

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12808

研究課題名（和文）旋法と律動の定量的統一モデルの提案と音楽生成システムの開発

研究課題名（英文）Music Generation System Based on Spatial Model for Musical Mode and Rhythm

研究代表者

大村 英史 (Hidefumi, Ohmura)

東京理科大学・理工学部情報科学科・助教

研究者番号：90645277

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、旋法と律動の定量的統一モデルをつくり、それを用いた旋律および楽曲生成システムを開発することである。研究の第一フェーズとして、「音の物理的特徴量によるモデルの構築」として、音の物理的特徴量に着目し、音高においても音価においても同様な空間を作成した。研究の第二のフェーズ「提案モデルを用いた音楽生成システムの構築」として、提案モデルを用いて、音楽生成システムの構築を行った。そして、これらの研究成果を国内および国際会議などで発表をおこない、さらに、これまでに作ってきたアプリケーションをwebページにて公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案したモデルは、比による定式化と情報理論に基づいた確率分布によって実現している。このモデルは音の物理的関係性で成立しているため、ジャンルにとらわれず様々な音楽に適用できる理論である。さらに、このモデルは音楽から雑音（音楽として感じられない音）までを表現することが可能であるため、音楽が音楽であるためには何が必要かについて、今後検討することが可能になった。また、研究期間に音だけでなく色や抽象画について本モデルの適用を行ったが、このモデルは音楽だけでなく抽象芸術や雰囲気といったあらゆる抽象的事象の感覚生成システムへ応用が見込まれることが確認できた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is proposing a model for musical mode and rhythm without musical theory, and developing of a music generation system based on the model. As the first step of the research, I proposed a spatial model for musical mode and rhythm focussing of physical features of sound. Then, as the second step, I develop the music generation system, based on my model, using HTML and JavaScript. I presented these achievements at domestic and international conferences, and released the system on my website.

研究分野：音楽情報処理

キーワード：旋法・律動モデル 音楽生成システム 音高空間 音価空間 音楽情報処理 計算論的音楽理論

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

音楽における最も一般的な理論は、西洋音楽を基本とした経験的な理論として「音楽理論」である。音楽理論は、音楽を創作する際に用いることを想定された理論で大部分が定性的なルールの記述で成り立っている。そのため、音楽家が作曲や編曲をする際の経験的知識として役に立つ理論である。一方で、なぜそのルールが成り立つのか、どのように用いればよいのか、といったことに対して計算論的な処理が困難であり、計算機上での処理には適していない。例えば、カデンツ(終止形)は楽曲の終了時に用いられる。計算機上ではカデンツをルールとして楽曲終了時に適応することは可能であるが、定量的な状態としてカデンツの定義もできないため計算論的にカデンツの生成や適用ができない。計算機上の音楽に関するシステムは、音楽理論に依存しているため上記のような問題に直面する。本研究では、音の物理的特徴量のみを用いて、計算可能な音楽の理論を構築する。これにより、計算機上で行う音楽情報処理をより柔軟なものにすることを旨とする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、旋法と律動の定量的統一モデルをつくり、それをを用いた旋律および楽曲生成システムを開発することである。音楽情報処理の研究は近年盛んで、計算機を用いて音楽を生成する試みも多く行われている。しかしながら、依然として音楽の分野で経験的に作られた従来の音楽理論を基にしたモデルやシステムが一般的であり、計算機上で音楽を扱いつつも完全な定量的なモデル設計ができていない。本研究では、音楽で用いられる音の物理的特徴量である音高と音価の関係性だけを用いた音楽の理論構築をおこなう。そして、従来の音楽理論との比較検討を行い、提案モデルによる音楽生成システムの開発を試みる。

3. 研究の方法

本研究の目的は、旋法と律動の定量的統一モデルをつくり、それをを用いた旋律生成システムを開発することである。これに基づき以下の2つのフェーズからなる。

- (1) 音の物理的特徴量によるモデルの構築・音高の関係性と、律動の関係性は、共に比の関係で表現できる。これらの比の関係性と情報理論のエントロピーに基づいた確率分布を用いたモデルを構築する。
- (2) 提案モデルを用いた音楽生成システムの構築・定量的に表現されている提案モデルを音楽生成システムとして計算機上に実装する。

