

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700194

研究課題名（和文）認知的特徴に着目した音楽構造の創発的設計に関する研究

研究課題名（英文）Emergent design of music structures based on cognitive features

研究代表者

竹中 毅（TAKENAKA TAKESHI）

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・研究員

研究者番号：70396802

研究成果の概要（和文）：人間の身体的・認知的特徴をもとに，既存の音楽に見られる調性や音階，旋律の周期性といった音楽的構造がどのように創発しうるか，という問題を計算機実験と心理学実験，音楽理論との比較，作曲実験によって明らかにした．

研究成果の概要（英文）：This study examined how music structures such as tonality, musical scale, and periodicity of melody can be emerged based on physical and cognitive features, using computer simulations, psychological experiments, comparison with music theories, and human music compositions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：音楽心理学，認知心理学，音楽理論，マルチ・エージェントシミュレーション，創発的シンセシス，

1. 研究開始当初の背景

人間の作曲行為を科学的対象とする事は，背景にある歴史や文化，嗜好の多様性の問題などから，音楽学的にも心理学的にも極めて難しい問題である．現在の音楽教育において最も一般的に用いられている音楽理論は機能と声法と呼ばれ，今から約300年前に確立されたものであるが，そこでは全ての和声（和音）は3つの機能（トニック，サブドミナント，ドミナント）に分類できるとされ，既存の音楽がこれらの機能の結合法則によって成立していることを説明してきた．このような機能的分類は，言語における統語機能的分類を類

推させるものであり，実際，1980年代の人工知能研究の分野においては，チョムスキーの生成文法理論と機能と声法を用いた音楽構造分析のための音楽理論（GTTM）が提案され，現在の音楽情報処理研究においても大きな影響力がある(1)．しかしながら，人間の実際の作曲活動を振り返ると，そのような音楽理論を知らなくても人間は無数の音楽を創造してきたし，それらの音楽理論が説明できる範囲は，西洋調性音楽（西洋古典音楽やポピュラー音楽）の和声に関することだけにとどまっている．また，一般的に音楽理論は音楽を分析するためのものであって，音楽をどの

ように創作するかは、その多くの部分が作曲者の暗黙的な知識に依存している。一方で、世界中の民族音楽には、音階や旋律に、時代や国を越えた多くの共通性が見られることが知られており、そのような共通性が人間のどのような認知的・身体的特徴に基づいて発生し、発展してきたかという問題は、文化人類学的視点を除いて、これまでほとんど検討されてこなかった。申請者はこのような背景から、作曲行為に含まれる暗黙的な知識の問題を創発的視点から明らかにすることを目的として、楽音をエージェントとしたマルチ・エージェントシミュレーションと被験者実験を用いて研究してきた。すなわち、音楽を複雑系の問題として捉えてみると、要素となる音とそれらの時間的・空間的な配置によって実現される楽曲の間には、要素（楽音）と全体（楽曲）の循環関係による創発的図式を想定する事ができる。また、配置された楽音はそれぞれが独立ではなく、人間の身体的・認知的特徴に基づく相互依存的関係にある。従って、作曲を創発現象と捉え、シンセシスの視点から理解する事は、従来の楽曲分析や作曲活動の心理学的理解というアナリシスの視点において困難であった暗黙的領域の問題、すなわち楽曲に含まれる音楽的秩序や構造が人間のどのような認知的・身体的特徴に基づいて創発しうるかという問題を扱うことが可能となる。さらに、それは音楽の記号的理解にとどまらない「人間の認知的特徴に着目した音楽の創発的設計」という新たな設計理論の構築に繋がると考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、音楽を人間の認知的・身体的特徴に基づく創発現象と捉えることにより、作曲における人間の暗黙的な知識を明らかにし、新たな音楽の設計理論の構築を目指すものである。そこで本研究では、当初、以下の4つを研究課題とした。

- (1) 認知的特徴を考慮した旋律の創発的設計手法の構築
- (2) 音の時間的相互作用に着目した音楽的文脈の創発メカニズムの解明
- (3) 作曲支援のためのインターフェイス開発
- (4) 音楽家とのコラボレーションによる楽曲製作と演奏発表

