

図 4.21: バスドラム 1 拍目 打点時刻ずれの標準偏差・打点音量の平均・分離曲線

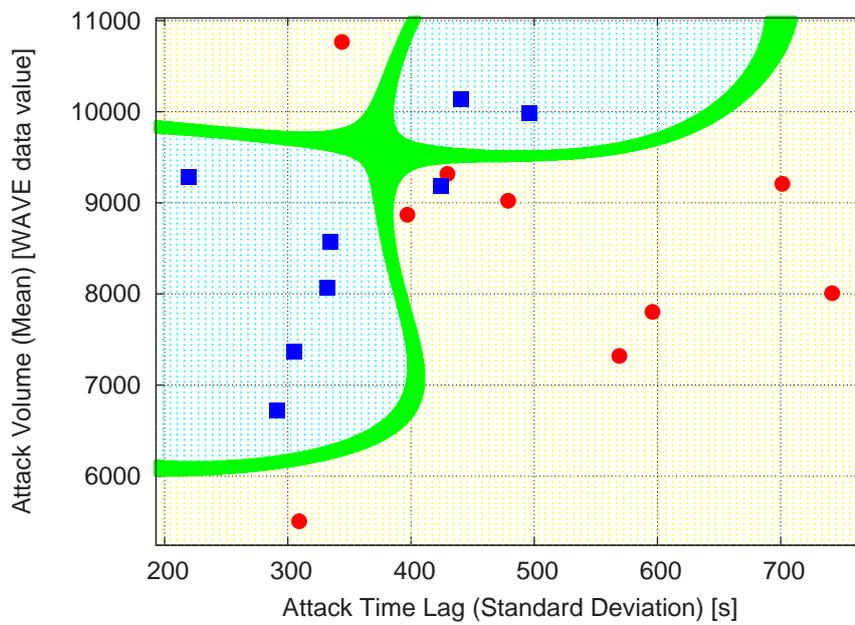


図 4.22: バスドラム 3 拍目 打点時刻ずれの標準偏差・打点音量の平均・分離曲線

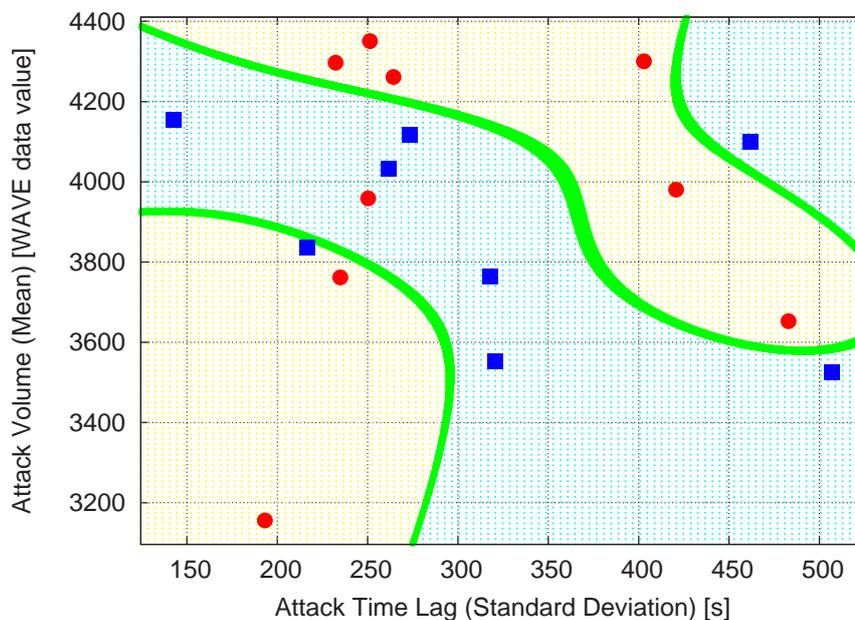


図 4.23: スネアドラム 2 拍目 打点時刻ずれの標準偏差・打点音量の平均・分離曲線

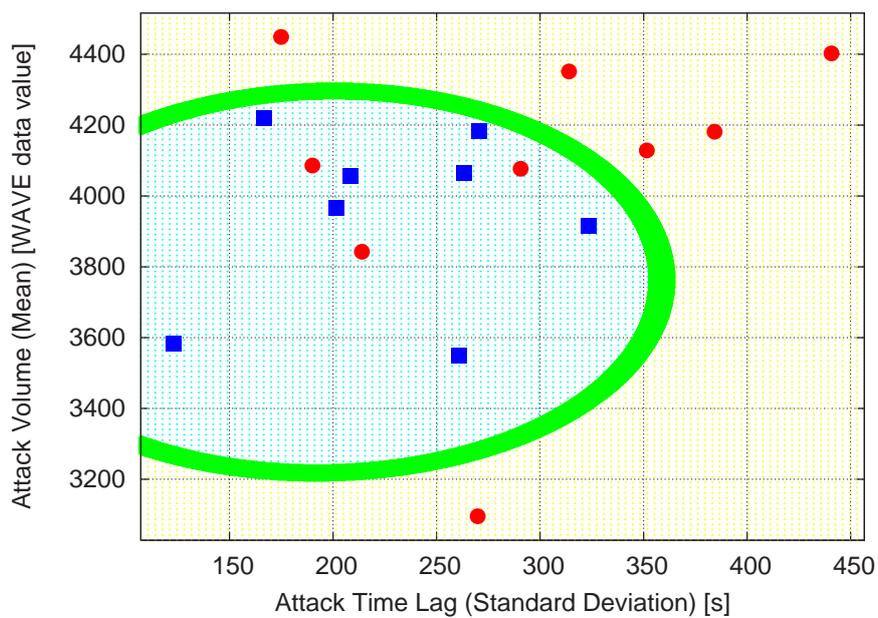


図 4.24: スネアドラム 4 拍目 打点時刻ずれの標準偏差・打点音量の平均・分離曲線

4.4.5 考察 — グルーヴ感の分布について

以下、図 4.13～図 4.24 で示した分離曲線によるグルーブ感の分類状況についての考察を行う。全般的に言えることとして、次のような傾向が挙げられる。ただし、これらはあくまで傾向であり、例外を含むものである。

1. 図の左上方向、つまり打点時刻ずれの標準偏差が小さくなり打点音量の平均が大きくなるような方向に、タイトなグルーブ感に分類される領域が広がる傾向がある。
2. タイトなグルーブ感に分類される領域は小さくまとまっている傾向があるのに対して、ルースなグルーブ感に分類される領域は広く分散している傾向がある。

まず、上記の傾向 1 について述べる。図 4.13～図 4.24 を見渡すと、全般的に図の左上の方に青く塗られた領域が広がっているものが多いことに気づく。図の左上の方向というのは、打点時刻ずれの標準偏差が小さく打点音量の平均が大きくなる方向であり、また、表 4.10 の凡例に示した通り、青く塗られた領域はタイトなグルーブ感に分類される領域である。