

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

同時呈現及順序呈現之動態資訊對受試者記憶及電腦作業 績效與腦波(EEG)影響 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 100-2221-E-029-027-
執行期間：100年08月01日至101年07月31日
執行單位：東海大學工業工程與經營資訊學系

計畫主持人：陳潭

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：洪龍廷

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 101 年 07 月 20 日

中文摘要： 隨著科技的進步，人機介面應用的範圍越來越廣，人們的依賴程度也日益增加，例如：透過螢幕來獲取所要的訊息、藉由螢幕執行作業，顯示螢幕已經成為訊息傳遞的重要溝通媒介。設計良好的資訊呈現方式，能促使人們執行作業時集中注意力，提高作業績效、減少錯誤及縮短作業的時間，但在使用的過程中，普遍存在錯誤記憶的現象。而 DRM 典範 (Deese-Roediger-McDermott paradigm) 是衡量錯誤記憶的方法之一，此一設計能有效的引發出錯誤記憶現象。本研究以資訊呈現方式(同時呈現、順序呈現)及資訊呈現類型(語義關聯文詞、類別關聯文詞)為自變數，探討受試者記憶績效及腦波(EEG)評估。本實驗共有 22 位東海大學工業工程系學生參與實驗。實驗結果透過 SPSS 統計軟體進行變異數分析。研究結果顯示：

(1) 資訊呈現方式，對完成時間達顯著影響，順序呈現在完成時間上優於同時呈現。

(2) 資訊呈現類型，對關鍵詞錯誤次數達顯著影響，類別關聯文詞優於語義關聯文詞。

(3) 腦波反應中，同時呈現時的 θ 波功率和振幅出現較高反應，可得知受試者反應出困難度較高、心智負荷較重的情況。

(4) 腦波反應中，類別關聯文詞的 θ 波和 α 波功率出現較高反應。

中文關鍵詞： 呈現方式、記憶績效、錯誤記憶、DRM 典範、腦波(EEG)

英文摘要： With advances in technology, applications of human machine interfaces have broadened. At the same time, the degree of dependence that people have on these interfaces has gradually increased. For example, people commonly obtain requested messages from displays and perform tasks through displays. This shows that displays have already become an important communication medium for message transmission. Good presentation types designs can effectively compel concentration, increase operation performance, reduce errors, and reduce the time necessary for tasks. However, throughout the usage process, the phenomenon of false memories exists. DRM paradigm was a measure way of false memory. This design can effectively rise to the phenomenon of false memory. Personality was the dynamic combination of psychological, involving cognitive, emotional, thinking, and it was difficult

to direct observation. There were 22 college students in Tunghai University attending to the experiment. The statistics was analyzed as ANOVA by the program SPSS, and the results indicated that:

(1). In the viewpoint of presentation types, single presentation type of finish time better than simultaneously presentation type. The difference between these 2 presentation types reached a significant level.

(2). In the viewpoint of presentation categories, categorically related phrases of critical words error number better than Semantically related phrases. The difference between these 2 presentation categories reached a significant level.

(3). In EEG responses, the strength of θ power and amplitude was greater for simultaneously presentation type.

(4) In EEG responses, the strength of θ and α power was greater for categorically related phrases.

英文關鍵詞： Presentation types, Memory performance, False memory, DRM paradigm, EEG

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

同時呈現及順序呈現之動態資訊對受試者記憶及電腦作業績效與腦波(EEG)影響

計畫編號：NSC 100-2221-E-029-027-

執行期限：100年8月1日至101年7月31日

主持人：陳潭博士 東海大學工業工程與經營資訊學系

Email: chant@ie.thu.edu.tw

中文摘要

隨著科技的進步，人機介面應用的範圍越來越廣，人們的依賴程度也日益增加，例如：透過螢幕來獲取所要的訊息、藉由螢幕執行作業，顯示螢幕已經成為訊息傳遞的重要溝通媒介。設計良好的資訊呈現方式，能促使人們執行作業時集中注意力，提高作業績效、減少錯誤及縮短作業的時間，但在使用的過程中，普遍存在錯誤記憶的現象。而 DRM 典範(Deese-Roediger-McDermott paradigm)是衡量錯誤記憶的方法之一，此一設計能有效的引發出錯誤記憶現象。本研究以資訊呈現方式(同時呈現、順序呈現)及資訊呈現類型(語義關聯文詞、類別關聯文詞)為自變數，探討受試者記憶績效及腦波(EEG)評估。本實驗共有 22 位東海大學工業工程系學生參與實驗。實驗結果透過 SPSS 統計軟體進行變異數分析。研究結果顯示：

- (1) 資訊呈現方式，對完成時間達顯著影響，順序呈現在完成時間上優於同時呈現。
- (2) 資訊呈現類型，對關鍵詞錯誤次數達顯著影響，類別關聯文詞優於語義關聯文詞。
- (3) 腦波反應中，同時呈現時的 θ 波功率和振幅出現較高反應，可得知受試者反應出困難度較高、心智負荷較重的情況。
- (4) 腦波反應中，類別關聯文詞的 θ 波和 α 波功率出現較高反應。

關鍵字：呈現方式、記憶績效、錯誤記憶、DRM 典範、腦波(EEG)

ABSTRACT

With advances in technology, applications of human machine interfaces have broadened. At the same time, the degree of dependence that people have on these interfaces has gradually increased. For example, people commonly obtain requested messages from displays and perform tasks through displays. This shows that displays have already become an important communication medium for message transmission. Good presentation types designs can effectively compel concentration, increase operation performance, reduce errors, and reduce the time necessary for tasks. However, throughout the usage process, the phenomenon of false memories exists. DRM paradigm was a measure way of false memory. This design can effectively rise to the phenomenon of false memory. Personality was the dynamic combination of psychological, involving cognitive, emotional, thinking, and it was difficult to direct observation. There were 22 college students in Tunghai University attending to the experiment. The statistics was analyzed as ANOVA by the program SPSS, and the results indicated that:

- (1).In the viewpoint of presentation types, single presentation type of finish time better than simultaneously presentation type. The difference between these 2 presentation types reached a significant level.
- (2).In the viewpoint of presentation categories, categorically related phrases of critical words error number better than Semantically related phrases. The difference between these 2 presentation categories reached a significant level.
- (3).In EEG responses, the strength of θ power and amplitude was greater for simultaneously presentation type.
- (4) In EEG responses, the strength of θ and α power was greater for categorically related phrases.

