

元培醫事科技大學

元培學報第二十四期

聲光刺激任務下大腦不同區域之 CNV 反應之研究

A Study of the CNV Responses with Sound and Flash Stimuli on Different Brain Regions

作者： 林祈佑 Ci-You Lin
中山醫學大學附設醫院醫工室

李正民 Cheng-Min Lee
健行科技大學電子工程系

趙文鴻 Wen-Hung Chao
元培醫事科技大學生物醫學工
程系



聲光刺激任務下大腦不同區域之 CNV 反應之研究

A Study of the CNV Responses with Sound and Flash Stimuli on Different Brain Regions

林祈佑¹Ci-You Lin

中山醫學大學附設醫院醫工室

李正民²Cheng-Min Lee

健行科技大學電子工程系

趙文鴻^{*3}Wen-Hung Chao

元培醫事科技大學生物醫學工程系

¹Medical Engineering Section, Chung Shan Medical University Hospital

²Department of Electronic Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

³Department of Biomedical Engineering, Yuanpei University of Medical Technology

(Received September 19, 2018; Revised May 10, 2019; Accepted July 10, 2019)

摘要：人們生活於科技進步時代，環境中充斥著各種視覺與聲音的刺激，而人類因這些刺激長時間的累積影響下，造成心理的負荷產生了所謂的壓力。過去的研究發現，人類在壓力持續累積的狀態下，容易造成憂鬱、焦躁不安，身體上的病痛等心理與生理層面的影響。自 1929 年由 Electroencephalogram(EEG)腦電波圖發現大腦的自發電位後，引起人類對於大腦反應的興趣，利用不同類型的刺激來探討腦波反應的相關研究也越來越多。由簡單的視覺與聲音的任務刺激中，發現了人類對於任務的期待，而表現出在心理負荷的過程中產生負向偏轉 (Contingent Negative Variation : CNV)反應的腦波訊號。因此，對於大腦生理訊號與心理層面的研究與探討，已成為至今腦波研究的重要議題。為了解大腦在聲音與光的刺激下並接受不同任務，使得 CNV 的反應會有何種不同的差異。因此設計了一套利用一種聲刺激與閃光刺激，執行忽略、按按鈕、記憶與按按鈕配合記憶等四種不同動作反應任務的實驗區段，針對 15 位(平均年齡 23.1 歲)身心健康的受測者，進行雙耳雙眼的聲音與閃光任務刺激實驗。結果顯示，CNV 的振幅大小會因為任務的困難度不同會有所變化。記憶任務會因分心效應降低 CNV 振幅使注意力無法提高。越複雜的任務動作會使心理負荷提高，在任務完成後心理負荷

*Corresponding author



的解脫越大。而按鈕反應時間的結果顯示，在有記憶計數任務的按鈕反應時間會比無記憶計數任務的反應時間還快。

關鍵詞：心理負荷、腦電波圖、負向偏轉

Abstract : Living in the age of advanced technology, visual and auditory stimuli pervade everywhere and people have caused stress due to long exposure to these stimuli. Previous research have shown those people who are constantly under stress environment will easily induce depression, anxiety, and other physical and mental illnesses. The discovery of spontaneous brain potentials as the electroencephalogram (EEG) since 1929, people have been interested in the study of brain's response. Thus, more studies use different types of stimulations to explore the various responses of the brain. From the application of auditory and visual stimuli in brain researches, the results of EEG have shown that the brain's response of contingent negative variation (CNV) is related to mental load of stress. Therefore, the study of the brain's biological reaction and its relation to the psychological aspect is an important topic in EEG. In order to understand the brain responses of CNV from auditory and light stimuli of different experiments, this study designed a series of sections using sound and flash light stimuli to conduct four sections (Inattention, Attention-Button, Attention-Memory, and Attention-Button-Memory) on 15 healthy participants (mean age 23.1 years). The results of this study show that the amplitude of CNV depends on the difficulties of the given tasks. The memory tasks will decrease the amplitude of CNV due to the effects of distraction. The more complex tasks, the more stress the subject's mind is. On the contrary, the greater mental relief is when the task is completed from the results of the reaction time during button-pressing task. Also, it is evident that the reaction time that involves memorization is faster than the one without memorization.

Keywords: electroencephalogram (EEG), contingent negative variation (CNV), mental load

壹、簡 介

人類在多重外在的聲音與視覺等刺激影響下，或對於外在事件刺激必須在行為、認知與專注進行特定性的反應，在長時間的累積下常造成心理上的負荷。而長期對於事件的期待或注意所造成心理負荷就可視為壓力[1]。壓力累積狀態易造成心理與生理層面的影響，例如憂鬱、焦躁、身體不適或病痛等狀況。當人類面對壓力的感受認知上，往往會在心理產生壓迫、危險與不確定性，使容易有焦慮緊張的反應[2]。

Walter 與 Cooper 等人於 1964 發現在測量腦電波反應時，先給予受測者一個預備信號，經過一定的時間再給予一個命令信號，並要求受測者於命令信號後快速按下手中的按鈕，在這預備信號與命令信號之間發現腦電波產生負向偏轉，這樣負向偏轉的現象稱為伴隨性負變



化(Contingent Negative Variation : CNV)。過去研究發現 CNV 的產生與心理層面有所關連，並提出對事件的期待感或對事件的動機、覺醒與專注力的提升等多種心理因素，使構成加重心理的負荷[1,3]。

Hans Berger 於 1929 年發表腦電圖(Electroencephalogram : EEG)了解腦的自發電位後，八十多年以來對於 EEG 腦電位相關研究就不斷的發展。當腦神經細胞與神經纖維在傳導神經脈衝(nerve impulse)時，會產生微弱電位變化，而此電位變化的訊號稱之為腦電波(Brainwave)。由於腦電波的生理電訊號都較其他生理電訊號微小，因此腦電波是在所有生理電訊號中後期才被發現。過去都由頭皮上各電極點的電位差異量測出 EEG 訊號，而在 EEG 訊號中會因為外在刺激或行為反應，隱藏著包含有心理意義的相關事件發生，因此 EEG 訊號是容易將心理的行為展現出來。如果將同樣條件時間範圍下的不連續成分波型加以提取處理，所發現之事件與時間關係的腦電波訊號活動，將之稱為事件相關電位(Event-Related Potential : ERP)。由於 ERP 必須給予特定刺激或行為任務的動作反應等事件所引發的腦電位變化，加上腦電波所擷取出的資料成分容易受其他生理電訊號成分的參入，對於事件的感官與認知活動等之相關過程是較為難以觀察。為了讓較純的 ERP 成分由 EEG 中萃取出來，所以在實驗中必須重複給予多次的事件刺激，並將每一次的事件刺激中含有 ERP 成分之 EEG 以疊加之後取得其平均，最後可推算得到更為具體的單一刺激之 ERP 訊號。

