

博士論文概要

論文題目

箏曲における構造と知識の表現

Representation of the Structure and
Knowledge in Koto Music

申請者

氏名

出口	幸子
Sachiko	Deguchi

専攻・研究指導
(課程内のみ)

情報科学専攻 ヒューマンインタフェース研究

2003年 4月

本論文では、従来規定されていなかった箏曲の音律と音階を分析して規定し、その上で、演奏者に学習されている知識を表現した。ここで、音律は音楽で使用可能な音（1オクターブ中の12音）の音程関係を定め、音階は音楽で主に用いる音（1オクターブ中の7音）の音程関係を定める。音程は2音間の音高の隔たりで、物理的には2音の周波数比である。箏曲を含む伝統音楽においては、平均律ではなく古来の音律が継承されているが、一般にそれを規定する文書はなく、調弦法が伝わるのみである。しかし、音律およびそれに基づく音階を規定することは、音楽情報を分析するために必須である。過去に実音測定により音律を規定する試みはあったが、音律を規定するには至らなかった。そこで、本論文では、箏曲譜を用いて、楽譜に記された音の遷移の偏りを分析することにより、音律を規定する方法を提起した。これにより、箏曲の音律を規定することが可能となり、また、他の伝承音楽へ適用する可能性も示された。さらに、ここで規定した音律と音階の依存関係を調べ、音の頻度分布を分析して音階を規定した。

次に、箏曲の演奏者の経験的知識を参考にして、旋律（音の高さの連なり）とリズム（音の長さの関係）を分析した。西洋音楽と異なり、箏曲を含む日本伝統音楽においては一般に、旋律とリズムが共に楽器のパートと声のパートで異なる。このため初心者にとっては演奏が難しいが、パターンを学習することにより演奏が容易になる。そこで本論文では、箏曲の演奏者に学習されていると考えられる旋律とリズムのパターンを、箏曲の構造：音律・音階、メリスマ（音節内の旋律）、および小節に基づいて分析した。このようにパターンを抽出することにより、データベース作成支援および電子楽器を用いた旋律合成等の応用が可能となった。

第1章「はじめに」では、本研究の概要と知識処理研究の背景を説明した。

第2章「箏曲と箏曲譜」では、箏曲譜から音高とリズムを入力する方式、およびそれらを数値に変換して分析用データを得る方式について説明した。西洋音楽の楽譜の表現方式は多く提案されているが、箏曲譜から直接西洋音楽の音高を入力することが困難であること、および箏のパートには固有の演奏法が記述されることから、本論文では、独自に箏曲譜の表現方式を提案した。

第3章「箏曲の構造」では、箏曲の音律と音階を楽譜情報の分析により規定する方式を説明した。音律については、楽譜情報から変換したデータを用いて、連続する2音間の音程を抽出して、1オクターブ中の音の遷移を調べた。その結果、箏曲では使われる半音と、使われない半音が存在することが明らかになった。前者の音程を x 、後者を y とすると、1オクターブ中の隣接する2音間の音程を x あるいは y として定めることができる。その並びは、調弦の基準音 D（レ）から次のようになる： $x y x x y x y x y x x y$ 。また、全音の音程は xy であることもわかった。次に、1オクターブ中の12音の具体的な周波数比を次のように計算した。1オクターブに含まれる全ての半音 x と y を掛け合せると周波数比2となることから、条件式 $(xy)^5 x^2 = 2$ が得られる。これを、全音、半音ともに整数比である

という条件式 $xy = b/a$, $x = d/c$ (a, b, c, d は整数) を使って解くと, 全音 $xy = 9/8$, 半音 $x = 256/243$ が得られる. この半音 x はセント値では約 90.2 セントであり, 平均律の半音 100 セントより 10 セント程度低いという伝承に合致する. 完全 5 度 $(xy)^3x$ は $3/2$ になる. さらに, このように楽譜情報の分析により求めた箏曲の音律が, 中国雅楽の音律理論 (三分損益法) に適合することが示された.

音階については, 中国雅楽, 日本雅楽, および近世邦楽を参考にして, 箏曲の音階を 7 音音階とし, 次の音程の並びで定義した: $s w w w s w w$. ここに, s は半音, w は全音である. これを箏旋法と呼ぶ. これらの音程の並びが音律と整合する音の組のみ許されるとする. 例えば, D 箏旋法 (調) の音の組は, D を音階の最初の音として $\{D, D\#, F, G, A, A\#, C\}$ となる. ここで, $(C D E F G A B)$ は (ド レ ミ ファ ソ ラ シ) を意味する. 理論的には, D, G, A, C, E , および F 箏旋法 (調) が可能である. しかし, 現在用いられている調弦法 35 種類から推定した所, D, G, A, C , および E 箏旋法 (調) のみが実際に用いられることが明らかになった. 一方, 楽譜データを調弦が変わる箇所分割し, 各音高の出現頻度を調べた. その結果, 箏曲の音階は基本的に 7 音音階であることが示された. また, 各分割部分の調を判定し, 調弦と調との対応関係を分析した.

