

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

八十七年度【功能性核磁共振影像在認知科學研究之應用（I）】

計畫編號：NSC 87-2418-H-002-043

執行期限：1998年06月01日至1999年12月31日

主持人：陳志宏 執行機構及單位名稱

一、中文摘要

功能性核磁共振影像(fMRI)，不僅由於解析度比同樣作為腦功能研究的正子放射斷層掃描(PET)精細，也由於此項技術未來成熟後，除了在臨床上可協助醫師做更精確的判斷外，還可作為在生理或心理研究上揭開人體大腦奧秘的有效工具。因此，國內外相關的學者紛紛投入此一重要研究主題。過去，在信號定性分析方法的建立與研究上的成果，已經為磁振造影術立下了穩固的基礎。

然而當這樣的利器日趨成熟的同時，由於儀器的昂貴，其使用卻僅限於醫學用途及工程研究，無法真正提供認知科學及腦部功能研究者從事基礎研究的探討也由於使用者寡，其他領域學者，大多無法利用此一利器從事基礎研究；令人振奮的是，台大電機系有幸獲得學校及國科會貴儀中心的大力支持，得以購置一昂貴的3T fMRI 儀器，藉由功能性核磁共振影像儀設立之良機，集合其他具備不同專業知識之研究者，群策群力，共同為解開大腦心智運作的奧秘及認知科學研究而努力。

在此我們希望藉由本研究計畫，匯集不同的知識與不同的研究方法，共同研究功能性影像的原理、技術、研究方法及其在認知科學上的應用，建立一套專屬國人的實驗流程、方法與分析工具及腦部功能性資料庫，藉由基礎課程的訓練，達到科技整合並激盪出新研究方向的目的，也為未來從事相關議題研究的學者，提供一強力的後援，這樣的計畫不但是國內功能性核磁共振影像研究及認知科學研究的創舉，也為其他認知科學的研究領域奠立良好的理論、實驗及分析基礎，更是將台灣推向世界學術舞台的重要里程。

關鍵詞：功能性核磁共振影像、認知科學

二、Abstract

In the past two years, we have developed an unsupervised fMRI analysis method and optimal pulse sequences. This will not only give us deeper insight into the underlying physiological mechanisms of fMRI, but also let us make quantitative interpretations of fMRI signals. With the help of these study results, we can further apply fMRI in more fields. By incorporating the experts of electric engineers, statisticians, neuroscientists, linguists, musicologists, and cognitive psychologists, we hope to obtain more information about the relationship between brain activity and cognitive function. After the project is completed, we hope to set up experimental modularity including experimental paradigms, analysis method as well as a data bank for functional brain image. The foundation stone achieved will become a powerful support for the future research in cognitive psychology, and neuroscience. It will make us important member in the study of cognitive science of the world.

Keywords: fMRI, Cognitive Science

三、緣由與目的

目前「功能性腦造影」主要可分為「功能性核磁共振影像」(functional Magnetic Resonance Image, fMRI)及「功能性正子斷層影像」(functional Positron Emission Tomography, fPET)，然功能性正子斷層影像受到其普遍性及時間(>1min)、空間解析度(>5mm)及放射線傷害等限制，研究成果一直無法有效突破；而1991年後興起的功能性核磁共振影像，由於其空間解析度及時間解析度都較為理想，數年來已成為研究腦部活動另一項令人寄以厚望的利器。

功能性核磁共振影像信號產生的機制，較普遍被接受的解釋為當大腦相對應中

樞興奮活動時，組織中腦血容積(cerebral blood volume, CBV)與血流(cerebral blood flow, CBF)的增加，帶來新鮮血液造成去氧血紅素局部濃度減少，使得磁場不均勻度變小，而增加 T₂-Weighted 核磁共振信號所致，因而此一理論便被稱為 BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent contrast)；其他類似血液流入流出之效果，亦共同被拿來解釋此一現象。

