

# 歌詞とモチーフを入力とした作曲モデルによる作曲システム

## A Computer-Aided Composition System Using a Motif and Lyrics

荒木大誉

Tomotaka Araki

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: 09k1001@stu.hosei.ac.jp

### Abstract

This paper shows a proposal of the musical composition system that needs lyrics first. The optional lyrics and motifs are considered as input of this system. Using dynamic programming whose costs are the starts of the words of the lyrics, the system unifies and divides rhythms of motifs along with the number of phonemes and clauses of the lyrics. The results become the rhythm of the song. The song needs lyrics first. The melody is along with the height of the accents of the lyrics, therefore we can understand the contents of the lyrics. The accent is important for musical composition. So we considered the pitches of the melody as a process, and we decide the pitches using dynamic programming whose costs are the accents. As a result of evaluation focused on an impression of the melody, the P value of the computed song was  $4.83E-2$ , so this proposal method was valid.

### 1 序論

詩とその一部に対応する短い旋律を考えて自動的に作曲をするシステムを開発する。作曲に関する知識がない人が作曲するのは難しい。部分的に旋律を考えるが可能なのだが、その続きが思い浮かばないことが多い。また歌曲を作る際に、歌詞を先に作る場合と後で付け加える場合がある。前者は詞先、後者は曲先と呼ばれている。詞先の作曲を想定して、作曲に関する知識があまりない人でも、部分的な旋律と好きな歌詞を用いて作曲が出来るようにする。特に、歌詞の内容が分かり、かつ覚えやすい歌曲を作るシステムを目指す。

詞先の曲において、歌詞の情報は作曲に少なからず影響を与えている。文章のアクセントに沿った音程進行、フレーズの収束点・切れ目の一致、などがその例である。前者は、あらかじめ和声進行を決めておき、モーラ数を音符数としてリズムを作り、韻律に沿って音程を決める方法がある [1]。後者は、文章に対して係り受け解析をし、多くの分節を受けている点を収束点とする方法がある [2]。既存の自動作曲システムは、主にこの2点で構成されている。そのおかげで、意味が伝わりやすい曲構成を作ることができる。

音楽は、過去の楽句や楽節の反復など、繰り返し構成をとる。そのため、過去のパターンから将来のパターンを予測できる [3]。また、覚えやすさに繋がる。つまり、前述の既存システムに加えて繰り返しを取り入れれば、目的のシステムを構築することが可能となる。

本研究では、リズムの統合と分割 [1]・歌詞情報を利用したリズムの生成、ユーザのパラメータ入力からの和声進行決定・モチーフ利用したメロディの生成による、動的計画法を用いた半自動作曲支援システムを設計する。

### 2 自動作曲

自動作曲には、音の高さとリズムの情報から遺伝的操作を繰り返すことで作曲する「遺伝的アルゴリズム」や「N グラムモデル」を用いたもの [4] や、作曲家のスタイルをマルコフ確率場の特徴関数と重みで表現することで学習を行い、確率の高い

標本をモンテカルロ法で得るもの [5] など、共通して「データの学習」をメイン要素として行うものが多い。本モデルでは、歌詞情報から半自動作曲を行うので、歌詞の韻律情報をメイン要素とした最適な自動作曲 [1] を参考にする。

この先行研究では、音楽の3要素であるメロディ、リズム、ハーモニーを各要素ごとに決められたルールで決定することで作曲としている。メロディは入力した歌詞のアクセントにより制約を与えられ、作られる曲が歌詞のアクセントに逆らわないようにしている。また、曲想から和声進行やリズムをあらかじめ設計してから、そこにメロディを作る、といった順序となっている。和声進行は、あらかじめ常套句を準備しておき、それを和声進行ライブラリとしてデータベース化、ユーザ選択により使われている。リズムは、音符数の変動に依らない曲想を表す特徴を「リズムパターン」、その特徴を表すリズムを「標準リズム」、同じリズムパターンをもつリズムの集合を「リズムファミリー」とし、リズムファミリーを木構造でまとめている。これはリズム木と呼ばれるものである。作曲家は既存の曲から確率を獲得し、この確率をリズム木に使っている。リズム木の詳細は、深山らの文献 [1] を参考されたい。本研究では、このリズム木が1音符ずつ分割・統合されている事を参考する。

