

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 29 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：

国立大学法人 大阪大学

研究開発責任者

平田 雅之

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

プログラム全体計画の内、情報サービスにむけた「脳ロボティクス」の研究開発、「ix アンドロイドフィードバック」において「機械を脳活動により思い通りに動かせるようになるアンドロイドの開発」に向けて、「MEG を用いたアンドロイド制御」の研究開発を進める。

平成 29 年度は、まず、両手のデコーディングをリアルタイム化して、アンドロイドロボットの両手を遠隔操作する。ついで、両手の実運動に加えて仮想の 3 本目の手を動かす想起を行う運動課題を行い、この 3 本の手の運動課題をデコーディングする。デコーディングの正解率 50%以上を目指す。複数肢のデコーディングと制御時の脳活動を独立成分分析 (ICA) にて解析し、マルチタスク処理に関わる領野を探索する。ICA を用いて前頭葉と頭頂葉の 2 領野からのマルチタスク処理関連領野を検出することを目指す。さらに、マルチタスク処理に関わる領野の能力を neurofeedback の手法を用いて増強する手法を考案する。前頭葉と頭頂葉の機能を増強する方法の考案を目指す。

研究開発プロジェクトにおいて、ATR 西尾とはアンドロイドと脳磁図計測・解読系とアンドロイド制御、駆動系に関して密に連携して、アンドロイドフィードバック系の研究開発を進める。NICT 鈴木とは動物実験の実施のほか、広く緊密に連携を行い、人研究と動物実験とで情報・技術の相互提供を行うことにより研究進捗を加速させる。

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

両手把握運動課題施行時の脳磁図の計測データに対して、SVM を用いた運動内容のリアルタイムデコーディングとアンドロイドロボットの遠隔リアルタイム制御系を開発した。解読精度は 4 種の実運動で 49%の精度が得られた。被験者の両手運動時の脳活動を大阪大学吹田キャンパス内の脳磁計で計測し、リアルタイムでデコーディングを行い、その結果にもとづいて、アンドロイドロボットを遠隔リアルタイム制御することに成功した。

ついで、両手の実運動に加えて仮想の 3 本目の手を動かす想起を行う運動課題を、脳波を用いる ATR 西尾グループと共通化した。手の運動による筋電ノイズの混入をできる限り低減するため、コンピュータシミュレーションを用いて、示指によるボタン操作のみで出来るようにした。

また、両手運動時の脳磁界を ICA にて解析し、前頭頭頂部に分布する独立成分からマルチタスク処理関連領野の候補を抽出できた。さらに、マルチタスク処理能力を、visual neurofeedback の手法を用いて、ICA で検出した前頭頭頂部に分布する成分を増強する方法を検討した。

研究開発プロジェクトにおいて、ATR 西尾とは密に連携して、西尾グループと 3 本目の手を制御する運動課題を共通化した。NICT 鈴木とは、サル動物実験等を共同で実施し、広く緊密に連携を行った。

2-2 成果

両手把握運動課題施行時の脳磁図の計測データに対して、SVM を用いた運動内容のリアルタイムデコーディングとアンドロイドロボットの遠隔リアルタイム制御系を開発した。右手・左手を同時・独立

に握る・開くという、計4種類の両手運動課題を、実運動と運動想起に関して、右利き健常被験者10名に対して行い、脳磁図を計測した。SVMを用いて得られたデータに対して両手運動時の運動内容のデコーディングを単回試行レベルに行い、4 classのデコーディングを行った。デコーディングの方法としてはhierarchical SVMとmulticlass SVMを用いた。その結果、実運動で $49.1 \pm 2.4\%$ 、運動想起で $42.6 \pm 2.8\%$ の精度が得られ、実運動ではチャンスレベル25%の倍の精度が得られた。

ついで、このシステムをリアルタイム化し、さらにインターネットを介してアンドロイドを遠隔操作できるようにした。これにより、MEG信号の解読によるリアルタイムのアンドロイド制御ができる環境を構築できた。被験者2名に対して両手運動時の脳活動を大阪大学吹田キャンパス内の脳磁計で計測し、リアルタイムでデコーディングを行い、その結果にもとづいて、ATR(京都府精華町)に設置されたアンドロイドロボットを遠隔リアルタイム制御することに成功した(図1)。この成果を英文誌IEEE Trans Neural Sys Rehab Engに投稿した(3月末日現在 revision中)。

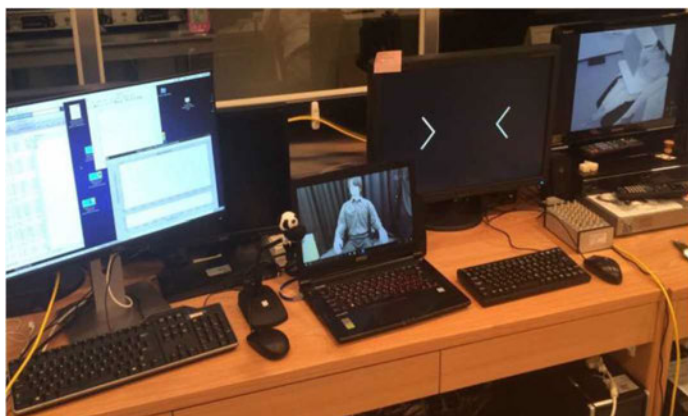


図1. アンドロイドロボットの遠隔リアルタイム制御

さらに、両手の実運動に加えて仮想の3本目の手を動かす想起を行う運動課題を行うにあたり、脳波を用いるATR西尾グループと、運動課題を共通化した(図2)。共通化した運動課題では、ボールを置いたボードを両手でバランスをとって、ボールがボードから落ちないように上にキープする。同時に3本目の手に相当する傍らに設置したロボットアームを脳信号だけで操作して、物を把持する。両手運動による筋電ノイズの混入をできる限り低減するため、ボード上のボールのバランス操作は、コンピュータシミュレーション上で行い、示指によるボタン操作のみで出来るようにした。

