

医用ビジョンラボ (Medical Vision Lab.)

研究項目及び 高速コーンビーム3次元X線CTの研究(平成10年度～13年度),
研究期間 次世代単色X線診断・治療システム(平成11年度～15年度),
分子空間領域における磁気スペクトロスコピーの研究(平成9年度～12年度)

1. 研究の背景

医用ビジョンラボの研究活動は、平成10年度より通商産業省の推進する医療福祉機器研究開発の一端を担っており、磁気共鳴法による生体系の形態および機能の可視化技術の高度化と、その治療への応用技術の開発を研究業務の内容としている。医療福祉機器技術は、今後の成長が期待される分野の筆頭格であり、「経済構造の変革と創造のための行動計画」でも2010年には現在の2倍以上の規模の90兆円程度の規模になるものと予測されている。しかし、医療福祉器機技術は関連する技術分野が広範であり、わが国では医学研究と工学側の技術開発の接点が弱く、今後の医療福祉器機開発を推進するための、技術基盤の形成や人材育成が急務となっている。これらの現状認識を踏まえた上で、平成12年3月に策定された「医療器機産業技術戦略報告書」では、組織的な医工連携のシステムづくりを政策として進める事を提言しており、具体的な施策として医学・工学連携型事業が推進されている。

電子技術総合研究所は、磁気共鳴分光法(MRS)や画像法(MRI)の開発の分野では、その黎明期の段階から、先駆的な役割を果たしてきた¹⁵⁾。1981年には、わが国で初めて1Hによる人体頭部の画像を得ることに成功しており⁶⁰⁾、1985年には磁気共鳴法を用いた脳機能計測に世界で初めて成功している⁶¹⁾。その後も、間接検出法による高感度脳代謝計測用13C-MRS装置の開発などを推進してきた。

2. 研究経過と現状

2.1 ラボ成立までの経緯

我々の研究グループは、MRIを用いた生体の画像化、機能計測の研究基盤を確立することを目的として研究活動を行ってきた。1996年度は、電子技術総合研究

所に超高磁場MRI装置(3T)が導入され、1997年に稼働した。我が国では、研究目的でヒトを計測する事を前提としてMRI装置を導入している例は少なく、特に新IEC安全規格に基づく初めての3Tの導入であったため、装置の調整だけでなく、倫理規定の作成や倫理委員会の設立などに半年以上の時間をかけて慎重に準備を行った。1996-98年の間は、「脳機能情報処理(先導研究)及び「無侵襲的脳代謝計測用13C-MRS装置の研究開発(産技医療福祉)において、MRIによる脳機能計測技術(fMRI)を確立した¹⁴⁾。低周波数領域を重点的にサンプリングし、1回励起毎に位相補正を行う体動補正アルゴリズムを用いることにより、計測データのS/N比の改善を行い、活動部位のクラスターサイズを3倍程度向上させる事に成功した(図1)^{6,20,26)}。静磁場強度の検出感度への影響、被験者内変動および被験者間

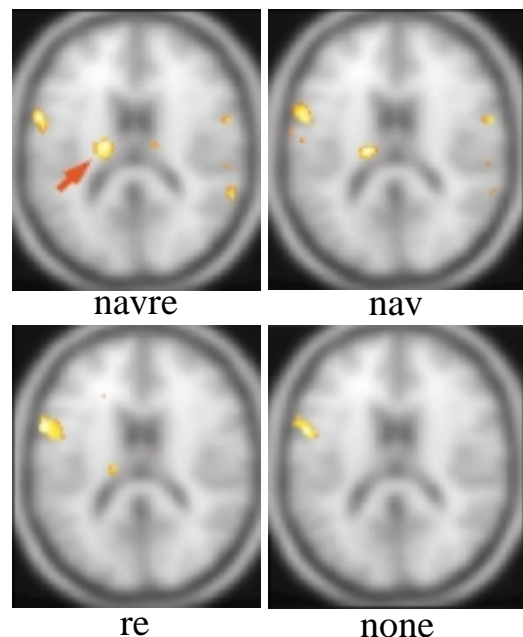


図1 指の系列運動実行時の基底核の活動は体動補正により明瞭に検出されるが(左上)、補正無しでは検出されない(右下)。

変動に関する基礎評価を行い、超高磁場下における測定再現性は、被験者の課題遂行における方略により依存する事を見いだした^{25,41)}。

また、脳神経疾患の手術計画や予後推定において重要な言語機能評価の基盤的研究を行った。漢字を素材として、書字という運動的な認知機能と文字形態の視覚処理機能との関連について検討し、補足運動野や運動前野などの運動調節領域が従来指摘されていたような動きのイメージだけでなく、文字の認知処理にも関与しており、ヒトにおいて文字記憶の読み出しに運動制御機構が関与していることが示唆された^{8,11,18,19,23,24,28-30)}。

