

# 國立交通大學

理學院碩士在職專班網路學習組

## 碩士論文

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—  
以高一地球科學「太空中的地球」為例



The Study of Cognitive Load and Learning Achievement in Multimedia Courseware on Different Size Mobile Devices - Using the Unit of “Earth in Space” in Senior High School Earth Sciences Classes as an Example

研究生：孫秉文

指導教授：陳登吉博士

中華民國九十八年六月

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—  
以高一地球科學「太空中的地球」為例

The Study of Cognitive Load and Learning Achievement in Multimedia  
Courseware on Different Size Mobile Devices - Using the Unit of “Earth in  
Space” in Senior High School Earth Sciences Classes as an Example

研究生：孫秉文

Student : *Ping-wen Sun*

指導教授：陳登吉 博士

Advisor : *Dr. Deng-Jyi Chen*

國立交通大學

理學院網路學習碩士在職專班



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 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

# 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— 以高一地球科學「太空中的地球」為例

學生：孫秉文

指導教授：陳登吉 博士

國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班

## 摘 要

在教學上，資訊融入教學已經成為不可或缺的一部份。在高中地球科學教材中，有許多現象是平面傳統教材無法具體呈現，常使學生學習成效不彰。利用多媒體教材，可以彌補傳統教材的不足。使用行動載具，不受時間地點的限制、隨時瀏覽多媒體教材，正是目前的趨勢。然而，何種尺寸大小的行動載具較適合於行動學習？在小螢幕的行動載具上，多媒體教材適合容納多少的資訊量？

本研究採用準實驗設計方法，實驗對象為苗栗一所高中 3 個班級學生共 97 人，實驗教材為高一地球科學「太空中的地球」單元，探討不同尺寸的行動載具，搭配不同資訊量的多媒體教材，對於學習者的認知負荷及學習成效的影響。

依據以上的研究動機，本研究擬提出如下的研究目的如下：

- (1) 探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對認知負荷的影響。
- (2) 探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對學習成效的影響。
- (3) 探討不同尺寸螢幕及不同資訊量下，認知負荷與學習成效是否有相關性。

依據統計分析的結果發現如下：

- (1)3.5 吋的螢幕、搭配資訊量 4 的多媒體教材之認知負荷最低、學習成效最好。
- (2)3.5 吋及 2.8 吋螢幕多媒體教材之認知負荷及學習成效明顯優於 2.0 吋螢幕。
- (3)資訊量 4 的多媒體教材之認知負荷及學習成效明顯優於資訊量 2。
- (4)不同尺寸行動載具上的認知負荷與學習成效呈現高度相關。

本研究的結果，可提供教師在往後教導「太空中的地球」主題教學時，製作行動學習多媒體教材之參考。

關鍵字：多媒體、認知負荷、行動載具



# The Study of Cognitive Load and Learning Achievement in Multimedia Courseware on Different Size Mobile Devices - Using the Unit of “Earth in Space” in Senior High School Earth Sciences Classes as an Example

Student: *Ping-wen Sun*

Advisor: *Dr. Deng-Jyi Chen*

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



Information incorporating teaching has become the integral part of teaching. There are many phenomena that traditional text-based courseware can not show concretely, and the learning achievement of student is often ineffective. Using multimedia courseware can make up the inadequacy of traditional text-based courseware. The current trend is that students can learn multimedia courseware on mobile devices at anytime and anywhere. However, which size of mobile devices is more suitable for m-learning? How many elements of information are more suitable for learning on mobile devices with small screen?

This study is based on quasi-experimental method. The subjects of the experiment are 97 the 1<sup>st</sup> year high school students in Miaoli County, Taiwan. The learning subject is one earth science lecture- The Earth in Space. And the method is to see students' cognitive load and learning achievement by different combinations of screen sizes and information contents of multimedia courseware on mobile devices.

Based on above motivation, we propose the following research purposes:

(1) To investigate the effects of different screen sizes and different information contents on the cognitive load.

(2) To investigate the effects of different screen size and different information contents on the learning achievement.

(3) To investigate the relationship of cognitive load and learning achievement on different screen sizes and different information contents.

Based on the quantitative data analysis, we have the following findings:

(1) The 3.5-inch screen multimedia courseware with 4 information elements has minimum cognitive load and the best learning achievement.

(2) Compared with 2.0-inch screen, multimedia courseware with 3.5-inch screen and 2.8-inch screen both have significantly better cognitive load and learning achievement.

(3) Compared with 2 information elements, multimedia courseware with 4 information elements has much better cognitive load and learning achievement.

(4) A high correlation between cognitive load and learning achievement exists in different size mobile devices.

Above findings could provide good references for tutors to edit multimedia courseware on mobile devices.

Key words: Multimedia, Cognitive Load, Mobile Devices

# 誌 謝

本論文能夠順利完成，首先感謝指導教授陳登吉老師和孔博士的指導及教誨，在兩年的求學過程中，不僅在學術上給予充分的指導，在待人處事、做研究的態度上更是盡心盡力的指引。在此更衷心地感謝孔老師每星期不辭辛苦，舟車勞頓北上的指導，讓我得以順利完成研究所的學業，在此對我的恩師致上無限的感謝。

此外，感謝實驗室同學郁雯、鈺群、哲維、俊呈、詩欽不吝指教，提供寶貴的意見，讓我在這兩年不論在論文或在教學上有很大的成長。

感謝我的父母，從小到大無微不至的呵護，求學的過程中，我曾經讓他們失望過，希望現在的我，不會再讓他們失望；感謝內人碧鳳在我這求學兩年中，在背後給我的支持以及鼓勵，讓我能心無旁騖的完成論文，也才能有今天的我；感謝我可愛的小女兒育涵，每晚早早安穩入睡，讓我可以專心處理課業及論文。

最後，感謝口試委員洪茂盛老師與曾建超老師，於口試當天撥冗時間前來指導，使我的論文能有更加的表現，謝謝。



# 目 錄

摘 要 .....	i
Abstract.....	iii
誌 謝 .....	v
目 錄 .....	vi
表 目 錄 .....	ix
圖 目 錄 .....	xi
一、緒論 .....	1
1.1 研究動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍與限制 .....	2
1.4 名詞解釋 .....	3
1.4.1 多媒體教材(Multimedia Courseware).....	3
1.4.2 行動載具(Mobile Devices).....	3
1.4.3 學習成效(Learning Achievement).....	4
二、文獻探討 .....	5
2.1 多媒體學習理論 .....	5
2.1.1 多媒體的定義 .....	5
2.1.2 多媒體學習認知理論 .....	5
2.2 行動學習相關研究 .....	8
2.2.1 行動學習的意義(Mobile Learning、M-learning) .....	8
2.2.2 行動學習相關研究 .....	9
2.3 認知負荷理論 .....	12
2.3.1 認知負荷的意義與來源 .....	12
2.3.2 認知負荷的類型 .....	15



2.3.3 認知負荷理論的教學設計原則 .....	17
2.3.4 降低認知負荷相關研究 .....	18
2.3.5 認知負荷的測量 .....	19
2.3.6 資訊量的討論 .....	20
三、研究方法 .....	22
3.1 研究設計 .....	22
3.1.1 實驗步驟 .....	22
3.1.2 實驗設計 .....	23
3.1.3 實驗對象 .....	28
3.1.4 資料處理 .....	30
3.2 研究工具 .....	31
3.2.1 認知負荷評量 .....	31
3.2.2 地球科學科成就測驗 .....	31
3.3 教材分析 .....	32
3.4 多媒體教材編輯製作 .....	34
3.4.1 多媒體教材編輯製作軟體 - 智勝編輯手 .....	34
3.4.2 教材編輯製作過程 .....	36
四、實驗結果與討論 .....	39
4.1 螢幕尺寸與資訊量對認知負荷之分析 .....	39
4.1.1 不同螢幕大小對認知負荷的差異分析 .....	41
4.1.2 不同資訊量對認知負荷的差異分析 .....	42
4.2 螢幕尺寸與資訊量對學習成效之分析 .....	43
4.2.1 不同螢幕大小對學習成效的差異分析 .....	45
4.2.2 不同資訊量對學習成效的差異分析 .....	46
4.3 認知負荷與學習成效相關性分析 .....	47
4.4 研究結果與討論 .....	48

4.4.1 研究結果 .....	48
4.4.2 討論 .....	49
五、實驗結論與未來研究方向 .....	50
5.1 結論 .....	50
5.2 未來研究方向 .....	50
參考文獻 .....	51
附錄 .....	55
附錄一 地球科學科成就前測 .....	55
附錄二 教材一「星空的變化」後測 .....	57
附錄三 教材二「星光的秘密」後測 .....	59
附錄四 認知負荷評量 .....	61
附錄五 實驗教材 .....	62
一、資訊量 6 的教材 – 星空的變化 .....	62
二、資訊量 4 的教材 – 星空的變化 .....	64
三、資訊量 2 的教材 – 星空的變化 .....	66



# 表 目 錄

表 1	學習行動載具的特點比較表	4
表 2	三個有關多媒體學習認知理論的假設	7
表 3	國內外代表性行動學習計畫實施比較	10
表 4	行動學習相關文獻	11
表 5	認知負荷測量方法分類表	19
表 6	國內外學者對資訊量相關研究	21
表 7	資訊量計算方式	26
表 8	教材種類	26
表 9	研究對象分佈情形	28
表 10	前測信度統計量	31
表 11	單元一試題後測信度統計量	31
表 12	單元二試題後測信度統計量	31
表 13	高中二自然能力指標平均答對率	32
表 14	螢幕尺寸與資訊量之認知負荷平均數	39
表 15	螢幕尺寸與資訊量之認知負荷誤差變異量的 Levene 檢定等式	40
表 16	螢幕尺寸與與資訊量之二因子共變數分析摘要表	40
表 17	不同螢幕大小對認知負荷的差異分析事後比較摘要表	41
表 18	不同螢幕大小對認知負荷的差異分析事後比較同質子集	41
表 19	不同資訊量對認知負荷的差異分析事後比較摘要表	42
表 20	不同資訊量對認知負荷的差異分析事後比較同質子集	42
表 21	螢幕尺寸與資訊量之學習成效平均數	43
表 22	螢幕尺寸與資訊量對學習成效誤差變異量的 Levene 檢定等式	44
表 23	螢幕尺寸與與資訊量之二因子共變數分析摘要表	44
表 24	不同螢幕大小對學習成效的差異分析事後比較摘要表	45

表 25 不同螢幕大小對學習成效的差異分析事後比較同質子集 .....	45
表 26 不同資訊量對學習成效的事後比較摘要表 .....	46
表 27 不同資訊量對學習成效的差異分析事後比較同質子集 .....	46
表 28 認知負荷與學習成效之相關係數檢定摘要表 .....	47



# 圖目錄

圖 1	個人應用服務每月平均花費金額 .....	1
圖 2	雙通道理論 .....	6
圖 3	認知負荷成因與評估要素圖 .....	13
圖 4	三種認知負荷關係圖 .....	16
圖 5	實驗流程圖 .....	22
圖 6	手機螢幕尺寸統計圖 .....	23
圖 7	文字元件資訊量計算之實例 .....	24
圖 8	圖片元件資訊量計算之實例 .....	24
圖 9	圖文並茂元件資訊量計算之實例 .....	25
圖 10	資訊量實例應用 .....	25
圖 11	受測者所見畫面示意圖 .....	27
圖 12	操作方式說明 .....	27
圖 13	研究架構 .....	28
圖 14	受測者所對應之教材種類示意圖 .....	29
圖 15	數據分析流程圖 .....	30
圖 16	智勝編輯手的教學理念 .....	34
圖 17	製作流程-1 .....	36
圖 18	製作流程-2 .....	36
圖 19	製作流程-3 .....	37
圖 20	製作流程-4 .....	37
圖 21	製作流程-5 .....	38
圖 22	製作流程-6 .....	38

# 一、緒論

## 1.1 研究動機

訊息傳遞方式，隨著科技的進步，網際網路的興起，變得更加多元及多樣化。知識的獲得不再僅限於書本或是傳統的課堂教學；利用數位學習，學習者可以隨時獲取各式各樣的知識。

根據統計(資策會 FIND 中心，2008)，2008 年第三季台灣的行動電話用戶數為 2504 萬戶，手機門號人口普及率為 108.8%；其中，手機開通行動上網功能之行動上網用戶約 1426 萬戶，占行動通信用戶比例提昇至 57.0%。

以我國目前行動上網之普及，利用行動載具可在任何時間、任何地點進行學習，其便利性遠大於桌上型電腦。行動科技所做的顯著貢獻之一就是教育(Alepis、Virvou，2005)，無線科技(例如筆記型電腦、PDA 和行動電話)改革了教育，並將基於傳統教室的教學，改變為無所不在(anytime and anywhere)的教育(Cavus、Ibrahim，2009)，優點在於學習的過程可以在遠離教室的環境中發生(Cavus、Ibrahim，2008)。

我國的線上學習環境，在政府於 2003 年起推動的「數位學習國家型科技計畫」後，已經達成相當顯著的產業提升效果，其中亦以企業市場發展最為突出(資策會 FIND 中心，2006)。目前我國上網人口比例位居世界前茅，全國中小學均已連上網際網路，發展數位學習所需的基礎建設已經相當成熟(數位典藏與數位學習國家型科技計畫，2008)。

資策會 FIND 為瞭解我國新興寬頻與無線服務的市場現況，進行 2008 年「我國新興寬頻與無線服務應用現況與需求調查」(資策會 FIND 中心，2009)。調查結果顯示如圖 1，在各項新興寬頻與無線應用服務中，每月平均花費以互動式線上學習最高。

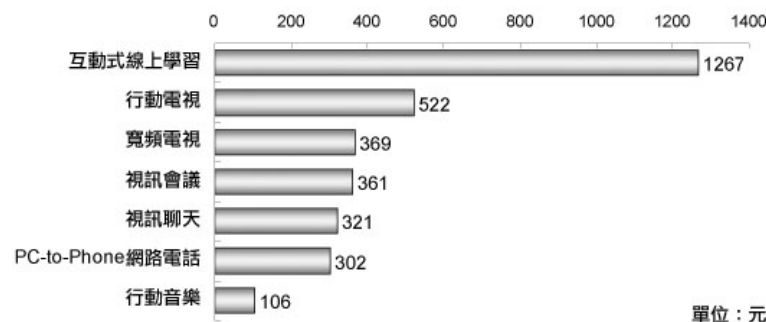


圖 1 個人應用服務每月平均花費金額  
資料來源：(資策會 FIND 中心，2009)

然而，以往對於利用行動載具進行行動學習的研究，大多集中於討論利用行動學習之優點(林大正，2007；洪珮真，2003；許耀升、羅希哲，2007；楊叔卿、張君豪、劉一凡，2005)，而較少討論如何設計行動載具上的多媒體教材。儘管行動載具和網路的進步和潛力是驚人的，但數位學習(E-learning)和行動學習(M-learning)仍然在初期萌芽的階段(Motiwalla，2007)。大部分的多媒體內容僅能在桌上型電腦上呈現播放，通常必須重新設計桌上型電腦上的內容，才能使同樣的內容在行動載具上順利瀏覽播放(洪啟彰，2005)。螢幕的尺寸對資訊的理解並未造成太大的影響，但對於較小的螢幕、較多的資訊量，仍能影響學習者的學習效率(Swierenga，1990)。

關於多媒體教材的設計，過去已有不少文獻探討不同的多媒體教材如何影響學習者在學習過程中的認知負荷及學習成效(吳瑞源、吳慧敏，2008)，行動載具部分相關卻很少。由於行動載具的介面在設計上與一般電腦螢幕大小不同，在何種大小的行動載具、何種資訊量的多媒體教材，才是最好的方式？卻很少有相關文獻討論。

本研究動機，在探討不同資訊量的多媒體教材在不同尺寸的行動載具上，學習者的認知負荷及學習成效，作為未來製作行動載具上多媒體教材之參考。

## 1.2 研究目的

根據以上的研究動機，本研究擬提出如下的研究目的：

- 1.探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對認知負荷的影響。
- 2.探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對學習成效的影響。
- 3.探討在不同螢幕尺寸及不同資訊量下，認知負荷與學習成效是否有相關性。

## 1.3 研究範圍與限制

本研究以高一基礎地球科學「太空中的地球」為多媒體教材，準實驗設計，以苗栗縣某高中一年級學生為實驗對象。所得之結果僅能推論高一基礎地球科學「太空中的地球」之教學參考，是否能推論至其他的教學內容，有待進一步的研究。

