

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00377

研究課題名(和文)聴覚機構に基づく感覚的協和感モデル

研究課題名(英文)Models of sensory consonance based on auditory mechanism

研究代表者

大西 仁(Ohnishi, Hitoshi)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：40280549

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)：音楽の文脈から独立した感覚的協和感は音楽経験や文化の差異によらない協和感である。また、ヒト以外の哺乳類、鳥類の一部も有する感覚である。ヒトにおける感覚的協和感のモデルは古くから提案されてきたが、単純な複合音にしか適用できるものしかなかった。また、動物の協和感に関する実験はヒトに関するそれと比べると粗いものであった。そこで、(1)ヒトにおける楽音も含む感覚的協和感の数理モデルを構築した、(2)ヒト以外の動物におけるより詳細な協和感を測定するため、並列連鎖式選好試験、ベイズ統計モデルによる強化スケジュール下でのオペラント行動の分析法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音は音楽に限らず、環境音、ヒトの声等、我々の生活のあらゆる場面に存在し、協和感は快・不快といった感情、認知に深くかかわっている。従来の不協和度推定モデルは単純な音の不協和度しか推定できず、楽音や自然音という現実世界の音に対して無力であった。本研究で提案するモデルは楽音などの現実世界で意味を持つ音の協和感を推定できるので、音楽研究や感性研究に利用することができる。ヒトの場合、音楽の文脈のない音でも楽器の音色の好みのような音楽経験の影響が入り込んでしまうが、動物ならそのような影響を排除できるので、ヒトでは難しい音楽的協和感研究に切り込むことができる可能性がある。本研究ではこれらの基礎を築いた。

研究成果の概要(英文)：Sensory consonance independent of musical context is a sense of consonance that does not depend on musical experience or culture. It is also a sensation that some mammals and birds other than humans have. Models of sensory consonance in humans have been proposed for a long time, but they could only be applied to simple complex tones. Moreover, in the experiments on the consonance in animals have not been examined the subtle differences in consonance between stimuli. Therefore, (1) we constructed a mathematical model of the consonance that includes musical sounds in humans, and (2) In order to measure a more detailed consonance in animals, we proposed a parallel chained preference test and an analysis method of operant behavior under a reinforcement scheduling by a Bayesian statistical model.

研究分野：認知科学

キーワード：協和感 聴覚機構 数理モデル オペラント行動 強化スケジュール ベイズ的アプローチ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

感覚的協和感とは音楽の文脈から切り離された音そのものに対する協和感で、音楽経験や文化に依存せず、またヒト以外の動物の一部も成人と同様に協和音を好む傾向を示す。感覚的協和感ヒトを含む動物の聴覚特性に由来して、音楽聴取時に生じる協和感の生物学的基盤をなす。感覚的協和感の理論的研究は古くから行われていて、Sethares (1993, 1999)らにより協和度を推定する数理モデルも提案されている。しかし、これらは単純な複合音のみを対象としており、楽器音等の複雑な複合音の協和感については扱えない。ヒト以外の動物を対象とした複合音の選好実験による協和感測定では、2種類の音程間の選好関係を調べるにとどまっており、ヒト以外の動物も複合音に対しヒトと同様の選好を示すとするには根拠が薄い。

2. 研究の目的

(1) 聴覚機構に基づく不協和度モデル

聴覚機構のモデルを基に協和度を推定するモデルを構築し、より幅広い音に適用できるようにすることを目的とする。具体的には、先行研究で用いられてきた10数種類の周波数の正弦波からなる単純な複合音に加え、楽器音として振幅減衰の速いピアノ音、振幅原水の遅いオルガン音を対象として、ヒトの協和感知覚実験結果に当てはまる数理モデルを開発する。

(2) ヒト以外の動物における協和感

ヒト以外の動物における協和音選好の研究においては、より厳格な測定方法により音の選好特性を明確にする。特に、先行研究のように極端に不協和度に差がある音の選好だけでなく、不協和度の差が小さな音の選好も測定することにより、ヒトの選好特性とどこまで同じで、どこが異なるかを明確にする。

3. 研究の方法

(1) 聴覚機構に基づく不協和度モデル

Plomp and Levelt (1965) は、聴取実験の結果に基づき、2つの純音からなる複合音 (dyad) の不協和度は、周波数差を臨界帯域幅で除した値の関数であるとした。このモデルは2つの純音とそれらの倍音成分からなる単純な複合音の不協和度を精度よく推定したが、楽器音の不協和度は推定できなかった。その理由を次のように考えた。単純な複合音では強く干渉が生じるのは隣接する成分だけで、他の成分は十分に周波数が離れているため、dyadの不協和度の和を複合音の不協和度とできた。一方、楽器音は多数の周波数成分が密に存在する複合音であり、各成分に関して周波数が知覚強く干渉する成分が多数あるので、dyadの不協和度の単純な和を複合音の不協和度を表すことが難しい。すなわち、3成分以上の干渉を考慮することにより、複雑な複合音の不協和度も推定が可能になる。

(2) ヒト以外の動物における協和感

ヒト以外の動物で音の選好を調べる場合、実験箱の中で被験体動物に音を呈示し、被験体が音源に接近すれば、その音を好んでいると判断する素朴な方法は現在でも用いられているが、呈示した音が接近反応を引き起こす保証が無い。そこで、オペラント条件づけの手法を採用する。この方法では、レバー押しのような、被験体が容易に反復して自発できる任意の行動を設定し、その行動を自発した直後に特定の音を呈示する。動物が、その音に対して選好を示せば、レバー押し反応の自発頻度は高くなり、仮に音に対して動物がレバー押し以外の特異的な行動を示したとしても、それはレバーを押しした後になるので、選好の測定には影響を与えない。2つのレバーを設け、それぞれのレバーに対応して異なる音を呈示すれば、2つのレバーの選択率から、それぞれの音に対する選好の程度を定量的に測定することが可能である(並列連鎖式選好試験)。

