

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 6 月 26 日現在

機関番号：33302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16078

研究課題名(和文)テンション和音聴取時の音楽的期待感の解明

研究課題名(英文)A Study on Effects of a Variety of Voicings on Musical Expectancies

研究代表者

江村 伯夫(EMURA, Norio)

金沢工業大学・情報フロンティア学部・准教授

研究者番号：80590174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、テンション和音聴取時に惹起される次の和音に対する音楽的期待感を、協和・不協和判断課題遂行中の反応時間や正答率、および聴覚誘発脳磁界反応によってどのように説明し得るかにについて明らかにするものである。

実験の結果、音楽的専門教育を受けた実験参加者群は、ヴォイスングの複雑さの増加に伴って反応時間の増加と聴覚誘発脳磁界反応N1mのピーク振幅の増大が見られたのに対し、その他の実験参加者群には、それらの間にシステマティックな相関関係は見られなかった。これらのことから、テンション和音聴取時の音楽的期待感には、個々のヴォイスングの音色に対するラベリング能力の影響を強く受けることを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、和音プライミングにおける一連の研究で実施されてきた協和・不協和判断課題遂行中の聴覚誘発脳磁界反応を計測することにより、これまでに示されてきた両者の研究結果の関連について明らかにしようとした点において学術的意義が認められる。実験の結果、協和・不協和判断課題遂行時の反応時間と聴覚誘発脳磁界反応N1mのピーク振幅との間に有意な相関関係が見られたことから、心理学的指標と生理学的指標との間に何らかの関係があることを示唆するものであると考えられ、本研究成果が、人の音楽知覚認知メカニズム解明の一助になることが期待される。

研究成果の概要(英文)：It is known that chord progression and expectancy is reflected in the response time in determining whether the next chord is consonant/dissonant. To explore how various voicings influence chord progression and expectancy, this study measures response times and auditory evoked magnetic fields(AEMF) while subjects are engaged in consonant/dissonant judgment tasks. We find that for subjects with years of musical training, the response times as well as N1m peak amplitudes of AEMF both increase with voicing complexity, but for subjects without any musical training, no systematic correlation between these variables can be observed. The difference between these two groups is attributed to knowledge and capability of musicians to label the timbre of different voicings. This suggests that chord progressions and expectancies with different voicings is reflected in N1m peak amplitudes when listening to chord sequences as well as the response times to consonant/dissonant decision tasks.

研究分野：音楽知覚認知

キーワード：音楽的期待感 テンション和音 プライミング効果 反応時間 正答率 音楽理論 聴覚誘発脳磁界反応

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ポピュラー音楽は、調性と呼ばれる音楽的秩序に基づいて構成されている。調性は、ある中心的な役割を担う音とそれに対して従属関係にある音の継時的な連なりによって確立され、この関係から大きく外れた音が存在すると、音楽として違和感を覚えたり調子外れであると感じる。これは、調性が確立することによって形成される音楽の時間構造において、人が無意識的に次の音に対する何らかの音楽的期待を抱くためであると考えられ、これを音楽的期待感 (Musical Expectancy) と呼ぶ。音楽的期待感は人の音楽聴取メカニズムを解明する上で重要な現象の一つとして古くから科学研究の対象とされてきた。

音楽的期待感を和音聴取時のプライミング効果によって説明しようと試みた研究が散見される。Bharucha らは、2つの和音を経時的に聴取したときに後続和音が協和か不協和かを判断する「協和・不協和判断課題」を実施した結果、先行和音との調性的近親関係が強い(期待度が大きい)ほど判断に要する時間が短くなることを発見し、和音の音楽的期待感が後続和音に対する反応時間に表れることを示唆している(図1参照)。そして、単一の和音は後続和音に対する音楽的期待感を惹起し、和音に対する処理が速くなるというプライミング効果の存在を明らかにしている[1]。Bharucha らの研究は、和音プライミングの研究におけるパイオニアとして広く認知され、この後様々な研究が行われるようになった。例えば Bigand らは、先行和音に複数の和音で構成される和音列を用い、大域的な音楽的文脈における和音プライミングの効果について調査している[2]。

