

らふのおと：クラシック楽曲の時間変化を 単音楽譜風に表現する可視化ツール

長津静香（お茶の水女子大学） 伊藤貴之[○]（お茶の水女子大学）

RoughNote: A Single-Tone-Note-Like Visual Representation of Classical Music Shizuka NAGATSU and Takayuki ITOH

ABSTRACT

クラシック楽曲は長い演奏時間の中で様々な変化を見せる。その変化を一画面で眺めることができれば、音楽学習支援としても役に立ち、また音楽鑑賞の楽しみや利便性が増えると考えられる。本報告では、1つの楽曲の特徴を時系列に沿って一画面に可視化し、単音楽譜風に表現することで、楽曲を鑑賞しながらの時間変化の理解を支援する可視化ツール「らふのおと」を提案する。「らふのおと」では、楽曲を構成する単位区間楽曲の特徴量を球で表現し、それを時系列に沿って横に並べて表示する。その表現が概略的な楽譜（ノート）に見えることから、我々は本手法を Rough な Note という意味で「らふのおと」と称している。

Keywords: Visualization, Classical Music

1. 概要

クラシック楽曲は長い演奏時間の中で様々な変化を見せる。テンポが急に速まったり音量が急に小さくなったり、その変化を私たちが感じることで、その楽曲の世界を感じ取れる。一方で本質的に、音楽鑑賞には時間がかかるため、テンポや音量などの変化を理解するためにも時間がかかる。このような変化を短時間で理解するために、楽曲の全貌を視覚的に表現する、という考え方は有効であると考えられる。

楽曲再生と視覚的効果を結びつけた技術は、私達の身の回りに多数普及している。その最も典型的なものとして、視覚エフェクトのように楽曲に合わせてアニメーションを表示するものがある。しかし、このような表現は、楽曲のその瞬間の特徴のみを表示するため、これを見ただけで楽曲全体がどのように変化していくのかを理解するのは難しい。そこで我々は、1つの楽曲の特徴を時系列に沿って一画面に可視化し、楽曲を鑑賞しながらの時間変化の理解を支援する可視化ツールの開発に着目した。

時系列に沿って音楽を可視化する研究は多くなされている。MIDI データを対象とする研究においては、黎明期の研究では楽譜情報をそのまま表示していた[1][2][3]が、近年ではメロディや和音進行の分析に基づいた手法も多く発表されている[4][5]。しかし多くの場合において、MIDI データは楽曲を演奏・作編曲・学習する人が利用するメディアであると考えられる。楽曲の鑑賞支援としての可視化手法を考えるなら、MIDI などの演奏・楽譜データよりも MP3 などの音響データを対象と

することが望ましい。しかし、観賞用に普及している音響データを対象とした可視化手法においては、音域や和音を明確に検出することが難しかったことから、従来では音域や音量のみに主眼をおいた可視化手法が多い。このような手法では、楽曲の時間変化を音域や音量の変化でしか理解できない。それに対して近年では、楽曲特徴量算出技術が充実しており、音域、和音、テンポ、といった情報の抽出が容易になりはじめている。このような情報を活用した可視化手法を構築することで、音響データを対象とした場合にも、楽曲の変化を読み取りやすい可視化手法を構築できると考えられる。

本報告では、音響データから抽出した5つの特徴量（音量、音域、和音、不協和音、テンポ）を時系列に沿って可視化する手法「らふのおと」を提案する。「らふのおと」では、楽曲を構成する単位区間楽曲の特徴量を球で表現し、それを時系列に沿って横に並べて表示する。その表現が概略的な楽譜（ノート）に見えることから、我々は本手法を Rough な Note という意味で「らふのおと」と称している。我々は「らふのおと」を、クラシック楽曲の鑑賞時における時間変化の理解を支援する手法と位置づけている。これにより、楽曲を聴き流すのではなく、可視化結果を観て楽しみながら、楽曲変化を発見が容易になると考える。

2. 関連研究

楽曲の可視化に関する研究は、MIDI に代表される演奏・楽譜データを前提としたものと、MP3 などの音響デ

ータを対象としたものに大別される。MIDI データを対象とした手法には、楽譜の1音1音を単位とした手法や、メロディや和音の楽典的意味を考慮した手法が多く、音楽的な専門性を考慮した用途に向いているといえる。MIDI データを用いた黎明期の可視化の研究では、楽譜情報をそのまま表示していた[1][2][3]が、近年発表された ScoreIlluminator[4] や Colorscore[5]では、メロディの類似性やその役割の変遷を分析した結果として、音楽構造を可視化している。また、メロディではなく和音を分析し、和音の印象を色彩に割り当てた手法もある[6]。