為了更加了解人類在指令任務的動作刺激下，大腦 CNV 振幅反應會有何種表現，因此本研究設計一套聲光刺激實驗，以 80 分貝(dB)的喀聲為一聲音刺激的預備音，與一閃光刺激做為命令信號條件來對雙耳與雙眼做聲音與閃光刺激，並利用腦電圖儀來擷取腦訊號進行析、探討與比較，以藉此了解不同任務之腦波 CNV 表現。

貳、方法與材料

1.受測者

本研究尋找 15 位身心健康的青少年(女性 3 位，男性 12 位，其平均年齡為 23.1 歲)，且均自願參與本研究，並且接受完整的實驗說明。本實驗之腦電波訊號於聲光刺激實驗起同時進行紀錄。參與本研究受測者參與之實驗程序與資料擷取過程皆經由國立臺灣大學醫學院附設醫院新竹分院人體試驗委員會審核通過(104-086-E)。

2.實驗流程

受測者在獨立無干擾空間中進行聲光刺激實驗並進行腦電波的紀錄，受測者以放鬆舒適的坐姿進行測試，在實驗前會先進行一次實驗說明。如圖 1 所示為實驗流程，首先進行受測者頭皮之電極配置，設定聲音刺激與閃光刺激條件後，再分別執行 4 種不同聲光刺激實驗之實驗區段，每項實驗區段執行 5 分 30 秒，實驗過程給予 130 次之聲光刺激，每項實驗區段之間休息 3 分鐘。每次實驗於檢查電極阻抗值後開始量測，並透過一定的聲光刺激實驗流程



以確保實驗資料擷取的正确性，當實驗之聲音聽覺刺激出現開始紀錄波形。

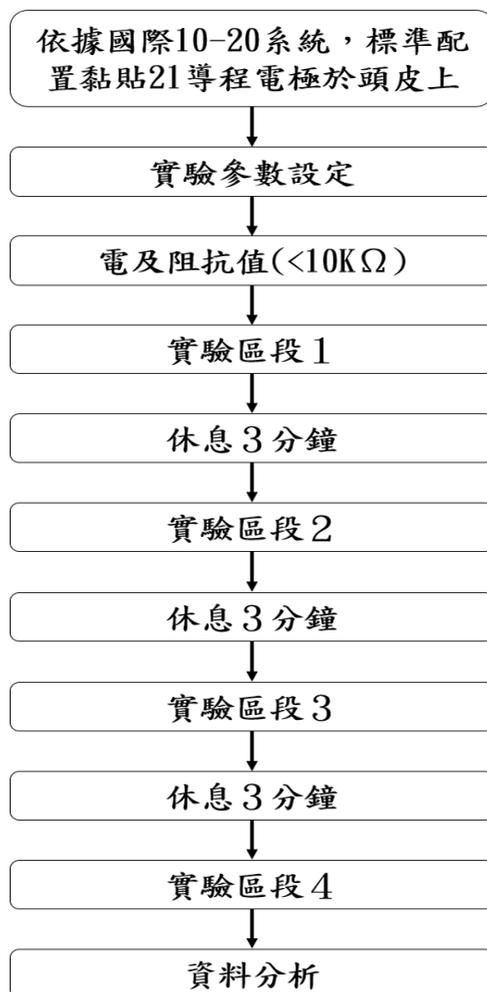


圖 1、為本實驗之實驗流程圖。

(1) 實驗區段 1 (Inattention)

受測者雙耳戴上耳機，雙眼閉眼帶上光刺激眼罩。如圖 2 所示，依順序先給予雙耳一喀聲(Click)音刺激後，再給予雙眼一閃光(Flash)刺激。喀聲刺激(S0)音量為 80dB，持續 5ms。一閃光刺激(S1)持續時間為 50ms。喀聲刺激與一閃光刺激間隔 1s，一喀聲配一閃光為一組完整刺激，一閃光刺激結束至下一組喀聲刺激之間隔為 1.5s，整個實驗流程共給予刺激 130 次。此實驗區段過程中，受測者無須對刺激做任何反應。



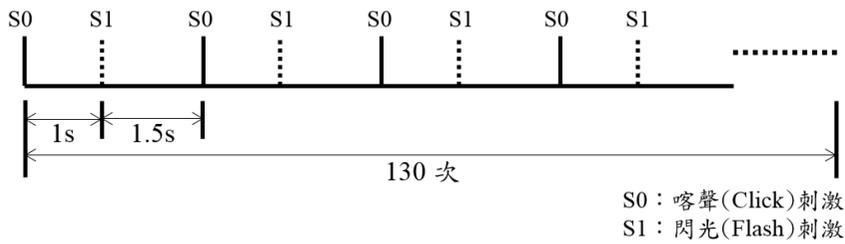


圖 2、實驗區段 1 (Inattention)之刺激示意圖

(2) 實驗區段 2 (Attention Button)

受測者雙耳戴上耳機，雙眼閉眼帶上光刺激眼罩，慣用手拿按鈕。如圖 3 所示，依順序先給予雙耳一喀聲音刺激後，再給予雙眼一閃光刺激。喀聲(S0)為預備音 80dB，持續 5ms，一閃光刺激(S1)為命令信號，持續時間為 50ms。喀聲刺激與一閃光刺激間隔 1s，一喀聲配一閃光為一組完整刺激，一閃光刺激結束至下一組喀聲刺激之間隔為 1.5s，整個實驗流程共給予刺激 130 次。

此實驗區段過程中，受測者聽到預備音(喀聲)時做好預備動作，當出現閃光後立即以慣用手按下手中的按鈕 B 的任務。

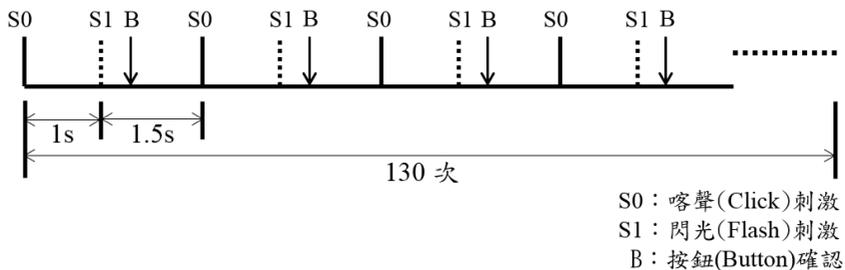


圖 3、實驗區段 2 (Attention Button)之刺激示意圖

(3) 實驗區段 3 (Attention Memory)

