

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**

KUDOU Yusuke*, KOSAKAYA Juichi**

*八戸工業大学, **八戸工業大学

*Hachinohe Institute of Technology, **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

元来、津軽・南部三味線では、楽譜として保存する習慣がなく、一部を除き多くが口伝で継承されている。また、近年専門家が作成した楽譜であっても、練習用として有名な曲しか楽譜化されておらず、多くの楽曲は演奏家の頭の中にしか存在しないのが現状である。それに加え、演奏家の高齢化に伴い、楽曲の継承が正確に行われず、誤った楽曲の継承、楽曲の喪失が起きている。

その為、口伝ではなく、楽譜として正確に記録する技術が望まれている。この問題を解決べく、津軽・南部三味線の楽曲保存のために自動的に採譜する様々な手法が考案されている^{1, 2)}。

2. 研究概要

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。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、三味線を演奏した音源から楽譜を出力するために、従来の自動採譜手法¹⁾を導入した。これ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を可能としている。

自動採譜の手順は、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。だが、楽譜の精度は入力音源の精度に左右されることが多く、音量が低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有り、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等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、三味線の自動採譜における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、練習用として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、三味線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. エレクトリック三味線とは

音源入力の際、通常の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。

本研究において、音源の入力に用いるエレクトリック三味線では、Fig.1に示すように、弦毎にピックアップマイクフォン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。

4. 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 (Fig.1) を使用した。本研究における装置構成を Fig.2 に示す。



Fig. 1 エレクトリック三味線

まず、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。

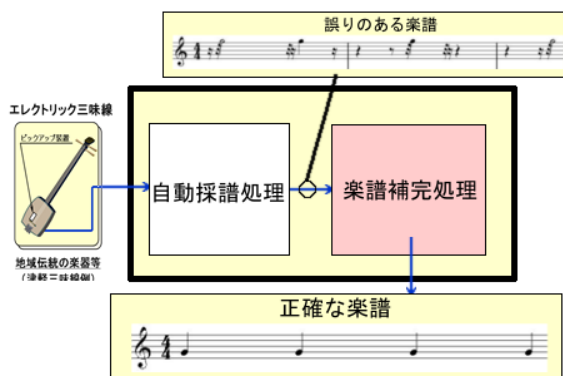


Fig. 2 装置構成

5. 従来の問題点

従来の自動採譜手法^{1, 2)}とその問題点について説明する。

まず録音した音源からノイズを除き、音階を判定するために入力音源をテンポ情報 (1 分間当たりの 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

を判別する。判別した音階を区切られた順番に並べ、楽譜を生成している。

正規演奏の楽譜を Fig.3 に、楽譜を演奏した音源に従来の自動採譜処理を行なって得た楽譜を Fig.4 に示す。



Fig. 3 正規演奏の楽譜



Fig. 4 採譜処理後の楽譜

Fig.3 と Fig.4 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、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。例えば、弾く力が弱い場合、採譜処理の中でノイズとして除去され、演奏するタイミングが少しでもずれた場合、ずれた音符がそのまま出力される。正規ではない楽譜を修正するためには、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。

6. 研究手法

従来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正規楽譜に存在する旋律

の傾向を元にして正確さの推定を行い、異常箇所を発見、修正する手法を研究した。

なお、以降正規楽譜上に存在する旋律をまとめたものを「旋律データベース」とし、「旋律データベースから考慮した出現確率の低い音」を「アウト音」とする。

6.1 N-gram によるモデル化

与えられた旋律の次にどのような音が出現しやすいかを表すため、N-gram モデルを利用してモデル化を行う。

旋律 $\omega_1^{n-1} = \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-1}$ の次に音符 ω_n が続く確率 $P(\omega_n | \omega_1^{n-1})$ は ω_n が直前の $N-1$ 個の音 $\omega_{n-N+1}, \dots, \omega_{n-1}$ に依存しているとし、 $C(\omega_{n-N+1}^n)$ を旋律データベース内に旋律 ω_{n-N+1}^n が出現した回数として、

$$\begin{aligned} P(\omega_n | \omega_1^{n-1}) &= P(\omega_n | \omega_{n-N+1} \dots \omega_{n-1}) \\ &= \frac{C(\omega_{n-N+1}^n)}{C(\omega_{n-N+1}^{n-1})} \end{aligned}$$

と定義する。

本研究では、 $N=3$ とした。これは、N-gram モデルでは通常 N を2もしくは3とした場合、よりよい結果が得られるとされているからである⁴⁾。

6.2 旋律データベースの定義

正規の楽譜中の旋律の出現回数を保存する旋律データベースを定義する。

旋律データベース中に保存する旋律の出現回数は、正規の楽譜⁵⁾ 中にある N 個の音符を一つの旋律とした出現回数とする。

例えば、楽譜に「ドレミファ」とあった場合、 $N=3$ とした N-gram モデルでは、「ドレミ」、「レミファ」、「ミファ」、「ファ」が1回ずつ出現したとして旋律データベースに保存される。

