

# 音樂刺激下之腦波訊號分析

## Analysis of the EEG Signals Response to Musical Signal Stimuli

林威志、邱泓文、徐建業\*

台北醫學大學 醫學資訊研究所

Wei-Chih Lin, Hung-wen Chiu, Chien-Yeh Hsu \*

Graduate Institute of Medical Informatics, Taipei Medical University

\* Corresponding Author. Email: cyhsu@tmu.edu.tw

### 一、中文摘要

近年來許多相關的研究證實了音樂的效果可以反映在人體的一些生理數據[1]。但在 EEG(腦波)方面，鮮少具有詳盡深入的去探討在音樂刺激下人類腦部活動的影響。故本研究著重在聆聽音樂時 EEG(腦波)之分析方法，運用頻譜分析(frequency distribution analysis)以及線性獨立元件分析法，旨在分析腦波在聆聽不同音樂所產生的變化，並期望能據以分類、顯示音樂特質與生理訊號特質間的相關性。

而本研究發現在聆聽舒緩音樂(Soft)以及受測者本身所喜愛的音樂(Favorite)時，在 Alpha band 以及 Theta band 部分，發覺受測者頂葉部(Parietal)P3、P4、Pz 三點之 EEG Power 具有明顯上升，而在搖滾音樂(Rock)以及沒有聽音樂的情境下(baseline)，頂葉部 EEG Power 卻呈現下降的情況。這些發現顯示出音樂的差異確實能反應在人體 EEG 上。

**關鍵詞：**腦波、音樂、頻譜分析、線性獨立元件分析法。

### Abstract

In recent years, many studies have shown that music can reflect quantifiable physiological effects on human. However, in the part of EEG, not many research projects have made use of EEG to verify the music influence on human brain activity. This research has emphasized on the development of analytical tools and methods for bio-signals, especially focused on the part of EEG with musical signal stimuli. We can use frequency distribution analysis and linear separation algorithms such as the Independent Component Analysis (ICA) to analyze the data collected from the scalp electrodes. The ultimate goal is to analyze EEG responses of subjects with different musical signal stimuli. It is expected that different musical signal stimuli can be classified and therefore the correlation between music and bio-signal characteristics can be demonstrated.

In this study, we have found out that when subjects were listening to Soft and subject-preferred

music, the EEG power at parietal points-P3、P4、Pz located on alpha band and theta band-were both on the rise. When subjects were listening to rock music and at baseline, however, the EEG power at parietal was decreasing. These findings have confirmed that the differences in music stimulation have reflected physiological effects on human EEG.

**Keywords:** Electroencephalogram, Music Stimuli, Frequency Distribution Analysis, Independent Component Analysis

### 二、緣由與目的

自古以來音樂在人類的生活中心一直佔有著重要的地位，而近年來許多相關的研究也證實了音樂的效果可以反映在人體的一些生理數據[1-3]。而截至目前為止，鮮少有研究深入的分析腦波，來印證音樂對人體腦部活動的影響。典型分析生理訊號常使用時頻分析(Time-frequency analysis)作為分析 EEG 和音樂訊號的方法[4]，將 EEG 作傅利葉轉換分析(Fourier transform)，將複雜的波型轉化成頻域，並依頻率的不同分別截取出 Alpha band、Beta band、Gamma band、Theta band，藉此看出不同 band 的強度，得到腦波在每一頻率上的分佈情形並由此分析。本研究團隊已初步建立起聆聽音樂時生理信號之量測方法[5]。

除頻譜分析外，由於量測 EEG 訊號時，需利用放置頭皮上的電極(electrodes)去收集腦裏神經元的活動，但是因為大腦、小腦距頭皮有一小段距離，這中間充滿了 Volume-conductance，所以頭皮上的任何一個電極都會收集到在一個相當大區域內腦神經元的活動。且因為這種傳導並不涉及時間遲延(time-delay)，所以線性分離法，例如獨立元件分析(Independent Component Analysis, ICA)就很適合用來分析頭皮上收集到的腦電波，不需要事前假設事前產生電位的發生器有幾個，就可從一堆混合的訊號中區分出單獨的各別的訊號來源[6,7]。

