

令和元年6月11日現在

機関番号：14503

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13573

研究課題名(和文) 教員養成における読譜の視線分析研究

研究課題名(英文) Eye-tracker analysis on reading music in primary teacher's college

研究代表者

河内 勇 (Kawachi, Isami)

兵庫教育大学・学校教育研究科・准教授

研究者番号：30585203

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、アイトラッカーの研究手法を用いて初見視唱直前の視線の動きを計測・分析した。音楽経験者と未経験者の読譜時の視線から、視線停留回数と視線停留1回あたりの停留時間を求めその特徴を明らかにし、読譜指導における新たな手がかりを得た。経験者は、冒頭などでは視線停留回数とともに各々の停留時間も増加するが、それ以外では均等に一定のペースで読譜を続けていた。未経験者は、視線停留回数よりもむしろ1回ごとの視線停留時間により依存しており、そのため楽譜の読み取りに時間がかかった。また、経験者が早く読むときには、少ない視線停留回数で且つ各々が短い視線停留時間を駆使して読み進めることも明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

読譜の視線研究は、初見試奏やそれに伴う「楽譜の先読み(EHS)」に関するものが多い。しかしながら、読譜についてアイトラッカーなどの視線分析装置を用いて結果を可視化して分析する研究は世界的にも非常に少ない。

また、それら近年の先行研究でもサンプル数が少ない上に、ヒートマップなどを用いた定性的な分析が中心であり、視線停留回数や各々の視線停留時間を視点にした定量的な研究は見られない。本研究において、具体的な視線運動の数値の計測・分析を行うことで、対象者の読譜時の特徴をより明確に表すことができた。これらの結果は、これからの読譜指導のための新たな教材づくりに繋がって行くことが期待される。

研究成果の概要(英文)： In this study, we analyzed eye gaze during the reading of sheet music prior to sight-singing without performance, in subjects who were college students at a primary teacher's college. The subjects were comprised two groups: 36 experienced students and 29 novice students. The music was displayed on the monitor of an eye-tracker system. The composition was separated into six areas of interests (AOI), and each subject's fixation count and fixation length were recorded for each AOI.

Students who had experienced musical education could read all measures evenly. Students who did not have experience of musical education showed longer fixation length per each fixation count. The efficient reading of the music by experienced students appears when they read it with fewer fixation counts and shorter fixation length.

研究分野：クラリネット演奏法及び指導法，器楽教育全般，合奏指導法

キーワード：読譜 アイトラッカー 器楽教育 教員養成

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 学校音楽科教育における読譜教育の重要性

音楽を奏するためには「楽譜を読む」ことは重要であり、学校音楽科の授業においても同じである。一方で、特に小学校で児童が受ける授業においては、音楽を「耳から学ぶ」ことも重視されており、教師の範唱から「聴唱」させる指導等も多く行われている。そのため、結果として「楽譜から読む」という読譜学習が充分に行われてきたとはいえない現状がある。杉江 (2009) の調査によれば、小学校教師の 94%、中学校教師の 98% が児童生徒の楽譜を読む力に不足を感じているという。また、大学の教員養成課程ですら学生自身の読譜力の形成は充分ではない (尾見, 2009) という指摘もある。残念ながら、限られた指導時間の中では、表現の活動と読譜の指導を両立させることは難しい現状がある。

### (2) 初見試奏と Eye-Hand Span

読譜に関する研究は、楽譜を見てすぐに演奏する「初見視奏」時の読譜と、それに伴う「楽譜の先読み」について多く行われてきた。ピアニストが行う楽譜の先読みは、演奏中の視線と実際に奏でられる音符の位置の差で表され、それは Eye-Hand Span (EHS) と呼ばれている。初見視奏の得意な者の EHS は平均で 6~8 個の音符、不得意な者は平均で 3~8 個の音符 (Sloboda, 1974) とされる。初見演奏中の演奏者の視線では、既知の曲の場合には、情報処理にかかる時間は短くなり視線の動きも減少するという (Kinsler & Carpenter, 1995)。また、連符で繋がれた 2 つの 8 分音符を一つのペアとして見る場合もあればそうでない時もあり (Kinsler & Carpenter, 1995)、まとまった音符のグループ (Chunk) ごとに処理するだけでなく、過去に得た情報とより大きな塊に組み合わせることも可能とされる。

