

習熟度を考慮した複数楽譜からのピアノ譜生成手法の提案

藤田 顕次[†] 大野 博之^{††} 稲積 宏誠^{††}

[†] 青山学院大学大学院 理工学研究科 理工学専攻

^{††} 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科

概要 本稿では、オーケストラなどの複数のパートで構成される楽譜に対して、自動要約による一人で演奏可能なピアノ譜の生成手法を提案する。楽譜を構成するパートはそれぞれ異なる役割を果たしているが、その中でも楽曲の中心となる旋律パートとベースパートの推定を行い集約を行うことで、より再現度の高い楽譜の生成が可能になる。しかし、単純に楽譜を集約しただけでは作成した譜面に演奏不可能な箇所が生じてしまう。そのため、ピアノの演奏可能条件を満たし、さらに演奏者の習熟度に応じた出力結果の調節を行うことで、より実際の演奏に則した状態での出力を行い、その有意性を確かめた。

A proposal for piano score generation that considers proficiency from multiple part

Kenji FUJITA[†], Hiroyuki OONO^{††}, and Hiroshige INAZUMI^{††}

[†] Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

^{††} College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

Abstract This paper proposes an algorithm that the score composed of multiple parts such as orchestra summarize automatically, and output as a piano score to be performed possible. The generation of the score with high level of the more reproduction becomes possible by estimating the melody part and the bass part. We output the piano score that meet playing possible requirement, and adjusted the player's proficiency, and confirm significant.

1. はじめに

Web 上では自作の楽曲や著作権の切れたクラシックの MIDI ファイルが数多く配布されているが、それらを実際に演奏しようと思っても、多くの楽曲は複数のパートから構成されており、一人で演奏するのは困難である。こうした複数のパートから構成される楽譜を、より編成が少ない楽譜に編曲することは昔から広く行われてきたが、その方法は人の手による編曲であり、音楽的な知識と多大な時間が求められる。もし、これらの過程が自動化されれば、楽譜の作成がより簡単になり、同時に多くの楽曲を手軽に知ることのできる機会が増えると考えられる [1]。本稿では、複数のパートからなる楽譜を、最も

ポピュラーな楽器のひとつであるピアノで演奏可能な形に直し、誰でも容易に演奏できるような環境を作ることが目的である。

複数のパートで構成される楽曲は、それぞれのパートが異なる役割を果たしているが、それらをピアノ譜に変換するに当たり、その中から重要な部分を抽出する必要がある。旋律（メロディ）は楽曲を聞くうえにおいて中心的なものであり、元の楽曲の印象を左右する重要な要素であるために、ピアノ譜に直した場合残さなければならないものである。また、ベースパートは低音域から和声の構造を支える役割を担っており、旋律とは異なった方向から楽曲を構成する重要な骨組みの一つとなっている。

さらに、実際に作成したピアノ譜を演奏するにあたり、ピアノ演奏特有の条件を満足するような出力を行う必要がある。また、ピアノ演奏の難易度は人によって異なるために、ある程度、演奏の難易度を調整可能な環境が必要である。

そこで、本研究では複数のパートにより構成される楽譜に旋律推定とベース推定を行い、楽譜を集約したのち、それを演奏者の習熟度に応じたピアノ譜として生成する手法を提案する。以下、第2章では複数のパートからの旋律とベースパートの抽出について述べ、第3章では作成した楽譜に対する演奏可能判定と習熟度判定の定義を述べる。第4章では実際に作成した楽譜の評価を行い、第5章で本稿をまとめる。

2. パートの抽出

複数のパートから構成される楽譜では、ボーカル曲などを除いて旋律は必ずしも一つのパートが連続して演奏しているわけではない。そのため、曲が進むにつれ様々な楽器が旋律を担当することになり、旋律を担当しているパートを一意に決めることは困難である。

