

周期的感覚刺激への脳波応答に基づくブレインマシンインタフェース Brain-machine interface based on EEG response to periodic somatosensory stimulation.

茨城工業高等専門学校¹, ○(B)中務 友心¹, (B)外之内 祥大¹, 綿貫 彩夏¹, 澤畑 博人¹

KOSEN Ibaraki College, °Yushin NAKATSUKASA, Shota TONOUCHI, Ayaka WATANUKI,

Hirohito SAWAHATA

E-mail: ac24105@gm.ibaraki-ct.ac.jp

1. 緒言

筋萎縮性側索硬化症 (ALS) や筋ジストロフィーなどの身体運動機能に重篤な障害を持つ患者を支援するための技術として、Brain-machine interface (BMI) の実現が期待されている。当グループでは空気圧アクチュエータを備えた装着型のロボットグローブ (Fig. 1) を脳波に基づいて制御する技術について研究を進めてきた^[1]。脳波から意思を解読する手法として、周期的な体性感覚刺激によって誘発される脳波信号に含まれる意識的注意によって変調される定常状態体性感覚誘発電位 (Steady-state somatosensory evoked potentials; SSSEP) の性質に着目した。本研究では、SSSEPのうち、意識的注意によって特に強く変調される信号成分を特定し、BMI に応用する場合の意思判別の指標になり得るか検証することを目的とした。

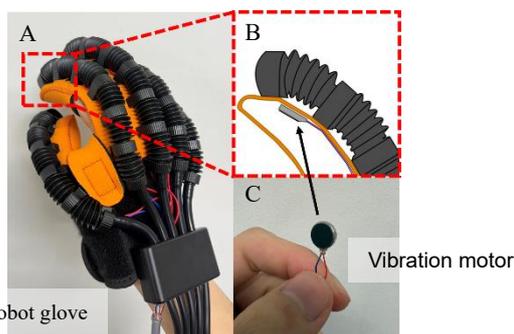


Fig. 1 Robot glove integrated with tactile stimulators.

2. 実験手法

脳波の体性感覚刺激に対する応答を計測するために、ヒト被験者を対象とした実験を行った。実験方法を Fig. 2 に示す。被験者は椅子に座り、両手の人差し指の背側 (爪側) に振動子 (振動モーター, uxcell 社) を設置した。脳波信号はワイヤレス脳波計 (Altair, Artisebio 社) を用いて計測し、頭頂部 (Pz) からの脳波データをサンプリング周波数 1 kHz で取得した。また外部からの電磁的ノイズを低減させるために、計測はシールドル

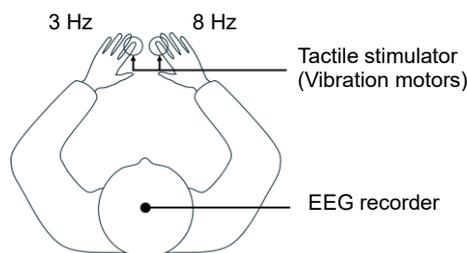


Fig. 2 Experimental setup for the SSSEP recording.

ーム内で実施した。意識的注意による影響について調べるため、被験者は、左右の指に異なる周波数で加えられる刺激の内、実験者から指定された片方の指に意識的注意を向けた。

取得した脳波データについては、意識的注意などの高次機能に関わる Gamma 波 (30-60 Hz) について解析を行った。帯域フィルタ (6th order Butterworth) と Hilbert 変換を用いて Gamma 波の包絡線信号を検出し、それに対して FFT を用いて周波数解析を行い、意識的注意の影響がある信号成分を調べた。

尚、本研究のヒトを対象とした実験は、本校の倫理審査で承認 (番号: R05-001) を受け、被験者の安全と個人情報保護に配慮して実施された。

3. 実験結果

解析の結果、Gamma 波包絡線信号の揺らぎには刺激の周波数と同じ 3 Hz 及び 8 Hz の信号が含まれていることが分かった。意識的注意の有無による影響を比較すると、3 Hz で刺激されている指に意識的注意が向けられている場合、Gamma 波包絡線の 3 Hz の信号成分が減弱される傾向があった (Fig. 3A)。また、8 Hz の場合にも同様に、意識的注意が向けられている刺激の周波数と一致する周波数の Gamma 波包絡線の信号成分が減弱される傾向があった (Fig. 3B) (Student's t-test, $p=0.013$, $n=19$)。

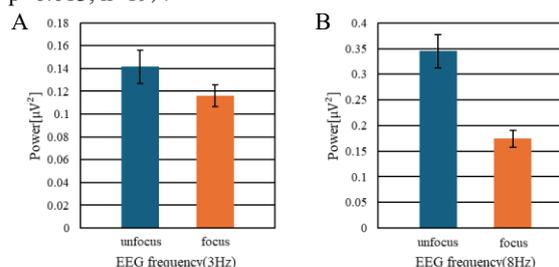


Fig. 3 Fluctuation magnitude of Gamma EEG envelope.

4. 結言

実験結果より、周期的な体性感覚刺激によって誘発される SSSEP のうち、Gamma 波包絡線信号が意識的注意によって減弱されることが分かった。従って、これを指標とすれば、意識的注意が向けられている身体部位を判別し、ロボットグローブ等を制御する BMI が実現できる可能性がある。

文献

- [1] 外之内祥大ら (2024) 応用物理学会春季学術講演会, 25p-61C-6
- [2] Norcia, A. M., & Ross, J. E. (2019). Clinical Neurophysiology, 130(11), 2108-2124.