このことから、多くの楽器・打拍において、タイトなグルーブ感の方がルースなグルーブ感に比べて打点時刻ずれの標準偏差が小さくなり、また打点音量が大きくなる傾向にあることがわかる。しかし、一部例外も存在し、ハイハットシンバル 1.5 拍目（図 4.14）・ハイハットシンバル 4.5 拍目（図 4.20）・スネアドラム 2 拍目（図 4.24）では、タイトに分類される領域が図の右方向を含めて全体的に拡散してしまっている。

次に、傾向 2 について述べる。同様に図 4.13～図 4.24 を見渡すと、青く塗られた領域（タイトなグルーブ感に分類される領域）が黄色く塗られた領域（ルースなグルーブ感に分類される領域）に比べて面積が狭く、コンパクトに閉じてまとまっているケースが多い。特に、ハイハットシンバル 4 拍目（図 4.19）・バスドラム 3 拍目（図 4.22）などでその傾向が顕著であり、面積はやや広いが閉じてまとまっているという意味ではスネアドラム 4 拍目（図 4.24）もこれに該当する。しかし、ここでもハイハットシンバル 1.5 拍目（図 4.14）・ハイハットシンバル 4.5 拍目（図 4.20）・スネアドラム 2 拍目（図 4.24）の 3 つの打拍は例外であり、タイトなグルーブ感に分類される面積はルースなグルーブ感に分類される面積よりも広い。

以上の 2 つの傾向から，グルーブ感による演奏の違いについて，タイトなグルーブ感はルースなグルーブ感に比べて，

- 演奏時の打点の時刻のばらつきが少ない
- 複数回演奏を行った際にも演奏パターンが安定しており，演奏回の間での演奏内容の差が小さい

ということがわかる．これらは「タイト (Tight)」という言葉が本来持ち合わせている「しっかりしている」「束縛」といった意味とも合致し，妥当な解析結果であると言える．

