

## 聴覚誘発電位によるロボット制御に向けた基礎的検討 Fundamental Study for Robot Control Using Audio Evoked Potential

○松本卓才<sup>1</sup>, 高橋玄記<sup>2</sup>, 林昂志<sup>2</sup>, 武井裕樹<sup>3</sup>, 齊藤健<sup>4</sup>

\*Takatoshi Matsumoto<sup>1</sup>, Genki Takahashi<sup>2</sup>, Takashi Hayashi<sup>2</sup>, Yuki Takei<sup>3</sup>, Nobuaki Kobayashi<sup>4</sup>, Ken Saito<sup>4</sup>

**Abstract:** In this paper, the authors examine robot control using Audio Evoked Potential (AEP). We study Brain Machine Interface (BMI). We previously constructed robot control system using Steady State Visual Evoked Potential (SSVEP). But this system had problems. Therefore, we examined a new system using AEP. EEG induced by AMFR, a type of AEP, are close to EEG induced by SSVEP. For this reason, we design a system focusing on AMFR in AEP and attempt to solve their problems. As a result, this system couldn't online processing. Hereafter, we improve the system using chaos analysis to attempt online processing.

### 1. はじめに

国内の脊椎損傷患者は現在 15 万人以上に上り、毎年約 5000 人もの新規患者が発生している。脊椎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麻痺をもたらす病態である。麻痺の症状は痺れを常を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、いずれもそれまでと同質の生活を送ることを困難にする。

工学分野では、事故等で体の一部を損傷した患者の身体代替機能として、筋電を用いる技術が研究されている。この技術は精度の高さ、反応の速さから活躍が期待される。しかし、脊椎損傷を含めた運動神経に麻痺をもたらす病態では、脳からの信号が神経の麻痺により筋肉へ伝達されないため筋電の技術を利用できない。

そこで我々は、脳情報に着目した技術 Brain Machine Interface(BMI)の研究を行っている。これまでに Steady State Visual Evoked Potentials(SSVEP)を用いた視覚誘発電位による簡単な四輪走行ロボットの操作システムを構築し検討を行った<sup>[1]</sup>。構築したシステムは次の通りである。コマンドを紐づけた異なる周波数で点滅する光刺激を 5 つ用意し、被験者には光刺激を注視してもらう。そのときの脳波を解析し、注視している光刺激と同じ周波数の脳波が閾値を超えた場合に紐づけたコマンドを実行する。

このシステムを実行した結果、単体で提示した光刺激では全てで誘発電位を検出できた。しかし、4 つ以上の光刺激を同時に提示した場合に誘発されない光刺激があった。検討の結果モニタで提示できる光刺激の数は GPU の性能に左右されることが分かった。また SSVEP ではモニタを注視する必要があるが、人間は視

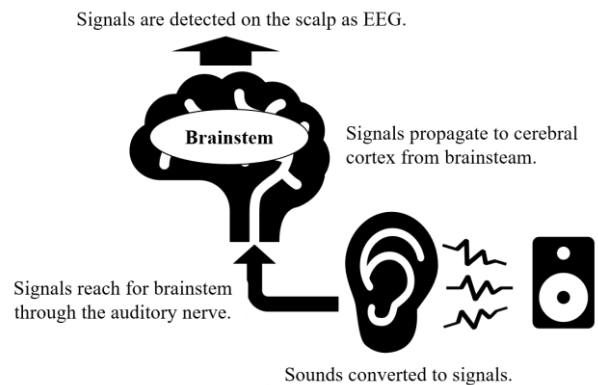
覚 87%、聴覚 7%、その他 6%の割合で情報を取得するため日常生活での利用には不向きである。

山形の大学の青柳優らの研究では正弦波的振幅変調音(SAM 音)を提示した際の脳波を解析すると変調と同じ周波数のスペクトルが高く出るというシミュレーション結果が報告されている<sup>[2]</sup>。この反応は SSVEP のシステムで用いた反応と類似したものである。

そのため本論文では、視覚情報を常に確保できる聴覚誘発電位(Audio Evoked Potentials:AEP)を利用したロボット操作のシステムの構築に向けた基礎的検討をおこなったので報告する。

### 2. 聴性反応の種類

Figure1 に聴覚刺激による脳波の伝搬経路を示す。Figure1 のように聴覚刺激は耳で信号へ変換され、聴神経を通じて脳幹へ伝達される。信号は脳幹から大脳皮質へ伝搬され頭皮で脳波として計測することができる。



