脳波を用いた人とロボットの協調に向けた基礎的検討 —作業中の負荷変化時の脳波解析—

A Basic Study for Human-Robot Cooperation Using EEG
— Analysis of EEG at the time of load change during crank rotation task —

須藤 達哉 (東京工科大) 〇正 関口 暁宣 (東京工科大) 大久保 拓也 (東京工科大)
浦上 大輔 (東京工科大) 松尾 芳樹 (東京工科大)

Tatsuya SUDO, Akinori SEKIGUCHI, Takuya OKUBO,
Daisuke URAGAMI, Yoshiaki MATSUO (Tokyo University of Technology)

In this paper, aiming at human-robot cooperation using electroencephalogram (EEG), we studied on EEG when the load changed during a task. EEG and electromyogram (EMG) signals were recorded during a crank rotation task, where the load of the task was changed at random timing. Frequency spectra of the recorded EEG signals were analyzed, and difference between ON and OFF of the load was observed.

Key Words: EEG, Load Change, Human-Robot Cooperation

1 はじめに

近年のロボット機器の高性能化に伴い、工業用や特殊な環境下で作業を行うロボットに限らず、病人や高齢者の介護、介助や日常生活での人の補助などの人との協調動作を目的としたロボットの開発が期待されている。ロボットが人と協調して作業を行うためには、各時点でロボットは人により何が行われているかを正確に理解し、それにあった補助をする必要がある。

そこで本研究では、ロボットに人の状態、行動を理解させるために脳波を利用することを目指す。そのための基礎として、一定の動作中に負荷が変化した場合、脳波にどのような変化が表れるかを調べる。そのために、クランクを回しているときに負荷を変化させその時の脳波を計測する。そして計測した脳波データを解析し、その結果について考察した。

2 運動時の脳波に関する関連研究

脳波は周波数によって α 波, β 波, θ 波などと表現される。 α 波は 8Hz~13Hz であり、覚醒時の開眼した安静状態と関係がある。 β 波は 14Hz 以上のもっとも速いもので、活動性の高い皮質が発する信号である。 θ 波は 4Hz 未満とかなり遅い波で、振幅は大きいことが多い。これは深い睡眠の指標である。また、 α 波と β 波に関して、一般的に安静時に比べ活動時は β 波が増加するといわれている。しかしそれは運動時の β 波が α 波より減衰が少ないために、相対的に増加しているように見えるからである [1]。

一方、筋運動には筋の動的な活動によって筋の長さが変わる収縮である等張性運動と、筋が運動を伴わず筋の長さが変わらない収縮である等尺性運動がある。等尺性運動における脳-筋間コヒーレンスは広く研究が行われており、このような筋運動と脳波の関係については国際 10-20 法の C3 の部位と脳波との関係について高い相関があることが確認されている。

等張性運動と脳波の関係についてはあまり研究が行われていなかったが、柳田ら [2] は等張性運動について、ウェーブレットコヒーレンス解析を用いて脳波との相関を調べ、F3, C3, Cz の広範囲の部分において 15 Hz~30 Hz の β 帯域で相関が見られることを示した。また、等尺性、等張性の両方で優れたコヒーレンスの観測された C3, F3 の部位における値の大きさを比較すると、等尺性実験に比べ等張性実験の方が F3 のコヒーレンスの値が高いことが確認された。この違いが等尺性と等張性の違いではないかと考えられている [2]。

Fig.1 EEG/EMG recording system

3 作業中の負荷変化時の脳波-筋電計測

一定の動作中に負荷が変化した場合の脳波について調べるために、クランクをまわしている最中に負荷を変化させたときの脳波と筋電を計測する。そして得られたデータについて考察する。

3.1 脳波計測機器

今回実験に使用した脳波計測機器は、電極-GAMMAbox-プロコンポ-PC、と接続されている。図 1 に脳波計測装置の全体図を示す。

電極はアクティブ電極 (g.tex 社製) であり、GAMMAbox (g.tex 社製) が電極とプロコンポとを中継している。プロコンポ (Thought Technology 社製) は専用のセンサを接続することで、筋電や脳波、心電図などの生体情報を記録、解析できるエンコーダである。今回用いた機器では、同じ種類のアクティブ電極で脳波と筋電の両方を同時に計測することができる。

3.2 実験内容

被験者は開眼安静状態で椅子に座り、右手でクランクを回す運動を行う。被験者が回している最中、ランダムなタイミングでモータをショートさせクランクに負荷をかけ、その時の脳波を記録する。被験者は健康な 20 代の男性 1 名である。計測の様子を図 2 に示す。

クランク機器は自作したもので、クランク、モータ、スイッチ、土台で構成されており、スイッチを押している間モータをショートさせることができる。これにより、被験者に見えないように観測者が任意のタイミングでボタンを押したり離したりすること

チャンネル	電極の位置
Ch1	C3
Ch2	Cz
Ch3	FC3
Ch4	CP3
Ch5	C1
Ch6	P3
Ch7	C5
Ch8	筋電（右前腕部）

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i^2)} \quad (1)$$

Fig.4 EEG/EMG signals during crank rotating task

Fig.5 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch1, load ON

Fig.7 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch2, load ON

Fig.6 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch1, load OFF

Fig.8 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch2, load OFF

Fig.9 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch3, load ON

Fig.11 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch4, load ON

Fig.10 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch3, load OFF

Fig.12 Result of FFT analysis in the beta range (18-26Hz): Ch4, load OFF

References

- [1] Mark F. Ber, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, NEUROSCIENCE—Exploring the Brain—, lippincott williams & wilkins, 2001.
- [2] 柳田隼, 伊賀崎伴彦, 林田祐樹, 村山伸樹, “等張性収縮時の脳一筋ウェーブレットコヒーレンス解析”, 電子情報通信学会技術研究報告 MBE, ME とバイオサイバネティックス, Vol. 106, No. 506, pp. 25-28, 2007.
- [3] “電極の配置 (国際 10-20 法)”, 脳波測定マニュアル, <http://eeg.cloudcomputing-navi.com/denkyoku.html>, 2014 年 3 月 14 日.
- [4] 末永和榮, 岡田保紀, 最新脳波標準テキスト第 4 版, 株式会社メディカルシステム研究所, 2013.

Fig.13 RMS value of the EEG signal in the beta range