第 4 章「旋律の知識表現」では, 箏曲の声のパート (歌) を対象として, 旋律 (音の高さの連なり) に関する演奏者の経験的知識を表現する方式について説明した. 分析には, 次に示す経験的知識を参考にした.

- (1) メリスマ (音節内の旋律. 例えば, 音節 “ の ” に対してド・レ・ドという旋律がある) は定型的な旋律パターンから構成される.
- (2) ある音から生じる旋律パターンは限られている.

本論文では, メリスマから定型的なパターンを抽出し, それらを音階上に配置することにより, 演奏者に学習されている知識を表現する方法を提案した.

まず, メリスマで生じる 2, 3, および 4 音の旋律パターンを抽出した所, 80% を占めるパターンはそれぞれ 4, 14, および 33 種類, 2% 以上出現するパターンはそれぞれ 9, 12, および 14 種類であり, 主に使われるパターンは限られていることが明らかになった. これらのパターンは, 実際に演奏者に学習されているパターンとよく一致しており, これらが記憶の単位として獲得されていると考えられる.

次に, メリスマにおける 3 音旋律で頻度が上位の 12 パターンが音階中のどの位置で出現するかを, 以下のようにまとめた. ここで, 音階上の音を, 順に $d_1 \sim d_7$ とする. 音程は 2 音の音高の差で表し, 半音を 1 とする. 例えば $(-1 -2)$ は, 半音下がり, 続けて全音下がる旋律パターンを表す.

$d_1: (-4 -1) (-2 -3) (-2 2) (-4 4) (1 -1), \quad d_2: (-1 -2) (-1 1),$

$d_4: (-4 -1) (-4 4) (2 -2) (3 -1), \quad d_5: (-2 -4) (-2 2), \quad d_6: (-1 -2) (-1 1) (4 -4) (4 -2)$

これらは, 7 音音階の制約の下で可能な 3 音旋律パターンの一部である. この理由は, 箏曲の音階は 5 音音階 (5 音: d_1, d_2, d_4, d_5, d_6 は箏の弦に対応した音) を

基礎として、2 次的に他の 2 音が用いられることによる。なお、基本的な旋律パターンが音階の構造を反映することは、箏曲に限らない。比較のため、ドイツと中国のフォークソングについて、3 音旋律の上位 10 パターンを調べた所、音階の構造を反映して明確な差が存在していることが明らかになった。

一方、伝承者によるメリスマの差異の分析は難しい。旋律パターンの形（下降、ゆれ、等）による分類を、旋律パターンのクラスと呼び、実際に生じる旋律パターンをインスタンスと呼ぶ。クラスの差異（ゆれが余分に付く、下降が 1 音長い、等）はインスタンスの差異（下降の -2 か -4 の違い、等）に比べて約 20 倍であり、メリスマの形状が伝承により柔軟に変化していることも明らかになった。

第 5 章「リズムの知識表現」では、箏曲の歌において、リズム（音の長さの関係）に関する演奏者の経験的知識を表現する方式を、次の点に考慮して説明した。

- (1) 西洋音楽では、音高の列とリズムを合せたパターンを示すことが多い。
- (2) 箏曲の演奏者の経験的知識から、箏と声の両パートのリズムのずれを知覚する基本パターンが存在すると考えられる。

そこで、先に抽出した 3 音旋律パターンを対象として、各パターンがどのようなリズムで生じているかを分析した所、リズムの種類が多く、定型的なパターンを示せなかった。一方、小節（一定時間の区切り。箏曲では 4 分音符 2 つ分）単位にリズムを分析した結果、8 種類のパターンが全体の 90% を占め、小節におけるリズムには定型的パターンがあることが示された。これより、リズムパターンは旋律パターンと独立に存在し、それらが演奏者に知覚されていると推定される。

第 6 章「知識の利用」では、本研究で得られた旋律とリズムのパターンの応用について説明した。第 1 に、メリスマの採譜を支援するために、本分析により得られた旋律パターンを知識として持つエディタを試作した。音階上のある音において旋律パターンの形（下降、ゆれ、等）を指定すれば、実際に生じる旋律パターンは限られるので、人間の採譜を支援することができる。これは、譜がない伝承者の旋律を採譜して、既に譜がある旋律と合せてデータベース化するために有益である。第 2 に、本分析により得られた旋律パターンを応用した旋律合成システムを試作した。音階上の主な 5 音（2 オクターブ分の 10 音）から始まる 4 音旋律の上位 20 パターンをデータとして持ち、ユーザに指定された音から、指定されたパターンを再生する対話的システムを試作して、即興曲の演奏に用いた。箏曲の旋律パターンを電子楽器に実装するという新しい応用の可能性が示された。

第 7 章「おわりに」では、本論文のまとめと意義を説明した。本論文では箏曲を対象として、音律と音階という構造を分析し、その上で演奏者に学習されている旋律とリズムのパターンを分析したが、本分析方法は他の民族・種目の音楽の分析に適用可能である。また、本論文では旋律パターンをデータベース作成支援や電子楽器を用いた旋律合成に応用する方式について検討し、新しい応用分野を示した。さらに、本研究の意義および本研究分野における課題と展望を示した。