

ギター視奏での先読み時間に影響を及ぼす要因 Factors Affect Preview Time in Guitar Playing

小堀 聡†
Satoshi Kobori

高橋 勝則‡
Katsunori Takahashi

1. まえがき

楽器の演奏は、知覚運動協応を必要とするものの一例である。記譜された音楽作品を演奏するには、少なくとも、楽譜に記されている情報を読み取ること、読み取った情報を演奏のための指などの運動指令に変換すること、そして、運動プログラムどおりに正確に指などを動かすために運動を制御すること、の3つの過程を経なければならない¹⁾。

演奏に関する研究は、音楽に関する認知心理学の一分野として、欧米では以前より行われているが^{2), 3)}、それらの研究の視点や手法はさまざまであり、視覚（楽譜の読み）と運動（演奏）との関係に着目したものは少ない。

日本国内でも、これまでに楽器の演奏を対象とした研究としては、ピアノ¹⁾やヴァイオリン⁴⁾に関する例がいくつか見られるものの、運指法やボーイングなど動作を中心とした解析がほとんどである。楽譜の読みと演奏の関係については、ピアノ視奏時の眼球運動を手がかりにした研究例^{5), 6)}があるが、演奏時の眼球運動を連続的に測定し、先読み時間を算出した例は見当たらない。また、こうした研究に関連したものとしては、スポーツにおける技能レベルの違いを眼球運動から分析したもの⁷⁾や楽譜の読みにおける視覚情報処理を分析したもの⁸⁾などの例がある。

そこで、本研究では、ギター視奏時の情報処理過程、すなわち、ギターの演奏においてどのように楽譜の認知を行い、どのようなタイミングで指の運動が実現されていくかを明らかにすることを目的とする。ここでは、眼球運動と指の動きについての基本的特性を測定し、特に先読み時間に着目して検討した。その理由は、一般に、スムーズで正確な演奏、あるいは、より音楽的な演奏のためには、先読みが必要だとされている²⁾からである。

楽器はクラシック・ギターを対象とし、初級者、中級者、上級者を被験者とした。被験者実験用のシステムとして、楽譜の提示を行うコンピュータからの同期信号により、眼球運動測定システムとビデオ運動解析システムの測定を同時に開始するシステムを構築した。

次に、ギターを視奏する被験者の眼球運動と指や手の動きを測定し、測定された時系列データから、楽譜に対する読みと演奏との関係を解析した。その結果により、被験者の習熟度、課題曲の難易度、課題曲に対する知識・習熟などが、先読み時間にどのように影響するかについて明らかにした。

2. 方法

2.1 実験システム

実験システムは、図1に示したように楽譜提示システム、

ビデオ運動解析システム、眼球運動測定システムから構成されている。

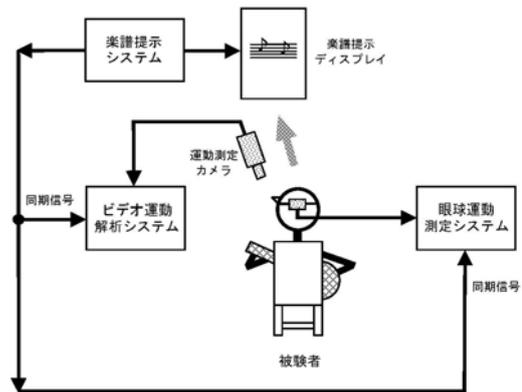


図1 実験システムの構成

(a) 楽譜提示システム

楽譜提示システムは、市販のパーソナルコンピュータと周辺機器を中心に構成されている。楽譜提示ソフトウェアは、指定した楽譜を一定時間表示させるとともに、楽譜提示と同時に同期信号をビデオ運動解析システムと眼球運動測定システムに送信することができる。

(b) ビデオ運動解析システム

ビデオ運動解析システムは、運動解析ソフトウェア Dynas3D/G（新大阪商会）を中心に構成されている。運動解析ソフトウェアは、マークを取り付けた測定ポイントの座標データ、速度データ、加速度データなどを算出する機能を有している。

(c) 眼球運動測定システム

眼球運動測定システム⁹⁾は、眼球運動測定装置 EMR-8BHM（ナックイメージテクノロジー）を中心に構成されている。眼球運動測定装置 EMR-8BHM は、ヘッドユニットを装着した被験者の頭部の動きを補正して視線データを算出することができる。また、眼球データ解析ソフトウェアには、眼球データを実時間でコンピュータに取り込む機能が含まれており、視線データとして、角度値がサンプリング周波数 30Hz で得られる。

