

聽覺記憶負荷之腦波研究

指導教授：曾乙立 博士

學生：陳宜鈺、陳湘頻、黃婷、王瑞陞

輔仁大學 電機工程學系 大學部專題生

摘要

探討在聽覺記憶負荷中，大腦區域的腦波反應。讓受試者進行記憶負荷程度不同的聽覺工作記憶實驗，使用腦電波儀測量腦電訊號，將訊號進行前處理與分析，探討在聽覺記憶負荷中，大腦振盪活動與前額葉反應強度。

得知大腦在頂葉的振盪活動中，強度隨著記憶負擔增加而增強。在前額葉的反應中，額下迴與額中迴對於聽覺工作記憶負擔不同具有顯著的反應。在以往文獻中，大多探討視覺工作記憶在額葉與頂葉的連結性，本研究則是少數使用聽覺工作記憶之研究，希望可藉由此研究在未來探討聽覺工作記憶之神經網路。

本研究中的優勢是使用不同的獨立成分分析法，除了能還原原始訊號外，藉由適應性混和獨立成分分析(Adaptive Mixture ICA)更能有效去除眼動及肌電訊號等背景雜訊，未來亦可應用在其他腦波實驗的分析中，降低雜訊的影響。結合本研究的結果，未來可望應用在認知功能的診斷與治療效果評估。

