

利用視覺誘發電位分析腦波特徵訊號

黃勤鑑
國立高雄第一科技大學
系統資訊與控制研究所
助理教授
E-mail :
chini@nkfust.edu.tw

李嘉清
國立高雄第一科技大學
系統資訊與控制研究所
學生
E-mail:
u0016806@nkfust.edu.tw

摘要

腦電圖(Electroencephalogram)的量測，是利用電極紀錄頭皮下的微弱電壓訊號所認知的腦波或稱為腦電波。本論文主要以單極擷取前額單點之腦波訊號，目的是為了如何將腦波訊號轉換為控制訊號，現今有許多的研究單位，正在探討如何利用腦波訊號來與外界溝通和傳遞訊息。而這項腦波辨識技術稱為BCI(Brain computer interface)也就是所謂的腦機介面。本研究的目標，就是希望設計出一套BCI系統，來幫助脊髓或中樞神經受損無法自主運動的重障者病患以及肢障患者，藉由這項BCI技術，讓他們能與外界溝通或傳遞訊息，並發揮自我照顧的能力。

關鍵詞：腦波、腦機介面、腦波耳機

Abstract

The measurement of EEG, which utilizes the electrodes to record weak voltage signals under scalp, is also called brainwave. In this paper, the unipolar captures the forehead single point aims to transform brainwave signals into control signals.

Nowadays, many research and institutes are probing into the application of brainwaves on the outside communication and message across. In fact, the technology of brainwave identification is also named as BCI, which is abbreviated from Brain Computer Interface.

My research targets to design some kind of BCI system that can help challenged people with a spine/central nervous system disease or no upper limb/foot, such as Amyotrophic Lateral Sclerosis. With the aid of BCI, the disabled can communicate with others and take care of themselves.

一.前言

在日常生活中，人類所做的每一個動作，所想的每一件事多由人類大腦發出命令，例如舉手、走路、吃飯等等。為探討人類大腦的奧秘，在這數十年期間已有許多科學家或學者開始對人類的大腦所發射出來的命令訊號做研究，並且成功從人類大腦的皮質層擷取到腦電波(EEG)。大腦雖然是最複雜的器官但在腦波科學的進步下，腦波中的特徵訊號與心理和生理狀態的關係下產生了許多理論，目前的挑戰大多是精確的測量和使用簡單的儀器來擷取腦波訊號，進而分析數據並轉換成有意義的特徵訊號。

表1 腦電波的分類

波	β (beta)	α (alpha)	θ (theta)	δ (Delta)
頻率	13-30Hz	8-12Hz	4-7Hz	0.1-3Hz
心理狀態	主要是精神狀態在很活躍時表現出來的，由其在專心念書、思考中，而產生此種波。	主要微放鬆狀態所出現的腦波；工作不易受外界干擾、閉目養神、心情悠閒舒暢。	淺度睡眠狀態，亦為冥想狀態，指剛入睡時所表現的腦波。	深度睡眠狀態，指在熟睡時所呈現的腦波。

二.研究動機

隨著科技進步，人們生活越來越便利，但對於重度身心障礙患者，如脊髓損傷或中樞神經受損、無法自主運動、無法用言語表達或是全身癱瘓而大腦未受損的患者而言，卻沒有因此改善生活的品質，他們要如何達到自我照護，

以及如何傳遞訊息給親人和照護，這些都是需要研究的課題。針對這幾項問題，我們打算設計出一套大腦人機介面系統，希望能成為重障患者生活中的一項溝通輔具。

三. 研究設備

3-1 器材

本系統主要利用美國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的腦波原始訊號，經過處理之後將 β 、 α 、 θ 以及 δ 波正規化之後，彙整成專注(Attention)與放鬆(Meditation)，再透過藍芽介面傳遞至處理系統。



圖3.1 意念耳機

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蕊片中，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。