2.2 3次元可視化における画像認知の研究

1998年に、ラボ制施行とともに、我々の研究チームは「医用ビジョンラボ」として新規スタートした。「高速コーンビーム3次元X線CTの研究(産技医療福祉)では、新世代の画像診断装置により得られる高精度3次元画像を、実際の診断情報として提供するためのリアルタイム3次元立体可視化システムを開発するとともに、3次元可視化における画像提示条件の最適化を行うための基盤研究を行うことを目標としている。まず、ボリュームレンダリング専用的高速グラフィックボードを用いて、高分解能3次元画像の表示条件をリアルタイムで変更可能な立体視診断支援システムを構築した^{特許1)}。実時間ボリューム表示システムは、高速コーンビーム3次元X線CTのみならず、胸部や腹部の広い領域の3次元画像の可視化全般に有用である。また、生体組織や病的変化の3次元表現を最適化するために、病変を模したテクスチャーや物体の向き認知、立体視の成立などの認知過程をfMRIを用いて計測し、病変の視覚認知モデルの構築を進めている。

これまでのfMRI実験により、3次元空間における物体の向きの知覚(空間符号化)を処理している頭頂連合野、および、形態の認知に関連している側頭葉後部の活動を計測し、上頭頂小葉および運動前野の腹側部が視空間処理および既知の運動知覚情報を処理し、空間符号化に関与している事が示唆された。また、紡錘状回および、側頭葉下部が物体の形態認知に作用していることも示された^{7,44,53)}。3次元空間内における他者の眼球方向の知覚においても、空間符号化に関与している頭頂葉、顔の形態処理に関与している側頭葉、および、既知の運動知覚情報の利用を示唆する運動前野

の賦活が確認された^{32,47)}。これらの結果は、空間符号化にその物体の構造的特徴を認知するリアルタイム処理が必要であることを示しており、病変の検出と部位の同定という認知処理の基礎過程を説明する上で、空間符号化が重要な役割を果たしている事を示唆している。

また、視覚野の活動に関しても、自発的運動と画像表示との時間的關係³⁹⁾や視覚的注意⁵⁵⁾などが与える影響について、fMRIによる計測を行った。視覚的注意の実験では、ターゲットの位置を示す有意なポイントによって視覚的注意が喚起された場合に限り、一次視覚野の賦活が検出された。これらの研究は、3次元画像表示インターフェース開発において配慮しなければならないユーザの認知的な負荷に関して、ユーザの反応に対する画像表示タイミングや、ユーザの注意を喚起しやすいポイントのデザインなどが非常に重要な役割を果たしていることを示唆している。

2.3 言語機能計測の研究

言語機能計測の研究は、1999年よりNEDOの医学工学連携型事業「高次生体情報の画像診断・治療システムに関する基盤研究」の一項目として、継続して取り組んでいる。このプロジェクトでは、これまでに蓄積された脳内ネットワークの機能計測技術をさらに高度化させるとともに^{35,43,50)}、さまざまな機能温存治療の評価の手段として応用することを目的としている。従来の文字認知に加え、言語の聴覚理解の計測も開始した。

漢字の書き写しや字形素構成課題で上頭頂小葉が強く賦活される一方、平仮名の変換課題では同部位の賦活は極めて弱く、上頭頂小葉のもつ視覚空間運動変換機能が、漢字の認知において強く働いていると考えられた^{33,40)}。同様の結果が、漢字の画数計数課題を用いた実験により確認されたが、上頭頂小葉の賦活は、漢字処理における運動表象の生成と関連し、筆記における指の動きはこの動きを代償していることが示唆された^{38,56)}。

言語の聴覚理解は、文字処理と並んで言語機能評価の上で重要な検査項目である。感覚失語の発生メカニズムを調べ、その評価法を確立するために、言語の理解度や音韻弁別の困難度の差による脳の賦活領域の差を検討した。その結果、理解度の如何にかかわらず音声に対しては音韻処理がなされており、言語への習熟度が充分で無い場合には、6/9野、44/45野などが連

