

音樂要素對腦波遊戲操作績效影響之研究

張華城* 許濬聖**

*南台科技大學多媒體與電腦娛樂科學系 hcchang@mail.stut.edu.tw

**南台科技大學多媒體與電腦娛樂科學系 m98k0101@webmail.stut.edu.tw

摘 要

"意念遊戲"是一種以玩家腦波進行控制的新一代遊戲介面模式，近年來，腦波應於遊戲上已在各個展覽展示了此種技術，並且受到各大遊戲開發商的注意。玩家情緒可以藉由音樂來引導，不同的音樂可以引導到完全不同的情緒上。因此本研究為探討受測者於不同背景音樂下使用意念來操作遊戲之完成時間績效，試圖找出意念控制應用於遊戲時的特性，本研究設計一款賽車遊戲加入三種狀況，以一定距離內到達的時間做為實驗績效。本研究結果在無音樂(A)、重金屬音樂(B)與鋼琴奏鳴曲(C)的狀況下，在檢定下A與B、A與C是無差異，而B與C的時間績效是有顯著差異，並且可得知在C的情況下比A和B所花的時間的還短，這個結果可以提供遊戲設計人員在設計與規劃相關意念控制遊戲時作參考。

關鍵字： 意念控制、背景音樂、重金屬音樂、鋼琴奏鳴曲、遊戲設計

A Study on the Influence of Musical Elements in Mind Game Control

Hua-Cheng Chang* Chun-Sheng Hsu**

*Southern Taiwan University Department of Multimedia and Entertainment Science
hcchang@mail.stut.edu.tw

**Southern Taiwan University Department of Multimedia and Entertainment Science
m98k0101@webmail.stut.edu.tw

ABSTRACT

The Mind Game is a kind of new interface model which using brain waves to control. In recent years, brain waves technique has been applied in many exhibitions and has been noticed by many game developers. Player's emotional can be guided by music ,different music can lead to different emotional. This study was to investigate the efficiency with game finished with consciousness by subjects in situation of different background music. And this study was to find the specifications of control with consciousness in the games. We designed a racing car game and added three different background music to it in the study. Nevertheless, the analysis to the efficiency was driving time of a distance from start to endpoint. The result of the study presented that there was no significant difference between no music against heavy metal and no music against piano sonata situations, but there was significant difference between the situation of heavy metal against piano sonata. Also, as we knew, the time piano sonata situation spent was shorter than heavy metal did. The result could offer a reference to Mind game designers and planners.

Key Words: Mind Control、Background Music、Heavy Metal、Piano Sonata、Game Design

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著全球性數位科技與生活水準的提升，生活方式因而也不斷地在改變。人們開始學習使用電腦，從紙張書信到電子郵件、手寫日記到網路日誌 BLOG 以及傳統遊戲到數位遊戲等，都是資訊科技數位化帶來的影響(許維哲，2006)。電玩在人類社會中愈形重要，人們的生活忙碌，運動變成一種奢侈，轉由從電玩滿足本能。回推至十多年前，電玩仍被定義於負面形象，現在社會大眾對於電玩的接受程度不但愈來愈高，連社會經濟的生產，也多與這些在從前被認為是沒有意義的「虛擬休閒」息息相關。而廿一世紀初，電玩已不在是單純遊樂，而自成蘊含深刻的傳播媒介，和擁有真實力量的虛擬世界。

在 2010 年的 Chinajoy(中國國際數碼互助娛樂展覽會)上，藍港在線公司展出「用腦電波玩遊戲」的技術，玩家只需戴上腦波耳機，便可以通過意念的集中或放鬆以及眼動檢測感應輸出操作指令。玩具公司 Mattel 在 2009 年推出一種名叫 Mindflex 的玩具，可讓玩家靠意志力把藍色小球拉高放低來通過一連串的障礙和隧道。NeruoSky 與 Square Enix(史克威爾-艾尼克斯)在 2008 年推出了第一款腦電波的遊戲 DEMO，並且在 TGS(東京電玩展)展示此技術，遊戲整體類似簡單的 FPS，玩家戴上腦電波耳機就可控制遊戲中的人物移動、攻擊或切換武器...等。

