

ジャズにおける複数の演奏者にわたるアドリブの構造分析

池田 周平^{1,a)} 平賀 譲^{1,b)}

概要: 一般的なジャズの演奏には、演奏者が即興で演奏を行うアドリブという部分が存在する。アドリブは基本的に演奏者の意思で自由に演奏される。アドリブは、基となるメロディや、演奏者の個性などから影響を受けている。本研究は、アドリブに現れる構造的な特徴を分析することを目的とする。分析に用いた手法は、Slopes という簡約化手法と、k-means 法によるクラスタリングである。これらの手法は、先行研究ではアドリブの自動生成に用いられていたが、本研究ではアドリブの構造分析と演奏者同士の比較を目的に使用した。各 Slopes から作成した特徴ベクトルを主成分分析した結果、メロディの形に関連する特徴量と、アドリブに使用される音の種類が上位の主成分として抽出された。クラスタリングの結果を演奏の時系列順に並べたところ、アドリブの基となるメロディの繰り返しに影響されたと推測されるクラスタの出現パターンの存在が確認できた。

1. はじめに

ジャズの特徴や魅力として、独特なリズムや、テンションノートを多用する和声に加え、即興演奏(以降アドリブと記述)が挙げられる。アドリブは、最初に既存のメロディを演奏したのちに行われることが一般的である。このメロディをテーマと呼称する。アドリブは、長さがテーマの長さに依存し、テーマの和声進行の上で演奏される。一般的に、ジャズのアドリブはクラシックの演奏やポップスのアレンジに比べ自由度の高いものであるが、リズムや使用する音はテーマを参考にすることがある。つまり、ジャズにおいてもアドリブの演奏には音高やリズム、メロディの区切りを決定する要素としてテーマが重要となる。

先行研究には、テーマや演奏者の頭の中にあるモチーフとアドリブの関連性を取り上げたものが存在する [1][2]。しかし、ジャズを対象とした研究の中で多くみられる自動作曲の分野ではテーマが重要視されていない印象を受ける。

本研究では、テーマとアドリブの関係を明らかにするという目標の初期段階として、アドリブの構造を分析したのち、テーマの構造を踏まえた考察を試みる。

過去の研究の中には単一の演奏者を対象とした、アドリブのコーパス作成や演奏分析が多かった。これに対し本研究では、同一テーマ曲に対し複数の演奏者によるアドリブを分析・比較することを目的とする。

第2節では、本稿の研究と関連が深い研究について触れる。第3節では今回の分析方法を述べる。第4節では分析結果を示し、第5節で結果についての考察を行う。最後に、第6節でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

2.1 ジャズのアドリブデータベース

Abeßer らによる jazzomat project^{*1}の一環として、Weimar Jazz Data Base(W Jazz DB) が作成された [3][4]。W Jazz DB とは、ジャズ音楽の演奏データが格納されているデータベースで、現在 456 曲に関するデータが収録されている。1つのデータは、音源中の一人分のアドリブの部分を手作業で抽出したものである。各データは、単旋律で表されたアドリブのメロディで、音1つ1つに対して、発音時刻 (onset)、音長 (duration)、音高 (pitch) といった基本的な情報や、音が発された時刻での伴奏の和音情報、その音が和音であるかどうかといった情報が記されている。

本研究では、このデータベース中のデータを分析対象として利用している。用いたデータの形式は CSV ファイルと量子化処理された MIDI ファイルである。この2種類のファイルは、jazzomat project によって開発された MeloSpy という GUI を用いてデータベースからダウンロードした。

2.2 ジャズのテーマ演奏時に行われる装飾に関する研究

Giraldo らは、楽譜に記されたテーマのメロディと実際のテーマ部分の演奏の差異を自動で検出するシステムを作

¹ 筑波大学
University of Tsukuba
^{a)} s1821604@s.tsukuba.ac.jp
^{b)} hiraga@slis.tsukuba.ac.jp

^{*1} <http://jazzomat.hfm-weimar.de>

成した [5]. 検出された差異は楽譜に対する装飾を表すこととみなすことができ、それを装飾パターンとして利用することを目標としている。差異の検出の際に、楽譜のどの箇所が演奏のどの箇所に対応するかという対応づけが必要である。同研究では Dynamic Time Warping を用いてマッチングを行なっている。自動マッチングの結果を、27 曲のテーマ演奏について専門家の手作業によるマッチング結果と比較したところ、同研究で定義した正確さと言う尺度において平均 80.76% という値が得られた。

