

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 1 日現在

機関番号：12103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13246

研究課題名(和文)聴覚障害者のビート認知テストについての研究

研究課題名(英文)Beat perception test for hearing-impaired persons

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) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：聴覚障害者の音楽認知を客観的に測るための方法を確立することを目的とし、音楽受容の基本となるビート認知テストの作成のための基礎実験を行った。リズムに付与するアクセントやリズム音とその他の音の重なりよりも、難度を明らかにしたリズムを用いることが、聴覚障害者のビート認知では重要になることが分かったため、ビート認知テストでは、実在の音楽を使ったテストが可能となる。

また、聴覚障害者では音楽聴取の個人差も大きいですが、それによらず音楽が好きであるという場合が多いため、テストの結果が音楽嫌いに結びつかないようにするための環境(テスト前に簡単な教示を行うなど)も必要であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the research was to establish a method to measure music perception by hearing-impaired persons. We chose "beat" perception as the basic understanding of music which they make use of in listening to music. We conducted basic experiments that explored that the difficulty levels of rhythms affect mostly in the perception of beat more than accented rhythm or rhythm with overlapped sound. From this results, we are going to complete a beat perception test for hearing-impaired persons with "real" music.

We know that there are many hearing-impaired persons who like music, while some of them who participated the experiments had difficulties in reacting the test. In order not to reduce their interest in music because of the music test, we should consider an environment, such as guiding them what is expected or the meaning of music elements prior to the test.

研究分野：音楽認知

キーワード：聴覚障害 拍 音楽認知 特殊教育

1. 研究開始当初の背景

我々は、聴覚障害者の音楽聴取に関する研究を続けてきており、障害の程度によらず音楽を好む聴覚障害者が多いことを知った。しかし、聴取に制限（音域、歪みなど）があることから、聴取の機会を自ら積極的に作らないと、健聴者に比べ音楽経験は少なくなってしまう。商業音楽は健聴者が聴くことを暗黙の前提としているため、聴覚障害者は音楽プロモーションビデオを繰り返し視聴し歌詞と音のタイミングの理解に努めたり、音楽CDから歌唱部分を取り出し歌詞の字幕と合わせるなど、音楽を楽しむために、独自の工夫をすることが多い。

そこで、聴覚障害者が音楽を聴くときに受容していること、受容が難しいことを明らかにすることで、聴覚障害者が音楽をより楽しむためのソフトウェア環境を提供することができるようになり、聴覚障害を持つ用事・児童・生徒に対する音楽教育で考慮すべきことが明らかになるのではないかと考えた。

また、以下のような音楽の研究成果や音楽テストの現状があった。

(1) 音楽の有効性：音楽経験は音情報認知能力、言語習得、短期記憶、社会性に関し良好な影響を与えるという研究報告が行われている。高齢者に対する音楽療法の有効性も報告されており、音楽聴取は活用次第で恩恵を受ける可能性が大きい。

(2) 健聴者の音楽聴取に関するテストは研究されている。一方、聴覚障害者の聴覚能力のテストは言語に関するものがほとんどで、広く使われる聴覚障害者の音楽聴取のテストはない。

これらのことから、聴覚障害者が何を音楽から聴き取り、何が難しいのかを客観的に判断することで、難しい部分に対し音楽聴取の可能性を伸ばしていく教育・方法を考えるための根拠を得たいと考えた。

2. 研究の目的

聴覚障害者の音楽認知を客観的に測るための方法を確立することが目的である。

楽譜に記される音楽はメロディー、ハーモニー、リズムから構成され、演奏や歌唱ではさらに音色の要素を含む。本研究が目指す音楽テストは、これらの要素を包括的に測るのではなく、リズムのテストとする。

リズム認知という場合は、音楽の時間的変化を把握することであり、テンポ把握が基本であることから、本テストはテンポ把握についてのテスト構築を目指した。テンポ把握とは、様々なリズムから曲の速さを理解することであり、運動会で音楽を聴きながら行進するためには必要な力である。テンポは1分間の拍（ビート）数で表されるため、テンポ把握とはすなわちビート認識のことである。

聴覚障害者が音楽活動を楽しむうえで活用することの多い基本となる情報であるビ

ートに焦点をあてた認知テストの開発を目的とする。ビートに焦点を当てた理由は以下の通りである。ビートとは、音楽の構成要素として以下のような性質を持つ。

音楽を構成するメロディー、ハーモニー、音色、リズムの中では聴覚障害者が音楽聴取の際にまず手がかりとして把握しようとする要素がリズムであり、様々な障害の程度や種類によらず、共通して把握可能性がある音楽の要素である。

メロディーやハーモニーに比べ、音楽文化の背景依存が少ない。

また、このテストは次の2点を満たすようにする。

聴覚障害の程度、種類にかかわらず、聴覚障害児の教育現場で使えるようなテストにする。

テストでは音楽を聴くが、聴くことが負担にならないようなテストとする。

3. 研究の方法

健聴者に対する音楽テストとしてビート認識テストやビート生成テスト（合わせて以下ビートテスト）、ならびに、テストを受ける者のビート生成能力に合わせて難度を変更していくテスト（ビートアダプティブテスト）が既に存在している。我々はアメリカの連携研究者(J. R. Iversen 博士, UCSD)が開発したそれらのテストを用いた。

