

音楽要素の分解再構成に基づく 日本語歌詞からの旋律自動作曲

深山 覚^{1,a)} 中妻 啓² 酒向 慎司³ 西本 卓也⁴ 小野 順貴⁵ 嵯峨山 茂樹¹

受付日 2012年5月29日, 採録日 2013年2月1日

概要: 日本語歌詞からユーザの意向を反映して多様な歌唱旋律を生成するための自動作曲法があれば、歌のプレゼント、メールの歌い上げ、非専門家の創作支援などが行える。本論文では初めに、自動作曲される旋律の多様性向上と音楽性の保持の両立が難しいことを議論し、特に日本語歌詞から歌唱旋律を生成する際には、(1) 音符数の変化にかかわらず同じ印象を持つリズムの生成法と、(2) ユーザの意向、歌詞の韻律と古典的な作曲法に基づく制約条件を満たす音高列の生成法が必要であることを論じる。(1)についてはリズム木構造仮説に基づく方法、(2)については、動的計画法を用いた確率最大の音高系列の探索により解決できることを示す。様々な制約条件のもと自動作曲した結果について専門家による評価を行ったところ、本手法によって古典的な歌唱旋律の作曲法からの逸脱の少ない旋律が生成されることが示され、ユーザの意向を反映して多様な旋律を歌詞から生成する方法として有効であることが分かった。

キーワード: 自動作曲, 作曲支援, 動的計画法, 経路探索, 韻律

Automatic Melody Composition from Japanese Lyrics with Combination of Decomposed Musical Components

SATORU FUKAYAMA^{1,a)} KEI NAKATSUMA² SHINJI SAKO³
TAKUYA NISHIMOTO⁴ NOBUTAKA ONO⁵ SHIGEKI SAGAYAMA¹

Received: May 29, 2012, Accepted: February 1, 2013

Abstract: This paper describes a method for generating melody of songs from Japanese lyrics with certain variety and reflecting the user's intentions. We discuss that both increasing variety on generating songs and maintaining musicality is a difficult task. In case of composing songs from Japanese lyrics, two problems have to be solved: (1) how to generate rhythms with keeping the character despite the various change in number of notes, (2) how to obtain pitch sequence that satisfies the constraints given by the user's intentions, prosody of lyrics and conventional composition methods. We argue that method with the "rhythm tree hypothesis" can be exploited for problem (1), and problem (2) can be solved by searching the pitch sequence with maximum probability by using dynamic programming. Experiment was taken place for evaluating the generated results, which indicated that our method mostly generated melodies which satisfy the conventional musical theory.

Keywords: automatic composition, composers' assistance, dynamic programming, path search, prosody

¹ 東京大学
The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-0033, Japan
² 熊本大学
Kumamoto University, Kumamoto 860-0862, Japan
³ 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Aichi 466-8555, Japan
⁴ 支援技術開発機構
Assistive Technology Development Organization, Chofu, Tokyo 182-0003, Japan
⁵ 国立情報学研究所
National Institute of Informatics, Chiyoda, Tokyo 101-8430, Japan
a) fukayama@hil.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

日本語の歌詞入力から、ユーザの意向を反映して多様性を持って旋律を自動生成することができれば、歌詞は書けるが作曲はできない、という人々の創作を支援することができる。また、用途に応じて曲調を変えた旋律を自動生成しメッセージを歌にしてプレゼントする、メールの文章を歌い上げる、といったことも可能になる。本研究ではこのようなことを実現できる、歌詞を入力として旋律を生成する技術について議論する。

初めての計算機による楽曲生成結果である ILLIAC Suite [1] を契機として多くの自動作曲アルゴリズムが提案された。これらのアルゴリズムのうち、計算機に音楽生成機能を任せられるかという人工知能的興味のほか、計算機と人間の作曲作業の分担によってどのような創作活動が行えるかという観点も提起されている [2]。音楽の非専門家を利用するシステムでは、音楽理論や作曲法を計算論的にモデル化し実装し、ユーザの技能や知識をサポートするものが見られる。定旋律に対して2パート目の旋律をつけるための指針である対位法を実装したもの [3], [4]、和音の接続や、旋律に適合する和音をつける際の指針である和声法を扱ったもの [5], [6]、ジャズのスタイルを扱ったものなどがある [7]。

日本語歌詞から歌唱曲を生成する先行研究は少ないが、歌詞の統語論的特徴を解析し、その解析結果と音楽を対応づけて楽曲生成する方法が提案されている [8]。歌詞から抽出できるものとして統語論的特徴のほか、音韻的特徴があり、歌詞の韻律を作曲条件に用いる自動作曲についてもこれまで議論されている [9], [10], [11]。

本研究の目的のように、世の中の多くの身近な場面での利用を想定すると、一般にアルゴリズム作曲と呼ばれる芸術作品創作のための技術とは問題の性質が異なる。必ずしも新奇な音楽を生成できるアルゴリズムである必要はなく、既存の音楽理論や作曲法を守った保守的な曲が生成されてもよい。むしろ音楽性が担保されていることが重要であると考えられる。また同時に、生成される楽曲にユーザの意向を反映でき、それに応じて生成結果に多様性が与えられることが重要である。

そこで本論文では、歌詞の韻律に基づく旋律生成において、生成楽曲に多様性を与えるための仕組みと、生成楽曲における音楽性を担保する仕組みを両立させるための方法について議論する。評価実験においては、音楽の専門家による聴取実験を通じて、様々な作曲条件において歌唱旋律が音楽性を持って生成されているかどうかについて検証する。

2. 音楽の要素分解再構成による歌詞からの旋律自動作曲

生成楽曲に多様性を与えること、生成楽曲の音楽性を担保すること、の両立は難しい。たとえば、旋律生成のための条件項目を多く準備しユーザに対して選択可能にすると、生成結果に変化を与えられると考えられる一方で、設定した条件間の整合をとり音楽性を保つことが難しくなる。逆に音楽性を担保するあまり生成される旋律を限られたものだけにしてしまうと、多様性を創出することができない。これは極端な場合、たとえどんなに音楽性のある楽曲が生成される手法であっても、生成するたびに同じ曲しか生成されないものであれば、本論文の目的での自動作曲に使うことができないことから分かる。

音楽は、旋律の音の移り変わり、旋律のリズム、歌詞、和声進行、伴奏楽器といった要素へと分解してその特徴を議論することができる。たとえば和声進行に着目して暗い印象であると判断する、旋律のリズムに着目して快活な印象と判断する、といったことがありうる。したがって、逆にこれらの音楽を要素へと分解したものうち、和声進行のみ、あるいは旋律のリズムのみを差し替えるといった操作によって、それらの音楽要素の組合せの数だけ、多様性を持つ楽曲を生成することができる可能性がある。これを本論文では音楽の要素分解再構成と呼ぶ。

