Vol.2016-MUS-110 No.14
2016/3/1

コード進行に基づくメロディ生成法の開発および心地よさと多様性に関する主観評価

松崎裕佑† 梅村祥之†

概要：人間が作曲する場合，最初にコード進行を想定し，そのコード進行に基づいてメロディを生成するコード作曲法が用いられる．これをコンピュータアルゴリズムに置き換え，あらかじめコード進行を与え，その根音となる音高を骨格となる音符とし，骨格と骨格の間に非和声音などを用いて肉付けとなる音符を数個補い曲を生成するシステムを開発した．この手法で生成した曲を，心地よさとバラエティの豊富さの 2 つの面で楽曲コーパス中の実存曲と比較する主観評価実験を行った．その結果，バラエティについては，実存曲の方が富んでいるものの，心地よさについては，生成曲の方が心地よい曲が多いという結果を得た．

Development of melody generation method and subjective evaluation about comfort and variety

YUSUKE MATSUZAKI† YOSHIYUKI UMEMURA†

Abstract：Some composers firstly get ideas of chord progressions and create melodies according to the chord progressions. We developed a computer algorithm to generate melodies based on the above method. We assign a pitch determined by a root of the given chord to a "skeletal note" at the beginning of each measure and interpolate some notes between skeletal notes mainly using nonharmonic tones. We experimented on 2 subjective evaluations about comparisons of comfort and variety between the generated pieces and existing pieces in a music corpus. As the result, although variety of existing pieces exceeded that of generated pieces, comfort of generated pieces exceeded that of existing pieces.

1.はじめに

人間が作曲する場合，先にコード進行が想起され，コード進行に基づいて，骨格となる音符の音高を設定し，骨格と骨格の間の肉付けの音符をつないでゆくコード作曲法が使われることがある．さて，本報では，以下，各小節の第 1 音符を「骨格音符」と称し，骨格音符間に肉付けとして補う音符を「肉付け音符」と称する．作曲法に関する数々の一般書籍で,コード作曲法が取り上げられているものの,肉付けを行う方法については，コンピュータアルゴリズムに置き換え可能な理論は掲載されておらず，自然に想起されるといった記述が大半である．

そこで，肉付けのアルゴリズムを検討すべく，実験を行ってきた．先に報告したコード進行に基づく楽曲生成の実験[5]において，2 通りの実験を行った．一つは，肉付け音符の様々なパターンを大まかに俯瞰して調べるための実験である．網羅的に生成するという趣旨で，主に，隣接音符間の音程を 5 種類変化させることによって肉付け音符を生成した．もう一つは，刺繍音，逸音等の非コード構成音の規則を用いて肉付け音符を生成した．後者の方が心地よい曲が多数生成されることが分かった．

この結果を踏まえ，本報では，音楽理論に基づく肉付けの手法による生成曲の感性品質を詳細に評価するための実験を行う．まず，図 1 のように，与えられたコード進行に基づいて，各小節の第 1 音を伴奏の最低音と同じ音階となる音高に設定したとき,骨格音符間の肉付けとなる音符を,非コード構成音などを含めて生成する処理を行う.そして,実存曲を用いて，心地よさ，およびバラエティ（曲の雰囲気の散らばり具合）に富んでいるか否かを主観評価にて比較する．

大まかな検討の流れとしては，与えられた骨格音符に対し，様々な肉付け音符を生成し，実験参加者に心地よさおよびバラエティを主観評価してもらい，評価値に対する有意差検定を行う．

処理の流れを，図 1 に示す．

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

Vol.2016-MUS-110 No.14
2016/3/1

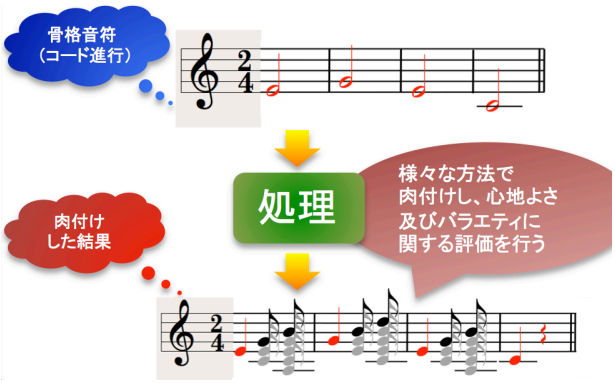

図 1　処理の流れ
Fig.1 Process of our study.