本研究はテーマ部分を研究対象に含むという点で同研究と共通している。しかし、同研究ではテーマの演奏を分析対象としているのに対し、本研究ではアドリブ演奏を分析対象としている点が異なっている。

2.3 Slopes を用いたジャズアドリブ生成の研究

Gillick らは、ジャズの演奏者をシミュレートするアドリブ生成システムを作成した [6]. システムの大まかな流れは次の 3 ステップである。(1) ある演奏者のジャズ演奏を集め、Slopes という簡約化されたメロディ断片に分割する。Slopes については後に述べる。(2) Slopes から特徴ベクトルを算出し、それをクラスタリングしたコーパスを作成する。(3) 実際の演奏でのクラスタ間の遷移確率を求める。最終的に、断片的な演奏抽象化されたものがいくつか集まったクラスタが複数作成され、クラスタ間に演奏の時系列に沿った遷移確率が存在するような生成モデルが完成する。

このモデルによって生成されたアドリブがどれだけ演奏者をシミュレートできるかを評価する実験を行なった。実験では、3 人のトランペット奏者を基に作成したモデルから生成された演奏を聴いて、それぞれのモデルの基となった演奏者を答えさせた。基となった奏者の演奏は実験中に聴くことができる。20 人の被験者を対象に実験を行なった結果、正解率は平均 90% となった。

本研究の手法はこの Gillick らによる研究手法を用いている。本研究では目的をアドリブの生成ではなく、アドリブの構造分析や、演奏者間での比較としている。具体的な相違点としては、同研究では簡約化とクラスタリングの対象が一人の演奏者による異なる複数のテーマを基にした演奏であったところを本研究では複数の演奏者による同一のテーマを基にした演奏としている。

3. 分析手法

3.1 Slopes

Slopes とはジャズ分析において用いられる簡約化形式である [6]. Slopes として簡約化できる演奏の長さは任意であるが、例としては、1 小節や 2 小節といった音楽的に区切りのよい長さが考えられる。Slopes は、切り出した区間の中に連続した上行部分または下行部分の数、隣り合う音

の音高差の 2 点に着目する。つまり、音高そのものは抽象化される。音の長さも絶対的な秒数ではなく音符長のレベルで表現される。音高の抽象化は次の表 1 にしたがって行われる。

表 1 音高の抽象化の方法

音高の種類	抽象化後
和声音	C
次の音が和声音かつ、その音に対して半音差の非和声音	A
upper structured triad を考慮した和声音	L
休符	R
非和声音	X

表 1 に記述した upper structured triad とは、譜面上でコードシンボルの上にコードシンボルを記すことで、和音に含まれる音の種類を増やすように指示された和音を指す。例えば、譜面上に $\frac{F}{G}$ と表記されていた場合、鳴らすべき音は GBDFAC の 6 音となる。

譜面上のメロディと Slopes の関係を用いて示す。B \flat → Gm7 → Cm7 → F7 の順で 2 拍ごとにコードが変化する和声進行の上で、図 1 のようなメロディが演奏されたとする。図の数字 1 ~ 13 は音番号であり、「あ ~ か」は Slope(後述) である。



図 1 Slopes の変換例

まず、譜面のメロディを上行または下行部分ごとに区切る。この一区切りを本稿では Slope と呼称する。1 つの Slopes の中に複数の Slope が存在していることに注意。音番号 n の音高を $pitch_n$ とするとき、音番号 n と $n + 1$ の間で Slope の境界が引かれる条件は、 $(pitch_{n-1} - pitch_n) \times (pitch_n - pitch_{n+1}) < 0$ である。楽譜の先頭の音は前の音が存在しないので単一の音で 1 つの Slope とする。

図では、あ ~ かで示した箇所がそれぞれ 1 つの Slope である。各 Slope は、min と max という 2 つのパラメータと、抽象化された音のリストを情報として保持する。Slope に含まれる全ての音について、それぞれ直前の音との音高差を求め、最小のものを min、最大のものを max として定める。そのようにして変換された図 1 の情報を表 2 に示す。音リストの記号は表 1 のものであり、続く数字は音価を表す (8 部音符の場合は 8 など)。

表 2 譜例から作成した Slopes

-	min	max	抽象化後の音リスト	含まれる音
あ	0	0	R2	-
い	0	0	C8	1
う	1	2	C8 A8 C8 C8	2,3,4,5
え	-3	-3	A8	6
お	1	2	C8 C16	7,8
か	-3	-1	C16 C8 X8 C8 C8	9,10,11,12,13