一方、音響データを用いて楽曲を時系列に沿って可視化する手法の例として、楽曲の音域をピアノロール風に表現する手法[7]がある。これは音域に注目しているため、テンポや和音などの特徴をとらえることが困難である。また楽曲の繰り返しを可視化した SmartMusicKIOSK[8]は、変化の多いクラシック楽曲のような音楽ではなく、繰り返しの多いPOPSなどを対象にしていると言える。

3. 「らふのおと」の処理手順

「らふのおと」の処理手順は以下の2ステップで構成される。

1. 楽曲を一定時間ごとの区間に分割し、各区間において特徴量を抽出する。
2. 各区間の特徴量を表現する球を生成し、画面上で横に並べる。

以下、各々の処理について論じる。

3.1 楽曲の時刻ごとの特徴量抽出

「らふのおと」では与えられた音響データを一定時刻（例えば5秒ごと）ごとに分割し、音楽検索用ソフトウェア MIRtoolbox[9]を用いて特徴量を検出する。現段階の我々の実装では、Fig. 1に示すように、以下の5種類の特徴量を一定の長さの区間ごとに検出・保存する。

【テンポ】 音量のピーク時刻の周期性から、楽曲のテンポの推定値を算出する。

【和音】 音響の周波数分解結果から、各々の時刻における和音が長和音であるか短和音であるかを推測し、その頻度の差を求める。

【音量】 区間を構成する各時刻の音量の二乗値の平均の平方根 (Root-Mean-Square) を求める。

【音域】 音響の周波数分解結果から、各周波数における音量を低音から順に累算し、全体の音量の85%に達する周波数を求める。

【不協和音】 音響の周波数分解結果から、和音を構成する最低音(根音)とそれ以外の音の周波数比を算出する。そして、不協和音となる周波数の音量の総和を求め、全体の音量に対する比を算出する。

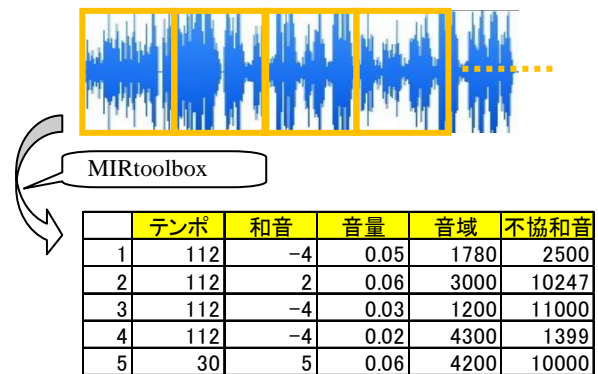


Fig. 1 音響データからの特徴量抽出

3.2 各時刻における特徴量からの表現形式

続いて「らふのおと」では、こうして得られた特徴量から各時刻に対して1つの球を与える。このとき「らふのおと」では、Fig. 2に示すように、音量を球の大きさで、音域を球の位置で、和音を球の色相で、不協和音を球の明度で、テンポを球の動きで表現する。この球が、その時刻のおおまかな特徴を示すグリフとなる。

