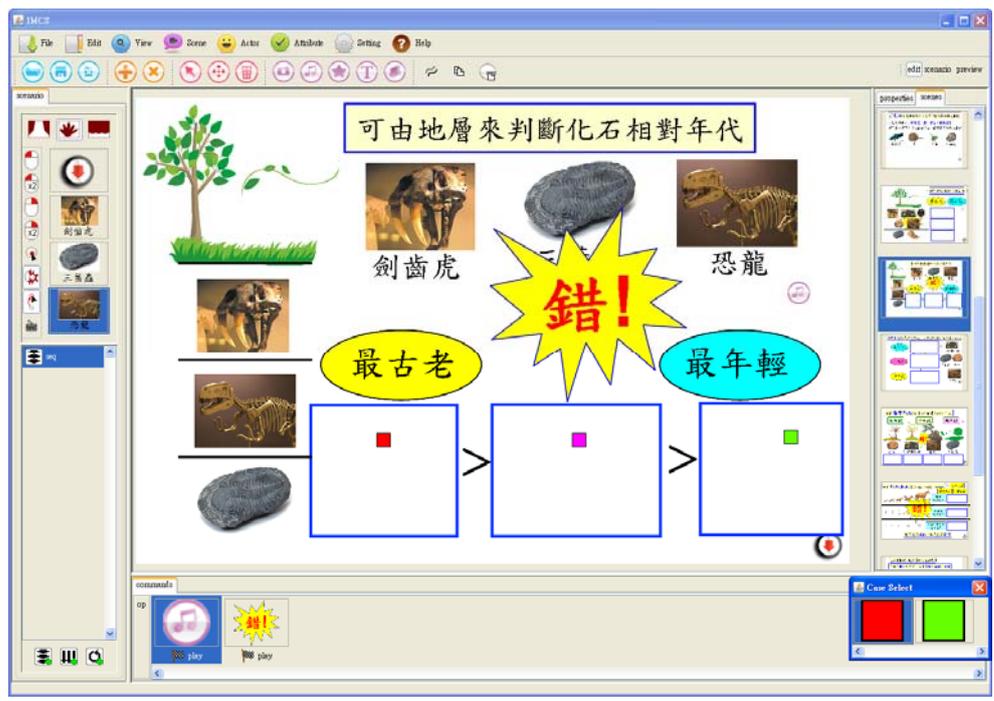
Step4
互動設定
(滑鼠左鍵單擊)



Step5
互動設定
(拖拉)



Step6
互動設定
(碰撞)



4.5.3 互動式多媒體教材樣版

本研究所製作的互動式多媒體教材樣板，使用由台中教育大學孔崇旭博士軟體工程暨數位學習實驗室所開發的「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」為教材製作工具。

「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」具有以下特點：

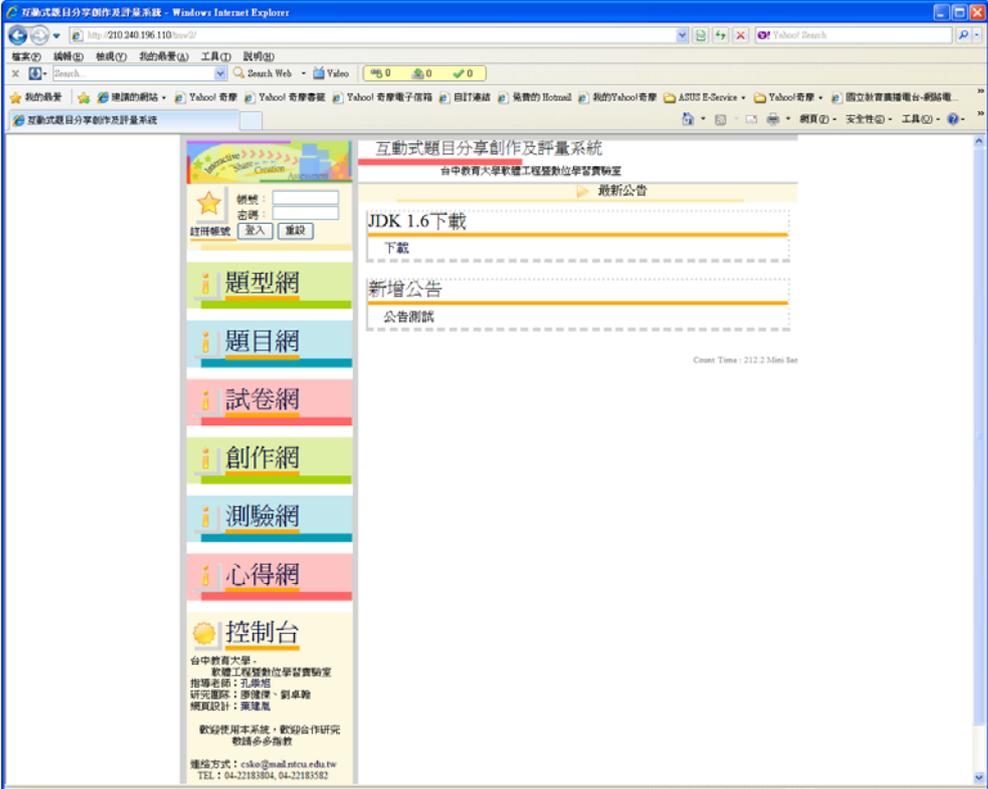
1. 人性化介面：不需要具備程式語言的編寫能力，圖形顯示，易學易用。
2. 系統回饋：交卷後系統將判斷所得分數並紀錄於資料庫並可重播操作過程。
3. 免安裝：只需連線至網站登入帳號密碼即可，使用前不需安裝、設定。
5. 跨平台：本軟體以 JAVA 編寫，可在不同的作業環境下使用。
6. 題型、題目及試卷可互相分享。
7. 支援多種媒體格式：如：jpg、jpeg、png、gif，mp3、wav 等。
8. 提供題型、題目、試卷元件管理功能。

綜上所述，「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」是一套極為方便的互動式多媒體教材樣版編輯工具，並能在不同作業平台上使用，是一套非常容易上手且專為教學、測驗而開發設計的系統。

