

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540145

研究課題名(和文) 音楽的緊張感の計算モデル：和音の生起順序に対する脳応答の研究

研究課題名(英文) Mathematical and Computational Analysis of Context Effects on Musical Expectancy: Chord Sequences and Brain Activities

研究代表者

中島 祥好 (Nakajima, Yoshitaka)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：90127267

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：音楽理論によれば、次にどのような和音が生起するかという期待、すなわち和声的期待は調性に関する知識の働きによると考えられている。しかしそのように考える場合、特定の調に行きつかないような短い和音の列をどのように解釈するかが難しくなる。本研究においては、先行する和音、和音列が和声的期待におよぼす効果について研究を進め、計算理論の立場から確率モデルを導入した。また、拍節構造が付点リズムの知覚に影響するかを調べたが、その影響は限られたものであった。最後に、音楽知覚の原理について文献に現れるデータに基づいて考察を行った。音脈形成の多義性、時間的規則性、調性の三つが音楽知覚にとって本質的であることを論じた。

研究成果の概要(英文)：In music theory, expectancy for an upcoming musical chord, harmonic expectancy, had been supposed to be based on automatic activation of tonal knowledge. Short chord sequences which cannot lead to unique keys are difficult to interpret in this case. We examined effects of a preceding chord or preceding chords on harmonic expectancy from a computational perspective, using stochastic modeling. We also investigated how beat structures affect the perception of dotted rhythms, but the observed effects were limited. Finally, principles of music perception were examined based on previous data in the literature. Ambiguity of auditory stream formation, temporal regularity, and tonality turned out to be essential in music perception.

研究分野：知覚心理学

キーワード：音楽知覚 音楽的期待 和音進行 計算モデル 音脈 時間的規則性 調性

1. 研究開始当初の背景

音楽の知覚、認知に際して、次に何が生ずるかを予測することから独特の緊張感が生ずる。この緊張感は音楽経験の本質に関するものである。リズム、メロディー、和声に関して、このような観点から実証的な研究を行うことは重要である。それまでに生じた事象系列から、次にどのような事象が予測されるかを推測し、次の事象が実際に生じたところで、さらにその次の事象がどのように予測されるかを推測するという形で、音楽の知覚、認知をモデル化することは特に重要である。

2. 研究の目的

音楽を聴く際に生ずる緊張や弛緩の知覚は、情動や感情に作用する効果を持つ重要な音楽的要素のひとつである。本研究は、確率モデルを用いた分析を適用することで、情報処理の側面から知覚メカニズムの解明に取り組むことを目的とする。さらに、音楽を聴く際に、直前の文脈が知覚体制化にどのような影響を及ぼすかを調べる。

和音進行により生じる緊張や弛緩の知覚は、情動や感情に作用する効果を持つ重要な音楽的要素のひとつである。本研究は、確率モデルを用いた分析を適用することで、情報処理の側面から知覚メカニズムの解明に取り組むことを特に重視する。

一方では、さまざまな時間的文脈が、そこに含まれる時間間隔の知覚にどのような影響を与えるかについて、これまでに得られた大量のデータを、これまでとは異なる巨視的な観点から分析する。

このような研究に関連付けて、音楽知覚を特徴づけるような知覚体制化があるのかどうかを考察する。

3. 研究の方法

西洋音楽における長3和音が2～4個つながる和音進行について、聴取者に最後の和音がどのくらい直前の文脈に結びついた感じがするかを評定させ、その結果を記述するのに適切な数理モデルがありうるかどうかを検討した。

また、単純なリズム・パターンや、反復される言語音声などを聴取者に聴かせ、音楽リズムの知覚に関して考察を進めた。

研究全体のまとめとして、音楽を聴く際にどのような知覚体制化がなされやすく、音楽において未来に起こることの予測と、予測の破壊とがどのように生じているかを、総合的に考察した。