これらの音楽要素は、要素間でお互いに独立に選びあってもよいものと、互いに影響を及ぼしあうために整合性を考えて選ぶ必要のあるものがある。伴奏楽器、和声進行は、たとえば既存楽曲の楽器編成や和声進行パターンを参考に、それと同一あるいは似たものを簡単に選ぶことができ、容易に曲想についてのユーザの意向を反映させることができる。これらの音楽要素については、あらかじめパターンを準備しておき、ユーザがそれを自由に選ぶことで生成曲に多様性を与えることに効果があると考えられる。

一方、旋律の音高系列については、和声進行によって決まる和声音による制約、歌詞の韻律に基づく音の上下の制約、リズムによる音の長さの制約といった、他の要素から与えられる制約のもとで、整合性をとり音楽性を保つように設計する必要がある。旋律のリズムについても、確かにシンコペーション、マーチ風といったように、特徴ごとにパターンを準備しユーザに選ぶ余地があるものの、リズム中の音の数が入力される歌詞のモーラ数に対応するため、音符数が異なっても共通のリズムを付与する必要がある。ここでモーラとは、日本語を読み上げるときの「拍」を表す単位であり、この拍によって形成されるリズムに、俳句や和歌のリズム (5-7-5, 5-7-5-7-7) がある。

したがって音楽の要素分解再構成に基づいて多様性を持つ自動作曲を行いつつも、音楽性を担保するためには、旋律のリズムと旋律の音高系列を他の音楽要素から与えられる制約条件のもとで適切に設計する必要があるといえる。以下の章で、旋律のリズムと音高系列それぞれについてその設計法を議論する。

3. リズム木構造仮説に基づくリズム設計

歌唱曲の旋律は歌詞に含まれるモーラ数と音符数が一致することが多いため、リズムの音符数は歌詞に応じて柔軟に変化する。したがって、ある特徴を持ったリズムが与えられたとき、そのリズムから音符数が変化しても共通の特徴を持つリズムとなるよう旋律のリズムに制約を課す必要がある。このような例は、同じ歌詞に対して共通したリズム特徴を持つリズムを付与する場面が歌唱曲では多く見られる。たとえばサビの中での2小節単位で繰り返している似たりリズムどうし、何回か繰り返されるAメロ部分のように、音

楽的特徴が似ていながら異なる歌詞が割り振られているリズムどうし、といった例のように、同じリズムの特徴を感じさせる部分どうしであっても同じ音符数でないことが多い。

このような歌唱曲中のリズムの様子については、確固たる理論はまだないため、本研究では「リズム木構造仮説」を導入し、それをリズムの制約として扱う。この仮説は、あるリズムと別のリズムが似ている印象を持っている場合、一方のリズムのある1つの音価を任意の割合で2つの音価に分割、あるいは2つの音価を統合することによって得られていることが多い、というものである。音価をどのような割合で分割もしくは統合すればよいかについての明確な基準があるかについては分からず、またそこには大きく任意性があると考えられるため、リズムの木構造テンプレートは、主観に基づいて手動であらかじめ作成しておく方針が考えられる。手動で作成されたリズムの木構造テンプレートの例を図1に示す。ここで、テンプレート全体に反映したいリズムの特徴を持つリズムを「標準リズム」と呼ぶ。リズムの木構造テンプレートはこの標準リズムに含まれる音価を、分割統合前後でできるだけリズムの特徴が保持されるよう分割もしくは統合していくことで、作成することができる。

本仮説に従いあらかじめ異なる歌詞のモーラ数に応じたリズムの一覧を準備しておく、共通のリズム特徴を持つリズムを音符数の増減に対応して生成できると考えられる。本研究では現在65種類のリズムの木構造テンプレ

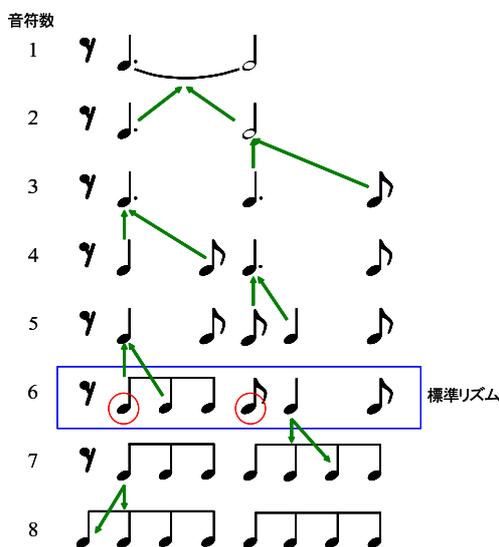


図1 手動で作成したリズムの木構造テンプレートの例：まず最初にテンプレート全体に反映させたいリズムの特徴を持つ「標準リズム」を決め、そのリズムの音価を分割もしくは統合しながら、異なる音価数の場合のリズムを作っていくことで、テンプレートを完成させることができる

Fig. 1 Example of manually prepared rhythm tree structure template: designed by combining or dividing notes in “standard rhythm”, which holds the rhythm character to be reflected in the melody.

トをあらかじめ準備して旋律生成に用いている。

4. 音高列の自動生成

音楽要素の組合せにより生じる制約条件を満たす音高列を求める方法について議論する。歌詞、和声進行に由来する制約がどのようなものかについて議論したうえで、それらのユーザの意向を反映するために与えられた制約条件のもとで音楽性を保った音高列を生成するための方法を論じる。

4.1 歌詞に由来する条件

日本語はピッチアクセントの言語であり、同じ音素列の単語であっても、音節に付与するピッチの高低が変わると単語の意味が変化する [12]。歌詞に基づいて旋律を作曲することは、歌詞にピッチの高低を付与することであるため、歌詞の意味を保持した作曲を行うためには、歌詞のピッチアクセントに従った旋律を作曲する必要がある。実際、作曲法の教科書において、「要するに、日本語のアクセントは高低を主とし、強弱・長短の要素が多少加わるものであるから、コトバそれ自體のうちに或る程度メロディーを含んでしまっていると言える」 [13] と述べられ、たとえば“コロモキル”という詩句に作曲した2通りの旋律の例を示し、それぞれ「衣着る」と「頃も切る」と聞こえ、片方は意味をなすが、もう一方はナンセンスな歌詞にしか聞こえないという場合が示されている [13]。近年の歌唱曲作曲では、ピッチアクセントに従わない旋律も多く見られる。これは歌詞カードやテロップなどによって歌詞を必ずしも旋律から聞き取る必要がない場合や、歌詞のピッチアクセントにあえて逆らって作曲し旋律におもしろさを付加しようとしている場合であると考えられる。しかしテレビがなくラジオ放送が主流であった過去の大衆歌唱曲のように、ラジオの限られた帯域と低音質での歌声においては、歌詞のピッチアクセントに従って旋律が作られていることは、人々に歌詞を覚えてもらい歌ってもらうために重要であったと考えられる。これをふまえると、現代においても、歌詞のピッチアクセントに従って旋律を作曲することは、歌詞カードなどが見られないミュージカルや合唱曲、芸術歌曲のほか、歌詞を重要視し覚えやすいポップスの旋律を作曲するために有効であろう。

以下、日本語のピッチアクセントの性質について文献 [14] をもとに議論する。本論文では、2つの隣り合う音高どうしにおいて、時間的に後の音高の方が音高が高い場合は上行、逆に低い場合には下行と呼ぶ。日本語（東京方言）においてはアクセントはピッチの下行によって表現される。このピッチの下行が生じる直前の位置に「アクセント核」が存在する。アクセント核が存在する語は有核語と呼ばれる。「わ」から「し」へと下降する「和紙」や、「ざ」から「ん」へと下行する「山茶花」などは有核語である。一方、「卒業」などのようにピッチの下行が生じない語もあり、

表 1 アクセント型と旋律の上下動の対応関係の仮説

Table 1 Hypothesis on relationships between the accent type and the pitch motions.

