

楽曲の演奏熟達度と熟達過程における演奏・視行動の関係分析

Analysis of eye movements of reading musical score
and performances mastery process for quantifying music proficiency degree

長井 貴也[†]
Takaya Nagai

中平 勝子[†]
Katsuko T. Nakahira

北島 宗雄[†]
Muneo Kitajima

1 はじめに

本稿では、ピアノ初学者を対象とし、演奏時の演奏状態と視行動をもとに笠原らが提唱したピアノ演奏における知覚・認知・行動過程 [1] に基づいて分析を行う。

ピアノの個人レッスンにおいて、学習者は与えられた楽譜を用いて演奏練習を行い、指導者はその演奏を聴いて演奏の指導を行い、学習者はその場で演奏を修正を行うというサイクルを繰り返す。ピアノ初学者は演奏経験が少ないため、レッスンの中に指導者の演奏指導に対してそれを聞いて練習を行うという受動的な姿勢になる可能性がある。上田ら [2] は身近に熟達者の居ない環境では、学習者は自分の不得手要素や練習毎の成長・変化に気付くことが難しく、効率の悪い練習をしがちであるため、学習者は練習に多くの時間を割いているにも関わらず、それに見合った熟達効果を得る事ができず練習意欲を減退させてしまうことが唆し、こうした悪循環を防ぐために、学習者の打鍵情報や視線情報を基にピアノ練習状況を可視化するシステムを構築した。彼らのシステムは、練習状況を可視化することで、練習のメタ分析を行うことが可能とした。これにより、次回の練習方略が練りやすくなり、演奏熟達の効率化が期待されるとしている。

このような工夫に知覚—認知のレベルで分析可能とすることによって、さらに深いメタ認知の支援につながると考えられる。その結果、練習の効率化、苦手な箇所に対する指導者へのアドバイスの要請などレッスンへの能動的な姿勢、また、効率の良い練習ができることで学習意欲の向上が見込まれる。指導者にとっては学習者の状態を知覚—認知のレベル把握することによって適切なアドバイス呈示に繋がると考えられる。

2 ピアノ演奏における知覚・認知・行動過程

図 1 に笠原ら [1] が示したピアノ演奏時における知覚・認知・行動過程を示す。

ピアノ演奏は、楽譜を読み(視覚)、鍵盤やペダルの操作を行い(運動)、その結果、発声音が楽譜通りであるか否かを確認(聴覚-視覚)の3つの機能が協調して働くことで実現する行為である。竹川ら [3] によると、ピアノ演奏では譜読み、指示されている鍵への正確な打鍵、適切な運指(指使い)、リズム(打鍵および離鍵のタイミング)、打鍵の強弱、テンポ(楽曲の速さ)などさまざまな技術が求められるとされている。ピアノ初学者にとってはこれらを考慮し、3つの機能を協調させることは容

易でないと考えられる。

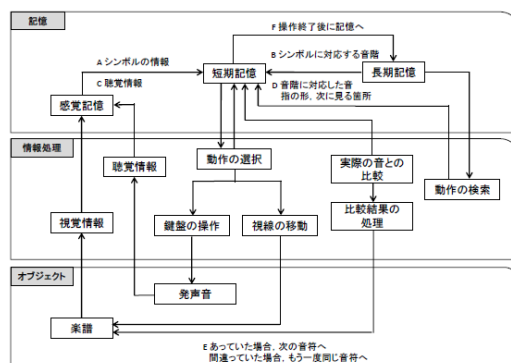


図 1 ピアノ演奏における知覚・認知・行動過程

図 1 に基づくと、ピアノ初学者の演奏が円滑に行われていない原因として以下のことが考えられる。

不適切な読譜：楽譜から音符や休符などの情報は知覚情報として読み取られ、感覚記憶から短期記憶に転送される。短期記憶に格納されたシンボルを長期記憶から検索するが、初学者の場合、長期記憶にそもそも対応する音楽情報が存在しない、または、視覚情報と長期記憶に存在する知識との間の結合の強度が弱いため長期記憶への検索に時間を要してしまう、知覚された音楽情報がどのような意味を持つのか理解できていない場合である。