得られた音楽の3要素の内の2つ「ハーモニー」「リズム」と歌詞の韻律から、動的計画法を用いてメロディの最尤経路を求めている。

通常、歌曲では似たような旋律を繰り返し構成が良く使われるが、従来研究では繰り返し構成を意識したものがあまりみられなかった。フレーズを各手法の基準に合わせて変化させ、変化させたフレーズと元フレーズを組み合わせて曲を作っていくべきである。そこで本研究では、動的計画法にモチーフを用いて、繰り返し構成を意識した旋律を生成する手法を提案する。

### 3 作曲モデル

本研究では、モチーフと呼ばれる旋律片、歌詞情報、コード進行を入力として、歌詞のリズムへの当てはめ(アラインメント)とメロディの音高決定を色々なルールに従って行う。各ルールに反する事柄をコストとした時に、コストがなるべく低くなるようにアラインメントや音高決定を行う必要がある。これらのコストの最小化問題に対し動的計画法を用いて、最適なリズムとメロディを算出する。

まずはモチーフリズムの統合・分割を行って、歌詞へのアラインメントを行う。その後、求まったリズムや小節数に合わせてコード進行を入力してもらい、音高を求める。この時、それぞれのステップで動的計画法を用いる。

#### 3.1 アラインメント

従来研究のリズム木では、歌詞に合うように音符を一つずつ分割・統合していた。本研究でもそれにならってアラインメントを行う。アラインメントでは、語頭データ・モチーフの音価データ・音高データを入力する。アラインメント処理された音価データ・音高データが出力される。

仮説として、「重要度が高い語頭がくるであろう1・3拍目(強拍)を優先して分割する」というものを用意した。日本語歌詞の詞先曲では、大部分が歌詞中の語頭に短い音符を、語尾に長い音符を割り当てている。この仮説によって、日本語歌詞の既存の詞先曲のような歌詞へのアラインメントが可能となる。この仮説をメインのコストとして、動的計画法を用いて小節単位

で音価を分割・統合を行う。歌詞の音素数が音価数より多い場合は分割を、少ない場合は統合を行う。等しい場合は何もしない。なお、分割は基本的には長さが等しくなるように音価を2分割するだけだが、符点音符だった場合には元の音符とその半分の音符に分割する。

歌詞とフレーズをアラインメントするためには、曲全体の小節数・モチーフに当てはめる音素数を決めなければならない。一般的に、4分の4拍子の曲は歌曲楽曲に関わらず、4の倍数小節ずつ曲想が変わるものが多い。例えば、歌曲では佐藤真作曲『大地讃頌』、楽曲ではPachelbelの『Canon in D』が挙げられる。本研究では4の倍数小節ずつ曲想が変わることから、曲全体の小節数を4の倍数小節と固定して作曲を行うことにする。曲全体の小節数が4の倍数になるように以下の式で計算する。

$$\frac{\text{歌詞の音素数}}{m} > \frac{\text{モチーフ音価数}}{\text{モチーフ小節数}} \quad (1)$$

を満たす最大の  $m = \{4n | n = 1, 2, \dots\}$  を全体小節数とする。また、

$$N > \frac{\text{モチーフ音価数}}{\text{全体小節数/モチーフ小節数}} - \text{モチーフ小節数}$$

を満たす最小の  $N$  をモチーフに当てはめる最低音素数とする。ここで、アラインメントに入力される値に、語頭データがある。これは、歌詞の切れ目を表したものである。よって、語頭データと  $N$  から各小節に入れる音節数を決定する。アラインメントはモチーフ小節数ずつ行う。

### 3.1.1 ルール

アラインメントに使われるルールは、強弱裏拍・語頭と強弱裏拍の関係・音符の種類・前回分割がある。アラインメントに語頭を用いる・文頭を用いる、一番最後を全音符固定する・しないの計4パターン中ユーザが最適であると判断したものを選択する。

