

旋律の演奏表情を考慮した言語モデルに基づく自動伴奏生成

宮田 佳奈^{1,a)} 酒向 慎司^{1,b)} 北村 正^{1,c)}

概要：旋律を入力とし、伴奏の自動生成を行う先行研究のほとんどは、入力が打ち込みや楽譜であり、曲のイメージやユーザーの意図までは考慮ができなかった。本研究では旋律を演奏による入力とすることで、演奏表情を考慮し最も相応しい伴奏の和音とリズムを決定する手法を提案する。曲は音楽的連続性と音楽的同時性が自然となるよう作成されることが望ましい。伴奏の和音は確立されている音楽理論を基に決定が可能である。しかし、伴奏のリズムの決定においては理論がほとんど確立されていない。そこで本研究では、可変長クラス N -gram モデルと N -gram 確率に重み付けをする調和関数により、楽曲からリズムの連続性と同時性を学習し、リズム決定を行う手法を提案する。評価実験から可変長クラス N -gram モデルの有効性が確認された。和音については実演奏の構成音と 63.1%の一致が確認された。

キーワード：自動伴奏生成、可変長クラス N -gram モデル、リズム木

1. はじめに

近年動画サイトなどの普及により、自分の趣味や作品を気軽に公開できるようになってきた。その中でも自作の曲を公開する人は多く、これにより素人にとっても作曲が身近なものとなった。しかしながら作曲には専門知識や経験が必要となり、誰でも簡単に始められるものではない。

一般的に曲を構成するものとして、主に旋律と伴奏がある。旋律と伴奏は独立したものではないため、一方を決定することにより他方が限定されると考えられる。それぞれが音楽的な意味を持ち調和することが重要であるが、そのためには知識や作曲技法が必要である。曲の全てを作るとは困難であっても、単旋律のみであればアイデアに依存することが多く、十分な専門知識がなくとも作成が可能である。逆に伴奏においては主に和音であるため理論的であり、作成には専門知識が必要不可欠となる。そのため、旋律に伴奏付けをすることで作曲の支援を行う先行研究が数多く存在している。

音楽理論を組み込むことで伴奏を決定するルールベースの手法として、[1] が提案されている。これは理論が十分に体系化され、かつ対象曲が理論に沿った場合に有力となる。これに対し、学習ベースの手法として [2], [3] が提案されている。学習ベースの手法はデータ収集の手間が問題

点として挙げられるが、学習楽曲の傾向を反映した伴奏の生成が期待できる。しかし、これらの伴奏生成の先行研究は、和声や和音の決定に重点を置いたものが多く、伴奏のリズムの検討がされているものは、対象がリズム楽器に限定されているものがほとんどである。

作曲を支援するための商用ソフト [4] も販売されている。これは、曲の一部を入力するとその他のパートの和音やリズムを自動生成し、曲として出力する機能などが搭載されており、素人でも手軽に曲の作成が可能である。しかし、入力が楽譜上の旋律であるため、曲のイメージやユーザーの意図までは判断が困難であり、イメージと異なった曲が生成される場合がある。また、ユーザーが手動でジャンルや曲風を選択可能なものも存在するが、自分の好みや旋律に相応しいものを選択するためには音楽的な知識が必要となる。このような問題を解決するためには、ユーザーの意図を反映し、旋律に相応しい伴奏を自動生成するものが望ましい。

本研究では、楽譜上は同じ旋律であっても演奏の仕方により曲の雰囲気や変化の点に着目し、旋律を演奏による入力とすることで、その演奏表情から旋律に相応しい伴奏を自動生成する手法を提案する。これにより曲の雰囲気、特徴などの判別が可能となり、演奏表情によって生成される伴奏に変化をつける。ここで、曲を作る際には局所的な音の響き（音楽的同時性）と、曲の継続的なまとまり（音楽的連続性）が自然となるよう考慮することが望ましい。和音の決定においては、和声学や作曲法などの理論が体系化されており、それらを基にルールベースで自然な和音の決

