

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：12102  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2017～2020  
課題番号：17K14058  
研究課題名（和文）聴覚障害者を対象とした音響学に基づく音認知テストおよび個人適応型音楽トレーニング

研究課題名（英文）Auditory cognitive test based on acoustics and personalised music training for people with hearing loss

研究代表者  
松原 正樹（Matsubara, Masaki）  
筑波大学・図書館情報メディア系・准教授

研究者番号：90714494  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は聴覚障害者のための音認知テストの構築を目的とした。聴取者に関する要素（聴力、障害の種類、音楽経験、音への関心など）や、刺激音に関する要素（音響特徴量、背景情報、音の種類など）を含めた総合的な検討が必要であることがわかった。また、環境音そのもののデータ不足およびその音に対する正解・不正解データ不足の両面が課題であることが明らかとなり、環境音およびそのメタデータを収集・蓄積するためのプラットフォーム構築に取り組んだ。その結果、社会的・文化的コミュニティの違いから正解が一意に定まらないことが示唆され、回答者一人一人の特性を考慮したデータ統合手法が本質的な課題であることが明らかとなった。

**研究成果の学術的意義や社会的意義**

聴覚障害者の音認知能力は聴力レベルとは異なるということ、そして各個人の聴こえの様相は多様であることが示された。また、社会的・文化的背景によって主観的な反応が異なることもデータにより示された。個人の特性を考慮したデータ収集・データ統合技術が本質的な課題であると明らかとなった。本データ収集プラットフォームは聴覚障害者だけでなく健聴者・高齢難聴への応用も期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to construct a sound cognition test for the hearing impaired. We found that it is important to consider factors related to listeners (hearing ability, type of disability, musical experience, interest in sound, etc.) and stimulus sounds (acoustic features, background information, sound types, etc.). In addition, we identified that there is a lack of data on environmental sounds themselves and data on correct/incorrect interpretations of those sounds. Therefore, we worked to build a platform for collecting and storing environmental sounds and their metadata. As a result, it was suggested that the correct answers are not uniquely determined due to differences in social and cultural communities, and it became clear that an essential issue is a data integration method that takes into account the characteristics of each respondent.

研究分野：認知工学

キーワード：聴覚障害者支援 データ収集プラットフォーム

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 聴覚障害者と音楽に関しては音楽療法 (Darrow J., Music Therapy 2006)、教育学 (太田ら、ろう教育 2002)、言語学 (Torppa et al. Speech Prosody 2010)、認知科学 (Trehub et al., Neurosci. and Music 2009)、福祉工学 (Hiraga et al., Computer Accessibility 2006) など幅広い分野の研究が行なわれている。「聴力レベル≠聴取能力」や「聴覚障害は音楽を受け入れられないものではない」という考え方は教育現場においても現象としては認識されており、上記の研究でも示唆されている。

(2) 我々のフィールド調査[1]においても、その他の先行研究と同様に多くの聴覚障害者はカラオケ、YouTube 視聴などによる積極的な音楽聴取活動を行っていることが明らかとなった。また、同じ聴力レベル、オーディオグラムを持つものでも音楽経験の有無によってリズム認知能力差があることが実験的に示された。

(3) 音楽経験の有無によって音の認知能力の差があるのであれば、音楽的な学習によって聴取能力の向上が期待できると考え、リズムゲームを用いた音楽トレーニングを開発してきた[2]。実験の結果、トレーニングの最中に短期的なリズム認知能力の向上が認められた。

(4) (3) のリズムゲームを用いて長期的な学習効果を検証するため6ヶ月にわたりリズムゲームによる音楽トレーニングを行ったが、長期的な学習効果に関しては認められなかった。個々の聴覚障害者のリズム認知能力が異なるために、トレーニング内容と聴こえの様相との一致度が課題として挙げられた。トレーニング内容が簡単すぎると感じる人には天井効果が現れ、内容が難しいと感じる人には学習効果が認められなかった。このことから、個々の聴取能力に合わせてトレーニング内容を適応的に変化させる必要が生じた。

