



特集

患者本位の新しい 医療システムをめざして

産総研が進める新しい医工連携

産総研モデルの提言

産総研は、従来とは異なる産業と医療の係わり方の上に、新しい産総研モデルを構築することをめざし、提言をまとめました。この特集は、産総研モデルの一つ、ユビキタス高度医療システム(患者本位の新しい医療体制)とは何か、産総研が進める新しい医工連携、新しい医療システムに貢献する研究開発成果を紹介します。

患者本位の医療システムとは

研究コーディネータ（ライフサイエンス担当） 中村 吉宏

いつでも、どこでも、同じ、高度な治療を受けられる患者本位の医療体制

産総研がめざす新しい医療システムとは、いつでも、どこでも、誰でも、同じ、高度な治療を受けられる患者本位の医療体制です。具体的には、従来の視触感、血液検査、経験等に基づくばらつきのある医療から、先端医療機器開発により、簡便・高度な検査・情報統合に基づく規格化・データベース化を進め、確度の高い、均質化した高度医療に変革します。また、患者に苦痛を与えない非侵襲検査・手術トレーニング法の普及や、家庭と医療機関の間・医療機関間における遠隔診断・治療ネットワークの確立をめざします。さらに、人工臓器・生体材料・再生医療技術により、喪失機能の再生・向上を一層進展させるとともに、人間特性に基づく福祉機器開発により、社会参加・自立支援システムの確立をめざします。