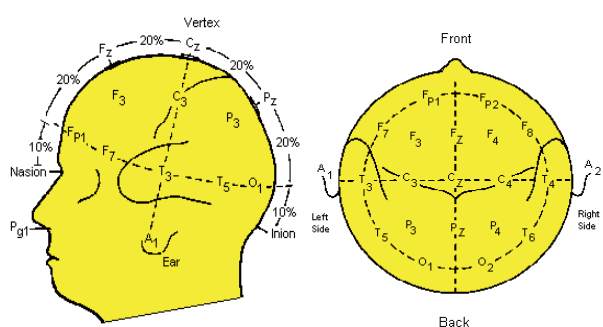
ICA用來分析腦波訊號時，在不同電極上收集的 EEG 訊號是輸入的矩陣 X，而 ICA 的輸出 U 代表不同的獨立元素(Independent Component)。U 的

每一列 (Row) 代表不同的神經網路或是腦外 (Extra-brain) 訊號源 (例如眨眼睛, 臉面肌肉抖動) 所產生的波型。因為ICA是一個十分簡單的線性系統,  $U=WX$ , 所以我們也可以將一個個的獨立元素, 單獨地投影到頭皮上的電極, 也就是  $X=W^{-1}U$  [8,9]。

故本研究著重在聆聽音樂時 EEG(腦波)之分析方法, 以頻譜分析、線性獨立法來分析腦波在不同音樂刺激下所產生的變化, 並期望能據此特質加以分類, 顯示音樂特質與生理訊號特質間的相關性。

### 三、方法與材料

本研究安排受測者聆聽音樂, 量測受測者在接收音樂刺激狀態下, 收取約 15 分鐘的腦波資料。音樂刺激的選擇分別為舒緩音樂(Soft)、搖滾音樂(Rock)以及受測者自選音樂(Favorite), 加上不聽音樂(Baseline)總共四種情境。實驗對象之選取以台北醫學大學學生為主且無聽覺之障礙、無任何已知會影響腦波的疾病、未定期服用藥物且願意配合參與本實驗者。實驗進行的地點為一處安靜不受外界干擾的研究室。腦波機本研究採用 Stellate Harmonie, 使用 10-20 systems 國際標準法 (圖一) 擷取 21 個 Channel 腦波訊號。當受試者來到研究室後, 本研究為受試者接上腦波機, 並為受試者戴上耳機, 受試者坐在有靠背可自然放鬆的椅子上接受實驗情境。為了避免實驗情境播放順序所造成的誤差, 故實驗情境採用隨機的方式呈現。



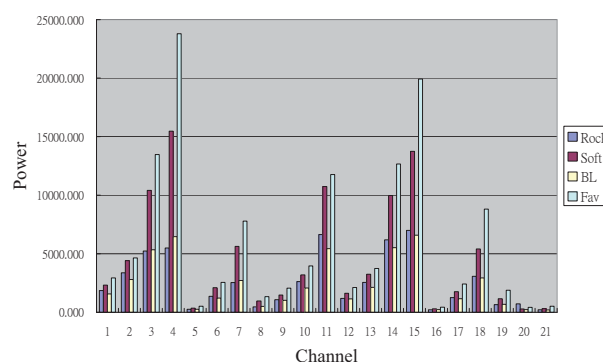
圖一：The 10-20 System of Electrode Placement (出自 <http://faculty.washington.edu/chudler/1020.html> [10])

在分析腦波資料方面, 將擷取到的腦波訊號分為 Rock、Soft、Baseline 以及受測者自選音樂四個情境, 分析其時頻訊號之特性, 量測出腦波訊號之 Alpha band、Beta band、Gamma band、Theta band 各頻帶的能量數值, 同時為了客觀的觀察各受測者能量的變化情形, 故將各能量數值對總能量做相除達到正規化目的。依此數值作為腦波訊號的特質, 同時並將腦波訊號透過 ICA 作處理,

藉此觀察所分族群間與所聽音樂的相關性。而在統計分析方面, 由於有效資料為九組, 故本研究利用無母數分析 (Nonparametric test) Wilconxon Signed Ranks Test 來檢驗在不同實驗情境下的腦波頻譜是否有所不同。