至於 PET 或 SPECT 等核醫影像，利用放射線同位素與身體內代謝物質相結合的方式，使我們能觀測到諸如氧氣消耗、血糖代謝…等直接的生理活動變化，而且藉由統計放射線同位素累積的數量，可以直接得到生理活動參數的變化，因此它已成為醫院中研究大腦功能性活動以及臨床診斷大腦功能障礙時不可或缺的工具。然而，由於放射線同位素的取得以及其時間、空間解析度、輻射傷害的問題等產生之限制，使得核醫影像在基礎醫學或心理學等的研究上一直無法做很好的發揮；相較於 PET，fMRI 卻沒有輻射傷害的困擾，這也是本計畫以 fMRI 為主，PET 為輔的主要原因。

「功能性腦造影」(Functional Brain Imaging)在國內實屬剛萌芽階段，推廣及認識並不普及，本研究計畫便是希望集合其他具備不同專業知識之研究者，先推廣功能性磁振造影之應用、技術等，再請其他領域學者就其專長分別交流、整合，群策群力，為大腦心智運作的奧秘探索及認知科學之研究而努力。

然而這項利器的使用，卻由於設備的昂貴，往往侷限於醫學用途，無法真正提供認知科學及腦部功能研究者從事基礎研究的探討，也由於使用者寡，其他領域學者，大多無法利用此一利器從事基礎研究；有鑑於此，台大電機系於八十六年度申請一部專為研究設計之功能性核磁共振儀，獲得學校及國科會貴重儀器中心大力支持，此舉為國內的認知科學、腦部心智研究及腦部功能性探討注入一劑強而有力之催化劑，也藉由功能性核磁共振影像儀設立之良機，集合其他具備不同專業知識之研究者，群策群力，共同為解開大腦心智運作的奧秘及認知科學研究

而努力。在此我們希望藉由本研究計畫，匯集不同的知識與不同的研究方法，共同研究功能性影像的原理、技術、研究方法及其在認知科學上的應用，並建立一套專用的實驗模組，並藉此機會共同探討有關人類的知覺研究、記憶研究、語言認知研究，到人類辨視物體的特徵擷取(Feature extraction)、圖像辨識(Pattern Recognition)等等「意識狀態」和「大腦狀態」間的關係，更希望進一步打開腦部運動、思考、記憶等心智運作的奧秘。

四、結果與討論

1. 實施方法

本研究計畫為三年長程研究計畫，主要目的在於推廣腦部功能性影像之原理、技術及應用，結合其他不同領域學者實驗方法及原理，共同探討大腦心智變化的奧秘，並藉以探討腦部功能狀態、心理認知科學及意識狀態等的關連，藉由眾人在不同領域的特長，群策群力，透過一系列的講習訓練課程及討論會，共同激盪新的研究方式與領域，為國內剛萌芽的腦部功能性影像及認知心理神經學奠定一深厚的基礎。

本研究計畫第一年將以基礎訓練為主，著重於不同領域學門間的交流，透過神經科學、心理學、語言學、音樂學及功能性影像學等不同領域學者間的彼此交流，以講習會、論文研討及實際儀器操作訓練等方式，作基礎原理探討的耕耘紮根工作。

第二年則偏向實驗設計、研究方式及分析方法的建立，以討論會及發表會的方式，逐步將研究的方向、方式、分析方法及限制等一一釐清，並以現有的分析方法為基礎，開發出新的分析模組。

第三年則著重於研究成果之分析及探討，並發展激盪出新的研究方向，藉討論會及成果發表會的方式分享不同的研究成果，並建立其間的關連性，也藉此檢討實驗模組建立的方式及分析、實驗過程，並開發出新的實驗模組，供未來研究之用。

