

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(/)

研究題目	異なる習熟度に対応したバイオリン運指推定に関する研究	報告書作成者	酒向慎司
研究従事者	酒向慎司		
研究目的	<p>楽器の演奏は子供からお年寄りまで広く親しまれ、生活に潤いと活力を与える様々な効果がある。しかし楽器演奏には楽器に応じて相応の訓練が必要であり、習得は容易ではない。情報処理技術を活用することによる費用・時間・場所などの制約を受けない効果的な訓練支援技術は、楽器演奏の初心者から指導者にとって有益なものとなる。本研究では、このような楽器演奏の熟達化に有効な支援技術として、ピアノやバイオリン、ギターなど様々な楽器演奏で重要となる運指(指使い)に着目し、様々な習熟度に対応したバイオリン運指を自動推定する技術開発を目的としている。</p> <p>代表者らはこれまでにバイオリンを対象とした自動運指推定の研究を進めてきた。バイオリンの運指は演奏者の熟練度によって適切な運指が異なる楽器であり、同じ音を発することのできる運指が複数存在する。例えば初級者では、できるだけ容易な運指が適切とされ、習熟が進むにつれ単に演奏できるだけでなく適切な演奏表現(弦による音色の違い、ビブラートの付与など)を考慮した初級者とは異なる運指が適切となる場合が多い。様々な習熟度に対応するためには、単に演奏可能で不自然な動きを避ける運指を定めるだけでなく演奏表現を考慮した上で判断しなくてはならない。演奏者はどのような運指が適切かどうかは、着目している音符以外にも楽譜の様々な情報を元に判断していると考えられる。そこで本研究では、楽譜に記載されている音符以外の演奏指示記号に注目し、楽譜と運指の関係を確率モデルの一つである条件付き確率場によりモデル化することで、教本に記載された運指データから運指推定モデルを学習によって獲得することができる。</p> <p>本研究で提案する技術は楽器演奏の訓練システムのような教育支援のほか、運指という形式知化の難しいスキルを数理モデルとして明らかにすることなどに寄与する。例えば、初学者から熟練していく過程において、適切な運指を段階的に提示することで、これらの経験知をより効果的に獲得させるための訓練支援システムなどの活用が期待できる。また、市販の教本は限られた曲しか手に入らないが、本研究の運指推定技術は任意の楽曲から任意の習熟度の運指を生成することができ、演奏者の弾きたい曲に柔軟に対応することができる。その他、演奏技術に限らず、工芸や体操など形式知として記述が難しい問題に対して本研究のアプローチが活用できると考えている。</p>		