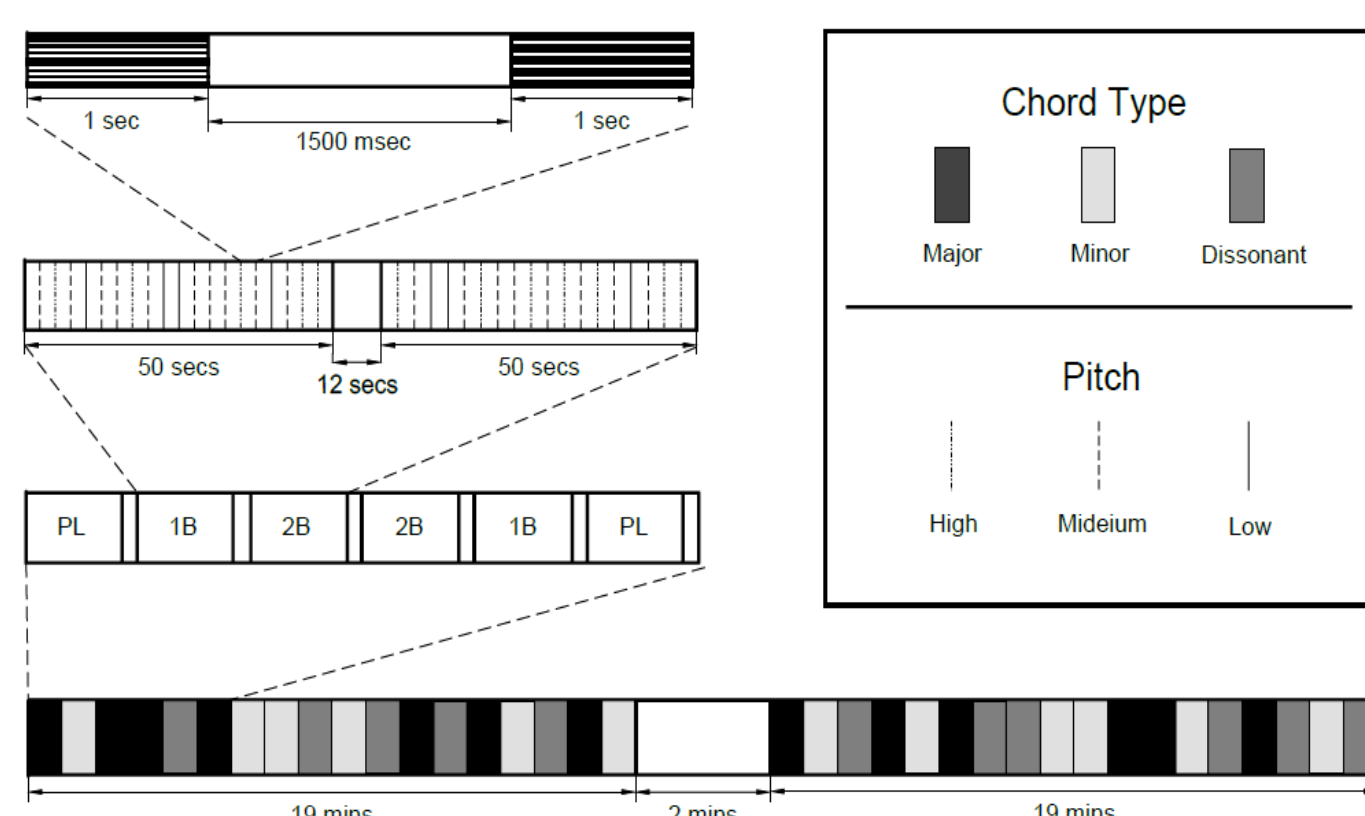
研究方法

本實驗的區塊分為三種，Passive Listening(PL)、1-back(1B)、2-back(2B)。PL是指聽到和弦即按按鍵8；1B是只當聽到和弦時，需判斷與前一個和弦是否相同，若相同則按按鍵8，不同則按按鍵9；2B是指當聽到和弦時，必須判斷與前一次和前兩次的和弦是否相同，若其中有一個相同按按鍵8，不同則按按鍵9。因為在1B和2B的第一個和弦出現時，沒有可以用來比較的前一個和弦，故直接按按鍵9。每一個區塊中只會出現一種大調、小調或不和諧的和弦，但每次實驗中每個各出現6次，以隨機方式產生。

