

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： 脳ロボティクス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

アンドロイドフィードバック

研究開発機関名：

国際電気通信基礎技術研究所

研究開発責任者

西尾 修一

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

従来研究から、ブレイン・マシン・インタフェース (BMI) によりアンドロイドの遠隔操作を行う際、フィードバックの与え方を工夫することで、脳活動の反応パターンを変化させられることがわかっている。H27 年度までのステージ I では、まずこの現象の詳細な検証を行い、フィードバック効果の性質を明らかにする。この性質を元に、脳活動パターンを効果的に訓練できる脳波トレーニングの手法を開発する。具体的には、アンドロイド遠隔操作時の脳活動反応の変化について、脳波トレーニングを行う上で必要な時間的・空間的特性の検証を行い、フィードバック効果の性質を明らかにする。また、この知見から、初期的な脳波トレーニング手法を開発する。

本年度は、昨年度に引き続き、脳波トレーニングを行う上で必要な時間的・空間的特性の検証を行い、フィードバック効果の性質を明らかにする。また、この知見から、初期的な脳波トレーニング手法を開発する。

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

研究計画について、PM・研究総括と議論を定期的に行うとともに、脳波トレーニングを行う上で必要な時間的・空間的特性の検証を行った。また昨年度・本年度の検証結果を踏まえ、アンドロイドを用いた脳波トレーニング手法を開発し、効果の検証を進めた。

以上の結果から、本年度は当初目標通り順調な進捗を達成している。

2-2 成果

本年度は、まず昨年度に引き続き、操作対象の外観の影響を検証した。昨年度、アンドロイド以外の対象を操作した際に、アンドロイドの時のように脳波に変化が見られるかを検証したが、ロボットアームではアンドロイドと比べて変化が弱いことを確認した。本年度、さらにアンドロイドとロボットとの比較検証を行ったところ、ロボットアームを操作時の脳活動変化は、アンドロイドを操作したサイト比べて、持続性が弱いことが確認できた (Alimardani, et al., 投稿中)。BOT に類似した、ラバーハンド錯覚と呼ばれる、ゴム製の義手を自らの腕と感じる錯覚では、形状が人の腕に近いほど、強い錯覚を得られることがわかっている。今回の実験の結果でも人に近い外観で強く効果が得られたことから、アンドロイド操作中の脳波変化は、アンドロイドを自身の一部とを感じる身体感覚転移錯覚 (BOT) の関与が大きいと考えられる。

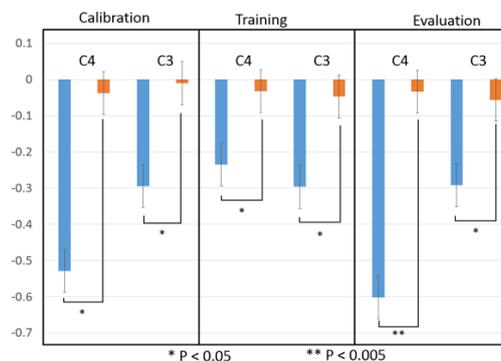
以上のアンドロイドのフィードバック効果に関する検証結果を踏まえ、アンドロイドを用いた脳波トレーニング手法を検討した。一般にブレイン・マシンインタフェース (BMI) の研究においては、単に試行回数を増やす以上の訓練が行われることは稀であり、これまでに訓練方法はほとんど検討されてこなかった。しかし近年、従来手法で 20%程度の人には全く BMI を使うことができない、といった報告なども挙げられており、BMI の必要性を論じる文献も出てきている。しかし、現状では BMI 訓練に関する研究はまだ殆ど進んでいない。我々は前述のように、アンドロイド操作による脳波変化には、アンドロイドを自身の身体と感じる BOT が重要と考えていることから、アンドロイドをよ

り強く自身と感じるような訓練を事前に行うことで、脳波変化を生じさせ、BMI の成績も向上できるのではないかと考えた。

そこで、以下のような BMI 訓練方法を考案し、従来手法と比べた性能を比較した：

- 1) 開始前に、BMI によるロボット動作と同じ動作を被験者に行わせ、動作イメージを強化する
- 2) キャリブレーション（識別器の訓練データ採取セッション）の前に、偽のフィードバックを返す訓練セッションを設け、「動かせる」という自信を被験者につけさせる
- 3) キャリブレーションにおいても、従来手法で用いられる矢印などの抽象的な刺激ではなく、実際のロボットを見せて行わせる

実験の結果、訓練後の BMI 識別性能は、若干、提案手法のほうが良かったものの、大きな差は見られなかった。しかし、今回用いた運動イメージによる BMI 手法（motor imagery）で識別に利用される事象関連脱同期（event-related desynchronization）の強さを計測してみると、提案手法による訓練を行った被験者での反応が有意に強いことがわかった（次図）。



実験の各フェーズでの μ 帯域での変化値。青はアンドロイド条件、橙は矢印条件での値を表している。注：事象関連脱同期(Event-Related Desynchronization)は運動意図の後、脳波の強さが弱まる現象であるため、値が小さいほうが強い反応と考えられる。

2-3 新たな課題など

本年度の実験では、前述のように反応が強く現れているにもかかわらず、BMI 自体の識別率で差が出ない現象が見られた。この点について、我々は被験者の脳波変化に識別器が追従できていないことが原因ではないかと考えた。運動イメージによる BMI で一般的に使用されている Common Spatial Filter (CSP) と呼ばれる手法は、静的な識別器を構成するものであり、脳波の空間的な賦活パターンが固定的に生じることを前提としている。そのため、脳波の賦活パターンが動的に変化した場合に追従できず、結果として識別率に変化が現れなかったのではないかと考えられる。この点への対処として、現在、脳波の賦活パターンにどのような時間的変化が生じているのかを詳細に調べるとともに、動的な変化に対応可能な識別器をディープラーニング手法を用いて構築することを検討している。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし。