

脳波を用いたロボット制御

Robot control using EEG signal

- 飯田 貴昭 (岐阜大) 武藤 光 (岐阜大)
 吉井 晴香 (岐阜大) 正 佐々木 実 (岐阜大)
 伊藤 聡 (岐阜大)

Takaaki Iida, Gifu University, i3028003@guedu.cc.gifu-u.ac.jp
 Hikaru MUTO, Gifu University, o3128028@guedu.cc.gifu-u.ac.jp
 Haruka YOSHII, Gifu University, n3128034@guedu.cc.gifu-u.ac.jp
 Minoru SASAKI, Gifu University, sasaki@gifu-u.ac.jp
 Satoshi ITO, Gifu University, satoshi@gifu-u.ac.jp

The elderly population is increasing and the number requiring long term care and support is growing. Thus, there is a demand for enhancing the equipment used in the nursing welfare field as well as for the development of tools that reduce the burden on the caregivers by increasing the independence of seniors. Towards this end, this paper investigates the possibility of using brain waves in a man-machine interface for controlling biped locomotion robot by attempting to control the robot in real time by the state of a person's limbs---whether they are at rest or in motion---from the associated EEG.

Key Words: Robot control, EEG signal, Motion estimation, Man-machine interface.

1. 緒言

近年、少子高齢社会において、介護の重要性は年々増加し、介護福祉分野における設備の充実が急速に求められている。例えば、介護福祉士やホームヘルパー等、介護に携わる人々の数が圧倒的に足りないと言われ、規制緩和の後の国外からの介護福祉士の受け入れや、試験回数を増やす提案がされる等、制度の見直しも検討されてきている[1]-[2]。

工学分野においても福祉分野に関する関心、重要は高まっており、介護する側の負担の軽減、また介護される側の自立の支援を担う機器の開発、研究が多く行われるようになってきている。その中の1つとして生体信号を利用する研究開発が多く行われている[3]-[5]。生体信号を制御信号とした機器を製作することで、障害者や高齢者に低負担の下、自立を支援することができ、介護者の負担を減らす試みである。

本研究では、生体信号の中でも脳波に着目し、人の四肢動作時における波形を用いて状態推定を行い、ロボットをリアルタイムで制御し動作させることを試みる。

2. 実験器具

本研究で用いる装置の概要と仕様について述べる。

2.1 生体信号検出装置

本研究では脳波の波形を調べる為「株式会社脳機能研究所製感性スペクトル解析システム」を用いる。

本装置は、ペーストレス電極ヘルメットにより得られた生体電気信号をパーソナルコンピュータ（以下パソコン）とデータ収録ソフトウェア ESA Acq-Gを使用して計測および収録をする。データの解析には感性解析ソフトウェア ESA Ana-Gを用いる。入力信号は A/D 変換されてフィルタリング処理後、SCSI バスインタフェースを介してパソコンに送り出される。

2.1 ハードウェア

本研究では移動ロボットとして「KHR-1」を使用する。近藤科学株式会社が開発したロボット専用の新型サーボモータ（トルク：7kg）およびコントローラを装備し、17 個の関節を持つ仕様となっている。（拡張により 24 個まで増設可能）また、付属の CD-ROM のソフトウェアを用いて、パソコンのマウス操作により手軽に動作を教示、設定できるようになっている。

KHR-1 では、コントロールボード RCB-1 を 2 台シンクロさせてサーボモータをコントロールする。1 台の RCB-1 により 12 台のサーボモータがコントロール可能であり、拡張によって最大 24 台まで同時操作が可能である。また、あらかじめパソコンで設定したデータ（モーション）を RCB-1 のメモリに保存しておくことにより、オートランを行うことができる。

本研究ではモーションを作成しておくのではなく、パソコン側から各サーボモータの角度を指定することによって動作させる。

3. 実験準備

本研究で用いる装置の概要と仕様について述べる。

3.1 生体信号導出

本研究での脳波の導出方法は、すべての脳波電極電位において右耳葉(A1)を基準として導出する方法、右耳葉基準単極誘導をとり、電極位置は 10-20 法を基に、Fig.1 に示す 14 カ所に電極を装着し、グラウンド電極は推奨されている FZ と CZ の中間位置とする。

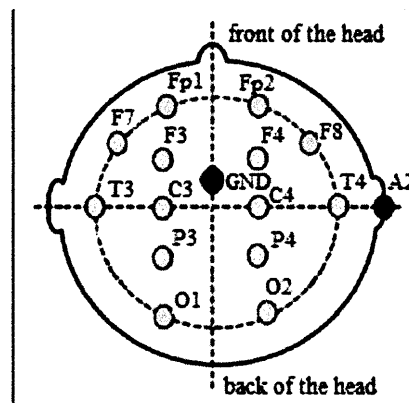


Fig.1 Measurement electrode positions.

