

博士論文

ピアノレッスンにおける  
効果的な関連技能獲得に向けた  
技能獲得状態可視化に関する研究

2019年12月04日

田中（中平）勝子



# 目次

概要		i
<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	ピアノレッスンを取り巻く環境	1
1.2	技能継承研究に対する意識の変化	3
1.3	研究目的	6
<b>第2章</b>	<b>関連研究</b>	<b>9</b>
2.1	技能教育と視線計測技術	9
2.2	音楽教育における読譜の見解	10
2.3	ピアノ演奏関連技能獲得における読譜行為の位置付け	12
2.4	保育士養成機関におけるピアノ関連レッスン法の研究動向	14
2.5	個人レッスンを中心としたピアノ演奏教育法の研究動向	15
<b>第3章</b>	<b>ピアノ演奏関連技能獲得状況の分析と技能指導時における課題抽出</b>	<b>17</b>
3.1	ピアノレッスンの流れ	17
3.2	演奏関連技能獲得過程モデルを介した演奏関連技能獲得状態の分析	18
3.2.1	マス授業としてのピアノ弾き歌い技能獲得過程	18
3.2.2	ピアノレッスンを理解するためのピアノ演奏技能獲得過程	20
3.3	ピアノ演奏関連技能獲得指導における課題	22
3.3.1	マス授業としてのピアノ弾き歌い演奏指導時の課題	22
3.3.2	個人授業としてのピアノレッスンにおける課題	24
3.3.3	課題のまとめ	24
<b>第4章</b>	<b>ピアノ関連技能指導時に生じる課題解決</b>	<b>27</b>
4.1	表出化に対する課題解決：内面化情報に基づいた自主練習成果の精度改善	27
4.1.1	表出化のための学習者状態の可視化を伴う教育デザイン	28

---

4.1.2	表出化に対する可視化を伴う教育デザインの有用性実験 . . . . .	32
4.1.3	授業デザインの各要素に対する考察 . . . . .	38
4.2	内面化に対する課題解決：学習者の技能獲得状態の推定 . . . . .	39
4.2.1	読譜時視行動の定量化：正接読譜特性図 . . . . .	39
4.2.2	読譜時視行動の定量化：情報獲得範囲と情報獲得時間 . . . . .	43
4.2.3	内面化に対する可視化の有用性実験：正接読譜特性図 . . . . .	48
4.2.4	内面化に対する可視化の有用性実験：AIA および情報獲得時間 . . . . .	53
<b>第 5 章</b>	<b>考察：ピアノレッスンにおける関連技能指導時の可視化情報の効用</b>	<b>61</b>
5.1	技能の表出化を促す学習者情報の可視化 . . . . .	61
5.2	内面化された技能に基づいた指導のための学習者情報可視化 . . . . .	65
5.2.1	正接読譜特性図：学習者の技能にあった楽曲選定 . . . . .	65
5.2.2	AIA- $\tau$ の関係：学習者の技能推定・つまづきやすい箇所の特定 . . . . .	68
5.3	総合討論：ピアノ関連技能指導における可視化情報の効用 . . . . .	71
5.4	発展：他の技能獲得状態モニタリングへの適用可能性 . . . . .	73
<b>第 6 章</b>	<b>結論</b>	<b>75</b>
	<b>謝辞</b>	<b>79</b>
	<b>参考文献</b>	<b>81</b>
	<b>Appendix A</b>	<b>A-1</b>

