

発音時刻とアクセントパターンに基づくグルーブ達成度評価システム*

上嶋 秀典 (法政大学 情報科学部), 伊藤 克亘 (法政大学 情報科学部)

1 序論

リズムに関する音楽表現のひとつとして、グルーブと呼ばれるものがある。本研究では、発音時刻や、音量に変化をつけることによって生まれるタイトとルーズと呼ばれるグルーブ [1] を対象とする。

楽譜には発音時刻のズレや、アクセントの情報がないため、演奏者はどのようにして発音時刻のズレやアクセントを付けてよいかわからないため、このような特徴を持った演奏を行うことが難しい。

そこで、本研究では発音時刻のズレとアクセントパターンによるグルーブのモデルを作り、目標音源とシステム利用者の演奏のモデルを比較し、楽譜に可視化する練習システムを提案する。

2 発音時刻のズレとアクセントパターンに基づくグルーブのモデル化

発音時刻のズレとアクセントパターンによるグルーブのモデル化を行う。発音時刻のズレについては、仮想発音時刻と実際の発音時刻との相対誤差を 16 分音符毎の平均を求める。アクセントパターンについては、アクセントの有無の 2 パターンとし、音符毎に求める。

3 発音時刻のズレの計測

3.1 beat spectrum を用いたテンポ解析

仮想の発音時刻の決定のために、対象の音響信号のテンポ解析を行う。本研究では、Foote らが提案する beat spectrum を用いてテンポ解析を行う。[4]

beat spectrum で求められたピークから、大きいピークの点から楽譜で既定の 4 分音符の長さよりも近いピークを無視し、残ったピークを 1 小節の長さの候補列とする。楽譜の情報からテンポは既知であるため、beat spectrum の各ピークの中で正確な 1 小節の長さに近いピークを選択することで、演奏音源の実際のテンポの推定を行う。

3.2 HFC の時間変動を用いた発音時刻推定

発音時刻検出には様々な特徴量を用いた方法があるが、本研究ではドラム音を対象としているので、打楽器の発音時刻推定に適した高周波成分に重み付けを行った特徴量 (HFC) の時間変動による方法 [2] を利用する。短時間フーリエ変換によって得られたスペクトルを X_i とすると HFC は

$$hfc = \sum_{i=1}^N i |X_i| \quad (1)$$

で求められる。これを音響信号に対してフレーム毎に行い、ピークの点を発音時刻とする。また、図.1 は対象の音響信号の HFC の時間変動を求めたものである。

図.1 では、楽譜上の各音符に対応してピークが発生している。本研究が対象とする演奏は音符の最小単位

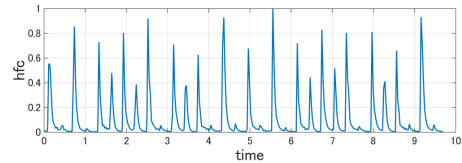


図 1. ドラム演奏の HFC の時間変動

が 16 分音符であるため、大きいピークから 16 分音符の長さよりも近いピークを無視し、残ったピークの発生時刻を各音価の実際の発音時刻の候補列 \mathbf{a} とする。次に、候補列の各要素を小節の頭とした仮想の発音時刻とピークの点との誤差が最小になるような対応づけを行う。要素 a_l を小節の頭としたときの仮想の発音時刻 $y'_{i,j}$ と候補 a_l のユークリッド距離を $d(y'_{i,j}, a_l)$ とする。

要素 a_l を小節の頭としたときの仮想発音時刻候補 y'_l と候補列 \mathbf{a} の誤差 e_l は、

$$e_l = \sum_{i,j} \min d(y'_{i,j}, a_l) \quad (2)$$

このときの \mathbf{a} の組み合わせを実際の発音時刻 \mathbf{y}_l とする。

また、最小二乗法を行い、真の仮想発音時刻 \mathbf{y}''_l を求める。このときの真の仮想発音時刻候補と実際の発音時刻候補のズレの大きさ e'_l は、

$$e'_l = \sum_{i,j} y''_{i,j} - r_{l,i,j} \quad (3)$$

e'_l が最小になるときの \mathbf{y}''_l と \mathbf{y}_l をそれぞれ、真の仮想発音時刻と実際の発音時刻とする。

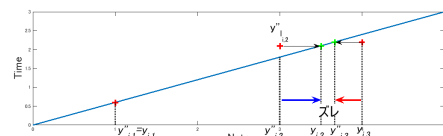


図 2. 真の仮想発音時刻の決定

次に、真の仮想発音時刻と実際の発音時刻との 16 分音符毎の平均を求める。j 個目の音符の平均 m_j は、

$$m_j = \frac{1}{n} \sum_i y''_{i,j} - y_{i,j} \quad (4)$$

で求められる。

4 アクセントパターンの推定

アクセントパターンの推定を行うために、各発音時刻でのパワーの大きさを計測する。本研究では、ハイハットのアクセントパターンを対象とするため、ス

*Groove Achievement Evaluation System Based on Onset Time and Accents Pattern.: Syusuke Ueshima (Hosei Univ.) et al.

