

# 旋律の特徴を反映した自動メロディ生成における 特徴量の検討

林 勇佑<sup>†1</sup> 酒向 慎司<sup>†1</sup> 北村 正<sup>†1</sup>

**概要:** 本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いた自動メロディ生成を取り扱っている。この際、生成されるメロディに、リズムや音高の変化などといったユーザの希望を適切に反映するために、ユーザにとって「このような楽曲を作りたい」という目標となるメロディとなる目標旋律を直接入力に用いた。これにより、ユーザが直感的に入力することを可能となり、ユーザーの希望をより適切に反映する手法を提案した。目標旋律は、メロディをランダム生成する際の音符列生成確率の最適化と、楽曲から抽出した特徴量の最適化に使用する。主観評価実験を行った結果、本研究で提案した目標旋律を用いて特徴量の最適化を行う手法の有効性が確認できた。しかし、目標旋律の音高変化の特徴が生成されたメロディに十分に反映されていないなどといった問題があり、その解決のために使用する特徴量の新規追加や削除を行い、主観評価実験によってその有効性を確認した。

## Examination of Feature Value in Automatic Melody Composition Reflecting Feature of Melody

HAYASHI YUSUKE<sup>†1</sup> SAKO SHINJI<sup>†1</sup> KITAMURA TADASHI<sup>†1</sup>

**Abstract:** In this study, dealing automatic melody composition using Genetic Algorithm. This study proposed technique using target melody for input directly to enable user to input intuitively and reflecting user's requests such as rhythm and pitch. Target Melody is used of optimizing probability creating notes randomly and feature value sampled from music. Result of subjective evaluation experiment, effectiveness of technique to optimize feature value extracted from music was confirmed. However, there was problems such as feature of pitch variation was not reflected completely to created melody from Target Melody. To solve this problem, adding new feature value and removing feature value not necessary. After these practice, confirm effectiveness of it in subjective evaluation experiment.

### 1. はじめに

近年では、自動作曲に関する研究が数多く存在する。自動作曲には、自動メロディ生成や自動伴奏生成などがあり、メロディや伴奏の両方を自動で生成するものもある。これらの作曲支援のための研究は、作曲の知識が無い人でも簡単に作曲を行うことの支援となっている。さらに、ユーザが生成したい楽曲のジャンルや雰囲気、リズムパターンなどを選択することができるシステムや、音楽理論をシステムに組み込むことで不自然なフレーズの出現を抑え、自然で聞きやすい質の高いメロディ生成を可能とするシステム

の実現に寄与している。また、文献 [1-4] のように、遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲の研究が多くされている。それらは、誰でも簡単に作曲を可能にすることに重点を置いて行われている。しかし、これらのシステムや研究においては、容易に自然な楽曲を生成するということが実現できているが、入力の選択肢が多く複雑であったり、直感的な入力が困難であるという問題点を抱えており、楽曲にユーザのイメージを適切に反映するということが容易ではない。

本研究では、同様に遺伝的アルゴリズムを用いた自動メロディ生成を行う。本研究では、作曲経験がある人にアイデアを与えるという形での作曲支援や、作曲経験がない人

<sup>†1</sup> 現在、名古屋工業大学大学院

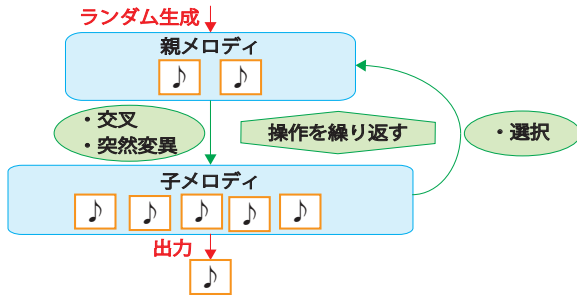


図 1 GA を用いた自動メロディ生成の流れ

にでもイメージ通りの作曲を可能にすることを目的とし、目標旋律を用いることにより、直感的な入力を可能とし、ユーザの希望を反映したメロディを生成可能とする自動メロディ生成の手法を提案する。目標旋律とは「こんな楽曲のようなメロディを作りたい」というユーザが目標とする単旋律の楽譜情報を指す。