(1) 既存のビートテスト(Beat Alignment Test=BAT)を用いた確認実験：連携研究者が開発した健聴者向けのビートテスト [1]を聴覚障害者が使い、健聴者向けのテストを聴覚障害者が使用することにおける問題点を明らかにした。BATのビート生成テストでは音楽を聴きながら拍を生成する。ビート認識テストでは、メトロノーム音が音楽に重なり、メトロノーム音が音楽のテンポに合っているかずれているかを認識する。

(2) 使用する音楽データの選択：BATで使用する音楽データは、アメリカの健聴者を被験者とすることで選ばれたものである。聴覚障害者はどのような音楽を聴き取りやすいかについてを考慮したうえで、音楽データを選択する。

(3) 既存のビートアダプティブテスト(Beat Expertise Adaptive Test=BEAT)を用いた確認実験：BEATでは音楽データは用いず、難度の異なるリズムを聴き拍を生成する。本実験により以下の2点を明らかにしようとした。

音楽経験が制限される聴覚障害者にとって特に難しいリズムは何であるか。

音楽の中でもリズムの要素に限定した場合に聴取・ビート生成に関して、聴覚障害者と健聴者と差があるのかどうか。

BATならびにBEATとも、neurobehavioralsystems社のソフトウェアPresentationでWindowsタブレットPC上に

実装し直し、実験参加者の拍入力を精確に得られるようにしたものを使用した。

4. 研究成果

既存のビートテスト BAT を聴覚障害者が用いた実験を行った。

(1) BAT 使用と改善

ビート生成テスト

用いる楽曲については複雑である、なじみがないという主観評価があった。音楽文化の背景を除去するような音楽リストの作成はまだできていないが、日本の青年を対象とするために、J-POP などからビート生成テストで使用する楽曲を選択した。テストで用いる場合は、楽曲の中から 15 - 25 秒を抽出した。

ビート認識テスト

ビート認識テストでは楽曲演奏の再生に合わせメトロノーム音で拍をとる。メトロノーム音は演奏よりも速い、遅い、正しいのいずれかである。被験者は楽曲とメトロノーム両方を聴くのであるが、重ねたメトロノーム音が聴きにくいと指摘する被験者がいたため、ピンポン打球音などを試みた。最終的に、周波数 1000Hz の正弦波を 100 ミリ秒で提示することにした。実験に参加した聴覚障害者全員が 1000Hz の正弦波を検知できることを確認した。

また、このテストでは、メトロノームの速度は、メトロノーム音の間隔を以下の 4 種類準備した。

オンビート：楽曲の拍と同一タイミング

テンポエラー：楽曲の拍よりテンポが速い (10 パーセント速いとした)

フェーズエラー：楽曲と同一速度であるが、メトロノーム音の発音が正しい拍から 1/4 拍ずれている

シンクペーション：フェーズエラーの 1 種で、1/2 拍ずれているもの

ビート生成テストで用いる楽曲の半分はビート認識テストでも使用する。BAT オリジナル、日本の曲からジャンルの異なるものを選んだ。BAT で用いる音楽データセットでは、一部オリジナルの BAT で用いる曲も半数残した。表 1 に刺激として用いることにした曲リストを記す。

ビート生成テストでは、被験者が曲を聴いて拍と感じたときにデータ入力することをタップと呼ぶ。実際には、タブレットを叩くことである。ビート生成テストの結果を以下の式に基づく F 値で計算した。ただし P は適合率で、全タップ中正しいタップの割合で、再現率 R は全拍中、正しいタップの割合である。

$$F\text{-Measure} = 2 * P * R / (P + R)$$

正しいタップとは、拍と拍の間隔 Inter-Beat Interval (IBI) に対し、拍の前後 IBI の 25% の区間にタップがある場合を指す。

表 1 BAT で用いる曲リスト

楽曲名	アーティスト	認識テストでの使用	BAT オリジナル曲
となりのトトロ	井上あずみ	○	
Super Scooter Happy	きゃりーぱみゅぱみゅ (カバー)		
眠り姫	SEKAI NO OWARI		
乱れ髪	美空ひばり	○	
Hard to Handle	Black Crowes	○	○
Panama	Van Halen		○
Tuxedo junction	Glenn Miller	○	○
Richard Rogers Waltzes	Boston Pops		○
Howl 's Moving Castle	久石譲		
いろは	ゴスペラーズ	○	
Superman	Boston Pops	○	○
Stompin ' at the Savoy	Benny Goodman		○

4 名の被験者 (F:2, 平均年齢 21.0) に対し、1 か月の間隔で 2 回ビート生成テストとビート認識テストを行った。F 値は、1 名 (被験者 A と呼ぶ) が 0.90 程度だったが 3 名が 0.50 程度であった。