¹ 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology

a) kana@mmsp.nitech.ac.jp

b) sako@mmsp.nitech.ac.jp

c) kitamura@mmsp.nitech.ac.jp

定を行うことを検討する。しかしリズムの決定においては、そのような理論がほとんど確立されていない。それは、リズムは感覚的に決定されることが多く、自由度が高いためであると考えられる。そのため予めリズムの候補を用意しておき、そこから旋律に適切なリズム列を選択することを考える。その方法として、実演奏からリズムの音楽的連続性と同時性を学習することを検討する。連続性の考慮として、言語モデルを応用することで繋がりが自然となるリズムを決定することを考える。さらに、旋律の演奏表情を踏まえた上で同時性を考慮するため、楽曲の傾向を基に調和関数を設計し、モデルに取り入れることで入力された旋律に相応しい伴奏を生成することを検討する。

本論文では第2節で提案手法の概要について説明し、第3節で伴奏の和音の決定手法、第4節で伴奏のリズムの決定手法について述べる。第5節では評価実験とその考察について報告し、第6節では本研究のまとめと今後の展望について述べる。

2. 自動伴奏生成の概要

本研究では、コンピュータで演奏情報を扱う際に最も一般的となっている標準 MIDI ファイルを使用する。標準 MIDI ファイルは電子楽器やコンピュータで再生可能なバイナリファイルであり、データ部には音色、音高（ノートナンバー）、音量（ベロシティ）、オンセット時刻（ノートオン）、オフセット時刻（ノートオフ）などの演奏情報が記載されている。MIDI データから得られる演奏表情として、音量、オンセット時刻、オフセット時刻が挙げられる。

決定すべき伴奏の要素として、本研究では和音とリズムを扱う。演奏表情を含む旋律のあらゆる要素から、伴奏の要素を一度に決定することは難しい問題となるため、本研究では伴奏の和音の決定とリズムの決定を独立に考える。また、扱う楽曲は 4/4 拍子のものに限定する。

伴奏生成の概要を図 1 に示す。ユーザーは入力として、演奏表情を持った単旋律と任意の位置に付与したコード列を与える。入力から伴奏の和音とリズムをそれぞれ決定し、伴奏と旋律を合わせて MIDI データとして出力する。

3. 伴奏の和音の決定

高さの異なる 2 音以上の音の積み重ね、またはその響きをコードという [5]。全てのコードには基準となる音があり、これをルート音という。コードを記号化したものをコード名といい、その表示にはまずルートの音名が、続いてコードの種類が示される。西洋音楽の中では、使用されるコードは 3 音構成が基本として考えられているが、ポピュラー音楽では 4 音構成を基本として考える場合が多い。そのため本研究では 4 音構成のコードを扱う。

コード名からの具体的な音設定をヴォイスイングという。コード名からコードの構成音は判別可能であるが、音の配

表 1 使用可能なテンション音

Table 1 Available tension tone.

コード	テンション音
maj7	9th, #11th
7	9th, b9th, #9th, #11th, 13th, b13th
m7	9th, 11th
m7(b5)	11th, b13th

表 2 和音候補 (t : テンション音, r : ルート音, u : 3rd または 5th 音)

Table 2 Proposed chord. (t : tension tone, r : root tone, u : 3rd or 5th tone)

候補	1	2	3	4	5	6	7	8
top	t	t	7th	u	5th	5th	7th	3rd
	7th	u	t	t	7th	3rd	5th	5th
	u	7th	u	7th	3rd	7th	3rd	7th
root	r	r	r	r	r	r	r	r

置や選択に複数の候補があり和音を一意に決定することができない。適切な和音は、音楽的同时性と音楽的連続性のどちらも自然となるものが望ましい。本研究では、ポピュラー音楽全般でよく用いられる、テンション音を用いたテンションヴォイスイングにより、同時性と連続性を考慮した和音決定を行う。テンション音とはコード構成音以外の音のことを示しており、コードごとに使用可能なテンション音に制限がある (表 1)[6]。テンション音を用いることで旋律やコード構成音との不協和を避けるような音の選択や、省略音の決定が必要となってくるため、ヴォイスイングは複雑となる。しかしテンション音によって和音に緊張感を与え、響きを豊かにする。さらに、ヴォイスイングの候補も広がる。本研究ではテンション音を、1 音用いる場合と用いない場合を考え、音数が 4 つになるようにコード構成音やテンション音、省略音の決定を行う。

3.1 ルールに基づく和音決定

文献 [1] を元に和音決定ルールを設定する。与えられたコード名から表 2 のルールに従って、コード名単位で和音の候補を決定する。表中の t については表 1 に示されているテンション音のいずれか 1 音である。これにより、音楽的同时性を満たすヴォイスイング候補を設定する。