國立勤益大學利用意念耳機作出相關的研究，像以簡單的數值量化方式，如:LED 或七段顯示器來表示禪定數值的高低，讓使用者能透過簡單的方式，了解修行程度。也利用專注力控制之玩具軌道車配合所設計的系統，並以意念耳機所擷取到使用者專注力的腦波來驅動賽車，讓使用者能透過簡單遊戲方式，了解及學習如何專注。



圖 1.1 勤益科大資工所開發之禪定儀



圖 1.2 勤益科大資工所開發之專注力驅動賽車

目前已有很多公司、學校展示了腦波技術應用在各種遊戲上，並且在著名的東京電玩展和 Chinajoy 展示腦波技術，說明了用腦電波來玩遊戲會是下一個次世代的來臨。

根據林威志(2005)受測者在不同音樂訊號刺激下，腦波活動上的生理訊號會有所不同，人們在日常生活中，音樂已經成為其中的一個不可缺少的因子，而音樂的類型的差異，往往也讓聆聽者產生不同的情緒波樣。很多人也藉著音樂達到他們所需要的目的，如果需要休閒放鬆，就聆聽比較舒服的柔性音樂；如果需要激發動力，就聽令人振奮的音樂。近年來，音樂也變成醫療上的一種療法，有些音樂對一些特定的人，往往也代表著不同的情感。以心理角度來說，音樂對現代人而言，已不再是休閒時的小品。音樂類型的不同對人體情緒上已經扮演著重要的角色。

情緒管理是許多人都相當注重的一環，是否能在適當的場所表現出適當的情緒是非常重要的。一個人在憤怒時如何來克制自己的情緒；如何在適當的場合適時的宣洩出自己的情

緒，適時的抒發自己的心情...等，種種都牽涉到個人的情緒管理。而情緒可以藉由音樂來引導，不同的音樂可以引導到完全不同的情緒上。

音樂刺激與人體生理狀態在許多過去研究上已證實存在關連性。但在腦波方面，多以關於音樂的腦波研究報告，或將聆聽音樂與種種心智活動測試(如閱讀、背誦、聆聽等)相比較，以探討不同心智活動進行實，人體腦部產生何種差異的變化(Firzgiroom et al.,2004)。

1.2 研究目的

意念遊戲顧名思義就是指受測者在腦部思考、構想的動作構成操作遊戲的動作，許多研究者間接將腦波與人類潛藏的心智歷程及情緒狀態做連結，腦波可以幫助了解大腦不同區域的活動情形，達到掌握玩家當刻心理狀態的目的。而音樂對於聆聽者的心理代表著不同的感受，所以音樂的不同類型也牽動著聆聽者心理上不一樣的情緒。

因此本研究主要是藉由意念遊戲操作來探討受測者在不同的背景音樂之下受測者完成遊戲之時間績效的影響，因此本研究目的為藉由不同的背景音樂下檢視受測者在使用意念控制遊戲的完成時間的績效，藉此了解腦波意念控制應用於遊戲時的特性，並且做為遊戲設計人員在規畫遊戲時的一種依據。

第二章 文獻探討

2.1 腦波

2.1.1 腦波分類

在不同的知覺狀態下，正常人會呈現不同頻率的腦波，不論在清醒或睡眠，都會產生不同頻率的腦波。這些有節律的腦波通常被不同的動作及思考所影響，且有特定的反應性。依照腦波不同的頻率可以將腦波分成四種，分別是以希臘文字Alpha、Beta、Theta和Delta來命名。而依上述分類每種不同頻率之腦波有具有不同特性分別介紹如下：

