

ジャズの独奏の変化に対応する自動伴奏システム

日高 伊佐夫 後藤 真孝 村岡 洋一

早稲田大学 理工学部

{hidaka, goto, muraoka}@muraoka.info.waseda.ac.jp

本稿では、ジャズを対象としたテンポが一定の自動伴奏システムについて述べる。従来の研究では、テンションパラメータという独奏者の意図に相当するパラメータを1つだけ求め、その値をもとに用意してある数種類の伴奏パターンを切替えて出力していた。本研究では、独奏者の意図を5種類のパラメータとして算出することによって、その意図をより詳細に理解する。これらのパラメータを用いて、あらかじめ持っている伴奏用データの音量、音程、音数を直接変化させることで、より変化に富んだ伴奏を出力することができる。本システムを実装し、実際に人間のピアノ演奏を入力して実験した結果、独奏の変化に対応したベース、ドラムスの伴奏が得られた。

An Automatic Jazz Accompaniment System Reacting to Solo

Isao HIDAKA Masataka GOTO Yoichi MURAOKA

School of Science and Engineering, WASEDA University
3-4-1 Ohkubo Shinjuku-ku, Tokyo 169, JAPAN.

This paper presents an automatic accompaniment system for jazz that detects soloist's intention of improvising and outputs expressive accompaniment of a bass guitar and drums reacting to solo in real time. Previous systems extracted just one parameter as soloist's intention and output accompaniment switching registered patterns according to the parameter. Our system can understand soloist's intention in more detail by extracting five parameters as his intention from various aspect of solo. In addition, to make accompaniment rich in variation, this system directly alters accompaniment data such as loudness, pitch and the number of notes, according to those parameters. In our experiment, it outputs appropriate accompaniment following the soloist's intention of solo.

1 はじめに

本稿では、人間による独奏の変化を検出し、それに対応した伴奏をリアルタイムに出力する自動伴奏システムについて述べる。本研究は、合奏における音楽の聴取過程の実現、および、人間同士の協調過程を人間と計算機上の伴奏者とのインタラクションによって実現することを目標とする。

ジャズには様々な種類があるが、本研究では、4ビートに編曲したスタンダード曲を扱う。ピアノ(または

ギター)で独奏を行ない、ベース、ドラムスで伴奏を行なう、トリオの合奏を対象とする。各演奏者はスタンダード曲のテーマやコード進行などをもとに、即興で演奏を変化させて、合奏に抑揚をつける。

ここで、独奏者が中心となって抑揚をつける合奏を考える。独奏者は、演奏をどのように変化させるかという意図をもち、その意図にしたがって演奏する。そのとき、伴奏者がそれにあつた意図をもって演奏を変化させなければ、全体として抑揚のついたよい合奏にはならない。つまり、伴奏者は独奏者の意図を理解し

て、独奏にあった演奏をしなければならない。

従来のジャズを対象とした自動伴奏の研究には、JASPER [1] [2] や、ニューロミュージシャン [3]、金森らのシステム [4] [5] などがある。JASPER では、テンションパラメータという独奏者の意図に相当する値を1つ算出し、それにあった伴奏をあらかじめ持っている数種類の伴奏パターンから選んで出力していた。しかし、テンションパラメータ1つだけでは、独奏者の意図を十分に表しているとは言えなかった。金森らは、マルチエージェントモデルを用いたジャズセッションシステムを開発している。このシステムの音楽聴取部では、演奏から音楽的に意味のある情報を抽出し、それらから演奏者の情動を表す4種類の情報を抽出する手法を用いていた。

その他の関連する研究としては、インタラクティブコンポーザングの環境を実現した、Cypher [6] などの研究が挙げられる。Cypher では、入力音の特徴を数種類抽出し、それぞれをフレーズにグループ分けし、それぞれが規則的か不規則的かを、マルチエージェントモデルで算出した。しかし、演奏者の意図については考慮していなかった。

