

脳波で目的地と移動方向を指定し

自律走行ロボットを制御する方法の開発

(香川高専電子システム工学¹)

○森岡大介¹・大西章也¹

キーワード：ブレイン・マシン・インターフェイス (BMI)、脳波、自律走行ロボット、ROS

1. 緒言

ブレイン・マシン・インターフェイス (BMI) は脳波を福祉機器等の制御命令に変換する技術である。BMI を用いると念じるだけで福祉機器の制御が可能となるため、身体障がい者の生活の質を向上させる新しい技術として期待されている。

これまで BMI は電動車いすの制御に応用され、念じるだけで移動することが可能となった[1]。しかし、重度の障がい者は自力での移乗が困難であるため、ベッドに居ながらロボットを遠隔操作し、搭載したカメラの映像を見ながら環境に働きかけるシステムのほうが望ましい[2]。しかしロボットを BMI により制御する方法は検討の余地がある。著者らは BMI を用いてロボットの移動方向を指定する制御方式 (方向指定方式) を提案した[3]。しかしその方式は操作に時間を要するため、より効率的な制御方式が必要であった。

そこで著者らは自律走行ロボットを導入し、BMI により目的地を指定する制御方式 (目的地指定方式) と方向指定方式を合わせた新しい方式 (併用方式) を提案する。提案手法を用いると一度の目的地指定で自律走行ロボットが移動するため命令回数や移動時間の削減が期待できる。本研究では、併用方式が自律走行ロボットをどの程度効果的に制御できるかを明らかにすることを目的とする。そのために併用方式と方向指定方式それぞれで自律走行ロボットを制御し、課題完了までの命令回数や所要時間を比較する。

2. 自律走行ロボットと BMI システムの構成

図 1 に実験装置の構成を示す。本実験では距離センサ LiDAR (RPLIDAR A1) とカメラ (UCAM-DLK130TBK) を搭載した自律走行ロボット (Raspberry Pi Mouse V3) を BMI で制御する。そのロボットには ROS による自律走行が実装されている。また、ロボットに搭載されたカメラの映像はディスプレイ (LCD-AD173SESW) に表示される。

ロボットを BMI で制御する際、被験者はディスプレイに並ぶアイコン (図 2 の円や、図 3 の矢印等) が白く変化した回数を無言で数える。その課題時の脳波には P300 と呼ばれる脳波成分が現れるため、被験者が入力を試みたアイコンを機械学習により推定することができる[4]。本実験では



図 1 自律走行ロボットと BMI システムの構成

脳波計 (Polymate Mini AP108) で被験者から P300 を含む脳波を計測し、PC (G31M-ES2L 及び HP Probook 430 G3) で制御命令に変換してロボットへと送られ、移動等を開始する。

3. 目的地指定方式と方向指定方式

目的地指定方式では図 2 に示す BMI 操作画面を用いる。ディスプレイ上には、事前に LiDAR を用いて作成した地図と、目的地を意味する円形のアイコンが表示される。その円は行ごと、列ごとにランダムな順序で白く光る。被験者は目的地に対応する画面上のアイコンが白く光ったときに無言で 10 回数え、目的地を入力する。するとロボットは自律走行を始め、目的地に到達するまでカメラの映像をディスプレイに表示する。その後、操作画面が方向指定方式へと切り替わる。

方向指定方式[3]では図 3 に示す操作画面を用いる。画面上の矢印のアイコンは前後左右それぞれロボットの前進、後退、左回転、右回転と対応する。また、画面上の MAP や STOP のアイコンはそれぞれ操作方法の切り替え、操作の一時停止と対応する。被験者はアイコンが白く光った回数を無言で数えて命令を入力する。方向指定方式の操作画面中央にはカメラの映像が常に表示される。