## 2. GA による自動メロディ生成

自動作曲において最適な解が一つに絞られないことがないため、生成において何らかのランダム性にゆだねる必要がある。そのランダム性を再現するために GA(遺伝的アルゴリズム) に基づいた作曲手法が多く提案されており、本研究でも同様に GA を用いて自動メロディ生成を行う。一般的な GA を用いた自動メロディ生成は、一定区間のメロディに含まれる音高やリズムを染色体として表し、ランダムに生成されたメロディを遺伝的操作で音楽理論などのルールに従って適合させ、音楽的に適切なメロディに収束させることで実現されている。具体的な自動メロディ生成の流れは図 1 のようになっていて、以下の手順で行う。

- (1) ランダムに初期値となる親メロディを生成する。
- (2) 親となるメロディを元に交叉や突然変異を行い、子のメロディを生成する。
- (3) 子のメロディから、設定したルールに従って適切なメロディを選択する。
- (4) 選択したメロディを新たな親とし、2, 3 を繰り返す。
- (5) 一定回数の試行の後、最も優良なメロディを選択し出力する。

### 2.1 染色体の定義

目標旋律や生成するメロディなど、本研究で使用するメロディは全て 4 拍子 8 小節で、最小音符長を 16 分音符とする。一つのメロディのデータを  $8 \times 16$  の多次元配列として扱い、16 分音符単位で MIDI ノートナンバーや長音を数値情報で表す。ノートナンバーは 60~83 までの間に限定し、長音(音が鳴り続けている状態)は「01」で表す。例えば、図 2 のように音符列は数値情報に変換される。

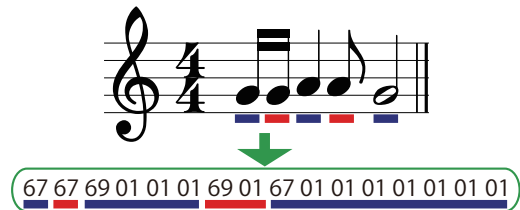


図 2 音符列と数値情報の例



図 3 交叉の例(赤線と青線が入れ替わっているのが交叉された部分)



図 4 突然変異の例(緑線が突然変異された部分)

### 2.2 遺伝的操作

#### 2.2.1 交叉

交叉は個体の遺伝子の一部を入れ換えるための操作である。2つの親のメロディ 8 小節の中から 4 小節を選択し、選択された小節を入れ替えることで子のメロディを生成する。実際の交叉の例は図 3 のようになる。

#### 2.2.2 突然変異

交叉では得ることができない状態を生成し、局所解に陥ることを防ぐために突然変異を行う。交叉によって生成された子のメロディから一部の小節を選択し、選択された小節のメロディをランダムに再生成することで突然変異を起こす。実際の交叉の例は図 4 のようになる。

#### 2.2.3 選択

選択では、生成された子のメロディと親のメロディの中から優良な個体 2 つを選択して次世代の親として使用する。また、最終的にメロディを出力する際は最も優良な個体 1 つのみを選択して出力する。本研究では、優良な個体の選択の基準として適応度を用いる。この適応度の計算方法などの詳細は次章で説明する。

## 3. 目標旋律を用いた自動メロディ生成

本研究の自動メロディ生成は GA に基づいて図 5 のような流れで行う。本研究で提案する手法では、ユーザの希望を適切に自動メロディ生成に反映するために、目標旋律を入力を用いるという点が一般的な自動メロディ生成とは異なっている。目標旋律はメロディのランダム生成を行う際

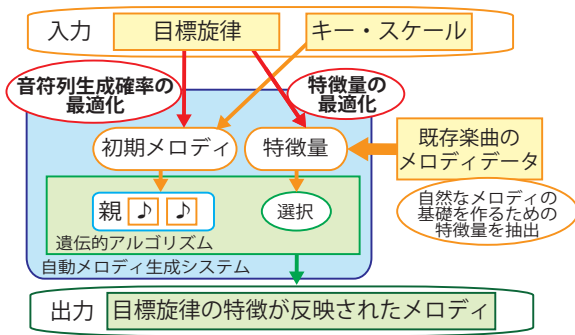


図 5 本研究の自動メロディ生成の流れ

の音符列生成確率の最適化と、既存楽曲から学習させた特徴量の最適化のために使用する。ここでの特徴量とは、音数や音高変化といったメロディの特徴を数値で表したものである。また、図 5 の具体的な手順は以下の通りである。