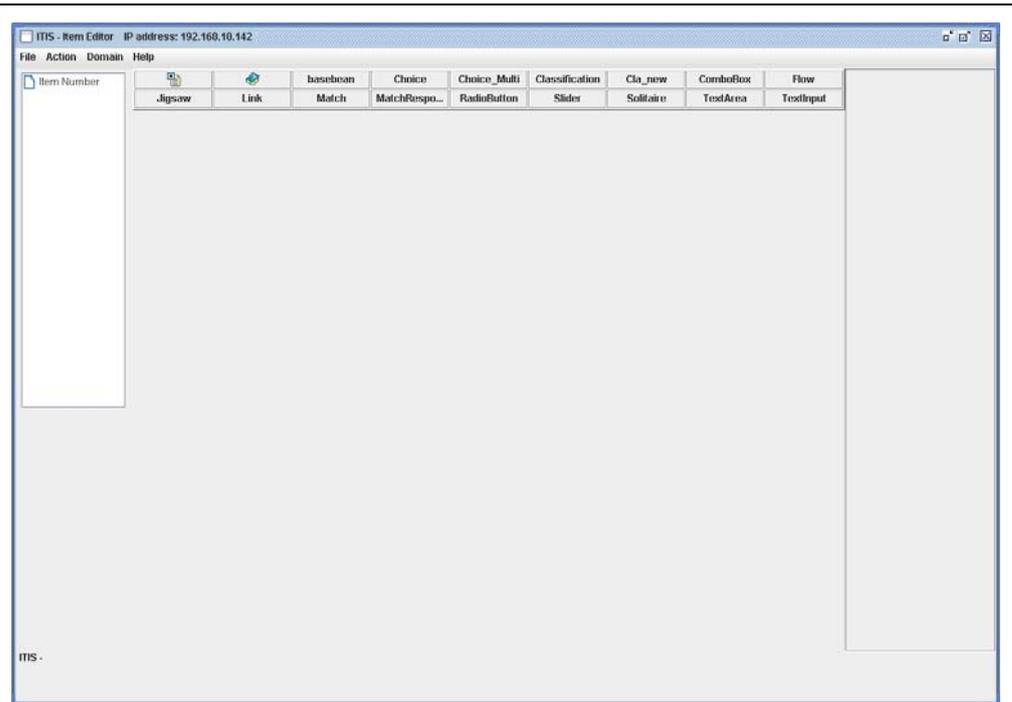


4.5.4 互動式多媒體教材樣版製作過程

本研究使用「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」製作適合學生上台操作、互動之教材，有助學生練習，並藉由操作電子白板的互動得到反饋及學習，互動式多媒體教材樣版製作過程說明如下：

教材製作說明	圖片範例
<p style="text-align: center;">Step1 系統登入畫面</p>	

Step2
程式開啟畫面



Step3
複選題



Step4
排序題

ITIS - Item Tester

Action

Item Number

No. 1

請將下列生物依出現順序排列

藍綠菌

恐龍

三葉蟲

兩生類

金魚

人類

ITIS -

Step5
排序題(完成)

ITIS - Item Tester

Action

Item Number

No. 1

請將下列生物依出現順序排列

藍綠菌

三葉蟲

兩生類

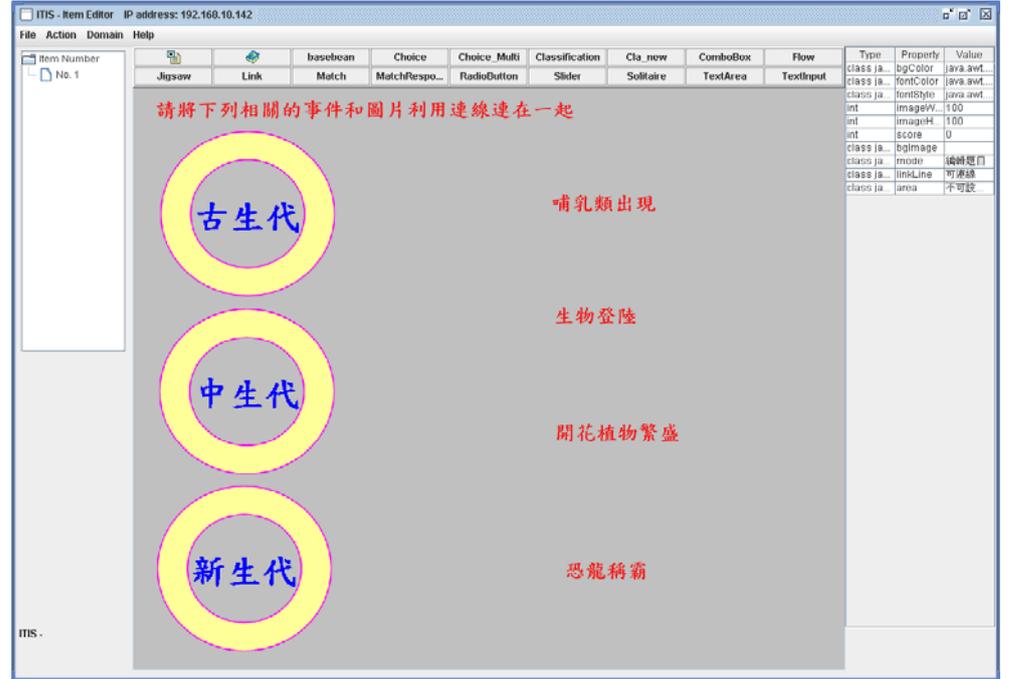
恐龍

人類

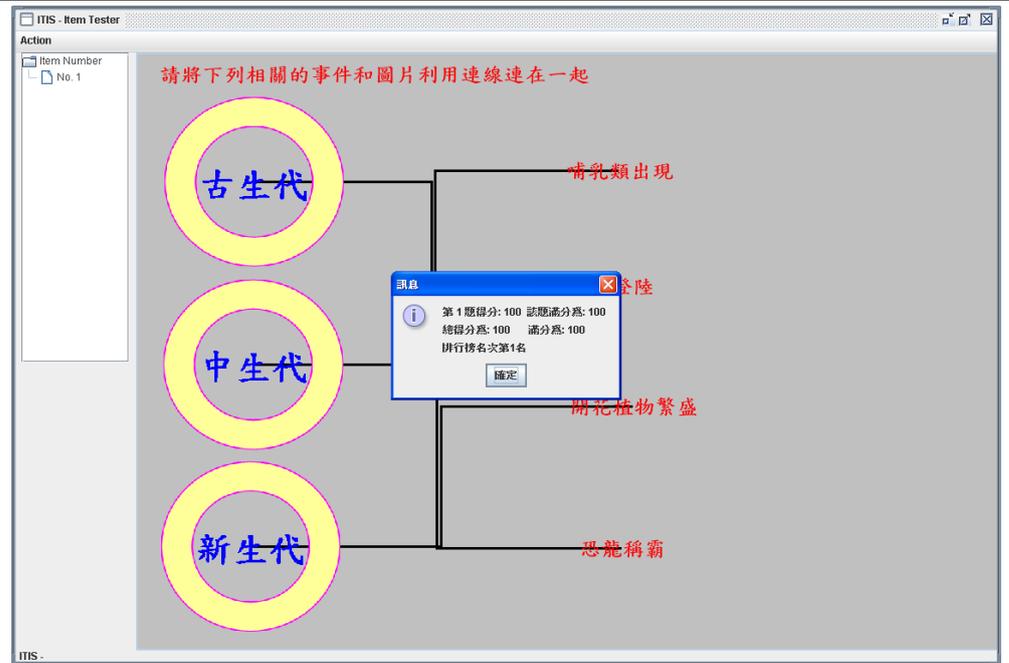
金魚

ITIS -

Step6
連連看



Step7
系統回饋畫面
(交卷)



五、實驗結果與討論

本章旨在根據研究目的，探討教師使用電子白板融入生物教學時，不同「資訊量」、「師—白互動量」及「生—白互動量」的生物學習成效差異，故針對受測學生進行實驗施測後，以 SPSS 進行資料數據分析，並根據分析結果作為未來電子白板上製作互動式多媒體教材設計之參考依據。