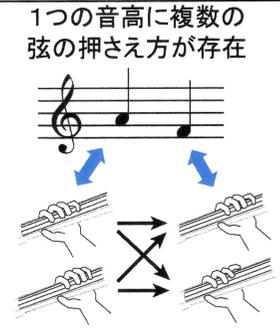
研究内容	<p>本研究では、習熟度に対応したバイオリンの自動運指推定を目的とし、隠れマルコフモデル(HMM)に基づく任意の習熟度に対応した運指推定法を拡張した条件付き確率場(CRF)に基づく多くの楽譜情報を考慮した運指推定法を提案した。従来の HMM に基づく運指推定法の拡張による任意の習熟度に対応した運指推定法では、習熟度による運指の違いは演奏表現の優先度の違いであること着目し、運指の適切さに相当する尤度を演奏表現の優先度によって変わるようにすることで、習熟度に対応した運指推定が可能となっている。更に、演奏表現をより適切に考慮するために楽譜情報の活用に着目し、従来用いられていなかった多くの楽譜情報を考慮した運指推定法を提案した。このようなモデル化には HMM よりも CRF の方が適していると考え、HMM のモデルを CRF に拡張し、多くの楽譜情報に関する素性を新たに追加することで、従来考慮されていなかった多数の楽譜情報と運指の依存関係の記述を可能とした。一方で、楽譜情報は様々な階層で多くの種類が考えられるため、運指推定に寄与する楽譜情報を判別する必要がある。そこで素性重みの学習に L1 正則化を適用し、重要な素性を選択的に利用できる仕組みを提案した。また、CRF では教師あり学習が必要となるため、少数の運指データから多数の運指データを生成することを目的とし、本提案を活用した教本運指の自動補完手法も提案した。これは、CRF の運指モデルを運指の記載の有無によって素性重みを変えるように拡張したものである。</p> <p>HMM に基づく運指推定について、中級運指で学習し習熟度パラメータを変えて推定を行った結果を、初級教本、中級教本それぞれの記載運指との一致率によって評価したところ、初級運指では学習時よりも習熟度パラメータが小さい場合に最大値 88.8% が得られ、中級では学習時の習熟度パラメータに近いところで最大値 75.4% が得られた。これらの一致率は演奏表現の優先度を考慮しない場合に対し、初級では 1.8%、中級では 4.4% の改善が得られた。このような結果から、演奏表現の優先度の考慮の有効性、および段階的な習熟度に対応した運指推定が可能であることが実験によって確認された。CRF に基づく運指推定についての実験では、推定された素性重みは 42 個の素性のうち 24 個で重み 0 となった。教本との一致率による評価では、素性の追加により、初級教本では 3.1%、中級教本では 1.1% の向上が確認できた。一方で、教本との一致率だけでは評価が不十分と考え、バイオリン経験者による主観評価を実施した。初級教本に掲載されている単純な楽譜では素性を追加しない方が良い結果であったが、中級教本に掲載されている比較的複雑な楽譜では素性の追加により自然さに対する評価の向上が確認された。また、教本に掲載されている運指と比較すると、提案法によって推定された運指は教本運指と同等以上の評価が得られた。運指補完についての実験では、手動補完に対し約 95% の一致率を得ることができ、また、学習データの音符数が 2、500 音程度必要であることが示唆された。</p>
------	--

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(/)

<p>研究のポイント</p>	<p>楽器の運指推定に関する研究は、これまでもギターやバイオリンなどを対象とした手法がいくつか検討されている。その多くは、楽器の構造や身体的な制約を反映した規則や統計モデルなどを利用して、適切な運指を選択するアプローチが取られているが、主に初級者を対象としているため、演奏者の技量に応じた運指推定技術はまだ十分に研究されておらず、本研究の新規性の一つである。また、運指推定の研究において、演奏表現にまで言及して楽譜中の指示記号を活用したものは無く、中級レベルの運指に不可欠であるこれらの楽譜情報の活用に着目した点も新規性の一つであると言える。</p>
<p>研究結果</p>	<p>隠れマルコフモデル(HMM)に基づいた運指推定モデルを拡張し、条件付き確率場(CRF)を用いて習熟度に対応したバイオリン運指推定手法を提案した。さらに、運指の自然さや演奏表現の適切さを改善するため、運指に直接対応する音符系列の情報のほか、楽譜に記述されている様々な演奏記号を活用するため、楽譜情報を多様な素性として組み込んだ運指推定モデルを提案した。運指推定に寄与する素性は様々なものが考えられるが、重要な素性を自動選択するためにL1正則化によって素性重みを学習することにより、限られた学習データからでも効率的なモデルの学習が可能であることが示された。従来の運指推定モデルに対して教本に一致する割合が改善することが示された他、バイオリン経験者に対する主観評価実験においても、より自然な運指が推定できていることが示された。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>本研究で提案した運指推定モデルでは、パラメータの最適化手法や学習方法は一般的な手法が用いられており、他の方法を検討する必要がある。特に学習法として採用したSGDでは学習データに大きく依存するためより大規模な実験により評価を行う必要がある。また、本研究で提案したモデルでは、事前に習熟度パラメータを定める必要がありこのパラメータによって習熟度を制御できることは示されているものの、具体的な習熟度の度合いとパラメータの数値の関係は経験的に見極める必要がある。従って実際の支援ツールとしての活用を考えた場合、所望の習熟度に対応する習熟度パラメータの数値を容易に選択できるような技術が必要となると考えられる。</p>

