

## E-10

## フォルマント周波数を利用した変調音による変調周波数追従反応の解析

## Analysis of Amplitude-Modulation-Following-Response by Modulation Tone Including Formant Frequency

○松本卓才<sup>1</sup>, 渡部裕嗣<sup>2</sup>, 高橋玄記<sup>1</sup>, 林昂志<sup>1</sup>, 森下克幸<sup>1</sup>, 武井裕樹<sup>3</sup>, 小林伸彰<sup>4</sup>, 齊藤健<sup>4</sup>  
 \*Takatoshi Matsumoto<sup>1</sup>, Hiroshi Watanabe<sup>2</sup>, Genki Takahashi<sup>1</sup>, Takashi Hayashi<sup>1</sup>, Katsuyuki Morishita<sup>1</sup>, Yuki Takei<sup>3</sup>,  
 Nobuyuki Kobayashi<sup>4</sup>, Ken Saito<sup>4</sup>

Abstract: The authors are attempting to use the Amplitude-Modulation-Following-Response (AMFR) for the Brain-Machine Interface (BMI). Previously, we have confirmed AMFR by sinusoidally amplitude-modulated tone can be used for robot control. In this paper, we created Sinusoidal Amplitude Modulation (SAM) tones, including formant frequencies, to investigate the characteristic tone's selectivity. We measured participants' EEGs when presented with the including formant frequencies mixed tones and presented with SAM tones. As a result of the analysis, we showed that we might infer from the participants' EEG which characteristic sounds the participants' focused their attention on. In the future, we perform similar experiments on multiple participants to examine their EEG responses.

## 1. はじめに

脊髄損傷患者の年間新規発生数は、人口百万人あたり約40人と推計されている。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麻痺をもたらす病態である。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、いずれも罹患までと同様な質の生活を送ることを困難にする。

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、脳情報に着目した技術 Brain Machine Interface (BMI)の研究が盛んにおこなわれている。しかしながら、非侵襲式のBMIにおいて、B.Z.Allisonらが考案した視線制御のない Steady State Visual Evoked Potentials (SSVEP)-BMI<sup>[1]</sup>や J.H.Limらが考案した閉眼状態で利用可能な SSVEP-BMI<sup>[2]</sup>など、そのほとんどが視覚誘発電位を用いたものである。しかし、視覚に障害を持つ患者の場合、視覚誘発電位の技術を用いることはできない。

我々は、人の感覚器において視覚の次に情報取得量の多い聴覚を利用した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。検討の結果、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)はロボット操作システムの入力コマンドとして利用できる可能性を示した。しかし、提示された複数の変調音の中から特定の音を選択することは困難であった。本論文では、特徴がある音を提示することで被験者が音を選択することは可能となるか検討するために、母

音の特徴周波数であるフォルマント周波数を含む変調音によるAMFRの解析をおこなったので報告する。

## 2. 変調周波数追従反応(AMFR)

Figure1に示した正弦波の変調周波数音(Sinusoidally Amplitude modulated tone: SAM音)の波形形状を示し、Figure2に40Hzの振幅変調を加えたSAM音を音刺激として提示した際の、EEGデータの解析結果の一例を

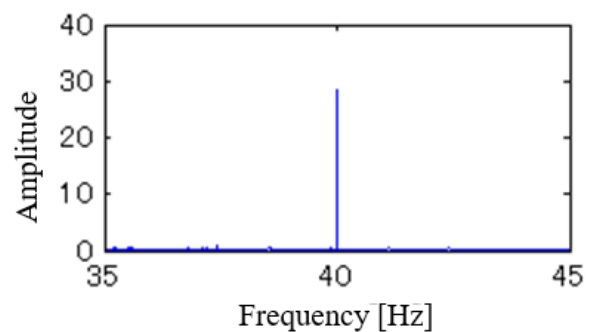


Figure 2. A result of EEG analysis by FFT when SAM-tone includes 40 Hz signal wave

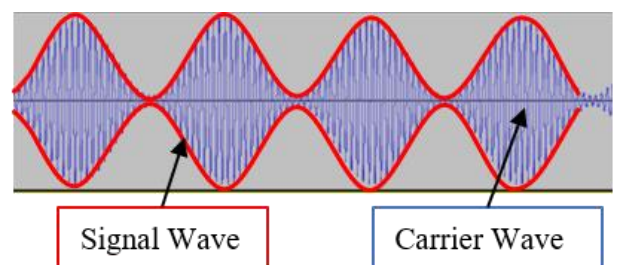


Figure 1. Sinusoidally Amplitude Modulated tone

示す。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。Figure1に示したSAM音を音刺激として提示した場合に、信号波(Signal Wave)の周波数(Modulation Frequency MF)と一致したサイン波状の波形がEEGデータに現れる定常反応である。信号波に40 Hzの周波数を含む正弦波の変調周波数音を提示した場合、EEGデータを高速フーリエ変換により解析すると、Figure2のように40 Hzの位置にスペクトル強度のピークが現れる。

