

視線計測データに基づく習熟度別ピアノ演奏者の読譜方略の特徴抽出

Feature extraction in score reading strategies of skilled / unskilled piano players using eye-movement data

笠原 翔平[†]
Shohei Kasahara中平 勝子[†]
Katsuko T. Nakahira北島 宗雄[†]
Muneo Kitajima

1 はじめに

近年、ピアノ演奏技能の獲得のために、如何にして演奏技能を向上させるかが問題となっている。中島ら [1] は、教員養成機関におけるピアノ教育は、往々にして自身の経験則に基づいて、自分の受けてきた教材と手法をそのまま実践すると述べている。また、学生数に対してピアノ専門担当教官の数が非常に少なく、実技指導上多くの問題を抱えていると報告している。中平ら [2] は、保育者養成機関における教育は、多くの学生に対して1名あたり数分しか指導時間が取れず、短い指導時間で如何に学生の能力を向上させることができるかが常に教育上の課題となると報告している。

これらの問題を解決する方法の一つとして、読譜能力を効率的に鍛えることが演奏技能の向上に繋がると考えられる。関連研究として、福田ら [3] は、楽譜の視覚情報処理単位を、文字列の場合と比較した研究を報告している。また、吉田ら [4] は、読譜と演奏能力の関係性を調べるために各音源を鳴らし、それに対応する音高を当てる実験を行った。そして、音高イメージの把握力を読譜能力ととらえ、音高イメージの把握力を高めることによって、演奏技能を向上させることも可能だと示唆している。

本実験では、熟達度に応じたピアノ演奏者の読譜方略に着目する。読譜方略は、楽譜の難易度に応じてパターン化した視線移動により表現され、楽譜という符号群を演奏行動へ置換する認知プロセスに大きく影響する。藤間ら [5] によって、ピアノ演奏技能獲得過程の記述がなされており、ピアノ演奏において視覚-聴覚-運動系とそれらの認知が円滑に連動することによりピアノ演奏がなされることが示唆されている。読譜方略の特徴抽出は、アイトラッカーで測定された読譜中の視線データを用いる。視線計測を用いることにより、読譜中の視線を測定することができ、ピアノ演奏熟達者と非熟達者間で違いが出るであろう停留点移動や、音休符などの情報獲得期間と見なされる停留時間を算出することができる。そして、停留点移動および停留時間と楽譜に記される音符群の位置や複雑さとの関係を考察する。

2 停留の定義

一般論として大譜表は上下+左右の視線移動が必要なため、読譜中の情報獲得を行う際の停留点移動が水平方向のみならず、垂直方向についても十分考慮しなければならない。通常ピアノ譜は大譜表によって示され、音符記号、調号、拍子記号、

音休符、音楽記号、小節などが記されている。特に音符は、符頭、符幹、符尾から構成され、符頭と符尾から音高および音価を読み取ることにより、ある時間に発生すべき鍵盤の数、鍵盤種別、その長さを識別できる。休符は音符と対をなすもので、音符は発声を示すものであるのに対し、休符は発声しない区間を示す。このように、読譜は水平方向および垂直方向から多くの情報を読み取らなければならないため、停留を次のように定義した。

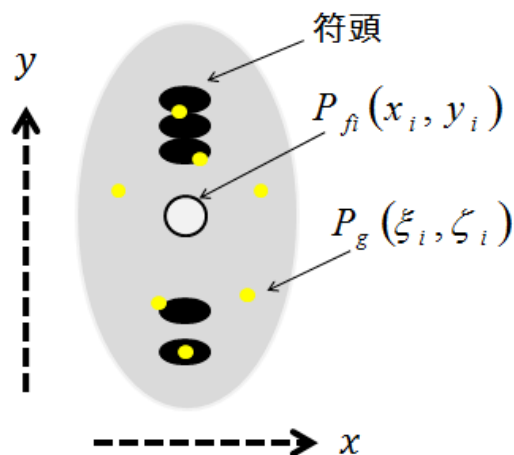


図1 中心視内の符頭群と視点、停留点の関係

中心視における符頭群と視点、停留点の関係は図1の様に考える。中心視内に五線譜は上下に存在するため、符頭もそれに伴って縦方向に広がって表記される。通常、楽譜から音符が表す情報を獲得する際、符頭または休符は重要な情報であり、その中でも音源となる符頭は特に重要である。よって、停留点はそれぞれの符頭を中心に出現するものと考えられる。しかし、符頭は常に単体で現れず、複数個の符頭が上下に配置される。特に和音の場合には、単体符頭が読み取れても意味がないことが多い。したがって、それぞれの符頭に停留点を置くよりも、ある一定の視点 $P_g(\xi_i, \zeta_i)$ の集まりの中心を停留点とした。

