

利用腦波於人臉辨認

Applying brain waves to face recognition

孫光天

李玄景

陳旻琦

蕭名孝

林芳如

葉采盈

國立臺南大學 理工學院 數位學習科技學系

ktsun@mial.nutn.edu.tw

摘要

本研究運用腦波 P300 振幅大小之差異，來檢驗受測者對於人臉印象之研究。首先讓受測者觀看一張人臉圖片，直到受測者記住圖片中的臉部特徵後，開始進行腦波實驗。實驗中，將人臉分為眼睛、鼻子、嘴巴三部分，每部分以隨機方式在電腦螢幕上將各種人臉每一部分圖片重複呈現出來，收集受測者回應的腦波訊號。經由分析比較 P300 振幅差異，可將受測者所記住人臉的眼睛、鼻子與嘴巴找出來，系統並自動組合出一張臉，結果與當初記住的人臉圖片相同，完成腦波人臉辨認之目的。本研究以大腦印象拼圖的方式將人臉的不同部位加以重組，可以產生多組不同的人臉圖片，可以大幅減少實驗的刺激物數量，加快實驗的進行。

關鍵詞：腦波、P300、圖片印象、自動臉部重組。

Abstract

The purpose of this research analyzes the EEG to the impressed human face by comparing the P300 amplitude. First step, a subject look a image of human face until the subject remember the facial features of the image, then we start our EEG experiment. The experiment divided into three blocks: eyes, noses, and mouthes. Three different images presented repeatedly and randomly on the monitor in each block. Then Collection subjects' EEG signals. We compared the difference of the P300 amplitude from the subjects, then the combination of the impressed features presented automatically. The combined image was the same with the image seen before. The purpose of human face recognition is accomplished. In this research, different parts of the human face be reorganization with the method of brain image jigsaw, can produce different sets of human face

images. It can significantly reduce the number of experimental stimuli, and speed up the conduct of experiments.

Keywords: EEG、P300、image、automatic compose.

1. 前言

現在社會上有些人受到壞人的侵害後，往往無法自主的指認出嫌犯的長相，或是許多犯罪集團，其中一人落網後不願指出幕後首領，為了打擊犯罪，這時候我們希望可以使用大腦認知對於熟悉的臉部特徵來進行研究分析，以協助在犯罪案例上找出真相。有文獻指出對於熟悉的人的臉部特徵在 P300 會有顯著的反應 [6]。

西元 1929 年，德國學者 Hans berger 於人類身上發現了腦電波 (electroencephalogram, EEG)，此後，各國的研究團隊對人類大腦開始進行深入的研究。事件相關電位 (Event-Related Potentials, ERPs) 是腦電波應用的技術之一，指的是凡是外加一種特定的刺激，作用於感覺系統或腦的某一部位，在給予刺激或撤銷刺激時，在大腦區域所引起的電位變化。

本研究主要採用腦電波做分析，首先分析大腦對事物有無印象是否會在腦電波上呈現差異反應，實驗結果確實產生不同腦電波後，進一步探討腦電波能否應用在大腦認知方面。腦電波是一種微量且極小伏特電流所產生的電位差，利用腦電波事件相關電位的方式記錄這些細微的電位變化。ERP 實驗方式：先有刺激物 (stimulus) 出現在受測者面前，施測者藉此判別受測者在刺激物出現的前、後腦電波變化。刺激物可能是圖片、文字、聲音或動畫…等，這些刺激會影響人腦內部認知而產生不同的腦波變化成分，如：N170、P200、P300、N400…等。

大腦在察覺有似曾相似感覺時，會在大腦枕葉區和顳葉區進行視覺和記憶的搜尋，同

時，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[7]。當一起犯罪事件發生時，有關犯案的相關細節會對犯罪者本人和受害者本身有顯著的影響，對無罪的嫌疑犯不會產生任何作用。因此，如果一系列圖片裡面，放置其他無關犯案相關的東西和一些與犯案相關的東西，那麼那些與犯案細節有關的東西，有可能會將“有罪嫌疑犯”的 P300 誘出。本研究主要即以此理論，進行大腦認知實驗，在此我們採用 P300 作為偵測個體是否有印象的依據。而刺激物必須是個人有印象的圖片，P300 才有可能被誘發。

