

新世代磁共振成像術之研發

文／黃良平（化學系教授）

背景介紹

理想的磁共振成像系統包括超快速之成像能力，精細之空間解析度，高訊雜比及豐富之影像對比機制。目前之磁共振成像技術空間解析度之限制均在十微米等級，時間解析度則在數十毫秒左右。對微小之影像及動態之系統，常因現有系統信雜比之限制無法兩全，更遑論全視野之光譜影像或新的成像方式。為達到21世紀對更小尺度（如微米級以下）動態系統作快速而高解析度之磁共振影像。本計劃將在四年內集合不同領域之專家針對上述，時間解析度，空間解析度及訊雜比之限制，提出全新之解決方案，預計可將上述各項成像限制加以提昇一個數量級以上。除了上述成像系統之要求更快、更精微及更清晰之外，磁共振影像之價值全在其顯示內容之對比訊息。在此方面，本計劃針對兩個重要之技術，多量子磁共振成像及擴散頻譜成像技術進行深入而全面之探討，以發展出嶄新之成像方法。此計劃為五個獨立計劃整合而成，由台灣大學電機工程學系陳志宏教授、台灣大學物理系楊鴻昌教授、台灣大學化學系黃良平教授、台大醫學院光電生物醫學研究中心曾文毅助教授及中山大學化學系丁尚武助教授，彼此互相支援研究成果、分享技術，用以發展嶄新的方法及嶄新成像所需的硬體。

內容簡介

在做廣泛的實驗驗證後，我們將演示新方法在化學，生物結構組織解析，材料科學，醫學診斷，腦功能研究等各相關學科裡的實際應用。茲將此五分項計劃摘要簡介如下：

一、多截面激發之超快速磁共振成像系統

本分項計劃在突破現有磁共振造影（MRI）之成像速度限制，以平行式線圈之最佳化為基礎，再結合多平面激發之方式，期能將磁共振造影之成像速度提高一個數量級左右，以進行即時成像之目的。本論文之成果將對生理性動態影像有直接而重大之影響，並能提高磁共振光譜影像之空間解析度，進一步搭配陣列線圈敏感度編碼的影像重建方式將磁共振造影之檢查大量化，為未來基因體研究中，動物模型變化之評估，提供了一個全新之系統。

二、多通道低磁場高溫超導量子干涉儀（SQUID）磁共振成像之研究

本分項擬研發多通道超導量子干涉儀（SQUID）核磁共振攝影術，在此研究中我們研發高溫超導超導量子干涉儀元件，特性化超導量子干涉儀磁量計及梯度計在靜磁場及交流磁場下的雜訊特性。以超導梯度線圈或更高階梯度線圈為超導量子干涉儀磁通偵測器，來增強訊雜比，偵測質子自旋迴響訊號，在屏蔽屋的環境下完成多通道超導量子干涉儀磁共振及微弱磁訊號成像系統，以做為材料的物理及化學等性質及生物醫學等之研究。

三、多量子磁共振成像技術之發展

核磁共振多量子光譜及成像近年有相當大的進展：分子內雙量子激發可用來了解水分子在生物組織內旋轉擴散運動受限制的情況。分子間多量子激發在以往被認為不可能發生，但在某特定距離外，仍有殘餘之質子偶極場，因此分子內及分子間自旋偶極-偶極作用因而有零量子及雙量子光譜現象，如此便可利用做磁共振成像。但在均勻介質中，因無殘餘偶極-偶極作

用，便無分子內多量子核磁共振效應。但在非勻相介質中，若水分子旋轉擴散受到限制，因而導致雙量子激發現象。分子間多量子現象亦是如此，相對遷移擴散之快慢便決定了成像之對比，因此本研究包含下列三個方向：1.多量子激發之生物物理有關水分子動態或材料型態之基礎，2.以光譜模擬了解成像對比和生物組織或材料結構之關聯，3.設計、實驗多量子成像激發脈衝，再加入射頻場了解其效應，並予以最佳化。

四、磁共振擴散成像之研發與其在大腦白質複雜結構之分析

近年來，水分子擴散磁共振成像的發展，開啓了非侵襲性取得活體白質纖維影像的契機。本計劃將研發一種尖端的磁共振成像技術，稱水分子擴散磁共振成像，來解析複雜的神經白質纖維走向，並將此技術應用於視覺功能，白質聯結的研究上。此種成像乃結合兩種不同的水分子擴散量測技術：一維擴散頻譜及擴散張量磁共振成像，來取得水分子在每一個影像位元內進行擴散的三維機率分布。此分布圖反映影像位元內神經纖維的走向分布，因此，可解析出影像位元內多重神經纖維走向。此技術將有助於描繪出在活體內，更精準的白質網路聯結。本計劃將針對此尖端技術的準確度尋求最佳化條件，並將應用於人腦視覺中樞取得神經核間神經纖維聯結圖。

五、奈米尺度高分辨磁共振（NMR）成像

本項目結合已有的經驗、理論、數值分析和模擬，提出將現有各種提高磁共振（NMR）分辨率的方法優化之途徑，以求取得各方面的限發揮。在此基礎上，我們將從更根本的角度出發，研究提高磁共振/磁振造影靈敏度和分辨率的新方法。尤其是我們將更仔細更系統地探討微量樣品（奈米尺度）裡自旋體系的運動特徵，給出自旋體系之動力學方程，以及數值解算法設計；完成信號分析，弱信號檢測之軟體設計並結合模擬結果修正理論，優化軟體。然後將根據理論和數值計算設計出新的脈衝序列，設計製作新的硬體單元（探頭）和/或提出更強有力的信號處理工具；以期能在近年將磁共振/磁振造影分辨率提高一兩個數量級逼

近奈米尺度之分辨效果，甚至實現單分子（原子）成像和譜檢測。

結語

綜合上述，本計劃之成果將大幅提升磁共振影像系統之成像能力及台灣在磁共振領域之國際知名度，從而建立一個世界級之磁共振卓越中心。



參考文獻

1. P. C. Jiang, T. Y. Yu, W. C. Perng, and L. P. Hwang, Biophysical Journal, 80, 2493(2001).
2. V. J. Wedeen, T. G. Reese, D. S. Tuch, M.R. Weigel, J. G. Dou, R.M. Weiskoff, D. Chessler, proc. of Intern. Soc. Magn. Reson. Med. 8,82(2000).
3. Ye, S. Ding and C. A. McDowell, Ann. Rep. NMR Spectrosc. 41, 77(2000).
4. Prussmann KP, Weiger M, Scheidegger MB, and Boesiger P, MRM. 42,952(1999).
5. Y. H. Chen, and L.P. Hwang, J. Phys. Chem. B. 103, 5070 (1999).
6. H. C. Seton, D. M. Bussel, J. M. S. Hutchison, I. Nicholson, and D.J. Lurie, Phys. Med. Biol. 37, 2133(1992).

黃良平教授小檔案

民國 34 年生，

56 年台灣大學學士，

62 年美國紐約州立大學石溪校區博士，

62 ~ 64 年美國康乃爾大學博士後研究；

64 ~ 65 年中興大學化學系副教授，

65 ~ 70 年工研院聯工所研究員及主任；

70 年迄今任台灣大學化學系教授，

79 ~ 82 年兼任系主任；

71 ~ 74 年中央研究院生化所合聘為研究員，

74 年迄今中央研究院原分所合聘為研究員。

研究興趣

1. 擴散與核磁共振之成像。
2. 多孔物質之吸附現象。
3. 龐磁電阻材料之磁性及表徵特性研究。