

令和元年6月10日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16180

研究課題名(和文) 相互予測によるコミュニケーションの相互適応モデルの構築および音楽演奏を用いた検証

研究課題名(英文) Development of Mutual Adaptation Model of Communication based on Mutual Prediction and Its Verification Using Music

研究代表者

北原 鉄朗 (KITAHARA, Tetsuro)

日本大学・文理学部・准教授

研究者番号：00454710

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：数理モデルに基づく旋律や和音の予測モデル・適応モデルの構築を通じ、次にあげる成果が得られた。

1. ユーザが画面上に描いた旋律概形を元に、遺伝的アルゴリズムを用いて即座に旋律を生成する即興演奏システム「JamSketch」を実現した。評価の結果、上級ではない人間の演奏者と同程度の品質であることが分かった。
2. Jazzのデータベースを用いて、Jazzのベースパートの旋律をHMMによってコード進行から生成する処理を実現した。各音の出現頻度は拍節位置によって異なることに注目し、拍節位置ごとに異なる分布を学習することで、質の高い旋律を生成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音楽演奏という観点からコミュニケーションのモデル化を行った。それに加え、近年、機械学習によって芸術コンテンツの生成をすることで創造性のアルゴリズム的側面を探求する試みが増えてきている。本研究は、機械学習により自動で演奏を生成する方法に関して新たな手法を提案しており、当該分野に一定の貢献をもたらしたと考える。

研究成果の概要(英文)：The main achievements are as follows:

1. We developed the JamSketch system, which automatically generate melodies according to melodic outlines which are drawn by the user. It has been confirmed that melodies generated by the system have quality close to those composed by non-expert human players.
2. We developed a method for generating jazz bass lines from a jazz database using a hidden Markov model. By learning emission probability distributions separately for each beat positions, we achieved to generate high quality bass lines.

研究分野：音楽情報処理、知能情報処理

キーワード：音楽情報処理 自動作曲 演奏支援 音楽予測

1. 研究開始当初の背景

コミュニケーションには意思伝達 / 情報伝達のためのコミュニケーションの他に、娯楽のためのコミュニケーションがある。娯楽のためのコミュニケーションでは、当事者同士の相手の振る舞いや反応に対する相互の予測が適度に当たり、適度に外れるときに快がもたらされるとよく言われている。予測が当たることで相手への共感が生まれ、予測が外れることで相手の新たな一面を発見できるからである。さらに、コミュニケーションを繰り返すことで予測的中精度が上がれば、相手への相互理解が深まったことによる快が得られる。すなわち、コミュニケーションの本質は、相互予測とそれによる相互適応である。

昨今、コミュニケーションの苦手な人や独居老人の増加により、娯楽としてのコミュニケーションを楽しむシステムへの期待が高まっている。しかし、上述の相互予測・相互適応をモデル化し、適切に誘導できるシステムは登場していない。通常のバーバルなコミュニケーションで相互予測・相互適応を実現するには、話題中の概念や常識の獲得など難しい課題を解決する必要があるからである。一方、音楽はコミュニケーションの研究を行う上で絶好の研究題材である。即興演奏によって合奏を行う「ジャムセッション」では演奏者同士がまさに相互予測・相互適応を行いながら 1 つの音楽を作り出していく。その際に用いられる専門知識は「音楽理論」として比較的計算機上に実装しやすい形で蓄積されている。音楽には楽譜という離散的情報表現体系があり、予測モデルを数理的に定式化するのは難しい。このように、音楽を題材に用いることで、コミュニケーションの相互理解と相互適応を定式化し、工学的に実現できると期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、コミュニケーションにおける相互予測・相互適応の現象を、音楽を題材として工学的にモデル化・システム化することで、この現象のからくりを解明することである。コミュニケーションにおける相互予測・相互適応は広く知られているものの、バーバルなコミュニケーションでは話題中の概念獲得など困難な課題があるため、工学的な実現には至っていない。一方、音楽は離散的な記述体系や音楽理論が整備されており、情報科学との親和性が高い。本研究では、音楽を対象に相互予測・相互適応の工学モデルを設計・実装することで、より人間同士に近い合奏システムを実現するとともに、コミュニケーション一般における相互予測・相互適応の理解につながる知見の創出を狙う。

3. 研究の方法

「ジャムセッション」を題材とした相互予測・相互適応の工学モデルを設計・実装する。さらに、このモデルを組み込んだジャムセッションシステムを実装し、このモデルによりユーザとシステムによるジャムセッションがより人間同士のものに近づくことを示す。まず、音楽の熟練者同士によるジャムセッションを長期的に記録・観察し、相互予測・相互適応がどのように起こっているかを分析する。次に、相互予測・相互適応の数理モデルを設計する。相互予測はベイジアンネットワークなどを用いて、相互適応は予測モデルのパラメータをリアルタイムに更新することで実現する。その後、これらのモデルを組み込んだジャムセッションシステムを実装し、評価を通じてモデルの見直しを図る。