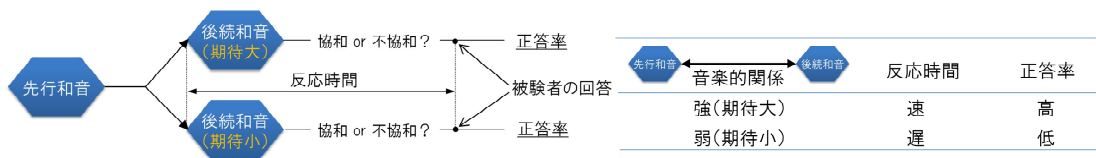


図1 Bharucha らによる和音プライミングの調査実験の概要  
(左図は実験における和音呈示スキーマ、右表は実験結果をそれぞれ表す)

一方で、近年、和音や旋律といった音楽刺激聴取時の脳磁界計測実験が盛んに行われきている。玉城らは、4つの和音で構成される簡単なケーデンス(音楽的意味を持つ和音列)を用い、和音列聴取時の聴覚誘発脳磁界反応 N1m (刺激音呈示から潜時約 100ms に見られる MEG 成分)を計測している。彼らは、呈示和音の周波数成分や音圧などの物理的要因と、音楽的な進行感・期待感などの内因性要因の両者が N1m の振幅に及ぼす影響について言及しており、特に内因性要因が N1m のピーク振幅に関係していることを示唆している[3]。

しかしながら、Bharucha らをはじめとする和音プライミングの研究結果と、脳磁界計測実験による研究結果との関連性について明らかにした研究報告はない。また、これらの研究は、古典音楽に見られる比較的響きの単純な和音(3和音)を対象としており、現在のポピュラー音楽に見られる非和声音を用いた複雑で色彩豊かな響きの和音については言及されていない。ポピュラー音楽では、非和声音のいくつかを和声音と組み合わせることで和音を構築することにより、和音の音楽的機能を保持したまま多彩な響きを演出する「テンション和音」と呼ばれる和音が多用され、その微細な響きを利用して音楽の和声的色彩感を表出しており、したがって、より実践的な和音に対する音楽的期待感について言及するためには、テンション和音を対象とした実験デザインを考案することが求められる。

### 2. 研究の目的

本研究における目的は、テンション和音聴取時に惹起される音楽的な期待感を、協和・不協和判断課題遂行時の反応時間や正答率、および聴覚誘発脳磁界反応のデータからどのように説明し得るのかについて明らかにすることである。すなわち、和音プライミングを脳活動計測によるアプローチから調査し、これが音楽的期待感とどのような関係にあるのかについて言及する。さらに、音楽理論に記載されているテンション和音の構築に関する方法論と実験データの関係について調査することにより、音楽理論における記載事項が人の心理学的、あるいは生理学的指標とどのような関係があるのかについて明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究では、和音聴取時の音楽的期待感が後続和音に対する「協和・不協和判断課題」の反応時間や正答率に表れることを利用し、課題遂行中の反応時間と正答率および聴覚誘発脳磁界反応を測定する実験を実施する。

具体的には、複数の和音で構成されるケーデンスにおいて、先行和音(最終和音から1つ前に配置したドミナントの和音)に音色(協和度)の異なる複数のテンション和音を配置し、後続和音(最終和音であるトニックの和音)に協和音あるいは不協和音(Augmented Chord)を配