芹澤 [2] らは楽曲をフレーズに分割し、それら一つ一つに対し旋律の評価値を設定し解析を行うことで、旋律と伴奏が混在する MIDI ファイルから旋律のみを抽出する手法を提案した。本稿ではこの手法を用い、楽曲をフレーズに分割し複数のパートで構成される楽曲から旋律を抽出した。これらの手法は 2.1 節、2.2 節で詳しく述べる。また、もう一つの楽曲を構成するうえで重要なパートであるベースパートは、フレーズ内のベースのもつ特徴から評価値を求め推定した。

2.1 フレーズ分割

旋律は楽曲中で一つのフレーズとして認識され、そのフレーズがいくつも集まってより大きな旋律となり、さらにそれらが集まり続けることで一つの楽曲を構成している。一つの楽器は一つのフレーズを連続して演奏するため、フレーズの中では楽器の変更が起きることは少ない。そのため楽器間で旋律を担当するパートが変わった場合、このフレーズの切れ目で起きることが多い。旋律が複数パートによって演奏された場合でも、このフレーズに注目することで旋律パートを推定することが可能である。

連続する 2 つの音の発音の間隔が長い場合、その部分はフレーズとしての連続的な感覚が希薄であるために、フレーズ間の切れ目である可能性が高いと考えられる。また 2 つの音の音高の差が大きな部分は、前の部分とは異なった旋律が始まっている可能性が高いと考えられるので、この部分も同様にフレーズ間の切れ目である可能

性が高いと考えられる。

以上の観点から、フレーズの切れ目を以下のような手順で求めることとした。なおフレーズの最小単位はその楽曲の 4 小節分とし、フレーズは全パート同じ場所で区切られる。和音が含まれる場合は一番高い音を解析対象とした。

(1) 各パートの全ての音に対し連続する 2 つの音の間隔と音高差の積を求める。

(2) 求めた値を全パート足し合わせ、最大値となる点をフレーズの区切れとする。

(3) 全ての区切りがフレーズの最小単位となるまで、(1) (2) を再帰的に繰り返す。

2.2 旋律推定

芹澤らは分割したフレーズ内において、次の 6 つの項目に対し各パートごとに旋律の評価値を与え、最も評価値が高いパートを旋律とした。

- 平均音高
- 平均音量
- 発音時間
- 楽器指定
- 音高パターン
- リズムパターン

本稿では平均音量を除く 5 つの項目について、芹澤らが用いた評価値を与えて旋律を推定した。

2.2.1 平均音高

旋律は音高が高い音を多く含むパートとして認識されることが多く、フレーズ内において平均音高が高いパートが旋律を担当している可能性が高い。その平均音高は旋律推定と同様に以下の式で求め、音が和音で構成されていた場合、その最高音を対象とした。

$$\text{平均音高} = \frac{\text{各最高音の総和}}{\text{音数}} \quad (1)$$

最も平均音高が高かったパートの旋律評価値を +1 する。

2.2.2 発音時間

フレーズ内での発音時間が長いパートは、目立って聞こえるために旋律である可能性が高く、逆に短いパートは旋律である可能性は低い。そこでフレーズ内での発音時間の割合を算出し、一定時間に満たないパートは旋律の評価値を下げる。

$$\text{発音時間} = \frac{\text{各音の音長の和}}{\text{音数}} \quad (2)$$

本稿では閾値を 0.5 とし、これに満たないパートの旋律評価値を -3 とした。

2.2.3 楽器指定

ドラムなどのパーカッション系の楽器は、音階を持たないために旋律を担当することはないため、候補のパートから除外する。

2.2.4 音高・リズムパターン

いくつかのパートが類似した音高の動き、かつリズムパターンで演奏した場合、その類似したパートのグループは、同じ音で演奏され音量が大きくなるために旋律である可能性が高い。そこで各パートを類似した音高の動きをしたグループと、類似したリズムパターンを持つグループに分け、それぞれの最大グループに属しているパートを旋律と判断し、旋律評価値を+1した。類似度の計算は、フレーズ内の各音高の出現頻度をオクターブを無視した12音のヒストグラムで表し、2パート間のコサイン相関値が0.95以上のものを類似パートと判断した。同様にリズムパターンも、フレーズ内の音長の出現頻度を全音符から三十二分音符までの11音のヒストグラムで表し、類似度を求めた。

