

研究題目	能の謡の音声分析および技能習得アシストシステムの開発	報告書作成者	永原正章
研究従事者	永原正章		
研究目的	<p>能など日本の伝統芸能は、その系統的な音楽理論の確立が西洋音楽に比べて大きく遅れている。そのため音楽技術の指導に科学的な方法を取り入れることが難しく、習得には時間がかかる傾向がある。たとえば、能の音楽である謡(うたい)には、「弱吟(よわぎん)」と「強吟(つよぎん)」の2種類の音階があり、「弱吟」はテトラコルド音階を持つため、西洋音楽の音階で便宜的に説明ができるが、「強吟」については、強いビブラート(ナビキ)により音高(ピッチ)が確定できず、西洋音楽の理論では説明がきわめて難しい。また、邦楽でも西洋音楽でも腹式呼吸による発声の基本であるが、呼吸の制御方法(呼吸法)と声を共鳴させる体の部位や方法(共鳴発声法)が異なる。西洋音楽の発声は横隔膜を使った呼吸で腹部または胸部共鳴が主であるが、邦楽では大腰筋を使った呼吸と全身での共鳴(大腰筋呼吸・全身共鳴)が基本である。これは、邦楽が音や声の音色(倍音成分)を重視してきたためと思われる。</p> <p>このような問題意識から、本研究では、能の謡をデジタル録音した音声データにたいして時系列解析、特に音高追跡や時間周波数解析を行い、能の謡の音声分析を試みる。この音声分析にもとづき、謡の音階やビブラート、発声法などにおける普遍的な法則を見出し、謡の「標準モデル」を導出する。この標準モデルは、能の謡や邦楽の音楽理論を組み立てるための基礎であり、これをもとに、初学者が容易に理解できる邦楽の習得法や指導法の開発を目指す。特に、練習者の音高や発声と標準モデルとの誤差をリアルタイムで分析し、得点を表示する技能習得アシストシステムを開発し、初学者でも手軽に謡の練習ができる環境を構築することを目指す。</p> <p>このような研究は、西洋音楽に対してはこれまで盛んに行われており、それらの研究を基礎として、音楽の自動採譜やメロディによる楽曲検索、「初音ミク」などのような音声合成(ボコーロイド)やカラオケの採点システムなど、数多くの応用研究が存在する。しかし、能などに代表される邦楽に対しては、このような研究や製品はほとんど存在せず、日本人の邦楽離れや伝統芸能の後継者不足といった問題の一つの原因となっている。本研究は、邦楽の理論化とその習得方法の科学的な体系化、そしてそれによる日本の伝統芸能である邦楽の復権と国際社会での評価向上を大きな目標とする。</p>		

研究内容

上記の研究目的を達成するために、本研究では、次の3つの課題に取り組む。

1. 音高追跡にもとづく「強吟」の音階とビブラートの解析

能の謡における「強吟」は、その強いビブラート(ナビキ)により音高が西洋音楽のように確定できない。そこで、本研究では、「強吟」の謡のデジタル録音データにたいして短時間 Fourier 変換を施し、時間的に変化する音高を追跡する。そして、その処理結果から「強吟」の音階変化やビブラートの特徴などを分析する。たとえば、右の図は予備実験によって得られた「強吟」の音高変化である。この音声の後半はビブラートであり、200 Hzを中心とした上下1オクターブの音高変化があることがわかる。このような性質が一般的に成り立つかどうかをデータ分析により調べ、謡の「標準モデル」を導出する。

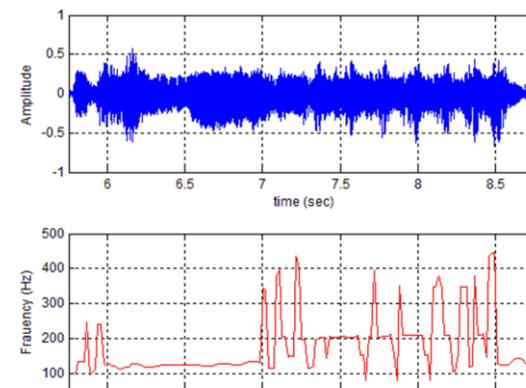


図. 上段:「強吟」の時間波形, 下段:その音高変化

2. 謡の音色と倍音の解析

邦楽の三大要素は、旋律(メロディ)・拍子(リズム)・音色(倍音構成)であり、和声(和音)の概念は存在しない。また、邦楽、洋楽ともに腹式呼吸を基本とする発声であるが、能の謡などの邦楽では、インナーマッスルである大腰筋を使った全身呼吸により、豊かな倍音を含む声(「地声」と呼ぶ)を発する。さらに、「鼻声」と呼ばれる、男性が女を演じるときに使う発声もある。これら邦楽に特有な発声と西洋音楽で用いられる発声の周波数分布(倍音構成)の違いを短時間 Fourier 変換、またはウェーブレット変換を用いて解析し、それぞれの発声法の違いを倍音構成から特徴づける。