運指訓練不足：音符情報をもとに対応する動作の検索を行い鍵盤へ手を移動させる。ここで、音符情報と鍵盤の指の位置の間の対応付けが弱い場合、楽譜から音符情報と手の位置の情報を読み取り、対応付けられている情報を検索するという行為が何度も行われ、手の位置を決めるのに時間を要する。指の動き方を長期記憶から検索し動作の選択を行い打鍵をするが、誤った指の動きを検索してしまうと、違う音を弾いてしまったり、誤ったリズムで弾いてしまったりするなど演奏ミスとして現れる。

ピアノ初学者にとって、これらが視覚・運動・聴覚の3つの機能の協調を阻害する原因だと考えられる。しかし、練習の積み重ねで、長期記憶に格納されている音符情報に対応した音高や動作の情報へのアクセスを頻繁に行うことを通じて、情報の検索を早くさせることが可能である。結果として、楽譜に対する適切な情報処理を行うことができ、3つの機能の協調を阻害する原因を取り除くことが可能であると考えられる。ピアノ初

[†] 長岡技術科学大学

学者がこれら原因をどのように克服し、その結果、視行動や演奏にどのように変化するか熟達過程を調査するための実験を行った。

3 予備実験方法

被験者：被験者は小・中学校の学校の授業で鍵盤楽器を使って演奏した程度でピアノレッスンを個別に受講するなど専門的な教育を受けていない人物を対象とする。今回の実験では年齢 21-24 歳の大学生と大学院生を含む 3 名を被験者とした。実際にピアノを弾いてもらうため、小・中学校に音楽の授業で学習するト音記号における楽譜の音高が最低限読めることを条件とした。また、事前にピアノの弾き方、楽譜の読み方などピアノ演奏に関することを指導した。

課題曲：ピアノ初学者でも数日で習得できるような難易度であり、両手で演奏する必要があるバイエル教則本 15 番のうち序盤 8 小節を使用した。図 2 に原稿用に再編した楽譜情報を示す。この楽曲において強弱記号は存在していない。

使用機材：楽譜提示用ディスプレイ（解像度 1920 × 1080px）、Tobii のアイトラッカー（Tobii X2-60、サンプリング周波数 60Hz）を用い、Tobii Studio によって制御を行った。ピアノ演奏は、電子ピアノで行い、その様子をビデオカメラ（sony FDR-AX100）と被験者が装着するウェアラブルデバイス（Panasonic HX-A1H）で撮影をおこなった。

実験手順：実験には、始めに被験者に実験の意義、趣旨について説明を行った。演奏熟達過程における演奏状態と視行動の変化を調べるために、実験期間として、1 日に 1 回実験を行い、3 日間実験を行った。図 3 に実験の様子を示す。

実験の手順は以下のように行った。

- 被験者に課題曲の楽譜を提示し、15 分間課題曲について練習を行う。
- 課題曲をディスプレイに表示し、1 分間読譜を行ってもらう。その後、演奏を行う。
- 演奏での苦手な箇所、課題曲の練習方略についてのアンケート、インタビューを行う。



図 2 バイエル教則本 15 番（原稿用に再編）*

初回のみ、被験者の課題曲に対する演奏技能を調査するために、練習前に 1 分間の課題曲の視線計測と課題曲の演奏を行ってもらった。

課題曲の練習では、15 分間の課題曲練習を課した。練習では、課題曲の演奏の音声データや演奏動画は使用せず、ピアノの弾き方に関する資料、課題曲の楽譜、電子ピアノのみを使用するという条件で練習を行ってもらった。資料については楽譜の読み方、打鍵の仕方、リズムのとり方などピアノを弾く上での情報が記載されている本を使用した。課題曲に対する練習方法については設定せず被験者に任せた。15 分間経過後、資料と課題曲の楽譜を回収した。練習風景をビデオカメラで撮影した。その後、ディスプレイに課題曲の楽譜を表示し、楽譜の 1 分間の視線計測を行った。

次に、練習後の演奏熟達度を判定するために、到達度テストとして課題曲の演奏を行ってもらった。演奏中の条件は以下の通り教示した。

- 制限時間を 2 分間とします。2 分間たっても演奏が続いている場合、演奏をやめてください。
- テンポ 75 くらいを目安に弾いてください。
- できるだけミスをしないうように弾いてください。
- ミスをしたと自分で判断したら、ミスをした直前から弾いてください。
- 演奏を弾き終わったと思ったら「終わりました」と言ってください。

