

箏曲MIDI情報からの調子と基音の同定

A method of identifying turnings and roots of musics
for Japanese koto in MIDI files.

伊 藤 穰

要 旨

箏曲のMIDIデータファイルから箏曲譜を生成するには、「調子」と「基音」の同定が不可欠である。本研究では、音高についての情報を処理し、箏に特有の奏法である「押し手」の出現回数と、箏曲で多く用いられる基音を基準とすることで、極めて高い確率で調子と基音を同定することができることを示した。

1. はじめに

日本の伝統音楽が中学校の義務教育に取り入れられ、その教育方法について議論が行われている。また、音楽教育へのパソコンの導入について、様々な研究成果が報告され、その効果が実証されている。

筆者は、その双方を結びつけ、パソコンを用いて、箏曲に親しみながら楽譜の読み方を学習できる環境を実現することを目指し、箏曲情報の処理が可能なソフトウェアの開発を行ってきた。その過程において、日本独自の縦書きの箏曲譜について、編集や演奏の機能を持つソフトウェア「箏譜エディター」を開発した。箏譜エディターは、箏曲譜の情報をMIDIデータファイルとして出力する機能を持っており、出力されたMIDIデータファイルを一般の音楽ソフトウェアで読み込むことで、五線譜へと変換することを可能としている。一方で、MIDIデータファイルから箏譜に変換する機能は備えていない。

本研究では、箏譜エディターや、同様の機能を持つソフトウェアにおいて、MIDIデータファイルを読み込み箏曲譜へと変換する機能を実現するため、MIDIデータファイルから、箏曲の「調子」および「基音」についての情報を抽出する方法について考察した。その成果として、MIDIデータファイルに含まれる情報をもとに、箏に特有の奏法である「押し手」の出現回数を定量的に評価することと、出現の可能性のある基音に優先順位をつけることによって、極めて高い確率で、曲の調子と基音を同定できることがわかった。

この成果は、MIDIデータファイルから箏曲譜に変換する機能の実現につながるものであると考える。以下、本稿では2章で研究の背景に関する事柄について述べ、3章では解析の方法、4章では実際に解析を行った際の結果と、その評価について述べる。そして5章をむすびとする。

2. 研究の背景

本章では、研究の背景に関する事柄として、開発中の箏譜エディターと、箏曲譜の特徴、そして、MIDIの概要について触れる。

2.1. 箏譜エディターの概要

パソコン上で箏曲譜に親しみ、その読み方を学習できる環境の実現を目指して、箏譜エディターを開発した。箏譜エディターには、以下の三つの機能がある。

1. 縦書きの箏曲譜を作成できる
2. 作成した箏曲譜を自動演奏できる
3. 作成した箏曲譜をMIDIデータファイルとして出力できる

インタフェース画面(図1)では、キーボードの数字キーや矢印キーなどを用いて、容易に箏譜を入力し、編集をすることができる。三和音まで対応しており、16分音符までの入力が可能である。

音楽記号としては、弦の番号を示す漢数字等のほかに、2種類の「押し手」、「引きいろ」、「つきいろ」などの奏法の記号、そして休符を入力することができる。

箏譜エディターでは、一般的によく用いられる10種類の「調子」(2.2節)、12種類の基音を設定することができ、その設定に応じた自動演奏を行うことができる。また、箏曲譜の内容をMIDIデータファイルとして出力することができる。

これらの機能が教育にもたらす効果について検証するため、実際の教育現場において試用した。その過程で、プロジェクター装置と連動することで、学習者に教材の楽譜を教示する際にも有効であること

