

楽曲の拍子変換のための網羅的な探索システムの評価

阿部悠希^{†1} 宮下芳明^{†1}

楽曲の拍子変換は、聞き慣れた曲に新鮮さを与えるアレンジ方法の1つである。しかし、拍子を変えたアレンジのバリエーションは多く存在するのに対し、人間が思いつけるアレンジは少ない。本稿では、楽曲の4拍子から3拍子への変換案をシステムが網羅的に提示することで、人間が見落としていたアレンジを拾い上げることができることを示す。さらに、提示したアレンジの中には人間が思いつくより良いもの、あるいは人間を触発し、より良いアレンジを想起させるものが含まれる可能性がある。

1. はじめに

楽曲の拍子変換は、既存の曲の印象を保ちながら新鮮さも与えることができる手法である。拍子変換の事例は多くあり、例えばザ・トイズによる曲「ラヴァーズ・コンチェルト」は、3拍子の楽曲であるJ.S.バッハのメヌエット ト長調の4拍子アレンジを元に作られている。また、フジパンは同社製品スナックサンドのCMにてテーマソングの3拍子化を行った[1]。もとは4拍子で流していたテーマソング[2]を、新CMでは3拍子化して流すことで、スナックサンドのイメージをそのままに、拍子変換による新鮮さで視聴者を飽きさせないことを狙っていると考えられる。

また、拍子変換は基本的にリズムをアレンジするものであり、リズムとは音符の長さの組み合わせであるため、拍子変換によるアレンジのパターンは潜在的に多く存在する。図1に示すように、例えば4分音符4つで構成された4拍子のリズム(1)からは、(2)~(4)のような3拍子のリズムが容易に導かれる。(1)の3拍子アレンジのバリエーションはこれに限らず、より細かい音符を用いることでさらにアレンジパターンを増やすことができる。また、(2)~(4)は1小節目と2小節目で同じリズムを繰り返しているが、小節目に別のリズムを用いることも十分可能であるため、さらに多様なアレンジが考えられる。例では簡単のために、アレンジ後のリズムの1小節目当たりの音符の数が2となるリズムを用いたが、これより音符数の多いリズムも当然考えられ、またそのアレンジバリエーションは音符数が2のときよりも多くなる。

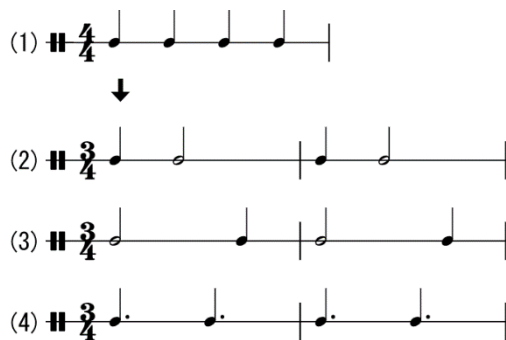


図14 拍子から3拍子へのアレンジ例

一方で人間が思いつけるアレンジは少なく、可能なアレンジ全体の一部しか網羅できない。また、複数の楽曲を拍子変換していった場合、リズムのアレンジがどれも似通ったものになってしまう可能性もある。図2に、それぞれ別の楽曲を3拍子にアレンジした際にリズムが類似した例を示す[3][4][5]。アレンジ後のフレーズの強調した部分は何れも、1拍目と2拍目が4分音符、3拍目がそれより短い2音の組み合わせで構成されている。また、(6)のフレーズは元のリズムが他の2フレーズと違うにも関わらず、類似した3拍子リズムとなってしまう。このように、拍子変換後のリズムがワンパターン化してしまい、かえって新鮮さがなくなってしまう懸念もある。