産総研モデルの今後の展開 — 医工連携の推進戦略 —

産総研では次のような推進戦略を持って医工連携を進めています（図参照）。

1) 異分野融合の推進

ライフサイエンス、情報通信、ナノテク、計測標準等の異分野融合を、実効性のあるシステムで進める。

2) 産業界と連携した開発体制の構築

医者、産業界開発者、工学研究者が集合する場所、資金を確保して、事業化を見据えた開発体制並びに認可推進組織を確立する。

3) ベンチャー創業推進

健康管理サービス、医療福祉機器開発は、いずれもベンチャーの活躍機会が大きく、研究成果の社会的還元を目指してベンチャー創出を推進する。

4) 学会との連携強化

国レベルの医療ガイドライン作成等に、関連学会が重要な役割を果たしており、学会で評価されている若手リーダーを核として連携を進める。

5) リエゾン・コンサルタント人材の育成・確保

事業化に際し、行政審査が重要なステップであり、企業経験のあるコンサルタント、リエゾン人材を育成・確保する。

6) 大学医学部・病院との包括的協力と臨床医との連携

大学医学部・病院との組織的連携により、米国のように臨床医との医工連携を進める環境を整備する。

産総研では、これらを推進する母体として、新しい医工連携の拠点を設置することを含めて、医工連携組織のあり方を検討しています。

※「産総研モデルの提言」の要約は、AIST Today 2003 Vol.3 No.9をご参照下さい。

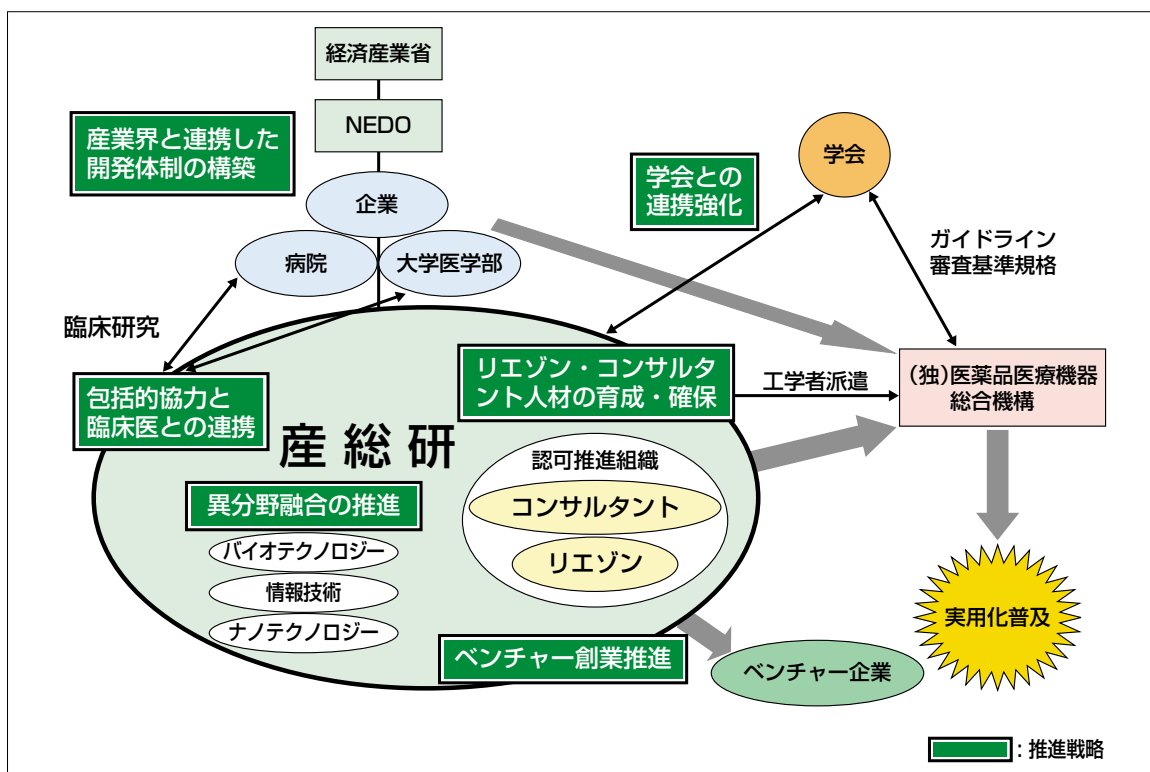


図 産総研の医工連携推進戦略

より正確で、精密な診断技術 脳機能を調べる技術 fMRI

fMRI (functional MRI) を医療の最前線に

近年、磁気共鳴画像法 (MRI) を応用して脳機能を調べる技術、fMRI が考案されました。産総研は、fMRI を、人々の健康増進にすぐに役立てられる技術として発展させるための研究開発を進めています。その主な内容は、1) 高速 MRI における画質の改善、2) 並列計算機 (PC クラスタ) を用いて、脳機能をリアルタイムに計算するアルゴリズムの開発、3) 診断目的にあった脳活動を行わせる認知工学技術の開発、さらには、4) これまでは難し

かった fMRI で脳の働きの時間的な変化を、追跡する動態計測技術などです。

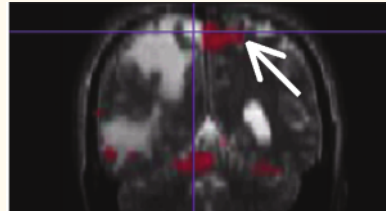
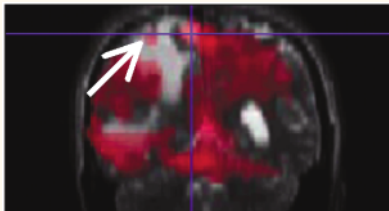
診療支援にグリッドを応用

MRI のように、技術が日進月歩の分野では、低コストで、迅速に普及させる手段がなければ価値が半減します。産総研は、新しいネットワーク計算システムであるグリッドを応用して、離れた場所に存在する MRI 装置や、データ解析を行う計算機などを、あたかも一つの装置であるかのように組み合わせ、この問題を解決しようとしています。