	先頭	アクセント核以前	アクセント核	アクセント核以降
1型以外	上行	下行禁止	下行	下行禁止
1型	–	–	下行	下行禁止

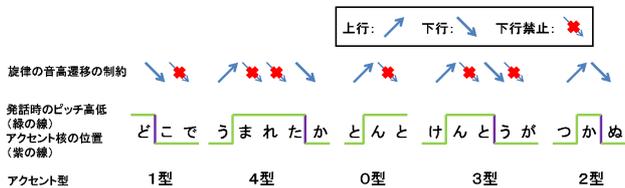


図 2 韻律に基づく旋律の音高遷移への制約の例

Fig. 2 Example of constraints on pitch transition considering the prosody.

これらは無核語と呼ばれる。アクセント核の位置を明示するため、アクセント核の存在する位置の、語の先頭からのモーラ数により、1型、2型、…のように表す。これを語の「アクセント型」と呼ぶ。無核語ではアクセント型は0型となる。長いテキストを発話するときは、テキストをいくつかのグループに分割し、そのグループにイントネーションをつけて発話する。このグループをアクセント句と呼ぶ。

これらの韻律の特徴を旋律の音高列において反映させるには、まず第1に、アクセント核の直後で下行し、聴取者に適切なアクセント核を感じさせることが必要である。ただし歌唱旋律においては、アクセント句切りが曖昧となるため、アクセント核で下行したのちさらに下行があると、新たなアクセント句におけるアクセント核として聴取者に感じさせてしまう可能性がある。したがって上記の制約に加え、アクセント核以外の場所で不用意に下行し、アクセント核を聴取者に感じさせないことも必要である。旋律に課す制約の仮説を表1に示す。また制約の具体的な例を図2に図示する。

4.2 和声進行に由来する制約

和声進行のもとで旋律を作曲する場合、与えられた和声進行によく整合するように旋律の音を決める必要がある。和音を構成する音（和声音）のみを使って作曲すると、和声進行との整合性が保たれるが、これでは跳躍が多く滑らかな旋律が作曲できない。そこで適切に和音に含まれない音（非和声音）を含ませる必要がある。非和声音には音楽理論において整理されている規則があり[15]、本研究では多く見られる非和声音の種類である、刺繍音と経過音の規則のみを扱う。

4.3 歌唱音域・跳躍・調・低音旋律（ベースライン）に由来する制約

歌詞の韻律と和声進行とともに、音高系列を生成するための設計要素として、歌唱音域、跳躍、調、低音旋律（ベー

スライン）がある。

音域と跳躍は、人間が歌唱可能な旋律を生成するために重要であるだけでなく、歌唱音域の狭い落ち着いた静かな曲といったように、楽曲の曲想に大きく影響を与える。生成される歌唱曲が歌える曲であるためには、旋律中の音高が歌いやすい音域にとどまっている必要がある。歌いやすい音域は歌手の技量、性別、年齢などに依存しており、歌いやすい音域が全体的に高いか低い、音域の幅が広い狭いか異なる。同様に、跳躍についても1オクターブを超える跳躍は技術的に難しいため旋律中において回避される必要がある。また本研究のように、古典的な西洋音楽の作曲法を規範に考える場合には、増音程の使用禁止の制約も考慮する必要がある。

調は和声進行とともに、旋律中に出現する音高、より具体的には音名に制約を与える。具体的には、旋律中に用いられる和音に含まれない音（非和声音）は、調によって決まる音階の構成音であることが多い。

和声進行の最低音がなす低音旋律（ベースライン）は旋律の音高に制約を与える。ここでは生成される旋律との同時進行についての対位的禁則を考慮する必要がある。具体的には、和音が変化する拍においては、1つ前の和音の低音を参照して、低音旋律と旋律の音高の間の連続1度、5度、8度、並達1度、8度、旋律が跳躍する場合の並達5度を避ける必要がある。

4.4 制約条件を満たす音高系列の生成

これらの制約条件のもとで、音の現れ方には偏りが生じる。具体的には、和声進行、音域の制約による音高ごとの出現の偏り、リズムの制約による音の出現タイミングの偏り、歌詞の韻律、跳躍、非和声音についての制約による音高間の遷移の偏りなどである。これらの偏りは音高系列の確率によって扱える。すなわち音高を表すMIDIノートナンバーで表された旋律の音高列 $X_1^N = x_1, \dots, x_N$ が、制約条件のラベル列 $L_1^N = l_1, \dots, l_N$ と、作曲法に従った音高系列の偏りを反映して、確率的に生成されているとみることができる。

$$x_1 x_2 \dots x_N \sim P(X_1^N | L_1^N). \tag{1}$$

ここでラベル l_n には作曲のために必要な制約条件が記載されている。それらは、歌詞とその韻律の上下動、1つ前の歌詞とその韻律の上下動、音域の中心および上限と下限、オンセット（音価の開始時刻）とオフセット（音価の終了時刻）、1つ前の音価のオンセットとオフセット、そ

の時点での和音と1つ前の音での和音、和音が変化する拍か否か、その時点での調と1つ前の音での調、バスの音高と以前直近で和音に変化する拍位置でのバスの音高、である。オンセットとオフセットはリズム木構造によって生成されたものが使われる。ここで、作曲のための制約条件が1つ前の音からの関係によって表現できるという仮定をおくと、ピッチの生成過程は1次のマルコフ過程として扱うことができ、

$$P(X_1^N | L_1^N) = P(x_1 | l_1) \prod_{n=2}^N P(x_n | x_{n-1}, l_n). \quad (2)$$

対位法や和声法による一部の制約は、2つ以上前の音との関係を考慮する必要があるが、その数は限られておりこの仮定は妥当であると考えられる。

$P(x_n | x_{n-1}, l_n)$ をどのようにしたら求めることができるだろうか。ラベルに記載されている制約条件のありうる組合せに対して確率を計算することは困難である。そこで確率を制約条件ごとの確率の組合せで近似する方法が考えられる。これらの制約条件はすべて論理的に“and”の関係にある。したがってこれらの制約条件ごとの確率の積によって、 $P(x_n | x_{n-1}, l_n)$ を表現することが考えられる。それぞれの制約のみに着目したときの音高の遷移確率は：

