

尺八演奏音からの奏法の識別

宇都木 陽介^{†1} 森山 剛^{†1}

日本の伝統楽器の一つである尺八は、無形文化財としてその演奏が録音されているが、特定の奏法を聴くには、専門家が録音を聴いて録音箇所を特定するしかない。従って、初学者はもちろん、ごく一部の専門家以外にとっては、失われているも同然である。本研究では、尺八の演奏音のみから、演奏されている奏法を自動認識し、演奏音にメタ情報を付与することを目的とする。これにより、無形文化の保存及び普及、国内外への発信に貢献できると考える。本報告では、手動で切り出した演奏音に対して、演奏音の音高及びパワー、音色の物理特徴量を算出し、奏法の識別を行う手法を提案する。実験の結果、ユリ、カラカラ、ウチ、オシ、オトシ、ムライキ、スリアゲ、ナヤシの奏法に関して、82%（スリアゲとナヤシを1つに分類した場合は98%）の高い精度で識別を行えることが示された。

Classification of Playing Methods Used in Shakuhachi Performance

YOSUKE UTSUGI^{†1} and TSUYOSHI MORIYAMA^{†1}

Shakuhachi is one of the Japanese traditional instruments, and its performance has been recorded for years for future recovery of the cultural heritage. Yet, in order for beginners to listen to a specific playing method, Shakuhachi specialists need to locate it in a large amount of data. It prevents it from being pervaded to the world and even succeeding to be restored in future. We propose a method of classifying playing methods of Shakuhachi's only from the performance. The method uses basic characteristics in music such as pitch, power, and timber of the sound. Experimental results showed the proposed method classified eight playing methods (*Yuri*, *Karakara*, *Uchi*, *Oshi*, *Otoishi*, *Muraiki*, *Suriage*, and *Nayashi*) successfully at the average rate of 82%.

^{†1} 東京工芸大学工学部メディア画像学科

Dept. of Media and Image technology, Tokyo Polytechnic University
E-mail: moriyama@mega.t-kougei.ac.jp

1. はじめに

現在、音楽情報処理技術は、計算機やネットワークの性能の向上により、様々な場面において著しい進歩を遂げている。例えば、楽譜の自動読み取りやその他の入力方式・装置が数多く開発・製品化されており、特にデスクトップミュージックと呼ばれるように、作曲・演奏、楽譜の作成・印刷などが効率的に行えるようになった。ところが、これは対象を西洋音楽に限った場合であり、日本の伝統音楽では、特有の採譜方法や奏法による表現の違いにより、上述の技術とは相容れないものとなっている¹⁾。

一般に、楽器の演奏法を習得する際は、楽譜や録音から得られる情報を基にする。しかし、日本の伝統音楽の楽譜の多くには、楽曲を演奏するために必要な奏法についての情報が無いものが多い。その上、演奏そのものがとても繊細なもののため、熟練した奏者でなければ、楽曲音源の中から全ての奏法を識別することは難しい。故に、初心者がそれら二つの情報から、独学で楽曲を演奏することはほぼ不可能だと言える。実際には、初心者は、師範から口承で演奏法を伝承される形をとっており、演奏法は不文的に継承されている。そのため、日本の伝統音楽の多くは無形文化財として保存の対象となっている。

一方、無形文化財を保存することに関しても問題がある。それは、膨大な量の楽曲音源の中から、奏法の数や場所を知ろうとした場合、熟練した奏者がそれら楽曲全体を聴いて判断しなければならない点である。そこで、演奏中に使用される様々な奏法の情報を演奏音と共に保存することができれば、これらの問題の解決に繋がると考えられる。これにより、日本の伝統音楽の保存だけでなく、それらの普及などにも役立つはずである。西洋の楽器に関しては、演奏音から奏法等を評価する研究は行われてきている²⁾³⁾。

本研究では、日本の伝統楽器の一つである尺八（一尺八寸管）の演奏を対象とし、演奏で用いられる奏法を楽曲中から識別する手法を提案する。本手法では、演奏音のみから尺八特有の奏法の物理的特徴を抽出し、それぞれの奏法の特徴量に基づき識別を行う。

2. 尺八の奏法

2.1 尺八の音階

尺八は、竹筒に5つの穴を開けた五孔三節のものが主流とされており、尺八そのものの長さにより出すことのできる最低音が異なる。標準の尺八は、一尺八寸管と言う54cmのもので、最低音はDである。長さのバリエーションとしては、半音分ずつ寸刻みで一尺一寸管から二尺四寸管まで存在するが、標準のものに比べて使用頻度ははるかに少ない。



図 1 西洋音階と尺八音階

Fig. 1 Shakuhachi scale compared with Western's.