3-2 10-20系統

而用來記錄腦波所使用耳機是單極記錄，而採用的視國際10-20系統標準電極位置：

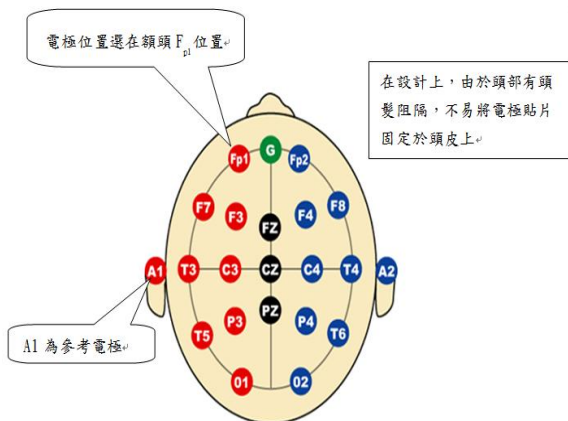


圖 3.1 電極的使用位置

四. 研究方法

本研究主要的系統架構，可分成三大部份：(1)外在事件相關誘發電位(2)利用互補色的映像刺激(3)腦機介面，如下圖 4.1 所示。

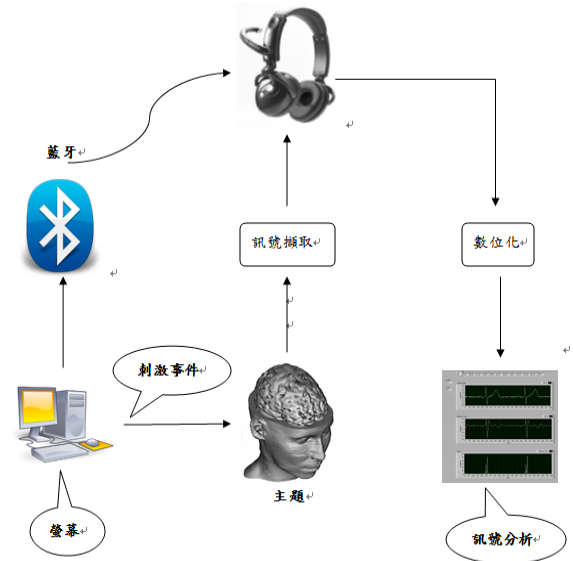


圖 4.1 事件誘發電位

4-1 事件視覺誘發電位

在外在事件相關誘發電位實驗系統之中，目前最主要是以顏色快速閃爍對視覺刺激為主，並以離線分析的方式來分析視覺誘發電位 (Visual Evoked Potential)。

4-2 互補色映像刺激

在利用互補色映像刺激實驗系統之中，目前最主要是以紅色和綠色搭配產生的互補色來對視覺刺激為主，並在腦中生成這個景象而去冥想這個景象，並分析視覺誘發電位。在這個系統的流程，是由使用者端電腦產生刺激事件，來刺激受測者而擷取出訊號。透過腦波耳機裡面 ThinkGear™晶片，將腦波資料進行一些前置處理，過程如下圖 4.2 所示。