現謹就第一年度執行方式作一詳細的描述：

基礎訓練為主，著重於不同領域學門間的交

流及分析工具的建立。

- 1.) 講習會：每二星期一次，先就 fMRI 原理、技術、應用及實驗方法等作詳細的介紹，以使不同領域的學者，得以清楚思索 fMRI 在其研究領域的應用。再就各不同領域認知科學學門相關議題共同討論，介紹不同學門所需及期望突破的瓶頸。(附錄一)
- 2.) 討論會：每個月一次，就現有論文討論其實驗設計、分析方式及所遭遇的限制等等，藉由討論會的方式將未來實驗所可能遭遇的問題一一克服。(附錄一)
- 3.) 訓練課程：fMRI 原理、操作、磁振線圈製作等，以假體實驗了解研究所需及必須注意之處，配合 fPET 的實驗結果比較，以現有的分析工具分析處理，訓練不同研究領域學者實際參與儀器操作與資料分析。目前已完成三組 fMRI 使用之頭部表面線圈，供使用者進行 fMRI Study (1,2)
- 4.) 分析工具製作：由於 fMRI 所得資料為腦部血流變化所致，不同的實驗設計、刺激模組加上正常生理、心理運作所致的訊號變化，使得研究資料的分析顯得格外重要，目前所擁有的分析工具，僅是為單一刺激所設計，未來面對其他研究領域資料及不同實驗模組設計，必須再增強分析工具的製作及實驗模組間的配合。目前已完成以神經網路為主之自動分析工具，發表於 IEEE 論文 (3) 並安裝於其他 fMRI Site 供研究者使用，
- 5.) 設計基礎實驗：設計基礎實驗模組，於實際實驗中學習整個實驗流程與應用，並形成「基本研究模式」如應用「削減孤立法」或「交集認定法」等研究方式。

2. 具體完成之工作項目

- 1.1 收集最新有關功能性核磁共振影像的相關資料，探討其機制、成因、實驗過程、內容分析方法及應用等相關資

料，編排成合適教材作為講習會課程之用。

- 1.2 收集認知科學有關講義，配合 fMRI 的使用，達到交流的目的。
- 1.3 設立與維護 3T fMRI 系統。
- 1.4 fMRI 實驗操作課程訓練，並製作教學錄影帶
- 1.5 fMRI 線圈製作訓練。
- 1.6 相關領域論文討論
- 1.7 建立電腦分析環境，整合已完成的分析方法。
- 1.8 教導分析工具使用。
- 1.9 設立視覺刺激系統。
- 1.10 舉辦國際研討會 (附錄二)
在國科會人文處之推動下，本實驗室亦於 12 月 1-2 日於本校思亮館舉行研討會，邀請國外著名之教授 5 名針對認知科學之應用及相關議題進行演講、會議及實驗室之參觀【附錄：研討會大綱】，對國內認知科學有相當大之助益。
- 1.11 基礎實驗設計。
- 1.12 數據分析，比較各種分析方法結果。
- 1.13 整合不同領域學門，並作合作模式探討。
- 1.14 撰寫報告

3. 貢獻

功能性核磁共振影像，到現在仍是一個剛起步、方興未艾的領域，尤其在認知科學上的應用，在世界其他國家更是處於剛萌芽的階段，透過此計畫適將不同專長學者集合於一堂，共同討論並設計一系列實驗的模組並藉此機會激盪出新的研究議題，誠屬難得的機會，也為認知科學基礎研究紮下一深厚的基礎。

第一年的計畫中我們以基礎訓練為主，著重於不同領域學門間的交流，以講習會、論文研討及實際儀器操作訓練等方式，作基礎原理探討的耕耘紮根工作，也為國內基礎整合研究及認知科學

研究奠定深厚之基礎。

目前進行第二年的計畫中我們偏向實驗設計、研究方式及分析方法的建立，以討論會及發表會的方式，逐步將研究的方向、方式、分析方法及限制等一一釐清，並以現有的分析方法為基礎，開發出新的分析模組：這些工作，為其他領域學者開拓一條新的研究道路，也為合作研究設立良好典範更為認知科學設計出一套專屬的實驗方式，實振奮基礎研究學者從事基礎研究工作之熱誠；並發展激盪出新的研究方向，藉討論會及成果發表會的方式分享不同的研究成果，並建立其間的關連性，也藉此檢討實驗模組建立的方式及分析、實驗過程，並開發出新的實驗模組，供未來研究之用。透過一系列的教育、講習、討論、實驗法、分析訓練及儀器操作，將成果展現出來，也為激盪出新的研究方向，更設立一系列的實驗模組，以供未來學者參考，並經由資料庫的建立，建立一屬於國人專有的意識狀態及腦部功能性影像，為其他學者研究奠定一強大的後援。