課題曲の演奏時には視線計測とビデオカメラでの演奏の撮影を行った。視線計測については楽譜提示から被験者の演奏終了の宣言まで計測を行った。被験者 3 名とも制限時間 2 分を終える人はいなかった。



図 3 実験風景

演奏終了後、被験者に実験に対するアンケート、インタビューを行った。アンケートでは、課題曲について苦手な部分を指摘してもらい、その部分のどのような箇所が苦手であったのか、難しかったのか、また、15 分間の課題曲練習で苦手な部分に対してどのように練習を行ったのかを記述してもらった。被験者に記入してもらったアンケートを元に再度、苦手な部分の理由、練習方法、読譜時にどのように読んだかをインタビューを行った。

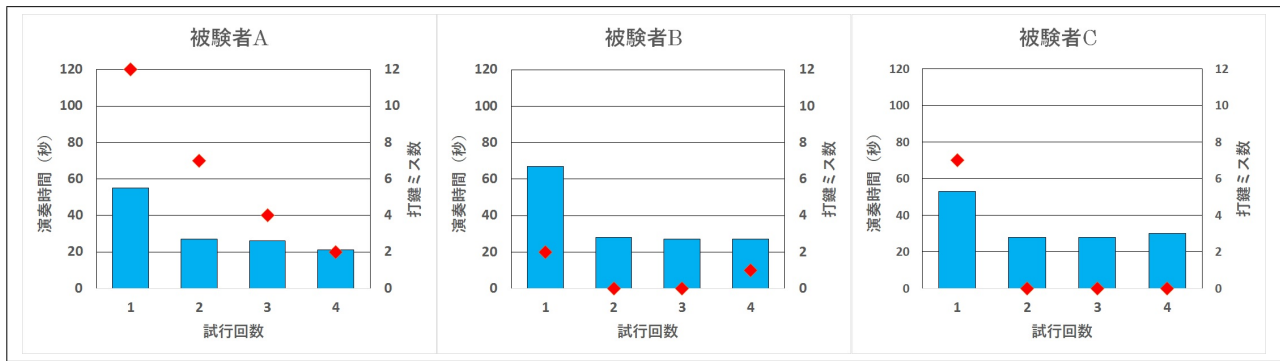


図 4 各被験者の演奏時間と打鍵ミス

表 1 各被験者の特徴

	ミスをした箇所	練習方法	熟達後の演奏行動
被験者 A	4, 7, 8 小節目	片手ずつ行い両手で練習	鍵盤を見ながら演奏
被験者 B	4, 7, 8 小節目	片手ずつ行い両手で練習	基本楽譜を見ながら演奏
被験者 C	4, 7, 8 小節目	音を出さず楽譜と指の動きを対応させて両手で練習	楽譜だけを見ながら演奏

4 結果・考察

4.1 分析方法

演奏到達度テストにおける打鍵ミスの判定については、竹内ら [3] のを参考にし、楽譜とは違う音程を弾いてしまう誤打鍵、本来弾く箇所でない未打鍵、楽譜で指定されている音より多い余打鍵を打鍵ミスとし、演奏時間については、ディスプレイに楽譜を表示されてから、被験者が「終わりました」と宣言するまでとした。停留点や停留時間の導出については Tobii Studio の機能を使用した。

4.2 結果

課題曲における到達度テストにおけるの映像データより演奏時間と打鍵ミス数を抽出した。1 回目とは実験の初回に行う演奏技能の調査するための初見演奏のことを表している。図 4 には各被験者ごとの演奏時間と打鍵ミス数のグラフを、表 1 には、各被験者の演奏の特徴を示した。ミスをした箇所は初見演奏の打鍵ミスの場所、練習方法は 15 分間の練習で行ったこと、熟達後の演奏行動は 4 回目の演奏での傾向をそれぞれ示した。

全体の傾向として初見演奏時に課題曲 4 小節目、7 小節目、8 小節目付近に演奏ミスが多く見られた。また、1 回目のアンケートとインタビューにおいても「どの部分が難しいと感じましたか」という質問に対して 4 小節目、7 小節目、8 小節目を難しいと指摘している。図 2 より、4 小節目は上段に 2 分音符が 2 つ下段に 4 分音符と、1~3 小節目と比較すると異なったパターンになっていることが分かる。また 7 小節目、8 小節目の下段においては 1 小節に 2 音使用するというパターンが出現する。被験者は 3 人とも左手を動かすのが難しかったと報告している。