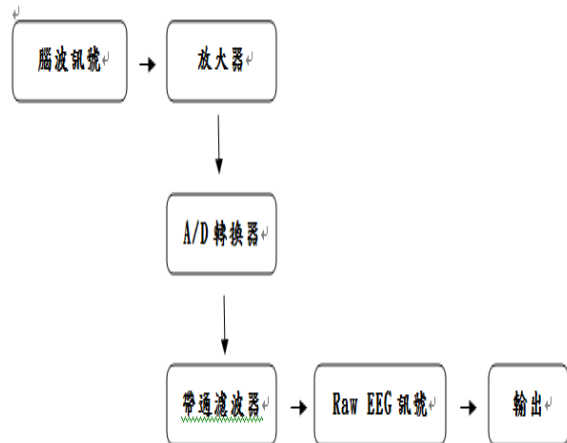


圖 4.2 訊號前置處理

4-3 腦機介面

本研究的腦機介面(BCI)系統有關的架構，可分為兩個區塊(1)資料擷取與訊號處理 (2)控制介面，如下圖 4.3 所示。

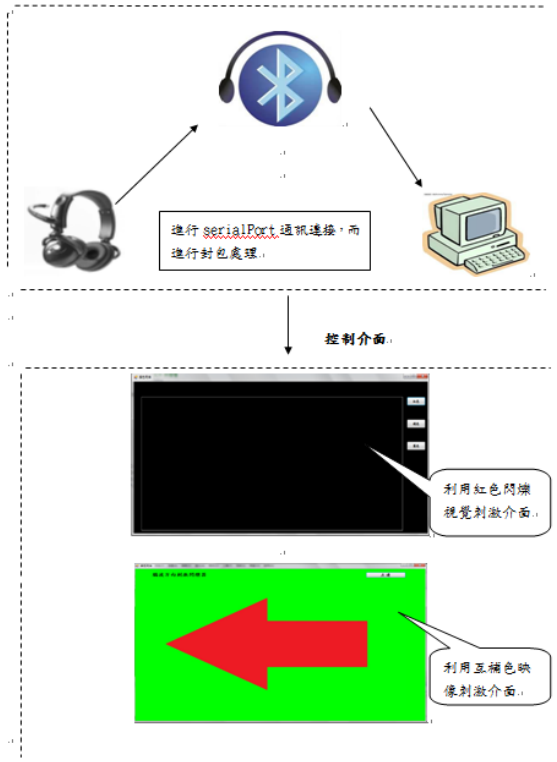


圖 4.3 腦機訓練介面

4-3.1 資料擷取

我們透過了通訊方法連接至藍牙並接收腦波耳機所擷取下來的訊號，而此系統架構是由電腦端所產生的視覺刺激事件，來刺激受測者而產生刺激後的訊號，由腦波耳機會由電極片記錄腦電(EEG)訊號，並透過 ThinkGear 晶片做前置訊號的處理，而接收到腦波訊號進行封包的解析，而產生原始腦波(Raw EEG)訊號如圖 4.4 所示。

```

1350969945.530: 80 02 FF 79 05 AA AA 04
1350969946.542: AA AA 04 80 02 FF 3E 40
1350969947.555: AA AA 04 80 02 FF 35 49
1350969948.570: AA AA 04 80 02 FF 59 25
1350969949.583: AA AA 04 80 02 FF 94 EA
1350969950.598: AA AA 04 80 02 FF AC D2
1350969951.611: AA AA 04 80 02 FF C3 BB
1350969952.625: AA AA 04 80 02 FF EC 92
1350969953.639: AA AA 04 80 02 00 1B 62
1350969954.652: AA AA 04 80 02 00 3A 43
1350969955.667: AA AA 04 80 02 00 34 49
1350969956.680: AA AA 04 80 02 00 20 5D
    
```

圖 4.4 腦波原始訊號

4-3.2 EEG 資料封包

所擷取到訊號是每秒會擷取到 512 筆資的

Raw EEG，資料的一開始在讀取腦波數值時都必須先判斷標頭碼為(AA AA)後才可以進行讀取腦波數值，最後再經由驗證碼來對 EEG 進行判斷封包是否正確。

Raw EEG 訊號上會將訊號轉換成 8bits 數位化的數值，將 EEG 訊號的傳送資料分為三個部分，而 Raw EEG 數值封包格式表示如下：

1.Packet Header

[標頭碼]	[標頭碼]	[資料長度]
Packet Header		

2.Packet Payload

[EEG 碼]	[Raw EEG 資料]
Packet Payload	

3.Payload Checksum

[驗證碼]
Checksum

Raw EEG 公式求得如下：

$$\text{總和} = [\text{EEG 碼}] + [\text{腦波原始資料}]$$

$$\text{確認碼} = \text{總和取 1 的補數}$$

4.3.3 訊號處理

經過封包的處理過後的原始訊號，是經過了受測者經由視覺誘發電位所收到的腦波訊號，而即時收到腦波數位化的資料。

```

15:12:47.002 138
15:12:47.006 99
15:12:47.007 60
15:12:47.008 23
15:12:47.008 18
15:12:47.009 36
15:12:47.009 55
15:12:47.010 70
15:12:47.011 60
15:12:47.011 32
15:12:47.012 18
15:12:47.013 19
15:12:47.013 26
15:12:47.014 36
15:12:47.014 33
15:12:47.015 26
15:12:47.015 27
15:12:47.016 22
15:12:47.017 16
    
```

圖 4.5 腦波原始訊號強度

接下來將原始訊號透過頻譜分析來找訊特徵值，我們使用快速傅立葉轉換來做資料分析，而目的為將的時域序列訊號的值轉換到頻域中，得到每個頻率的能量反應。

得到了誘發電位，並分析的結果與先前未受到誘發電位的刺激腦波原始訊號去做比對，經過刺激後能量強度使否有增強，如果分析的結果，小於本系統所需求的閾值時，則這時訊號是沒有明顯的特徵能量，如果大於系統所需求的閾值時，則這時訊號是有明顯的特徵能量。