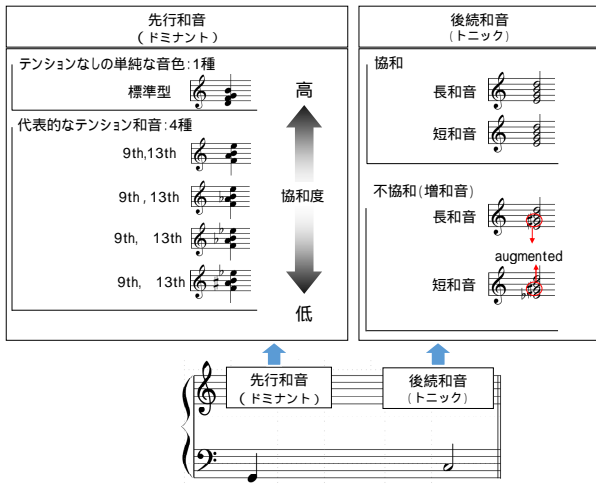


図2 実験に使用するテンション和音

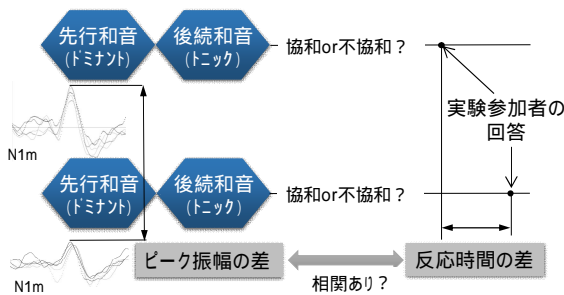


図3 本研究における実験デザインの概念図

音間のプライミング効果を調査した。実験2では、複数のテンション和音によって構成される和音列を用いた実験を実施し、音楽的文脈が音楽的期待感に与える影響について調査した。

#### 実験1 単一和音による音楽的期待感の調査

主要な和音の機能のうちドミナント（属和音）はそれ自体に内包する不協和音程（Tritone）によって音楽的期待感を惹起することが知られているが、非和声音であるテンションを付与することによりさらに強い音楽的期待感を惹起する。ここでは、ドミナントにおけるテンション和音の協和度と音楽的期待感との関係について Bharucha らの実験方法に基づいて調査した。具体的には、2つの和音を継時的に呈示した時の後続和音に対する協和・不協和判断課題を実施し、先行和音に用いられたテンションの組み合わせが後続和音に対する反応にどのような影響を与えるのかを調査した。

ドミナントの和音には、協和度の高いものから順に、テンションを用いない標準的な和音1種、代表的なテンション和音4種の計5種を用いた。トニックの和音には協和音と不協和音の計2種を用いた（図2参照）。実験参加者は、男性23名、女性5名の計28名（いずれも健聴者）である。このうち、音楽の専門教育を受けた参加者（Musician群）は14名であった。なお、実験を始める前に、全参加者に対して和音の協和・不協和識別試験を行い、正答率が80%を超える参加者のみに実験を実施した。実験では、二つ目に呈示される和音が「協和」であるか「不協和」であるかを、実験参加者の手元に用意した回答用ボタンを用いて判断させた。実験参加者には、2つ目の和音が聴こえたらできる限り速く正確に協和・不協和の判断を行うよう教示した。なお、本実験を始める前に20問の練習課題を実施し、参加者に実験の要領を理解させた。

実験の結果、Musician群においてはドミナントの協和度が低下するにつれ反応時間が速くなる傾向が見られた。Non-musician群においては有意な差はないもののおおむね Musician群と同様の傾向が見られた。

#### 実験2 音楽的文脈による音楽的期待感の持続性の調査

実験1の結果よりテンションの付与により次の和音への強い音楽的期待感が惹起されるならば、そのような和音が継時的に連続する和音列によってより強い音楽的期待感が惹起されると考えられる。さらに、これは音楽的文脈を構成する和音数の増加に比例すると推測できる。ただし、当然どこかでサチュレーションが起きるはずである。そこで、実験2では、音楽的文脈を構成する和音の数と音楽的期待感の持続性との関係について調査した。

