

音楽理論と経験的知識を整合活用した作曲支援システム

梅本あずさ 内山幹乃扶 河合敦夫 椎野努

三重大学大学院工学研究科情報工学専攻

{umemoto,uchiyama,kawai,shiino}@shiino.info.mie-u.ac.jp

計算機による自動作曲を行う際、音楽理論のみを用いると、音楽として人間が認めにくい、不自然な曲が生成されることが多い。実際の楽曲には、作曲家の経験的知識が活用されているからである。そこで、音楽理論と経験的知識の両方を整合した知識を持つ、自動作曲支援システムCAMUS (Computer Aided MUSIC Synthesis)を構築した。CAMUSは、音長パターン生成、コード進行生成、音高決定の3つのサブシステムから構成され、それぞれのサブシステムで、各々の知識ベースを参照しながら作曲を進める。使用者は、自分の音楽的知識に応じて種々の制約条件を入力することにより、希望する条件を満たした楽曲を得ることができる。また使用者の発想した短い旋律片を楽曲に自動展開する機能も持つ。

A composition-supporting system using music theory and heuristic knowledge

Mikinobu UCHIYAMA Azusa UMEMOTO Atsuo KAWAI Tsutomu SHIINO
Graduate School of Information Engineering, Mie University
Tsu, Mie 514, Japan

When we compose on computer using only music theory, unnatural music piece will be made. Because existing musical piece includes composer's heuristic knowledge. Then, we made composition-supporting system CAMUS(Computer Aided MUSIC Synthesis) ,which has knowledge bases made from music theory and heuristic knowledge. CAMUS consists of three subsystems : making note-length-pattern, making chord-progress and deciding note-height. Each subsystem uses it's knowledge base in composing. According to user's knowledge of music, CAMUS with imputed some condition can compose a musical piece which satisfies user's demand. Moreover it can evolve short motif into musical piece

1. はじめに

近年のめざましいコンピュータの普及と、DTM (Desk Top Music)人口の増加により、コンピュータ上で音楽を楽しむためのソフトウェアの開発が盛んになっている。作曲を支援するソフトウェアもその一つである。

作曲法を学ぶ教育機関では、必ず、楽典、和声学などの音楽理論を学習する。しかし、音楽理論のみを用いてコンピュータで作曲を行うと、不自然であるか、味気のない曲が生成されることが多い。人間は作曲過程において、その人の音楽性や、経験的知識を用いていると考えられ

るからである。

そこで、我々は、作曲家の経験的知識を、音楽の3要素であるリズム(音長パターン)、コード(和声)、メロディ(音高)に分けて抽出し、それぞれに専用の知識ベースを作成した。この知識ベースを作曲家別、ジャンル別に作成することにより、その特性が生かされた曲を作曲することができる。

「作曲を支援する」という立場から、使用者の持つ音楽的知識に応じて、楽式、小節数、調などを指定する事ができるようなインタフェースを考案し、本システムに搭載した。

また、作曲という作業に慣れていない人にと

っては、短い旋律は思いつくことができても、楽曲に展開することができない場合が多い。そこで、鼻歌程度の短い旋律片を楽曲に展開する方式を考案し、付加した。

2. システム構成

音楽の3要素と楽曲との関係を調べると、音長パターンが曲の性格を、コード（進行）が曲の雰囲気、音長パターンとコードにより音高を決定づけることが分かる。⁽¹⁾そこで、作曲段階を、音長パターン生成、コード進行生成、音高決定の3段階に分離し、それぞれをサブシステムとして独立させて、本システムCAMUSを構成した。(図1)

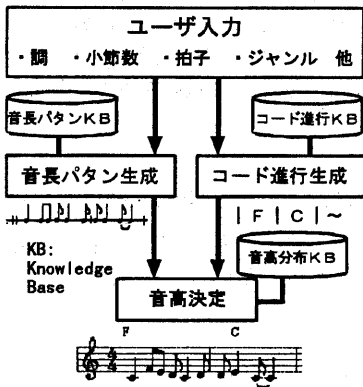


図1 : システム構成

各々のサブシステムにおいては、日本の作曲家による90年代歌謡曲4分の4拍子約120曲より、作曲家別、ジャンル別に抽出した音長パターン知識ベース、コード進行知識ベース、音高分布知識ベースを、参照している。