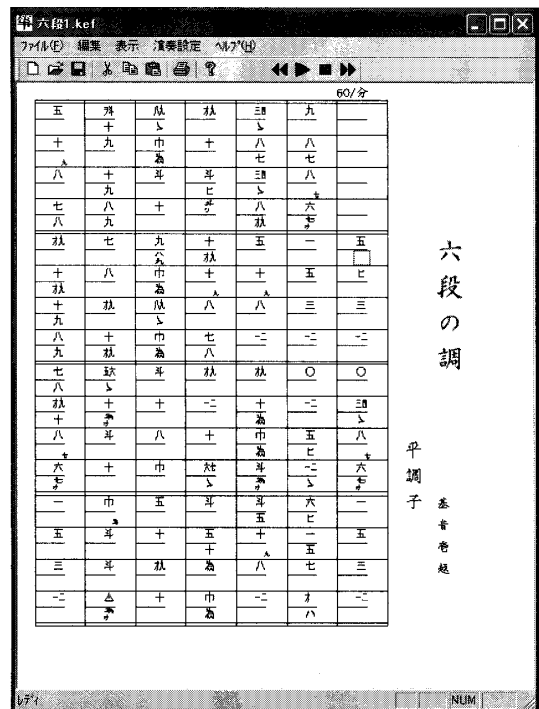


図1：箏譜エディターの画面

もわかった。

以上のことから、箏譜エディターは、日本の伝統音楽の教育において有効なツールとなりえるものと期待できる。

2.2. 箏曲譜の特徴

箏曲譜には、日本で独自に考案され発展してきた奏法譜（タブラチュア）のほかに、五線譜が用いられる場合もある。

奏法譜には、日本語の縦書きの文章と同様に、縦に音楽記号を記述してゆく「縦譜」や、横書きの「横譜」などが存在する。これらにおいては、弾くべき弦の番号が漢数字や漢字などで記述されるほか、カタカナや特殊な記号などによって音楽記号が構成されている。

縦譜や横譜は、五線譜の読解が困難な学習者や、初心者でも、譜面を参照しながら箏曲の演奏が可能であるという特徴があり、教育現場においても広く用いられている。

箏曲では、「調子」と呼ばれる独特の音階が用いられる。西洋音楽における調とは異なり、二つのオクターブにおいて音階が相似しない場合もあるほか、「基音」と呼ばれる第1弦の音高をもとに、他の12弦の音高が定まるという特徴がある。調子には様々な種類があり、基音も固定されていないため、奏法譜には、調子や基音についての記述が不可欠である。なお、基音については、表1のような名称が用いられる。

表1：12の基音の名称

D	D#	E	F	F#	G	G#	A
壱越	断金	平調	勝絶	下無	双調	鳧鐘	黄鐘
A#	B	C	C#				
鸞鏡	盤涉	神仙	上無				

2.3. MIDIの特徴

MIDI (Music Instrument Digital Interface) は、電子楽器間での通信手順についての国際規格である。楽器の種類や音高、音価などの情報を数値で表現する。これらの情報を、ファイルの形式で記述したものが、MIDIデータファイルであり、拡張子は .midとなる。MIDIデータを音楽として演奏するには、音源と呼ばれる装置との間でMIDIデータを送受信する。音源は、受け取ったMIDIデータに従って演奏を行う。近年は、ソフトウェア音源も開発され、コンピュータ

上で再生することもできる。また、MIDIデータファイルのオーサリングツールとして、画面上の五線譜に音符を貼り付けてゆくなどの方法で音楽制作が可能なソフトウェアも多数発売されている。

この規格では、音の周波数等に基づいて音声情報を数値として記述する場合に比べて、音楽を少ない情報量で表現することができるため、流通させることが容易であり、インターネットの普及に伴って、文化としても発展を続けている。

箏曲についても、インターネット上において、多数のMIDIデータファイルが公開されている。

3. 解析方法

3.1. 概要

MIDIデータファイルとして記述されている箏曲について、調子および基音を同定する方法を考察するため、MIDIデータファイルの情報を解析して、その結果を表示するソフトウェア（以下、解析ソフトウェア）を開発した。

解析ソフトウェアは、曲中の音高をすべて抽出して配列に格納し、ソフトウェア内に記述されている、調子を表現する数列と比較することでマッチングを行う。そして、実際に調弦を行った場合に、人間が演奏可能であるような調子と基音の組み合わせをすべて選び出し、画面に表示する。その際には、その組み合わせごとに、箏に独特の、弦を押さえて音を高くする「押し手」という奏法を適用すべき弦の番号や、その回数を算出して、併せて表示する。

