

# 経皮的耳介迷走神経刺激が聴性定常反応へ及ぼす影響

西島皓平、高橋宏知

## taVNS, EEG, ASSR, alpha power, objective hearing test

### 1. 序論

聴性定常反応(ASSR)は、被験者に聞こえる音圧の振幅変調音によって発生する脳波であり、他覚的聴力検査に用いられる。しかし、ASSRのS/N比が低いため、検査に長時間を必要とするのが問題である。この原因として、検査中に被験者の覚醒度が低下することが考えられる。一方で、経皮的耳介迷走神経刺激(taVNS)は、脳波の $\alpha$ 帯域パワー減少と瞳孔径の拡大を伴い、短期的に被験者の覚醒度を上げる作用が報告されている[1]。そこで、taVNSのASSR測定への応用を考えた。

本研究の目的は、「taVNSがASSRのS/N比を向上させる」という仮説の検証である。具体的には、

- (i) 既存データを対象に、ASSRの強さと脳波の $\alpha$ 帯域パワーの関係を調べ、覚醒度の寄与を確認する。
- (ii) taVNSを印加してASSRを計測する実験を行い、taVNSによる瞳孔径と脳波の変化を調べる。

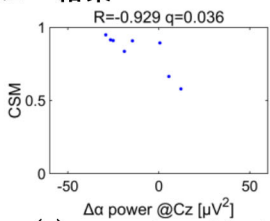
### 2. ASSRと $\alpha$ 帯域パワーの関係

ASSRの強さと覚醒度の関係を調べるため、既存データを解析した。このデータは、被験者16名に対し、各5分間の無音条件と30, 60 dB SLの振幅変調音提示条件で脳波計測を8回繰り返したものである。ここで、提示音の変調周波数は40 Hzである。

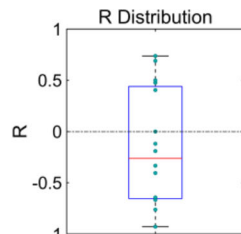
#### 2.1 手法

30, 60 dB SLの振幅変調音提示下におけるASSRの強さと $\alpha$ 帯域パワーのSpearmanの順位相関係数Rを被験者ごとに評価した。ASSRの強さの指標には、40 HzにおけるComponent Synchrony Measure (CSM)を用いた。CSMは、0から1の範囲で位相のばらつきを定量化した指標であり、ASSRが強いほど1に近づく。一方、 $\alpha$ 帯域パワーについては、時間経過に伴うベースラインの変動を考慮するため、直近の無音区間の平均値との差( $\Delta\alpha$  power)を算出した。CSMおよび $\Delta\alpha$  powerの算出には、正中中心部の脳波を用いた。

#### 2.2 結果



(a) example subject



(b) across subjects

Fig.1 Correlation between CSM and  $\alpha$  power (60 dB SL)

・60 dB SLでは、16名中1名で、CSMと $\Delta\alpha$  powerに有意な負の相関が確認された(Fig.1(a)、無相関の検定、FDRによる多重比較補正、 $q < 0.1$ )。また、同じく60 dB SLにおける全被験者の相関係数の分布は負に偏っていた(Fig.1(b)、中央値-0.26)。

#### 2.3 考察

ASSRの強さと $\alpha$ 帯域パワーの間に負の相関が示唆される結果が得られた。 $\alpha$ 帯域パワーは覚醒度と反相関することが知られており[2]、覚醒度が高いほどASSRが強くなると考えられる。よって、taVNSによる覚醒度上昇がASSRのS/N比向上を促すと期待される。

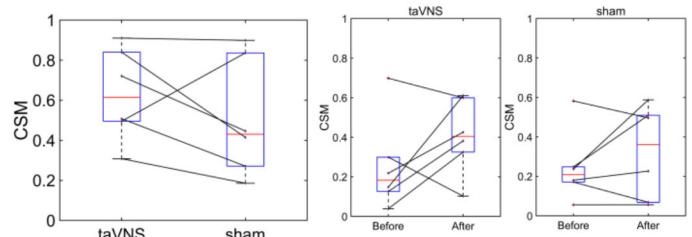
### 3. taVNSがASSRに及ぼす影響

#### 3.1 手法

被験者6名を対象に、taVNSを印加しながら振幅変調音を提示し、7分間のASSRを計測する実験を実施した。taVNS印加の統制条件として、シャム刺激を用いた計測も行った。taVNSとシャム刺激は、3秒間の刺激と25秒間の無刺激を1試行とし、15回繰り返した。振幅変調音は音圧を40 dB SL、変調周波数を40 Hzとした。

taVNSがASSRに及ぼす影響を調べるため、瞳孔径と脳波の変化を調べた。taVNSの影響は、刺激条件全体と刺激パルス直後の2つの時間スケールで評価した。ASSRの強さは、正中中心部の脳波から算出した40 HzのCSMで定量化した。

#### 3.2 結果



(a) entire condition

(b) 12 s before/after pulse

Fig.2 Compare CSM in different timescales

・刺激条件全体のCSMは、6名中5名で、taVNS条件の方がシャム刺激条件より高かった(Fig.2(a)、中央値で0.18)。

・前後12秒間ずつの脳波から算出する刺激パルスによるCSMの上昇値は、taVNS条件の方がシャム刺激条件より高かった(Fig.2(b)、中央値で0.07)。

・taVNSの刺激パルス前後3秒間を比較すると、平均瞳孔径は有意に拡大し、正中頭頂部における $\alpha$ 帯域パワーが有意に減少していた(Wilcoxonの符号付き順位検定、FDRによる多重比較補正、 $q < 0.1$ )。

#### 3.3 考察

taVNSは、刺激パルス印加から十数秒程度と数分間の二つの時間スケールでASSRのS/N比を向上させることが示唆された。また、刺激パルス直後に瞳孔径拡大と $\alpha$ 帯域パワー減少を認めたため、覚醒度の上昇が寄与していると考えられる。

### 4. 結論

本研究は、「taVNSがASSRのS/N比を向上させる」という仮説の検証を目的とした。(i)では、60 dB SLでCSMと $\alpha$ 帯域パワーの相関係数の分布は中央値-0.26と負に偏っていた。(ii)では、taVNSは7分間のCSMを増大させた(中央値で0.18)。また、taVNSパルスは直後12秒間のCSMを増大させた(中央値で0.07)。これらの結果は、被験者の覚醒度がASSRの強さに寄与し、taVNSが十数秒程度と数分間の二つの時間スケールでASSRのS/N比を向上させることを示す。以上より、taVNSが他覚的聴力検査の検査時間短縮に有用である可能性が示唆された。

#### 参考文献

- [1] Sharon, Omer, Firas Fahoum, and Yuval Nir., "Transcutaneous vagus nerve stimulation in humans induces pupil dilation and attenuates alpha oscillations" *Journal of Neuroscience* 41.2 (2021), pp.320-330.
- [2] 萩原 啓, ほか3名, "脳波を用いた覚醒度定量化の試みとその応用", BME, 第11巻, 第1号, (1997), pp. 86-92.