- (1) $q_1(x_n | l_n)$: 音域
- (2) $q_2(x_n | x_{n-1}, l_n)$: 跳躍
- (3) $q_3(x_n | x_{n-1}, l_n)$: 歌詞の韻律との関係
- (4) $q_4(x_n | x_{n-1}, l_n)$: 和声と調との関係
- (5) $q_5(x_n | x_{n-1}, l_n)$: バスとの同時進行との関係

のように分類できる。 $k = 1, \dots, K$ は制約の種類に対応するインデックスであり、 K は制約の種類の総数であり、本論文においては $K = 5$ である。各 q_k において、依存関係のある l_n 中の要素は異なる。それぞれの確率と、その確率値に影響を与えるラベル中の要素の対応関係を表 2 に示す。

これらの確率の積によって $P(x_n | x_{n-1}, l_n)$ を構成するには、

$$P(x_n | x_{n-1}, l_n) = \frac{1}{Z} \prod_{k=1}^K q_k(x_n | x_{n-1}, l_n)^{\gamma_k} \quad (3)$$

$$Z = \sum_{x_n} \prod_{k=1}^K q_k(x_n | x_{n-1}, l_n)^{\gamma_k} \quad (4)$$

とすればよい。ここで γ_k は各制約に応じた確率の重みづ

けのパラメータであり、 Z は規格化のための定数である。各制約条件に対応する確率 q_1, \dots, q_K のうち1つが0に近い値を持つ場合、統合した結果である $P(x_n | x_{n-1})$ も0に近くなり、制約条件どうしの“and”の論理関係を満たす近似となっている。このように $P(x_n | x_{n-1}, l_n)$ をいくつかの確率の掛け算によって表すことは、確率的言語モデルの研究においてもその妥当性が検証されている [16]。

日本語歌詞による歌唱曲で、作曲法を厳格に満たした和声や調などのアノテーションのついたデータベースを入手することは困難であるので、本研究にはおいては、現実的な解決策としてこれらの q_k を人手によって設計した。人手によって設計した音高の遷移確率の例を図 3 と図 4 に示す。たとえば、音域については音域中心からの音高差の2乗に反比例する値を用い、跳躍については音高差が約1オクターブ以内のものについて矩形関数的に値を与え、さらに古典的な西洋音楽では禁則とされる増音程と解釈される音程が生じないように、たとえば半音で6離れた音高への遷移を制限するように遷移確率を設定した。

各制約条件に対応する確率の重みづけパラメータである γ_k については、 $k = 1, \dots, K$ に対して簡便のため $\gamma_k = 1.0$ とおいても、上に述べたような“and”の制約を扱うための確率を依然計算することができる。ただし、 q_k が与えられたのちであれば、データの尤度を最大化するような γ_k を求めることができ、また、生成したい旋律の特徴制御のために、 γ_k を手動で設定することも可能である。これらについては今後の研究課題である。本論文においては $k = 1, \dots, K$ に対して $\gamma_k = 1$ として議論を進める。

4.5 確率最大の音高列の探索

歌詞の韻律に従った古典的な歌唱曲の旋律が作曲されたとすれば、その旋律はこれらの制約を同時に最もよく満たしているものであると考えられる。したがって、作曲とはリズム木構造によってもたらされたりズムと制約条件列のもとで、確率最大の音高列 X_1^{N*} を求める問題に帰着される。

$$X_1^{N*} = \operatorname{argmax}_{X_1^N} P(X_1^N | L_1^N) \quad (5)$$

$$= \operatorname{argmax}_{X_1^N} P(x_1 | l_1) \prod_{n=2}^N P(x_n | x_{n-1}, l_n) \quad (6)$$

表 2 ラベルに含まれる情報と影響を与える確率の対応関係

Table 2 Relationships between information in the labels and the probabilities.

制約条件ラベルに含まれる情報	影響を持つ確率
音域中心, 上限, 下限	q_1, q_2
歌詞, 韻律の上下動, 1つ前の歌詞, 1つ前の韻律	q_3
オンセット, オフセット, 1つ前のオンセット, オフセット	q_4, q_5
和音, 1つ前の和音, 和音交替点か否か	q_4
調, 1つ前の調	q_4
バスの音高, 以前直近の和音交替点でのバスの音高	q_5

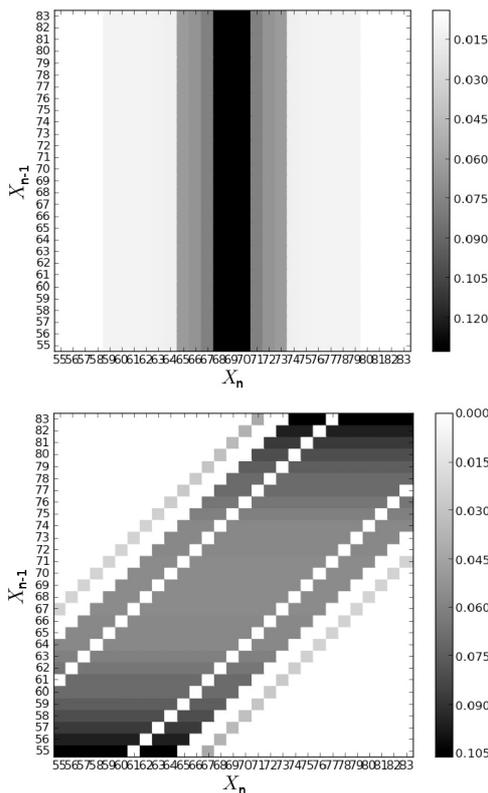


図 3 音域中心が MIDI ノートナンバー 69 であるときの音域についての制約を持つ遷移確率 q_1 (上) と、跳躍についての制約を持つ遷移確率 q_2 (下)

Fig. 3 Transition probabilities q_1 considering voice range when the pitch centroid is 69 in MIDI note number (above), and q_2 considering jumping intervals (below).

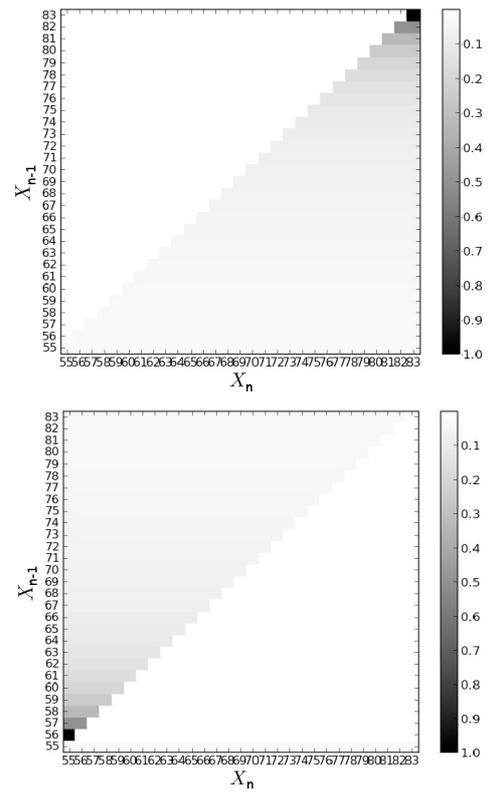


図 4 韻律に基づく遷移確率 q_3 の例：0 型のアクセント句の先頭のモーラの場合に音高が上行する場合の遷移確率 (上) と、アクセント核などによって音高が下行する場合の遷移確率 (下)

Fig. 4 Transition probabilities q_3 considering the prosody on the first mora in type 0 accent phrase (above), and q_4 on note transition with the accent kernel (below).