[強弱裏拍] 「強拍を優先分割」という仮説を考慮する。ただし、弱起（弱拍から曲が始まる状態）では、「弱拍を優先分割」させる。

[語頭語尾（文頭）と強弱裏拍の関係] ある音価を分割したときに、語頭（文頭）が弱拍や裏拍にあたらないようにする。ただし、弱起では語頭が弱拍に来ることが多いので、語頭が弱拍以外の箇所にあたらないようにする。これは、歌詞の内容理解へとつながる事柄である。

[音価の種類] より細かい音価をなるべく分割しないようにする。4分音符以外の音価が8分音符である時には、4分音符の方を優先して分割させるようにする。これは歌唱時における歌いやすさ等に関わるものであり、細かい音符を分割しすぎると、32分音符や64分音符などの「4分の4拍子では早すぎて歌いづらい音符」が出現してしまう。それを避けるためのルールであるといえる。

[前回分割] 前回分割したものを分割させないようにする。前項のものに加えて、より細かい音符の出現確率を下げることができる。

以上のルールに反する場合にコストを設定し、動的計画法を用いた分割のコスト最小化をはかる。分割数が増える度に音価数が増えることに注意する。

統合も、一部が逆になる同様のコストを用いる。[強弱裏拍]では逆に、「弱拍を優先して統合」させ、弱起では「強拍を優先して統合」させる。[音価の種類]でも、細かい音価をなるべく統合するようなルールとなっている。統合では統合数が増える度に音価数は減っていく。また、分割では音符にコストを設定するが、統合では音符間に設定する。図1は、動的計画法による分割の例を表したものである。

### 3.2 音高決定

本モデルで作る曲では、歌詞のアクセントに沿うように作ることを目的とする一方で、なるべく覚えやすい曲を作るため、モチーフの形をなるべく崩さないようにすることも考慮する。そこでこれらの事柄をコストとし、そのコストを最小化することで音高を決定する。そのために、リズムアラインメントと同様動的計画法を用いる。図2は、動的計画法による音高決定の

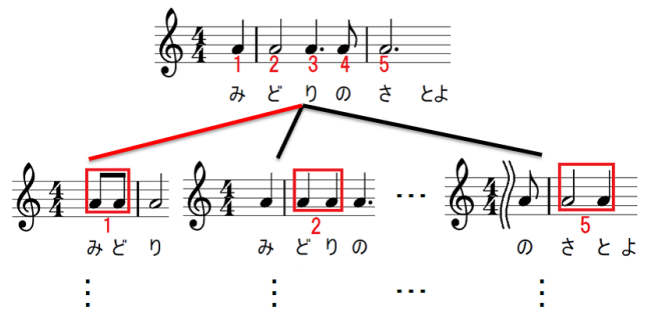


図1. 動的計画法による分割例

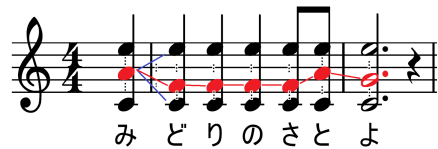


図2. 動的計画法による音高決定

概要である。各リズムで音域中の全音高のコストを計算し、その中で最もコスト合計値が低くなるような経路を探索する。音高決定では、歌詞のアクセント情報・調情報・音域・コード進行・アラインメント処理された音価データ・音高データを入力すると、コストによって決定された音高データが出力される。

#### 3.2.1 ルール

音高決定に用いるルールは、調の音階音・和声音と強弱裏拍の関係・歌詞アクセントと旋律音高の関係・モチーフの形状保持・音程・連音緩和・既存曲の音高曲線・曲の開始音と最終音である。和声音と強弱裏拍の関係と歌詞アクセントと旋律音高の関係、既存曲の音高曲線は後の章で説明する。

[調の音階音] 入力された調で主に使われる音高を選択する。例えばC-Durの曲では、C・D・E・F・G・A・Hが主に使われる音高である。これ以外の音高は使われることが少ない。

[モチーフの形状保持] 入力されたモチーフの形を、最適メロディでもなるべく保持する。モチーフと比べて、仮に最適とされるメロディの形がある一定の値以上に変わらないようにする。具体的な比較対象は、モチーフ中の2音高の音程と仮最適メロディの該当2音高の音程・モチーフ中の2音高の上下関係と仮最適メロディの該当2音高の上下関係である。このルールは曲の覚えやすさに直結する。

