

脳波を利用した短時間聴力検査の開発

岡田大吾、高橋宏知

Objective Hearing Test, Electroencephalography, Auditory Steady-State Response, Neural Oscillation

1. 序論

聴性定常反応 (Auditory Steady-State Response; ASSR) [1]を用いた他覚的聴力検査は、周波数ごとの聴力レベルを推定する。ASSR の聴覚的刺激には、正弦波的振幅変調 (Sinusoidally-Amplitude Modulated; SAM)音を用いる。一方、ASSR 計測には長時間要し、短時間で計測できる手法の開発が求められている。

本研究の目的は、音提示に対する脳波応答を短時間で検出する手法を開発することである。そのために、(i) ASSR を逐次的に検出する手法を開発し、(ii) SAM 音に対する脳波応答の検出精度を最大化する SAM 音の提示方法を探索し、(iii) ASSR の時間変化を考慮して検出精度を向上させることを試みた。

2. ASSR の逐次的な検出手法の開発

脳波中の ASSR に関連した特徴量を検出する際、短い計測時間では特徴量の評価指標が安定しない。そこで、ベイズ推定を用いて計測時間が延びるごとに評価指標の確率的な分布を更新し、評価指標の信頼度を踏まえた逐次的な検出を可能にした。

3. 非定常刺激による他覚的聴力検査

3.1 方法

2名の被験者(P1とP2)に対してSAM音を提示し、その時の脳波を計測した。通常はSAM音を定期的に提示するが、非定常に提示すると脳波応答の検出精度が向上するのかわかるため、「刺激単位」「刺激密度」「刺激間隔」の3つのパラメータを検討した。脳波応答の検出には、Temporal Response Function (TRF)[2]を用いた。TRFによって脳波応答を推定し、計測された脳波との相関をもとに音提示に対する脳波応答が判別した(Fig.1(a))。また、第2章を踏まえてTRFを用いて逐次的に脳波応答を検出する提案手法を実装し、検出に要する時間を従来手法のCSM法と比較した。

3.2 結果

SAM音に対する脳波応答の検出精度は、刺激単位では変わらず、高い刺激密度、及び小さい刺激間隔で高く、定期的に提示すると高かった。また、定期的なSAM音への脳波応答の検出に、提案手法で 9.9 ± 8.8 秒(平均±標準偏差)、従来手法で 18.0 ± 11.6 秒要し、提案手法は従来手法より短時間で検出できた(Fig.1(b))。

4. ASSR 変化を用いた検出精度の向上

4.1 方法

まず、定期的なSAM音に対する脳波応答であるASSRの検出しやすさの時間変化を調べた。検出しやすさは、TRFによって推定された脳波応答と計測された脳波の相関で定量化した。また、検出しやすさの時

間変化と脳波の各周波数成分の時間変化を比較し、検出しやすさと伴って変化する特徴量を探索した。加えて、見つかった特徴量の変化によって、ASSRの検出精度がどの程度変化するかわかる調べた。

4.2 結果

ASSRの検出しやすさは20秒~60秒の周期で揺らいでいた(Fig.1(a))。ASSRが検出しやすい区間では、脳波の θ 波(4-8Hz)と α 波の低周波成分(8-10Hz)が弱くなる傾向にあり(Fig.2(b))、 α 波の低周波成分の強い区間に対して弱い区間ではASSRの検出率(図中TPR)が17.5%向上した(Fig.2(c))。($p = 0063 < 0.05$, 符号検定)

5. 結論

以上の結果から、(i)(ii)TRFを用いた逐次的な検出手法により短時間でASSRを検出できること、(iii)ASSRの時間変化を考慮した検出が有効であることが示唆された。

参考文献

- [1] Picton TW, et al. "Human auditory steady-state responses: Respuestas auditivas de estado estable en humanos", International Journal of Audiology, Vol.42, (2003), pp.177-219.
- [2] Litvak V, et al. "The Multivariate Temporal Response Function (mTRF) Toolbox: A MATLAB Toolbox for Relating Neural Signals to Continuous Stimuli", Frontiers in Human Neuroscience, Vol. 10 (2016)

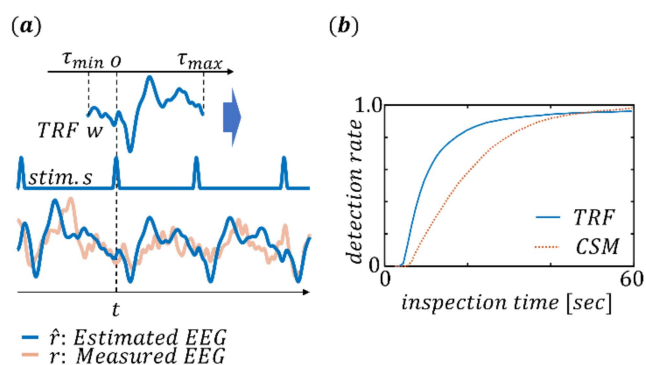


Fig. 1. Objective Hearing Test with unsteady SAM

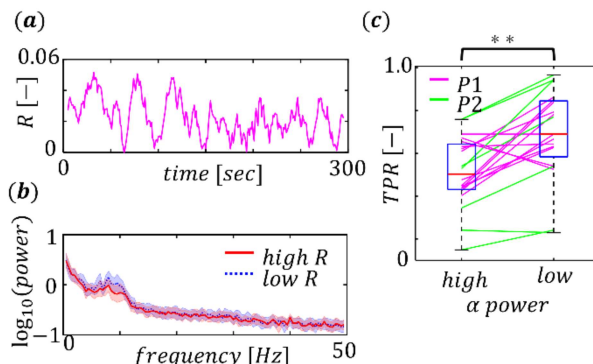


Fig. 2. Fluctuation of ASSR and ongoing EEG oscillation