- Alpha activity (α 波)：頻率為8-13 Hz，振幅約20-200 μ V。對大部分的人而言，腦部Alpha波產生於清醒、安靜且放鬆的狀態時，只要閉上眼睛並放鬆，就可以立即提高腦波Alpha波的活動。此大腦活動狀態下，最明顯會在大腦頂葉部(parietal region)及枕葉部(occipital region)出現這樣的週期波，當眼睛張開時，Alpha波會受到抑制；閉眼時，Alpha波則會變強，但是當在睡覺時，Alpha波就會消失。
- Beta activity (β 波)：頻率為13 Hz 以上，但一般很少高於50 Hz。研究指出Beta 波會被觸覺、聽覺和情緒刺激所影響 (Lindsley, & Wicke, 1974)，也會被自我努力意識所控制 (Jasper, & Penfield, 1949)。在清醒而警覺狀態下，較常出現在頂葉部及額葉部 (frontal region)，尤其當大腦思考或接受感官刺激時，此波段會較明顯，因為此時身體是處於緊張狀態，準備隨時對外界做反應，此狀態下人的體力和精神能量耗費較劇烈。
- Theta activity (θ 波)：頻率為4-7 Hz，一般而言其振幅較小。主要在小孩的頂葉部及顳葉部(temporal region)會出現，而成人情緒受到壓力時也會出現少數的Theta波，但都沒有規則的型態，或是在昏昏欲睡與意識深層放鬆狀態的時候，此波段也會很

- 明顯，另外許多腦疾病患者，亦可以找到 θ 波。
- Delta activity (δ 波)：頻率低於3 Hz 以下的腦波波段，振幅約20-200 μ V。在清醒的狀態下，大約兩個月大的嬰兒會呈現不規則的 δ 波正常成人在清醒狀態下沒有 δ 波，通常發生在沈睡且不易喚醒、深度麻醉、缺氧或有大腦有病變患者身上。

2.1.2 意念耳機與腦波量測

NeuroSky在近年申請意念耳機技術的專利並且也開始發行，NeuroSky意念耳機利用幹態電極傳感器採集大腦產生的生物電信號，並將採集到的訊號送入ThinkGear™晶片，而ThinkGear™晶片的技術是將原始腦電波信號的採集、濾波、放大、A/D轉換、過濾環境噪音及肌肉組織運動的干擾、數據處理及分析等功能完全集成到一塊ASIC芯片中，並透過電腦傳出以數字化參數方式對人的當前精神狀態進行度量的算法，進行計算過後可以得到量化的參數值，其步驟如圖2.1。

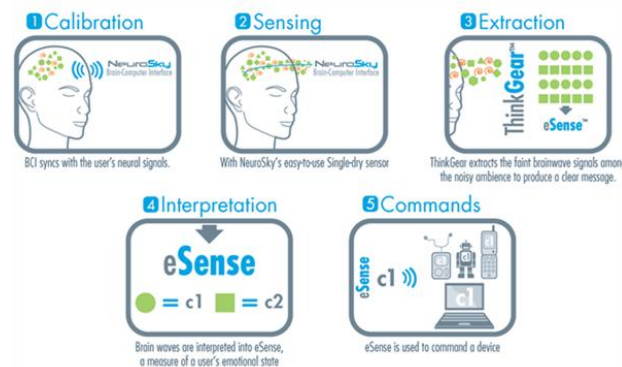


圖2.1 意念耳機實行過程(圖:NeuroSky Store)