ネットワークを利用して、一カ所の解析システムで多くの医療機関の診断支援が可能になります。

MRI (Magnetic Resonance Imaging) 磁気共鳴画像法

NMR (核磁気共鳴: Nuclear Magnetic Resonance) を原理とする MRI は、水素、リン、ナトリウム、フッ素、炭素などの磁気共鳴する元素の空間的な分布を、非破壊 (物質を壊さず) あるいは無侵襲 (生体を皮膚の外側から) 計測し、画像として提示します。



fMRI による手術前脳機能評価例

赤い部分は脳活動を、白い部分は病変による浮腫を示す。脳腫瘍により右足の運動領域が侵されている。右足の運動により左足の運動領域も含めた広範な代償性の脳活動が認められる (左図矢印)。左足の運動を行うと、ほぼ正常の活動 (右図矢印) を認めることが分かる。

【医工連携先】

- ・京都大学大学院医学研究科
内科系 放射線医学講座
- ・スタンフォード大学 医学部
ルーカスセンター
- ・先端医療センター 映像医療研究部

【ライフエレクトロニクス研究ラボ】

中井 敏晴

機能画像収集



処理の流れ

画像再構成

統計処理

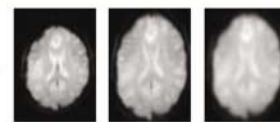
ボリュームレンダリング

機能マップの作成

従来の方法: マップ作成に数時間~半日以上



通常型計算機



手作業による段階的なオフライン処理

新しい手法: リアルタイム解析
(1秒以内に機能マップを表示)



並列計算機による
オンライン高速計算

+

$$D_s = D_{s-1} + Y_s F_s^T$$

$$C_s = \frac{n-1}{n} C_{s-1} + \frac{1}{n} F_s F_s^T$$

$$\sigma_{ks}^2 = \frac{n-1}{n} \sigma_{ks-1}^2 + \frac{1}{n} y_{ks}^2$$

高速計算アルゴリズム

課題実行

リアルタイム脳機能計測

並列計算機を用いて、MRI 装置から連続的に発生する大容量の高分解能画像データを、1 秒以内に解析、表示する。被検者は MRI 装置の中で、提示された視聴覚刺激に応じて予め決められた方法で反応 (注視、判断、理解、指の運動など) し、その神経活動を反映する微かな磁化率の変化を画像として捉える。

マルチモーダル脳機能可視化技術

脳内活動を可視化する

脳血管障害等に起因する、脳機能障害を持った患者一人一人に最適な、感覚器代行技術の開発やリハビリテーションの実行が、患者の生活の質向上という観点から欠くことのできないものとなってきています。

とくに、人間に特有な認知・言語等の高次機能では、広範な脳内活動領域間の相互作用が重要な役割を果たしており、これらの機能を対象とした診断・回復の支援を行う場合、非侵襲的な脳内活動の時間・空間的特性を可視化する技術、および処理に関わる脳領域間の相互作用を、定量的に評価する手法の開発が必須となります。これに対し、現在利用可能な非侵襲脳機能計測手法は、原理的な制約から、単独では脳内神経のダイナミックな活動を、高い時間・空間

間分解能で計測・解析することができません。

脳機能可視化システムの開発

産総研は、計測原理の異なる脳磁界計測（Magnetoencephalography: MEG）や機能的MRI（fMRI）などの、複数の計測技術を用いて得られる膨大なデータの、統合的な解析を可能にするシステム（図1）の開発を行っています。現在産総研は、このシステムのプロトタイプを、さまざまな脳の刺激認知プロセスの可視化へ適用して、その有用性を検証しています。図2に示すのは、二次元のランダムドットの動きから三次元物体形状を認知するときの脳活動です。この例では、視覚刺激の空間的处理を担う頭頂連合野への背側視覚系路と、対象の形状等の認知を担う下