[音程] 歌いにくい音程をなるべく減らす。一般的に音程とは、2音高の開き具合のことを指す。ここでいう歌いにくい音程は、増4度・減5度・長7度・短7度等がある。

[連音緩和] 同じ音高が続いてしまう単調な旋律を生成させない。ある一定回数以上同じ音が続くようならば、それを禁則とする。

[曲の開始音と最終音] 曲の最初の音高と最後の音高を固定させる。最初の音高は、ユーザの提案したモチーフに近いものを出現させるため、モチーフの一番最初の音高に一致させる。また、どのような曲も基本的には主音へ収束するので、最後の音高は調の主音に一致させる。

以上のルールに反する場合にコストを設定する。次章以降のルールもモデルに導入し、動的計画法を用いた音高決定のコスト最小化をはかる。

#### 3.2.2 和声音と強弱裏拍の関係

音楽に大事な3要素として、リズム・メロディ・ハーモニーがある。リズムとは、ある一定時間で適当な長さの区切りを入れたものである。メロディとは、適当な音高を時間軸方向に組み合わせたものである。ハーモニーとは、和音などの適当な音高を同時刻で組み合わせたものである。作曲とは、この3要素全てを満たすことである。

この3要素中には関連性が存在する。例えば、メロディとハーモニーは互いに依存し合っている。その例がコードトーンである。和声音とは、和音を構成している音高である。例えばD-MajorならばD・F・A, G-MajorならばG・B・Dが構成音となる。その和音がある時刻中にハーモニーとして選択さ

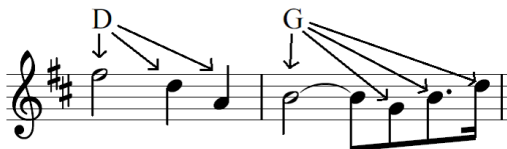


図 3. 和声音を使った曲の例

表 1. 詞先曲の分割表

歌詞	旋律		変わらず	高低	計
	低	高			
低	高	202	159	8	369
変わらず		30	162	9	201
高	低	6	100	199	305
計		238	421	216	875

表 2. J-POP 曲の分割表

歌詞	旋律		変わらず	高低	計
	低	高			
低	高	265	183	212	660
変わらず		504	480	506	1490
高	低	220	181	252	653
計		989	644	970	2803

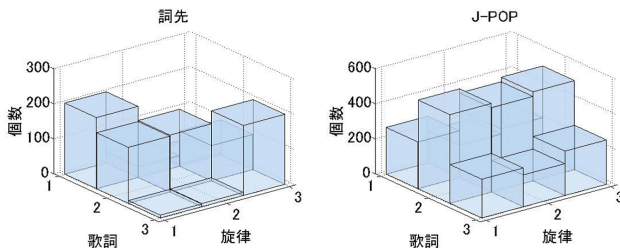


図 4. 2次元ヒストグラム (左:詞先曲, 右:J-POP 曲)

れている時に、メロディでも和声音が同時刻中に用いられることが多くなる。和声音を使った曲の例を、図 3 に示す。

一般的に 4 分の 4 拍子の曲において、和声音でない音（非和声音）は経過音や刺繍音として、裏拍や 2・4 拍目に現れることが多い。経過音とは、ある 2 つの異なる和声音の間に音階で連続するように設定された非和声音を指す。例えば、C-Major の曲で C, D, E とメロディが設定されている時、D を経過音と呼ぶ。刺繍音とは、ある 2 つの同じ和声音の間に、間に割り込むように設定された、和声音と音階で隣り合った非和声音を指す。例えば、C-Major の曲で C, D, C とメロディが設定されている時、D を刺繍音と呼ぶ。以上のルールをモデルに導入する。まず、該当部分が和声音か非和声音かどうか、コードから判断する。非和声音だった場合には、禁則かどうかを判断する。ここでの禁則とは、非和声音が該当コードの第 3 音と第 5 音と半音の関係にある状態をさす。次に強拍か弱拍・裏拍か判断する。強拍だった場合にはコストを高め、弱拍・裏拍だった場合にはコストを低めに設定する。ただし弱拍や裏拍だった場合に、その音が経過音・刺繍音ならば、禁則であってもコストを低めに設定する。和声音だった場合にはコストはなしに設定する。この設定で、非和声音が設定される時に表拍である状態を少なくでき、刺繍音や経過音である非和声音を設定できる。

