

禪坐腦電波頻域-空間特性分析

研究生：王富滄

指導教授：羅佩禎教授

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要

本篇論文的目的是利用訊號處理技術分析多通道腦電波訊號 (electroencephalograph, EEG) 之空間-頻率關聯性。在本論文中，我們分成兩部分：第一部分使用一致分析法 (Coherence)，來分析與萃取受測者多通道腦電波中 α 波能量的空間關聯性；第二部分觀察受測者 α 波能量在禪坐(休息)前、中、後的變化。



一致分析法可用以分析腦電波訊號(本研究以禪坐腦電波為主)兩兩通道間之局部空間性，比較前後腦與左右腦兩兩通道間 α 波功率頻譜函數(Power Spectrum)的關聯性，實驗組與控制組功率頻譜函數變化的差異，或是禪修者的腦電波之變化。並標準化至 0 ~ 1 呈現，更利於觀察腦電波信號 Coherence 之權重分布。

另一方面，觀察受測者 α 波能量在禪坐(休息)前、中、後權重空間分布，以頭殼圖表現空間分布，並將其以平均權重範圍為 0 ~ 1 表示，可以比較出實驗組與控制組在實驗過程中 30 通道間 α 波能量的差異性，並分析其間實驗組與控制組 α 波能量的增減情形，再對應腦電波之局部區域的相關分析，可較明顯看出其中的變化。

Spatio – Spectral Characterization of Meditation EEG Signal

Student : Fu- Tsang Wang Advisor : Dr. Pei-Chen Lo

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao-Tung University

Abstract

The aim of this thesis is to employ signal processing techniques in the analysis of the spatio-spectral correlation of the multi-channel EEG (electroencephalograph) signals. This thesis is divided into two parts. In the first part, we evaluate the spatial coherence of α rhythmic power in multi-channel EEGs. In the second part, we observe the variation of α rhythmic power between different sessions, that is, before, during, and after meditation (rest).

Coherence analysis provides an approach for estimating the degree of local spatial correlation between two channels. On one hand, this study focused on the meditation EEG signals. The results were normalized to $0 \sim 1$ for objective comparison. The display method of topographic mapping allows us to easily visualize the weighting distribution of coherence parameters.

On the other hand, we observed the variation of α rhythmic power of each subject between different sessions, that is, before, during, and after meditation (rest). We compared the results of α rhythm power among 30 channels between experimental and control groups, and analyzed the increment and decrement of α rhythmic power during that time. In addition, local EEG correlation was investigated for thoroughly understanding the spatial characteristics of EEG rhythms under Zen meditation.

誌 謝

首先要感謝指導老師 羅佩禎教授對我論文上的指教，使得我的研究內容更有意義。同時也感謝口試委員 楊谷洋教授與陳永昇教授對本論文的指教與建議，讓我知道論文的不足之處，使得論文更加完整。

我在交大的這兩年來，感謝博士班學長姊：剛鳴、瑄詠、憲正、適達、權毅的殷勤指導。再來，我想感謝的是我的同儕：偉源陪我一起度過兩年來的研究生活，也讓我在待人處世上能更謙虛與成熟。另外也感謝學弟：進忠與偉凱，他們在我研究之餘，陪我一起度過。

最後，要感謝我的家人，全家人對我繼續升學的支持，讓我能全心的在研究上，並順利的完成學業。



目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	IV
表目錄	VII
圖目錄	X
第一章 前言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	3
1.3 章節安排	3
第二章 腦電波訊號簡介與實驗步驟	5
2.1 腦電波訊號紀錄與基本波形探討	5
2.1.1 腦電波訊號簡介	5
2.1.2 腦電波訊號波形的種類	5
2.1.3 禪坐與休息之腦電波訊號特性探討	7
2.2 實驗步驟	8
2.2.1 實驗設備簡介	8
2.2.2 步驟說明	11
第三章 研究理論與方法	12
3.1 一致分析法 (Coherence)	12
3.1.1 相關性分析	12
3.1.2 一致分析法應用於 EEG 分析	14

3.1.3 腦電波基本頻段之 Coherence -----	16
3.2 萃取腦電波 α 波能量之方法 -----	17
3.2.1 腦電波 α 波 Power Spectrum 萃取流程 -----	17
3.2.2 時間區段的選取方法 -----	19
3.3 成對樣本 t 檢定(Paired t - test)理論 -----	20
第四章 實驗結果 -----	21
4.1 一致分析法之分析與探討 -----	21
4.1.1 前後腦之相關分析 -----	22
4.1.2 左右腦之相關分析 -----	30
4.2 頻譜功率函數(Power Spectrum)成分空間分布 -----	37
4.2.1 α 波能量各通道平均空間權重分布 -----	37
4.2.2 禪坐(休息)前、中、後 α 波能量各通道增減情形分析 -----	41
第五章 結論與未來展望 -----	44
5.1 結論 -----	44
5.2 未來展望 -----	45
參考文獻 -----	46
附錄 A(實驗前置作業) -----	51
附錄 B(禪坐簡介) -----	52
附錄 C(附前後腦 Coherence 原始平均資料提供參考) -----	53

附錄 D(附左右腦 Coherence 原始平均資料提供參考)-----55

附錄 E(附 α 波能量平均權重空間分布的頭殼圖原始資料提供參考)-----57



表目錄

表 4-1 實驗組基本資料	22
表 4-2 控制組基本資料	22
表 4-3 實驗組在禪坐前、中、後前後腦通道間 α 波 Power Spectrum 的 Coherence 平均值變化統計表	23
表 4-4 控制組在休息前、中、後前後腦通道間 α 波 Power Spectrum Coherence 平均值變化統計表	24
表 4-5 Subject 20050203 實驗組前後腦的 Paired t- test 統計表	26
表 4-6 Subject 20050321_1 實驗組前後腦的 Paired t- test 統計表	26
表 4-7 Subject 20050323_1 實驗組前後腦的 Paired t- test 統計表	26
表 4-8 Subject 20050329_1 實驗組前後腦的 Paired t- test 統計表	26
表 4-9 Subject 20050401_3 實驗組前後腦的 Paired t- test 統計表	26
表 4-10 實驗組前後腦禪坐前與禪坐中 Coherence Paired t- test 差異性統計表	27
表 4-11 實驗組前後腦禪坐中與禪坐後 Coherence Paired t- test 差異性統計表	27
表 4-12 Subject 20050304 控制組前後腦的 Paired T- test 統計表	28
表 4-13 Subject 20050321_2 控制組前後腦的 Paired T- test 統計表	28
表 4-14 Subject 20050322 控制組前後腦的 Paired T- test 統計表	28
表 4-15 Subject 20050323_2 控制組前後腦的 Paired T- test 統計表	28
表 4-16 Subject 20050329_2 控制組前後腦的 Paired T- test 統計表	28
表 4-17 控制組前後腦休息前與休息中 Coherence Paired t- test 差異性統計表	29
表 4-18 控制組前後腦休息中與休息後 Coherence Paired t- test 差異性統計表	29
表 4-19 實驗組在禪坐前、中、後左右腦通道間 α 波 Power Spectrum Coherence 平均值變化統計表	30
表 4-20 控制組在休息前、中、後左右腦通道間 α 波 Power Spectrum Coherence 平均值變化統計表	31

表 4-21 Subject 20050203 實驗組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	33
表 4-22 Subject 20050321_1 實驗組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	33
表 4-23 Subject 20050323_1 實驗組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	33
表 4-24 Subject 20050329_1 實驗組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	33
表 4-25 Subject 20050401_3 實驗組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	33
表 4-26 實驗組左右腦禪坐前與禪坐中 Coherence Paired t- test 差異性統計表---	34
表 4-27 實驗組左右腦禪坐中與禪坐後 Coherence Paired t- test 差異性統計表---	34
表 4-28 Subject 20050304 控制組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	35
表 4-29 Subject 20050321_2 控制組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	35
表 4-30 Subject 20050322 控制組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	35
表 4-31 Subject 20050323_2 控制組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	35
表 4-32 Subject 20050329_2 控制組左右腦的 Paired T- test 統計表 -----	35
表 4-33 控制組左右腦休息前與休息中 Coherence Paired t- test 差異性統計表 -	36
表 4-34 控制組左右腦休息中與休息後 Coherence Paired t- test 差異性統計表--	36
表 C-1 Subject 20050203 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	53
表 C-2 Subject 20050321_1 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	53
表 C-3 Subject 20050323_1 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	53
表 C-4 Subject 20050329_1 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	53
表 C-5 Subject 20050401_3 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	53
表 C-6 Subject 20050304 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	54
表 C-7 Subject 20050321_2 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	54
表 C-8 Subject 20050322 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	54
表 C-9 Subject 20050323_2 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	54
表 C-10 Subject 20050329_2 前後腦的 Coherence 原始平均資料-----	54
表 D-1 Subject 20050203 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----	55
表 D-2 Subject 20050321_1 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----	55

表 D-3 Subject 20050323_1 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----55
表 D-4 Subject 20050329_1 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----55
表 D-5 Subject 20050401_3 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----55
表 D-6 Subject 20050304 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----56
表 D-7 Subject 20050321_2 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----56
表 D-8 Subject 20050322 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----56
表 D-9 Subject 20050323_2 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----56
表 D-10 Subject 20050329_2 左右腦的 Coherence 原始平均資料-----56



圖目錄

圖 2.1 四種腦電波圖，圖(a)(b)(c)(d)依序為 δ 波、 θ 波、 α 波與 β 波(橫軸單位為秒) -----	6
圖 2-2 頭殼 32 channel 分布圖-----	9
圖 2-3 數位腦電波放大濾波系統-----	10
圖 2-4 (a)刺激用的閃光燈 -----	11
圖 2-4 (b)實驗中的閃光燈 -----	11
圖 2-5 實驗流程圖-----	11
圖 3-1 腦電波 α 波 Power Spectrum 萃取流程圖-----	18
圖 3-2 以兩秒為一時間區段方式依序取出腦電波資料圖解 -----	19
圖 4-1 實驗組在禪坐前、中、後前後腦通道間 α 波 Power Spectrum 的 Coherence 平均值變化直條圖 -----	23
圖 4-2 控制組休息前、中、後前後腦通道間 α 波 Power Spectrum 的 Coherence 平均值變化直條圖-----	24
圖 4-3 實驗組在禪坐前、中、後左右腦通道間 α 波 Power Spectrum 的 Coherence 平均值變化直條圖 -----	30
圖 4-4 控制組休息前、中、後左右腦通道間 α 波 Power Spectrum 的 Coherence 平均值變化直條圖 -----	31
圖 4-5 實驗組禪坐前、中、後 α 波能量平均權重空間分布的頭殼圖-----	38
圖 4-6 控制組休息前、中、後 α 波能量平均權重空間分布的頭殼圖-----	39
圖 4-7 實驗組禪坐中減禪坐前 α 波能量平均增減情形空間分布頭殼圖 -----	41
圖 4-8 實驗組禪坐後減禪坐中 α 波能量平均增減情形空間分布頭殼圖-----	41
圖 4-9 控制組休息中減休息前 α 波能量平均增減情形空間分布頭殼圖-----	42
圖 4-10 控制組休息後減休息中 α 波能量平均增減情形空間分布頭殼圖-----	42