4. 研究成果

数理モデルに基づく旋律や和音の予測モデル・適応モデルの構築を通じ、音楽の自動生成およびその応用システムに関していくつかの成果が得られた。そのうち、ここでは最も代表的なもののみ報告する。

○旋律概形に基づくジャムセッションシステム「JamSketch」

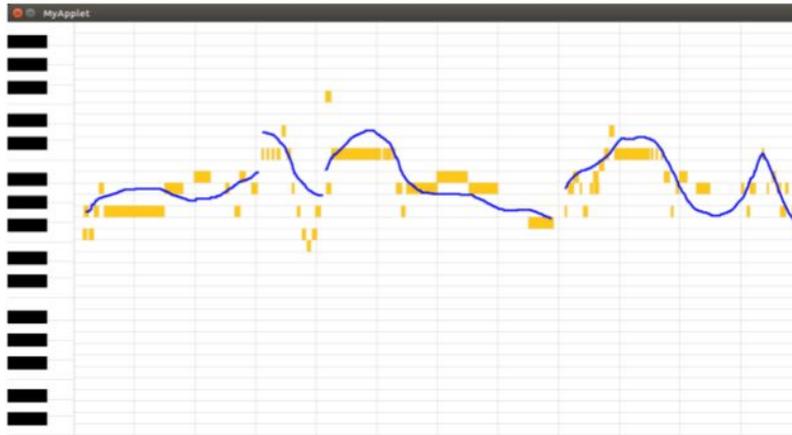


図 1 Jam Sketch における旋律概形(青)と生成された旋律(黄色)の例

本研究では、旋律概形に基づいたジャムセッションシステム「JamSketch」を構築した。これは、楽器が弾けなかったり即興演奏ができない人でも、旋律の大まかな形を曲線として描くことは可能だという考えから生まれたシステムである。ユーザが画面以上に旋律概形を描くと、システムが即座に旋律を生成し、演奏する(図1)。旋律の生成は、遺伝的アルゴリズムを用いて行う。遺伝的アルゴリズムは、適合度関数とよばれる関数を最大化するデータを見つける手法であり、適合度関数を

- ・ユーザが描いた旋律概形への近さ
- ・コード進行などを考慮した N-gram 確率
- ・旋律のエントロピー

を元に定式化した。N-gram 確率は、ブルースの旋律約50曲のデータベースから学習することで、音階などの概念を明示的に導入せずいわゆるブルース音階の旋律を生成できるようにした。旋律のエントロピーは、旋律がどれだけ複雑かを示す指標であり、これが既存の旋律のものとのできるだけ近くなるように旋律を生成するようにした。これにより、単調過ぎる旋律や複雑過ぎる旋律を避けるようにした。

このシステムが生成する旋律の妥当性を評価するため、実験を行った。6名の協力者による協力を得て、次の8種類の演奏を用意した。

【通常の鍵盤楽器を用いた演奏】

- 即興演奏に関して十分な経験がある2名による演奏 (u1, u4)
- 鍵盤楽器の演奏経験はあるが、即興演奏経験はない2名による演奏 (u2, u3)

【本システムを用いた演奏】

- 鍵盤楽器の演奏経験はあるが、即興演奏経験はない2名による演奏 (s1, s2)
- 管楽器の経験はある(鍵盤楽器の演奏経験はなし)が、即興演奏経験のない1名による演奏 (s3)
- 音楽経験が一切ない1名による演奏 (s4)

Web 上にこれらの演奏を配置し、音楽に関する研究を行っている大学生・大学院生および研究者12名に次の観点から評価してもらった(0～10の11段階)。

- 全体的な質 (Overall quality)
- 音高の妥当性 (Pitch appropriateness)
- リズムの妥当性 (Rhythmic appropriateness)
- 旋律のバリエーションの豊富さ (Melodic variation)
- ブルースらしさ (Blues-likeness)

- 技巧的うまさ (Skillfulness)
- 人間らしさ (Human-likeness)

結果を図2に示す。詳細な分析は省略するが、システムが生成した演奏 (s1 ~ s4) はいずれも、熟達者による演奏である u4 にはかなわないものの、「全体的な質」(overall quality) および「音高の妥当性」(pitch appropriateness)、「ブルースらしさ」(Blues-likeness) において、音楽未経験者の u3 よりは優れていた。