4. 研究成果

(1) 聴覚機構に基づく不協和度モデル

Plomp and Levelt (1965)のモデルを数式化した Sethares (1999)のモデルをベースとして、複合音の不協和度を dyad の不協和度の単純な和ではなく、それらが相互作用することを仮定した。3成分以上の相互作用をそのまま扱うと計算量が大きすぎるので、不協和度がピークとなる dyad の中心周波数からの距離に応じて dyad の不協和度の複合音全体の不協和度への寄与が変化するという重み付けモデルを考案した。図1に示すように、重み関数は、不協和度がピークとなる dyad の中心周波数からの距離の関数で表される。横軸は不協和度がピークとなる dyad の中心周波数からの距離を影響の及ぶ範囲で除したものである。

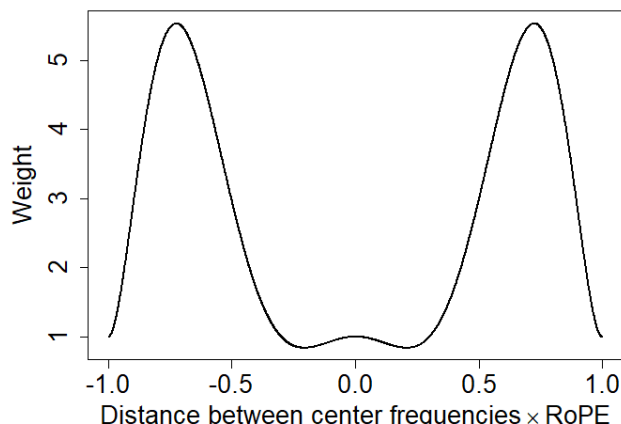


図 1: 提案モデルの重み関数

提案モデルを、ピアノ音色およびオルガン音色の、音高が異なる 12 種類の完全五度音程、音高が異なる 12 種類の短二度音程、完全一度から短二度までの 12 種類の音程(音高 2 種類)に適用した。現在のところ、同時にすべての条件に精度よく当てはまるパラメータの組み合わせは見つかっていない。これは特定の条件において精度よく当てはまる局所最適解に陥っていると考えられる。この問題を回避するためには、実数値遺伝的アルゴリズムや差分進化等の進化計算アルゴリズム、カッコウ探索等の群知能アルゴリズムによるパラメータ推定を適用することが考えられる。

(2) ヒト以外の動物における協和感

ラットを対象とした実験には、2 つの反応レバーを備えたオペラント実験箱を用いた。左右 2 つの反応レバーに、それぞれ独立に変時隔(VI) 30 s スケジュールを設定し、直前の強化子呈示から平均 30 s 経過後の、それぞれのレバーへの最初の反応の直後に 45 mg の食餌ペレットを呈示した。2 種類の方法で刺激音を呈示して選好の変化を調べた。ひとつの方法では、レバー押し反応に対して餌ペレットの呈示を停止し、餌ペレットの代わりに刺激音を呈示した。もうひとつの方法は、訓練時と同様に餌ペレットを呈示し、それと同時に刺激音を呈示した。刺激音の呈示時間(持続時間)は 3 s であった。餌ペレットと共に刺激音を呈示する方法では、刺激音呈示開始 1.5s 後にペレットを呈示した。左右のレバー位置と、刺激音の種類は被験体間でカウンターコントロールし、左右の反応の間には 3 s の交替遅延を挿入し、左右交互に反応することが偶発的に強化されることを防止した。

純音を呈示した群では、完全 5 度音程をより多く選好する個体が現れたが、オルガン音を呈示した群では、短 2 度音程を選好する個体と、完全 5 度を選好する個体に分れた。そして、どちらの群にも刺激音の違いに明確な選好を示さない個体が存在した。一部の個体を除いて刺激音間に明確な選好は認められなかった。このような結果になった原因として、(1) 第 1 段階の刺激音を呈示しない訓練で、2 つのレバーの選択率を完全に 50% にすることは難しく、その訓練に実験期間の大半を費さざるをえなかった。(2) そのため、刺激音を呈示するセッションを十分な長さ継続できなかった可能性がある。次の段階の実験では、刺激音無呈示時の選好を取り除くのではなく、刺激音を呈示するセッションと、呈示しないセッションを交互に反復して、連続する刺激音呈示/非呈示セッションの間で、選好の違いを分析するなどの方法を採用することが望ましいと思われる。

動物の微妙な反応の差を分析するために基本的な強化スケジュールで構成された複合スケジュールを使用した動物実験におけるオペラント行動を対象として、ベイズ的アプローチによるモデリングを行った。ベイズ推定のために統計モデリング言語である Stan を使用し、MCMC 法あるいは変分ベイズ法を実行した。その結果、推定された事後分布をスケジュール間で比較することにより、強化の周期性の有無(固定か変動か)、強化の条件(反応数か経過時間か)、および強化率がオペラント行動に及ぼす効果について確率的に評価することが可能となった。すなわち、ベイズ的アプローチの導入により、強化スケジュール下でのオペラント行動をより厳密に分析できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 古野 公紀
2. 発表標題 単一時間スケジュールがハトのキーつき位置における変動性に及ぼす効果
3. 学会等名 日本行動分析学会第36回年次大会
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
研究分担者	古野 公紀 (Kono Masanori) (60533578)	帝京大学・文学部・助手 (32643)	
研究分担者	望月 要 (Mochizuki Kaname) (80280543)	帝京大学・文学部・教授 (32643)	