

自動採譜における音符の出現位置に着目した確率的補完法の研究
Research of stochastic completion method by positioning of musical notes in the
automatic scoring system

○工藤佑介、小坂谷壽一
○Yusuke Kudo, Juichi Kosakaya

八戸工業大学 大学院工学研究科 電子電気・情報工学専攻

Graduate School of Electrical, Electronic and Information Engineering,
Hachinohe Institute of Technology

キーワード: 自動採譜装置 (automatic scoring system), 伝統楽器 (traditional instrument)

連絡先: 〒033-0012 青森県三沢市平畑 2 丁目 1 番 82 号
八戸工業大学大学院工学研究科電子電気・情報工学専攻 工藤佑介
TEL: 050-3375-7174 E-mail: m12202@hi-tech.ac.jp

1. はじめに

現在、津軽・南部三味線には、楽譜保存の問題が起きている。元来、津軽・南部三味線には譜面が存在せず、口伝による継承が主であり、古くから譜面で継承する風習がほとんど行われていなかった。その為、時代を経る毎に節回しが正確に継承されず誤って伝えられ、一部では既に本来の歌い回しが消えつつあり、伝統芸能継承者等により次世代を担う若年層演奏者に対し、口伝ではなく、譜面として正確に記録する技術が強く望まれている。この問題を解決する為、津軽・南部三味線等の伝統音楽の楽曲保存のために演奏を自動的に採譜する様々な手法が開発されてきている。^{1~4)}

本研究では、自動的に採譜した楽譜に記載されている音符が正規以外の箇所に出現したり、欠損があ

ったりすることに着目し、この異常に出現した音符を修正、補完することで採譜精度向上を狙い、自動採譜後の不完全な楽譜に対し専門家が作成した正規の楽譜と比較して音符がどの程度異常であるかを確率統計的に判断し、採譜処理後の楽譜に補完処理を行うことで、より正確な楽譜に編集することを可能とした。

2. 研究概要

演奏した楽曲を自動的に譜面に変換するには、採譜用装置と接続された楽器から入力された音源が、装置内部で適切に処理される必要がある。今回、実際に演奏した音源から楽譜を出力するために、従来¹⁾の自動採譜手法¹⁾を導入した。本研究における自動採譜とは、楽曲の入力・解析・譜面化までの処理を

示し、この処理を行う装置を自動採譜装置と呼ぶ。自動採譜装置では、専用のエレクトリック三味線を演奏するだけで、楽譜を出力することが可能としている。

自動採譜手法の手順は、録音した音源に対してノイズ低減処理を行い、波形と周波数成分から音階を判別し、MIDI データへの変換を行うことで譜面化を行なっている。しかし、楽譜の精度は入力音源の精度に左右されることが多く、弱い音はノイズ低減処理の際にノイズと誤認され消去される場合があり、又楽器を弾くタイミングが遅れた場合、音符の位置がずれる等の問題が発生する。

本研究では、これらの問題に対し自動採譜後の楽譜が専門家が作成した正規の楽譜の節回しと比較して連続した休符や音符の欠如等、明らかに異常な箇所があることに着目し、その箇所を専門家が作成した正規の楽譜をもとに修正を行えば、より精度の高い楽譜になると考え、確率統計的手法を利用した楽譜補完の研究を行なった。なお、本研究における専門家が作成した正規の楽譜とは、過去に専門家が作成し、現存している楽譜を指す。この正規の楽譜は、過去に作成された楽譜が偶然保存されたものであったり、手習い用としてごく一部の有名な曲のみであったりと全ての伝統音楽の楽譜が存在しているわけではない。だが、伝統音楽特有の演奏法や節回し等に見られる特徴を自動採譜後の楽譜と比較することで、自動採譜後の楽譜の異常な箇所を発見できると考えている。

3. 装置構成

入力用の楽器として、精度向上のため、雑音が入りづらいエレクトリック三味線（写真1参照）を使用した。装置構成を図1に示す。

先ずエレクトリック三味線から入力された楽曲の音源の自動採譜処理をする。その後、自動採譜処理された楽譜に対し、本研究にて作成した楽譜補完処理を行う。自動採譜された誤り音符を含む楽譜に対

