

データの楽曲としての可聴化 心電図データのドラム演奏化

Sonification of Data as Music —Drum Play Based on Electrocardiogram—

柳田拓人^{1*} 沖田善光¹ 中村晴信² 杉浦敏文¹ 三村秀典¹
Takuto Yanagida¹, Yoshimitsu Okita¹, Harunobu Nakamura², Toshifumi Sugiura¹,
and Hidenori Mimura¹

¹ 静岡大学

¹ Shizuoka University

² 神戸大学

² Kobe University

Abstract: There are many methods for analyzing heavyweight and composited numeric data corresponding to various statistical matrix and types of data. Conventionally, for representation of these analytical results, charts and their extensions by three-dimensional view, animation, and interactivity are used. As one of the representations, we aim at sonification of analytical results, especially representation as music, for stimulating perceiving the difference of the target data. In this paper, we report software that generates drum play from arbitrary numeric data.

1 はじめに

長大で複合的な数値データ、例えば、長時間に渡る様々な生体データや、近年、ビッグ・データと呼ばれる大規模データ・セットに対して、それらを解析するために、様々な統計指標（指標値セット）やデータ種別に合わせた処理手法が提案されている。これまで、その指標値セットの表現方法として、従来から存在する各種グラフや、三次元化、アニメーション化、インタラクティブ化などによるその発展版といった、データの可視化手法が用いられてきた。しかしながら、対象となるデータが複合的であればあるほど、また、その性質が未知であればあるほど、データの解析に必要な指標値セットのサイズは大きくなり、可視化手法による表現そのものや、表現されたものに対する解釈が困難になることが予想される。

そこで筆者らは、性質が未知である解析対象データにおいて、複数のデータ間の差異に対する気付きを促すことを目的として、指標値セットの可聴化、特にメロディ、リズム、パートなどによって元来、複合的に構成される楽曲としての再構築と表現、すなわち可聴化を目指している。本稿では、その目標に向けた試みの一つとして、著者らがこれまでに未病分野の研究とし

て心電図・脈波解析システムを開発してきたことを踏まえ、心電図出力などの時系列数値データをドラム演奏に変換するソフトウェアを開発したので、報告する。

2 従来研究

筆者らはこれまで、生体データである心電図と脈波の波形データ（時系列数値データ）を解析し、両波形に特有の形状から導き出される各種指標値を算出するソフトウェア、並びにその表示用ソフトウェアを開発してきた。また、指定の一拍波形（心臓の鼓動一拍と対応した心電図波形）に対応する各種指標値の、正常範囲からの逸脱の有無にしたがってドラム演奏パターンを構築し、演奏させるシステムも提案し、筆者らのソフトウェアに実装している [1]。

しかしながら、これは心電図という特定のデータとその指標値に特化したものであり、しかも、その指標値が正常範囲に入っているかどうかという二値データの組み合わせをドラム・セットにおける各楽器の打音の有無に対応付けたものであるため、一般的な統計指標に対する応用が難しい。一方で、このような生体データを解析しようとする中で、多種多様な統計指標は得られるものの、それらが何を意味しているのかを解釈する上で必要となる、データ同士の関係や差異を直感的に捉え難いという課題があった。

*連絡先：静岡大学電子工学研究所
〒432-8011 浜松市中区城北3丁目5-1
E-mail: takty@rie.shizuoka.ac.jp

3 手法

ドラム演奏を幾つかの離散的なパラメータによって表現し、それと表現対象のデータの統計的な指標値とを対応付けることによって、データをドラム演奏に変換する。コンピュータ上で演奏データを扱う手法として、一般に、MIDI規格が広く用いられており、プラットフォームや言語環境によっては、プログラム上から扱う手段が提供されている。MIDIデータにおいて、ドラム演奏は基本的に、どの楽器をどのタイミングでどの強さ（ベロシティ）で演奏するのかという情報として表現される。このようにMIDIデータは演奏データとしては非常にプリミティブなため、単純にこれをドラム演奏のパラメータとすることは出来ない。そこで、本稿では、一般的に使われるリズム・パターン、並びにそれに付随するドラム演奏上に必要な要素をパラメータとして取り扱う。