三種區塊的實驗順序為PL、1B、2B、2B、1B、PL，共重複三次，當18個區塊實驗完後，程式會讓受試者休息兩分鐘，再次實驗另外18個區塊。



圖一、實驗流程



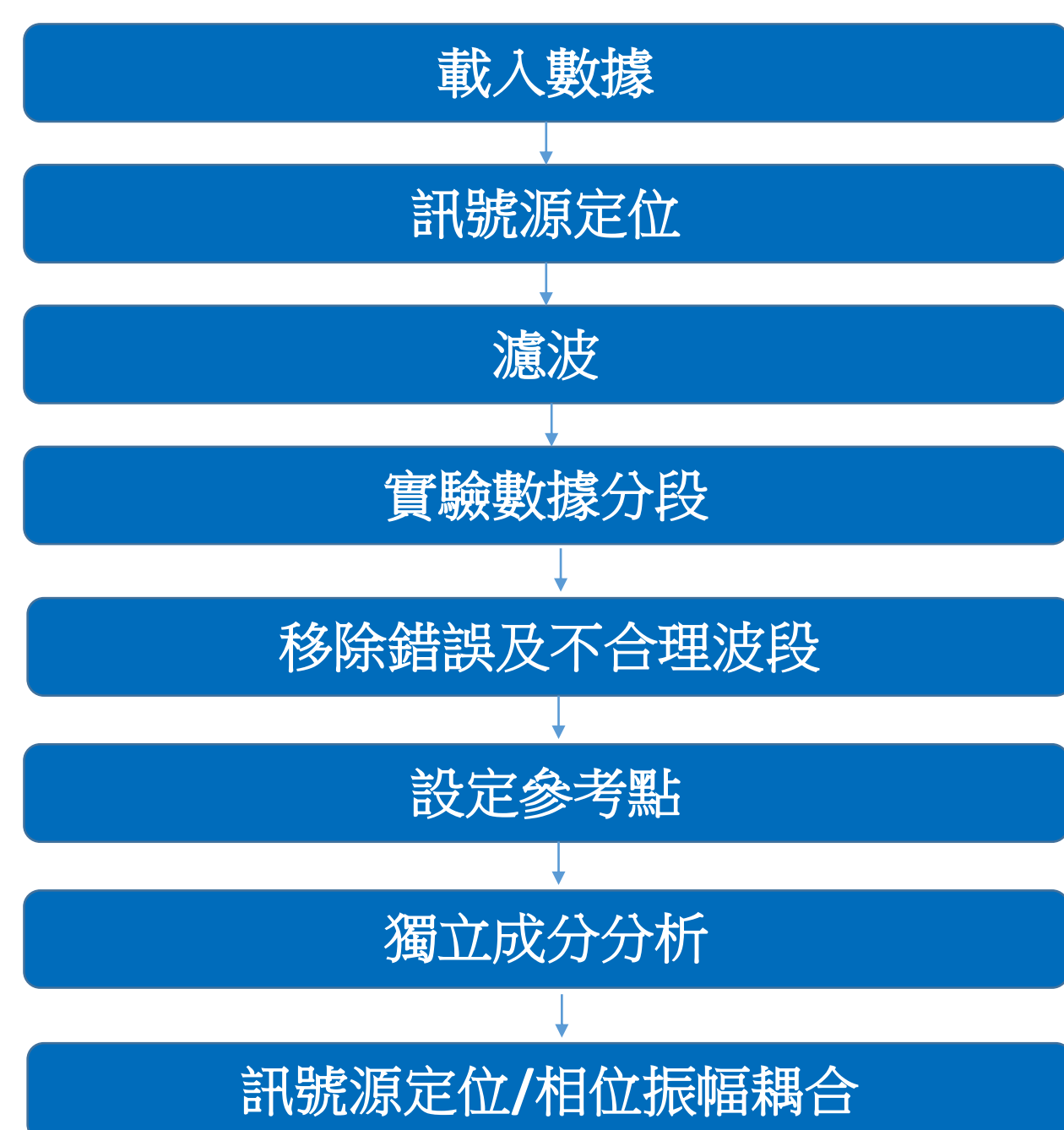
圖二、實驗設計

腦電波的測量與接收使用36通道的電極帽與NuAmps的40導神經影像電位放大器，幫受試者戴上電極帽並移正位置後，在左右耳後(A1、A2)參考點的電極位置先做去角質，以降低外層皮膚的阻抗。接著打開Neuroscan軟體，將所有電極打膠，觀察每個電極位置的阻抗值降至5KΩ以下，36個電極都確認完後即開始實驗。

腦波訊號的前處理是使用MATLAB的工具箱EEGLAB來分析訊號。首先將收到的資料(.cnt)檔載入EEGLAB裡面，對每個訊號源進行定位，為了去除60Hz的雜訊，使用EEGLAB裡面的濾波器，將高於50Hz和低於1Hz的雜訊濾除。接著將每次刺激的前1.5秒與刺激後2秒作為一組分段。分段完後以人工的方式將雜訊的波段刪除，再將參考點設置在A1、A2，即結束腦波訊號的前處理。