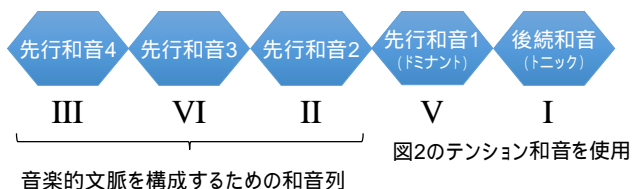


図4 音楽的文脈を構成する和音列のデザイン

置ることにより、ドミナントのテンション和音がトニックへの進行感・期待感に対してどのような影響を及ぼすかを調査する（図2参照）。実験参加者には、後続和音（トニック）が聴こえ始めたらその和音が協和であるか不協和であるかを手元に用意したスイッチを押すことによって回答させる。このタスクを磁気シールドルーム内で実施し、先行和音聴取時に誘発するN1mと、和音が呈示されてからスイッチを押すまでの反応時間を計測する。和音プライミングの実験では、先行和音を聴取することによって惹起される音楽的期待を、後続和音に対する協和・不協和判断に要する反応時間によって説明できるとしているが、これが先行和音聴取時のN1mのピーク振幅と強い相関があるのならば、和音聴取時の音楽的期待をN1mによって説明できると考えられる（図3参照）。

#### 4. 研究成果

##### (1) 予備実験 和音列聴取時における音楽的期待感の調査

本実験の呈示和音列を適切にデザインするために、予備実験として和音列聴取時における音楽的期待感について調査した。まず、実験1では、種々のテンション和音が音楽的期待感や進行感に与える影響について、最も単純なモデルとして1対の和

音間のプライミング効果を調査した。実験2では、複数のテンション和音によって構成される和音列を用いた実験を実施し、音楽的文脈が音楽的期待感に与える影響について調査した。

和音進行には、ポピュラー音楽において頻繁に見られるいわゆる「サン・ロク・ニ・ゴ・イチ」と呼ばれ



る簡単なケーデンスを用いた。この進行を基に、音楽的文脈を構成する和音の数を3和音から5和音まで設けた(図4参照)。呈示和音列は計420種である。実験参加者にはこれらの和音をランダムに呈示し、最後に呈示された和音に対する協和・不協和の判断を専用のスイッチを用いて回答させた。その他実験環境等は実験1と同様である。

文脈を構成する和音数別の反応時間を平均し、標準化したものを図5に、和音数別の正答率を図6に示す。図5より、文脈を構成する和音数が多いほど反応時間が減少する傾向にあり、これは先行研究の結果を支持するもので妥当であるといえる。さらに下位検定(Tukey's HSD Test)の結果、2~4和音間で有意な差が見られたのに対し、4和音と5和音の間には有意差が見られなかったことから、和音列を構成する和音数が多いほど音楽的期待感が高まるが、その持続性は4和音で飽和するということが示唆される。正答率については有意な差は見られなかったが、反応時間と正答率との間に相関関係が見られた。

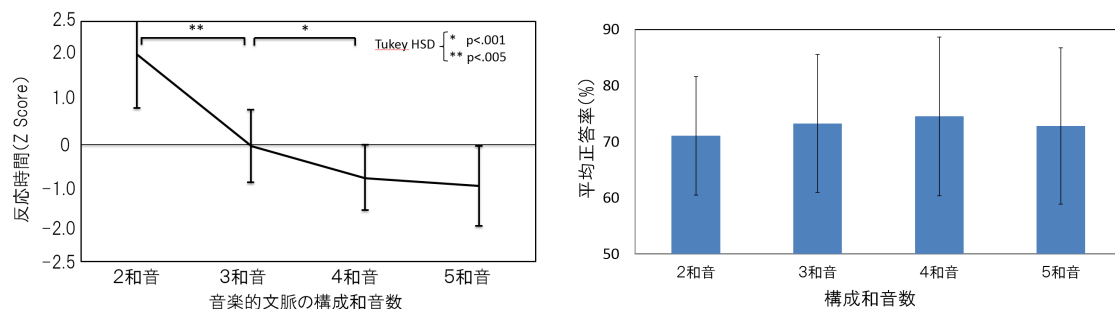


図5 音楽的文脈を構成する和音数別の反応時間(左)および正答率(右)