Keywords: Presentation types, Memory performance, False memory, DRM paradigm, EEG

1. 緒論

科技的進步，人機介面應用的範圍越來越廣，人們的依賴程度也日益增加；正因為人類經由螢幕閱讀、擷取資訊的機會及程度越來越高，因此螢幕呈現的設計便益形重要。唯有良好的資訊呈現方式(Presentation type)，才能有效促使人們執行作業時能集中注意力，提高作業績效、減少錯誤及縮短作業的時間。人類感官知覺、心理情緒、認知、學習、記憶、反應、以及處理資訊的模式、個別背景之差異等，每一項都和人機介面有密切的關係，直接或間接地影響人機介面的效能。因此，不同性格的操作人員其工作績效會受到影響。

目前許多行業因其工作性質除了須使用螢幕進行作業流程，在使用的過程中，普遍存在錯誤記憶的現象，是指將未經歷的事件錯誤地判斷為經歷過，比如將親自經歷的和想像的內容混淆，或將聽說的事件當作看到的。DRM 典範(Deese-Roediger-McDermott paradigm)是衡量錯誤記憶的方法之一，此一設計能有效的引發出錯誤記憶現象，這十幾年來廣為研究者關注及應用。因此探討資訊呈現方式、資訊呈現類型與人格特質在腦波中的反應，藉由受試者在記憶過程中，分析腦波是否因為資訊呈現方式或資訊呈現類型而有所差別。透過實驗數據分析結果，了解其差異，並比較文獻以茲作參考。

本研究在探討資訊呈現方式、資訊呈現類型對記憶績效之影響，並透過生理性的指標 EEG 的量測做為客觀的評估指標。

1.1 順序/同時呈現方式

一個良好的電腦螢幕的資訊呈現方式(Presentation type)，可以有效促使人們記憶時能集中注意力，提高記憶績效、減少錯誤及縮短記憶的時間。項目呈現的方式以一次一個依照某種速度呈現，這種呈現方式稱為順序呈現或單一呈現；項目亦可同時呈現給學習者，這種方式稱為同時呈現。在順序呈現時，詞表的項目依序呈現在螢幕上，相對於同時呈現，受試者較難察覺項目之間的關聯性；同時呈現時，受試者易發覺詞表項目間的關聯性(水仁德、王霞，2006)。一般認為，順序呈現的項目回憶比同時呈現來的好，主要是由於複誦所造成的。另外同時呈現會促進項目間相關的處理(relational process)，而順序呈現會促進項目特定的處理(item specific process)(Basden & Basden, 1996)。

1.2 DRM 典範

DRM典範(Deese-Roediger-McDermott paradigm)是運用一系列高度相關的詞，引發對特定項目產生錯誤記憶。記憶項目與關鍵詞的關連性可以分為：語義(semantic)關聯和類別(category)關聯。陳明坊(2004)以列表法指示遺忘和DRM典範，探討遺忘對錯誤記憶的影響，研究顯示列表法指示遺忘會增加語義關聯詞的錯誤記憶，但不會影響類別關聯詞的錯誤記憶。水仁德、王霞(2006)採用DRM詞表學習法中的語義關聯詞表，探討學習

項目和關鍵詞的關聯性對錯誤記憶的影響，實驗控制詞表項目與關鍵詞的關聯性強與弱，搭配詞表項目是順序呈現與同時呈現的方式，結果顯示關聯性強時同時呈現的錯誤記憶高於順序呈現。周楚(2007)的研究採用DRM典範，發現受試者對關鍵詞的錯誤再認受到學習階段詞表項目的呈現方式影響，順序呈現的錯誤再認明顯低於同時呈現時。

綜合以上文獻，因此本研究透過實驗方式探討受試者以不同呈現方式記憶詞表對記憶產生的影響，以了解不同資訊呈現方式會增加或降低錯誤記憶的產生。

1.3 腦波

腦的活動、神經元的訊息傳遞會產生電流，以電極連結頭皮，我們可以測量到這些神經訊息傳遞所產生的後突觸電位(post synaptic potential)，以及大腦各部位活動之電位變化情形，可用神經電生理的方法偵測而得到腦波。而腦電圖(electroencephalogram, EEG)是記錄腦波的圖譜。為了使電極能均勻分佈在頭皮上，本研究運用國際 10-20 系統(international 10-20 system)最常用的黏貼法。

大腦皮質包括百分之八十的人類大腦(Kolb and Whishaw, 1990)，隨著皮質面積的增加，大腦功能的複雜度也會增加。人類的大腦皮質使得人們可以思考、計畫、協調想法和行動、知覺、視覺和聲音型態、使用語言等是大部分人類認知的基礎。因此大腦是身體中最直接控制人們思考、情緒及動機的器官。

大腦半球皮質被分為四個腦葉(lobes)。每個腦葉都有它特定的功能，這些腦葉並非是完全區隔的單位，彼此間會有交互作用。分別是：額葉、頂葉、顳葉及枕葉。大致而言，額葉區位於靠近頭的前面佔腦皮質面積 41%，在判斷、問題解決、高層次思考處理、抽象推理、人格與運動(運動皮質)中所扮演的角色；頂葉區位於額葉初級運動皮質的正後方佔 21%，負責體表感覺的處理、語言、表達和情緒；顳葉區位於頂葉的下方佔 21%，從事複雜聽覺訊息的分析、整合視覺訊息及記憶；枕葉區位於頂葉的正後方佔 17%，從事視覺的處理。大部份的皮質，特別是額葉及頂葉未確劃分，稱為聯絡區，與學習、記憶等相關。

在處理可分析腦波手法上，將腦電圖信號透過快速傅立葉轉換(FFT)轉至頻譜上功率分佈情況。腦電圖的波形很不規則，其頻率變化範圍每秒約在 1-30 次之間，正常的腦波根據其頻率範圍可分為四類： δ 、 θ 、 α 、 β 為基本波段，依此分類兩種不同頻率之腦波也具有不同的意義與特性。該頻率波段的頻率範圍及相關詳述如下：