側頭葉への腹側視覚経路との神経活動を時間的にも空間的にも高い分解能で可視化することに成功しています。

今後さらに、医学・脳神経科学分野の研究者との共同研究により、本技術の医療応用へ向けた発展を図ります。

【医工連携先】

・ハーバード医学校 マサチューセッツ
総合病院 NMR センター

【ライフエレクトロニクス研究ラボ】

岩本 直

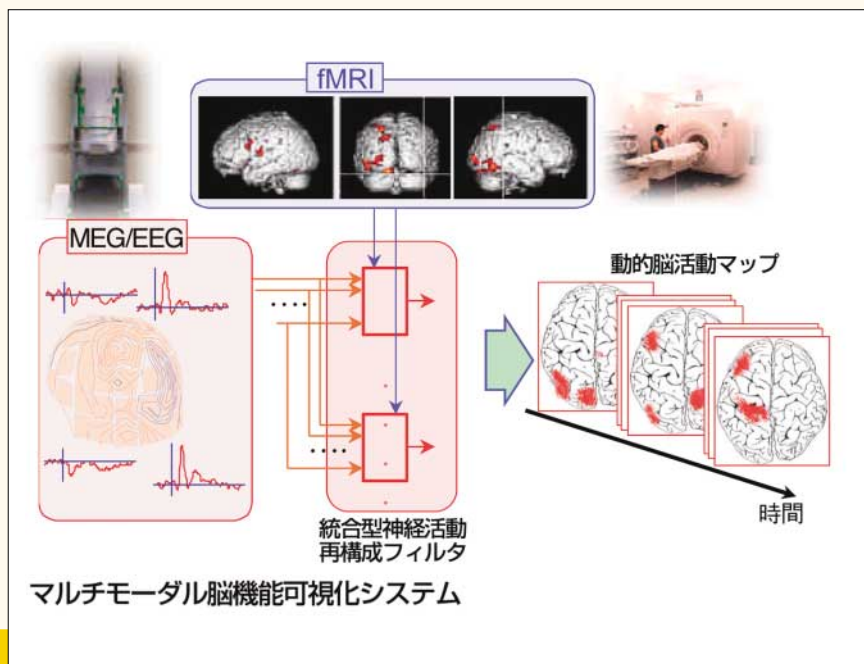


図1 計測原理の異なる複数の脳機能計測手法の統合による、高時間・空間解像度脳機能可視化システムの開発

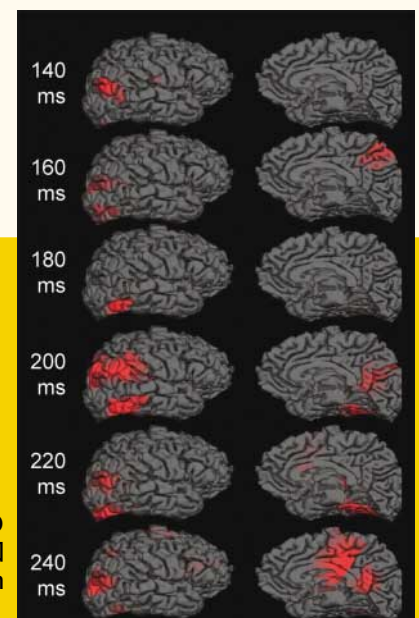


図2 二次元のランダムドットの動きから三次元の物体形状を認知する（3D structure perception from motion）時の脳活動

生体の事象を短時間で捉える高速MRI

データ収集時間の短縮化

産総研では、MRIに関連する技術開発の中で、MRIの高速化に関しても研究を推進しています。

1) 不完全データからの画像再構成

MRIにおいて収集される信号が持つ周波数分布は対象なので、周波数空間の約半分の領域のみのデータから画像を再構成することができます。これによりデータの収集時間を半減させることができます。また、画像化する対象の動作や変化を予測して周波数空間において最小のデータ収集を行います。収集するデータ量は、対象の動作や変化部位の空間的な大きさに依存します。短縮率は $1/1 \sim 1/N$ の範囲となります(N は整数)。実際の測定に際しては、両者を組み合わせて、データ収集時間の短縮を図ります。