## 1.4 名詞解釋

### 1.4.1 多媒體教材(Multimedia Courseware)

多媒體教材呈現的方式，包含了：文字旁白(Text & narration)、靜態圖片(Still photographs)、圖表圖形(Charts & graphs)、動畫視訊(Animation & video)、聲音音樂(Music & Sound effects)、虛擬實境(Virtual Reality)以及互動性的設計(李賢輝，1999)。在如此多樣性的素材表現方式下，學習者有機會可以從中自行操作學習，達到個別化與適性化的教學。

### 1.4.2 行動載具(Mobile Devices)

行動載具指的是可以在無線網路的環境中，學習者可以在任何時間、任何地點，使用無線通訊，進行行動學習的數位化產品，例如：個人數位助理(PDA)、行動 3G 手機、平板電腦等可以裝載數位資訊內容的輔具或裝置。

根據國內學者研究(楊叔卿、張君豪、劉一凡，2005)，及筆者修正，各種行動載具的特點比較如表 1。





表 1 學習行動載具的特點比較表

	優點與特性	缺點
1.行動電話	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.輕巧，易於攜帶</li> <li>b.普及率為三者中最高</li> <li>c.按鈕式操控</li> <li>d.可無線上網</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.螢幕可視範圍最小</li> <li>b.圖片與影像播放支援度</li> <li>c.按鍵輸入較慢</li> <li>d.與周邊設備的資料傳輸速度</li> <li>e.相關應用軟體服務較少</li> </ul>
2.個人數位助理	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.可攜性</li> <li>b.可無線上網</li> <li>c.支援手寫辨識功能</li> <li>d.可擴充其他周邊設備如：數位攝影機、外接式鍵盤等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.螢幕可視範圍小</li> <li>b.按鍵/點選輸入慢，需外接式鍵盤才可方便輸入</li> <li>c.與周邊設備的資料傳輸速度</li> </ul>
3.平板電腦	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.螢幕範圍為三者中最大</li> <li>b.效能與一般 PC 相近</li> <li>c.可直接於螢幕面版上書寫</li> <li>d.支援無線網路上網</li> <li>e.應用程式支援性較佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a.價格相對較高</li> <li>b.重量為三者中最重</li> <li>c.普及率較低</li> <li>e.在戶外陽光下螢幕不易閱讀</li> </ul>

### 1.4.3 學習成效(Learning Achievement)

指學生在學科學習之後的成果表現。本研究的學習成效是指學生在接受多不同媒體教材教學後，立即給予試卷施測。若學生的成績越高，代表學習成效越好。

## 二、文獻探討

### 2.1 多媒體學習理論

#### 2.1.1 多媒體的定義

多媒體 (Multimedia) 是由多種 (Multi) 及媒體 (Media) 兩個字組合而成(陳志寶, 2001), 可解釋為「結合多種傳播資訊媒介的媒體」(吳聲毅、李春雄, 2004)。由於多媒體的互動性和允許雙向溝通的特性, 多媒體特別適合訓練和展示的活動(詹德斌, 2001)。

Mayer(2001)將其相關研究的多媒體定義為使用文字(words)與圖片(pictures)的一種組合型式。「文字」指的是教材以語言文字的型態(verbal form)呈現, 包含口語表達的文字(spoken words)與書寫的視覺文字(printed words)。「圖片」指的是教材以圖像的型態(pictorial form)呈現, 包括靜態圖片(插圖、座標圖、圖解、照片、地圖)及動態圖片(動畫、影片)兩種。

#### 2.1.2 多媒體學習認知理論

多媒體學習認知理論(Cognitive Theory of Multimedia Learning, CTML)是由 Mayer(2001)所提出。Mayer 將多媒體學習定義為從文字和圖片學習, 因此多媒體學習可稱之為雙碼學習 (Dual-code Learning)、雙種管道學習(Dual-channel Learning), 亦即多媒體呈現乃是訊息以文字(words)和圖片(pictures)呈現; 多媒體教學訊息或多媒體教學呈現乃為以文字(words)及圖片(pictures)的呈現來幫助學習。

雙通道理論結合雙碼理論 (Dual Coding Theory) (Paivio, 1969)、認知負荷理論 (Cognitive Load Theory) (Sweller、Van Merriënboer、Paas, 1998)以及工作記憶模型 (Working Memory Model) (Baddeley, 1992), 來描述學習者在進行多媒體學習時的訊息處理過程。

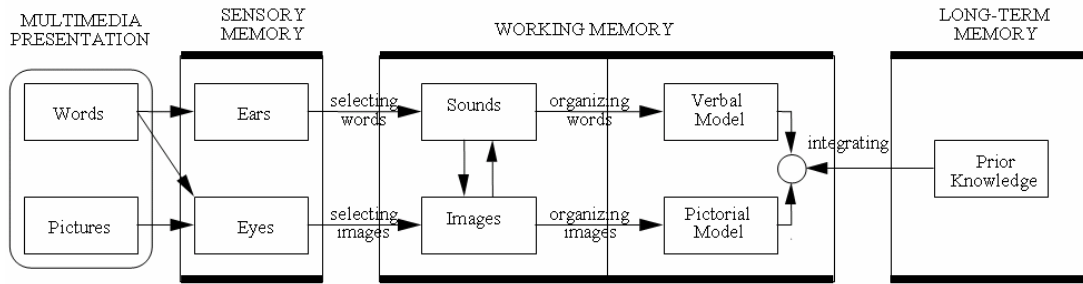


圖 2 雙通道理論  
資料來源：(Mayer, 2001)

此理論主要在說明人的認知過程中，主要經由聽覺及視覺兩種方式作為認知感官。理論模型如圖 2，三個粗框區域分別代表記憶儲存(memory store)，包含感官記憶、工作記憶(working memory)及長期記憶(long-term memory)等三部分。多媒體顯示模式(presentation modes)，以文字(words)和圖像(pictures)經由耳朵和眼睛等兩種不同感官形式接收、進入感官記憶，感官記憶容許圖像和書寫文字在視覺感官記憶中以視覺影像短暫存在；口語文字(spoken words)及其他聲音在聽覺感官記憶中以聽覺影像(auditory image)短暫存在。圖像到眼睛的箭頭表示圖像被登錄於眼睛；文字到眼睛的箭頭表示書寫文字被登錄於眼睛；文字到耳朵的箭頭表示口語文字被登錄於耳朵。

經由感官接收後形成短期之感官記憶，在感官記憶中選出文字或圖片作為語文工作記憶及圖像工作記憶的輸入資料。在工作記憶階段經由聲音、影像認知處理後組織出的文字資訊或圖片資訊，再經由語文模型、圖像模型並與長期記憶中的先備知識整合，整合後進入長期記憶中。當學習者需要至長期記憶中檢索相關的知識，到工作記憶階段，由雙重通路，使檢索的歷程更加順暢，因而提升學習成就。

雙通道理論建立在三個基本假設：

### 1. 雙通道假設 (Dual Channel)

雙種管道假設是指人類對於以視覺呈現的素材及以聽覺呈現的素材有不同的訊息處理管道。當訊息以書寫的視覺文字(printed words)或圖像的型態(pictorial form)呈現時，人類開始以視覺管道處理這類訊息；當訊息以語言文字的型態(verbal form)呈現時，人類開始以聽覺管道處理這類訊息。

### 2. 有限容量假設 (Limited Capacity)

人類在視覺或聽覺管道中，一次能處理的訊息量是有限的。當呈現圖像時，學習者僅能注意、掌握一部份的影像，將之留在工作記憶區，而非全部；當一

段敘述或聲音出現時，學習者僅能注意、保留一部份文字，而非全部。

### 3. 主動處理假設 (Active Processing)

主動處理假設認為學習者會主動從事認知處理並建構和過往經驗一致且連貫的心智表徵。主動處理包括注意、組織整合進入的訊息與現存知識。

上述假設整理如表 2 所示：

表 2 三個有關多媒體學習認知理論的假設

假設	解釋	相關文獻
雙通道假設 (Dual Channel)	人類對處理視覺訊息及聽覺訊息擁 有不同的管道	Paivio, 1986; Baddeley, 1992
有限容量假設 (Limited Capacity)	人類每一個管道中，一次所能處理的 訊息量有限	Baddeley, 1992; Miller, 1956
主動處理假設 (Active Processing)	人類藉注意相關訊息、組織被選擇的 訊息成一致的心理表徵，並且將其合 其它知識整合來進行主動學習	

資料來源：(Mayer, 2001)

本研究製作的多媒體，基於雙通道理論，皆採用文字、圖像配合聲音說明的形式。

## 2.2 行動學習相關研究

### 2.2.1 行動學習的意義(Mobile Learning、M-learning)

廣義而言，行動學習就是透過行動載具(例如：個人數位助理、行動電話等)，進行數位學習(Quinn, 2000)。亦有研究者指出(楊叔卿、張君豪、劉一凡, 2005)，行動學習是在行動科技媒體所中介的學習情境中，以學習者為核心，透過手持式互動學習裝置的輔助，學習者在彈性的時間與合適的地點，進行與學習科技、學習內容、學習者、教學者或學習情境等的主動、立即、近/遠端、互動、個別或小組學習活動及有意義的知識建構。

蘇怡如、彭心儀、周倩(2004)將「行動學習」定義為：「依據行動學習的理念，行動學習者只用無線網路與行動學習裝置，在適當的時間，學習適合的活動與內容，已獲得行動學習的便利性、權宜性、立即性」

行動學習(M-learning)是行動技術和數位學習(E-learning)的交會點，產生出一個任何時間、任何地點都可以學習的經驗，也就是透過 PDA 或手機來享受學習的時刻(Harris, 2001)。

Chen、Kao、Sheu(2003)認為，行動學習具有下列特性：

1. 學習需求的迫切性(Urgency of Learning Need)：  
無線的應用能使用在學習的急迫事件，例如連結問題的解答及知識。
2. 知識取得的主動性(Initiative of Knowledge Acquisition)：  
大部分的時間，無線的應用提供資訊，是基於學習者的要求。
3. 學習設定的機動性(Mobility of Learning Setting)：  
無線載具的發展變的越來越便利。
4. 學習過程的互動性(Interactivity of Learning Process)：  
從聲音、指標、郵件、圖像和影片，學習者可以與專家交流訊息。
5. 教學活動的情境化(Situating of Instructional Activity)：  
經由無線的應用，學習可以融入生活中。
6. 教學內容的整合性(Integration of Instructional Content)：  
無線學習的環境整合許多學習的資源，並可支持學習者去做非線性、多面和靈活的學習與思考。

簡而言之，行動學習是利用行動載具，在任何時間、任何時刻瀏覽多媒體教材進行的學習，並可養成學習者善用時間的良好習慣。

## 2.2.2 行動學習相關研究

### 一. 行動科技融入教學之國內外代表性研究實施概況

國內外教學研究機構，以行動科技應用於教學活動，且時間長達一年以上的案例，比較如表 3 所示(楊叔卿、張君豪、劉一凡，2005)。

根據表 3，分析比較各項行動學習計畫實施方式可知：實施的對象範圍從國小到大學；進行行動學習時，行動載具上的選擇可以是多樣化的，並不侷限在於單一行動載具的使用，亦可視需求混和搭配使用；教學的場景亦不限定於室內或室外；課程範圍包含各項學科；功能應用上，廣泛的應用在資料傳輸、收發電子郵件、簡訊互動、討論區、拍攝照片等等。

簡而言之，由上述研究，行動學習的應用範圍相當廣泛。善用行動載具的各項功能，讓學習的過程不僅是瀏覽教材而已，更可讓學習者與教師互動、學習者與學習者互動。



表 3 國內外代表性行動學習計畫實施比較

	PEP 計畫	WELCOME 計畫	NKI 行動學習計畫	生態學習教室計畫
1.研究地點	美國	德國	挪威	台灣
2.研究單位	史丹佛研究中心	Rogensburg 大學	NKI 大學	中央大學
3.研究對象	國中小學學生	校內大學學生	校內大學學生	國小學生
4.行動載具選擇	教師、學生均使用個人數位助理裝置	教師、學生可選擇個人數位助理、筆記型電腦、行動電話等裝置	教師、學生均使用個人數位助理與行動電話裝置	教師使用筆記型電腦，學生使用個人數位助理
5.教學場景	教室內	不限教室內或外	不限教室內或外	戶外區域
6.教學應用領域	科學、自然生態、語言、數學、音樂等學科	校內各教學課程	特定遠距教育課程	自然生態教學
7.應用功能及傳輸方式	紅外線資料傳輸	載具間資料互傳、收發電子郵件、行動電話簡訊、無線網路互動	載具間資料互傳、課程討論區	拍攝數位照片、個人數位助理與行動電腦資料互傳

資料來源：(楊叔卿、張君豪、劉一凡，2005)

## 二. 行動學習相關研究

Alepis、Virvou(2005)藉由自行發展的工具，提供教師編輯教材，結果顯示行動教育的確有幫助。此外，利用行動學習各學科之實例有許多：例如 Cavus、Ibrahim(2008)應用在英文單字學習上；賴信川(2005)將之應用於數學空間幾何學習；張謙楣(2005)應用於國文科課堂教學後的學習情節；張家源(2005)應用在合作學習；許耀升、羅希哲(2007)應用於自然與生活科技領域。各研究皆顯示行動學習對於學習者的學習都是有幫助的。

本研究彙總行動學習相關文獻如表 4。

表 4 行動學習相關文獻

研究者	研究內容、發現、觀點
Swierenga (1990)	螢幕的尺寸對資訊的理解並未造成太大的影響，但對於較小的螢幕、較多的資訊量，仍能影響學習者的學習效率。
Alepis、Virvou(2005)	研究發展一套行動編輯工具，供教師發展自己的教學系統。結果顯示行動教育的確有用的。
Toledano(2006)	儘管行動電話主要的目的是用來談話，但也可以當作小型的電腦，作為高等教育指導及溝通的媒介。
Cavus、Ibrahim(2008)	在教育上使用無線科技，使用簡訊功能學習英文單字。這套教育工具對學生的成功行動學習有正面的幫助。
賴信川(2005)	運用行動學習載具使用本研究發展的空間幾何學習系統，對於學生空間幾何的學習成效有顯著效果。
張謙楣(2005)	「無線教室閱讀系統」融入國文科課堂教學後的學習情節，能夠提升學生詮釋理解層次的閱讀理解能力，並有助於國文能力較低的同學提升整體性閱讀策略的應用能力
張家源(2005)	以輔助教師可以透過行動載具即時掌握目前網路合作學習活動中的小組學習者學習情況。整體而言，本研究的「即時掌握小組學習者情況機制」可以有效幫助教師同時監控及掌握多個小學習者的學習情況，進而減輕其輔助學生進行網路合作學習的負擔。
陳姿吟(2006)	採用行動載具結合無線網路環境，以同分母減法的單元為內容，依據順序理論實作一線上形成性評量之測驗系統，協助教師在課堂中即時掌握學生學習狀況。
許耀升、羅希哲(2007)	設計及發展以智慧型 PDA 為行動載具的自然與生活科技領域教材，再評估相關教材在課程活動中所具備的特色及實施情形，藉以提供教師做為未來以智慧型 PDA 為行動載具之相關教學的重要參考。



## 2.3 認知負荷理論

### 2.3.1 認知負荷的意義與來源

「認知負荷」(Cognitive Load) 源自於歐美的人體工學與人因工學領域，從心理、生理與認知層面，探討工作與任務對執行者的影響與適合性。最早應用在軍事訓練及各種企業上，稱為「心智工作負荷」(mental workload)，並以此為指標作為任務、工作或操作系統設計上的參考，盡量減少任務與工作對執行者的心智負荷，以增加執行時的績效(黃克文，1996)。

1980 年代，澳洲新南威爾斯大學教育學院的 Sweller(1998)提出「認知負荷理論」(Cognitive Load Theory, CLT)，指出教學設計對學習者認知負荷的影響，以及認知負荷與教學效果的關係之後，教師在進行教學設計、作教學決定之時，更應重視教學歷程中學習者的認知資源分配及其使用方式，俾提高教學成效(陳蜜桃，2003)。直到 Sweller 將此觀念引入教育界，學界才開始將之聚焦於教學上。

