

ジャズの伴奏からの、調性を含めた感性情報抽出

平井重行 金森 務 平井 宏

京都工芸繊維大学 工学学部

演奏者の演奏中の感性が明確に現れるジャズの即興演奏において、その感性情報をリアルタイムに抽出し、映像等によって演奏者にコンピュータからのフィードバックをかけることによってインタラクティブな演奏や、新しいジャズの音楽性を目指すことが目的である。

我々のシステムは、複数の演奏者による演奏をコンピュータでリアルタイムに処理するマルチエージェント型のシステムで、演奏の入力装置としてMIDI楽器を用いている。本稿では、コードパートのバックキングの和声的な処理を行うエージェントについて述べる。具体的には、代理コードやテンションコードといったジャズ特有のコードの演奏法に対し、コードボイスイングからの和声的な緊張感、コードの調性からの逸脱感等の、演奏者が演奏時に考える内容で重要なものをパラメータとして定義して感性情報を抽出する。

この処理を市販の演奏データに対して行なった結果、エージェントは正常に動いており、コード毎の緊張度と調性からの逸脱度を表せることが確認できた。

Extraction of Sensuous-Information from Chordal Accompaniment of Jazz considering Tonality

Shigeyuki Hirai, Tsutomu Kanamori, Hiroshi Hirai

Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology

E-mail : hirai9s@dj.kit.ac.jp

We wish for yielding a new musical art of Jazz and a new interaction of players with computer. Accordingly, the Sensuous-Information from jazz improvisation that clearly shows player's sense is fed back to players through reflections. Our system, adopting a multi-agent model, receives MIDI signals and deals with performances of several players in real-time.

This paper mainly describes the harmonic operations for chordal accompaniment in these agents. Specifically, these parameters, harmonic tension from chord voicing and deviation rate from tonality, are important to improvise. Agents convert Sensuous-Information into these parameters from player's performance. As a result, with some commercial performance-data, we confirmed that these agents have worked well.

1 はじめに

最近、コンピュータと芸術のリアルタイム処理によるインタラクティブシステムが登場してきている。その中でも音楽を入力とし、音楽的な解釈をしよう

とするならば、演奏を解析する部分が必要である。

音楽の解釈を行なうインタラクティブシステムの研究例として代表的なものは、Robert Rowe の Cypher [1] が挙げられ、概念として Marvin Minsky の "The society of Mind" によるマルチエージェントモデル

を採用しており、演奏内容を解析するリスナー部と、出力としての演奏を生成するプレイヤー部に分かれている。

他のシステム例としては、12bar ブルースを対象とした和気らの JASPER [2] があり、ピアノの演奏によってベースとドラム (コンピュータが演奏) の演奏が変化するというセッションシステムであり、演奏者の感情を表すものとしてテンションパラメータを導入している。

ジャズを対象とするシステムとしては Bruce Pennycock らのシステム [3]、金森らのシステム [4] などが挙げられ、これらのシステムも入力した演奏をコンピュータが解析し、演奏を出力する、セッションシステムの形をとっている。これらもマルチエージェントモデルで構成され、Bruce Pennycock のシステムではリスナー部の中に Cypher のリスナー部を採用している。他に、金森らはジャズの演奏から曲調を抽出するという実験も行っている。[5]

我々の研究は上記のセッションシステムと同じ立場で、複数のプレイヤーの感性情報をリアルタイムで抽出して映像や演奏などの何らかの形で演奏者にフィードバックをかけることにより、既存のジャンルであるジャズの新しい形でのインタラクションを起こすセッションシステムの構築を目的としている。システムとしてはマルチエージェントモデルを採用している。本稿では、ジャズのコードパート (主にピアノからの演奏) に対して、演奏されるコードの解釈に加え、コード自体から抽出できる演奏者の感性情報を演奏時に考える内容から考察し、それらをパラメータとして定義して各々をエージェントとしてインプリメントした結果について考察する。

2 ジャズのコード演奏における感性情報

ジャズと言えども、時代によっていろいろなスタイルがあり、それにより理論も少しずつ変化してきている。我々のシステムにおいては、主にスタンダードの曲の演奏を対象にしており、コードの理論は現在一般的に使用されているものを採用している。[6][7][8]