音量	音域	和音	不協和音	テンポ
大 ●	高 ●	長和音 ●	多い ●	アニメーション ●
小 ●	低 ●	短和音 ●	少ない ●	●

Fig. 2 各特徴量と球の対応

こうして生成した球を、Fig. 3に示すように、水平方向を時刻、垂直方向を音域とした画面に配置していくことで、クラシック楽曲を単音楽譜風に表現できる。

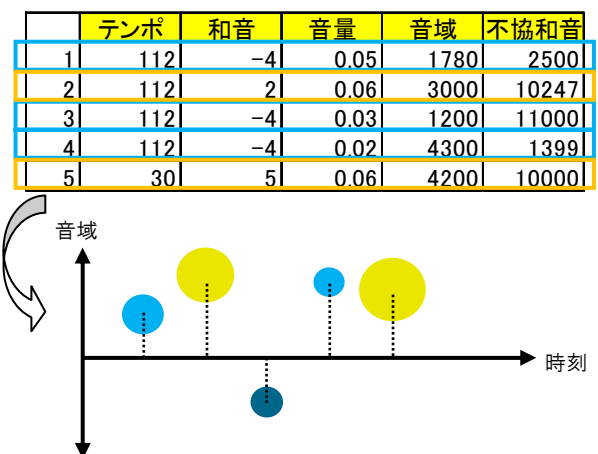


Fig. 3 画面上への球の配置

Fig. 4における表示例では、時刻①における楽曲の特徴は、音量は大きく、音域は高い、和音は長和音が多く、

不協和音は少ない，ということがわかる．また時刻②についても同様に，音量は小さく，音域は低い，和音は短和音が多く，不協和音は多い，ということがわかる．

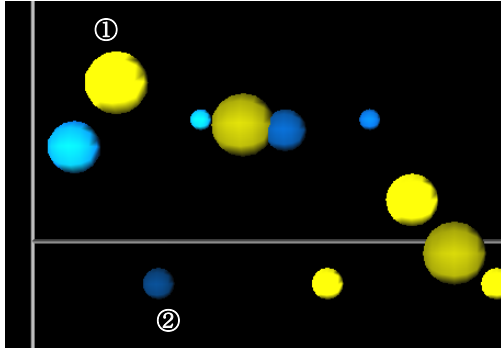


Fig. 4 表示例

4. 実行例

本章では提案手法による可視化の実行例を示す．我々は「らふのおと」による画面表示機能を Java Development Kit (JDK) 1.6.0 を用いて実装し，Windows XP SP3 で実行した．

Fig. 5 はビゼー作曲の「カルメン第1組曲」より「前奏曲」に対して，特徴量を5秒おきに検出して可視化した結果である．急激に音域や音量が変化する時刻や，フィナーレに向かって徐々に音域が上がる時刻を，一目で理解できる．

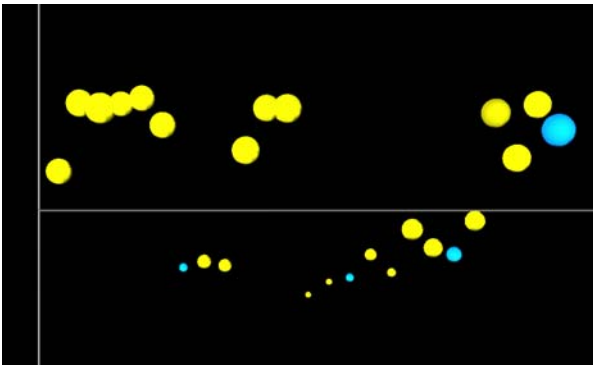


Fig. 5 カルメン第1組曲「前奏曲」の可視化結果

Fig. 6 はベートーヴェン作曲の「交響曲第5番第1楽章」を用いた可視化結果である．カルメンと比較すると音域が低く，全体的に短和音や不協和音が現れる回数が多く，暗い印象を受ける．また，①と②の部分の球の並びが非常に類似しており，ここで楽曲を再生してみると同じテーマを繰り返していることがわかった．

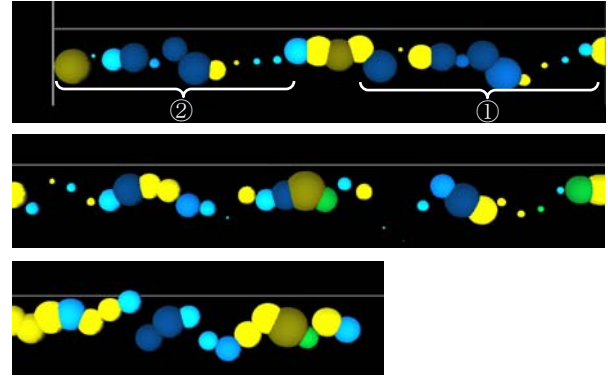


Fig. 6 ベートーヴェン交響曲第5番第1楽章の可視化結果

5. ユーザテスト

我々は「らふのおと」による可視化結果を紙に印刷して被験者に提示し，以下のユーザテストを実施した．被験者は20代女子15名であった．可視化結果にはデュカス作曲の「魔法使いの弟子」を用いた．

1 つめのユーザテストでは，被験者に対して楽曲名を伏せた上で，この楽曲をどの区切りから再生したいか，可視化結果中に図示せよ，と質問した．ここで「魔法使いの弟子」は8つの場面から構成されているため，場面の区切りとなる7つの時刻を正解とした．

Fig. 7 は「魔法使いの弟子」の可視化結果および正解時刻と，各々の正解時刻を選んだ被験者の人数を示したものである．この結果から，多くの区切り時刻に対して，多くの被験者がそれを区切りであると認識できていることがわかる．つまり「らふのおと」が，楽曲の区切りを視覚的に提示する，という目的において一定の効果を有することが実証されている．しかし一方で，区切りでない時刻を指定した被験者もいた．特に Fig. 7 の下段にて，(6人)と示した時刻は，実際には場面の区切りではないが，多くの被験者が区切りであると判断していることがわかった．

2 つ目のユーザテストでは，「魔法使いの弟子」のストーリーを提示し，さらに同曲を BGM に使ったディズニー映画「ファンタジア」を音声なしで再生してもらった後に，出題者が指定する5つの場面は楽曲中のどの時刻から始まると思うかを質問した．5つの場面は以下の通りであった．

1. 箒に魔法をかける．
2. 箒が順調に水汲みの仕事を始める．
3. ばらばらになった箒がさらに仕事を始める．
4. 老師のおかげで問題がおさまる．
5. 老師が弟子を叱りつける．

