

ポップス系ドラム演奏の打点時刻及び音量とグルーブ感の 関連について (第 2 報)

奥平啓太^{†1} 平田圭二^{†2} 片寄晴弘^{†3,†4}

ポップス系音楽においてドラムのグルーブ感 (groove) は、楽曲全体の印象を変えるような重要な要素の一つと考えられる。我々はこれまで、8 ビートと 16 ビートのリズムパターンの異なるグルーブ感を与えた演奏から、スネア、ベースドラム、ハイハットの打点時刻と音量を測定し、これらのグルーブ感との関連を調べてきた。この結果からグルーブ感の違いは、実際の打点時刻や音量からも読み取ることが出来た。本研究ではさらに、1) ドラム奏者に複数のリズムパターンを与え、このそれぞれについて異なるグルーブ感を与えた演奏、2) 昨今のポップス系音楽で多く見られるゴーストノートを付加した演奏に対して同様の測定を行う。ドラム演奏にこれらの変化を与えることが、各打楽器の打点時刻及び音量とグルーブ感との関連にあたる影響について調べる。

Relationship Between Groove Feeling and the Timing and Loudness of Drum Attacks in Popular Music (second report)

KEITA OKUDAIRA,^{†1} KEIJI HIRATA^{†2} and HARUHIRO KATAYOSE^{†3,†4}

Delicate control of beat timing referred to as “Groove taste” is a crucial factor in formulating impression of popular music. We have been investigating the differences between “tight” and “loose” beats played by a professional drummer, as evident in the results of our variance analysis in our previous paper. In this paper, we are going to show our recent investigations of the relationship between groove taste and rhythmic patterns, whilst also showing an analysis of “ghost note” effects.

1. はじめに

我々はこれまで、最も身近な音楽ジャンルの 1 つであるポップス系音楽におけるリズムのグルーブ感 (groove) に注目し、この定量的な分析に取り組んできた¹⁾。グルーブ感を定量的に分析した結果からこれをモデル化することが可能となれば、ドラム演奏の奏法を解析しジャンルを振り分けることや、著名なドラム奏者のグルーブ感を再現した演奏を生成する際の指標とすることができると考えられる。

一般にグルーブ感とは、リズムに感じる生き生きと

した表情のことであり、ノリとも呼ばれる²⁾。ドラム奏者は、リズムに様々なグルーブ感を付けるために、実際に各打楽器 (ベースドラム、スネア、ハイハットなど) を叩く打点時刻と音量を譜面通りの演奏 (deadpan) に対し様々に変化を付ける (ズラす)。グルーブ感とはドラム奏者の個性を大きく表し、ドラム奏者の数だけグルーブ感があると言っても過言ではない³⁾。

我々の先行研究では、ドラム演奏者が“タイト”と“ルーズ”☆というグルーブ感を与えた演奏において、各楽器の各打点の時刻と音量が deadpan と比較してどのように変化しているかを測定した。プロのドラム奏者に、ルーズとタイトのグルーブ感で演奏してもらい、打点の変化の関係を定量的に分析した結果、タイトなグルーブ感では各打楽器間の打点時刻が 8ms 以内とまとまっており、ルーズなグルーブ感では各打楽器間の打点時刻が 12ms 以上とばらつきがあることが確

☆ 聴感上の印象は、“タイト”がきちんとまとまった・明解なグルーブ感、“ルーズ”がゆったりとした・滑らかなグルーブ感であると言えよう。このような聴感上の印象は多くのドラム奏者の間で共通しており、暗黙知の一例と見なすこともできる。

†1 関西学院大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

†2 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories

†3 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

†4 さきがけ研究 21
PRESTO, JST

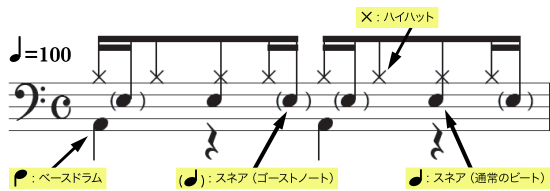


図1 ゴーストノートの記譜 (リズムパターン 1)