### 四、結果與討論

首先我們觀察 EEG 在各種情境下不同頻帶的變化情況, 圖二顯示腦部 21 channels 在四種實驗情境下 Alpha band 時的能量值。可以看見其中 3、4、7、11、14、15、18 channel 有較大的能量比率值, 分別代表腦部上 P4、O2、T6、Pz、P3、O1、T5 各點的 Alpha 波較為強烈。

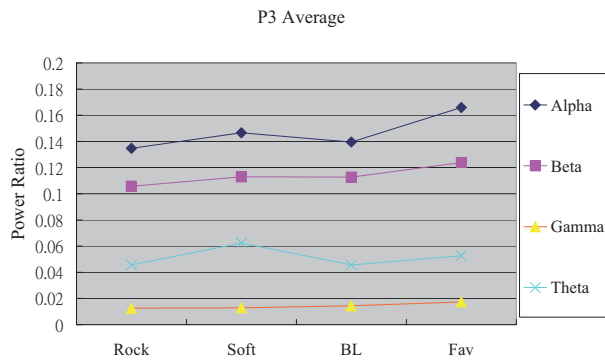


圖二：Alpha band 中各 channel 的 EEG Power, 圖下方 3、4、7、11、14、15、18 分別代表腦部上 P4、O2、T6、Pz、P3、O1、T5 各點。

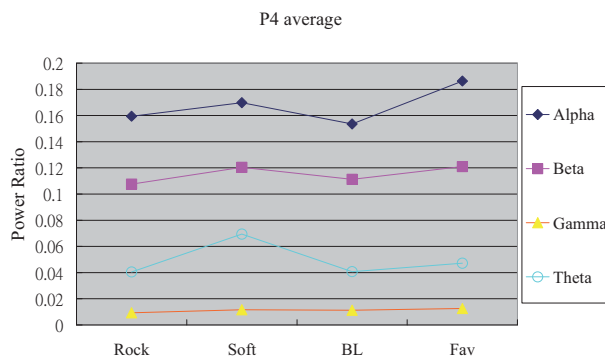
而在圖三、圖四中, 則是分別代表全部受測者在 P3 以及 P4 channel 中四個情境下所產生能量比率平均值。由上述圖本研究發現在聆聽舒緩音樂及受測者自選音樂時, 在 Alpha band 時, 其受測者的 EEG Power 明顯較高。尤其在枕葉部 (Occipital)、頂中央 (Midline Parietal)、頂葉部 (Parietal)、後顳 (Posterior Temporal) 部分。故更進一步將差異較大的頂葉部位取出分析, 發覺 P3 點在 Alpha band 和 Theta band 的狀態, 當聆聽舒緩音樂以及受測者本身所喜愛的音樂時, EEG Power 具有明顯上升 (表一), 而在搖滾音樂以及沒有聽音樂的情境下, 頂葉部 EEG Power 卻呈現下降的情況 (圖三、圖四)。同樣的在 P4、Pz 兩點也發現同樣的情形。這些發現顯示出音樂的差異確實能反應在 EEG 上。但是統計分析出的明顯度不高, 可能是研究樣本數不足所造成的影響。

表一：P3 點在四種情境下之 Power Mean 值。

|          | Alpha          | Theta          |
|----------|----------------|----------------|
| Rock     | Mean=0.12±0.05 | Mean=0.04±0.01 |
| Soft     | Mean=0.23±0.27 | Mean=0.06±0.07 |
| Baseline | Mean=0.12±0.05 | Mean=0.04±0.02 |
| Favorite | Mean=0.14±0.07 | Mean=0.05±0.04 |