また一パートだけ他のパートと全く異なるリズムパターンを持つパートがあれば、他のパートよりも目立って聞こえるのため、旋律である可能性が高いと考えられるので、そのパートにも旋律評価値を+1した[3]。

2.3 ベース推定

ベース音は、ほぼ全てのジャンルの楽曲に存在し、低音域から楽曲を支える役目を担っている。特徴としては、ほぼ単音のみの演奏であり、途切れることなく全曲に渡って鳴り続けていることが多い[4]。そのため、その楽曲全体を印象づけるための重要な要素の一つであり、また楽曲を構成するうえでも欠かせないパートの一つであるといえる。各フレーズのパートごとに、そのパートのベースらしさをベース評価値で表し、最も評価が高いパートをベースパートとする。また各パートの音が和音であった場合は、最低音のみに単音化する。

ベース評価値は、次に挙げる発音時間と平均音高に基づいている。

2.3.1 発音時間

ベースパートの特徴として、途切れることなく演奏されることが多い。そのため、フレーズ内での発音時間が長いパートは、ベースパートである可能性が高い。そこでフレーズ内での発音時間の割合を算出し、一定時間に満たないパートはベースパートの候補から外す。

$$\text{発音時間} = \frac{\text{全ての音の音長}}{\text{フレーズの長さ}} \quad (3)$$

本稿では閾値を0.5とし、これを満たすパートをベースパートの候補とした。

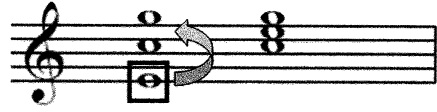


図1 旋律のオクターブ以上の和音の処理

2.3.2 平均音高

ベース音はその楽曲で最も低い音が鳴っているパートが担当していることが多いため、フレーズ内での平均音高が最も低いパートがベースパートである可能性が高いと考えられる。平均音高は以下の式で求めた。

$$\text{平均音高} = \frac{\text{各最低音の総和}}{\text{音数}} \quad (4)$$

先程の発音時間の条件を満たしたベースパートの候補となったパートから、最も平均音高の低いパートをベースパートとした。

3. パートの集約

フレーズごとに推定した旋律とベースパートを基にピアノ譜として音符の集約を行う。その際、演奏可能な楽譜を生成するためには、集約する音符を取捨選択する必要がある。旋律パートでは、前章で求めた旋律評価値の高いパートの音符から順に選択する。これは旋律評価値が高いパートほど旋律である可能性が高く、楽譜内での重要度が高いと考えられるからである。ベースパートはフレーズごとにひとつしか存在しないため、すべての音符を選択する。本稿では便宜上旋律を右手、ベース音を左手に配置した。

また、ピアノという楽器の特性から、作成した楽譜が演奏不可能な状態で出力されることが考えられる。そのため演奏不可能な部分に修正を行うことで、実際に演奏可能な楽譜を作成することができる。加えてピアノ演奏のスキルは人によって異なるために、演奏者個々の習熟度に応じて出力の調整を行うことによって、より使用者の要望に近い結果を出力可能であると考えられる。

3.1 演奏可能判定

3.1.1 オクターブ以上の音符を同時に発音する場合

和音を構成する音の最大値と最小値の差が12以上ある場合は、人間の手の大きさの限界から演奏不可能と判定した。演奏不可能と判定された和音は、最も旋律の評価値が高いパートの最大音に合わせて、図1のように下の和音構成音をオクターブ上げることで調節した。ベースパートの場合は、図2のようにベースの音を基準にして、そのほかの和音をオクターブ下げることで調節した。