### (3) 視線分析装置を用いた読譜の視線分析

初期の初見視奏や EHS の読譜研究では、OHP に映された楽譜を演奏中にそのスイッチを切るなどして進められてきたが、近年では頭部に装着するアイカメラや、非接触で眼球運動を測定できるアイトラッカーを用いた研究が進められつつある。そのため、視線の動きそのものを直接的に測定することが可能になってきた。Furneaux & Land (1999) は、EHS について音符の数による計測 (Note index) よりもむしろ視線停留と演奏の時間差 (Time index) に着目した結果、Time index の平均は技術や経験の差に関わらず約 1 秒と報告している。ところが興味深いことに、Note index においては熟練者の方が多いことから、熟練者であるほど瞬時により多くの情報を保持することができるとしている。

そして、最新のアイトラッカーを用いた視線研究では、熟練のピアニストは、曲の難易度が高いほど Note index が少ない (矢嶋・吉村・神原・小池, 2015) ことがわかっている。また、ヴァイオリニストの場合でも、複雑な曲の場合には Note index が少なくなる (Wurtz, Mueri, & Wiesendanger, 2009) と報告されている。

さらに最近では、EHS にとらわれない演奏時の視線に直接焦点を当てた研究も始められている。例えば難易度に変化があれば、熟練者の視線は簡単な音符では素早く進み、両手の和音など難解な音符では遅く進む (藤間・中平, 2012) ことや、曲の冒頭部や複雑なリズム、跳躍では視線の停留時間が長く、それらは繰り返されるたびに停留時間は減る (Buzas, Steklacs, Sagrillo, Marodi, & Devosa, 2015) ことがわかっている。演奏している熟練者の視線は、音楽と同じ速さで進められているとは限らないということである。

しかしながら、先行のアイトラッカーによる演奏時の視線研究は、ヒートマップなどを用いたサンプル数が少ない定性的な分析が中心である。特に、視線停留回数や停留時間などを視点にした定量的な研究は見られない。そのため、これらの視線停留パターンの違いが視線停留回数によるのか、視線停留 1 回当たりの視線停留時間の違いによるのかが明確になっていない。

## 2. 研究の目的

### (1) 初等教員養成大学学生の読譜の視線分析

このように、アイトラッカーを用いた研究手法により読譜中の視線を可視化し数値化することが可能になりつつある。しかしながら、その視線分析のほとんどは、熟練の演奏家やプロを指して専門的に学んでいる学生を対象としており、教員養成の一般学生を対象としたものは見られない。また先行の研究では、ピアノの初見視奏や EHS など「演奏を伴う」読譜の視線分析が大半である。特に、EHS に関連する視線の研究では対象者による演奏が必ず必要となる。しかし、演奏をすること自体が熟練者でないものには負担になると思われる。演奏を伴うことで、彼らの緊張や動揺が視線の動きに影響を及ぼす可能性も考えられるからである。

そこで本研究では、初等教員養成系大学の学生を対象として「演奏を伴わない」読譜を行なっている状態の視線に焦点を当てることとした。アイトラッカーを用いて、音楽コースに所属する学生や吹奏楽部員など、学校教育の正課外にも個人的に音楽を学んだ経験のある学生 (経験者) と、音楽以外のコースに所属しており、正課外ではほとんど学んでいない学生 (未経験者) の初見視唱直前を想定した読譜時の視線を測定する。提示する課題楽譜には簡易で有名な曲を主題

として用いることとした。ただし、その曲目や他の情報を事前に対象者に知らせることはしない。そして、(a) 限られた時間内における経験者と未経験者の視線停留パターンの違い、(b) 両群の読譜速度の違いと視線停留の特徴、(c) 楽譜中の突然の変化に対する視線の変化、について明らかにすることを目的とした。