ネアやバスドラム等の他の打楽器の影響を小さくする。そこで始めに、音響信号に 16000Hz のハイパスフィルターをかける。短時間フーリエ変換によって得られた各フレームのスペクトルを X_i とするとそのフレームのパワーは

$$p = \sum_{i=1}^N |X_i| \quad (5)$$

で求められる。これを各フレームごとに求めることで、パワーの時間変動を求め、大きいピークから 16 分音符の長さよりも近いピークを無視し、残ったピークの大きさを各音価のパワーとする。また、発音時刻同様、各音符と各ピークとの対応関係がわかっていないため、実際の発音時刻との近傍点を取っていくことで対応付けを行う。

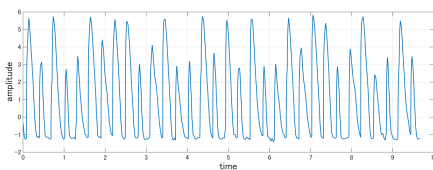


図 3. ドラム演奏の振幅の時間変動

次に、アクセントの強弱を混合ガウス分布を用いたクラスタリングを行うことで判定する。アクセントを付けて叩いた音価とアクセントをつけないで叩いた音価の 2 個の混合分布であると仮定し、EM アルゴリズムを用いてモデルの推定を行う。このモデルを基にアクセントの有無を判定する。

5 グルーヴの達成度評価システム

ドラム奏者のグルーヴのある演奏会得のために、楽譜を用いて発音時刻のズレとアクセントの強弱パターンの可視化と達成度の評価を行う。そのために、音長情報を楽譜に可視化する。

発音時刻のズレについては音響信号全体で行い、平均の値を判定する。強弱パターンについては、各音価毎に行い、目標音源とシステム利用者の演奏それぞれをアクセント記号を用いて表示を行う。達成度の評価は発音時刻のズレとアクセントパターンで行う。発音時刻のズレは目標音源の発音時刻のズレとシステム利用者の演奏の発音時刻のズレとの RMSE で評価を行う。アクセントパターンについては、F 値を用いて評価を行う。

6 評価実験

本練習システムで提案した発音時刻のズレとアクセントパターンの可視化と達成度評価による練習システムが目標音源のグルーヴの模倣に効果的であるか評価実験を行った。被験者 1 人に発音時刻のズレとアクセントパターンの模倣が目的であることを伝え、プロの奏者の演奏を聞いてもらった後、その演奏を模倣してもらった。次に本システムを利用し 1 時間練習を行ってもらい、練習後に同様に演奏を模倣してもらった。練習前の達成度と練習後の達成度を本システムで判定を行った結果が表.1 である。

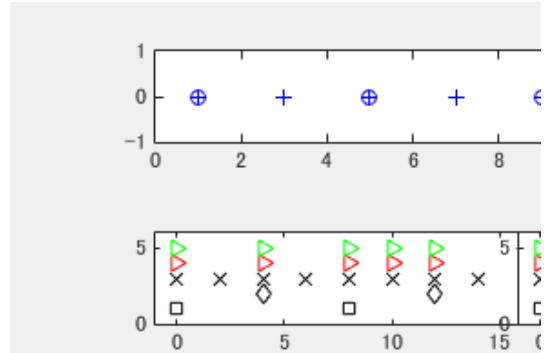


図 4. 発音時刻の揺らぎとアクセントの強弱パターンの可視化 (一部)

表 1. 評価実験による各演奏の評価

	練習前	練習後
発音時刻のズレ	151.07	168.31
アクセントパターン	0.47	0.50

練習後と練習前のそれぞれの達成度を比較すると、発音時刻のズレは 17.24 増加している。アクセントパターンについては F 値が 0.0317 増加している。

7 考察

評価実験の結果から、アクセントパターンの模倣については提案システムの効果があったといえる。対して、発音時刻のズレの模倣については提案システムの効果はなかったといえる。これは、楽譜を用いた可視化を行っても、発音時刻の模倣が難しいためであると考えられる。よって、本論文で提案した発音時刻のズレとアクセントパターンを楽譜に可視化させる練習システムは、アクセントパターンの模倣に効果があったといえる。

8 結論

本論文では、発音時刻のズレとアクセントパターンに基づき、利用者の演奏と目標演奏のグルーヴの差異を楽譜を用いて可視化する練習システムを提案した。このシステムを 1 人のドラム奏者に利用してもらった結果、アクセントパターンの模倣の補助が出来た。しかし、発音時刻のズレの模倣については効果がなかった。発音時刻の模倣については別のアプローチを考える必要がある。

参考文献

- [1] 奥平啓太, 他, "ポップス系ドラム演奏の打点時刻及び音量とグルーヴ感の関連について (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-", 情報処理学会音楽情報科学研究会研究報告, 2006-MUS-64, pp.53-58, 2006
- [2] J.B.Bello, et. al., "A tutorial on onset detection in music signals.", IEEE Trans. Audio Speech Lang. Process., vol.13, no.5, pp.1035-1047, 2005.
- [3] 渡辺哲朗, 他, "ドラム演奏のグルーヴ感の解析", 情報処理学会研究報告 2006-MUS-67, 2006
- [4] Jonathan Foote, et. al., "The Beat Spectrum: a New Approach to Rhythm", IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo, 2001