4-2.4 能量的特徵強度

在經過分析後腦波的頻率、振幅、波形等，則因腦波頻率範圍約在 0.1~100Hz，可分為四種頻段，而腦波傳到頭皮視訊號是很微弱的，而目前所使用的腦波耳機都是利用電極記錄到的電位訊號放大，而我們經過刺激後所產生的電位能量為表 2 所示。

波	振幅強度(uV)
β(beta)	5~20
α(alpha)	30~80
θ(theta)	低於 30
δ(Delta)	100~200

表 2 腦波振幅強度

五. 實驗流程和結果

我們這系列的實驗，大致上分為三項實驗，主要以紀錄單極前額訊號(Fp1)的腦電波訊號。

5-1 實驗流程

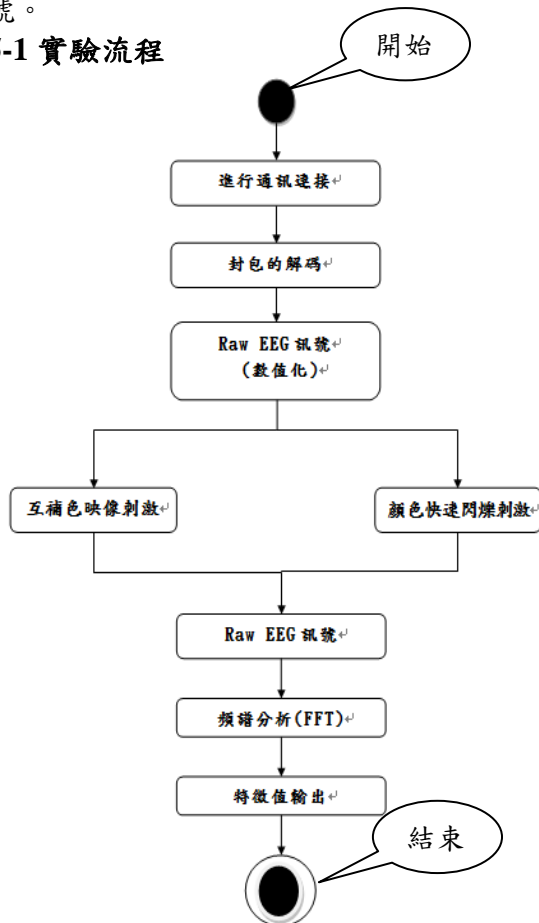


圖 5.1 實驗的流程

5-2 實驗量測分析

第一項實驗要量測出受測者還沒有受到任何刺激後的腦電波，就是原始的腦波訊號，如下圖 5.2、圖 5.3、圖 5.4 所示。

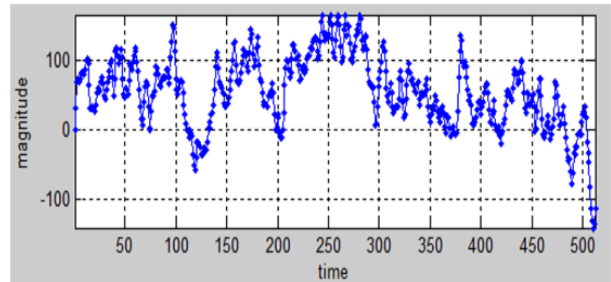


圖 5.2 原始腦波時域圖

腦波未受刺激時，能量強度約為 10 以下。

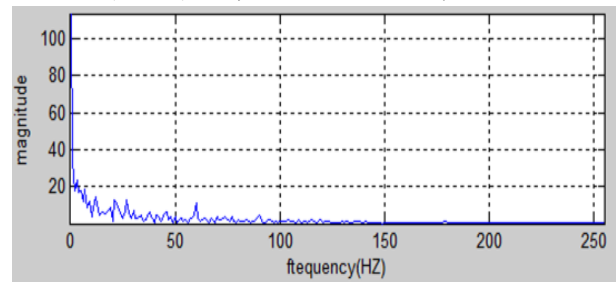


圖 5.3 原始腦波頻域圖

當測量腦波時，所有的訊號並非全部來自大腦的訊號，腦波很多訊號變化有可能是來自其他來源，這些影響電位就是干擾波，可能是設備造成的干擾，在 60Hz 時的有干擾產生。