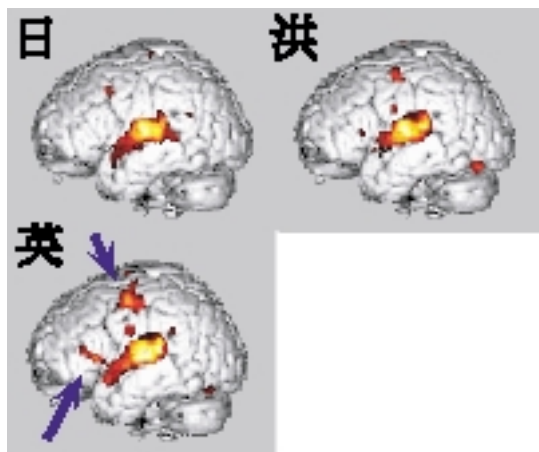


図2 健常人被験者における、日本語、英語、ハンガリー語の聴覚理解時における脳活動の一例

合して意味処理に動員されるが^{9,34,46)}、母国語でも難解な内容を理解する場合には同様の活動が観測されること^{10,37)}、さらに音韻レベルでの弁別が困難な場合には、前頭連合野が強く働くことなどが示された⁵¹⁾。今後は、臨床現場との共同研究により、言語の聴覚理解を成り立たせている音韻処理、文法処理、意味処理、運動記憶などをつかさどる各領域のネットワークを体系的に評価するための、標準的な言語機能計測プロトコルを確立してゆくことが目標である。

2.4 次世代インターベンショナルMRIの開発

本研究では、目標とする病変部位等への正確なアクセスを可能とする、インターベンション(IVR)用送受信コイルを主体とした3次元トラッキングシステムを開発し、ガイドワイヤコイル等による局所の高分解能イメージングによるリアルタイムモニタリング下の診断的治療を構築することを目標としている。IVRコイルシステムは「次世代単色X線診断・治療システムの研究(産技医療福祉)」により得られる微小血管の画像情報を元に、統合的診断・治療を行う上で3次元的情報の入出力デバイスとなるものであり、IVRの高度化には不可欠である。

MRIガイド下でIVRを行うためには、実際にIVRの手段となる超音波、RF等による加熱や、液体窒素等による冷却処置に伴う生体に対する物理的効果を監視するための計測手段をIVRシステムに組み込んでゆく必要があるが、特に温度分布はリアルタイムな情報として重要である。我々は化学シフトに含まれる温度情

報をエコー・プラナ法により高速に空間領域における2次元分布として抽出するMR温度計測法の開発を進めて来た^{12,22,31)}。これまでに、内部基準の使用により、絶体温度推定の高精度化を実現し³⁶⁾、生体組織加温中の温度変化の連続モニターを行うことに成功した^{4,2)}。その結果、温度計測の時間分解能は約1分に短縮された⁵⁷⁾。

一方、バード・ケージ型コイルの幾何学的形状の検討を行い、計算機ガイド下による銅箔フィルムの高精度エッチングの工程を確立し、回路の対象性を大幅に向上することに成功した。コイルの対象性は、位置情報検出の上で重要である。すでに、送受信コイルのテストベンチの基本部分を作製しており、今後はマイクロコイルの成形技術や、その3次元的な位置検出技術の確立、ガイドワイヤコイルの開発などを進めてゆく予定である。

2.5 生体生理機能の非侵襲的計測技術の開発

NMRによる生体内代謝の非侵襲計測は、1970年代から研究されてきたが、不十分な測定感度のためなかなか実用化されなかった。近年、高速イメージングの手法と組み合わせることにより、再び発展しつつある分野である。1994-98年に実施された「¹³C-MRS装置の研究開発」では、生体内の炭素化合物、特に脳内の糖代謝の動態を測定するために、回転座標系イメージング法および¹³Cと¹Hによる間接検出法を開発し、約10倍の増感に成功した⁶²⁾。また、嫌気性解糖の指標となる乳酸の選択的高速画像法を開発し、虚血性低酸素性ストレス下の糖代謝動態を経時的に計測することに成功した^{2,5,16,17,27)}。1999年からは、「高次生体情報の画像診断・治療システムに関する基盤研究(医学工学連携型事業)」の一項目として研究を継続している。これまでに開発した手法を全身用MRI装置に応用するために、高速撮影法の最適化やプローブの高感度化を進めるとともに、¹²⁹Xeや²³Na等の核種の計測による新たな生体情報の抽出に挑戦しようとしている。