4. 研究成果

緊張感の知覚要因のひとつと考えられている後続和音に対する主観的な整合性に着

目した心理実験を行った。具体的には短い連鎖和音刺激を呈示し、その最後の和音の主観的な整合性の高さについて評価尺度による回答を求めた。実験課題を実施し、参加者の内的な情報処理に着目して分析を行った。その結果、整合性の高さは、直前の和音との音程と内的な中心和音との音程に基づいて決まっていることが示唆された。この内的な中心和音は音楽理論における主和音と同義であると考えられることから、短い連鎖和音においても曖昧な調が主観的な整合性に影響を与えていると解釈できる。

この結果を踏まえて、和音が呈示されるごとに、聴取者が調性のような内的基準を更新し、これと直前に示される和音とによって、次に来る和音が確率的に予測されるとのモデルを構築した。このモデルから、従来の音楽知覚研究においてプロブ音法などの手法によって得られた調性プロファイル(最後にどの音名の音がよく当てはまるかを示すグラフ)に似たグラフを描きうることが解った。長調や短調などの調が必ずしも明確に生じないような、2～3個の和音がつながる短い系列においても調性の萌芽のようなものが生ずることを示すことができた。内的基準を導入することにより、調性の知覚をより精密に捉えることができ、音楽的緊張感を捉えるモデルが得られた。

付点音符を含むリズムにおいて、楽譜に記載された時価の比率と実際に演奏された音符の物理的な時間長の比率とのあいだに系統的なずれが生ずる現象について知覚実験による検討を行った。すなわち、クリック音を打楽器音のような音に見立てて、聴取者が音の始まりから始まりまでの時間長を調整することにより、「正しい」と聴こえるリズムを作ることを求めた。その結果、記譜上の時価の上で3:1、あるいは1:3となる付点リズムにおいて、対応する物理的な比率がより極端に(1:1から遠く)なるとときに「正しい」と感ぜられる傾向が見出された。1:3の比率については、4分の2拍子のリズム・パターンにおける2小節目冒頭において、それよりも後の位置に比べて、記譜上の比率と物理的な比率とのくい違いが小さくなることを見出された。しかし、この傾向は条件の組合せによっては得られない場合もあり、今のところ限定的なものであると考えている。

第2年度に和声に関する研究が当初の目的に即してほぼ完成したので、最終年度には音楽のリズムに重点を置いて研究を行った。特に、規則的な時間パターンがごく短い音によって反復して呈示されるときに、反復とともにリズムの知覚がどのように変化するかを、聴取者が楽譜に示したリズムを作るために、音符の始まりから次の音符の始まりまでの時間長を調整することができるような手続きによって調べた。その結果、先行する時間間隔によって、その後に表示される物理的に少し長めの時間間隔が過小評価されるこ

とがあるという「時間縮小錯覚」の影響が見られ、この錯覚現象が音楽のリズムを模したやや複雑なリズム・パターンにおいても生ずることが判った。さらに、音声の一部を切りとって何度もくり返して呈示することによって、その音声に歌であるように聴こえるという「歌化錯覚」が、日本語音声に関しても生ずることを確かめた。全体として、音楽の知覚において反復が重要な役割を果たしていることが認められた。

これまでに得た知見と、過去の知見とを総合し、さらに実際の音楽を分析することによって、音楽における緊張感がどのような仕組みによって生ずるかについて考察した。その結果、音脈形成における多義性、時間的規則性の枠組みからの逸脱、調性の枠組みからの逸脱が緊張感を生ずることが多いとの見解に達した。そこで、これを示すための聴覚デモンストラーションを作成し、国際学会における音楽心理学に関するシンポジウムにおいて発表した。

5. 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Takuya Kishida, Yoshitaka Nakajima, Kazuo Ueda, Gerard B. Remijn (2016). Three Factors Are Critical in Order to Synthesize Intelligible Noise-Vocoded Japanese Speech, *Frontiers in Psychology*, 7, 517, 1-9.