3.2 ロボット制御

ロボットの動作を実現する為に KHR-1 付属のソフトウェアを用いて予めモーションの作成、またはポジションのサーボモータの角度を記録しておく。本研究では動作前、各動作

後のポジションのサーボモータの角度を記録し、動作毎に角度を指定することによって動作を行う。

4. 実験

4.1 状態推定

本研究の先行研究として人間の動作の状態推定がされている。以下に四肢動作による活動電極の傾向、特徴を示す。

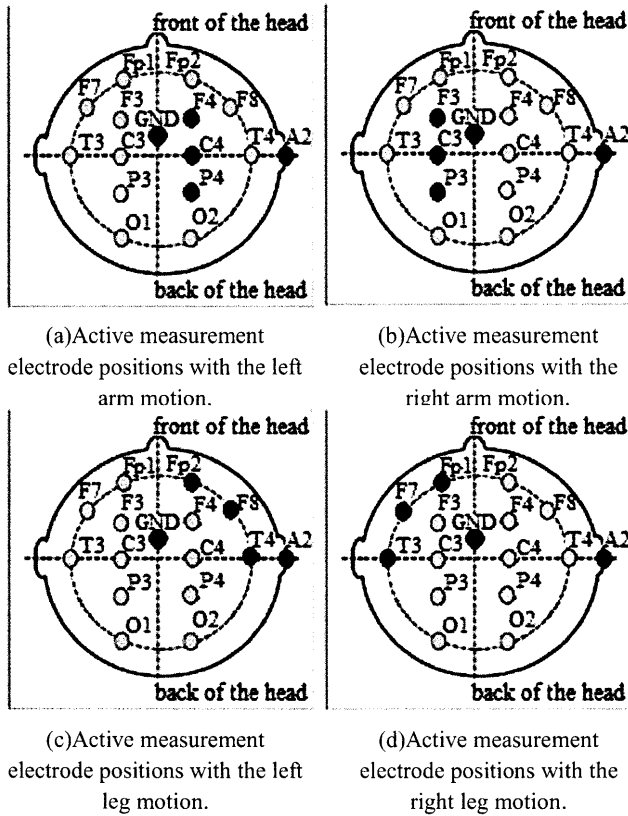


Fig.2 Active measurement electrode positions.

四肢動作による活動電極の傾向

- ・左腕昇降動作 F4, C4, P4 (Fig.2(a))
- ・右腕昇降動作 F3, C3, P3 (Fig.2(b))
- ・左足昇降動作 Fp2, F8, T4 (Fig.2(c))
- ・右足昇降動作 Fp1, F7, T3 (Fig.2(d))

四肢動作による活動電極の特徴

- ・運動した側とは反対側の脳が活発になる。
- ・腕の動作より足の動作の方が電圧のピーク値が大きくなる。
- ・被験者ごとに、電圧が大きく変化する電極位置や、各電極電圧のピークの値など、同様の特徴がある。

以上の傾向により左右の電極間の電圧値の比較、各電極での電圧値と閾値との比較によって人間の四肢動作時の状態を推定することが可能である。しかし、個人差や測定環境、経時変化による影響が大きい為、実験毎の値の設定が必要不可欠とされる。次に各動作の測定結果を用いて本実験被験者の個別設定について述べる。

4.2 個別設定

各動作の測定結果を下に改めて電極、閾値の設定を行う。Fig.3～Fig.6を観察すると、四肢動作による活動電極の傾向に加え、活動電極として O1, O2 を見てとることができる。これ

らの電極を判別に加える為、閾値を設け判別基準とする。また、傾向にある電極においても反応が低い（電位が低い）電極が見てとれる為、閾値を下げる等の設定の必要がある。

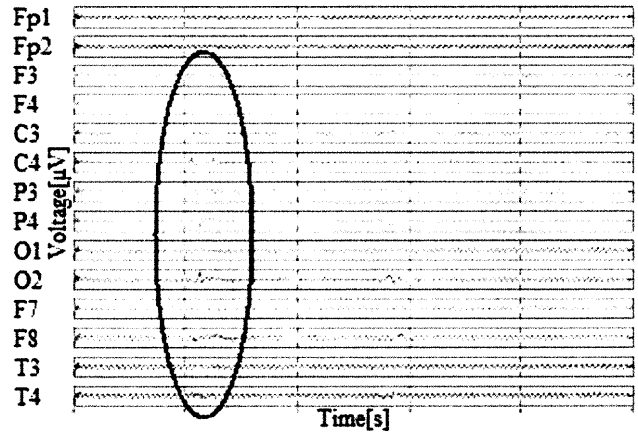


Fig.3 Results of EEG with the left arm motion.

