運用 P300 訊號於偵測大腦印象之研究
The Study of Using P300 to Detect Image

孫光天*、汪昌賢、曾瑞敏、連悅珊、李耀全、蘇士閔、謝宗澔

國立臺南大學　理工學院　數位學習科技學系

**通訊作者：孫光天，ktsun@mial.nutn.edu.tw*

摘要

本研究運用腦波來偵測大腦對於圖片之印象，以腦波 P300 訊號為特徵，透過觀察 P300 振幅大小之差異，來猜測受測者大腦記憶中的圖片。首先，進行 Oddball 實驗來觀察受測者的 P300 是否有正常於一般人的狀況，接著進行大腦印象偵測的實驗。以撲克牌來對受測者進行實驗，由研究員選出三張撲克牌放入信封中，並讓受測者從中抽取一張牌，該撲克牌只有受測者本身知道。接著由電腦螢幕以隨機方式呈現這三張挑選出的撲克牌，給予受測者視覺上的刺激，並收集其腦波訊號，透過觀察三張撲克牌所引起的 P300 振幅之大小，來判斷受測者所抽取的牌為何。實驗結果，在大腦印象偵測實驗中(即撲克牌實驗)，有印象的 P300 振幅大部分會大於無印象的 P300 振幅與國外相關研究相符，在統計上有達到顯著的差異，信心水準可達 99%，猜測成功率達到九成以上。

關鍵字：腦波、P300、Oddball、圖片印象

Abstract

The purpose of this research is using EEG to detect the saw image by comparing the P300 amplitudes between impression and no impression. Initially, the Oddball experiment is proceeded to detect P300 amplitudes of the subject for observing whether the reflection of subject is normal or not, and then precede the brain image detecting experiment. The material is porker cards. The researcher selects one card from three cards, and the card is only known by the subject. The EEG signals are recorded when these three selected cards are presented randomly and repeatedly on computer screen. We judge the card by comparing the difference of the P300 amplitudes from these three cards. The results of the brain image detecting experiment (the poker cards experiment), most of the P300 amplitudes of impression is larger than no impression. There is a statistically significant between these amplitude values, the statistical confidence for the determination is 99 percent, and the accuracy of guessing the chosen cards is over 90 percent.

Keywords：*EEG*、*P300*、*Oddball*、*image*

1、　前言

記憶是促成知識累積的關鍵因素，有了知識的累積才能使人類今天比昨天更進步，而擁有印象則是記憶的先決條件，對於曾經見過或聽過的事物，往往會先有一股似曾相似的感覺，此時會啟動進一步的回憶搜尋，比對腦中長期和短期記憶區，從大腦內部來看，此時在大腦枕葉區與顳葉區進行視覺和記憶的搜尋。在擁有似曾相似感覺的同時，因大腦內部某些帶電原子價被活化，而引起波形較大的P300 振幅。這個現象在Farwell等人的實驗中得到驗證，受測者會對事前看過文字產生P300 振幅，而對於沒見過的文字則未產生 P300 振幅[4]。

此篇論文的研究主要是利用此理論，進行撲克牌猜測實驗，在這裡我們採用 P300 作為偵測個體是否有印象的依據。

P300 是目前最常用來研究認知活動的內源性誘發波，在不確定的刺激出現後，大約在 300 毫秒左右時會出現誘發波，P代表正向波(positive wave)，稱為 P3 或P300。目前誘發P300 最常使用的方法為新異刺激法(oddball paradigm)，以一個高頻率(如 85%)和一個低頻率(如 15%)的刺激物交替出現。當受測者受到出現頻率較低的目標刺激物時(oddball)，可觀察到清楚的P300 波形變化，當刺激物變化愈大愈不可預測時，P300 的振幅就會愈大[1][2][5]。而P300 在頭皮的分布主要定義於振幅在中線電極(Fz, Cz, Pz)的改變，通常改變的規模會從前額到顱頂部逐漸增加，一般而言常以觀察振幅最大的Pz點為準[6]。