## (2) 反応時間・正答率と聴覚誘発脳磁界反応との関係の調査

予備実験を通して、音楽的文脈を構成する和音数と音楽的期待感との関係を明らかにした。この結果を踏まえ、ここでは「3.研究方法」で述べた方法により、ドミナントのテンション和音がトニックへの進行感・期待感に対してどのような影響を及ぼすかについて調査する。

### 呈示和音列

実験2の結果より、5つの和音で構成される和音列を対象とした。ただし、調査結果が特定の音楽的文脈に依存しないことを確かめるため、和音列(楽曲)を2種用意した(図6: Seq. A, Seq. B)。また、呈示和音列の調の影響を調査するために、基準となる調(C-Major)とその属調、下屬調、半音上の調、および半音下の調の5調を用意した。呈示和音列の総数は、トニック和音の協和・不協和2種×ドミナント和音のテンション5種×楽曲2種×調5種の計100種である。

### 実験手続きおよび実験参加者

和音列は、Etymotic社のinsert earphone “ER2™”を用いて実験参加者の両耳に呈示し、課題遂行中における聴覚誘発脳磁界反応は、122ch全頭型DC-SQUID磁束計“Neuromag-122™”を用いて計測した(図6参照)。体動によるMEGデータへの影響を抑えるため3pTを超えるエポックを加算から除外し、ドミナントにおける各テンション和音の加算回数が20回以上になるまで記録した。計測したMEGデータは、オフラインで帯域フィルタ(1-40Hz)を掛け、和音列呈示前200msを用いて基線補正を行った。その他の実験参加者へのタスクは実験1,2と同様である。なお、実験参加者にはあらかじめ20試行の訓練課題を実施し、課題の遂行に十分に慣れてもらった上で、本実験を行った。

Chord Name: Em7 A7 Dm7 G7 CM7  
Function: T(s) Sec.D SD(s) D T  
(ドミナント) (トニック)

Seq. A

Chord Name: Em7(b5) A7 Dm7 G7 CM7  
Function: Sec.D SD(s) D T

Seq. B

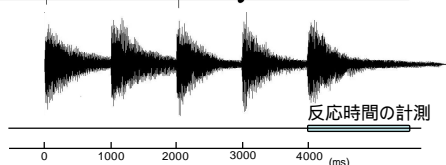


図6 呈示和音列

実験参加者には聴覚健常者7名を用いた。これらのうち、音楽的専門教育を長期に渡って受けた者3名をMusician群、それ以外をNon-musician群とする。

### 実験結果

#### ・反応時間および正答率

各実験参加者グループにおける協和・不協和判断課題の結果を図7、図8にそれぞれ示す。Musician群では、テンション和音の協和度の低下に伴って反応時間が増加し、正答率が減少する傾向が見られる一方で、Non-musician群には、反応時間においてMusician群と同様の傾向が見られるものの、正答率においてはテンション和音の協和度との相関は認められなかった。