認められ、これは聴感上の印象と一致するものであった。

既存のグルーブ感についての記述や考察は、主観的、感性的、エスノメソドロジ的手法に基づくことが多く、定量的科学的な解明は殆ど進んでいない。その中でリズムに関して実演奏からデータを収集し定量的に分析した関連研究としては、著名ジャズドラム奏者のレコード演奏からシンバル打点時刻を抽出しスイング比との関連を調べたもの⁴⁾、ジャズドラム奏者の手の動きとシンバル打点時刻の関連を調べたもの⁵⁾ などがある。

本研究では、ポップス系リズムパターンのドラム演奏において、グルーブ感を実現するために各打楽器の各打点時刻と音量が deadpan と比較してどのように変化しているかを測定するための実験を行う。今回は特に、同様のグルーブ感を表現する際に、1) 異なるリズムパターンを与えた場合、2) 同様のグルーブ感をゴーストノート (後述) を付加して表現した場合のこれらそれぞれについて、グルーブ感と打点の変化の関係にどのような影響を与えるかを定量的に分析する。

2. ゴーストノート

昨今のポップス系音楽のドラム演奏において、ゴーストノート (ghost note) を取り入れたものを耳にする機会が多くなっている。ゴーストノートとは文字通り“オバケの音”で、聞こえるか聞こえないか程度の小さな音量で叩く音を指す。またゴーストノートはグレースノート (grace note) とも呼ばれ、他の音符を装飾して全体としてのノリに躍動感を与える役割があるとされる。ドラム譜上に記譜する場合は、図1中に見られるように括弧で囲んだ音符で記譜する (記譜しない場合もある)。通常のビートと判別するような絶対的な定義はないが、目安としてはフレーズ自体を変えてしまう音ではなく、ニュアンスを変えていく音と考えることができる³⁾。

ゴーストノートのような演奏技法は古くは民族音楽などでも存在していたと考えられており、ポップス音楽にこの概念を広めた存在として、Zeppelin IV (1971) の John Bonham が挙げられている⁶⁾。またこれを巧みに操るドラム奏者としては、Jeff Porcaro,

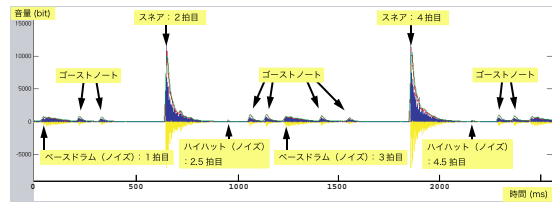


図2 ゴーストノートを含むスネアのエンベロープ (1/L/f-g)

Steve Gadd などが挙げられる。1960年代のモータウン (Stevie Wonder, The Supremes) のドラム演奏からもこれに類する音を確認することができ、ドラム演奏においてゴーストノートは無視できないものである。

図2は、図1の演奏例におけるスネアのエンベロープを示したものである。このようにドラム譜では括弧で囲まれた1つの音符として記譜されるゴーストノートが、実際にはダブルストローク^{*}や、1回のスイングでそれ以上のビートを刻んだものとして演奏されることがある。ゴーストノートは、ドラム奏者によって打点のタイミング・音量やその奏法が異なり、これらが演奏の個性となっている。図2の演奏例では2.5拍目のハイハットの直後と3拍目の直後にゴーストノートが挿入されており、これらはどちらもダブルストロークで演奏されているが、そのビートの時間間隔は異なる。またゴーストノートは通常のビートに対して大幅に小さな音量で演奏されていることが確認できる。ここではゴーストノートをその奏法の特徴から

- スネアによる表現で、通常のビートよりも小さい音量であるもの
- ドラム譜に記されるようなビートではなく、これらの間に装飾的に挿入したもの
- ダブルストロークか、1回のスイングでそれ以上のビートを刻んだもの

のように定義する。

3. ドラム演奏の収録と分析

3.1 リズムパターンと演奏パターン

ドラム演奏について、リズムパターンの違いによる打点の変化、またゴーストノートを付加させることによる打点の変化の分析を行うために、ドラム奏者に以下のような指示を与えた。