### 3.2.3 歌詞アクセントと旋律音高の関係

既存の曲から、歌詞アクセントが旋律にどのような影響を与えているかを述べる。既存曲の歌詞を文節単位で区切り、その文節内で歌詞の高低アクセントを決定していく。その後、歌詞アクセントの移り変わりや旋律の音程変化がどのような関係にあるのかを分類していく。歌詞と旋律はどちらも、「低い方から高い方へ」、「高い方から低い方へ」、「変わらない」という 3 グループに分類される。つまり、1 曲の内容を 9 つのグループでできた分割表にまとめていくということである。

以上のことを、既存の詞先である曲と J-POP の曲を対象に

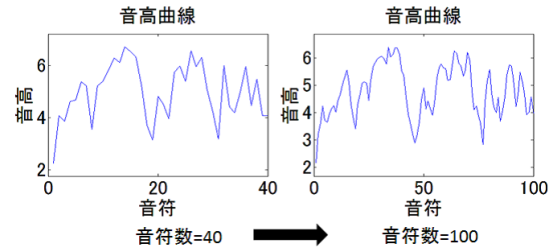


図 5. 既存曲音高曲線のスプライン補間 (音符数 40 100)

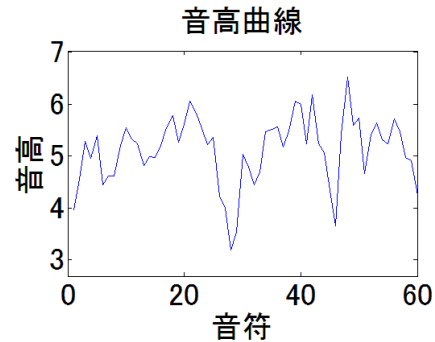


図 6. 実験に用いた既存曲の音高曲線 (音符数=60)

行った。既存の詞先曲 5 曲を分割表にまとめた結果を表 1 に、J-POP の曲 8 曲をまとめた結果を表 2 に、それぞれの 2 次元ヒストグラムを図 4 に示す。

表 1 と表 2 を比較してみると、詞先曲では、歌詞アクセントが変化しているとき、旋律も同様の方向に変化あるいは変化なしである箇所が多くなっていた。逆に歌詞アクセントが変化しないときは、旋律は特に目立って多い変化が見られなかった。以上のことから、歌詞アクセントが変化するときは旋律音高もその方向へ変化させるか、あるいは旋律音高を変化させないべきであるといえる。歌詞アクセントが変化しないときは、どのような旋律音程の変化も認められる。

これらもコストとしてモデルに取り入れる。歌詞アクセントが変化する時に、旋律音高が逆向きに变化的場合、コストを高く設定し、音高が変化しない場合には、コストを低めに設定する。同方向に变化的場合には、コストは 0 とする。この設定で、歌詞アクセントに沿った音高変化を起こすことができる。

### 3.2.4 既存曲の音高曲線

モチーフと歌詞情報だけでは、単調な旋律になってしまう。そこでメロディらしさを付加するために、複数の既存曲の音高曲線を平均化したものをコストとしてモデルに導入する。まず、曲によって音域・音符数が違うので、音高曲線を正規化する必要がある。音域は、音高決定に用いる音域へ正規化する。音符数は、歌詞の音素数へ正規化する。ただし、曲線の形をなるべく変えないようにするため、音符数の正規化にはスプライン補間を用いる。次に、正規化された曲線の平均をとる。この平均が、メロディらしさを表す曲線となる。コストは、この曲線から音高がどれだけ離れるかで決めることとする。音高曲線の例を図 5 に示す。

## 4 評価実験

近年、歌詞の切れ目が悪くて意味が理解できない・音域が広すぎて歌いづらい、といった曲が多くある。そのような、聴いたり歌ったりして苦になるような曲を作るモデルにならないようにしたい。