図2 複数の曲の拍子変換アレンジが似通う例

本研究は、4拍子から3拍子へのアレンジ案をシステムが網羅的に提示することで、人間の拍子変換を触発することを目的としている。システムがアレンジを網羅的に提示することで、ユーザが見落としていたアレンジ案を拾い上げ、ユーザに新たな拍子変換の可能性を見出してもらえると考える。また、機械が提示した案が拍子変換として出来ないものであっても、それをユーザが再びアレンジし、改善することでまた別の良いアレンジが生まれることが期待できる。

2. 関連研究

樋口らは、ユーザが演奏したフレーズのリズムのみを別のリズムに変換して即座に返すシステムを提案した[6]。ユーザとシステムが交互に演奏することでユーザを触発し、初心者が即興演奏のリズムのレパートリーを増やすことを目的としている。

筆者らは拍の圧縮によって4拍子の楽曲を3拍子に変換

^{†1} 明治大学

するインタフェース *Waltzizer* を提案した[7]. 6通りの圧縮パターンを縦に並べることで、曲全体を俯瞰しつつ各小節に合うパターンを試聴する試行錯誤を可能とした。

徳井らは、対話型進化的計算によってリズムを生成する手法を提案した [8]. これにより、探索の範囲を広げ過ぎずに、フレーズの複雑さとその音楽性の担保ができたと述べている。

西本らは音高の代わりに音の機能でインタフェース上に音をマッピングする、音機能固定マッピング楽器を提案した[9]. 西本らは音楽の理論が初心者の自在な演奏を妨げていると考え、システムでその解決を図った。また、楽器演奏やその他の創作活動をシステムに完全に任せる考えについても言及した上で、創造支援システムはユーザが創造性を発揮する余地を残すべきと述べた。

3. 実験

3.1 実装システム

筆者らが過去に提案した *Waltzizer* を一部改変したものをを用いる。前述の通り、これは拍の圧縮によって4拍子から3拍子へのアレンジ案を提示するものであり、圧縮する拍を4拍の中から2拍選ぶ組み合わせによって、図3に示す6通りのルールを作ることができる。これを適用することにより、最大で6通りの3拍子アレンジの案を提示できる。このシステムで4拍子から3拍子のアレンジ全てを網羅できるわけではないが、一定のアルゴリズムに沿うことで網羅的な提示は行えるといえる。

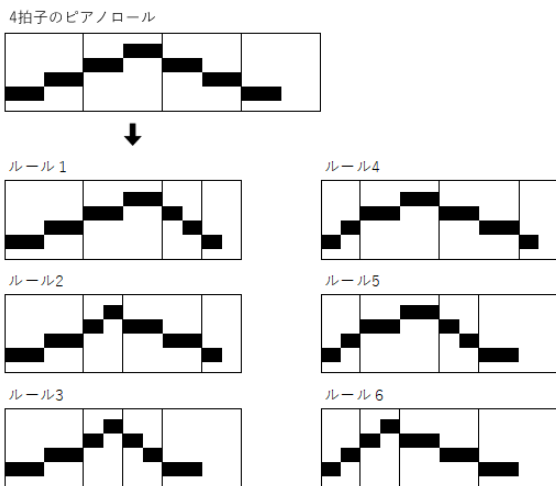


図3 6通りの拍圧縮ルール[7]

図4に楽曲を読み込んだ後の *Waltzizer* のインタフェースを示す。楽曲の読み込みはウィンドウ内に MIDI ファイル下をドラッグ&ドロップすることで行う。下部の黒と灰色の範囲に6通りのアレンジが縦並びで提示される。ユーザは左端の灰色の部分をクリックして聞きたいアレンジを行単位で選択し、上部 Play ボタンの押し下げで試聴をする。また画面上をクリックすることで赤い縦線で示されたカー