2. 楽曲生成法

当実験で生成する曲のパラメータの設定について述べる．音符系列を生成する際に用いるパターンを，図 2〜図 4 に示す．

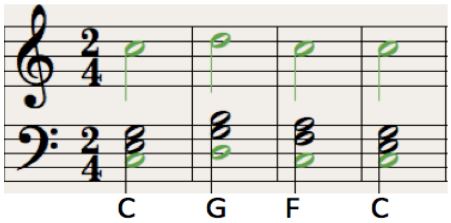

図 2　コード進行（下の五線）および
伴奏の最低音に基づいた骨格音符（上の五線）
Fig.2 Chord progression(bottom);skeletal notes based on the lowest notes of chords(top).

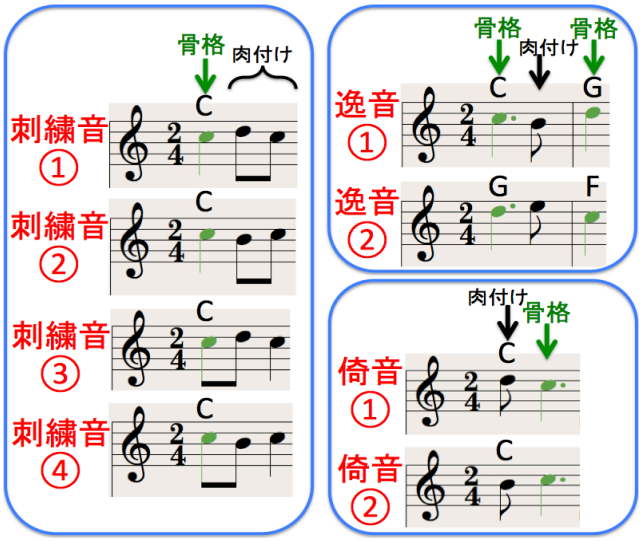

図 3　非和声音に基づく音高及びリズム制御パターン
（C コードの場合）
Fig.3 Control patterns of pitches and rhythms based on nonharmonic tones(C chord).

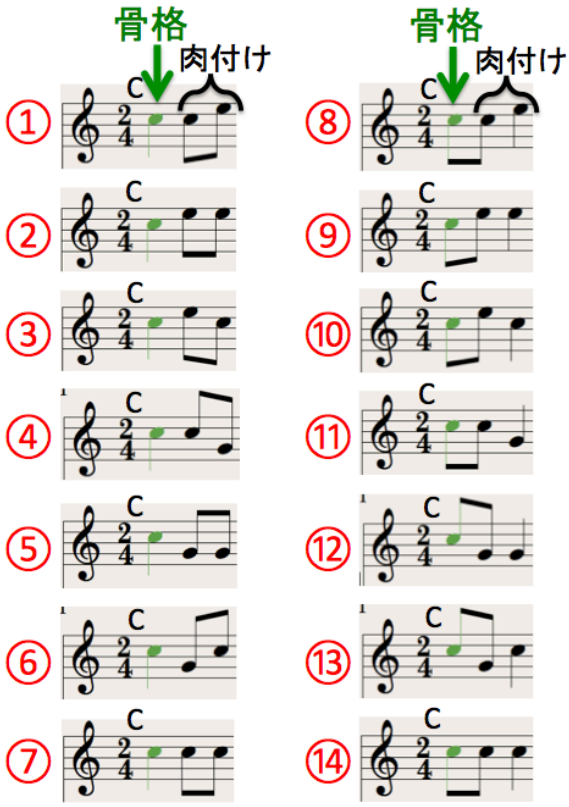

図 4　肉付け音符をコード構成音とした場合の
音高及びリズム制御パターン（C コードの場合）
Fig.4 Control patterns of pitches and rhythms based on harmonic tones(C chord).