そして曲の流れの自然さを保つため、和音間の連続性を考慮する和音の遷移コスト $D(i)$ を以下の式で定める。

$$D(i) = \left(\sum_{j=1}^4 \left| V_i^{(j)} - V_{i-1}^{(j)} \right| \right) \times w_i \quad (1)$$

$V_i^{(j)}$ を i 番目のコードの j 番目の音、 w_i を重みとし、和音の遷移コストの総和が最小となるものを最も自然な和音列とし、決定する。ここで旋律音と伴奏の和音による不協和を避けるため、以下のような重み w_i を設定することによ

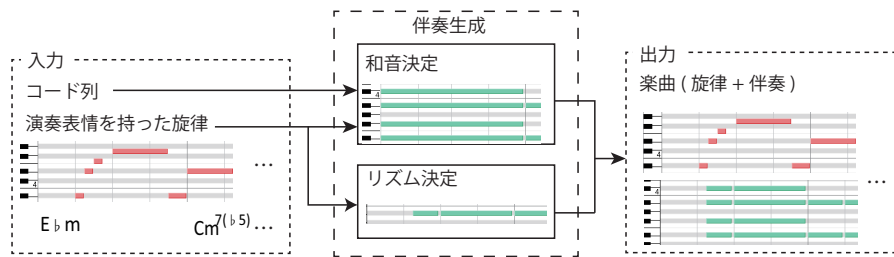


図 1 伴奏生成の概要

Fig. 1 Outline of accompaniment generation.



(a) 旋律と和音構成音が不協和となる場合
(b) 和音構成音に旋律の音が含まれている場合

図 2 不協和音と協和音の例

Fig. 2 Example of dissonance and constant note.

り、和音の響きの自然性を保つ、

$$w_i = \begin{cases} p_1 & (\text{旋律と和音構成音が半音または全音で} \\ & \text{不協和となる場合 (図 2(a))}) \\ p_2 & (\text{和音構成音に旋律の音が} \\ & \text{含まれている場合 (図 2(b))}) \\ 1 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 p_1 は $1 < p_1 < 2$ であり、相当する旋律の音量が大きいほど大きな値をとり、 p_2 は $0 < p_2 < 1$ であり、相当する旋律の音量が大きいほど小さな値をとるとする。

4. 伴奏のリズムの決定

和音は理論的に決定可能であることに対し、リズムは感覚的に決定されることが多く、ルールとして記述することが難しい。そのため、予めリズムのパターンを候補として用意しておき、そこから旋律に適切なリズム列を選択することを検討する。その方法として、楽曲から伴奏のリズムのパターン、音楽的同時性と連続性を学習することで旋律に相応しいリズムの選択手法を提案する。連続性を考慮するためにはリズム間の繋がりが自然となる必要があり、本研究では N -gram モデルを応用することを検討する。さらに同時性を考慮するため、実際の楽曲の傾向を基に、旋律によって伴奏のリズムを制約する調和関数を設計し、 N -gram 確率に重み付けをすることで自然なリズムを決定する手法を提案する。また、旋律の演奏表情により曲の雰囲気は変化し、それは伴奏のリズムにも影響していると考えられる。そのため、調和関数設計の際には旋律の演奏表情も考慮する必要がある。

4.1 楽曲からのリズムの抽出

伴奏はある程度の長さでまとまりを持っていると考えら

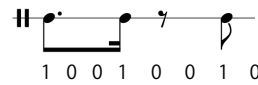


図 3 リズムのビット表現

Fig. 3 Bit expression of rhythm.

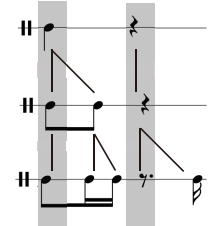


図 4 オンセット位置に着目したリズムの木構造

Fig. 4 Rhythm tree focus on onset position.

