

3.10.1 脳情報通信融合研究センター 脳機能計測研究室

室長 田口隆久 ほか 21 名

人間の脳機能計測解析研究に関する世界的規模の拠点

【概要】

脳機能計測研究室は、当センターの研究4本柱のひとつである、脳機能計測基盤領域の研究開発を担当し、先端計測手法の開発とその脳機能解析への応用を進めている。吹田と神戸の6台の大型脳計測装置を一体運用し、研究員がこれを用いて独創的研究成果を創出している。平成27年度中に、老朽化した1.5 T-MRIを廃棄し、利用希望の多い最新鋭3 T-MRIを1台追加導入した(図1)。この結果、高い感度をもつ最新鋭の7 T-MRI 1台、様々な認知活動を計測する汎用3 T-MRI 3台、時間分解能に優れたMEG 2台を運用する世界的に見ても大規模な人間の脳機能計測解析拠点となった。また、資源の有効利用の観点から、小型ヘリウム液化器を導入し、ヘリウム循環利用体制を確立した(ヘリウムを購入使用する場合と比べてコストが1/3～1/4程度)。大型脳機能計測機器の運用チームを組織し、安全委員会との連携のもと、1,000人以上の被験者から脳機能データを安全に得ることができた。

MRI 機器から得られるデータの質を向上させるため、撮像法の改善により信号欠損が少なく、コントラストの高い画像取得に成功し、また、超高磁場MRIにおける拡散強調画像法の有効性を確認した。大型機器に加え、ウェアラブル脳波計を用いた脳機能解析研究も進めているが、本年度は、ワークロード推定や商品イメージ分析にも有効であることを明らかにした。



図1 追加導入された最先端の3T-MRI装置

【平成27年度の成果】

従来よりも高い計測感度を有する7 T-MRIでは、より高解像度な構造・機能画像の取得が可能である。一方で、特に機能画像では生体ノイズに対しても感度が高まることや、不均一な体内構造が画像の歪みをもたらすことなど、解決すべき課題がある。生体ノイズの抑制については、NICT独自の技術である心拍同期脳機能計測法の更なる改良を行い、その成果は第109回日本医学物理学会において大会長賞を受賞するなど高い評価を得た。画像の歪みは高磁場MRI特有の現象で避けることは不可能であるが、7 T-MRIのユーザである神経科学者のニーズを踏まえた撮像法の最適化を徹底的に行い、これまでに大幅な画質の改善に成功した(図2)。7 T-MRIは、構造と機能の可視化ツールとしてのイメージが根強く、その画像コントラストを従来の3 T-MRIと詳細に対比した研究はほとんどなされていない。そこで、磁化移動(MT)効果と呼ばれるコントラスト修飾因子に着目し、3 T-MRIに比べて7 T-MRIではMT効果に伴うコントラストの変化が大きいこと、なかでも視床や脳梁でその変化が強いこと、それが撮像中に印加されるRF波の体内分布を反映していることなどを突き止めた。このような基礎研究は、MRIを活用し、また新たな応用法を検討するうえで不可欠なものである。