3.2 特徴量の選択

Slopes から特徴ベクトルを作成するため、特徴量を設定する。本研究では先行研究 [6] を参考にして以下の 6 つの特徴量を設定した。

1. ジグザグ Slopes 中の Slope の数。これが大きいほど音高の上下が頻繁に切り替わる。
2. 跳躍 Slopes 内の max の平均値。ただし、max が負の数の場合は min の絶対値を用いる。音程の跳躍の度合いを表す値になる。
3. 音域 Slopes 内の最高音と最低音の差。大きいほど音域が広いメロディである。
4. 間 Slopes に含まれる休符の時間割合。大きいほど間をとったメロディである。
5. コード感 Slopes に含まれる和声音の時間割合。大きいほどコード感が強いメロディである。
6. タメ Slopes 内で最初の音がなるタイミング。単位は拍。大きいほどタメを作ったメロディとする。

3 以外の特徴量は 2.3 節で述べた Gillick らの研究 [6] を基に導入した。3 に関しては、アドリブのメロディ概形をもとに、音域が特徴量として有用であると判断し、本研究で新規に導入した。例として表 2 で示した Slopes から特徴ベクトルを以下のように求めて表 3 に示す。間、コード感、タメにおける長さの単位は拍で計算している。

ジグザグ：「あ～か」の数の 6 を用いる

$$\text{跳躍} : \frac{0+0+2+|-3|+2+|-3|}{6} = 1.66$$

$$\text{音域} : \text{pitch}_5 - \text{pitch}_{13} = 12$$

$$\text{間} : 2 \div 8 = 0.25$$

$$\text{コード感} : (0.5 \times 8 + 0.25 \times 2) \div 8 = 0.68$$

タメ：最初の音の拍である 3 を用いる

表 3 作成される特徴ベクトル

特徴量	ジグザグ	跳躍	音域	間	コード感	タメ
値	6	1.66	12	0.25	0.68	3.0

3.3 分析対象

分析に使用したテーマは Johnny Green 作曲の Body and Soul である。このテーマの構成は 8 小節のメロディが 2 回繰り返され、次に先ほどとは異なる 8 小節のメロディが続く、また最初の 8 小節メロディに戻る AABA の形式になっている。つまり 8 小節のメロディを基本とした 32 小節の

長さのテーマである。

W Jazz DB の中で、このテーマを基にしたアドリブのうち、11 個のデータを分析した。一般的に、アドリブはテーマの長さを単位として演奏される。そのため、分析対象に用いたアドリブ演奏の長さはそれぞれ異なっているが、概ね 32 小節の整数倍ないし半整数倍になっている (表 4)。

それぞれのアドリブのデータに関する情報をまとめたものを表 4 に示す。表 4 の左の列の a ~ k のアルファベットは、本稿において演奏を区別するために便宜的に使用するものである。また、楽器名の ts とは Tenor sax の略、as は alto sax の略、tp は trumpet の略であり、スタイルは W Jazz DB に記載されているものを引用している。

本稿の分析ではアドリブ a ~ k に対して Slopes から特徴ベクトルを求め、クラスタリングを行う。クラスタリングの手法は k-means 法でクラスタ数は 5 とした。

表 4 分析に用いたアドリブに関する情報

-	演奏者名	演奏年	楽器	スタイル	長さ (小節)
a	Chu Berry	1938	ts	swing	31
b	Coleman Hawkins	1938	ts	swing	66
c	David Murry	1983	ts	post bop	33
d	Don Byas	1947	ts	swing	64
e	Joe Lovano	1991	ts	post bop	64
f	John Coltrane	1960	ts	post bop	65
g	John Coltrane	1960	ts	post bop	64
h	Lester Young	1942	ts	swing	32
i	Roy Eldridge	1938	tp	swing	34
j	Sonny Stitt	1948	as	bop	35
k	Stan Getz	1964	ts	cool	47

4. 分析結果

結果を演奏者ごとにアドリブの時系列順に並べた結果を図 2 に示す。特徴ベクトルが抽出される Slopes の長さは 2 小節単位*2 とした。図 2 の縦軸のアルファベットは表 4 と対応している。横軸の数字はアドリブ内の小節番号を表す。セルの色の種類がクラスタの種類を表す。図 2 の左側に、クラスタ毎の意味を記す。この意味とは後に示す譜例と図 8 から推測したものである。