そこで、大学生を対象として、作曲モデルに対して評価実験を行う。まず、被験者に固定の歌詞を与える。ここでの歌詞は実験の時間の都合上、大体 60 モーラ前後とする。次に、その歌詞から自分のイメージしたモチーフや調・音域等を考えてもらい、それをシステムに入力する。ただし、被験者に作曲経験がない場合、モチーフや調・音域等が思い浮かばないことが多々ある。あらかじめ新しく考案したり、他の曲から借用して、モ

表 3. 実験結果 (有意水準=5%)

問	1	2	3	4	5	6	7
平均	3.44	3.11	2.89	3.78	2.11	2.56	3.44
分散	0.78	0.86	1.36	0.44	1.11	1.53	1.03
P 値	4.83E-2	0.62	0.69	1.45E-4	2.51E-3	0.15	0.08
有意差	あり	なし	なし	あり	あり	なし	なし

モチーフの候補・調・音域の候補を複数用意しておくことで、作曲経験のない被験者でも実験ができる状態にする。その後、システムで生成された曲を楽譜化し、聴いたり歌ったりしてもらい、5段階評価のアンケートに回答してもらう。

モデルに用いる音高曲線は、既存の合唱曲、唱歌を 20 曲程度用いて求めている。実際に実験で使われた、60 モーラのための音高曲線を図 6 に示す。コード進行は、教則本等にある常套句を用いている。例えば、曲が 8 小節となった場合には、T S D T をセット用いる。C-Dur では、T が C, Em, Am, D が G, Bdim, S が Dm, F となる。なので常套句の 1 パターンとして、C F G C Am Dm G C が挙げられる。例のように、コード進行の一番最後は調と同等のものである必要があることに注意しておく。

アンケートで用いられる評価項目は、

1. 覚えやすい曲となったか
2. 歌いやすい曲となったか
3. 歌詞内容を理解できる曲となったか
4. 面白い曲となったか
5. 単調か
6. イメージ通りの曲となったか
7. 歌曲として成立しているか

の 7 つである。ここでの「イメージ」は、歌詞をみてどのような曲になるか予想したものである。被験者は 9 人、有意差があるかを確かめるために t 検定を用いる。なお、有意差を求めるために、各評価項目の対となる評価項目を用意する。たとえば、1 つ目の評価項目「覚えやすい」を 5 とした場合、「覚えにくい」を 1 とする。その後、「覚えやすさ」・「覚えにくさ」で 2 群の t 検定を行っている。以上の実験は西川らの構造を意識した作曲システムの評価実験 [6] を参考にしている。アンケートの結果を表 3 に示す。なお表 3 中の各問の番号は、前述の箇条書きの番号と対応している。

覚えやすさ・曲の面白さ・単調さに有意水準 5% で有意差が見られた。覚えやすさの平均が  $3.44 > 3.00$  であることから、このモデルで作られた曲は覚えやすいと言える。覚えやすさは、主にモチーフに関係するので、アラインメント全般・[モチーフ形状保持] が有効であると言える。モチーフリズムを基本リズムとしたアラインメントでは、元のリズムの形状がなるべく失われないように分割や統合を行った。4 分音符  $\times$  4、全音符  $\times$  1 がモチーフである場合に 6 モーラの歌詞を当てはめた結果、8 分音符  $\times$  2、4 分音符  $\times$  3、全音符  $\times$  1 となった等、覚えるのに最適なアラインメントができた。[モチーフ形状保持] では、モチーフメロディの各音高どうしの関係をなるべく崩さないように全体のメロディを決定できた。よって、モチーフを使ったアラインメントや音高決定が、作曲モデルへの導入が有効であることが分かる。また、単調さの平均が  $2.11 < 3.00$  であることから、モデルで作られた曲が単調でないことを意味している。それに加えて、面白さの平均が  $3.78 > 3.00$  であることから、モデルで作られた曲が面白いと言える。面白さや単調さは、主に音高決定が関係する。その中でも特に、[既存曲の音高曲線]・[連音防止] の各ルールが単調さを無くし、曲を面白くしていると考えられる。図 6 のような [既存曲の音高曲線] にメロディを沿わせ、特定の音域中でも音高をメロディらしく上下移動させることで、モチーフの繰り返しによる単調さを無くせた。また [連音防止] を行うことで、同じ音が続かないようにし、単調さを無くせた。よって、音高曲線や連音防止を含む音高決定の作曲モデルへの導入が有効であることが分かる。