表 1 奏法を決める主な要素

Table 1 The main variables that determine playing methods.

奏法要素	説明
運指	全て押さえる, 浮かす, 離す
息	強い, 弱い, 多い, 少ない, 揺らす
角度	横に振る, 縦に揺らす
舌	巻く

尺八の基本的な演奏方法は、五孔のうち、塞ぐ孔(あな)の組み合わせのパターンを変え
ることによって、音階を変えるものである。また、息を速く吹き込むことで、基本となる音階である乙(おつ)音階から、1オクターブ高い甲(かん)音階を出すことができる。甲よりさらに1オクターブ高い大甲もある。

尺八の基本の音階は「ロツレチリ(ヒ)」と言うが、これは尺八特有の用語であり、西洋音楽で言う「DFGAC」に対応している(図1)。これら基本の音階から音高を上げたり(カリ)下げたり(メリ)することにより、西洋音楽にある全ての音階を含む、あらゆる音階を奏でることができる⁴⁾⁵⁾。

また尺八には、異なる穴の塞ぎ方でも同じ音階を奏でることができる、同音異奏が存在する。例として、乙音のツと乙音のレのメリや、乙音のりのメリと乙音のチのカリがある。

2.2 尺八奏法の分類

日本の伝統音楽には、各楽器特有の奏法を使用するものが多く存在しており、尺八も例外ではない。息の吹き込む角度や量、穴を押さえる指の速さや塞ぎ具合の微妙な違いにより、それぞれの奏法を吹き分けている。表1に奏法を決める主な要素を示す。

表1の観点から、主な奏法を次のように分類することができる。

- 手孔を塞ぐ量による奏法

- メリ(中メリ, 大メリ)
- カリ
- 手孔を塞ぐ指の変動による奏法
 - スリアゲ(スリ上げ)
 - ナヤシ
- 手孔を押さえる速さと繰り返しによる奏法
 - ウチ(打ち)
 - オシ(押し)
 - カラカラ
 - コロコロ
- 尺八の角度の変化による奏法
 - ユリ
 - オトシ
- 息の吹き込む量による奏法
 - ムライキ(ムラ息)
- 舌の動きによる奏法(タンギング)
 - タマネ(玉音)
- 特定の音階の配列による奏法
 - ハラロ

2.3 奏法の物理的特徴

音楽における主な要素として、大きさであるパワー、高さである音高(ピッチ)、そして音色が挙げられる。次に、演奏時間長に基づく奏法の大分類と、各奏法の物理的特徴を記す。

2.3.1 長く演奏される奏法

- スリアゲ・ナヤシ
両者共に、連続的に音高が上昇し、ゆるやかなパワー遷移を示すが、スリ上げでは、音高変化の際、前音と後音の間でパワーの減少が起こるのに対し、ナヤシでは、ほぼ起こらない。
- ユリ
音高・パワー共に比較的ゆるやかな変化を演奏するために、ある程度の長さが必要である。
- ハラロ

音高が「リヒリロ」と推移する．

2.3.2 短く演奏される奏法

● ウチ・オシ

両者共に、音高変化の際、瞬間的にパワーが上昇するが、オシでは、音高が上昇し、ウチでは、下降する．

● オトシ

音高が連続的に減少する．パワーは、比較的小さく、音高の変化後急激に減少する．

● ムライキ

音高はほぼ一定に推移する．パワー遷移は、遷移部で急激に立ち上がり、その後ゆるやかに減少する．息混ぜを伴うことが多く、音の立ち上がり部分において、パワースペクトル傾斜が比較的大きな値を示す．