圖三、NuAmps40導神經影像電位放大器
32通道電極帽



圖四、腦波處理流程

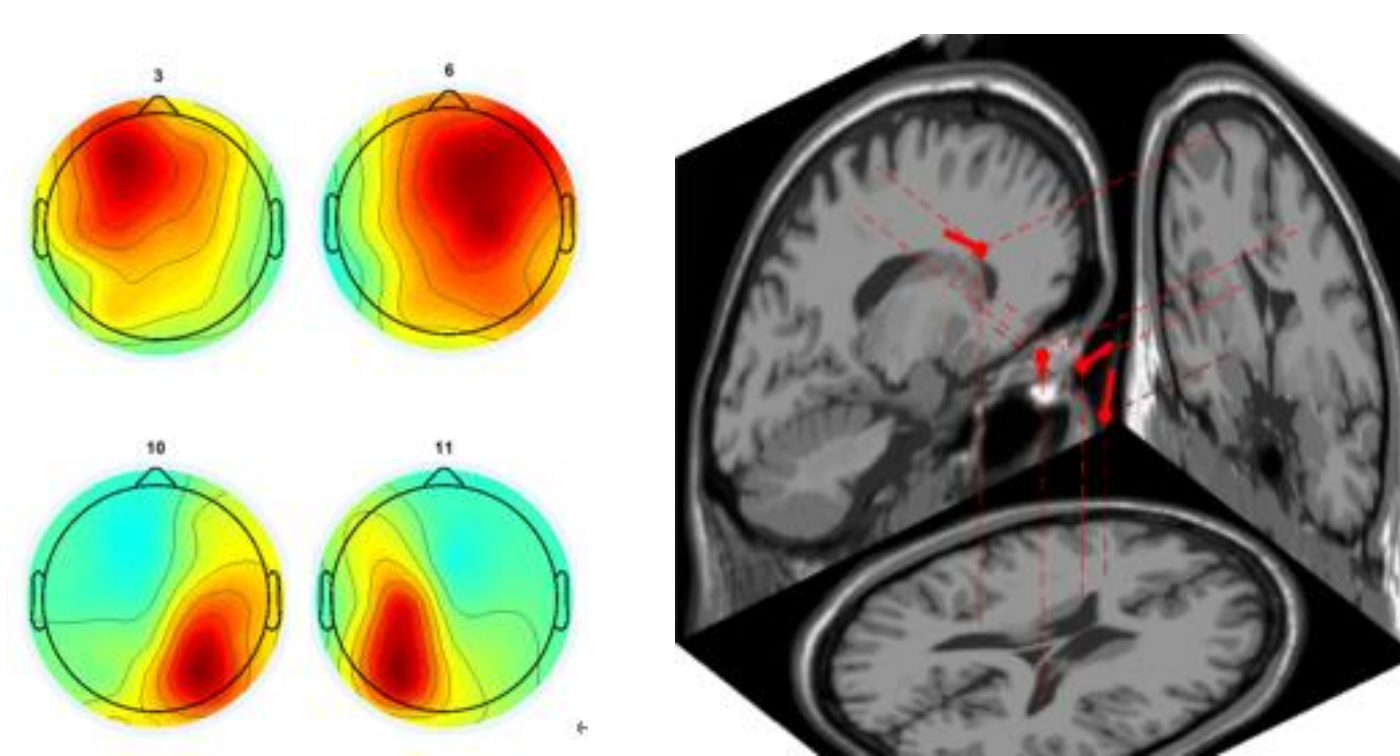
獨立成分分析、適應性混和獨立成分分析

獨立成分分析(Independent Components Analysis, ICA)，目的為要分離雜訊，還原訊號源。將混雜不同部位電訊號的腦電訊號分離成非高斯訊號源的線性轉換，分離出眼動訊號及肌電訊號等其他雜訊，得到腦中不同區域的訊號。在本研究中共有36個通道，利用原始向量 $x(t)$ 估算混合矩陣 A 和獨立成分 $s(t)$ ，寫成：

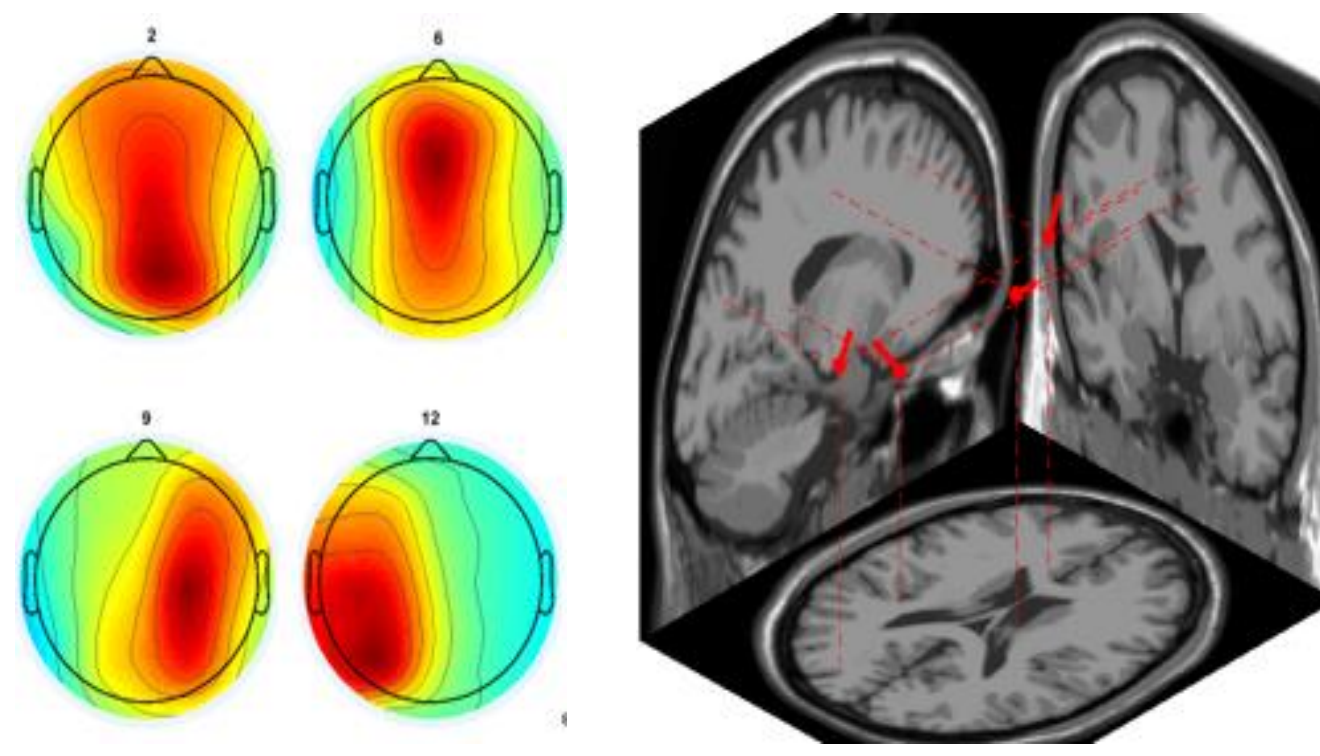
$$x(t) = As(t)$$

本研究另使用適應性混和獨立成分分析(Adaptive Mixture ICA)的演算法。此分析法假設數據並非完全無雜訊，因此不同的線性轉換可能在不同的時間有效，混合矩陣 A 便存在不同機率的模型中心 c_h ，寫成：