- (1). δ 波(4 赫茲以下)：腦波中波形較為稀疏，出現在深度睡眠、嬰兒、直覺性與第六感來源。
- (2). θ 波(4~8 赫茲)：存在記憶、知覺和情緒，會影響態度、行為能力，也是創造力與靈感的來源。與腦部邊緣系統有非常直接的關係，對於觸發深層記憶、強化長期記憶(LTP)幫助極大。
- (3). α 波(8~12 赫茲)：人的意識清醒，但身體卻是放鬆的。在這種狀態下，身心能量耗費最少，腦部所獲得的能量卻較高，注意力集中，運作就會更加快速、順暢；靈感及直覺敏銳，腦的活動活潑。 α 波為學習與思考的最佳腦波狀態。
4. β 波(12 赫茲以上)：人清醒時大部份腦波狀態。隨 β 波的增加，身體逐漸呈緊張狀態，準備隨時因應外在環境作反應。大部分出現於強烈活動、緊張狀態、壓力很大、心理不適、焦慮、憂慮、不自在。

1.4 腦波相關研究

Talsma et al.(2001)在記憶歷程研究中提出記憶是發生在後大腦對側後腦部位，即當刺激出現在右方，受測者確認目標後進行記憶活動，腦波的活動會發生在大腦後側左半部。當受試者受到的視覺刺激越大時，大腦枕葉 θ 波所呈現的平均功率則上升(顏世杰，2008)。

Hockey et al.(1989)研究發現，電腦作業需要較高的活性記憶需求(working memory)，因為使用者需要發展一個系統化的心智模式，來處理一個不熟悉的認知域(unfamiliar cognitive domain)，個人必須學習新的概念或接觸新的專門技術。Gevins et al.(1997)研究中提出訊號產生是在大腦皮質的前額葉扣帶，大腦前部是注意力網路的重要區域，對於從事複雜認知的表現是很重要的。Gevins et al.(1998)研究中透過 EEG 量測在電腦作業上活性記憶的負荷量，透過電腦螢幕量測空間與語文活性記憶負荷，實驗結果發現隨著作業困難度增加，額部 θ 波活動強度增加。謝侑成(2008)研究發現，受試者記憶個數愈多， θ 波功率強度愈強。陳潭等人(2009)以不同難易程度的試題讓受試者接受心算測試，實驗結果發現隨著難度增加， θ 波功率強度增加。這些研究結果都可以證明腦波 θ 波與作業困難度、心智負荷程度有著極大的關係。

Ray(1990)認為(8-12Hz)是人腦活動最基本的節律， α 波節律也是人腦與外界保持最佳平衡的節律， α 波代表的是注意、清醒、穩定時的狀態。Gevins et al.(1997)發現於空間工作時，在右半球的枕頂區會出現較高的 α 波；並且在視覺空間處理過程時，工作間差異會在右半球後方反應出來(Smith et al., 1999)。Kimura(1977)指出，頂葉與空間定位關係，主要在右頂葉後部與空間定位、地形方向辨認、認路、空間位置的記憶有關。Gevins et al.(2000)發現具語文認知風格的受試者，在工作執行時，會傾向較多量的使用左頂葉區；而具非語文認知風格的受試者，會傾向較多量的使用右頂葉區。

研究指出，額葉區 θ 波活動隨著工作記憶作業難度增加而活躍外(Gevins et al., 1997; Klimesch et al., 2001; Onton et al., 2005)，頂葉中央區低頻 α 波隨著工作難度則呈負相關(Gevins et al., 1997)。Fuller(1977)發現頂枕葉的 α 波衰減與注意力不足相關。Spencer & Polich (1999)發現隨著不同專注力需求的任務加強， α_1 和 α_2 的平均功率也會提高。Klimesch (1999) 發現比較高的記憶任務得分反映在較高的 α 波功率上。他認為較高的記憶任務得分是因為實驗參與者能夠快速的從記憶和資料中回溯訊息，而較高 α 波功率似乎代表著實驗參與者具有優秀的訊息處理能力與反應時間。 α_1 和 α_2 反應在專注力的投注程度，隨著專注力需求程度越高功率也相對的提高(吳建霆，2005)。Hatfield et al.(1984)以腦波探討扣板機前的專注力狀態研究發現，在扣板機前的準備時間裡，在左腦顳葉與枕葉區域的 α 波活動有顯著增加的趨勢，而右腦呈現穩定狀態。這些研究結果都可以證明腦波 α 波與專注力有著極大的關係。

2. 研究方法

根據文獻探討中可知，資訊呈現方式與資訊呈現類型均可能影響操作績效與腦波反應的不同。

- (1) 探討不同資訊呈現類型對受試者記憶績效的差異。
- (2) 探討不同資訊呈現方式對受試者記憶績效的差異。
- (3) 探討不同資訊呈現類型對腦波變化之影響。
- (4) 探討不同資訊呈現方式對腦波變化之影響。

2.1 受試者

本實驗共有 22 名受試者，其中 13 名為男生、9 名為女生，為東海大學工業工程與經營資訊學系的學生，年齡約 19-23 歲之間。每位受試者健康狀態良好，皆無手部傷害、色盲或其他眼疾，其裸視與矯正後視力在 0.8 以上。

2.2 實驗設計

1. 自變數

(1) 資訊呈現類型

本實驗資訊呈現類型有二，一是語義關聯文詞，意指名詞之間的聯想性，聽到某個名詞會使人想到另一個名詞，例如：寬頻、病毒、連線等，都很容易就會聯想到關鍵

詞「網路」。二是類別關聯文詞，指的是相同類別的詞，例如水果類的西瓜、芭樂、木瓜、柳丁等。

(2) 資訊呈現方式

本實驗資訊呈現方式有二，一是順序呈現，指的是十組文詞以固定的速度呈現給受試者。二是同時呈現，指的是在固定的時間內一次呈現一個列表內含十組文詞。

2. 因變數

(1) 完成時間

受試者進行一次搜尋實驗所需作業時間。由 Microsoft Visual Basic 程式所撰程式內之碼表自行記錄（單位：秒）。

(2) 關鍵詞錯誤次數

受試者進行一次實驗中，點選關鍵詞的錯誤次數，指的是測驗階段中 20 個文詞包含 3 個關鍵詞，點選到關鍵詞的次數。由 Microsoft Visual Basic 程式所撰程式內建碼表自行記錄（單位：次）。