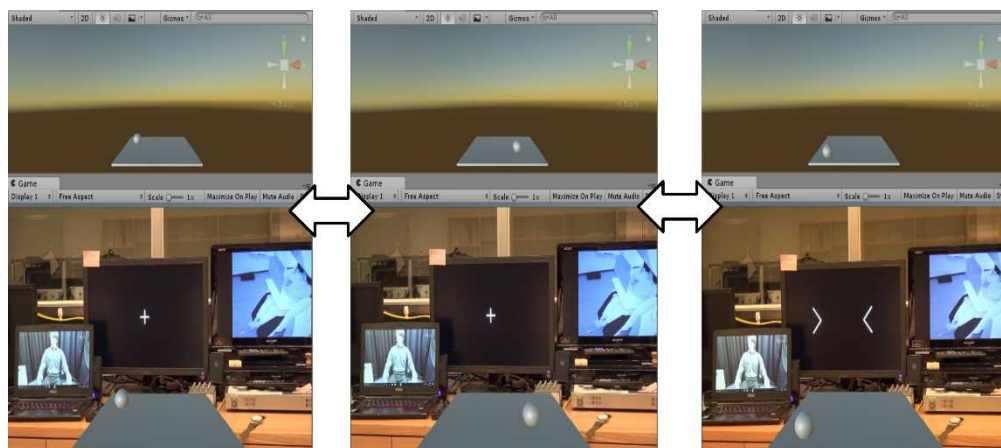


図 2. 共通化した 3 肢運動課題

ボード上でのボールバランス課題を示す。両手の示指で CG 上のボードの傾きを操作してボード上で転がるボールがボード上から落ちないようにコントロールする。この操作と同時にロボットアームを脳信号で操作する。

両手運動時の脳磁界を ICA にて解析し、得られた独立成分のうち前頭頭頂部に分布するダイポールパターンを有する成分が複数抽出できた(図 3)。これらをマルチタスク処理関連領野の候補として、今後さらに解析を進める。

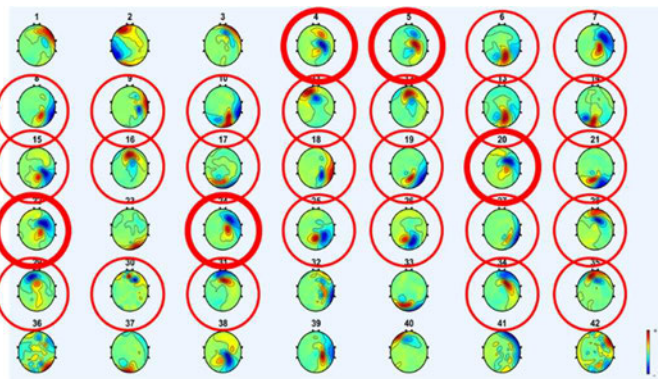


図 3. 前頭・頭頂部に分布する独立成分の抽出

代表的被験者の一例を示す。ICA を用いて独立成分求め、各々の空間分布が前頭・頭頂部にダイポールパターンを持つものを選択的に抽出した

さらに、マルチタスク処理に関わる領野の能力を neurofeedback の手法を用いて増強する手法として、visual feedback による手法を検討し、これを用いて先述した ICA で検出した前頭頭頂部に分布する成分を増強する方法を検討した。

研究開発プロジェクトにおいて、ATR 西尾とはアンドロイドと脳磁図計測・解読系とアンドロイド制御、駆動系に関して密に連携して、アンドロイドフィードバック系の研究開発を進めた。具体的には西尾グループと 3 本目の手を制御する運動課題を共通化した。これにより、共通化した運動課題に対して、平田グループでは脳磁図を用いてマルチタスク処理に関する脳内処理機構を明らかにし、複数肢制御の最適化を行い、西尾グループでは複数肢制御が脳波でもできることを明らかにするとともに、脳波でマルチタスク能力を向上するシステムがより汎用性のある脳波で実現できる。

NICT 鈴木とは、人研究と動物実験とで情報・技術の相互提供を行うことにより研究進捗を加速させるため、サル動物実験等を共同で実施し、広く緊密に連携を行った。

2-3 新たな課題など

特記すべきことなし。

3. アウトリーチ活動報告

臨床神経医工学寄附研究部門のホームページにて、ImPACT の研究を紹介し、国民に対して研究活動を発信した。高等学校にて高校生対象に学問発見講座を開講し、本研究の成果を紹介した。大阪大学国際医工情報センターサマースクールにて大阪大学学生ならびに海外の学生に対して本研究の成果を紹介した。研究室に見学に来訪した公官庁や種々の方面の方々に本研究の成果を紹介した。