し、補完処理を行うことでより正確な楽譜を生成する。

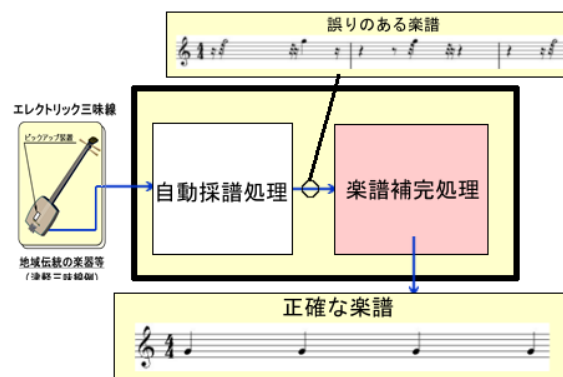


図1 装置構成

4. エレクトリック三味線について

音源入力に際し、通常の上三味線を使用した場合、弦同士での共振が起こり、撥で弦を打つために不要な打撃音まで入力される等の問題が発生する。

今回音源の入力に用いるエレクトリック三味線では、写真1に示すように、弦毎にピックアップマイクを取り付けることによって独立した音階が抽出できるようにし、又弦同士の共振を避けるため、胴体を演奏に必要な部分を除き空洞化している。



写真1 エレクトリック三味線

5. 従来の問題点

従来の自動採譜手法とその問題点について説明する。

先ず、録音した音源からノイズを除くため、ノイズフィルターで除去する。次に、音階を判定するために入力音源をテンポ情報（1分間当たり4部音符

の個数) と演奏時間から 4~32 部音符毎に区切る。その後、区切った範囲毎に高速フーリエ変換を用いてスペクトル成分に分解し、分解した周波数から 440Hz の音階 A (ラ) との音階差数を求めることで音階を判別している。

正規演奏の楽譜を図 2 に示し、楽譜を演奏した音源に自動採譜処理を行なって得た楽譜を図 3 に示す。



図 2 正規演奏の楽譜



図 3 採譜処理後の楽譜

図 2 と図 3 を比較すると元の楽譜には存在しない休符があり、4 部音符が 2 部音符や 8 部音符となっている。

この違いは、採譜処理時に入力音源を 4~32 部音符毎に区切った際に誤って演奏とは異なる場所に音符があると判断したためである。その結果、正規演奏の楽譜とは違う結果が表現された。

この原因は、採譜処理の精度不足と奏者の誤演奏によるものだと考えられる。奏者の誤演奏というのは、演奏者自身の癖や体調によって正規楽譜から外れた演奏を行うことである。又弾く力の強弱の影響や、演奏するタイミングが少しでもずれた場合、採譜処理の中でノイズとして除去されたり、ずれた音符がそのまま出力されたりする。間違った楽譜を正規に修正するためには、再び演奏するのが一般的であるが、伝統音楽演奏者の多くはお年寄りのため、完璧な楽譜が出来るまで何度も演奏してもらうことは体力的に難しい。

以上の問題を解決するため、本研究では、採譜処理された楽譜にメロディの傾向を元にした統計的推定による補完を行うことでより正確な楽譜にする研究を行った。

6. 研究手法

音楽とはリズム、メロディ、ハーモニーが特定のパターンで並んだものである。このパターンは、楽器の構造や曲調により特有の傾向がある。例えば、ピアノならピアノ特有の演奏技法、三味線なら三味線特有の節回し等といったものである。

このパターンは津軽三味線のような伝統音楽においては、特に顕著に現れるものと考えられる。伝える際に伝える側の癖や間違いを教わる側は演奏しやすいものに変化させ、それが年月と共に経年変化したものだからである。

そこで、音楽の持つパターンがどの程度の頻度で現れるのかを学習し、楽譜のどの場所に現れやすいか推測することが出来れば、音符の誤りやずれを効果的に訂正できる事に着目し、ベイズ推定を利用して推定処理を行った。

