

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23530967

研究課題名(和文)機能と和声の終止度導入による音楽階層構造モデルの構築と生理心理学的検証

研究課題名(英文)Physiological psychology verification and construction of music hierarchical structure model by the introduction of stop level functional harmony

研究代表者

星 玲子(柴玲子)(Reiko, Hoshi-Shiba)

東京電機大学・情報環境学部・研究員

研究者番号：90291921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、音楽構造の階層化モデルを構築し、ヒト認知に基づいた音楽階層構造を体系化することである。

本研究期間において、まず、聴取者に連続する機能と和声に埋め込まれた終止構造認識課題により終止形の構造と心理的終止感の相関を分析して終止度の数値化を行った。さらに、音楽階層構造モデル構築およびその認識時の脳活動の脳波計測と分析を行った。

その結果、終止構造の和音連結パターンと旋律の組み合わせにより異なる終止度を持つ終止構造を構築できること、より強い終止度を持つ終止構造聴取時には、終止構造を完成し音列のまとまりを構成するための最終和音提示を期待する脳活動が現れることを明らかとした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to build a hierarchical model of the music structure and organize the music hierarchical structure based on human perception.

In the study period, we first subjected to quantify the stop level by analyzing the correlation of the psychological stop feeling the structure of end-form by termination structure recognition task embedded in functional harmony contiguous to the listener. In addition, an analysis was carried out with brain wave measurement of brain activity of the recognition and small district music hierarchical structure also appear.

As a result, it is possible to construct a termination structure with a stop different degrees by the combination of melody and chord connection patterns of the stop structure, the termination structure when listening with a stronger termination level, to constitute a group of tone series to complete the termination structure. It was clear that the brain activity to expect the final chord presentation appears.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：実験心理学

キーワード：音楽階層構造 終止構造 終止度 脳波計測 期待

1. 研究開始当初の背景

(1) 音楽は、情動など言語外の情報を伝達可能な人間にとって必須のコミュニケーションツールである。音楽は、人類において最も古く基本的な社会認識機構のひとつであり、乳幼児期の音楽的コミュニケーションは、情動・認知・社会的発達に主要な役割を果たす。音楽と言語の認知処理に關与する脳構造が多くの共通部分をもつことは、ヒトの脳における両者の処理過程の本質的なつながりを示唆する。

(2) Chomsky により提案された句構造文法のモデルによれば、言語における正規文法 (Finite State Grammar: FSG) は最も下位のクラスであり、その適用により有限状態オートマトンを形成可能である。本研究の対象である階層構造はより上位のクラスである文脈自由文法 (context free grammar: CFG) により形成することが可能となる。音楽にも FSG が存在し、ヒト以外の動物であるトリも FSG を構築、認識可能なことはすでに明らかである。さらに近年のヒトを対象とした研究から、CFG により構築された言語・数学・文字列の階層構造の認識が、ブローカ野周辺の脳活動により行われていることが明らかとなった。

(3) 西洋音楽の階層構造に文法が存在することは、伝統的な音楽作品の分析法によりはっきりと確認する事ができるが、推論や部分的な心理実験以外の方法での検証は行われていない。これは Generative Theory of Tonal Music (GTTM) などの音楽理論が還元理論を用いているため、より複雑な階層認知に関しては、心理実験による確認が困難であったためと推測される。

そこで我々は、言語の句構造文法のひとつである文脈自由文法 (context free grammar: CFG) に音楽の機能と声の終止度を導入することにより、新しい音楽構造の階層化モデルの構築を提案する。

2. 研究の目的

(1) 音楽は、情動など言語外の情報を伝達可能であり、人間にとって必須のコミュニケーションツールである。多くの音楽は、文化特異的な規則により構築されている。音楽の表現力および情報伝達力を調べるためには、その構造自体を体系的に分析するモデルの構築が非常に重要である。そこで本研究では、西洋調性音楽の統語構造に着目した。言語の句構造文法のひとつである文脈自由文法 (context free grammar: CFG) に音楽の機能と声の終止度を導入することにより、新しい音楽構造の階層化モデルの構築を提案する。さらに心理及び脳機能計測によりその検証を行うことにより、ヒト認知に基づき音楽階層構造を体系化することを目的とする。

(2) 本研究では、(1) 終止形の終止度の強さをその構造と心理指標から分析し、(2) さらにそれを指標として導入することにより、音楽階層化のモデルを提案する。さらに(3) 心理指標に基づいた行動分析によるこのモデルの検証、および(4) 脳機能計測からそのモデルを検証する。(5) 最終的には、これら一連の作業に加え、リズム・拍など音楽の他の要素による影響も取り入れた、ヒト認知に基づく音楽階層構造の体系化を目的とする。