れる。そのためリズムを学習する際、楽曲からある固定長で伴奏のリズムを抽出し使用することを考える。この抽出したリズムを本研究ではリズムパターンと呼ぶ。本研究では伴奏がまとまりを持つ最小単位を $1/2$ 小節と仮定し、リズムパターンを抽出した。

またリズムにおいて、音長やオフセットよりもオンセットが重要であると考えられることから、オンセット位置に着目しリズムパターンを 0, 1 のビットで表現し扱う [7]。その際、最小単位を 16 分音符とし、オンセットであれば 1、それ以外を 0 として表現する (図 3)。

4.2 リズム木によるリズムパターンのクラスタリング

リズム間の繋がりが自然となるようなリズム生成のため、 N -gram モデルでリズムの学習を行う。 N -gram モデルは単語の生起が直前の $(N-1)$ パターンまでに依存すると考えた言語モデルである。ここで、学習の際にリズムパターン数が増えるとリズム間の遷移の組み合わせが急激に増加することが問題点として挙げられる。そこでリズムの階層構造に着目し、類似したリズムをクラスタリングしモデル化する手法を提案する。クラスタリングの手法として、オンセット位置に着目したリズム木 [7] を用いた。これにより、類似したリズムを 1 つのリズム木 (クラスタ) で表すことが可能であると考えられる。本研究では特に類似したリズムをクラスタリングするために、1 拍目、2 拍目のオンセットの有無を固定したクラスタリングを行う (図 4)。

クラスタリングしたリズムを、 N -gram モデルにクラス概念を取り入れたクラス N -gram によりモデル化する。リズム列 $r_1^n = \{r_1 r_2 \dots r_n\}$ の生成確率は

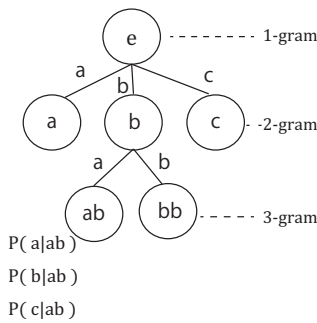


図 5 確率的接尾辞木 T の例

Fig. 5 Example of probabilistic suffix tree.

$$P(r_1^n) = \prod_{i=1}^n P(r_i | r_1^{i-1}) \quad (3)$$

であり、リズムパターン r_n の属するクラスを c_n とするとき、クラス N -gram モデルを用いて

$$P(r_n | r_1^{n-1}) = P(r_n | c_n) P(c_n | c_{n-N+1}^{n-1}) \quad (4)$$

となる。

4.3 可変長クラス N -gram モデルによるリズム決定

楽曲によって全体の長さやフレーズ長は変化するため、どのような楽曲にも柔軟に対応するには遡る履歴の長さ N を固定とすることは望ましくない。そこで、動的に N の値が変化する可変長 N -gram モデルの考え方をクラス N -gram モデルに取り入れた、可変長クラス N -gram モデルを考える。可変長 N -gram モデルは、予測接尾辞木 T によって簡明に表現することが可能である。予測接尾辞木の例を図 5 に示す。図中の a, b, c は単語を表している。各枝は単語によってラベル付けがされており、各接点には単語列によってラベル付けがされている。根は空単語列 e である。接点のラベルは、接点から根まで経路を辿ることにより復元が可能である。

リズム列 r_1^n の生成確率を、可変長クラス N -gram モデルを用いて以下のように定める。

$$P_T(r_1^n) = \prod_{i=1}^n P_{s^{i-1}}(r_i) \quad (5)$$

ただし

$$P_{s^{i-1}}(r_n) = P(r_n | c_n) \cdot P_{s^{i-1}}(c_n). \quad (6)$$

ここで s^j は確率的接尾辞木 T の根から $c_j c_{j-1} \dots c_1$ に対応する辺を辿ることによって到達可能な最も適切な節点である。またこれらの確率は、学習データ中のリズムパターンの出現頻度から学習が可能である。

4.4 旋律との調和の考慮

音楽的同時性、また旋律の演奏表情をリズム生成へ反映

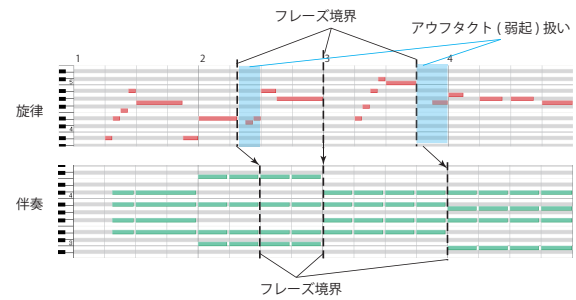


図 6 伴奏のフレーズ境界の設定

Fig. 6 Setting phrase boundary of accompaniment.