6. 1. ベイズ推定とは

ベイズ推定とは、最尤法(さいゆうほう)という最も尤もらしいものの確率を求める手法に、事前確率という知識や経験に基づいて設定された確率を合わせ、事後確率という推定結果を求める手法である。^{2,3)}事前確率の例を挙げると、楽譜の規則、慣例、楽器の特性といったものが該当する。また、最尤法におけるもっともらしさを尤度(ゆうど)と言い、尤度が最大のものが最尤法の解となる。

ベイズ推定を使用する理由は、事前確率を使用することで、楽譜の特徴と音楽のパターンを自然に組み合わせることが可能であるからである。

6. 2. 推定する上で注目する特徴

尤度を求めるためには、音符が持っている特徴を基に計算しなければならない。以下の(1)~(4)に示す音符の特徴を基に計算する。

(1) 音高: ドレミ等の音の高さを指す。

(2) 音長: 4部音符や16部音符等の音を出し続ける時間を指す。

(3) 音量：音の大きさを指す。

(4) 音符のパターン：楽譜におけるドレミファ等といったパターンを指す。

また、事前確率は以下の(1)、(2)を基に設定する。

(1) 楽譜の規則、慣例：例えば、休符は固まって登場しない、といった正規の楽譜に見られない特徴である。

(2) 楽器の特性：楽器が出せる音高や音長の限界、連続で弾く最大数といった楽器が持っている特徴である。

5. 3. 推定、補完手順

推定と補完を行う手順は、図4のフローチャートに示す。各動作の説明をブロック毎に記載する。

まずステップAにて補完対象の楽譜データであるMIDIファイルを読み込み、ステップBにて推定処理しやすいようデータの変換と音符毎にデータを分解する。次にステップCにて事前確率として、楽譜や楽器の特徴、学習した楽譜を基に、ありえない特徴を低確率に、それ以外を一般的な確率として設定し、ステップDにて分解した音符の番号を表すnに0を代入する。

その後、分解した音符の残状態をステップEで確認する。未処理の音符があれば、音符の事後確率を求めるためステップFにてn番目の音符を基準に前後半オクターブ分の範囲音符毎の尤度を求める。図5に推定手法例を示す、n番目の音符がシの場合、シより半オクターブ高いファ〜ドとシより半オクターブ低いラ〜ミの計9個の音符の尤度を求める。以降、音符nをシとして説明する。

ステップFにて図5に示すように事前確率とステップFで求めた各音符の尤度を基にベイズ推定を行い、音楽のパターンにおいてファ〜ミがどれだけ尤もらしいかを求める。以下はベイズの定理と言うベイズ推定で使用する公式である。なお、 $P(A|X)$ を音符の正確さ、 $P(X|A)$ を音符の尤度、 $P(A)$ を事前確率、