Pass 和 Van Merriënboer(1994)指出認知負荷是一種多向度的概念，包含了因果要素(causal factors)及評估要素(assessment factors)。

其中，「因果要素」可細分為三個要素：任務/環境特性(task / environment characteristics)，包括任務結構、新任務、獎賞類型、時間壓力、噪音、溫度等，屬易變動因子；學習者特性(subject characteristics)，包含認知能力、認知風格、先備知識與經驗等，屬較穩定因子；學習者與任務的交互作用(subject-task interactions)，如績效、動機、獎勵等，亦會影響認知負荷。

至於「評估要素」則包含了心智負荷(mental load)、心智努力(mental effort)及工作表現(performance)等三個要素，其中：心智負荷是指因任務或環境要求而產生的負荷量；心智努力是學習者真正用於完成任務所付出的負荷總量；工作表現是指學習者的表現(Paas、Van Merriënboer，1994)。

綜合以上所言，影響認知負荷的結構圖，如圖 3 所示：

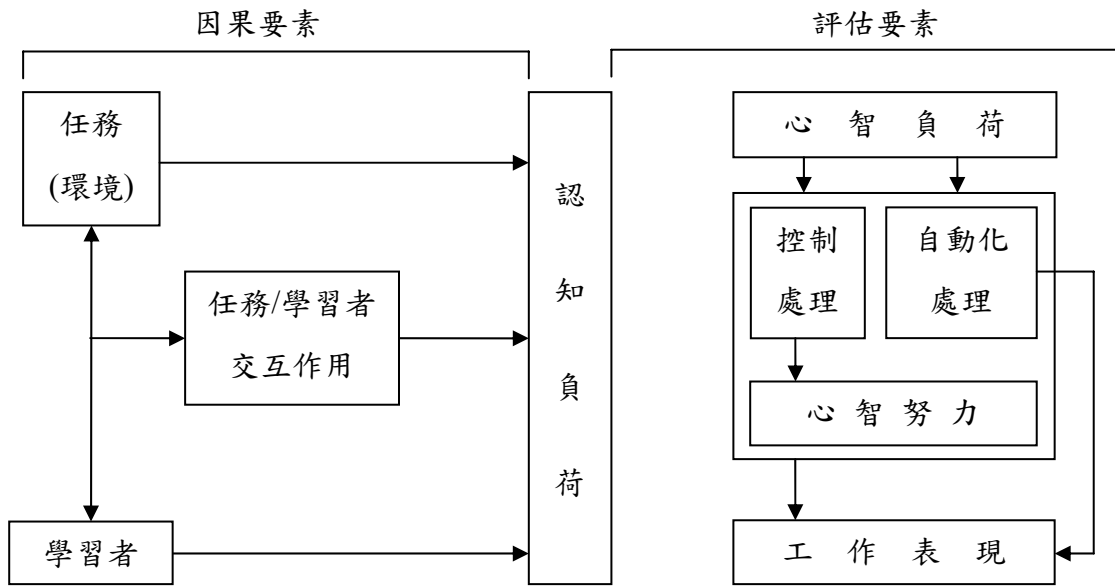


圖 3 認知負荷成因與評估要素圖  
資料來源：(Paas、Van Merriënboer，1994)

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. 工作記憶 (Working Memory) 的容量是有限的

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，平均只能儲存約 7 個要素 (elements)，但是能真正操作處理的，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 (rehearsal)，大約 20 秒隨即消失(van Merriënboer、Sweller，2005)。若待處理的訊息或材料本身的內部成分相互關連性很強，需相互參照才能了解，則更耗費短期記憶容量，因而產生更大的認知負荷，導致學習困難。

2. 長期記憶 (Long-Term Memory) 本身沒有容量的限制

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。專家在長期記憶中儲存豐富的知識和經驗，以及相對應的解題策略，在面對問題時，可以立即提取相對應的解題策略；但生手卻無法立即接觸到有效的解題策略，因此需要在短期記憶中進行推理和搜索，因而需耗費工作記憶的容量，較易產生認知負荷，造成學習困難。

3. 長期記憶中之內容主要以基模 (Schema) 的型態儲存

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 (schema construction)，亦即專門知能 (expertise) 發展的過程。因為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) 是基模建構的重要過程

所有的訊息處理，是透過控制處理 (controlled processing) 與自動化處理 (automatic processing) 進行：發生在意識的層面控制式處理，佔用許多工作記憶的空間；較少為意識所監控自動式處理，佔用極少的工作記憶空間。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。



## 2.3.2 認知負荷的類型

Sweller(1998)從教學設計的觀點來看，認知負荷可分為三類，簡述如下：

### 1. 內在認知負荷(Intrinsic Cognitive Load)：

內在認知負荷是指在工作記憶中同時進行、需要被整合處理的元素數量，這樣的元素越多，學習者的內在認知負荷越大。內在認知負荷主要來自教材的特性、學習者本身的程度，以及兩者交互作用的影響，不容易靠教材設計的改良而降低。因此，在某一個領域的專家會比新手學習該領域的知識來的更快也更容易。

### 2. 外在認知負荷(Extraneous Cognitive Load)：

外在認知負荷與教材的組織和呈現方式有關。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。藉由資料呈現、資訊組織等方面的設計，妥善安排教材，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，則較高的外在認知負荷教學過程，可能不是那麼重要；相反地，如果教材內在要素互動性高，則教材的呈現方式，就會有決定性的地位(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，指刻意以教學活動的設計適當的教材呈現方式，來吸引學生專注於學習內容的認知過程。增生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。其方法如：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。但是要特別注意的是，總認知負荷量（包括內在、外在、有效認知負荷），不能超過工作記憶負荷量的限制，其關係如圖 4。教學設計者能透過教材的設計與呈現方式影響外在與有效認知負荷，進而產生不同的學習效應(Sweller，2003)。

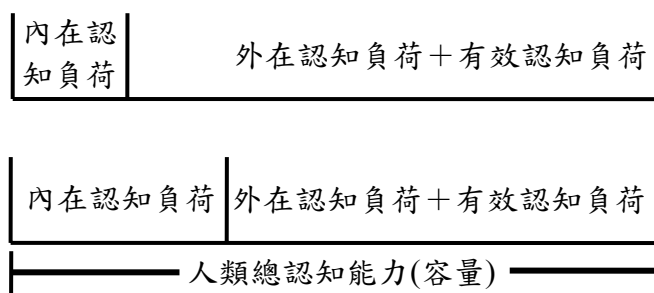


圖 4 三種認知負荷關係圖  
資料來源：(吳瑞源、吳慧敏，2008)

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。

### 2.3.3 認知負荷理論的教學設計原則

Sweller 歸納以認知負荷理論為主題的研究，提出教學設計之原則，包含：開放目標效果(Goal-Free Effect)、示例效果(Worked Example Effect)、完成問題效果(Completion Problem Effect)、分散注意力效果(Split-Attention Effect)、形式效果(Modality Effect)、重複效果(Redundancy Effect)、變化效果(Variability Effect)(Sweller, 2004; 宋曜廷, 2000; 陳蜜桃, 2003)。以下將與本研究相關者簡述如下：

#### 1. 示例效果 (Worked Example Effect)

認為教師在教導有關程序性知識(procedure knowledge)前，若能呈現適當的範例，將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。

#### 2. 完成問題效果 (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。如此，一方面可以促使學習者對示範例題做較仔細的研讀，另一方面，仍具有減低外在認知負荷的效果。

#### 3. 分散注意力效果 (Split-Attention Effect)

當學習者必須將多重訊息互相參照整合，才能理解學習內容時，如果這些訊息安排在分散的位置(例如圖形和文字解說分開放置)或出現時間不一致(如動畫和旁白分開出現)，則會導致學習者需將注意力分散到各處，增加了認知負荷，也降低學習效果。

#### 4. 重複效果 (Redundancy Effect)

當學習者面對由多種方式呈現的資訊時，如果僅由單一的呈現方式即可完整的傳達意義，但卻將相同的資訊，以不同方式同時呈現時(例如，註解和正文同時出現)，則會發生重複效果。此時，大量訊息同時進入到工作記憶將會導致其過度負荷，降低了學習效果。若將重複的資訊整合入主要的資訊中，學習者會無可避免的去處理所有的資訊，如此亦會增加認知上的負荷。

#### 5. 形式效果 (Modality Effect)

當資訊以雙重感官的方式呈現，會增加工作記憶區的容量，因此當資訊以視覺及聽覺夾雜時，其效果會比只有視覺或純聽覺來的好。

## 2.3.4 降低認知負荷相關研究

### 一、減少內在認知負荷

雖然 Sweller 等人認為，內在認知負荷無法透過教學設計改變，但仍有研究者試圖尋找減少內在認知負荷的方法。由於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)。

Pollock、Chandler 和 Sweller(2002)嘗試在學習特別複雜的訊息時，透過安排適當的呈現順序來減少內在認知負荷。結果顯示，相對於所有訊息一次呈現，把訊息分解成獨立小段依次呈現的這種教學形式，對完全缺乏基本知識的初學者來說比較有用。此外，Gerjets 等人(2004)也證明通過呈現模組化的範例，可降低學習者的內在認知負荷。

### 二、降低外在認知負荷

由於外在認知負荷主要事由學習材料的組成和呈現方式所引起的，所以使學習材料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、雙重編碼理論和建構主義學理論為基礎，提出並驗證了多媒體教學設計的五個原則(Mayer、Moreno, 2002)：多媒體原則(Multimedia aids)認為用旁白和動畫的效果比單純用旁白的效果好；接近原則(Contiguity aids)認為同時出現旁白和動畫比先後出現好；一致原則(Coherence aids)認為應減少不必要的文字和聲音；形式原則(Modality aids)認為出現文字和旁白比只出現文字效果好；重複效果(Redundancy aids)認為出現旁白和動畫，比出現旁白、動畫和說明文字效果好。

本研究製作教材時，均遵守上述原則，以降低外在認知負荷。

### 三、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一個有效途徑。變化效應指學習者在進行解題的練習時，變換不同的問題狀態和情境，將有助於基模的建立和發展。變換問題情境雖然可能在表面上造成更大的認知負荷，但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。

## 2.3.5 認知負荷的測量

認知負荷的測量可以以兩個維度來劃分：主觀、客觀維度和直接、間接維度，各維度的測量方法，如表 5 所示(Brunken、Plass、Leutner，2003)。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；客觀性測量是指通過對行為、生理狀況和成績等進行客觀觀察，從而得出認知負荷強度的大小。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，得到結論；而間接測量是指通過受測者的行為、學習成績進行推論，從而做出判斷。

表 5 認知負荷測量方法分類表

	因果關係	
	間接	直接
主觀的	自陳投入的心智努力	自陳壓力的程度 自陳材料的困難度
客觀的	生理測量法 行為測量法 學習結果測量	腦部活動測量 (例如，fMRI) 雙任務(工作)績效

資料來源：(Brunken、Plass、Leutner，2003)

學者就主觀衡量法和生理衡量法進行比較，發現主觀衡量法在認知負荷的測量上，其效度、信度、敏感度上，都較生理衡量法為佳，且更具實用與可行性(Sweller、Van Merrienboer、Paas，1998)。自 1997 年以後，有關認知負荷的測量方法，大致上以七點量表或九點量表的「主觀衡量法」為主(Paas、Tuovinen、Tabbers、Van Gerven，2003)。

本研究中認知負荷的衡量，採用學習者心理負荷與學習者主觀的心智努力的衡量，即學習者主觀的評量自己在認知上所受的負荷程度。



## 2.3.6 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)。此外，因為工作記憶通常用來處理組織、對比、比較感官的資訊，人很可能只能同時處理二個或三個資訊項目。任何在工作記憶項目之間的交互作用，它們自己本身需要工作記憶容量，導致能同時處理的元件數降低(Sweller、Van Merriënboer、Paas，1998)。

許多研究皆提及資訊量：陳彙芳等(2000)以內容複雜度(區分為摘要式及詳述式)為資訊量的差異，發現學習者面對較少的資訊量會有較佳的學習成效；翁嘉鴻(2001)發現在低資訊量時媒體組合方式對學習成效無影響、高資訊量時媒體組合方式對學習成效有影響；李岳勳(2004)以資訊量為評斷題目難度分析的其中一項指標；陳姚真等(2008)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。

Mayer(1999)針對資訊量過多的問題提出他的看法，在總資訊量一定的情況下，將資訊分段呈現，比一次呈現，有較佳的學習成效。Mayer 並於 2003 年提出分割效應 (Segmentation effect) 的原則，將學習內容分割成數的小片段，減少每次訊息量，藉以解決資訊量過多的問題。

筆者將資訊量相關文獻，整理如表 6。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，莫衷一是。且過去研究者對於資訊量討論應是適用於一般閱讀及 PC 上的大螢幕，而在行動載具上小螢幕的呈現，是否能適用？這部分是本研究要探討的重點。

表 6 國內外學者對資訊量相關研究

學者	對資訊量看法/相關研究
Miller(1956)	記憶容量為 $7 \pm 2$ 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)	對工作記憶區處理資訊的能力探討發現：在總資訊內容相同的情況下，將資訊分段依序呈現，比一次呈現所有的資訊，有較佳的學習成效。
Mayer(2003)	提出分割效應(Segmentation effect)的原則，以解決視覺與聽覺超過負荷的狀況。將學習內容分割成數個小片段，可以減少每次的訊息量。
陳彙芳等 (2000)	以內容複雜度(摘要式及詳述式)為資訊量的差異，來探討資訊量對學習成效的影響發現，學習者面對較少的資訊量會有較佳的學習效果。
翁嘉鴻(2001)	資訊量操作化為「高資訊量」、「低資訊量」，其學習內容元件的性質相同，但元件的數量不同。結果發現：在低資訊量的情形下，媒體的組合方式對認知負荷與學習成效沒有影響；但是如果在高資訊量的情形下，媒體的組合方式則會對認知負荷與學習成效有所影響。
李岳勳(2004)	研究中以視覺化、參照點、幾何知識、資訊量及圖形運作等五項成份對電腦化空間感測驗作業進行難度分析。空間感作業中關連的資訊量明顯關係學生認知負荷。
洪碧霞(2008)	落後學生所能記憶的資訊量很難超過 4 個，一般學生多半可以掌握到 6 個資訊量
陳姚真等 (2008)	訊息呈現方式過多時，不僅增加某一運作記憶的認知負荷，又會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

資料來源：本研究整理

本研究中，由以上文獻討論並輔以雙通道理論，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。並期望能找出在小螢幕上最適合學習的資訊量。

# 三、研究方法

## 3.1 研究設計

本研究以實驗研究探討自變項(independent variable) 與依變項(dependent variable) 間的關係。採準實驗法(quasi-experimental method)。為盡量降低其他變數的干擾，影響受試者的反應，而造成研究結果的偏誤，故於電腦教室中進行。

### 3.1.1 實驗步驟

本研究依研究目的設計實驗。實驗開始先進行前測，依前測成績將學生作 S 型排列分為九組。研究者製作兩個單元教材，每單元依不同螢幕尺寸及不同資訊量共 9 種教材。在學生每單元學習後立即進行認知負荷及學習成效評量。