$$x(t) = Ahs(t) + c_h$$



圖五、獨立成分分析



圖六、適應性混和獨立成分分析

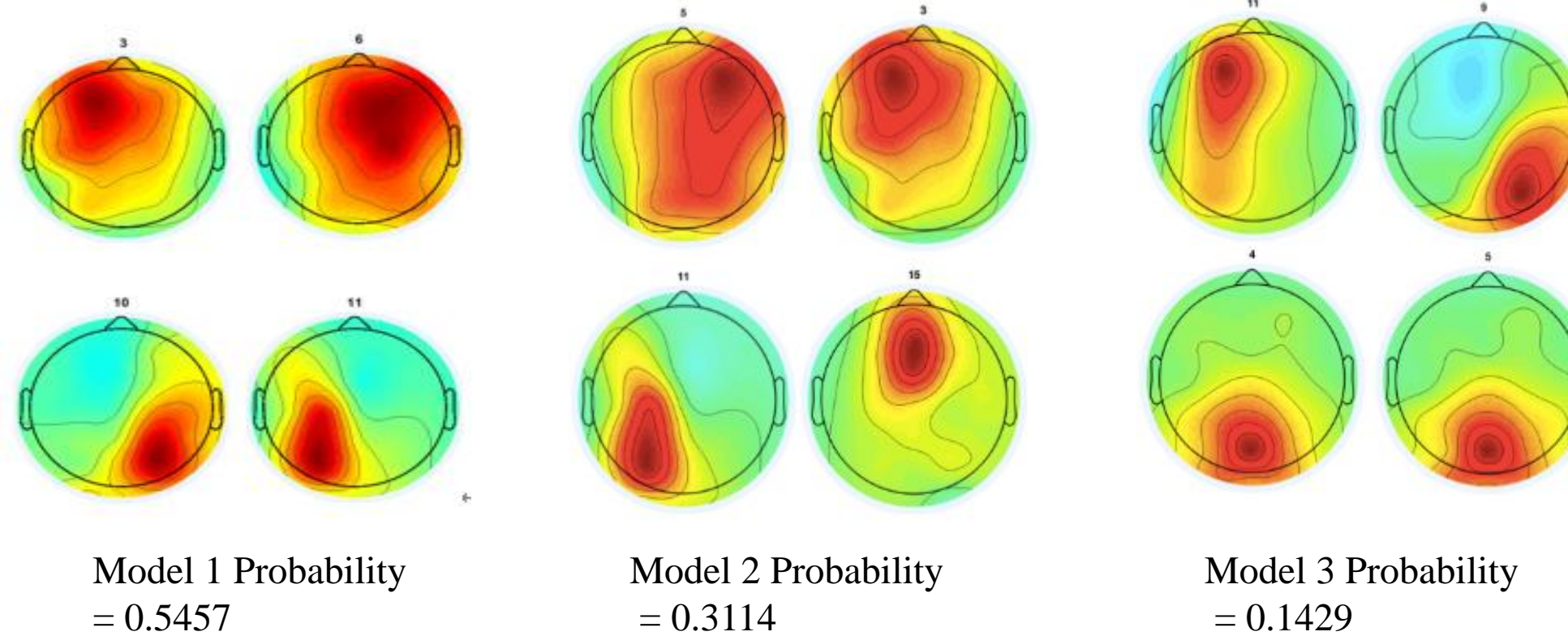
事件相關電位與事件相關頻譜擾動

事件相關電位(Event-Related Potential, ERP)是指刺激後所發生的腦電反應，為將實驗中同類刺激的腦電波電壓平均，得到單一事件相關的腦電訊號。在本研究中使用ERP為了瞭解在音樂刺激下，不同腦部的連結，得到聽覺、記憶提取、判斷等相關的電訊號。事件相關頻譜擾動(Event-Related Spectral Perturbation, ERSP)在分析上先透過小波轉換將訊號(時間)轉換成橫軸為時間，縱軸為頻率的資料，而轉換方式寫成：