- (1) 目標旋律と出力したいメロディのキーとスケールを入力する。
- (2) 学習用の既存楽曲のメロディデータから特徴量を抽出する。
- (3) 入力した目標旋律を用いて抽出された特徴量の値を最適化する。
- (4) 目標旋律のリズムパターンを元に、入力したキーとスケールの構成音を使用してメロディのランダム生成を行う。
- (5) 生成された 2 つのメロディを親とし、遺伝的操作(交叉・突然変異)を加え、子のメロディを生成する。
- (6) 生成された子のメロディと 2 つの親の中から、最も適応度の高いもの 2 つを新しい親として選択する。(抽出された特徴量を用いて各評価項目ごとに数値を求め、適応度関数に当てはめて適応度を算出)
- (7) 5, 6 を一定回数繰り返し、最終的に最も適応度が高くなった個体を目標旋律の特徴を反映させたメロディとして出力する。

### 3.1 目標旋律の使用方法

#### 3.1.1 音符列生成確率の最適化

音符列の生成を完全なランダムで行うと、遺伝的アルゴリズムを繰り返しても目標旋律のリズムに近づけることは難しい。本研究では、効率よく目標旋律のリズムに近づけるため、目標旋律のリズムに応じて生成確率を変化させる。目標旋律にノート(音)が存在している場合、ノートの生成確率を高く設定する。それに対して、ノートが存在しない(長音)の場合は低く設定する。これによって、適切に目標旋律のリズムを反映したメロディを生成することが可能となる。

#### 3.1.2 既存楽曲から抽出した特徴量の最適化

生成されたメロディの選択や評価を行う際に、多数の既存楽曲から抽出された特徴量を使用する。その際、本研究

では目標旋律からも特徴量を抽出し、式 1 によって目標旋律に適合するよう特徴量を最適化する。

$$A' = (1 - \alpha) \times A_d + \alpha \times A_m \quad (1)$$

$A_d$  は既存楽曲から得た特徴量、 $A_m$  は目標旋律から得た特徴量、 $A'$  は最適化された特徴量を表す。また、 $\alpha$  は目標旋律の影響度を表し、 $0 \leq \alpha \leq 1$  の間で設定される。 $\alpha = 0$  であれば、目標旋律による影響が全くない状態のままの特徴量となり、 $\alpha = 1$  となれば、目標旋律単体のみの特徴量となる。

### 3.2 使用する特徴量

#### 3.2.1 従来より使用していた特徴量

以下は、従来より使用していた特徴量であり、今回も同様に使用した。

**総音数** メロディに含まれる音の総数、生成されたメロディに含まれる音数と抽出した数値との差で評価を行う。

**最高音高推移** 2 つの連続する音の音高差の最大値、生成されたメロディの音高差の最大値が抽出した数値を超えた場合にマイナス評価を行う。

**音高の最大連続上昇** 音高の連続上昇回数の最大値、生成されたメロディの最大値と抽出した数値の差で評価する。

**音高の最大連続下降** 音高の連続下降回数の最大値、生成されたメロディの最大値と抽出した数値の差で評価する。

**音高の最大連続平行** 音高の連続平行回数の最大値、生成されたメロディの最大値と抽出した数値の差で評価する。

#### 3.2.2 削除した特徴量

以下は、従来使用していた特徴量であるが、今回より評価対象から除外した。

**小節ごとの音数の割合** 楽曲の総音数に対する小節ごとの音数の割合を抽出、生成されたメロディと抽出した数値を小節ごとに比較し、その差の合計で評価する。

この特徴量を評価対象から除外した理由は、従来までの本研究のメロディ生成において、生成されたメロディの音数が目標旋律と比較すると非常に多くなってしまおうという問題点があり、この特徴量の評価がその原因になっていると考えられたためである。

#### 3.2.3 新規追加した特徴量

従来までの特徴量のみを用いて生成されたメロディには、目標旋律の音高変化の特徴が十分に反映されていないという結果が従来に行った主観評価実験(4章・実験 1)より得られた。その問題を解決するために、音高に関する特徴量を新規追加した。