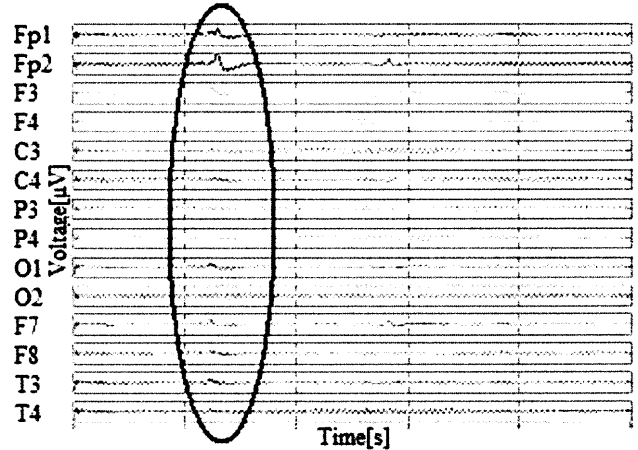


Fig.4 Results of EEG with the right arm motion.

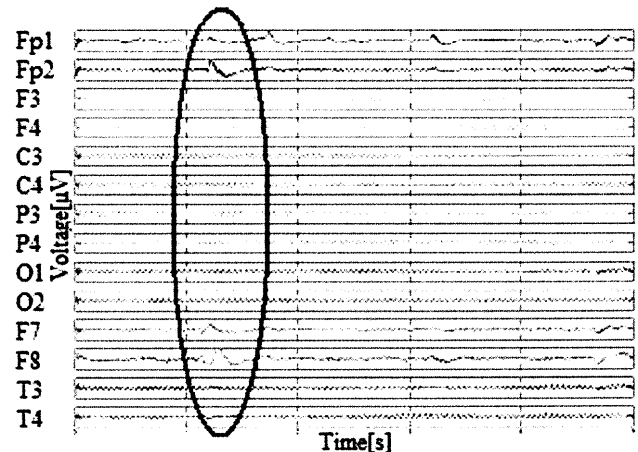


Fig.5 Results of EEG with the left leg motion.

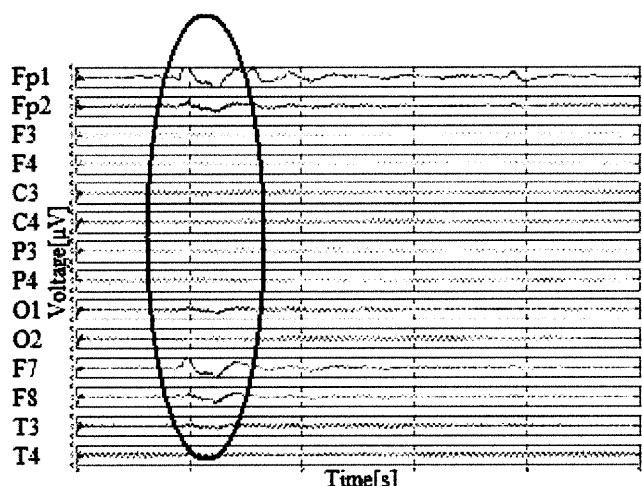


Fig.6 Results of EEG with the right leg motion.

4.3 実験システム

ロボットの制御基盤に予め作成した動作モーションをプログラムしてデータを保存し、脳波測定システムで測定した脳波を判別し、判別した結果に基づき、シリアルポートから対応した制御信号を送り、制御を行う。脳波の状態推定の結果を用い、被験者の四肢の動作に対応してリアルタイムでロボットに制御信号を送る。

判別の方法としては左腕、右腕、左足、右足を判別する電極の閾値での条件を満たす時に (Fig.7 における条件 1~条件 4) flag を 1 とし、その後各 flag の値に応じて反応なし、左腕、右腕、左足、右足、他反応とする誤判別と分ける。以上のことを繰り返すことにより動作に上位下位を設けることなく判別させる。

条件 1 の例 (日時によって変化させる為、4.1、4.2 を用いて)
 $F4 > 20 \ \&\& \ C4 > 20 \ \&\& \ P4 > 20 \ \&\& \ O2 > 20$