3. 謡の練習アシストシステムの開発

上記の1, 2で得られた謡の「標準モデル」にもとづき、初心者のための謡の技能習得アシストシステムを開発する。具体的には、練習者の音声をデジタルデータとして計算機に取り込み、リアルタイムで音高追跡および倍音構成の分析を行う。そして、正しい音階やビブラート、発声ができているかどうかを、「標準モデル」との誤差の大きさにより点数化し、練習者に提示するシステムを開発する。なお、このようなシステムは、西洋音楽向けには従来からよく研究されており、カラオケシステム等に実装されている。

<p>研究のポイント</p>	<p>謡の「標準モデル」を設定するために、金剛流能楽師の豊嶋三千春師のデジタル録音から短時間 Fourier 変換の手法にもとづき、基本周波数の時間変化を抽出する。その基本周波数の変動(音高変化)を標準モデルとする。</p> <p>まず、標準モデルの音高変化との「差」を検出するために、動的時間軸圧縮法 (dynamic time warping) の手法を用いて類似度を計算する。また、ナビキ(謡のビブラート)の特徴をとらえるために、ナビキの変動周波数のずれをパワースペクトルを計算することにより検出する。</p> <p>以上2つの計算により、総合得点を算出し、謡の上級者と初学者で有為な差がでるかどうかを実験により確認する。</p>
<p>研究結果</p>	<p>実際に謡の上級者5名と初学者3名に、金剛流能楽師の豊嶋三千春師のデジタル録音を聞かせ、その通りに謡わせデジタル録音を行い、それらのデータから、上記の計算方法により総合得点を算出した。その結果、上級者と初学者との間にはっきりと得点の差が見られ、提案手法の有効性が確認できた。</p> <p>また、今回は録音後に得点を表示するシステムを構築したが、得点計算の計算量はそれほど多くなく、リアルタイムでの計算も原理的には可能である。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>今後の課題として、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・音色の評価を通して謡の発声法の習熟度の採点を可能にする機能の追加 ・リアルタイムで採点結果を表示するシステムの構築 ・女性など基準音高が著しく異なる場合の対応 ・基本周波数だけでなく、倍音構成にももつづいた採点法の検討 <p>などが挙げられる。</p>

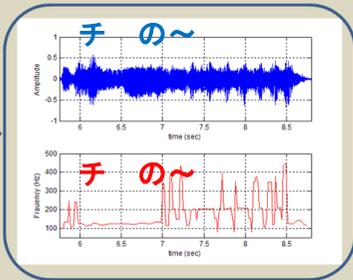
【音高追跡にもとづく「強吟」の音階とビブラートの解析】

クセ
抑
下
シ
ッ
ッ
下
シ
ッ
ッ
遠
近
の

能の謡をデジタル録音し、時間周波数分析により、音階とビブラートの特性を抽出。それをもとに、謡の「標準モデル」を構築する。



デジタル録音



時間周波数分析(音高推定)

「標準モデル」の構築

【謡の音色と倍音の解析】



地声

大腰筋呼吸・全身共鳴



西洋音楽(オペラのベルカント)
横隔膜呼吸・腹部または胸部共鳴



鼻声

腹式呼吸・鼻骨共鳴

発声法による謡の音色の違いを倍音構成から特徴づけ、「地声」および「鼻声」の「標準モデル」を導く。また、西洋音楽の発声法とも比較する。

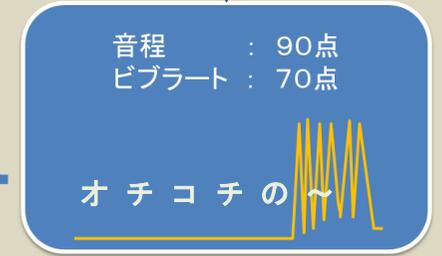
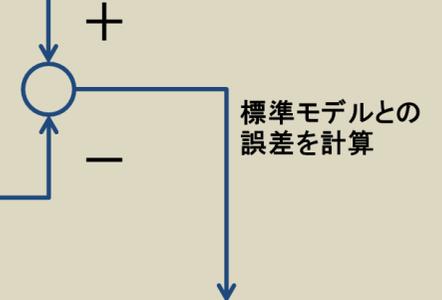
【謡の練習アシストシステムの開発】

構築した「標準モデル」と練習者の実際の音声との誤差を解析し、画面に音程やビブラートの得点や音程の高低のグラフなどを表示。これを見ながら練習することによって、歌唱力の向上が見込める。

「標準モデル」



初学者



発声練習をアシスト

アシストシステムの情報
フィードバックして歌唱力向上

(注:フローチャート図, ブロック図, 構成図, 写真, データ表, グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)