

プログラム名：脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現

PM名：山川 義徳

プロジェクト名： 携帯型 BMI

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：

機械学習脳情報推定

—機械学習推定を用いた認知機能の低下の防止と回復—

研究開発機関名：

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

研究開発責任者

今水 寛

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

高齢化する社会において、人々が活力溢れる生活を実現するためには、社会生活で必要とされる認知機能（適切に判断する能力、情報を記憶する能力、適切に身体を操作する能力など）を維持することが不可欠である。本研究開発では、機械学習推定技術とニューロフィードバック技術を組み合わせることで、認知能力の低下を防止し、低下した認知機能を回復する技術の開発を目指す。第1ステージ（平成27年度まで）の計画は、機械学習の手法を用いて、安静状態や作業記憶課題を行っているときの脳活動から、認知課題の成績を予測することを行うことを計画していた。本年度は、第1ステージの目標を達成するために、さまざまな年齢層の被験者を対象として、加齢により変化する認知機能を調べ、脳の領域間の結合や構造から認知機能を予測することを行った。また、ニューロフィードバックの基礎技術の検討を計画していた。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

加齢で低下する認知機能を調べるため、国際電気通信基礎技術研究所のある「けいはんな地区」を中心に様々な年齢層の被験者を100人以上集め、それぞれの被験者について安静状態のfMRI脳活動や脳の構造を知るためのMR画像を取得するとともに、複数の認知課題を行ってもらった。図1に被験者の年齢分布を男女別に示す。図2には、認知課題の例を示す。Digit span という課題は、実験者が次々に言う数字を短時間記憶し、言った順、もしくは逆の順番に再生する課題である。被験者がいくつの数字までなら再生可能かを調べる。Feature binding 課題は、被験者に色のついたさまざまな方向の線分を提示し、暫く時間が経過したのち、そのうちのひとつの線分の方向と色を再生する課題である。

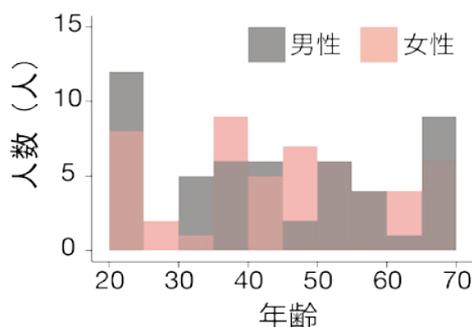


図1 被験者の年齢分布 (N = 103)



図2 認知課題の内容

2-2 成果

加齢とともに低下する認知機能 複数の認知課題のうち、特に加齢による低下が顕著であったのは Digit span 課題であった。図3は、横軸に年齢、縦軸に再生可能な文字数を示している。年齢とともに再生可能な文字数が低下する様子が分かる。脳を150の領域に分けて、領域同士の機能的結合、領域ごとの皮質容積、領域の皮質の厚み、から認知機能を予測することを試みた。そのとき、1) 全年齢にわたって

ひとつのモデルで予測する、2) 被験者の平均年齢である43歳を境界にして、若年層(43歳以下)と高齢層(44歳以上)に分けてモデルを作成して予測する、の2通りを行った。結果を図4に示す。Digit spanに関して一番精度の良い予測ができたのは、年齢を区別せず、ひとつのモデルで領域同士の機能結合から予測した場合であった。このことから、加齢で低下する認知機能のうちDigit span課題については、脳の領域間の結合から、その成績を予測できることが解った。この他にも、衝動的な意思決定に関わると考えられている時間割引率の基底機能として肝要と考えられる個人における主観的時間を検討した。

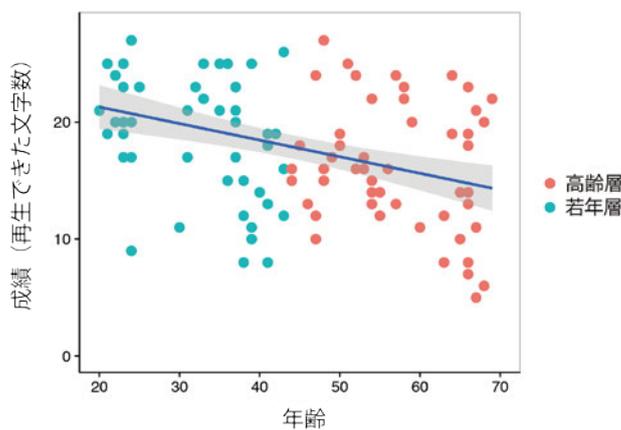


図3 年齢とともに低下する認知機能(Digit span)

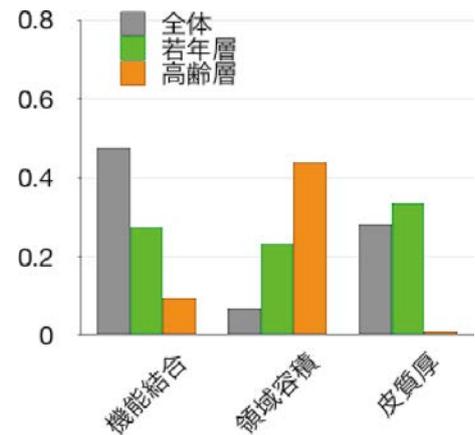


図4 脳の結合や構造からの認知機能予測

ニューロフィードバックの基礎技術開発 脳内の領域間結合を変化させる、機能結合を対象としたfMRIニューロフィードバックの基礎技術開発を行った。従来の方法では変化量、効果量が少ないことが問題点であり、それはニューロフィードバック中に算出する機能結合の推定精度が低く、適切なフィードバックができていないことが原因として考えられた。この問題を解決するため、①機能結合を算出する時間を14秒から40秒に変更、②関心領域を個人の脳に合わせる方法を改良し、③fMRIの時間、空間精度を上げるmultiband撮像法を導入した。全ての改良を整えた最終5名のニューロフィードバックでは、望ましい結合値を被験者が誘導できたかの指標となるニューロフィードバック得点が初日から最終日にかけて有意に上昇した($p = 0.047$)。

2-3 新たな課題など

認知機能の予測は可能になったが、ニューロフィードバックを行うためにどの結合が住であるかを詳細に検討する必要がある。予測モデルのパラメータを詳細に調べている。また、ニューロフィードバック実験のデザインを検討している。

3. アウトリーチ活動報告

学会のセミナー(機械学習推定を用いた認知機能の低下の防止と回復, 第38回日本神経学会大会ランチョンセミナー, 神戸国際会議場, 2015/7/29)や市民公開講座(脳内ネットワークの弱点を知り、補強する技術, 第5回CiNetシンポジウム/第3回大阪大学COIシンポジウム東京国際フォーラム, 2015/6/17)で、ImPACTの取り組みについて解りやすく説明した。