研究實驗步驟過程如圖 5。

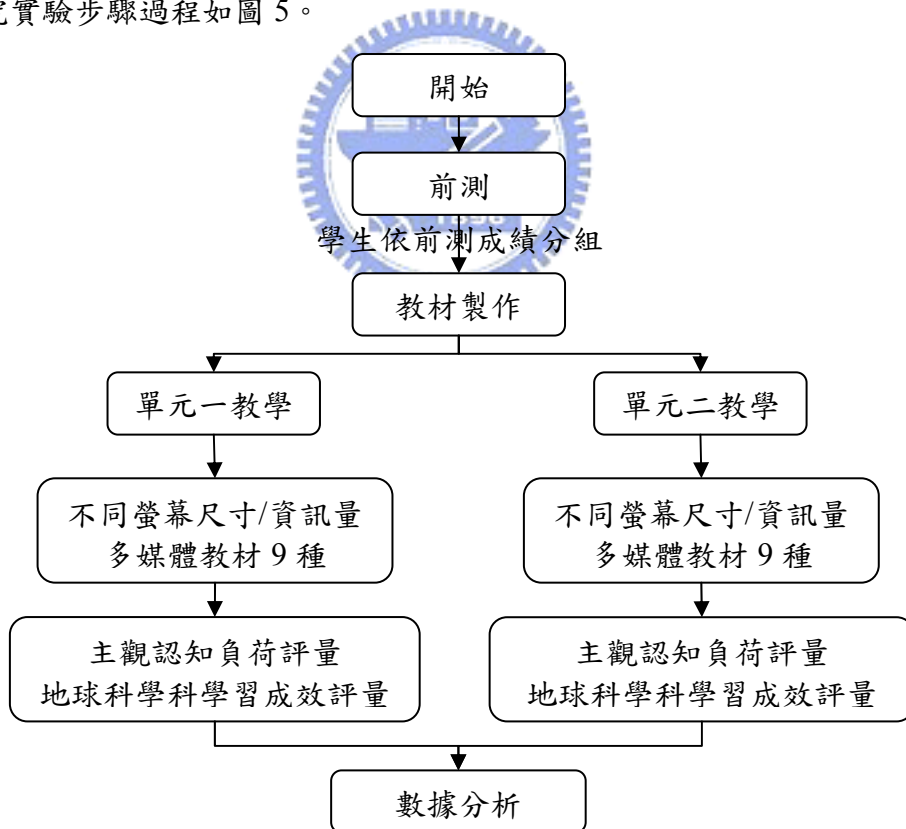


圖 5 實驗流程圖

### 3.1.2 實驗設計

本研究依研究目的設計實驗，探討不同螢幕尺寸及資訊量(items of information)對學習成效及認知負荷的影響。研究中的自變項是「螢幕尺寸」和「資訊量」，依變項為後測的「學習成效」及「認知負荷」。本實驗之變項定義如下：

#### 1. 自變項

##### (1) 螢幕尺寸：

為研究需要，研究者以手機網站手機王網頁所列資料(手機王, 2009)，於 2009.2 統計市面上五種品牌(LG、Motorola、Nokia、Sony Ericsson、Samsung)最近上市各約 100 種手機螢幕大小。統計數據如圖 6。

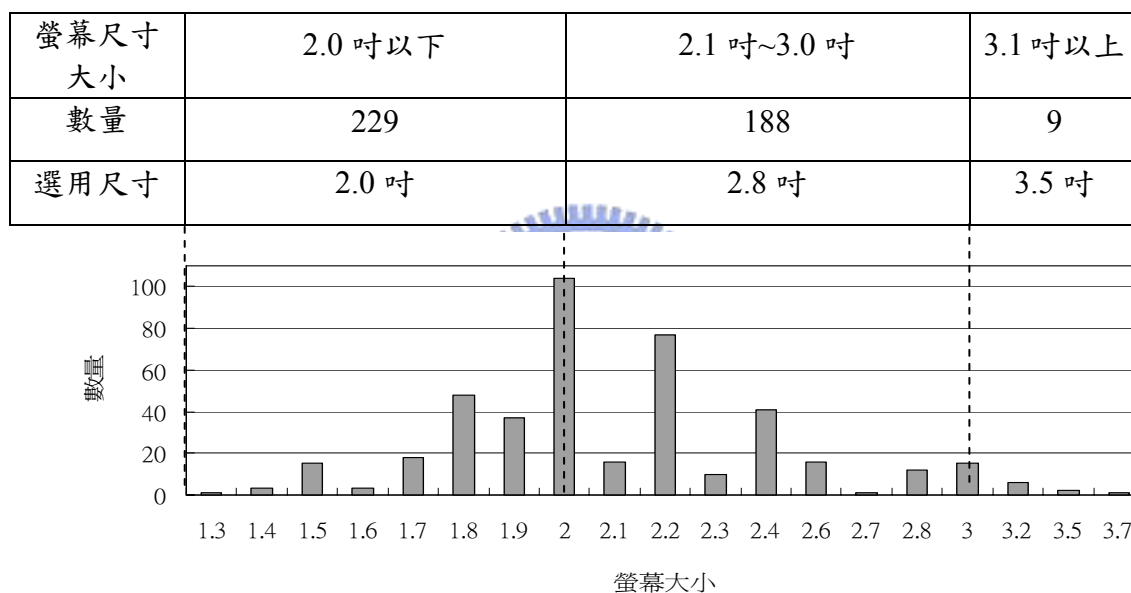


圖 6 手機螢幕尺寸統計圖

其中，螢幕尺寸於 2.0 吋以下共 229 個，2.1~3.0 吋共 188 個，3.1 吋以上共 9 個。根據統計之資料，手機螢幕數量最多為 2.0 吋，最大為 3.5 吋，2.0 吋與 3.5 吋之平均值 2.8 吋。故本研究螢幕大小選定為三種：2.0 吋、2.8 吋、3.5 吋。

(2)資訊量：

依據筆者先前文獻探討，本研究將資訊量以「觀念的個數」計算。其中：  
文字元件：文字敘述一個觀念為一個元件。以圖 7 為例，資訊量=3。



圖 7 文字元件資訊量計算之實例

圖片元件：一張圖片為一個元件。以圖 8 為例，資訊量=3。



圖 8 圖片元件資訊量計算之實例

圖文並茂元件：一個圖片為一個元件、文字敘述一個觀念為一個元件。以圖 9 為例，文字敘述資訊量=2，圖片資訊量=1，故總資訊量=3。

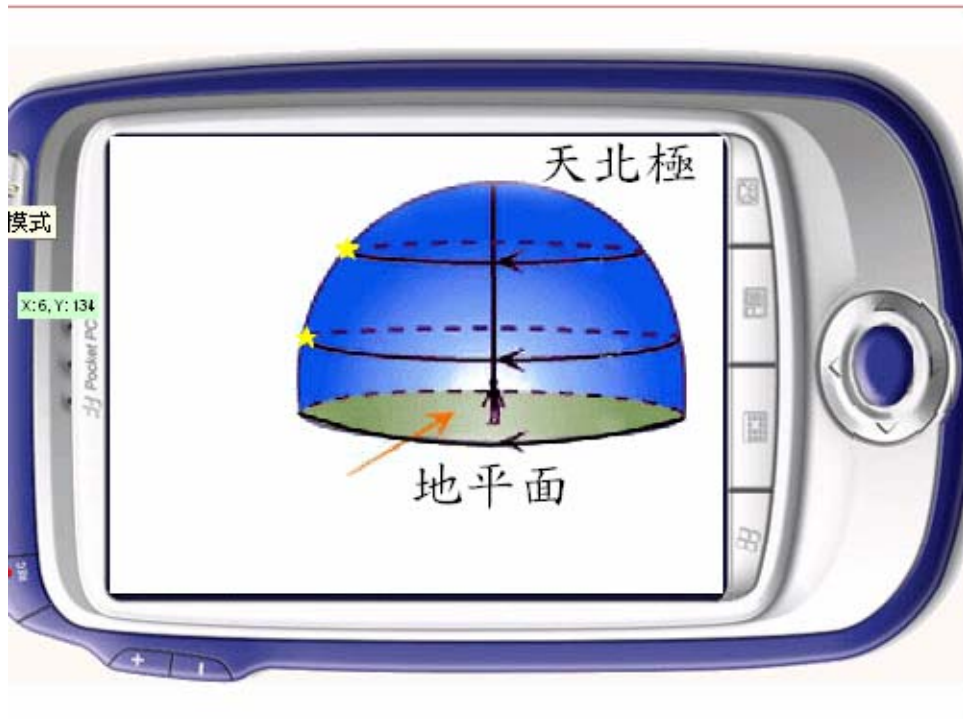


圖 9 圖文並茂元件資訊量計算之實例

實例：圖 10 中，總計文字敘述三個觀念，加上三段搭配聲音說明，故總計資訊量=6。

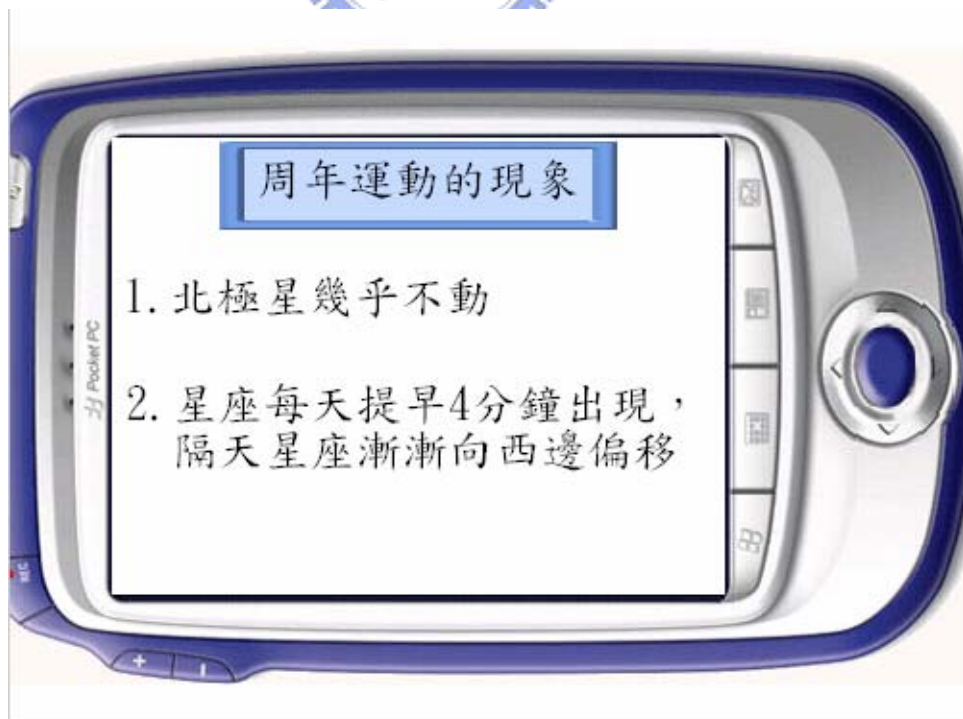


圖 10 資訊量實例應用

計算方式整理如表 7 所示。

依文獻探討知，工作記憶在同一時間可以容許七個資訊元件，又可能因為每個元件之間的交互作用導致能同時處理的元件數降低。故本研究資訊量由 6 個資訊量開始遞減，選定為三種：資訊量 6、資訊量 4、資訊量 2。

表 7 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，定義為一個元件。
圖片元件	一張圖片定義為一個元件。(不包含文字)
圖文並茂元件	一張圖片定義為一個元件；文字一個觀念為一個元件。
例外	練習題目不定義元件數

依自變項之組合，研究者製作二個單元各九種不同螢幕大小及資訊量之教材如表 8 所示。

表 8 教材種類

資訊量 \ 螢幕尺寸	3.5 吋	2.8 吋	2 吋
資訊量 6	教材①	教材②	教材③
資訊量 4	教材④	教材⑤	教材⑥
資訊量 2	教材⑦	教材⑧	教材⑨

## 2. 依變項：

- (1) 認知負荷評量：如附錄四，測量受測者之認知負荷。
- (2) 學習成效後測：如附錄二、附錄三，學習成就後測分數。

3. 控制變項：

- (1)授課時間：所有學習者皆接受 10 分鐘的測驗說明、30 分鐘的多媒體課程教學及 10 分鐘的後測。一週二次授課各 50 分鐘共兩單元。
- (2)授課內容：所有學習者所接受的課程內容均為「星空的變化」、「星光的秘密」。
- (3)由於受測者所擁有的手機種類不一，無法滿足實驗需求，故採用電腦模擬行動載具的方式進行實驗。實驗於電腦教室進行，受測者所見的畫面如圖 11。



圖 11 受測者所見畫面示意圖

- (4)如圖 12，在教材一開始的第一個頁面，說明操作方式，以避免操作錯誤。

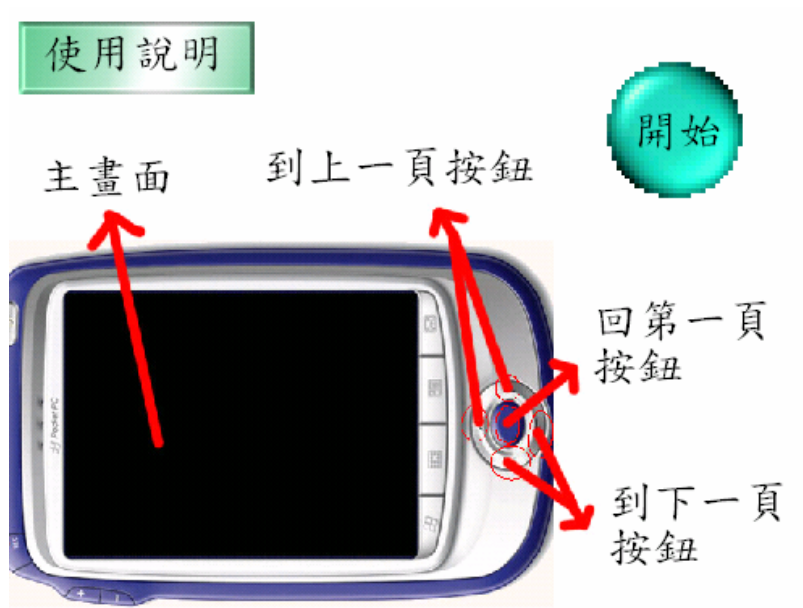


圖 12 操作方式說明



研究架構圖，如圖 13 所示。

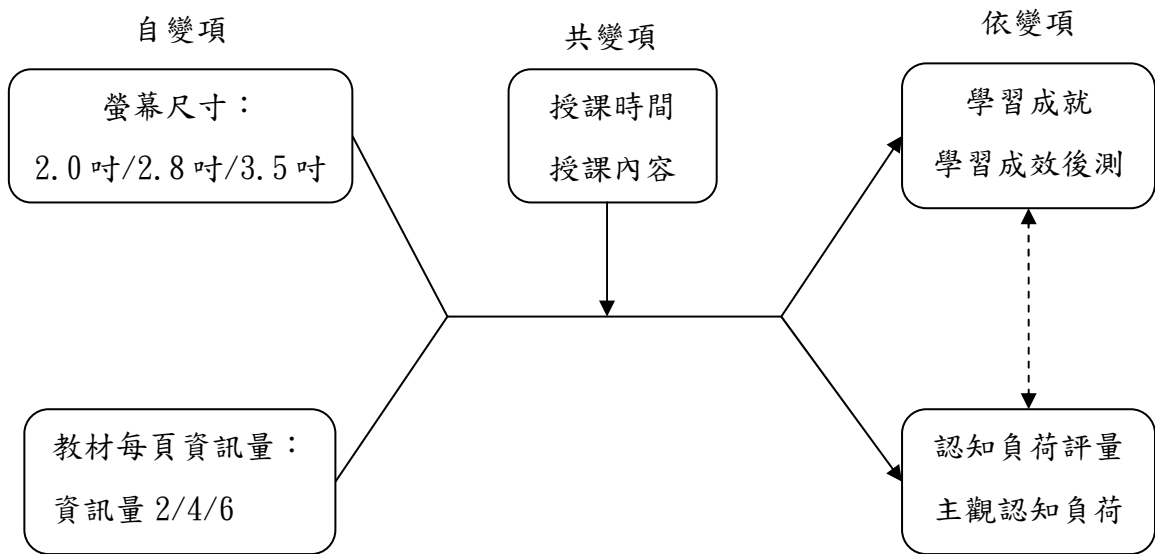


圖 13 研究架構

### 3.1.3 實驗對象

基於學校行政、教學實驗場地及人力支援之方便性，並依學校原有編制班及進行實驗，實驗對象為苗栗縣某一高中一年級三個班的學生，共 97 位學生。

依照前測成績，將學生以 S 型排列分配至九種不同的多媒體教材。人數分佈如表 9 所示。

表 9 研究對象分佈情形

資訊量 \ 螢幕尺寸	3.5 吋	2.8 吋	2 吋	合計
資訊量 6	11 人	11 人	11 人	33 人
資訊量 4	11 人	11 人	11 人	33 人
資訊量 2	11 人	10 人	10 人	31 人
合計	33 人	32 人	32 人	97 人