一方，例外となっていたハイハットシンバル 1.5 拍目 (図 4.14)・ハイハットシンバル 4.5 拍目 (図 4.20)・スネアドラム 2 拍目 (図 4.24) の 3 つの打拍について考察を行うと，これらはいずれも位置的に近い関係にあり¹，さらに，特に 2 つのハイハットシンバルの打拍は小節の境界線付近に集まっている．これらの事実から，小節の境界線部分では他の部分の打拍と比べてドラム奏者のグルーブ感に対する意識が変化しているという仮説を立てることができる．また，3.3 節にて述べたように本実験では図 3.3～図 3.6 に示した 4 種類のドラムパターンの演奏を解析データとして扱っているが，これらはバスドラムのパターンが異なっているので，ハイハットシンバル 1.5 拍目・ハイハットシンバル 4.5 拍目・スネアドラム 2 拍目の 3 つの打拍の演奏はバスドラムの演奏の変動により受ける影響が他の楽器・打拍に比べて特に大きくなっている，という可能性も考えられる．

¹連続する 2 小節を考えれば，ハイハットシンバル 4.5 拍目の 1 拍分先は次の小節のハイハットシンバル 1.5 拍目ということになる．

第5章 結論

本章では、5.1 節において本研究全体のまとめを述べ、それを踏まえて 5.2 節では今後の課題を述べる。

5.1 まとめ

本研究では、人間のドラム演奏に内在するグルーブ感について、Support Vector Machine (SVM) を用いることによって従来の研究よりもさらに客観的かつ定量的な解析を試みた。

具体的には、まずプロのドラム奏者による演奏音源中の打点を検出し、仮想メトロノームの位置を決定することにより、各楽器・各打拍における打点時刻ずれと打点音量を抽出した。そして、約 8 小節ずつで構成される各曲において、次の 4 種類の特徴の値をそれぞれ算出した。

- 打点時刻ずれの平均
- 打点音量の平均
- 打点時刻ずれの標準偏差
- 打点音量の標準偏差

これらを各次元の値とする 4 次元の入力ベクトル群について、線形 SVM およびカーネルトリックを用いた非線形 SVM による線形分類を行い、ルースとタイトという 2 種類のグルーブ感を分類するための分離超平面ならびに分離超曲面を生成した。また、生成された分離超平面の方程式における各次元の係数を比較し、特に分類に寄与していると判明した上位 2 種の次元について、カーネルトリックを用いた非線形 SVM により詳細な分離曲線の生成を行った。

4次元の入力データ群に対する線形・非線形の分類では、各楽器・各打拍においてそれぞれクロスバリデーションによるパラメータチューニングを行い、グルーヴ感の分類を試みた。その結果、線形分類・非線形分類ともに各楽器・各打拍の各平均正解率の大部分が80%台後半～100%という高い水準でそれぞれ分類を行うことができた。これにより、ハイハットシンバル・バスドラム・スネアドラムのどの楽器についてもグルーヴ感による演奏の差が確認された。そして、線形分類と非線形分類の正解率の差はほとんどなく、4次元特徴空間であれば線形分類であっても十分な分類が行えることが示された。

また、線形分類の際の分離超平面の方程式における各次元の係数の絶対値の比較により、特に打点時刻ずれの標準偏差がグルーヴ感を分類する最も重要な要因となっていることが判明し、その次に重要であると判明したのは打点音量の平均であった。

さらに、グルーヴ感の分類に重要とされた上記2次元を入力ベクトル群とする非線形分類では、各楽器・各打拍の各平均正解率が70%台前半～100.0%という水準でそれぞれ非線形分類を行い、その様子を図示することができた。その結果、一部の例外を除き全般的には、ルースなグルーヴ感の演奏に比べてタイトなグルーヴ感の演奏の方が演奏内の打点時刻のばらつきが少なく、また複数回の演奏を行った際にも安定した演奏が行われていることがわかった。一方、分類正解率は4次元特徴空間での分類を行った際に比べて低いものとなった。

今回の実験における結果から得られた知見としては、大きくは次の2つが挙げられる。

- グルーヴ感と打点時刻ゆらぎの関係性
- グルーヴ感の分類における線形分類・非線形分類の性能差

まず、グルーヴ感と打点時刻ゆらぎの関係性について説明する。4.2.3節に示したとおり、今回の実験では、ルースとタイトのグルーヴ感を分類する際に、打点時刻ずれの標準偏差、すなわち打点時刻のゆらぎが特に大きな要因になっているということが判明した。また、4.4.4節に示したとおり、タイトなグルーヴ感の演奏の方が全般的に安定しているということもわかった。このことは、グルーヴ感を表している「ルース (Loose)」「タイト (Tight)」という言葉が本来反対語の関係として持ち合わせている

- まったりした ↔ カッチリした

- 解放 ↔ 束縛
- ゆらぎの有無

といったニュアンスの差異がドラム演奏によってグルーブ感として確かに表現されているという事実を、定量的に証明したと言える。関連研究においても打点時刻のゆらぎとグルーブ感の関係は示唆されているが、本研究の結果は、よりシステマティックな手法によってその関係の重要性を客観的・定量的に追認するものであるとすることができる。