3.1 ドラム演奏のパラメータ化

本稿では、ドラム・セットとして、バス・ドラム（キック）、スネア・ドラム、ハイハット、ライド・シンバル、クラッシュ・シンバルを扱い、参考文献 [2] に掲載されている4拍子または3拍子で2小節分ずつある40のリズム・パターン（内上記以外の楽器を使用したものを除く）を基本リズム・パターンとして採用する。また、ハイハット、ライド・シンバル、クラッシュ・シンバルはリズム・パターンにおける役割が似ていることからひとまとまりとして考え、基本リズム・パターンを、バス・ドラム、スネア・ドラム、ハイハット他の3パートに分ける。さらに、パートごとに、ベロシティの違い、スウィング（リズムのハネ）の違いはそれぞれ後述するパラメータによって表現することとし、パターン自体を共通化する。そして、他の基本となるベロシティや拍子数、また、その分割数などを含めて、22のパラメータにまとめる（表1）。

各パラメータは、数値が大きくなると演奏の複雑さが増すように設定する。そこで、パートごとに分けた基本リズム・パターンを、次の複雑さの定義に従って並び替える。パターンは基本的に4拍子で2小節なので、パターンを8拍分に分割し、各1拍パターンの出現頻度が大きなものから順に並ぶように順位を付ける。さらにこの8拍を、偶数拍、奇数拍では奇数拍を、1小節目、2小節目では1小節目を優先するように順位を付ける。これによって、パートごとに基本リズム・パターンを、その中で一般的であるものが先頭になるように並び替える（図1）。

「ビート強調: 小節強調ベロシティ」、「拍強調ベロシティ」、「半拍強調ベロシティ」の各パラメータは、それぞれ各小節の最初の音、各拍の最初の音、各半拍の

表1: ドラム演奏のパラメータ.

パターン	種類 拍子数 分割数
ベロシティ	主楽器 副楽器
揺らぎ	タイミング ベロシティ
スウィング	半拍% 種類（表、裏、両方） 4分の1拍%
ビート強調	小節強調ベロシティ 拍強調ベロシティ 半拍強調ベロシティ

最初の音について、基本的なベロシティからどれだけベロシティを増加させるのかを表す（図2）。例えば、拍強調ベロシティを10にすると、リズム・パターンのうち、各拍の表のタイミングでの音のベロシティが他よりも10増加し、その結果、4ビート感が強調される。このパラメータとリズム・パターンの組み合わせによって、いわゆる8ビートや、16ビートといったリズムを表現する事が可能である。

スウィングは、リズムの「ハネ」を表現するパラメータである（図3）。「スウィング: 半拍%」は、1拍を4分音符で表す時、その4分音符を2分割する割合を表し、均等に分割する、すなわちハネていないリズムの時は、50%となる。同様に「スウィング: 4分の1拍%」は、8分音符を2分割する割合を表す。なお、半拍%に関しては、偶数拍のみ、奇数拍のみ、あるいは両方をハネさせるのかを設定可能とする。スウィングのパラメータによって、ジャズのようなジャンルにおいて用いられるリズム・パターンを再現することが出来る。

その他のパラメータについては以下のとおりである。「パターン: 拍子数」は、1小節における拍の数を表し、4拍子のリズム、3拍子のリズムといったものを表現する。「パターン: 分割数」はリズムの最小時間単位をその1拍の何分の1にするのかを表す。例えば、分割数が4の時、拍子が4分音符で表される時、その最小単位は16分音符となる。「ベロシティ: 主楽器」はパートの演奏の強さを表し、「ベロシティ: 副楽器」は複数の楽器を含む基本リズム・パターンにおける補助的な楽器の強さを表す。「揺らぎ: タイミング」はリズム・パターン規定のタイミングからの変動の上下最大幅を、「揺らぎ: ベロシティ」は上記ベロシティとビート強調によって指定された規定のベロシティからの変動の上下最大幅を表す。これによって、演奏の不正確さを表現する事が出来るため、ドラム演奏にリアリティを持たせることが可能となる。

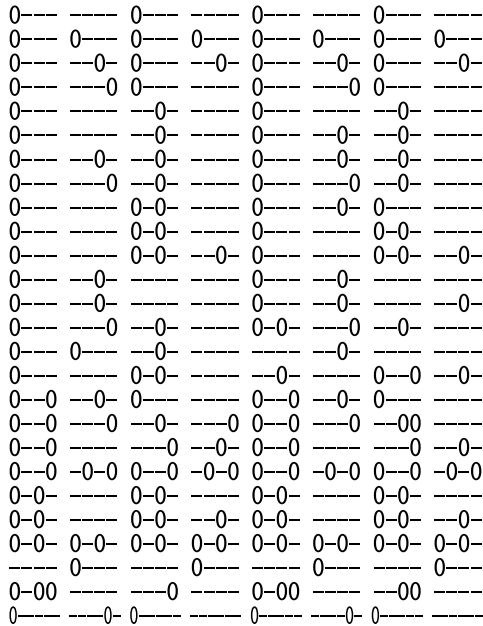


図 1: バス・ドラムのリズム・パターン。二つある小節のそれぞれを 16 分割した時に音のある位置を「0」で表した。バス・ドラムを含む 36 パターン中、重複していない 26 パターンを一般的なものから順に並べた。