全章共分為四節，第一節主要探討電子白板上其教材設計之最佳「資訊量」數，第二節探討電子白板上其教材設計之最佳「師—白互動量」數，第三節探討電子白板上其教材設計之最佳「生—白互動量」數，第四節為結果摘要。

5.1 電子白板單面教材資訊量對學習成效之分析

5.1.1 進行階段一實驗前的前測單因子變異數分析的結果

在正式實驗前，先以每班學生之上學期三次生物段考及下學期第一次生物段考，共四次段考的平均成績做為前測成績，進行同質性分析。

表 6 階段一實驗前測之各班學生變異數同質性檢定

依變數：前測(四次生物段考平均成績)

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
.471	4	145	.757

由上表 6 可看出五班學生能力可視為相同；符合同質性假設 ($P=.757>.05$)

表 7 階段一實驗前測之各班學生單因子變異數分析 ANOVA

依變數：(四次生物段考平均成績)

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	441.079	4	110.270	.323	.862
組內	49566.681	145	341.839		
總和	50007.760	149			

由上表 7 可看出五班學生能力無顯著差異；符合同質性假設 ($F=.323, P=.862>.05$)

5.1.2 階段一實驗—不同資訊量後測成績單因子變異數分析的結果

1. 同質性檢定的結果(表 8)

在進行單因子共變數分析之前，先進行變異數同質性檢定。

表 8 階段一實驗後測之各組學生變異數同質性檢定

依變數：階段一後測成績(化石成績)

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.106	4	146	.356

結果顯示， $P=.356 > .05$ ，未達顯著水準，符合同質性假設，表示各組之間的能力可視為相等。

2. 階段一實驗資訊量與後測成績之單因子變異數分析

表 9 階段一實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA

依變數：階段一後測成績(化石成績)

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	2899.938	4	724.985	3.139	.016*
組內	33723.241	146	230.981		
總和	36623.179	150			

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

結果顯示，不同「資訊量」數對「學習成效」達到顯著差異。 $(F=3.139, P=.016 < .05)$ 。

3. 成對比較的結果

接著，將不同「資訊量」數的教材兩兩配對進行成對比較，目的在於找出哪一種資訊量的教材會對學生的學習成效產生差異。

表 10 階段一實驗後測之五種資訊量數之成對比較

依變數：階段一後測成績化石成績

(I) 資訊量	(J) 資訊量	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下界	上界
3	5	-4.322	3.958	.277	-12.14	3.50
	7	-13.260(*)	3.862	.001	-20.89	-5.63
	9	-6.810	3.994	.090	-14.70	1.08
	11	-4.979	3.862	.199	-12.61	2.65
5	3	4.322	3.958	.277	-3.50	12.14
	7	-8.939(*)	3.897	.023	-16.64	-1.24
	9	-2.488	4.027	.538	-10.45	5.47
	11	-.657	3.897	.866	-8.36	7.04
7	3	13.260(*)	3.862	.001	5.63	20.89
	5	8.939(*)	3.897	.023	1.24	16.64
	9	6.451	3.933	.103	-1.32	14.22
	11	8.281(*)	3.800	.031	.77	15.79
9	3	6.810	3.994	.090	-1.08	14.70
	5	2.488	4.027	.538	-5.47	10.45
	7	-6.451	3.933	.103	-14.22	1.32
	11	1.830	3.933	.642	-5.94	9.60
11	3	4.979	3.862	.199	-2.65	12.61
	5	.657	3.897	.866	-7.04	8.36
	7	-8.281(*)	3.800	.031	-15.79	-.77
	9	-1.830	3.933	.642	-9.60	5.94

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

如上表 10 所示。資訊量 7 的教材與資訊量 3 的教材之間平均數差異為 13.260，達顯著差異($P=.001<.05$)；資訊量 7 的教材與資訊量 5 的教材之間平均數差異為 8.939，達顯著差異 ($P=.023<.05$)；資訊量 7 的教材與資訊量 11 的教材之間平均數差異為 8.281，達顯著差異 ($P=.031<.05$)；資訊量 7 的教材明顯優於資訊量 3、資訊量 5 及資訊量 11 的教材。

5.1.3 階段一實驗—不同資訊量後測成績之學習成效比較

由表11可看出，學習成效由高至低依序為：資訊量7(83.59) > 資訊量9(77.14) > 資訊量11(75.31) > 資訊量5(74.66) > 資訊量3(70.33)。

表 11 五種資訊量教材之學習成就比較表(描述性統計量)

階段一後測成績(化石成績)

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
3	30	70.33	16.812	3.069	64.06	76.61	30	95
5	29	74.66	17.368	3.225	68.05	81.26	30	100
7	32	83.59	10.719	1.895	79.73	87.46	65	100
9	28	77.14	15.541	2.937	71.12	83.17	35	95
11	32	75.31	15.024	2.656	69.90	80.73	40	95
總和	151	76.29	15.625	1.272	73.78	78.80	30	100

五種資訊量教材學習成效以資訊量7(83.59)的教材最好，故在階段二實驗中，設計了資訊量同為7，但教材的「師-白互動量」不同作為階段二之自變項，教材分5種：師白互動量0、師白互動量3、師白互動量5、師白互動量7及師白互動量9。

5.1.4 階段一實驗—不同資訊量之認知負荷比較

在階段一實驗施測後，經收集並統計認知負荷量統計表，如表 12。

表 12 階段一實驗認知負荷統計表(描述性統計量)

依變數：認知負荷(化石心力)

資訊量	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
3	30	5.79	2.194	.407	4.96	6.63	2	9
5	29	5.20	2.483	.453	4.27	6.13	2	10
7	32	4.88	2.196	.388	4.08	5.67	2	10
9	28	4.79	2.470	.467	3.83	5.74	2	13
11	32	3.38	1.845	.326	2.71	4.04	2	8
總和	151	4.78	2.355	.192	4.40	5.16	2	13

由上表 12可看出，認知負荷由高至低依序為：資訊量3(5.79) > 資訊量5(5.20) > 資訊量7(4.88) > 資訊量9(4.79) > 資訊量11(3.38)。

5.2 電子白板單面教材資訊量師-白互動量對學習成效之分析

5.2.1 階段二實驗一不同師-白互動量後測成績單因子變異數分析的結果

1. 同質性檢定的結果(表 13)

在進行單因子共變數分析之前，先進行變異數同質性檢定。

表 13 階段二實驗後測之各組學生變異數同質性檢定

依變數：階段二後測成績(演化論成績)

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
.895	4	143	.469

結果顯示， $P=.469>.05$ ，未達顯著水準，符合同質性假設，表示各組之間的能力可視為相等。

2. 階段二實驗師-白互動量與後測成績之單因子變異數分析

表 14 階段二實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA

依變數：階段二後測成績(演化論成績)

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	2867.656	4	716.914	2.615	.038*
組內	39202.614	143	274.144		
總和	42070.270	147			

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

結果顯示，不同「師-白互動量」數對「學習成效」達到顯著差異。 $(F=2.615, P=.038<.05)$ 。

3. 成對比較的結果

接著，將不同「師-白互動量」數的教材兩兩配對進行成對比較，目的在於找出哪一種師-白互動量的教材會對學生的學習成效產生差異。

表 15 階段二實驗後測之五種師-白互動量數成對比較

依變數：階段二後測成績(演化論成績)