為避免受測者未按所分配的教材進行實驗，筆者事先將所有學生所對應之教材依班級座號列表，如圖 14 所示。以降低受測者選錯教材之機率。

各位同學大家好

請依照你的班級座號姓名，選擇你所對應到的課程。請不要選錯了唷

班級	座號	教材	班級	座號	教材	班級	座號	教材
108	1	8	109	1	8	110	1	3
108	2	9	109	3	7	110	2	5
108	3	3	109	4	6	110	3	9
108	4	9	109	5	3	110	4	5
108	5	6	109	7	4	110	5	1
108	6	7	109	8	7	110	6	1
108	7	3	109	9	3	110	7	6
108	8	8	109	10	4	110	8	6
108	9	8	109	11	1	110	9	5
108	10	2	109	12	5	110	10	4
108	11	9	109	13	4	110	11	9
108	12	8	109	14	4	110	12	1
108	13	6	109	15	5	110	13	3
108	14	8	109	16	8	110	14	5
108	15	3	109	17	5	110	15	7
108	16	2	109	18	4	110	16	6
108	17	1	109	19	1	110	17	7
108	18	3	109	20	7	110	18	7
108	19	9	109	21	5	110	19	6
108	20	3	109	22	3	110	20	2
108	21	1	109	23	6	110	21	5
108	22	5	109	24	2	110	22	1
108	23	6	109	25	1	110	23	2
108	24	7	109	26	4	110	24	9
108	25	5	109	27	1	110	25	4
108	26	9	109	28	2	110	26	3
108	27	2	109	29	9	110	27	7
108	28	7	109	30	1	110	28	2
108	29	7	109	31	6	110	29	2
108	30	2	109	32	4	110	30	8
108	31	4	109	33	6	110	31	9
108	32	2	109			110	32	4
108	33	8	109			110	33	8

圖 14 受測者所對應之教材種類示意圖

### 3.1.4 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.以二因子共變數分析(two-way analysis of covariance)，討論螢幕尺寸與資訊量多媒體教材對認知負荷的影響。
- 2.以二因子共變數分析(two-way analysis of covariance)，討論螢幕尺寸與資訊量多媒體教材對學習成就的影響。
- 3.利用相關係數檢定(coefficient of correlation)，討論認知負荷與學習成效之間是否有相關性。

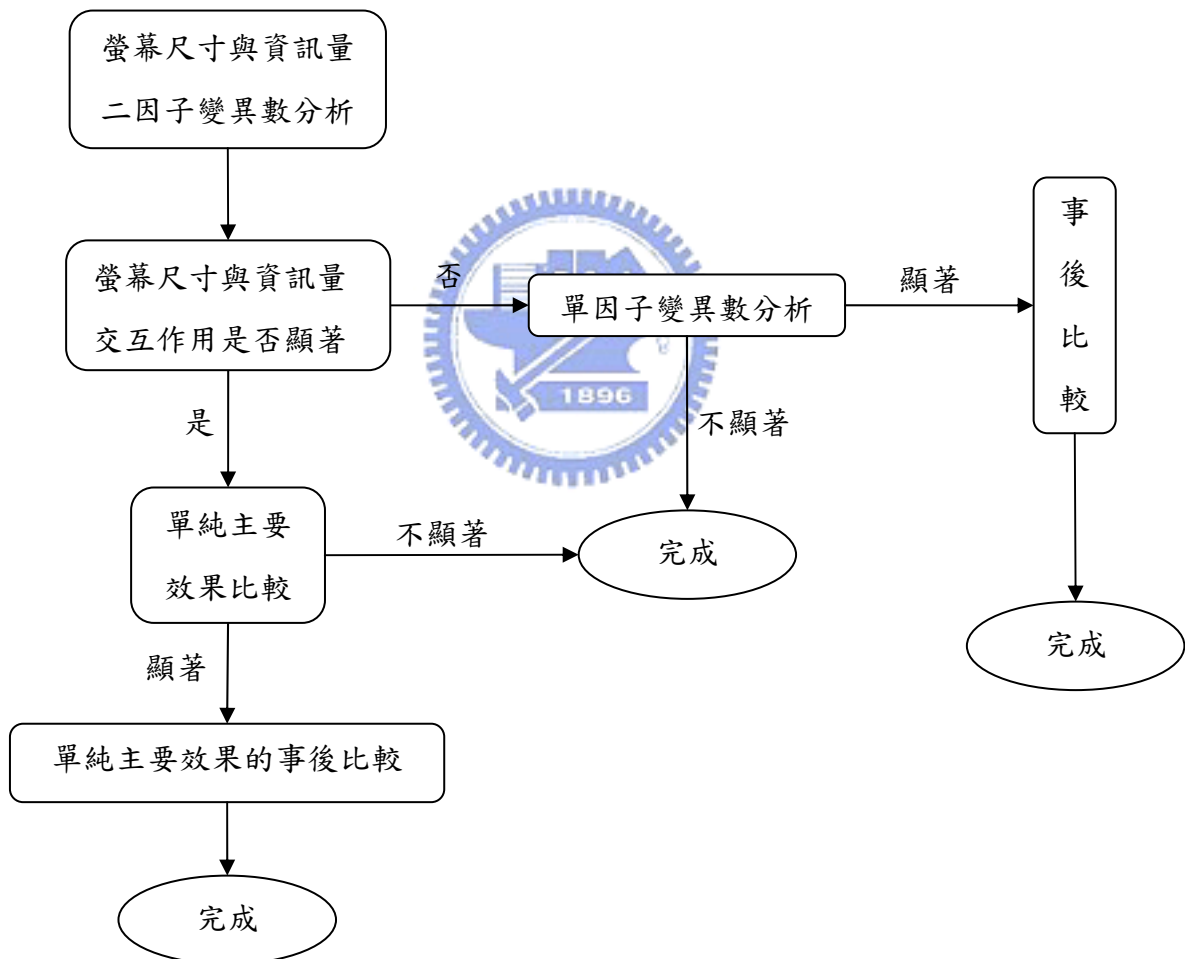


圖 15 數據分析流程圖

## 3.2 研究工具

### 3.2.1 認知負荷評量

認知負荷評量主要之功用，在於測量受測者在學習過程中所感受到的認知負荷。

本研究採用主觀衡量法(subjective techniques)(Sweller、Van Merriënboer、Paas，1998)，測量受測者的認知負荷，包含「知覺困難度」(mental load)及「心智努力程度」(mental effort)兩個構面。曾有學者(Marcus，1996)建議，使用主觀衡量法應注意(一)為了使工作記憶區中的心智負荷資料損失減到最低，在任務(task)完成後應立即測量。(二)問題需使用謹慎的措辭。(三)瞭解任務大部分是合適的心智工作負荷，而不需要過度的身體活動(physical activity)，因為受測者可能會困擾究竟是心理或身體的工作負荷。

評量問卷之問題敘述，參考國內研究者(宋曜廷，2000)的作法，由受測者在進行閱讀任務後，對自身「所投入的心智努力」和「感受到的閱讀材料困難度」兩向度進行七點量表的評定如附錄四，以作為閱讀方面認知負荷的自我評量。

### 3.2.2 地球科學科成就測驗

配合研究目的，地球科學科成就測驗前測及後測，皆由三名資深自然科教師針對「太空中的地球」討論後編制而成，以取得內容效度(content validity)與專家效度(expert validity)，如附錄一、附錄二、附錄三。

經數次修正，對研究樣本學校高三理組 3 個班 103 位學生進行預試。在回收的 103 份試卷中，內部一致信度 Cronbach's  $\alpha$  值皆顯示前測及後測試卷具有良好的信度。

表 10 前測信度統計量

Cronbach's Alpha 值	項目的個數
.722	20

表 11 單元一試題後測信度統計量

Cronbach's Alpha 值	項目的個數
.823	20

表 12 單元二試題後測信度統計量

Cronbach's Alpha 值	項目的個數
.837	20

### 3.3 教材分析

「2006 年台灣學生學習成就評量結果之分析」(曾建銘、陳清溪，2008)結果顯示如表 13，在高中(職)二年級自然科能力指標中，「地球科學的學科特性」此一單元之平均答對率僅 30%，相較於其他能力指標，明顯偏低。

表 13 高中二自然能力指標平均答對率

單元名稱/能力指標	平均答對率(%)
群集和生態系	53
細胞和生物體	42
微生物的生命現象	48
植物的營養	30
植物的生殖生長和發育	37.25
動物的代謝和恆定	41.67
動物的協調作用	51.4
動物的生殖和遺傳	53.4
地球科學的學科特性	30
岩漿活動	39.75
地層與地球歷史	52.5
大氣與海洋的成份結構	60
大氣與海水的運動	46.67
物理學簡介	55
熱	53.75
聲音	60
電與磁	55.5
能量與生命	80
力學	32.63
熱學	23
自然界的物質	48

資料來源：(曾建銘、陳清溪，2008)

本研究教材選擇的單元為「太空中的地球」其中「星空的變化」及「星光的秘密」兩小節，對應能力指標為「地球科學的學科特性」，版本與年級為康熙圖書出版高中一年級地球科學科。地球科學課的教學活動是多樣性的，如課堂講述、觀察、實驗、合作、與探究等。但由於傳統教學受限於場地、儀器設備及時間等環境因素，無法提供多元化的教學內容，可能為本單元學習成效較差的原因之一。

本研究選擇「太空中的地球」單元作為本實驗教材設計的原因如下：

教師在傳統教材教學遇到難以表達的問題，如週日運動及週年運動，是一連串有順序的過程。利用多媒體教材教學可將此現象，較具體、真實、形象模擬出來。

學生在現實生活中不易觀察到的或是需特殊儀器設備才能觀察到的，例如星象及星空的變化等等。觀測星象需要在夜間觀測，一般正常上課時間皆為白天，無法進行觀測；觀察星空的變化需於夜間進行長時間的觀測，且需搭配望遠鏡等昂貴龐大之設備。

期許利用多媒體教材教學，更明瞭、具體化的效果呈現本單元抽象的概念，以達成情境教學的目標。



## 3.4 多媒體教材編輯製作

### 3.4.1 多媒體教材編輯製作軟體－智勝編輯手

本研究所製作的多媒體教材，使用由本研究室所開發，智勝國際科技的編輯手 6.0 軟體為教材製作工具。他的教學理念如圖 16(智勝國際科技網站，2009)：

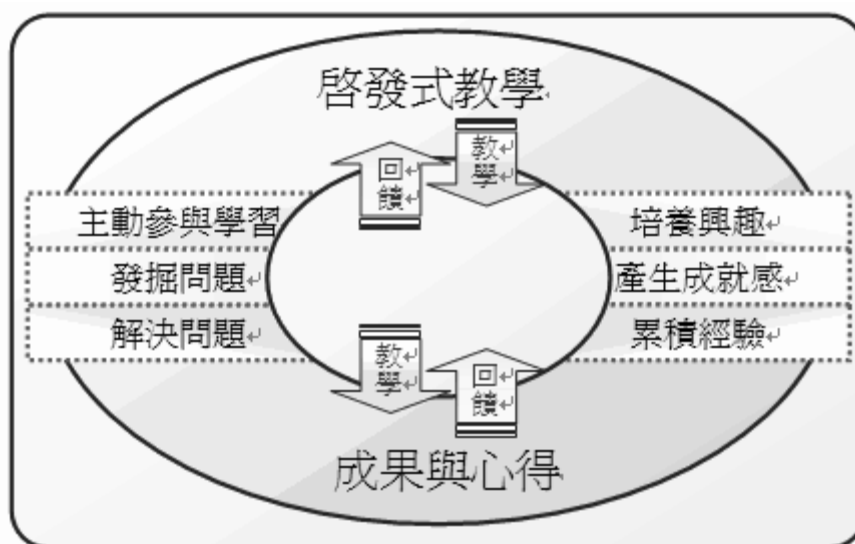


圖 16 智勝編輯手的教學理念  
資料來源(智勝國際科技網站，2009)

智勝編輯手具有以下特點：

#### 1. 全新功能、全心體驗

(1) 更好用的文字排版功能：同一段文字可設定不同的字級、字型、顏色、粗體、斜體、底線…等。可設定文字靠左、置中或靠右對齊。

(2) 更驚艷的演員特效：可設定演員的透明度與旋轉角度，呈現更豐富的變化。新增演員濾鏡特效，如：模糊、凹凸、陰影與發光濾鏡，利用簡單素材也可製作出驚艷效果。支援演員播放秒數的設定，更精準的控制演員演出時間。

(3) 更好用的路徑套用特效：可直接套用特殊路徑，作出加速與反彈的效果。

(4) 更精準的 Google Search 功能：解決製作教材素材取得不易的問題，直接透過 Google 的線上搜尋功能，找到適合的圖片來使用。

#### 2. 豐富的編輯功能

(1) 步驟化操作設計，一步一步建構精彩內容。

建立場景→新增演員→劇情設定→播放檔案→發佈檔案

(2) 支援多種媒體格式：動畫演員(jpg、jpeg、png、gif)，音訊演員(mp3、wav)，視

訊演員(avi、wmv、mpeg、flv)。可從編輯手的設定視窗，選取素材分類，雙擊素材來建立內容。

(3)提供圖層管理功能：提供場景列表與演員列表，方便管理加入的內容。場景編輯功能，可替場景命名、排序、加入背景音樂。演員編輯功能，可新增、刪除、隱藏、鎖定、命名、改變演員大小、旋轉或翻轉演員…等。

(4)利用路徑製作動態效果：點選路徑功能後，即可利用滑鼠畫出演員的移動路徑，安排演員的進場與走位。可利用複製與貼上路徑功能，替不同演員設定相同路徑

(5)活用聲音表情的魅力，吸引學習者的注意：可以在場景中設定背景音樂，加強劇情的張力。提供演員配音功能，除了使用音效加強劇情效果，也可利用錄音功能配上生動的旁白。

### 3.可依滑鼠點擊事件，做不同的演出設定

(1)利用拖拉方式完成劇情設定：劇情設定包含「開場劇情」與「互動劇情」等，皆利用「劇組」的順序安排演出的前後順序。不須撰寫程式語法，只需依照開演順序拖拉演員到個別的劇組中，即完成順序的安排。點選演出屬性設定視窗，可安排演員在演出前後是否顯示、沿路徑播放幾秒…等。

(2)設定換幕或超連結：劇組演出完畢後，可設定跳到其他場景，或開啟超連結網頁。

(3)可依滑鼠點擊事件，做不同的演出設定：在演員的「互動劇情」中，可分別設定點選滑鼠左鍵、滑鼠移上演員與滑鼠移開演員後的劇情。

### 4.立即體驗 Flash 的播放效果

(1)隨時可預覽播放效果：編輯完畢，可點選「播放檔案」即時預覽。

(2)發佈成 Flash 網頁格式：支援與 Web2.0 學習平台無縫式(seamless)整合。發佈格式為 Flash 網頁播放檔，瀏覽端只需安裝 Flash Player 即可觀看。

(3)網路串流播放：新一代的講解手播放效果，不僅與編輯時一致，更做到了串流播放的效果，檔案再大也可順暢播放。

簡而言之，編輯手 6.0 是一套針對教學及電腦入門者所開發出的依套多媒體製作軟體，透過引導方式，採用視覺化的編輯方式，並結合聲音、音樂、文字、影像與影片等素材來編輯製作多媒體課程，並符合 SCORM1.3 標準，能在學習平台間流通，對教師而言，是非常容易入門的一套軟體。



### 3.4.2 教材編輯製作過程

打開編輯手時之畫面。

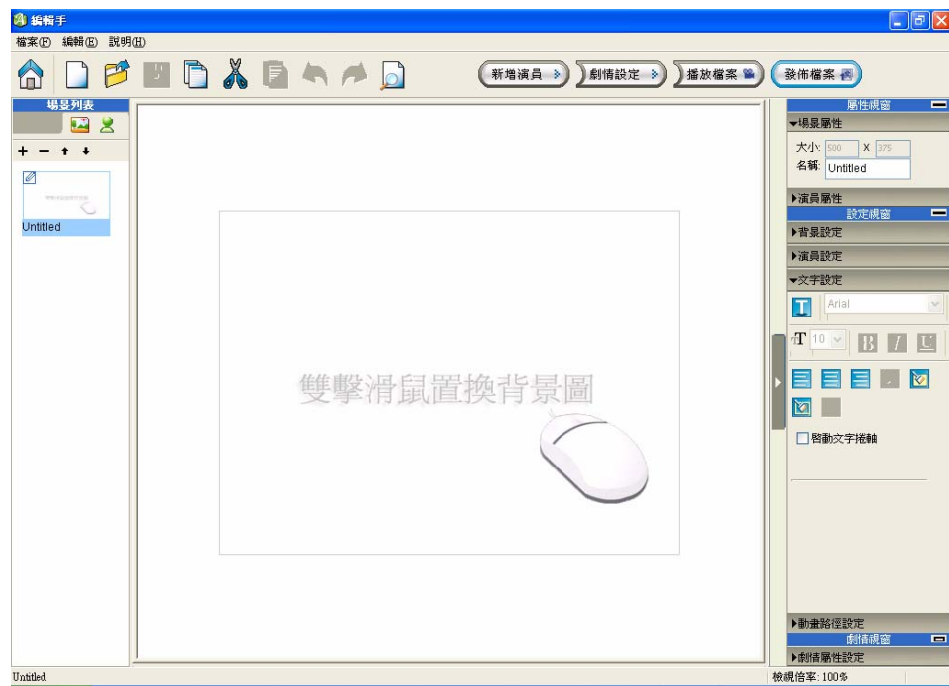


圖 17 製作流程-1  
設定背景。(設定視窗→背景設定)