(2) ビート認識の難度について

従来の BAT を音響データのみを変更して行った実験では、音楽文化背景を考えたとはいえ、主観的に楽曲を選択した。被験者へのアンケートから、聴力ならびに失聴時期がビート認識に影響を及ぼすということが明らかになったが、被験者 A のようなビート認識をしないおそらく多くの聴覚障害者にとってリズムの難易を明らかにする必要があると考える。難易はまたテストセットを作るうえで必須の情報となる。そこで、以下の点から拍認識に難度が生ずるかどうかの検証を行った。

リズムパターンの複雑さ。拍と同一に発音される 4 分音符のみで構成されるリズムパターンに比べ、3 連符や 16 分音符が入り混じるような場合は難しいと予想される。

アクセントの有無。音楽では例えば 4 拍子の曲ならば、各拍が小節中で果たす役割が異なり、特に 1 拍目が重要で、次が第 3 拍と

なる．このようなことを示唆するように，アクセントを音色や音量の違いとして提示すれば，同じリズムでも容易になると予想される．

音楽はリズム音だけから構成されないことも多いため，リズム構成以外の音が重畳した場合，ビート認識は困難になると予想される．

これらを考慮して，3 レベル 9 種類のリズムパターンを準備し，それらの各リズムに対し拍を構成する音にアクセント追加の有無，音の重畳の有無により以下の 6 種類の実験音響データを準備した．この実験ではリズムの難度を調べるため，音楽は用いない．リズムは Povel [2] を基に作成した．

リズムのみ提示

アクセント付与

弱いホワイトノイズによる重畳

弱いハーモニック音による重畳

強いホワイトノイズによる重畳

強いハーモニック音による重畳

アクセントや重畳はリズムが再生されている間付加される．ここでハーモニックオンとは C2/E3/G4/C6/E7/G8 の矩形波を重ね合わせた音である．

F 値による分析では，3 レベルの難度には有意差があり，多重比較を行った結果「難しい 簡単」「難しい 普通」「普通 簡単」の p 値はそれぞれ $<10^{-7}$ ， $<.01$ ， $<.05$ であった．アクセントの有無の p 値は 0.0527 であり有意傾向は見られたにとどまったが，主観評価では，p 値が 0.008301 であり，アクセントが付与されたリズムが簡単と感じられることがわかった．音の重畳では F 値ならびに主観評価いずれでも有意差は見られなかったが，被験者によっては，重畳を困難と感じる者もいた．

(3) BEAT 使用と改善

ビートテストとして，BAT は使用する音楽データさえ注意して選択すれば，聴覚障害者に対しても使用できることが上記より分かったが，もともとテストを受ける者がどれくらいリズム認識をできているのかを BEAT を用いて調べることができる．

BEAT では 4 レベル 55 種類のリズムを用意し，被験者はリズムを聴きながら拍をタップする．タップの間違いが繰り返されると，メトロノーム音の提示後に難度が低いリズムに戻りタップを行うという方法でビート生成を続ける．9 名の聴覚障害者が BEAT を試用したところ，レベルが上がるところでタップ間違いが繰り返されることが明らかになった．

被験者によっては，リズムだけからでは正確なタップがまったくできない場合もあった．テストを受けることで音楽が嫌いになったり，ストレスを感じたりすることのないよう，テストを受ける聴覚障害者のリズム感を

事前に調べ，程度リズムや拍についての教示を行ったうえで BEAT を受けるような環境を整える必要がある．

BAT と BEAT の試用実験の結果から，ビートテストを作成する場合は，リズム難度をまず精査すべきことが明らかになり，リズム難度は Povel による理論を基本にできることが分かった．難度が明確なリズムを準備すれば，実際に使用できる聴覚障害者向けのビートテストを作成できるようになったので完成を目指す．

[1] Iversen, J.R. & Patel, A.D. (2008). The Beat Alignment Test (BAT): Surveying beat processing abilities in the general population. In: Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception & Cognition (ICMPC10).

[2] Povel, D. J., & Essens, P. (1985). Perception of temporal patterns. Music Perception: An Interdisciplinary Journal, 2(4), 411-440.

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 2 件)

狩野 直哉, 松原 正樹, 寺澤 洋子, 平賀 瑠美, タッピングゲームの長期的な利用を通じた聴覚障害者のリズム認知能力に関する検討, 情報処理学会アクセシビリティ研究会, IPSJ vol. 2016-AAC-1 No. 8, December 2016.

大島 千佳, 寺澤 洋子, 馬場 哲晃, 平賀 瑠美, 松原 正樹, インクルーシブ音楽情報処理, 情報処理学会音楽情報科学研究会, IPSJ Vol. 2015-MUS-109, No. 5, November 2015.

〔その他〕

ホームページ等

聴覚障害者と音楽に関する研究のページ:

http://www.a.tsukuba-tech.ac.jp/el/~rhi_raga/researchhi5.html

6 . 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

寺澤 洋子 (TERASAWA, Hiroko)

筑波大学・図書館情報メディア研究科・助教

研究者番号: 70579094

松原 正樹 (MATSUBARA, Masaki)

筑波大学・図書館情報メディア研究科・特任助教

研究者番号：90714494

(3)研究協力者

IVERSEN, John, Rehner
University of California, San Diego ・
Institute for Neural Computation ・
Associate Project Scientist
研究者番号：なし