2.3.3 演奏時間長以外に特徴のある奏法

● メリ（中メリ、大メリ）・カリ

基本音階であるロツレチリ（DFGAC）に対して、音高を下げる奏法をメリ、上げる奏法をカリと言う．音高・パワー共に一定である．

● カラカラ・コロコロ

両者共に、音高は、オクターブ間の上昇・下降を繰り返し、パワーも、その音高変化に合わせて、急激な上昇・下降を繰り返す．

● タマネ

音高が安定しない．小刻みな立ち上がりを生ずるが、全体的になだらかなパワー遷移となる．

3. 提案する奏法識別法

2.3 節で述べた物理的特徴に関して、各奏法に特有なパターンを検出することで、奏法の識別を行う．

3.1 特徴量の算出

以下、分散とは (1) 式を計算することで求める．

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\bar{x})^2 = \bar{x^2} - (\bar{x})^2 \tag{1}$$

ここで、 s^2 は標本分散、 n は標本数、 x は標本（特徴量）を指す．

3.1.1 音 高

自己相関法により演奏音から音高を抽出し、その時間軌跡を求め、その分散を計算する．以下に抽出した特徴量を記す．

- 時間軌跡
- 時間軌跡の分散
- 遷移にかかる時間

3.1.2 パワー

各奏法のパワーを毎フレーム算出し、その軌跡を求め、その分散を計算する．以下に抽出した特徴量を記す．

- 時間軌跡
- 時間軌跡の分散

3.1.3 音 色

パワースペクトルにおいて、音の立ち上がりの傾斜の回帰直線を算出する．以下に抽出した特徴量を記す．

- パワースペクトル傾斜（回帰直線の傾き）

3.2 奏法識別の手順

図 2 に奏法識別を行う処理の流れを示す．まず、演奏音から音高を抽出し、音高の特徴量に基づいて、通常奏法、ハラロ、その他に分類を行う．次に、音高遷移に繰り返しを検出して、周期的な場合、さらに音高軌跡の分散、パワーの遷移の急峻さ、パワー軌跡の分散を閾値処理することで、カラカラ、コロコロ、ユリ、タマネを識別する．また、音高遷移が周期的でない場合、音高の遷移時間、音高が上昇もしくは下降しているか、パワースペクトルの低域の傾斜、パワーの減少を閾値処理することで、オシ、ウチ、オトシ、ムライキ、スリアゲ、ナヤシを識別する．

4. 奏法識別の実験

4.1 尺八演奏音の収録

尺八演奏からの奏法の識別を行うにあたり、データベースは必要不可欠である．しかし、尺八の奏法を収録した標準データベースは存在しない．そのため、自ら様々な奏法の収録を行い、実験に使用するデータベースを作成した．

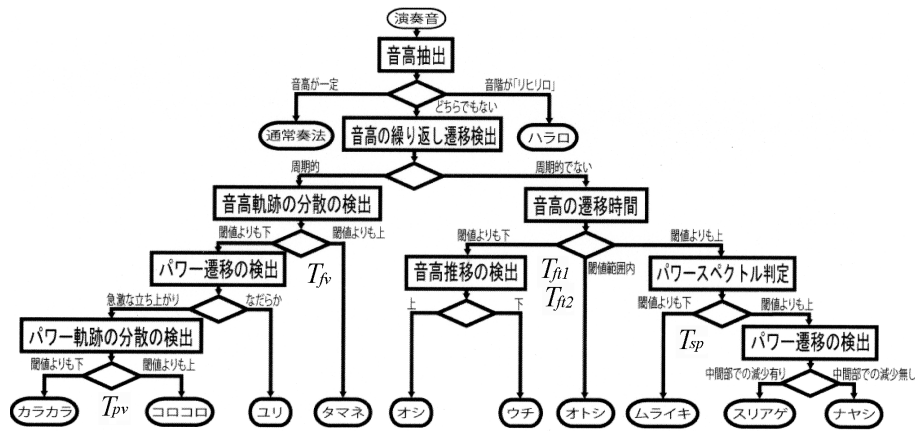


図 2 提案する奏法識別の流れ

Fig. 2 The proposed method of classifying playing methods of Shakuhachi's.