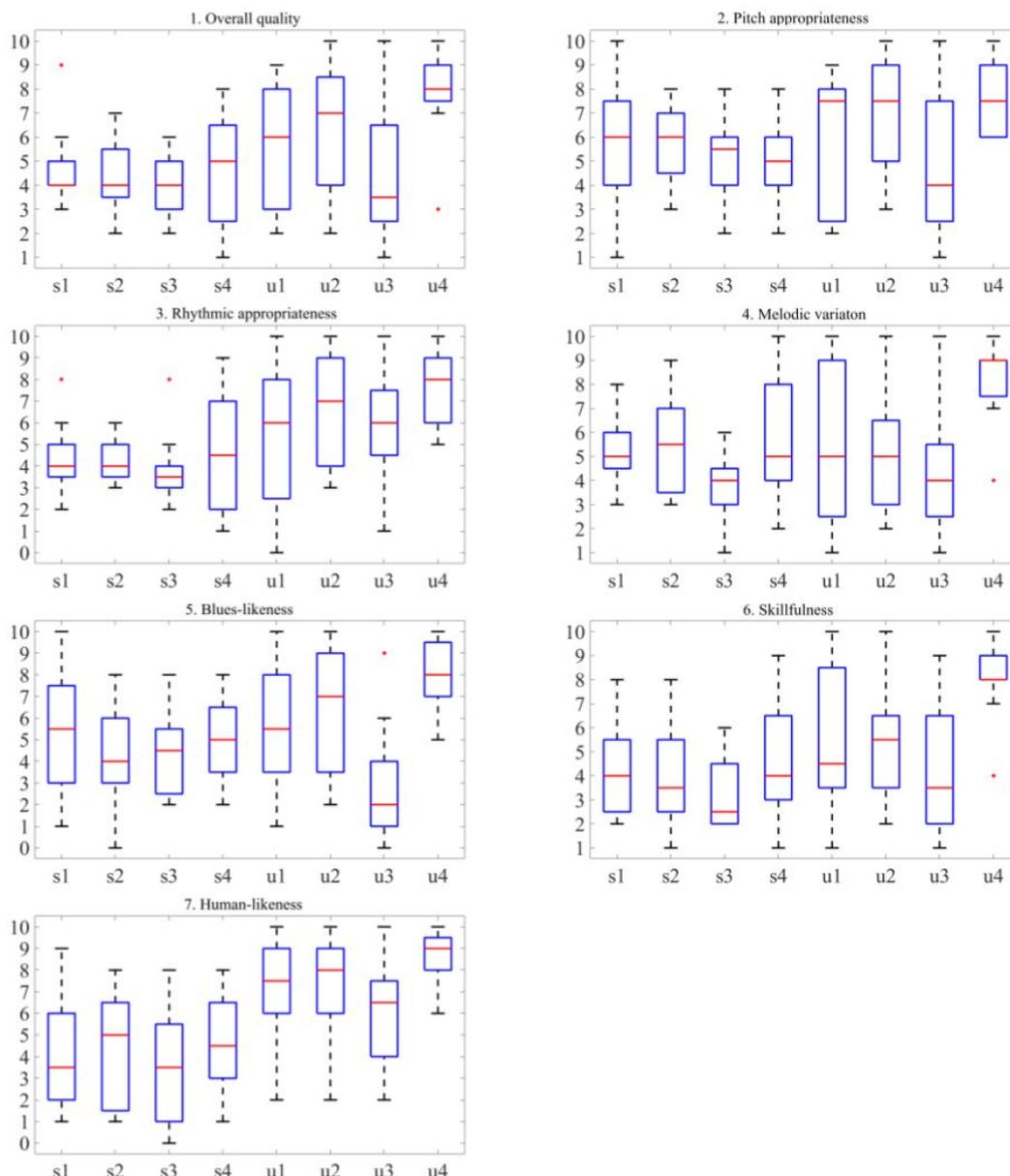


図2 JamSketchの評価結果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5件)

※すべて査読付き

(1) Shugo Ichinose, Souta Mizuno, Shun Shiramatsu, and Tetsuro Kitahara: "Two Approaches to Supporting Improvisational Ensemble for Music Beginners based on Body Motion Tracking", International Journal of Smart Computing and Artificial Intelligence, Vol.3, No.1, 2019. (in press)

(2) Tetsuro Kitahara, Sergio Giraldo, and Rafael Ramírez: "JamSketch: Improvisation

Support System with GA-Based Melody Creation from User's Drawing", Music Technology with Swing --- 13th International Symposium, CMMR 2017, Matosinhos, Portugal, September 25-28, 2017, Revised Selected Papers, LNCS 11265, (Mitsuko Aramaki Matthew E. P. Davies Richard Kronland-Martinet Sølvi Ystad (Eds.)), pp.509-521, Springer, December 2018.