3. 音長パターン生成

旋律における音長パターンの生成は、曲の性格を決める重要な問題である。これまでは多くの場合、あらかじめ1~2小節の有限個の音長パターンテンプレートを用意し、その中からランダムに選択する手法や、実際の楽曲の分析をもとにした単音同士の遷移確率フィルタを通してパターンを生成する手法が行われていた。本システムでは、既存の楽曲よりパターンを抽出する際に、音長と拍情報とを結びつけた、拍音長パターン⁽²⁾を用いている。

3. 1. 拍音長パターン

人間が音楽として認識する音長パターンには、拍子情報が背景として認識されている。例えば、図2に示すとおり、4分音符→8分音符:2個、4分音符→4分音符:1個、8分音符→4分音符:1個、以上3種類の単音同士の音長パターンを用いて、(a)と(b)の2種類の4拍リズムパターンを作ることができる。

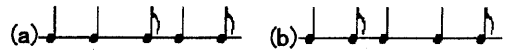


図2 2種類のリズムパターン

(a)、(b)両者とも、同じ音長パターンを用いているが、強拍移動の起こる位置が異なることによって、聞き手の受ける印象は異なる。つまり、単音同士の推移だけを用いるだけでは不十分なことがわかる。

そこで、一般に4分の4拍子の曲は2拍単位でまとめられることが多いので、タイを利用し、2拍単位の音長進行に置き換え、2拍毎に切り出す。また、連鎖の起こった位置も記憶する。

(a): 4+4 → 8+4+8

(b): 4+8+8+0 → 8+4+8

(0は、次のパターンへのタイを示す)

上記のように、拍音長を用いれば、音楽的性格を失うことなく、パターンを切り出すことができる。

3. 2. 音長パターン知識ベース

音長パターン知識ベースには、楽曲より切り出したパターンと、そのパターン同士の遷移確率が記述されている。(図3)

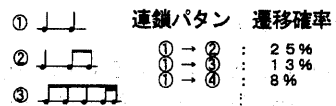


図3 音長パターン知識ベース

3. 3. 音長パターン生成過程

使用者により選択された音長パターン知識ベースにおいて、記述されているパターン間遷移確率をもとに、次のパターンを乱数により選択し、決定する(図4)。曲の最初のパターンは、1拍

目に出現したパタン全ての中から、ランダムに選択する。指定された小節数を満たすまで決定を繰り返す。

*前にパタン番号2番のパタンがあるとき、

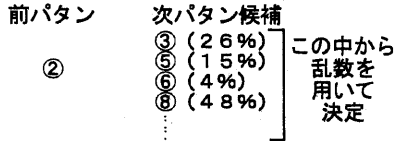


図4 音長パタン生成過程

また、歌謡曲の場合、フレーズの切れ目は2分音符以下の長さの音符から2分音符以上の長さの音符に移った後に感じられることが多い。そこで、フレーズの切れ目にあたる場所では、短い音符を結合し、2分音符以上になるように補正している。(図5)



図5・音符の補正

4・コード進行生成

先に述べたように、音長パタンからはフレーズを感じ取ることができた。コード進行に対してはどうであるかを確かめるために試聴実験を行った。

4. 1・試聴実験

3名の作曲家の曲を長調、短調共に1曲づつ、ワンコーラスづつ用意し、それぞれに対し、楽譜の進行通りコードが演奏されている音源と、楽譜上から拍情報を取り除くために、楽譜中でコードが変化した部分だけを抜き出し、一定時間間隔で演奏されている音源を作成した。この12(=6×2)種類の音源をランダムな順序で被験者に聞かせ、フレーズが切れたと感じたところを調査した。図6に結果の例を示す。

図6・試聴実験の譜例と結果

実験の結果、どんな音源のときでも、演奏される音源から自然と感じられる拍を、4拍感じる場所でフレーズが切れると感じた人が大半であった。このことから、コード進行の内容よりも、拍情報の方が、フレーズとの関わりが大きいことがわかった。

4. 2・コードの役割

コードには、和声学によると、主要3和音と呼ばれる Tonic (I:主和音、以下T)、SubDominant (IV:下屬和音、以下SD)、Dominant (V:属和音、以下D)の3種類のコードがある。他のコードの大半も性格上、この3種類に分類することができる。コード進行は、T、D、SD相互の移り変わりと捉えることができると考えられる。