$P(X)$ をファ〜ミの音符の尤度の和を表す。

$$P(A|X) = \frac{P(X|A)P(A)}{P(X)} \quad (1)$$

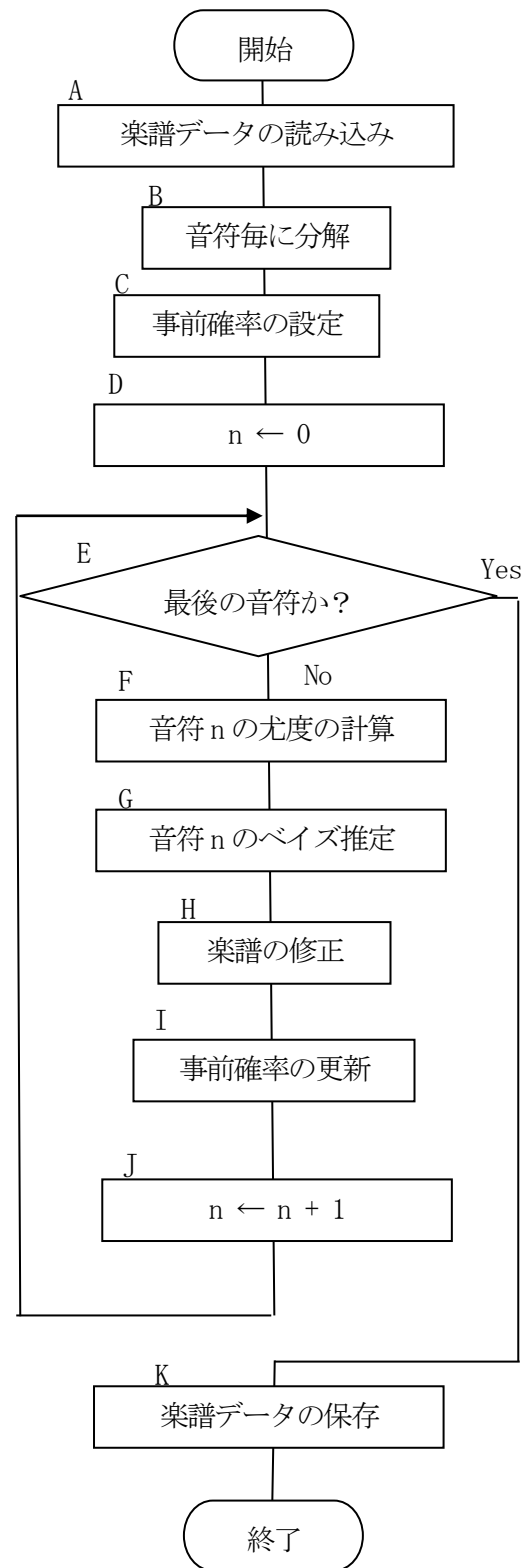


図4 推定、補完処理動作フロー

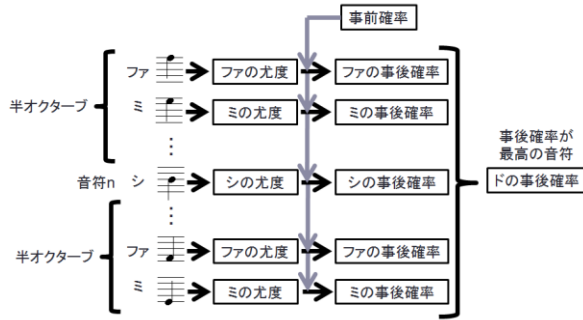


図5 推定手法例

ステップFで求めた音符の尤度それぞれに式(1)を計算し、一番事後確率の高い音符を求め、ステップGにて求めた事後確率が閾値以上であった場合のみ、楽譜を修正する。修正後、次の音符を処理するため処理対象の音符を含めて事前確率を新しく生成し、ステップJにて音符の番号nを次の番号にするため、nに1を足す。

ステップEにて最後の音符を認識後、ステップJにて楽譜データとしてMIDI形式に変換し保存する。

6. 今後の課題

研究内容を実施するために推定アルゴリズム及びソフトウェアの開発を行う予定である。又更なる精度向上策や確率処理に使用するパラメータの選定を行う予定である。

参考文献

- 1) 小坂谷壽一, “伝統音楽(津軽三味線)保存用自動採譜装置に関する研究”, IEICE信学技報, EA-2008-142(2009)
- 2) 工藤祐太郎, “自動採譜装置を用いた点字楽譜変換に関する研究”, 計測自動制御学会東北支部 第265回研究集会, 265-13
- 3) 工藤裕太郎, “ABC記譜法による点字楽譜変換に関する研究”, 平成23年度 第3回 情報処理学会東北支部研究会, 10
- 4) 千葉宏貴 “自動採譜において採譜処理適応範囲を限定する高効率音符採譜方式の研究”, 平成23年度 第3回 情報処理学会東北支部研究会, 12
- 5) 始めよう! ベイズ推定によるデータ解析 http://tombo.sub.jp/doc/esj55/bayes_intro.pdf
- 6) ノンパラメトリックベイズ入門~ベイズアン HMM の実装まで~,