

A-25 ヒト・ロボット協調を実現するリアルタイム脳波インタフェースの開発

工藤舞子*, 若田晶雄, 夏目季代久

(*九州工業大学大学院生命体工学研究科)

1. はじめに

脳波を用いたブレイン・マシン・インタフェース (BMI) は, 身体的な操作なしに機器が制御できる有望な技術であるが, 実用化には複数の課題が存在する. そのうちの一つに, 脳波測定 (主にWindows) とロボット制御 (Robot Operating System (ROS) on Linux) でプラットフォームOSが異なり, 両者をリアルタイムに連携させることの困難さ[1]が挙げられる. 本研究は, その問題を, Docker技術を用いた統合アーキテクチャを使用し解決することを目的とする.

2. 提案システム

開発したシステム構成は, ①脳波測定, ②畳込みニューラルネットワーク (CNN) による脳波識別, ③ソケット通信によるデータ伝送, ④ロボット制御, の4モジュールから成る (図1). 以下一つずつ説明する. ①は, Windows脳波測定ソフトウェアDAQ Master (インタークロス社製) を用いて, 被験者の脳波をリアルタイムに計測する. ②は, 脳波特徴を識別するモジュールである. 本研究では, 開眼閉眼時の脳波を識別するにあたり, 特徴量としては閉眼時に後頭部に生じる α 波パワー値増大[2]を用いた. ③では, Windows上で動作する②の機械学習プログラムと, Dockerコンテナ内のROSとを繋ぐためソケット通信モジュールを実装した. ④では, Windows Dockerコンテナ (Docker Desktop v4.19.0) 内のUbuntu 20.04/ROS Noetic環境で, 迷路探索シミュレーション (Gazebo) を実行した. バックエンドとしてWSL2を利用した. ②, ③モジュールはPython 3.11で開発した.

3. システムの検証実験と結果

提案アーキテクチャの有効性を検証するため, 次の実験を行った. 参加者の開眼閉眼脳波を後頭部から①モジュールで30秒間 (サンプリング周波数1000Hz) ずつ測定した. 測定脳波は短時間FFT (1秒間時間窓, オーバーラップ無し) でパワースペクトルの経時変化を求めた後, 30秒間の開閉眼パワー値 (周波数0-60Hz) を入力データにしてCNNモデルを学習させた. 次に, テスト試行では, 参加者はROS上の迷路探索課題に臨んだ. 迷路は三叉路のみを含み, 閉眼で相対的右方向, 開眼で左方向に進むようにした. テスト試行中, 参加者の様子 (左上), 脳波測定画面 (右上), ロボット視点 (中央) が同時に画面に表示される (図2). 図2では, 参加者は閉眼しており, α 波の振幅増大 (図2①) が観測され, ロボットは三叉路の相対的右方向である直進方向に進んだ. 提案システムが単一Windows11PC上で動作することが実証された.

4. 考察

これまで脳波を用いたロボットBMI制御を行おうと思った場合, 2つのPCを用意する必要があったが, 本研究では単一PC上でリアルタイムに連携させるアーキテクチャを初めて構築し, その動作を実証した. このことは, BMIシステム構築におけるWin/Ubuntu連携という技術的障壁を著しく低減させ, 脳波BMIシステムをより多くの研究者が利用可能になると考えられる.

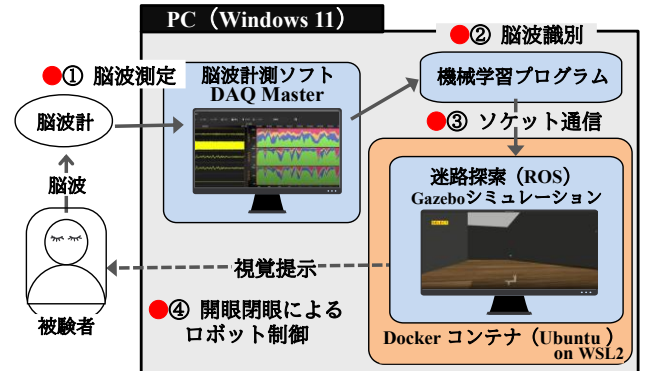


図1: 脳波測定とROSを用いた課題を単一PCで行うシステム

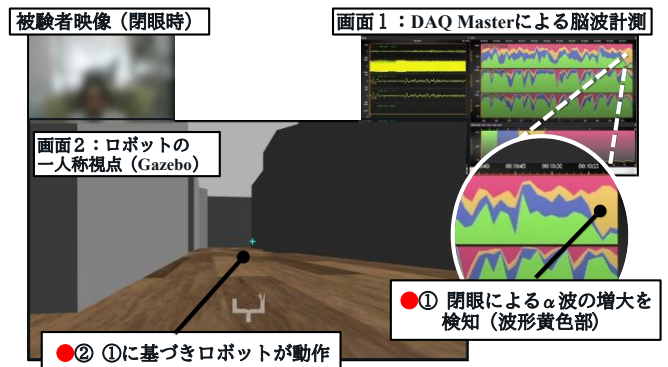


図2: テスト試行の画面

5. まとめ

本研究では単一PC上にWin/ROSシステムを構築し脳波を用いたロボットのリアルタイム制御システムを構築した. ROSはロボット制御だけでなく自動運転車, 仮想空間, スマート工場など, 広く用いられている. 本研究が提案する統合アーキテクチャは基盤技術として様々な分野における今後のBMI応用研究を加速させると考えられる.

参考文献

- [1] Butt, A. H., et al. "Architectural proposal for low-cost brain-computer interfaces with ROS systems for the control of robotic arms in autonomous wheelchairs," *Frontiers in Neurobotics*, vol. 16, 2022.
- [2] Pfurtscheller, G., and Lopes da Silva, F. H. "Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles," *Clinical Neurophysiology*, vol. 110, no. 11, pp. 1842-1857, 1999.