
 シンポジウム

新しい磁気共鳴画像法

Current Trends in MRI

第524会新潟医学会

日 時 平成9年1月18日(土) 午後2時40分～4時40分
 会 場 新潟大学医学部 有壬記念館

司 会 中田 力教授(脳研・脳機能解析学)

演 者 桑原武夫(脳研・神経内科), 中山若樹(脳研・脳機能解析学), 米岡有一郎(脳研・脳神経外科), 藤井幸彦(脳研・脳神経外科)

新潟大学脳研究所・脳機能解析学

中 田 力

発 表 者

- | | |
|----------------------|-----------|
| 1. BOLD 機能画像 | 桑 原 武 夫 |
| 2. T2 Reversed 高分解画像 | 米 岡 有 一 郎 |
| 3. 3DAC 軸索画像 | 中 山 若 樹 |
| 4. EPISTAR 脳循環画像 | 藤 井 幸 彦 |

Tsutomu NAKADA

*Department of Integrated Neuroscience
 Brain Research Institute, University of Niigata*

Speakers

- | | |
|--|------------------|
| 1. BOLD functional MRI | Takeo KUWABARA |
| 2. T2 Reversed high resolution imaging | Yuichiro YONEOKA |
| 3. 3DAC axonography | Naoki NAKAYAMA |
| 4. EPISTAR perfusion imaging | Yukihiko FUJII |

Magnetic resonance imaging (MRI) is a remarkably versatile technology applicable to various aspects of medical science. In this symposium, four representative imaging

Reprint requests to: Tsutomu NAKADA,
 Department of Integrated Neuroscience,
 Brain Research Institute, University of
 Niigata, Asahimachi-dori 1, Niigata,
 951-8122, JAPAN.

別刷請求先: 〒951-8122 新潟市旭町通1番町757
 新潟大学脳研究所・脳機能解析学 中田 力

techniques capable of providing not only structural but functional aspects of the brain. BOLD functional MRI is the preferred method of brain activation for functional localization. T2 reversed (T2R) high resolution imaging take an advantage of high signal to noise ratio (S/N) of high-field system and provides an exceptionally high anatomical resolution. Three dimensional anisotropy contrast (3DAC) axonography is the technique unique in its capability of providing axonal connectivity. EPISTAR cerebral blood flow imaging represents the technique of non-invasive arterial tagging.

Key Words: MRI, fMRI, 3DAC, axonography, diffusion, blood flow, brain

磁気共鳴画像, 拡散強調画像, 軸索画像, 脳機能画像

はじめに

磁気共鳴画像 magnetic resonance imaging (MRI) は極端に守備範囲の広い画像法である。構造画像から機能画像までその目的に応じて多彩な方法論を提供する。このシンポジウムでは臨床の場でもすぐに応用の効く新しい機能画像を概説する。

BOLD 機能画像

機能局在を対象にした磁気共鳴機能画像の代表は BOLD¹⁾ 効果を利用した脳賦活実験 brain activation study である¹⁾²⁾。磁気共鳴機能画像の代名詞ともなっている。BOLD 効果とは還元ヘモグロビン deoxyhemoglobin (deoxy-Hb) の持つ磁化率効果 magnetic susceptibility により MRI の信号強度が影響を受けることで、この性質を利用して局所酸素消費の変化を画像として捉えることができる。機能検索に適した課題 task を与え、その試行前後に撮られた磁気率効果に敏感な画像の輝度を比較することにより与えられた課題と有為の相関を示す deoxy-Hb 濃度変化を追跡する。そこから、対象とした機能の局在を得ることとなる。BOLD 効果による機能画像は deoxy-Hb という内因性の造影剤を利用した脳賦活実験であると捉えれば分かり易い (図 1)。

T2 Reversed 高分解画像

より高い解剖学的分解能を誇る画像を得ることは、臨床画像の基本要素である。高い磁場強度に支えられた高い S/N を基に病態変化をより反映する T2 コントラスト (fast spin echo 法) で撮像された画像を反転し、window 幅を広げてより多くの情報を得られるように工夫したものが T2 reversed imaging による高分解画