(3) 音楽の階層構造を構築するために音列の分節化が重要であること、またこの分節化に機能と声が最も基本的な要素となることは確かなことと考えられている。しかし、音楽階層化のモデルに和音連結によるカデンツァ (終止形) の終止度を導入したのは我々が初めてである。これを心理学および脳科学計測により実験的に証明し、音楽の構造および表現に関する新しい概念を提唱することは、音楽理論にも大きな影響を与えると期待される。また、この理論に基づいた新しい楽曲創作の可能性も期待される。さらに、言語と音楽の階層構造認識の共通点と相違点を明確にすることで、ヒトに特有な高次脳機能のひとつである抽象化能力および規則学習適用能力に關し、より客観的より普遍的な視点で分析することが可能となるだろう。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、(1) これまでの伝統的な音楽作品の音楽構造分析をもとに終止度の異なる機能と声を用いた課題を作成し、終止度の認識を心理学的に分析する。(2) この分析結果から終止度の数値化を行い、課題の音楽構造と終止度との関係性をもとに音楽階層化のモデルを作成する。(3) この音楽階層化モデルをもとに音楽の階層構造認識課題を作成し、その終止感認識の心理評価の結果からモデルの検証を行い、必要に応じ修正を行う。(4) さらに脳波計測による脳活動のパターンと終止度のパターンの相関を分析し、提案した階層化モデルの検証を行う。(5) これら一連の作業に加え、リズム・拍など音楽の他の要素による影響も取り入れた、ヒト認知に基づく音楽階層構造の体系化を試みる

(2) 終止度認識の心理学的分析と音楽階層構造モデル構築を行う。これまでの心理学的手法を用いた研究を継続する。聴取者に連続する機能と声に埋め込まれた終止形認識課題を呈示し、それぞれの終止形の構造と心理的終止感の相関を分析し終止度の数値化を行う。この結果をもとに、音楽階層構造モデルの原型に具体的な終止構造を組み入れたモデルを構築する。

(3) 音楽の階層構造モデルの行動実験による検証を行う。次の課題例に示すように、句構造文法のひとつである文脈自由文法 (context free grammar: CFG) に音楽の機能と声の終止度を導入する。このとき、モデルによる階層構造と被験者の階層構造認識の一致度からモデルの検証を行う。必要に応じ、モデルの修正を行う。

(4) 音楽の階層構造モデルの脳波計測による検証を行う。行動実験により検証・修正を行った音楽階層構造モデルをもとに、階層構造認識の脳波計測を行う。これまでの先行研究では、音楽の文法認識に関する脳機能計測は、主に機能と声の逸脱による脳活動の違いをもとに、関連する脳内処理の時空間的分析が行われてきた。しかし本研究では、これまでの予備実験において機能と声の逸脱を行うことなく、終止度の異なる終止形認識時の脳活動を捉えることに成功している。この手法を用い、行動実験により検証された音楽階層構造モデルをもとに課題を作成し、モデルにより示される音楽階層構造と脳波計測により捉えられる脳活動間の一致度からモデルの検証を行う。これらの研究結果を踏まえ、最終的に終止度を基盤とした音楽階層構造認識モデルを完成させる。

(5) 音楽の他の要素による影響も取り入れた、ヒト認知に基づく音楽階層構造の体系化を行う。終止度を基盤とした音楽階層構造認識モデルは、基本的に機能と声に基づき構築されており、時間的要素は均一になるよう配慮されている。このモデルの完成後周波数情報に基づく機能と声の要素に加え、時間情報に基づくリズム・拍の要素の取り込みを試みる。それぞれの要素の効果は独立した処理に基づく予想されることから、まず時間的要素が終止形による終止度に与える干渉効果について、心理実験を開始する。干渉効果の数値化を行い、それを基にすでに完成したモデルへの導入および検証を行う。

4. 研究成果

(1) **平成 23 年度** これまでの心理学的手法を用いた研究を継続して行った。具体的には、聴取者に連続する機能と声に埋め込まれた終止形認識課題を呈示し、それぞれの終止形の構造と心理的終止感の相関を分析し終止度の数値化を行った。その結果、終止形構造に基づき、心理学的な終止度の強さに違いがあることが示された。この結果をもとに、音楽階層構造モデルの原型に具体的な終止構造を組み入れたモデルの構築、および行動実験による修正を行った。

(2) **平成 24 年度** 音楽階層構造モデルの行動実験による検証、及びその脳波計測による検証を行った。まず昨年度までの結果をもとに、終止構造をより詳細な構造に分類し、終

止構造カテゴリーと引き起こされる終止度との関係の分析を行った。その結果、終止構造を構成する楽音のうち、音高が最も高い楽音と音高が最も低い楽音、および機能と声による和音の分類が終止度に影響を与えていることが分かった。より強い終止度をもつ終止形により、音楽情報はよりはっきりと分節化され、その結果、より大きな音楽のまとまりを形成すると考えられる。さらに行動実験を繰り返し、モデルの単純化を行った。また、上記の結果に基づき、強さの異なる終止度をもつ終止構造を組み合わせた楽曲を作成し、音楽のまとまりを認識する際の脳波計測と分析を行った。その結果、大きなまとまりを形成する強い終止度をもつ終止形認識時には、終止構造の最終和音呈示前に、次の和音を期待する陽性の脳活動を前頭部に表出することが明らかとなった。また、はっきりとしたまとまりを形成しにくい弱い終止度を持つ終止形認識時には、期待の脳活動は表出せず、終止構造認識時に前頭から頭頂部に陽性の脳活動を表出した。脳機能解析の結果は、平成 24 年度日本音楽知覚認知学会秋期研究発表会および平成 24 年度日本認知科学会でそれぞれ口頭発表を行った。