以下は実際に今回より新しく使用した特徴量であり、1小節ごとに数値を抽出していく。

打鍵間隔 連続する2音の打鍵間隔、小節ごとに最長幅・最短幅・平均幅を抽出。

音高平均 使用されている音の音高の小節ごとの平均音高を抽出。

最高音 使用されている音の小節ごとの最高音を抽出。

最低音 使用されている音の小節ごとの最低音を抽出。

### 3.3 適応度関数

GAの選択で使用する適応度  $T$  を求めるため、文献 [5] に記載されている2つのメロディの距離を求める式を元に、次のような適応度関数を設定した。

$$T = \sum_{i=1}^n (W_i \times ((s_i - v_i) / \sigma_i)^2) + W_n \times \beta \quad (2)$$

$W_i$  は各評価項目の重みを表し、 $W_i \leq 0$  で与えられる。 $v_i$  は既存楽曲のメロディの評価項目  $i$  で使用される特徴量の平均値を最適化したもの、 $s_i$  は生成されたメロディの評価項目  $i$  で使用される特徴量の値を指す。 $\sigma$  はその評価項目  $i$  で使用される特徴量の分散であり、この分散で割ることにより各評価項目の正規化を行っている。また、 $\beta$  はリズムに関する評価項目である。

## 4. 主観評価実験

### 4.1 実験1: 目標旋律による最適化の有効性の調査 (既発表)

#### 4.1.1 実験内容

特徴量 (ここでは新規追加・削除を行っていないもの) を目標旋律で最適化した場合 ( $\alpha = 0.5$ ) としなかった場合 ( $\alpha = 0$ ) のメロディを生成し、それらを比較して目標旋律による特徴量の最適化が有効であるかを調べた。被験者12人に生成された18個のメロディを聴取させ、「生成されたメロディに目標旋律のリズムが反映されているか」、「音高変化が反映されているか」、「生成されたメロディは自然であるか」、「総合点」の4つの設問に対して5段階評価をさせた。最適化を行う際の  $\alpha$  の値は予備実験により決定した。

#### 4.1.2 実験結果

実験の結果、図6のようになった。目標旋律で特徴量を最適化した場合のメロディの方がいずれの設問でも高い評価が得られ、自然さと総合点の項目では有意差も確認できた。このことから、ユーザの希望を自動メロディ生成に反映させるために目標旋律で特徴量を最適化する手法の有効性が確認できた。しかし、音高変化の設問については、最適化の有無に大きな差は無く、他の設問と比較すると評価が低いいため、目標旋律の音高変化を十分に反映させるための評価項目などの再検討が必要である。

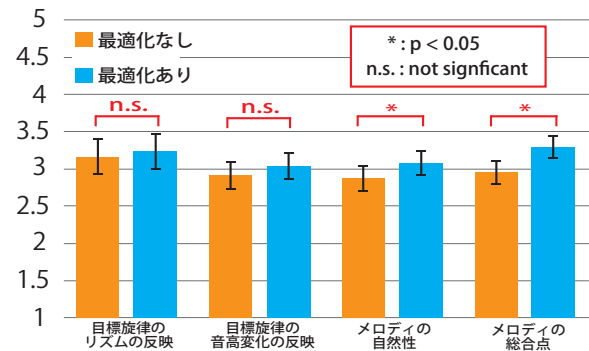


図6 実験1の結果

### 4.2 実験2: 特徴量の新規追加・削除による変化の調査

#### 4.2.1 実験内容

新規追加・削除を行っていない特徴量を対象として実験1と同様に目標旋律で最適化した場合と、新規追加・削除を行った特徴量を対象として目標旋律で最適化した場合のメロディを生成し、それらを比較して特徴量の新規追加・削除による変化を調べた。被験者9人に生成された12個のメロディを聴取させ、実験1と同様に、4つの設問に対して5段階評価をさせた。

#### 4.2.2 実験結果

実験の結果は図7のようになった。特徴量の新規追加・削除を行った状態で生成されたメロディが特徴量の新規追加・削除を行っていない状態と比較すると、全ての設問において高評価を得られ、有意差も確認できた。このことから、今回の特徴量の新規追加・削除によってユーザの希望を生成するメロディにより適切に反映させることができたといえる。