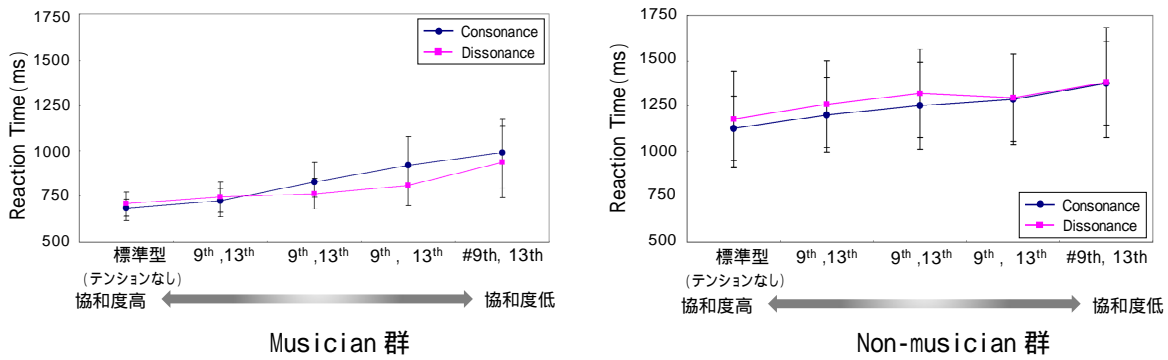


図7 協和・不協和判断課題における反応時間

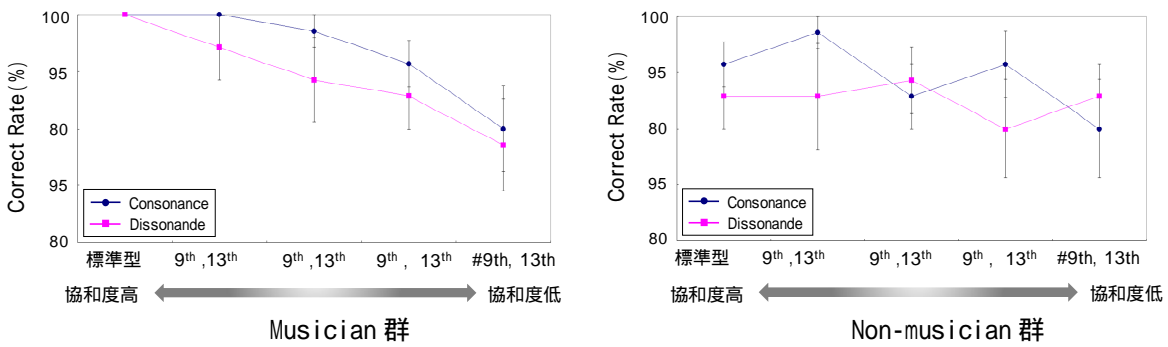


図8 協和・不協和判断課題における正答率

・聴覚誘発磁界反応 N1m

ドミナントにおける各テンション和音に対する聴覚誘発脳磁界反応 N1m のピーク振幅を図 9 に示す。Musician 群においては、テンション和音の協和度の低下に伴って、N1m 振幅の増大が認められる。Non-musician については、テンション和音の協和度と N1m 振幅の大きさにシステマティックな相関は認められないものの、協和度の高い標準型と最も協和度の低いテンション和音との間に有意な差が見られた。