停留点は、 i 番目 $\sim (i+1)$ 番目の視点間のユークリッド距離のうち、 $\theta = 2^\circ$ (中心視)、 $t = 0.1\text{sec}$ (視点6点分) 離れていれば停留点は移動したとして、移動していないと判定された視点群の重心座標 $P_{fi}(x_i, y_i)$ とした。中心視内の視点の個数を n とした場合、停留点は次の式によって得られる。

[†] 長岡技術科学大学

$$x_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_j \quad (1)$$

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \zeta_j \quad (2)$$

本実験における条件下では、被験者から楽譜までの距離を 50cm とし、中心視に相当する角度 1° は、 x, y 方向とも 50 ピクセルとした。

3 実験

被験者: ピアノ演奏の熟達者と非熟達者を被験者とした。熟達者として実際のピアノ講師（講師歴 15 年以上、ピアニスト）1 名、非熟達者として K 女子大学で大学 2 年次に開講される児童音楽 I の受講者の内、希望者 30 名に対して行った。

楽譜の種類: 測定には、ヤマハ音楽能力検定制度におけるピアノ演奏グレード 8 級（8 小節）と 7 級（16 小節）に用いられる初見演奏と同程度の練習問題の楽譜を用いた。8 級と 7 級は音楽を学んでいる/趣味で楽しんでいる学習者を対象としている楽譜である。表 1, 2 に各級の楽譜の小節あたりの符頭数を示す。8 級の楽譜は 1 小節中の符頭数の最大値は 5 であり、7 級の楽譜の符頭数の最大値は 7 である。また、7 級の楽譜は 8 級と比較して、下段に符頭が多い楽譜である。

測定内容: 被験者は眼球から 40-60cm 程度離れた視線計測用モニタ（15inch, 解像度 1920 × 1080 ピクセル）に表示された楽譜に対しての読譜時の視線の動きを 1 分間測定した。測定は Tobii のアイトラッカー（X2-60, サンプル周波数 60Hz）を用い、Tobii Studio によって制御を行った。楽譜の提示はグレード順に 8 級, 7 級の順番で行った。

実験手順: はじめに被験者に実験についての説明を行い、正しく視線が取れるように各被験者ごとにアイトラッカーのキャリブレーションを行った。測定は、各級とも読譜が始まってから終了するまでの 1 分間の視線を記録し、被験者にはこの後実際に演奏すると想定してもらって行った。測定後には、熟達者に対して自身が行った読譜方略に関するインタビュー、非熟達者に対しては個人プロフィールや読譜方略に関するアンケートを行った。図 2 に実験の様子を示す。



図 2 実験の様子

表 1 8 級の楽譜の小節ごとの符頭数（上段/下段）。符頭数（休符数）で表示

$\frac{4(0)}{0(1)}$	$\frac{2(0)}{0(1)}$	$\frac{4(0)}{0(1)}$	$\frac{1(0)}{3(1)}$
$\frac{4(0)}{1(1)}$	$\frac{4(0)}{1(1)}$	$\frac{2(0)}{2(0)}$	$\frac{1(1)}{1(1)}$

表 2 7 級の楽譜の小節ごとの符頭数（上段/下段）。符頭数（休符数）で表示

$\frac{2(1)}{1(0)}$	$\frac{3(0)}{1(0)}$	$\frac{2(1)}{1(0)}$	$\frac{3(0)}{1(0)}$
$\frac{2(1)}{1(0)}$	$\frac{3(0)}{1(0)}$	$\frac{3(0)}{1(0)}$	$\frac{3(0)}{5(0)}$
$\frac{3(0)}{5(0)}$	$\frac{3(0)}{1(1)}$	$\frac{5(0)}{4(1)}$	$\frac{1(0)}{1(1)}$
$\frac{1(0)}{1(0)}$	$\frac{1(1)}{1(1)}$	$\frac{3(0)}{3(0)}$	$\frac{2(1)}{2(1)}$

4 実験結果・考察

4.1 分析対象

本実験では、1 分間の読譜後に実際に演奏すると想定してもらって測定を行ったため、初見の楽譜を理解するためには、楽譜の進行通りに左から右へと初めから順に読んでいくと思われる。この時、楽譜を一定のペースで読んでいる場合は自分の能力にあった楽譜であると考えられ、自分の能力に合わない楽譜の場合は停留点が進んだり、戻ったりを繰り返すと考えられる。また、停留点の移動距離が大きいほど一度に獲得できた情報量が多いと読み取れ、被験者の経験に依存して停留箇所や停留時間にも違いが現れると考える。