ジャズのコード演奏においては、楽譜におけるコード表記が基本コードの名前であっても大抵の場合、テンションノートを加えたテンションコードか代理コードを演奏するものである。テンションの選び方、コードのボイスイングの方法などは演奏者の性格や好み、周りの状況、曲調等によって違い、演奏者の感性情報を表す要因といえる。考えなければならない主要素としては、

- ・和声的緊張感
- ・調性との関係
- ・リズム

が挙げられる。

和声的緊張感とは、そのコードの響き自体で、コードの前後関係が無くてもそのコード 1 つだけで感じられる緊張感である。

調性との関係を考えるのは、曲の途中で同じボイスイングのコードを演奏したとしても、その時点での調性に沿ったコードかどうかでかなり印象が変わるため、考慮に入れる必要がある。

リズムに関しては、時間的なイベントの密度やどのようなタイミングでバックキックをするか等の内容である。

実際の感性情報としてはこれらが複雑に絡み合っているが、マルチエージェントシステムで実現する事を考えて、各々をエージェントとして扱う。これらの要素の中で、和声的緊張感に関するエージェントと、調性に関するエージェントの処理について述べる。

3 コード認識エージェント

コードバックキックから感性情報を処理するにあたり、まずコードを認識するためのコード認識エージェントについて述べる。コードの演奏法としては、同時に複数の音を演奏する場合とアルペジオの様に分散和音として演奏する場合とがあるが、このエージェントでは同時に発音された音の塊をコードとして扱う。しかし、実際に入力されるデータは MIDI データ (シリアル信号) なので、同時に発音された音であってもデータの受け取りにはある程度の時間幅が出てくる。そこで、ある NoteOn イベントが起こってから 100ms 以内に起こった NoteOn イベントを 1 つの塊としてコードイベントと見なすことにする。100ms という値は経験的に設定した値で、Cypher 等でも同じ値を用いている。コード認識としては、コードの構成音が 12 音階のどの音を使っているか、というテンプレート形式のデータベースとのマッチングで行なっている。

認識するコードの種類は、ジャズのコードを処理対象としているので、基本コードに加え、代理コードやテンションコードも含まれている。また、ボイスイングの方法としてルート音や 5 度音を省略して演奏することも頻繁に起こるので、それらに対するテンプレートも用意している。これにより、同じボイ

シングであっても複数のコード名の候補が出てくる事になるが(図1), ボイシングの方法によっては1つに確定できる場合もあり, ベースパートの情報から確定することも可能である。

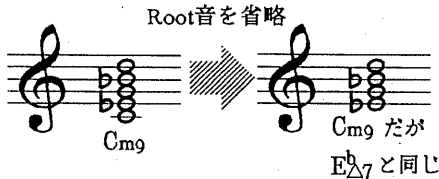


図1 異名同コード

以上の方法によって認識されたコードに対し, 以下に定義した処理を施して感性情報を抽出する。

4 コードボイシングからの和声的緊張感の定義

音程の認知構造的な考えでは,「音程は音色的高さ(1次元)だけでなく, 音楽的高さも組合わさって多次元的に認知している。」(Roger N.Shepard)とされている。^[10] また, 音程の中でも短2度と完全5度は特に重要とされており, それらはクロマの円, 5度の円として各々2次元として表せる。

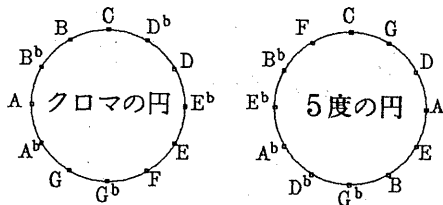


図2 クロマの円と5度の円

ここでは, 以下のように緊張感を定義する。

人間の聴覚は同じ音源の和音を聞くと, トップノートが一番印象に残すという傾向があり, この事を利用してコードの和声的緊張感を, トップノートから他の構成音に対する距離の総和を緊張度として表す。まずクロマの円と5度の円に対し, トップノートからコードの他の構成音に対する点の距離を求める。この場合の距離は2次元平面上の直線距離ではなく, 円に沿って点の離れている数を表し, どちら回りであっても距離の近い方をその音程の距離とする。各々の円において距離の総和を求め, それぞれを短2度音程, 完全5度音程の緊張度(ChromとFifth)と呼

