

視線情報を活用した楽譜追跡システムの提案

寺崎 栞里^{1,a)} 竹川 佳成^{1,b)} 平田 圭二^{1,c)}

概要: 本研究では、視線情報と打鍵情報を用いた楽譜追跡システムを提案する。演奏者が譜面上のどの部分を演奏しているかをリアルタイムに推定する楽譜追跡は、人間の演奏に合わせて自動的に伴奏を演奏する自動伴奏システムの要素技術として発展してきた。従来の楽譜追跡手法の多くは打鍵情報のみで演奏箇所を推定するため、演奏者が直前の演奏箇所と全く異なる箇所を演奏し始めたり、特定の箇所で打鍵ミスを頻発した場合、伴奏の演奏箇所が確定するまでに遅れが生じたり、演奏箇所推定の精度が下がってしまう。本研究では、演奏者の思考が信頼度高く表出される視線情報に注目し、視線情報と打鍵情報を組み合わせることで前述の問題を解決する。

Proposal of a Score-Following System Using Gaze Information

TERASAKI SHIORI^{1,a)} TAKEGAWA YOSHINARI^{1,b)} HIRATA KEIJI^{1,c)}

Abstract: The goal of our study is to propose a score-following system that uses the keying and gaze information. A score-following system, which estimates the user's current execution position on a musical score, is one of the fundamental technologies of real-time computer accompaniment. Conventional score-following systems have estimated the current execution position based on keying information. However, it is difficult to estimate with a high degree of accuracy in the case where the performer begins to play from a point on the score which is different from the previous execution position, and makes a lot of keying errors. Therefore, the proposed system solves this problem by using not only keying information but also gaze information which expresses the thinking of the performer.

1. はじめに

複数人で演奏することで成り立つ合奏曲や重奏曲において、自分のパートの個人練習は重要である。個人練習では、他パートの音源を再生しその演奏に合わせて自分のパートを練習する。このとき、音源に合わせて演奏するだけでなく、自分の好みのテンポで演奏したり、苦手な箇所をゆっくり練習したり、音楽表現のために楽曲中のある箇所のテンポに揺らぎを挿入するなど、他パートの音源のテンポを動的に変更できればより効率的に練習できるだろう。この要求を満たすために、自動伴奏システムが開発されてきた [1], [2]。自動伴奏システムは、人間の演奏に合わせて、楽譜情報に基づく伴奏をリアルタイムで適応的に演奏す

る。従来の自動伴奏システムは、テンポの緩急や現在演奏している箇所の打鍵ミスをしてでも追跡できる。つまり、誤打鍵（間違えて打鍵した場合）・未打鍵（打鍵しなかった場合）・余打鍵（余分に打鍵してしまった場合）には対応できる。しかし、(1) 現在演奏している箇所でも何度も打鍵ミスをした場合は、演奏箇所推定の誤認識率や未認識率が高まる、(2) 直前の演奏箇所と全く異なる箇所を演奏し始めた場合も、ある程度演奏が進まないと演奏箇所を正確に推定することが難しい。楽譜追跡の技術は自動伴奏システムの要素技術として発展してきたが、自動伴奏以外にも例えば学習支援システム [3] においても演奏に必要な補助情報の提示、演奏ログの記録などさまざまな応用が考えられる。

上述 (1), (2) の問題を解決するために、本研究では演奏者の思考、意図、心理状態等が信頼度高く表出される視線の動きに注目する [11]。例えば、演奏者は演奏を再開する直前に、演奏する箇所に対応する譜面の部分に視線を移動

¹ 公立ほこだて未来大学
Hakodate Future University

a) b1012203@fun.ac.jp

b) yoshi@fun.ac.jp

c) hirata@fun.ac.jp

させるという習性をもつ。この習性を活用すればシステムは打鍵情報がなくとも演奏再開箇所を容易に推定できるだろう。このようなヒューリスティクスをシステムに導入することで、高精度かつ高速な楽譜追跡を実現できる可能性がある。

本研究の目的は、ピアノの打鍵位置情報と視線情報を組み合わせることで頑健に演奏箇所を予測し、間違い、繰り返し、テンポの揺らぎ等の不確定要素に対応した楽譜追跡システムを構築することである。