各被験者後の演奏結果、練習方法について示す。

被験者 A：演奏時間においては、初見演奏 55 秒、2 回目は 27 秒と約半分になっている。また、3 回目は 26 秒と 2 回目と比

較し大幅な変化なかった。4 回目において 21 秒となっている。全体を通して練習を重ねるごとに演奏時間が短くなった。演奏ミスについても回数を重ねるごとにミスが減少している。初見演奏のミスの傾向としては、課題曲の 4 小節目、課題曲の 7 小節目の下段、課題曲の 8 小節目において誤打鍵、余打鍵が多く見られた。練習方法については、音符の読み方をまず資料で確認し、対応する指を覚えた。その後、まず左手だけで反復練習をして弾けるようになったら、右手も同様に行い、最後に両手を合わせて反復して弾いている。4 回目の演奏において、楽譜をほとんど見ないで、鍵盤を見ながら演奏するという傾向が見られた。

被験者 B：演奏時間においては、初見演奏 67 秒、2 回目は 28 秒と約半分以上短縮している。また、3 回目以降には、あまり変化が見られなかった。演奏ミスは初見演奏から 4 回目の演奏まで、特に変化は見られなかった。初見演奏については、ミスが少ないが、課題曲の 4 小節目において演奏をいったん止めて、楽譜とピアノを交互に見ているという行為を繰り返して、再度弾き直した。課題曲の 7 小節目、8 小節目においても同様の行動が見られた。2 回目~4 回目の演奏では、4, 7, 8 小節目ではミスをしなかった。練習方法については、資料は使用しなかったが被験者 A 同様、左手だけで練習を行い、右手だけで練習を行い、最後に両手を合わせて反復練習を行っていた。4 回目の演奏において、基本的に楽譜を見ながら演奏を行っているが、各小節の 1 拍目で鍵盤に目線を落とし自分の指の動きを確認した後、楽譜を見て演奏を続けるという傾向がみられた。

被験者 C：演奏時間においては、初見演奏 53 秒、2 回目は 28 秒と約半分以上短縮している。また、3 回目以降には、あまり変化が見られなかった。演奏ミスは初見演奏は 7 回あり、演奏ミスは初見演奏では 2 小節目と 3 小節目に下段（左手のフレーズ）のミスあった。また 4 小節目の上段（右手のフレーズ）に誤打鍵が多かった。練習方法については、まず音を出さずに苦手な箇所の音符と指の動きを連動させる練習を行っていた。そ