(3) 非關鍵詞錯誤次數

受試者進行一次實驗中，點選非關鍵詞的錯誤次數，指的是測驗階段中，點選到關鍵詞以外與未出現過之文詞的錯誤次數。由 Microsoft Visual Basic 程式所撰程式內建碼表自行記錄（單位：次）。

(4) 腦波活動

實驗過程利用腦電圖儀記錄腦波變化，為 FP1、FP2、F3、F4、Fz、Cz、P3、P4、Pz、O1、O2 共十一個電極位置。

2.3 實驗設備

1. Acer Travel Mate C100 (Pentium® III 900)

2. 腦波量測儀 Neuro-Scan 4.3.1，硬體為美製 NeuroScan Synamps，軟體為同一公司之 Scan4.3.1。電極位置採用國際 10-20 系統之標準。

3. 腦波使用工具（電極線、電極帽、磨砂膏、導電膠、針筒、平頭針、頭圍尺、透氣膠帶等物品）。

4. Microsoft Visual Basic 程式

2.4 實驗程序

1. 佈置實驗環境

依照實驗需求進行實驗環境的佈置，模擬一般電腦工作環境，VDT 工作站設計準則參考 AT&T Bell 實驗室(1983)所建議之設計準則。

2. 實驗前準備

為了減少實驗誤差，在實驗進行前，對受試者說明實驗流程並填寫相關基本資料、量測頭圍、黏貼電極、校正電極阻值、閱讀實驗指導語、實驗前測試、進行搜尋實驗等七項程序。實驗前準備(量測頭圍、黏貼電極、校正電極阻值、蒐集基準波等)的程序由兩位施測人員協助該受試者執行。並告知受試者腦波是極微小的電波，易受外部因素的影響，所以受試者在測試時，盡量減少眨眼次數和身體動作的移動，以影響實驗結果。

(1) 量測頭圍

利用皮尺量測受試者頭圍尺寸，記錄受試者頭圍尺寸。

(2) 黏貼電極

測量電極位置塗抹磨砂膏以去除角質層，量測受試者鼻根至枕骨的距離，其數據×10%可作為黏貼電極之中心點，並且黏貼 FP1、FP2、F3、F4、Fz、Cz、P3、P4、Pz、O1、O2 等電極。

(3)校正電極阻值

將每個電極的阻抗維持在 10kΩ 以下，以減少外在因素干擾腦波數據。

3.實驗前測試

受試者於正式實驗前，先行測試一次，藉以瞭解整個實驗步驟。為了避免實驗中產生學習效果，依隨機方式讓受試者進行不同記憶實驗，並依施測人員及電腦程式說明的引導下，進行測試。以防實驗執行不當所產生的誤差。

4.進行記憶尋實驗

實驗開始前，施測人員會請受試者先張開雙眼放鬆心情休息 1 分鐘，待受試者腦波頻率較穩定後開始實驗，當施測人員告知受試者「實驗開始」時，即可開始操作。測驗開始螢幕會出現該記憶的畫面，分為 2 種呈現方式：1. 順序呈現：語義關聯文詞或類別關聯文詞 (圖 1)每秒只呈現 1 張，共連續播放 10 張；2.同時呈現：語義關聯文詞或類別關聯文詞 (圖 2)，20 秒只呈現 1 張；播放完畢後，開始點選正確答案，從 20 張測驗畫面中做選擇，若曾經出現過該記憶 10 張畫面的其中一張，按 YES，未現過的按 NO，直到 20 張點選完畢(圖 3)。

		
圖 1. 順序呈現×語義關聯文詞的記憶階段程式畫面	圖 2. 同時呈現×語義關聯文詞的記憶階段程式畫面	圖 3 測驗階段程式畫面

5.實驗後記錄

實驗完成後，畫面自動顯示受試者完成時間、關鍵詞錯誤次數與非關鍵詞錯誤次數，並且同時擷取及儲存該實驗的腦波。施測人員負責記錄受試者實驗數據，才算整個實驗完成。

3. 實驗結果

研究所量測因變項為作業績效及腦波(EEG)反應變化。其中作業績效利用「完成時間」、「關鍵詞錯誤次數」與「非關鍵詞錯誤次數」量測之；腦波變化(θ波、α波)的情形。本實驗所得之資料刪除異常值後，利用一般線性模式(General Linear Model, GLM)中的重覆量數定義因子(Repeated measures Define Factor)，進行 2×2 (資訊呈現類型×資訊呈現方式)相依樣本二因子變異數分析(Correlated samples two - way ANOVA)(吳明隆、涂金堂，2005)，採顯著水準 $\alpha=0.05$ 。

3.1 完成時間

本實驗將完成時間列為作業績效的衡量指標，為了檢示分析完成時間的快慢是否受資訊呈現類型及資訊呈現方式這兩個自變數之影響，並瞭解各變數之間相影響的關係性。變異數分析列示於表 1。

資訊呈現類型的完成時間以語義關聯文詞(19.8)較類別關聯文詞(20)短；經由變異數分析結果顯示資訊呈現類型對完成時間無顯著的影響($F(1, 21)=0.14; P>0.05$)。資訊呈現方式的完成時間以順序呈現(19.34)較同時呈現(20.45)短；經由變異數分析結果顯示資訊呈現方式對完成時間有顯著的影響 ($F(1, 21)=4.53; P<0.05$)。

表 1 完成時間之變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
受試者間：					
受試者間誤差	162.83	21	7.75		
受試者內：					
資訊呈現類型(A)	0.92	1	0.92	0.14	0.71
誤差(A)	133.83	21	6.37		
資訊呈現方式(B)	27.28	1	27.28	4.53*	< 0.05
誤差(B)	126.47	21	6.02		
(A)*(B)	0.56	1	0.56	0.13	0.72
誤差(A)*(B)	88.19	21	4.20		
總和	511.32	87			