まず，図 2 のように，実際にコード進行が与えられたとする．本実験におけるコード進行は C→G→F→C とする．そして，伴奏の最低音と同じ音階となる音高を，各小節の骨格音符とする．なお，伴奏は，C コードは第 1 音を最低音においた基本形，F，G コードは第 5 音を最低音においた第二展開形となっている．

次に，図 3〜図 4 の音高及びリズムの制御方法について述べる．第 1 小節〜第 3 小節内に，各小節に以下のような制御方法を適用する．

図 3 の非和声音の制御は，刺繍音，逸音，倚音を用いる．刺繍音とは，音を揺らす効果を作るもので，例えば，一つ目の音符(コード構成音に含まれる音)があり，次の音を 2 度上昇または下降させ，再びその音高に戻すものである．逸音とは，着地(解決)しないという動きのことであり，小節内の骨格音符の後に，一瞬，コード構成音に含まれない音(不協和音)が現れるものである．なお，逸音は，続きの骨格が与えられることによって決まるものである．倚音とは，「寄り添う形」で現れる音符のことで，小節内の骨格音符の前に一瞬コード構成音に含まれない音が現れるものである[3]

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

図 3 の左の 4 通りは刺繍音であり，
① 音高は，骨格音符→2 度上昇→2 度下降，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
② 音高は，骨格音符→2 度下降→2 度上昇，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
③ 音高は，骨格音符→2 度上昇→2 度下降，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
④ 音高は，骨格音符→2 度下降→2 度上昇，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
とする．
右上の 2 通りは逸音であり，
① 音高は，骨格音符から次の音が上がる，リズムは，符点 4 分音符→8 分音符
② 音高は，骨格音符から次の音が下がる，リズムは，符点 4 分音符→8 分音符
とする．
右下の 2 通りは倚音であり，
① 音高は，骨格音符の前の音が上がる，リズムは，8 分音符→符点 4 分音符
② 音高は，骨格音符の前の音が下がる，リズムは，8 分音符→符点 4 分音符
とする．
全て合わせると，8 通りの制御となる．
一方，図 4 はコード構成音に含まれる音を用いた音高制御であり，
① 音高は，骨格音符→同音→上昇，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
② 音高は，骨格音符→上昇→同音，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
③ 音高は，骨格音符→上昇→下降，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
④ 音高は，骨格音符→同音→下降，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
⑤ 音高は，骨格音符→下降→同音，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
⑥ 音高は，骨格音符→下降→上昇，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
⑦ 音高は，骨格音符→同音→同音，リズムは，4 分音符→8 分音符→8 分音符
⑧ 音高は，骨格音符→同音→上昇，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑨ 音高は，骨格音符→上昇→同音，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑩ 音高は，骨格音符→上昇→下降，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑪ 音高は，骨格音符→同音→下降，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑫ 音高は，骨格音符→下降→同音，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑬ 音高は，骨格音符→下降→上昇，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
⑭ 音高は，骨格音符→同音→同音，リズムは，8 分音符→8 分音符→4 分音符
とする．

図 3～図 4 を合わせると，14＋8＝22 通りの制御となり，各制御方法を第 1 小節～第 3 小節に適用するため，22^3 で約 10,000 曲の組み合わせとなる．

生成した曲を，予備検討で大まかに聴いた結果，違和感のある特異な曲は含まれておらず，心地よい曲が多かったと感じられた．

3.実存曲の加工

本研究では，生成曲と実存曲を対比させた主観評価実験を行うため，楽曲コーパス The Essen Folksong Collection[4]（以下，Essen と略する）を利用する．その利用方法を図 5～図 8 に示す．

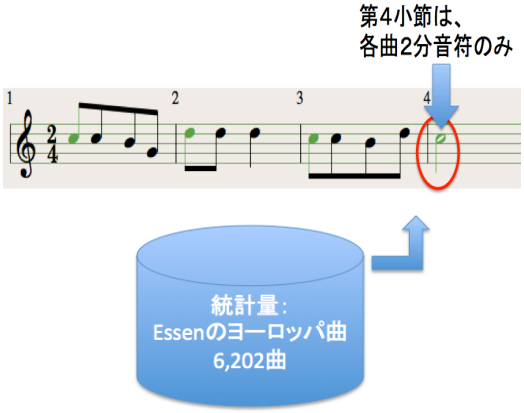

図 5　Essen の中から生成曲と同じ音高の骨格音符の楽曲を抽出
Fig.5 in Essen Extracting scores including skeletal notes of same pitches as generated ones.
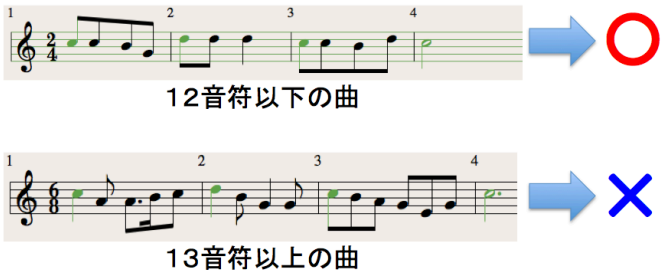
図 6　4 小節内に 13 音符以上含む曲を不採用
Fig.6 We don’t use pieces that include 13 notes in 4 measures.