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，當刺激物變化愈大越不可預測時，P300 的振幅就會愈大[2,3,5]。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 P300 常以觀察振幅最大的 Pz 點為準[8]。

在文獻探討上，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) [10]，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[9]。基於 CIT 進行臉孔的識別，是可以成功得知受測者是否有無隱瞞重要資訊[6]。人類大腦對於臉孔的感知狀態比物體或房子等物件的感知更為強烈，尤其是在大腦梭狀迴(fusiform face area)的位置[12]。此外，另有研究指出臉部特徵的二階(second-order)關係[11]，即臉部特徵的細微改變，例如兩眼間的寬度差異，大腦對於這些二階關係的變化會有不同程度的腦波變化。因此，本研究擬以此項技術進行人的臉部辨認。

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。

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 22 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 和臉部特徵重組並紀錄其腦波訊號的實驗。

2.2 實驗流程

實驗分為兩步驟進行，首先進行 Oddball 實驗，觀察其腦波是否有正常反應，再進行人臉辨認實驗，個流程如下所述。

2.2.1 Oddball 實驗

本實驗中會出現兩種刺激物，一種是人的臉部圖片，另一種則是半徑為 3 公分的白球，螢幕背景色為黑色；兩種刺激物出現的比例分別為 25%和 75%，總共會出現 60 次的刺激(臉部圖片出現十五次，白球出現四十五次)，刺激物每次出現 1 秒，休息 1 秒，休息時螢幕為全黑。當刺激物(臉部圖片或白球)出現時，受測者必須專注於螢幕上，並距離螢幕 79 公分，盡量讓身心保持平靜，不要亂動，以免影響實驗結果。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 2 分鐘。

2.2.2 人臉辨認實驗

一開始，我們以有特徵差異的三張人臉圖片(圖 1 所示)做為實驗素材，再將此三張圖分別切割為眼睛、鼻子、嘴巴三部份(圖 2 所示)。



圖1 特徵差異明顯的三張圖片

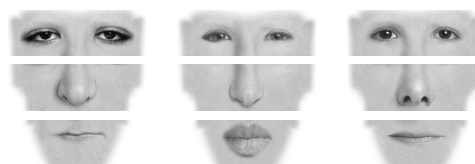


圖2 分別切割為眼睛、鼻子、嘴巴三部份

在實驗開始前，由我們隨機給予受測者一張臉部圖片作為目標物，取另外兩張作為不相關物。讓受測者觀看目標物，直到受測者記住圖片中的臉部特徵，接著在沒有圖片的情況下，我們請受測者將記憶的臉部特徵在紙上描繪出來(時間約五分鐘)，經過施測者確認通過後便開始進行腦波實驗。

實驗中分為眼睛、鼻子、嘴巴三組，每一組皆有三張不同的圖片，每一張圖片皆會出現二十次，所以圖片總共會以隨機出現的方式顯示六十次，每次圖片顯示的時間為0.7秒鐘，休息1秒鐘(休息時螢幕顯示一個半徑為3公分的白球，目的是讓受測者能專注在螢幕上，以免視線偏移影響實驗結果)。

每一組實驗進行時間約為103秒。第一組實驗(眼睛)結束後，螢幕會出現進行下一組實驗(鼻子)的指令，由施測者確認受測者情況良好，未出現不適症狀(若受測者出現不適狀況，則讓受測者稍作休息)後繼續操控進行下一組實驗。受測者須連續進行三組實驗，時間總長共約五分二十秒。實驗過程中會自動收集並儲存受測者給予回應的腦波訊號，實驗結束後，螢幕會顯示確認鍵，經由施測者按下確認鍵，系統將會自動進行P300腦波分析，螢幕中會出現個別分析“eye”、“nose”、“mouth”和“Do Face Compose”圖片重組的按鈕。分別按下eye、nose、mouth的按鈕可以分析受測者的腦波圖，按下Do Face Compose的按鈕，系統會將分析後的受測者腦波資料(P300反應較大的圖片的特徵電極點)，讓系統進行最後的組成圖片。