図 2 ベースのオクターブ以上の和音の処理

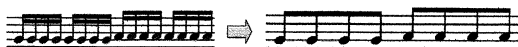


図 3 不可能な同音連打の処理

表 1 同時に弾く和音数

	初級者	中級者	上級者
右手	1 音	2 音	3 音
左手	2 音	3 音	4 音

表 2 幅の制限

	初級者	中級者	上級者
右手	1 オクターブ	2 オクターブ	制限なし
左手	五度	1 オクターブ	2 オクターブ

3.1.2 不可能な早さで同音連打する場合

ピアノはハンマーで弦を叩くという構造を持っているため、ハンマーが戻るまでの時間以上の連打は不可能である。しかし弦楽器などは、トレモロのように同じ音を連続して弾く奏法が求められることがあり、同様の音をピアノ譜に直した場合、ピアノでの演奏の再現は困難である。ピアノメーカーである YAMAHA のホームページ [5] によると、アップライトピアノでは 1 秒間に約 7 回の連打が可能であるとのことなので、本手法では 1 秒間に 5 回以上の連打をする場合を演奏不可能と判定した。演奏不可能と判定した音は図 3 のように一つ前に発音した音の音長を 2 倍にし、刻みの間隔を長くすることで対応した。

3.2 習熟度判定

習熟度判定を決めるにあたり、実際にピアノを教えている教師に協力を仰ぎ、初級者、中級者、上級者の 3 つの習熟度別に以下の 4 つの判定基準を設けた。

3.2.1 同時に弾く和音数

同時に弾く和音の音数であり、左右の手に別々の基準を設け、それを表 1 にまとめた。習熟度的に演奏不可能と判定された和音は、最も旋律の評価値が高いパートの最大音に合わせて、下の和音構成音をオクターブ上げることで調節した。ベースパートの場合は、ベースの音を基準にして、そのほかの和音をオクターブ下げることで調節した。

表 3 パッセージの速さ (八分音符)

	初級者	中級者	上級者
BPM	90	120	160

3.2.2 和音の手の幅の制限

初級者は、大きく手を広げて和音を弾くことが困難であるため、和音の幅を 5 度に制限した。基準以上の音があった場合、演奏不可能と判定された和音は、最も旋律の評価値が高いパートの最大音に合わせて、下の和音構成音をオクターブ上げることで調節した。ベースパートの場合は、ベースの音を基準にして、そのほかの和音をオクターブ下げることで調節した。中級者、上級者はオクターブのままである。

3.2.3 パッセージの幅の制限

ピアノを演奏する際、遠い鍵盤より近い鍵盤に移動した方が演奏が簡単であるため、初級者には手の移動の幅の制限を設けた。基準以上の音と判定された音は、制限内の同じ実音の音にオクターブ移動させることで調節した。

3.2.4 パッセージの速さ

実際にピアノを演奏する場合、楽曲のスピードが速ければ速いほど演奏には困難が伴う。速さの基準を表 3 とし、この BPM で弾いたときの八分音符を判定基準とした。もし基準以上の速さの音が鳴らされた場合、演奏可能判定の同音連打と同じように、その一つ前の音の長さを次の音に加え、次の音を削除し、音の間隔を広くすることで対応した。

4. システムの実行例

本稿で述べたルールを元に実際の楽曲に対して、初級者、中級者、上級者それぞれのピアノ譜の作成を行った。楽譜は M. ラヴェル作曲の管弦楽曲「マ・メール・ロワ」より「妖精の園」を用いた。これは原曲自体がピアノ連弾曲を管弦楽版に編曲したものであり、作成した譜面と原曲の結果の比較が容易であるためである。

4.1 システムの流れ

本システムの流れを図 4 に示す。入力された楽譜データに旋律推定とベース推定を行い、楽譜の集約を行い、演奏可能、習熟度判定を行ってから再び楽譜データとして出力する。楽譜データは楽譜作成ソフト Finale [6] を用いて作成した楽譜を、MusicXML [7] に変換し使用した。MusicXML は近年普及してきている楽譜表記のフォーマットで、楽譜の五線譜を XML 形式で表したものである。