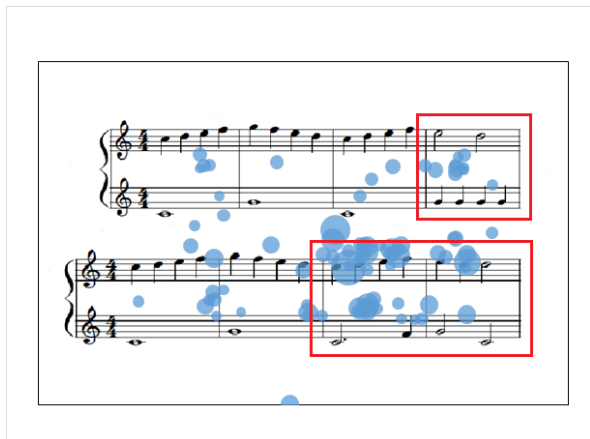


図5 被験者 B の初見演奏時の停留点*

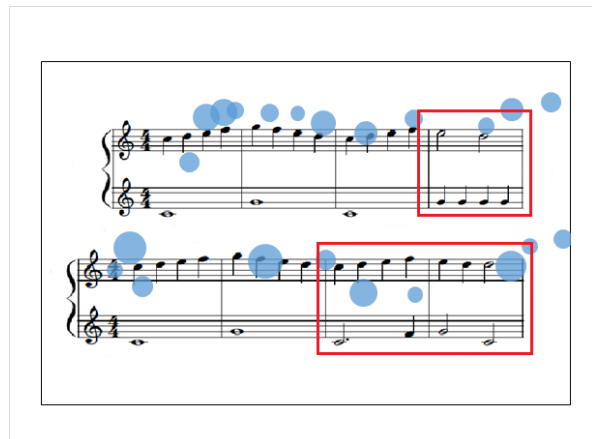


図6 被験者 B の4回目の演奏時の停留点*

の後、メトロノームを使用し演奏音を出し反復練習していた。4回目の演奏において、まったく手元を見ず楽譜のみを注視するという演奏の傾向が見られた。

4.3 熟達過程における演奏・視行動の関係分析

特に、視行動に変化があった被験者 B を抽出し、視行動・演奏行動についての分析の例として記述を行う。図5、図6はそれぞれ、被験者 B の初見演奏時の楽譜上の停留点、4回目の演奏時の楽譜上の停留点をプロットしたものである。円の大きさは停留時間の大きさを表している。演奏データより、被験者 B の初見演奏で、演奏ミスがあったところや演奏を止めたところを赤の長方形で囲んだ。

初見演奏時: 初見演奏の演奏データより、1小節目～3小節目まではミスなく弾けている。動画データと図5の視行動データより、弾いている小節の先の小節を注視していることが分かった。しかし、4小節目を注視すると同時に演奏を止めている。演奏を止めた後、楽譜を数秒注視した。4小節目の視覚情報と対応する音符の情報を短期記憶に格納し長期記憶から検索を行っていると考えられる。1小節目～3小節目と比較すると停留時間が長いので、検索に時間を要していると考えられる。その後楽譜と鍵盤の手を数回、交互に見てその後、4小節目を弾き直した。音符情報と対応する運指の動作の検索が長期記憶からうまく引き出せていないと考えられる。7小節目においては、4小節目同様、楽譜と指を交互に見てから楽譜を注視し演奏を再開している。映像データより手を見るととき左手を見ていること、視行動データより、その時刻に楽譜上では下段の停留時間が長いことから、左手に対する運指の情報の引き出しに時間を要しているのではないかと考えられる。

4回目の演奏時: 図6より全体的に下端(左手のフレーズ)には、停留していないことが分かる。また、図5の赤の長方形で囲んだ部分と図6の赤の長方形で囲んだ部分を比較すると、初見演奏時ほど停留していないことが分かる。視覚から得た音符情報と長期記憶に存在する対応する情報への検索時間が早くなり、その結果、適切な運指を行うことができていると考えられる。

初見演奏時には演奏ミスした部分に停留時間が長く、その箇

所がボトルネックとなり演奏時間が長期化している。図1に基づいて分析すると、短期記憶に格納された音符情報と対応する長期記憶に存在する音符情報の対応付けが弱く、検索に時間を要していることが原因なのではないかと考えられる。視覚また演奏ミスが少なくなり熟達したと判断できる4回目の演奏時には、ミスをした箇所の停留時間は短くなり、情報の検索が円滑にできていると考えられる。

5 まとめと今後の課題

本稿では、楽曲の演奏熟達度と熟達過程における演奏・視行動の関係分析を行なった。その結果、熟達していく過程で演奏行動・視行動に変化があり、演奏行動と視行動の変化をピアノ演奏における知覚・認知・行動過程に基づいて分析を行うことで、初見者の演奏ミスの原因を知覚・認知レベルで推定できることが示唆された。

今後の課題として、被験者を増やし定量的に分析を行い、ピアノ経験のある人物の演奏熟達過程と視行動・演奏の関係についても調査を行い分析を行っていく。

参考文献

- [1] 笠原翔平, 中平勝子, 北島宗雄: 読譜時の視行動時空間軌跡パターンによるピアノ演奏者の楽曲難易度要因推定, 第15回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第3分冊, pp281-282, 2015.
- [2] 上田健太郎, 竹川佳成, 平田圭二: ピアノ演奏熟達の効率化を目指した練習法の可視化手法, 情報処理北海道シンポジウム2014論文集, pp155-160, 2014.
- [3] 竹川佳成, 平田圭二, 田柳恵美子, 椿本弥生: 鍵盤上への演奏補助情報投影機能を持つピアノ支援システムを持つピアノ学習支援システムを用いた熟達過程の評価分析, 情報処理学会論文誌, vol.58 No.5, pp.1093-1100, 2017.
- [4] ペトルッチ楽譜ライブラリー, http://imslp.org/wiki/Main_Page(参照 2017-06-29)

*楽譜は、データの理解用にペトルッチ楽譜ライブラリー [4] に掲載されるものを元に著者が再編した。