4. 3・コード進行知識ベース

コード進行知識ベースは、楽曲より抽出した、T、D、SD相互の遷移確率知識、各役割中のコード出現確率知識、オプション(7、M7等)付加確率知識、また、楽式指定により前のパタンがコピーしなければならない場合に、矛盾を起こさないようにするための、逆遷移確率知識、以上4つの知識によって構成されている。(図7)

T・D・SD間の遷移確率	基本コード出現確率	オプション付加確率	逆遷移確率
T→T: 23%	<T> C: 69%	<C> C: 56%	<C> G: 48%
T→D: 34%	Am: 20%	C7: 37%	F: 38%
T→SD: 43%	Em: 10%	CM7: 5%	Am: 10%
⋮	⋮	⋮	⋮

図7 コード進行知識ベース

4. 4・コード進行生成過程

コード進行を生成する際には、前のコードがT、D、SDのいずれに属するかを判定し、次のコードの役割を、T、D、SD間遷移確率知識を用いて乱数により決定する。その後、コード、オプションの順に決定する。(図8)

作成途中に、次のコードが楽式指定によって指定されている場合、逆遷移確率知識を用いて、判定を行う。不可ならば、再度コードを選択し直す。

また、曲の最後は終止感を出すために、主和音で終わるようにする。

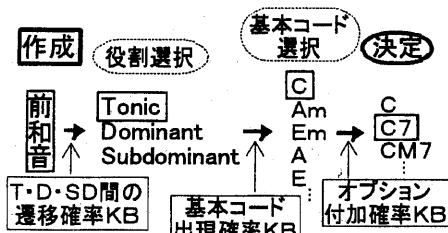


図8 コード進行生成過程

5・音高決定

メロディー付けする際、あまり作曲の経験のない人でも、「こんなメロディーラインで曲を作りたい」という要求があると考え、その要求の受付ダイアログと、実現方法を考案した。尚、特に使用者からの指定がないときは、楽式設定ファイルにあらかじめ記述してある進行方向に従う。(楽式設定ファイルについては、6で述べる)

5.1・メロディー進行方向指定方法

メロディーラインをおおまかに指定できるようにするため、4小節単位(第1階層)、2小節単位(第2階層)、1小節単位(第3階層)の3個にメロディーを階層化した。第3階層に対応するボタンでは、各小節におけるメロディーの進行方向を、第2階層では、前後2小節の音の高低関係を、第3階層では、前後4小節の、2小節毎の高低関係を受け付ける。

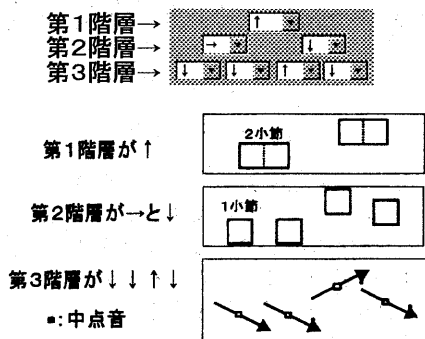


図9 音高方向指定ダイアログと実現イメージの例

図9の例では、第1階層の矢印が上を向いているので、対応する4小節の内、前半2小節を低く、後半2小節を高く設定する。第2階層も同様にそれぞれ対応する2小節内において、高

低の設定をする。これを中点音とし、この高さに従って、各小節とも、第3階層の矢印を見ながら、音高を決定する。ここでは、中点音は、各小節の最初の音と、最後の音の中間にあたる音高を指す。

5.2・音高分布知識ベース

音高を決定づける最大要素はコードである。よって、楽曲内に、あるコードが出現した時間に対して、ある音が出現する時間的割合を調べ、知識化した音高分布知識ベースを作成した。

コードの出現中に どの音がどれだけの間 出現していたかを記述	<table border="1"> <tr><td><C></td></tr> <tr><td>ド: 30%</td></tr> <tr><td>ミ: 26%</td></tr> <tr><td>ソ: 33%</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	<C>	ド: 30%	ミ: 26%	ソ: 33%	...
<C>						
ド: 30%						
ミ: 26%						
ソ: 33%						
...						

