

# 日常生活に適した補聴器自動調整システムの開発

金井智美, 高橋宏知

## Objective Hearing Test, ASSR, EEG, Ear-EEG, Synthesized Speech

### 1. 序論

補聴器装用による聴力改善で十分な効果を得るためには、日々変動する聴力に合わせて定期的に補聴器を調整する必要がある。しかし、補聴器調整のために専用設備を備えた施設に通うことは、装用者にとって負担が大きい。

そこで、脳波に基づいた他覚的聴力検査を用いて、自宅でも補聴器を自動調整することができるシステムの開発が必要だと考えた。従来の他覚的聴力検査では、頭皮に電極を装着し、インサートイヤホンを通して正弦波の振幅変調 (SAM) 音を提示する。しかし、日常的な実施にあたっては、生活環境における脳波計測の実現と提示音の煩わしさが課題である。本研究では、日常生活に適した他覚的聴力検査システムの構築を目指し、①補聴器を装用しながら脳波を計測するシステムの開発と②合成音声を用いた聴力測定方式の開発に取り組んだ。

### 2. 補聴器を装用しながら脳波を計測

#### 2.1 手法

耳の中に電極を設置した外耳道脳波計 (Ear-EEG) [1] と補聴器を統合することで、補聴器を装用しながら脳波を計測するシステムを構築した (Fig. 1)。安定した脳波計測を実現させるために、個人の耳型に合わせたシェルを作成し、導電性エポキシを表面に塗装することで電極面とした。補聴器から SAM 音を提示し、Ear-EEG で脳波を計測して、ASSR 応答の確認を行う。被験者一名について、頭皮電極と Ear-EEG の両方を装着した状態で、補聴器とインサートイヤホンの2種類の音提示機器で計測を行った。各条件について3回ずつ計測した。CSM 値が 0dBSL における平均値+3 標準偏差を超えていた場合、ASSR が検出されたと判定した。



Fig. 1. Integration of Ear-EEG and hearing aids

#### 2.2 結果

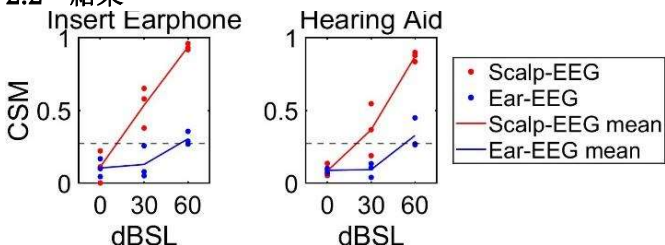


Fig. 2 ASSR with different stimuli and electrodes

- ・ 製作したシステムでは、60 dBSL の条件で、CSM の平均値が ASSR 有り と判定されるしきい値を超えた。
- ・ 音刺激提示装置については、インサートイヤホンと補聴器で有意差は認められなかった (片側 t 検定,  $p < 0.05$ )。
- ・ 計測電極については、30, 60 dBSL で、頭皮電極の方が Ear-EEG よりも有意に高い CSM 値を示した (片側 t 検定,  $p < 0.05$ )。

### 2.3 考察

これらの結果から、補聴器を装用しながら脳波を計測するシステムで ASSR を計測できることが示された。音提示機器で、ASSR 検出感度が低下していることが課題である。導電性の高い材料の使用や、両耳装用による電極間距離の確保によって、ASSR 検出感度向上が期待される。

### 3. 合成音声を用いた聴力測定

#### 3.1 手法

脳波に基づいた他覚的聴力検査の刺激音として、合成音声の使用を検討する。聴力検査の対象となる4周波数の個人の聴覚閾値に合わせて、各周波数帯の音圧分布を揃えた提示音を作成した。計測後の脳波について、4周波数の変調周波数である 37, 39, 41, 43 Hz における ASSR 応答を確認した。

#### 3.2 結果

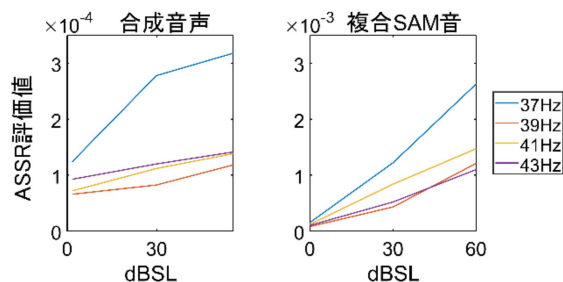


Fig. 3 ASSR with different carrier stimuli

- ・ 合成音声において、全周波数帯で音圧が上がるとして ASSR 応答が高くなることが確認された。
- ・ 4周波数のうち、30dBSL では2周波数で、60dBSL では3周波数で、複合 SAM 音が合成音声よりも有意に高い ASSR 応答を示した (片側 p 検定,  $p < 0.05$ )。

#### 3.3 考察

これらの結果から、合成音声に対して ASSR 応答が発生することを確認できた。ただし、複合 SAM 音と比較して、ASSR 検出感度の低下が課題となった。合成音声は周波数分布が時間変化する。音には、周波数によって蝸牛に伝達される時間が異なるという特性があり、この特性によって位相が揃わなかった可能性がある。周波数ごとに位相をズラした刺激音を作成することで、ASSR 応答の位相が揃い、検出感度の改善が期待される。

### 4. 結論

本研究では、日常的な補聴器調整システムの実現のため、補聴器装用時の Ear-EEG 計測システムと合成音声刺激での ASSR 測定を試みた。その結果両手法で一定の ASSR 応答が確認された。実用化には、ASSR 検出感度の向上が課題である。

### 参考文献

[1] Kaare B Mikkelsen, Simon L Kappel, Danilo P Mandic, and Preben Kidmose. Eeg recorded from the ear: characterizing the ear-eeeg method. *Frontiers in neuroscience*, Vol. 9, p. 438, 2015.