Satoshi Morimoto, Gerard B. Remijn, Yoshitaka Nakajima (2016). Computational-Model-Based Analysis of Context Effects on Harmonic Expectancy. *PLOS ONE* 11(3), 1-17.

[学会発表](計 13 件)

Gerard B. Remijn, Yushiro Tsubaki, Kazuo Ueda, Yoshitaka Nakajima (2014). Auditory Reorganization of Gliding Tones in Different Frequency Ranges. 13th International Conference for Music Perception and Cognition. 2014年8月4日

Emi Hasuo, Kazuo Ueda, Takuya Kishida, Haruna Fujihira, Satoshi Morimoto, Gerard B. Remijn, Kimio Shiraishi, Shozo Tobimatsu, Yoshitaka Nakajima (2014). Duration Perception of Filled and Empty Intervals--A Study with Magnitude Estimation and Electroencephalography. 13th International Conference for Music Perception and Cognition.

2014年8月5日

Satoshi Morimoto, Gerard B. Remijn, Yoshitaka Nakajima (2014). Computational Model-Based Analysis of Context Effects on Chord Processing. 13th International Conference for Music Perception and Cognition.

2014年8月7日

Yoshitaka Nakajima, Takayuki Sasaki, Kazuo Ueda, Gerard B. Remijn (2014). Auditory Grammar in Music. 13th International Conference for Music Perception and Cognition.

2014年8月8日

中島祥好 (2016). 音楽聴取における知覚体制化. 第18回日本ヒト脳機能マッピング学会(招待講演).

2016年3月8日

Kunito Iida, Yoshitaka Nakajima, Kazuo Ueda, Gerard B. Remijn (2016). Effects of the Duration and the Frequency of Temporal Gaps on the Subjective Distortedness of Music Fragments. 14th International Conference for Music Perception and Cognition.

2016年7月6日

Chinami Onishi, Yoshitaka Nakajima, Emi Hasuo (2016). The Perception of a Dotted Rhythm Embedded in a Two-Four-Time Framework. 14th International Conference for Music Perception and Cognition.

2016年7月6日

Asuka Ono, Yoshitaka Nakajima, Kazuo Ueda, Gerard B. Remijn (2016). The Speech-to-Song Illusion in Japanese. 31st International Congress of Psychology.

2016年7月25日

Yoshitaka Nakajima, Mizuki Matsuda, Erika Tomimatsu, Emi Hasuo (2016). Perceptual Contrast Between Two Short Adjacent Time Intervals Marked by Clicks. 31st International Congress of Psychology.

2016年7月26日

Hiroaki Yano, Yoshitaka Nakajima, Kazuo Ueda, Gerard B. Remijn (2016). The Effect of Sound on Visual Grouping in a Multi-Stable Stimulus. 31st International Congress of Psychology.

2016年7月27日

Yoshitaka Nakajima (2016). Principles of Music Perception. 31st International Congress of Psychology. 2016年7月28日

Jun Yu, Yan Pei, Hideyuki Takagi (2016). Accelerating Evolutionary Computation Using Estimated Convergence Point. 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation
2016年7月

Yoshitaka Nakajima (2016). Perceptual Interactions Between Adjacent Time Intervals Marked by Sound Bursts. 5th Joint Meeting: Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan. (招待講演)
2016年11月30日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 祥好 (NAKAJIMA, Yoshitaka)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：90127267

(2) 研究分担者

高木 英行 (TAKAGI, Hideyuki)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：50274543

REMIJN, Gerard B.
九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授
研究者番号：40467098

(3) 研究協力者

上田 和夫 (UEDA, Kazuo)
九州大学・大学院芸術工学研究院・准教授
研究者番号：80254316

蓮尾 絵美 (HASUO, Emi)
日本学術振興会・特別研究員
東京電機大学・研究員
研究者番号：60725969

富松 江梨佳 (TOMIMATSU, Erika)
日本学術振興会・特別研究員
研究者番号：20584668

森本 智志 (MORIMOTO, Satoshi)
九州大学・大学院生