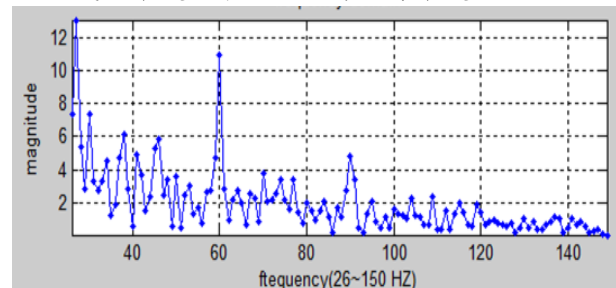


圖 5.4 設備所產生的干擾波

5.2.1 10Hz 的閃爍刺激

第二項實驗要量測出受測者受到了視覺誘發電位的刺激，主要是利用紅色的閃爍來刺激腦波，閃爍的頻率為 10Hz，測試時間為 10 秒，刺激介面和刺激過腦波訊號如下圖 5.5、圖 5.6、圖 5.7、圖 5.8 所示。

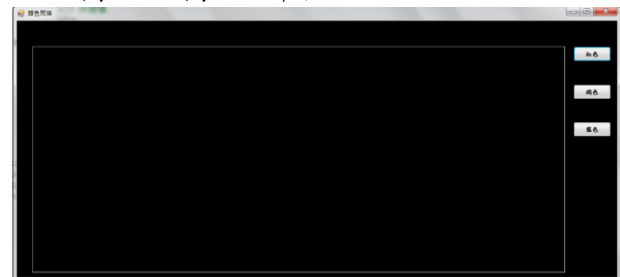


圖 5.5 閃爍刺激介面

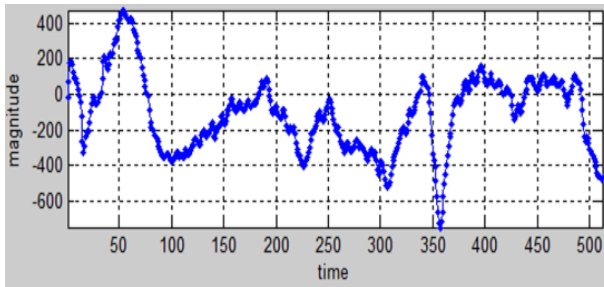


圖 5.6 10Hz 腦波時域圖

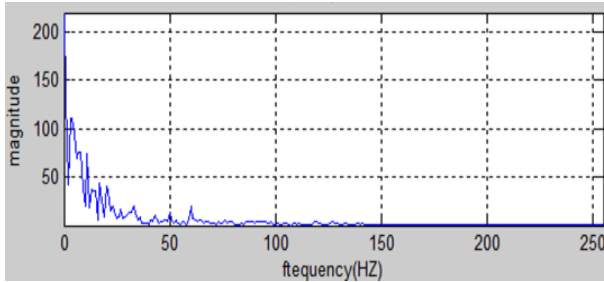


圖 5.7 10Hz 腦波頻域圖

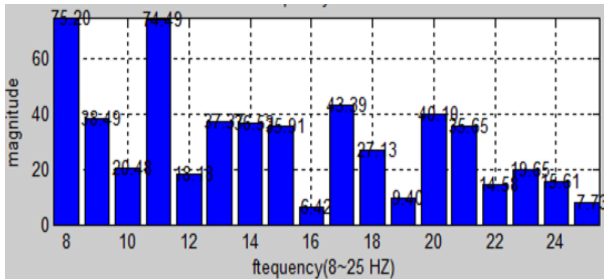


圖 5.8 10Hz 腦波能量強度

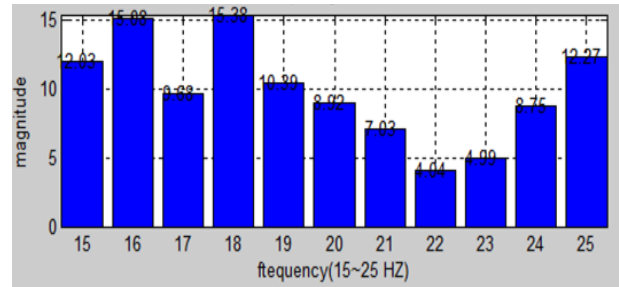


圖 5.11 20Hz 腦波能量強度

腦波經過了視覺刺激後可以觀察出腦波的能量有明顯的上升，表示腦波的 α (alpha)波(8~12Hz)經刺激過後達到我們所要的門檻值， β 波取(18~22Hz)經刺激過後達到我們所要的門檻值，以下表 3、表 4 是我們經過 10 秒平均後所得到腦波的能量強度。