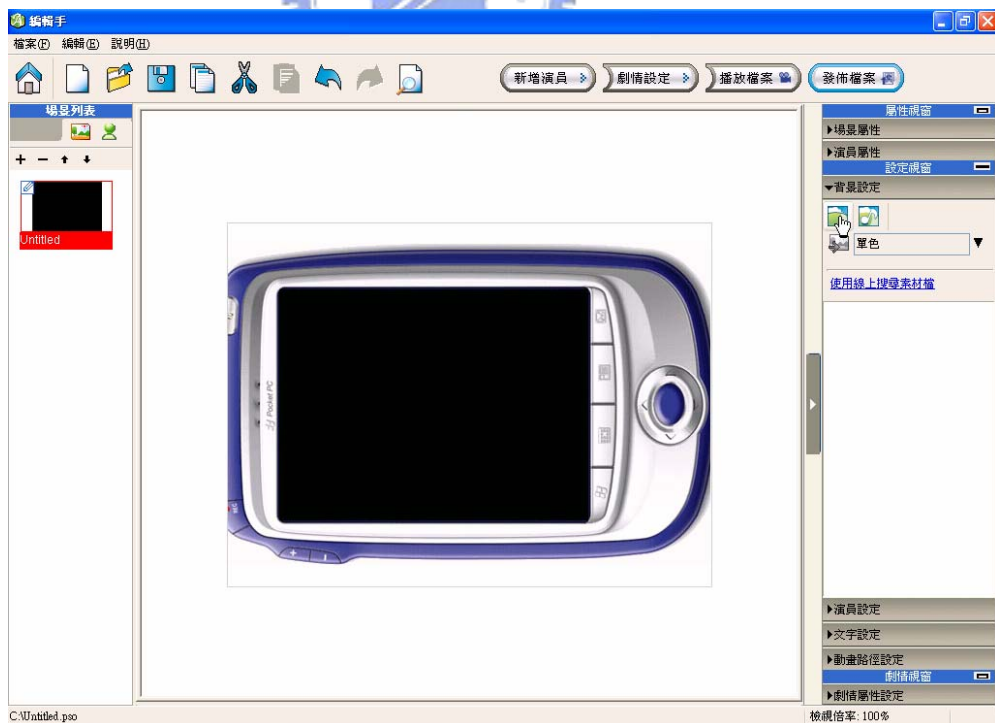


圖 18 製作流程-2

## 加入文字演員

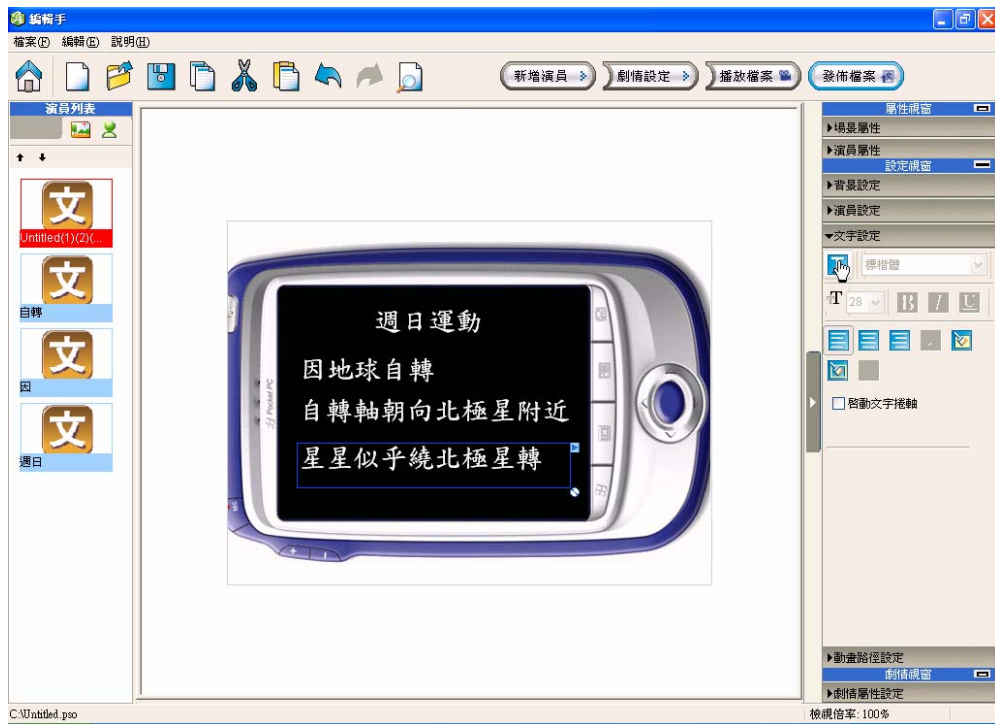


圖 19 製作流程-3

## 設定配音

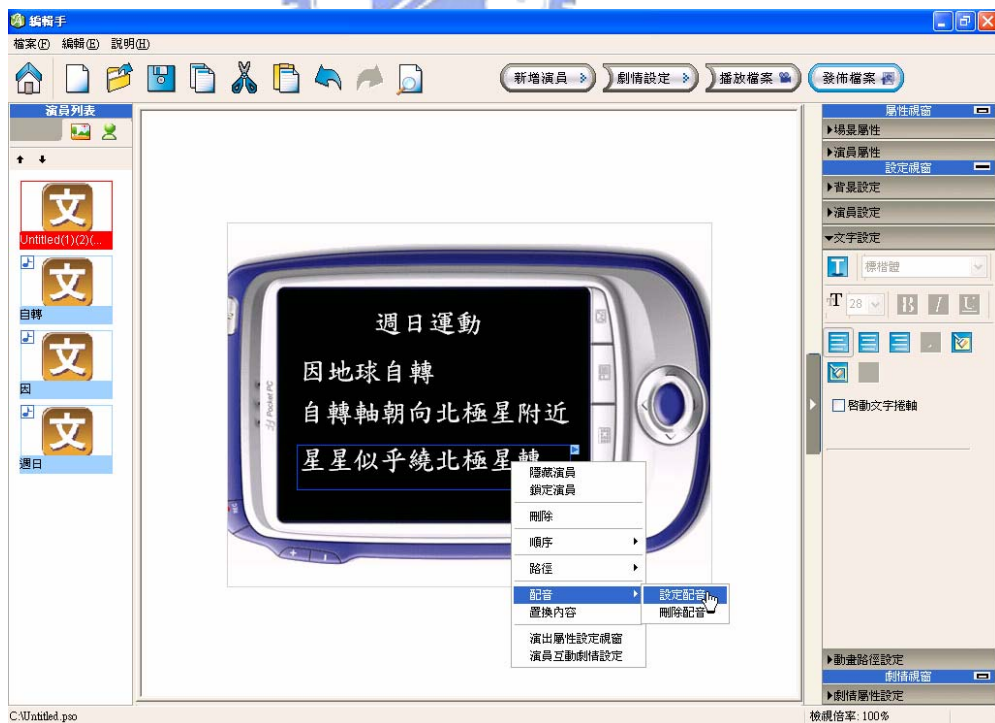


圖 20 製作流程-4

進入劇情設定視窗



圖 21 製作流程-5

設定演員出現之順序



圖 22 製作流程-6

## 四、實驗結果與討論

本章針對受測學生在教學實驗後，所獲得之數據加以分析。內容共分為四個小節，前三小節為研究問題之檢定、第四節為研究結果與討論。

### 4.1 螢幕尺寸與資訊量對認知負荷之分析

本節所探討的問題為：「探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對認知負荷的影響？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

表 14 為螢幕尺寸與資訊量之認知負荷平均數，可知在 3.5 吋的螢幕，資訊量 4 的組合中，有最低的認知負荷。

表 14 螢幕尺寸與資訊量之認知負荷平均數  
依變數： 認知負荷

螢幕大小	資訊量	平均數	標準差	個數
3.5 吋	6	7.09	2.023	11
	4	5.55	1.508	11
	2	8.45	1.916	11
	總和	7.03	2.143	33
2.8 吋	6	7.82	2.272	11
	4	6.82	2.272	11
	2	8.80	1.398	10
	總和	7.78	2.136	32
2.0 吋	6	9.00	2.098	11
	4	8.91	2.386	11
	2	9.50	1.780	10
	總和	9.13	2.060	32

根據表 15 變異數同質性檢定， $F=.790$ ， $p=.613>.05$ ，未達顯著水準。表示各組之間的能力可視為相等。

表 15 螢幕尺寸與資訊量之認知負荷誤差變異量的 Levene 檢定等式  
依變數: 認知負荷

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
.790	8	88	.613

檢定各組別中依變數誤差變異量的虛無假設是相等的。

由表 16 可知，針對不同螢幕大小與資訊量，在認知負荷上的交互作用，未達顯著水準( $F=.940$ ， $p=.445>.05$ )。亦即螢幕大小對認知負荷的影響，不因資訊量的不同而有所不同。

表 16 螢幕尺寸與與資訊量之二因子共變數分析摘要表  
依變數: 認知負荷

變異來源	平方和	自由度	均平方和	F 檢定	顯著性
螢幕	73.366	2	36.683	9.206	.000***
資訊量	53.316	2	26.658	6.690	.002*
螢幕 * 資訊量	14.982	4	3.745	.940	.445
誤差	350.645	88	3.985		
總和	6653.000	97			

\*  $p<.05$ , \*\*\*  $p<.001$

因為兩個自變項在認知負荷上的交互作用未達顯著水準，乃進一步進行主要效果的顯著性檢定。以下分別依螢幕大小與資訊量兩個自變項對認知負荷的影響，進行探討。

### 4.1.1 不同螢幕大小對認知負荷的差異分析

本節所探討的問題為：「探討不同螢幕尺寸，對認知負荷的影響？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

由表 16 可知，接受不同螢幕大小教材的學生，其認知負荷的差異達顯著水準 ( $F=9.206, p=.000<.05$ )，亦即學生的認知負荷，因螢幕大小的不同，而有顯著差異。

由表 17、18，經 Scheffe 法事後比較發現，不同螢幕大小的認知負荷由低至高依序為：3.5 吋 < 2.8 吋 < 2.0 吋。其中 3.5 吋與 2.8 吋間未達顯著差異 ( $p=.321>.05$ )、3.5 吋與 2.0 吋間達顯著差異 ( $p=.000<.05$ )、2.8 吋與 2.0 吋間達顯著差異 ( $p=.031<.05$ )。

表 17 不同螢幕大小對認知負荷的差異分析事後比較摘要表  
依變數：認知負荷

(I) 螢幕大小	(J) 螢幕大小	平均數差異(I-J)	標準誤	顯著性
3.5 吋	2.8 吋	-.75	.495	.321
	2.0 吋	-2.09	.495	.000***
2.8 吋	3.5 吋	-.75	.495	.321
	2.0 吋	-1.34	.499	.031*
2.0 吋	3.5 吋	2.09	.495	.000***
	2.0 吋	1.34	.499	.031*

\*  $p<.05$ , \*\*\*  $p<.001$

表 18 不同螢幕大小對認知負荷的差異分析事後比較同質子集  
Scheffe 法

螢幕大小	個數	子集	
		1	2
3.5 吋	33	7.03	
2.8 吋	32	7.78	
2.0 吋	32		9.13

## 4.1.2 不同資訊量對認知負荷的差異分析

本節所探討的問題為：「探討不同資訊量，對認知負荷的影響？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

由表 16 可知，接受不同資訊量教材的學生，其認知負荷的差異達顯著水準 ( $F=6.690$ ,  $p=.002<.05$ )，亦即學生的認知負荷，因資訊量的不同，而有顯著差異。

由表 19、20，經 Scheffe 法事後比較發現，不同資訊量的認知負荷由低至高依序為：資訊量 4 < 資訊量 6 < 資訊量 2。其中資訊量 6 與資訊量 4 間未達顯著差異 ( $p=.208>.05$ )、資訊量 6 與資訊量 2 間未達顯著差異 ( $p=.180>.05$ )、資訊量 4 與資訊量 2 間達顯著差異 ( $p=.002<.05$ )。

表 19 不同資訊量對認知負荷的差異分析事後比較摘要表  
依變數：認知負荷

(I) 資訊量	(J) 資訊量	平均數差異(I-J)	標準誤	顯著性
6	4	.88	.491	.208
	2	-.93	.499	.180
4	6	-.88	.491	.208
	2	-1.81	.499	.002*
2	6	.93	.499	.180
	4	1.81	.499	.002*

\*  $p<.05$ ,

表 20 不同資訊量對認知負荷的差異分析事後比較同質子集  
Scheffe 法

資訊量	個數	子集	
		1	2
4	33	7.09	
6	33	7.97	7.97
2	31		8.90

## 4.2 螢幕尺寸與資訊量對學習成效之分析

本節所探討的問題為：「探討不同螢幕尺寸及不同資訊量，對學習成效的影響？」  
以下針對相關統計資料進行結果說明。

表 21 為螢幕尺寸與資訊量之成績平均數，可知在 3.5 吋的螢幕，資訊量 4 的組合中，有最好的學習成效。

表 21 螢幕尺寸與資訊量之學習成效平均數

依變數：成績

螢幕大小	資訊量	平均數	標準差	個數
3.5 吋	6	75.91	12.413	11
	4	81.36	8.970	11
	2	66.82	12.303	11
	總和	74.70	12.559	33
2.8 吋	6	70.00	13.601	11
	4	76.36	13.801	11
	2	67.00	10.055	10
	總和	71.25	12.889	32
2.0 吋	6	65.45	12.739	11
	4	65.91	13.568	11
	2	63.00	11.106	10
	總和	64.84	12.213	32



根據表 22 變異數同質性檢定， $F=.575$ ， $p=.796>.05$ ，未達顯著水準。表示各組之間的能力可視為相等。

表 22 螢幕尺寸與資訊量對學習成效誤差變異量的 Levene 檢定等式  
依變數: 成績

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
.575	8	88	.796

檢定各組別中依變數誤差變異量的虛無假設是相等的。

由表 23 可知，針對不同螢幕大小與資訊量，在學習成效上的交互作用，未達顯著水準( $F=.696$ ， $p=.597>.05$ )。亦即螢幕大小對認知負荷的影響，不因資訊量的不同而有所不同。

表 23 螢幕尺寸與與資訊量之二因子共變數分析摘要表  
依變數: 成績

變異來源	平方和	自由度	均平方和	F 檢定	顯著性
螢幕	1629.620	2	814.810	5.475	.006*
資訊量	1277.224	2	638.612	4.291	.017*
螢幕 * 資訊量	414.404	4	103.601	.696	.597
誤差	13097.273	88	148.833		
總和	495950.00	97			

\*  $p<.05$ ,

因為兩個自變項在學習成效上的交互作用未達顯著水準，乃進一步進行主要效果的顯著性檢定。以下分別依螢幕大小與資訊量兩個自變項對學習成效的影響，進行探討。

## 4.2.1 不同螢幕大小對學習成效的差異分析

本節所探討的問題為：「探討不同螢幕尺，對學習成效的影響？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

由表 23 可知，接受不同螢幕大小教材的學生，其學習成效的差異達顯著水準 ( $F=5.475, p=.006<.05$ )，亦即學生的學習成效，因螢幕大小的不同，而有顯著差異。

由表 24、25，經 Scheffe 法事後比較發現，不同螢幕大小的學習成效由高至低依序為：3.5 吋 > 2.8 吋 > 2.0 吋。其中 3.5 吋與 2.8 吋間未達顯著差異 ( $p=.525>.05$ )、3.5 吋與 2.0 吋間達顯著差異 ( $p=.007<.05$ )、2.8 吋與 2.0 吋間未達顯著差異 ( $p=.116<.05$ )。