4.2 評価

本システムによって作成した楽譜は図 5、図 6、図 7 の通りである。

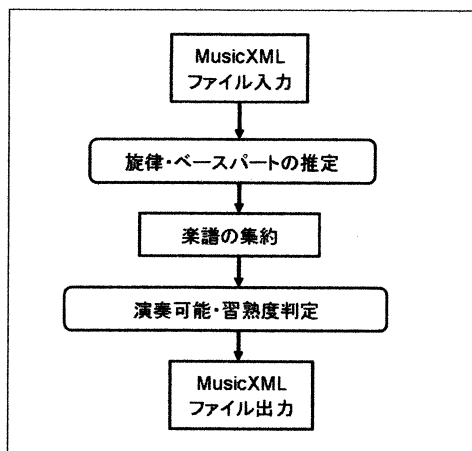


図 4 システムの流れ

出力された楽譜が実際に演奏可能であるかの評価を行うために、習熟度判定基準の作成について助言をもらった教師に作成した楽譜の評価を依頼した。その結果、全ての楽譜でそれぞれの習熟度に応じた演奏は可能であり、和声で時折おかしい音が鳴るものの、旋律については気になる部分は見られないとの回答をもらった。



図 6 中級者向けの楽譜



図 5 初級者向けの楽譜



図 7 上級者向けの楽譜



図 8 不適切な運指の例

和声についての問題は、楽譜を集約する際に旋律の評価値が高いものから集約しているために、和声進行を考慮していないからであると考えられる。また図 8 のように本来左手で弾くはずの箇所を右手で弾くことになっているために、運指に無理が見られる箇所を指摘された。これは運指を考えずに評価値の高い旋律を積み重ねたことと、二音間の運指を「パッセージの幅」と簡略化したために起こったと考えられる。

5. ま と め

本稿では複数のパートで構成される楽譜から、演奏可能かつ習熟度を考慮したピアノ譜生成の手法を提案した。まず楽曲の中心となる旋律パートとベースパートの推定したのち、それらの集約を行った。さらにピアノの演奏可能条件を満たし、演奏者の習熟度に応じた出力結果の調節を行うことで、実際に演奏可能なピアノ譜の生成を行うことができた。

しかし、本手法では表面上は演奏可能な楽譜の生成はできたものの、和声や運指の観点から、まだ検討の余地があることが分かった。今後の展開として、和声や運指も含めた、より実際のピアノ演奏に近づくためのアルゴリズム構築を目指す。運指については林田ら [8] のように運指ルールを論理表現することで、演奏可能な音の抽出が可能であると考えている。また本稿では 3 種類に分けた習熟度を、バイエルなどの教本を併用することで、もっと分かりやすい基準にすることなどを検討している。

謝 辞

楽譜の習熟度判定基準の決定、および完成した楽譜の添削にご協力いただいた中村宜子先生に感謝いたします。

参考文献

- [1] 遠山紀子, 松原正樹, 斎藤博昭: リズム特性を用いたコンデンススコア自動生成手法の提案, 2007-MUS-69, pp.41-44, (2007)
- [2] 芹澤裕子, 鈴木伸崇, 佐藤洋一郎, 早瀬道芳: 複数のパー

トに分散したメロディを抽出するための一手法, 情報処理学会第 65 回全国大会論文集, pp. 191-192, (2003)

- [3] 関本陽子, 野池賢二, 乾伸雄, 野瀬隆, 小谷善行, 西村 尋彦: 楽譜情報からの主旋律判定関数の生成, 情報処理学会第 52 回全国大会講演論文集, pp.435-436, (1996)
- [4] 土橋佑亮, 片寄晴弘: SOM を用いたベースラインからの音楽ジャンル解析, 2006-MUS-66, pp. 31-36, (2006)
- [5] http://www.yamaha.co.jp/product/pi/grand_pi_piano/index.html
- [6] Finale 2005, MakeMusic
- [7] <http://www.recordare.com/xml.html>
- [8] 林田教裕, 水谷哲也: 楽曲構造に基づくピアノ運指ルールの論理表現, 情報処理学会第 65 回全国大会論文集, pp. 203-204, (2003)