## (2) 本研究の目的に対する仮説

読譜に関するアイトラッカーを用いた先行研究では、視線停留回数や視線停留時間などの定量的な研究は見られないが、他の分野においてはそれらを視点とした研究も進んでおり、視線停留時間や、視線停留 1 回あたりの停留時間の持つ意味も明らかになっている。Gegenfurtner, Lehtinen, & Saljo (2011) によれば、視線停留回数は適切な情報や関連のある情報を得る際の「興味」や「関心」が反映するという。これに関しては、例えば教師が教室で児童の問題行動を認識する際には、対象児童への視線停留回数が多くなる (Yamamoto & Imai-Matsumura, 2013) という報告もある。また、視線停留時間そのものは、視線対象に対する「情報の読み取り」に関与するとされる (Hutton & Nolte, 2011)。

本研究における読譜の場合では、冒頭や楽譜の変化時は、読譜者にとって気になる箇所であると思われるため視線停留回数の増加が考えられる。そして、経験者が早く読み進むとすれば、それは視線停留回数の減少として現れると考えられる。さらに、曲の冒頭や難易度の高い場所では視線停留時間が長い (Buzas et al., 2015) というが、それらが視線停留回数に起因するのか、視線停留 1 回あたりの停留時間によるものなのかを明らかにしたい。本研究によって得られる読譜中の視線の分析結果は、根本的な読譜の問題を明らかにすることになり、これらから音楽を学ぶ学習者に対する読譜の新たな指導方法や教材開発に繋がることが期待できると考える。

## 3. 研究の方法

### (1) 対象者

承諾を得られた対象者は 65 名で、音楽コースに所属する学生や当該大学吹奏楽部員などの音楽経験者 36 名と、音楽以外のコースに所属する学生の未経験者 29 名の合計 65 名分のデータが分析対象となった。

視線測定前に、対象者にピアノや他の楽器 (声楽含む) の学習経験の有無等についての調査も行った。その結果、経験者群では、過去のピアノ学習経験の平均が  $9.4 \pm 5.8$  年、未経験者群では、 $3.0 \pm 4.2$  年で有意差が見られ ( $t = 5.16, df = 62.21, p < .001$ )、経験者群の学習経験年数が長かった。また、管弦楽器や声楽などピアノ以外の音楽学習経験についても、経験者群では平均  $7.7 \pm 3.8$  年、未経験者群では平均  $0.7 \pm 1.9$  年で両群間に有意差が見られ ( $t = 9.68, df = 53.30, p < .001$ ) 経験者群の他楽器学習経験年数が長かった。

### (2) 提示課題

提示する課題として『ちょうちょう』(ドイツ民謡・日本唱歌) を主題とする 12 小節の小曲を用いた。八長調の 4 分の 4 拍子を使用し、4 小節ごとの 3 段の記譜にした (図 1)。原曲では 16 小節になるが、この提示課題では、途中から曲を変化させて 12 小節に仕上げた。6 小節目までは原曲に従い、7 小節目からは音高だけを変化させた。9 小節目以降はリズムにも変化を加えた。本研究では初見視唱直前の読譜に視点を置いているため、対象者にはこの提示課題に関するいかなる情報も与えない。読譜のための提示時間は 10 秒とした。

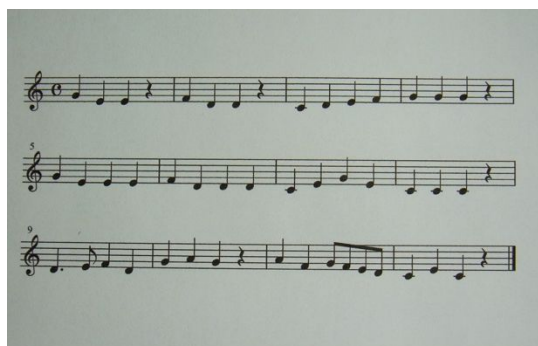


図 1 提示課題に使用した楽譜



図 2 提示画面上の AOI

### (3) 視線の測定手順

視線測定は静かで落ち着いた部屋を使用して個別に実施した。測定には、17 インチディスプレイ一体型アイトラッカー (Tobii 製 T60) を使い、60Hz で測定した。アイトラッカーのモニターの解像度は  $1024 \times 768$  ピクセルで、モニターの中央と対象者の眼の高さを同じにして距離を約 60cm となるように調節した。キャリブレーションは両眼同時に 5 ポイントで実施した。測定