これらの考えから、熟達度別のピアノ演奏者の読譜方略の特徴抽出を行うため、測定した被験者の中から熟達者 1 名と、非熟達者中の分析に有効な測定データの内、期末実技試験の結果が上位の学生 1 名と下位の学生 1 名を抽出した。非熟達者の抽出基準とした期末実技試験の内容はピアノ演奏の実技試験であり、同程度の運指運動を行えるならば、演奏技能は読譜能力によって変わると考えるため利用した。そして、熟達度と停留点移動の関係を比較し、停留時間と合わせることで、被験者の読譜方略の特徴抽出を行った。また、本稿における読譜は、音符を認識して音高や音程、音長を認識するとしているため、文意にあたる音楽的解釈と、楽譜の端から端への移動などで生じた ± 400 ピクセル以上の大きな停留点移動は除外して分析を行った。

4.2 熟達度と停留点移動の関係

熟達者: 表 3 に抽出した被験者の停留点数と停留点移動の大きさの最頻値、図 3, 4 に 8 級, 7 級の熟達者と非熟達者の停留点移動の大きさの度数分布を示す。熟達者は 7, 8 級どちらの級の楽譜も 100~200 ピクセル（約 2 小節分）での停留点移動が多く、100 ピクセルの移動よりも 200 ピクセルの移動が多く見られる。また、非熟達者 2 人の被験者と比較して、8 級楽譜では 300 ピクセルを超える停留点移動も多く見られる。

試験結果上位の非熟達者: 試験結果上位の非熟達者は、熟達者

表 3 抽出した被験者の停留点数と最頻値

被験者	7 級楽譜		8 級楽譜	
	停留点数	最頻値 (ピクセル)	停留点数	最頻値 (ピクセル)
熟達者	86	200	102	200
非熟達者 (試験結果上位)	50	100	68	200
非熟達者 (試験結果下位)	60	100	27	0~200

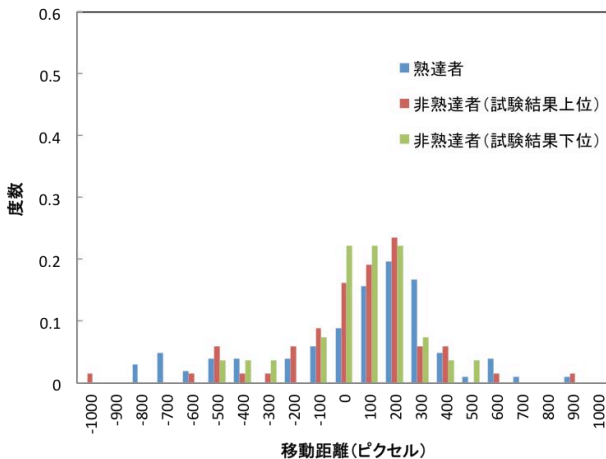


図 3 停留点移動の度数分布 (8 級楽譜)

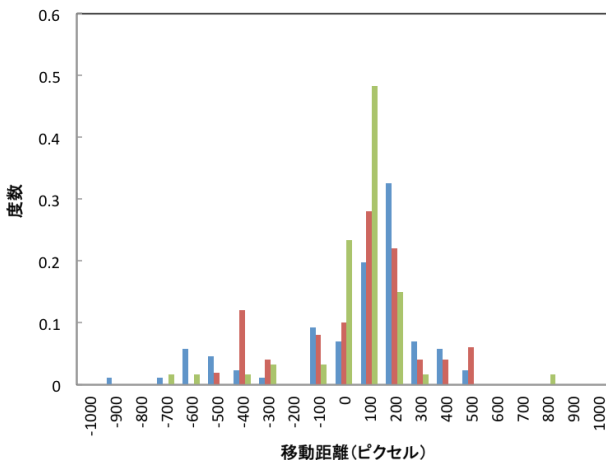


図 4 停留点移動の度数分布 (7 級楽譜)

と同じく 100~200 ピクセルでの停留点移動が多く見られるが、7 級楽譜は 200 ピクセルの移動より 100 ピクセルでの移動が多くなっている。また、8 級楽譜では、100 ピクセルの停留点移動よりも 200 ピクセルの移動が多く見られるが、300 ピクセルを超える移動が熟達者と比較して少ない。