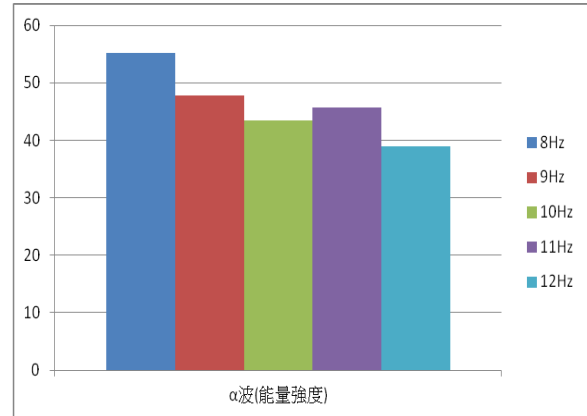


表 3 10Hz 刺激後能量強度的平均值

5.2.2 20Hz 的閃爍刺激

第三項實驗要量測出受測者受到了視覺誘發電位的刺激，主要是利用紅色的閃爍來刺激腦波，閃爍的頻率為 20Hz，測試時間為 10 秒，刺激過腦波訊號如下圖 5.10、圖 5.11、圖 5.12 所示。

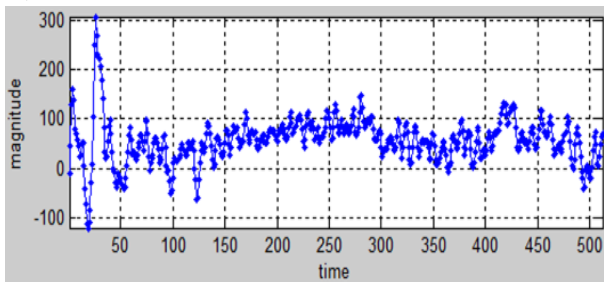


圖 5.9 20Hz 腦波時域圖

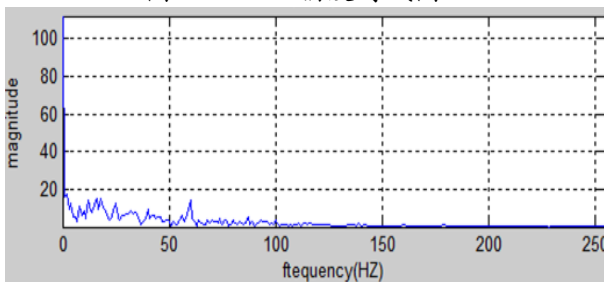


圖 5.10 20Hz 腦波頻域圖

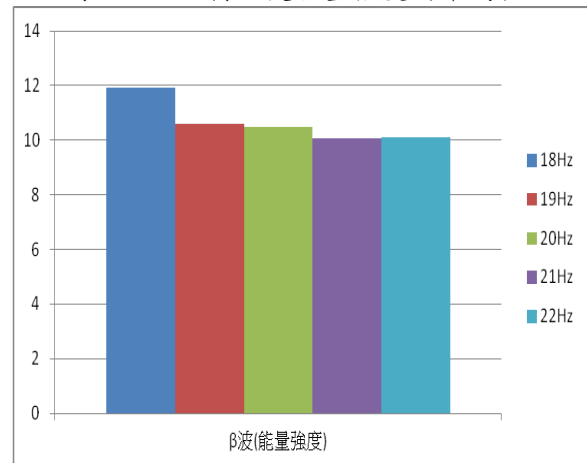


表 4 20Hz 刺激後能量強度的平均值

實驗出來的數據，顯示了當腦波受到閃爍視覺刺激後，腦波中的能量強度會上升，實驗的結果強度都有達到 α 波的能量強度 30~80 的門檻值和達到 β 波的能量強度 5~20 的門檻值，當只要能長期訓練讓強度能一直維持特徵值會更明顯，以下表 5、表 6 是我們經過 10 秒所得到腦波的能量強度。

