

## 人間の脳機能大規模データを収集し解析する世界的規模の拠点

## ■概要

平成29年4月の組織再編により、研究員の配置換えを行った結果、当研究室においては、データ活用基盤研究分野脳情報通信技術に関わる研究開発の中で、脳計測技術開発及び高次脳型情報処理技術に関わる多感覚情報と人の反応や脳情報処理の変化を解析・推定する基盤技術の開発を主として推進することとなった。また、平成29年度も大型脳機能計測機器運用チームを組織し、安全委員会との連携の下、1,500人以上の被験者から安全に脳機能データを取得することができた。

超高磁場fMRI（機能的核磁気共鳴イメージング）装置の性能を生かして、0.6 mm角の分解能で機能画像を取得することに成功した。また、高解像度解析を実現するための新たな組織分離手法に成功した。さらに、多感覚脳情報解析においては、声質の分析から発話者の情動・意図を推定する新しい技術開発にも成功した。

## ■平成29年度の成果

脳機能解析研究室では、脳機能計測用として高磁場（3T〈テスラ〉）fMRIに加えて超高磁場（7T）fMRIを運用している。7T-fMRIは3T-fMRIよりも計測感度が大幅に向上するため、空間分解能の高い脳機能計測（fMRI）が可能である。しかしながら、磁場強度の増大は磁場の均一性の低下を引き起こし、画像のひずみや信号の欠落などのデータの質の低下も顕在化する。したがって、7T-fMRIの真価を発揮させるためには、fMRI計測法（パルスシーケンス）を根本的に見直す必要がある。当研究室では独自のパルスシーケンスを開発し、その性能や安全性の検証を行っている。一般に脳fMRIで観測できる脳活動由来の信号は極めて微弱で、通常は、時間分解能に優れた「シングルショットEPI」と呼ばれる撮像法を用いて繰り返し計測を行い、統計的にデータの精度を高める。しかし7T-fMRIでは従来よりも強い信号が得られるため、これまでの時間分解能最優先の考え方を改め、信号収集そのものの精度を高める方法（マルチショットEPI）を採用した。さらにタスクの与え方を工夫することで計測を効率化し、また、このシーケンスで組織コントラストに優れた構造画像の撮像も行うことで、構造と

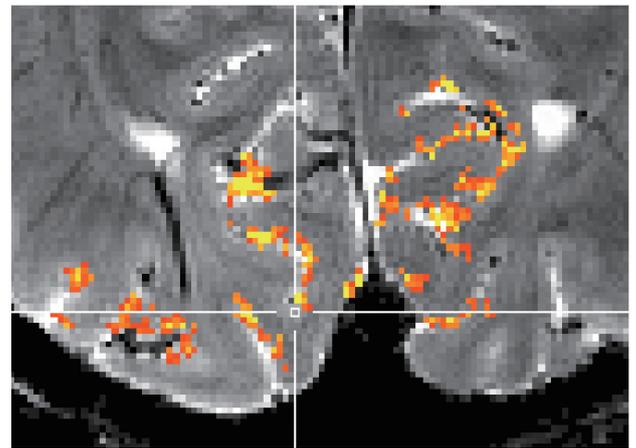


図1 ボクセルサイズ0.6 mmでの視覚刺激下超高分解能fMRI（視覚野の皮質構造に局限する脳活動がとらえられている）

機能を詳細に対比できるfMRI実験系を作り上げた。この結果、0.6 mm角の空間分解能でfMRIデータを取得することに成功した（図1）。

さらに、7T-fMRIにおいては、詳細な脳機能画像取得を実現するために、正確な活動位置の同定が必要となる。このためには、脳構造画像から、各組織（灰白質、白質、脳脊髄液）の正確な分離が不可欠である。各組織を分離すると、軸索や脳脊髄液領域における擬活動の取得を避けることができ、神経細胞に特化した活動の取得が可能になる。そこで、当研究室では、脳の灰白質や白質の濃淡の割合が異なる複数の脳構造画像を取得し、新たに考案したアルゴリズムを使うことで、組織の分離に成功した。高解像度の画像はデータ量が膨大で、従来のアルゴリズムを用いた各組織の分離の解析には多くの時間を要する。しかしながら、新たなアルゴリズムを用いることで、従来法に比較し10～100倍の解析時間の短縮が可能となり、十分に組織の分離した脳構造画像の取得に成功した（図2）。この手法を応用すると、従来法では分離が困難であった脳底部や小脳においても良好な画像が得られている（図2、矢印部分）。この新規解析法が評価され、磁気共鳴医学分野で最も権威のある国際磁気共鳴学会ワークショップにおいて奨励された。

