

変調周波数追従反応を利用した左右の音の聞き分けに対する検討

A Study on Discrimination Between Left and Right Sounds Using Amplitude Modulation Following Response

○伊勢村和靖¹, 松村雅裕¹, 有馬明日香², 松本卓才², 森下克幸³, 武井裕樹³,
小林伸彰⁴, 齊藤健⁴

* Kazuyasu Isemura¹, Masahiro Matsumura¹, Asuka Arima², Takatoshi Matsumoto², Katsuyuki Morishita³, Yuki Takei³,
Nobuaki Kobayashi⁴, Ken Saito⁴

Abstract: We are studying Brain-Machine Interface (BMI) for robot control using ElectroEncephaloGram (EEG). Previously, we measured the Amplitude Modulation Following Response (AMFR) of EEG when hearing the sinusoidal amplitude modulated tone. This paper studied discrimination between the left and right sounds using AMFR. The left and right sounds are different with modulation frequency and carrier frequency. As a result, we concluded that two commands could implement using hearing of the left and right sounds.

1. はじめに

脊髄損傷は交通事故等の外傷によって、損傷位置より下部の運動神経等への麻痺をもたらす病態である。脊髄損傷患者の新規発生数は人口百万人あたり年間約40.2人と推計されている。麻痺の症状は痺れを常に感じる軽度な症状から寝たきりとなる重度な症状まで様々であるが、日常生活において著しく支障をきたす。

工学分野では、脊髄損傷を含めた運動神経に麻痺をもたらす病態に対して頭皮上に伝わる脳波(Electroencephalogram : EEG)を細かい時間間隔で計測し、コンピュータや機械への入力信号として利用する Brain Computer Interface(BCI)や Brain Machine Interface(BMI)の研究が盛んにおこなわれている。非侵襲式の BMI においては、異なる周波数で点滅する2つ光刺激をモニタへ交互に提示し、いずれかの光刺激を注視することで機器制御をおこなう視線制御のない Steady State Visual Evoked Potentials (SSVEP)-BMI^[1]やモニタに8種類の絵カードを3階層で提示し、利用者が8種類の絵カードから1つを注視する動作を3回繰り返すことで、最大512種類の短いメッセージを生成できるニューロコミュニケーター^[2]などがある。しかし、非侵襲式の BMI のほとんどが視覚を用いたものであるため、視覚に障害を持つ場合利用できる技術に限られる。

我々は、視覚以外の感覚器として聴覚を利用した BMI の開発を目的とした研究をおこなっている。先に我々は、聴覚誘発電位を用いたロボット操作システムについて検討をおこなった。結果として、聴覚誘発電位の1つである変調周波数追従反応(Amplitude Modulation Following Response : AMFR)がロボット操作システムの入力コマンドとして用いることが可能であることを明らかにした。しかし、システムへ組み込む

ためには、同時に提示された音の中から1つを聞き分ける必要があった。本論文では、脳波の AMFR を利用して、左右に異なる音を提示した際にどちらかを意識することで聞き分け、すなわち2つのコマンドの分別は可能であるか検討をおこなったので報告する。

2. 変調周波数追従反応(AMFR)

AMFR は、聴覚検査において一部臨床検査が進んでいる研究である^[3]。AMFR は Figure1. に示した正弦波の変調周波数音(Sinusoidally Amplitude modulated tone : SAM 音)を音刺激として提示した場合に、変調周波数に一致したサイン波状の波形が脳波に現れる定常反応である。

Figure2. に40 Hzの変調周波数を加えた SAM 音を音刺激として提示した際の脳波の解析結果を示す。同図では、SAM 音の MF を40Hzとして音刺激を提示した。高速フーリエ変換(FFT)により脳波を解析すると、40 Hz の位置にスペクトル強度(PSD)のピークが得られることがわかる。

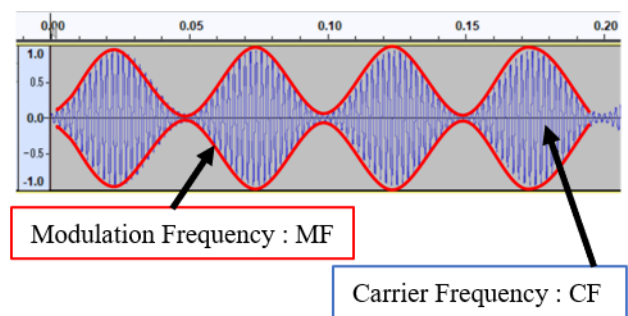


Figure 1. Sinusoidally Amplitude Modulated tone

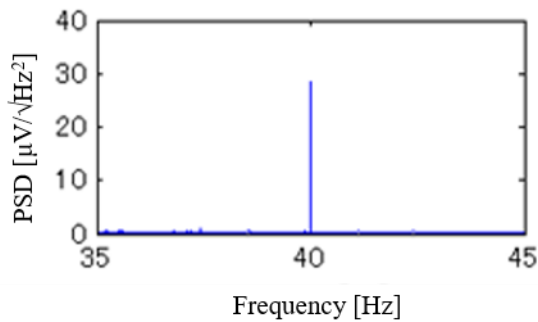


Figure 2. A result of EEG analysis using FFT when SAM tone has 40 Hz modulation frequency