全探索を行うと、すべての時刻のすべての音高の組合せについて確率を計算することになり、旋律の音高系列長に応じて指数的に計算量が増えてしまい解探索計算が現実的でない。しかし動的計画法 [17] を用いて、音高系列の長さ に比例した計算量で解を探すことができる。

ここで本手法が 1 つ前の音との関係で扱える制約について扱っていることに注意すると、本手法による解探索の結果は作曲法での 2 つ以上前の音を考慮する必要のあるフレーズの滑らかさや、一部の非和声音（和音に含まれない音）が反映できないことが分かる。

5. 自動生成された旋律の評価

多様な作曲条件の組合せで、音楽理論から逸脱のない旋律が生成されること、さらには音楽理論から逸脱のない旋律の生成によって、実際に音楽性を持つ旋律が得られているかの検証のため、評価実験を行った。評価に用いた旋律の例を図 5 に示す。

5.1 評価される旋律の生成条件

アクセント辞典 [18] に基づいて韻律を付与した 5 種類の歌詞のもと (表 3)、旋律を自動生成した。歌詞に含まれる

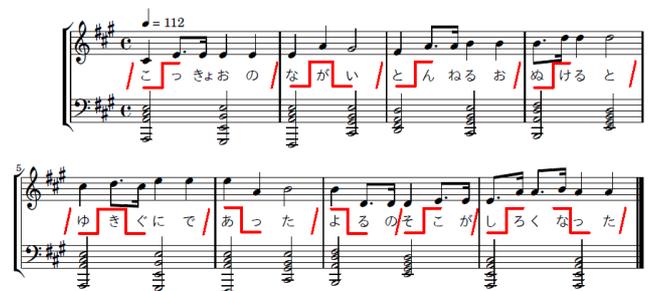


図 5 評価に用いた生成例：旋律の音の上下動が歌詞の韻律に従い、リズムの木構造テンプレートと和声進行のもとでの制約を満たした旋律が生成されている

Fig. 5 Example of generated song used in evaluation: pitch motions followed the prosody of the lyrics and were generated satisfying the constraints given by the chosen rhythm tree structure template and the chord sequence.

アクセント型の種類は、特に出現頻度の高い 0 型、1 型、2 型の中で、特に偏りが無いことを確認した (表 4)。5 種類の歌詞それぞれに対して、異なる和声進行、リズムの木構造テンプレート、調の組合せによる作曲条件を、7 種の和声進行、15 種のリズムの木構造テンプレート、10 種の調からランダムに与えて 5 曲生成した。このようにして生成された全 25 曲について、それぞれに与えられた作曲条件

表 3 評価に用いた 5 種類の歌詞一覧：アクセント句ごとにわかち書きされており，アクセント句後の括弧内の数字はアクセント核の位置を表している

Table 3 Five lyrics used in evaluation: numbers in the brackets denote accent types. Accent phrase boundaries were given beforehand.

歌詞 1	どんぐり (1) ころころ (1) どんぶりこ (1) おいけに (0) はまって (0) さあ (1) たいへん (0) どじょおが (0) でてきて (1) こんにちわ (0) ぽっちゃん (1) いっしょに (0) あそびましょ (0)
歌詞 2	むかしむかし (0) ある (1) ところに (3) おじいさんと (2) おばあさんが (2) すんでいました (1) おじいさんわ (2) やまえ (2) しばかりに (4) おばあさんわ (2) かわえ (2) せんたくに (0) ゆきました (3)
歌詞 3	ねんまつねんしを (5) かいがいで (1) すごす (2) りよこおきゃくの (2) しゅっこくらしゅが (5) にじゅう (1) いちにち (0) なりたくうこおで (4) はじまりました (5)
歌詞 4	わがはいわ (0) ねこで (1) ある (1) なまえわ (0) まだ (1) ない (1) どこで (1) うまれたか (4) とんと (0) けんとおが (3) つかぬ (2)
歌詞 5	こっきょおの (0) ながい (2) とんねるお (0) ぬけると (0) ゆきぐにで (2) あった (1) よるの (1) そこが (0) しろくなった (4)

表 4 評価に用いた歌詞のアクセント句のアクセント型ごとの句数：比較的多い 0 型，1 型，2 型の間では特に偏りが無いことを確認した

Table 4 Number of accent phrases for each accent type used in evaluation; more of the same numbers of accent phrases were used for type 0, 1 and 2 which were the dominant types in the lyrics.

0 型	1 型	2 型	3 型	4 型	5 型
16 句	17 句	11 句	2 句	4 句	2 句

を表 5 に示す。

その他，詳細な条件設定は以下のとおりである：

- 4/4 拍子 8 小節の曲
- 音価の最小単位：16 分音符
- 歌詞の 1 モーラに 1 つの音符を対応づける
- 1 小節内の和音数：2 つ
- 伴奏は 2 分音符の和音
- テンポ：112

式 (3) における制約条件ごとの確率 q_k は手動で設定し， q_k を掛け合わせる際の指数である γ_k はすべて 1.0 に設定した。生成結果として楽譜浄書ソフトウェア lilypond による譜面と，歌唱旋律を隠れマルコフモデルに基づいた歌声合成 [19] による結果と MIDI 音源による伴奏をミキシングしたものを出力し，それを評価実験に用いた。

5.2 歌詞の韻律に従っているかの評価

アクセント句ごとに，4.1 節において議論した韻律についての制約が実際に生成された旋律において守られているかについて検証した。音の上下動については，音高差にかかわらず上行もしくは下行と見なした。合計 275 句のアクセントのうち，アクセント型に対応して用いた制約どおり

に音高が遷移しなかったアクセント句は 17 句 (6.18%) にとどまり，93.8% のアクセント句では制約どおりの音高遷移が生成されていることが分かった。韻律の制約に従わない音高が生成されていた箇所は，主音で終わる制約の強くかかった曲の最後などに多く現れていた。韻律に従って旋律が生成されている様子を図 5 に示す。また韻律に従っているかの評価結果を表 6 に示す。

5.3 旋律の音楽性の評価

クラシック音楽を専門とする音楽大学の講師 2 人に依頼し，自動生成された 25 曲に対しての 5 段階評価を実施した。評価者は A：40 代女性，B：70 代男性であり，ともに音楽大学において作曲法を教授する専門家である。評価項目には以下の 2 種類を設けた。