以下、その手順について述べる。

3.2. 音高の抽出

解析ソフトウェアは、対象となるMIDIデータファイルをファイルダイアログにて選択すると、ファイルにアクセスし、データの抽出を開始する。

MIDIデータファイルには、曲のテンポや調、歌詞などの様々な情報が記述されているが、その中から、音高についての情報のみを数値として抽出して、一次元配列 a に格納する。

つぎに、一次元配列 a を先頭から読み出してゆき、別の一次元配列 b に順次格納する。その際には、既出の数値と同値のものは除外する。この処理によって、一次元配列 b には、曲中出现するすべての音高が、出現順にひとつずつ格納される。続いて、一次元配列 b について、数値の小さい順に並び替える処理を行い、それを一次元配列 c に格納する。

3.3. マッチングの方法

マッチングの処理では、一次元配列 c と、調子を表現する数列とを比較して、調子と基音の組

み合わせごとに、「押し手」が必要な箇所や、その個数を計測する。以下、その詳細について述べる。

3 3 1 調子を表現する数列の構造

調子を表現する数列は、箏曲の調弦に主に使われる 9 種類の調子、すなわち平調子、雲井調子、半雲井調子、片雲井調子、乃木調子、楽調子、中空調子、岩戸調子、古今調子について、個別に作成し、記述した。

箏曲における調子は、箏の13本の弦について、それぞれの弦の音高の差を数列にしたものと捉えることができる。そして、第1弦の音高を設定すると、それを基音として、13本の弦の音高が決定される。そこで、調子を表現する数列は、調子との整合性を得るため、調子によって決定される音の数と同じ13個の数値から構成した。この数列は、初項を0とし、第2項以降は、各調子における音高の差を順に並べたものとした。初項を0とし、数列全体に基音を示す数値を加算することによって、各調子の12の基音すべてについて、音高を示す数列を生成することが可能となる。

例として、平調子と雲井調子を表現する数列を表2に示す。

表 2

平調子
0, 5, 7, 8, 12, 13, 17, 19, 20, 24, 25, 29, 31
雲井調子
0, 5, 6, 10, 12, 13, 17, 18, 22, 24, 25, 29, 31

基音をD音とする場合には、数列の全ての項に、D音の音高を示す数値“50”を加算することによって、13本の弦の実際の音高が得られる（表3）。

表 3

平調子
50, 55, 57, 58, 62, 63, 67, 69, 70, 74, 75, 79, 81
雲井調子
50, 55, 56, 60, 62, 63, 67, 68, 72, 74, 75, 79, 81

3 3 2 数列との比較

箏曲では、「押し手」という奏法によって、最大で1音半まで音を高くして演奏する場合がある。そのため、一次元配列 c と、調子を表現する数列とを比較する際には、「押し手」による変動を

考慮しなければならない。具体的には、ある調子について、各項の数値すべてについて、+3までの範囲が生じることになり、ひとつの調子と基音の組み合わせにおいて、52種類の音高が出現する可能性がある。

そこで、比較においては、それぞれの調子について、12の基音すべての場合について、52種類の音高を生成する。そして、一次元配列cの要素すべてについて、生成した52種の音高の中に同値のものが存在するか否かを評価し、配列の全ての要素が同値の項を持つ場合を選び出す。

3.3.3 ソフトウェアの画面

解析ソフトウェアは、一次元配列cの要素を小さい順に縦に並べたものと、選び出された調子と基音の組み合わせとを、視認して比較できるようにするため、その双方を画面上に表示する。調子と基音の組み合わせは最大で5種類まで表示される。選び出された組み合わせが6種類以上に及ぶ場合は、画面中に配置した「次の候補」ボタンをクリックすることによって、表示内容を順次切り替えることができる。