本研究では独奏者の演奏の意図を複数種類検出することにより、独奏者の意図をより詳細に理解するシステムを実現する。そして、検出した意図にあうように、伴奏パターンを切替えるのではなく、あらかじめ持っている伴奏データを直接変化させる。これによって、適切に対応した変化に富んだ伴奏を出力し、抑揚のついた合奏を可能にする。本システムの入出力には、MIDI 楽器を用い、現在の実装では、テンポが一定の演奏のみに限定する。コード進行、調を事前に決めておき、変化のついていない単純な伴奏データとスタンダード曲のテーマの旋律データを、標準 MIDI ファイル形式で用意する。

本システムでは、独奏者の意図を大局的变化と呼ばれる5種類のパラメータで表す。これには、「盛り上げる」、「緊張感を与える」、「コードを強調する」、「代理コードに代える」、「原曲を再現する」がある。これらの大局的变化の値を、独奏から直接算出するのは困難である。そこで、まず独奏の個々の音の性質(局所的变化と呼ぶ)を8種類検出する。例えば「大きな音」や「コード音」などを検出する。各大局的变化は、それに対応する1~4種類の局所的变化を一定期間集計することによって求める。次に、こうして得られた大局的变化を、伴奏に適切に反映させることが必要である。ここでは、大局的变化が継続して検出された期間(継続期間)と、その種類に応じて伴奏を変化させる。しかし、大局的变化の継続期間と種類から、伴奏デー

タを直接変化させることは難しい。そのために、フェイズシフトとフィルタという伴奏を変化させる2種類のモジュールを、大局的变化に応じて制御する。前者は、音数を増やすなどの時間的な変化を加え、後者は、音量、音程の変化を加える。

上記の処理をリアルタイムに行うシステムを実装し、実際に人間のピアノ(またはギター)の演奏を入力して実験を行った。その結果、独奏の特徴から大局的变化として独奏者の意図を検出し、またそれを反映した適切な伴奏を出力することができた。

2 ジャズの独奏の変化に対応する自動伴奏システム

2.1 システムの概要

本システムでは、独奏者の意図を詳細に検出し、適切に対応した変化に富んだ伴奏を出力するために、まず、独奏者の意図を複数種類検出する。そして、検出した独奏者の意図にあうように、伴奏パターンを切替えるのではなく、あらかじめ持っている伴奏データを直接変化させる。以下に、その方法を述べる。

(1) 複数種類の意図の検出

独奏者の意図は、聴覚と視覚を通して伴奏者に伝わる。本研究では、聴覚を通して伝わるもの、つまり、独奏者の演奏した音から伝わる意図を考える。

独奏者の意図をより正確に理解するために、独奏者の演奏の意図を複数種類のパラメータとして算出する。この独奏者の意図を表すパラメータを大局的变化と呼ぶ。本研究では、以下にあげる5種類の大局的变化を検出する。

● 盛り上げる

演奏者が演奏を沸き立たせようとするときにもつ意図である。これは、ジャズに限らず、重要である。演奏者全員がこの意図をもつことによって、起伏の多い合奏を行なうことができる。このパラメータは、JASPER におけるテンションパラメータに相当する。この意図が検出されると、ベースとドラムスは音量を大きくしたり、音数を多くして演奏に迫力をつける。

● 緊張感を与える

テンション音などの緊張感を与える要素によって、原曲から少し違った感じを出そうとする意図である。テンション音は、コード音以外の音でコードに違った表情を持たせる音である。演

奏者が、テンション音を多く含めたフレーズを弾くときなどにこの意図が検出される。この意図が検出されたとき、ベースがコード音以外の音を含めて演奏して、演奏全体に原曲から少し外れたような雰囲気を出す。

● **コードを強調する**

スタンダード曲に指定してあるコード音を多く弾くことによって、原曲の持つコード感を強く出そうとする意図である。演奏者がコードの構成音を中心にして、即興演奏を行なうときに検出される。この意図が検出されたときには、ベースはコード音中心の演奏を行なって、コード進行を明確に表す。

● **代理コードに代える**

スタンダード曲に指定してあるコードと同じ機能をもつ、代理コードの音を弾こうとする意図である。この意図は、スタンダード曲に明記されていないコードを強調しながら、原曲のコード感を意識させるときに表れる。この意図が検出されると、ベースはアヴェイラブル・ノート・スケールなどを用いて、コードに表されていない音を演奏する。