試験結果下位の非熟達者：試験結果下位の非熟達者は、7、8 級どちらの級の楽譜も負の方向の停留点移動が少ない。また、7 級楽譜では 0~100 ピクセルでの停留点移動が多く見られ、200 ピクセルを超える移動が少なく、8 級楽譜では、100~200 ピクセルでの停留点移動が多く見られ、熟達者と比較しても大きな差は現れなかった。

4.3 熟達度と停留点移動、停留時間との考察

4.2 節の実験結果である、停留点移動の大きさで差の見られた 7 級楽譜での熟達者と非熟達者間で停留時間との考察を行った。表 4 に被験者の読譜方略の特徴、図 5 に熟達者と非熟達者の停留点を示す。図 5 の背景は実験で使用した楽譜から音部記号と符頭、休符を抽出したものとなっており、小節数は説明のために記載している。また、停留点を表している円の直径が大きいほど停留時間が長いということを示している。

熟達者：熟達者は非熟達者と比較して、楽譜の下段に多くの停留点が見られるが、1 小節中の停留回数が少ない箇所も見られる。測定後に行ったヒアリング時に熟達者は、最後まで流して見た後、楽譜の最初に戻ったと回答している。これは、楽譜を流して見ている段階で熟達者自身が曲をイメージでき、演奏するために注目して情報獲得を行わなければならない箇所と、少ない注視時間や回数で複数の情報をまとめて獲得できる箇所を判別できたためである。したがって、図 4 の停留点移動の実験結果からも 200 ピクセルでの移動が多いことから、複数の情報をまとめて獲得できた上段には短い時間の停留点が多く見られ、演奏するために重要な箇所だったと考えられる下段には時間の長い停留点が見られたと考えられる。

試験結果上位の非熟達者：試験結果上位の非熟達者は、12 小節目や 13 小節目、15 小節目で長い時間の停留点が見られる。この非熟達者は最初から順に楽譜を読み進めて、約 30 秒後（測定は 60 秒間）に楽譜の最後まで読んで最初に戻った。これは、楽譜を理解するために初めから順に追って読み進めたと考えられるが、停留時間の長い箇所、すなわち 12 小節目や 13 小節目で情報獲得に時間がかかったと考えられる。この停留時間の長い箇所は 7 級の楽譜の中で符頭数の多い（符頭数 6,7）箇所である。しかし、この符頭数の多い箇所は停留時間は長いが停留回数が少ないため、少ない注視回数で情報獲得が行えたと考えられる。また、図 4 の停留点移動の実験結果からも分かるように、熟達者と比較して 100 ピクセルでの停留点移動の度数が多い理由としては、7 級楽譜は難易度が高い箇所、または理解しづらい箇所があったため、熟達者と比較して短い停留点移動が多くなったと考えられる。

試験結果下位の非熟達者：試験結果下位の非熟達者は、7 小節目や 12 小節目、13 小節目で多くの短い時間の停留点が見られる。また、下段の停留点が熟達者と比較して少ない。この非熟達者は、試験結果上位の非熟達者と同じく、楽譜を理解するために初めから順に追って読み進めていたが、最初に戻るまでに約 50 秒かかっていた。これは、図 4 の停留点移動の実験結果からも 100 ピクセルでの移動が多く、200 ピクセルでの移動が

表 4 抽出した被験者の読譜方略の特徴

特徴	熟達者	非熟達者 (試験結果上位)	非熟達者 (試験結果下位)
読譜方略	一度最後まで流して読み, 最初に戻る	順に追って読み, 最初に戻る	順に追って読み, 最初に戻る
停留箇所	非熟達者と比較して下段に多い	符頭数の多い箇所に多い	符頭数の多い箇所に多い
停留時間	下段に長い時間の停留点が多い	符頭数の多い箇所に長い時間の停留点が多い	熟達者と比較して短い時間の停留点が多い
停留点移動	100~200 ピクセルでの移動が多い	100~200 ピクセルでの移動が多い	0~100 ピクセルでの移動が多い