また、固定視野カメラによる映像に視線位置を示したマークを重畳させて録画し、かつ、演奏音を音声部に付加した。

2.2 実験方法

(a) 実験課題

被験者の課題は、コンピュータの画面上に表示された楽譜を見て、ギターを演奏することである。

課題曲は以下の通りである。

既知の曲：「おじいさんの古時計」（H. ワーク作曲）より

未知の曲：新曲視唱用の曲集より編集したもの

†龍谷大学工学部, Ryukoku University

‡龍谷大学大学院理工学研究科, Ryukoku University, Graduate School

難易度の高い曲：「アルマンド」（J. S. バッハ作曲：BWV1004）より

既知の曲は広く一般に旋律が知られている曲として上記のものを選んだ。ただし、ギター曲（オリジナル）ではない。また、未知の曲は既知の曲と同程度の難易度であると想定している。一方、難易度の高い曲は、ギターでも演奏されることはあるが、オリジナルはヴァイオリン独奏の曲である。

(b) 被験者

被験者は以下の通りである。

初級者レベル：1名（42歳，男性）

中級者レベル：1名（37歳，男性）

上級者レベル：1名（19歳，男性）

なお、被験者のレベルは、事前にこれまでの音楽経歴などを尋ねて判断した。以下、それぞれ、被験者A, B, Cとする。

(c) 実験条件

実験条件は演奏者のレベルにより異なる。

初級者レベル：既知の曲3回，未知の曲6回

中級者および上級者レベル：既知の曲3回，未知の曲3回，難易度の高い曲3回

また、実験に際しては、説明・指示を文書により与える。

(d) 測定ポイント

下記の箇所に測定用のマーカ（高輝度反射シート）を取り付け測定ポイントとした。

右手：親指の腹，人指し指，中指，薬指の第1関節と第2関節の7箇所

左手：人指し指，中指，薬指，小指の爪，第1関節，第2関節の12箇所

(e) 実験手順

測定に入る前に、まず、ビデオカメラの設定を行うため、ギターを持って構えさせる。この際に、マーカを取り付け、カメラとビデオライトの位置を調整する。次に、眼球運動測定装置の帽子型のヘッドユニットを被験者に装着させて、個人別較正を行う。さらに、後述のデータ変換較正のための測定を行ってから、演奏実験に入る。

2.3 解析方法

(a) 視線データの解析

視線データから音符の注視時刻を求めるには、視線データについて変換や補正の処理を行う必要がある。

まず、測定の段階で、データ変換較正を行う。すなわち、被験者にディスプレイ上の9箇所の点を1秒間ずつ注視させ、対応する視線の角度データを記録する。この対応関係により、実験により得られる角度データをディスプレイの座標データへと変換をすることができる。ただし、測定の状態によっては異常と判断されるデータが含まれる場合もあるので、異常なデータを取り除く処理も行う。これらの処理を含めて、視線データから注視時刻を求める手順は以下の通りである。

(1) 準備として、データ変換較正および演奏実験によって測定された視線データ（生データ）をテキストデータに変換する。

(2) (1)で得た視線データをもとに眼球運動測定装置に付属の解析ソフトウェア（以下、EMR解析ソフトウェア）を使って、停留開始時刻、停留終了時刻、停留点の角度データを算出する。算出には、重心点方法を用

い、最小停留時間を200msec、停留範囲の直径を視角0.5°に設定した。データ変換較正によって得られた9つの測定値（角度データ）を非直交座標系とし、直交座標系へ線形変換する。

(3) 直交座標系へと線形変換された角度データを、ディスプレイ上の座標データへと変換する。この変換式の係数は、直交座標系へと線形変換された測定値（角度データ）と、それに対応する理論値（座標データ）をもとに、最小2乗法によって算出する。

(4) 変換後のデータに対して、異常なデータが含まれる区間を取り除き、その区間は線形補間により補正する。この区間の指定には、グラフ表示された領域を指定する方法と数値を見て範囲を指定する方法を併用する。