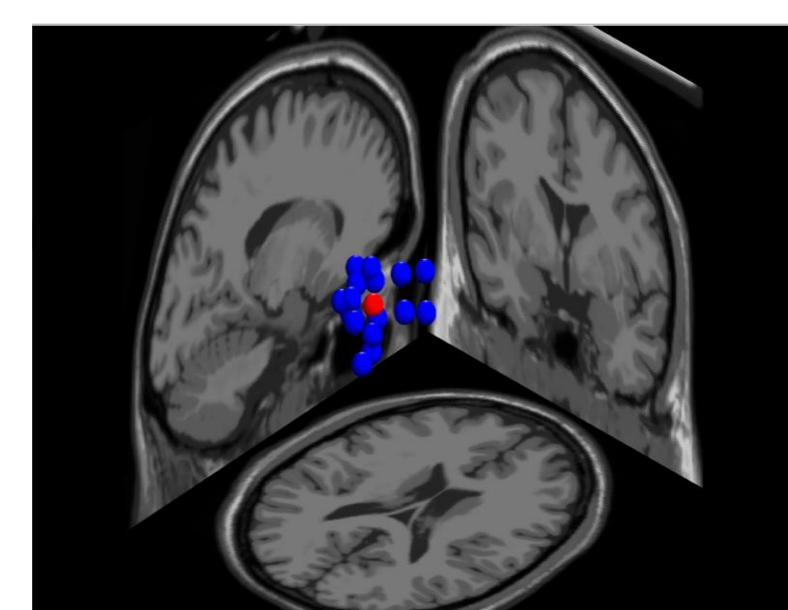
$$ERSP(f, t) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |F_k(f, t)|$$

結論

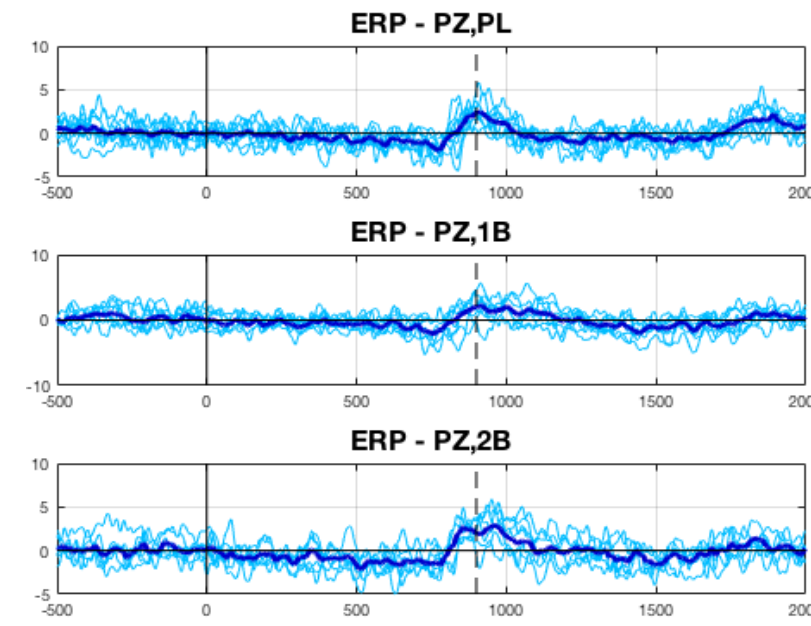
從本研究結果中，可得知大腦在頂葉的振盪活動中，alpha頻帶振盪強度隨著記憶負擔增加而增強。本研究使用不同的獨立成分分析法，依照不同模型機率的高低，直接從試驗中判斷哪些區段為雜訊，在試驗數量較多的實驗中，能提高分析的準確率，有效去除眼動及身體移動等背景雜訊，降低雜訊的影響。與傳統的獨立成分分析法相比，訊號源還原度更高。在事件相關振幅耦合中可以看出刺激時間內，2B相對於1B和PL有較明顯的顯著，代表記憶負擔較大。