3. 腦波紀錄與分析流程

3.1 記錄流程

在 Oddball 實驗(看受測者腦波是否能正常反應出 P300)和人臉辨認實驗中，腦波從實驗開始到實驗結束均完整地紀錄下來。

Oddball 實驗腦波紀錄總共為 120 秒，擷取區段(extract epochs)為刺激前 100 毫秒到刺激後 100 毫秒，以刺激前 100 毫秒為基準線(baseline)；人臉辨認實驗的一個特徵顯示時間為 103 秒，共分為三個特徵：眼睛、鼻子和嘴巴，腦波紀錄總共為 309 秒，擷取區段(extract epochs)為刺激前 100 毫秒到刺激後 700 毫秒，同樣以刺激前 100 毫秒為基準線(baseline)。腦波紀錄流程分別如圖 3 和圖 4 所示。本研究中腦波取樣頻率為 500Hz，帶通濾波介於

0.1-15Hz，電極點取國際 10-20 制系統定位，在 Oddball 實驗中以 Pz、O1 為觀察 P300 的電極點；而在人臉辨認實驗中則是以 Cz、C3、C4 為觀察 P300 的電極點，兩者皆以 A1、A2(左、右耳垂位置)為參考電位。

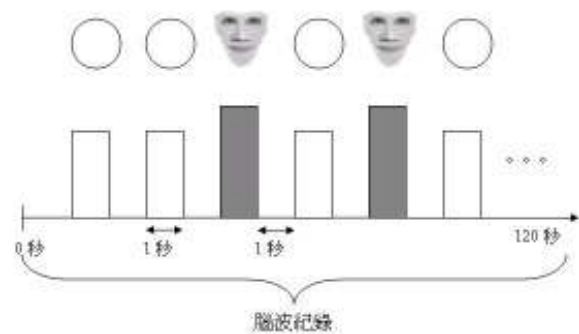


圖3 Oddball實驗腦波紀錄流程

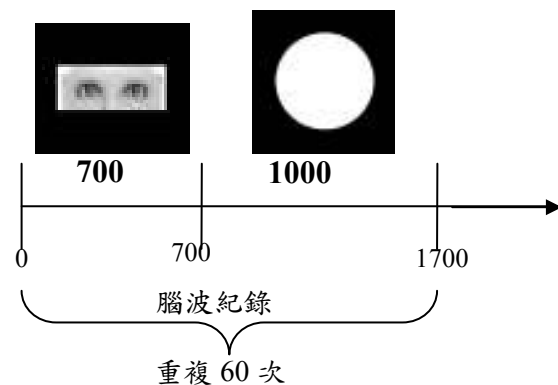


圖4 人臉辨認實驗腦波紀錄流程

3.2 統計分析

ERP 的提取必須將 EEG 做自動分析來完成。自動分析是指將記錄到的原始生理訊號在實驗結束後直接進行分析處理的過程。在 ERP 研究時，對原始腦電波訊號數據的自動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，擷取每個刺激出現的時間區段，再進行雜訊、干擾的去除。去除眼動雜訊干擾較大的區段，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。

完成基準線校正後，進行數位濾波，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 2-10 μ V)遠小於 EEG 的振幅(約 10-75 μ V)，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 的波形仍為一樣。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[3]。在完成 ERP 的提取後，便進行統計分析[1]。人臉辨認實驗是進行 F 檢定，來檢定是否有顯著性的差異。