2.6 磁気スペクトロスコピーの研究

本研究項目では、電磁場中に置かれた被測定試料の微小領域からの磁気共鳴応答が試料に働く力を検出することを測定原理とするNMR分光法を開発する。要素技術としては、Xe光ポンピング法による高感度化、微小検出コイル型NMR装置の開発が中心である。国内

で初めてスピン偏極¹²⁹Xeガスの生成法を確立し^{特許²⁾}, 動物用実験機を用いて, 偏極したXeガスのMRI画像の取得に成功した⁶³⁾。今後は, AFMをベースにして, 力検出型MR顕微鏡を開発するとともに, 偏極ガスを用いた画像診断技術の開発を進めてゆく予定である。

2.7 研究協力

医用ビジョンラボでは, 大学医学部・企業等との共同研究を積極的に進めてきた。以下に代表的な例を記す。

筑波大学との共同研究により, 関節の高分解能イメージングの研究¹³⁾, およびMTCコントラストによる関節軟骨の定性的評価の研究を実施した⁴⁾。超高磁場における優れたSNRにより, 生体内の微細構造が描出された。

京都大学と共同研究を行い^{49,54)}, 「ヒトを含む霊長類のコミュニケーションに関する研究(科振費・目標達成型脳研究)」において, コミュニケーション機能のモデル化を行う事を目的として, fMRIを用いた動作模倣の修得過程における脳活動の検討を行った。その結果, 予測学習に基づく動作模倣では10野の運動記憶領域および6野背側部が関与し, 見真似による模倣では6野の腹側部が関与していることが見いだされた⁴⁸⁾。

所内協力としては, ビジュアル・コンピューティングラボとの共同研究により, 独立成分解析を用いたfMRIデータ解析の研究^{45,52)}, 緩和時間の差によるセグメンテーションの研究などを行った⁵⁸⁾。

3. 波及効果

医用ビジョンラボで研究開発を進めている非侵襲的な高度生体機能計測技術は, 医療の低侵襲化, 治療技術の高度化を通して, 究極的には国民のQOLの向上に貢献するものである。特に, 今後の高齢化社会では, リアルタイムの非侵襲的生体機能計測が生体機能温存を前提とした治療を行う上で必要不可欠である。また, 人間にとって, コミュニケーションがQOLの面で非常に重要であることを考えると, 言語機能の温存・回復を評価する手段の意義は大きい。正確な生体機能情報の提供は, 治療やりハビリ計画の最適化に不可欠であり, ひいては医療コスト圧縮の効果がある。

一方, 生体の非侵襲的計測により得られる認知科学的知見は, インターフェイスの設計や教育技術の開発に必要な知的基盤となるものであり, 産業・社会に対

して広く波及効果が期待できる。

4. 今後の研究展開の方向

我々は, 単に測定のスペックだけを追求するのではなく, 人間の感覚や認知心理に適合した生体計測技術を確立するために, 物理工学と医学, そして認知心理学を結集した新しい分野として, 医用ビジョン技術を提唱している。「医用ビジョン」とは, 医学・医療分野における視覚的情報を意味する言葉であるが, その内容としては, さまざまな計測データを可視化された3次元画像として提供するための画像計測技術としてのストラテジー全体が含まれる。つまり, 医用ビジョンとは, 医学工学連携(ME連携)により生体機能の高度可視化を実現するために, 異分野の要素技術を結集した融合技術系である。

当面の研究開発は, 非侵襲的生体機能モニタリング下インターベンションの高精度化および最小侵襲化に必要な基盤技術およびシステム化技術の確立である。その実現のためには, 医療現場のニーズに直結した研究体制を確立する必要がある。これからの5年間は, 基盤技術および人材育成の面からME連携事業の一端を担う事により, 研究開発の場を医療現場へと展開してゆく予定である。