*P < 0.05

3.2 關鍵詞錯誤次數之分析

關鍵詞錯誤次數是作業績效的衡量指標之一，能了解錯誤記憶產生的原因。除了講求作業速度外，還要探討作業品質，了解何種呈現類型及呈現方式比較容易產生錯誤記憶，因此關鍵詞錯誤次數越少表示越不會產生錯誤記憶、作業績效越好。變異數分析列示於表 2。

表 2 關鍵詞錯誤次數之變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
受試者間：					
受試者間誤差	26.27	21	1.25		
受試者內：					
資訊呈現類型(A)	6.55	1	6.55	18.44***	< 0.001
誤差(A)	7.45	21	0.35		
資訊呈現方式(B)	0.73	1	0.73	1.85	0.19
誤差(B)	8.27	21	0.39		
(A)*(B)	0.18	1	0.18	0.32	0.58
誤差(A)*(B)	11.82	21	0.56		
總和	53.81	87			

***P < 0.001

資訊呈現類型的關鍵詞錯誤次數以類別關聯文詞(0.32)較語義關聯文詞(0.86)少；經由變異數分析結果顯示資訊呈現類型對關鍵詞錯誤次數有顯著的影響($F(1, 21)=18.44$; $P<0.001$)，顯示語義關聯詞會讓受試者產生較多的錯誤記憶。資訊呈現方式的關鍵詞錯誤次數以同時呈現(0.5)較順序呈現(0.68)少；經由變異數分析結果顯示資訊呈現方式對關鍵詞錯誤次數無顯著的影響 ($F(1, 21)=1.85$; $P>0.05$)，顯示順序呈現時會讓受試者產生較多的錯誤記憶，此與水仁德、王霞(2006)與周楚(2007)的研究結論不同。

3.3 非關鍵詞錯誤次數之分析

非關鍵詞錯誤次數也是作業績效的衡量指標之一，能了解錯誤記憶產生的原因。除了講求作業速度外，還要探討作業品質，了解何種呈現類型及呈現方式比較容易產生錯誤記憶，因此非關鍵詞錯誤次數越少表示作業績效越好。變異數分析列示於表 3。

資訊呈現類型的非關鍵詞錯誤次數以語義關聯文詞(0.3)較類別關聯文詞(0.41)少；經由變異數分析結果顯示資訊呈現類型對非關鍵詞錯誤次數無顯著的影響($F(1, 21)=0.75$; $P>0.05$)，顯示語義關聯詞會讓受試者產生較多的關鍵次錯誤次數，但非關鍵詞的錯誤次數卻較少。資訊呈現方式的非關鍵詞錯誤次數以順序呈現(0.32)較同時呈現(0.39)少；經由變異數分析結果顯示資訊呈現方式對非關鍵詞錯誤次數無顯著的影響 ($F(1, 21)=0.30$; $P>0.05$)，顯示順序呈現方式會讓受試者產生較多的關鍵次錯誤次數，但

非關鍵詞的錯誤次數卻較少。

表 3 非關鍵詞錯誤次數之變異數分析表

變異來源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值
受試者間：					
受試者間誤差	9.33	21	0.44		
受試者內：					
資訊呈現類型(A)	0.28	1	0.28	0.75	0.40
誤差(A)	7.97	21	0.38		
資訊呈現方式(B)	0.10	1	0.10	0.30	0.59
誤差(B)	7.15	21	0.34		
(A)*(B)	0.56	1	0.56	1.75	0.20
誤差(A)*(B)	6.69	21	0.32		
總和	31.14	87			

3.4 腦波活動(EEG)之分析

在腦波分析中， θ 波(4~8 赫茲)代表存在記憶、知覺和情緒，會影響態度、行為能力，也是創造力與靈感的來源。 α 波(8~14 赫茲)則代表人的意識清醒，但身體卻是放鬆的。在這種狀態下，身心能量耗費最少，腦部所獲得的能量卻較高，注意力集中，運作就會更加快速、順暢；靈感及直覺敏銳，腦的活動活潑。 α 波為學習與思考的最佳腦波狀態。

因此針對各電極位置之 θ 波與 α 波等兩種腦波進行功率強度與振幅分析及比較，討論受試者在不同資訊呈現類型和資訊呈現方式下，兩種腦波的電極變化情形加以分析。

3.4.1 功率強度分析

1. 各電極位置之 θ 波功率強度分析

θ 波為(4~8 赫茲)頻率腦波，根據腦波相關研究顯示 θ 波會隨著作業困難度、心智負荷程度增加而強度有增加的情況。以下針對各電極位置之 θ 波進行功率強度分析及比較，討論受試者在不同資訊呈現方式下，記憶兩種資訊呈現類型的績效與電極變化情形。

(1) 資訊呈現類型之 θ 波功率強度

不同資訊呈現類型下各電極的 θ 波功率強度之平均值，如圖 4 所示，有明顯趨勢現象，強度排序：類別關聯文詞 > 語義關聯文詞。

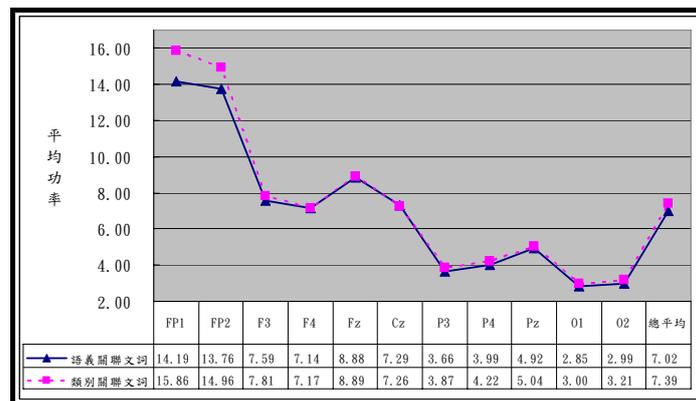


圖 4 資訊呈現類型之 θ 波功率強度(μV^2)

受試者對類別關聯詞的 θ 波功率強度在FP1、FP2、F3、F4、Fz、P3、P4、Pz、O1、O2都大於語義關聯文詞；根據Gevins et al. (1998)發現隨著作業困難度增加，額部 θ 波活動強度增加；顯示受試者記憶類別關聯詞時反應出困難度較高、心智負荷較重的情況。