ソルを動かし、再生開始箇所を変えることができる。

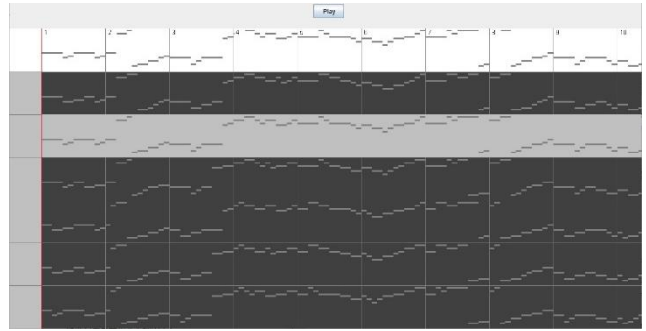


図4 *Waltzizer* のインタフェース

3.2 実験方法

参加者はシステムを使わずに課題フレーズを4拍子から3拍子へ拍子変換し、その後 *Waltzizer* の出力結果を評価した。実験には3拍子化ができる19~20歳の大学生3名が参加し、いずれも女性であった。

まず、参加者は課題フレーズをメトロノームと共に聞き、それぞれの3拍子化アレンジ案を、*Waltzizer* を使わずに思いつく限り出した。なお、課題フレーズの聞き直しは自由にできる他、メトロノームの使用も自由とした。3拍子化にあたっては、課題フレーズの1小節を2小節に分割してそれぞれ3拍子化するように求め、また音符の追加や削除は行わないよう指示した。これは探索範囲を *Waltzizer* と同じ、音の圧縮に限定するためである。参加者が考えたアレンジの伝達は、メトロノームに合わせてキーボードで弾くことで行った。時間制限は設けず、参加者がこれ以上案を出せないと判断した時点その課題フレーズの拍子変換を終了し、次の課題フレーズの3拍子化へ進んだ。全ての課題フレーズの3拍子化が終わった後、参加者はどのような考えで3拍子化を行ったかを説明した。

次に、課題フレーズを *Waltzizer* で3拍子化した6通りの変換結果を聴き、評価するよう参加者に指示した。参加者は各アレンジの1小節毎に、そのアレンジの驚きと利用価値を1~6の6段階で評価した。驚きはそのアレンジがどれほど思い付きにくいものか、利用価値はそのアレンジが3拍子のフレーズとしてどれだけ優れているかを表す。また、参加者自身のアレンジを4としたときの相対評価とし、6に近いほど良い評価とした。評価と並行して実施者がインタビューを行い、参加者は評価の根拠を口述した。

実験は全て、システムを使わない拍子変換、*Waltzizer* の評価の順で行った。この実験の目的は、人間による拍子変換の限界と、*Waltzizer* がそれを越えた案を出せることを調べることである。もし実験の順序を逆転させると、システムを使わない拍子変換の結果が人間の能力だけでなく、*Waltzizer* の影響も受けてしまう恐れがある。また、拍子変換と評価で扱う課題フレーズも同一のものを使用した。同じフレーズで人間とシステムを比べることで、両者の処理の違いが見えると考えたためである。

3.3 課題フレーズ

ブルグミュラー25の練習曲の中から3つ抜粋した。4拍子または2拍子であり、ある程度の複雑さを持つものを対象とした。ここでは、ある程度の複雑さを持つフレーズとは「ある小節が異なる長さの音符の組み合わせで成り立つフレーズ」とする。課題フレーズとして用いたのは以下の3つである。

- フレーズ1：アラベスク 5~8小節目
- フレーズ2：小さな嘆き 13~15小節目
- フレーズ3：乗馬 1~2小節目

アラベスクは2拍子の曲であるため2小節を1小節にまとめ、2小節からなる4拍子のフレーズとして扱った。また、小さな嘆きは13小節目のアウトタクト部分から15小節目の終わりまでとした。図5に課題フレーズの楽譜を示す。



図5 課題フレーズ

4. 結果と考察

4.1 参加者とWaltzizerのアレンジ案の比較

表1に、各参加者が出したアレンジ案と、参加者とWaltzizerの双方が共通して出した案の数をそれぞれ示す。集計にあたり、参加者がフレーズ単位で出したアレンジを小節単位に分割し、各小節で重複しているものはまとめて1つとして数えた。また、全参加者の欄は参加者が出した案全てをまとめたときの案と共通案の数をそれぞれ示す。各参加者とWaltzizerが共通して出した案の数は0~3つであった。また、参加者の案を全てまとめた場合も、共通案は最大で3つだった。このことから、Waltzizerは人間が思いつかない案を提示でき、また人間が思いつく案はあまり提示できないと言える。

