

人工知能技術を用いたヒト脳イメージングデータ分析

国立研究開発法人理化学研究所 革新知能統合研究センター 計算脳ダイナミクスチーム チームリーダー 山下 宙人

はじめに

脳とこころのメカニズムを解き明かすことは長い間人々の強い関心事であったが、脳計測とデータ分析に基づく科学研究が本格的に進展したのは、ここ30年のことである。1990年に小川博士らに発見されたBlood Oxygenation Level Dependent (BOLD) 信号を利用したヒト脳活動イメージング法、機能的核磁気共鳴断層画像法 (fMRI) が開発により、開頭手術することなく脳全体の活動を画像化することが可能になり、脳機能に関する知見が蓄積されてきた。さらに、統計的機械学習法を用いた人工知能技術と組み合わせることにより、脳活動パターンから心的状態を読み出す脳情報解読や、脳活動でデバイスを操作するブレイン・マシン・インタフェース・脳機能結合に基づく精神疾患バイオマーカーなど、脳データに潜む情報を人間の認識レベルを超えて活用することが可能となり、橋渡し研究や産業応用も盛んになってきている。本講演では、人工知能技術とヒト脳イメージング計測の融合研究の1つとして、脳ネットワークにもとづく精神疾患バイオマーカー研究について紹介する。

精神疾患の社会問題

認知症やうつ病、統合失調症などの精神疾患は、失われる健康寿命は2030年ごろには全疾病中で最大になるという予測もあるほど、深刻な社会問題になっている。しかし、患者本人の自己申告や家族の話をベースとした症状による現在の診断体系は、診断と生物学的な要因がかならずしも結びついておらず、治療効果が十分でないケースがしばしば見られる。個人個人に最適な治療を提供する精密医療実現のためには、血液や遺伝子、脳構造や脳機能などより原因に近い生体指標（バイオマーカー）を用いた客観的診断法が重要であると考えられ、現在、全世界的に研究開発が進められている。

脳ネットワークによる精神疾患定義

さまざまなバイオマーカーの中で、脳ネットワークを指標化した“安静時機能結合”が有力な候補として注目を集めている。安静時機能

結合は、機能的核磁気共鳴断層画像法 (fMRI) を用いてほっとしている時（安静時）の脳状態を5～10分程度計測し、ある場所とある場所の脳活動は一緒に変化したり、ある場所とある場所はそうでなかったりということを相関値により定量化したものである。安静時機能結合は個人個人の脳の機能的なネットワークを表現していると考えられており、実際、指紋のように個人同定できること、課題時の脳活動の個人差が説明できることなどが示されている。また、精神疾患の患者群と健常者群のグループ間で統計比較すると、一部の結合で違いがあることも見いだされている。

人工知能技術を用いた精神疾患診断と層別化

安静時機能結合を人工知能技術で分析することにより、患者群と健常者群のグループ間比較を超えて、個人レベルで患者か健常かを判別できるようになってきた。安静時機能結合は脳の100～500個の領域すべてのペア間で計算され、すべて集めると数千から数万の値になる。個々の結合を見ても人目には良く分からない微少な差であるが、結合をパターンとして多変量的にみると差が浮き彫りにされる。コンピュータに例題データから結合パターンの見分け方を学習させる教師あり機械学習法を用いることにより、うつ病、自閉症、統合失調症など精神疾患の診断が出来るようになってきた。さらに、教師なし機械学習法と呼ばれる手法を用いて結合パターンをクラスタリング分析することにより、患者を脳ネットワークの特徴によって層別化し、層別化した群ごとの治療効果を確かめる研究も進められている。実際、うつ病患者を機能結合をもとに層別化することにより、磁気刺激治療が効果的な患者とそうでない患者に分類できるとの報告もなされている。

脳ネットワークバイオマーカーの研究が開始されてまだ10年ほどであり、精度・汎化性・説明可能性など乗り越えるべき課題は多いが、精神疾患のより良い診断と治療の実現に向けて、脳イメージングデータと人工知能技術のさらなる融合・深化が期待される。