### 3. フォルマント周波数

フォルマント周波数は母音に含まれる特徴周波数である。たとえば、人が発声した「あ」の音を録音し、その録音した音声データからフォルマント周波数を取り除くと、人は「あ」という音として認識できなくなる。逆にシンセサイザーなどで作成した音に対して「あ」の音のフォルマント周波数を加えると人は「あ」として認識できるようになる。

これまでのSAM音では、搬送波に用いる音が純音であったため音の聞き分けが困難であった。なぜなら、被験者は音の認識を音感でおこなう必要があるためである。今回の実験では、母音のもつ特徴による音の聞き分けをおこなった。

### 4. 実験方法

Figure3に本実験に用いた音声データの一例を示す。Figure1に示したSAM音とフォルマント周波数を含む音の合成音を提示した場合のEEGを計測し、解析をおこなった。電極は国際10-20法に従い、Czに測定電極、頬にアース電極、リファレンス電極を配置した。実験では、まず、「あ」(女性の音声)に対して搬送周波数1000 Hz、信号波の周波数40 HzのSAM音を合成し、「い」(男性の音声)に対して搬送波の周波数500 [Hz]、信号波の周波数25 HzのSAM音を合成し合成音を作成

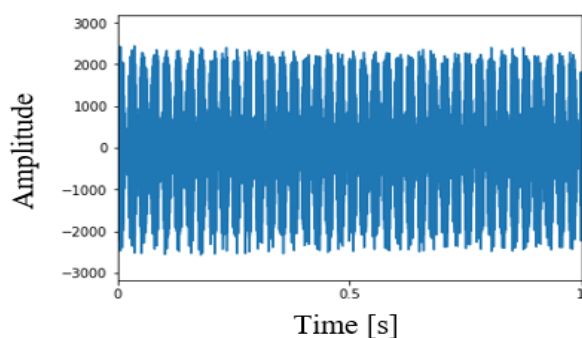


Figure 3. Example of SAM tone including formant frequency

した。各合成音を単体で提示した場合のEEGデータを解析し、解析結果を合成前のSAM音を単体で提示した場合のEEGデータの解析結果と比較した。次に左耳に「あ」の音の合成音、右耳に「い」の音の合成音を提示し、音の選択性についての検討をおこなった。選択する音は事前に被験者へ提示した。

### 5. 実験結果

Figure4に左右に異なる音を提示し、いずれかの音に意識を向けさせた場合のEEGデータの解析結果を示す。「あ」の合成音、「い」の合成音を単体で提示した場合、合成前のSAM音を単体を提示した場合のAMFRに比べ小さくなることが確認できた。また、Figure4に示すように「あ」に意識を向けさせた場合、40 Hzでのピークは確認されなかったが25 Hzでのピークも確認されなかった。一方で、「い」へ意識を向けさせた場合には、25 Hzにピークが確認できた。この結果から、特徴のある音を用いることで被験者は音を選択できる可能性が示唆された。今後は被験者数を増やし、引き続き検討をおこなう。

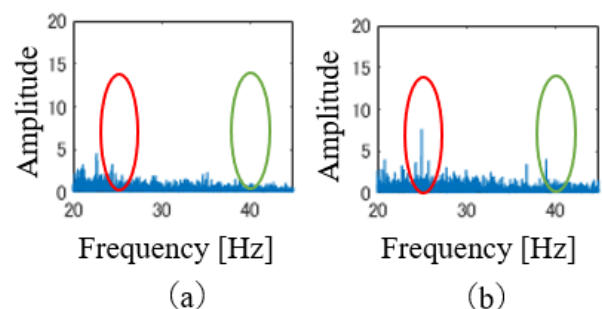


Figure 4. A result of selecting one tone from two tones (a) 'a' (b) 'i'

### 6. 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] J.H.Lim, H.J.Hwang, C.H.Han, K.Y.Jung and C.Him : "Classification of binary intentions for individuals with impaired oculomotor function: 'eyes-closed' SSVEP-based brain-computer interface", J. Neural Eng, vol.10, no.3, 2013.
- [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.