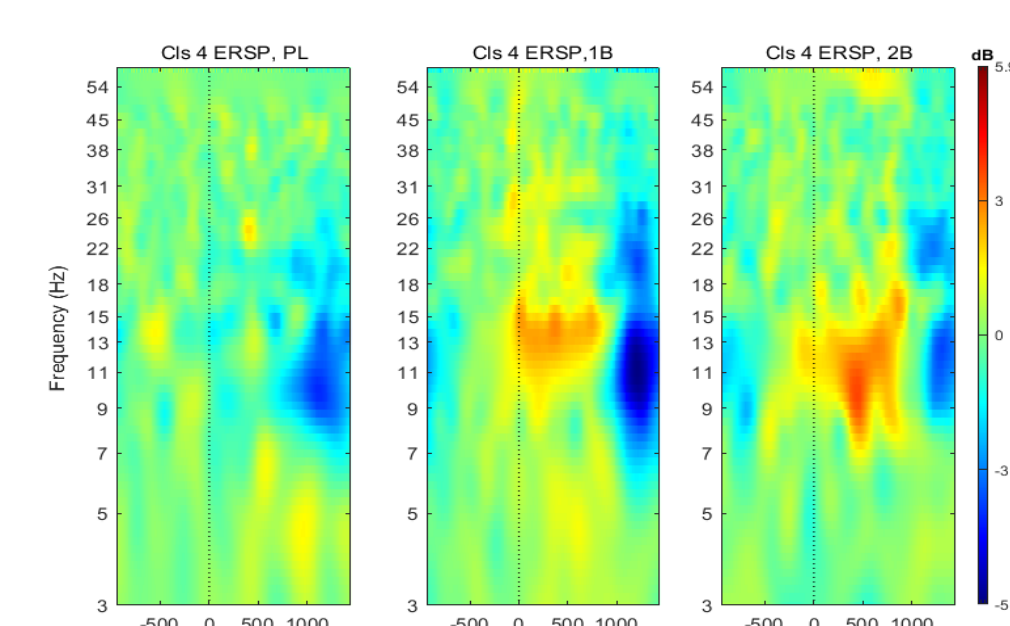
圖七、適應性混合獨立成分分析模組機率



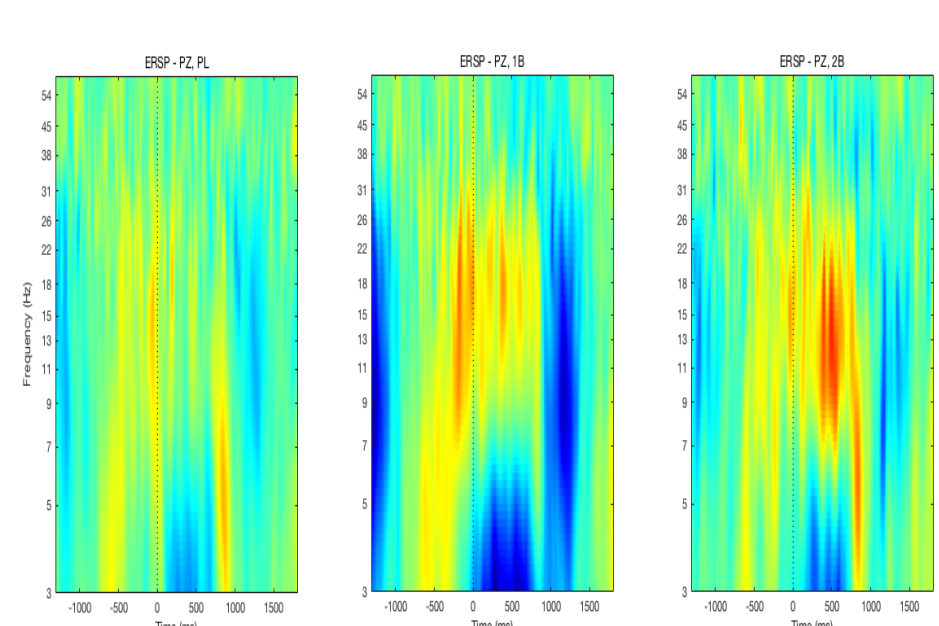
圖八、頂葉訊號源定位



圖九、事件相關電位

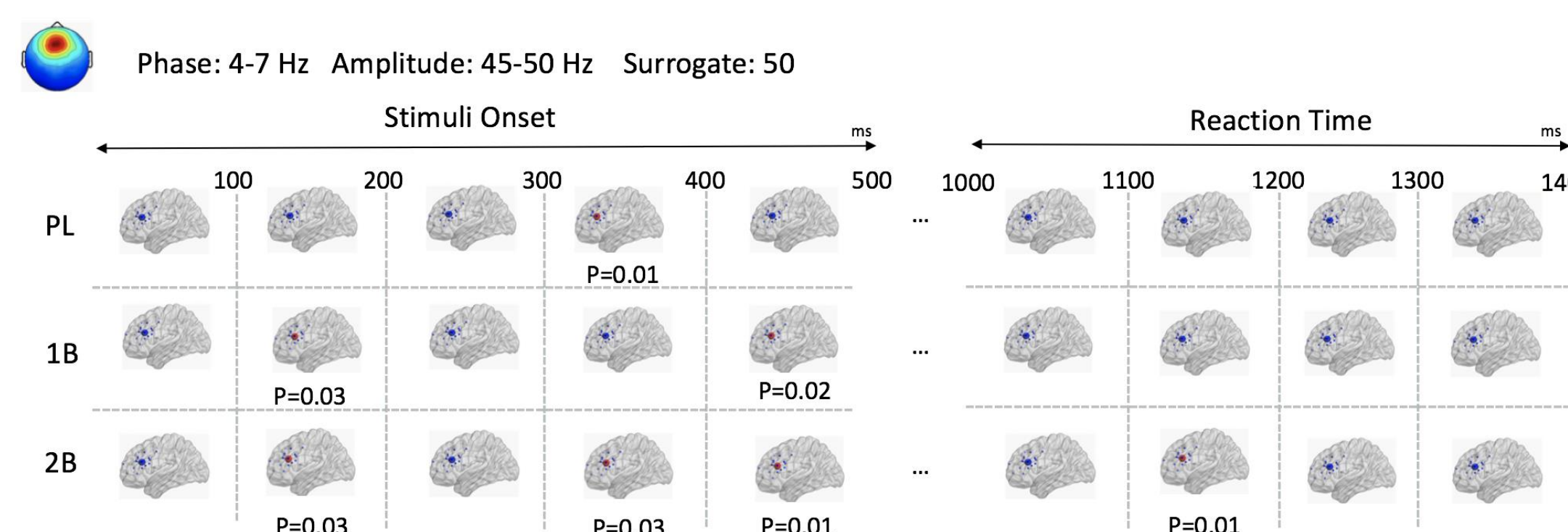