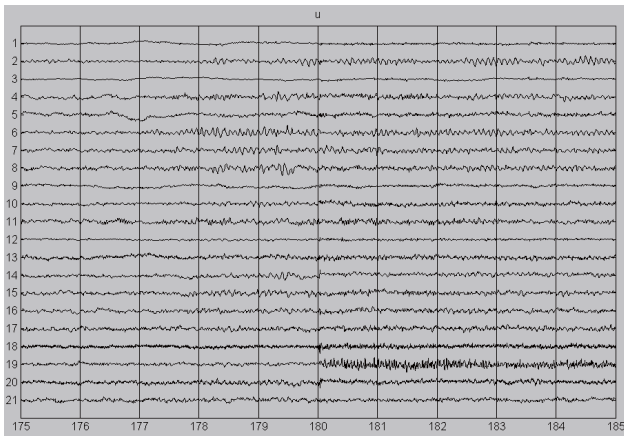


圖三：四種情境在頭部 P3 點所產生 EEG Power 之變化。

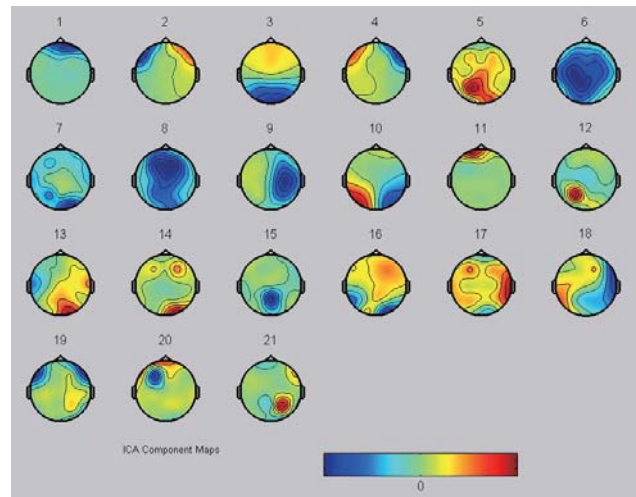


圖四：四種情境在頭部 P4 點所產生 EEG Power 之變化。

而本研究也將腦波訊號作 ICA(圖五)，並將分析後所獲得各獨立元件 Power 強度繪製成分佈圖(圖六)，此圖為 Rock 情境最後五秒以及 Sock 情境最前五秒的 EEG，經 ICA 後所得 21 個腦波獨立元件，由圖中我們可察覺在第 10、11、18、19、20channel，也就是腦部的頂葉部(Parietal)、後顳(Posterior Temporal)、枕葉部(Occipital)的部分，可發現以 180 秒為上下分界的 Rock、Soft 情境，經過 ICA 處理過後的訊號有了明顯不同。



圖五：EEG 經 ICA 後所得 21 個獨立元件，175~180 為 Rock 情境，180~185 為 Soft 情境。



圖六：ICA 後各獨立元件分佈強度圖(紅色部分為 Power 較強，藍色部分為 Power 較弱)

## 六、參考文獻

- [1] Koelsch S, Mulder J (2002) Electric brain responses to inappropriate harmonies during listening to expressive music. *Clin Neurophysiol*, 113: 862-869.
- [2] Bhattacharya J, Petsche H (2001) Universality in the brain while listening to music, *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, 268: 2423-33.
- [3] Bhattacharya J, Petsche H, Pereda E (2001) Interdependencies in the spontaneous EEG while listening to music. *Int J Psychophysiol*, 42: 287-301.
- [4] Cohen, L. (1998) Time-Frequency Distribution-A review. *Proc IEEE*, 77: 941-981
- [5] 邱安煒 (2004) 音樂對腦波及心變異性的影響。台北醫學大學醫學研究所，碩士論文。
- [6] Jung TP, Makeig S, Bell AJ, and Sejnowski TJ (1998) Independent Component Analysis of Electroencephalographic and Event-related Potential Data. in *Central Auditory Processing and Neural Modeling* (eds P Poon and J Brugge), Plenum Press, NY, pp189-197.
- [7] Jung TP, Humphries C, Lee TW, Makeig S, McKeown M, Iragui V, and Sejnowski TJ (1998), Extended ICA removes artifacts from electroencephalographic recordings. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 10: 894-900.
- [8] Makeig S, Bell AJ, Jung TP, and Sejnowski TJ (1996), Independent component analysis of electroencephalographic data. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 8: 145-151.
- [9] Makeig S, Westerfield M, Jung T P, Covington J, Townsend J, Sejnowski T J and Courchesne E (1999) Independent components of the late positive event-related potential in a visual spatial attention task. *J Neuroscience*, 19: 65-80.
- [10] <http://faculty.washington.edu/chudler/1020.html>