● **テーマを再現する**

スタンダード曲のテーマ旋律を中心にして演奏しようとする意図である。この意図によって、即興演奏かテーマを再現しているのかを区別することができる。これを区別することにより、それぞれの部分で伴奏の仕方を変えることができる。また、2 回目にテーマの旋律を弾くと演奏を終わりにする、といった合図の役割も持つ。

(2) **伴奏データの直接の変化**

検出した意図を表すパラメータを用いて、伴奏データの音量、音程、音数を直接変化させる。これによって、パターン切替よりも、独奏の急激な変化にも対応することができる。また、細かな変化を伴奏につけることができる。よって、変化に富んだ、適切に独奏に対応した伴奏を行なうことができる。

本システムが検出する 5 種類の独奏者の意図(大局的变化)と、その意図を検出するための独奏の特徴(局所的变化)、および検出した意図にしたがって変化する伴奏の要素(伴奏用変化)を図 1 に示す。これらの検出方法は、第 3 節で詳細に述べる。

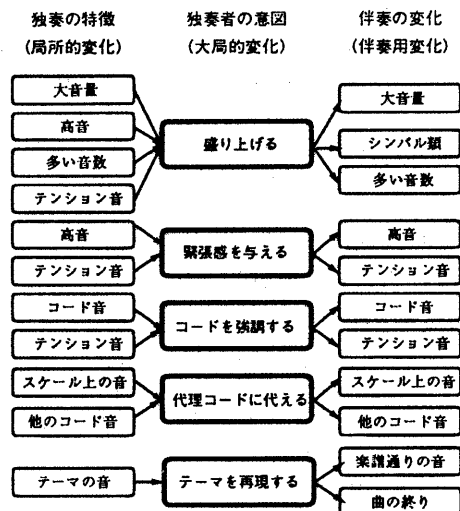


図 1: 定義した独奏者の意図の種類

2.2 システムの仕様

(1) 対象

スタンダード曲をジャズに編曲したものを対象とする。独奏者は、スタンダード曲のテーマを演奏したり、スタンダード曲のコード進行などをもとに即興で演奏する。また、4 ビートの曲でテンポは一定とする。

(2) 入出力

人間のピアノ、またはギターによる独奏を入力とし、ドラムス、ベースの伴奏を出力する。入力は、同時に発音する音を最大 5 音とし、和音よりも旋律を主に弾くものとする。また、同時に発音する場合は音程差が 1 オクターブ以内とする。例えば、ピアノによる入力の際は、右手のみの演奏とし、左手による低音部での和音の演奏はないものとする。これらの入出力には、MIDI 楽器を用いる。

(3) 必要なデータ

本システムでは、以下のものを事前に用意する必要がある。

● **コード進行、調**

コードはその構成音を指定し、調は主音と短調か長調かを指定する。独奏の解析および伴奏の変化作成に使われる。

● **テーマの旋律データ**

これは、実際に演奏されたデータではなく、計算機上で作成したデータで、表情付けなどはなされていない。テーマを再現しているかを判定するためだけに用いる。

- 伴奏データ

1 拍に 1 音のベースラインと、フィルインやアクセントなどが含まれていないドラムスの繰り返しパターンから成る。

テーマ演奏データ、伴奏データは、標準 MIDI ファイル形式で用意する。

3 処理方法

システムの処理手順を図 2 に示す。

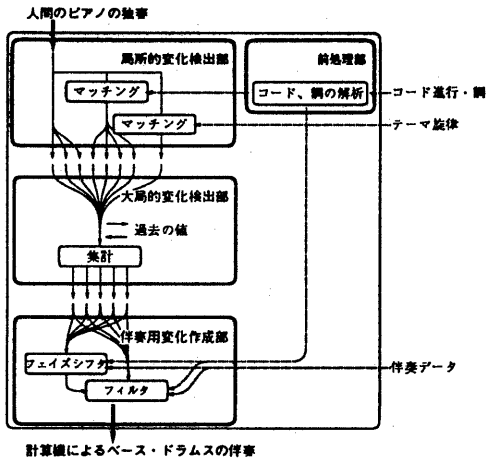


図 2: 処理手順

本システムは、大きく分けて局所的変化検出部(3.2)、大局的変化検出部(3.3)、伴奏用変化作成部(3.4)の3つの処理部を演奏中にリアルタイムに実行する。また、演奏に先だって、前処理部(3.1)を行なう必要がある。