表 24 不同螢幕大小對學習成效的差異分析事後比較摘要表  
依變數：成績

(I) 螢幕大小	(J) 螢幕大小	平均數差異(I-J)	標準誤	顯著性
3.5 吋	2.8 吋	3.45	3.027	.525
	2.0 吋	-9.85	3.027	.007*
2.8 吋	3.5 吋	-3.45	3.027	.525
	2.0 吋	6.41	3.050	.116
2.0 吋	3.5 吋	-9.85	3.027	.007*
	2.0 吋	-6.41	3.050	.116

\*  $p<.05$ ,

表 25 不同螢幕大小對學習成效的差異分析事後比較同質子集  
Scheffe 法

螢幕大小	個數	子集	
		1	2
2.0 吋	33	64.84	
2.8 吋	32	71.25	71.25
3.5 吋	32		74.70

## 4.2.2 不同資訊量對學習成效的差異分析

本節所探討的問題為：「探討不同資訊量，對學習成效的影響？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

由表 23 可知，接受不同資訊量教材的學生，其學習成效的差異達顯著水準 ( $F=4.291$ ,  $p=.017<.05$ )，亦即學生的學習成效，因資訊量的不同，而有顯著差異。

由表 26、27，經 Scheffe 法事後比較發現，不同資訊量的學習成效由低至高依序為：資訊量 2 < 資訊量 6 < 資訊量 4。其中資訊量 6 與資訊量 4 間未達顯著差異 ( $p=.117>.05$ )、資訊量 6 與資訊量 2 間未達顯著差異 ( $p=.116>.05$ )、資訊量 4 與資訊量 2 間達顯著差異 ( $p=.004<.05$ )。

表 26 不同資訊量對學習成效的事後比較摘要表

依變數：成績

(I) 資訊量	(J) 資訊量	平均數差異(I-J)	標準誤	顯著性
6	4	-4.091	3.003	.177
	2	4.848	3.053	.116
4	6	4.091	3.003	.177
	2	8.939	3.053	.004*
2	6	-4.848	3.053	.116
	4	-8.939	3.053	.004*

\*  $p<.05$ ,

表 27 不同資訊量對學習成效的差異分析事後比較同質子集

Scheffe 法

資訊量	個數	子集	
		1	2
2	31	65.65	
6	33	70.45	70.45
4	33		74.55

## 4.3 認知負荷與學習成效相關性分析

本節探討問題為：「探討在不同螢幕尺寸及不同資訊量下，認知負荷與學習成效是否有相關性？」以下針對相關統計資料進行結果說明。

由表 28 可知，認知負荷與學習成效之 Pearson 相關係數為-.860，表示認知負荷與學習成效間為高度相關，達顯著水準。

表 28 認知負荷與學習成效之相關係數檢定摘要表

		成績
認知負荷	Pearson 相關	-.860
	顯著性 (雙尾)	.000



## 4.4 研究結果與討論

本研究旨在以雙重編碼理論與認知負荷理論，探討不同尺寸螢幕行動載具上不同資訊量的多媒體教材，對學習者之認知負荷及學習成效之影響。研究結果及討論說明如下。

### 4.4.1 研究結果

根據數據分析，可得以下結果：

一、行動載具在 3.5 吋、資訊量 4 的情況下，受測者有最低的認知負荷。

1. 螢幕大小對認知負荷的影響，不因資訊量的不同而有所不同。
2. 不同螢幕大小，會影響受測者的認知負荷：3.5 吋是最佳選擇，但 3.5 吋與 2.8 吋螢幕之間，受測者的認知負荷並無感受到顯著的差異；3.5 吋、2.8 吋兩者對於 2.0 吋螢幕而言，受測者的認知負荷有顯著差異。
3. 不同的資訊量，會影響受測者的認知負荷：資訊量 4 是最佳選擇，但資訊量 4 與資訊量 6 並沒有顯著差別；資訊量 4 與資訊量 2 之間，受測者的認知負荷有顯著差異。

二、行動載具在 3.5 吋、資訊量 4 的情況下，受測者有最好的學習成效。

1. 螢幕大小對學習成效的影響，不因資訊量的不同而有所不同。
2. 不同螢幕大小，會影響受測者的學習成效：3.5 吋是最佳選擇，但 3.5 吋與 2.8 吋螢幕之間，受測者的學習成效並無感受到顯著的差異；3.5 吋對於 2.0 吋螢幕而言，受測者的學習成效有顯著差異。
3. 不同的資訊量，會影響受測者的學習成效：資訊量 4 是最佳選擇，但與資訊量 6 並沒有顯著差別；資訊量 4 與資訊量 2 之間，受測者的學習成效有顯著差異。

三、受測者有較高的認知負荷時，有較低的學習成效；有較低的認知負荷時，有較高的學習成效。認知負荷與學習成效呈現高度負相關。

## 4.4.2 討論

對於資訊量影響認知負荷及學習成效的部分，文獻探討中提及，「工作記憶在同一時間可以容許七個資訊項目。而任何在工作記憶項目之間的交互作用，他們自己本身需要工作記憶容量，導致能同時處理的元件數降低」(Miller, 1956; Sweller、Van Merriënboer、Paas, 1998)、「較小的螢幕、較多的資訊量，仍能影響學習者的學習效率」(Swierenga, 1990)。本研究根據雙通道理論及認知負荷理論，製作在行動載具上的多媒體教材，發現在小螢幕的行動載具上，以四個資訊量的多媒體教材最適合學習者學習，有最低的認知負荷及最佳的學習成效。研究結果顯示，在小螢幕上的多媒體教材，適合學習的四個資訊量是小於文獻中所提及之七個資訊量。此一結果亦呼應 Mayer(2003)所提之分割效應。但若將資訊切割的過於瑣碎，以本研究中之二個資訊量為例，反而將不利於學習。

Swierenga (1990)指出「螢幕的尺寸對資訊的理解並未造成太大的影響」。研究結果顯示，對於 3.5 吋及 2.8 吋螢幕而言，認知負荷及學習成效的確無顯著差異；但使用 2.0 吋螢幕時，卻是不利於學習的。可見過小的螢幕，仍會影響學習者之認知負荷及學習成效。此外，統計分析顯示，不同螢幕尺寸的認知負荷及學習成效，不因資訊量的不同而有所影響，此亦呼應 Swierenga 之主張。

## 五、實驗結論與未來研究方向

本研究使用研究者自行設計高一地球科學「太空中的地球」的多媒體教材，比較在不同螢幕尺寸行動載具上、不同資訊量多媒體教材的認知負荷及學習成效是否有差異。

### 5.1 結論

本研究實驗對象為苗栗縣一所高中 3 個班級學生共 97 人，討論所得結論如下：

- 一. 使用行動載具進行地球科學科「太空中的地球」多媒體教材教學時，3.5 吋的螢幕、搭配資訊量 4 的多媒體教材，認知負荷最低、學習成效最好。
- 二. 多媒體教材在 3.5 吋螢幕與 2.8 吋螢幕上，使用起來的認知負荷與學習成效，未達顯著差異；但比起 2.0 吋螢幕，則達顯著差異。顯示 3.5 吋及 2.8 吋螢幕皆可作為行動學習之載具；2.0 吋螢幕可能因為太小，較不利於使用於學習。
- 三. 在行動載具上設計教材時，資訊量 4 是最好的選擇。資訊量 4 與資訊量 2，使用起來的認知負荷與學習成效，達顯著差異。在小螢幕上，資訊量 6 顯得較多；而資訊量 2 可能是因為將教材切割的過於瑣碎，而不利於學習。
- 四. 在不同行動載具上的多媒體教材，認知負荷與學習成效呈現高度相關。

### 5.2 未來研究方向

由於，時間及資源上的限制，所以本研究施測對象僅高一學生共 97 人，實驗處理時間為一週兩次上課、教材內容僅限於地球科學科「太空中的地球」章節內容。未來研究可以有以下幾點：

1. 增加多媒體教材單元範圍。
2. 研究平板電腦上的認知負荷及學習成效。
3. 資訊能力差異，使否影響學生行動載具上多媒體教學之學習成效。
4. 使用數位學習與行動學習之差異。

## 參考文獻

- Alepis, E., & Virvou, M. (2005). Mobile educational features in authoring tools for personalized tutoring. *Computers & Education, 44*, 53–68.
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction, 16*(5), 389-400.
- Baddeley, A. (1992). Working memory: The interface between memory and cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience, 4*(3), 281-288.
- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist, 38*(1), 53-61.
- Cavus, N., & Ibrahim, D. (2008). *A Mobile Tool for Learning English Words*: Online Submission.
- Cavus, N., & Ibrahim, D. (2009). M-Learning: An Experiment in Using SMS to Support Learning New English Language Words. *British Journal of Educational Technology, 40*(1), 78-91.
- Chen, Y. S., Kao, T. C., & Sheu, J. P. (2003). A mobile learning system for scaffolding bird watching learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 19*(3), 347-359.
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Catrambone, R. (2004). Designing instructional examples to reduce intrinsic cognitive load: Molar versus modular presentation of solution procedures. *Instructional Science, 32*(1), 33-58.
- Harris, P. (2001). Goin' mobile. *Learning Circuits*.
- Marcus, N. (1996). Understanding Instructions. *Journal of Educational Psychology, 88*(1), 49-63.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*: Cambridge Univ Pr.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction, 12*(1), 107-119.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist, 38*(1), 43-52.
- Mayer, R. E., 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. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our



- capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Motiwalla, L. F. (2007). Mobile learning: A framework and evaluation. *Computers & Education*, 49(3), 581-596.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational psychologist*, 38(1), 63-71.
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-122.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76(3), 241-263.
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61-86.
- Quinn, C. (2000). mLearning: mobile, wireless, in-your-pocket learning. *LiNE Zine*, 2006.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 43, 215-266.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1), 9-31.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296.
- Swierenga, S. J. (1990). *Menuing and Scrolling as Alternative Information Access Techniques*.
- Toledano, M. C. M. (2006). Learning objects for mobile devices: A case study in the Actuarial Sciences degree.
- 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.
- 手機王(2009)。Sogi手機王手機館：介紹、評測、規格、品牌。檢自：<http://www.sogi.com.tw/>
- 吳瑞源、吳慧敏(2008)。動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究。師大學報：科學教育類，53:1，頁1-26。
- 吳聲毅、李春雄(2004)。數位教材製作：金禾資訊 台北市。
- 宋曜廷(2000)。先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。未出版之，國立

- 臺灣師範大學教育心理與輔導研究所。
- 李岳勳 (2004)。國小電腦化空間感測驗難度來源之成份分析。未出版之，國立臺南大學測驗統計研究所碩士班。
- 李賢輝 (1999)。天馬行空——話說多媒體概論與實務。台北：資策會教育處。
- 林大正 (2007)。情境感知行動學習環境下數位教材設計與學習成效之研究。未出版之，國立臺南大學數位學習科技學系教學碩士班。
- 洪珮真 (2003)。行動載具融入國小自然科學習之研究。未出版之，銘傳大學資訊傳播工程學系碩士班。
- 洪啟彰 (2005)。樣板式多媒體內容在手持行動裝置之情境及內容協調與呈現-以樣板式的多媒體英文試題為例子。未出版之，國立交通大學資訊科學與工程研究所。
- 洪碧霞、蕭嘉偉、楊佩馨 (2008)。從認知負荷觀點分析國小二至四年級數與計算成就測驗。教育研究與發展期刊，4 (4)，151-168。
- 翁嘉鴻 (2001)。以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效之影響。未出版之，國立中央大學資訊管理研究所。
- 張家源 (2005)。輔助教師透過行動載具即時掌握網路合作學習中學習者情況之機制。未出版之，國立臺南大學資訊教育研究所碩士班。
- 張謙楣 (2005)。行動載具在支援高中國文教室教學情境的應用。未出版之，國立臺灣師範大學資訊教育學系。
- 許耀升、羅希哲 (2007)。智慧型 pda 融入國民中學自然與生活科技領域教學之行動研究。科學教育，296，2-17。
- 陳志寶 (2001)。網路多媒體教材及題庫資源管理系統。未出版之，國立交通大學電資學院學程碩士班。
- 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。
- 智勝國際科技網站 (2009)。編輯手soezauthoring6.0。檢自：  
<http://www.caidiy.com/soEZAuthoring/index.html>
- 曾建銘、陳清溪 (2008)。2006 年台灣學生學習成就評量結果之分析。教育研究與發展

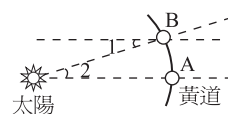
- 期刊，4 (4)，41-86。
- 黃克文 (1996)。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。未出版之，國立台北師範學院國民教育研究所。
- 楊叔卿、張君豪、劉一凡 (2005)。行動科技融入教學情境應用之探討。《教學科技與媒體》，73，62-76。
- 詹德斌 (2001)。多媒體資訊對新興金融產品宣導之研究。未出版之，國立中央大學資訊管理研究所。
- 資策會FIND中心 (2006)。2005-2006 線上學習產業概況透析 (上)。檢自：  
<http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=trend&id=1343>
- 資策會FIND中心 (2008)。2008 年第三季我國行動上網觀測。檢自：  
<http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=207>
- 資策會FIND中心 (2009)。2008 新興寬頻與無線服務應用現況與需求調查—應用服務市場現況分析。檢自：<http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=211>
- 數位典藏與數位學習國家型科技計畫 (2008)。計畫緣起。檢自：  
<http://teldap.tw/Introduction/introduction.php>
- 賴信川 (2005)。運用行動載具輔助空間幾何學習。未出版之，國立臺灣師範大學資訊教育學系在職進修碩士班。
- 蘇怡如、彭心儀、周倩 (2004)。行動學習之定義與要素：教學科技與媒體。

# 附錄

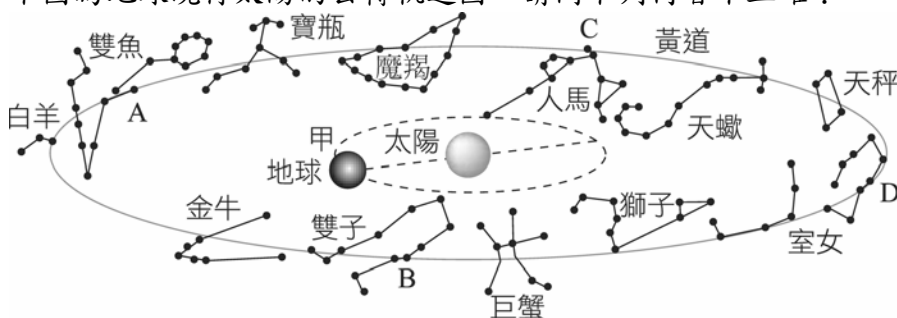
## 附錄一 地球科學科成就前測

班級： 座號： 姓名：

1. 柯南和小蘭到莫斯科 ( $55^{\circ}\text{N}$ )，柯南拿著剛買來的星座盤，躺在公園的草坪上仰望星空，他看到北極星在：  
(A)北方仰角  $23.5^{\circ}$  (B)北方仰角  $55^{\circ}$  (C)頭頂上方 (D)不可能看到北極星。
2. 獵戶座屬： (A)冬 (B)夏 (C)春 (D)秋 季星座。
3. 右圖中，地球於黃道面上自 A 移動到 B，則某人觀測星象時，下列敘述何者有誤？(不考慮北極星) (A)同一恆星每天同一時間位置都不同，這是地球公轉所造成 (B)若 A 到 B 為一天，則  $\angle 1 = \angle 2$ ，約為 1 度 (C)同一恆星每天自東方晚起 4 分鐘 (D)若 A 到 B 為一個月，則  $\angle 1 = \angle 2$ ，約為  $30^{\circ}$ 。