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan
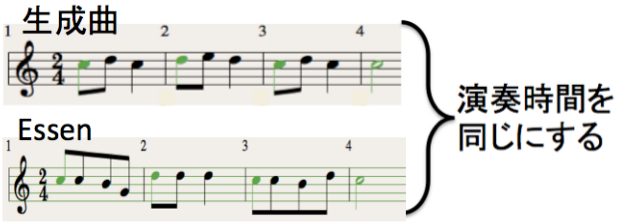
図 7　演奏時間の統一
Fig.7 Standardizing performance times.

まず，図 5 のように，Essen のヨーロッパ曲（6,202 曲，全曲ハ長調に移調済み）の中から，生成曲と同じ音高となっている骨格音符の楽曲を抽出する．各抽出曲の第 4 小節は，第 2 音符以降を全て排除し，音符を 1 つ（2 分音符）のみとする．

次に，図 6 のように，生成曲とほぼ同じ音符数とするため（生成曲は各曲 8～10 音符），抽出曲の中から，13 音符以上の曲をすべて排除すると，17 曲が残った．

次に，図 7 のように，これら 17 曲に音の長さを全体的に伸縮させ，生成曲と演奏時間を統一させる処理を施す．

最後に，生成曲と同じコード進行（図 1 の下部）を付与し，予備検討として各抽出曲を聴いた結果，違和感はないと感じられた．

実験での比較対象のため，生成曲約 10,000 通りの中から，抽出曲と同数の曲をランダムに抜き出す．その曲の中（17 曲×3 小節=51 ヶ所中）に，それぞれの制御法がどの程度含まれているかを，図 8～図 10 の円グラフにて表す．

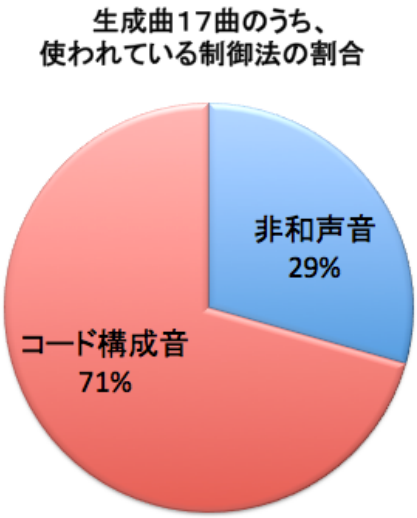

図 8　生成曲 17 曲のうち使われている制御法の割合
Fig.8 Proportion of control methods included in the generated 17 pieces.

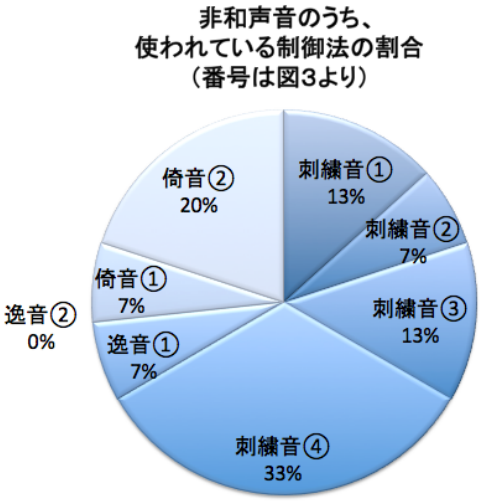

図 9　非和声音のうち使われている制御法の割合
Fig.9 Proportion of control methods of nonharmonic tones.

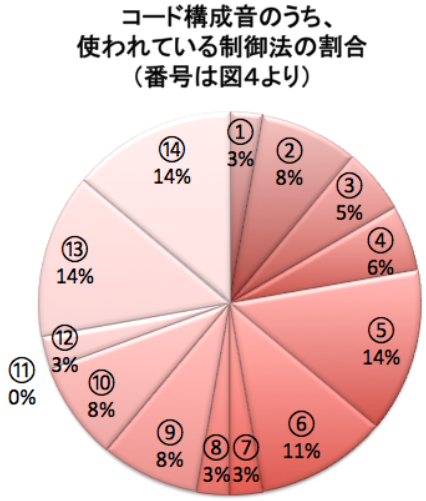

図 10　コード構成音のうち使われている制御法の割合
Fig.10 Proportion of control methods of harmonic tones.