- 図3, 4, 5の3つのリズムパターン1, 2, 3を、それぞれテンポ 100 bpm^{☆☆}で演奏する

^{*} 1回のスイングでビートを2回行う奏法。ゴーストノートに限らずドラム譜に記されるような通常のビートにも用いられる。

^{**} beat per minute : 1分間あたりのビート数を表す。本実験では4分音符をビートの基準としている。

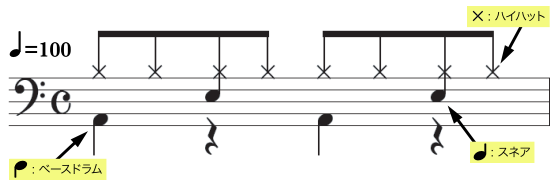


図 3 リズムパターン 1

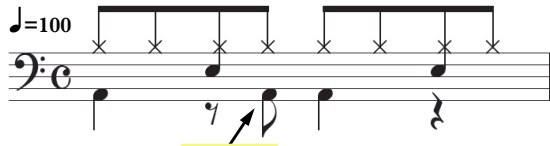


図 4 リズムパターン 2

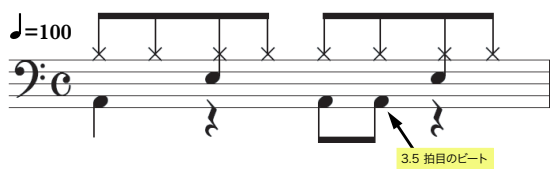


図 5 リズムパターン 3

- 1つのリズムパターンに対して、2種類のグループ感(タイト:T, 及びルーズ:L)と、2種類の音量(フォルテ:f, 及びピアノ:p)の組み合わせである4通りの演奏パターンと、ドラム奏者が、気持ちよく演奏することのできる丁度よい・適度であるとするグループ感及び音量(just)による演奏パターンとの、計5通りの演奏パターンで演奏する
- これら5通りの演奏パターンに加えて、それぞれにゴーストノートを付加した演奏も行う。ゴーストノートはすべて図1のドラム譜に記譜した括弧付きの音符の位置に付加する。以上から1つのリズムパターンに対して、計10通りの演奏パターンを得る
- 1回の演奏は、指示されたテンポ、グループ感、音量、ゴーストノートの有無を保持したままリズムパターンを8回繰り返して行う

本稿では、表1のように収録された30種類のドラム演奏を、[リズムパターンの番号 / グループ感 / 音量 (- ゴーストノート)]の順に表記して識別する。

3.2 ドラム演奏の収録

演奏収録は、digidesign社のPro Toolsを用い、ハイハット、ベースドラム、スネアに対して、それぞれ個別にマイクを配置して各打楽器の音を別トラックに分離して収録した(図6)。すべての演奏収録を通し

表 1 収録演奏を識別する表記法 (リズムパターン 1 の場合)

| グループ感 | 音量 | ゴーストノート | |
|-------|------|---------|----------|
| | | 無 | 有 |
| タイト | フォルテ | 1/T/f | 1/T/f-G |
| | ピアノ | 1/T/p | 1/T/p-G |
| ルーズ | フォルテ | 1/L/f | 1/L/f-G |
| | ピアノ | 1/L/p | 1/L/p-G |
| 適度 | 適度 | 1/just | 1/just-G |



図 6 ドラム演奏の収録風景

て、打楽器配置、マイク位置、Pro Toolsのボリューム設定などの録音状態は一定に保った。ドラム奏者に対しては以下のように演奏するように求めた。

- 全ての演奏において、右手でハイハット、左手でスネア、右足でベースドラムを叩く
- 一定テンポで流れるクリック音(ドンカマ☆)を聴きながら、それに合わせて演奏する
- クリック音にあわせて、グループ間を表現するべく任意の位置から演奏を始める

以上より、各打楽器から分離の良い44.1 KHz, 16 bitのサンプリングデータが得られた。

3.3 打点検出

各打楽器の音の立ち上がりは2.5 ms以内に収まっており、このエンベロープの形状は各打楽器ごとに演奏パターンの違いによる大きな違いが見られなかった。また今回の実験では各楽器音の分離の良い音データが取得されたため、以下のステップによって各打点時刻と音量を算出した☆☆。Step 1. 各打楽器の収録デー

