

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：12103

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20811

研究課題名（和文）音楽の授業で使用できる、聴覚障害者に聴きやすい音楽の選択に関する研究

研究課題名（英文）Music selection for hard of hearing children at music classes

研究代表者

平賀 瑠美（Hiraga, Rumi）

筑波技術大学・産業技術学部・教授

研究者番号：70327021

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,600,000円

研究成果の概要（和文）：音楽の授業で使用できる、聴覚障害者に聴きやすい音楽の選択に関する研究を進めていくために、聴覚障害者が参加する音色の聴きやすさについての実験を行った。この実験では、実験室での制御された環境下ではなく、普段音楽を聴いている状況での聴きやすさを調べることで、聴きやすい音色の音響特徴を明らかにすること、高さに依存する聴きやすさと参加者各自の周波数聴取との関係を調べることを目的とした。楽器音について調べた結果、音楽の授業で使われることの多いリコーダーが聴きにくいこと、エントロピーやイレギュラリティのような周波数に関する特徴量が関係してくることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、ろう・難聴者の音色聴き取りやすさに関して、エントロピーやイレギュラリティという音響特徴量が関係している、ということを示した。健聴者の音色判別については多くの研究が行われているが、ろう・難聴者の聴きやすさについての音響特徴量は新しい発見であり、学術的意義をもつ。ろう・難聴者にとっての楽器音の聴きやすさに関する結果は、ろう・難聴者が音楽の授業を受けるときに音楽を教える先生にとっての参考となるという意味で社会的意義がある。また、ろう・難聴者にとっての聴きやすい音色や音響特徴量を音楽推薦システムに取り込むことで、ろう・難聴者の音楽の世界を広げることにも貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：To further research on the selection of music that can be used in music classes and that is easy for deaf and hard-of-hearing people to listen to, an experiment was conducted on the audibility of timbres with deaf and hard-of-hearing participants. The objectives of this experiment were 1) to examine the easiness of timbre audibility under the usual/everyday music listening conditions rather than in a controlled laboratory environment, 2) to identify the acoustic characteristics of easiness of timbre audibility, and 3) to examine the relationship between pitch-dependent audibility and each participant's own frequency hearing. The study of instrumental timbres revealed that recorders, often used in music classes, are difficult to listen to and that frequency-related features such as entropy and irregularity are relevant.

研究分野：支援技術

キーワード：ろう・難聴者 音色 音楽聴取 音響特徴

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ろう・難聴の子どもが参加する音楽の授業は担当する音楽教師が試行錯誤をしながら進めていくのが現状である。義務教育で受ける音楽の音楽授業の場において、ろう・難聴の子どもたちが「音楽が聴こえる！」と実感できれば、音楽の授業はもっと楽しくなるだろう。また、授業での楽しい体験から音楽を楽しむ経験が増えれば、言語に対する影響や他者との活動参加といった波及効果も期待できるだろうと考えた。そこで、ろう・難聴の子どもたちが音楽に接して良かったと思える体験のために、聴こえやすい楽器は何なのかを調べたいと考えた。

### 2. 研究の目的

目的は、聴覚障害者にとって聴こえやすい音楽を明らかにし、教育に還元することである。この研究の挑戦は、聴覚障害者にとって聴きやすい音楽を選ぶ仕組み、すなわち音楽推薦システムを構築すること、並びに、推薦システムを用いて聴覚障害者にとって聴きやすい音楽の集合から、音楽教育に向けた音色を選択することである。そのために、音楽に挑戦する前に楽器それぞれの音色の聴きやすさを明らかにすること、この結果と各々の聴覚障害者にとって聴こえやすい、あるいは聴こえにくい音色から共通の音響特徴量を取り出し、聴覚障害者にとって聴こえやすい音響特徴とは何かを明らかにすること、さらにその結果と聴覚障害者個々人の聴覚特性から既存の音楽で聴きやすい音楽を選ぶことを初期段階の目的とした。