に先立って、対象者には「初見視唱のための読譜を行ってもらいます」と教示した。また、その後の指示はアイトラッカーのモニター上に表される文章により行った。アイトラッカーのモニター上に「課題を始めます」の文言を提示し、対象者に開始を確認した上で実験者の手動により測定を開始した。その後、モニター画面に、「次の楽譜を見てください」(5秒)、画面中央に「+」(1秒)、提示課題の楽譜(10秒)が順に提示された。

#### (4) 分析方法

分析のために、提示課題を12小節の楽譜を2小節ごとに四角く区切って合計6つの興味領域(Area of Interest: 以後 AOI と呼ぶ)を設定した(図2)。読譜中の各 AOI に対する視線停留回数と視線停留時間を求めた。ただし、視線の停留時間については視線停留回数に依存するため視線停留1回あたりの平均視線停留時間も求めそれを基に分析を進めていく。尚、本研究における視線停留は半径35ピクセル(画面上では12mm)内に100msec以上、視線が留まっていることとした。

#### (5) 読譜終了後の調査

読譜終了後、課題楽譜について、『ちょうちょう』が主題であったことに気付いたか、また後半部分(第7~12小節; AOI 4~6)では違う曲に変わったことに気付いたか、の質問を行い回答が得られた。

### 4. 研究成果

#### (1) 経験者の読譜の特徴

経験者の視線停留回数は、全ての AOI に配分されており後半まで読譜が進んでいた(表1)。その上で冒頭の AOI 1 では最も頻繁に視線停留が見られた。そして変化の起こる AOI 4 の読み取りにおいても視線停留回数は微増した。それ以外の AOI 間ではほぼ均等に停留しており、彼らは一定のペースで読譜を進めていたといえる。ただし冒頭の AOI 1 だけは、視線停留回数ばかりでなく、視線停留1回あたりの停留時間(表2)も長くとっていた。それ以外の AOI では、多重比較からもわかるとおり、視線停留時間は一定であった。

ここから、経験者は未経験者と比べて、限られた時間内でも全領域に視線を停留させて各 AOI を均等に見ており、特に冒頭 AOI のように「興味」や「関心」を感じるとともに「読み取り」の必要性の高い箇所では、視線停留回数がより多くなるばかりでなく視線停留時間も同様に長くなることがわかった。

先行研究で報告されている「冒頭や難易度の高い音符で熟練者の視線が遅く進む」とときには、視線停留回数とともに各々の視線停留時間も増加させることで情報の収集を行なうことが明らかになった。一方で、楽譜に変化を加えた AOI 4 においては、視線停留回数のみが微増したものの、視線停留時間に変化はない。読譜後の質問紙では、楽譜の変化に気づいたものが経験者は35名中25名(69.4%)であり未経験者(同31%)と比べて有意に多かった。そのため、変化の起こった AOI 4 では、経験者は視線停留回数の増加のみによる読み取りの可能性も残されており、変化の難易度との関係とともに今後の課題といえる。

表1 全10秒間の視線停留回数

	AOI 1	AOI 2	AOI 3	AOI 4	AOI 5	AOI 6	F値	多重比較
経験者	9.19 (.86)	4.14 (.37)	5.50 (.48)	5.69 (.63)	4.14 (.61)	3.31 (.61)	5.79**	AOI 1>AOI 2**, 3*, 5**, 6**
未経験者	11.07 (1.24)	6.59 (.53)	6.24 (.64)	3.21 (.54)	2.10 (.58)	.62 (.28)		AOI 1>AOI 2*, 4**, 5**, 6** AOI 2>AOI 4**, 5**, 6** AOI 3>AOI 4**, 5**, 6** AOI 4>AOI 6**
両群の比較 (F値)	n.s.	15.10**	n.s.	8.43**	5.64*	13.55**		