(5) 測定された停留点とその停留において見ている音符との対応を取る（具体的な方法は後述）。

(6) 各音符に対応する停留開始時刻を、その音符についての注視時刻とする。

停留点と音符の対応付けの手順は、以下の通りである。

(1) 停留点データについて、楽譜の1段に相当する部分ごとに切り出し、停留と跳躍の区別がつくようにグラフ表示する。

(2) 1つ1つの音符と停留点を見て、明確な対応付けを選び出す。

(3) それ以外の対応については、(2)での対応関係をもとに、プログラムにより自動的に対応づけを行う。

(4) 以上の作業を左目と右目の両方で行う。

(5) 左目と右目の対応で、矛盾の無いものだけを取り出し、これを最終的な対応付けとする。

(b) 先読み時間の解析

右手の指の動きから弾弦時刻を求める手順は、以下の通りである。

(1) 準備として、1つの試行のファイルを、測定ポイントごとに分割する。

(2) 速度データを移動平均法により平滑化する。

(3) 平滑化した速度データに対して、適当なしきい値を定めてその値以上の範囲でのピーク値とその時刻を求める。

(4) その時刻の前後の一定範囲において加速度データに対して、その値が0となる時刻を求める。これを弾弦時刻とする。

ただし、指の動かし方によっては弾弦時刻を正しく推定できない場合があったので、音響データの分析結果を併用することで補った。

次に、先読み時間については、1つの音符において対応する注視時刻と弾弦時刻の差から算出する。すなわち、ここでは先読み時間を次のように定義した。

先読み時間 = 注視時刻 - 弾弦時刻（単位は msec）

3. 結果

いずれの被験者および課題曲の場合においても、先読みが見られた。先読み時間は、演奏される1曲において逐次変化していくものであるが、ここでは先読み時間の1曲ごとの平均値（以下、特に断らない限り、これを先読み時間と呼ぶ）を用いて、試行による変化をグラフに示し、条件（課題曲・被験者）による違いを比較検討した。

3.1 既知の曲

図2に既知の曲に対する先読み時間の試行による変化を示した。このグラフより次のことが分かる。

- (1) 初級者の先読み時間は試行とともに減少している。
- (2) 先読み時間の長さについては、被験者の違いはあまり見られない。
- (3) 上級者は先読み時間が安定している。

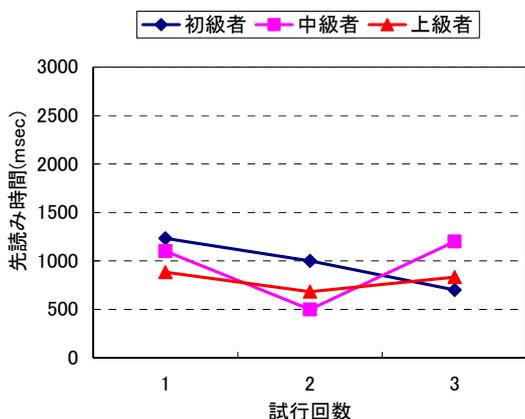


図2 既知の曲に対する先読み時間

3.2 未知の曲

図3に未知の曲に対する先読み時間の試行による変化を示した。このグラフより次のことが分かる。

- (1) 中級者と上級者では、初回の試行の先読み時間が著しく長く、2回目以降で大きく減少している。
- (2) 初級者については、試行に伴う先読み時間の変化は少ない。
- (3) いずれの先読み時間も既知の曲に比べて長い。

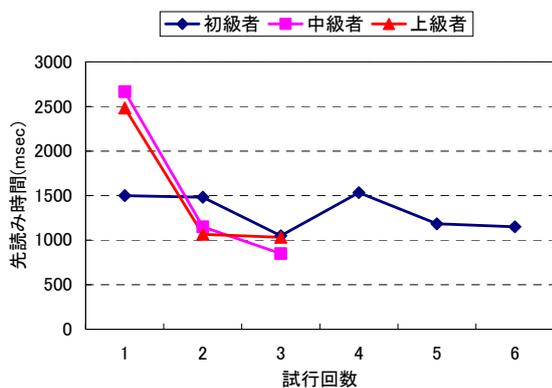


図3 未知の曲に対する先読み時間

3.3 難易度の高い曲

図4に難易度の高い曲に対する先読み時間の試行による変化を示した。このグラフより次のことが分かる。

- (1) 上級者の方が中級者と比べて、先読み時間が著しく長い。
- (2) 上級者の1回目の先読み時間は未知の曲の場合とほぼ同じであるが、2回目以降は未知の曲と比べて、先読み時間は長い。
- (3) 上級者では、2回目以降で先読み時間は減少している。