根據Smith et al.(2002)的看法，類別關聯詞產生錯誤記憶的歷程，是發生在記憶提取階段，自由回憶記憶項目時，受類別知識的影響而錯誤回憶出關鍵詞；而個人的類別架構知識由先前的經驗學習而來。本研究發現受試者在記憶與提取類別關聯詞時， θ 波功率強度都大於語義關聯文詞。

(2) 資訊呈現方式之 θ 波功率強度

不同資訊呈現方式下各電極的 θ 波功率強度之平均值，如圖 5 所示，有明顯趨勢，強度排序：同時呈現 > 順序呈現，在 O1($F(1, 20)=7.15; P<0.05$)、O2($F(1, 20)=8.02; P<0.05$) 達到顯著水準。

受試者對同時呈現的 θ 波功率強度在 FP1、FP2、F3、F4、Fz、P3、P4、Pz、O1、O2 都大於順序呈現；根據 Gevins et al. (1998) 發現隨著作業困難度增加，額部 θ 波活動強度增加；顯示同時呈現讓受試者反應出困難度較高、心智負荷較重的情況，且在枕葉區(O1、O2)達到顯著水準，此區主要從事視覺的處理。此與柯亞先(2005)研究結論相符，在同時呈現時，圖像擁塞的排列會使螢幕顯得雜亂，產生干擾的效應，困難度會比順序呈現時高。

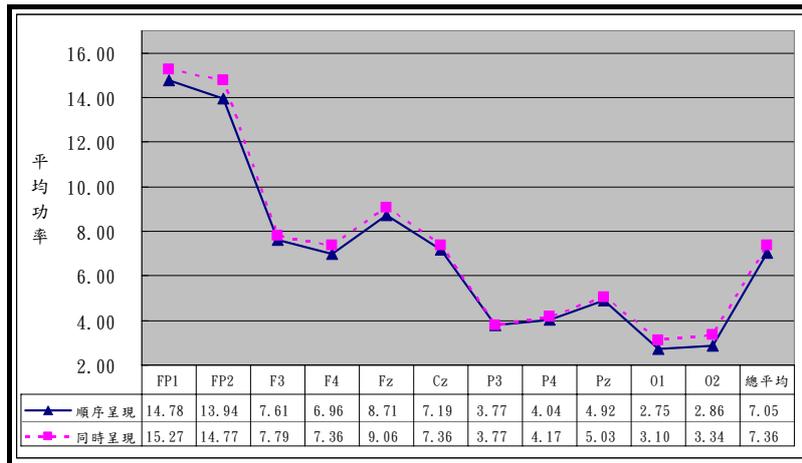


圖 5 資訊呈現方式之 θ 波功率強度(μV^2)

2. 各電極位置之 α 波功率強度分析

α 波為(8~14 赫茲)頻率腦波，根據腦波相關研究顯示 α 波隨著知覺刺激輸入或心智活動會使 α 波上升，反之，當腦部某區域不活動時， α 波便會出現並降低的趨勢。以下針對各電極位置之 α 波進行功率強度分析及比較，討論受試者在不同資訊呈現方式下，記憶兩種資訊呈現類型的績效與電極變化情形。

(1) 資訊呈現類型之 α 波功率強度

不同資訊呈現類型下各電極的 α 波功率強度之平均值，如圖 6 所示，有明顯趨勢，強度排序：類別關聯文詞 > 語義關聯文詞。

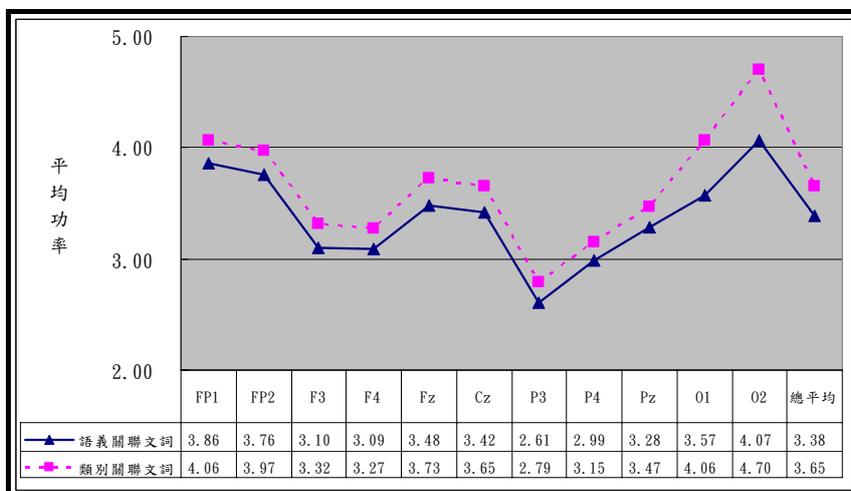


圖 6 資訊呈現類型之 α 波功率強度(μV^2)

受試者在記憶類別關聯文詞時，腦部各部位都較記憶語義關聯文詞處於激發狀態，由於個人的類別架構知識由先前的經驗學習而來，顯示受試者對類別關聯詞較感興趣，因此腦部呈現較為專注的情況。

(2) 資訊呈現方式之 α 波功率強度

不同資訊呈現方式下各電極的 α 波功率強度之平均值，如圖 7 所示，有明顯趨勢，強度排序：順序呈現 > 同時呈現，在 FZ(F(1,21)=4.65; P<0.05)、CZ(F(1,21)=9.31; P<0.05) 達到顯著水準。

由於順序呈現的方式，是一次一個的依照某種速度呈現。一般認為，順序呈現的項目回憶比同時呈現來的好，主要是由於複誦所造成的；且從腦波證實順序呈現時，腦部呈現較為專注的情況。