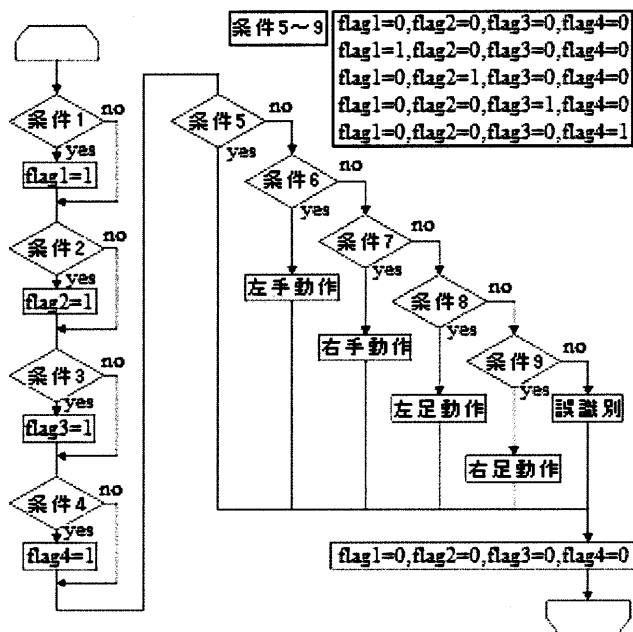


Fig.7 Flow chart.

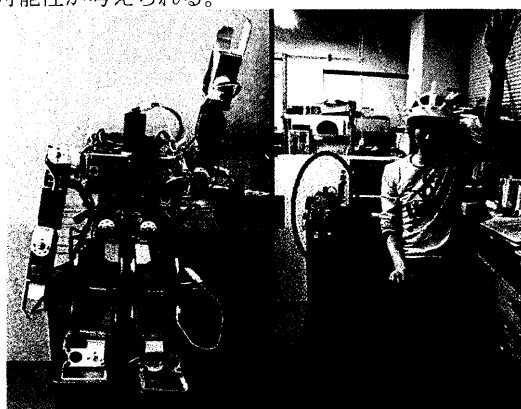
5. 実験結果

被験者の四肢の昇降動作に合わせ、ロボットをリアルタイムで制御し被験者と同様の動作を実現することができた。

しかし、毎度実験ごとに各電極の閾値を変化させながら計測をしているが、計時や体調によって、50~70%の判別率があるものが、20%以下になってしまう等、誤認識、誤判別が多くなってしまい、ロボットが被験者の各四肢動作とは違う動作をしてしまう現象が発生してしまうことがあった。これは、

- ・ ヘルメット装着時の頭部と電極の接触状態・電極の位置変化により、抵抗値変化が起き、波形の再現性が影響を受け、誤判別となる。
- ・ 動作時における身体の振動がヘルメットの電極に伝わることで、動作時の脳波とは異なる波形を発生させている可能性がある。
- ・ 微小信号であるため、環境によるノイズにより波形が影響を受ける。

等の可能性が考えられる。



6. 結言

脳波を用いてロボットの動作を実現することはある程度可能であることがわかった。ロボットを各医療、介護機器に置き換えることにより、障害者や高齢者に低負荷の下、自立を支援し、介護者の負担を減らす為のインターフェースの可能性への期待を持つことができる。

しかし、状態推定の段階で日時・体調等による被験者の脳波の変動が生じる等、判別が正しく行われない場合もあり、その変動の原因の究明と誤判別を減らす仕組みが必要になってくる。判別率を上げる為の手段として、本実験では電圧の閾値での判別を主として実験を行ったが、電圧の閾値以外の要素を用いてのより高精度の判別法が求められる。

今後の課題としては、周波数や微分値、積分値等を用いての脳波の解析による判別率の向上、また、四肢の動作時における条件の固定化等の実験条件整備による判別率の向上を検討することである。

文 献

- [1] 総務省統計局 人口推計月報(平成 21 年 1 月 21 日)
- [2] 内閣府 平成 21 年版高齢社会白書.
- [3] 池西俊仁, 鎌田崇義, 永井正夫, “脳波を用いた車両走行時のドライバの操舵意図識別”, 日本機械学会論文集 C, 74 巻, 741 号, pp.303-310, (2008).
- [4] 濱田祐矢, 佐々木実, 石田篤史, 伊藤聡, “EMG・EOG 信号を用いたサーボシステムの開発”, 日本 AEM 学会誌, Vol.16, No.1, pp.38-43, (2008).
- [5] 櫻井芳雄, 八木透, 小池康晴, 鈴木隆文 “ブレイン・マシン・インタフェース最前線 脳と機械をむすぶ革新技術”, pp.119-122, 工業調査会(2007).