- 1 古典的な作曲法に従った旋律作曲が行えているか。
- 2 1 つ目の評価によらず音楽性を持った作曲を行えているか。

2 つ目は作曲家個人の主観に強く依存する評価項目であるが，音楽理論へ準拠する旋律を生成することで実用的な音楽生成アルゴリズムとして用いることができるかどうかの検証のため，このような評価を設けた。これらの評価項目について，「先生が作曲を勉強する生徒の回答を見るように」「歌のメロディについて評価する」「楽譜の不備や歌声などの音割れなどの音質面は評価しない」との指示を与え，ひらがな表記の歌詞が音符下に併記された楽譜と，伴奏つきの合成歌声による音を与えて，評価を依頼した。

評価者 A，B による評価結果をそれぞれ表 7 と表 8 に示す。2 人の評価者ともに，全体の半数以上に評価 4 と 5 をつけていることが分かる。また評価 1 がつけられた旋律はなかった。評価者 B によって比較的低評価である 3 が

表 5 専門家による評価実験に用いる旋律を生成するための作曲条件一覧：あらかじめ韻律をアクセント辞典で調べた 5 種類の歌詞に対して、すべて異なる作曲条件で旋律を自動生成し評価に用いた。和声、リズム、調の項目に書かれている数字は条件のインデックスであり、同じ数字であればその項目については同じ制約条件であることを示している。和声進行は 7 種類、リズムの木構造テンプレートは 15 種、調は 10 種類を組み合わせる作曲条件としてある

Table 5 Conditions for composition used in evaluation: five different lyrics with prosodic information were used, and 7 chord sequences, 15 rhythm tree structure templates and 10 tonalities were combined in order to generate the songs. The numbers denote the indexes for the templates.

歌詞	和声	リズム	調	歌詞	和声	リズム	調	歌詞	和声	リズム	調
1	1	10	0	2	0	10	0	3	0	2	0
	2	0	9		1	4	8		0	3	9
	3	8	10		1	12	0		1	4	8
	3	13	2		1	15	0		3	6	10
	4	5	10		2	11	8		5	14	9

歌詞	和声	リズム	調	歌詞	和声	リズム	調
4	1	6	6	5	0	8	3
	3	3	1		2	7	11
	3	4	5		5	1	10
	4	3	11		5	6	0
	6	5	1		6	3	8

表 6 韻律の指定と生成された音高変化の関係：53 のアクセント句のうち 92.8% のアクセント句に対応する旋律が韻律に従っていることを確認した

Table 6 Number of accent phrases following the prosodic constraints; 92.8% of 53 accent phrases followed the prosody as intended.

韻律に従っている	258 句	93.8%
韻律に従っていない	17 句	6.18%
アクセント句合計	275 句	

つけられた楽曲では、評価者 B によって自由記述のコメントとして「3-4 小節にかけて少し変」という記述があった。当該箇所を図 6 に示す。G#-A-G という音列が問題とされていると考えられる。また同じく低評価である 3 をつけたもののコメントに「単調」というものがあった。この曲では Bb の音が使われることが多かった。評価者 A, B がともに高評価値をつけた生成結果では、音高の動きに適度に順次進行と跳躍進行が織り交ぜられて旋律が生成されていた。その例を図 7 に示す。

2 人の評価者による生成旋律ごとの評価値を比べることで、今回の専門家による評価の妥当性を検証した (表 9)。結果、評価者 A と評価者 B による各生成楽曲に対する評価値には高い相関が認められ、2 人の専門家が同意できる妥当な主観評価結果が得られたと考えることができる。

5.4 一般ユーザによる生成楽曲の評価

本論文の提案法が実際に一般ユーザの自動作曲に用いることができるかについて検証するため、前節で行った専

門家による評価とは別に、一般ユーザによる評価実験を行った。

本論文の手法を web を通じて旋律を自動作曲できるシステムとして実装し、そのシステムによって楽曲を生成したユーザに、生成楽曲の音楽性について 5 段階評価を依頼した。

結果、1,378 人のユーザから回答が得られた。評価結果を表 10 に示す。評価値 5 から 3 までを合わせると合計 70.8% の一般ユーザが自動生成結果の音楽性を評価したことが分かった。

6. 自動生成された旋律の多様性評価

本論文で提案する旋律生成アルゴリズムに基づいて、実際に多様な旋律が一般のユーザによって生成できるかについて検証するために、以下のような 2 段階による検証実験を行った。

- 1 旋律を生成するための作曲条件 (和声進行, リズムの木構造テンプレート, 和声進行, 伴奏音型, 楽器音, 歌声の種類) の組合せによって、多様な旋律が生成できることを検証する。
- 2 これらの作曲条件の組合せを用いて、一般ユーザによって楽曲を制作されたことを確認する。

1 つ目の検証のために、歌詞「我輩は猫である。名前はまだない。どこで生まれたか、とんと見当がつかぬ。」を入力として、7 種類の作曲条件のもとで、歌唱曲を自動生成し、生成された歌唱曲の印象についての主観評価実験を行った。7 種類の作曲条件は、弾き語り風, ロック風, 明

表 7 25 曲の生成例に対する評価者 A による 5 段階評価

Table 7 Five-grade evaluation by evaluator A on 25 generated results.

評価値	5 (とても良い)	4 (良い)	3 (普通)	2 (悪い)	1 (とても悪い)
作曲法に適合	2 例	11 例	7 例	5 例	0 例
音楽性	2 例	9 例	9 例	5 例	0 例

表 8 25 曲の生成例に対する評価者 B による 5 段階評価

Table 8 Five-grade evaluation by evaluator B on 25 generated results.

評価値	5 (とても良い)	4 (良い)	3 (普通)	2 (悪い)	1 (とても悪い)
作曲法に適合	4 例	14 例	7 例	0 例	0 例
音楽性	3 例	12 例	10 例	0 例	0 例



図 6 評価者 B が評価値 3 をつけた作例：自由記述のコメントとして「3-4 小節にかけて少し変」という記述があった

Fig. 6 Generated example of grade 3 by evaluator B, with evaluator's comment "strange in bars 3 to 4".



図 7 評価者 A, B がともに高評価値をつけた作例 (評価者 A: 理論 5 音楽性 4, 評価者 B: 理論 5 音楽性 5): 音高の動きに適度に順次進行と跳躍進行が織り交ぜられて生成されている

Fig. 7 Generated example of high grades by evaluators A and B. Jumping intervals and conjunct motions were combined properly.

治時代風, バラード風, 校歌風, ポップス風, イェスタデイ風という名前が付けられて区別されている。3 人の聴取者に対して, これらの名前を伏せたうえで生成楽曲の音のみを聞かせ, 以下の 2 つの尺度について, 3 人の評価者に評価を行わせた。

- 1 を「暗い」, 7 を「明るい」とする 7 段階評価
- 1 を「おちついた」, 7 を「活発な」としたときの 7 段階評価

この尺度は, 感情の分類に用いられる valence-arousal の 2 次元尺度を参考に, 音楽の自動生成結果評価のために設計したものである。

表 9 同一曲に対する評価者 A と評価者 B の評価値の比較：上側に評価項目 1, 下側に評価項目 2 の場合を示す。横の行が評価者 A による評価値, 縦の行が評価者 B による評価値であり, 評価値ごとにその評価値が与えられた回数を記載した。おおむね一致しており, 特に評価項目 2 の場合に 2 人の評価者が近い評価値を与えていることが分かる

Table 9 Comparison tables of grades given by evaluators A and B for evaluation item 1 (above) and item 2 (below). The grades by evaluator A were roughly in accordance with the ones given by evaluator B.