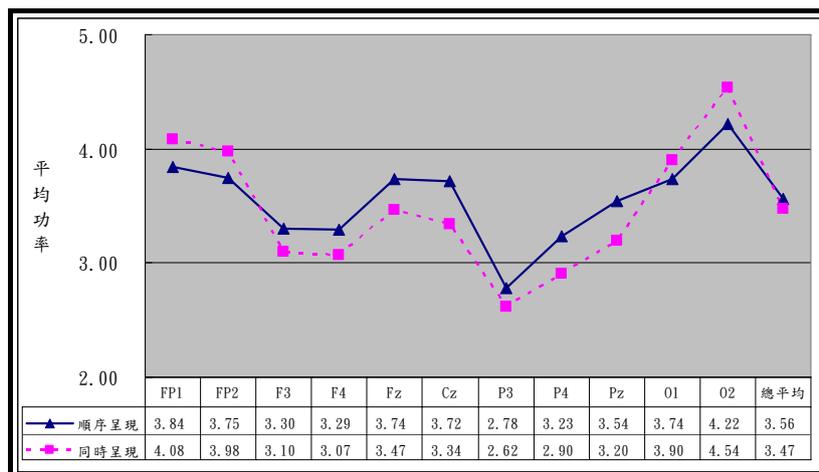


圖 7 資訊呈現方式之 α 波功率強度(μV^2)

4. 結論與建議

4.1 資訊呈現類型

資訊呈現類型對關鍵詞錯誤次數有顯著差異，而對完成時間、非關鍵詞錯誤次數無顯著差異。因此，透過關鍵詞錯誤次數的發生來判斷，語義關聯文詞(0.86 次)較類別關聯文詞(0.32 次)易產生錯誤記憶。

Smith et al.(2002)的研究顯示了語義關聯詞與類別關聯詞的差異，認為語義關聯詞和類別關聯詞引發錯誤記憶的歷程是不同的。語義關聯詞是在學習名詞的時候，也就是記憶項目的登錄階段，就會引發關鍵詞的聯想，所以之後的自由回憶才會出現錯誤記憶。而類別關聯詞則是在回憶名詞的時候，也就是記憶提取的階段，因為回憶的項目都是同一類別，受個人的類別知識影響，才會錯誤回憶出關鍵詞。但Dewhurst(2001)認為類別關鍵詞在登錄階段就會從記憶項目直接聯想到關鍵詞，或者先產生類別名稱訊息，再聯想到類別中典型的詞。

本研究發現，若類別關鍵詞在訊息登錄階段就會引發錯誤記憶，則兩組彼此間的結果應無顯著差異，但結果並非如此。因為每個人具有不同的學習經驗，會建構出屬於自己獨特的類別知識架構，類別中最具輸出優勢的詞不會是相同的。因此對不同的人而言，類別關鍵詞應該是不同的。

腦波活動上，本研究發現不同資訊呈現類型下 θ 波及 α 波在功率強度有相同的趨勢。

在各電極的 θ 波功率強度，是類別關聯文詞大於語義關聯文詞的趨勢。顯示受試者對於類別關聯文詞反應出困難度較高、心智負荷較重的情況，且從 θ 波的活動與完成時間對照後發現，由於類別關聯文詞困難度較高，導致完成時間較長。

而在各電極的 α 波功率強度，也是類別關聯文詞大於語義關聯文詞的趨勢。顯示受試者在記憶類別關聯文詞時，腦部各部位都較記憶語義關聯文詞處於激發狀態，代表較

為專注，且從 α 波的活動與錯誤次數對照後發現，由於受試者對類別關聯文詞較為專注，關鍵詞錯誤次數較少，代表不易出現錯誤記憶。

根據 Smith et al.(2002)的研究顯示，類別關聯詞是在回憶名詞的時候，也就是記憶提取的階段，因為回憶的項目都是同一類別，受個人的類別知識影響，才會錯誤回憶出關鍵詞。

因此，本研究認為類別關聯文詞受個人的類別架構知識的影響，而類別架構知識是由先前的經驗學習而來，造成受試者對於類別關聯文詞反應出困難度較高、心智負荷較重的情況，但對類別關聯文詞卻較有興趣，呈現較為專注的情況。

4.2 資訊呈現方式

順序呈現的關鍵詞錯誤次數(0.68)較同時呈現(0.50)多，但順序呈現的非關鍵詞錯誤次數(0.32)較同時呈現(0.39)少，雖然都未達無顯著差異，但順序呈現易使受試者產生錯誤記憶，此與水仁德、王霞(2006)與周楚(2007)發現同時呈現的錯誤記憶高於順序呈現的研究結論不同。

本研究認為同時呈現時，會促進項目間相關的處理(Basden & Basden, 1996)，受試者易發覺詞表項目間的關聯性；因此，在回憶時不易誤認關鍵詞；而順序呈現時，詞表的項目依序呈現在螢幕上，受試者較難察覺項目之間的關聯性，且在回憶時，由於複誦的關係，造成受試者易受關鍵詞誤導，造成關鍵詞錯誤次數較多，但非關鍵詞錯誤次數較少。

受試者在同時呈現時的 θ 波功率強度大於順序呈現。根據研究指出，額葉區 θ 波活動隨著工作記憶作業難度增加而活躍(Gevins et al., 1997; Klimesch et al., 2001; Onton et al., 2005)，另外，頂葉中央區低頻 α 波隨著工作難度則呈負相關(Gevins et al., 1997)。而本研究發現同時呈現的 θ 波功率強度在額極(FP1、FP2)、額葉(F3、F4)大於順序呈現； α 波功率強度在頂葉(P3、P4)、頂中央(P)低於順序呈現。顯示同時呈現讓受試者反應出困難度最高、心智負荷最重的情況。

柯亞先(2005)研究結果顯示：「單一呈現」的個人主觀偏好評分均值顯著高於「同時呈現」的評分均值。推論是「同時呈現」時，圖像擁塞的排列會使螢幕顯得雜亂，產生干擾的效應，因而導致較低的評分。本研究以腦波數據驗證，與柯亞先(2005)研究結果相符，同時呈現時，困難度會比順序呈現時高。