4. 実験方法と結果

4.1 心地よさに関する主観評価実験

本実験，「4.2 バラエティに関する主観評価実験」ともに，「3　実存曲（一部加工）の利用」にて Essen の中から抽出された 17 曲と，生成曲約 10,000 通りの中からランダムに抜き出した同数の曲を比較する．

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

実験方法を，図 11 に示す．

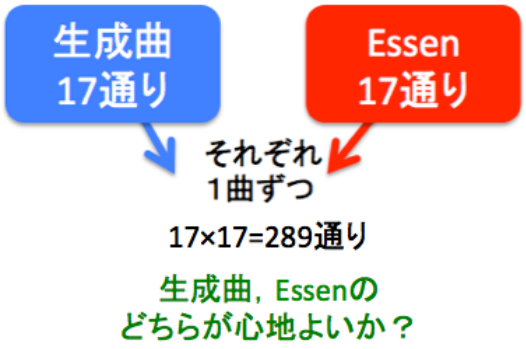

図 11　心地よさに関する実験方法
Fig.11 Experimental method about comfort.

本実験は，大学生 5 名で行う．うち 1 人が作曲経験者，4 人が作曲非経験者である．生成曲と Essen が，一曲ずつ流れる曲セットを作る．なお，生成曲，Essen のどちらが先に流れるかをランダマイズする．生成曲 17 曲×Essen17 曲で 289 通りの組み合わせとなる．各曲セットの前半と後半の曲はどちらが心地よいかを，前「前半の方が心地よい」，同「どちらとも言えない」，後「後半の方が心地よい」の 3 段階で評価する．

イヤホンで聴いてもらい，同じ曲を繰り返し聴いても良いとする．各自のペースで主観評価を進めることができ，長時間連続で聴いていると疲労の原因になることから，時々休憩をとっても良いと指示する．

主観評価実験の結果，生成曲の方が心地よいと選択された総数は 569 で，Essen の方が心地よいと選択された総数は 495 であった．この結果を基に，比率に対する有意差検定を行う．R 言語に標準装備された関数 binom.test を用いて，有意水準 95%の両側検定を行う．その結果を図 12 に示す．

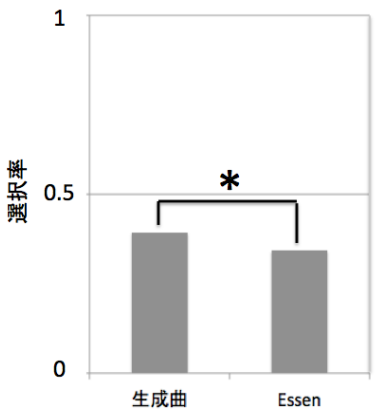

図 12　心地よいと選択された比率
Fig.12 Proportion of pieces chosen as comfortable pieces.

生成曲と Essen の比率に有意差が見られ，生成曲の方が心地よいことが確かめられた．（p=0.03<0.05）

4.2　バラエティに関する主観評価実験

実験方法を，図 13 に示す．

図 13　バラエティに関する実験方法
Fig.13 Experimental method about variety.

本実験は，大学生 6 名で行う．うち 1 人が作曲経験者，5 人が作曲非経験者である．自動作曲および実存曲について，バラエティ（曲の雰囲気の散らばり具合）に富んでいるか否かを主観評価してもらう．生成曲 17 曲のうち 2 曲が流れる曲セットの全ての組み合わせは，${}_{17}C_2$=136 通りである．Essen についても，同様の組み合わせの曲セットを作る．生成曲，Essen それぞれ，各曲セットの前半と後半の曲の雰囲気が似ているか否かを，1「あまり似ていない（バラエティに富んでいる）」，2「どちらとも言えない」，3「よく似ている（バラエティに富んでいない）」の 3 段階で評価する．

イヤホンで聴いてもらい，同じ曲を繰り返し聴いても良いとする．各自のペースで主観評価を進めることができ，長時間連続で聴いていると疲労の原因になることから，時々休憩をとっても良いと指示する．

主観評価実験の結果，生成曲でよく似ていると選択された総数は 304 で，Essen でよく似ていると選択された総数は 209 であった．この結果を基に，比率に対する有意差検定を行う．用いたソフトと条件は，先と同様である．その結果を図 14 に示す．