6.3 補正対象の決定

旋律 ω_1^{n-1} の後にアウト音 ω_n が存在するかどうかは、 $P(\omega_n|\omega_1^{n-1})$ の大小によって判断することが出来る。なぜなら、 $P(\omega_n|\omega_1^{n-1})$ が大きいということは、実在する旋律として ω_1^{n-1} の次に ω_n が表れることが多いと考えられるからである。よって、この値が閾値以下になる場合、 ω_n を補正対象とする。本研究では、閾値を 0.1 とした。

6.4 補正対象の音高決定

アウト音 ω_n が補正対象である場合、 ω_n の音高を様々な音高にしたときの $P(\omega_n|\omega_1^{n-1})$ を求め、この値が最大になる音高に補正する。

7. 補正手法例

補正手法の例として、楽譜の一部を Fig.5 に示し、楽譜中の ω_3 を補正する手順を説明する。それぞれ、 $\omega_1 = \text{ファ}$, $\omega_2 = \text{レ}$, $\omega_3 = \text{ファ}$ の音符である。

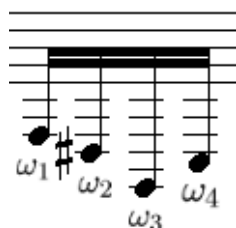


Fig. 5 補正例の楽譜

ω_1, ω_2 の次に ω_3 が続く確率 $P(\omega_3|\omega_1\omega_2)$ は、式(1)で表される。式1中の $C(\omega_1\omega_2\omega_3)$ 、 $C(\omega_1\omega_2)$ は、旋律データベース中の出現回数より、それぞれ $C(\omega_1\omega_2\omega_3) = 1$ 、 $C(\omega_1\omega_2) = 11$ となり、出現確率は値(2)となる。

$$P(\omega_3|\omega_1\omega_2) = \frac{C(\omega_1\omega_2\omega_3)}{C(\omega_1\omega_2)} \quad (1)$$

$$= \frac{1}{11} \quad (2)$$

$P(\omega_3|\omega_1\omega_2)$ の値(2)は、閾値 0.1 未満の為、 ω_3 は正規の楽譜と比較して異常であると判断され、補正対象となる。

ω_1, ω_2 から続く旋律において、 ω_3 よりもふさわしい音を得るため、 ω_3 を様々な音に変化させた際の出現確率 $P(\omega_3|\omega_1\omega_2)$ を求める。出現確率を昇順にまとめた表を Table 1 に示す。

Table 1 中の出現確率が最大の音 $\omega_3 = \text{ド}$ を自動採譜された旋律より正規の楽譜に近い旋律だとし、補正前のファの音符をドに変更する。

$P(\omega_3|\omega_1\omega_2)$ が閾値 0.1 以上の場合、補正処理を行わず、次の旋律 $\omega_2, \omega_3, \omega_4$ の補正処理を行う。

ω_3	出現回数	出現確率
ド	10	0.1
ファ	1	0.09
⋮	⋮	⋮

Table 1 ω_3 を変化させた際の出現回数と出現確率

8. 実験

8.1 評価方法

補正対象の決定が適切であるかどうかを判断するため、評価実験用の楽譜として正規楽譜中の音符を要補正音としてランダムに変更した楽譜を作成した。

評価実験用の楽譜に提案手法を施し、正しく補正されたかを補正率(式3)の観点から評価する。

$$\text{補正率} = \frac{\text{補正された要補正音の個数}}{\text{要補正音の総数}} \quad (3)$$

8.2 実験結果、考察

実験結果を表2に示す。

提案手法では、要補正音の補正が約5割の行えることが判った。しかし、要補正音が増加すると、補正率が下がってしまう結果になった。ま

要補正音	補正音数	補正率
10	7	70%
20	11	55%

Table 2 評価実験結果

た、一部補正音以外の音符も補正対象となってしまうことがあった。これは、旋律の出現確率を求める数式には、旋律データベース上に存在しない旋律の出現確率は0になってしまう欠点が存在するからである。また、旋律データベース上のデータ数が少ないことも挙げられる。

9. 今後の課題

本研究では、正規の楽譜をもとに旋律データベースを作成し、それをもとに補完処理を行っているが、現在データベースに用いる正規の楽譜が十分とは言えない。

解決法として、さらなる楽譜の探索、又は少数の楽譜から効果的に出現確率を求める手法の考案が必要である。

また、旋律 $\omega_1^{n-1} = \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-1}$ の次に音符 ω_n が出現する確率 $P(\omega_n | \omega_1^{n-1})$ を求める際、最尤推定法を使用しているが、この手法では旋律データベース内に存在しない旋律の出現確率が0になってしまう。旋律データベースに存在しない旋律が、現実の楽曲に存在する可能性があるため、旋律データベースに存在しない旋律を考慮した推定手法を検討する必要がある。

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) 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 報処理学会東北支部研究会, 12
- 3) 石田克久, 北原鉄朗, 武田正之: N-gram による即興演奏の旋律補正, 情報処理学会論文誌, 45-3, 743/746(2004)

- 4) 鹿野清宏, 河原達也, 山本幹雄, 伊藤克亘, 武田一哉: IT Text 音声認識システム, 53/69, ohmsha(2010)
- 5) 久保木 脩一郎: 久保木脩一郎の「津軽三味線名曲譜本集」, 13/80, yamaha music media(2011)