# 目次

3.1	通常の楽器演奏個人レッスンのフロー. . . . .	17
3.2	ピアノ弾き歌いにおける技能要素関連図. . . . .	18
3.3	ピアノ演奏獲得過程の図. 藤間ら [1] のを元に改変. . . . .	20
4.1	研修君を用いた練習風景映像撮影の様子. . . . .	29
4.2	教員・保育者養成のためのピアノ実技 e-ラーニングコースの画面例. . .	31
4.3	構築した授業デザインの枠組み. . . . .	32
4.4	2006~2007 年における学生映像提出回数の頻度分布と期末実技試験平均 点の関係. 深見他 (2008) をもとに改訂. 棒グラフは $y$ 軸左側, 線グラフ は $y$ 軸右側のメモリを参照. 採点は 100 点満点で行われた. . . . .	34
4.5	2006・2008・2009 年における学生の中間・期末実技テストの得点分布. 期末実技試験は 100 点満点で採点された. バブルサイズは各組合せを取 る人数を, 図中の破線は $y = x$ を示す. . . . .	36
4.6	1 視野における符頭群, 注視点, 視野重心 (停留点) の関係. 黒楕円群が 符頭群, 黄色い小点が注視点, 黒縁灰色円が停留点. . . . .	40
4.7	大譜表における停留点移動の概念図. . . . .	41
4.8	正接読譜特性図の概念図. 破線が熟達者に対する予想図, 点線が非熟達 者に対する予想図. . . . .	42
4.9	AIA の概念図. 薄い灰色の円は中心視野, 濃い灰色の矩形が AIA. . . .	44
4.10	符頭数の違いによる楽譜の難易度例. . . . .	44
4.11	$\tau_C - \xi_s$ と熟達度の関係. . . . .	47
4.12	$n = 2$ とした際の熟達者/非熟達者間の視線移動符合列に出現した符合列 片の頻度分布. . . . .	51
4.13	熟達者における停留点移動の $\theta_{\tan}$ 成分 (左 2 列)/水平移動成分 (右 2 列) 分布の例. 凡例に難易度を示すグレードが記されており, 数値が少ない 方が高難易度. . . . .	51

---

4.14	非熟達者における停留点移動の角度成分 (左 2 列)/水平移動成分 (右 2 列) 分布の例. 上段から下段に下がるにつれ, 非熟達者のピアノ経験値は下がる者を配置. . . . .	52
4.15	$\xi_s, \tau_C$ の分布とそれに対応する実技試験の得点分布の関係. それぞれ, 学習者データに対し, (a)(b)(c) は図 4.11 に対応. 図中の凡例に示される T-は, 講師のデータに対するプロットを示す. . . . .	55
5.1	構築したマス授業における教育デザインの効用. . . . .	62
5.2	教育デザインによる技能獲得への効用範囲. . . . .	63
5.3	演奏技能獲得過程と演奏関連技能連関図から導かれる技能獲得教育の効用範囲. . . . .	64
5.4	熟達者の正接読譜特性図. . . . .	66
5.5	正接読譜特性図を元にした非熟達者の読譜方略分布. 特性図中の赤線が高グレード, 青線が低グレードを表す. . . . .	67
5.6	読譜時視行動計測を取り入れた対面レッスンの流れ. . . . .	70

# 表目次

3.1	ピアノ弾き歌い評価項目に対する，学習者の自己評価．Aは“改善できた”，Bは“もとからできていた”，Cは“どちらともいえない”，Fは“改善できなかった”を示す．括弧内の数字は，評価群を表す．	19
3.2	レッスン場面とそれに対応した課題，および課題解決法のまとめ．	24
4.1	映像提出，模範演奏視聴，視聴後レポート提出の組み合わせ．	33
4.2	K女子大学におけるこれまでの“児童音楽I”における質保証の取り組み	33
4.3	実技試験採点時における，教員間得点付与差の分布．	35
4.4	構築した授業デザイン全てを実施した際の模範演奏閲覧時間と中間・期末試験結果との関係．	37
4.5	一小節あたりの楽譜情報量	48
4.6	停留点移動の符号化一覧表．	50
4.7	使用した楽譜に含まれる記号数や $\tau_0$ の特徴量	53
4.8	$\Delta\xi$ , $\Delta\tau$ , 読み戻り率, 読み飛ばし率, 読み飛ばし率/読み戻り率比の基礎統計量および $t$ 検定の結果．**は $\alpha = 0.05$ で有意差があり*は $\alpha = 0.1$ で有意傾向があることを示す．	56
5.1	スキル獲得の3階層と対応するパラメータの振る舞い	68
5.2	本研究で扱ったレッスン形態と可視化情報の効用．●の数が多いほど強い効用がある．	71



# 第1章

## はじめに

### 1.1 ピアノレッスンを取り巻く環境

本研究は、手習いや文化教室、として目に触れる機会が多く、高等教育機関における専門科目としての音楽学部/音楽大学、免状を付与するために必要な授業の一つとして提供される保育者養成課程や初等教育教員養成課程など、様々な位置付けで教育支援研究が進んでいる技能教育分野であるピアノ演奏教育を対象とする。ピアノ演奏教育の場は、“レッスン”と呼ばれ、本来は個人指導を主とする密度の濃い教育が行われる。