得られたクラスタについて、どのような演奏がクラスタリングされたかを譜例で示す。それぞれのクラスタの中心点から最も近い特徴ベクトルとなった演奏を図 3 から図 7 に示す。譜面は全て、W jazz DB から LilyPond フォーマットでアドリブの演奏データをダウンロードしたものの抜粋である。

*2 Body and Soul という曲は、2 小節単位のモチーフを基本に作曲されているため。



図 2 2小節分の長さの特徴ベクトルのクラスタリング結果



図 3 黒色で表されるクラスタ中の譜例：アドリブ j の 1, 2 小節目

図 3 は黒色で表されるクラスタに分類された譜例である。この演奏の特徴は、リズムが細かく分割され、音の数が多い点である。音の数が多いことによって、広い音域で上行と下行繰り返す複雑なパッセージが演奏されている。



図 4 赤色で表されるクラスタ中の譜例：アドリブ d の 47, 48 小節目

続いて赤色のクラスタに分類された譜例を図 4 に示す。注目すべきは 2 小節目の第一音と第二音である。これらは伴奏の和音である $D\flat_6$ の構成音にあたる。ヴィブラートの記号があることから、この演奏では解決時の和音の構成音を強調したいことが読み取れる。

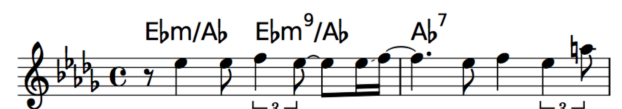


図 5 緑色で表されるクラスタ中の譜例：アドリブ f の 1, 2 小節目

図 5 は緑色のクラスタに分類された譜例である。この演奏の特徴としては、音の数が少ないことと音高がほぼ一定であることの 2 点が挙げられる。これは図 3 の演奏の特徴と真逆の結果となった。

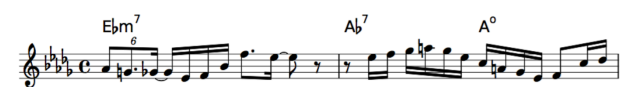


図 6 青色で表されるクラスタ中の譜例：アドリブ b の 61, 62 小節目

図 6 は青色のクラスタに分類された譜例である。この譜

例は、他の譜例とは異なり小節を跨いだ休符が存在する。それぞれの小節の 3 拍目付近に $B\flat$ から F, F から C という上 5 度への跳躍が存在する。これは、他の部分の分散和音を滑らかにつなぐような音の選択とは対照的であり、演奏者が意図的に跳躍を行なった可能性が高い。



図 7 水色で表されるクラスタ中の譜例：アドリブ i の 31, 32 小節目

図 7 は水色のクラスタに分類された譜例である。1 小節目のメロディは最後の音を除いて和音の構成音と、和音の根音に対して短 2 度音のみで構成される。また、最初の 3 つの和音に共通して含まれる $D\flat$ がそれぞれの和音下で用いられている。2 小節目のメロディは $D\flat$ altered scale で構成されている。つまり、この演奏は演奏者が和音の解釈にアレンジを加えた演奏といえる。

他の観点からクラスタを観察することを目的に、アドリブから作成した特徴ベクトルを、主成分分析を行なって 2 次元にプロットした図を図 8 に示す。

図 8 において、プロットされた点の色はクラスタの種類を表し、図 2 で割り当てられた色と同一である。PC1 とラベルづけされた横軸が第一主成分の方向を表し、縦軸の PC2 が第二主成分方向を表す。各クラスタの意味を読み取りやすくするため、表 3 の特徴量の分布する方向を矢線で示した。

この矢線から結果の解釈を行う。PC2 方向では、上側の点ほどコード感が強くなる。また、下側の点ほど間が増える。つまり、第二主成分はアドリブに使われる音の種類に関連している。また、PC1 方向の右側の点ではメロディのジグザグの数が増える。一方、左側の点ではメロディの始まるタイミングが遅くなる。すなわち、第一主成分はメロディの形に関連している。