1998年1月には, 基礎計測技術としての磁気共鳴法の観点から, 物質分析のレベルから個体の非侵襲的計測までを横断的に鳥瞰し, それぞれの分野の現状, 注目すべき要素技術を総括した上で, 新領域の創成することを視野に入れた集中討議を行うために「生体磁気計測ワークショップ」を開催した。この研究会で示唆された「バイオテクノロジー領域を支える計測技術としての磁気共鳴法という方向性は, 新法人の1部門として発足する「ライフエレクトロニクス研究ラボ」に引き継がれる。分子や遺伝子機能の発現による, 生体の生理情報の変化を計測しようという試みは, これまでにも行って来たが, あくまでも, 従来の測定対象における変化を通して, 間接的に分子や遺伝子機能の変化を評価するに留まっていた^{1,3,21)}。5年後には本格的に取り組んでいなければならない研究課題である分子・遺伝子イメージングに対して, どのようにしてシーズを捲いてゆくかが, 医用ビジョンラボのもうひとつの課題である。

参考文献

(原著論文)

- 1) T. Nakai et al., 1H-Magnetic Resonance Spectroscopic observation of cultured malignant cells pharmacologically induced to different phenotypes, *Acad Radiol*, 3, 741-750, 1996
- 2) T. Nakai et al., A model of detecting early metabolic changes in neonatal asphyxia by 1H-MRS, *J Magn Reson Imaging*, 6, 445-452, 1996
- 3) T. Nakai et al., Evaluation of c-erbB2 and ras oncogene transformed NIH3T3 fibroblast cells by 1H-MRS, *ACTA Radiologica*, 38, 1083-1086, 1997
- 4) H. Yoshioka et al., Initial study of magnetization transfer contrast MR imaging of the knee at 3 tesla, *Jap J Magn Reson Med*, 18, 410-417, 1998
- 5) T. Nakai et al., Strategy for lipid suppression in lactate imaging using STIR-DQCT: A study of hypoxic-Ischemic brain injury, *Magn Reson Med*, 40, 629-632, 1998
- 6) T. Nakai et al., Enhanced BOLD contrast in fMRI by using navigator echoes and spatial realignment on 3.0T MRI system, *Jap J Magn Reson Med*, 19, 520-527, 1999
- 7) T. Sugio et al., The role of the posterior cortex in human object recognition; a functional magnetic resonance imaging study, *Neurosci Lett*, 276, 45-48, 1999
- 8) C. Kato et al., Involvement of motor cortices in retrieval of kanji studied by functional MRI, *Neuroreport*, 10, 1335-1339, 1999
- 9) T. Nakai et al., A functional magnetic resonance imaging study of listening comprehension of languages in human at 3 tesla - comprehension level and activation of the language areas, *Neurosci Lett*, 263, 33-36, 1999
- 10) F. Ozawa et al., The effects of listening comprehension of various genres of literature on response in the linguistic area: an fMRI study, *Neuroreport*, 11, 1141-1144, 2000
- 11) K. Matsuo et al., Dissociation of writing processes: Functional magnetic resonance imaging during writing of Japanese ideographic characters, *Cogn Brain Res*, 2000 (in press)
- 12) K. Kuroda et al., Temperature mapping using the water proton chemical shift: self-referenced method with echo planar spectroscopic imaging, *Magn Reson Med*, 43, 220-225, 2000
- 13) M. Niitsu et al., High-resolution MR imaging of the knee at

3T, *Acta Radiol*, 41, 84-88, 2000

(解説)

- 14) T. Nakai et al., An fMRI primer, *Cogn Studies*, 5, 100-118, 1998
- 15) T. Nakai et al., Evolution of magnetic resonance technologies from NMR to MRI, and toward fMRI; Their medical applications, *Bull Electrotechnical Lab*, 63, 115-130, 1999

(Proceedings / 国際会議における論文発表)