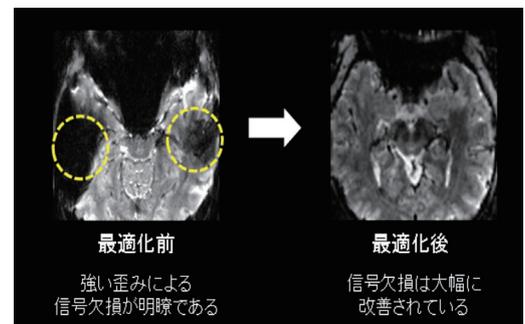


図2 画像歪みの改善

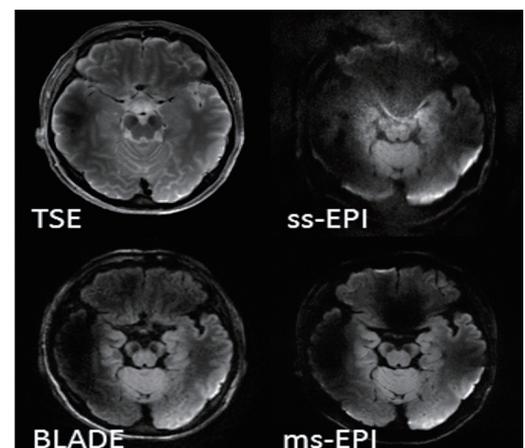


図3 拡散強調画像法の比較

MRIを用いた脳機能計測研究は神経活動の直接計測ではなく、脳活動に付随する脳血流変化による計測が行われている。より直接的に神経の活動を計測するため、活動する神経細胞内外の水分子の動きを計測した。MRIにおいて、水分子の動きを計測できる拡散強調画像法は信号対雑音比が低いため、超高磁場MRIを用いることは有効である。幾つかの拡散強調画像撮像法が提案されているが、超高磁場MRIにおける有効性は確認されておらず、また、どの撮像法が神経活動計測に適するかについても知られていない。そこで、提案されている拡散強調画像法に対して、超高磁場MRIにおける利点と欠点を比較検討した。周波数エンコード方向をセグメント化したマルチショットEPI (ms-EPI) は、従来から使用されているシングルショットEPI (ss-EPI) に比べて、信号対雑音比がよく、画像の歪みも少ない。Turbo spin echo (TSE) と radial スキャンを応用した k 空間へのデータ充てんを行う BLADE 法は、画像の歪みはほとんどなく、どの領域においても信号の欠損も見られない。しかし、反転パルスを多用するために SAR (比吸収率) が高く、撮像範囲が制限される。ss-EPI 法は撮像時間が短い、歪みや信号対雑音比が明らかに劣る (図3)。この成果は Investigative Radiology (Kida et al., 51:435-439, 2016) に掲載された。

大型脳機能計測機器を用いた脳研究に加え、独自に開発したドライ電極を装着したウェアラブル脳波計を用いた脳研究も並行して進めている。まず、脳波計で計測した脳活動から脳のワークロードを推定するための基盤技術を確認した。脳のワークロードとは、脳をどれくらい使っているのかを表す量である。人は脳をどれくらい使っているかを定量的に伝えることができないため、脳のワークロードを定量的に推定することができれば、脳の疲れなどの定量化につながる。N-back タスクというワーキングメモリを必要とする課題を利用し、この課題の難易度を変化させたところ、難易度によって聴覚定常状態応答という脳活動が連続的に変化することを明らかにした (図4) (Yokota and Naruse, Neuroscience Research (2015))。さらに、N-back タスクをこなしているときの反応時間もこの聴覚定常状態応答から推定できることを明らかにし (Yokota et al., Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. (2015))、ヒューマンインタフェース学会学術奨励賞を受賞した。

脳波計測のビジネスでの活用を目指した研究開発も進めている。そのひとつの取組として、脳波を指標とした製品等のイメージ評価手法を企業と連携し開発した。従来、企業が行う商品等のイメージ分析は、アンケート調査やインタビューなどの主観評価に基づいているが、被験者が言葉で説明したり選択肢から選んだりすることの難しさや、被験者の本音を引き出すことの難しさがあり、主観評価だけでは消費行動を説明できないという問題点が指摘されている。脳波を使うことにより、主観評価では得ることが難しい脳の潜在的な情報、特に消費行動に結びつく情報を抽出できる可能性がある。我々はこれまでに有名人と飲料製品を評価対象とした実験を行い、ポジティブな結果を得た。有名人の評価実験では、有名人の名前とイメージワードを1秒間隔で視覚呈示し、被験者がその組み合わせがマッチしているかを判断するときの脳波を計測した。アンケート調査の結果のみを使用するときと比べて、脳波データを併用することによって、被験者が評価対象の有名人が出演する番組を観たいか、観たくないかを回答したデータを高精度に予測できることを示した (図5)。脳波指標による評価とアンケート調査による評価はかい離しており、選好に関して、主観評価とは異なる情報を脳波が提供し得ることを明らかにした。今後は評価対象をより抽象的なものに拡張して実証実験を行い、脳波を利用したイメージ評価法の社会実装を実現する。

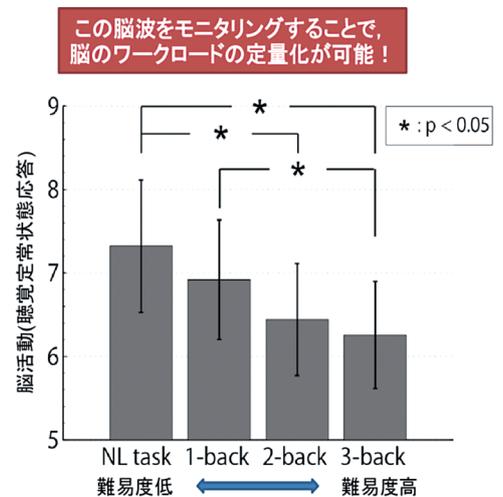


図4 課題の難易度によって変化する脳活動

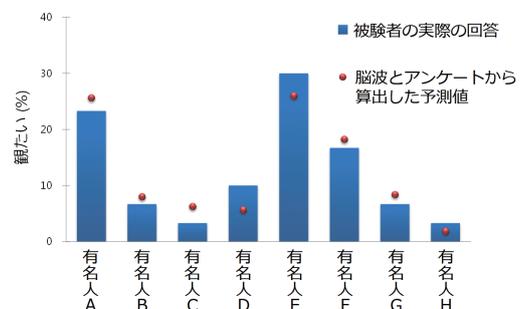


図5 有名人出演テレビ番組を見たい度合いを推定