

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：メタ認知の脳情報基盤解明と日常トレーニング環境の構築
- (2) 研究代表者：株式会社国際電気通信基礎技術研究所 川鍋 一晃
- (3) 研究期間：令和3年度～令和7年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

日時：令和5年10月30日
場所：TKP東京駅大手町カンファレンスセンター
評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授
平澤 洽（委員長）
元 三菱ケミカルホールディングス 顧問
岩野 和生
玉川大学 脳科学研究所 特別研究員
大森 隆司
東京工業大学 名誉教授
佐藤 誠
兵庫県立大学 大学院情報科学研究科 教授
田中 俊昭
千葉商科大学 総合教育センター長、東工大 名誉教授
筑波大 名誉教授
寺野 隆雄
産業技術総合研究所 人間拡張研究センター・主任研究員
長谷川 良平

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究の進捗状況

研究の概要

現代の日本社会では少子高齢化による労働人口の減少や ICT の進化で、労働環境は常に変化している。このような社会では、個々の労働者の認知機能を高めるだけでなく、俯瞰的にその時々状況を把握し、自分の果たすべき役割や必要なスキルを素早く理解して効率的に対応できる、メタ認知能力の高い人材が求められる。本研究ではメタ認知能力を向上させる技術の開発を最終目標に、まず、『(1)メタ認知に関わる脳情報基盤の解明』で基礎研究を実施して、これまでわかっていないメタ認知の計算メカニズムとその神経基盤の解明を目指す。次に、このメタ認知の計算神経科学的知見を土台に、メタ認知能力を向上させる革新的な EEG-BMI 基盤技術の創出を目指して、『(2)メタ認知に関わる脳情報のリアルタイム解読・可視化技術の開発』、そして『(3)メタ認知能力を高める BMI の日常環境実装』では技術の確立・検証研究を実施する。

進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

(1) メタ認知に関わる脳情報基盤の解明

計算理論に基づき、メタ認知機能を有する計算モデルのプロトタイプを試作した。計算モデルでは個別の認知機能への重みづけ（メタ認知責任信号）が重要となるが、これに該当する脳活動を fMRI^{※1} から解読することに成功した。さらに日常環境でも利用可能な EEG^{※2} からの解読を目指して、EEG と fMRI の同時計測を行った。同時計測では安静時や作業記憶などの認知課題に加え、注意散漫状態への気づきといったメタ認知機能の向上を支援する脳活動を EEG から解読する技術の確立に向けての実験を実施した。

(2) メタ認知に関わる脳情報のリアルタイム解読・可視化技術の開発

上記の同時計測データを用いて、EEG から fMRI を当初想定以上の高い精度で予測する機械学習法を開発した。現在は、予測精度の向上を目指して更なる改良を続けている。また、メタ認知を含む様々な脳状態の可視化に向けて、低次元化された EEG 特徴量のリアルタイム可視化システムを開発した。このシステムを用いた BMI^{※3} トレーニングでは、ニューロフィードバックによる学習効果を確認した。

(3) メタ認知能力を高める BMI の日常環境実装

従来の実験室研究だけでなく、日常環境においてもメタ認知を含む様々な脳機能のニューロフィードバック・トレーニングができるように、EEG 状態を可視化・可聴化・遊戯化する小型デバイスを開発した。また、簡易装置を用いて注意散漫状態への気づきを促進させるトレーニング環境を設計した。

※1 fMRI:磁気共鳴機能画像法、functional Magnetic Resonance Imaging の略。

※2 EEG:脳から生じる電気活動を頭皮上等に置いた電極で記録する手法。Electroencephalography の略。

※3 BMI:ブレインマシンインターフェース、Brain Machine Interface の略。

4. 中間評価の評点

A 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

研究発表や論文等の成果は極めて多く、EEG と fMRI の同時計測による相互連関の把握等の進捗が見られ、概ね順調に研究開発が進んでいる。これまで着目されていたが、深く掘り下げられていなかったメタ認知という複雑な機能にアプローチしている点は評価できる。ただし、どのようなメタ認知機能を対象として測定しているか、その結果をどのように評価するのか、論理的な繋がりや具体的な目標が明

確でない側面も見受けられた。

各研究グループの成果を有機的に統合し、研究内容とその成果をシンプルにし、全体の意義が分かりやすくなるようなストーリーを立て、研究成果を専門外にも分かりやすくアピールしていただきたい。

6. 主な個別コメント

- 現象面レベルの研究取りまとめではなく、論理的に明確かつ定量的に、メタ認知の計算モデルおよび計算理論の構築を進めることが望ましい。
- 実力のある研究者の集団なので、ポテンシャルは高いと思われる。
- 一つ一つの研究項目は、確実に進んでいる。
- 多人数の実験のみならず、魅力的かつ大掛かりなシステムの試作開発も必要であるために、相当の予算が必要であることには同意する。
- 各サブテーマが全体の目標にどのように貢献するかを明確にしたうえで、目標達成に必要な最小限の実験を計画するのが良いと思われる。
- 取得する被検者の数について、根拠を明確にしておくべき。
- 本研究における「メタ認知の脳情報」は、実際には極めて限られた認知現象に基づいてモデル化がなされているに過ぎない。
- 複数の要素があるメタ認知について、どのメタ認知機能を対象として、どのような成果を得るのか、定性的・定量的な目標を明確にして研究を可視化できるようにすべき。
- 実験に用いる認知課題が、日常生活のどのような心理的現象をモデル化しているのかを明確にする必要がある。
- トレーニング環境の構築には、より説得性のあるメタ認知のモデルの解明と、各デバイスがモデルに準拠して動作しているかの検証を示すことが重要である。その上で効果の検証に主眼をおいて、試作したシステムの活用を検討すべきである。
- 今後の研究開発にも一層チャレンジングに取り組んでいただきたい。