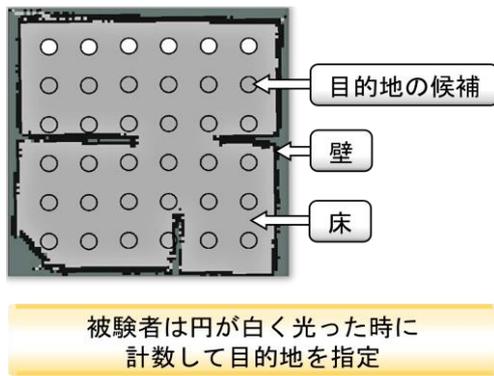


図2 目的地指定方式の操作画面

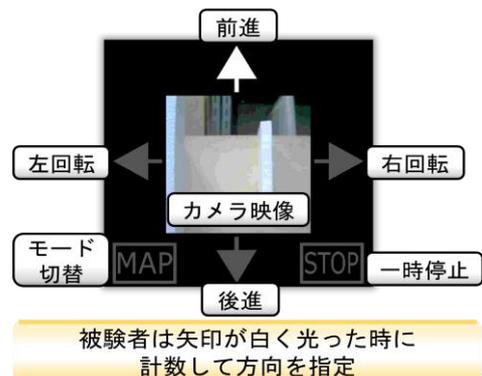


図3 方向指定方式[3]の操作画面

4. 実験方法

本実験には5名の健康被験者(19.8±0.4歳, 女性1名, 左利き1名)が参加した。実験に先立ち, すべての被験者が実験の説明を受け, 同意書を提出した。本実験は四国地区高専生命倫理委員会で承認された内容に従い実施した。

本研究では文字が書かれたカードをフィールド壁面に貼り付け, 被験者がロボットを操作し, カメラ映像よりカードの文字を読み取り, 回答するまでの命令回数と所要時間を測定した。実験者はカードに書かれた文字が被験者に知られないように設置した。また, 被験者とフィールドの間に衝立を設置した。カード設置後, 実験者は被験者に出発地点とカード設置地点を伝えた。被験者はBMIによりロボットを操作して, カメラ映像に映った文字を回答した。各被験者は目的地指定方式と方向指定方式を合わせた併用方式を用いた場合と, 方向指定方式のみを用いた場合それぞれで本課題を行った。順序効果を配慮し, 5名中2名は先に方向指定方式を用いた実験を行った。実験者は被験者が文字を回答するまでのBMIによる命令回数と所要時間を測定した。出発地点とカード設置地点は2組用意されており, それら2回分の平均値を各被験者の代表値とした。さらに命令回数と所要時間について2標本t検定を行った。

5. 結果と考察

全被験者がロボットを操作し文字を回答することができた。併用方式で要した命令回数(図4)は平均2.5回であり, 方向指定方式の8.4回と比べて命令回数が有意に減少した($p < 0.001$)。従って目的地指定方式の導入により命令回数を削減することができた。また, 併用方式の所要時間(図5)は平均136.7秒であり, 方向指定方式の278.8秒と比べて所要時間が有意に短縮された($p < 0.01$)。本結果を踏まえ, 目的地指定方式で入力した地点付近へロボットが自律走行したことが所要時間の短縮に貢献したと考える。

6. 結論

併用方式は方向指定方式と比べてBMI操作時の命令回数を5.9回, 所要時間を142.1秒削減す

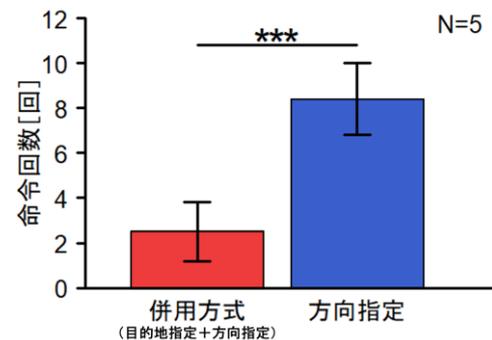


図4 回答までに要した命令回数

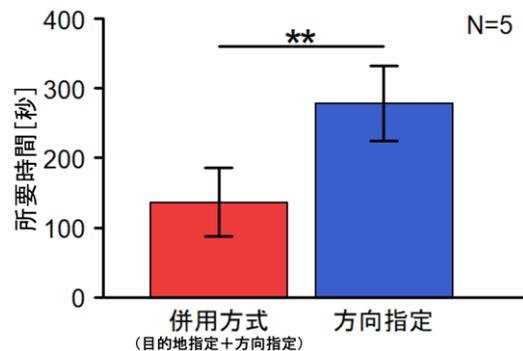


図5 回答までの所要時間

ることに成功した。今後はIoT家電を制御するシステムを開発し, ベッドに居ながら環境に働きかけるシステムへと発展させていく予定である。

謝辞

本研究の一部は科研費(18K17667, 21K11207)の助成を受けた。

参考文献

- [1] Kanemura et al., Proc. IROS, 2013.
- [2] Beraldo et al., Proc. ICRA, 2018.
- [3] Morioka et al., 第26回高専シンポジウムオンライン, 2021.
- [4] Onishi et al., Front. Neurosci., 2017.

お問い合わせ先

氏名: 大西章也

E-mail: onishi-a@es.kagawa-nct.ac.jp