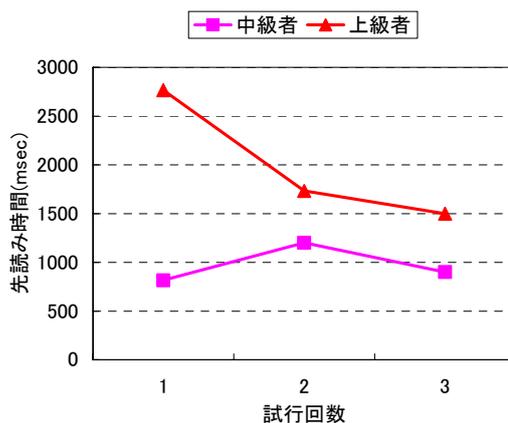


図4 難易度の高い曲に対する先読み時間

なお、先行研究^{2)・5)・6)}においてはほとんどの場合、先読みや先行認知の範囲は音符数で表現されている。そこで、それらと比較するために、上記の先読み時間を音符数に変換した。その結果は、先読み時間の場合と基本的にはその傾向に違いは認められなかった。また、具体的な音符数は2個程度から6個程度であり、Slobodaの先行研究の結果（優れた奏者では7個程度の先読み）²⁾とほぼ一致していた。

4. 考察

いずれの条件（被験者・課題曲）の場合においても、本研究でいうところの先読みが見られた。しかし、その長さについては影響を及ぼす要因がいくつか見られた。以下にその点について考察する。

4.1 被験者の習熟度の影響

既知の曲で比較した場合、上級者の先読み時間は、演奏回数による変化が少なく安定していること以外、初級者や中級者の先読み時間と大きく変わらない。一方、未知の曲では、1回目の試行（初見）の演奏において、中級者と上級者の先読み時間は、初心者より著しく長く、大きな違いを示した。さらに、難易度の高い曲では、上級者の方が中級者と比べて、先読み時間が著しく長いという結果であった。

以上のことから、未知の曲での初見や難易度の高い曲での演奏では、先読み時間には被験者の習熟度が大きく影響することが分かった。

これらの結果は、三浦らの先行研究^{5)・6)}の「先行認知範囲は、技術水準の高い者ほど広い」という結果と合致することになる。このことは、上級者であれば、難易度の高い曲に対しても、先読み時間を長く保つことができるということを示していると考えられる。また、これは実験後のアンケートにおいて、上級者（被験者C）が「1小節は先読みするように教えられたし、実際にそのように心がけている」と述べていることとも合致している。

4.2 課題曲の難易度の影響

前述のとおり、難易度の高い曲では、上級者の方が中級者と比べて、先読み時間が著しく長く、上級者では試行に伴い、先読み時間が減少しているという結果であった。一方、難易度が低いと想定される既知の曲では、どのレベル

の被験者についても、先読み時間は未知の曲や難易度の高い曲に比べて短かった。また、上級者の難易度の高い曲の1回目での先読み時間は未知の曲の場合とほぼ同じであるが、2回目以降は未知の曲より長いという特徴も見られた。

以上のことは、難易度の高い曲については、初見以降の演奏においても、ある程度の長さの先読み時間が保たれることを意味しており、先読み時間には課題曲の難易度が影響することが分かった。

一方、これらの結果は先行研究の「先行認知範囲は、易しい曲ほど広い」という知見と矛盾するが、この点についての考察は後述する。

4.3 課題曲に対する知識・習熟の影響

既知の曲に対しては、どのレベルの被験者についても、ほぼ同じぐらいの先読み時間であるが、その長さは未知の曲に比べて短かった。また、未知の曲では、中級者と上級者では、初回の試行の先読み時間が著しく長く、2回目以降で大きく減少していることが特徴であった。難易度の高い曲でも、上級者では試行に伴い、先読み時間が減少している。

以上のことから、先読み時間には課題曲に対する知識の有無・習熟の度合いが大きく影響することが分かった。

しかしながら、これらの結果は、前述の難易度の影響についての結果とともに、先行研究の「先行認知範囲は、易しい曲ほど、曲に習熟するほど広い」という知見から予測されること、すなわち、「難易度の低い曲（既知の曲や未知の曲）の方が、難易度の高い曲より先読み時間が長い」、「既知の曲の方が未知の曲よりも易しく感じられ、先読み時間も長い」、「先読み時間は習熟とともに長くなる」ということと大きく異なる結果であった。