3. 実験方法

本論文では、両耳に搬送周波数および変調周波数の異なる SAM 音を提示した場合の脳波を計測し、解析をおこなった。計測は、暗室、着座、開眼状態でおこなった。電極配置は国際 10-20 法に基づいて、Fpz, Cz, FC5, FC6, C5, C6, CP5, CP6 の計 8ch に測定電極、頬にアース電極及びリファレンス電極を配置した。サンプリング周波数は 256Hz である。ノイズ除去には、ノッチフィルタ及び、バンドパスフィルタを使用した。ノッチフィルタは 50 Hz とした。バンドパスフィルタは、体動によるノイズを除去するため、5 Hz、フィルタ次数 4 とした。ローパスフィルタは、主な脳波の周波数が 50Hz 以下であることから、外部のノイズを除去するために 60 Hz とした。実験時間は、1 分の安静区間、1 分の音提示区間、1 分の安静区間の計 3 分で実施した。音提示区間では、右耳に対して CF : 1047 Hz, MF : 40 Hz の SAM 音、左耳に対しては CF : 494 Hz, MF : 35 Hz の SAM 音を 1 分間提示した。被験者には、15 秒ごとに右→左→右→左と左右の音への意識の切り替えを指示した。15 秒毎のタイミングは、音の提示開始から 15 秒、30 秒、45 秒のタイミングでイヤホンから beep 音が再生されるように設定した。

解析では、得られた 8ch の脳波データを加算平均し、時間窓 15 秒で FFT をおこなった。時間窓の始点を 1 秒ずつずらして脳波データ全体の FFT によるピーク値の推移を測定し、35Hz と 40Hz のピーク値の推移を確認した。

4. 実験結果

Figure3.に音の提示区間における 35Hz と 40Hz ピーク値の推移を示す。15 秒ごとに意識する音を変えた際に脳波の 40Hz と 35Hz のピーク値の優位性が多少の

時間差はあるものの切り替わっていることから、左右の音に対する意識の切り替えが計測できた。

5. まとめ

本論文では、脳波の AMFR を利用して、左右に異なる音を提示した際にどちらかを意識することで聞き分け、すなわち 2 つのコマンドの分別は可能であるか検討をおこなった。検討の結果、多少の時間差はあるが左右の音に対する意識の切り替えが計測できることを明らかにした。

今後は実験の被験者を増やし同様の反応が見られるかの検証をおこなう予定である。また今回の被験者に対しては音を意識している際の閾値の設定方法を検討し、デバイス操作システムの構築を検討する予定である。

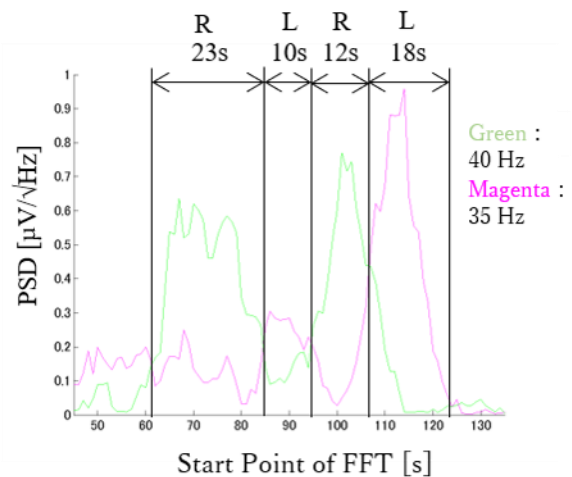


Figure 3. Transition of PSD of 35 Hz and 40 Hz in sound presentation section.

参考文献

- [1] B.Z.Allison, D.J.McFarland, G.Schalk, S.D.Zheng, M.M.Jackson and J.R.Wolpaw : “Towards an independent brain-computer interface using steady state visual evoked potentials”, Clin.Neurophysiol, vol.119, pp.399-408, 2008
- [2] 長谷川良平 : 「ニューロコミュニケーター : 脳波による意思伝達装置の開発(視聴覚技術,ヒューマンインタフェース)」, ITE Technical Report, vol.35, no.16, 2011.
- [3] Kuwada S, Batra R and Maher VL : “Scalp potentials of normal and hearing-impaired subjects in response to sinusoidally amplitude-modulated tones.” Hear Res 21, pp.179-192, 1986