(I) 師白互動量	(J) 師白互動量	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下界	上界
0	3	-9.470(*)	4.387	.033	-18.14	-.80
	5	-11.830(*)	4.285	.007	-20.30	-3.36
	7	-8.091	4.387	.067	-16.76	.58
	9	-2.643	4.351	.545	-11.24	5.96
3	0	9.470(*)	4.387	.033	.80	18.14
	5	-2.360	4.245	.579	-10.75	6.03
	7	1.379	4.348	.752	-7.22	9.97
	9	6.828	4.312	.116	-1.70	15.35
5	0	11.830(*)	4.285	.007	3.36	20.30
	3	2.360	4.245	.579	-6.03	10.75
	7	3.739	4.245	.380	-4.65	12.13
	9	9.188(*)	4.208	.031	.87	17.50
7	0	8.091	4.387	.067	-.58	16.76
	3	-1.379	4.348	.752	-9.97	7.22
	5	-3.739	4.245	.380	-12.13	4.65
	9	5.448	4.312	.208	-3.07	13.97
9	0	2.643	4.351	.545	-5.96	11.24
	3	-6.828	4.312	.116	-15.35	1.70
	5	-9.188(*)	4.208	.031	-17.50	-.87
	7	-5.448	4.312	.208	-13.97	3.07

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

如上表 15 所示。師-白互動量5的教材與師-白互動量0的教材之間平均數差異為 11.830，達顯著差異 ($P=.007<.05$)；師-白互動量5的教材與師-白互動量9的教材的之間平均數差異為9.188，達顯著差異 ($P=.031<.05$)；師-白互動量3的教材與師-白互動量0的教材之間平均數差異為9.470，達顯著差異 ($P=.033<.05$)；師-白互動量5的教材明顯優於師-白互動量0及師-白互動量9的教材。

5.2.2 階段二實驗—不同師-白互動量後測成績之學習成效比較

由下表 16 可看出，學習成效由高至低依序為：師-白互動量5(72.19) > 師-白互動量3(69.83) > 師-白互動量7(68.45) > 師-白互動量9(63.00) > 師-白互動量0(60.36)。

表 16 五種師-白互動量教材之學習成就比較表(描述性統計量)

依變數：階段二後測成績(演化論成績)

師-白 互動量	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
0	28	60.36	18.050	3.411	53.36	67.36	20	90
3	29	69.83	16.393	3.044	63.59	76.06	35	95
5	32	72.19	15.603	2.758	66.56	77.81	25	100
7	29	68.45	18.570	3.448	61.38	75.51	25	95
9	30	63.00	13.995	2.555	57.77	68.23	30	85
總和	148	66.89	16.917	1.391	64.14	69.64	20	100

五種師-白互動量教材學習成效以師-白互動量5(72.19)的教材最好，故在階段三實驗中，設計了師-白互動量同為5，但「生-白互動量」不同作為階段三之自變項，教材分5種：生-白互動量1、生-白互動量2、生-白互動量3、生-白互動量4及生-白互動量5。

5.3 電子白板每一小單元生-白互動量對學習成效之分析

5.3.1 階段三實驗一不同生-白互動量後測成績單因子變異數分析的結果

1. 同質性檢定的結果(表 17)

在進行單因子共變數分析之前，先進行變異數同質性檢定。

表 17 階段三實驗後測之各組學生變異數同質性檢定

依變數：階段三後測成績(演化歷史成績)

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.616	4	145	.173

結果顯示， $P=.173>.05$ ，未達顯著水準，符合同質性假設，表示各組之間的能力可視為相等。

2. 階段三實驗生-白互動量與後測成績之單因子變異數分析

表 18 階段三實驗後測之各組學生單因子變異數分析 ANOVA

依變數：階段三後測成績(演化歷史成績)

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
組間	3646.384	4	911.596	2.715	.032*
組內	48690.450	145	335.796		
總和	52336.833	149			

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

結果顯示，不同「生-白互動量」數對「學習成效」達顯著差異。 $(F=2.715, P=.032 < .05)$ 。

3. 成對比較的結果

接著，將不同「生-白互動量」數的教材兩兩配對進行成對比較，目的在於找出哪一種生-白互動量的教材會對學生的學習成效產生差異。

表 19 階段三實驗後測之五種生-白互動量數成對比較

依變數：階段三後測成績(演化歷史成績)

(I) 生白互動量	(J) 生白互動量	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下界	上界
1	2	-.881	4.855	.856	-10.48	8.72
	3	-13.116(*)	4.778	.007	-22.56	-3.67
	4	-8.192	4.742	.086	-17.56	1.18
	5	-8.369	4.815	.084	-17.89	1.15
2	1	.881	4.855	.856	-8.72	10.48
	3	-12.236(*)	4.734	.011	-21.59	-2.88
	4	-7.311	4.698	.122	-16.60	1.97
	5	-7.489	4.772	.119	-16.92	1.94
3	1	13.116(*)	4.778	.007	3.67	22.56
	2	12.236(*)	4.734	.011	2.88	21.59
	4	4.924	4.618	.288	-4.20	14.05
	5	4.747	4.693	.313	-4.53	14.02
4	1	8.192	4.742	.086	-1.18	17.56
	2	7.311	4.698	.122	-1.97	16.60
	3	-4.924	4.618	.288	-14.05	4.20
	5	-.177	4.657	.970	-9.38	9.03
5	1	8.369	4.815	.084	-1.15	17.89
	2	7.489	4.772	.119	-1.94	16.92
	3	-4.747	4.693	.313	-14.02	4.53
	4	.177	4.657	.970	-9.03	9.38

* 在 .05 水準上的平均差異很顯著。

如上表19所示。生-白互動量3的教材與生-白互動量1的教材之間平均數差異為13.116，達顯著差異 ($P=.007<.05$)；生-白互動量3的教材與師-白互動量2的教材之間平均數差異為12.236，達顯著差異 ($P=.011<.05$)；生-白互動量3的教材明顯優於生-白互動量1及師-白互動量2的教材。

5.3.2 階段三實驗—不同生-白互動量後測成績之學習成效比較

由表 20可看出，學習成效由高至低依序為：生-白互動量3(67.58)>生-白互動量5(62.83)>生-白互動量4(62.66)>生-白互動量2(55.34)>生-白互動量1(54.46)。

表 20 五種生-白互動量教材之學習成就比較表(描述性統計量)

依變數：階段三後測成績(演化歷史成績)

生-白 互動量	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
1	28	54.46	16.292	3.079	48.15	60.78	30	80
2	29	55.34	20.999	3.899	47.36	63.33	10	90
3	31	67.58	16.677	2.995	61.46	73.70	30	100
4	32	62.66	14.700	2.599	57.36	67.96	30	90
5	30	62.83	22.077	4.031	54.59	71.08	20	95
總和	150	60.77	18.742	1.530	57.74	63.79	10	100

5.4 結果摘要

- 1.以「化石」單元，設計五種資訊量之互動式多媒體教材後，進行階段一實驗，結果呈現最適合電子白板教材設計之資訊量數為 7，符合 7 ± 2 。
- 2.以「演化學說」單元，設計五種師-白互動量之互動式多媒體教材後，進行階段二實驗，結果呈現最適合電子白板教材設計之師-白互動量數為 5。
- 3.以「演化歷史」單元，設計五種生-白互動量之互動式多媒體教材後，進行階段三實驗，結果呈現最適合電子白板教材設計之生-白互動量數為 3。