2. 関連研究

これまで多くの自動伴奏の研究が行われてきた [4], [5], [6], [7]. 代表的なものとして Dannenberg の自動伴奏システムが挙げられる [1]. Dannenberg の自動伴奏システムでは演奏と譜面との一致した音の数をコスト関数に設定し DP(動的計画法, Dynamic Programming) マッチングによって単旋律演奏の楽譜追跡をする。DP マッチングとは時間伸縮を伴う音声時系列パターンのマッチングを目的として開発されたマッチング手法である。しかし、この手法は単純であり、繰り返し演奏などに対応できない、楽譜追跡に遅延が発生するなどの問題がある。また中村らは任意箇所への間違い、繰り返し、テンポの揺らぎを含む演奏に追従可能な楽譜追跡と自動伴奏システム Eurydice を開発した [2]. しかし、これらの自動伴奏システムは打鍵情報から演奏箇所を探索するので、譜面内に複数同じフレーズが出現していると、どのフレーズが演奏されたかを特定することが難しい。そこで従来手法と視線情報を組み合わせると、演奏箇所を事前に大まかに把握できるので従来手法の欠点を補うことができ、より精度の高い楽譜追跡が可能だろう。

演奏中の視線を計測する研究はいくつか行われている [8], [9], [10]. その中でも川崎ら [11] の研究では演奏中の眼球運動を分析しており、演奏者が未熟な場合、譜面上の音符一つ一つを注視する傾向にあることや、熟達者であれば、譜面を先読みしていることなどがわかっている。本研究では、演奏中における視線の特性を活かし、楽譜追跡を行う。

3. システムの実現

3.1 設計方針

我々は、以下の方針をもとに楽譜追跡システムを設計した。

- (1) 演奏を妨げない演奏箇所推定
- (2) ルールを用いた推定結果の補正処理

(1) に関して、演奏者が演奏に集中していても利用できるように、できる限り演奏を妨げないことを目指した。演

奏推定の誤認識が生じた場合、手で演奏箇所を練習者が指定することで容易に演奏箇所を補正できるが、煩雑な作業を強いることになる。提案システムでは、演奏者の視線情報を用い、演奏箇所推定を行う。楽譜を見る行為は演奏者にとって自然な行為であり違和感なく演奏箇所の補正ができる。

(2) に関して、演奏時の視線や打鍵行為の特性を考慮したルールにより演奏箇所の推定を補正する。提案システムは、実時間処理を実現するため、打鍵情報をもとにした演奏箇所推定アルゴリズムの計算負荷をできるだけ軽くしており、正確な演奏箇所の推定は困難である。また、演奏時には、打鍵情報がない状況で演奏箇所を推定したい状況もあり、打鍵情報だけで演奏箇所を特定することは難しい。そこで、本システムでは目的を鍵盤演奏に特化し、MIDI 鍵盤が生成する打鍵イベント(ノートオン)や離鍵イベント(ノートオフ)の発生と視線情報を連携させることで演奏箇所を特定する。また、鍵盤演奏の特徴的なパターンをルールとしてもつことで演奏箇所を修正する。

期待される機能の一例として、打鍵がなくても演奏者が次にどこを演奏するのか予測し、演奏推定箇所にインジケータを提示することが挙げられる。この機能を実装することで明示的に演奏の再開を促したり、演奏推定箇所周辺における演奏の注意などを前もってアナウンスできる。別例として、視線を用いることにより自動で譜めくりができる機能もある。これより演奏中に一旦演奏を中断して譜めくりをする必要がなくなる。

3.2 システム構成

提案システムの構成を図 1 に示す。MIDI キーボードと譜面を提示するためのディスプレイを設置する。そして、ディスプレイの下部に視線計測装置を設置する。視線計測装置は EyeTribe[12] を用いる。EyeTribe は据え置き型の視線計測装置であるため、演奏者の演奏を妨げない。システムは MIDI データ(打鍵位置や打鍵強度)と EyeTribe による視線情報を入力とする。

3.3 演奏箇所推定の処理手順

図 2 に、演奏箇所推定ブロック(図 1)の詳細処理を示す。まず、視線情報を取得し、演奏者が見ている音符群を推定する。譜面は画像として読み込み、ディスプレイ上に表示される。システムは譜面内の各音符の位置座標および音高を内部データとして保有する。譜面を 2 小節ずつに区切り、視点がどのエリアに存在するかを調べる。その範囲で各音符と視点との距離を調べ、最も視点と距離の近い音符を検出し、演奏者が見ている音符とする。視線情報により絞り込まれた演奏箇所の候補となっている音符群から、打鍵された音とマッチする音を選び、マッチした音が複数ある場合は、マッチした音の中から最も視点に近い音を演奏