在文獻相關研究上，P300 主要有二種資訊類型：隱藏式資訊測驗(CIT)和犯罪知識測驗(GKT)，偵測時的Probe(對隱藏式資訊測驗是oddball刺激物，而犯罪知識測驗是critical刺激物)的數目也有兩種：1PB和 6PB。Probe代表數量較少且較有意義的刺激物[7]。P300 振幅值所採用的計算法分成兩類型：基準線－最大正波峰(baseline-to-peak, b-p)的絕對誤差，最大正波峰－最大負波峰(peak-to-peak, p-p)的相對誤差。本實驗主要延伸自 Duncan-Johnson 和 Donchin (1979) 的 oddball paradigm 研究[8]，oddball paradigm研究主要是以和受測者自身有關聯的刺激物，並以文字呈現刺激來進行，然而本實驗則是以圖片的方式來呈現刺激物，所採用方法是隱藏式資訊測驗(CIT)和 1PB的 Probe，振幅值的計算法則採用基準線－最大正波峰。在主要的撲克牌實驗中，實驗流程部分是修改 Merzagora等人的研究[9]，在三個信封袋裡各裝著一張不同的撲克牌，受測者從中挑選一個信封袋後記下裡面的撲克牌(例如：紅心 8)，而研究員並不知道受測者所抽取到是哪一張，但最後藉由腦波P300 判別，便可猜出受測者所拿到的牌。

2、研究方法

2.1 受測者

本研究受測者為三位無心理及生理疾病的大學生(兩位女性、一位男性)，平均年齡為 23 歲，慣用手為

右手，自願參與研究，並接受完整的實驗說明，進行Oddball 和撲克牌實驗並紀錄其腦波訊號的實驗。

2.2 實驗流程

2.2.1 一般流程

受測者在腦波紀錄室中接受實驗，並舒服地坐在木製藤椅上，電腦螢幕距離受測者前約 50 公分的距離，在實驗前會先進行一次實驗說明。受測者會進行兩種實驗測試，一種為Oddball實驗，另一種則為撲克牌實驗。整個實驗流程約六十分鐘。如Figure 1所示。

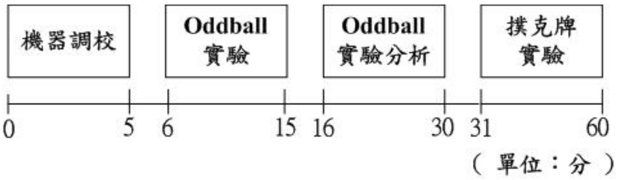

Figure 1 P300 實驗流程

2.2.1.1 機器調校

實驗開始前首先會進行機器調校，透過α波的偵測，檢查腦波器收集腦波訊號有無異常，受測者接受指令進行張眼、閉眼、眨眼等檢測。假如腦波反應正常，則當受測者閉眼時，α波振幅會變大，可以清楚地觀察到α波的出現；張眼時，α波會被壓抑，而振幅變小；眨眼時，則會產生眨眼波。

2.2.1.2 Oddball 實驗

本實驗中會出現兩種刺激物，一種是受測者喜歡的圖片，另一種則是白球，螢幕背景色為黑色；兩種刺激物出現的比例分別為 17%和 83%，總共會出現六十次的刺激，每五到十秒之間會隨機出現一次刺激物。當刺激物(受測者喜歡的圖片或白球)出現時，受測者必須按同一個特定的按鍵回應，如此可以讓受測者專心地注視螢幕上的刺激物，刺激物會固定地出現在電腦螢幕的同一位置。實驗總長約為十分鐘。

2.2.1.3 Oddball 實驗分析

在 Oddball 實驗結束後，會休息十分鐘，並進行Oddball 實驗的實驗分析，以觀察受測者的 P300 是否有正常於一般人的狀況，以及該 P300 波形的特徵，在完成分析得到正常結果之後，便進行撲克牌實驗。

2.2.1.4 撲克牌實驗

本實驗由研究員抽取三張撲克牌，將牌的花色、數字輸入至系統中後，分別放進三個信封中，受測者並不知道是哪三張牌，接著由受測者從中選擇一個信封，記住信封中的牌後再將牌放回信封，研究員並不知道受測者所抽中的是哪一張牌。在完成抽牌後便開始進行實驗，系統會將這三張牌隨機地呈現在螢幕上，每一張牌皆會出現十五次，所以撲克牌總共會以隨機出現的方式顯示四十五次，每次撲克牌翻開的時間為三秒鐘，隨後撲克牌將會蓋上，經過三秒之後會再出現第二張撲克牌。當撲克牌出現時，會顯示詢問訊息“Do you have this card?”，藉由此問題來檢測受測者的大腦回應，受測者需按同一個特定按鍵，如此可以讓受測者專心注視螢幕上的刺激物，刺激物會固定出現在電腦螢幕的同一位置。撲克牌實驗中，一個牌局總長約為四分半鐘，受測者須連續進行六個牌局，時間總共約三十分鐘。若受測者該牌局中有突發狀況(例如身體不適)，則實驗只擷取到前一個牌局。Figure 2顯示撲克牌實驗系統畫面。