5.5 討論

1.資訊量 7 的教材，比其他四種資訊量之教材有較好的學習成效。Miller(1956)指出，人的工作記憶容量為 7 ± 2 ，本研究之結果符合 Miller 所提出之結論，以資訊量 7 為最佳，稍有不同的是資訊量 9 與資訊量 11 的教材學習成效優於資訊量 5 及資訊量 3 的教材，且以資訊量 3 的教材學習成效最差，由表 12 可知，五組認知負荷平均數都低於中間值 8，表示此份教材的難度對於各組學習者而言是偏易的，但資訊量 3 的教材認知負荷反而最高，由 Sweller(1998)等人所提出的認知負荷理論中提到，認知負荷的類型有：內在認知負荷、外在認知負荷及有效認知負荷三種，若教材本身難度低，則內在認知負荷低，但一頁資訊量 11 的畫面，資訊量 3 至少要四頁才能完整呈現，也就是說，資訊量 3 的教材頁數是資訊量 11 的 4 倍以上，在教材本身容易，內在認知負荷低的情況下，學習

者能夠學習的元件數可以提高，而不良的教材設計反而增加了外在認知負荷，使資訊量 3 出現了學習成效最低且學習者主觀認知負荷最高的現象，可做為教材設計時的參考。

2.文獻探討中的互動學習理論提到，教師在教學應用操作上可使用資料的保存與重現、操作拖曳及隱藏與揭示等功能來進行一系列的解說時，有強化概念，提示重點等的效果，可增加有效認知負荷，但若教師與電子白板的互動太多的時候，就認知負荷的觀點來說，也可能造成了教材的不當呈現，也就是增加了外在認知負荷，但相較於完全沒有互動來吸引學生注意力及配合講解則是最差的狀況，而本階段實驗的教材固定資訊量為 7，故在資訊量 7 的狀況下，師-白互動量 5 是比較適合的，但也要看教材的難易度與複雜度，在相對容易的情況下，師-白互動量可能較低會比較好，反之若複雜度較高的情況下，師-白互動量可能較高會比較適合，但這一部份還需要更進一步的研究才能確定。

3.鄭仁燦(2008)建議教學者應適當地允許學生在電子白板上互動，配合電子白板的軟體，可讓學生移動教材，完成學習任務、並提供立即回饋、計算，評估或重現之前的教材或學習資源。而學生可從觀摩他人與電子白板的互動過程中，將他人的操作歷程與自己的經驗與知識比較，達到學習的效果。而教師在教學的過程中可透過讓學生實際上台操作、經由學習記錄或檢測的結果，了解學生的學習狀況，當學生有問題時，教師便可立即介入指導修正。因此，電子白板互動功能讓學生在使用多樣化展示功能的同時，呈現更詳細的概念成長的過程，也間接改變了師生間的教學互動(顏菀廷，2007)，但陳惠邦(2006)指出互動的內涵應進一步的討論，且過度讓學生與電子白板互動可能會影響教學進度，在階段三的實驗結果中，師-生互動量 3 的學習成效較佳，而師-生互動量 4 與師-生互動量 5 的學習成效次之，師-生互動量 1 與 2 之學習成效最差，可能是因為本研究之電子白板一次只允許一位學生上台互動，而當一位學生互動時，座位較接近電子白板及同組的同學會注意力與參與度較容易維持，如果讓學生上台操作次數過多，座位較後方的同學可能會產生倦怠而注意力渙散，所以學習成效反而下降。

六、結論與建議

本章共分為二節，第一節為本研究結論，第二節則是依據研究結論提出建議與未來方向。

6.1 結論

根據本研究之動機所擬出的研究目的，並在電子白板教學上進行實驗與數據分析後所得結論如下：

- 1.當教材難度較低時，搭配資訊量 7 的互動式多媒體教材，學生的學習成效最佳，與一般多媒體教材所適之資訊量 7 ± 2 理論相同，而且當教材難度低、複雜度低時，資訊量太低反而會增加認知負荷。
- 2.當教材資訊量固定為 7 時，教師與電子白板的互動量 5 是較適當的，完全沒有互動及互動量超過 7 都會降低學習成效。
- 3.讓學生上台操作電子白板是有助學習成效的，但上台次數以 3 為較適當，低於 3 學習成效較差，而超過 3 也會有下降的現象。

6.2 建議

- 1.在設計互動式多媒體教材時應考慮資訊量，以資訊量 7 會有較佳的學習成效。
- 2.在設計互動式多媒體教材教學時應考慮教師與電子白板的互動量，建議教學時，教師要與電子白板互動可增加學習成效，以互動量 5 會有較佳的學習成效。
- 3.在設計互動式多媒體教材教學時應考慮學生與電子白板的互動量，建議教學時，教師讓學生與電子白板互動以增加學習成效，以互動量 3 會有較佳的學習成效。

6.3 未來研究方向

- 1.在不同尺寸的電子白板上呈現時，所造成的影響情形可能會發生變化，可再加以研究。
- 2.不同難度的教材適合的資訊量可能不同，可進一步的分析及研究。
- 3.互動的內涵還有不同互動量的影響等，可進一步的分析及研究。

參考文獻

- Anderson, T.D. & Garrison, D. R. (1998). Learning in a networked world: New Roles and responsibilities. In C. C. Gibson (Ed.) *Distance Learners in Higher Education*. Madison, Wis. : Atwood Pub.
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction*, 16(5), 389-400.
- Bruce, Torff.& Rose, Tirotta.(2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics. *Computers & Education*, 54(2010), 379–383.
- Burnken, R., Plass, J. L., & Leutner, D.(2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.
- Cowan, N.(2001).The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity.*Behavioral and Brain Sciences*, 24(01),87-114.
- Hall, I., & Higgins, S. (2005). Primary school students' perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 102–117.
- Hennessy, S., Deaney, R., Ruthven, K., & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science.*Learning, Media and Technology*, 32, 283–301.
- Hillman, D., Willis. J. & Gunawardena, N. (1994). Learner-Interface Interaction in Distance Education : An Extension of Contemporary Models and Strategies for Practitioners. *The American Journal of Distance Education*, 8(2).
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J.(2000). Incorporating Learning Experience into the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction, 12*(1), 107-119.
- Mayer, R., Moreno, R., Boire, M., & Vagge, S.(1999).Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load.*Journal of Educational Psychology,91*(4),638-643.
- Miller, G.(1956).The magic number seven plus or minus two: Some limits on our automatization of cognitive skills.*Psychological Review,63*,81-97.
- Moore, M. G. (1989). Three types of interaction. *The American Journal of Distance Education, 3*(2) , 1-6.
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (1996). Distance education: asystems view. Belmont : *Wadsworth*.
- Omar, S. López.(2010). The Digital Learning Classroom: Improving English Language Learners’academic success in mathematics and reading using interactive whiteboard technology. *Computers & Education, 54*(2010), 901–915.
- Penny, C. G.(1989). Modality Effects and the Structure of Short-Term Verbal Memory. *Memory & Cognitive, 17*(4), 398-422.
- Schmid, E. C. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology.*Computers and Education, 51*, 1553–1568.
- Simon, H. (1974).How big is a chunk? By combining data from several experiments, a basic human memory unit can be identified and measured.*Science, 183*(4124),482-488.
- Slay, H., Siebörger, I., & Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards: Real beauty or just lipstick? *Computers and Education, 51*, 1321–1341.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*(3), 251-297.