受測者雙耳戴上耳機，雙眼閉眼帶上光刺激眼罩，慣用手拿按鈕，並依順序先給予雙耳一喀聲音刺激後，再給予雙眼一閃光刺激(圖 4)。喀聲為預備音(S0) 80dB，持續 5ms。一閃光刺激為命令信號(S1)，持續時間為 50ms。喀聲刺激與一閃光刺激間隔 1s，一喀聲配一閃光為一組完整刺激，一閃光刺激結束至下一組喀聲刺激之間隔為 1.5s，整個實驗流程共給予刺激 130 次。

此實驗區段過程中，受測者聽到預備音(喀聲)時做好預備動作，當出現閃光後立即做大腦記憶 M 之任務，受測者需記憶計數整個實驗過程中之閃光出現總次數，並於實驗結束後核對實際次數。



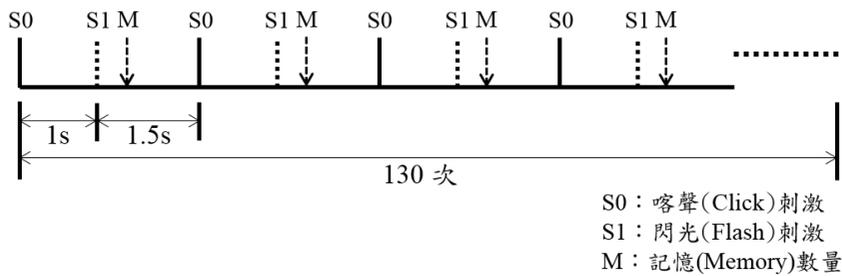


圖 4、實驗區段 3(Attention Memory)之刺激示意圖

(4) 實驗區段 4(Attention Button Memory)

受測者雙耳戴上耳機，雙眼閉眼帶上光刺激眼罩，並依順序先給予雙耳一喀聲音刺激後，再給予雙眼一閃光刺激，實驗程序如圖 5 所示。喀聲為預備音(S0) 80dB，持續 5ms。一閃光刺激為命令信號(S1)，持續時間為 50ms。喀聲刺激與一閃光刺激間隔 1s，一喀聲配一閃光為一組完整刺激，一閃光刺激結束至下一組喀聲刺激之間隔為 1.5s，整個實驗流程共給予刺激 130 次。

此實驗區段過程中，受測者聽到預備音(喀聲)時做好預備動作，當出現閃光後立即以慣用手按下手中的按鈕 B，並且大腦記憶 M 之任務，受測者需記憶計數整個實驗過程中之閃光出現的總次數，並於實驗結束後核對實際次數。

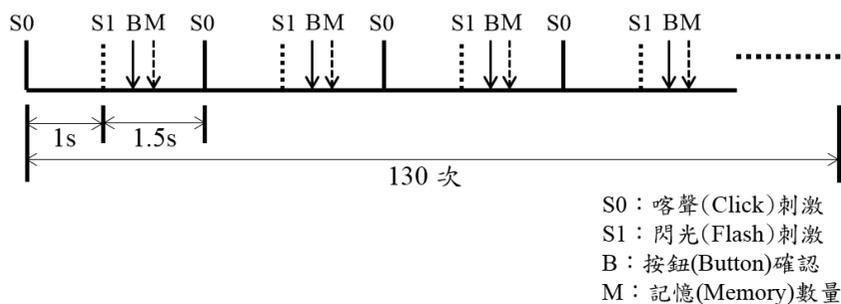


圖 5、實驗區段 3(Attention Button Memory)之刺激示意圖

3. 腦波紀錄

EEG 信號的擷取於實驗流程圖 1 執行完同時測量完成，所有 EEG 信號是利用 Neuron Spectrum 4/EPM (俄羅斯 Neurosoft 公司製) 腦電圖擷取系統來記錄腦電位訊號，並依據國際 10-20 系統標準頭皮電極位置黏貼 21 導程之電極點，將以 FPz 為參考點，並檢測電極點之阻抗小於 10KΩ，信號擷取通過一個四階帶通濾波器，其截止頻率設定下限截止頻率為 0.05Hz，上限截止頻率設為 35Hz，取樣頻率為 500Hz。



4. 腦電波訊號分析

每一筆紀錄之腦電波訊號資料，依照腦電圖擷取系統所設定之取樣頻率進行資料轉檔。將轉檔後之資料進行 ERP 的提取分析。資料分析濾波設定下限截止頻率為 0.5Hz，上限截止頻率為 40Hz，刺激訊號提取時間設定為 2500ms(Windows:-500ms~2000ms)。實驗過程中會因為受測者眼球轉動或臉部肌肉無意的抽動，所產生大於 100 μ V 振幅之肌電訊號將先行去除後進行分析。而 ERP 是將所有試驗的 EEG 進行平均計算後獲得(圖 6)，如同公式 1 所示，公式中 N 為每一個實驗區段的刺激次數， X_1 到 X_N 為 N 個刺激區段所含的腦波視窗內的取樣數，並個別加總後除以實驗區段的總刺激數 N。

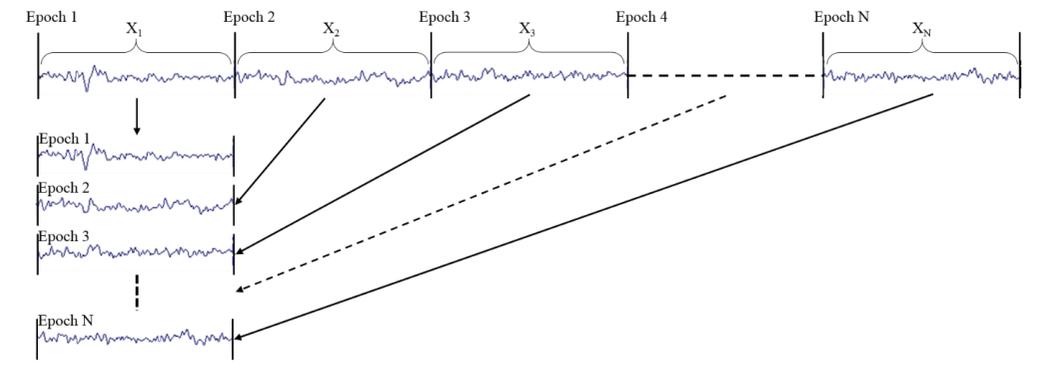


圖 6、ERP 疊加計算示意圖

$$ERP = \frac{1}{N} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N)$$

(1)

參、結果與討論

從 15 位受測者所擷取之腦電波數據結果發現，15 位受測者之 ERP 平均振幅於第 0ms 喀聲預備音刺激(S0)後，與第 1000ms 閃光命令信號刺激(S1)後均有明顯的反應振幅(圖 7、圖 8 與圖 9)，並在實驗區段 2 (Attention Button 實驗)、實驗區段 3 (Attention Memory 實驗)與實驗區段 4 (Attention Button Memory 實驗)之各實驗分別於兩刺激時間(S0 與 S1)之間有一顯著的負向連續波產生。受測者於此三項實驗區段對於喀聲(S0)與閃光(S1)的刺激信號各別做不同