一次元配列cの各要素を表示する際には、一次元配列aの情報と照合して、そのそれぞれについて、右横に、出現した回数を赤い文字で併記する。

		適合した音階の数 19			
		平調子	平調子	裏井調子	裏井調子
押さえ個数	43	2	60	40	19
基音	51	52	50	51	52
抽出した音					
52 3		ヲ1	1	オ1	ヲ1
57 2		ヲ2	2	ヲ3	3
59 1		4	3	禾3	オ3
60 2		ヲ4	4	禾4	オ3
64 7		6	5	ヲ6	6
65 5		ヲ6	6	オ6	ヲ6
69 13		ヲ7	7	ヲ8	8
71 11		9	8	禾8	オ8
72 4		ヲ9	9	禾8	オ8
74 1		禾9	オ9	10	ヲ9
76 9		11	10	ヲ11	11
77 4		ヲ11	11	オ11	ヲ11
81 4		ヲ12	12	13	ヲ12
83 4		ヲ13	13	オ13	ヲ13
84 1		オ13	ヲ13	禾13	オ13

調子と基音の組み合わせを表示する際には、実際に調弦を行った際に、各音高に対応する弦の番号を縦に表示する。また、「押し手」によって音が高められている場合を表現するため、「押し手」の回数と、「押し手」を適用する弦の番号、およびその深さがわかるように、箏譜の表記に似せて、半音上げる場合に「ヲ」、1音上げる場合に「オ」、1音半上げる場合に「禾」を併せて表示する。

3.3.4 解析の具体例

日本古謡の「さくら」（平調子）を例にとり、解析の具体例を示す。まず、市販の五線譜をもとに、基音をE音としてMIDIデータファイルを作成する（図3）。E音は、MIDIでは52という数値で表現される。MIDIデータファイルの作成には、INTERNET社の音楽ソフトウェア Singer Song Writer Lite3.0を用いた。

解析ソフトウェアは、MIDIデータファイルにアクセスして音高情報を抽出し、一次元配列a

に格納する。続いて、配列の要素について処理を行い、一次元配列 b、c の要素を確定する。その結果、一次元配列 c には、52、57、59、60、64、65、69、71、72、74、76、77、81、83、84 という数値が順に格納される。

この配列の要素をもとに、調子と基音の組み合わせそれぞれについてマッチングを行うと、19種類の組み合わせが選出される。

結果を表 4 に示す。表中の数値は、「押し手」の回数である。この表から、8種類の調子について、基音がD、D#、Eの場合に選出されたことがわかる。平調子、基音Eのときには、「押し手」の回数は2回であるが、それ以外の組み合わせでは、いずれも2桁の回数となっている。

4. 実際の解析と評価

4.1. 基音と調子を選抜する規則

解析ソフトウェアが選出した調子と基音の組み合わせの中から、正しい組み合わせを1組だけ選出す方法として、「押し手」の回数と、箏曲で一般的に用いられる基音の2点に着目した。

「押し手」は、左手で弦を押さえる際に演奏者の負担となる場合があるほか、ピッチを正確

に保つためには熟練が必要であり、不用意に「押し手」が頻出するような調弦は不自然であると考えられる。そこで「押し手」が最少のものを選抜することとした。

また、箏曲では、一般的に、基音として壺越（D音）や平調（E音）が多く用いられる。これは、箏の楽器としての構造にも由来しており、それ以外の基音を用いるためには、特別に弦の張力を変更するなどの措置が必要な場合もある。そこで、D音を基準とし、音高が離れるに従って、選抜の優先順位を下げることにした。

これらをもとに、まず、「押し手」の回数を比較し、最少のものを選出す。その際に、複数の組み合わせが選出された場合は、基音について、D音に最も近いものを選び出すという選抜



図3：『さくら』の五線譜

表4：『さくら』の解析結果

	基音D	基音D#	基音E
平調子	×	43	2
雲井調子	60	40	19
岩戸調子	×	51	48
古今調子	45	×	×
中空調子	26	50	28
半雲井調子	×	37	20
乃木調子	23	56	17
楽調子	29	62	16

*数値は「押し手」の回数

の規則を用いることとした。

4.2. サンプル曲の解析

選抜の規則の妥当性を検証するため、表5のサンプル曲の解析を行った。

表5：サンプル曲の調子と基音

曲名	調子	基音
越天楽	楽調子	A
雲井六段(初段)	雲井調子	D
さくら	平調子	E
さらし	雲井調子	D
ジングルベル	乃木調子	D
千鳥	古今調子	D
花見小袖	楽調子	D
むすんでひらいて	乃木調子	D
六段の調(初段)	平調子	E