図 2 において黄色の枠で囲まれた箇所注目する。見やすいように該当部分を抜粋し、8 小節の長さで折り返した図を図 9 に示す。

これを見ると、同じ色で表される演奏が一つおきに出現し

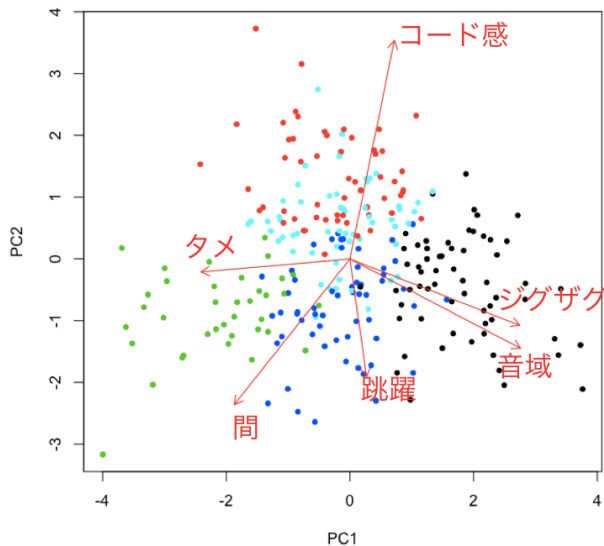


図 8 2小節分の長さの特徴ベクトルの分布

b:1-8小節	■	■	■	■	■
b:9-16小節	■	■	■	■	■
b:25-32小節	■	■	■	■	■
h:1-8小節	■	■	■	■	■
h:9-16小節	■	■	■	■	■
i:1-8小節	■	■	■	■	■
i:9-16小節	■	■	■	■	■
i:25-32小節	■	■	■	■	■
j:1-8小節	■	■	■	■	■
j:25-32小節	■	■	■	■	■

図 9 図 2 の黄色い枠部分を抜粋し、縦に並べたもの

ていることがわかる。この結果は、アドリブとテーマの共通点の表れであり、期待された点の1つである。

ベクトルを作成する際の Slopes の長さの影響を考慮するため、Slopes の長さ 8 小節単位にした時の結果を図 10 に示す。また図 11 に主成分分析の結果を示す。図 10 と図 11 で各クラスターに割り当てられた色は同じである。図 2 や図 8 における色とクラスターに割り当てた意味の関係とは対応していないことに注意。図 11 をもとに、新たに意味と色を対応づけたが、長さが 8 小節だと譜例から特徴を読み取ることが困難であったため、意味づけに譜例は用いていない。図 10 においては、アドリブ a, d, j において、同一アドリブ内で同一クラスターが繰り返される傾向がみられた。

図 11 において、各特徴量の向きを表す矢線から第一主成分と第二主成分の意味を推測すると、図 11 の第二主成分は、図 8 と同様に、使われる音の種類に関連している。第一主成分に関しては、メロディのジグザグは関連しているが、図 8 と違ってタメの大きさが第一主成分に関して影響を与えていないことが読み取れる。

5. 考察

今回分析に用いた Body and Soul という曲は、いわゆる A メロ → A メロ → B メロ → A メロ という構造になっている。この構造を踏まえて図 2 を観察すると、黄色の枠で囲んだ箇所が先ほど述べた A メロの部分に該当していることがわかる。このことより、これらのアドリブにおいては、テーマの構造がアドリブ上で影響を与えていると言える。

同じ図で、Coltrane による f と g のアドリブに着目すると、35 ~ 42 小節や 59 ~ 64 小節では非常に近いパターンでクラスターが推移していることが確認できる。35 ~ 42 小節という位置は、テーマ 1 周分のアドリブが終了し、アドリブの展開を変えることのできるタイミングであると言える。そして、このアドリブにおいて 59 ~ 64 小節という位置は、アドリブの終了に向けて展開を考える必要のある箇所であると言える。このようなアドリブの展開について考慮が必要な箇所と同様のパターンが見られたということより、この 2 つのアドリブにおいては、アドリブの内容があらかじめある程度決められており、演奏者が両者のアドリブで決められていた内容を実現したと考えられる。

図 10 に期待していた結果は、17~24 小節目と 49~56 小節目が他の部分と異なるクラスターになることであった。なぜならこれらは AABA の B にあたり、メロディや和声進行が異なるからである。しかし実際には、演奏者ごとに同じクラスターが集まりやすいという結果が見られた。その理由は、Slopes の長さを長くしたことで、アドリブ中に満遍なく存在するであろう演奏者の個性や演奏方針が特徴ベクトルに現れやすくなったためと推測する。

図 8 と比較すると、図 11 では、タメを表す矢線が縦軸方向に向いていることが確認できる。これは、Slopes の長さを長くしたことで、メロディラインにおけるタメの重要性が相対的に低くなったことが原因として挙げられる。