- Sweller, J. and Chandler, P. (1994). "Why some material is difficult to learn," *Cognition and Instruction*, 12, 185-233.
- Taylor, J.C. "Flexible delivery: The globalisation of lifelong learning". *Indian Journal of Open Learning*, 1998, Vol 7, No.1, pp.67-78.
- Thompson, J., & Flecknoe, M. (2003). Raising attainment with an interactive whiteboard in key stage 2. *Management in Education*, 17, 29-33.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational psychology review*, 17(2), 147-177.
- Webster, Jane, Linda Klebe Trevino, and Lisa Ryan, "The dimensionality and correlates of Flow in human-computer interactions", *Computers in Human Behavior*, 1993, Vol.9, pp.411-426.
- Yeung, A. S., Jin, P., & Sweller, J. (1997). Cognitive Load and Learner Expertise: Split-Attention and Redundancy Effects in Reading with Explanatory Notes. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 1-21.
- Yeung, A. S. (1999). Cognitive Load and Learner Expertise: Split Attention and Redundancy Effects in Reading comprehension Tasks with Vocabulary Definitions. *The Journal of Experiment Education*, 67(3), 197-217.
- 王磊(2000)。論遠距離教學中的互動理論。電化教育研究，2000(4)，23-25。
- 江志浩(2009)。以多元智能角度探討互動式電子白板對國小學童學習成效之研究。國立臺中教育大學數位內容科技學系碩士論文，未出版，台中。
- 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。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所，未出版，台北。
- 李慶志(2008)。國小六年級學童在動態多重表徵視窗環境下比例解題補救教學之個案研究。國立臺南大學數學教育學系碩士班碩士論文，未出版，台南。

- 周孝俊(2007)。互動式電子白板教學活動和實驗。國立花蓮教育大學學習科技研究所碩士論文，未出版，花蓮。
- 林儀惠(2007)。互動式電子白板在國小數學教學之探討-以國小數學領域五年級面積單元為例。亞洲大學資訊工程學系碩士班碩士論文，未出版，台北。
- 洪碧霞(2008)。從認知負荷觀點分析國小二到四年級數與計算成就測驗。教育研究與發展期刊, 第四卷, 第四期。
- 徐易稜(2001)。多媒體呈現方式對學習者認知負荷與學習成效之影響研究。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文，未出版，桃園。
- 孫秉文(2009)。多媒體教材在不同行動載具上的認知負荷與學習成效之研究。國立交通大學理學院碩士在職專班研究所，未出版，新竹。
- 高俊豐(2008)。以合作學習應用互動式電子白板在國小高年級數學縮圖與比例尺單元之成效研究。國立屏東教育大學教育科技研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 高瑩真(2008)。互動式電子白板應用於國小高年級健康課程教學對不同學習風格學習者學習情形影響之研究。國立新竹教育大學教育學系碩士班碩士論文，未出版，新竹。
- 張夏暖(2009)。運用互動式電子白板於溝通式教學之成效研究-以國中英語科為例。淡江大學教育科技學系碩士在職專班碩士論文，未出版，台北。
- 曹勝傑(2008)。以互動式電子白板為基礎之 ICT 教學環境建置及提升學生學習成效之研究。臺中技術學院/資訊科技與應用研究所碩士論文，未出版，台中。
- 郭伊黎(2008)。結合互動式電子白板協助中重度智能障礙兒童學習功能性數學成效之研究。國立臺中教育大學特殊教育學系碩士在職專班碩士論文，未出版，台中。
- 陳秀雯(2008)。運用互動式電子白板於國小四年級數學領域教學之研究。淡江大學教育科技學系碩士在職專班碩士論文，未出版，台北。
- 陳姚真、吳宇穎(2008)。多媒體組合方式與知覺偏好對學習結果的影響。教育學刊(30), 29-60。

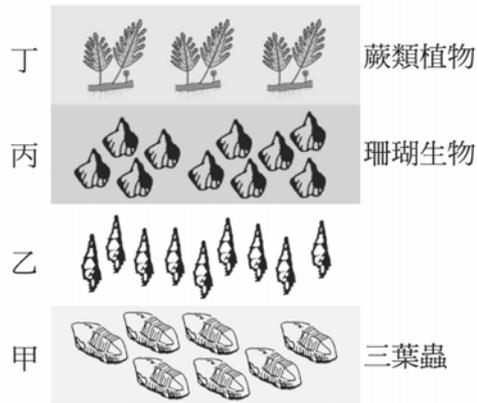
- 陳彥至(2007)。電子白板於國小數學科教學之行動研究。國立臺灣師範大學資訊教育學系碩士論文，未出版，台北。
- 陳蜜桃(2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。教育學刊，21，頁29-51。
- 陳惠邦(2006)。互動白板導入教室教學的現況與思考。發表於台北市全球華人資訊教育創新論壇，台灣宜蘭。
- 陳彙芳、范懿文(2000)。認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究。資訊管理研究，2，45-60。
- 陳韻雯(2008)。桃園縣國民小學教師使用互動式電子白板之調查研究。國立臺北教育大學教育事業創新經營碩士學位班在職進修專班碩士論文，未出版，台北。
- 黃致翔(2009)。以 ASSURE 模式應用 IWB 與 TINS 輔助國小自然科教學之行動研究。國立花蓮教育大學科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮。
- 黃國禎(2007)。互動式電子白板融入國小數學領域教學之行動研究。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，未出版，台北。
- 劉文斌(2009)。電子白板融入代數推理教學之研究。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版，屏東。
- 蔡文瓊(2009)。電子白板小組系統化複習策略對國小學童英語學習成效之研究。國立嘉義大學教育科技研究所碩士論文，未出版，嘉義。
- 鄭仁燦(2008)。互動式電子白板融入國小英語教學之研究。國立臺中教育大學教育學系碩士論文，未出版，台中。
- 顏菡廷(2007)。應用互動式電子白板融入國小數學教學成效之探究。國立臺北教育大學教育傳播與科技研究所碩士論文，未出版，台北。