ぶことにする。計算例を図3に示す。

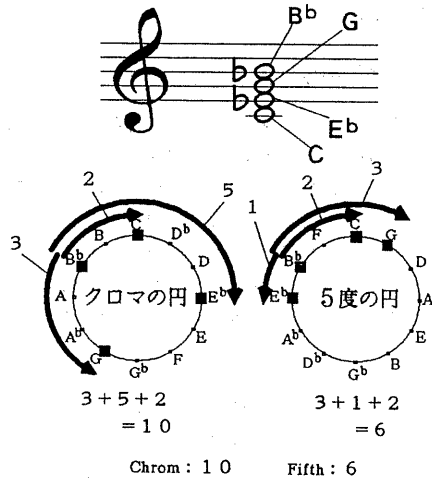


図3 緊張度の計算例(Cm7)

これにより, 同じコード名であってもボイシングが違えば緊張度の値が変わることになる。

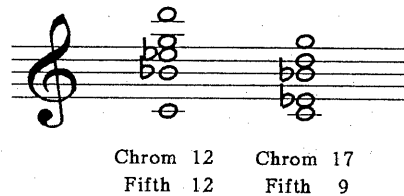


図4 ボイシングによる緊張度の違い(Cm9)

この値はMIDIデータの発音のイベントから計算するため, 音数, 各々の音の音程という情報からだけで考えている事になる, ここでは演奏者にフィードバックをかける出力を生成する為に音楽的, 論理的に考えた値の抽出を目的としているので, 心理学的に正しくない場合もありうる。

5 コードの調性からの逸脱感

前節で述べたコードの和声的緊張感では, 単にボイシングの情報だけから緊張度の計算方法を定義した。しかし, 実際の曲中では調性感がある上で和声的緊張感が成り立っているので, 調性を考慮する必要がある。また, いかにかに調性から逸脱しつつ調性感を保つかが最近のジャズの演奏の傾向でもあるので, 調性とコードの関係に対する評価を行なう。そこで,

構成音の調性外にある音の割合と緊張度の値を組み合わせて調性からの逸脱度を考える。その処理の為の調性の認識についても述べる。

5.1 調性認識エージェント

ジャズの場合、テンションや付加音のような基本コード以外の音や、転調する場合には調性外の音を使用する場合もあるが、転調しない間は調性内の音を使うことになる。この事より、ある一定の時間以内の演奏音に対して12の調性の音列とのマッチング処理をすることによってその瞬間の調性が認識できると考えられる。具体的には、次のような処理を行う。

1. 処理対象範囲（時間）内に入力された音を音階毎にヒストグラムを作る。
2. ヒストグラムと調性のテンプレート（12種類）とのマッチングをとる。
3. マッチングの結果一番点数の高かったものをその時点での候補とする。もし、一番点数の高いものが複数出た場合はそれら複数を候補として挙げる。

ここで、調性認識処理の時間的範囲について検討する。演奏する曲や箇所によっては調性が明確になる IIIm7-V7（俗にいうツーファイブ）のコード進行が起こりうる拍節長が違うので、それらを複数設定して処理する。複数設定する理由としては、ある一定の時間だけ見ているとその時間内のコードの変化が少ない時には調性の限定ができないためと、コードの変化が多い時には細かい変化についていけず、全然違う結果を出すためである。そこで、設定する拍節長としては次の4つとする。

- ・ 2拍
- ・ 4拍（1小節）
- ・ 8拍（2小節）
- ・ 16拍（4小節）

この4つの処理範囲によって各々が候補を挙げることになるが、最終的にはシステムとして決定する。現在のところでは各々に対しては特別な重み付けはせずに、候補として挙がっている調性の中から単純に多数決判断で選ぶようにしている。もし多数決の結果、最高数の候補が複数あった場合は、システムとしても複数として認識しておく。これは人間が曖昧な調性感を持っている状態を示している。

さて、ここで述べた調性認識方法では、演奏される音（コード）が調性から外れているかどうかを判定する為にどの音列が使われているかということが必要な情報であるので、メジャー、マイナーが並行調であると考えて区別はしていない。

$\frac{4}{4}$	| Em7 A7 / Dm7 G7 |	2拍
$\frac{4}{4}$	| Dm7 / G7 | CΔ7 |	4拍
$\frac{4}{4}$	| Dm7 | G7 | CΔ7 | / |	8拍
$\frac{4}{4}$	| Dm7 | / | G7 | / |	16拍