評価項目 1 の値	5	4	3	2	1
5	1	2	1	1	0
4	1	5	3	3	0
3	0	3	4	1	0
2	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

評価項目 2 の値	5	4	3	2	1
5	1	1	1	1	0
4	1	7	3	1	0
3	0	0	6	3	0
2	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

評価実験の結果を図 8 に示す。プロットの様子を見ると, 2 次元平面上で直線状に分布してはいるが, その直線上に散らばっていることが確認され, 少なくとも「活発で明るい」と「おちついて暗い」という両極端を補間する形で多様な印象を与えていることが分かった。評価者 3 人という限られた条件での結果ではあるが, 7 種類の作曲条件によって多様な曲が生成できることを確かめた。

次に, 本論文での提案法を web ベースの自動作曲システムとして公開し 54 日間公開するなかで, ユーザによって生成された 15,139 曲の楽曲の作曲条件を調べ, 実際に先の主観評価実験で多様性が検証された作曲条件が一般ユーザの作曲に用いられたかを確かめた。

表 11 に作曲条件ごとの使われた回数を示す。実際に一般ユーザによって使われ作曲が行われていたことが明らかになった。

よって, 以上の 2 点より, 本論文での提案法は一般ユー

表 10 1,378 人の一般ユーザによる生成例の音楽性についての 5 段階評価

Table 10 Five-grade evaluation on musicality of generated songs by 1,378 general users.

評価値	5 (とても良い)	4 (良い)	3 (普通)	2 (悪い)	1 (とても悪い)	無回答
音楽性	12.9%	32.9%	25.0%	16.5%	7.1%	5.6%

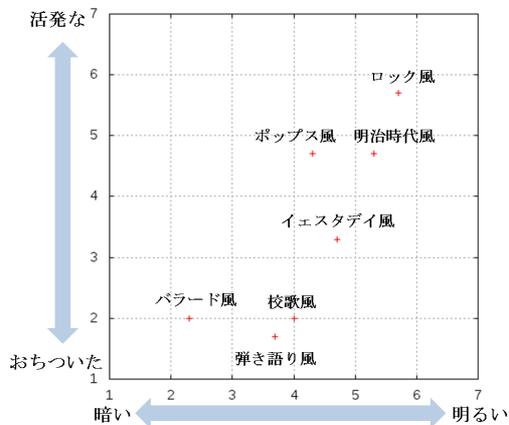


図 8 同一歌詞に対して作曲条件 (和声進行, リズムの木構造テンプレート, 伴奏音型, 歌声, 楽器音, 音域設定の組合せ) を変えたときの生成楽曲の印象の主観評価 (7 段階評価, 評価者 3 人の平均値) : valence-arousal の 2 次元尺度にならば, 楽曲の印象を「暗い-明るい」と「おちついた-活発な」の 2 次元によってプロットした. 作曲条件それぞれに応じて多様な印象を与えることが分かった

Fig. 8 Subjective evaluation of impressions on generated songs with different constraints (combinations of chord sequence, rhythm tree structure template, accompaniment pattern, singing voice, instrument and voice range setting) with the same lyrics. The evaluation was done in seven-grade evaluation, plotted in 2 dimensional plane of valence-arousal axes.

表 11 一般ユーザによる作曲条件の組合せの使用回数: 54 日間の 15,139 曲の web を通じた一般ユーザによる作曲の結果, それぞれの作曲条件の組について以下に示す回数だけ作曲が行われた

Table 11 Number of compositions by the each choice of composition constraints. 15,139 songs were generated by the general users in 54 days of operation.

作曲条件名	使用回数
弾き語り風	3,622
ロック風	2,484
明治時代風	1,658
バラード風	1,285
校歌風	1,145
ポップス風	951
イエスタデイ風	587

ザが多様性を持って旋律を生成することのできる手法であると考えられる。

7. 旋律自動生成法についての考察

検証の結果, 様々な歌詞に対して大部分について韻律に

従った旋律を生成することができ, 音楽要素の多様な組合せに由来する制約条件のもとでも, 著しく音楽理論を逸脱するような楽曲は生成されなかった. また多様性を持って旋律が生成できたと考えられる。

一方, 生成される旋律の自然さ, 音楽性に問題を残していることも分かった. たとえば, 評価者 B のコメントによって指摘された G#-A-G という不自然な旋律の動向や, 旋律中での滑らかな進行が少なく, 大きな跳躍がある, あるいは同じ音域にとどまってしまうといった問題が生じている. これに対しては, 現在では和声進行で与えられた和音の構成音によって旋律の音高の出現確率が決定されており, 和音構成音でない音 (非和声音) は和音構成音に比べて出現確率が低く設定されていることが理由としてあげられる. 今後音楽理論の枠内で非和声音を積極的に生成するようなアルゴリズムを新たに追加することが必要である。

また, 1 次のマルコフ過程として近似していることによる, いくつもの前の音をも考慮する必要のある作曲法の知見が扱えなかったことが分かる. これについては, 今後よりいくつかの音高の連なりを語彙として扱う方法などによって, より遠くの音との関係を陽に扱う確率値を導入していくという拡張が考えられる. さらに, 各制約に対応する確率分布の重みづけパラメータである γ_k の値を操作することで, 自動生成する旋律の特徴を制御することが考えられる。

今後の課題として, リズムの木構造テンプレートの自動作曲上の効果の検証がある. 本論文で, リズムの木構造テンプレートは, 音楽要素の 1 つであるリズムをテンプレートとして扱う目的で導入された. このテンプレートの作成方法は, 歌詞のモーラ数変動にかかわらず共通の特徴を持つリズム群についての仮説に基づいたものである. したがって実際に自動作曲結果が, 歌詞のモーラ数によらない共通したリズム特徴を持っているかどうか重要な課題である. この検証のためには, 本論文で議論した作成法に従ったテンプレートと, そうでないテンプレートを用いた場合に, 自動作曲される歌唱曲の特徴の違いを被験者に尋ねる主観評価実験を行うとよいと考えられる。

8. おわりに

本研究では, 日本語の歌詞入力からの自動生成楽曲に多様性を与えることと音楽性を担保することの両立が難しいことを議論したうえで, 多様性を与えるためにユーザによって与えられる音楽要素の組合せによる制約条件のもとで, 確率最大の音高系列の探索問題として作曲を定式化す

ることで、音楽性を担保できる手法を提案した（音楽の要素分解再構成）。生成旋律の音楽性について専門家に依頼して評価を実施した。結果、歌詞の韻律に基づく歌唱旋律の自動生成により、古典的な歌唱曲スタイルである、大部分が韻律に従い、音楽性を持った楽曲が生成できることを確認した。また手法を用いて多様性を持った楽曲が生成されたことを確認した。これらより提案法が多様性を与えることと音楽性の担保を両立させるために有効な方法であることを確かめた。今後の課題に、より詳細な音楽理論に基づいた確率モデルの設計とリズムの木構造テンプレートの自動作曲上の効果の検証がある。

本アルゴリズムの実装された自動作曲システムは、生成結果を隠れマルコフに基づく歌声合成モジュールに接続し、ブラウザから歌詞を入力すると、約 20 秒で作曲結果の歌声を伴奏つきで聴くことのできるウェブシステムとして公開され、これまで通算で 250,000 曲が自動生成される実績をあげている。

謝辞 本手法に対しての評価と有益な助言をしていただいた作曲家の金子仁美、國越健司の両氏に感謝します。本研究は、JSPS 科研費 22-6961 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] Hiller, L. and Isaacson, L.: *Experimental Music*, McGraw-Hill (1959).