研究フェーズ (1): 音の物理的特徴量によるモデルの構築

これまでの研究で、音楽の音高の関係性の理論「五度圏」と、音の長さの関係性「音価」を用いてモデル化を行ってきた。どちらも比によって関係性を表記しているが、音高と音の長さの特徴量をすべて包含するものではない。五度圏では、オクターブの関係性を同一と見なし、ピタゴラスコンマの誤差は考慮に入れていない。音価では、音の長さを小節との相対比として表すが、特に三拍子の場合、小節の長さが $2/3$ として扱うため 2 拍子系と 3 拍子系を同時に扱うことが出来ない。この問題をこのフェーズでは解決する。具体的な手法としては、図 1 は音高の例であるが、1 : 2 の関係性と 1 : 3 の関係性によって成立する格子状の空間を用意する。音価においても同様な空間を作ることができる。そして、図 2 のように、その中での各音(音高と音価)の発生確率を検討する。

研究フェーズ (2): 提案モデルを用いた音楽生成システムの構築

研究フェーズ(1)で立てたモデルの実装を行う。これまでの研究で五度圏上の各音の音高の確率を正規分布で与えてきた。一つの正規分布では、ペンタトニックスケールやダイアトニックスケールなどのような音階を作ることが出来た。二つの正規分布では、長調、短調などの旋法を作ることが出来た。今回想定している空間でもいくつかの正規分布を用いることで、表現力が増すことが期待できる。実装が終了したら、音楽理論との整合性を職業音楽家のアドバイスを基に検討を行う。

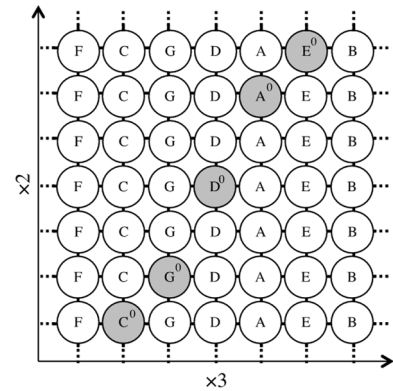


図 1: 音高における 2 倍と 3 倍の空間

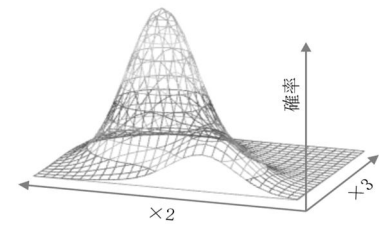


図 2: 空間内に設定した二つの正規分布

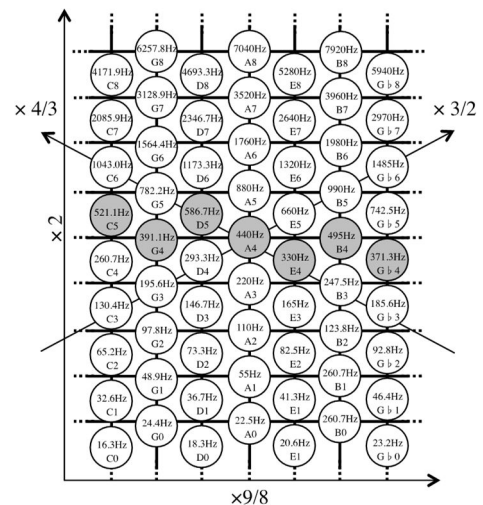


図 3: 提案モデルの音高空間

4. 研究成果

平成 29 年度は、第一のフェーズ「音の物理的特徴量によるモデルの構築」を実施した。これまでの研究では、音楽の旋法のモデル化のために、音高の関係性の理論「五度圏」をもちいてきた。一方、音楽の律動のモデル化のために、音の長さの関係性「音価」をもちいてきた。「五度圏」も「音価」どちらも比によって音と音の関係を表記しているが、旋法と律動の特徴量を正確に表現できるものではない。このフェーズでは、これらの問題を解決すべくモデルを提案した。具体的な手法は、五度圏や音価といった音楽理論に依存せずに、音の物理的特徴量に着目し、音高においても音価においても同様な空間（図 3，図 4）を作成した。そして、この格子空間内での各音（音高と音価）の発

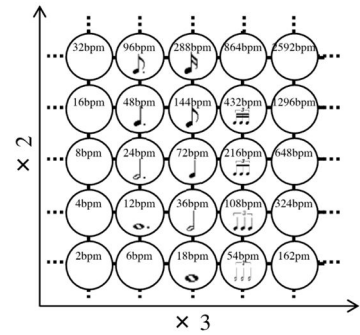


図 4: 提案モデルの音価空間

生確率を検討することで「音の物理的特徴量によるモデルの構築」を実現した。

平成 30 年度は、前年度に作成した音高と音価のモデルを用いて、音楽生成システムの構築を行った（図 5）。具体的には、素数の比（1:2 および 1:3）の関係性による「音高」および「音価」の格子平面内に、音を出力するための正規分布を配置し音楽生成システムを構築した。そして、分布関数の時間的変化や幾何学上の関係性について考察を行った。また、比を音楽でよく使われる 2:3 と 3:4（完全五度と完全四度）に改良したシステム構築も行った。これらの成果はそれぞれ国際会議で発表を行った。また、周波数の比という観点から、色も同様に扱えると考え、色の特徴量である色相の関係を定量的に扱い音から色を出力するシステムを作成した。この成果は、国内会議で発表を行った。また、国際会議で招待講演として本研究のコンセプトおよび現在までの研究成果についての紹介も行った。