的任務反應，在觀測的三個電極點 Fz(圖 7)、Cz(圖 8)和 Pz(圖 9)於 S0 至 S1 之間均有顯著負電位慢波，此負電位慢波為 CNV 負向偏轉的現象產生。但觀察實驗區段 1 的結果，受測者不對喀聲(S0)與閃光(S1)的刺激信號做任何任務反應，於三個電極觀測點 Fz(圖 7)、Cz(圖 8)和 Pz(圖 9)於兩刺激(S0 與 S1)之間無 CNV 負向偏轉的現象。

依據人體大腦解剖結構顯示，大腦左右半腦之間由胼胝體作為兩半腦的訊息傳遞與連結 [5,6]，大腦在接收到刺激時會以 Cz 所接收到的電位反應較其他區域的電位反應還要大。此外過去的研究顯示，也說明了 CNV 振幅以 Cz 電極點之振幅最為明顯[4, 7]，因此將以 Cz 做為觀察實驗區段 2、實驗區段 3 與實驗區段 4 之 CNV 振幅結果進行探討。由結果顯示，實驗區段 2 (Attention Button 實驗)的 CNV 振幅表現比實驗區段 3 (Attention Memory 實驗)與實驗區段 4 (Attention Button Memory 實驗)還高。而在實驗區段 3 與 4 的比較顯示，以實驗區段 4 的 CNV 振幅表現比實驗區段 3 還要高。

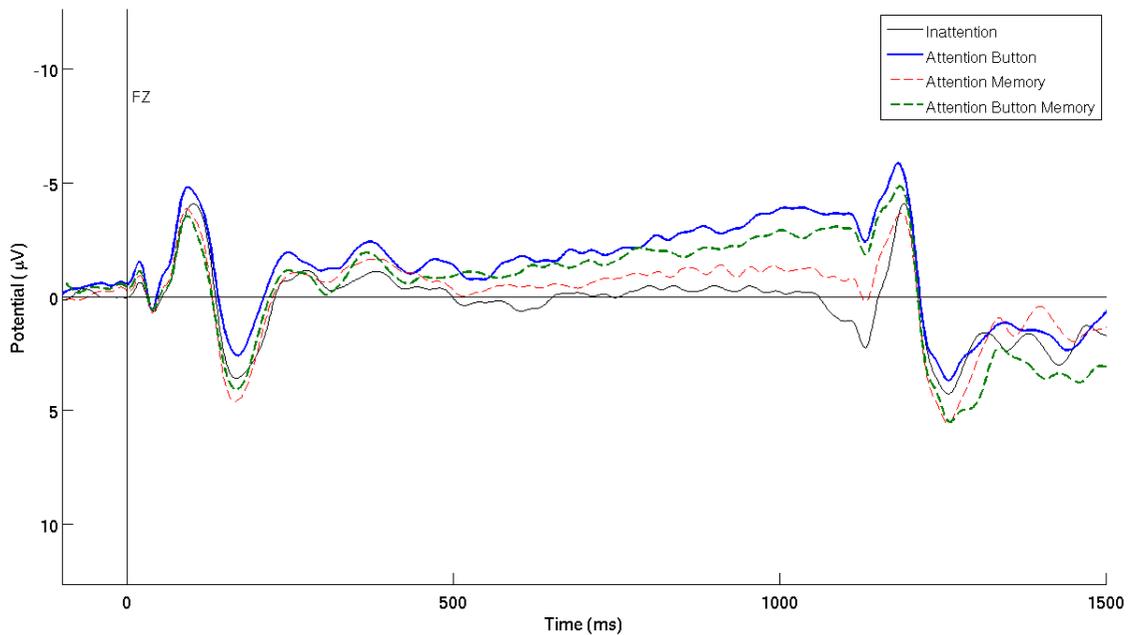


圖 7、為 15 位受測者之 Fz 平均 ERP 之 CNV 振幅，黑色實線(Inattention)為實驗區段 1，藍色粗實線(Attention Button)為實驗區段 2，紅色虛線(Attention Memory)為實驗區段 3 及綠色粗虛線(Attention Button Memory)為實驗區段 4。



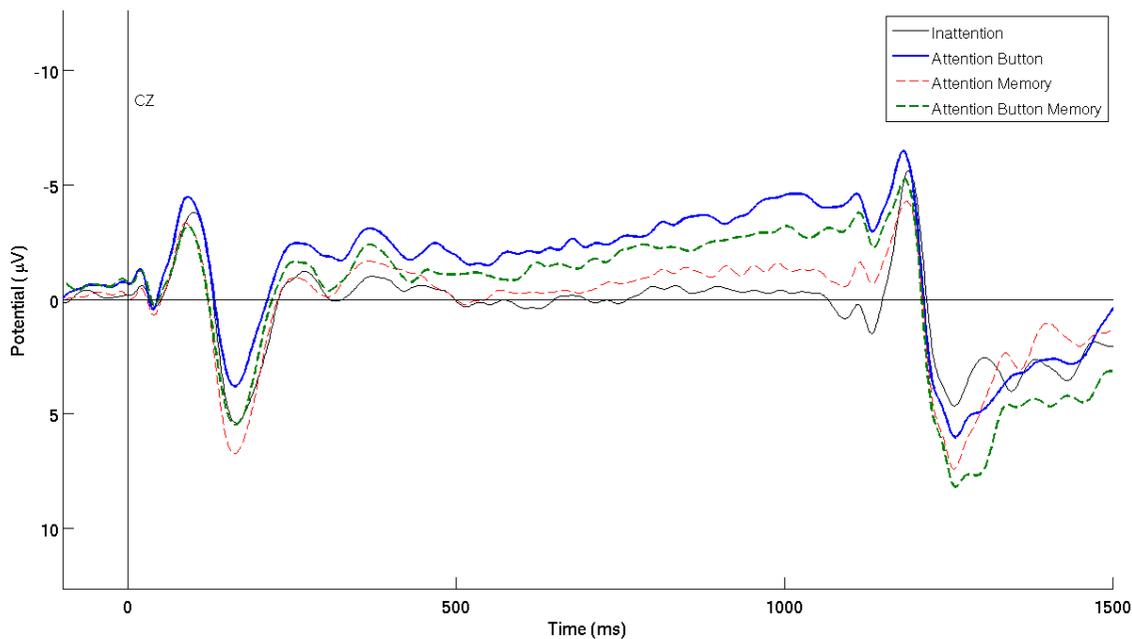


圖 8、為 15 位受測者之 Cz 平均 ERP 之 CNV 振幅，黑色實線(Inattention)為實驗區段 1，藍色粗實線(Attention Button)為實驗區段 2，紅色虛線(Attention Memory)為實驗區段 3 及綠色粗虛線(Attention Button Memory)為實驗區段 4。