(3) Tatsuro Yamada, Tetsuro Kitahara, Hiroaki Arie, and Tetsuya Ogata: "Four-Part Harmonization: Comparison of a Bayesian Network and a Recurrent Neural Network", Music Technology with Swing --- 13th International Symposium, CMMR 2017, Matosinhos, Portugal, September 25-28, 2017, Revised Selected Papers, LNCS 11265, (Mitsuko Aramaki Matthew E. P. Davies Richard Kronland-Martinet Sølvi Ystad (Eds.)), pp.213-225, Springer, December 2018.

(4) Tetsuro Kitahara: "Music Generation Using Bayesian Networks", Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases --- Proceedings of ECML PKDD 2017, Part III (Nectar Track), LNAI 10536, (Michelangelo Ceci, Jaakko Hollmén, Ljupčo Todorovski, Celine Vens, and Sašo Džeroski (Eds.)), pp.368-372, Springer, September 2017.

(5) Tetsuro Kitahara, Sergio Giraldo, Rafael Ramirez: "JamSketch: Improvisation Support System with GA-based Melody Creation from User's Drawing", Proceedings of the 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research, pp.352-363, September 2017.

[学会発表](計 24 件)

※ (1) ~ (12) はいずれも査読付き((3) を除く)

(1) Souta Mizuno, Tetsuro Kitahara, Shun Shiramatsu, and Shugo Ichinose: "JamGesture: An Improvisation Support System Based on Physical Gesture Observed with Smartphone", Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2018), Poster Session, No.101, November 2018.

(2) Aiko Uemura and Tetsuro Kitahara: "Preliminary Study on Morphing of Chord Progression", Proceedings of 3rd International Conference on Computer Simulation of Musical Creativity (CSMC 2018), August 2018.

(3) Tetsuro Kitahara, Yasuyuki Saito, Sergio Giraldo, and Rafael Ramirez: "An improvisation System for Disabilities based on Melody Creation with Gaze Control", 3rd International Conference on Computer Simulation of Musical Creativity (CSMC 2018), Late Breaking Abstracts, August 2018. (not reviewed)

(4) Mina Shiraishi, Kozue Ogasawara, and Tetsuro Kitahara: "HamoKara: A System for Practice of Backing Vocals for Karaoke", Proceedings of 15th Sound and Music Computing Conference (SMC 2018), pp.511-518, July 2018.

(5) Souta Mizuno, Shugo Ichinose, Shun Siramatsu, Tetsuro Kitahara: "Support System of Improvisational Ensemble Based on User's Motion Using Smartphone Sensors", Proceedings of 12th International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support System (KICSS 2017), pp.143-148, November 2017.

(6) Yoshiki Matsuura, Tetsu Tanahashi, Tetsuro Kitahara: "A Pattern Recognition Approach to Analyze Temporal Evolution of a Bassist's Musical Styles", Proceedings of

the 2nd Conference on Computer Simulation of Musical Creativity, September 2017.

(7) Tatsuro Yamada, Tetsuro Kitahara, Hiroaki Arie, Tetsuya Ogata: "Four-part Harmonization: Comparison of a Bayesian Network and a Recurrent Neural Network", Proceedings of the 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research, pp.137--148, September 2017.

(8) Shugo Ichinose, Souta Mizuno, Shun Shiramatsu, Tetsuro Kitahara: "Improvisation Ensemble Support Systems for Music Beginners Based on Body Motion Tracking", Proceedings of the 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2017), pp.794-798, July 2017.

(9) Tetsuro Kitahara, Sergio Giraldo, and Rafael Ramírez: "JamSketch: A Drawing-based Real-time Evolutionary Improvisation Support System", Proceedings of the 2017 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME 2017), pp.506--507, May 2017.

(10) Tetsuro Kitahara and Yuichi Tsuchiya: "A Machine Learning Approach to Support Music Creation by Musically Untrained People", Proceedings of the Constructive Machine Learning Workshop, in conjunction with NIPS 2016, December 2016.

(11) Tetsuro Kitahara: "Towards Intuitive Music Creation Tools for Musically Untrained People", Digital Music Research Network One-day Workshop 2016 (DMRN+11), December 2016. (extended abstract)

(12) Tetsuro Kitahara and Masaki Matsubara: "Extracting Melodic Contour Using Wavelet-based Multi-resolution Analysis", Proceedings of the 9th International Workshop on Music and Machine Learning (MML 2016), in conjunction with ECML-PKDD 2016, pp.31--35, September 2016.

他、国内査読なし発表 12 件

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等 <http://www.kthrlab.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

(2) 研究協力者 なし

※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。