### 3. 研究の方法

聴覚障害者にとって聴こえやすい音楽を選ぶためには、日常聴取する音楽の聴こえやすさを調べる前にいくつかの段階を経る必要があると考えた。

#### 1 楽器音について

##### 1.1 楽器音についての聴こえやすさの調査

##### 1.2 それを基にした、聴こえやすさに寄与する音響特徴量の取り出し

#### 2 個人の聴覚特性との関係

##### 2.1 聴こえやすさの調査時に得た聴覚特性の情報を用いて個人に合わせた聴こえやすい楽器音とその音響特徴量の調査

#### 3 一般の音楽について

##### 3.1 一般の音楽のサビの部分について先に得た聴こえやすさに関する音響特徴量を調査

##### 3.2 個人の聴覚特性に合わせた聴こえやすい音楽を提案

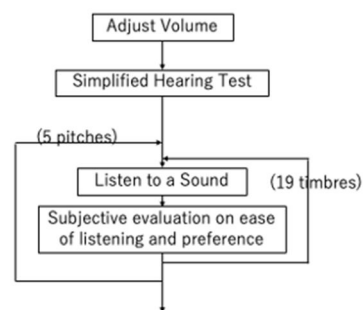


図1 実験フロー

研究期間中は、コロナ感染拡大の収束が見られないため、Gorilla<sup>1)</sup>を用いて構築したオンライン実験環境を用いて、音色の聴取と主観評価に関する実験を実施した。オンライン実験では、簡易的な聴力検査の後、19の楽器音を聴いて聴きやすさと好き嫌いを主観的に判断した。1つの楽器音の長さは500ms程度であるが、それぞれ5つの音高を準備したので、全部で95の音色を聴いた(図1)。

用いた楽器はクラシックギター、エレキギター、ハープ、チェロ、バイオリン、ピアノ、クラリネット、ホルン、トロンボーン、トランペット、チューバ、バスーン、クラリネット、フルート、リコーダー、アコーディオン、ハーモニカ、三味線、箏である。それぞれをC3、G3、C4、G4、C5の高さで演奏したものをSibelius<sup>2)</sup>を用いてWAVファイルを作成した。楽器によっては、アコースティックでは出ない音高のものを用いている場合がある。

オンライン実験では、実験実施において人と人の接触が不要で、参加者は好きな時間に都合の良い場所で参加することができる。参加者が普段使用している機器(スピーカやヘッドフォン)を用いるため、日常の聴取に近い状況での評価を得ることができる。聴取実験をオンラインで実施することについては、聴取機器が揃っていない、良い環境での聴こえとは限らない、という欠点が考えられるが、普段の生活での聴きやすさを重視した。参加者の実験理解と各参加者の音色の嗜好傾向については、簡易的聴力検査から始まる95音の聴取と主観評価実験を日を変えて3回参加するように指示したことにより、それらについては確認できたと考えている。

音楽データの音響分析は、Matlab<sup>3)</sup>と音響分析のためのツールMIRToolbox<sup>4)</sup>を使用した。主観評価の聴きやすさの結果を考慮して、いくつかの音響特徴量の関係があると考えることができた。

40人近くの参加者による実験を実施し研究期間では、1と2.1の途中まで進めることができた。

### 4. 研究成果

#### (1) 楽器音の聴こえやすさ、好ましさ

表1 5つの音高における最も聴こえやすさ、好ましきさについての結果

音高	聴こえやすさ		好ましきさ	
	最高	最低	最高	最低
C3	バスーン	リコーダー	クラリネット	リコーダー
G3	チューバ	リコーダー	クラリネット	リコーダー
C4	チューバ	リコーダー	ピアノ	リコーダー
G4	チューバ	リコーダー	ハーブ	リコーダー
C5	チューバ	リコーダー	ハーブ	箏

表2 音高により聴こえやすさがある楽器

楽器	最も聴こえやすい音高	最も聴こえにくい音高
クラシックギター	G3	C4
フルート	G3	G4
ホルン	G3	G4
リコーダー	G3	C4

聴覚障害者の音楽聴取は各人の聴覚特性やその時の体調などに影響される。したがって、聴覚障害者にとって聴こえやすい、のように、聴覚障害者をまとめて音楽聴取に関する事柄を述べるのは難しい。しかし、本研究によって、目的とする授業で使う場合に考慮すると良いと考えられる聴こえやすい楽器音、聴こえにくい楽器音を取り出すことができたと考える。表1に主観評価について、マン・ホイットニーの順位和検定の結果で、5つの音高それぞれにおける最もよく聴こえた楽器、最も聴こえにくい楽器並びに最も好ましい・好ましくない楽器を示した。聴きやすさの主観評価の分析により、特定の楽器、しかも日本の義務教育では広く使われるリコーダーは他の楽器に比べて聴きやすさに有意な差があることがわかった。