また、実験に使用した目標旋律のうち、最も音数の少ないものを使用して生成したメロディ (4曲) のみを対象とした結果は図8のようになった。最も音数の多いものを使用して生成したメロディ (4曲) のみを対象とした結果は図9のようになった。目標旋律の音数が少ない場合では特徴量追加の有無で評価の差が大きくなっており、目標旋律の音数が多い場合では特徴量追加前後で評価にあまり大きな差がなかった。目標旋律の音数が少ない場合では、特にリズムの反映についての評価が特徴量追加後に高くなったが、これは「小節ごとの音数の割合」についてを評価項目から除外したことにより、音数の過剰な増加を抑えることができたためだと考えられる。また、目標旋律の音数が少ない場合に大きな差が現れた理由は、被験者が音数の多いメロディよりも音数が少ないメロディの方がリズムや音高の変化を丁寧に聞き取ることができたからだと考えられる。特に、音数が多い場合と少ない場合では、リズムに関する設問に最も大きな変化が出ていることから、メロディの音数の違いは被験者のリズムの聞き取りに最も大きな影響を与えるといえる。このことから、今後主観評価実験を行う際

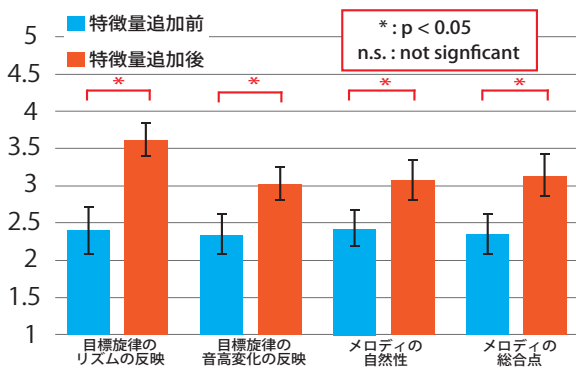


図7 実験2の結果(総合)

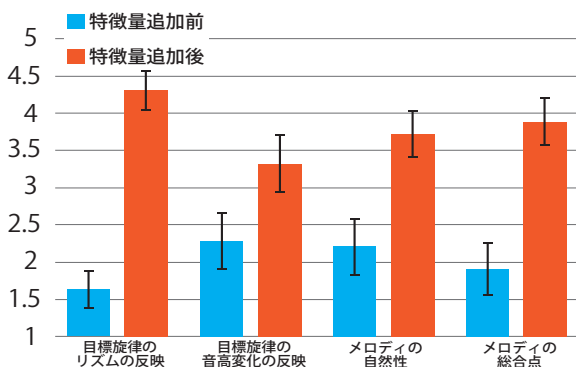


図8 実験2の結果(音数の少ない目標旋律)

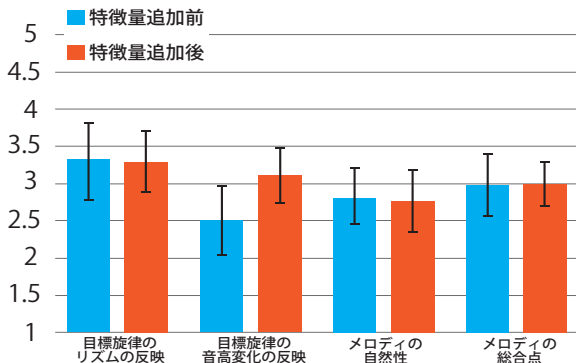


図9 実験2の結果(音数の多い目標旋律)

は使用する目標旋律をより慎重に選択する必要があると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、作曲経験がない人にとってイメージ通りの作曲を可能にするほか、作曲経験がある人にも作曲のアイデアを得るためのツールとして作曲支援を行えるようにすることを目的とし、ユーザの希望を適切に反映させる自動メロディ生成の手法を提案した。本研究の自動メロディ生成は、ユーザが目標とする単旋律の楽譜情報である目標旋律を用いるという点が特徴である。この目標旋律で、音符列生成確率の最適化と、既存楽曲から得た特徴量の最適化

を行うことで、ユーザの希望となる目標旋律の特徴を反映したメロディを生成した。さらに、特徴する特徴量の新規追加や削除を行い、生成されるメロディにより適切にユーザの希望を反映させた。

