

耳鳴馴化支援アプリケーションの開発

矢田 浩章、高橋宏知准教授

Tinnitus, Tinnitus Retraining Therapy, Impression Formation, Auditory Steady State Response,

1. 本研究の背景

1.1 自覚的耳鳴と主観的苦痛度

耳鳴とは、多くの成人が経験する外界刺激の存在しない音の知覚である。耳鳴の最も一般的な原因は、難聴である^[1]。聴力の衰えや変化が起こると人間の脳はその変化に適応しようとする。その適応は、聴覚路での不適当な神経活動の増加となる場合があり、その結果存在しない音の知覚につながる。原因が聴力の変化という点で耳鳴は重大な病気や危険を伴うことは少ない。ところが、日常的に無意味な音を聴き続けることによる精神的な苦痛に悩む患者は多い。

1.2 耳鳴の治療

このような苦痛に有効な治療は 2 つある。1 つは衰えた聴力の回復を試みるものであり、もう 1 つは、耳鳴への馴れを促すものである。

まずは前者の聴力回復について、人工内耳や補聴器の装用によって聞こえを正常に近づけることで耳鳴の知覚が収まるのである。補聴器の利用にあたっては患者の聴力と理想聴力を把握して音の増幅率を頻繁に調整することが重要である。すなわち頻繁な聴力検査が必要となる。

次に後者の治療法である耳鳴への馴れについて、これは文字通り耳鳴の知覚に慣れることを意味する。そうすることで耳鳴の音に過度な注意が向かず苦痛度が下がるのである。この状態を目的として医療の現場では教育的カウンセリングが行われている。カウンセリングでは耳鳴の正体や原因の説明を通して患者の耳鳴への理解を促し不安や恐れといった負の感情を取り払うことで耳鳴と向き合う姿勢を与える。

本研究ではこれらの耳鳴の治療について取り上げ、治療を身近なものにして、発展させることを試みた。具体的には、聴力検査の解析手法改良とカウンセリング補助ツールの開発に取り組んだ。それぞれについて順に述べる。

2. 他覚的聴力検査の解析手法の提案

2.1 目的：聴力検査の時間短縮

先では補聴器を用いた耳鳴治療における高頻度の聴力検査の重要性を述べたが、現状は専門技師がいないと聴力検査は行えない。そこで被験者の意識的な応答を必要とせず自動化が可能な脳波を用いた他覚的な聴力検査に着目した。中でも聴性定常反応 (Auditory Steady State Response; ASSR) による聴力検査を取り上げ、解析手法の提案により計測時間の短縮を目指した。

2.2 ASSR の特徴と従来の解析手法

ASSR とは周期的な音刺激の提示によってみられる周期的な聴性誘発反応であり従来はその提示刺激の周波数特異性から刺激周波数の位相の安定性を見る位相

スペクトル解析や、刺激周波数帯域の FFT のパワーを指標とするパワースペクトル解析によって検出がなされてきた。(これらの従来手法で算出される指標を以下ではそれぞれ CSM と 40Hz パワーと呼ぶ。)この脳波波形はノイズに対して微弱な信号であるため多くの計測時間を要し聴力検査としての利用が進んでいない。

2.3 提案する解析指標

そこで新たな識別指標を導入することで解析精度を向上させて、時間短縮を目指した。具体的には従来の指標が考慮していなかった刺激周波数の振幅の安定性と刺激周波数以外での脳波全体の乱雑さをそれぞれ脳波包絡線の分散と近似エントロピーとして算出し指標とすることを提案した。さらに提案手法と従来手法を組み合わせた特徴量を用いることでさらなる精度の向上を試みた。

2.4 実験

効果検証として実際に音の刺激の有無の 2 条件下で計測した脳波について、提案する指標による識別を行った。音の条件は 4 周波数 (500, 1000, 2000, 4000Hz) と 3 音圧 (40, 60, 80dB) の計 12 条件あった。各音条件は 30 秒計測した。実験参加者は 21 名であった。

2.5 結果

ここでは従来手法の指標 2 つと提案指標 2 つのそれぞれについて閾値による 1000Hz80dB の音と無音の識別した (表 1)。このように 1000Hz, 80dB と無音の条件の識別では提案する 2 つの指標には従来の指標 2 つと同等程度の識別力があつた。次に各指標を組み合わせて Random Forest で識別した (表 2)。それぞれの識別精度の算出には、Leave One Subject Out 交差検証を用いた。

Table 1. The classification accuracy of each feature.

	Accuracy[%]	f1-measure
CSM	61.9	0.630
40Hz のパワー	73.8	0.711
包絡線の分散	64.3	0.691
近似エントロピー	73.8	0.756

Table 2. The classification accuracy of some feature combination.

CSM	○			○	○	○	○	
40Hz のパワー		○			○	○	○	○
包絡線の分散			○			○		○
近似エントロピー				○			○	○
正規化なしの Acc[%]	54.8	66.7	38.1	64.3	66.7	71.4	69.0	71.4
正規化ありの Acc[%]	54.8	66.7	38.1	64.3	57.1	73.8	69.0	73.8

このように表 2 に見る各指標を組み合わせた際の精度は表 1 における精度を上回らなかった．これは Random Forest で学習するにはデータが少なかったことが考えられる．

3. 耳鳴馴化支援ツールの開発

3.1 目的：カウンセリング補助

本章では先で述べた耳鳴治療のもう一方である耳鳴への馴れを促すカウンセリングの支援を目的とした．口頭でのカウンセリングだけで耳鳴との向き合い方を教示するには限界がある．そこで耳鳴を可視化および擬人化した耳鳴アバタを用いて耳鳴との向き合い方を直感的に教示するカウンセリングツールを開発した．