☆ ポップス系音楽を収録する際、テンポを一定に保ったり各演奏パート間のズレをなくすために用いられる。通常ヘッドホンで演奏者に提示される。

☆☆ 通常のポップス系音楽では、ドラム音は他の楽器と同時に鳴っている場合が多く、各打楽器の打点時刻や音量を求めるにはスベ

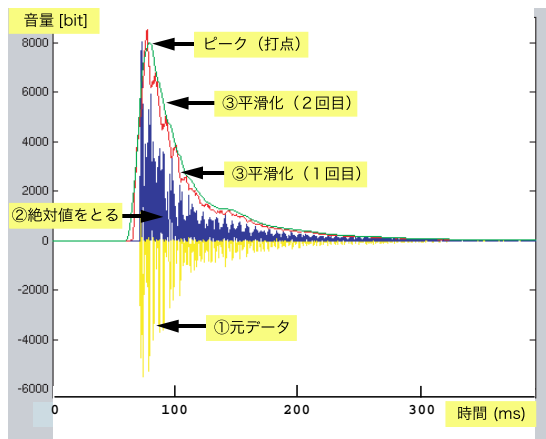


図 7 スネアの打点検出の手順 (1/L/f)



図 8 1/just : 打点時刻のズレ

タに対し、サンプル窓を 500 サンプルとし、1 サンプルずつフレームシフトさせて移動平均をとった。これを 2 回行うことで、各打楽器ごとにエンベロープデータを得た (図 7)。Step 2. 得られたエンベロープについて小節先頭のクリック音打点を deadpan 演奏開始点とし、他の各打点について、対応する deadpan 演奏打点からの時間変化分を計算する。Step 3. 打点音量の算出については、エンベロープデータの極大値 (振幅) をそのまま音量とした。

結果の一部を 表 2, 3 に記す。これらの表の左の列は各打点を表し、アルファベットは、H はハイハット、B はベースドラム、S はスネア、数字は拍の番号である。表 2 の数値は各打点の deadpan に対する時間変化分を 16 分音符に対する割合で表したものである^{*}。表 3 の数値は各打点の音量を表中における最大値に対する割合で表したものである。

4. 考 察

4.1 リズムパターンの違いによる打点の変化

リズムパターンの違いによる打点の変化の關係に注目する。同様のグルーブ感・音量による演奏では異なるリズムパターンにおいてもそのグルーブ感に聴覚上の違いは感じられなかった。図 8 ~10 は、ドラム

⁷⁾ クトル解析を行うなど複雑な処理が必要となる。

^{*} 今回の実験においての演奏はすべて 100 bpm で行ったので、16 分音符の長さは 2400 ms となる。

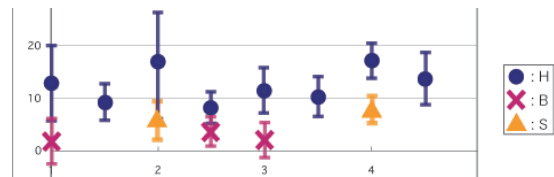


図 9 2/just : 打点時刻のズレ

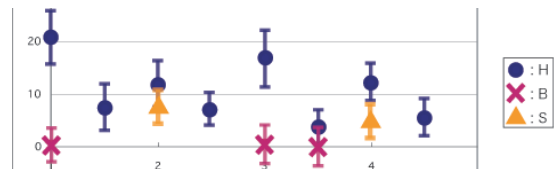


図 10 3/just : 打点時刻のズレ

奏者が丁度よいと考えるグルーブ感及び音量による演奏パターン (just) を例に打点検出の結果をグラフ化したもので、横軸は拍を、縦軸は各打点の deadpan に対する時間変化分を 16 分音符に対する割合を百分率で示したものである。●, ×, ▲はそれぞれ、ハイハット (H)、ベースドラム (B)、スネア (S) の平均値 (正の数値は遅れていることを示す) を示し、上下の線分は標準偏差の間隔を示す。これらの図から読み取れるリズムパターンの違いによる打点の変化は、ドラムパターン 1 を基準とした場合、これに新たに加えたベースドラムの打点の周辺に多く現れており、この存在がこれ以外の打点に大きく影響するものであると考えられる。この傾向は他の演奏パターンでも見られた。本実験で新たに分析を行ったドラムパターン 2 と 3 について、ベースドラムの打点に注目すると、特徴はそれぞれ以下ようになった。