Figure 2 撲克牌實驗系統畫面

2.3 腦波紀錄與分析流程

在Oddball實驗和撲克牌實驗中，腦波紀錄會從實驗開始到實驗結束完整地紀錄下來。Oddball實驗腦波紀錄總共為 545 秒，撲克牌實驗的一個牌局為 270 秒，擷取區段(extract epochs)皆為刺激前一秒鐘到刺激後二秒鐘，以刺激前一秒為基準線(baseline)。腦波紀錄流程分別如Figure 3和Figure 4所示。本研究腦波取樣頻率為 500Hz，帶通濾波介於 0.53-15Hz，電極點取國際 10-20 制系統定位，以Pz為觀察P300 的電極點，O1為校正機器觀察α波的電極點，並以(A1+A2)/2 為參考電極，垂直眼動與水平眼動電極點(VEOG與HEOG)，分別位在右眼下方與右眼外角，接地點(GND)貼於髮線下方，如Figure 5所示。

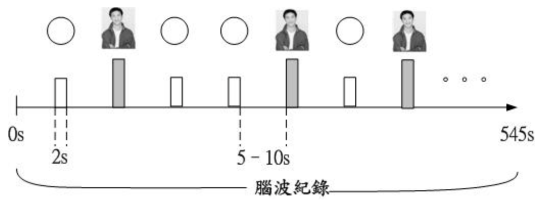

Figure 3 Oddball 實驗腦波紀錄流程

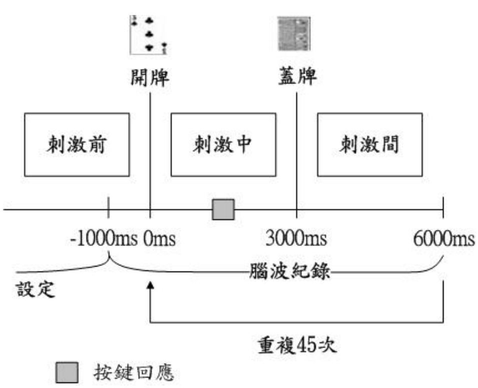

Figure 4 撲克牌實驗腦波紀錄流程

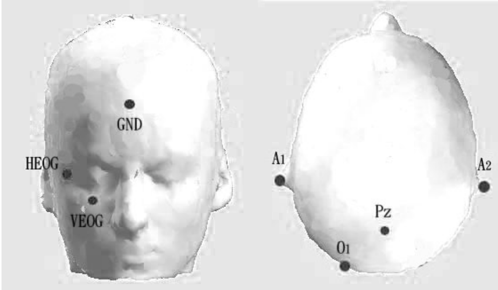

Figure 5 電極點黏貼位置圖

2.4 ERP 的提取與統計分析

ERP 的提取必須將 EEG 做離線分析來完成。離線分析是指將記錄到的原始生理訊號進行再分析處理的過程。在 ERP 研究時，對原始腦電波訊號數據的離線分析主要包括以下幾個步驟：

(1) 擷取時間區段(extract epochs)
(2) 去除雜訊、干擾(artifact rejection)
(3) 基準線校正(baseline correction)
(4) 數位濾波(filter)
(5) 疊加平均(average)
(6) 總平均(grand average)
(7) 統計分析(statistics analysis)