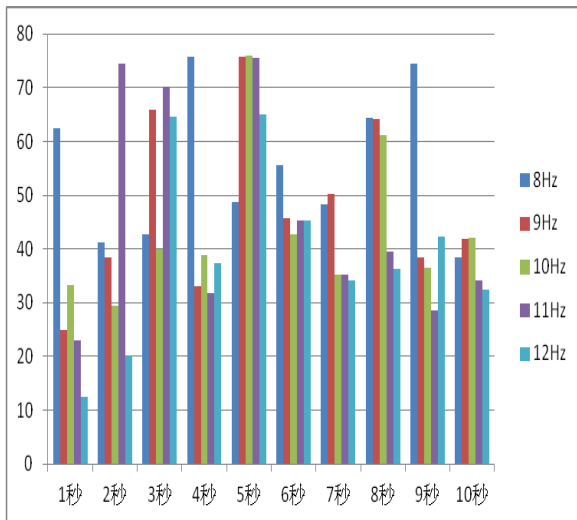


表 5 10Hz 刺激的能量強度

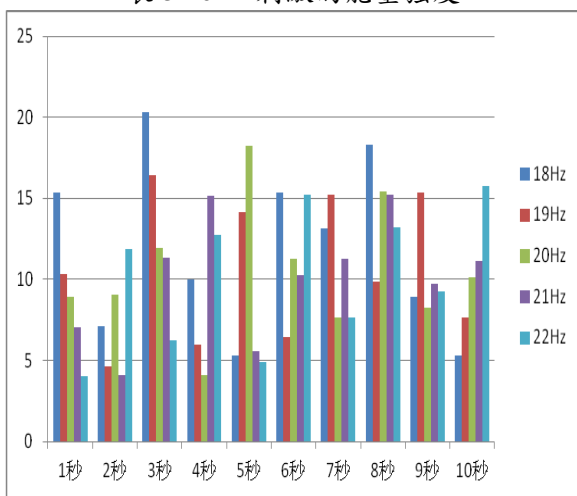


表 5 20Hz 刺激的能量強度

5.2.3 20Hz 的互補色映像刺激

第四項實驗主要量測出受測者受到互補色映像視覺的刺激，主要是利用紅色和綠色的互補色效果，經過幾秒刺激並會在腦中生成這個景象而去進行冥想這個景象的，而冥想的腦波為 β 波所以取(18~22Hz)來進行分析，經刺激過後達到我們所要的門檻值，以下圖 5.11 為互補色次機介面、表 5 是我們經過 10 秒平均後所得到腦波的能量強度。

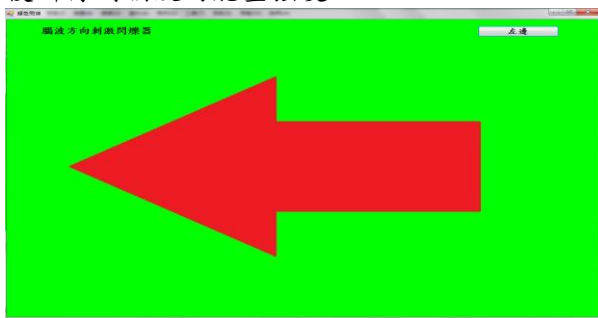


圖 5.11 互補色刺激介面

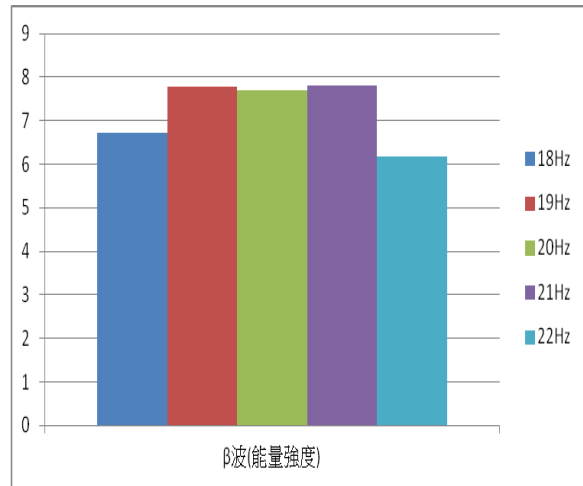


表 5 映像法刺激後能量強度的平均值

實驗出來的數據，顯示了當腦中產生了互補色的景象，是可以利用冥想的去維持能量的強度，只是要先進行比較長時間去想像，實驗出來強度都有達到 β 波的能量強度 5~20 的門檻值，當只要能長期訓練讓強度能一直在 10 以上特徵值會更明顯。