図5 コード進行の拍節長の違い

5.2 コードの調性からの逸脱度の計算

調性が1つに確定できている場合は、演奏されたコードの構成音から、その時点で認識している調性に対して調性外にある音の数を求め、それが構成音に占める割合を計算し、先に求めた緊張度とかけ合わせたものを逸脱度と定義する。複数の調性として認識している場合は、そのどちらの調性にも外れている音の割合を計算し、緊張度の値とかけ合わせる。

Cメジャースケール VI7

A¹³
A7

調性内の音： A G 2個
調性外の音： C# F# 2個

$$\text{逸脱度} = \text{緊張度} \times \frac{\text{調性外の音数}}{\text{全体の音数}}$$

$$\text{逸脱度 Fifth} = 10 \times \frac{2}{2+2} = 5$$

$$\text{逸脱度 Chrom} = 10 \times \frac{2}{2+2} = 5$$

図6 逸脱度の計算例

この処理は、新しいコードが入力された場合にそれまでに認識されていた調性について処理を行なう。これは、人間が曲の流れの中でそれまでの調性の印象を残して新しいコードの音を聴くであろう、というヒューリスティックによるものである。

6 システムにインプリメントした 結果と考察

以上に述べた内容を、各々エージェントとしてシステムにインプリメントし、実際に演奏データを入力してリアルタイム処理を行なった。

システムの構成としては、YAMAHA ミュージックコンピュータ C1 を MIDI データのフィルタとして用い、主な処理を IBM 互換機 (CPU:486DX4 100MHz) で行なっている。

入力する演奏としては市販の演奏データ (Standard MIDI File) をシーケンサーで演奏させたものを用いた。また、調性認識エージェントにおいて曲のテンポの情報が必要であるが、演奏データは一定のテンポで変化しないので、あらかじめテンポの情報を与えた。図7はコード認識の結果の1部で、その部分の調性認識に関する結果は図8に示す。

図7を見ると最初のコードでは調性は認識されていないが、3つ目のコードが演奏された瞬間には確定している。(*1) その後も E^b から B^b, F と変化し、追従できていることが確認できる。他の曲に対しての結果でも、完全な転調には追従できていることが確認できた。しかし、転調の激しい曲では調性の追従ができない場合もあった。また、転調が起る部分では逸脱度が0でない値を出しており、大きな転調感がある部分では値が大きくなる傾向も出ている。(*2)

緊張度については実際の演奏音を聴いてみると、緊張感があると思われるコードでは値が大きくなる傾向が出ている。ドミナントモーション (V7-Imaj) のコード進行が起る部分では Fifth の値が下がるという傾向も確認できており^[9]、これはドミナントモーションによるコード進行の解決感が、完全5度音程による緊張度の値が下がることによって起るということが考えられる。

7 おわりに

即興演奏によって、同じ曲であっても演奏者や場合によっていろいろな変化があるジャズに対し、コードパートの演奏者の感性情報を抽出する為のパラメータを定義した。演奏者が演奏する際に考える内容である、コードの和声的な緊張度と調性からの逸脱度について、各々を1つのエージェントとしてシステムに組み込んだ。市販のデータを処理すると調性はほぼ追従できることが確認できたが、一部追従できない曲もあった。これに対しては、コード進行を処理するエージェントとの関係から調性認識で考慮し

ている拍節情報の重み付けをするなど、工夫することが必要である。

今後はいろいろな演奏例について処理を行って、パラメータの変化の仕方に注目し、音楽的な特性を見つけて解釈できるようにし、出力に対する関係付けをしていくことが必要と思われる。演奏例としては、実際の人間の演奏でも処理させる予定である。また、コードパッキングからの他の演奏情報 (リズムや音域) との関わりについての考察もしていきたい。