次に、グルーブ感の分類における線形分類・非線形分類の性能差について述べる。4.3.5 節にて示した通り、4次元特徴空間におけるグルーブ感のルース・タイトの分類に関しては、線形 SVM による分類と非線形 SVM による分類では分類正解率に大きな差は生じず、線形 SVM によるシンプルな分類方法であっても高い正解率となった。今回のグルーブ感の分類に関しては、4次元特徴空間ならばシンプルな線形分類でも十分に分類可能であるということを示していると言える。

一方、4.4 節にて行った 2次元特徴空間における分類では、非線形分類を行ったにもかかわらず、正解率は 4次元特徴空間における線形分類のものよりも低くなった。しかしながら、2次元特徴空間にて分類を行ったことによりグルーブ感の分布を視覚的に図示することができたことは有意義であると考えられる。

5.2 今後の課題

本研究の結果を踏まえ、今後の課題としては次のようなことが挙げられる。

物理パラメータとグルーブ感の写像関係のさらなる追及

5.1 節にて述べたように、グルーブ感による物理パラメータの制御を可能にするためには、より多くの演奏データを用いて解析を行う必要があると考えられる。また、今回は打点時刻ずれと打点音量の平均・標準偏差を特徴量として分類を試みたが、より詳細な解析を行うためには、より多くの特徴量を用いることによりグルーブ感の分類を行う必要があると考えられる。

グルーブ感を再現する自動演奏システムの構築

上記の通り、物理パラメータとグルーブ感の関係性の解析がより進めば、その結果を応用して、グルーブ感の微妙なニュアンスの違いを再現する自動演奏システムの構築が可能になる。そこでは、例えばルースとタイトの中間のようなグルーブ感の演奏や、よりルースの程度を強めたグルーブ感の演奏などといった演奏の自動生成が可能になると考えられる。

CD などの既存の演奏音源からのドラム打点の抽出と解析

本研究では、ドラムだけの演奏音を採取することによってドラム演奏の解析を行ったが、この手法では実行に膨大なコストがかかるため、解析する演奏データを増やすことは容易ではない。そこで、CD などの既存の演奏音源からドラムの打点だけを抽出することができれば、ドラム演奏のデータをほぼ無限に採取することが可能となる。例えば、吉井・後藤・奥乃ら [23, 24] による研究では、単一テンプレート適応法などを応用した音源同定技術の研究が行われており、この技術により現時点では約 80% のドラム打点を CD などの音源から抽出し自動採譜などの加工を行うことが可能であるとされている。こうした技術がより進歩すれば、それと組み合わせることによってドラム演奏をより多角的に解析することが可能になると考えられる。

他の楽器への応用

本研究にて行ったような、発音時刻や音量に注目した解析手法は、ドラムに限らず様々な楽器に応用が可能であると考えられる。多くの楽器の場合はドラムと違って「音

程」という概念が別に存在するが、この音程のずれやゆらぎといったものも、その楽器の演奏におけるグルーブ感を生み出す要因になることが予想されるため、音程に関するパラメータを特徴量として発音時刻や音量などに追加して解析を行うことは有意義であると考えられる。

参考文献

- [1] Curtis Roads (著), 平田圭二, 青柳龍也, 小坂直敏, 堀内靖雄 (共訳) : “コンピュータ音楽 – 歴史・テクノロジー・アート”. 東京電機大学出版局, pp.803–844 (2001)
- [2] ヤマハシンセサイザー & ミュージックプロダクション : “YAMAHA XGworks ST Trial”.
<http://www.yamaha.co.jp/product/syndtm/dl/trial/xgwstw/index.html>
- [3] “レッド・ツェッペリン – Wikipedia”. フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』,
<http://ja.wikipedia.org/>
- [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] 辻靖彦, 西方敦博 : “リズムと打拍フォームの同時測定に基づく打楽器の演奏分析”. *電子情報通信学会論文誌, J-88-D-I, 1*, pp.99–107 (2005)
- [7] 河瀬諭, 中村敏枝, 長岡千賀, Maria R Draguna : “音楽における「グルーブ感」をもたらす諸要因”. *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2001 論文集*, pp.371–374 (2001)
- [8] 河瀬諭, 中村敏枝, 長岡千賀, Maria R Draguna, 片岡智嗣, 結城牧子 : “グルーブ感をもたらす演奏の特徴に関する音楽心理学的研究”. *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2003 論文集*, pp.273–276 (2003)