局所的変化検出部では、独奏の特徴を検出する。検出には、前処理部でのコードと調の解析結果と事前に用意したテーマの旋律データを用いる。

次に、大局的変化検出部で、独奏者の意図を表すパラメータである大局的変化を算出する。大局的変化は、検出した1~4種類の局所的変化を、一定期間で集計することによって求める。

そして、伴奏用変化作成部で、算出した大局的変化にあうように伴奏を変化させる。ここでは、伴奏データを直接変化させるために、2種類の伴奏を変化させるモジュールを用いる。

以下に、それぞれの処理について述べる。

3.1 前処理部

入力の音の解析のための前処理として、曲中で指定されている調とコード進行を解析する。ここで、指定

された調で規定することが可能なコード及びその役割、指定されたコードにおけるテンション音などを得る。解析には、文献[7]で述べられている音楽理論を用いる。解析結果は、後述する局所的変化検出部と伴奏用変化作成部で使用される。

- 調の解析

指定された調のデータから、コードの機能とその調で使用可能なコードを求める。コードの機能には、3種類(Tonic Chord, Dominant Chord, SubDominant(minor) あり。指定された調のあるコードの機能は一意に決まる。また、求める使用可能なコードは、全音階的和音(Diatonic Chord)、代理和音(Substitute Chord)、ブルース和音(Blues Chord)の3種類である。これらのコードも、調によって一意に決まる。

- コードとコード進行の解析

システムが持っているコードの構成音から、テンション音などのコードが持つ情報を得る。この際、コードの前後関係も考慮に入れる。ここでは、コードがもつ情報のうち以下のものを求める。

- ・ テンション音

緊張感を与える音である。テンション音は、あらかじめコードに指定することもできる。

- ・ アヴェイラブル・ノート・スケール

コード音、テンション音、アプローチ音を合わせたもので、その時のコードおよびコード進行によって決定する。アプローチ音とは、コード進行のときに進行をスムーズにする音である。

- ・ ノン・コード音

コード音、テンション音以外の音でアヴェイラブル・ノート・スケール上の音も含む。

3.2 局所的変化検出部

入力された個々の音の大きさ(ペロシティ)、コードに対する性質(コード音か、テンション音かなど)などを検出する。この個々の音の性質を、局所的変化と呼ぶ。独奏の音が一つ入力されるたびに、その局所的変化を計算する。

局所的変化には、8種類あり(図1)、算出の方法は以下の通りである。

- テンション音、コード音、アヴェイラブル・ノート・スケール上の音、他のコード音

前処理部における解析結果との対比によって判断する。

- テーマの音

システムに事前に登録したテーマの旋律データと

のマッチング (DP マッチング [9]) によって、個々の音のテーマの音との近さを求める。

- 大音量、高音、多い音数
これらは単純なものであるため、ここでは特別な処理をせずにその値を直接大局的变化に渡す。

3.3 大局的变化検出部

検出した局所的变化から独奏者の意図を表す 5 種類のパラメータを算出する (図 1)。このパラメータを大局的变化と呼ぶ。それぞれの大局的变化は、それに対応する 1~4 種類の局所的变化を集計することによって求める。本システムでは、急激な変化に対してすぐに伴奏を変化させるために、大局的变化を 1 拍ごとに算出する。また、検出した大局的变化の値が小さいが、長い期間検出されてるときにはそれを有効にするため、局所的变化を一定の期間内で集計する。集計する期間は、大局的变化の種類によって異なる。

集計の際は、必要に応じてしきい値をもうけ、しきい値以下の局所的变化は考慮にいれない。また、意図に深く関係する局所的变化を重要視するため、大局的变化に応じて局所的变化に重み付けをする。設定したしきい値を表 1 に示す。

		大局的变化				
		激上	緊張	コード	代理	テーマ
局所的变化	大音量	100	—	—	—	—
	高音	80	70	—	—	—
	多い音数	5	—	—	—	—
	テンション音	3	2	0	—	—
	コード音	—	—	0	—	—
	スケール上の音	—	—	—	*1	—
	他のコード音	—	—	—	0	—
	テーマの音	—	—	—	—	*2