するため、4.3 節で定めた可変長クラス N -gram 確率に、旋律の傾向により重み付けをすることを検討する。

4.4.1 旋律の構造解析

楽曲は、全体やフレーズなどでまとまりを持っており、旋律の傾向の反映もある一定のまとまりごとに行うことが望ましいと考えられる。そのため、旋律をフレーズに分割し、フレーズごとに旋律を解析する。旋律のフレーズ分割には、演奏表情も考慮可能なことから GTTM[8] を使用する。

ここで、旋律のフレーズ境界と伴奏のリズムパターンの境界が必ずしも一致しないという問題がある。そもそも楽曲において、旋律と伴奏のフレーズ境界が同期しているとは限らない。しかし、類似した場所で境界を持つとは考えられる。本研究では伴奏がまとまりを持つ最小単位を $1/2$ 小節と仮定しているため、伴奏の境界は必ず $1/2$ 小節線上に存在するとする。ここで旋律の境界を、伴奏の境界を決定する目安として用いることを考える。図 6 のように、旋律のフレーズ境界から次の $1/2$ 小節線上までの間 (図の青い部分) はアウトタクト (弱起) であると捉えるとする。そこから、伴奏の境界は旋律の境界の後ろで最も近い $1/2$ 小節線上とし、設定する。

4.4.2 調和関数を取り入れたリズム決定

楽曲から旋律と伴奏のリズムの傾向を学習するため、RWC 研究用音楽データベースよりジャズ音楽データベース [9] のトラック No.1~5 の 5 曲をフレーズ分割し、旋律と伴奏のリズムの間の傾向を分析した。そこから以下の傾向が見られた。

- 旋律の音高差が大きいほど、伴奏のオンセット数も大きくなる傾向
- 旋律の平均音量が大きいほど、伴奏のオンセット数も比較的大きくなる傾向

ここで音高差とは $|(\text{フレーズ前半の平均音高}) - (\text{フレーズ後半の平均音高})|$ であり、値は MIDI ノートナンバーを使用した。

これらの傾向を反映させることで旋律との調和を考慮する。旋律を M 、旋律の音高差による制約を $W_1(r_i, M)$ 、旋律の平均音量による制約を $W_2(r_i, M)$ とすると、調和を考

表 3 旋律の音高差と伴奏の 1 小節当たりの平均オンセット数
Table 3 Pitch difference of melody and average of onset number of accompaniment.

音高差 (旋律)	0~2	2~4	4~6	6~8	8~
平均オンセット数 (伴奏)	3.95	4.01	4.48	4.83	6.49

慮したリズム生成確率は式 5 を用いて以下のように表す.

$$P_T(r_1^n, M) = \prod_{i=1}^n P_{s^{i-1}}(r_i) \cdot W_1(r_i, M) \cdot W_2(r_i, M). \quad (7)$$

$P_T(r_1^n, M)$ が最大となるリズム列 r_1^n を最適とし決定する.

ここで $W_1(r_i, M)$, $W_2(r_i, M)$ の値の決定を行う. まず, 旋律の音高差と伴奏の 1 小節当たりの平均オンセット数を求めた結果を表 3 に示す. 旋律の音高差と伴奏のオンセット数の間にはっきりとした傾向が見られることから, 正規分布と仮定し $W_1(r_i, M)$ の値を決定する. つまり楽曲から音高差ごとの伴奏のオンセット数の平均と分散を学習し, 旋律の音高差の値によって伴奏のオンセット数に関する確率を与える.

音量については, 音高差のようにはっきりとした傾向は見られなかった. しかし, 旋律の音量が大きい場所では伴奏のオンセット数は比較的多いといった傾向はある. それを反映させるため, 4.2 節で述べたリズムのクラスタリングの際に, 音量別でクラスタリングをする. 分析結果から, MIDI ベロシティが 100 以上, 80~100, 80 未満の 3 段階に分けクラスタリングをした. これは MIDI ベロシティが 110 前後, 90 前後のものが多く存在していたことから 100 を境界とし分類し, 特に音量が小さな場合は別に扱うべきであると考えたことからさらに 80 を境界とし分類した. 旋律の平均音量に応じて, 選択されるリズム木 c_n に応じた重み $W_2(r_i, M)$ を定めることで, 旋律の平均音量に適したリズム木が選ばれるようにする. $W_2(r_i, M)$ の具体的な値については, 元の楽曲の傾向を最も再現できるような値を経験的に定めた.