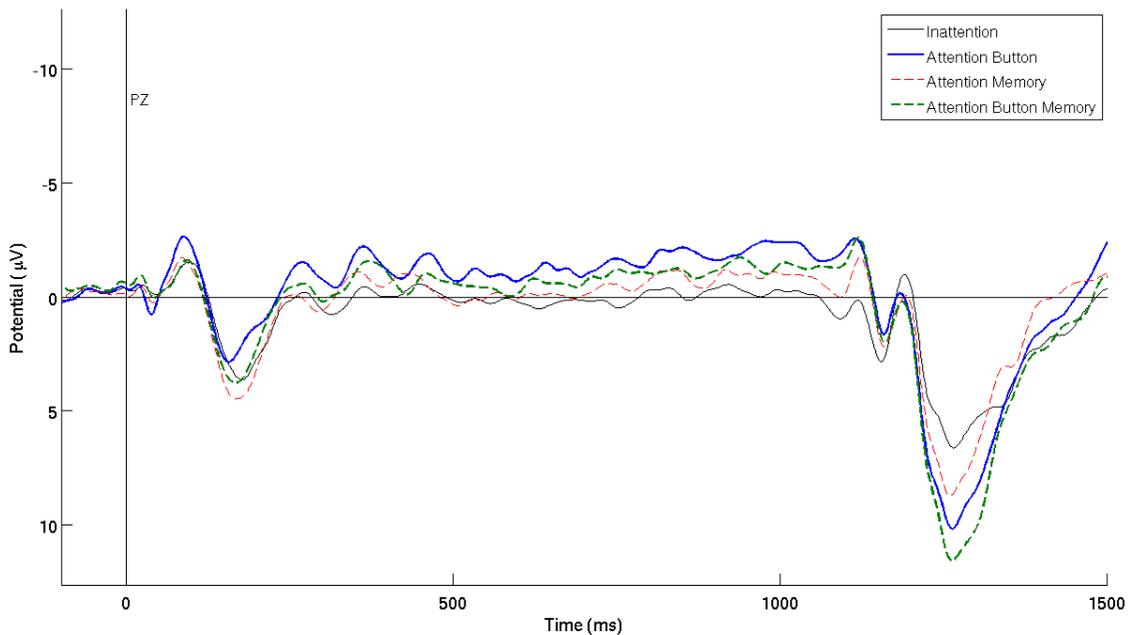


圖 9、為 15 位受測者之 Pz 平均 ERP 之 CNV 振幅，黑色實線(Inattention)為實驗區段 1，藍色粗實線(Attention Button)為實驗區段 2，紅色虛線(Attention Memory)為實驗區段 3 及綠色粗虛線(Attention Button Memory)為實驗區段 4。

過去的研究發現，CNV 振幅的表現與心理層面的負荷有所關係[8,12]，受測者因對於刺激信號任務的注意，使心理有了負荷產生 CNV 的現象。在 Cz(圖 8)的實驗區段 1 結果顯示，受測者對喀聲與閃光刺激於非注意甚至忽略的狀態下，腦波信號只直接反應出對喀聲(S0)與閃光(S1)反應的 ERP 振幅，在兩刺激中無法引出 CNV 振幅。而在實驗區段 2、3 與 4 的結果顯示，因給予受測者個別不同程度任務，並要求受測者以喀聲為預備音，閃光為命令信號，並於命令信號後立即執行按按鈕或記憶等行為，受測者因為專注等待命令任務而產生 CNV 振幅，這樣的結果與 Walter 和 Cooper 等人所發現的現象相同[9]。

在給予不同任務的注意實驗中，實驗區段 2 給予受測者閃光後按按鈕的任務所引出的 CNV 振幅，大於其他實驗區段的 CNV 振幅。Joseph J. Tecce 在 1972 年研究證實 CNV 的振幅反應會因為對事件注意力維持增強進而升高[10]。而在實驗區段 2 中，受測者專注於等待命令信號的出現後，執行按按鈕的動作，為維持這樣的注意力，而產生較高的 CNV 振幅。在實驗區段 3 與實驗區段 4 分別為記憶任務與按按鈕加記憶任務，也同樣針對閃光信號做注意力維持，但由於任務困難度的增加，以至於 CNV 振幅較低於單純按按鈕任務的 CNV 振幅。在楊玉慶等人[4]的研究顯示，CNV 振幅會因受測者對於事件的注意、記憶、預備與期待等



心理層面有所變化，也顯示出任務的複雜度會影響 CNV 振幅的大小，越複雜的任務會抑制 CNV 振幅的表現。

由 Cz 觀察實驗區段 3 與實驗區段 4，受測者在執行按鈕記憶任務（實驗區段 4）的 CNV 振幅是大於實驗區段 3（記憶任務）的振幅。過去 Travis 與 Tecce 等人[11]針對 24 位受測者做 CNV 分心刺激作用實驗的結果顯示，受測者會因為分心效應的影響造成 CNV 振幅變小。在實驗區段 3 的結果也說明了在任務中增加了記憶動作，會造成對專注力的分心效應，以至引出較小的 CNV 振幅。而由於實驗區段 4 之任務中，除了對閃光信號做記憶外，也同時做按按鈕的動作，因此相對提升了對閃光的專注力，以至於實驗區段 4 之 CNV 振幅表現會大於實驗區段 3。