4. 人員獲得之訓練

由前面所說的研究方法及工作項目可以看出，在整個計畫過程中，參與人員從最基礎的原理、技術、應用、交流、整合等過程，學習了其他學門的專長，以補其本身的不足，也同時擴展了研究的視野，並學習了新的分析方式，除了熟悉各種統計方法來進行影像與信號分析外，在實驗方面，從功能性核磁共振的理論、PET 信號、生理訊號的獲得、認知科學實驗結果的比較等各個環節中參數的意義，到進一步對大腦血流量與神經電氣活動相關性的了解，以致於腦部心智活動的機制等等都可獲得充分的認識。不僅為未來國內醫學影像與大腦功能研究的領域提供了基礎實驗人才的訓練，更對資源的整合起了示範性的作用。

經由特殊實驗模組的設計，從原理、技術、方法、限制及分析工具等，建立了一套專屬於國人實驗設計的模組，為將來實驗設

計提供了一良好的典範，並透過資料庫的建立，完成了一專屬國人的資料蒐集，為其他領域學者提供了一強大的後盾，也為參與實驗學者提供了一良好完整的實驗設計、分析及資料整理的訓練。

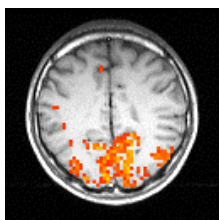
在認知科學應用上，由於有了對大腦功能更完整的研究，將直接促進並解答相關領域常久以來作之假設、模型與理論，不僅對學者在心理、生理基礎研究上，甚至其他醫學領域的研究上，都將有十分巨大之助益。

五、參考文獻

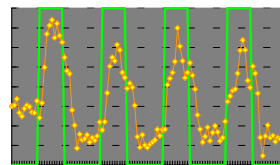
1. Fa-Hsuan Lin, Shyh-Kang Jeng, Wei-Peng Kuan and Iyh-Horng Chen, "Quantitative Analysis of Magnetic Resonance radio-frequency Coils based on Method of Moment", *IEEE Trans. Magn., Vol.35, No.3, pp.2118-2127, May, 1999*
2. Fa-Hsuan Lin, Wei-Peng Kuan, Shyh-Kang Jeng and Iyh-Horng Chen, "Quantitative Spectral / Spatial Analysis of Phased Array Coils in Magnetic Resonance Imaging Based on Method of Moment", *IEEE Trans. Med. Imaging, Volume: 18, No. 12, December 1999, Page(s): 1129 -1137*
3. Kai-Hisiang Chuang, Ming-Jang Chiu, Chung-Chih Lin and Iyh-Horng Chen, "Model-free Functional MRI Analysis Using Kohonen Clustering Neural Networks and Fuzzy-C means", *IEEE Trans. Med. Imaging, Vol. 18, No. 12, Dec. 1999, pp. 1117 -1128*