3.2 提案ツールの内容

本ツールは本人の耳鳴に近い音の提示下で行う携帯端末の画面タップゲームであり，画面に表示される耳鳴アバタにタップして触れ合うことでツールが提示する音が小さくなる．ゲーム中体験者は音の減弱のために耳鳴アバタにより多くタップすることを目指す．

この耳鳴アバタに触れるという行為には耳鳴とスキップをとって仲良くするという意味づけがなされており，触れるとアバタは真顔から笑顔(図 1)になり親密度を表すハートのエフェクトが画面に映し出される．

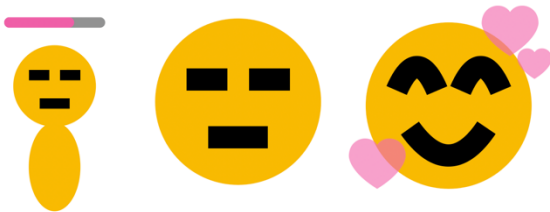


Fig.1 Facial expressions of the tinnitus avatar.

このような視覚的な友好体験を通して耳鳴に対する前向きな印象を教示する．このツールの印象教示効果および耳鳴苦痛度の軽減効果があるかを検証する実験を実施した．

3.3 実験概要

実験では，参加者は 1 回 3 分程度の本ツールを 1 週間程度繰り返し体験した．その前後で耳鳴の印象や耳鳴苦痛度の質問紙に回答した．この質問紙の回答を元に各種仮説効果があるかを評価した．実験には 6 名の耳鳴患者が参加した．

3.4 実験結果

耳鳴への印象および向き合い方に関する実験前後のアンケートの結果を下図 2 に示す．

図 2 に示す項目全て 7 段階リッカート尺度であり 4 項

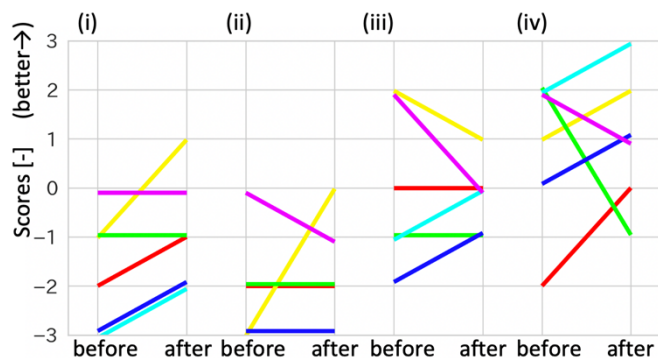


Fig.2 The changes of impression toward the tinnitus. 目は以下のとおりである．

- 項目(i) 耳鳴の印象(下：敵対的-----上：友好的)，
- 項目(ii) 耳鳴を知覚した際の気持ち
(下：消し去りたい-----上：気にしない)
- 項目(iii) 耳鳴を知覚した際の気持ち 2
(下：こらしめたい-----上：放っておく)
- 項目(iv) 耳鳴を知覚した際今後はどうしたいか
(下：こらしめたい-----上：放っておく)

実験参加者は 3 名であったため統計的な議論には至らなかった．項目(i)については 3 人中 2 人で増加傾向が見られた．つまり提案するツールには一定の印象形成効果があることが示唆された．

次にゲーム体験の度に，プレイ前後でとっている耳鳴苦痛度の質問紙への回答結果を示す(図 3)．

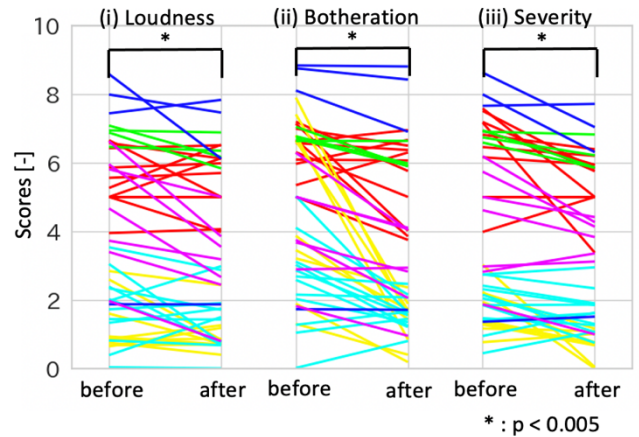


Fig.3 The change of degree of pain during each play. この質問紙では，(i)耳鳴の強さ/大きさ，(ii)耳鳴のわずらわしさ，(iii)耳鳴のひどさの 3 項目について実験参加者の主観評価を尋ねた．数値が大きいほど苦痛度を呈していることになる．3 項目全てにおいて，プレイの前後で耳鳴苦痛度が有意に軽減した(Wilcoxon signed rank test, $p = 0.0027$; $p = 0.0000004$; $p = 0.000009$)．

これらの結果から，提案するツールには耳鳴への負の印象を緩和する傾向と，一時的に耳鳴苦痛度を軽減する効果があることが示された．

4. 結論

本研究では，耳鳴の治療を 2 つの側面から簡易化および発展させることを試みた．聴力検査では，短時間の ASSR 計測について，特定の音条件の識別精度が向上した．また，耳鳴馴化支援では，開発したツールの印象教示効果および短期的耳鳴苦痛度軽減効果が明らかになった．これらの結果は今後の身近な耳鳴治療の要素技術として，今後の耳鳴治療の発展に資する．

参考文献

- [1] Gopinath, Bamini, et al. "Incidence, persistence, and progression of tinnitus symptoms in older adults: the Blue Mountains Hearing Study." Ear and hearing 31.3 (2010): 407-412.