表1 参加者が出したアレンジ案とシステムと参加者が共通で出した案の数

		フレーズ1		フレーズ2			フレーズ3	
		1小節目	2小節目	1小節目	2小節目	3小節目	1小節目	2小節目
参加者1	参加者案	7	5	3	3	3	3	4
	共通案	0	0	1	1	1	3	0
参加者2	参加者案	3	2	1	3	3	3	2
	共通案	0	0	1	1	1	2	0
参加者3	参加者案	15	14	1	9	9	7	11
	共通案	1	1	1	2	2	2	2
全参加者	参加者案	18	16	4	10	10	8	15
	共通案	1	1	2	2	2	3	2

参加者による拍子変換とWaltzizerによる拍子変換で差異が見られたのは、主に小節頭の休符の処理と繰り返し部分の処理であった。小節頭の休符はフレーズ1と2の1小節目に見られ、参加者の案のほとんどはこの休符を削除したものであった。一方、Waltzizerは拍を0.5倍に圧縮する都合上、休符の削除は行えないため、参加者の案と違いが出たと考えられる。繰り返し部分はフレーズ2の2~3小節目やフレーズ3の1小節目に見られる。参加者はこれらの繰り返し部分を、同じように繰り返すリズムを使って3拍子化する傾向にあった。表2に示す通り、参加者1, 2が出した繰り返し部分のアレンジのほとんどに繰り返すリズムが含まれている。参加者3のみ、繰り返しなしのリズムも思いついているが、これは探索を続けた結果、非繰り返しのリズムの可能性に気づいたものと考えられる。なお、繰り返さないリズムは繰り返すリズムよりもバリエーションが豊富であるため、参加者3が出したアレンジは最終的に非繰り返すリズムの案の方が多くなっている。

表2 繰り返しの有無で分類された各参加者の繰り返し部分のアレンジの数

	繰り返しあり		繰り返しなし	
	フレーズ2	フレーズ3	フレーズ2	フレーズ3
参加者1	2	3	1	1
参加者2	3	3	0	0
参加者3	4	3	5	4

3拍子化するにあたっての考えは、以下のような回答が得られた。

- 「小節をどこで区切るかを最初に決め、その後タータター、タタターター、タータータタのどのリズムにあてはめるかを考えた」(参加者1)
- 「2音を3拍にすることを考え、それぞれの長さを、2-1, 1-2, 1.5-1.5にした」(参加者2)
- 「音の数を数えて、それを小節に入れることを考える。5音だったら1つ伸ばして6拍にしたり、2つ詰めて2つ伸ばして6拍にしたり」(参加者3)

参加者によって手法は違うが、それぞれのアルゴリズムに従ってアイデアを出しているといえる。ただし、参加者2, 3のフレーズ2の1小節目のアレンジ数が少ないように(表1)、各人のアルゴリズムの全てのパターンを厳密に適用できているわけではない。

4.2 Waltzizerのアレンジ案の評価

Waltzizerが出力したアレンジへの評価を、フレーズ毎に小節単位で集計したものを図6, 7に表す。驚きは2~6の評価が与えられ、1の評価を得た小節はなかった。多くの小節は4以上の評価を得られており、参加者の案に満たないとされた3以下の評価はわずかだった。表1に示した共通案の数が多いうフレーズほど驚きの評価が4であった小節