● リズムパターン 2

just では 1 拍目と 3 拍目の打点時刻の deadpan からのズレは、この値の差が 2 % 以内に取りっており同程度のタイミングで演奏されていた。タイトでは 1 拍目と 2.5 拍目でこの値の差が 3 % 以内で、1 拍目のビートに対して 2.5 拍目のビートの打点時刻が 6 ~ 9 % さらに大きな値をとっていた。ルーズでは 1 拍目に対して 2.5 拍目のずれが 16 分音符基準で 7 ~ 11 % 遅く、1 拍目に対して 3 拍目は 2 ~ 7 % 早く確認された。音量に関してはすべての演奏パターンで 1 拍目と 3 拍目が同程度で、2.5 拍目がこれらに対して 7 ~ 8 割程度の大きさとなっていた。

● リズムパターン 3

グルーブ感に関してすべての演奏パターンで打点時刻の deadpan からのズレは、この値の差が前

表 2 打点時刻の deadpan に対するズレ (16 分音符を基準とした百分率) [単位: %]

| pattern | リズムパターン 1 | | リズムパターン 2 | | リズムパターン 3 | | | | | | | |
|---------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | just | just-G | just | just-G | just | just-G | T/f | T/f-G | L/f | L/f-G | L/p | L/p-G |
| H:1.0 | 14.76 | 5.35 | 12.75 | 5.43 | 20.16 | 3.46 | 10.76 | 3.82 | 22.50 | 15.99 | 15.52 | 10.98 |
| H:1.5 | 7.34 | 4.38 | 9.05 | 2.38 | 7.24 | 2.13 | 8.48 | -0.12 | 20.80 | 14.64 | 11.67 | -3.27 |
| H:2.0 | 14.34 | 6.69 | 16.55 | 4.01 | 12.29 | 1.70 | 17.33 | 5.22 | 26.30 | 19.24 | 23.02 | 9.73 |
| H:2.5 | 8.97 | 0.61 | 7.95 | 1.12 | 7.43 | 1.53 | 7.71 | 4.22 | 22.67 | 15.91 | 14.01 | 0.86 |
| H:3.0 | 16.44 | 5.75 | 11.42 | 3.05 | 17.08 | 1.79 | 10.26 | 2.81 | 19.57 | 17.01 | 20.74 | 0.11 |
| H:3.5 | 6.82 | 2.03 | 10.12 | -2.34 | 3.93 | -0.77 | 6.85 | 0.25 | 17.31 | 14.42 | 15.24 | -2.18 |
| H:4.0 | 13.67 | 5.68 | 17.40 | 0.85 | 11.50 | -2.76 | 14.42 | 3.90 | 27.74 | 22.52 | 24.30 | 5.61 |
| H:4.5 | 9.75 | 0.37 | 13.86 | 3.50 | 5.72 | -2.92 | 5.91 | 1.33 | 25.60 | 11.14 | 18.78 | -1.84 |
| B:1.0 | 4.46 | -4.37 | 2.12 | -4.77 | 0.64 | -6.78 | 1.38 | -6.86 | 10.81 | 4.47 | 11.02 | 7.87 |
| B:2.5 | — | — | 3.59 | -3.87 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B:3.0 | 2.98 | -6.33 | 2.00 | -6.39 | 0.84 | -7.90 | -0.86 | -4.59 | 11.17 | 4.74 | 10.40 | -10.93 |
| B:3.5 | — | — | — | — | -0.43 | -5.07 | -0.93 | -6.21 | 9.14 | 10.83 | 12.78 | -5.35 |
| S:2.0 | 8.45 | -0.82 | 5.57 | -3.33 | 6.84 | -4.73 | 6.09 | -0.53 | 14.99 | 12.53 | 18.12 | 4.34 |
| S4.0 | 8.75 | -1.55 | 7.29 | -7.28 | 4.61 | -6.87 | 3.29 | -1.50 | 17.79 | 9.92 | 19.16 | -1.47 |

表 3 打点時刻の deadpan に対するズレ (音量の最大値を基準とした百分率) [単位: %]