実験中作られた曲の中には 16 分音符が多く出現し、歌い辛いものが出力されたこともあった。また、2 つ前からの音程の関係上歌いづらい箇所もみられた。例えば、2 つ前の音高が上の D、1 つ前の音高が G、現在の音高が Es という状態が挙げ

られる。実験結果でも、歌いやすさでは有意差が見られない。音価の種類ルールの決め方や、小節数の決め方、歌いづらいつ音程等の仕様を変更する必要があると考えられる。

## 5 結論

本研究では、作曲を支援するために、歌詞とモチーフからその先の旋律を作るモデルを作った。歌詞情報とモチーフから旋律のリズムを作り出し、それを歌詞に当てはめ、そこに和声進行を与えることで音高を決定し作曲を行った。

実験の結果、覚えやすさの主観評価で P 値が  $4.83E-2$  となり、5% 水準で有意差が見られた。覚えやすさに主に影響を与えているモチーフが、本モデルに有効であることが分かった。また、面白さ・単調さの主観評価で P 値がそれぞれ  $1.45E-4$ 、 $2.51E-3$  となり、有意差が見られた。面白く単調でない曲が本システムで作られたといえるので、音高決定も本モデルに有効であることが分かった。

結果から有意差が出なかった項目については、音楽的なルールが正確に導入できていないことが原因と考えられる。今後、歌いやすさ・歌詞内容理解に関わる、アラインメント各ルール、音高決定の音程ルールの見直しが必要である。

本モデルの問題点として、コード進行をユーザに入力させていることが挙げられる。コード進行の知識を持たない人では作曲が出来なくなってしまう。よって、小節数等を入力としたコード進行自動生成システムを作成する必要がある。また、本モデルでは拍子を 4 分の 4 に固定している。4 分の 3 拍子、8 分の 6 拍子など、ユーザが拍子を選択できるようにするべきである。それに加え、強拍と弱拍を固定しない、変拍子を導入する必要もある。詞先曲に限らずあらゆる曲で変拍子など拍子が固定されていない事は多々ある。これは、拍子を固定しなければ、音符を分割せずに歌詞アラインメントできるからである。様々な種類の曲の生成を可能にするため、拍子をコストとした変拍子モデルを構成する必要があると考えられる。

また、強弱記号などの音楽記号が旋律に影響を与えていることがある。例えば、旋律の音程が上向きに変化する時に crescendo、下向きに変化する時に decrescendo することが多くある。これは歌いやすさに関する事項で、人間は自然と音高が高くなるにつれて crescendo する。そのため、音高決定に音楽記号を取り入れれば、歌いやすさの評価がより良くなる可能性が高い。よって、音楽記号を取り入れる手法を検討するべきである。

入力するモチーフを増やす必要がある。音楽は基本的には繰り返し構成であるが、大きなグループで見た時、それぞれのグループで違うモチーフが使われていることがある。また、1 グループ中でも違うモチーフが使われることがある。構成を考えた時にモチーフは複数種必要である。よって、入力モチーフを 1 種から複数種に対応させる必要がある。

## 参考文献

- [1] 深山 他, "Orpheus 歌詞の韻律に基づいた自動作曲システム", 情処研報, 2008-MUS-76, pp.179-184, 2008 ]
- [2] 早川 他, "歌詞からラララ-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
- [3] 松尾 他, "旋律予測のコンピュータシヨナルモデルに関する一検討", 情処学論, Vol.41, No.2, pp.498-508, 2000
- [4] M. Tomari, M. Sato and Y. Osana, "Automatic Composition System based on Genetic Algorithm and N-gram Model," Proceedings of IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics(2008)
- [5] 住田 浩之, 林 朗, "マルコフ確率場を用いた自動作曲", 情処研報, Vol.2008, No.12, pp.151-156, 2008
- [6] 西川 他, "楽曲の部分構造と全体構造を考慮した自動作曲システム", 人工知能学会全国大会論文集, Vol.23, on CD-ROM, 2009