このような高度な脳計測技術を当研究センターの多くの研究員が活用できるように、運用チームを組織し、

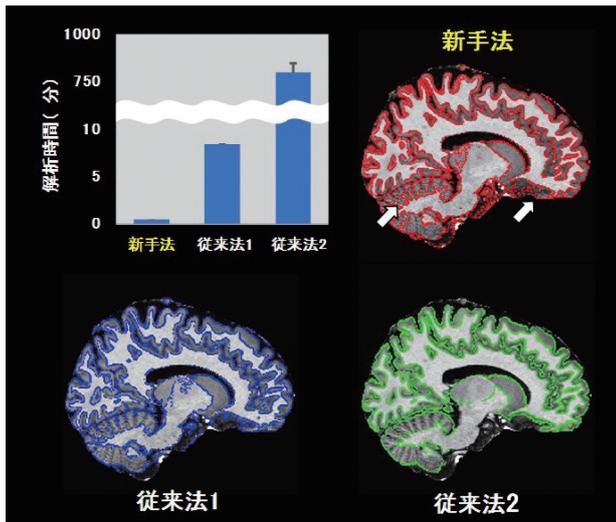


図2 脳組織の分離：従来法との比較

7T-fMRI装置を含む4台のfMRI装置とMEG（脳磁図）装置を維持し、眼球運動計測や液化機関連の更新を行った。これらの装置を活用し、1,600人/年の被験者が参加する実験を行った。多くの実験を安全に実施するため、実験者講習会を7回実施（94人受講）し、また7人の新規操作者を育成した。当該機器は、CiNet研究員に加え、共同研究を進める大学や研究機関の研究者の利用も推進している。平成29年度は、さらに、企業との共同研究における利活用が大きく拡大した。

当研究室においては、人の心に寄り添うロボット等の実現を目指して、人の情動や意図を多感覚情報に基づき認識・推定する技術の開発を進めている。平成29年度は、発話の音声情報から声質（voice quality）を識別するための基盤技術を開発した。通常、同じ言葉が発せられたとしても、発話者の情動・意図によって、声の質は変化する（例えば、囁き声、力んだ声、息漏れ声等）。したがって、音声情報から声質の微妙な変化をとらえることができれば、情動・意図に対する精度の高い推定が可能になる。音声は、声帯（vocal cord）における振動音を声道（口腔・鼻腔）・口唇において共鳴・放射させることで発せられる。声質は、声道・口唇における共鳴・放射より、声帯における気流（声門流：glottal flow）の変化に起因する。このため、発話情報から声門流を逆推定する技術開発が声質を高精度に判別するための鍵となる。

逆推定する手法としては、IAIF（Iterative Adaptive Inverse Filtering）手法がよく知られている。発話音声

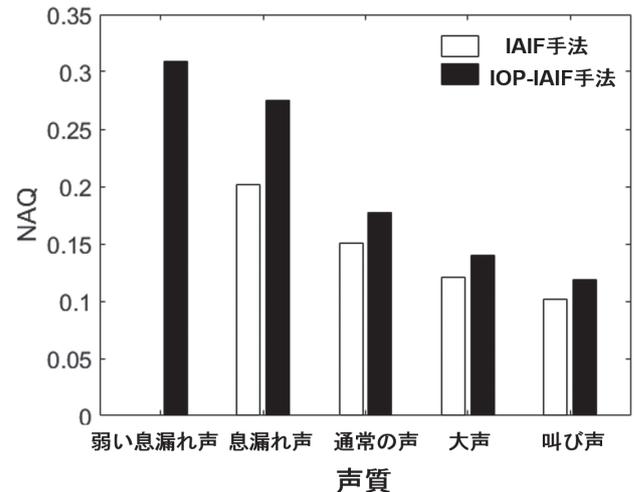


図3 異なる声質に対する識別指数の比較

から声道共鳴と口唇放射の効果を逆フィルタにより取り除き、声門流（各周波数に対する強度）を推定する。当研究室では、この手法をさらに改良したIOP（Iterative Optimal Preemphasis）-IAIF法を開発した（Interspeech 2017: 特許出願済み）。声門流推定の初期段階において、高周波数領域の増幅（Preemphasis）を反復処理することにより、声道における周波数の傾斜を補正し、声門流の推定精度を向上させることができる。そこで、異なる声質の音声を実際に収録し、従来のIAIF手法とIOP-IAIF手法による声質の識別性能を比較した。図3は、異なる声質に対する識別指数NAQ（Normalized Amplitude Quotient）の結果を示している。新手法では、声質の違いによるNAQ値の差が広がるとともに、従来法では計算不能であった弱い息漏れ声のNAQ値も計算可能であることが判明し、声質の識別性能が向上している。今後、この新手法を用いた、人の情動や意図を推定・認識する技術の開発が期待される。

当研究室は、自治体・地域連携の取組として、JSTリサーチコンプレックス事業のプログラムを推進した。けいはんな地域に集積する企業・大学・研究機関・金融・自治体（京都府等）の連携強化と機能拡大を目的とし、41機関が参画している事業である。研究開発においては、脳科学・人間科学と情報通信を融合した研究開発を参画機関共同で実施しており、CiNet脳機能解析研究室の安藤副室長が研究推進リーダーを務めている。平成29年度は、特に五感情報（照明・空調等）が人の快適性に及ぼす効果を検証する実験を実施した。