| pattern | 1 | | 2 | | 3 | | | | | | | |
|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | just | just-G | just | just-G | just | just-G | T/f | T/f-G | L/f | L/f-G | L/p | L/p-G |
| H:1.0 | 9.08 | 10.55 | 10.12 | 10.52 | 8.48 | 8.88 | 10.96 | 9.64 | 8.98 | 10.59 | 3.87 | 3.95 |
| H:1.5 | 2.06 | 1.80 | 3.72 | 1.84 | 2.31 | 2.42 | 4.69 | 4.68 | 3.53 | 2.13 | 1.16 | 1.13 |
| H:2.0 | 11.70 | 13.98 | 12.94 | 14.50 | 12.49 | 12.51 | 14.50 | 14.56 | 13.16 | 13.42 | 5.23 | 4.58 |
| H:2.5 | 2.29 | 1.92 | 4.91 | 3.50 | 2.90 | 2.90 | 5.74 | 5.15 | 3.76 | 2.32 | 1.24 | 1.14 |
| H:3.0 | 8.53 | 10.18 | 9.39 | 9.60 | 7.92 | 8.52 | 10.03 | 9.56 | 8.06 | 9.54 | 3.86 | 3.82 |
| H:3.5 | 2.07 | 1.82 | 3.04 | 1.92 | 3.33 | 3.32 | 6.40 | 6.28 | 5.45 | 5.35 | 1.64 | 1.75 |
| H:4.0 | 11.85 | 14.11 | 13.69 | 14.34 | 12.41 | 12.31 | 14.18 | 14.19 | 12.26 | 12.86 | 4.93 | 4.91 |
| H:4.5 | 2.32 | 2.06 | 4.00 | 2.23 | 3.01 | 2.76 | 5.96 | 5.46 | 4.00 | 2.41 | 1.26 | 1.15 |
| B:1.0 | 66.99 | 77.84 | 77.46 | 79.02 | 64.06 | 62.74 | 86.22 | 91.49 | 94.51 | 100.00 | 36.72 | 40.22 |
| B:2.5 | — | — | 56.26 | 59.46 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B:3.0 | 65.15 | 76.17 | 75.93 | 77.90 | 58.59 | 57.44 | 79.48 | 85.67 | 90.60 | 98.05 | 31.55 | 32.13 |
| B:3.5 | — | — | — | — | 55.32 | 52.36 | 80.36 | 82.29 | 93.84 | 95.46 | 35.58 | 36.54 |
| S:2.0 | 28.50 | 31.68 | 34.17 | 34.83 | 32.26 | 31.05 | 33.34 | 34.99 | 34.15 | 36.58 | 13.35 | 12.95 |
| S:4.0 | 29.55 | 33.23 | 34.12 | 35.06 | 33.59 | 30.00 | 33.26 | 35.24 | 38.39 | 31.49 | 12.46 | 13.17 |



図 11 1/just-G : 打点時刻のズレ

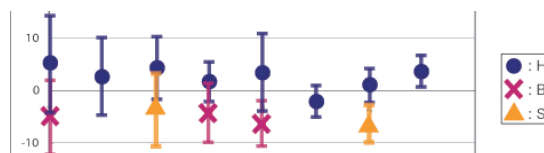


図 12 2/just-G : 打点時刻のズレ

後 2 % 以内と大きくは変わらず、音量に関してもその大小関係に法則性は認められず、すべてのビートでほぼ同じ大きさとなっていた。

4.2 ゴーストノートの付加による打点の変化

ゴーストノートを付加することによる打点の変化の關係に注目する。同じリズムパターン、グループ感、音量でゴーストノートを付加することで演奏の聴覚上の印象は、これ以外の通常のビートが際だたされたように感じられ、タイト、ルーズの演奏ではそのグループ感がより強調されているように聞こえた。図 11、

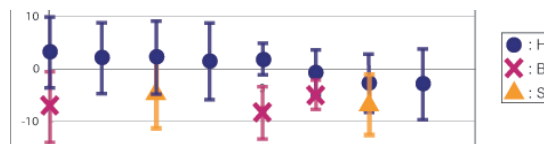


図 13 3/just-G : 打点時刻のズレ

12, 13, は打点検出の結果の一例で、それぞれ図 8, 9, 10 に対応し、同様の方法で示したものである。図 14, 15, 16, はドラム奏者が丁度よい考えるグループ感及び音量による演奏パターンを例に、ゴースト