の割合が大きいいため、参加者は自分に思いつける案とそうでない案を概ね性格に判断できていると捉えられる。

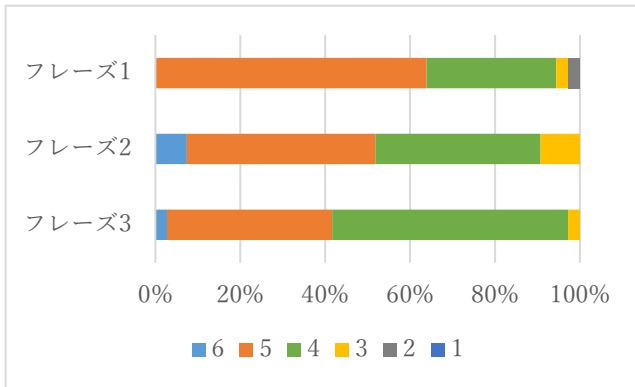


図6 驚きの評価別の Waltzizer 案の小節の割合

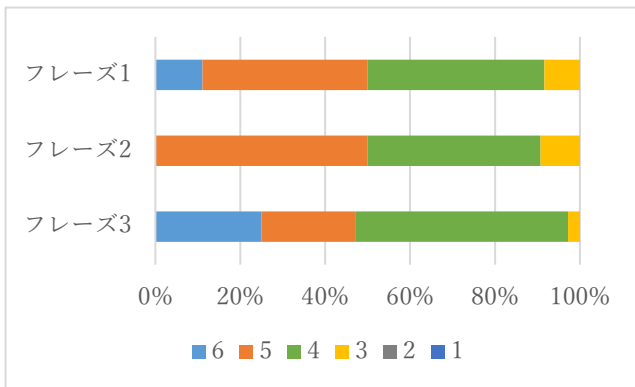


図7 利用価値の評価別の Waltzizer 案の小節の割合

また、利用価値の評価の根拠としては以下のようなものが挙げられた。

- 「原曲から辿りやすいリズムなので、あえて3拍子でそれをする必要はない」(参加者1)
- 「ぱっと覚えられないリズムなのであまり使おうとは思わない」(参加者2)
- 「原曲からあまり離れていないので使いやすい」(参加者2)
- 「覚えづらそう」(参加者3)
- 「全体的に似通ったリズムなので使いやすい」(参加者3)

参加者によって利用価値の根拠が違い、また1人の参加者が複数の価値評価の根拠を持っていることがわかる。特に参加者1と2とではアレンジ案が原曲と似たリズムになることについて、正反対の評価を下している。

4.3 まとめ

参加者による拍子変換アレンジはそれぞれのアルゴリズム的な考え方に基づき行われ、その探索範囲は有限である。また、Waltzizerが出した案のうち、少なくとも半分は参加者では思いつけないものであり、また参加者が出せてWaltzizerが出せていない案の存在もあることから、2者の間で案の重複は少ないといえる。また、Waltzizerが出した案への参加者の評価は、ほとんどが参加者と同等かそれ以

上のものであり、人間には思いつけずかつ3拍子として価値のあるアレンジを提示できているといえる。また、参加者によって「3拍子として価値のあるアレンジ」の基準は違い、正反対の評価をする者もいた。

5. おわりに

本稿では、網羅的に拍子変換の探索を行うシステムの評価を行い、提案システムが驚きと利用価値の両観点においてよい評価を得られるアレンジ案を提示できることを示した。ただし、今回は小節単体で評価をしたが、本来フレーズの評価にはその前後の文脈も関わってくる。人間が思いつく案の領域とWaltzizerが提示できる案の領域に大きな重複はなく、ある程度効率的に探索を行えるといえる。

展望として、網羅的なアレンジの提示システムでユーザを触発することを検討していきたい。触発の1つとして、ユーザの無意識の思いこみに気づかせることが挙げられる。本実験の参加者の様子を観察して、参加者は3拍子化する際に「ここは同じリズムを繰り返す」「この部分はアレンジしようがない」「原曲と同じような音符の長さの割合を保つべき」という無意識の思い込みによって探索範囲を制限しているように思えた。一方で、Waltzizerは良くも悪くも音楽の文脈に囚われず、ユーザの無意識の思い込みによる制約の外にあるアレンジも出し、それによってユーザはその制約の存在に気づくことができる。それにより、ユーザは今までの制約の外に更に探索範囲を見つけ、新たな案を探せるのではないかと考える。