- 16) T. Nakai et al., In vivo Lactate Imaging by Double quantum Coherence Transfer, *Proceedings of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine (PISMRM)*, 918, 1996
- 17) T. Nakai et al., Improved Lipid Suppression in Lactate Imaging Using STIR-DQCT, *PISMRM*, 1248, 1997
- 18) K. Matsuo et al., An fMRI Study of Supplementary Motor Area during Morphogram Transcription Tasks, *Neuroimage*, 6, S541, 1997
- 19) C. Kato et al., Activation of Motor Cortices under Retrieval of Japanese Morphograms in Response to Initial Element Prompts: an fMRI Study, *Neuroimage*, 6, S540, 1997
- 20) T. Nakai et al., Noise Reduction for fMRI by Navigator Echo and/or Spatial Realignment on 3.0T System, *PISMRM*, 1498, 1998
- 21) T. Nakai et al., An vitro 1H-MRS Model of Oncogene Transfection: The Spectral Feature of c-erbB-2 and c-Ha-ras Transfected NIH3T3 Fibroblast Cells, *PISMRM*, 1681, 1998
- 22) K. Kuroda et al., Temperature Mapping Using Water Proton Thermal Shift: Shift-Referenced Method with EPSI, *PISMRM*, 1990, 1998
- 23) C. Kato et al., An fMRI Study of the Motor Cortices under Retrieval of Japanese Morphograms: An Analysis of the Interaction between response Mode and Task Difficulty, *PISMRM*, 1519, 1998
- 24) K. Matsuo et al., An fMRI Experiment of Counting strokes of Kanji, *PISMRM*, 1520, 1998
- 25) T. Nakai et al., Detectability of SMA and the ipsilateral MA activation by complex finger movement task - A comparative fMRI study between 1.5T and 3T magnet, *Neuroimage*, 7, S573, 1998
- 26) T. Nakai et al., BOLD Contrast in fMRI by Using Navigator Echoes and Spatial Realignment on 3.0T MRI System,

- Neuroimage, 7,S583, 1998
- 27) T. Nakai et al., Improved Lipid Suppression in Lactate imaging Using STIR-DQCT, Neuroimage,7, S620, 1998
- 28) K. Matsuo et al., Activation of the Motor Areas during Mental Image Formation of Kanji in Transcription Tasks, Neuroimage, 7, S221, 1998
- 29) C. Kato et al., Involvement of Motor Cortices in Retrieval of Kanji Morphograms as detected by Functional MRI, Neuroimage, 7, S222, 1998
- 30) K. Matsuo et al., The Activation of the Supplementary Motor Area and the Premotor Area in Counting Strokes of Kanji: An fMRI Study, Neuroimage, 7,S223, 1998
- 31) K. Kuroda et al., Temperature Mapping Using Water Proton Chemical Shift:Self-Referenced Method with EPSI, Neuroimage, 7, S619, 1998
- 32) C. Kato et al., Neural Substrates for Perception of Other's Gaze Direction using a Functional MRI, PISMRM,758,1999
- 33) K. Matsuo et al., Involvement of the Right Parietal Cortex in Visually Induced Motor Processing: An fMRI Study during Transcription of Ideographic Characters, PISMRM, 771, 1999
- 34) T. Nakai, An fMRI Analysis of Language Areas in Response to the Comprehensive Level at 3 Tesla, PISMRM, 790, 1999
- 35) T. Nakai et al., Different Elasticity of Balloons? Strong Overshoot Response in the Supplementary Motor Area by a Single Task Experiment, PISMRM, 1772, 1999
- 36) K. Kuroda et al., Internally-Referenced Temperature Mapping Using Echo Planar Spectroscopic Imaging Method for High Water Content Tissues, PISMRM, 1930, 1999
- 37) F. Ozawa et al., A Functional Magnetic Resonance Imaging Study of the Effects of Listening Comprehension of Various Genres of Literature on Response of the Linguistic Area, Neuroimage, 9, S1033, 1999
- 38) K. Matsuo et al., Handedness and Visuo-Spatial Processing: An fMRI during Counting Strokes, Neuroimage, 9, S1414, 1999
- 39) M. Matsuzawa et al., Reduced Activation in Primary Visual Cortex in Responding to Visual Stimuli Synchronized with Manual Action, Neuroimage, 9, S522, 1999
- 40) K. Matsuo et al., Visual Stimuli and Finger Movement: An fMRI Study during Transcription of Ideographic Characters, Neuroimage, 9, S415, 1999
- 41) T. Nakai et al., BOLD Contrast, Task Demand, and Magnetic Field Strength, Neuroimage, 9, S271, 1999
- 42) K. Kuroda et al., Temperature Mapping Using Echo Planar Spectroscopic Imaging for Brain under Laser Ablation, Neuroimage, 9, S215, 1999
- 43) T. Nakai et al., Post-Stimulus Overshoot Observed in SMA, Neuroimage, 9, S270, 1999
- 44) T. Sugio et al., Differential Activation in Recognition of Canonical and Noncanonical Object Views Observed at 3T, Neuroimage, 9, S324, 1999
- 45) S. Muraki et al., Time Including Independent Component Analysis of fMRI data, Neuroimage, 9, S81, 1999
- 46) T. Nakai et al., Activation of the Language Areas in Listening of Comprehensive and non-Comprehensive Language Observed at 3T, Neuroimage, 9, S1034, 1999
- 47) C. Kato et al., An fMRI Study for Perception of Gaze Direction using Pictorial Eyes, Neuroimage, 9, S855, 1999
- 48) T. Inui et al., An fMRI Study for Action Imitation and Prediction Learning of Action Sequence, Neuroimage, 9, S977, 1999
- 49) T. Okada et al., Naming of Animals and Tools: An fMRI Observation of Each Task Activation and Their Comparison, Neuroimage, 9, S1008, 1999
- 50) T. Nakai et al., Visual Cue in fMRI as an External Initiator for Motor Execution, PISMRM, 607, 2000
- 51) T. Nakai et al., The Auditory Attention System During Dual Listening Task Performance, PISMRM, 894, 2000
- 52) K. Matsuo et al., Signal Separation of fMRI Data by Independent Component Analysis, PISMRM, 844, 2000
- 53) T. Sugio et al., The Role of the Posterior Parietal Cortex in Human Object Recognition: a Functional Magnetic Resonance Imaging Study, PISMRM, 885, 2000
- 54) S. Tanaka et al., A Comparison Between Two Types of Imagery Tasks: An fMRI Study, PISMRM, 886, 2000
- 55) C. Kato et al., Activation Related to Endogenous Attentional Shift: a Functional MRI Study, PISMRM, 893, 2000
- 56) K. Matsuo et al., Manipulo-Spatial Processing of the Ideographic Characters by Left-Handers - Functional Magnetic Resonance Imaging, PISMRM, 902, 2000
- 57) K. Kuroda et al., Internally-Referenced Measurement of Prostate Temperature Using Metabolite Signals, PISMRM, 49, 2000
- 58) S. Muraki et al., Independent Component Analysis of Multi-