[2] Kaske, S.: A Conversation with Clarence Barlow, *Computer Music Journal*, Vol.9, No.1, pp.19–28 (1985).

[3] Shottstaedt, W.: *Automatic counterpoint, Current directions in computer music research*, pp.199–214, MIT Press (1989).

[4] Tanaka, T., Nishimoto, T., Ono, N., et al.: Automatic music composition based on counterpoint and imitation using stochastic models, *Proc. Sound and Music Computing*, No.49 (2010).

[5] Ebcioğlu, K.: An Expert System for Harmonizing Four-Part Chorales, *Computer Music Journal*, Vol.12, No.3, pp.43–51 (1998).

[6] 川上 隆, 中井 満, 下平 博ほか: 隠れマルコフモデルを用いた旋律への自動和声付け, 電子情報通信学会技術研究報告, SP, 音声, Vol.99, No.627, pp.25–32 (2000).

[7] Biles, J.A.: GenJam: A Genetic Algorithm for Generating Jazz Solos, *Proc. ICMC* (1994).

[8] 早川和宏, 稲垣博人, 田中一男: 歌詞からラララー言葉から歌への自動変換, 人工知能学会ことば工学研究会第 3 回資料 (1999).

[9] 深山 覚, 中妻 啓, 米林裕一郎ほか: Orpheus: 歌詞の韻律に基づいた自動作曲システム, 情報処理学会研究報告, 2008-MUS-76-30, pp.179–184 (2008).

[10] 嵯峨山茂樹, 中妻 啓, 深山 覚ほか: 日本語歌詞からの自動作曲, オペレーションズリサーチ, Vol.54, No.9, pp.546–553 (2009).

[11] 嵯峨山茂樹, 酒向慎司, 堀 玄ほか: 確率的手法による歌唱曲の自動作曲, システム/制御/情報, Vol.56, No.5, pp.219–225 (2012).

[12] Beckman, M.E. and Pierrehumbert, J.B.: Intonational structure in Japanese and English, *Phonology Yearbook*, Vol.3, pp.255–309 (1986).

[13] 長谷川良夫: 作曲法教程, 音楽之友社 (1950).

[14] 田窪行則, 窪蘭晴夫, 本多清志ほか: 音声, 岩波講座 言語の科学 2, 岩波書店 (1998).

[15] 島岡 譲: 和声と楽式のアナリゼ, 音楽之友社 (1998).

[16] Klakow, D.: Log-Linear Interpolation of Language Models, *Proc. 5th International Conference on Spoken Language*, Vol.5, pp.1695–1698 (1998).

[17] Bellman, R.E.: *Dynamic Programming*, Princeton University Press (1957).

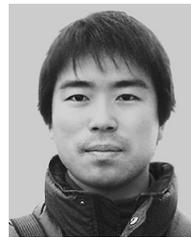
[18] NHK 放送文化研究所: NHK 日本語発音アクセント辞典新版, 日本放送協会出版協会 (1998).

[19] 酒向慎司, 宮島千代美, 徳田恵一ほか: 隠れマルコフモデルに基づいた歌声合成システム, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.3, pp.719–727 (2004).



深山 覚 (学生会員)

2008 年東京大学理学部地球惑星物理学卒業。2010 年同大学大学院情報理工学系研究科修士課程修了。同年同大学院情報理工学系研究科博士課程進学。2011 年より日本学術振興会特別研究員 (DC2)。音楽自動生成 (自動作曲編曲/自動演奏表情付け) の研究に従事。2008 年情報処理学会音楽情報科学研究会「夏のシンポジウム」ベストプレゼンテーション賞, 2009 年情報処理学会山下記念研究賞受賞。IEEE-SP, 日本音響学会, 日本音楽知覚認知学会, 先端芸術音楽創作学会各会員。



中妻 啓 (正会員)

2007 年東京大学工学部計数工学科卒業。2009 年同大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻修士, 2012 年同博士課程修了。博士 (情報理工学)。日本学術振興会特別研究員 (DC1), 東京大学特任研究員を経て, 2012 年熊本大学大学院自然科学研究科助教。位置情報・生体・音響・触覚等のセンサシステム, インタフェースシステムとデバイスの研究に従事。



酒向 慎司 (正会員)

1999年名古屋工業大学知能情報システム学科卒業。2004年同大学大学院電気情報工学専攻博士後期課程修了。同年東京大学大学院情報理工学系研究科特任助手。2007年名古屋工業大学大学院情報工学専攻助教。博士(工学)。音楽情報処理, 音声情報処理, 手話認識の研究に従事。2011年度電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション賞受賞。電子情報通信学会, 日本音響学会, 人工知能学会, IEEE各会員。



嵯峨山 茂樹 (正会員)

1974年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻修士課程修了。同年から日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所にて音声情報処理の研究に従事。1990~1993年ATR自動翻訳電話研究所にて自動翻訳電話プロジェクトを遂行。1998年北陸先端科学技術大学院大学を経て, 2000年から東京大学教授, 2001年より同大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻。博士(工学)。1996年科学技術庁長官賞等を受賞。日本音響学会, 電子情報通信学会, IEEE各会員。



西本 卓也 (正会員)

1993年早稲田大学理工学部卒業。1995年同大学大学院理工学研究科修士課程修了。1996年京都工芸繊維大学工芸学部助手。2002年東京大学大学院情報理工学系研究科助手。2007年同助教。2011年オラビージャパン代表。2012年支援技術開発機構主任研究員。音声応用システム, 読者支援技術の研究開発に従事。博士(工学)。電子情報通信学会, 日本音響学会, 人工知能学会, ヒューマンインタフェース学会各会員。



小野 順貴 (正会員)

2001年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年4月より同大学院情報理工学系研究科助手。2005年4月より同大学院講師。2011年4月より国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系准教授。アレイ信号処理, 音響・音楽信号処理, パターン認識の教育・研究に従事。日本音響学会佐藤論文賞, 粟屋学術奨励賞, 電気学会センサ・マイクロマシンシンポジウム五十嵐賞, ISIE Best Paper Award等を受賞。日本音響学会, 電子情報通信学会, 電気学会, 計測自動制御学会, IEEE各会員。