1. 訊號校準：對不同的使用者腦波訊號進行計算及同步輸出，以達到訊號的準確度。
2. 訊號採集：採用 NeuroSky 單導幹電極技術，使得腦電訊號採集變得簡單易用且準確。
3. 訊號提取：ThinkGear™從噪音環境中分離出腦電波信號，經過放大處理，產生清晰的腦電波訊號。
4. 信息解讀：通過 eSense™專利算法將腦電波解讀為 eSense™參數，表示用戶目前的精神狀態。
5. 人機交互：將 eSense™參數傳遞給電腦，手機等智能設備，進而可以通過腦電波進行人機交互。

eSense™是NeuroSky用於以數字化參數方式對人的當前精神狀態進行度量的算法。它由幾個方程式和程序，計算心理狀態層級的頻率值所表示為Alpha activity (α 波)，Beta activity (β 波)，Theta activity (θ 波)和Delta activity (δ 波)。這些方程式基本上作出相應的實驗數據。這些方程式是可以修改，改變為不同的應用和使用者。心理狀態可以表示為專注，放鬆或沉思，焦慮和嗜睡。每個層級的心理狀態的Alpha activity (α 波)，Beta activity (β 波)，Theta activity (θ 波)和Delta activity (δ 波)頻率值作為輸入數據之後由方程式決定數值。層級的精神狀態可以代表0到100，這可能是取決於程式而改變。心理狀態的數值是每一秒更新一次。

2.1.3 腦波與音樂

音樂的變化可以在腦波上反映出來，在 Koelsch 與 Mulder 研究中提到，在實驗中讓十八位受測者聆聽 Haydn, Mozart, Beethoven 以及 Schubert 等人的奏鳴曲，而在 Haydn 中的 a piano sonata form Haydn (Hoboken XVI:48)，製作了兩種版本，一首為原始未經修改，而另一首則是音樂尾段的短暫旋律被微微的更改，使音樂呈現不和諧但又不難以察覺的曲調。整個實驗過程大概用了四十分鐘，研究者採用 10-20 electrode placement systems 收集了四十九個 channel 的腦波訊號。訊號分析上採取計算腦波上 Amplitudes 並依此值進行統計分析。研究結果表是在非預期旋律發生後 0.25 秒，在腦部中 Right Temporal 的電位 Amplitudes 與預期旋律所預期呈現的電位 Amplitudes 相比較，在統計上是呈現顯著差異。(Koelsch *et al.* 2002)。

2.2 遊戲要素

以遊戲系統為設計的出發點，必須設計吸引玩家的遊戲以滿足玩家的需求，遊戲設計上有幾個關鍵性遊戲設計重點。音樂、美術、程式、企劃，個別的重要性為震撼玩家們的聽覺、吸引玩家們的目光、牽動玩家的手足、擄獲玩家們的心(謝坤達、蔡彤孟，2003)。聲光音效是遊戲的輔助，Tom Meigs(2004)在遊戲製作一書提到音效是傳遞情感以支持遊戲性的最佳盟友。早期的遊戲，因為硬體開發的因素，使聲音被限制於單音的「逼---」。不過隨著硬體的發展已漸漸不侷限於單音了，而是可以讓玩家身臨其境的感受，林威志(2005)的研究中，受測者在不同的音樂訊號刺激下，在重金屬樂、鋼琴奏鳴曲與無音樂狀態各有不同的腦波頻率。本研究主要以林威志(2005)的研究之音樂訊號分類(無音樂、重金屬音樂、鋼琴奏鳴曲)做為受測者的變數。

第三章 研究設計與方法

3.1 研究流程

本研究的目的是在於探討受測者在不同的背景音樂下之操作意念遊戲操作的完成時間績效，試圖求出了解腦波耳機應用於遊戲時的特性，在遊戲設計方面，本研究加入觀察的遊戲要素來影響受測者：背景音樂。背景音樂的類型主要是參考林威志(2005)所分的類型：無音樂、重金屬音樂(Heavy Metal)與鋼琴奏鳴曲三種。受測者於實驗測試前須填寫個人基本資料包括性別、年齡等資料。在實驗之前與受測者講解本次研究的目的後再請受測者開始進行練習模式，本實驗給予受測者一分鐘時間練習，讓受測者熟悉意念操作儀器。接下來進行正式實驗，實驗的遊戲是使用 Unity 3D+3D MAX 製作的賽車遊戲，以受測者的專注度高低來決定賽車的速度，在一定的距離盡所能以最快達到終點的總時間為本實驗所要記錄的績效分析。