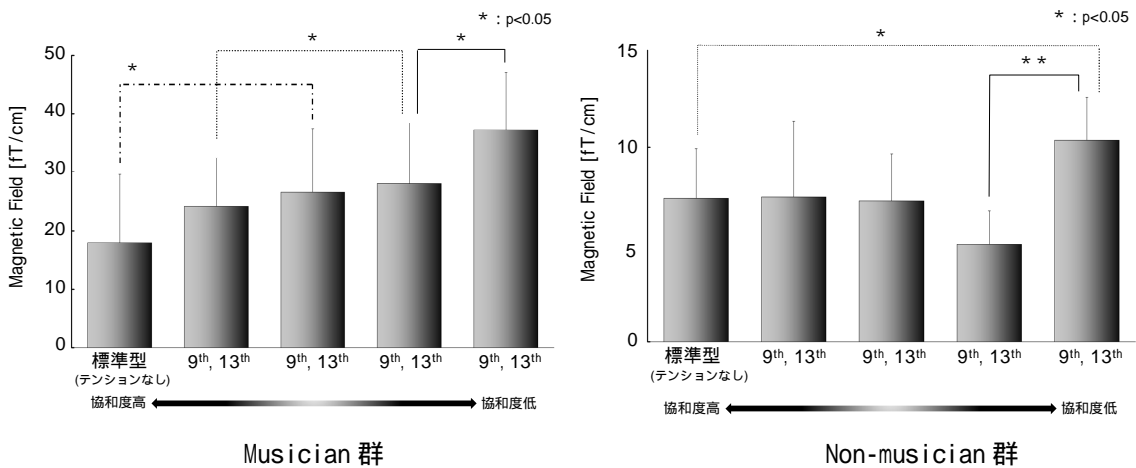


図9 テンション和音間の N1m ピーク振幅の比較

考察

反応時間および正答率の結果より、少なくとも Musician 群についてはテンション和音の協和度がトニックへの進行感・期待感に影響を及ぼしていると考えられる。テンション和音の協和度と N1m 振幅の間にも有意な相関が認められており、トニックへの進行感・期待感が N1m にも反映されていると考えられる。Non-musician 群についても、反応時間において Musician 群と同様の傾向が認められる。また、N1m 振幅においてもテンション和音の協和度が極端に異なる場合には有意差が確認されているものの、Musician 群のようなシステマティックな傾向は確認できなかった。これは、Musician 群が個々のテンションによる和音の音色（協和度）を知識として明確にラベリングしているのに対し、Non-musician 群ではテンション和音による微妙な和音の音色が明確にラベリングできていないことに起因していると考えられる。

本研究の結果は、種々のテンション和音の進行感・期待感が、和音列聴取時の N1m 振幅の大きさや協和・不協和判断課題遂行中の反応時間に表れること、さらにこれらを指標として和音の進行感・期待感を定量的に表現可能であることを示唆している。

### (3) まとめ

本研究では、テンション和音聴取時に惹起される音楽的な期待感を心理学および生理学的指標から定量的に調査すること目的とし、協和・不協和判断課題遂行時の反応時間や正答率および聴覚誘発脳磁界反応を測定した。結果、テンション和音の協和性が協和・不協和判断課題遂行中の反応時間や和音列聴取時の N1m のピーク振幅に反映されることを示唆した。本研究成果が、人の音楽知覚認知メカニズムの解明の一助になることを期待する。

#### <引用文献>

- [1] J. J. Bharucha and K. Stoeckig, Reaction Time and Musical Expectancy: Priming of Chords, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, Vol. 12, No. 4, Pp. 403-410, 1986.
- [2] Bigand, E., & Pineau, M., Global context effects on musical expectancy, *Perception & Psychophysics*, 59, Pp. 1098-1107, 1997.
- [3] 玉城祐二ら, 和音列の聴取に関わる内因性の要因による聴覚性脳磁界反応の変化, *生体医工学*, 45, Pp. 307-312, 2007

### 5. 主な発表論文等

#### [雑誌論文](計 1件)

宮丸友輔、江村伯夫、山田真司、ポピュラー音楽のドラムス演奏におけるグルーブ感の研究、*日本音響学会誌*、査読有、73巻、2017  
[https://doi.org/10.20697/jasj.73.10\\_625](https://doi.org/10.20697/jasj.73.10_625)

#### [学会発表](計 7件)

竹田凌、江村伯夫、山田真司、ブラックミュージックにおけるレイドバック歌唱に関する考察、*日本音響学会音楽音響研究会*、2018  
斎藤桐、江村伯夫、山田真司、ジャズのベース演奏におけるスウィング感と演奏特徴量との関係、*日本音響学会 2018 年秋季研究発表会*、2018  
宮丸友輔、江村伯夫、山田真司、ポピュラー音楽におけるドラムス演奏のグルーブ感とテンポとの関係、*日本音響学会音楽音響研究会*、2017  
宮丸友輔、江村伯夫、山田真司、ポピュラー音楽のベース演奏とドラムス演奏の相互作用がグルーブ感に及ぼす影響、*日本音響学会音楽音響研究会*、2017  
江村伯夫、山田真司、先行和音の協和性が後続和音の印象に及ぼす影響、*日本音響学会音楽音響研究会*、2016  
江村伯夫、足立創、山田真司、和音プライミングにおける妨害性の検証、*日本音響学会音楽音響研究会*、2015  
足立創、江村伯夫、山田真司、音楽的文脈がテンション和音の印象に及ぼす影響について、*日本音響学会音楽音響研究会*、2015

#### [図書](計 1件)

江村伯夫 他、コロナ社、音響キーワードブック、2016、318-319

### 6. 研究組織

#### (1)研究分担者

なし

#### (2)研究協力者

研究協力者氏名：中川 誠司  
ローマ字氏名：(NAKAGAWA, Seiji)

研究協力者氏名：山田 真司  
ローマ字氏名：(YAMADA, Masashi)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。