6. まとめと今後の課題

本研究の目標は、ジャズのアドリブについて、(1) 演奏者間での比較を行うこと (2) テーマとの共通点を考察することの 2 点であった。そのために複数の演奏者によるアドリブを Slopes に分割し、Slopes 毎に作成した特徴ベクトルをクラスターリングによって比較分析した。クラスターリングの結果とテーマの繰り返し部分を照らし合わせると、テーマの繰り返しパターンと同じようにクラスターが繰り返し出現する演奏を複数確認することができた。この結果は、テーマがアドリブの生成に影響を与えるという一般的な意見を補助するものであった。

今後の展望として、演奏者どうしの比較という観点から、今回のようなクラスターリングによる演奏傾向の結果を基に演奏者の師弟関係や共演関係などに関連した分析が可能か

	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	65	
a	赤	赤	赤	赤						赤…コード感(中)
b	青	緑	赤	青	青	緑	赤	赤	青	青…コード感(大)
c	黒	黒	黒	黒	青					水色…間とタメ(中)
d	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤		
e	赤	黒	赤	赤	黒	黒	黒	黒	青	
f	緑	青	緑	緑	青	赤	赤	青	青	緑..間とタメ(大)
g	青	緑	緑	緑	青	緑	赤	緑	青	
h	青	青	青	青						
i	青	青	青	赤						黒…音域広くジグザグ
j	青	青	青	青	青					
k	赤	赤	赤	黒	青	赤				

図 10 8 小節分の長さの特徴ベクトルのクラスタリング結果

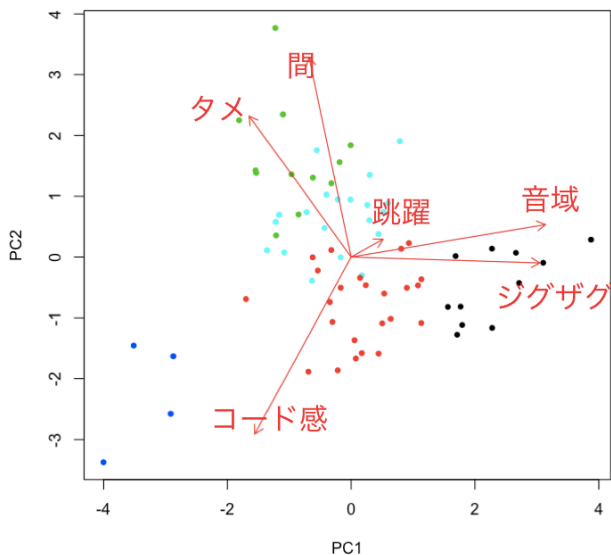


図 11 8 小節分の長さの特徴ベクトルの分布

- ods”, *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research*, 2013.
- [5] Sergio Giraldo, Rafael Ramirez, ”Score Sequence Matching for Automatic Ornament Detection in Jazz Music”, *International Conference on New Music Concepts (IC-NMC)*, 2015.
- [6] Jon Gillick, Kevin Tang ,Robert M.Keller .Learning of Jazz Grammars, *Computer Music Journal*, Vol. 34, No. 3 (Fall 2010), pp. 56-66, MIT press, 2010.

検討している。また、分析の手法を再検討する必要がある。例えば、本研究のクラスタの数は試行錯誤的に設定したものであり、適切なクラスタ数と言える根拠は弱い。さらに、本研究では、分析データとして量子化済みの MIDI ファイルを用いている。これによって実際の演奏における意図的なタイミングのズレやそれに伴って生じるリズム感が失われている。このような適切なクラスタ数や特徴量の再検討が今後の大きな課題である。

謝辞 本研究における分析に利用した Weimar Jazz Database の作成者に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Henry Martin, ”Charlie Parker and Thematic Improvisation”, Scarecrow Press, 1996.
- [2] Gunther Schuller, ”Sonny Rollins and the Challenge of Thematic Improvisation”, *The Musical Worlds of Gunther Schuller* , pp 86-97, Oxford University Press, 1986. (orig. publ. in *The Jazz Review*, Nov. 1958)
- [3] Martin Pfeiderer, Klaus Frieler, Jakob Abeßer, Wolf-Georg Zaddach, Benjamin Burkhart, ”Inside the Jazzomat : New Perspectives for Jazz Research”, Schott Music GmbH and Co. Kg, 2017.
- [4] Jakob Abeßer, Klaus Frieler, Martin Pfeiderer ,Wolf-Georg Zaddach, ”Introducing the Jazzomat project- Jazz solo analysis using Music Information Retrieval meth-