表 1: 大局的变化算出のためのしきい値

表中の数値は、大音量、高音については、それぞれ、MIDI ベロシティと MIDI ノートナンバの値である。
*1、*2 はそれぞれ、集計期間内のスケール上の音の数-コード音の数のよる算出、DP マッチングによる算出を示す。その他の局所的变化は、集計期間内の音の個数である。

3.4 伴奏用変化作成部

大局的变化の種類と程度、継続期間に応じて、伴奏用データの音程、音量、発音時刻の値を直接変化させる。ある程度意図がはっきり表れたときにその意図を有効にするため、大局的变化の値にしきい値をもうける。また、大局的变化の値がしきい値を越えている期間が長いほど、その意図が有効であると判断する。

フェイズシフトとフィルタという機能の異なる 2 種類のモジュールを使うことによって、図 1 の伴奏の変

化を実現する。例えば、大局的变化「盛り上げる」がしきい値以上になると、音数を増やすためにフェイズシフトで音を追加させたり、音量フィルタで音量を増加させたり、音程フィルタで音程をあげたりする。

図 3 に示すように、それぞれのモジュールは変化の仕方によって数種類あり、大局的变化の種類と程度に応じて使用するモジュールを選択する。以下に、各モジュールの役割を示す。

• フェイズシフト

音数およびリズムパターンを変化させるモジュールである。あらかじめ持っている伴奏データを、時間軸方向にずらし、それをもとの伴奏データに加える。これによって、音数が増える。ずらす時間、ずらす回数を大局的变化の値で制御する。

• フィルタ

フィルタには、音程フィルタと音量フィルタがある。音程フィルタは、音程を変えるモジュールで、ベースとドラムスでは効果が異なる。ベースに関しては、前処理部で解析したテンション音やアヴェイラブル・ノート・スケールなどを用いて音程をかえる。ドラムスに関しては、ドラムスの楽器を変える。音量フィルタは、音量を変える。

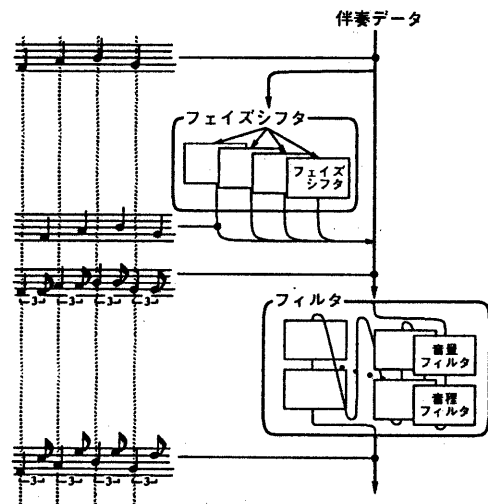


図 3: 伴奏用変化作成部

4 実験結果・考察

本システムをパーソナルコンピュータ (NEC PC-9821 Ap2) に実装した。入力楽器として、シンセサイザ (Korg 01/W)、または、MIDI 出力をできるようにしたギター (Roland GK-2 を搭載) を用いた。また、

伴奏の出力として上記のシンセサイザを音源として用いて実験した。

国立音楽大学ピアノ科の学生と筆頭著者の計2名が、被験者として独奏を入力して実験した。前者は、即興演奏を含む音楽教育を受けたもので、後者は、アマチュア程度の音楽的知識、演奏経験を持ったものである。

対象として、“take the A train”を扱った。実験の結果、検出した5種類の大局的变化の値と、それによって本システムがどのように伴奏を変化させたかを図4に示す。両被験者は、この伴奏について、アマチュア程度の演奏であり、また、全体的に被験者の意図に対応していると評価した。しかし、被験者が1つの意図をもって演奏しているときに複数の意図が検出されてしまい、伴奏が激しく変化することがあった。これは、独奏のある一つの音が複数の局所的变化として検出され、それによって複数の大局的变化が算出されてしまうためである。これには、個々の音をフレーズとしてまとめて、前後関係や拍との関係によって重要性を判断することによって、重要でない局所的变化を少なくすることが考えられる。