5. 評価実験

5.1 伴奏の和音の評価

本手法によって生成された和音と, ジャズの実演奏の和音を比較する評価実験を行った. ジャズはアドリブが多く演奏者により和音が変化するため, 各曲 2 種類の実演奏との比較を行った. 実演奏からは, 和音構成音 (コード構成音, テンション音) を単純な和音になるよう 1 小節ごとに抽出し, 生成した曲と比較した. 生成した和音の 4 音のうち, 実演奏の和音構成音との一致を累積し, 生成楽曲の音数との商を一致率とした. 使用した楽曲と結果を表 4 に示す.

結果は演奏者によりかなり差が見られ, 一致率の平均は 63.1%であった. 一致率低下の原因として, 実演奏の和音構成には本手法では対応不可能なものがいくつか見られた

ことが挙げられる. 具体的にはテンション音を 2 音以上用いている場合や, ベース音にルート音以外の音が使われている場合である. そのため, それらに対応できるルールの追加や改善が必要と考えられる. また, 実演奏は和音の音数が 1~6 まで変化するのに対し, 本手法では音数を 4 つに固定していた点も一致率低下の原因であると考えられる. これより, 和音の音数の自動決定も検討する必要がある.

5.2 伴奏のリズムの評価

曲の学習には RWC 研究用音楽データベースより, ジャズ音楽データベース [9] のトラック No.1~5 の 5 曲を使用した. 楽曲を手動で旋律と伴奏に分割し, 伴奏部分のみを学習に用いた.

学習楽曲の旋律冒頭 16~36 小節を入力とし, 伴奏を生成した. 生成楽曲と元の楽曲の伴奏のオンセット位置とオンセット数を比較することで, 学習楽曲の傾向がどれほど再現できているかを検証した. 伴奏生成方法として提案法以外に, 音高差のみを考慮した場合, 音量のみを考慮した場合, 調和を考慮しない場合でリズムを生成し, 比較することで調和関数の有効性の検証を行った. また N の値を可変長ではなく $N = 2$ で固定したモデルと比較することで, N を可変長とすることの有効性を検証した. 結果を表 5 に示す.

結果より, オンセット位置に関しては調和を考慮しない場合が良い結果となった. これは, 設計した調和関数が音楽的同時性のみを考慮した設計となっていたため, リズムパターン間の繋がりの自然さがわずかに損なわれたと考えられる. そのため, 音楽的同時性だけでなく音楽的連続性も考慮した調和関数の設計が必要となる. オンセット数に関しては, 調和を考慮した場合に分散が大きく減少した. 調和関数により伴奏のオンセット数に関する制約を設けたことで, より安定して元の楽曲の伴奏のリズムに近いものが生成されたと考えられる. また N の値を固定した場合と可変にした場合を比較すると, N を可変にした場合の方が全体的に良い結果であった. このことから, 可変長 N -gram モデルを用いたことは有効であると言える.

5.3 聴取実験による生成楽曲の評価

和音決定における重み, およびリズム決定における調和関数の有効性の検証のため生成楽曲の聴取実験を行った. 実験条件を表 6 に示す. 和音, リズム決定に調和を考慮しない場合と, 考慮する場合で楽曲を生成し, 比較をした. 初めに入力として用いた旋律を聞いた後に, 2 種類の手法で生成した伴奏を聞きそれぞれに対して評価をした. 評価尺度については, 合っていない (1 点)・あまり合っていない (2 点)・どちらともいえない (3 点)・やや合っている (4 点)・とても合っている (5 点) の 5 段階とした.

結果を表 7 に示す. 和音については調和を考慮した場合

表 4 和音の評価実験使用楽曲と一致率
Table 4 Rate of chord tone agreement.

使用楽曲	演奏者	一致率
Nefertiti(冒頭 14 小節)	Wayne Shorter (“Nefertiti”, コロムビア・レコード, 1967)	76.8%
	Herbie Hancock (“Herbie Hancock, Private Piano Lessons Vol. 3”[10])	66.1%
Autumn Leaves(冒頭 31 小節)	Bill Evans (“Portrait in Jazz”, リバーサイド・レコード, 1959)	58.1%
	Herbie Hancock (“枯葉”, EMI ミュージック・ジャパン, 1995)	60.5%

表 5 楽曲とのリズム比較実験結果
Table 5 Result of comparative experiment rhythm.