首先我們先擷取時間區段，將每個刺激出現的時間點設為 0ms，擷取-1000ms到 2000ms為一個時間區段，再進行雜訊、干擾的去除。去除振幅大於+100μV或小於-100μV的眼動區段，之後進行基準線校正。基準線校正的目的是為了消除腦電波相對於基準線的偏離，將基準線區段的取樣點的振幅加總平均作為一個基準值，再將時間區段裡的每一個取樣點的振幅減去基準值。在此我們以刺激出現前 1000ms為基準區段。完成基準線校正後，進行數位濾波，留下頻率0.53-6Hz的波形，以去除一些我們不需要的雜訊(例如消除交流電 60Hz的干擾)，也可使得波形明顯光滑，成分易於辨識。在完成數位濾波之後，就進行疊加平均，因為一次刺激誘發的ERP振幅(約為 2-10μV)遠小於EEG的振幅(約 10-75μV)，所以ERP會被埋沒於EEG中，但ERP的波幅有兩個恆定假設：一是波形恆定，二是潛伏期恆定。作為ERP背景的EEG波形與刺激之間沒有固定關係，而ERP每次刺激的波形是相同的。所以，假如刺激次數為n次，經過n次的疊加，ERP的波形會被放大n倍，而EEG的波形只會放大$\sqrt{n}$倍。因此，疊加的次數越多，ERP越能夠從EEG中提取出來。經過疊加之後再進行平均，就可以將之還原為一次刺激的ERP數值。總平均則是對所有受測者的ERP進行平均[1][2]。在完成ERP的提取後，便進行統計分析，本研究是進行T檢定，來檢定是否有顯著性的差異[3]。

本研究的腦波訊號分析流程如Figure 6所示。

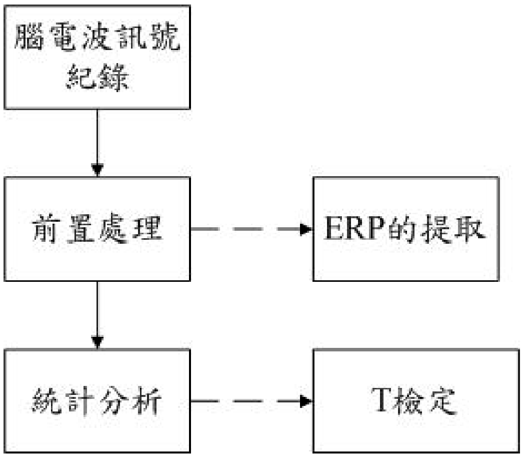

Figure 6 腦波訊號分析流程

3、實驗結果

3.1 Oddball 實驗

Figure 7顯示三位受測者在做Oddball實驗後的P300 腦波圖。發現每一個受測者在 200-500ms都有一個很明顯的正向波，圖中虛線代表的是白球，出現次數比較多，實線代表的是受測者喜歡的照片，出現次數比較少。結果顯示受測者透過Oddball實驗可以出現正常的P300 波形，而當刺激物為受測者喜歡且出現次數較少的圖片，其P300 振幅會大於刺激物為白球且出現次數比較多的P300 振幅。這個結果也符合許多文獻所述：刺激物為有意義(meaningful)、出現次數較少(rare)的P300 振幅會大於無意義(meaningless)、出現次數較頻繁(frequent)的P300 振幅。

Figure 7 三位受測者 Oddball 實驗的 P300 振幅

3.2 撲克牌實驗

3.2.1 撲克牌實驗包含數字 J、Q、K 與 Ace 的牌

透過 P300 的提取，我們追蹤 Pz 電位的腦波圖，並根據相關文獻探討，以有印象的 P300 振幅大於無印象的 P300 振幅為判斷依據，來猜測受測者大腦中所記憶的撲克牌。在三張牌中所引起較大 P300 振幅的牌即為受測者所抽到的牌。實驗初期我們以 52 張牌隨機抽取，九個牌局中，我們有七次成功的猜出受測者大腦中所記憶的撲克牌，另外有兩次失敗。追究探討失敗原因，發現失敗的那兩次剛好都出現撲克牌的字母牌(J、Q、K 與 Ace 類型的撲克牌)，並且該類型的 P300 振幅皆為最大，判斷原因可能是該類型的牌與撲克牌的數字牌(為 2-10 類型的撲克牌)較為特殊，使得受測者在實驗過程中讓大腦中的印象加深，而導致 P300 振幅加大。

3.2.2 撲克牌實驗不包含數字 J、Q、K 與 Ace 的牌

經由 3.2.1 的推測，在後期的實驗中便先排除可能的影響，選擇撲克牌的數字牌來做實驗。在 21 個牌局的實驗結果中，成功地猜出受測者大腦中所記憶的撲克牌為 19 次，僅失敗兩次，成功率達到 90.476%。Figure 8和Table 1顯示 21 個牌局結束後分析出來的有印象撲克牌的振幅與無印象撲克牌的振幅的b-p值，共有 19 個牌局與依據準則相符，成功地猜出牌型；將 21 個牌局的P300 波形進行總平均，也呈現出有印象撲克牌的P300 振幅大於沒有印象撲克牌的P300 振幅(如Figure 9和Figure 10)。最後透過T檢定進行統計分析，將有印象撲克牌的振幅與兩張無印象撲克牌的振幅及其平均數做比較。所計算出的T值落在拒絕區內，表示檢定結果達顯著差異(P<0.01)，如Table 2所示。