## 2. 研究の目的

本研究は残存張力を持つ感音性難聴の聴覚障害者を対象に、音認知テストの開発および個々の聴取能力に適応した音楽トレーニングシステムの構築を目的とする。本研究では音響学に基づいて音認知テストの刺激音を適切に選択することで、聴こえの様相を客観的・定量的に把握することを目指す。また従来研究で短期的な学習効果が認められている音楽トレーニングの発展として、個々の聴取能力に合わせてトレーニング内容を動的に適応させることにより長期的に聴取能力が向上するか学習効果を検証する。

## 3. 研究の方法

(1) 聴覚障害者の環境音の認知能力を客観的・定量的に把握するための音響特徴量を検討し、認知テストの枠組みを策定した。これまでの研究 (田原ら、聴覚言語障害 2015) を参考に音響特徴量として、周波数領域にはスペクトル重心・周波数帯域範囲・メル周波数ケプストラム係数を、時間領域にはエンベロープの尖度・発音の間隔周期を候補とした。

(2) 聴覚障害者 15 名および健聴者 15 名を対象に環境音の認知能力を把握するための実験を行った。(1) で検討した音響特徴量空間上から効率的に聴こえの様相を把握できる 9 つの代表的な刺激音を選択した。選択した刺激音を用いて 4 つの聴覚認知段階 (検知・弁別・同定・理解) のうち弁別 (2 つの音が同じか違うかを答える) と同定 (音を聴いて名前を答える) の能力に着目し、聴取心理実験により刺激音の弁別課題と同定課題の正解率を求めた。

(3) 聴覚障害者と健聴者の正解率に差がある同定課題の実験結果を分析し、正確な同定が困難である場合に解答内容にどのような傾向があるのか調査した。

(4) 適応的に難易度を決定する枠組みとして項目応答理論を用いて回答者の能力を推定する手法および少ない問題数で回答者の能力を適切に図るためのテスト作成手法を検討した。

(5) 環境音そのもののデータ不足およびその音に対する不正解データの不足の両面が課題として浮き彫りになった。そこで新たに環境音および感性反応データを蓄積するためのプラットフォームの構築に取り掛かった。

#### 4. 研究成果

(1) 環境音データベース中の環境音 560 個を対象に方法 (1) で挙げた音響特徴量の計算を行いプロットした (図 1)。縦軸にスペクトル重心、横軸にエンベロープの尖度をとって環境音データベース 560 個の音をプロットしたものである。上に行くほど明るい音色になり、右に行くほど鋭い音が分布されている。例えば、左下の「車の走行音」と右隣の「足音」の弁別課題で低い正解率が現れた場合はその聴取者は時間変化に対する聞き分け能力が低いことが推測できるようになる。このテストの方法により、従来、医療現場や教育現場で聴こえていないと捉えられていた事象が本当に聴こえていないのか、単に名前が分からないのかを判別できると期待できる。

(2) (1) でプロットした刺激音の中から少ない刺激で効率的に聴こえの様相を把握するために、この中から 9 つの代表的な刺激音を選択し、聴取心理実験を行なった。実験の結果、聴覚障害者は音の名前が分からなくても音の聞き分けはできることが明らかになった (図 2)。また同じ聴力レベル、オーディオグラムを持つもの同士でも聴取能力に個人差が生じ、要因として周波数・時間変化の弁別能力に関連があることがわかった。

(3) 同定課題の実験結果を詳細分析したところ、個人ごとに異なる解答の傾向が観測され、要因の一つとして、音に対する関心の程度が挙げられた。聴取者に関する要素 (聴力、障害の種類、音楽経験、音への関心など) や、刺激音に関する要素 (音響特徴量、背景情報、音の種類など) を含めた総合的な検討が必要であることがわかった。環境音そのもののデータ不足およびその音に対する正解・不正解データ不足の両面が課題であることが明らかとなり、環境音およびそのメタデータを収集・蓄積するためのプラットフォーム構築が新たな課題となった。

(4) データ収集プラットフォームの構築に向けて下記の 2 つの機能を含むインターフェースを実装した。① 録音データ収集: 任意の環境音を収録してアップロードするためのインターフェース。② 感性反応データ収集: 録音された任意の音を刺激として感性反応を直感的に入力できるインターフェース。

(5) 項目応答理論を用いてテストの解答から学習者の能力とテストの問題の適切さを同時に推定し、適切な課題の集合を推薦する手法を考案し、手法の有効性の検証を行なった。