表 3.1 音樂類型

遊戲要素	種類	敘述
背景音樂	無音樂(A)	整個遊戲以無聲進行。
	重金屬音樂(B)	遊戲中背景音樂採用重金屬樂。
	鋼琴奏鳴曲(C)	遊戲中背景音樂採用鋼琴奏鳴曲。

3.2 研究工具

本研究探討意念遊戲的操作對受測者之完成遊戲的時間績效之間的關係，將使用以下硬體與軟體。

3.2.1 系統硬體與實驗軟體

本研究中主要利用美國 NeuroSky 公司所推出的腦波意念耳機 MindSet 擷取腦電波，以簡易的單極擷取前額單點之腦波訊號，經過處理之後將 β 、 α 、 θ 以及 δ 波正規化之後，彙整成專注力(Attention)與禪定力(Meditation)，再透過藍芽介面傳遞至 Unity 引擎中，再以接受到的訊號資訊加入至遊戲設計中。

Unity 是一個支援多平台、可簡易操作的遊戲開發工具，Unity 包含了最強而有力的引擎可充分地聯合專業應用技術，並實現了真正的跨平台的遊戲開發環境，目前利用此套遊戲引擎可創造達 100 萬美元以上的週邊效益。



圖 3.1 意念耳機



圖 3.2 Unity 3D

3.3 實驗設計

3.3.1 遊戲設計

本實驗首先會讓受測者在練習模式熟悉操作方式，練習模式中只有顯示之後會在正式實驗時車子的時速表，讓受測者熟悉如何讓時速表達到最高，再進行熟悉操作一分鐘之後，開始進入正式實驗的部分，遊戲方面本實驗提供了時速表與路程的小地圖可以讓受測者知道在受測時的速度與到終點的距離，實驗分成三個部分，一種是不加入音樂、一種是加入重金屬音樂，而另一種則是鋼琴奏鳴曲，在受測者只需要利用專注力讓車子

盡可能在最短時間內達到終點。



圖 3.3 遊戲練習模式



圖 3.4 第一人稱遊戲進行模式



圖 3.5 第三人稱遊戲進行模式

3.3.2 受測者

本研究的目的是在於了解腦波意念控制應用於遊戲時的特性，本研究的受測者為 30 名臺灣地區大專院校大學生及研究生參與此實驗。年齡分佈於 21 到 32 歲(平均年齡為 24.23 歲)，男性人數 25 人，女性人數 5 人。

3.3.3 統計方法

本研究方法除了問卷編制之外，在分析的部分採用之統計方法與 T 檢定分析，並利用 SPSS17.0 之統計軟體進行運算與產生結果報表，所採用之統計方法大致分述如下：
敘述性統計

本研究預計使用敘述性統計來統計樣本資料，利用次數分配、平均值、標準差等方法表現出受測者屬性的分布情形。

T 檢定

成對樣本的 T 檢定是用以檢測兩組彼此不獨立(相依)母體之樣本，或同一母體之樣本前後處理結果是否有差異。

第四章 研究結果

4.1 資料分析

本研究使用之資料分析方法包含敘述性統計、成對樣本 T 檢定，下表為受測者的基本資料：

表 4.1 受測者性別年齡分布

類別	性別		年齡	
	男	女	20~25	26~32
人數分布	25	5	24	6

成對樣本 T 檢定

利用成對樣本 T 檢定下發現受測者在不同的背景音樂之下有顯著差異如下表：

表 4.2 成對樣本檢定

	成對變數差異					t	自由 度	顯著性 (雙尾)
	平均 數	標準 差	平均數 的標準 誤	差異的 95% 信賴區間				
				下界	上界			
重金屬音 樂 - 鋼琴 奏鳴曲	3.89900	9.65944	1.76356	.29210	7.50590	2.211	29	.035
無音樂 - 重金屬音 樂	-2.5773 3	7.54879	1.37821	-5.3961 0	.24143	-1.870	29	.072
無音樂 - 鋼琴奏鳴 曲	1.32167	7.50293	1.36984	-1.4799 7	4.12331	.965	29	.343