4. 住在臺灣嘉義北緯  $23.5^{\circ}$  的小明，某天夜晚在住家附近進行星象觀測。他看見 X 星與北極星在天空張開角度 (即由上述兩星視線構成的夾角) 屬於下列哪一種情形時，X 星的周日運動永遠都在地平線上進行？  
(A)小於  $23.5^{\circ}$  (B)介於  $23.6^{\circ}$  和  $50^{\circ}$  (C)介於  $51^{\circ}$  和  $89^{\circ}$  (D)等於  $90^{\circ}$ 。
5. 承上題，若小明改天至赤道進行星象觀測，他所見到眾多星星移動軌跡所構成的圓面，都與地平面夾有多少角度？  
(A) $0^{\circ}$  (與水平面平行) (B) $23.5^{\circ}$  (C) $66.5^{\circ}$  (D) $90^{\circ}$  (與水平面垂直)。
6. 假設某天晚上九點，張生看見織女星升上東方地平線，半個月後，織女星大約幾點升上同樣位置？  
(A)晚上七點 (B)晚上八點 (C)晚上十點 (D)晚上十一點。
7. 下圖為地球繞行太陽的公轉軌道圖，請問下列何者不正確？



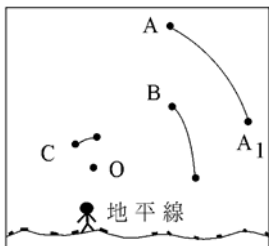
- (A)地球運行到圖中位置(甲)時，由地球看太陽的位置是在室女座、天秤座附近 (B)屬於獅子座的小明，在他生日當天，整晚可以看到獅子座 (C)承(B)選項，小明生日當天，太陽與獅子座約同時從東方升起，同時從西方落下 (D)從地球公轉圖中可以解釋，不同季節的晚上，同時刻所見到的星座並不相同。
8. 在地球上的人們說：「我們所見最亮的恆星非太陽莫屬」，此意謂太陽具有哪一項特色？(A)表面溫度最高 (B)中心溫度最高 (C)絕對星等最高 (D)視星等最高。
9. 下列有關星球的敘述，何者正確？ (A)星等是以星球的體積大小來劃分 (B)同一地點，每日同一時間由地球觀察恆星的位置皆不改變 (C)恆星的顏色和它的表面

- 溫度高低有關 (D)行星相對於恆星位置會隨時間而變化。
10. 星等是天文學描述天體亮度的單位。目前已知滿月約為-12 星等，太陽約為-26 星等，則太陽的亮度大約是滿月的幾倍？  
(A)超過4 百萬倍 (B)1 百萬倍 (C)40 萬倍 (D)25 萬倍。
11. 觀察天空中的恆星可發現各有顏色的差異，如天蠍座的心宿二為紅色，冬季的天狼星看起來是藍白色，而我們的太陽卻呈現黃色，這些不同的顏色表示？ (A)距離由遠至近的排列為黃色、紅色、藍白色 (B)表面溫度由高至低的排列為藍白色、黃色、紅色 (C)恆星的表面積由大至小的排列為紅色、黃色、藍白色 (D)恆星的質量由大至小的排列為黃色、紅色、藍白色。
12. 當+1 等星的距離增為原來的 100 倍時，其星等將變成多少等？(已知亮度是與距離的平方成反比) (A)4 (B)7 (C)9 (D)11。
13. 下表是北斗七星的資料，由表判斷北斗七星中哪一顆恆星最暗？(以編號表示)
- | 編號  | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 視星等 | 1.8 | 2.4 | 2.4 | 3.3 | 1.8 | 2.3 | 1.9 |
14. (甲)織女星 (乙)天狼星 (丙)北極星，三者的亮度比較，由大而小排列為何？(A)甲→乙→丙 (B)丙→乙→甲 (C)乙→甲→丙 (D)乙→丙→甲。
15. 下面哪一個地點所見的北極星仰角最高？  
(A)赤道 (B)北極 (C)北回歸線 (D)南回歸線。
16. 恆星的絕對星等愈大表示其：  
(A)發光強度愈大 (B)發光強度愈小 (C)看起來愈亮 (D)看起來愈暗。
17. 當我們說太陽走到雙魚宮是指： (A)太陽與雙魚座在地球的兩側 (B)太陽與雙魚座在地球的同側 (C)雙魚座在地球與太陽之間 (D)這天最適合觀測雙魚座。
18. 旋轉星座盤的中心點(鉚釘處)為何？  
(A)太陽 (B)天頂 (C)天球北極 (D)北斗七星。
19. 有兩顆星之視星等均歸類為一等星，從此資料可以得到下列哪一項推論？ (A)這兩顆星的體積差不多 (B)這兩顆星的表面溫度差不多 (C)這兩顆星的發光能力差不多 (D)這兩顆星和地球的距離差不多 (E)從地球上看起來，這兩顆星的亮度差不多。
20. 太陽的絕對星等是： (A)0 等星 (B)3 等星 (C)-26 等星 (D)4.8 等星。

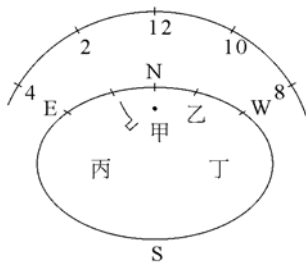
## 附錄二 教材一「星空的變化」後測

班級： 座號： 姓名：

- 3月1日傍晚6時，自東方地平線升起一恆星，則4月1日時，大約會在何時自東方地平線升起？ (A)下午4時 (B)傍晚6時 (C)傍晚8時 (D)傍晚10時。
- 當我們說太陽走到雙魚宮是指： (A)太陽與雙魚座在地球的兩側 (B)太陽與雙魚座在地球的同側 (C)雙魚座在地球與太陽之間 (D)這天最適合觀測雙魚座。
- 某一顆亮星在12月2日下午7時正出現在甲地的中天，則12月3日下午7時，可見此顆恆星出現在甲地的：  
(A)中天 (B)中天偏東 (C)中天偏西 (D)已沒入地平線下。
- 由地球的北半球看星空時，所有的恆星都繞著北極星轉。下列哪一敘述最能解釋這種現象？  
(A)地球繞太陽公轉的軌道是橢圓形 (B)太陽是圍繞北極星的恆星之一  
(C)太陽位於太陽系的中心，並作自轉 (D)地球自轉軸的北端指向北極星附近。
- 恆星每天出現在天空中同一位置的時間，會比前一天： (A)提早50分鐘 (B)延後50分鐘 (C)提早4分鐘 (D)延後4分鐘。
- 由圖中恆星在夜空中行過的角度，可知某人觀察的時間約：



- (A)30分鐘 (B)1小時 (C)3小時 (D)整夜。
- 若你在下午9點見北極星在北方仰角 $23.5^\circ$ ，則次日同一地點，下午9點，北極星應在：  
(A)原位置 (B)比前一天偏西方 (C)比前一天偏東方 (D)比前一天偏北方。
  - 下圖為自製的旋轉星座盤，4小時後，北斗七星的位置會移動到何處？



- (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。
- 旋轉星座盤的中心點（鉚釘處）為何？  
(A)太陽 (B)天頂 (C)天球北極 (D)北斗七星。
  - 下面哪一個地點所見的北極星仰角最高？  
(A)赤道 (B)北極 (C)北回歸線 (D)南回歸線。
  - 臺北地區北極星的位置大概在：  
(A)天頂正上方 (B)北方地平線 (C)北方仰角 $23.5^\circ$  (D)北方仰角 $25^\circ$ 。
  - 臺灣地區所使用的星座盤不適用於赤道地區是因為： (A)沒有任何兩個地區的星

空是相同的，所以星座盤只限在當地使用 (B)因為經度不同，需要考慮時差，換算時間 (C)因為緯度不同，所見到星星的仰角及位置就不同 (D)赤道地區所見到的星空範圍較小，約只有臺灣所見星空範圍的四分之一。

13. 我們在臺中地區看星星，下列哪一項是正確的？ (A)北極星的仰角應該是 45 度 (B)同時刻觀察任一星座每經一個月皆會向東偏移 30 度 (C)星星都是東升西落，且其在天空的軌跡圓會偏向南側天空 (D)我們可以看到金星出現在天頂（頭頂正上方）處。

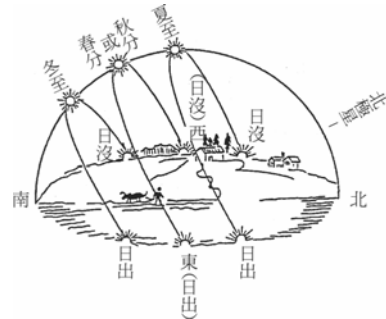
14. 在臺北地區夜晚看恆星移動的軌跡：  
 (A)平行地面 (B)垂直地面  
 (C)與地平面約夾 25 度角 (D)與地平面約夾 65 度角。

15. 在冬季的夜晚，最明顯的一群星是： (A)有參宿四的獵戶座 (B)有織女星的天琴座 (C)有牛郎星的天鷹座 (D)有天津四的天鵝座。

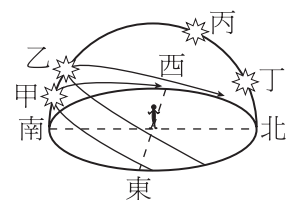
16. 恆星和太陽一樣有東升西落的現象，其原因為何？ (A)地球由東向西公轉 (B)地球由西向東公轉 (C)地球由東向西自轉 (D)地球由西向東自轉。

17. 下圖是某地區在春分、夏至、秋分、冬至四天中，太陽在天空中的移動軌跡圖。試由此圖判斷下列敘述何者正確？

- (A)此地位於北緯 70 度  
 (B)該地所見夏天的落日方位比冬天偏南  
 (C)該地 7 月 1 日清晨的太陽會從東偏北約 20 度升起  
 (D)該地夏至當天正午觀看太陽仰角為 43 度。



18. 右圖為某地點觀看天上恆星升落軌跡示意圖（箭號代表落下方向），試依圖回答下列問題：圖中代表北極星的是？(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。



19. 觀測地點的緯度為何？  
 赤道 (B)北緯 25 度 (C)北緯 75 度 (D)北極。 (A)
20. 造成恆星此種升落現象的原因為何？(A)地球自轉 (B)  
 地球繞太陽公轉 (C)地球自轉且繞太陽公轉 (D)恆星繞北極星公轉。

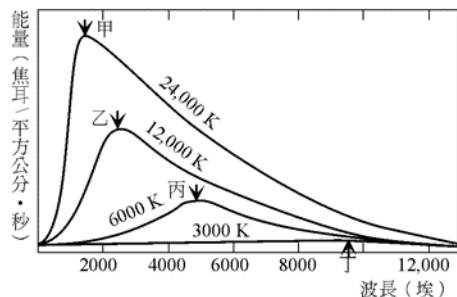
## 附錄三 教材二「星光的秘密」後測

班級： 座號： 姓名：

- 天狼星看起來是藍白色，參宿四有點偏紅，而太陽則是黃色，依此判斷，表面溫度由高而低的順序應該是：  
(A)天狼星、參宿四、太陽 (B)參宿四、太陽、天狼星 (C)天狼星、太陽、參宿四  
(D)太陽、參宿四、天狼星 (E)太陽、天狼星、參宿四。
- 柯南和小蘭到莫斯科(55°N)，柯南看到天上的星星有些是藍色的，有些是紅色的，這是因為：  
(A)星星的化學成分不同 (B)星光在穿過地球大氣層時，被吸收了不同波長的光線 (C)藍色的星球較年老，紅色的星球較年輕 (D)藍色的星球表面溫度高，紅色的星球表面溫度低。
- 人類肉眼所能看到的極限星等是：  
(A)0 等星 (B)-6 等星 (C)6 等星 (D)-3 等星。
- 恆星的絕對星等愈大表示其：  
(A)發光強度愈大 (B)發光強度愈小 (C)看起來愈亮 (D)看起來愈暗。
- 絕對星等是假設把所有的星星都移到距離地球多遠的地方所看到的亮度？  
(A)10 光年 (B)3.26 光年 (C)1 光年 (D)32.6 光年。
- 星球所發出的電磁波總能量稱為光度，而在地球上收到星球的能量稱為亮度。下列敘述何者正確？  
(A)星球的亮度一樣，它們距離地球就一樣遠 (B)星球的亮度一樣，它們的顏色會一樣 (C)星球的亮度一樣，它們的光度就不一樣 (D)星球的亮度不一樣，它們的光度有可能會一樣。
- 有的星星看起來比較亮，有的比較暗，這是因為：  
(甲)觀察角度的不同 (乙)星球距離地球的遠近不同 (丙)星星的發光強度不同 (丁)較亮的是恆星，較暗的是行星  
(A)(甲)(乙)(丙) (B)(乙)(丙) (C)(甲)(乙)(丙)(丁) (D)(乙)(丙)(丁)。
- 一等星的亮度為三等星的幾倍？  
(A) $10^2$  (B) $(1/10)^2$  (C) $(1/2.512)^2$  (D) $(2.512)^2$ 。
- 下表為織女與參宿四兩顆恆星的比較。從織女星與參宿四比較得知，兩者的亮度差異不大，但顯然後者的距離大許多，因此可以推知：

	溫度	距離	視星等
織女	10000	25 光年	0.0
參宿四	3000	500 光年	0.4

- (A)織女星的光度較大 (B)織女星的半徑較大 (C)參宿四的光度較大 (D)參宿四的密度較大。
10. 參考下圖，橘黃色的恆星，在圖中應位於：



- (A)甲乙之間 (B)乙丙之間 (C)丙丁之間 (D)丁以下。



11. 下列根據北斗七星周日運動相片所做的判讀，何者正確？ (A)視星等 1.8 的星星，其亮度較 3.3 的星星暗 (B)所有星星的周日運動，幾乎都以天狼星為中心 (C)紅色星星的表面溫度，較藍色星星的表面溫度低 (D)看起來最接近北極星的星星，實際與北極星的距離也最近。



12. 星球的顏色與下列何者密切相關？ (A)星球的大小 (B)星球的表面溫度 (C)星球的亮度 (D)星球的遠近。
13. 有兩顆星之視星等均歸類為一等星，從此資料可以得到下列哪一項推論？ (A)這兩顆星的體積差不多 (B)這兩顆星的表面溫度差不多 (C)這兩顆星的發光能力差不多 (D)這兩顆星和地球的距離差不多 (E)從地球上看起來，這兩顆星的亮度差不多。
14. 太陽的絕對星等是： (A)0 等星 (B)3 等星 (C)-26 等星 (D)4.8 等星。
15. 影響恆星亮度的因素，主要是： (A)溫度和距離 (B)光度和距離 (C)質量和溫度 (D)質量和光度。
16. 下表是 5 顆恆星的觀測，表面溫度由高到低的排列順序應為：

代號	星名	顏色	視星等
A	心宿二 (天蠍座 $\alpha$ )	紅	1.0
B	天狼星 (大犬座 $\alpha$ )	白	-1.5
C	大角 (牧夫座 $\alpha$ )	橙	0.0
D	五車二 (御夫座 $\alpha$ )	黃	0.2
E	角宿一 (室女座 $\alpha$ )	藍	1.0

- (A)EBDCA (B)EDCBA (C)ACDBE (D)ABCDE。
17. 恆星的視亮度與下列哪一項較沒有直接關係？ (A)恆星的表面積大小 (B)恆星的化學組成 (C)恆星的表面溫度 (D)恆星與地球的距離。
18. 太陽的亮度大約比天狼星大 100 億倍，但是距離則近約 50 萬倍，由此可知何者光度較大？ (A)太陽 (B)天狼星 (C)一樣大 (D)資料不足難以比較。
19. 天狼星的視星等為 -1.5 等，它的伴星視星等為 +8.5 等，兩者亮度之比為： (A)10 : 1 (B)100 : 1 (C)1000 : 1 (D)10000 : 1。
20. 恆星的視星等和下列何者直接相關？ (A)恆星的大小、恆星與地球的距離 (B)恆星的發光能力、恆星的大小 (C)恆星的大小、恆星是否能以肉眼看見 (D)恆星的發光能力、恆星與地球的距離。

## 附錄四 認知負荷評量

### 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	還	難	有	非		
	常	容	算	點	困		
	容	易	容	適	難		
	易		易	中	難		
1. 我認為此教材的內容在學習上：	1	2	3	4	5	6	7

	非	有	無	有	非		
	常	不	法	點	常		
	不	同	判	同	同		
	同	意	斷	意	意		
	意						
2. 我覺得花了很大的心力，才能記得教材的內容：	1	2	3	4	5	6	7

## 附錄五 實驗教材

### 一、資訊量 6 的教材 - 星空的變化





## 二、資訊量 4 的教材 - 星空的變化





### 三、資訊量 2 的教材 - 星空的變化