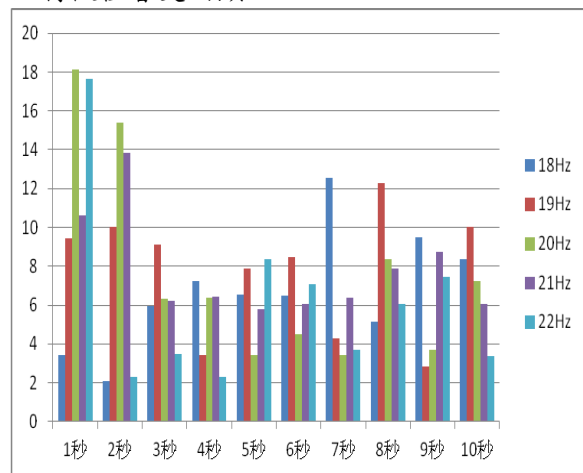


表 6 映像法刺激的能量強度

六. 結論

目前本研究是發展一個能分析腦波資訊面，主要是腦波擷取到的封包可以解析乘數值化的腦波訊號以利於透過視覺刺激誘發電位的實驗，經過了 10Hz 和 20Hz 的閃爍刺激和互補色映像刺激的確有達到我們所想要的能量強度的理想範圍，但比較起來閃爍刺激的方法比較能快速到達到門檻值而能量強度比較高，而互補色映像刺激的能量強度會比較低，而得知受測者必須專心注視畫面或集中冥想過程的刺激物，才能得到較高的準確率，也因此會使受測者疲勞度增加，加上判斷時間稍長，有可能會讓能量強度會減弱，當特徵值產生時在未來的研究使用腦波訊號做輸入，並藉

由腦波訓練來做控制輸入端，讓腦波透過訓練系統並開發輸入系統，並希望能提供給身心患者一個很容易上手又穩定的腦波輸入系統。

七. 參考文獻

- [1] Jonathan R. Wolpaw, Niels Birbaumer, Dennis J. McFarland, Gert Pfurtscheller, and Theresa M. Vaughan (2002), "Brain-Computer Interfaces for Communication and Control", *Clinical Neurophysiology* Vol. 113, pp. 767-791.
- [2] D.J. Krusienski, E.W. Sellers, D.J. McFarland, T.M. Vaughan, J.R. Wolpaw, "Toward enhanced P300 speller performance, (2008)," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 167, 15-21.
- [3] John Polich, (2007), "Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b," *Clinical Neurophysiology*, vol.118, 2128-2148.
- [4] 黃昭翰 (2004), 應用腦波於游標控制之腦機介面系統, 資訊教育所, 國立台南大學, 碩士論文。
- [5] 吳崇民、林清助, 即時腦控輸入介面設計, 2009生物醫學工程國際研討會。
- [6] 張蓓英、林灶生、張韶芹、劉崇志、陳國志、楊文鎮, 植基於無線腦波儀之心境模式判讀與應用, 2009年第17屆模糊理論及其應用研討會, 高雄, 高雄大學。
- [7] 林宸生、呂安琮、許原彰、田春林、陳德請, 交互式八矩陣查表法應用於大螢幕雙CCD定位系統、第六屆智慧生活科技研討會, 台中, 勤益科技大學, 100年6月。
- [8] 楊士緯、葉柏廷、羅國豪、鄭智聰、林宸生、許原彰、呂安琮, 腦波結合科技輔具、電腦遊戲與環境控制之人機介面設計, 2010年生物醫學工程科技研討會, 高雄, 義守大學2010年12月。
- [9] 林宸生、楊士緯、許原彰、葉柏廷、鄭智聰, 結合腦波控制之掃描式人機介面研製與應用, 2011中區輔助電玩大賽暨研發論文成果發表會。