『越天楽』、『雲井六段(初段)』、『さくら』、『六段の調(初段)』、『ジングルベル』、『千鳥』、『花見小袖』については、「押し手」の回数が最少のものと、二番目に少ないものとの差が3以上あり、「押し手」が最少の場合の調子と基音は、曲の調子と基音に一致した。

『さらし』については、「押し手」の回数が最少のものと、二番目に少ないものとの差は1であったが、やはり「押し手」が最少のものが曲の調子と基音に一致した。

『むすんでひらいて』は、乃木調子の基音Dと、楽調子の基音Aにおいて「押し手」の回数が最少であった。選抜の規則を当てはめると、基音がD

音と同音である乃木調子が選出され、曲の調子と基音に一致した。

これらの結果、サンプル曲については、選抜の規則によって、100%の確率で調子と基音を同定することができたといえる。

4.3. 結果の評価

今回の検証では、100%の確率で調子と基音を同定できたことから、選抜の規則が妥当であることが確かめられた。ただし、箏曲の中には、演奏の途中において演奏者が箏柱を移動させ、調子を変更して演奏する場合がある。そのような箏曲について、曲全体の調子を同定することは不可能であると考えられる。このことから、箏曲の持つ構造を細かく分析し、現在の選抜の規則が適用できる範囲を明確化する必要性が考えられる。

また、同定に必要な情報量についても考慮する必要がある。今回の検証において、「押し手」が最も少ないものとして、2種類の調子が該当した『むすんでひらいて』は、西洋音楽的な解釈において12小節分の中に6種類の音高しか出現しない。そのため、様々な調子と基音の組み合わせが考えられ、実際に177種類の組み合わせが該当した。その一方で、『越天楽』では16小節中に15種類の音高が出現し、該当した組み合わせは27種類であった。各調子間の差分は一律ではない

ため、単純な比較は適切ではないが、曲中に出現する音高の種類が多いほど、選び出される組み合わせを絞り込むことができるものと考えられる。そのため、検証を重ねてゆく上では、曲の長さや、音高の種類についても含めて評価してゆく必要がある。

4.4. むすび

本研究では、箏曲MIDIデータファイルから、調子と基音の情報を抽出する方法について考察し、「押し手」の数が最少で、基音がD音に近いものから優先順位をつける、という選抜の規則を発見した。検証においては、サンプル曲のすべてについて、正確に調子と基音を同定することができた。

今後は、演奏中に調子が変わられる箏曲への対応方法について考察する。また、調子と基音の情報をもとに、MIDIデータファイルから箏譜を生成するシステムの開発を行ってゆく。

参考文献

- 伊藤穰：箏曲譜処理ソフトウェアの開発. 情報処理学会研究報告、2004-MUS-56、2004. 8. 3
- Toshiaki MATSUSHIMA and Rie NAGASAWA：“Multimedia System for Shakuhachi Tablature”, International Computer Music Conference 1995 (ICMC '95) in Banff, Canada.
- 野口将人、田島ゆう子、松島俊明、坪井邦明、志村哲：尺八くん2001——尺八譜情報の処理システム——. 情報処理学会研究報告、2001-MUS-41-3、2001. 8. 4.
- 松島俊明、坪井邦明、志村哲：尺八譜の作成・出版支援システム. 情報処理学会研究報告、2001-MUS-39-14、2001. 2. 23.
- 松島俊明、坪井邦明、志村哲：複数流派への拡張が容易な尺八譜情報処理システム. 情報処理学会研究報告、99-MUS-30-11、1999. 5. 30.
- 松島俊明、坪井邦明、志村哲：COMSO: 尺八譜のための標準データ形式. 情報処理学会研究報告、98-MUS-26-2、1998. 8. 7.
- 出口幸子、白井克彦：箏曲の歌におけるメリスマの表現. 第38回 音楽情報科学研究会、2000. 12. 17. フリーウェア「箏譜縦譜化支援」.