

変調周波数追従反応を利用した左右の聞き分けによる ロボット制御の応用についての検討

A Study on Sounds for Distinguishing Left and Right Hearing for application of robot control Using Amplitude Modulation Following Response

○伊勢村和靖¹, 森下克幸², LYU SHUXIN², 齊藤健³

* Kazuyasu Isemura¹, Katsuyuki Morishita², Shuxin Lyu², Ken Saito³

Abstract: The authors are studying Brain-Machine Interface for robot control using Electro encephalogram. This paper studied discrimination between the left and right sounds using Amplitude Modulation Following Response. The left and right sounds are different with modulation frequency and carrier frequency. For this experiment, we investigated the signal threshold for robot operation. As a result, it was decided to proceed with future research with a PSD value of 0.6.

1. 研究背景

Brain Machine Interface (BMI)は脳情報を処理することで脳と機械を直接つなぐ技術である。BMI は機能代替、補助、補完技術、リハビリテーション技術及び精神、神経疾患の新規治療法などの開発、自立支援や精神、神経疾患などの克服を期待されている技術である。

我々は特に脊髄損傷を含めた運動神経が麻痺した患者に対して工学分野のアプローチとして、頭皮上に伝わる脳波(Electro encephalogram : EEG)を計測し、補助機械への入力信号として利用する研究を行っている。脳波の取得方法は日常生活に応用できるような非侵襲式を用いている。非侵襲式の例では異なる周波数をもつ光刺激2つをモニタへ交互に提示し、いずれか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]などがある。しかしほとんどが視覚を用いたものであるため、視覚障害を持つ人は利用できない。よって視覚の次に人間が周囲の情報を獲得できるとされている聴覚を利用できないかと考えた。

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、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)を機械操作のコマンドに用いることが可能であることを明らかにした。また、同時に左右から1つずつ提示された異なる周波数の純音から1つを聞き分けることが可能であることを示し、聴覚誘発電位を生じさせるためには左右に聞かせる音を純音のみではなく純音を組み合わせた単純な曲で提示した際に聞き分けがしやすいことがわかった。

本論文では、実験のデータから実際のロボット操作のための閾値の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際、Figure1. のよう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。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^[2]。

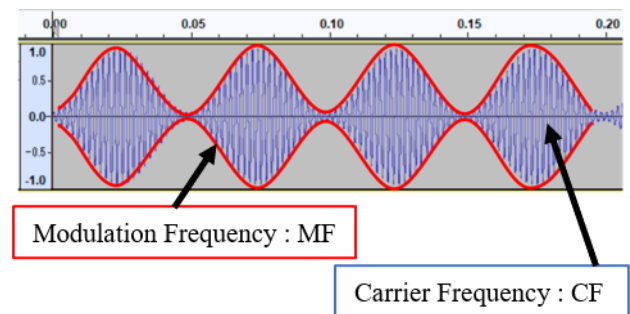


Figure 1. Sinusoidally Amplitude Modulated tone

3. 実験方法

脳波の計測は、暗室、着座、閉眼状態でおこなった。脳波計の電極配置は国際 10-20 法に基き、Fpz, Cz, FC5, FC6, C5, C6, CP5, CP6 の計 8ch とし、アース電極とリファレンス電極を干渉の受けづらいとされる左右の耳の下に配置した。計測の際には脳波計と PC など電波を発する装置とは可能な限り遠ざけた。サンプリング周波数は 256Hz である。ノイズ除去には、ノッチフィルタを 50 Hz、バンドパスフィルタを 5 Hz、フィルタ次数 4、さらにローパスフィルタを 60 Hz に設定した。実験は、安静区間 30 秒、音提示区間 1 分、安

静区間 10 秒を連続して実施した。音提示区間で聞かせる音は、純音をつなげて作成したメリーさんのひつじのメロディーの一部に MF : 40 Hz をかけたものを右耳に、純音をつなげて作成したチューリップのうたのメロディーに MF : 35 Hz をかけたものを左耳にそれぞれイヤホンで提示した。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 秒で高速フーリエ変換 (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。

さらに、音源の左右を入れ替えて同様に実験、解析を行った。

4. 実験結果

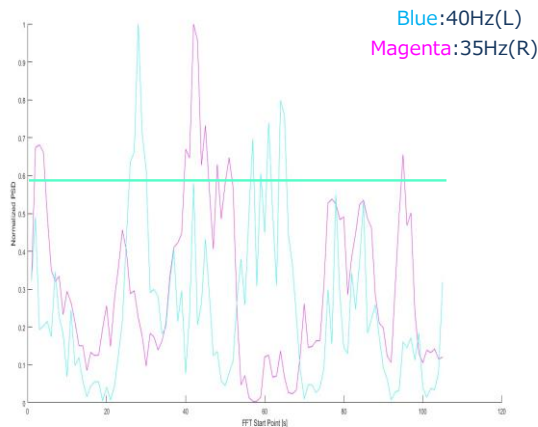


Figure.2 : Transition of PSD of 35Hz and 40 Hz in sound presentation section (Music)
L : "Mary Had A Little Lamb"
R : "Tulip"

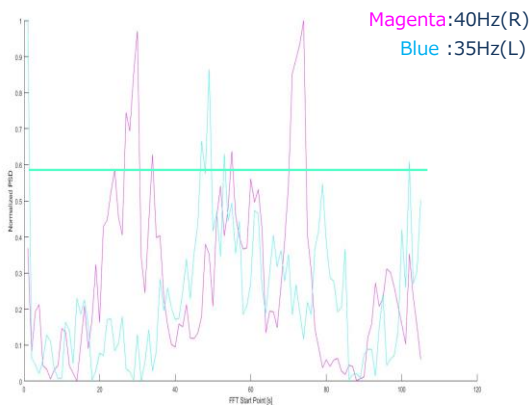


Figure.3 : Transition of PSD of 35Hz and 40 Hz in sound presentation section (Music)
L : "Tulip"
R : "Mary Had A Little Lamb"

Figure2.3.に左右の脳波のピーク値の推移を示す。

緑の横線は解析後に書き足したものである。左右の音源を入れ替えても、脳波の取得と解析には影響がでないことを確認した。また、ロボット操作のための閾値として、15 秒ごとの切り替えができていて、かつ多少の誤差による誤動作を防ぐ観点から PSD の値すなわちロボット操作に用いる閾値をおよそ 0.6 とすることにした。

5. まとめ

本論文では、脳波の AMFR を利用し、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発生する脳波の解析と、ロボット操作に用いるための閾値の検討を行った。検討の結果、PSD の値すなわちロボット操作に用いる閾値をおよそ 0.6 とすることにした。

今後は脳波をリアルタイムで測定、解析をしその結果から作動するロボットを作製、2 つのコマンド操作が可能となるよう研究を行う予定である。

6. 謝辞

本研究は、令和 2 年度日本大学学術研究助成金総合研究、および令和 4 年度日本大学特別研究の助成を受けたものです。

7. 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] 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