

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12606

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00228

研究課題名(和文)音色の感性教育に用いる音源素材の音色の定量的評価法

研究課題名(英文)Objective Difficulty Measure for Source Programs Used in Timbral Ear Training Tasks

研究代表者

丸井 淳史 (Marui, Atsushi)

東京藝術大学・音楽学部・准教授

研究者番号：90447516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：聴能形成は、音の物理的な変化と感覚的な変化とを結びつけて理解するための訓練方法である。訓練に使用される音源によって難易度の設定が行われるが、そのさいの音源選択は教師の経験や主観に基づいている。そのために難易度設定が暗黙知となっており、学習者は自ら適切な音源を選択することが難しい。研究の結果、学習者は振幅スペクトルの平坦さをもとに主観的難易度の判断を行っているが、実際に訓練を行う際の客観的難易度についてはそれ以外の要因が複雑に関係しており、そのため主観的・客観的難易度はあるていど独立して操作ができる可能性が示唆された。学習者の意欲向上につながる訓練音源の作成・選択が可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

製造業などでは、製品開発者が「音を聞き判別する能力」を持つことの必要性が認知され始めており、聴能形成の導入を検討する企業も増えつつある。本研究の直接的な成果は、その担当者と学習者の双方に負担のない聴能形成システムが提供できることである。聴能形成の訓練の成果の本質は、音を聞き分ける能力の獲得もさることながら、その能力を得た者同士が音に関する共通の言語を用いて意思疎通ができるようになることにある。つまり音の特徴を感覚的な言葉で表現するのではなく物理尺度に即した単位で表現ができるようになることで、誤解のない情報伝達が可能になる。その効果的・効率的な訓練方法につながる研究を行ったものである。

研究成果の概要(英文)：Technical Ear Training (TET) is a training method for understanding the physical changes in sound and their perceptual counterparts. The difficulty level is set based on the selection of sound sources used in the training, and the selection is done by the teacher's experience. Therefore, the difficulty setting is tacit knowledge, and the learner has difficulty choosing the appropriate sound source by oneself. Through the research, it was shown that, although learners feel the subjective difficulty based on the flatness of the amplitude spectrum, the actual objective difficulty of the training (percentage of correct answers) is complicated by other factors. Therefore, it was suggested that subjective and objective difficulties can be operated independently. A model for estimating the subjective and objective difficulties from the sound sources used in Technical Ear Training was shown.

研究分野：音響学

キーワード：聴能形成 音色知覚 音響教育

1. 研究開始当初の背景

音色は「音の大きさと高さが同じ二音が区別できるときの差異」という消極的な定義がなされている。トランペットとピアノの比較のように違いの大きな音色判断の要因については既往研究が多く存在するが、微細な音色の違いを判断する際にどのような聴覚や認知の仕組みがはたしているかについてはまだ不明な点が多い。

しかしながら、社会において音を扱う場面では、大まかな音色の違いよりも細かな音色の違いに注目されることが多い。音楽家や録音技師はもちろんのこと、家電製品から発せられる音の静音化、自動車エンジンの異音からの故障箇所の推測、住宅建築における室内の調音など、多岐にわたる場面で微細な音色の判断がされる。また、映像作品や音楽作品制作の裾野がアマチュアに広がる中で、音の変化を判別・識別する能力はアマチュアにも重要になってきているにもかかわらず、現状では音色判断の仕組みがおぼろげにしか分かっていない。

2. 研究の目的

本研究では「聴能形成」と呼ばれる聴覚の訓練方法に着目し、細かな音色の判断についての研究を行う。

聴能形成は、音の物理的な変化と感覚的な変化とを結びつけて理解するための訓練方法である。たとえば、あらかじめ録音された音を学生に聞かせ、その周波数差などを解答させる方法、学生 2 名が一對一になって実際の録音編集機材を使い問題を出し合う方法、音源を聞き解説書で解答を確認するための練習問題集、コンピュータ・プログラムを用いる方法なども提案されている。

しかし、国内外で行われている聴能形成には、いずれの方法においても次の問題点がある。

1. 既成の問題集を利用する場合やグループ訓練の場合は、個々の生徒の能力に合わせた音素材の選択ができない。
2. 難易度の設定が教師の経験や主観に基づいている。そのため難易度設定が暗黙知となっており、生徒は自ら適切な音源を選択することができない。

これらの理由により、生徒が自習する場面において非効率的な学習となっている。ここで、解決すべき課題は、教師の暗黙知である難易度設定がどのように行われているのかを明らかにすることである。本研究では「聴能形成」を例として、音色判断の仕組みの一端を明らかにするとともに、訓練によって音色判断の能力がどのように高まるのかを定量的に記録・分析することを目的とした。

3. 研究の方法

この課題を解決するためには、微細な音色の知覚がどのような音の物理的要因に基づくものかを明らかにし、さらに、問題となる音素材が実際に聴能形成に用いられたときの難易度を客観的に評価できることが不可欠となる。難易度があらかじめ定量化できることで、訓練強度を段階的に変化させたり、能力の高い学習者には難度の高い音素材を出題するなど、個人に合わせた訓練が可能になる。また、個々の学生の学習進度にあった難易度とはどのようなものを明らかにすることも必要である。