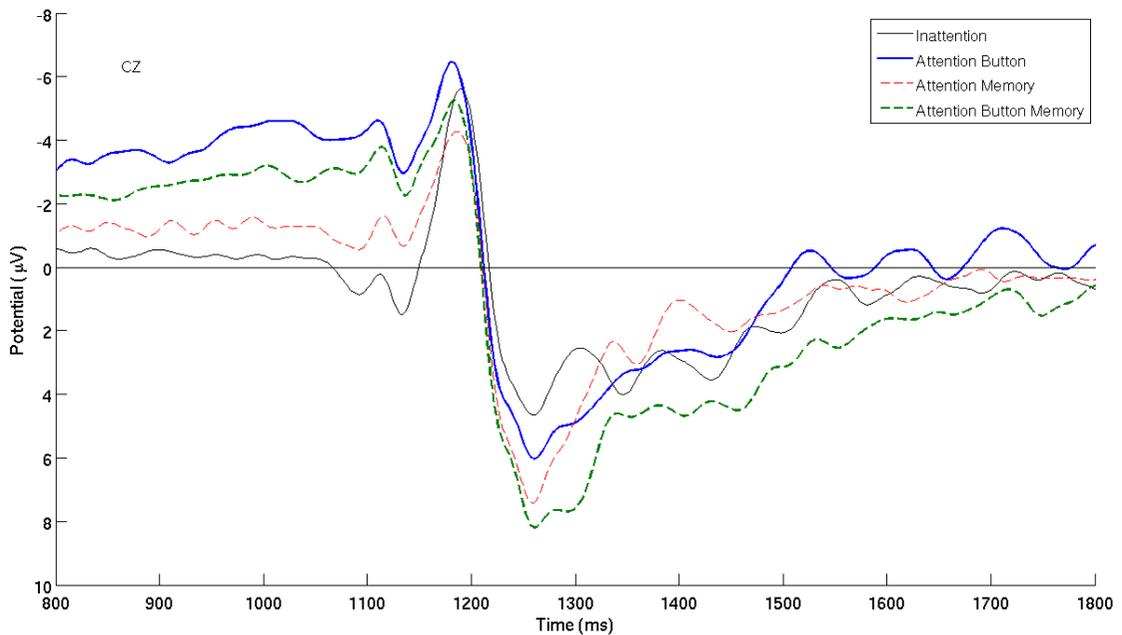


圖 10、為 15 位受測者 Cz 電極點之 CNV 振幅於命令信號(閃光)後於 1200ms 至 1300ms 產生顯著之正波，黑色實線(Inattention)為實驗區段 1，藍色粗實線(Attention Button)為實驗區段 2，紅色虛線(Attention Memory)為實驗區段 3 及綠色粗虛線(Attention Button Memory)為實驗區段 4。

實驗結果也發現，四個實驗區段均在閃光命令信號結束後於 1200ms 至 1300ms 間產生一顯著的正向波，而受測者在接受不同任務下所產生的正向波振幅程度也明顯不同。如圖 10 所示，振幅反應的大小隨著任務的困難度提高而變大，在實驗區段 1(Inattention)非注意的狀況下，所產生的振幅最小，量測其峰值(Vp)為 4.854 μV ，其次為實驗區段 2(Attention Button)Vp 為 6.253 μV ，實驗區段 3(Attention Memory)之 Vp 為 7.567 μV ，最大值為實驗區段 4 的按按鍵



加記憶任務($V_p=8.521\mu V$)。由這樣的結果顯示，當任務條件越為複雜，會使命令信號後完成任務時反應出的正波會越大。在魏錦漢「認知事件相關電位教程」[12]中提出 CNV 心理負荷加重的觀點，受測者接受到預備信號(喀聲)對任務做預備、注意與期待的行為動作，會使心理產生一定程度的心理負荷。當命令信號(閃光)出現時，立即執行任務動作(按按鈕、記憶、或按按鈕加記憶)完成任務，使心理的負荷立即獲得解脫，這也說明此正波的產生是由心理負荷解脫所引起的。實驗結果中，因任務動作由較為簡單的按按鈕任務、記憶任務到較為困難的按按鈕加記憶任務，當任務的困難度增加所造成的心理負荷越高，以至於任務完成而解除心理負荷產生更大的正波。

此外，針對兩項有執行按按鈕任務實驗之按鈕反應時間進行比較。由表 1 與圖 11 所示，為 15 位受測者分別於實驗區段 2 (Attention Button)與實驗區段 4 (Attention Button Memory)按按鈕任務之平均反應時間。結果顯示，兩者實驗的按鈕反應時間是呈現顯著的差異($t = 2.196, p = 0.045 < 0.05$)，受測者對閃光命令信號按下按鈕之任務的平均反應時間(Mean of Response Time)，以實驗區段 2 (Attention Button)反應時間($263.876 \text{ ms} \pm 133.704$)明顯較實驗區段 4 (Attention Button Memory)的反應時間 ($202.362 \text{ ms} \pm 52.729$)來得慢。

表 1、為 15 位受測者之實驗區段 2 (Attention Button)與實驗區段 4 (Attention Button Memory)之按按鈕平均反應時間。

Experiment sections		Mean of Response		<i>t</i>	<i>p</i>
		Time (ms)	S.D.		
Section 2 (Attention Button)	<i>n</i> = 15	263.876	± 133.704		
Section 4 (Attention Button Memory)	<i>n</i> = 15	202.326	± 52.729	2.196	0.045

S.D. : Standard Deviation



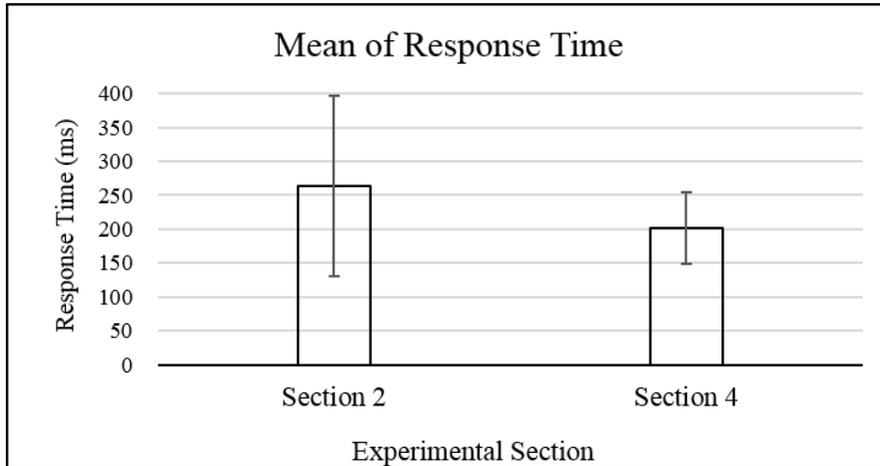
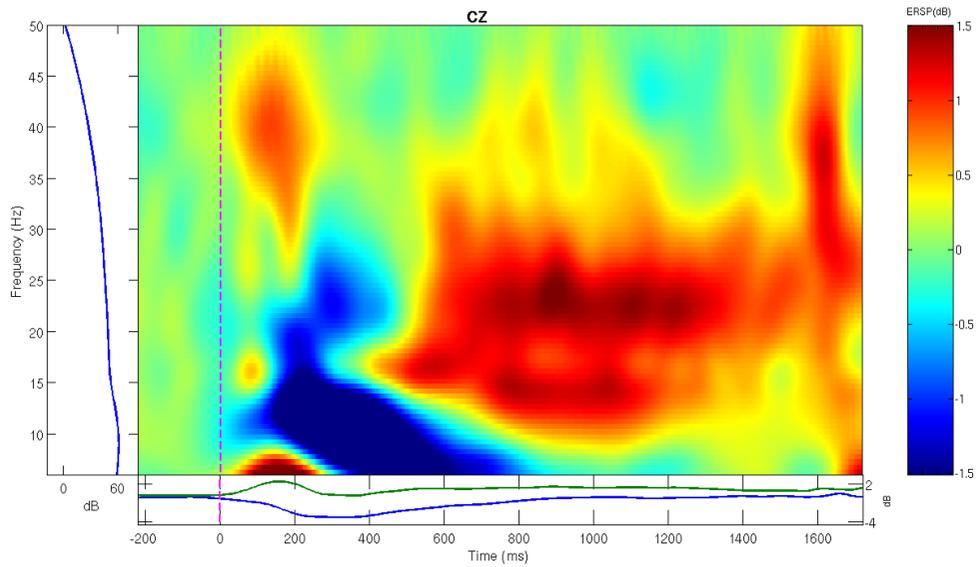