あるいは、ユーザが低く評価したシステム案を改良することで、ユーザだけ、システムだけでは考え付かない良いアレンジが見つかる可能性もある。Waltzizerは3拍子として気持ちのいいリズムか、価値のあるリズムかも考慮しないため、案の中には斬新ではあるもののそのままでは採用しづらいアレンジも含まれる。そのようなアレンジのネックとなっている部分をユーザが修正することで、斬新かつ価値のあるアレンジを生み出せると考える。

Waltzizerで探索できる3拍子化のアレンジはごく一部だが、仮にこのような触発、人間とシステムの共創が起こるのならば、システムの探索範囲を大幅に広げる必要はないと予測する。ユーザが網羅的探索システムを使ってたどり着けるアイデアの領域は、ユーザの能力のみで思いつける領域、システムが提示できる領域、そしてシステムの提示を受けて更にユーザが探索、あるいは案の改良をすることで到達できる領域の3つの和である。このとき、拍子変換の全領域をシステムが提示する必要はなく、一部の領域はユーザとシステムによる共創でカバーしてもらうことで、システム側からの提示数を抑えることができるはずである。システムが多数出した案を何らかの関数で評価し、優先度をつけてユーザへ提示することも考えられるが、ユーザによって価値のあるアレンジの根拠が違うこと、また評価が

低い案でも触発につながる可能性があることから、実用的であるとは考えていない。システムの提示数を適切に抑えることでユーザの試聴負担を減らせるだけでなく、システムからの提示に偏重しない、触発としてのシステムとしてバランスが取れたものになると考えている。

参考文献

- 1) フジパン公式チャンネル: スナックサンドものがたり篇
https://www.youtube.com/watch?v=14_dBhuHAqU (参照:2023-07-02)
- 2) Oricon: 森七菜がキュートに歌う! フジパン『スナックサンドのうた♪』 36年ぶり TVCM フジパン『スナックサンドのうた♪』 36年ぶり TVCM
<https://www.youtube.com/watch?v=cJClaWWRJkA> (参照:2023-07-02)
- 3) 音楽美術館【Piano】: Lemon (米津玄師) を三拍子にしてみた【Piano Arrange】 <https://www.youtube.com/watch?v=bif6AlXj4IU>
(参照:2023-07-21)
- 4) Iso Piano: 【3拍子にしても名曲!】千本桜(ワルツ ver.) - Piano Cover- <https://www.youtube.com/watch?v=b5IomyMKMDM>
(参照:2023-07-21)
- 5) CANACANA family: 【トルコ行進曲 3拍子にしてみた】
Turkish March in Triple Time - モーツァルト - クラシックピアノ
- Mozart - Classic Piano-CANACANA
<https://www.youtube.com/watch?v=VZ7IUmgT3nk> (参照:2023-07-21)
- 6) 樋口寧々, 宮下芳明: 即興演奏初心者のための多様なリズム発想支援システム, インタラクション 2023 論文集, 671-675 (2023)
- 7) 阿部悠希, 宮下芳明: Waltzizer: 4拍子楽曲を圧縮して3拍子化するための探索インタフェース, 第29回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2021) 論文集 (2021)
- 8) 徳井直生, 伊庭齊志: 対話型進化的計算によるリズムの生成, 人工知能学会全国大会論文集, 81-82 (2000)
- 9) 西本一志, 渡辺洋, 馬田一郎, 間瀬健二, 中津良平: 創造的音楽表現を可能とする音楽演奏支援手法の検討: 音機能固定マッピング楽器の提案, 情報処理学会論文誌 39 巻 5 号 1556-1567 (1998)