像である (図 2)。

3DAC 軸索画像

脳神経組織におけるみかけの拡散には不等方性が存在し、その方向が軸索の走行方向と一致することから、不等方性拡散の解析による軸索の走行解析が可能となる。正確な不等方性拡散 anisotropic diffusion の解析には拡散テンソル diffusion tensor の扱いが必要となる。不等方成分の方向情報だけを最小の画像処理で拡散テンソルから取り出す algorithm が三次元不等方性コントラスト three dimensional anisotropy contrast (3DAC) 法であり、拡散テンソルの数学的処理を画像上で行うことにより高画質の軸索画像 axonography を得ることができる³⁾⁴⁾。これが軸索画像である (図 2)。カラーコントラストによる高度の解剖学的解像度を実現した画像法として重要な手法とされる。

EPISTAR 脳循環画像

外因性の薬物投与なしに脳循環 cerebral blood flow (CBF) を定量的に捉える画像法は血管障害などにおける病態生理解析にも役立つ方法論として注目されている。一般的に arterial spin tagging と呼ばれる多くの方法論が存在するがその代表例が EPISTAR (echo planar imaging and signal targeting with alternating radio frequency) 法⁵⁾ である (図 3)。

おわりに

21世紀は脳の世紀と呼ばれる。こころを司る脳の機能が解明されるとの期待を込めた呼称である。日々の臨床における MRI の重要性は改めて語る必要もなく、脳機能解明に向けて果たすべき役割にも限りがない。このシンポジウムで示した方法論は限りない MRI の技術の一部である。

¹Blood Oxygen Level Dependent の略。

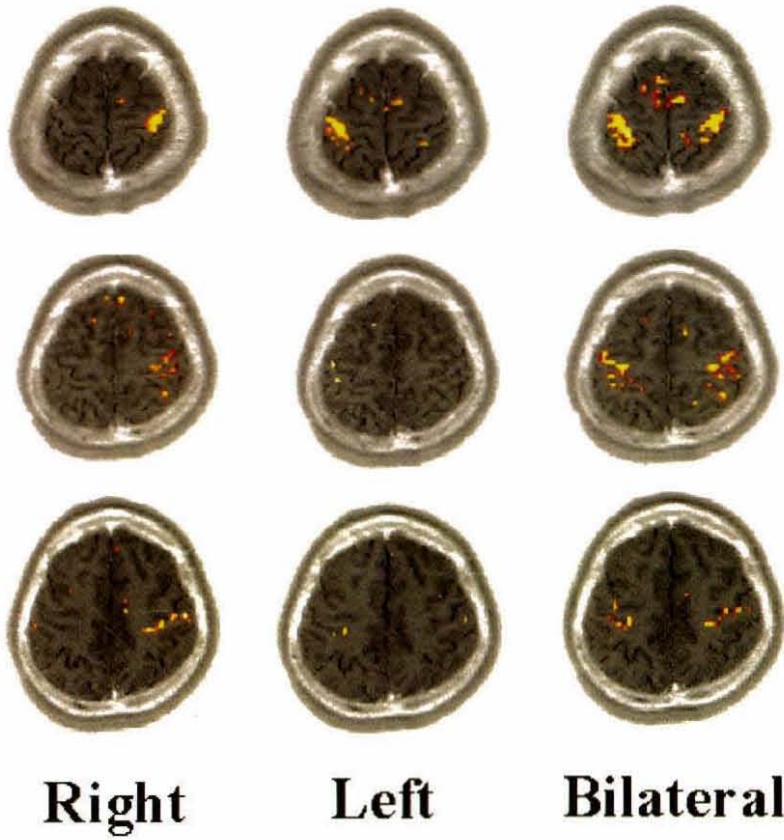


図 1 手の開閉運動にともなり BOLD 機能画像。

正常ボランティアが右手, 左手, 両手の開閉運動を行った時の機能画像. 統計学的に有意 ($p < 0.001$) の deoxy-Hb 局所変化を示すピクセルがカラー表示されている.

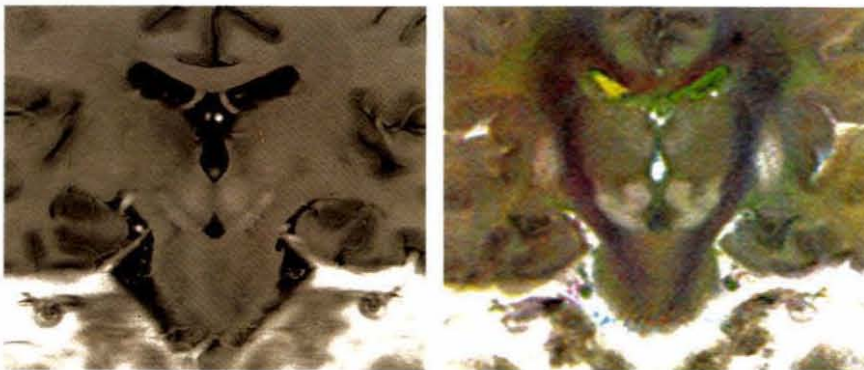


図 2 T2R 高分解画像 (左) と 3DAC 軸索画像 (右)