聴きやすさと好ましきさの相関があるものは、リコーダー（C4、G5）とハーブ（C5）のみであった。これらの楽器では他の音高では聴きやすさと好ましきさの間に相関はなかった。

それぞれの楽器で音高によって聴きやすさに差があるかどうかを Friedman test 実施後、Bonferroni 下位検定を行った結果、表2に示すように4つの楽器で差が認められた。

## (2) 楽器音の音響特徴と聴きやすさ

実験で用いた95音（19の楽器音\*5つの高さ）について、MIRToolboxを用いて、スカラ値を得られる12種類の音響特徴を計算した。その結果、聴こえが良い音色に共通することとして、以下のことが言えた。

- アタックタイムが短い
- エントロピーが大きい
- イレギュラリティが小さい

エントロピーやイレギュラリティは健聴者が音色識別するときに影響があるとされる特徴量ではないため、上記の音響特徴が聴覚障害者の楽器音の聴きやすさに影響することは、新しい知見である。

本研究では、オンラインによる聴取実験を通して、聴覚障害者が日常音楽を聴いている状況での聴きやすさを調査した。今後は、以下について引き続き行っていく予定である。

- オンラインで行う簡易聴力検査と実際の聴力検査とを比較し、簡易聴力検査を今後も続けることの可能性の検証。
- 教育現場への還元。
- 実際の音楽での聴きやすさの検証。それに基づく音楽推薦。

1) Gorilla.sc <https://gorilla.sc/>

2) Sibelius Ultimate <https://sibelius.rygasound.com/products/sibelius>

3) Matlab <https://matlab.mathworks.com/>

4) MIRToolbox

<https://www.jyu.fi/hytk/fi/laitokset/mutku/en/research/materials/mirtoolbox>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akaki Shiho, Hiraga Rumi, Yasu Keiichi, Tabuchi Keiji, Terasawa Hiroko	4. 巻 -
2. 論文標題 Design and Evaluation of Instrument Sound Identification Difficulty for the Deaf and Hard-of Hearing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of APSIPA 2022	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/APSIPAASC55919.2022.9980104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiraga Rumi, Keiichi Yasu, Yuhki Shiraishi	4. 巻 IEEESMC2023
2. 論文標題 Audibility and Preference of Musical Instrument by People with Hearing Loss	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE SMC 2023	6. 最初と最後の頁 961, 966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SMC53992.2023.10394016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Rumi Hiraga, Shogo Emori, Keiichi Yasu
2. 発表標題 Perception of intervals by Deaf and Hard of Hearing individuals, a preliminary study
3. 学会等名 Society for Music Perception and Cognition 2022 Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiraga Rumi
2. 発表標題 Music Accessibility for Children with Hearing Loss in Music Education: Acoustic Features of Audible Timbres
3. 学会等名 ACM ICMI 2023 Workshop on Multimodal, Interactive Interfaces for Education (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平賀瑠美
2. 発表標題 歌うことを楽しむ聴覚障害者の歌唱の背景に関する 質的研究の試み
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 2023年

1. 発表者名 安啓一
2. 発表標題 伝音性難聴のある成人による軟骨伝導振動子の装用位置検討
3. 学会等名 日本音響学会 聴覚研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 平賀瑠美
2. 発表標題 歌うことの楽しさ > 聴覚障害
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 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Hiraga Rumi (Chapter 24)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Routledge	5. 総ページ数 720
3. 書名 The Routledge Handbook of Inclusive Education for Teacher Educators	

1. 著者名 Halder Santoshi, Hiraga Rumi (Chapter 9)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Routledge	5. 総ページ数 720
3. 書名 The Routledge Handbook of Inclusive Education for Teacher Educators	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Music Recommendation <a href="http://rhiraga.info/Projects">http://rhiraga.info/Projects</a> <a href="http://rhiraga.info/">http://rhiraga.info/</a>
--

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
研究分担者	白石 優旗 (Shiraishi Yuhki) (00389214)	筑波技術大学・産業技術学部・准教授  (12103)	
研究分担者	安 啓一 (Yasu Keiichi) (70407352)	筑波技術大学・産業技術学部・准教授  (12103)	

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
---------	---------