2) 並列データ収集

ハードウェアの技術は高速化にも寄与します。

複数の検出コイルによる同時データ収集により高速化を可能にします(パ

ラレルイメージング)。コイルの数に比例して撮像時間が短縮されます。 M 個のコイルを用いると短縮率は $1/M$ となります。

ソフトウェアとハードウェアを組み合わせて高速化実現

ソフトウェアとハードウェアの両者の技術を組み合わせることにより、撮像時間は大幅に短縮することができ、実時間イメージングに近づいてきました。例えば、 256×256 のGRE(グラジエントエコー)法では、繰り返し時間TRを100msecとすると、撮像時間は25.6秒($100\text{msec} \times 256$)であったのが、 $N=4$ 、 $M=4$ の場合で $1/2NM$ に短縮されますので、撮像時間は $1/32$ となり、約0.8秒ですむことになります。二次元撮像が100msec程度であったEPI(エコープレーナ)やSPI(スパイラルMRIイメージング)にも応用できますので、撮像時間は10msec以下に高速化されます。

現在の課題

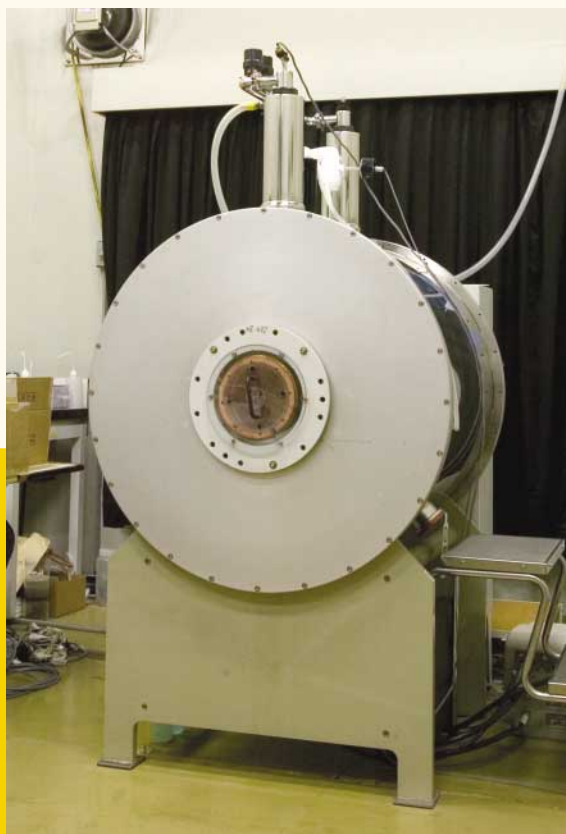
現在の画像処理はMRIにおける不完全データからの画像再構成であることから、限られた条件において撮像を可能にします。また、収集データを低減させることから空間分解能は低下します。しかし、臓器や組織の動作解析やMRI装置を用いた治療法への適用などが本手法の主目的です。従来のMRI装置にて撮像法と共用することで、診断・治療における有益な情報を提供できることになります。

【医工連携先】

- ・東京大学医学部 生理学教室
- ・筑波大学臨床医学系
脳神経外科、放射線科、整形外科、小児科
- ・北海道大学医学部 放射線科

【人間福祉医工学研究部門】

本間 一弘



撮像結果の解析

高速撮像を可能にするMRI装置(2テスラ、超伝導マグネット)

現在は、新しいMRI撮像法の開発、MRIを用いた無侵襲生体計測組織機能の解析(動物実験)に用いている。今後はこれらに加えて、治療中のMRI計測やフュージョンイメージングの開発へと展開する計画である。