4.1.1 収録条件

● 演奏者

2名の尺八の師範に協力を仰ぎ、尺八演奏音の収録を行った。なお収録は、主に一尺八寸管を用いており、2名はそれぞれが所有する尺八を使用した。

- 青木彰時氏 琴古流
- 佐野鈴霏氏 琴古流

● 収録に使用した主な機材

演奏音収録に使用した主な機材は以下の通りである。本実験でのマイクロフォンの配置図を図3に示す。

- 録音装置：YAMAHA AW2400
- マイクロフォン：RODE NT2000
- 防音室：YAMAHA CEFINE

4.1.2 収録内容

以下の通り、通常奏法による基本的な音階、演奏中に多く使用される主な奏法を収録した。

● 基本的な音階（1音ずつ切って）

乙音の口の大メリから大甲音の四の八まで。

● 基本的な音階（連続して）

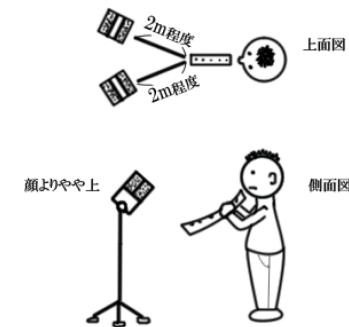


図 3 マイクロフォンの配置図

Fig. 3 The Locations of the microphones.

乙音の口の大メリ 口の中メリ ロ ツのメリのように、音階を4つ連続で演奏し、2つ戻って再び4つというように、音高の遷移部分が全て含まれるようにした。

● 同音異奏

同音異奏の主な組み合わせを計14組。

● 奏法

基本音階をレとし、各奏法の乙音と甲音の両方について、以下の奏法を収録した。

- 通常奏法
- メリ・カリ
- ハラロ
- スリアゲ・ナヤシ
- ウチ・オシ
- カラカラ・コロコロ
- ユリ
- オトシ
- ムライキ
- タマネ

4.1.3 分析条件

数値解析ソフトウェア MATLAB (MathWorks 社) を使用し、今回収録したデータベースの中から、奏法を中心に物理的特徴の抽出を行い、抽出した値から奏法ごとの閾値を算出

表 2 対象とする尺八奏法とその数

Table 2 The playing methods to be classified with their frequencies.

	演奏 1	演奏 2
通常奏法	10	10
ユリ	5	13
カラカラ	4	4
ウチ	10	7
オシ	6	6
オトシ	10	9
ムライキ	3	3
スリアゲ	8	6
ナヤシ	6	5
合計	62	63

した⁶⁾。

なお、図 2 における閾値は、比較する奏法グループもしくは単体の全奏法において、標本分散による値の最大値と最小値の和の二分の一の値とし、 $T_{fv} = 50$, $T_{ft1} = 0.22$, $T_{ft2} = 0.64$, $T_{sp} = -0.07$, $T_{pv} = 0.51645 \times 10^{-3}$ となった。

4.2 奏法識別結果

まず、各奏法を単体で演奏した演奏音 (4.1.2 節) については、全ての奏法で、提案法による識別が成功した。しかし、尺八の実際の演奏においては、用いる奏法に制限がないため、奏者もしくは音楽表現上の流れによって、その物理量が変形を受けると考えられる。そこで、楽曲を演奏した演奏音を別途収録し、これに対して奏法識別実験を行った。

本実験では、対象とする奏法のほぼ全て (カラカラ、コロコロ、タマネ、ハラロを除く) が含まれる楽曲を、2 名の奏者が別々に演奏したものの用意し、その中からそれぞれの奏法を手動で切り出した。切り出された奏法を表 2 に示す。このように、2 つの奏者の間で、楽曲中に現れる奏法の種類と数に違いが見られた。

- 用いた楽曲
 - － 尺八本曲『鹿の遠音』 作者者不明
- 楽曲中に含まれた奏法数
 - － 曲中からランダムに抜き出した 10 個の通常奏法を含む。
 - － 演奏 1 (青木氏による): 62
 - － 演奏 2 (佐野氏による): 63

奏法識別実験の結果を、表 3 に示す。表中の太くなっている数字が、各奏法においての

表 3 奏法識別実験結果 (括弧内は不正解数)

Table 3 The results of classification of playing methods (parentheses indicate failure.).