3.2 指標値セットの取得

汎用的な解析データに対する指標値として、一般的な統計値を求める。本稿では、与えられた時系列数値データの、サンプル数、最小、最大、合計、平均、分散、標準偏差を統計値として扱う。また、データのパワー・スペクトル、位相スペクトルについても同様に統計値を求める。さらに、第 1 から第 3 までの「フォルマント」についても、その周波数とパワーの他に同様の統計値を求める。ここでのフォルマントは、解析データを周波数分析してもとめたパワー・スペクトルにおける幾つかのピークである¹。フォルマントを検出し、その大きなものから順に三つを選び、それぞれ、その周波数帯域のみを通過させるバンド・パス・フィルタ（実際にはゼロ・パディングと逆 FFT）を適用する。このように取り出した三つデータそれぞれに対して、統計値を計算する。以上により、任意の時系列データに対して、43 の統計値が得られる。

指標値と演奏パラメータとの対応付け、ならびに、データの比較を容易にするため、複数のデータから算出した 43 の統計値それぞれに対して、複数データ内での最小値と最大値を求め、それにしたがって値を 0 から 1 に正規化する。これによって、任意の統計値をドラム演奏パラメータと対応づけ、複数のデータ間での

¹フォルマントを検出したのは、筆者らのこれまでの研究において、生体信号である心電図や脈波を扱った経験による。

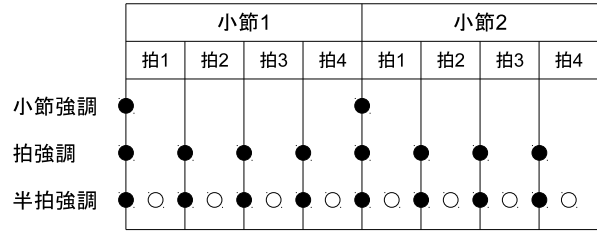


図 2: ビート強調。小節強調，拍強調，半拍強調，それぞれにおいて，対応する丸印の位置にある音のペロシティが増加する。なお，半拍強調において白丸で示したのは，裏拍と呼ばれるタイミングである。

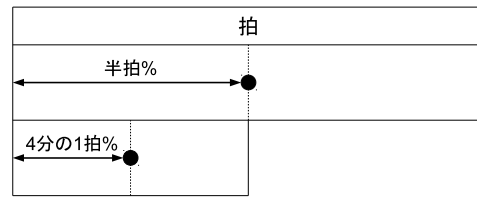


図 3: スウィング。半拍%は 1 拍を 2 分割する時の前半の割合を表す。同様に，4 分の 1 拍%は，半拍を更に 2 分割する際の前半の割合を表す。いずれも，50%のときに等分，すなわちスウィングしていない（ハネていない）リズムを表す。

違いを演奏パラメータの違いに置き換えることが容易となる。なお、指標値の複数データ間の最大値、最小値によらずとも、対象となるデータの性質がある程度わかっている場合などは、目的に応じて、任意の範囲を正規化することも可能である。

3.3 実装

Java 言語により、任意の時系列数値データを CSV 形式で複数読み取り、その統計値に基づいてドラム演奏をするプログラムを実装した（図 4）。ドラム演奏のパラメータについては、幾つかを統合し、テンポ（BPM）を加えることによって 22 にまとめた。統計値とドラム演奏パラメータとの対応付けは、ユーザが画面上で「パッチ」を繋げることによって任意に設定可能とした。

4 課題

今後の課題は次のとおりである。まず、ドラム演奏だけではない他の楽器を含めた楽曲を実現するために、演奏のパラメータ化が必要である。本稿ではドラム演奏に限定したが、それでも前述のとおり参考文献に存在するリズム・パターンの組み合わせに限定しても 22 パラメータ存在する。今後、例えば、ロック、ジャズ、