-
- [9] 河瀬諭：“音楽における「グルーブ感」の定量的研究”，大阪大学大学院 人間科学研究科 人間科学専攻 修士論文 (2003)
- [10] 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ブ感の関連について”. 情報処理学会 第 56 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2004-MUS-56, pp.21-26 (2004)
- [11] 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ブ感の関連について (第 2 報)”. 情報処理学会 第 59 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2005-MUS-59, pp.27-32 (2005)
- [12] 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ブ感の関連について (第 3 報) – データの基礎的分析とドラム演奏生成システムの実装 –”, 情報処理学会 第 64 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2006-MUS-64, pp.53-58 (2006)
- [13] 奥平啓太：“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 – データの基礎的分析とドラム演奏生成システムの実装 –”, 関西学院大学大学院 理工学研究科 物理学専攻 修士論文 (2006)
- [14] Corinna Cortes and Vladimir Vapnik：“Supportvector networks”. Machine Learning, Vol.20, No.3, pp.273-297 (1995)
- [15] 麻生英樹, 津田宏治, 村田昇：“統計科学のフロンティア 6 パターン認識と学習の統計学 新しい概念と手法”. 岩波書店, pp.107-118 (2003)
- [16] Nello Cristianini, John Shawe-Taylor (著), 大北剛 (訳): “サポートベクターマシン入門”. 共立出版 (2005)
- [17] Digidesign：“Pro Tools”. <http://www.digidesign.com/>
- [18] 戸田浩：“研究のためのプログラミング”. C MAGAZINE 2000 年 10 月号, pp.58-91 (2000)
- [19] 足立修一：“MATLAB によるデジタル信号とシステム”. 電気大出版局 (2002)

-
- [20] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin : “LIBSVM - A Library for Support Vector Machines”. (2001) Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>
- [21] Chih-Wei Hsu, Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin : “A Practical Guide to Support Vector Classification”. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/guide/guide.pdf>
- [22] Keerthi, S. S. and C.-J. Lin : “Asymptotic behaviors of support vector machines with Gaussian kernel”. *Neural Computation* 15 (7), pp.1667–1689 (2003)
- [23] 吉井和佳, 後藤真孝, 奥乃博 : “テンプレート適応を利用した実世界の音楽音響信号に対するドラムスの音源同定”. 情報処理学会 第 53 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2003-MUS-53, pp.55–60 (2003)
- [24] 吉井和佳, 後藤真孝, 奥乃博 : “単一テンプレート適応法による音楽音響信号を対象としたハイハットシンバルの音源同定”. 情報処理学会 第 54 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2004-MUS-54, pp.49–56 (2004)
- [25] 渡辺哲朗, 近山隆 : “ドラム演奏のグルーブ感の解析”. 情報処理学会 第 67 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2006-MUS-67, pp.27–32 (2006)

発表文献

- [1] 渡辺哲朗, 近山隆: “ドラム演奏のグルーブ感の解析”, 情報処理学会 第 67 回音楽情報科学研究会 研究報告, 2006-MUS-67, pp.27-32 (2006)

謝辞

本修士論文は、東京大学大学院 新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻 近山・田浦研究室において執筆されたものです。本論文の執筆にあたり、数多くの方々にお世話になりました。

指導教員である近山教授には、この論文を執筆するにあたり、様々な局面におきまして大変お世話になりました。近山先生のご指導のおかげで、本論文を完成させることができました。心より御礼申し上げます。

また、田浦助教授・横山助手には、研究内容や研究生活に関する有益なアドバイスを数多くいただきました。

研究室の先輩の皆様にも、様々な場面で大変お世話になりました。特に博士2年の三輪さんには、研究の方針やプログラミングに関する相談など、時には夜通しになりながら、いつも親身に大変丁寧なご指導をいただきました。

研究室の同期の仲間とは、お互いに切磋琢磨し、つらい時期にはお互い励まし合いながら、この二年を過ごして来ました。同じ悩みを分かち合える同志の皆の存在があったからこそ、ここまでたどり着くことができました。

本研究にて扱いました演奏音源データは、NTT 基礎科学研究所の平田圭二氏よりご提供いただきました。また、関西学院大学大学院 理工学研究科 物理学専攻の片寄晴弘教授、ならびに大阪大学大学院 人間科学研究科 人間科学専攻の河瀬諭氏より、関連研究に関する資料をご提供いただきました。

その他、研究室の皆様・秘書の皆様・専攻の皆様にも、大変お世話になりました。

以上の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

最後に、私を支えてくださった友人と家族に心から感謝します。ありがとうございました。

平成 19 年 1 月 31 日

渡辺 哲朗