これらの違いはどのようにして生じたのかは大変興味深いだが、1) 先行認知範囲と先読み時間の違い、2) 実験の方法・条件の違い、3) ピアノとギターという楽器の違い、の可能性が考えられる。

まず、1) については、三浦らの定義した先行認知範囲には、注視点の先行（本研究での先読み）に相当する部分と有効視野に相当する部分の両方が含まれている点が大きく異なる。また、われわれの研究では先読みを主として時間で考えているという点も異なる。しかし、こうした定義の違いだけでは、まったく異なる傾向を説明することはできない。

また、2) については、三浦らは、a) 通常の弾き方をさせる実験、b) 先読みをするように教示した実験、c) 楽譜を途中で遮蔽する実験、という順序で行い、c) の結果についてのみ考察を行っている。これらの実験では、b) での教示がc) での実験に影響した可能性もあるし、c) での教示（遮蔽後も可能な範囲まで演奏を続ける）も、結果として、できるだけ先読みをすることを促した可能性もある。一方で、そのような教示がなくても、可能な限り先読みをした可能性もあるが、残念ながら、a) やb) の結果については触れられていないので、ここではこれ以上の議論は難しい。

一方、3) については、ピアノは、確立された方法によって幼少の頃から教育され、一般的な音楽技能の水準が高い楽器であるのに対して、ギターは必ずしもそうではないという点で大きく異なり、このことが先読み時間に影響を及ぼす可能性はあると考えられる。特に、ピアノについて

専門的に学んだ者は、楽譜の先読みの重要性を徹底して教育されていて¹⁾、いかなる場合も先読みをするように習慣づけられていると推測される。それに対してギターの場合、初級者（被験者A）は、「知らない曲の方が先読みをしなければと思う。逆に、曲に慣れるに従い、先読みの必要性は感じなくなる」ということを実験後のアンケートにおいて述べており（このことはむしろ中級者と上級者の実験結果に合致するが）、ピアノの場合と異なることを示唆している。実験結果の違いは、このような対象となる楽器の違いによるものである可能性が指摘できる。

5. まとめ

本研究では、ギター視奏時の情報処理過程を、先読み時間に着目して検討し、その結果から、被験者の習熟度、課題曲の難易度、課題曲に対する知識・習熟などがどのように先読み時間に影響するかについて明らかにした。

今後は、他の楽器の演奏との比較を行ったり、異なる条件のもとでの実験を行ったりするとともに、先読みだけではなく、演奏者の指や手の動きがどのように演奏に影響を与えるのかを明らかにしていくべきであると考えている。

謝辞：本研究は2004年度 龍谷大学国外研究員の期間にまとめられたものです。関係者の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 大浦 容子：演奏に含まれる認知過程ーピアノの場合ー、波多野 誼余夫編：音楽と認知，pp.69-95，東京大学出版会（1987）
- 2) J. A. Sloboda：The performance of music, The Musical Mind: the cognitive psychology of music, pp.67-101（1985）
- 3) A. Gabriellsson：The performance of music, Diana Deutsch (Ed.): The Psychology of Music, second edition, pp.501-602（1999）
- 4) 渋谷 恒司，深津 紘志，小松 重紀：バイオリン・ボーイング動作における音色表現語の右腕動作に与える影響，バイオメカニズム学会誌，Vol.28, No.3, pp.146-154（2004）
- 5) 三浦 利章，高山 典子，三木 睦子：ピアノ視奏時の情報獲得・処理ー一曲の難易度と技能水準を中心としてー，音楽研究（大阪音楽大学音楽研究所年報），Vol.6, pp.9-40（1988）
- 6) T. Miura：Information processing in piano playing: An eye movement study, the first International Conference of Music Perception and Cognition, Proceedings, pp.295-298（1989）
- 7) 加藤 貴昭，福田 忠彦：野球の打撃準備時間相における打者の視覚探索ストラテジー，人間工学，Vol.38, No.6, pp.333-340（2002）
- 8) 福田 亮子，福田 忠彦：楽譜の視覚情報処理単位に関する実験的検討ー文字列との比較ー，人間工学，pp.179-189（1995）
- 9) 大野 健彦：視線から何がわかるかー視線測定に基づく高次認知処理の解明，認知科学，Vol.9, No.4, pp.565-579（2002）