表中の数字は平均値(標準偏差)  
\* $p<.05$  \*\* $p<.01$

表2 全10秒間の視線停留1回あたりの停留時間

	AOI 1	AOI 2	AOI 3	AOI 4	AOI 5	AOI 6	F値	多重比較
経験者	.30 (.02)	.22 (.02)	.21 (.02)	.21 (.02)	.17 (.02)	.14 (.03)	6.13**	AOI 1>AOI 2*, 3**, 4**, 5**, 6**
未経験者	.38 (.03)	.28 (.02)	.23 (.02)	.20 (.03)	.12 (.03)	.05 (.02)		AOI 1>AOI 2*, 3**, 4**, 5**, 6** AOI 2>AOI 5**, 6** AOI 3>AOI 6** AOI 4>AOI 6**
両群の比較 (F値)	5.44*	6.70*	n.s.	n.s.	n.s.	8.28**		

表中の数字は平均値(標準偏差)  
単位は sec  
\* $p<.05$  \*\* $p<.01$



## (2) 未経験者の読譜の特徴

未経験者の視線停留回数は後半 AOI に向かうにつれて減少しており、特に課題前半の 4 小節間の読み取りに多く視線停留回数を増加させていた。未経験者自身の視線停留回数の多重比較からも、彼らの前半 AOI と後半 AOI には大きな差が見られ、彼らが楽譜の全体に読譜を進めていたとは考えにくい。冒頭の AOI 1 では、前述のように経験者群の視線停留回数も多かったため両群の間に有意な差はない。しかしながら、次の AOI において経験者の視線停留回数はぐんと減ったのに対して、未経験者の視線停留回数は有意に多く、彼らが課題前半の読み取りにより留意したことがわかる。

また、未経験者の視線停留時間は、冒頭の AOI 1 と次の AOI 2 において経験者のそれよりも有意に長かった。AOI 1 の視線停留回数では両群に差がないにも関わらず、視線停留時間では未経験者が長いということは、彼らは 1 回ごとの視線停留の時間を増加させて情報の読み取りや理解を行なっていると考えられる。Goolsby (1994) は、初心者は個々の音符にそれぞれ時間をかけて読譜するというが、本研究の結果から、それは彼らが視線停留回数の多少よりもむしろ視線停留 1 回あたりの停留時間の長さにより依存するという意味であると推察される。

## (3) 楽譜を早く読む時の視線停留の特徴

提示課題の前半は既知の曲であった。経験者自身の視線は、前半 AOI のうち視線停留回数、視線停留時間はともに AOI 1 が最も多く、その後 AOI 2 と AOI 3 ではどちらも大きく減少した。そして、停留回数と停留時間の両方ともに AOI 2 と AOI 3 の間に差はない。対象者は『ちょうちょう』が主題であることは事前には知らされていないため、経験者も AOI 1 の冒頭ではその読み取りに留意したと考えられ、視線停留回数や視線停留時間が増加した。ところが、経験者は主題に気づいた後は素早く読み進んだため、回数と時間の両方が減少することになったと考えられる。これは、彼らが AOI 1 を「ソミミ、ファレレ」と読んだ瞬間に次の AOI 2 「ドレミファソソ」以下はもう読む必要がなくなったということであろう。

測定前の仮説では、読譜を早く行う者の視線停留の特徴は「視線停留回数の減少として現れる」であった。しかしながら本研究の結果から、楽譜を早く読む時には、各々が短い時間の視線停留時間で、且つ少ない視線停留回数で読み抜けることがわかった。このため、経験者は未経験者よりも読譜スピードが早く、楽譜の先まで読み進めることや、逆に冒頭などでは時間をかけて読むことができていたといえる。

## (4) 新たな読譜指導への手がかり

Lehmann & Kopiez, (2009) によれば、読譜は楽譜中の音符や音符のグループを素早く知覚する能力と関係しており、熟練者は視線から得た情報をすぐに演奏に必要な単位に組み替えするという。本研究の経験者が見せた早く読む時の「短い視線停留時間」且つ「少ない視線停留回数」による読譜は、「音符のグループ」や「必要な単位」を素早く知覚する際の視線の特徴ではないかといえる。経験者は、過去の経験や学習から無意識のうちにそれらの有効な単位を習得していると思われる。