4. 實驗結果與討論

4.1 Oddball 實驗

在 Oddball 實驗後，發現每一個受測者在 250-450ms 都有一個很明顯的正向波，圖 5 顯示其中一位受測者在做 Oddball 實驗後的 P300 腦波圖（其餘結果類似）。圖中虛線代表的是白球，出現次數比較多(45 次)，實線代表的是人的臉部圖片，出現次數比較少(15 次)。結果顯示受測者透過 Oddball 實驗可以出現正常的 P300 波形，而當刺激物為人的臉部圖片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。這個結果與許多文獻所述相同[2] [3]：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。

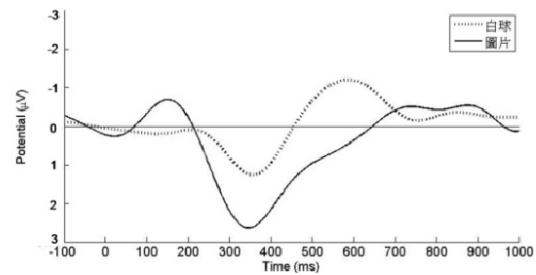


圖5 其中一位受測者Oddball實驗的P300振幅

4.2 臉部辨認實驗

在臉部辨認實驗結果中，我們發現每位受測者在眼睛、鼻子、嘴巴三組實驗中，在 Cz、C3、C4 電極點位置上有一正向波潛時約在 260~330ms 之間，並與其他非目標物的正向波有顯著差異(如圖 6)，其中圖 7 和表 1、圖 8 和表 2、圖 9 和表 3 分別顯示三個電極點(Cz、C3、C4)，在實驗結束後分析出有印象與無印象的臉部特徵圖片振幅的 b-p 值。最後透過 F 檢定進行統計分析，將三個電極點(Cz、C3、C4)的有印象與兩張無印象的臉部特徵圖片的振幅及顯著性 F 檢定值(表 4)。

一開始，我們根據文獻採用了 Fz、Pz、P3、P4、Cz、C3、C4 這七個點進行實驗，我們發現每位受測者在眼睛、鼻子、嘴巴三組實驗中，左腦與右腦間對於人的臉部辨識 P300 振幅有時會出現不一致的結果。其中 Cz、C3、C4 這三個點，在本實驗中的目標物 P300 振幅較顯著，所以我們採用 Cz、C3、C4 這三點的腦波資料，並進行投票，來決定最後的組成圖片。

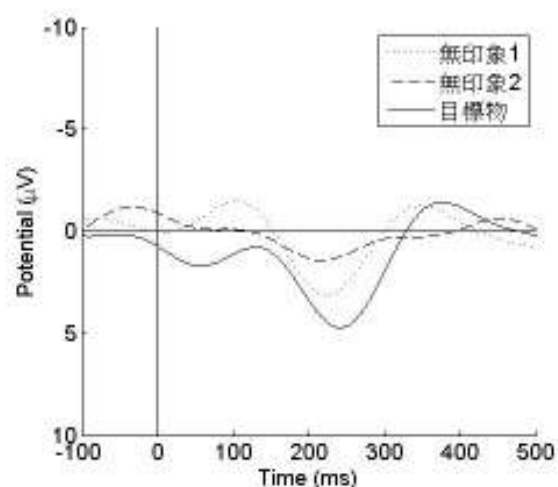


圖6 臉部辨認實驗事件相關電位波形圖

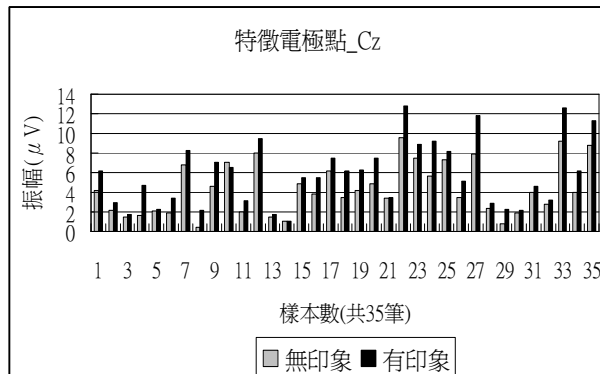


圖 7 所有受測者在 Cz 電極點上的 P300 振幅值(b-p) (共 35 筆數據)

