

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01847

研究課題名（和文）音楽操作の蓄積と再利用に関する研究

研究課題名（英文）Research on the accumulation and reuse of music operations

研究代表者

浜中 雅俊（Hamanaka, Masatoshi）

国立研究開発法人理化学研究所・革新知能統合研究センター・チームリーダー

研究者番号：30451686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,100,000円

研究成果の概要（和文）：要約、簡約、編曲など、音楽家が楽譜に対して行う高次の音楽操作を、一般ユーザでも可能にすることを目指し研究を進めてきた。曲の一部にユーザが変更を加えたいと考えた場合、2つの問題が生じる。まず、音楽初心者は自分の望むとおりに加工を行うことは難しい。また、むやみに加工を行った場合、音楽的な構造が失われてしまう。我々はこれまで深層学習を用いた音楽構造の抽出や、抽出した構造を用いてメロディを加工する試みを行ってきた。その結果、初心者であっても音楽を操作する体験ができるシステム「メロディスロットマシン（Melody Slot Machine）」および、音楽構造分析ツールを構築・公開することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゲームや映画では、シーンごとに少しずつ異なっているが、全体的には似通っているメロディが多く必要となる場合がある。これまでは、職業作曲家がメロディのバリエーションを次々と制作する作業を行ってきたが、我々はそれらの作業の一部をAIで置き換えることにより効率化を行い、作曲家がより芸術性の高い創作に集中できるようにすることを目指している。本研究では、そのプロトタイプとなるシステムを構築し有用性の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：We aimed to enable musical novice to perform high-level music operations such as summarization, simplification, and arrangement that musicians have performed on score. Two problems arise when a user wants to make changes to a part of a song. First, it is difficult for musical novice to process as they wish. Second, if the processing is done carelessly, the musical structure will be broken. We have realized the analysis of the music structure using deep learning and the processing of the melody using the extracted structure. As a result, we were able to build and publish a system "Melody Slot Machine" that allows even musical novice to experience operating music, and a music structure analysis tool.

研究分野：音楽情報処理

キーワード：計算論的音楽理論 音楽構造分析 音楽理論GTTM メロディ モーフィング Melody Slot Machine 深層学習 タイムスパン木 メロディスロットマシン

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、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) ゲームや映画などでは、シーンごとに少しずつ異なっているが、全体的には似通っているメロディが多く必要となる場合がある。これまで職業作曲家がメロディのバリエーションを次々と制作する作業を行ってきたが、我々はそれらの音楽操作の一部を AI で置き換えることにより効率化を行い、作曲家がより芸術性の高い創作に集中できるようにすることを目指している。

(2) メロディのバリエーションを生成する手法として、我々は音楽理論 GTTM (Generative Theory of Tonal Music) [1] に基づくメロディモーフィング手法を提案してきた [2]。GTTM を用いて楽譜を分析すると、グルーピング構造、拍節構造、タイムスパン木、プロロンゲーション木が獲得できる (図 1)。GTTM の特長は、構造に対して数学的な演算ができることである。GTTM で獲得されるタイムスパン木、プロロンゲーション木の各枝は 1 つの音符に接続されており、構造的に重要な音符が根の近くに接続される。したがって、たとえばタイムスパン木上にレベル B で示される線を引き、線より下で接続されている枝を省略すると、一段抽象化されたメロディ B が抽出できる (図 2)。同様に、レベル C によりメロディ C が抽出される。このような操作をメロディの簡約と言う。また、2 つのタイムスパン木を重ね合わせて重複した枝のみを残す *meet*、すべての枝を残す *join* という演算が定義できる。これらを用いて実現したメロディ操作がメロディモーフィングである。メロディモーフィングは、2 つのメロディの間にあるメロディを上記の演算により求める手法である (図 3)

2. 研究の目的

(1) メロディモーフィングなどタイムスパン木を用いた音楽操作を自動で行うためには、楽譜からタイムスパン木を自動獲得できる必要がある。タイムスパン木は、グルーピング構造および拍節構造の分析結果を用いて分析されるため、第一の目的はグルーピング構造および拍節構造の自動獲得である。

(2) GTTM 分析の評価をするための GTTM データベース [3] には、グルーピング構造および拍節構造の正解データが 300 曲分あるが、タイムスパン木およびプロロンゲーション木については 100 曲分しかない。特に、タイムスパン木の分析データを蓄積することを第二の目的とする。

(3) タイムスパン木に基づくメロディ操作を応用したシステムを構築し、タイムスパン木に基づくメロディ操作に利用価値があるかを検討することを第三の目的とする。

3. 研究の方法

(1) 深層学習に基づきグルーピング境界および拍節構造の自動獲得を実現した (図 4) [4, 5]。GTTM には構造を獲得するためのルールが定義されているが、ルール自体が曖昧であったり、ルール同士が競合を起こすなどの問題があり、ルールの実装に基づく分析器の性能は低かった [6]。

これに対し我々は、楽譜から音楽構造を直接求める深層ネットワークを構築しようと試みたが、楽譜と音楽構造の間には飛躍が大きく、実現困難であった。

一方、一つ一つの GTTM ルールはシンプルである。たとえば、GPR3a というルールでは、音程の変化の大きいところがグルーピング境界になりやすいと定義されている。これらのルールを深層ネットワークを用いて学習することは可能である。そして、各ルールをマルチアウト学習したネットワークを用いてグルーピング境界を学習した

プロロンゲーション木



タイムスパン木



拍節構造



グルーピング構造

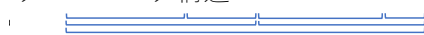
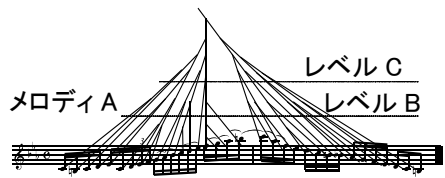


図 1: GTTM が獲得する構造



簡約メロディ B



簡約メロディ C

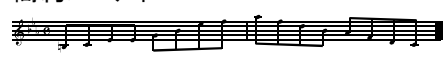


図 2: メロディの簡約

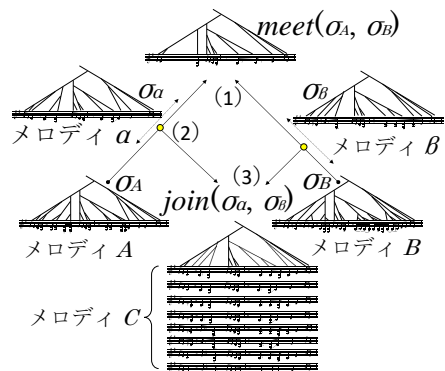


図 3: メロディモーフィング

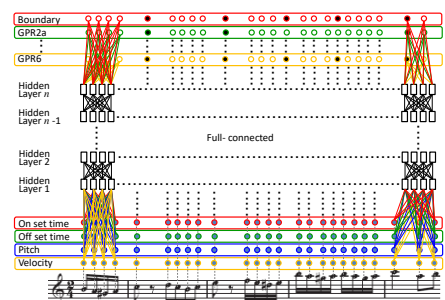


図 4: deepGTTM-I: 楽譜からグルーピング境界を獲得する深層ネットワーク

ところ、学習が可能となった。

(2) タイムスパン木の分析データを効率的に収集できるように分析用のエディタを構築した [7]。従来の GTTM エディタでは、音符がピアノロール表示されていて分析をする音楽家が直観的に理解困難だったのに対し、五線譜表示とすることで直観的に理解し分析することが可能となった。また、操作性についても改善された。

(3) タイムスパン木の操作であるメロディモーフィングを応用したアプリケーション、メロディスロットマシン(Melody Slot Machine)を構築した (図 6)。メロディスロットマシンでは、スロットマシンのようなダイアル型インタフェースを使って、2つの入力メロディと9つのモーフィングメロディを切り替えながら再生することが可能である。さらにメロディに合わせて実写の演奏者がペッパーズゴーストディスプレイ上に投影され、あたかも目の前にいる小さな演奏者をダイアル操作によりコントロールしているような体験ができる[8, 9]。

4. 研究成果

(1) 深層学習に基づき自動でグルーピング境界および拍節構造の獲得を実現した。自動分析器の一般への公開を予定している。

(2) タイムスパン木エディタを構築し、公開した。

<https://gttm.jp/hamanaka/gttmeditor/>

(3) 対面での展示発表によるフィードバックを受けることが困難な状況にあることから、メロディスロットマシンの iPhone 版を新たに構築し、公開した (図 7)。

<https://gttm.jp/hamanaka/melodyslotmachine/>

参考文献

1. Fred Lerdahl and Ray Jackendoff: *A Generative Theory of Tonal Music*. MIT Press, 1985.
2. Masatoshi Hamanaka: "Melody Slot Machine: Melody Morphing by Using Time-span Tree of GTTM", *Proceedings of International Computer Music Conference (ICMC2019)*, June 2019.
3. Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo: "Musical Structural Analysis Database Based on GTTM", *Proceedings of the 10th International Conference on Music Information Retrieval Conference (ISMIR2014)*, pp.325-330, October 2014.
4. Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo: "deepGTTM-I&II: Local Boundary and Metrical Structure Analyzer based on Deep Learning Technique", *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Vol.10525, pp.3-21, Springer, 2017.
5. Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo: "deepGTTM-III: Multi-task Learning with Grouping and Metrical Structures", *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, Vol.11265, pp.238-251, Springer, 2018.
6. Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo: "Implementing A Generating Theory of Tonal Music", Editor's recommendation paper, *Journal of New Music Research (JNMR)*, Vol.35, No.4, pp.249-277, 2007.
7. Masatoshi Hamanaka, Yui Isono, Keiji Hirata, Satoshi Tojo: "Web-based time-span tree editor and analysis database", *Proceedings of the 17th Sound and Music Computing Conference (SMC2020)*, pp.338-343, July 2020.
8. Masatoshi Hamanaka: "Melody Slot Machine: A Controllable Holographic Virtual Performer", *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia (MM'19)*, pp.2468-2477, October 2019.
9. Masatoshi Hamanaka, Takayuki Nakatsuka, Shigeo Morishima: "Melody Slot Machine", *ACM Siggraph2019 Emerging Technologies ET-245*, July-August 2019. **Laval Virtual Revolution Research Jury Prize.**



図 5: タイムスパン木エディタ

(a) スロットマシン型インタフェース



(b) ペッパーズゴーストディスプレイ



正面

横

図 6: メロディスロットマシン

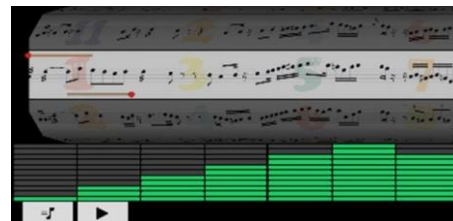


図 7: iPhone 版メロディ
スロットマシン

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Masatoshi Hamanaka, Takayuki Nakatsuka, Shigeo Morishima	4. 巻 1
2. 論文標題 Melody Slot Machine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACM Siggraph2019 Emerging Technologies ET-245	6. 最初と最後の頁 ET-245
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3305367.3327985	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 Masatoshi Hamanaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Melody Slot Machine: A Controllable Holographic Virtual Performer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia (MM' 19)	6. 最初と最後の頁 2468-2477
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3343031.3350863	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 Masatoshi Hamanaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Melody Slot Machine: Melody Morphing by Using Time-span Tree of GTTM	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 proceedings of International Computer Music Conference (ICMC2019)	6. 最初と最後の頁 8 pages
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 Nami Iino, Mayumi Shimada, Takuichi Nishimura, Hideki Takeda, Masatoshi Hamanaka	4. 巻 11295
2. 論文標題 Proposal of an Annotation Method for Integrating Musical Technique Knowledge Using a GTTM Time-Span Tree	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on MultiMedia Modeling (MMM2019)	6. 最初と最後の頁 617-627
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-05710-7_51	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 Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo	4. 巻 15
2. 論文標題 GTTM Database and Manual Time-span Tree Generation Tool	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 15th Sound and Music Computing Conference (SMC2018)	6. 最初と最後の頁 462-467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5281/zenodo.1422651	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 Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo	4. 巻 3
2. 論文標題 Applying Melody Morphing Method to Composition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 the 3rd Conference on Computer Simulation of Musical Creativity (CSMC2018)	6. 最初と最後の頁 8 pages
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5281/zenodo.4285460	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 Nami Iino, Mayumi Shimada, Takuichi Nishimura, Hideki Takeda, Masatoshi Hamanaka	4. 巻 11295
2. 論文標題 Proposal of an Annotation Method for Integrating Musical Technique Knowledge Using a GTTM Time-Span Tree	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on MultiMedia Modeling (MMM2019), Lecture Notes in Computer Science (LNCS)	6. 最初と最後の頁 616-627
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 -

1. 著者名 Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo	4. 巻 1
2. 論文標題 deepGTTM-I&II: Local Boundary and Metrical Structure Analyzer Based on Deep Learning Technique	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Lecture Note in Computer Science, Bridging People and Sound	6. 最初と最後の頁 3,21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-05710-7_51	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo
2. 発表標題 deepGTTM-III: Simultaneous Learning of Grouping and Metrical Structures
3. 学会等名 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masatoshi Hamanaka, Keiji Hirata, Satoshi Tojo
2. 発表標題 Polyphonic Music Analysis Database Based on GTTM
3. 学会等名 2nd Conference on Computer Simulation of Musical Creativity (CSMC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

GTTM http://gttm.jp/gttm/

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
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------