圖十、頂葉事件相關
頻譜擾動

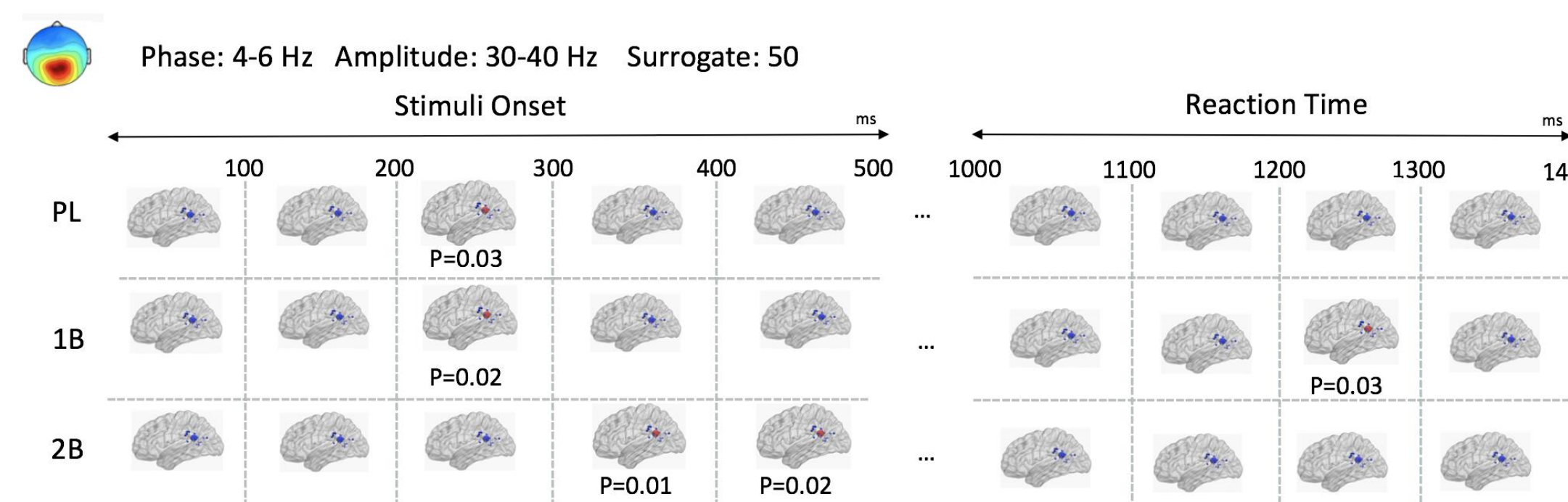


圖十一、Pz 事件相
關頻譜擾動

圖十二、
額葉相位振幅耦合



圖十三、
頂葉相位振幅耦合



2017 輔仁大學電機工程學系
大學部專題成果展