参考文献

- [1] Robert Rowe, "Interactive Music System", MIT Press, 1993.
- [2] 和気, 加藤, 才脇, 井口, "演奏者の感情を考慮した協調型演奏システム -JASPER-", 音楽情報科学研究会 夏シンポ, pp.43~46, 1992.
- [3] Bruce Pennycook, etc. "Toward a Computer Model of a Jazz Improviser", ICMC Proceeding, pp.228~231, 1993.
- [4] Tsutomu Kanamori, etc. "Interpretation of Musicality in Jazz Improvisation using Multi-Agent Model", IAKTA/LIST International Workshop on Knowledge Technology in the Arts Proceedings, pp.107~114, 1993.
- [5] 金森 務, "即興演奏からのコード情報による曲想の抽出", 音楽情報科学研究会資料 37-2, 1992.
- [6] 渡辺貞夫, "Jazz Study", ATN, 1970.
- [7] 北川 祐, "コード進行ハンドブック", リットーミュージック, 1989.
- [8] 北川 祐, "コードスケールハンドブック", リットーミュージック, 1989.
- [9] 平井, 金森, 平井, "ジャズにおけるコードボイスングからの感性情報抽出", 電気関係学会関西支部連合大会, G424, 1993.
- [10] Roger N. Shepard, "音楽における音の高さの構造", 音楽の心理学 (下) 第11章, 西村書店, pp.419~475, 1986.
- [11] 井口征二, 他, "感性情報処理", オーム社, 1994.

時間 (ms)	緊張度 Chrom	緊張度 Fifth	逸脱度 C	逸脱度 F	Tonality	調性外の割合 (%)	コード
1211	14	10	0	0	-	0	Ebm7 (13)
2250	15	19	0	0	Eb Bb	0	Am7-5 (#2,11)
3351	17	17	0	0	Eb (*1)	0	Fm6
4449	6	6	3	3	Eb	50	Db7
5601	8	4	0	0	Eb	0	Ebm
6590	10	10	5	5	Eb	50	[F7
7691	7	7	0	0	Bb	25	[Bb6
14723	9	13	2	3	Bb	25	[Fm7 (9)
17359	17	25	2	4	Bb	16	D7 (#9)
18621	11	7	0	0	Eb	0	[Ebm7
19660	17	17	3	3	Bb	20	Gm6
20211	6	6	3	3	F	50	Eb7
20762	5	5	0	0	F	0	Fm7 (9)
21090	9	5	0	0	F	0	F69
21859	8	4	6	3	F	75	DbM
22250	11	7	2	1	F	25	[Ebm69
22961	7	7	0	0	F Ab	0	[Fm7 (9)
24000	17	17	0	0	F	0	Gm6
25051	15	11	6	4	F	40	[Am7-5 (#2,11)
26152	6	6	3	3	F	50	[D7
27301	11	11	(*)8	8	G	0	Abm6
28512	13	9	0	0	Gb	0	Abm69
29062	11	11	0	0	Gb	0	Abm6
29500	8	4	2	1	Gb	33	Ebm
30699	14	6	3	1	Gb	25	Cm7 (9,11)
31641	15	7	3	1	Eb	20	Gbm7 (13)
32793	6	6	3	3	Eb	50	D7
32961	6	6	0	0	Db	0	D7
33070	12	12	0	0	Db	0	D7
33180	13	17	0	0	Db	0	Ebm69
33840	10	10	6	6	Db	60	Gb7 (#9)
35980	13	9	0	0	Db F	0	Gm69
36973	6	6	3	3	F	50	Eb7
37019	8	8	0	0	D F	0	Db (b5)
38121	17	17	6	6	F	40	Fm6
39223	9	9	2	2	Eb	25	Fm7-5
39660	13	9	3	2	Eb	25	G7 (#9)
40262	11	11	0	0	Eb Gb	0	Ebm6
41301	9	9	4	4	Eb	50	Ebm7-5
47461	9	5	2	1	F	33	Ebm

図7 “Stella by Starlight” のコードに対する処理結果

TIME (ms)	C	F	Bb	Eb	Ab	Db	Gb	B	E	A	D	G
1211
2250	.	.	O	O	.	.	.	.	.	.	.	.
3351	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
4449	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
5601	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
6590	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
7691	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14723	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17359	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18621	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19660	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20211	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20762	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21090	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21859	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22250	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22961	.	O	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.
24000	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
25051	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26152	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27301	O
28512	O	.	.	.	.	.
29062	O	.	.	.	.	.
29500	O	.	.	.	.	.
30699	O	.	.	.	.	.
31641	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
32793	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
32961	O	.	.	.	.	.	.
33070	O	.	.	.	.	.	.
33180	O	.	.	.	.	.	.
33840	O	.	.	.	.	.	.
35980	.	O	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.
36973	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
37019	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	O	.
38121	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
39223	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
39660	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.
40262	.	.	.	O	.	.	O	.	.	.	.	.
41301	.	.	.	O	.	.	.	.	.	.	.	.

図8 “Stella by Starlight” の調性の認識結果