また、前者の被験者は、伴奏が過敏に反応しすぎる部分があることを指摘した。これは、大局的变化のしきい値の設定を、両被験者ともに同じ値にしたためと推測できる。演奏者によってしきい値を変えたり、演奏中にしきい値を設定しなおすことによって、より適切な反応が得られると考える。

5 まとめと今後の課題

本稿では、ジャズの独奏の変化を検出し、それに対応する伴奏をリアルタイムに出力する自動伴奏システムについて述べた。独奏者の意図をより詳細に検出するために、ジャズには欠かせないであろう意図を表すパラメータを5種類算出した。また、独奏に適切に対応した、変化に富んだ伴奏を出力するために、検出した意図を用いて伴奏データを直接変化させる方法を提案した。これにより、独奏にあった、単調でない変化に富んだ伴奏を出力することができた。

しかし、全ての処理におけるしきい値などの設定を静的に決定しているため、個性という面では、ある一人の伴奏者の演奏を実装しただけともいえる。今後は、意図を表すパラメータの算出のための設定を動的に変化させる手法を考案したい。

また、伴奏が能動的に変化する手法の考案や、悲しい、楽しいといった独奏者の感情(気持ち)のレベルでの演奏理解も考えていく予定である。

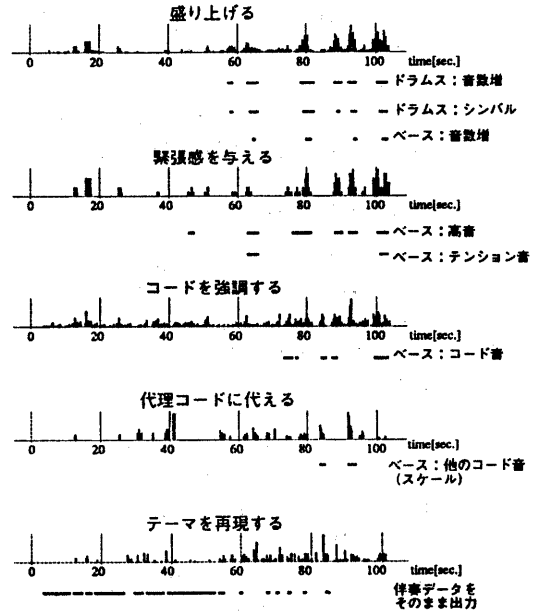


図4: 実験結果

参考文献

- [1] 和気 早苗, 加藤 博一, 才脇 直樹, 井口 征二: テンション・パラメータを用いた協調型自動伴奏システム: JASPER, 情報処理学会論文誌, Vol.35 No.7 pp.1469-1481 (1994).
- [2] 近藤 欣也, 片寄 晴弘, 井口 征二: 音楽情報から奏者の意図を理解する伴奏システム-JASPER++, 第46回情報処全大, Vol.1, pp.373-374 (1993).
- [3] 渡辺 和之, 西嶋 正子, 柿本 正憲, 村上 公一: ニューラルネットワークを用いたジャズセッションシステム-ニューロミュージシャン-, 第44回情報処全大, Vol.2, pp.199-200 (1992).
- [4] Tsutomu Kanamori, Haruhiro Katayose, Seiji Inokuchi, Hiroshi Hirai, Yasuhisa Niimi: Interpretation of Musicality in Jazz Improvisation using Multi-Agent Model, *Proceedings of IAKTA/LIST International Workshop on Knowledge Technology in the Arts*, pp.107-114 (1993).
- [5] 金森 務, 片寄 晴弘, 新美 康永, 平井 宏, 井口 征二: ジャズセッションシステムのための音楽認識処理の一実現法, 情報処理学会論文誌, Vol.36 No.1, pp.139-152 (1995).
- [6] Robert Rowe: Machine Listening and Composing with Cypher, *Computer Music Journal*, Vol. 16, No. 1, pp.43-63 (1992).
- [7] 谷口 廣志: The Real Jazz Guitar Volume 1, 東京音楽書院, pp.15, 28-34, 57-70 (1991).
- [8] 浜瀬 元彦: ベースラインブック, 全音楽譜出版社, pp.180-227 (1994).
- [9] Roger B. Dannenberg: An On-Line Algorithm for Real-Time Accompaniment, *Proceedings of International Computer Music Conference*, pp.193-198 (1984).