脳画像データベースの公開

脳画像データベースの公開

産総研研究情報公開データベース (RIO-DB) 内、脳画像データベースにおいて、教育用教材、研究用資料として活用することを目的に、ニホンザル、アカゲザル、ヒトの脳のMRI画像を公開しています。MRI画像は、ある方向からの断面を連続的に撮影したものであり、異なる方向の断面画像、三次元画像を得るためには、専用のソフトウェアが必要でした。本データベースでは、複数のMRI画像から任意の断面、任意の方向からの三次元画像を生成するソフトウェアをサーバ側に実装し、通常のWebブラウザのみで任意の断面、任意の方向からの三次元画像を閲覧する環境を構築しています(図では、画面右側の縮小画像における赤線での断面および脳外形を表示しています)。

脳画像データベースの操作方法

画面右下に示される矢印をクリックすることにより任意の方向への回転、表示断面の移動が可能です。脳画像の上に、マウスカーソルを移動すると、赤い縦線(上部右プルダウンメニューにより横線に変更可能)が表示されます。希望の箇所をマウスをクリックする事により、その断面像を表示します。上部左プルダウンメニューにより、脳のみの画像と頭部全体の画像の切り替えが可能です。このように簡単な操作により脳のMRI画像を閲覧できます。ニホンザルに関しては、同一個体の発達段階毎のMRI画像を採取し、時間方向にも移動可能な四次元データベースとなっています。

医療応用として

現在、医療現場において、MRI画像はデータベースによって管理されています。これらのデータをWebブラウザで閲覧するシステムも提案されていますが、撮影された断面しか閲覧することができません。本データベースに用いられているソフトウェアと組み合わせることにより、Webブラウザのみで、MRI画像から三次元画像を閲覧することができるようになります。

【脳画像データベース】

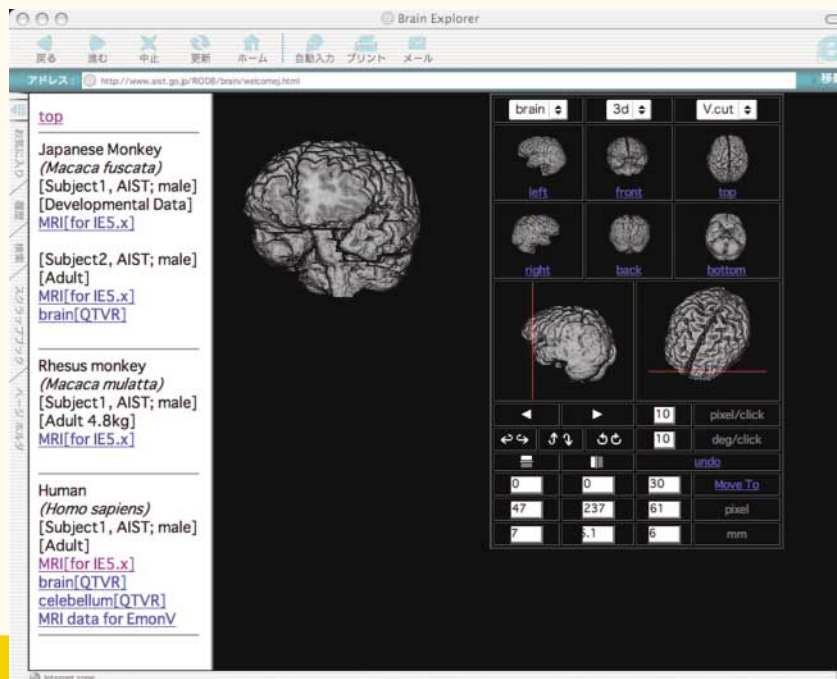
<http://www.aist.go.jp/RIODB/brain/welcomej.html>

【医工連携先】

・京都大学霊長類研究所

【脳神経情報研究部門】

松田 圭司



脳画像データベース(ヒトの脳画像) Webブラウザ上で、任意の断面、任意の方向からの三次元画像が閲覧可能。画面右側の縮小画像における赤線での切断面と脳の外形を表示。