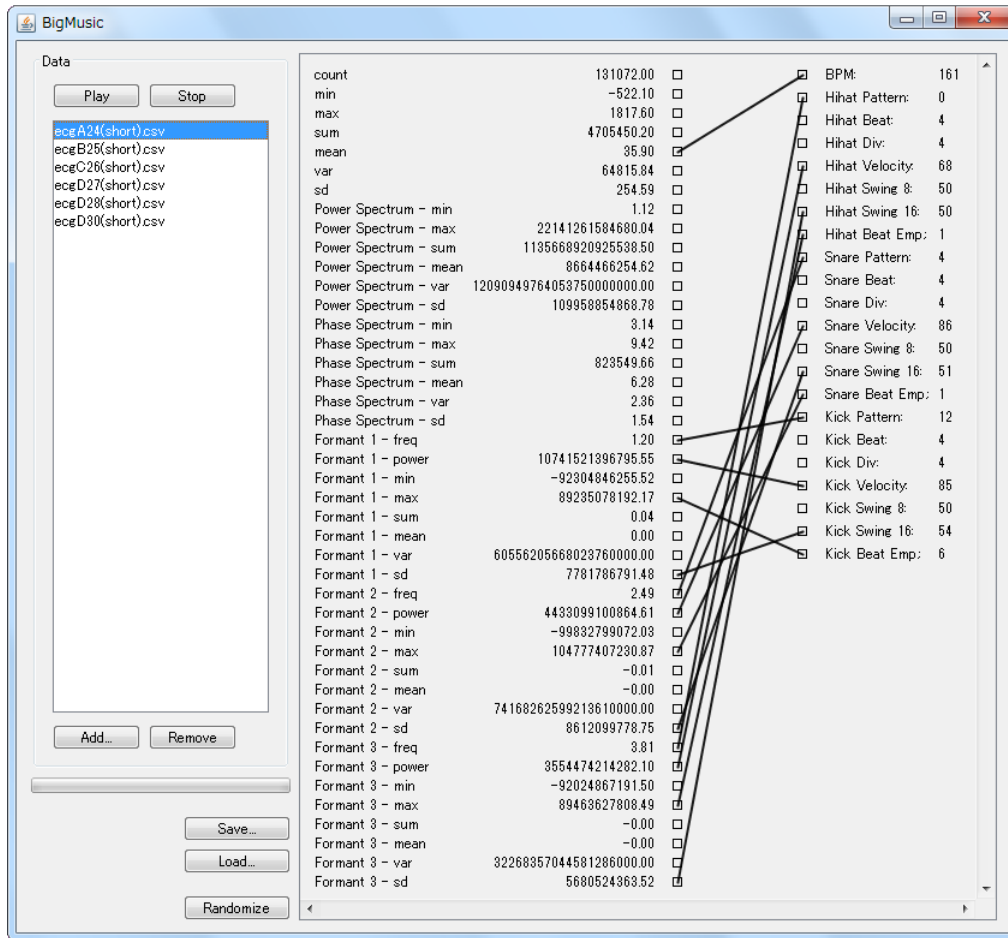


図 4: ドラム演奏プログラムの画面 .

R&B といった一般的な楽曲の実現は困難であるとしても、例えばミニマル・ミュージックのような形式の楽曲を実現するためには、ドラム以外の楽器の演奏も考慮する必要がある。そういった他の楽器の演奏をある程度限定されたパラメータによって、かつ自由度を持って表現する手法を今後検討する。

次に、指標値セットと演奏パラメータとの対応付けをどのように決定するかが、情報の表示という観点から重要である。今後、指標値セットのサイズ、ならびに演奏パラメータ数が大きくなった場合、その適切な組み合わせを解析対象に合わせて人間が決定するのは容易ではない。したがって、指標値セットと演奏パラメータとの組み合わせ問題として、自動化、半自動化手法が必要とされる。ここでは、差異の大きな指標値から順に、人間にとって気づきやすい演奏の違いを生み出す演奏パラメータと対応づけることが重要である。

さらに、そもそも人間が演奏の差異をどれだけ聞き取れるのか、気づくことができるのかという問題もある。先に述べたように、楽曲は本質的に(それが容易に取り出されるかどうかは別にして)パラメータ化され

構造化されたデータの複合的な表現であり、これを複合的な指標値セットと対応づけることは、自然な試みであると考えられる。しかしながら、その複数の楽曲から違いを見出すことができるかどうかは、聞く側の音楽的能力に依存する可能性がある。楽曲として表現された指標値セットの分かりやすさの評価、あるいは、単純な数値としての列挙や従来の視覚的な表現手法との比較も、今後の課題である。

参考文献

- [1] 柳田拓人, 沖田善光, 中村晴信, 甲田勝康, 杉浦敏文, 三村秀典, “Heart beat drum: 未病診断のための心電図聴覚化,” 電子情報通信学会技術研究報告 (HIP, ヒューマン情報処理) HCS2012-8, HIP2012-8, 第112 巻, pp.43-46, 那覇, 05-22 to 23 2012 .
- [2] 船橋識圭, “リズムパターンマスター 即戦力の MIDI グルーヴ 200,” DTM Magazine 6 月号, 2012 .