	試験 純度	ユリ	カラカラ	ウチ	オシ	オトシ	ムライキ	スリアゲ	ナヤシ	正解
通常奏法	17	2	0	1	0	0	0	0	0	17(3)
ユリ	0	17	1	0	0	0	0	0	0	17(1)
カラカラ	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8(0)
ウチ	1	0	0	11	5	0	0	0	0	11(6)
オシ	0	0	0	3	9	0	0	0	0	9(3)
オトシ	0	0	0	0	0	19	0	0	0	19(0)
ムライキ	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6(0)
スリアゲ	0	0	0	0	0	0	0	5	9	5(9)
ナヤシ	0	0	0	0	0	0	0	1	10	10(1)

識別正解数である。中には不正解数が正解数を上回っているものもあったが、平均識別率は 82%であった。

4.3 結果に対する考察

本実験では、作成した尺八データベース中の各奏法の特徴量を解析し、提案した尺八奏法識別法における閾値を決定した。その結果、楽曲中に存在する奏法を平均 82%という高い正解率で識別することができた。すなわち、尺八演奏音から、その音高及びパワー、音色の 3 つの物理的特徴を分類することによって、各奏法を識別することが可能であることが示された。

本実験における不正解の大半は、スリアゲ (正解) に対してナヤシと誤まって識別されたものであった (14 のスリアゲのうち、9 つがナヤシと誤識別)。これは、パワー遷移の振幅に設けた閾値に関して、閾値決定のために用いた 4.1.2 節のデータベース中の傾向と、楽曲演奏音中の傾向とが、異なったためである。さらにこれは、データベース中では奏者間に違いがなかったにも関わらず、楽曲の演奏では、奏者間に大きな違いが生じたという、奏者による違いに起因することがわかった。奏者による違いが顕著であったことから、これらの奏法に関しては、識別に用いる物理特徴量に再検討が必要であると考えられる。なお、表 3 において、スリアゲとナヤシは共通点が多いため、それらを 1 つのグループと考えると、正解率は 82%から 98%となる。

5. ま と め

本研究では、これまでに例を見なかった、研究用尺八演奏音のデータベースの作成を行ったこれを基に、作成したデータベース中の各奏法の物理的特徴量の抽出し、抽出した特徴量から奏法を識別する手法を提案した。提案法を用いた奏法識別実験の結果、音高及びパワー、音色の物理的特徴が識別に有効であることを示した。今後、より多くの奏者による演奏サンプルを収集し、実験を行う。また、研究用途に限って、データベースを公開することを検討する。

謝辞 愛知工科大学工学部情報メディア学科の小沢慎治教授、尺八の師範である、青木彰時氏、佐野鈴霏氏には、尺八演奏のデータベースの作成にご協力頂いただけでなく、尺八楽譜の読み方から各奏法についての基礎知識に至るまでご教授頂き、謝意を示す。また本研究は、中島記念国際交流財団日本人若手研究者研究助成金、日本私立学校振興・共済事業団学術研究振興資金（若手研究者奨励金）の補助による。

参 考 文 献

- 1) 野口将人, 志村 哲, 坪井邦明, 松島俊明: 伝統的尺八楽譜の情報処理システムに関する研究, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.88, No.5, pp.954-962 (2005).
- 2) 金森巨洋: 単旋律ギター演奏の自動奏法認識, 慶應義塾大学大学院理工学研究課修士論文 (2007).
- 3) 坂本 崇, 梶川嘉延, 野村康雄: 音楽感性空間における非線形判別分析を用いた曲印象別グループの分割, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.4, pp.1901-1909 (1999).
- 4) 高橋秀雄: 日本の音 3 管楽器, 小峰書店 (2002).
- 5) 田嶋直士: やさしく学べる 尺八入門, 全音楽譜出版社 (2000).
- 6) 池原雅章, 島村徹也: MATLAB マルチメディア信号処理 上・下 (2004).