3. 研究の方法

本研究では、これまでの作曲システムおいてなされてきたように、既存曲の断片や音楽理論を素材や評価関数として用いるのではなく、音楽の聴取や演奏に関して人間が持つ基本的な身体的、認知的特徴を評価関数、あるいは制約条件とし、音の相互作用を通して、

どのように音楽的構造が創発し得るかという視点から、コンピュータを用いた計算機実験による音楽的断片の生成を行った(図1)。

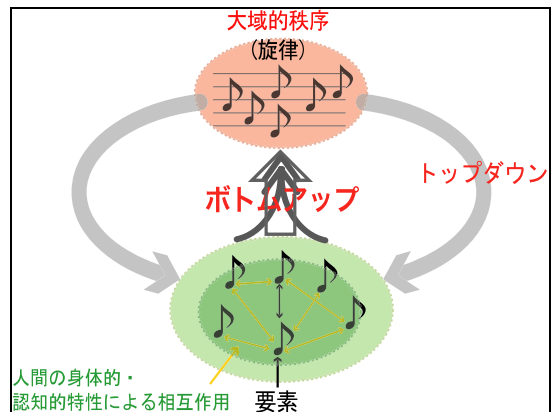


図1：創発的プロセスとしての音楽生成過程

調性や音階の創発に関する実験では、楽音をエージェントし、音高と音長で構成される楽譜のような環境において、認知的不協和理論や近接性を評価関数とし、エージェントが探索的に最適な楽音の配置を探索するマルチ・エージェントシミュレーションによる生成実験を行った。さらに、旋律を生成する実験では、発音タイミングと音高遷移方向の変化タイミングが旋律におけるリズムの時間的秩序の知覚に重要である点に着目し、それぞれのタイミングを決定する非線形振動子を構築した(図2)。

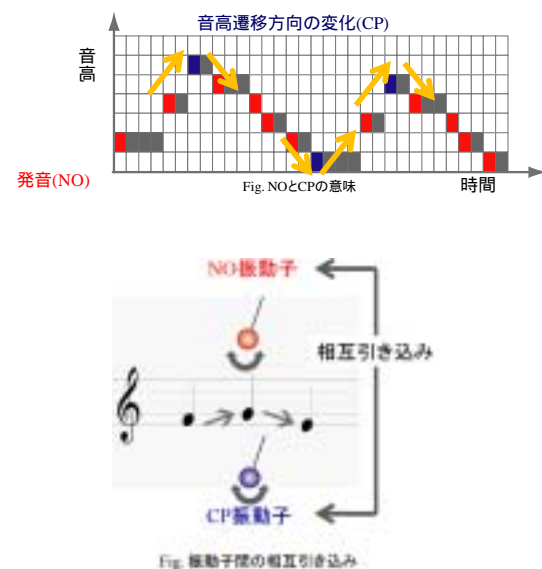


図2：旋律における2つのタイミングと非線形振動子の導入

計算機実験によって得られた音楽的断片は、既存の楽曲や音楽理論との比較を通して類似点、非類似点を明らかにした。また、被験

者による聴衆実験を通して、各評価関数の設計によって、どのように音楽の印象が変化するかを実験的に明らかにした(図3)。



図3: 各研究手法の関係

さらに、計算機実験と同じ制約条件の下、音楽家に自由に作曲してもらった楽曲との比較を行う作曲実験を行った。最後に、これらの知見を総合した旋律生成システムを構築した。

4. 研究成果

本研究で得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) 音楽的構造の発現に関係する認知的、身体的要因の発見

本研究では、これまでに提案されてきた認知的不協和理論を応用した、空間的協和、時間的協和という評価関数の導入によって、調性的秩序や使用音階が発現するメカニズムを明らかにした。さらに、旋律の生成において、上述した2つのタイミングを決定する振動子の結合によって、既存曲に見られるような親しみやすい秩序が生成される可能性を示した。図4は、各振動子の導入、非導入、結合の有無によって、生成された音楽的断片の印象が変化するという因子分析の結果を示したものである。さらに旋律の近接性は、人間の知覚に大きな影響を与えており、和声的(協和的)秩序と構造的にトレードオフの関係にあることが実験的に明らかにされた。