**Figure1.** Electroencephalogram (EEG) pathway by sounds

また、医療現場等では聴覚刺激による脳波の反応を聴性反応という。聴性反応の測定は大きく二つの方法に分かれる。一つ目は、ある音刺激に対して検査項目に応じた潜時での脳波の反応をみる方法であり、脳幹聴性反応(Audio Brainstem Response:ABR), P300 がこれに分類される。二つ目は、脳波に提示した聴覚刺激と同じ周波数の電位を誘発させる方法である。変調周波数追従反応(Amplitude-Modulation Following Response :AMFR)がこれに分類される。AMFR は SSVEP と類似の反応がみられるため、既存の SSVEP のシステムからの構築が容易と判断し、システムに用いることとした。

### 3. AMFR

Figure2 に SAM 音の波形を示し, Figure3. に Figure2. の SAM 音を提示した場合の脳波のスペクトルを示す。SAM 音は搬送周波数(CF)に振幅変調(FM)を与えた音である。AMFR は SAM 音を聴覚刺激として与えられた場合、振幅変調と同じ周波数が頭頂部に現れる反応である。Figure3. より CF が 1000Hz の音に 80Hz の FM

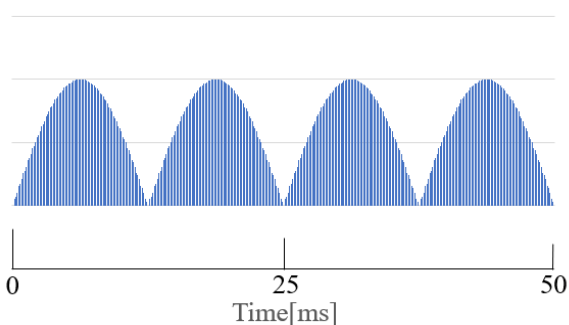


Figure2. SAM Sound (CF:1000Hz,FM:80Hz)

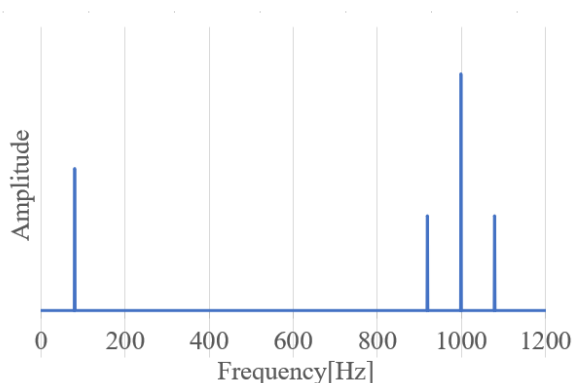


Figure3. Simulation Study of Power Spectrum by SAM Sound

を与えた場合の脳波のスペクトルは 80Hz, 1000Hz, 1000±80Hz において高い値を示す。

医療現場における AMFR の検査では国際 10-20 法に従い、Cz に測定電極, Fz にアース電極, 耳朶にリファレンス電極として脳波計の電極配置を行う。被験者には睡眠薬で事前に眠ってもらい睡眠状態での脳波を計測する。一度の AMFR の検査に約 1~2 時間を必要としており、その計測時間の長さが課題となっている。

計測時間の長さは AMFR が加算平均を必要とすることに起因する。脳幹から伝搬した脳波はアーチファクトが多く検出されるため、加算平均によりアーチファクトをできる限り除去する必要がある。また、一回の聴覚刺激に対して現れる聴性反応の潜時が約 500msec, さらに再生する音源の長さ加わるため、データの蓄積に必要とする時間は約 30 分となる。検査ではこの一連の流れを複数回行う必要があるため前述の時間を必要とする。

### 4. 検討するシステム

我々のシステムでは Figure3. の一番左(80Hz)にあるスペクトルを利用する。使用する脳波計は 80Hz の計測ができないため FM を 40Hz とする。CF が 1000Hz, 1200Hz, 1500Hz の SAM 音を用意し、音に異なるコマンドを紐づけする。刺激を与えている間に閾値を超える 40Hz のスペクトルが計測された場合に紐づけされたコマンドを実行する。

また、このシステムは日常生活での利用を目的としているため被験者は覚醒状態のまま測定をおこなう。

### 5. まとめ

我々は AMFR を用いたシステムの設計を行った。その結果このシステムでは加算平均処理を必要とするため、オンライン処理はできない。今後はオンラインシステムの開発に向けてカオス解析等を用いた脳波の信号処理をおこなう。

### 6. 参考文献

- [1] 金田陸, 高橋玄記, 小林伸彰, 齊藤健:「光刺激を用いた脳波信号によるロボット制御の基礎的検討」, 電子情報通信学会, 2019
- [2] 青柳優, 伊藤史, 鈴木豊, 渡辺知緒:「変調周波数追従反応の成立機序に関する検討」, Audiology Japan, Vol.47, pp.214-221, 2004.