Channel MRI Data, PISMRM, 582, 2000

(その他)

- 60) 亀井裕孟 他 ,NMR医学 ,1 ,45-53 ,1981
- 61) H. Kamei et al., Microcirculation: An Update Vol 1, Proceedings of the Fourth World Conference for Microcirculation, Tokyo (Excerpta Medica, Amsterdam), 417-420, 1987
- 62) 服部峰之 他 検出位相を掃引する回転座標系イメージング法 第36回NMR討論会講演要旨集 ,P63, 262-263, 1998
- 63) 服部峰之 他 , ^{129}Xe 用連続フロー型スピン偏極装置: 高濃度Rb光ポンピング触媒における最適化されたセルの構造 第38回NMR討論会講演要旨集 ,3L2, 59-60, 1999

(特許)

- 1) ボリューム可視化装置 ,特願2000-034421
- 2) 偏極キセノンガス供給装置及び供給方法 (出願中)

当該研究担当者等

職員等

中井敏晴* (大阪LERC), 村木 茂 (知能情報部), 喜多泰代 (知能システム部), 服部峰之 (超分子部), 徳本洋志 (電子基礎部併任), 平賀 隆 (元超分子部), 守谷哲郎 (大阪LERC), 松尾香弥子 (大阪LERC 科学技術特別研究員), 杉尾武志 (大阪LERC 非常勤職員), 広瀬玲子 (大阪LERC 非常勤職員)

客員研究員

加藤知佳子 (豊橋創造大学), 黒田 輝 (東海大学総合科学研究所), 岡田知久 (岡崎国立研究機構生理学研究所), 田中茂樹 (京都大学大学院), 松沢正子 (横浜国立大学), 住吉チカ (福島大学)

実習生

芋生雅彦, 石川重正・阪本敏夫・森内 航・郭 旌宇 (大阪市立大学・大学院)

共同研究

板井悠二・新津 守・吉岡 大・能勢忠男・松村 明・巨瀬勝美 (筑波大学), 阪原晴海・竹原康雄・磯田治夫・小澤福示郎 (浜松医科大学), 西澤貞彦 (福井医科大学), 平岡真寛・小西淳二・三木幸雄・富樫かおり・乾 敏郎 (京都大学大学院)

*ラボリーダー
執筆者