	N = 可変長				N = 2
	調和なし	音高差のみ	音量のみ	調和あり	調和あり
オンセットの一致率	76.06%	75.79%	69.37%	70.77%	67.25%
1, 2 拍目のオンセット位置の一致率	71.13%	69.37%	65.14%	62.32%	53.17%
小節当たりのオンセット数の差の平均	2.23	2.12	2.36	2.25	2.66
小節当たりのオンセット数の差の分散	4.83	4.30	2.42	2.08	7.38

表 6 聴取実験条件
Table 6 Experiment condition.

曲数	15 曲
伴奏生成手法	1. 調和を考慮 (提案法) 2. 調和を考慮しない
設問	a. 伴奏の和音の響きは自然であるか b. 伴奏のリズムは旋律と調和しているか
評価尺度	5 段階
被験者	8 名

表 7 聴取実験結果
Table 7 Experimental results.

伴奏生成手法	1. 調和を考慮		2. 調和を考慮しない	
	平均点	標準偏差	平均点	標準偏差
設問				
a. 和音の自然さ	3.34	1.11	2.93	1.11
b. リズムの調和	2.91	1.24	3.30	1.11

が良い結果となり、不協和回避の重みの有効性が示されたと言える。しかしリズムについては調和を考慮しない場合の方が高い点数となった。楽曲ごとに結果を見てみると、和音についてはほとんどの楽曲で調和を考慮した場合が評価が高いが、リズムについては楽曲ごとにばらつきが見られた。つまり、楽曲により調和関数が有効である場合とそうでない場合が見られる。そのため、さらに多くの楽曲を分析した上で調和関数を設計する必要があると考えられる。

6. むすび

本研究では、旋律の演奏表情を考慮し、音楽的連続性と同時性が自然となるような伴奏の和音とリズムの決定手法を提案した。和音の決定は確立されている音楽理論を基に、和音候補と遷移コストを定めることで決定を行った。リズムについては可変長クラス N -gram モデルにより楽曲から連続性を学習し、旋律との調和関数を定めることで旋律の

演奏表情と同時性を考慮したリズム決定法を提案した。

評価実験から、和音については実演奏の和音構成音と 63.1% の一致が確認された。リズムにおいては、可変長クラス N -gram モデルと調和関数により、より実際の楽曲に近いリズムが生成されることが確認された。今後の課題として、和音についてはルールの改善や追加、リズムについてはさらに多くの曲を分析した上で調和関数を設計することが挙げられる。また、和音とリズムの依存関係の考慮や、和音の音数の決定方法の検討が必要である。

参考文献

- [1] J. Watanabe, K. Watanabe, N. Emura, M. Miura and M. Yanagida : “A system generating jazz-style chord sequences for solo piano”, Proc.ICMPC, pp.743-783, 2008.
- [2] 北原鉄朗, 勝占真規子, 片寄晴弘, 長田典子 : “ベイジアンネットワークを用いた自動コードヴォイスシングシステム”, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.3, pp.1067-1078, 2009.
- [3] 川上隆, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂樹 : “隠れマルコフモデルを用いた旋律への自動和声付け”, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告, 99-MUS-34, pp.79-82, 2000.
- [4] PG Music Inc., Band-in-a-Box, 2012
- [5] 北川祐 : “ポピュラー音楽理論”, リットーミュージック, 1994.
- [6] 遠藤尚美 : “ピアニストのためのジャズ・ピアノ理論の基礎”, 自由現代社, 2010.
- [7] 中野拓帆, 深山寛, 小野順貴, 嵯峨山茂樹 : “リズム木構造仮説に基づく楽曲解析とリズム木学習”, 日本音響学会 春季研究発表会講演集, 2-8-13, pp.977-978, 2010.
- [8] 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.
- [9] 後藤真孝, 橋口博樹, 西村拓一, 岡隆一 : “RWC 研究用音楽データベース: クラシック音楽データベースとジャズ音楽データベース”, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2002-MUS-44-5, pp.25-32, 2002.
- [10] “Herbie Hancock, Private Piano Lessons Vol. 3”, Jazz Life No.146, pp.102-pp107, 1989.