図10 音高分布知識ベース(コードCの場合)

5.3・音高決定過程

「音を下げたいときには、高めの音から始める」を原則として、図9のダイアログ入力によって決まった中点音に従って、音高を決定していく。音程差は、第3階層の指定から決定し、貼り付けられる音高の候補は音高分布知識ベースを通過したものを扱い、その中から乱数決定する。

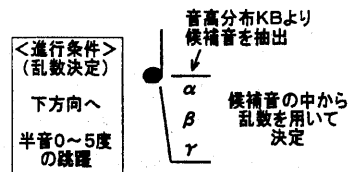


図11 音高決定過程

1音毎に、この操作を行い、1小節作り終わった時点で、第3階層の指定に合っているかどうかを判定し、合っていない場合は、小節の最初から再生成を行う。

6・楽曲への展開

3部形式⁽³⁾などの、曲の構造を記述した、楽式設定ファイルを用意した。本システムでは、1小節単位での音長や音高の再現、コードネームの設定、楽節単位の再現、展開などの指定、5で述べた音高進行方向指定がこのファイルによってなされている。このファイルは使用者がシステム上で編集することも可能である。

7・モチーフ展開

楽曲を作曲するとき、短い旋律片は思いつくが、楽曲にまで展開していくのは困難な作業である。

ここでは短いモチーフを基に知識ベースを用いて楽曲に展開していく手法について説明する。

7.1・音長パタンの同定・展開

楽曲は2小節単位で構成されているものとする、2小節以下で入力された旋律片は2小節に展開する必要がある。

ここでは、入力された旋律片を、音長パターン知識ベースを用いて2拍単位の音長パターンで同定する。(図12)

2拍分入力されていないパターンについては2拍パターン間の推移確率を用いて、入力されている音長を反映するように2拍音長パターンを選択する。(図13)

ここで2小節になっていなければ、音長知識ベースを用いて2小節にまで同様に展開する。(図14)

次に2小節から楽曲にまでの展開は、既定の楽式やユーザが指定した楽式に従ってCAMUSが展開していく。

音長パターンKB

2拍音長パターン	パターン推移	推移確率
1	1→1	15%
	1→2	22%
	1→3	30%
2	2→1	33%
	2→2	27%
	2→3	20%
3	3→1	22%
	3→2	10%
	3→3	20%



図12 音長パタンの同定

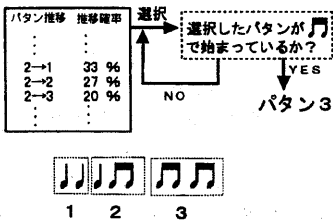


図13 音高分布KBを用いた音長パタンの選択

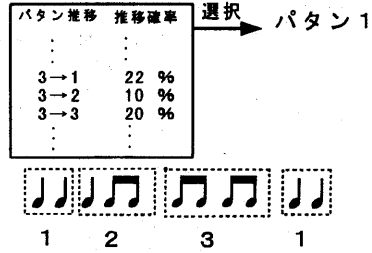


図14 2小節に展開完成

7.2・コード判定

音高分布知識ベースを用いて、入力した旋律片を1小節単位でコード判定を行う。ここでは音高分布知識ベースに存在するすべてのコードについて点数付けをし、最高得点のコードを選択する。

それぞれのコードについて、コード距離計算、拍情報による評価について点数付けをし、禁止コードフィルタ、禁止コード進行フィルタで音楽理論に反するコードは選択しないようにする。

以下で各ブロックごとに説明する。

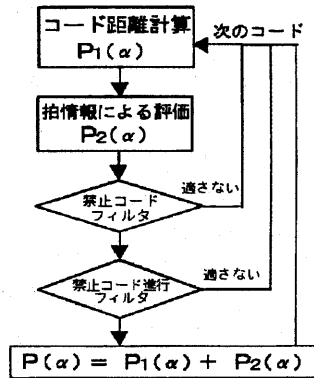


図15 コードαの点数付け

(ア)コード距離計算 $P_1(\alpha)$

音高分布知識ベースと入力旋律の1小節内の音高構成を比較し、コードαと入力旋律のコード距離 $P_1(\alpha)$ を算出する。Lは音高分布知識ベースのあるコードが1小節あったと仮定したとき、各音の構成であり、Kは入力旋律の各音の構成である。ここではxを入力旋律の音高名とする。すべてのxについて $K(x) \geq L(x)$ ならば、L(x)を $\varepsilon(x)$ に選択し、 $L(x) > K(x)$ ならば、K(x)を $\varepsilon(x)$ に選択する。すべてのxについて $\varepsilon(x)$ の合計が $P_1(\alpha)$ である。