附錄一 學習成就測驗試卷

階段一 3-2 窺探岩石中的祕密

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

- () 說明生物演化的現象，最有效的直接證據是哪一種？
(A)化石 (B)地層變動 (C)胚胎發育重演 (D)比較型態與構造。
- () 生物死亡後最不易形成化石的應是哪一部分？
(A)蕨類植物的細胞壁 (B)馬的骨骼 (C)原始人的牙齒 (D)始祖鳥的肌肉。
- () 下列何者不是化石？ (A)冰層中保存完整的猛瑪象 (B)海邊的貝殼 (C)石頭上樹葉的印痕 (D)恐龍蛋。
- () 下列四種，哪些是化石？①水晶；②恐龍蛋；③恐龍的腳印；④海邊檢到的貝殼 (A)①④ (B)①③ (C)②③ (D)②④。
- () 下列有關化石的敘述，何者不正確？ (A)化石包含了古代生物的遺體、遺跡或排泄物 (B)大部分的生物死亡後多能形成化石 (C)化石的形成須經漫長且複雜的過程 (D)化石形成後還有可能遭受環境的影響與破壞。
- () 下列何者不適合稱活化石？ (A)銀杏 (B)鱉 (C)腔棘魚 (D)銀柳。
- () 若在於同一岩層中發現始祖鳥與恐龍的化石，則可依此推測兩者間 (A)生存年代相近 (B)血緣關係相近 (C)個體構造相近 (D)生活方式相近。
- () 下列化石中，哪一種可以作為指示地層相對年代的標準化石？
(A)腔棘魚 (B)水杉 (C)三葉蟲 (D)鸚鵡螺。
- () 某地在進行考古挖掘時，在甲地層發現三葉蟲化石，在乙地層發現恐龍化石，在丙地層發現馬化石，在丁地層發現猿人化石，請問哪一個地層的年代最古老？
(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。
- () 大雄在極區的冰層中發現長毛象的遺骸，由此可以推論出什麼事情？
(A)長毛象生活在冰天雪地的地方 (B)長毛象應生活在熱帶，被帶至極區後，因不適應而死亡 (C)冰層不易保存化石 (D)此長毛象因不是在土壤中掩埋的，所以不算化石。
- () 想了解某物種的演化過程，最好是研究下列哪一項？ (A)化石在地層中的位置 (B)化石的形態和功能間的關係 (C)一系列相關化石的形態差異 (D)不同地層的所有化石。
- () 關於馬的演化，何者「錯誤」？ (A)體型由小變大 (B)前肢由四趾變單趾 (C)由草原遷移至叢林 (D)是天擇的結果。
- () 藉由化石可以推測下列何者？
甲.生物演化過程；乙.岩層的相對年代；丙.當時的生存環境。
(A)甲丙 (B)甲乙 (C)乙丙 (D)甲乙丙。
- () 大雄在山路邊發現一地層(如下圖)，試回答下列問題。



丙地層所出露的珊瑚，顯示出什麼訊息？

- (A)當時為淺海環境 (B)珊瑚與三葉蟲是同時代的
(C)當時海裡有珊瑚，陸地上有蕨類生物 (D)當時氣候寒冷。

15. () 承 14.題，宜靜在相離一公里外的美好村地層找到貝殼化石，再與大雄比較後，美好村地層可能與圖中哪一地層是同時沉積？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。
16. () 承 14.題，根據大雄發現的地層，下列敘述何者正確？ (A)甲地層是古生代 (B)甲乙丙丁代表同一時間、不同海底深度活動的生物 (C)丁地層離現代最久遠 (D)此地層全部都是在海洋中沉積而成。
17. () 承 14.題，丁地層的植物化石距今約 1 億年，則下列何者正確？ (A)比對現今蕨類，可推論蕨類的演化過程 (B)丙層的珊瑚沉積短於 1 億年 (C)三葉蟲生活的年代也是 1 億年左右 (D)植物化石難以保存，因此不可能有 1 億年的時間。
18. () 承 14.題，大雄已知三葉蟲是一標準化石，則以下推論何者錯誤？ (A)甲地層屬於海洋沉積環境 (B)甲地層為古生代 (C)甲地層有可能為陸地沉積 (D)與甲地層同期的地層應也可找到三葉蟲。
19. () 有關化石的敘述，下列何者正確？ (A)動物活動所遺留下的痕跡無法形成化石 (B)鸚鵡螺因壽命很長故稱為活化石 (C)由化石可知物種的演化情形 (D)化石皆為古代生物體內堅硬部分所形成的。
20. () 下列有關化石的敘述何者不正確？ (A)可以做為演化的證據 (B)越上層的化石越古老 (C)化石的形成需要很久的時間 (D)生物的足跡或排泄物如被保留下來亦可形成化石。

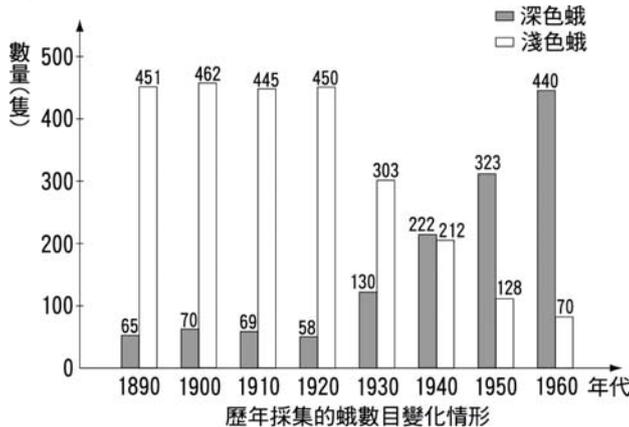
階段二 3-2 窺探岩石中的祕密

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

每題 5 分，共 20 題

- () 在地球的長久歷史中，生物的體型和構造會隨著環境的變化而改變，這種改變的過程稱為什麼？ (A)突變 (B)人擇 (C)育種 (D)演化。
- () 關於演化方向的敘述，下列何者「錯誤」？ (A)由低等生物變高等生物 (B)由簡單而複雜 (C)由單細胞而多細胞 (D)由小型而大型。
- () 拉馬克的「用進廢退說」為何會被達爾文的「天擇說」所取代？ (A)經常使用的器官不可能越來越發達 (B)器官有就是有，不使用並不會退化 (C)生殖細胞的突變才能遺傳 (D)後天改變的性狀都會遺傳給下一代。
- () 有一位生物學家曾經在進行環球航海途中，蒐集了全球性的物種資料，那麼請推論看看，這一個人是誰呢？ (A)虎克 (B)達爾文 (C)孟德爾 (D)拉馬克。
- () 根據達爾文的觀點，鸞鳥既然都源自同一祖先，形態為何會有如此的差別？ (A)個體為了適應當地環境而主動將鳥喙改變 (B)因為環境的差異，能適應環境的個體所占比例漸漸增加 (C)因為競爭激烈，造成不斷的有性生殖 (D)從南美洲又飛來其他種的鸞鳥。
- () 「天擇說」中認為生物的演化有以下四個步驟：甲.適應環境者生存，不適應環境者淘汰；乙.同種個體過度的繁殖；丙.同種個體有差異；丁.同種個體間發生生存競爭。請排列出演化進行的正確順序？ (A)甲→乙→丙→丁 (B)乙→丙→丁→甲 (C)丙→乙→丁→甲 (D)丁→甲→乙→丙。
- () 從達爾文的演化論觀點來看「長頸鹿的頸子都是長的」，下述何者正確？ (A)因為為了吃更高的樹葉，而一直伸長脖子才造成脖子那麼長 (B)因為具有長脖子的個體存活下來，而短脖子個體被環境淘汰 (C)不論環境如何變化，長頸的性狀永遠不變 (D)長頸的性狀是人擇的結果。
- () 在演化的過程中，個體間的差異是造成演化的原動力。個體間的差異，可經由下列哪些方式產生？ 甲.有性生殖；乙.營養繁殖；丙.基因突變；丁.出芽生殖。 (A)甲乙 (B)丙丁 (C)甲丙 (D)乙丁。
- () 大自然對於生物的淘汰力量，造成生物的生存選擇，稱為什麼？ (A)天擇 (B)人擇 (C)性擇 (D)突變。
- () 在「天擇說」的主要四程序中，哪一個步驟是促使演化發生的原動力？ (A)個體差異 (B)過度的繁殖 (C)生存競爭 (D)適者生存，不適應環境者淘汰。
- () 在天擇說中，何者決定了演化的方向？ (A)個體差異 (B)生存競爭 (C)自然環境 (D)人類。
- () 竹節蟲的身體外觀及顏色極像竹子的莖，這種免受天敵侵害的保護色及外觀是 (A)突變後經過人擇 (B)突變後經過天擇 (C)天擇後經過突變 (D)人擇後經過突變。
- () 下列何種因素會使物種的演化加快？ (A)天擇 (B)自然環境的改變 (C)人擇 (D)生物的過度繁殖。
- () 市面上販賣的蝴蝶狗，都有著大又長蝴蝶結般的美麗耳朵，請問形成此現象最可能的原因為何？ (A)變異後再經人擇 (B)變異後再經天擇 (C)天擇後再經變異 (D)人擇後再經變異。