以上之研究結果，期望提供網頁設計者或人機介面溝通相關設計者，作為參考之用。

5. 參考文獻

1. 水仁德、王霞，2006。聯繫可覺察度對錯誤記憶的影響，應用心理學，第十二卷第一期，17-22。
2. 吳明隆、涂金堂，2005，SPSS 與統計應用分析，台北：五南。
3. 吳建霆，2005。反應時間快慢與腦波功率、連貫性關係之研究，台北市立體育學院運動科學研究所碩士論文。
4. 周楚，2007。強大的錯誤記憶效應：詞表呈現時間與呈現方式的影響，心理科學，第三十卷第一期。
5. 柯亞先，2005。螢幕特性與個別差異對 VDT 圖像設計之偏好與腦波(EEG)的影響，國立台灣科技大學工業管理系博士論文。
6. 張明島、陳時興，1991。腦誘發電位論文集，上海：新華。
7. 陳明坊，2004。列表法指示遺忘對錯誤記憶的影響，國立中正大學心理研究所碩士論文。
8. 陳潭、徐欣怡、顏世杰，2009。心算複雜度在腦波(EEG)所呈現的反應與評估，人因工程年會暨研討會論文集，33。

9. 鄭辰白譯，1986。Blakeslee, T. R. 原著，右腦革命，台北：業強。
10. 謝侑成，2008。動態資訊呈現方式與記憶複雜度對電腦作業績效與腦波(EEG)的影響，東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
11. 顏世杰，2008。記憶、概念與心算複雜度在腦波(EEG)所呈現的反應與評估，東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
12. Basden, B. H., & Basden, D. R. 1996. Directed forgetting: A further comparison of the list and item methods. *Memory*, 4: 633-653.
13. Berger, H. 1969, Hans Berger on the electroencephalogram of man (P. Gloor, Trans), *Electroencephalograph and Clinical Neuropsychology* (Suppl. 28). (Original work published 1929).
14. Deese, J. 1959. On the prediction of occurrence of particular verbal instructions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, 58: 17-22.
15. Fuller, F. W. 1977. Computer estimated alpha attenuation during problem solving in children with learning disabilities. *EEG and Clinical Neurophysiology*, 4(2):149-156.
16. Gevins, A. 1993. High-resolution EEG. *Brain Topography*, 5(4):321-325.
17. Gevins, A., & Smith, M.E. 2000. Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style. *Cerebral Cortex*, 10:829-839.
18. Gevins, A., Smith, M. E., Leong, H., McEvoy, L., Whitfield, S., Du, R. & Rush, G. 1998, Monitoring working memory load during computer-based task with EEG pattern recognition methods, *Human Factors*, 40:79-91.
19. Gevins, A., Smith, M.E., McEvoy, L., & Yu, D. 1997. High resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: Effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral Cortex*, 7:374-385.
20. Hatfield, B.D., Landers, D.M. & Ray, W. J. 1984. Cognitive processes during self-paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen. *Journal of Sport Psychology*, 6: 42-59.
21. Hockey, G.R., Briner, R.B., Tattersall, A.J., & Wiethoff, M. 1989. Assessing the impact of computer workload on operator stress: the role of system controllability. *Ergonomics*, 32: 1401-1418.
22. Kimura, D. 1977. Acquisition of motor skill after left hemisphere damage. *Brain*, 100: 527-542.
23. Klimesch, W. 1999. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Brain Res Rev*, 29: 169-195.
24. Kolb, B. & Whishaw, I.Q. 1990. *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: Freeman and Co.
25. Onton, J., Delorme, A., & Makeig, S. 2005. Frontal midline EEG dynamics during working memory. *NeuroImage*, 27:341-356.
26. Ray, W. J. 1990. The electrocortical system. In J. Caciopoo and L. Tassinari (Eds.), *Principles of psychophysiology*. Cambridge, New York: Cambridge University press, 385-412.
27. Roediger, H. L. III, & McDermott, K. B. 1995. Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21: 803-814.
28. Smith, M.E., McEvoy, L., & Gevins, A. 1999. Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*, 7: 389-404.
29. Smith, S. M., Gerken, D. R., Pierce, B. H., & Choi, H. 2002. The role of associative responses at study and semantically guided recollection at test in false memory: the Kirkpatrick and Deese hypothesis. *Journal of Memory and Language*, 47: 436-447.

30. Spencer, K.M. & Polich, J. 1999. Post-stimulus EEG spectral analysis and P300, attention, task, and probability. *Psychophysiology*, 36(2): 220-232.
31. Talsma, D., Wijers, A.A., Klaver, P., & Mulder, G.A. 2001. Working memory processes show different degrees of lateralization: Evidence from event-related potentials. *Psychophysiology*, 38(3): 425-439.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/06/17

國科會補助計畫	計畫名稱：同時呈現及順序呈現之動態資訊對受試者記憶及電腦作業績效與腦波(EEG)影響
	計畫主持人：陳潭
	計畫編號：100-2221-E-029-027- 學門領域：人因工程與工業設計
無研發成果推廣資料	

100 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳潭		計畫編號：100-2221-E-029-027-				計畫名稱：同時呈現及順序呈現之動態資訊對受試者記憶及電腦作業績效與腦波(EEG)影響	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p style="text-align: center;">無</p>
---	--------------------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

隨著科技的進步，人機介面應用的範圍越來越廣，人們的依賴程度也日益增加，例如：透過螢幕來獲取所要的訊息、藉由螢幕執行作業，顯示螢幕已經成為訊息傳遞的重要溝通媒介。設計良好的資訊呈現方式，能促使人們執行作業時集中注意力，提高作業績效、減少錯誤及縮短作業的時間，但在使用的過程中，普遍存在錯誤記憶的現象。而 DRM 典範 (Deese-Roediger-McDermott paradigm) 是衡量錯誤記憶的方法之一，此一設計能有效的引發出錯誤記憶現象。本研究以資訊呈現方式(同時呈現、順序呈現)及資訊呈現類型(語義關聯文詞、類別關聯文詞)為自變數，探討受試者記憶績效及腦波(EEG)評估。本實驗共有 22 位東海大學工業工程系學生參與實驗。實驗結果透過 SPSS 統計軟體進行變異數分析。研究結果顯示：

(1) 資訊呈現方式，對完成時間達顯著影響，順序呈現在完成時間上優於同時呈現。

(2) 資訊呈現類型，對關鍵詞錯誤次數達顯著影響，類別關聯文詞優於語義關聯文詞。

(3) 腦波反應中，同時呈現時的 θ 波功率和振幅出現較高反應，可得知受試者反應出困難度較高、心智

負荷較重的情況。

(4) 腦波反應中，類別關聯文詞的 θ 波和 α 波功率出現較高反應。