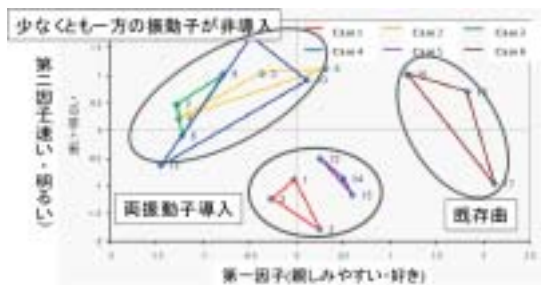


図4: 印象評定実験の結果例

(2) 創発的旋律生成モデルの構築

構築した旋律生成モデルには、大きく2つの部分が含まれる。前者は、発音タイミングと音高遷移方向の変化タイミングを決定する

非線形振動子を構築し、それらの導入、非導入と結合係数によって、旋律のリズム構造をモデル化した部分である。

後者は、音高配置を決定する部分であり、ここでは、旋律とともに流れる仮想的な中心音を想定し、その中心音との同時的協和を評価する空間的協和と、過去の旋律との協和を評価する時間的協和と呼ぶ評価関数として導入した。さらに、旋律のなめらかさに関する指標として、音高の近接性に関する評価関数を導入した。提案モデルでは、これらの評価指標が設定されたときに、評価値を最大化するような音高配置を発見する強化学習の機能を導入した。

(3) 旋律生成システムの構築

上述した知見をもとに、一般的なユーザが、使用音律、中心音、結合係数と近接性を決定し、様々な音楽を実験的に生成することが出来るシステムを構築した。このシステムを用いたユーザ評価実験によって、ユーザがそれぞれのパラメータの変化によって楽曲の印象がどのように変化するかを理解したうえで、様々な曲を生成することが出来ることを確認した。さらに、実際の作曲においても本システムのツールとしての有効性を確認した(図5)。



図5: 開発したシステムのインターフェイス部分

最後に、本研究の当初計画と比較して、研究計画に挙げた、(4)音楽家とのコラボレーションによる楽曲製作と演奏発表は、まだ実現途中にあり、今後、さらなる検討が必要だと考えている。そのためには、システムをWEBなどで広く公開し、音楽家だけでなく、多くの一般の人たちに使って頂き、そこでの利用履歴を通して、より使いやすいインターフェイスの開発を行うことが有効であると考えられ、現在、そのための準備を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

竹中毅、相澤祐一、鈴木晋太郎、人間の認

知的特性に基づく音楽設計理論の構築に向けて、査読なし、オペレーションズ・リサーチ、54巻9号、2009、570-575

竹中毅、特集にあたって(特集「音楽とOR」)、査読なし、オペレーションズ・リサーチ、54巻9号、2009、539-539

緒方大樹、竹中毅、上田完次、自己の内的テンポを考慮した二者間の協調的リズム生成のモデル化、査読あり、計測自動制御学会論文集44巻12号、2008、986-995

[学会発表](計6件)

相澤祐一、布袋田由理子、竹中毅、上田完次、Emergent melody composition model using mutually coupled oscillators、査読あり、Proc. of ICCAS-SICE、2009

相澤祐一、竹中毅、上田完次、浅間一、非線形振動子の引き込みによる旋律の創発的設計、査読なし、精密工学会秋季大会学術講演会、2009

布袋田由理子、相澤祐一、竹中毅、上田完次、Composition Model of Modal Melody Based on the "Core Note" Concept、査読あり、Proc. of 10th International Conference on Music Perception and Cognition、2008、391-394

緒方大樹、竹中毅、上田完次、Role of Partner's Feedback Information in Rhythm Production、査読あり、Proc. of 10th International Conference on Music Perception and Cognition、2008、313-316

相澤祐一、布袋田由理子、竹中毅、上田完次、相互引き込みモデルに着目した音楽的周期性の創発に関する研究、査読なし、情報処理学会研究報告 JPSJ SIG Technical Report、2008、135-140

相澤祐一、布袋田由理子、竹中毅、上田完次、相互引き込みモデルに着目した音楽の創発的設計、査読なし、第9回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2008

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹中 毅 (TAKENAKA TAKESHI)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス
工学研究センター・研究員

研究者番号：70396802

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者