(6) (4) で実装したインターフェースのユーザビリティテストの結果、社会的・文化的背景によって主観的な反応が異なり正解が一意に定まらないことが示唆された。回答者一人一人の特性を考慮したデータ統合手法が本質的な課題であることが明らかとなり今後の検討課題となった。

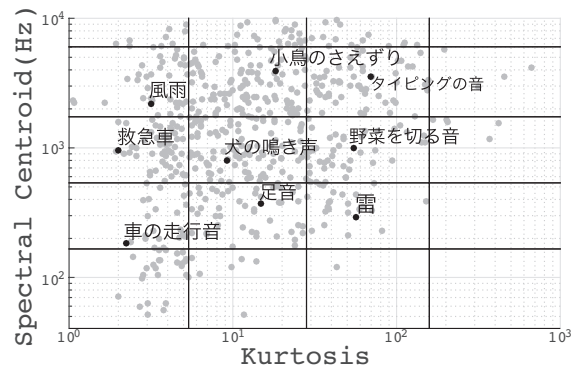


図 1: 環境音データベースの刺激音 560 個を音響特徴量に基づきプロット (縦軸: スペクトル重心、横軸: エンベロープの尖度)。全体の中から 9 つの代表的な刺激音を選択することで、少ない数で効率的に聴こえの様相を把握することが可能となる。

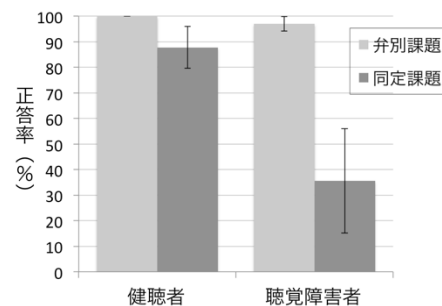


図 2: 環境音認知テストの弁別・同定課題の平均正答率 (n=16、エラーバーは標準偏差)

[1] Matsubara, M., Terasawa, H., Hansen, K. F. and Hiraga, R.: An Inquiry into Hearing-impaired Student's Musical Activities - How do they Listen to the Music? In *Proceedings of International Conference on Music Perception and Cognition*, p. 385, 2014

[2] 松原正樹, 狩野直哉, 寺澤洋子, 平賀瑠美: 聴覚障害者向けタッピングゲームにおける視覚手がかりによるリズム認知の短期的学習効果. *情報処理学会論文誌*, Vol. 57, No. 5, pp. 1331-1340, 2016

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Katsuno, K., Matsubara, M., Watanabe, C. and Morishima, A.
2. 発表標題 Improving Reproducibility of Crowdsourcing Experiments
3. 学会等名 In Proceedings of the seventh AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing (HCOMP2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大和祐菜, 松原正樹
2. 発表標題 聴覚障害児の統語論的言語獲得をサポートする視覚的プロダクト開発に向けた検討
3. 学会等名 日本福祉工学会第22回総会・第23回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原正樹
2. 発表標題 聴覚障害者の音楽認知特性およびトップダウン処理支援による音楽トレーニング
3. 学会等名 情報処理学会第10回アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯野悠希, 寺澤洋子, 松原正樹, 平賀瑠美, 田原敬
2. 発表標題 聴覚障害者の環境音同定に関する報告ーオープンセット課題における解答の傾向ー
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯野悠希, 松原正樹, 田原敬, 寺澤洋子, 平賀瑠美
2. 発表標題 聴覚障害者の環境音同定における音響特徴の考察
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤優, 平賀瑠美, 若月大輔, 松原正樹, 寺澤洋子
2. 発表標題 聴覚障害者のための視覚情報を併用した環境音学習の基礎的検討
3. 学会等名 情報処理学会アクセシビリティ研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤優, 平賀瑠美, 若月大輔, 安啓一, 寺澤洋子, 松原正樹
2. 発表標題 環境音学習における視覚情報の有効性についての検討 重度の聴覚障害者を対象とする場合
3. 学会等名 音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯野悠希, 寺澤洋子, 松原正樹, 平賀瑠美, 田原敬
2. 発表標題 聴覚障害者の環境音同定に影響を及ぼす音響特徴量の検討
3. 学会等名 音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
United States of America	University of California San Diego			
Sweden	KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY			