

メロディスロットマシンHD

浜中 雅俊^{1,a)}

概要: 本稿では、音楽理論 Generative Theory of Tonal Music (GTTM) に基づくメロディモーフィング法を利用した iPad アプリ、メロディスロットマシン HD について述べる。これまで我々はメロディモーフィング法を紹介するためのデモシステムを構築し国際会議や展示会等で発表してきた。コロナ禍となり対面での展示の機会が減少したため、同じ機能を持つアプリを実装し誰でもダウンロード可能にすることで普及させることを考えた。アプリを構築し、2022年3月に公開してから現在までに657件のダウンロードがあった。メロディスロットマシン HD では現在2つのコンテンツが利用可能であるが今後さらに利用可能なコンテンツを増やしていく予定である。

1. はじめに

スロットマシンのようなインタフェースを操作することで、新たな組み合わせのメロディを生成する iPad アプリ、メロディスロットマシン HD ^{*1} について述べる。メロディスロットマシン HD で使用される複数のメロディは、音楽理論 Genitive Theory of Tonal Music (GTTM) に基づくメロディモーフィング法を用いて生成されている [1], [2]。メロディモーフィング法は GTTM で抽出される音楽構造を用いており、モーフィングの素材となる曲とモーフィングによってつくられた曲は構造が類似しているという特長がある [3]。したがって、モーフィングにより生成された複数の曲は、ある曲の時間軸の一部を別の曲に入れ替えても違和感がすくない。

このようなメロディモーフィング法を普及させる目的で作ったのが研究デモ装置であるメロディスロットマシン ^{*2} である。メロディスロットマシンの構築後に何件かの国際会議や展示会等で発表したもののコロナ禍となったため、デモ装置を使用して体験を提供することが困難な時期が続いた [4], [5]。そこで、アプリをダウンロードして多くの人が体験できるようにする目的でメロディスロットマシン HD を構築した。

図 1a はメロディスロットマシン HD のスクリーンショットで、横軸が時間、各記号はメロディのバリエーションの変化を表している。たとえば、左端中央の記号の音符マークは、同じバリエーションが連続することを意味する。音

符マークの右にあるチェリーの記号は、バリエーションが次々と変化していくことを意味する。

画面の左右にあるモード切替ボタンを押すと、グリッドタイル状の画面が表示され、曲全体のバリエーションの変化を確認・変更することができる (図 1b)。グリッド画面を使ってバリエーションの組み合わせを変更すると、それに合わせてスロット画面の記号も変化する。モード切替ボタンを押すか、iPad を縦に持つと、演奏者画面が表示される (図 1c, d)。演奏者画面では、スロットやグリッドによって決定したメロディーの組み合わせを演奏者が演奏している様子を見ることができる。

メロディスロットマシン HD の特長は、以下の2つである。

疑似作曲体験: メロディスロットマシン HD が出力できるメロディの組み合わせの数は膨大である。たとえば、図 1b では、6通りのバリエーションのメロディが時間方向に16のメロディセグメントに分割されているため、メロディの組み合わせは $8^{16} = 2,821,109,907,456$ 通りである。ユーザは自分の操作によって、まだ聴いたことのない組み合わせのメロディが出力されるので、あたかも作曲をしているかのような体験をすることができる。

演奏者操作体験: 演奏者画面では、演奏者の実写映像のつなぎ目に、AIで生成した補完映像を挟み込みことにより、どのような組み合わせとなっても滑らかな動きになるようにしている [6], [7]。たとえば図 1b では6通りのメロディが16のセグメントに別れているので、 $6^2 \times 16 = 576$ 個の補完映像を作成した。ユーザの操作によって実写の演奏者の演奏が変化するので、あたかもユーザ自身が演奏者をコントロールしているかのような体験をすることができる。

¹ 理化学研究所、革新知能統合研究センター (AIP)
^{a)} masatoshi.hamanaka@riken.jp
^{*1} <https://gttm.jp/hamanaka/melodyslotmachinehd/>
^{*2} <https://gttm.jp/hamanaka/melody-slot-machine/>

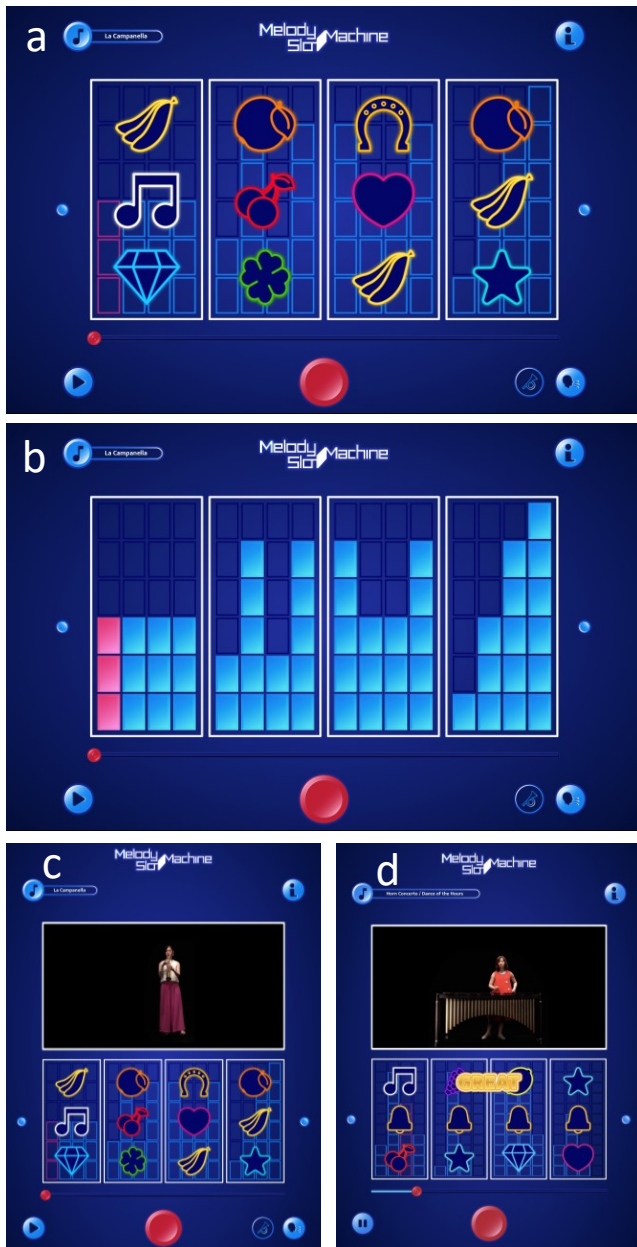


図 1 メロディスロットマシン HD のスクリーンショット
Fig. 1 Screenshots of Melody Slot Machine HD

以下本稿では、2 節でメロディモーフィング法について説明し、3 節では関連研究について述べる。4 節では、ユーザがアンケートに答えた結果について考察する。そして5 節でまとめと今後の課題について述べる。

2. メロディモーフィング法

メロディスロットマシン HD で使用しているメロディのバリエーションは、GTTM に基づくメロディモーフィング法により生成している [8], [9]。図 2 のタイムスパン木は、メロディ A を GTTM に基づき分析した結果得られたものである。タイムスパン木のレベル B より下にある枝の音符を省略するとメロディ B のようになる。さらに、レベル C より下にある枝の音符を省略するとメロディ C のよ

うになる。このとき、メロディ B はメロディ A と C の間のメロディであることから、メロディの簡約もメロディのモーフィングの一種と考えることができる。

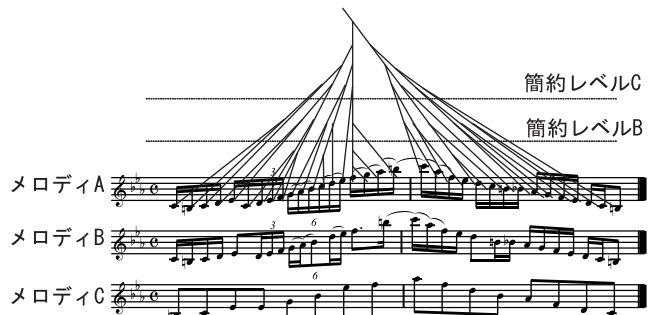


図 2 タイムスパン簡約
Fig. 2 Time-span reduction

2.1 タイムスパン木に基づく基本演算

メロディモーフィングでは、包摂関係 \sqsubseteq , meet \sqcap , join \sqcup の基本演算を使用する [10]。包摂関係は、具体的な構造 σ_A とそれを抽象化した構造 σ_B があつた場合に、 $\sigma_B \sqsubseteq \sigma_A$ と書き、A は B を包摂するという。meet \sqcap は、2 つのメロディーのタイムスパン木 σ_A, σ_B があつたとき、その共通部分 $\sigma_A \sqcap \sigma_B$ である。join \sqcup は、2 つのタイムスパン木の構造が矛盾を起こさない限りトップダウンに統合したタイムスパン木 $\sigma_A \sqcup \sigma_B$ である。

2.2 モーフィングアルゴリズム

図 3 はメロディモーフィング法の概要である。メロディ A と B のタイムスパン木 σ_A と σ_B を用いて、2 つのメロディーの共通な特徴 $\sigma_A \sqcap \sigma_B$ が算出できる (図 3a)。これにより、タイムスパン木 σ_A と σ_B は、それぞれ共通部分と非共通部分に分けることができる。非共通部分には、それぞれ相手のメロディにはない特徴が表われていると考えられる。メロディの部分簡約では、それら非共通部分の特徴をなめらかに増減させ、中間的なメロディ $\sigma_{\alpha_i}, \sigma_{\beta_i}$ を生成する。最後に、 σ_{α_i} と σ_{β_i} を join で統合することで σ_A と σ_B の中間的な構造となる $\sigma_{\alpha_i} \sqcup \sigma_{\beta_i}$ が獲得できる。

3. 関連研究

本節では、メロディスロットマシンが構築された経緯と、メロディモーフィングを実現するために必要な分析システムや 2 つのモーフィング実装について述べる。

3.1 開発の経緯

メロディスロットマシンは、メロディモーフィング法を使うとどのようなことが可能になるか探究した結果として構築された研究デモ装置である [4]。あたかも目の前に小さな演奏者がいるかのように感じられるようホログラムディ

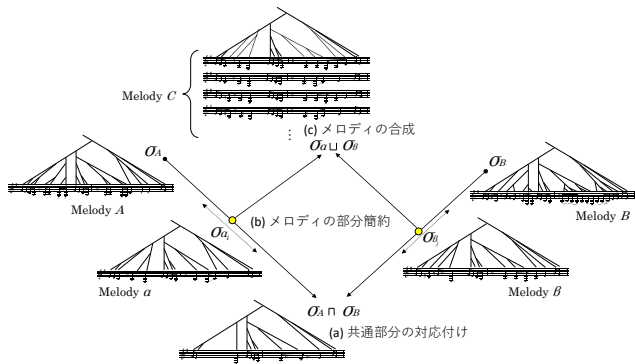


図 3 メロディモーフィングアルゴリズムの概要
 Fig. 3 Overview of melody morphing method

スプレイ（ペッパーズゴーストホログラム）を使って演奏者を正面からだけでなく左右からも見ることを可能としていた。（図 4）。



図 4 ペッパーズゴーストホログラム
 Fig. 4 Pepper's ghost hologram

レコーディングは残響音が非常に少ないレコーディングスタジオで行った。残響が長い場合には、メロディをセグメントに分割する際に、前のセグメントの演奏の残響音のみが次のセグメントに入りこみやすく、バリエーションを切り替えた場合に不自然となる可能性がある。しかし、残響が短いままであると不自然であるため、音が出力されるタイミングでプラグインエフェクトを使って残響音を付加した。その際、各方向ごとにリバーブのかけぐあいや音量バランスの調整を行い、ホログラム上で演奏者が見える場所から音が発生しているかのようにチューニングした。たとえば、装置に向かって右側からマリimba奏者を見ると、手前側が低音の鍵盤で奥が高音の鍵盤になるので、そのように聞こえるようにプラグインエフェクトのパラメーターを調整した。図 5 は、方向ごとのスピーカーを設置した様子である。

展示会用のメロディスロットマシンは、大型のペッパーズゴーストホログラム装置に加え、スピーカーを釣るトラ

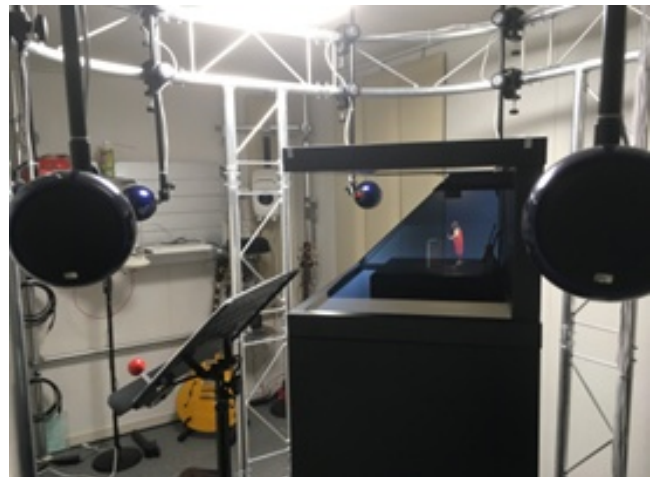


図 5 方向ごとのスピーカーの設置
 Fig. 5 Three pairs of speakers

スなど大掛かりな準備が必要であった。またシステムとしても iPad2 台と Mac mini を MIDI ケーブルによる通信で連携した複雑な構成であった。そこで、小型の組み立て式のペッパーズゴーストホログラムを自作し、2 台の iPad のワイヤレス通信のみで動作可能なポータブル版のメロディスロットマシンを構築した（図 6）[7]。そしてメロディスロットマシン HD は、ポータブル版で 2 台の iPad で動作させていた機能を 1 台の iPad で動くよう改良を行い構築されたものである。

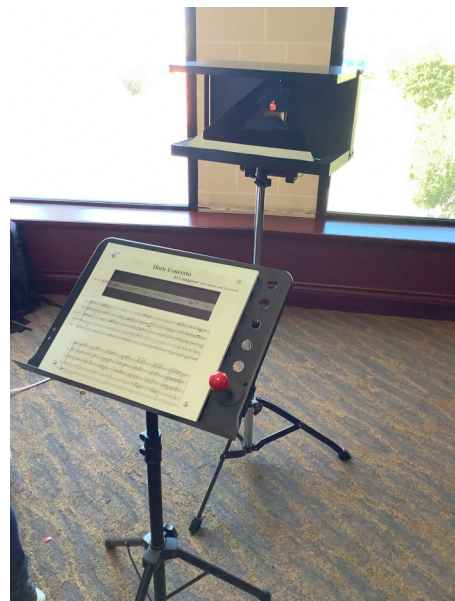


図 6 ポータブル版のメロディスロットマシン
 Fig. 6 Portable version of Melody Slot Machine

3.2 分析システム

メロディモーフィング法を自動化するためには、分析性能の高い GTTM 分析器の実現が必要である。GTTM 分析は、グルーピング構造、拍節構造、タイムスパン木

の順に分析を進めていく。GTTMのルールをナイーブに実装したルールベースに基づく分析器 ATTA は、人手によるパラメータ調整が必要であり、分析性能も低かった [11], [12], [13], [14], [15], [16]。人手によるパラメータ調整を不要とするよう改良されたシステム FATTA では、自動化は達成できたが分析性能はさらに低くなっていた [17], [18]。これらの結果は、GTTM のルールは非常に数が多く、人手の場合でも自動の場合でも各ルールの優先度などのパラメータを適切に調整することが困難なためであると考えられる。

グルーピング構造の分析器に決定木を導入した分析器 σ GTTM-I では、分析を行う複数の決定木の中から分析者が適切なものを選択できれば性能が向上したが、適切でない決定木を選択した場合には性能が低下していた [19], [20]。決定木を学習する曲をクラスタリングしてクラスタごとに決定木を学習させた σ GTTM-II では、 σ GTTM-I に比べてさらに分析性能が向上したが、分析者が適切な決定木を選択しなくてはいけない点に変わりなく、不適切な決定木を選べば性能が低下していた [21], [22]。

タイムスパン木の分析器に確率文脈自由文法を導入した σ GTTM-III 等では、タイムスパン木分析の自動化を実現したが、分析性能は十分ではなかった [23], [24], [25], [26], [27]。タイムスパン木分析器の性能を向上させることが難しい理由として、タイムスパン木が二分木であるために組み合わせの数が非常に多い点と、木の根元に近い枝で分析誤りがあるとそのエラーが伝播する点があげられる。また、曲中の局所的な部分に関するルールと大局的な部分に関するルールが競合すると、それを解消することが難しいという問題もある。たとえば、局所的なルールであるタイムスパン簡約選好ルール 1 (TSRPR1: Time-span reduction preference rule) では、小節の先頭の音が強拍な場合、小節内で最も構造的に重要な音すなわちヘッドになりやすい。すると、ルールベースの手法でも確率的な手法でも小節の頭がヘッドになりやすいようにパラメータや確率の重みが増加することになる。その重みは曲の全体に対して決まるので、たとえば曲の最終小節であっても同様に、小節の先頭の強拍の音符がヘッドになりやすい。一方、大局的なルールであるタイムスパン簡約選好ルール 7 (TSRPR7) では、曲の終止音がたとえ小節の先頭でなくても曲の中で最も構造的に重要な音となるが、TSRPR1 の重みが大きいと小節の先頭の音をヘッドとするような誤推定が発生しやすい。

上記のように従来は曲の局所的な部分を見てボトムアップに全体の構造を生成していく GTTM 分析器を構築してきたが、そのような手法では性能を飛躍的に向上させることは困難であった。そこで我々は GTTM 分析に深層学習を導入することを考えた。深層学習であれば曲の全体を入力に入れることが可能であるため、局所的な情報と大局的な情報の両方を扱うことが可能である。音符列を深層ネッ

トワークの入力に展開した deepGTTM-I, II, III では、グルーピング構造と拍節構造の分析性能が飛躍的に向上した。[28], [29], [30], [31], [32], [33]。タイムスパン木分析器では、一音ずつ簡約する逐次簡約音符を自動翻訳器で学習することで飛躍的に性能が向上した [34]。今後これらの深層学習ベースの分析器を公開する予定である。

3.3 2つのモーフィング実装

メロディモーフィングの基本的なアイデアは、2.2 で述べた通りである。そのアルゴリズムを実装するためには以下の2つの問題がある。

枝の優先度が未定義: メロディの部分簡約において、音符を抽象化する順番が定義されていないため簡約のプロセスを自動化することが困難である。

時間的に重複する音符の発生: 2つのタイムスパン木を join で結合すると時間的に重複する音高が異なる音符が発生する。このような場合、生成された複数の音符の中から手動で音符を選択する作業が必要があり、モーフィング手法を完全に自動化することが困難である。

我々は上記の2つの問題に対し2つの方法で取り組んだ。第1の方法では、論理的に一貫したモーフィング実装を提供することを目指した。2.1 での join と meet の定義は、枝の構成が大部分重なる木のペアに対してのみ適用可能であった。その定義を修正しタイムスパン木の枝の分岐を三分木となることを許容するように拡張を行った [35]。

第2の方法では、タイムスパン木の枝の優先順序を定義することで、部分簡約によって抽象化される音符の順序を決定し、かつ、join によって時間的に重複する音符から選択する音符を決定した。これによって、2つのメロディのタイムスパン木 σ_A と σ_B があったとき、それぞれについて抽象化される音符の数が決まると、モーフィング結果のメロディ C が一意に得られるようになった [5], [34]。

4. 実験結果

メロディスロットマシン HD は 2022 年 3 月に公開を開始し 2023 年 5 月までの間に iPhone 版と合わせて 657 件のダウンロードがあった。アプリを 10 回起動すると、アプリの使用性に関するアンケートを案内するメッセージが提示される。案内に従うか、アプリの設定ページからリンクをたどるとアンケートフォームを表示することができる。以下がアンケートの内容である。

Q1: メロディスロットマシンの操作方法を理解するのにかかった時間はどのくらいですか。(A)5分以内で理解、(B)10分以内で理解、(C)15分以内で理解、(D)30分以内で理解、(E)理解できなかった。

Q2: メロディのバリエーションを自分の思い通りに操作できましたか。(A)できた、(B)だいたいできた、(C)どちらともいえない、(D)あまりできなかった、(E)できな

かった。

Q3: iPhone を振ってシャッフルされるランダム機能は楽しめましたか。 (A) 楽しめた, (B) 楽しめなかった, (C) どちらともいえない。

Q4: メロディのバリエーションが変更できることはあなたにとって価値がありましたか。 (A) あった, (B) なかった, (C) どちらともいえない。

Q5: スロット画面とグリッド画面のどちらが操作しやすかったですか。 (A) スロット画面, (B) グリッド画面, (C) グリッド画面を使用していない。

Q6: スロット画面とグリッド画面のどちらが楽しく操作できましたか。 (A) ダイアルモード, (B) グリッドモード, (C) グリッドモードを使用していない。

Q7: メロディスロットマシンのアプリを今後も使いたいと思いますか。 (A) 思う, (B) 思わない, (C) どちらともいえない。

Q8: あなたは音楽に詳しい方だと思いますか (複数回答可)。 (A) 音楽には詳しくない, (B) 音楽には少し詳しい, (C) 音楽マニアである, (D) 楽器演奏経験 10 年以上, (E) 楽器演奏経験 5 年以上, (F) 楽器演奏経験がある, (G) 作曲経験 10 年以上, (H) 作曲経験 5 年以上, (I) 作曲経験がある。

これまでに 30 名の回答が得られた (表 1)。多くの者が 10 分以内に操作方法を理解し, 思い通りに操作でき, かつ楽しめ, メロディのバリエーションの変更に意義を感じていたことから, アプリを構築したことに一定の意義があったと言える。しかし, 今後も使いたいかに関しては, 思うが過半数以下であり継続して使いたくなるような改善をすることが課題である。グリッドモードとダイアルモードについてはユーザごとに意見が分かれており, 2 つのインタフェースを実装したことに意義があったことがわかった。

表 1 使用性アンケートの結果
Table 1 Usability questionnaire results

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Q1	5	13	2	6	3				
Q2	11	8	6	3	2				
Q3	25	4	2						
Q4	20	4	6						
Q5	16	10	4						
Q6	17	9	4						
Q7	14	5	12						
Q8	2	6	3	24	2	0	1	1	10

アンケートの最後には自由記述欄が用意されている。多くの質問に対して否定的な回答をしていた者の記述を確認したところ, 一時停止ボタンや途中から再生ボタンが用意されていないことに大きなストレスを感じていたことが分かった。同様のコメントが多かったことから今後改善して

いきたい。それ以外に多かったコメントは, コンテンツを増やして欲しいというものであった。

5. おわりに

メロディスロットマシン HD を構築した意義は, これまでモーフィングメロディがどのようなことに利用できるか明確ではなかった点を明らかにし, 普及させることである。

モーフィングメロディを使ったアプリとしてはこれまでも, 25 万件以上のダウンロードされた iPhone/iPad アプリ, シェイクギター (ShakeGuitar/ShakeGuitarHD) [36], [37]^{*3}や, 電気モーフ [38], 敷きモーフ [39], 掛けモーフ [40] といったシステムもあったが, モーフィングのための 2 つの入力メロディのうち片方が非常に音符数が多く, もう片方が非常に少なかったため, 音符数が多い方のメロディを簡約したメロディに近いものであった。したがってメロディスロットマシン HD は, GTTM に基づくメロディモーフィング法を本格的に利用して生成したメロディを用いて構築した初のアプリとなった。現在 2 つのコンテンツが利用可能であるが今後さらに利用可能なコンテンツを増やしていく予定である。

2 節で述べたモーフィングは, 2 つのメロディの内挿となるようなメロディを対象としていたが, 外挿メロディの生成方法についても提案していた [41]。今後, 外挿メロディの自動生成を実現し, 外挿メロディを用いたアプリを開発していく。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP21H03572 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: *A generative theory of tonal music*, The MIT Press, Cambridge, MA (1983).
- [2] 東条 敏, 平田圭二: 音楽・数学・言語: 情報科学が拓く音楽の地平, 近代科学社 (2017).
- [3] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: Implementation of melodic morphing based on generative theory of tonal music, *Journal of New Music Research*, pp. 1–17 (2023).
- [4] Hamanaka, M., Nakatsuka, T. and Morishima, S.: Melody Slot Machine, *ACM SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies ET-245* (2019).
- [5] 小林瑞季, 浜中雅俊: 新しい GTTM メロディモーフィング手法の提示: 既存手法とマリンバ作品を経て, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2019-MUS-123, No. 40 (2019).
- [6] Nakatsuka, T., Tsuchiya, Y., Hamanaka, M. and Morishima, S.: Audio-Oriented Video Interpolation Using Key Pose, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 35, No. 16 (2021).
- [7] Nakatsuka, T., Hamanaka, M. and Morishima, S.: Audio-guided video interpolation via human pose features, *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2020)*, pp. 27–35 (2020).

*3 <https://gttm.jp/hamanaka/shakeguitar/>

- [8] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: タイムスパン木に基づくメロディモーフィング法, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2008-MUS-74, No. 12, pp. 107-112 (2008).
- [9] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: Melody Morphing Method Based on GTTM, *Proceedings of the 2008 International Computer Music Conference (ICMC2008)*, pp. 155-158 (2008).
- [10] Hirata, K. and Aoyagi, T.: Computational Music Representation Based on the Generative Theory of Tonal Music and the Deductive Object-Oriented Database, *Computer Music Journal*, Vol. 27, No. 3, pp. 73-89 (2003).
- [11] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: 音楽理論 GTTM に基づくグルーピング構造獲得システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 284-299 (2007).
- [12] Hamanaka, M., HIRATA, K. and Tojo, S.: Automatic Generation of Grouping Structure based on the GTTM, *Proceedings of the 2004 International Computer Music Conference (ICMC 2004)*, pp. 141-144 (2004).
- [13] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: GTTM に基づく楽曲構造分析の実装: グルーピング構造と拍節構造の獲得, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2004-MUS-56-1, No. 84, pp. 1-8 (2004).
- [14] Hamanaka, M., HIRATA, K. and Tojo, S.: Automatic generation of metrical structure based on GTTM, *Proceedings of the 2005 International Computer Music Conference (ICMC 2005)*, pp. 53-56 (2005).
- [15] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: ATTA:exGTTM に基づく自動タイムスパン木獲得システム, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2005-MUS-61-4, No. 82, pp. 19-26 (2005).
- [16] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: ATTA: Automatic Time-Span Tree Analyzer Based on Extended GTTM., *Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR2005)*, pp. 358-365 (2005).
- [17] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: FATTA に基づくメロディ予測システム, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告, No. 78, pp. 45-50 (2008).
- [18] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: FATTA : Full Automatic Time-span Tree Analyzer, *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference (ICMC2007)*, Vol. 1, pp. 153-156 (2007).
- [19] 三浦右士, 浜中雅俊, 平田圭二: 統計的学習に基づく音楽理論 σ GTTM: 局所的グルーピング境界の検出, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2008-MUS-76-14, No. 78, pp. 75-82 (2008).
- [20] Miura, Y., Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: Use of Decision Tree to Detect GTTM Group Boundaries, *Proceedings of the 2009 International Computer Music Conference (ICMC2009)*, pp. 125-128 (2009).
- [21] 金森光平, 浜中雅俊, 星野准一: 類似楽曲の決定木学習に基づく音楽理論 GTTM のグルーピング構造検出システム, 電子通信学会論文誌, Vol. J100-D, pp. 129-139 (2017).
- [22] Kanamori, K., Hamanaka, M. and Hoshino, J.: Method to Detect GTTM Local Grouping Boundaries Based on Clustering and Statistical Learning, *Joint Proceedings of the 40th International Computer Music Conference and the 11th Sound and Music Computing Conference (ICMC2014 & SMC2014)* (2014).
- [23] 浜中雅俊: σ GTTMIII の構築, 人工知能学会全国大会論文集, 2C5-OS-21b-1 (2015).
- [24] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: σ GTTM III: Learning-Based Time-Span Tree Generator Based on PCFG, *Proceedings of The 11th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2015)*, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 9617, pp. 387-404 (2016).
- [25] 中村栄太, 浜中雅俊, 平田圭二, 吉井和佳: GTTM に基づくメロディ音符列の確率的木構造モデル, 人工知能学会全国大会論文集, 3G4-OS-15b-4 (2016).
- [26] Nakamura, E., Hamanaka, M., Hirata, K. and Yoshii, K.: Tree-structured probabilistic model of monophonic written music based on the generative theory of tonal music, *2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP2016)*, pp. 276-280 (2016).
- [27] Groves, R.: Automatic Melodic Reduction Using a Supervised Probabilistic Context-Free Grammar., *Proceedings of the 17th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR2016)*, pp. 775-781 (2016).
- [28] 浜中雅俊: deepGTTM-I: ディープラーニングに基づく局所的グルーピング境界分析器, 人工知能学会全国大会論文集, 3G4-OS-15b-3 (2016).
- [29] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: deepGTTM-I: Local Boundaries Analyzer based on Deep Learning Technique, *Proceedings of the 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2016)*, pp. 8-20 (2016).
- [30] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条 敏: deepGTTM-II: ディープラーニングに基づく拍節構造分析器, 情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 2016-MUS-112 (2016).
- [31] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: deepGTTM-II: Automatic Generation of Metrical Structure Based on Deep Learning Technique, *Proceedings of the 13th Sound and Music Conference (SMC2016)*, pp. 221-249 (2016).
- [32] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: deepGTTM-I&II: Local Boundary and Metrical Structure Analyzer Based on Deep Learning Technique, *Proceedings of The 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2017)*, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Computer Science, pp. 3-21 (2017).
- [33] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: deepGTTM-III: Multi-task Learning with Grouping and Metrical Structures, *Proceedings of The 13th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2018)*, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Computer Science, pp. 3-21 (2018).
- [34] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: Time-span Tree Levelled by Duration of Time-span, *Proceedings of the 15th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR2021)*, Vol. 1, pp. 155-164 (2021).
- [35] Hirata, K., Tojo, S. and Hamanaka, M.: Algebraic Mozart by Tree Synthesis, *Joint Proceedings of the 40th International Computer Music Conference and the 11th Sound and Music Computing Conference (ICMC2014 & SMC2014)*, pp. 991-997 (2014).
- [36] 浜中雅俊: 「ShakeGuitar」祝!!10万ダウンロード突破, 情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 デモンストラーション: 音楽情報処理の研究紹介 VII 2010-MUS86-21, Vol. 2010, No. 21, 1 page (2010).
- [37] Hamanaka, M., Yoshiya, M. and Yoshida, S.: Constructing Music Applications for Smartphones, *Proceedings of the 2011 International Computer Music Conference (ICMC2011)*, p. 308 (2011).

- [38] 浜中雅俊：電気モーフ，情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 デモンストレーション：音声・音楽情報処理の研究紹介 2008-MUS-74-11, Vol. 2008, No. 5, p. 61 (2008).
- [39] 浜中雅俊：敷きモーフ，情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 デモンストレーション：音楽情報処理の研究紹介 VI 2008-MUS-76-18, Vol. 2008, No. 78, p. 107 (2008).
- [40] 浜中雅俊：掛けモーフ，情報処理学会 音楽情報科学研究会研究報告 デモンストレーション：音楽情報処理の研究紹介 VII 2009-MUS81-22, Vol. 2009, No. 22, 1 page (2009).
- [41] Hamanaka, M., Hirata, K. and Tojo, S.: Melody Extrapolation in GTTM Approach, *Proceedings of the 2009 International Computer Music Conference (ICMC2009)*, pp. 89-92 (2009).