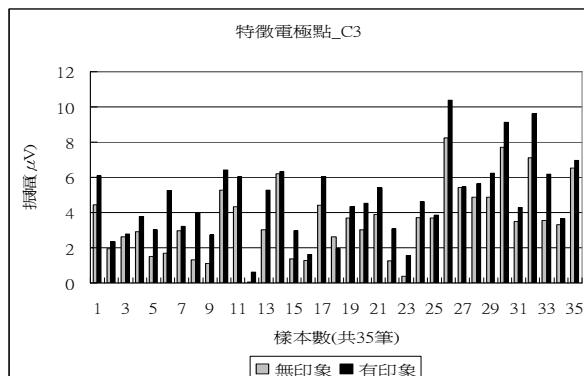


圖 8 所有受測者在 C3 電極點上的 P300 振幅值(b-p) (共 35 筆數據)

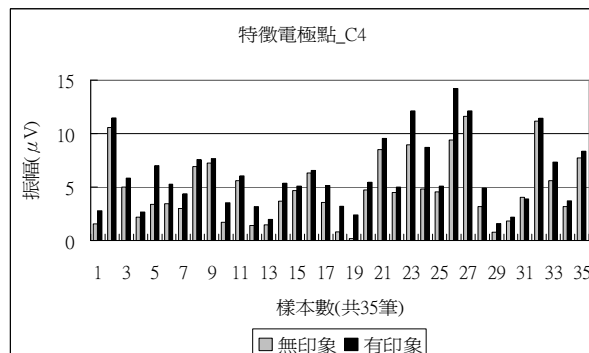


圖 9 所有受測者在 C4 電極點上的 P300 振幅值(b-p) (共 35 筆數據)

表 1 C3 的 P300 振幅值(b-P)事後多重比較表

(I) 單因子	(J) 單因子	平均差異 (I-J)	顯著性
無印象圖片1	無印象圖片2	-.0712600	.924
	有印象圖片	-2.1173457*	.006
無印象圖片2	無印象圖片1	.0712600	.924
	有印象圖片	-2.0460857*	.007
有印象圖片 (目標物)	無印象圖片1	2.1173457*	.006
	無印象圖片2	2.0460857*	.007

表 2 C4 的 P300 振幅值(b-P)事後多重比較表

(I) 單因子	(J) 單因子	平均差異 (I-J)	顯著性
無印象圖片1	無印象圖片2	-.1163057	.824
	有印象圖片	-1.6166429*	.003
無印象圖片2	無印象圖片1	.1163057	.824
	有印象圖片	-1.5003371*	.005
有印象圖片 (目標物)	無印象圖片1	1.6166429*	.003
	無印象圖片2	1.5003371*	.005

表 3 Cz 的 P300 振幅值(b-P)事後多重比較表

(I) 單因子	(J) 單因子	平均差異 (I-J)	顯著性
無印象圖片1	無印象圖片2	-.1643914	.820
	有印象圖片	-1.9711171 *	.007
無印象圖片2	無印象圖片1	.1643914	.820
	有印象圖片	-1.8067257 *	.014
有印象圖片 (目標物)	無印象圖片1	1.9711171 *	.007
	無印象圖片2	1.8067257 *	.014

表 4 Cz、C3、C4 之 P300(b-p) 振幅值 ANOVA 比較表

	F 檢定	顯著性
Cz	4.610	.012*
C3	5.978	.004*
C4	5.166	.007*

5. 結論與討論

5.1 Oddball 實驗

透過 Oddball 實驗與臉部辨認實驗，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。

5.2 臉部辨認實驗

在 Face 的實驗方面，受測者看過事先給予的圖片後，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，並且在統計上有達到顯著的差異，此實驗結果與許多文獻所述相符合。