重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲：經過成對樣本 t 檢定(上表)得知在背景音樂下重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲狀況下，標準差為 9.65944、t 值=2.211、自由度=29， $p=0.035 < 0.05$ ，達到顯著水準。

H0: 意念控制於背景音樂重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲之間無差異

H1: 意念控制於背景音樂重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲之間有差異

根據上表分析，在 $\alpha=0.05$ 顯著水準之下，得知 $0.035 < 0.05$ ，達到顯著水準，必須拒絕虛無假設 H0，表示受測者在意念控制於背景音樂重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲是有差異的。

無音樂與重金屬音樂：經過成對樣本 t 檢定(上表)得知在背景音樂下無音樂與重金屬音樂狀況下，標準差為 7.54879、t 值=-1.870、自由度=29， $p=0.072 > 0.05$ ，未達到顯著水準。

H0: 意念控制於背景音樂無音樂與重金屬音樂之間無差異

H1: 意念控制於背景音樂無音樂與重金屬音樂之間有差異

根據上表分析，在 $\alpha=0.05$ 顯著水準之下，得知 $0.072 > 0.05$ ，未達到顯著水準，無法

拒絕虛無假設 H_0 ，表示受測者在意念控制於背景音樂無音樂與重金屬音樂是無差異的。

無音樂與鋼琴奏鳴曲:經過成對樣本 t 檢定(上表)得知在背景音樂下無音樂與鋼琴奏鳴曲狀況下，標準差為 7.550293、 t 值=.965、自由度=29， $p=0.343>0.05$ ，未達到顯著水準。

H_0 :意念控制於背景音樂無音樂與鋼琴奏鳴曲之間無差異

H_1 :意念控制於背景音樂無音樂與鋼琴奏鳴曲之間有差異

根據上表分析，在 $\alpha=0.05$ 顯著水準之下，得知 $0.343>0.05$ ，未達到顯著水準，無法拒絕虛無假設 H_0 ，表示受測者在意念控制於背景音樂無音樂與鋼琴奏鳴曲是無差異的。

表 4.3 成對樣本統計量

	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
重金屬音樂	40.9473	30	8.84743	1.61531
鋼琴奏鳴曲	37.0483	30	7.61004	1.38940
無音樂	38.3700	30	5.38495	.98315

由上表中可以得知:受測者在意念控制於背景音樂為鋼琴奏鳴曲的完成時間績效平均數低於背景音樂為重金屬音樂與無音樂的完成時間績效平均數，三者之平均數分別為 40.9473、37.0483、38.3700，可見受測者在鋼琴奏鳴曲的音樂下花的時間比在重金屬音樂和無音樂的音樂下花的時間還少。

第五章 結論

意念遊戲是一種以玩家腦波進行控制的新一代遊戲介面模式，在遊戲設計上並無相關的建議，因此本研究主要以遊戲上的遊戲要素之一:背景音樂，獨立出來做探討，那音樂的類型主要依林威志(2005)的研究中提到的無音樂、重金屬音樂、鋼琴奏鳴曲做為區分，來代表本實驗所要探討的類型。