これまでに、確率モデルの一つである隠れマルコフモデル(HMM)の考え方に基づいたバイオリンの運指自動推定手法に取り組んできた。バイオリンでは一つの音高に対して複数の運指が存在し、個人の習熟度の違いや身体差、演奏のスタイルなどによって適切な運指が異なるため、楽譜に対して運指が一意に定まらない性質がある(図 1)。そこで、これまでの取り組みとして、演奏者の習熟度の違いに対応した運指推定手法を提案した。この手法では、ある音に対応する手のポジションや指の形などを抽象化した状態を定め、その状態の連鎖によって一連の運指を説明する状態空間を考える。状態間の遷移や個々の状態から発音される音の運指の自然さに確率を与えることで、状態空間の最適な経路を探索(=適切な運指系列を決定)する問題へと帰着させ、任意の楽譜に対して自然な運指を推定する方法である。従来技術では、まだ中級レベルの教本では十分な運指推定精度が得られていないことが問題であった。これら従来技術での問題は、運指推定モデルで考える運指の自然性が、音符の音高と音長と、その直前の音符によってしか説明されていないことに起因していた。本研究では運指の自然性を、その前後の音符だけでなく、楽譜全体から見るべきであるという視点から研究に取り組んだ。



考えられる運指は多数存在!

図 1: バイオリン運指の問題

従来手法の枠組みである HMM では、楽譜上の様々な記号による依存関係を考慮することはモデルが複雑化し現実的ではない。そこで、本研究では、近年の自然言語処理で有用性が示されている条件付き確率場(Conditional Random Fields, CRFs)を導入した自動運指推定の定式化を試みた。CRF は自然言語の文章解析技術として優れた成果を収めており、楽譜中の記号列という相互に関係をもち、また様々な階層を持ったラベル系列から運指を推定する問題にもよく適合すると考えられる。CRF では柔軟な素性関数の設計が可能であるため、前後の音符間だけでなく周辺の音符系列や臨時記号との関係を素性として利用することができ、運指推定性能の改善が期待できる。提案モデルでは図 2 に示されるような楽譜と運指の関係を CRF で定式化し、習熟度パラメータ L によって運指の習熟度を制御することができる。

提案したモデルから推定された運指について教本との一致率を比較したところ、図 3 に示されるように初級・中級の双方で提案法による改善が確認できた。その

他、運指の多義性により教本運指との一致率だけでは自然な運指を推定できているかという評価が十分でないと考えられるため、バイオリン演奏経験者による主観評価実験も実施し、提案法のモデルがより自然な運指を推定できていることを確認した。

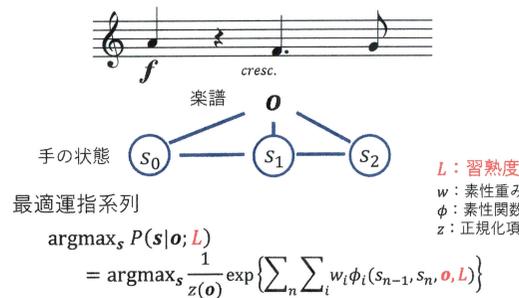


図 2: CRF による運指推定モデル

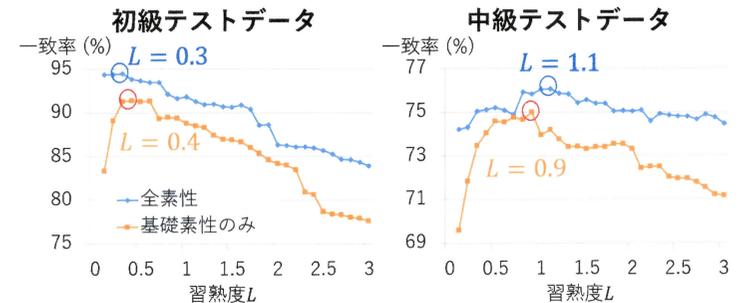


図 3. 実験結果

(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。)