Figure 8 所有受測者共 21 個牌局的 P300 振幅值(b-p)
星號表示此次失敗

Table 1 所有 21 個牌局的振幅值統計表

	b-p (μV)			
Trials	**有印象**	**無印象**		
		第一張	**第二張**	**平均**
1	10.418	5.572	3.978	4.775
2	6.068	5.31	-0.0383	2.63585
3	6.89	5.49	4.524	5.007
4	6.858	5.292	4.556	4.924
5	9.026	6.836	6.32	6.578
6	3.446	3.33	2.978	3.154
7	3.504	8.372	5.94	7.156
8	9.972	6.392	2.306	4.349
9	9.208	8.146	4.552	6.349
10	4.466	3.478	2.286	2.882
11	7.26	6.016	4.894	5.455
12	9.756	6.616	6.278	6.447
13	7.128	5.414	4.62	5.017
14	7.75	4.068	3.15	3.609
15	8.686	8.088	6.72	7.404
16	11.654	10.054	7.104	8.579
17	4.774	3.928	2.508	3.218
18	9.274	8.15	7.214	7.682
19	9.538	8.886	6.842	7.864
20	4.13	5.122	5.06	5.091
21	7.328	6.156	5.7	5.928
平均	7.483	6.225	4.642	5.434
標準差	2.392	1.846	1.914	1.750

Figure 9 所有 21 個牌局的總平均 P300 波形

Figure 10 所有 21 個牌局的 P300 盒形圖

Table 2 有無印象的相依樣本 T 檢定結果

$\alpha=0.01$ df=20 $T_{0.01(20)}=2.528$		
組別	**t**	**顯著性**
有印象>無印象 1	2.99	.007**
有印象>無印象 2	5.58	.000***
有印象>無印象平均	4.64	.000***
	**p<0.01	***p<0.001

4、結論與討論

透過 Oddball 實驗與撲克牌實驗，可以驗證相關文獻探討所發現的一些 P300 特性。其中 Oddball 實驗可以發現：有意義的、出現頻率少的刺激物可以引發出較大的 P300 振幅；而在撲克牌實驗裡，受測者看過撲克牌後，在大腦記憶中留下印象，透過一系列的刺激後也可以發現對於有印象的 P300 振幅會大於無印象的 P300 振幅，並且有顯著的差異，藉此偵測出受測者所抽到的牌。利用 P300 與認知相關的特性，未來也可以再改進實驗，進一步地將它運用於認知實驗中。

參考文獻

[1] 魏景漢、羅躍嘉(2002)，認知事件相關電位教程，北京：經濟日報。

[2] 趙倫(2004)，ERP 實驗教程，天津：天津社會科學院。

[3] 林清山(1992)，心理與教育統計學，臺北市：臺灣東華。

[4] L. A. Farwell, and S. S. Smith, “Using Brain MERMER Testing to Detect Knowledge Despite Efforts to Conceal,” Journal of Forensic Science , pp. 135-143, 2001.

[5] C. C. Duncan-Johnson, and E. Donchin, “Effects of a priori and sequential probability of stimuli on event-related potential,” Psychophysiology, vol. 14, pp. 95, 1977.

[6] R. Johnson, “On the neural generators of the P300 component of the event-related potential,” Psychophysiology, vol. 30, pp. 90-97, 1993.

[7] R. Johnson Jr., “The amplitude of the P300 component of the event-related potential,” Psychophysiology, vol. 2, pp. 69-138, 1988.

[8] C. C. Duncan-Johnson, and E. Donchin, “The time constant in P300 recording,” Psychophysiology, vol. 16, pp. 53-55, 1979.

[9] A. C. Merzagora, S. Bunce, M. Izzetoglu, and B. Onaral, “Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection,” in 28th Annual International Conference of IEEE EMBS New York (NY), pp. 2434-2437. 2006.