音樂為一種主動刺激，隨著不同的個體接受也會產生不同的反應，相同的旋律在不同的聆聽者聆聽下往往會產生不同的反應，而且玩家情緒可以藉由音樂來引導，不同的音樂可以引導到完全不同的情緒上，因此本研究主要探討受測者分別在無音樂、重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲下來實驗意念控制之完成時間績效，經由 SPSS17.0 之統計軟體進行運算與產生結果報表，再藉由成對樣本 T 檢定進行檢定，可以了解無音樂與重金屬音樂之間是無差異($p>0.05$)與無音樂與鋼琴奏鳴曲之間也是無差異的($p>0.05$)，而背景音樂為重金屬音樂與鋼琴奏鳴曲之間是有差異的($p<0.05$)。在完成時間長短比較上，也可得知在背景音樂為鋼琴奏鳴曲的情況下所花的時間比無音樂和重金屬音樂所花的時間還要短，此結果可以提供遊戲設計人員在相關的意念控制遊戲上，在設計時所要添加怎樣的背景音樂時可以做為參考。

參考文獻

中文資料

- [1] 吳明隆，"SPSS 統計應用學習實務--問卷分析與應用統計(深究經典版)"。知城出版社，2006年。
- [2] 林威志，"音樂刺激下腦波信號分析"，台灣醫學大學醫學研究所碩士論文，2005年。
- [3] 林麗娟，"網頁圖像設計與各別差異之考量"，視聽教育雙月刊，40卷第6期，18~27頁，1999年。
- [4] 洪聰敏，"腦波：探討運動及身體活動心理學的另一扇視窗"。中華體育，44，63-74，1998年。
- [5] 張春興，"教育心理學-三化取向"，台北：東華書局，1997年。
- [6] 賀新宇、黃遠春，"心理學"，西南交通大學出版社，2009年。
- [7] 張德銳，"教育行政研究"，台北市：五南，1995年。
- [8] 許士軍，"管理學"，台北：東華書局，1995年。
- [9] 許維哲，"數位遊戲使用者介面設計研究—以行動裝置平台為例"，國立台北教育大學玩具與遊戲設計研究所碩士論文，2006年。
- [10] 湯雅雯，"腦波量測系統之研製與腦波信號之非線性分析"，國立成功大學電機工程學系碩士論文，2005年。
- [11] 劉勇均，"應用於指動偵測之腦波訊號分析系統"，國立成功大學資訊工程學系碩士論文，2004年。
- [12] 謝坤達與蔡彤孟，"遊戲設計概論"，台北市：基峰資訊，2003年。

英文資料

- [1] Alessi, S. M. & Trollip, S. R. , "Computer-based instruction: methods and development" ,Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.
- [2] Csikszentmihalyi, "Flow: The Psychology of Optimal Experience, New York: Harper and Row",1990.
- [3] Fitzgibbon SP, Pope KJ, Mackenzie L, Clark CR, Willoughby JO. "Cognitive tasks augment gamma EEG power". Clin Neurophysiol;11(8):1802-9, 2004.
- [4] Jasper, H., & Penfield, W.. " Electrocorticograms in man : Effect of voluntary movement upon the electrical activity of the precentral gyrus" . Archives of psychiatry, 183, 183-174,1949.
- [5] Kuhlen, R. G . "Studies in Educational Psychology" . Waltham, Mass : Blaisdell, 1968.
- [6] Lindsley, D., & Wicke, J. "The electroencephalogram: autonomous electrical activity in man and animals". In R. Thompson & M. Patterson(Eds.), Bioelectric recording techniques: Part B. Electroencephalography and human brain potentials. New York: Academic Press,1974.
- [7] Sternberg, R. J. "Toward a triarchic theory of human intelligence". Behavioral and Brain Sciences, 7, 269-316,1984.

網站資料

- [1] 台北榮總總醫院教學研究部整合性腦功能研究室, <http://ibru.vghtpe.gov.tw/chinese/eeg.htm>., September 19, 2010.
- [2] 資優密碼, <http://www.unicode.com.tw/detect/intro-04.php>, March 19, 2011.
- [3] NeuroSky Store , <http://www.neurosky.com.tw/store/index.html> , September 19, 2010.
- [4] Unity 3D 奇銳科技, http://www.mirax.com.tw/product_info.asp?id=142, January 3, 2011.