そのため、これからの未経験者に対する読譜指導では、個々の音符に対する音高やリズムの理解とともに、複数の音符群に対する瞬間的な理解を促すような指導が有効となるであろう。例えば、本研究の提示課題(図 1)であれば、第 4 小節(AOI 2)には同じ音高・リズムの音「ソ」が 3 つ並ぶだけである。各音をじっくり見つめる必要が無いことは、特別な訓練を施さずとも簡単に理解できるはずである。

最後に、本研究の結果を踏まえた課題は以下の 2 つである。第 1 は、本研究では楽譜の標準的演奏時間を考慮して読譜時間を設定した。読譜時間としては本条件で充分と考えられたが、未経験者の中には最後まで読めなかった人がいたことも事実である。未経験者であっても多くの楽譜を読む経験によって読譜速度が上がり読み取りが改善されるのかどうかは今後の課題である。第 2 は、本研究方法では最初に視唱のための読譜と教示した。しかし、対象者が楽譜を「音楽として理解している」のか「ただ眺めている」のかを明確に把握することは難しい。したがって、今後は実際に歌唱した時の視線の分析が課題として挙げられる。

## 引用文献

- Buzas, Z., Steklacs, J., Safrillo, D., Marodi, A., & Devosa, I. (2015). Testing music reading with eye tracking in three European countries. *EAPRIL Conference Proceedings 2015*, 371–379.
- Furneaux, S., & Land, M. F. (1999). The effects of skill on the eye-hand span during musical sight-reading. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*, 266 (1436), 2435–2440.
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23, 523–552.

- Goolsby, T. W. (1994). Profiles of processing: Eye movements during sightreading. *Music Perception*, 12 (1), 97–123.
- Hutton, S. B., & Nolte, S. (2011). The effect of gaze cues on attention to print advertisements. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 887–892.
- Kinsler, V., & Carpenter, R. H. S. (1995). Saccadic eye movements while reading music. *Vision Research*, 35, 1447–1458.
- Lehmann, A. C., & Kopiez, R. (2009). Sight-Reading. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (Eds.), *The Oxford handbook of music psychology* (pp. 344–351). Oxford: Oxford University Press.
- 尾見敦子 (2009). 提言「読譜教育」の4つの視点—ハンガリーの音楽教育に学ぶもの  
音楽教育実践ジャーナル, 7(1), 76–86.
- Sloboda, J. (1974). The eye-hand span: An approach to the study of sight reading. *Psychology of Music*, 2, 4–10.
- 杉江淑子 (2009). 子どもや若者の「聴く力」と読譜の役割音楽教育実践ジャーナル, 7(1), 6–15.
- 藤間 渉・中平勝子 (2012). 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, 11(3), 559–560.
- Wurtz, P., Mueri, R. M., & Wiesendanger, M. (2009). Sight-reading of violinists: eye movements  
anticipate the musical flow. *Experimental Brain Research*, 194 (3), 445–450
- 矢嶋真淑・吉村奈津江・神原裕行・小池康晴 (2015). 初見演奏のためのピアノ学習システムの開発  
信学技報, 114(515), 357–360 .
- Yamamoto, T., & Imai-Matsumura, K. (2013). Teacher's gaze and awareness of students' behavior: using  
an eye tracker. *Innovative Teaching*, 2, Article 6.

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

河内 勇・松村京子, 初等教員養成課程学生の初見視唱直前における読譜の視線分析研究,  
教育実践学研究, 査読有, 第20巻, 第2号, 2019, pp.15–26

〔学会発表〕(計1件)

河内 勇, Eye-tracker Analysis in reading sheet music prior to sight-singing in primary  
teacher's college students ,ISSBD 学会 (25th Biennial Meeting of the International Society  
for the Study of Behavioral Development) in Australia , 2018

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 松村 京子

ローマ字氏名: Kyoko Matsumura

所属研究機関名: 兵庫教育大学

部局名: 学校教育研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 40173877

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。