本研究の第一の課題は、聴能形成における音素材の難易度を定量的に計算できるようにすることであるが、それは使用音源の音響特性と学習者の正答率などの関係を調査することである。そのためには、(1)物理的な音の分析と(2)学習効果の定量化の 2 つの部分の両方を研究する必要がある。

学習者の訓練に用いられる音素材から計算された物理指標は、音素材が持つ難易度の予測値として用いることができる。たとえば教師は、ピアノ曲や弦楽四重奏曲のほうが交響曲よりも(ダイナミックレンジが広く帯域が狭いため)難易度の高い音素材であると経験的に分かっているが、音響分析を通してその物理的な特性を明らかにする。

また、訓練プログラムを通して得られた回答データから、学習者にとって難しい音素材と易しい音素材とが明らかになるため、正答率を難易度の指標として用いる。また、正答率という客観的に見られる難易度の指標に加え、それぞれの音源が出題されたときに学習者がどのくらい難しいと感じたか(主観的难度)の測定も行う。

4. 研究成果

これまでの我々の研究では、振幅スペクトルの起伏が大きいほど、学習者が感じる問題難度は高くなるということが分かっている。そこで、主観的に難度が高く感じる問題が、客観的に難しい問題であるのか(正答率が低いのか)を調査するべく、研究代表者が開講している聴能形成の講義内において振幅スペクトルを調整した訓練用音源を用いて回答データの収集を行い、回答傾向の分析を行った。その結果、必ずしも難しく感じる問題の正答率が低くなるわけではないことが明らかになった。

ここまでは実験統制が難しいという問題があったため、より実験計画を強固なものにするとともに訓練音や訓練難度の種類を増やしてデータの収集を行った。その結果、振幅スペクトルを平坦に調整することによって正答率に統計的に有意な変化が起こるわけではないものの、全体的には正答率が下がる傾向にあることが分かった。たとえばこの原因の一つとして、使用した音源はプロの録音技師によって細部まで調整された十分に品質の高い音源であるため、いかなるスペクトル変更も劣化となり訓練に悪影響が生じた可能性がある。

音源の振幅スペクトルの起伏によって学習者が感じる問題難度(主観的難易度)への影響が大きかったことが分かったが、その一方で、振幅スペクトルの形状を平坦に調整した音源であっても正答率(客観的難易度)への影響はそれほど大きくなかった。これには振幅スペクトル以外の音響的要因が関係していると考えられたため、これまで複数年にわたって得られた聴能形成回答データに対して、18個の音源について各373音響特徴量を計算し、客観的難易度を推定するモデルを作成し、さらにモデルの交差検証を行った。その結果、急峻なトランジエント(音の立ち上がり・立ち下がり)をもつ楽曲のほうが客観的難易度が上がること、高周波数帯域が含まれていることが望ましいものの過度に高周波数帯域にエネルギーが集中していると逆効果であること、スペクトル構造が複雑すぎると客観的難易度が下がることなどが分かった。

本研究の総括をおこなうと、(1)学習者は振幅スペクトルの平坦さをもとに主観的難易度の判断を行っているが、(2)実際に訓練を行う際の客観的難易度(正答率)についてはそれ以外の要因が複雑に関係しており、(3)そのため主観的難易度と客観的難易度はある程度独立して操作ができる可能性が示唆された。学習者の意欲向上につながる聴能形成における訓練音源の主観・客観問題難易度推定モデルが得られた。また、微細な音色の違いを判断する際にどのような認知構造によって行われているかの一端が明らかになったと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 今村秀隆, 丸井淳史, 亀川徹	4. 巻 74
2. 論文標題 小空間における音楽の明瞭さに関する評価要因の調査	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本音響学会誌	6. 最初と最後の頁 130-133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20697/jasj.74.3_130	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8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Atsushi Marui and Toru Kamekawa
2. 発表標題 Predicting Objective Difficulty in Peak Identification Task of Technical Ear Training
3. 学会等名 147th Convention, Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸井淳史
2. 発表標題 高臨場感オーディオの評価について
3. 学会等名 日本音響学会 2019年度秋期研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸井淳史, 亀川徹
2. 発表標題 聴能形成課題における客観的難易度と主観的難易度の関係
3. 学会等名 日本音響学会 2019年度秋期研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Marui and Toru Kamekawa
2. 発表標題 Does Spectral Flatness Affect the Difficulty of the Peak Frequency Identification Task in Technical Ear Training? (Part 2)
3. 学会等名 146th Convention, Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soohoon Park, Toru Kamekawa, and Atsushi Marui
2. 発表標題 Investigation into How Reference Sources and the Experience of Technical Ear Training Work in Mixing through Headphones
3. 学会等名 146th Convention, Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Marui and Toru Kamekawa
2. 発表標題 Does Spectral Flatness Affect the Difficulty of the Peak Frequency Identification Task in Technical Ear Training?
3. 学会等名 144th Convention, Audio Engineering Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朴寿焄, 亀川徹, 丸井淳史.
2. 発表標題 ミキシングの作業におけるモニターヘッドホンの影響に関する調査 5種類のモニターヘッドホンと 高・低域EQ調整を用いて
3. 学会等名 日本音響学会音楽音響研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Marui, Toru Kamekawa
2. 発表標題 Does Spectral Flatness Affect the Difficulty of the Peak Frequency Identification Task in Technical Ear Training?
3. 学会等名 Audio Engineering Society 144th Convention (国際学会)
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
--	---------------------------	-----------------------	----