Fig. 8 は「魔法使いの弟子」の可視化結果および上記の5つの場面に対応する時刻と，各々について正解を選んだ人数である．この結果から，「らふのおと」が適切に

楽曲の展開を表現できていることがわかる。

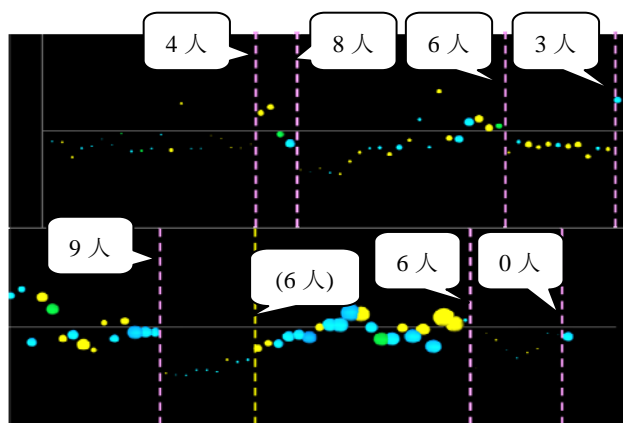


Fig. 7 デュカス「魔法使いの弟子」を用いたユーザテスト結果(1)

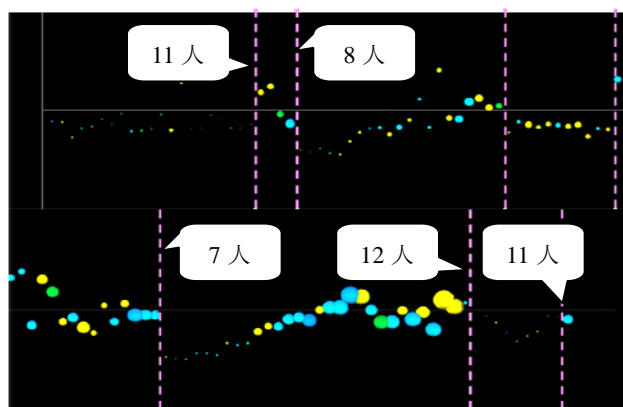


Fig. 8 デュカス「魔法使いの弟子」を用いたユーザテスト結果(2)

6. まとめと今後の課題

本報告では、クラシック音楽の時間変化を単音楽譜風に表現する可視化手法「らふのおと」を提案し、その実行例とユーザテスト結果を示した。

今後の課題として、「らふのおと」上での楽曲再生機能の充実など、楽曲環境支援ツールとしての実用上の機能の充実を図りたい。また、現時点での「らふのおと」があまり得意としないタイプの楽曲への対応を考えたい。具体的には、楽器数が少なく音量の変化に乏しい独奏曲の表現、短和音・長和音といった概念で和声の説明できない中世音楽や現代音楽などの表現、などが課題としてあげられる。

参考文献

- 1) M. Wattenberg, Arc diagrams: Visualizing structure in strings, Proc. IEEE Symposium on Information Visualization 2002, pp. 110-116, 2002.
- 2) R. Miyazaki, I. Fujishiro, and R. Hiraga, comp-i: A System for Visual Exploration of MIDI Datasets, Transactions of

Information Processing Society of Japan, vol. 45, no. 3, pp. 739-742, 2004.

- 3) 渡邊ふみ子, 藤代一成, 平賀瑠美, デジタルスコアによる楽曲学習支援インタフェース, 情報処理学会論文誌, vol. 45, no. 3, pp. 710-718, 2004.
- 4) 松原正樹, 岡本紘幸, 佐野智久, 鈴木宏哉, 延澤志保, 斎藤博昭, ScoreIlluminator: スコア色付けによるオーケストラスコアリーダー支援システム, 情報処理学会論文誌, vol. 50, no. 12, pp. 1-12, 2009.
- 5) 林亜紀, 伊藤貴之, 松原正樹, Colorscore:クラシック楽曲構造の可視化と圧縮表示, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告, Vol.2010-MUS-86, No.28, 2010.
- 6) 藤澤隆史, 谷光彬, 長田典子, 片寄晴弘, 和音性の定量的評価モデルに基づいた楽曲ムードの色彩表現インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 3, pp. 1133-1138, 2009.
- 7) Shigeki Sagayama, Hirokazu Kameoka, Takuya Nishimoto, Specmurt Anaylis: A Piano-Roll-Visualization of Polyphonic Music Signal by Deconvolution of Log-Frequency Spectrum, Perceptual Audio Processing (SAPA2004), 2004.
- 8) 後藤 真孝, SmartMusicKIOSK: サビ出し機能付き音楽試聴機, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2737-2747, 2003.
- 9) MIR toolbox,
<http://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/>