88 年度核磁共振影像在認知科學研究之應用 (I) 講演 / 座談*系列

1/30	功能性核磁共振影像之原理與應用	高雄榮總／吳銘庭醫師
3/6	MRI物理原理：	台大電機系／陳志宏教授
3/20	MRI成像原理：	台大電機系／鍾孝文教授
4/3	MRI儀器系統介紹：	台大電機系／陳志宏教授
4/17	NMR Experiments	陽明放射所／官偉鵬教授
5/1	MR Imaging Principles	陽明放射所／高怡宣教授
5/15	MRI 快速成像原理	中興電機系／廖俊睿教授
7/3	MRI 成像原理	台大電機系／陳志宏教授
7/9	漫談主動噪音控制在 fMRI 上之應用	工研院電通所／陳坤松博士
7/17	MRI 系統介紹	台大電機系／陳志宏教授
7/23	fMRI 及其使用方法	台大電機系／莊凱翔
8/21	MRI 之應用(1)	台大電機系／陳志宏教授
9/3	MRI 在心臟上之應用	台大醫學院放射線部教授/曾文毅博士
9/11	磁振造影影像下的中樞神經系統：從大腦的生老病死談起	三總放射科 陳震宇主任
10/2	An Integrated Physiological Data Acquisition and Control System for fMRI Study in Rats	中研院 生醫所 徐百川 副研究員



國際功能性 核磁共振影像研討會



時間：12月1日 / 12月2日

地點：國立台灣大學 思亮館 國際會議廳

- 會議主旨：本會議旨在介紹功能性影像 (fMRI) 之原理、應用及實際操作時需克服之問題，藉由討論及實際操作之過程，讓國內之心理學者及相關醫師進行大腦功能之研究。演講主題包括：fMRI 之 Review、視覺及語言認知、針灸之大腦研究等相關議題。

- 主講教授：

- Dr. Gary H. Glover** , Stanford University
- Dr. Zang-Hee Cho** , University of California, Irvine
- Dr. Kenneth Kwong** , Harvard University
- Dr. Janine D Mendola** , Harvard University
- Dr. Michael Chee** , Singapore General Hospital

- 內容及講題：

12月1、2日：主題演講及 Panel Discussion

- 本次會議已獲中華放射線學會放射線專科醫師教育積分，二天共計累積點數 10 分

- 報名方式及費用：

報名費：一千元整，大學教授伍百元整、學生貳佰伍拾元整。

報名方式：請將報名費以匯票方式寄至 國立台灣大學 電機系 304 室 黃小姐

(匯票抬頭：國立台灣大學)

- 主辦單位：台灣大學核磁共振影像光譜實驗室 協辦單位：國科會、國立台灣大學

洽詢專線：(02) 2363-5251 轉 304 黃小姐



International fMRI Conference Program

WEDNESDAY DECEMBER 1, 1999

12/1

8:10 ~ 8:40

Registration

8:40 ~ 9:00

Welcome Remarks

Chair: 梁庚辰博士, 陳志宏博士

9:00 ~ 10:20

Gary Glover

Basic Functional MRI (I)

Break

10:40 ~ 12:00

Michael Chee

Designing and Implementing
fMRI Experiments

Lunch

Chair: 黃國茂醫師, 胡志偉博士

1:00 ~ 2:20

Kenneth Kwong

Recent Developments in fMRI
and ph MRI

2:20 ~ 3:40

Michael Chee

What Functional Neuroimaging Has Taught Us About the
Bilingual Brain

Break

4:00 ~ 4:50

Panel: How to Design And Implement A Successful
Functional MRI Study

International fMRI Conference Program

WEDNESDAY DECEMBER 2, 1999

12/2

8:10 ~ 8:50	<p>Robert Liao The MRI Stimulation System and Multi-Model Neuroimaging <i>Chair</i> : 黃榮村博士 , 葉子成醫師</p>
9:00 ~ 10:20	<p>Gary Glover Basic Functional MRI (II) : Technical Aspects of fMRI <i>Break</i></p>
10:40 ~ 12:00	<p>Janine Mendola Mapping Human Visual Cortex with fMRI : Beyond Retinotopy <i>Lunch</i> <i>Chair</i> : 林昭庚醫師 , 朱唯勤博士</p>
1:00 ~ 2:20	<p>Z. H. Cho Correlation Between Cortical Activation and Acupuncture Stimulation by fMRI – Its Implications and Prospects</p>
2:20 ~ 3:00	<p>Ming-Ting Wu, Hui-Cheng Cheng Tzu-Chen Yeh Acupuncture Studies Using fMRI <i>Break</i></p>
3:20 ~ 4:50	<p>Panel: Recent Developments of Functional MRI</p>