しかし、時代の波や教育目的の変化とともに、ピアノレッスンを取り巻く環境は変化しつつある。

ピアノレッスンが行われる“場”は、これまでの実態に合わせると、大きく

- (1) 教育機関における授業（フォーマルな場）
- (2) 個人教室で実施されるレッスン（インフォーマルな場）

に分けられる。

教育機関における授業としてのピアノレッスンは、音楽大学や音楽学部、音楽専門学校など、プロフェッショナルな演奏家養成のための教育の他、保育者養成課程や初等教育教員養成課程など教諭免状を付与するために高等教育機関が提供する授業の中で実施されるものがある。中でも、保育者養成課程や初等教育教員養成課程におけるピアノレッスンは、学生数と指導教員数のアンバランスさに起因する指導上の問題を含んでおり、多くの教員が様々な工夫を凝らして教育改善に携わっている。そうした問題はあるが、教育機関における授業としてのレッスンは、基本的には教育としての位置付けがはっきりしているため、指導法についての問題はあれど、存在意義が問われることは少ない。

他方、個人教室で実施されるレッスンは、その存在意義が時代背景に大きく影響される。一例となる分析として、本間ら [2] は、ピアノ文化・ピアノ講師の環境に言及してい

る。高度成長期の日本ではピアノ文化の浸透とともにピアノレッスンを行うことができる講師が必要とされてきた。それに伴い、音大志望者が増え、ピアノ講師になりたい女性が激増した。当時の職業観では、女性にとってピアノ講師は生涯職となる可能性の高い選択肢の一つということもあったことが指摘されている。1990年代中頃からその状況は徐々に変化し、音楽では経済的に豊かとなれる生活ができない、労働市場の意識の変化、ピアノ講師でなくても女性が普通に生涯職を得ることができる様になった、といった事情も相まって、音大志望者が減っていった。その一方で、日本音楽教育文化振興会主催のアマチュアコンクールが1996年に開催されて以降、アマチュアによる新しいピアノ文化が徐々に広まり、高度な技能を備えたいという目的意識の高い学習者を生み出しつつある。また“60の手習い”“大人のピアノレッスン”といったフレーズとともに、既に有している学歴に加え、個性の追求と差異化を示す“プラスα”となる教育としての側面を持ち合わせつつある。こうしたことから、近年、個人教室で実施されるインフォーマルな場でのピアノレッスンは再び注目を集めつつあり、学習者の多様性を踏まえた指導法を検討する時代に入っている。

これまでは、ピアノレッスンは対面での指導が普通とされてきており、特に初心者は“手をとって”指導を受ける、という固定概念があった。しかし、情報技術の進展とともに、対面式の指導から、通信技術を活用した指導へと徐々に進化しつつある。

例えば、LINEでピアノレッスン<sup>\*1</sup>を行う、小規模教室によるオンラインピアノレッスンの提供<sup>\*2 \*3 \*4 \*5</sup>などが該当する。こうしたレッスンは、無料通話ソフト、Web Cam、通信環境、スピーカー、ピアノもしくはキーボードがあれば指導側も学習者側も簡単に受講可能なため、特に規模の小さい教室が全国展開を考える際によく使われる。また、全国的には、オンラインレッスンを検索するサイト<sup>\*6</sup>も存在する。

その他、自分のペースで練習可能な、WebサイトとPCと接続可能なキーボードによる半自動練習用サイト<sup>\*7</sup>なども現れており、インフォーマルな場でのピアノレッスンはさらにその存在意義を高める可能性がある。

\*1 <https://ontomo-mag.com/article/report/densoten-vol04-ksmusic201809/>

\*2 <https://cafetalk.com/campaign/piano/?lang=ja>

\*3 <https://pianotenarai.com/>

\*4 <https://www.grace-aoyama.co.jp/weblesson/>

\*5 <http://www.arts-music.com/index.html>

\*6 <https://www.piano-k.net/map/map9999.html>

\*7 <https://www.skoove.com/ja>

## 1.2 技能継承研究に対する意識の変化

技能に関する研究そのものは、1930年代以降、少数ながら存在した。例えば、桐原 [3] は、裁縫作業における成績評価が条件によってどのように変化するか、手技作業の成績、製作所用時間、概括的成績、他の(基本)作業成績の関係を、相関係数によって調べた。財満 [4] は、旋盤工の技能判定の一手法として、正寸と加工寸の差の分布に Gauss 分布を仮定し、そこから外れる旋盤工にその状況を呈示・指導することで加工精度が上がることを示した。

大多数の技能教育に対する指導者の意識は、多分に暗黙知的な部分が多く、他者へ形式知として継承させることが難しいという意識があった。また、社会情勢を見ても、“背中を見て学ぶ”、“技を盗んで覚える”といった匠的な指導を行っても時間的に十分余裕をもって人材育成が可能であったため、それほど問題になることはなかった。