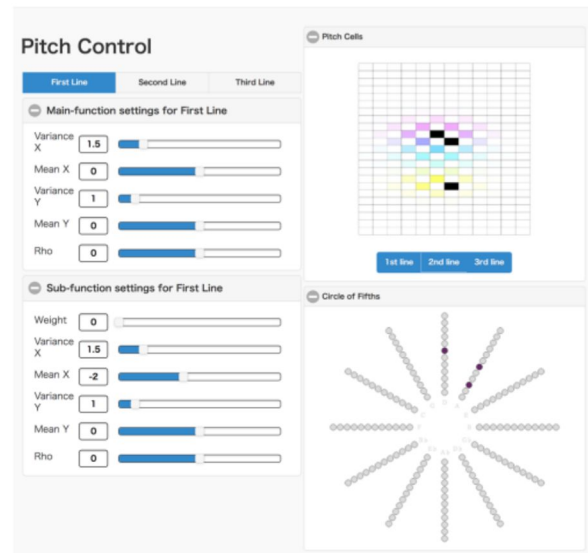


図 5: 音楽生成システムのインターフェース

令和元年度はシステムの改良を行った。具体的にはこれまでの 0 からの音楽生成だけでなく、既存曲を midi ファイルとして読み込み、それらのピッチ情報をいままでに用いてきた音高のラティス空間にマッピングし、既存曲の旋法情報を扱い音楽を出力できるようにした。これらの成果はそれぞれ国際会議で発表を行った。また、アウトリーチの一環として、国内会議などで招待講演にて本研究のコンセプトおよびシステムの紹介も行い本研究の普及をおこなった。さらに、これまでに作ってきたアプリケーションを web ページにて公開した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 H. Ohmura, T. Shibayama, K. Hirata, and S. Tojo	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Agents for Creating Melodies and Investigation of Interaction between the Agents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Conference on Agents and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 307-314
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3267782.3274685	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 H. Ohmura, T. Shibayama, K. Hirata, and S. Tojo	4. 巻 -
2. 論文標題 Music Generation System Based on a Human Instinctive Creativity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Computer Simulation of Musical Creativity (CSMC2018)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ohmura Hidefumi, Shibayama Takuro, Yuasa Masahide, Hamano Takayuki, Nakagawa Ryu	4. 巻 2
2. 論文標題 Development of a System to Generate Artificial Ambiance based on Entropy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2018)	6. 最初と最後の頁 333-338
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0006730103330338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Shibayama Takuro, Ohmura Hidefumi, Takahashi Tatsuji, Furukawa Kiyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 A Tentative Assumption of Electroacoustic Music as an Enjoyable Music for Diverse People	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 14th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE2017)	6. 最初と最後の頁 139-152
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-76270-8_11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohmura Hidefumi、Hirata Keiji、Tojo Satoshi、Shibayama Takuro	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigation of a Computational Unit Model for Mode and Rhythm Based on Deviations and Realizations from Musical Expectations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2017)	6. 最初と最後の頁 439-449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 大村英史, 湯浅将英, 中川隆
2. 発表標題 音と色における雰囲気の定量的変換の試み
3. 学会等名 HCGシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ohmura
2. 発表標題 Development of a Music Generation System Based on a Human Instinctive Creativity and a Communication between Human and Music
3. 学会等名 APSCIT 2018 Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大村英史, 湯浅将英, 中川隆
2. 発表標題 音による雰囲気と色による雰囲気の関係についての検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 「コミュニケーションと雰囲気」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大村英史, 平田圭二, 東条敏, 柴山拓郎
2. 発表標題 音楽における期待感の逸脱・実現の計算論的定式化の試み
3. 学会等名 第31回人工知能学会 全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ohmura Hidefumi
2. 発表標題 Generative Music System Based on Expectation for Musical Structure
3. 学会等名 2017 International Symposium for Advanced Computing and InformationTechnology (ISACI2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017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