3DAC は方向性を持った水分子の微細運動を可視化する画像法であり, 脳実質内では軸索のみが画像化される. ここで示した断層面を左右に走る軸索は赤 (R), 上下に走る軸索は青 (B), 断層面を貫く方向に走る軸索は緑 (G) を呈し, その他の軸索は RGB の直交軸で示される三次元空間での走行方向 (R, G, B) に従った中間色を呈する.

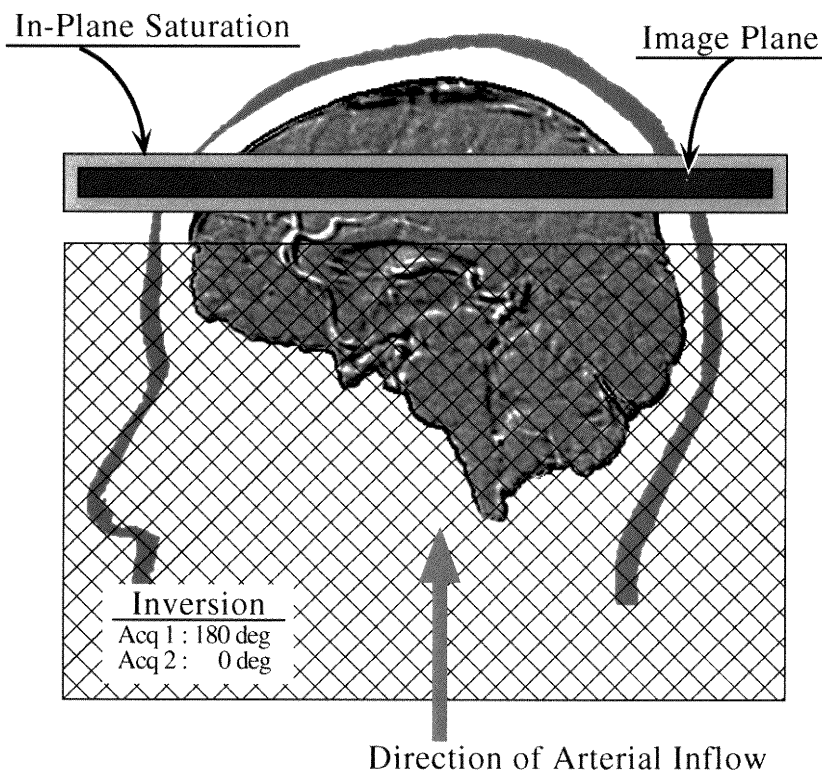


図3 EPISTAR法

画像断層面 (image plane) のスピンの画像に影響を与えないように準備した状態で (in-plane saturation) 流入する血液のスピンを反転した場合としない場合の画像を得る。その差を取ることで、スピンを反転させた時から撮像時までの時間 (in-flow time) の間に断層面に流入した血液の流に応じた画像が得られる。in-flow time を変化させることによって、血流の時間経過を追うことも可能である。

参考文献

- 1) Ogawa S, Lee T-M, Nayak AS, et al.: Oxygen-sensitive contrast in magnetic resonance imaging of rodent brain at high magnetic fields. *Magn Reson Med.*, **14**: 68~78, 1990.
- 2) Ogawa S, Tank DW, Menon R et al.: Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: Functional brain mapping with magnetic resonance imaging. *Proc Natl Acad Sci. USA*, **89**: 5951~5955, 1992.
- 3) Nakada T, Matsuzawa H, Kwee IL.: Magnetic resonance axonography of the rat spinal cord. *NeuroReport*, **5**: 2053~2056, 1994.
- 4) Nakada T, Matsuzawa H.: Three dimensional anisotropy contrast magnetic resonance imaging of the rat nervous system: MR axonography. *Neurosci Res.*, **22**: 389~398, 1995.
- 5) Edelman RR, Siewert B, Darby DG et al.: Quantitative mapping of cerebral blood flow and functional localization with echo-planar MR imaging and signal targeting with alternating radio frequency. *Radiology*, **192**: 513~520, 1994.