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan

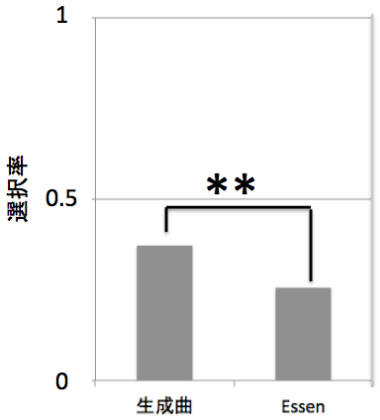

図 14　似ていると選択された比率
Fig.14 Proportion of pieces chosen as resemble pieces.

生成曲と Essen の比率に有意差が見られ，Essen の方がバラエティに富んでいることが確かめられた．
（p=3.2×10^{-5}<0.05）

5. 考察

今回用いた生成曲は，17 曲と少数であったが，事前の予備検討で大まかに視聴した結果，音楽理論に基づいて曲を生成したため，違和感のある特異な曲が含まれておらず，心地よい曲が多かったと感じられた．

生成曲は，刺繍音，逸音，倚音，コード構成音のように，4 つの制御パラメータを持ち，各々2 水準から 14 水準までの設定がある．主観評価実験で用いた生成曲 17 曲について制御の設定の内訳を調べたところ，広く分布していたが，非和声音に基づく音高及びリズム制御パターンでは，逸音の第 2 パターンが使われていなかった．また，肉付け音符をコード構成音とした場合の音高及びリズム制御パターンでは，第 11 パターンが使われていなかった．しかし，逸音の制御法が，骨格から次の音が上昇，下降の 2 通りあり，各々を聴き比べると，雰囲気がよく似ていると感じられた．また，コード構成音の制御の第 4 音が第 11 音と音高が同じ制御であり，これもまた，各々の雰囲気がよく似ていると感じられた．よって，心地よさおよびバラエティの優劣比較に影響を及ぼすほどではないと考える．

使われている非和声音の制御パターンは，刺繍音が $^{3}/_{2}$ と多くを占めている．しかしながら，前述のように生成曲に特異な曲が含まれていなかったことから，評価結果に影響を及ぼすほどではないと考える．

Essen からランダムに選定した 17 曲について，予備検討として視聴した結果，全体的な曲の印象を代表する曲が多いと感じられた．よって，17 曲でも優劣比較に影響を及ぼすほどではないと考える．また，17 曲抽出する前に Essen の曲全体を視聴したところ，生成曲に比べて様々な雰囲気の曲が存在したと感じられた．

6. まとめ

人間向けの作曲法として，最初にコード進行を想定し，それに基づいてメロディを生成するコード作曲法がある．

その考え方をベースに，あらかじめコード進行を与え，その根音となる音高を骨格音符とし，そのコードにマッチする曲を生成できるような生成法を開発した．

実存曲のコーパス（The Essen folksong collection）を利用し，バラエティに富んでいるか否か，および心地よさを比較する対象とした．評価については，バラエティの豊富さは Essen の方が勝り，心地よさは生成曲の方が勝っているという結果となった．

以上の結果から，コード進行が与えられれば，本報のアルゴリズムによって，心地よさではフォークソングを上回る曲を生成できると言える．しかし，曲のバリエーションに乏しいため，制御方法の更なる改良が望まれる．

謝辞

本研究は，主観評価実験等，広島工業大学の多くの方々にご協力頂いた．関係各位に深く感謝する．

参考文献

[1]高山博：第二章 音高と音程～音の高さとその変化による作用～ In ポピュラー音楽のための旋律法，リットーミュージック，pp.34-35(2012).
[2]藤巻浩：chapter3 旋律を生み出す方法 In 聴くだけ作曲入門，ヤマハミュージックメディア，pp.69-73(2015).
[3]村井俊夫：第 1 章 メロディーが動くしくみ In 作曲非常口，中央アート出版社，pp.14-18 (2010).
[4]Essen Associative Code and Folksong Database, http://www.esac-data.org
[5]松崎裕佑，梅村祥之：コード進行に基づくメロディ生成における生成規則と心地よさの関係，情報処理学会音楽情報科学研究会，Vol.2015-MUS-107 No.15(2015).

ⓒ 2016 Information Processing Society of Japan