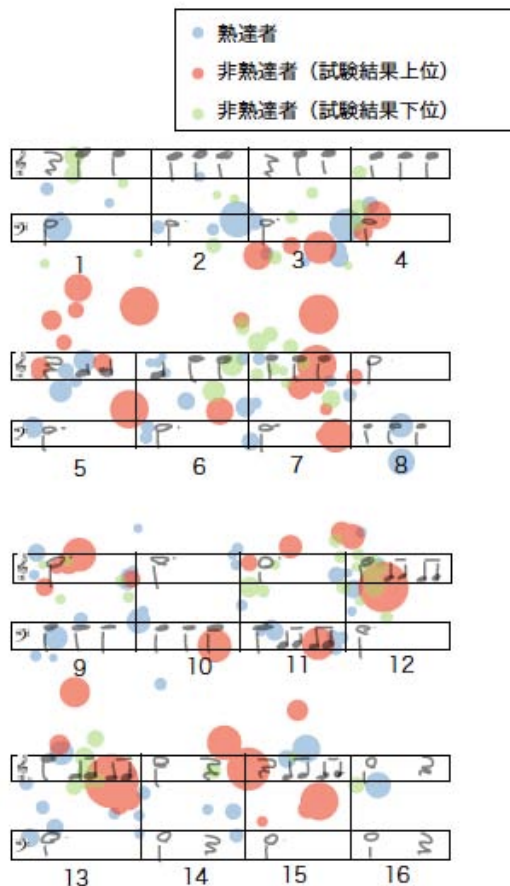


図 5 熟達者と非熟達者 (試験結果下位) の停留時間

少ないことから, 短い時間の停留点が多く見られた 7 小節目や 12 小節目, 13 小節目の符頭数の多い箇所で情報獲得に時間がかかっていたと考えられる。試験結果上位の非熟達者も同じ符頭数の多い箇所で停留時間が長いという特徴が見られたが, 少ない注視回数で情報獲得を行えたと思われるので, 楽譜を一度読み終えるのに差が現れたと考えられる。また, 下段の停留点が少ない理由や全体的に停留点が少ない理由としては, 前述の符頭数が多い箇所で情報獲得に時間がかかったため, 下段を含め, 楽譜のすべてを把握する余裕がなかったと考えられる。

5 まとめと今後の課題

本稿では, 熟達度に応じたピアノ演奏者の読譜方略に着目し, 視線計測データを用いて停留点移動と停留時間の関係から読譜方略の特徴抽出を行った。

停留点移動は, 熟達度の違いによる停留点移動距離の度数分布として示した。7 級楽譜での熟達者は, 非熟達者と比較して

大きな停留点移動が多く, 円滑に情報獲得が行えており, 試験結果下位の非熟達者は短い移動が多く, 情報獲得に時間がかかっていることが伺えた。また, 8 級楽譜はどの被験者も大きな差が見られなかったため, どの被験者も情報獲得が行いやすい楽譜であったと考えられる。

そして, 停留点移動で差の見られた 7 級楽譜での停留点移動と停留時間の関係から読譜方略の特徴抽出を行った。熟達者と非熟達者間で楽譜の読み方や停留時間, 停留箇所に違いが現れ, 熟達者は非熟達者と比較して下段に多くの時間の長い停留点が見られ, 情報獲得が円滑に行われていたと考えられる。試験結果上位の非熟達者は符頭数の多い箇所に長い時間の停留点が見られたのに対し, 試験結果下位の非熟達者間は同じ符頭数の多い箇所で時間の短い停留点が多く見られ, 非熟達者間でも読譜方略に違いが見られた。

今後の課題として, 本実験では停留点移動を水平方向の度数分布のみで分析を行ったため, 停留点の移動角度や注視順序も考慮して分析を行う。また, 読譜中に脳内で行われている認知処理と関連させて分析を行うことである。そして, ピアノ演奏技能向上のために, ピアノ演奏非熟達者に対して, 効率的に読譜能力を鍛えるための適切な指導方略を提示することが上げられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり, 実験に協力いただきました京都女子大学教授・深見友紀子氏, および京都女子大学発達児童学部の有志の皆様には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 中島卓郎: 実践的指導力を高めるピアノ教育の試み-教員養成教育の場合-, 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要「教育実践研究」, No.3, pp.31-40, 2002
- [2] 中平勝子, 赤羽美希, 深見友紀子: プレンデッドラーニングを取り入れたピアノ弾き歌い指導の改善, 日本教育工学論文誌, Vol.34, pp.45-48, 2010
- [3] 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-文字列との比較-, 人間工学, Vol.31, No.3, pp.179-189, 1995
- [4] 吉田直子: 読譜力と音楽的基礎能力との関連性について-音高イメージを持って楽譜を読むことができるようになるために-, 京都教育大学教育実践研究紀要, No.11, pp.59-67, 2011
- [5] 藤間渉, 中平勝子: 読譜視線分析によるピアノ演奏技能獲得過程の記述, 第 11 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.11, No.3, pp.559-660, 2012