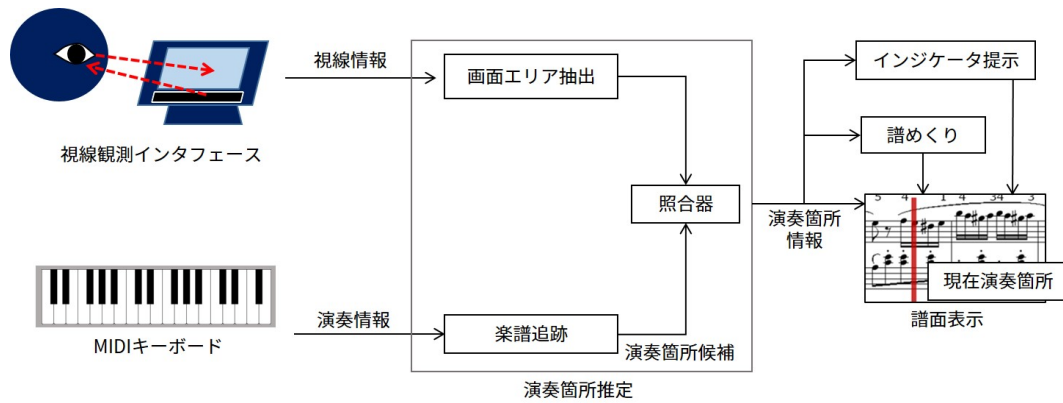


図 1 システム構成

Fig. 1 System Configuration

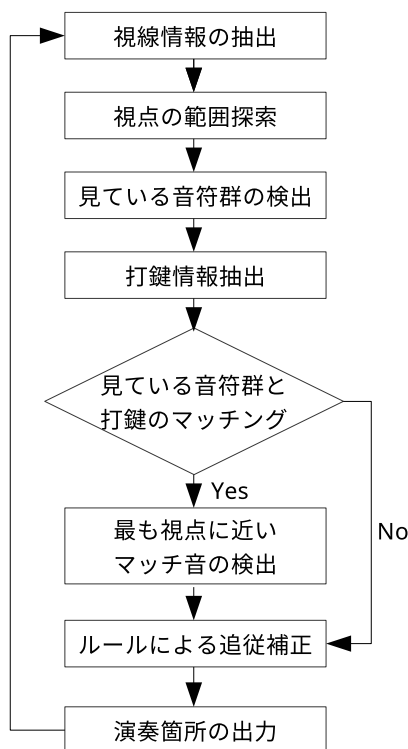


図 2 演奏箇所推定の処理手順

Fig. 2 Procedure of Estimating Performance Position

箇所とする。さらに、演奏に関するルールにより絞り込まれた演奏箇所を補正する。例えば、演奏を中断してから再び開始するとき、注視している譜面上の小節から演奏を始める場合が多かったり、スムーズに演奏できている場合は楽譜の先読みをしているが、演奏が不安な箇所や次の打鍵位置がわからない箇所は該当箇所を注視する傾向にある。これらのルールを適用することで、演奏箇所推定の精度を高められる。

4. おわりに

本研究では、ピアノの打鍵位置情報と視線情報を組み合わせることで頑健に演奏箇所を予測し、間違い、繰り返し、

テンポの揺らぎ等の不確定要素に対応した楽譜追跡システムを提案した。今後の課題として演奏者へのヒアリングなどによる演奏箇所推定ルールの精微化、自動伴奏システムの構築およびその評価実験を行う予定である。

参考文献

- [1] Dannenberg, R.: An on-line algorithm for real-time accompaniment, Proc. ICMC, pp.193-198(1984).
- [2] 中村栄太, 武田晴登, 山本龍一, 齋藤康之, 酒向慎司, 嵯峨山茂樹:任意箇所への弾き直し弾き飛ばしを含む演奏に追従可能な楽譜追跡と自動伴奏; 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1338-1349(2013).
- [3] 竹川佳成, 寺田 努, 塚本昌彦: 運指認識技術を活用したピアノ演奏学習支援システムの構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 917-927 (2011).
- [4] 川崎智子:ピアノ演奏時における読譜の為の眼球運動; 三重大学教育科学, 第 33 巻, pp.49-66 (1982).
- [5] Vecoe, B.: The synthetic performer in the context of live performance, Proc. ICMC, pp.199-200 (1984).
- [6] Raphael, C.: Music Plus One: A System for Expressive and Flexible Musical Accompaniment, Proc. ICMC (2001).
- [7] Cont, A.: ANTESCOFO: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music, Proc. ICMC (2008).
- [8] 前澤陽, 後藤真孝, 尾形哲也, 奥乃博:拍長の連続性を考慮した潜在的調波配分法に基づくスコアアライメント手法; 日本音響学会講演論文集, pp.1071-1074 (2011).
- [9] Kobori,S. and Takahashi,K.: Cognitive Processes During Piano and Guitar Performance: An Eye Movement Study, Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition, pp.748-751 (2008).
- [10] Kawase,S.: An Exploratory Study of Gazing Behavior During Live Performance, Proceedings of the 7th Triennial Conference of European Society for the Cognitive Sciences of Music, pp.227-232 (2009).
- [11] 中平勝子:意識—無意識行動変容プロセスモデルと学習者分類—視行動に基づく技能レベル判定一; 人間工学 第 50 巻 特別号, pp.90-91 (2014).
- [12] The Eye Tribe:https://theyetribe.com/(2015).