圖 11、為 15 位受測者於實驗區段 2 與實驗區段 4 之按鈕任務反應時間比較圖

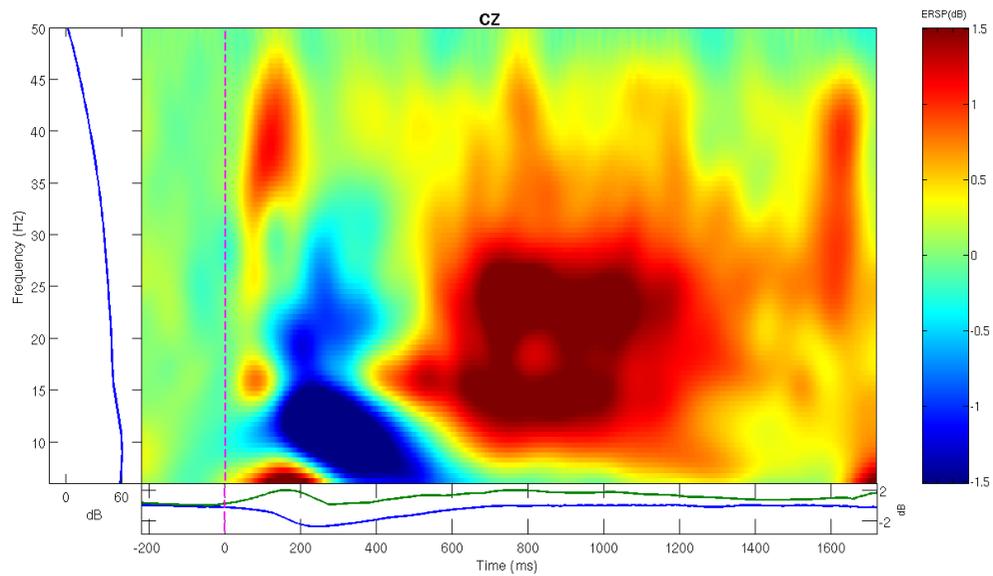
由 CNV 振幅反應與按按鈕反應時間的結果可發現，當任務的困難度提高會因為分心效應而抑制 CNV 的表現，在實驗區段 2 與實驗區段 4 均為注意狀態下按按鈕的任務，而實驗區段 4 多增加了對閃光命令信號做記憶計數的任務，相較下較實驗區段 2 之任務還要困難，使之造成抑制 CNV 的表現。但在分析兩實驗區段對閃光命令信號按按鈕的運動反應(motor response)的表現，卻是較為困難任務(實驗區段 4)的平均按鈕反應較實驗區段 2 還來的快。

除此之外，將實驗區段 2 (Attention Button)與實驗區段 4 (Attention Button Memory)閃光命令信號之相關刺激事件(event) 各別提取進行時頻(time-frequency)分析。由圖 12 所示為本實驗 15 位受測者於閃光命令信號產生後之事件相關頻譜振盪(event-related spectral perturbation, ERSP)。縱軸為頻率(frequency)，橫軸為時間(time)，而圖示中顏色的深淺是代表頻譜振盪在不同腦波頻帶的強度，藍色區域為事件相關非同步化(event related desynchronization, ERD)的反應，紅色區域為事件相關同步化(event related synchronization, ERS)的反應。事件相關非同步化(ERD)所代表著大腦皮質區域受到感覺、命令動作或意識認知(conative)等刺激時，因促使代謝與血流的增加，產生大腦皮質區活化的現象。在對於所接收的刺激訊息進行處理後，會產生大腦活化區域的腦波頻帶振幅減弱[13]。而事件相關同步化(ERS)所指的是腦波頻帶的振幅強度，於事件刺激後由弱開始增強的現象[14]。由實驗區段 2 (Attention Button)的 ERSP(圖 12a)與實驗區段 4 (Attention Button Memory)的 ERSP(圖 12b)可清楚發現，從閃光命令信號刺激出現(Time=0 ms)後有顯著的 ERD 反應，由大腦頻帶來觀察，於刺激發生後 200ms 的 ERD 反應主要分布於高 α 頻帶(12Hz~14Hz)與整個 β 頻帶(12.5Hz~28Hz)。在過去對於大腦頻帶的研究， α 頻帶主要反應出大腦在對於刺激訊息執行了認知與記憶[15]，而 β 頻帶則是在與整個對刺激產生認知過程與動作反應有相關聯。因此，由這兩個實驗區段因按鈕動作使得在 200ms 至 400ms 之間 ERD 有較大的頻帶分佈。





(a)



(b)

圖 12、為受測者於閃光命令信號出現按下按鈕實驗於 Cz 電極誘發的事件相關頻譜振盪 (ERSP)。(a)為實驗區段 2 (Attention Button)於閃光命令後之 ERSP，(b)為實驗區段 4 (Attention Button Memory)於閃光命令後之 ERSP。