主観評価実験1においては、どの設問においても目標旋律により特徴量が最適化されたメロディが、特徴量が最適化されていないメロディ以上の評価を得られ、目標旋律による特徴量の最適化の有効性が確認された。このことから、目標旋律を入力を用いたことにより、生成するメロディにユーザの希望をより適切に反映することができたといえる。しかし、目標旋律の音高変化の反映に関する設問については、他の設問と比較して低い評価が得られた。また、特徴量の新規追加・削除を行った場合のメロディと行っていない場合のメロディを比較する主観評価実験2においては特徴量追加有りのメロディが、どの設問においても追加無しメロディよりも高評価でかつ有意差も確認された。これにより、特徴量の再検討によって音高変化などの特徴をより適切に反映することができ、システムの改善に成功したことが確認できた。

今後の課題として、生成されたメロディの音数が多い場合では、被験者が曲のリズムや音高の変化などの違いを区別しにくいという点が明らかになった。今後は実験を行う際は、より正確なデータを得るためにも、使用する目標旋律の選択は慎重に行っていく必要があるといえる。また、適応度関数における各評価項目の重みを一定の状態で行ったため、重みの調整による実験も今後の課題となる。今回追加した特徴量について、全てを追加・削除した後の変化と有効性については確認したが、各特徴量を与える影響についてや、それぞれの組み合わせによる違いなどの検証などが不足しているため、本当に必要な特徴量について今後よく吟味するべきである。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号:26730182)の支援によって行われた。

## 参考文献

- [1] 今井繁, 長尾智晴. 遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲. 信学技報, Vol. AI98-9, pp. 59-65, May 1998.
- [2] 山田拓志, 椎塚久雄. 遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲について. 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学], Vol. 98, No. 96, pp. 7-14, October 1998.
- [3] 田中健, 外山史, 東海林健二. 遺伝的アルゴリズムを用いたメロディー進行とリズムの組み合わせによる自動作曲. 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学], Vol. 2001, No. 82, pp. 7-12, August 2001.
- [4] 高野美央, 長名優子. N グラムモデルと遺伝的アルゴリズムを用いた複数の曲の構成を考慮した自動作曲システム. 情報処理学会研 75 回全国大会, Vol. 5R-8, No. 2, pp. 7-12, 2013.
- [5] 鷺坂光一. 標準 midi ファイルからのメロディの自動抽出法. 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学], Vol. 94, No. 16, pp. 7-12, February 1994.

## 付 録

### A.1 目標旋律と生成されたメロディ

#### A.1.1 音数が平均的な目標旋律を使用した場合

実験で使用した目標旋律のうち、音数が平均に近い目標旋律と、それをういた際に生成されたメロディを図 A.1 ~ A.4 に示す。



図 A.1 目標旋律 (音数普通)



図 A.2 特徴量最適化無しで生成されたメロディ (実験 1)



図 A.3 特徴量最適化有りで生成されたメロディ (実験 1)



図 A.4 特徴量新規追加後に生成されたメロディ (実験 2)

#### A.1.2 音数が少ない目標旋律を使用した場合

実験で使用した目標旋律のうち、音数が少ない目標旋律と、それをういた際に生成されたメロディを図 A.5 ~ A.8 に示す。

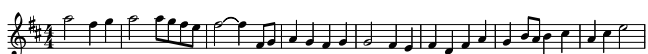


図 A.5 目標旋律 (音数少なめ)

#### A.1.3 音数が多い目標旋律を使用した場合

実験で使用した目標旋律のうち、音数が多い目標旋律と、それをういた際に生成されたメロディを図 A.9 ~ A.12 に示す。



図 A.6 特徴量最適化無しで生成されたメロディ (実験 1)



図 A.7 特徴量最適化有りで生成されたメロディ (実験 1)



図 A.8 特徴量新規追加後に生成されたメロディ (実験 2)



図 A.9 目標旋律 (音数少なめ)



図 A.10 特徴量最適化無しで生成されたメロディ (実験 1)



図 A.11 特徴量最適化有りで生成されたメロディ (実験 1)

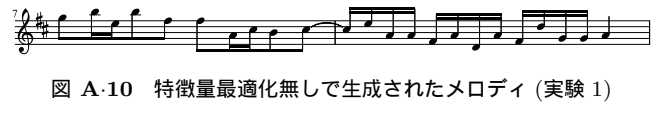


図 A.12 特徴量新規追加後に生成されたメロディ (実験 2)