(3) **平成 25 年度** 聴取者に連続する機能と声に埋め込まれた終止構造認識課題により終止形の構造と心理的終止感の相関を分析して終止度の数値化を行った。さらに、音楽階層構造モデル構築およびその認識時の脳活動の脳波計測と分析を行った。その結果、終止構造の和音連結パターンと旋律の組み合わせにより異なる終止度を持つ終止構造を構築できること、より強い終止度を持つ終止構造聴取時には、終止構造を完成し音列のまとまりを構成するための最終和音呈示を期待する脳活動が現れることを明らかとした。本研究結果は、平成 25 年度日本神経科学大会で口頭発表を行った。また、NeuroReport 誌に研究論文として投稿し受理され、2014 年 7 月 9 日号にて出版の予定である。この研究結果の図は、NeuroReport 誌の表紙に掲載の予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Shibayama T., Terasawa H., Ohmura H., Hoshi-Shiba R., Hamano T., Fukino M., Okanoya K., Furukawa K., What We Listen to with Music - Seeking a General Theory of Musical Emotion with the Aid of the Humanities Perspectives, The Asian Conference on Arts and Humanities Official Conference Proceedings、査読有、Vol. 1、2011、pp. 330-337
Hoshi-Shiba R., Sun F., Ablá D., Okanoya K., Neural correlates of

abstract rule learning: An event-related potential study、Neuropsychologia、査読有、Vol.50、2012、pp.2617-2624

DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.01

寺澤洋子、星 柴玲子、柴山拓郎、木村英史、古川聖、牧野昭二、岡ノ谷一夫、身体機能の統合による音楽情動コミュニケーションモデル、認知科学、査読有、Vol.20、2013、pp.112-129

大村英史、柴山拓郎、寺澤洋子、星(柴)玲子、川上愛、吹野美和、岡ノ谷一夫、古川聖、音楽情動研究の動向 歴史・計測・理論の視点から (総説)、日本音響学会誌、査読有、Vol.69、2013、pp.467-478

Reiko Hoshi-Shiba、Kiyoshi Furukawa、Kazuo Okanoya、Neural correlates of expectation of musical termination or cadence.、NeuroReport、査読有、Vol.25、2014、pp.743-748 (表紙に抜粋)

DOI: 10.1097/WNR.000000000000160

[学会発表](計7件)

Shiba R.、Sun F.、Abla D.、Okanoya K.、The neural correlates of abstract rule learning: An event-related potential study、The 34th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society -Neuroscience of the Mind-、2011/9/16、Yokohama、Japan

Hoshi-Shiba R.、Sun F.、Suzuki K.、Abla D.、Okanoya K.、The abstract rule learning in human and non-human animals、The 9th International Conference on the Evolution of Language、2012/3/13、Kyoto、Japan

Hoshi-Shiba R.、Nonaka Y.、Nito H.、Ustumi A.、Mizuno K.、Mukai Y.、Okanoya K.、Infants' own-cry perception for language acquisition、The 9th International Conference on the Evolution of Language、2012/3/14、Kyoto、Japan

Hoshi-Shiba R.、Nemoto I.、Auditory processing of musical intervals with unpleasant emotion、The 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society、2012/9/18~2012/9/21、Nagoya、Japan

星-柴玲子、古川聖、岡ノ谷一夫、音楽階層構造の基盤となる終止構造認識の心理および生理学的検証、音楽知覚認知学会/音響学会音楽音響研究会、2012年11月10日~2012年11月11日、東京

Hoshi-Shiba R.、Furukawa K.、Okanoya K.、Neural correlates of the perception of musical cadence、The 36th Annual Meeting of the Japan

Neuroscience Society、2013/6/20~2013/6/23、Kyoto、Japan

[図書](計1件)

星(柴)玲子、柴山拓郎、「演奏を可能とする脳のメカニズム」、演奏を支える心と科学、第5章、p97-124、(原著 The science & psychology of music performance, Richard Parncutt & Gary E. McPherson, New York: Oxford University Press, 2002)、誠信書房、平成23年9月発行

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.brain-dreams-music.net>

6. 研究組織

(1)研究代表者

星 玲子(柴玲子)(Reiko Hoshi-Shiba)

東京電機大学・情報環境学部・研究員

研究者番号：90291921

(2)研究分担者

古川 聖(Kiyoshi Furukawa)

東京芸術大学・美術学部・先端芸術表現科

研究者番号：40323761