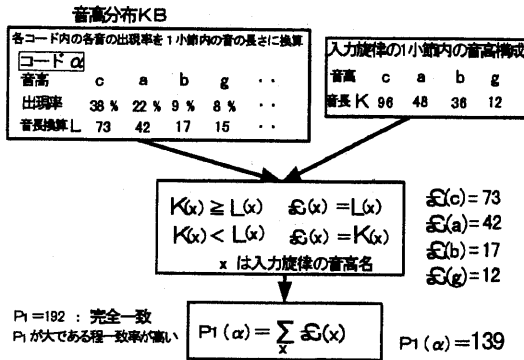


図 16 コード距離計算

(イ) 拍情報による評価 $P_2(\alpha)$

入力旋律の各正拍に、あるコード α に対して出現率の高い音があるかどうかの評価が $P_2(\alpha)$ である。

音高分布知識ベースの各音高に出現率の高い順に出現率順をつけ、各正拍の出現率順位に対する点数調整を下に示す。

表 拍情報による点数調整

出現率順位	1位	2位	3位	4位	5位	6位
点数調整 $h(\alpha)$	48	36	24	-24	-36	-48

ここで、4つの正拍に対する点数調整の合計は

$$P_2(\alpha) = \sum_{y=1}^4 hy(\alpha) \quad (y: \text{拍の番号})$$

となる。

(ウ) 禁止コードフィルタ

音高分布知識ベース中で、出現率の高い音でも、それは短い通過音がたくさん出現し、高い出現率を示していることもある。つまり、音高分布知識ベースだけでは通過音などの各音の役割を軽視した判定となってしまう。

禁止コードフィルタは、あるコードの1小節内で、ある音が許される最大音長を示すフィルタである。このフィルタで、最大音長を越える音があればそのコードは選択しないことで、各音の役割を重視したコード判定を実現している。

コード Am	c	c#	d	...	b
音高	c	c#	d	...	b
最大音長	192	12	24	...	48

図 17 Am の1小節内で許される各音の最大音長

(エ) 禁止コード進行フィルタ

図 18 C-Am は認めるが Am-C は認めない

	後	C	Am	
前	C	o k		
	Am	ダメ		

このフィルタを用いて、不自然なコード進行を避ける。

7. 3・音高貼り付け

展開された2小節の音長ボタン、判定されたコードを基に、5.3で説明した手法に従い、音高分布知識ベースを用いて音高を決定する。

8・おわりに

作曲段階を3段階に分けたことで、より曲らしい曲を生成することが可能となった。

音長ボタン作成部では、4/4拍子の曲について、2拍音長ボタンを用いたことで、かなり音楽的なパターンを生成することに成功したと考えられる。今後、それ以外の拍子についても拡張していく予定である。

コード進行進行作成部では、役割による連鎖を考えたことで、発散しにくく、幅のある進行を作成することができた。さらに、1小節内でのコード変化、転調、コードの拡張を現在検討中である。

音高決定部において、本システムの音高進行方向指定は、ユーザの作曲イメージの1実現方法に過ぎない。音高決定に関しては、特に課題が多く残されている。

モチーフ展開手法については、好きな長さのモチーフを、好きな数だけ、好きな場所に配置できるように改良していく予定である。

総じて述べると、本システムはまだ、完全に素人向けになっているとは言い切れない。また、今回は歌謡曲のみを扱っていたので、幅広いジャンルにも対応できる、誰にでも使い勝手のよいシステムに改良していく予定である。

参考文献

- 1) 内橋、平野、伊丹、伊藤：「コード進行をベースにして作曲を支援するシステム」情処学会音楽情報科学研究会報告 5-1 1994.2.4
- 2) 角田、梅本、河合、椎野：「音楽的な音長パターン進行を生成するための知識構成に関する検討」情処全大第53回講演論文集
- 3) 下総統一：「作曲法」音楽之友社