因此，從實驗結果中我們推定，大腦對於有印象的臉部圖片，會有顯著的反應，希望可以使用大腦認知對於熟悉的臉部特徵來進行研究分析，以協助在犯罪案例上找出真相。

5.3 討論

本研究中的分析腦波特徵為 P300 的 b-p 值，此實驗結果與許多文獻所述相符：當刺激物為熟悉的(familiar)或有意義(meaningful)的 P300 振幅會大於不熟悉的(unfamiliar)或無意義(meaningless)的 P300 振幅。

本研究以切割的人臉圖片進行人臉辨識的實驗，經由不同部位特徵的配對，可以組合出多種變化。以本實驗為例，眼睛、鼻子、嘴巴各取三個，共可組成 27 張不同的人臉圖片。以往的腦波人臉辨認通常以完整的人臉進行實驗，因此刺激物的數量會因此增加，也容易產生非對即錯的結果，本實驗以切割後的部份人臉進行重組，可以減少刺激物的數量，並且能夠提高正確率，即使沒有把三個臉部特徵都辨認出來，也能掌握七成以上的特徵資訊。此種大腦印象拼圖的方式未來可以應用到其他方面，例如犯罪現場的重建。

實驗後的資料提取分析，我們採用自動化的資料儲存、分析與臉部重組，因此在受測者實驗結束後，能立刻顯示受測者大腦認知判斷出的印象圖片。藉由此研究的應用，能在大腦對人臉部分特徵的擷取後，系統自動產生人臉完整圖片，對其他圖像亦可利用此技術完成辨認。

參考文獻

- [1] 林清山，**心理與教育統計學**。臺北市：臺灣東華，1992。
- [2] 趙倫，**ERP 實驗教程**，天津：天津社會科學院，2004。
- [3] 魏景漢、羅躍嘉，**認知事件相關電位教程**，北京：經濟日報，2002。
- [4] Bobes, M.A., Lopera, F., Comas, L.D., Galan, L., Carbonell, F., Bringas, M.L., et al., "Brain potentials reflect residual face processing in a case of prosopagnosia," *Cogn. Neuropsychol*, Vol. 21, pp. 691-718,

本研究利用腦波訊號來偵測大腦內認知的訊息，實驗共有二個階段（Oddball 和臉部辨認實驗），Oddball 結果與一般參考文獻上所說的結果相符，接下來的 Face 實驗，辨認成功率則有達到近七成的水準。

2004

- [5] Duncan-Johnson, C. C. & Donchin, E., "Effects of a priori and sequential probability of stimuli on event-related potential," *Psychophysiology*, Vol. 14, pp. 95, 1997.
- [6] Ewout H. Meijer, Fren T.Y. Smulders, Harald L.G.J. Merckelbach, Ann G. Wolf, "The P300 is sensitive to concealed face recognition," *International Journal of Psychophysiology*, Vol.66, pp. 231-237, 2007.
- [7] Farwell, L. A. & Smith, S. S., "Using Brain MERMER Testing to Detect Knowledge Despite Efforts to Conceal," *Journal of Forensic Science*, Vol.46, pp. 135-143, 2001.
- [8] Johnson, R., "On the neural generators of the P300 component of the event-related potential," *Psychophysiology*, Vol. 30, pp. 90-97, 1993.
- [9] Johnson, R. Jr., "The amplitude of the P300 component of the event-related potential," *Psychophysiology*, Vol.2, pp. 69-138, 1988.
- [10] Langleben, D. D., Schroeder, L. J., Maldjian, A., Gur, R. C., McDonald, S., Ragland, J. D., O'Brien, C. P., & Childress, A. R., "Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study," *NeuroImage*, Vol. 15, pp. 727-732, 2002.
- [11] Maurer, D., Le Grand, R., Mondloch, C.J., "The many faces of configural processing," *Trends Cogn. Sci.*, Vol. 6, pp. 255-260, 2002.
- [12] Maurer, D., O'Craven, K.M., Le Grand, R., Mondloch, C.J., Springer, M.V., Lewis, T.L., et al., "Neural correlates of processing facial identity based on features versus their spacing," *Neuropsychologia*, Vol. 45, pp. 1438-1451, 2007.