15. () 目前我們所稱的狗均為同一種，何以牠們的外觀差異卻很大？
 (A)因為人創造出來的 (B)原來就有這些基因，只不過人類培養加以彰顯出來而已
 (C)因為人類將狗和其他的動物交配造成 (D)這些狗其實並不同種，所以外觀差異當然很大。
16. () 下列哪一種遺傳性狀，不是達爾文演化論的結果？ (A)北極熊生活於冰天雪地中，體色為灰白色 (B)沙漠中仙人掌的針狀葉 (C)犬的體型及毛的長短變化繁多 (D)海洋中鯨魚的四肢呈鰭狀。
17. () 有一淺色樹幹及深色樹幹的混合林，黑色蛾和白色蛾棲息在樹幹上，鳥以蛾為食，70年後由於空氣汙染，層層的煙灰把樹幹都染成了黑色，附圖為歷年來的統計。



你認為混合林工業化後（1930年），對蛾的體色產生何種影響？

- (A)淺色蛾增加 (B)深色蛾增加
 (C)深色蛾減少 (D)淺、深色蛾維持平衡。
18. () 承上題，此混合林中，蛾比例增加的原因，最可能是下列何者？
 (A)黑色蛾較易獲得食物 (B)白色蛾較易獲得食物
 (C)黑色蛾受保護，鳥不易發覺 (D)白色蛾受保護，鳥不易發覺
19. () 下列有關天擇和人擇的比較，何者不正確？
 (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

選項	項目	天擇	人擇
甲	造成個體差異	有性生殖	無性生殖
乙	演化的決定因素	自然環境	人類
丙	演化進行的速度	較慢	較快
丁	實例	竹節蟲的擬態	各種不同外形的狗

20. () 根據達爾文「演化論」之觀點推論，下列何種組合最不易被自然環境所淘汰？
 (甲)族群數量大；(乙)族群數量小；(丙)個體間變異大；(丁)個體間變異小。
 (A)甲丙 (B)甲丁 (C)乙丙 (D)乙丁。

階段三 3-3 穿梭演化的時空隧道

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

共 20 題，每題 5 分

- () 目前發現最早的生物化石，是約生活在 30 多億年前的何種生物？
(A)細菌 (B)藍綠藻 (C)綠藻 (D)三葉蟲。
- () 下列哪一類生物，出現在地球上的年代，比其他生物早？
(A)三葉蟲 (B)腔棘魚 (C)金魚 (D)恐龍。
- () 「植物開始登陸的年代，不久，動物也開始上岸。」請問這是敘述多少年前的演化故事？ (A)八億 (B)六億 (C)四億 (D)兩億。
- () 下列哪一種生物首先出現在陸地上？ (A)始祖鳥 (B)昆蟲 (C)鱧魚 (D)牛。
- () 根據化石的證據推測，下列哪一種脊椎動物的四肢是由魚的胸鰭和腹鰭演化而來？ (A)鳥類 (B)兩生類 (C)爬蟲類 (D)哺乳類。
- () 現今人們使用的煤炭是遠古時代的哪一類植物在岩層中形成的？
(A)蘚苔 (B)蕨類 (C)裸子植物 (D)開花植物。
- () 電影「侏羅紀公園」中，所見到的各種恐龍，牠們最近共同祖先應是
(A)魚類 (B)兩生類 (C)鳥類 (D)哺乳類。
- () 在中生代時期陸地上以哪一種動物最具競爭優勢？
(A)兩生類 (B)鳥類 (C)哺乳類 (D)爬蟲類。
- () 在中生代時陸地上的植物以哪一種為主？
(A)裸子植物 (B)蕨類植物 (C)蘚苔植物 (D)被子植物。
- () 新生代時期，陸地上繁盛的動、植物代表是 (A)魚類、藻類 (B)兩生類、蕨類 (C)爬蟲類、裸子植物 (D)哺乳類、被子植物。
- () 大雄想要坐時光機去尋找最早哺乳類出現的年代，請問他應該要去哪一個年代？ (A)前寒武紀 (B)古生代 (C)中生代 (D)新生代。
- () 地質年代中，每一個年代的轉變代表著重大事件的發生。請問新生代是指哪一個重大事件發生之後的年代？ (A)人類祖先的出現 (B)哺乳類動物的出現 (C)恐龍大量滅絕後 (D)生物登上陸地後。
- () 地球的歷史已有幾十億年，地球演化的過程儼然是一部生物的興衰史。請問在漫長的演化過程中，人類的始祖約出現在多少年以前？ (A)200萬年前 (B)50萬年前 (C)300萬年前 (D)500萬年前。
- () 國立自然科學博物館的幾種生物化石：(甲)三葉蟲 (乙)恐龍 (丙)藍綠藻 (丁)鳥。請問，依演化觀點，其在地球上出現的先後順序應該是下列何者？
(A)甲→丙→乙→丁 (B)丙→乙→甲→丁 (C)丙→甲→乙→丁 (D)甲→乙→丙→丁。
- () (甲)魚類 (乙)鳥類 (丙)爬蟲類 (丁)哺乳類 (戊)兩生類；
以上種類按脊椎動物的演化次序排列，應為下列何者？

- (A) (甲)→(戊)→(丙)→(乙)→(丁)
- (B) (甲)→(戊)→(乙)→(丙)→(丁)

附錄二 認知負荷量表

認知負荷評量 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

看過之前上課介紹的內容後，試著回想自己的學習過程，並回答以下問題。

填答說明：請在右方的選項中，選出您真實的感受，將對應的數字圈起來：

	非常容易	容易	還算容易	難易適中	有點困難	困難	非常困難
1. 我認為本單元教材的內容在學習上：	1	2	3	4	5	6	7



	非常不同意	不同意	有點不同意	無法判斷	有點同意	同意	非常同意
2. 我覺得花了很大的心力，才能記得本單元教材的內容：	1	2	3	4	5	6	7