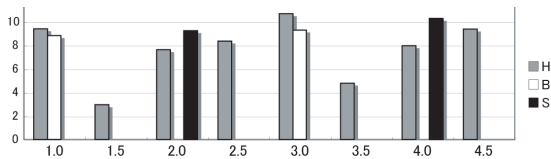


図 14 1/just と 1/just-G との差分

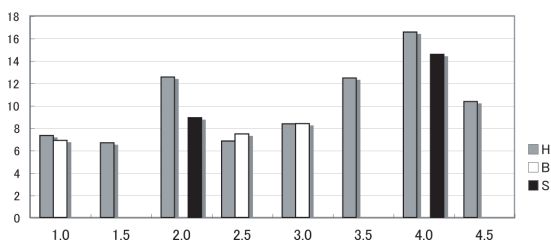


図 15 2/just と 2/just-G との差分

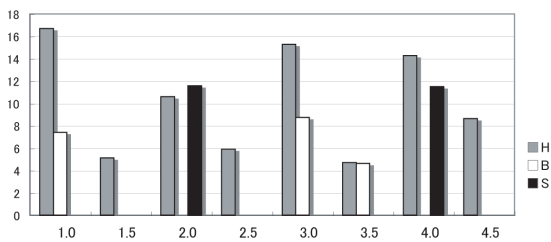


図 16 3/just と 3/just-G との差分

ノートを付加しない演奏に対するこれを付加した演奏における打点時刻の平均値の差分を各打楽器ごとに示したもので、打点時刻が早まった場合を正の値として16分音符に対する割合で表したものである。これらから読み取れるようにゴーストノートを付加した上でこれを付加しないのと同様のグループ感を表現するのに、すべての打楽器で打点時刻を早めていることが確認できる。今回の実験でゴーストノートを付加することで打点時刻が遅くなったものは以下のもののみで、その差は1/L/pに対して1/L/p-Gの1拍目のベースドラムが4.6%、3拍目のベースドラムが5.3%、3/L/fに対して3/L/f-gの3拍目のベースドラムが1.7%あった。また各打楽器の打点時刻の標準偏差はゴーストノートを付加することで1~3%増加しており、若干打点時刻にばらつきが多くなった。音量に関してはゴーストノートを付加することによる大きな変化は確認できなかった。

5. おわりに

本論文では、ポップス系音楽におけるドラム演奏の打点時刻及び音量とグループ感の関連について調べた。プロのドラム奏者に3種類のリズムパターンを、気

持ちよく演奏できるグループ感およびルーズ、タイトのグループ感を表現するべく演奏してもらいこれらを比較した。またグループ感をもたらす重要な要素であるゴーストノートを付加することによる変化について調べた。これらから異なるリズムパターンを与えた場合やゴーストノートを付加した演奏に対して、打点の変化の傾向や音どうしの関連性を見いだすことができた。これらの関連性はドラム奏者がグループ感を表現する際の指標とすることや、ドラム奏法のジャンル分けにもつなげることができ、これらを法則にまで高めるのが今後の課題となる。グループ感についてモデル化することが可能となれば、自然なドラム演奏を生成することも可能になると考えられる。

今後は他の楽器との兼ね合いによる各打楽器の打点時刻や音量の関係、ゴーストノートの奏法について分析を進めていきたい。さらにアナリシス・バイ・シンセシスの実験法を取り入れて、グループ感についてのモデルを構築したい。またこれを用いた演奏生成システムの開発へと発展させていきたい。

謝辞 本研究の実験計画にあたり、津田塾大学の青柳龍也助教授の助言を得ました。

参考文献

- 1) 奥平啓太, 平田圭二, 片寄晴弘. ポップス系ドラム演奏の打点時刻及び音量とグループ感の関連について. 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究会報告, Vol. 56, , 2004.
- 2) Charles Keil. Motion and feeling through music. In *Music Grooves, Charles Keil and Steven Feld (Eds)*, pp. 53-76, 1994.
- 3) 菅沼道昭他. リズムドラム・マガジン直伝 巧リッターミュージック・ムック, 2003.
- 4) Anders Friberg and Andreas Sundstrom. Swing ratios and ensemble timing in jazz performance: Evidence for a common rhythmic pattern. *Music Perception*, Vol. 19, No. 3, pp. 333-349, 2002.
- 5) Carl Haakon Waadeland. Analysis of jazz drummers' movements in performance of swing groove - a preliminary report. In *Proc. of the Stockholm Music Acoustics Conf. (SMAC 03)*, pp. 573-576, 2003.
- 6) Keith Cronin. Drum grooves of doom. <http://www.keithcronin.com/groovedoom.html>.
- 7) 後藤真孝, 村岡洋一. 音楽音響信号に対するビートトラッキングシステム. 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告, Vol. 49, , 1994.