由上述的兩種按按鈕任務的實驗區段(實驗區段 2 與實驗區段 4)可知道，在整個 CNV 注意實驗中，當喀聲之預備信號產生時，受測者對閃光命令信號做預備、期待等心理行為的過程中，要求受測者對閃光命令信號出現次數做記憶計數的行為，會使得按鈕確認的反應時間有變快之現象。過去 Pfurtscheller 與 Aranibar 對於事件相關反同步化(ERD)的解釋，因大腦在接收到閃光命令後因執行命令動作(按按鈕)時，使得大腦皮質區域產生活化而對刺激進行處理。由圖 12(a)可明顯發現，在實驗區段 2 (Attention Button)的 ERD(藍色區域)產生的時間，是由閃光命令信號發生後達 900 ms 才完全結束，這結果比實驗區段 4 (Attention Button Memory)的 ERD 發生時間(600 ms)還要長。而大腦皮質區域完成對於刺激的處理後開始產生事件相關同步化(ERS)，使大腦皮質回復到穩定平衡狀態，由 ERS 的狀態可明顯發現主要分佈在閃光命令信號完成按鈕動作後 600 ms 至 1400ms 之間的 α 頻帶與 β 頻帶。在圖 12(b)可清楚發現，實驗區段 4 (Attention Button Memory) 600 ms 至 1400ms 之間的 ERS 分佈表現是較實驗區段 2 (Attention Button)的 ERS(圖 12a)分佈表現較為均勻集中，且大腦皮質在回復穩定平衡狀態的時間較為短，而中高頻的 α 頻帶(9Hz~14Hz)使得大腦皮質穩定維持一種由下而上的注意力與高度警戒(預備)狀態，但在實驗區段 2 (Attention Button)的中高頻的 α 頻帶(9Hz~14Hz)分佈時間較短。此外，在兩實驗區段的 ERSP 於閃光命令信號刺激產生後於 200 ms 以前，位於 γ (gamma)頻帶(30Hz~50Hz)有顯著的 ERS 產生。在過去的研究結果發現，在執行手指動作相關任務，會有 γ 頻帶的 ERS 產生[16,17]。而 γ 頻帶較常出現於腦部之額葉、頂葉與枕葉等區域，主要是能快速的將所接收的訊息進行處理，且會受到認知調節的影響，有提高意識、工作記憶與注意力等有相關性。Cheyne 等人[16]研究發現， γ 頻帶的 ERS 是與大腦皮質受到刺激產生活性有關，是可能參與了多個大腦皮質區域，和多種不同模式來整合處理所接收到的訊息，這樣的過程與 α 頻帶及 β 頻帶是有所不同。由圖 12(a)與圖 12(b)可發現，當受測者在閃光命令信號出現時，實驗區段 2 (Attention Button)的 γ 頻帶活性相對較實驗區段 4 (Attention Button Memory)的 γ 頻帶活性來得低，這也說明在有記憶計數的狀況下按按鈕的反應時間，會較無記憶計數下的按鈕反應還快。

本研究比較與過去 CNV 模型相關研究之結果，先前相關研究於刺激條件設定上，均給予預備音刺激與命令信號刺激，而本實驗受測者給予兩種刺激的時間間隔固定的條件下來進行討論，在時間間隔固定下與刺激的次數過多，易造成受測者對命令信號出現的時間產生習慣化[18,19]，且這樣的習慣化也容易使得受測者在有按鈕任務實驗下，對於實驗過程中不去在意閃光命令信號的出現，對刺激間隔時間產生慣性方式按下按鈕，而降低實驗過程的注意與期待的心理因素，而使得無法引出更顯著的 CNV 振幅。未來還需再改進刺激時間或時間間隔的變換等條件，以進行更多對大腦的反應的研究做深入探討。



肆、結 論

在整個聲音(預備信號)閃光(命令信號)刺激實驗中發現，CNV 現象的產生會因為受測者對於聲音與閃光刺激的忽略與注意而是否引出 CNV，當對所有刺激忽略時是無法引出 CNV 振幅，而唯有對於預備信號(聲音)與命令信號(閃光)刺激有注意，並對刺激信號做出實驗所設定之指令行為才可引出 CNV 振幅。另外，CNV 的振幅大小會因為任務的困難度增加而有所變化，困難複雜的任務會抑制 CNV 振幅而變小。結果也顯示，記憶任務會因分心效應使得 CNV 振幅降低讓注意力無法提高。但在反應時間的結果顯示，在含有記憶的狀態下，對於命令信號刺激做實際的肢體機械性反應(例如按按鈕動作)速度，較在無記憶計數狀態下的反應速度還要快。而在越複雜的任務動作會使心理負荷越高，當任務完成後心理負荷的解脫會越大。

誌 謝

感謝本腦波實驗室團隊成員林子毓、蘇泓瑋、林家毅與賴昕妤協助實驗數據的採集，也更感謝所有的受測者為本實驗辛苦付出與配合，本研究承元培醫事科技大學補助計畫 107-COMP6017-03 提供經費之支持，特此感謝。

參考文獻

1. 張利中、心理學。臺北縣五股鄉：普林斯頓國際，民國 93 年，186-189 頁。
2. 李明濱，壓力人生：情緒管理與健康促進。台北市：健康文化，民國 94 年，16-17 頁。
3. 魏景漢、羅耀嘉，認知事件相關腦電位教程。北京：經濟日報出版社，民國 91 年，28-29 頁。
4. 楊玉慶，陳沛源等人，人面孔照片誘發伴隨負變化的初步研究。中華神經科雜誌，第 32 卷第 6 期，民國 88 年。
5. Robert Carola, John P. Harley, Charles R. Noback, et al, In *Human Anatomy*; McGraw-Hill, 1992.
6. 麥麗敏等人，簡明解剖生理學。臺北市：華杏出版股份有限公司，民國 92 年。
7. Tandon, O. P., & Kumar, S., "Contingent negative variation response in chronic pain patients," *Indian journal of physiology and pharmacology*, 40, 1996, pp.257-261.
8. Tecce, J. J., "Contingent negative variation (CNV) and psychological processes in man," *Psychological bulletin*, 77(2), 1972, pp.73.
9. Walter, W., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, A. L., "Contingent



- negative variation: an electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain,” *Nature*, 1964, pp.203: pp.380-384.
10. 魏景漢、羅耀嘉，認知事件相關腦電位教程。北京：經濟日報出版社，民國 91 年，100 頁。
 11. Travis, F., & Tecce, J. J., “Effects of distracting stimuli on CNV amplitude and reaction time,” *International Journal of Psychophysiology*, 31(1), 1998, pp.45-50.
 12. 魏景漢、羅耀嘉，認知事件相關腦電位教程。北京：經濟日報出版社，民國 91 年，30 頁。
 13. Pfurtscheller, G., & Aranibar, A., “Event-related cortical desynchronization detected by power measurements of scalp EEG,” *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 42(6), 1977, pp.817-826.
 14. Pfurtscheller, G., “Event-related synchronization (ERS): an electrophysiological correlate of cortical areas at rest,” *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 83(1), 1992, pp.62-69.
 15. Klimesch, W., “EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis,” *Brain research reviews*, 29(2), 1999, pp.169-195.
 16. Cheyne, D., Bells, S., Ferrari, P., Gaetz, W., & Bostan, A. C., “Self-paced movements induce high-frequency gamma oscillations in primary motor cortex,” *Neuroimage*, 42(1), 2008, pp.332-342.
 17. Dalal, S. S., Guggisberg, A. G., Edwards, E., Sekihara, K., Findlay, A. M., Canolty, R. T., ... & Nagarajan, S. S., “Five-dimensional neuroimaging: localization of the time–frequency dynamics of cortical activity,” *Neuroimage*, 40(4), 2008, pp.1686-1700.
 18. 林金頓，生理心理學-神經與行為。臺北縣新店市：藝軒圖書出版社，民國 93 年，372-375 頁。
 19. 李玉琇、蔣文祁（譯），認之心理學（原作者：Robert J. Sternberg）。臺北市：雙葉書廊有限公司（原著出版年：2003），民國 95 年，94-97 頁。