しかし、2007年問題という、段階世代の一斉定年退職という問題が迫ってくることで、特に企業における技能継承問題が着目されるようになった。それと前後して、文化的な伝統技能継承問題や教育機関における実技指導法といったテーマでの研究が増加し、技能教育というくくりで研究分野の一角を成してきた。その中でも

- 技能の形式知化に関する研究
- 技能伝達・教育支援に関する研究

は特に重要項目として多くの研究がなされている。

### 形式知化に関する研究

技能の形式知化に関する研究は、主として、技能の熟達者が持つ暗黙知をどの様に形式知に変換するかが重要となる。そのため、大きな手順は、熟達者が持つ技能の種類と技能を再現する手順をつぶさに書き出し、その手順が持つ意味や工程間の関係を結びつける、といったことがなされる。以下、例をいくつか述べる。

亀山ら [5] は、切削加工の技能継承手法として、熟達者による“加工テンプレート”の作成を通じ、中小企業における容易かつオンデマンドな形式知化を行った。加工テンプレートには、

- 作業のフローチャート、フローチャート上に後の工程や仕上がりに影響を及ぼす工程にポイント+その理由を記す。
- 各工程の詳細な説明(図、手書きポイントつき)

が含まれ、技能を学ぶ者は加工テンプレートをもとに切削加工技能を学んでいく。実際に企業で利用し、技能継承の評価を行った所、いくつか問題はあるものの概ね好評であった。

松本 [6] は、熟達者が加工を行う際の各工程に対し、工程に対する熟達者の要所判断を推定することで熟達者の暗黙知を抽出する手法を開発した。熟達者は、基本的に加工工程においてどの技能を用いるか、外界からの情報に基づいた判断を行う。こうしたインプットに対し、認知処理を経て、加工作業というアウトプットが発生する。このことを用いて、認知にかかる部分をインプット・アウトプットから理論を打ち立てることで推定できるとした。熟達者の判断を推定する手法は加工対象で判明している種々の理論に対する理論式からの導出、実験式からの導出、データマイニングからの導出、の3種があるとした。熟達者の判断の正当性については、動作計測の可視化も行える様になったが、それとのマッチングについては今後の課題としている。

本吉ら [7] は、形式概念分析 (Formal Concept Analysis) によって、暗黙的ルールの可視化を行い、作業者の汎用能力を伸ばすための暗黙的ルール教示の指針となりうることを示した。形式概念分析は、オブジェクト集合と属性集合の対からなるコンセプト (形式概念) を抽出し、それらの概念を“コンセプトラティス (概念束)”として表現することである。彼らは、グラフ描画ツールというソフトウェア操作に対してこの分析手法を用い、利用者のコンテキスト表から得られる含意論理によって作業者が汎用的な機能選択にあたって根拠としている暗黙的ルールを導いた。

技能に対する暗黙知の形式知化は、伝統産業に対しても行われている。武藤ら [8] は、日本の伝統産業の一つである酒造りにおける暗黙知を形式知に変換し、後継者育成に寄与するための手法としてクドバス法 (A Method of Curriculum Developing Based on Ability Structure) による酒造り技術・技能を分析を行った。分析を行うにあたり、彼らは技術と技能を次の様に定義している。

- 技術：言葉や数値で記述・記録・蓄積され、人間の外で流通することが可能である知的な能力や知識。
- 技能：人の動きや働きを中心とした経験的に獲得したもの。各個人が固有に保持している暗黙知的な能力や知識。

この定義に従って、熟達した杜氏に対して能力カード (ABL カード) の作成 (… できる、という語尾で終える) を依頼し、それらの分類、仕事カードの記入、能力カードの配列と重要度記載、仕事カードの配列、チャートの作成、という手続きをへて、酒造りという暗黙知的に行われていた伝統産業の手順の形式知化を試みた。実際、伝統産業における人材育成は、匠としての技の継承が主流であり、後継者の学習フローの構築に役立つと報告されている。また、これまで“なぜそうした手順を踏むのか”と若手に尋ねられても答えられない者が多かったが、こうした形式知化によって手順を踏む理由を認識できたな

ど、熟達者に対する知見も多く有益であったと報告されている。

以上の話は、暗黙知として扱うべき人の認知過程そのものを形式知化するための試みであるが、計測技術や情報技術の進展によって、人の認知過程を補填する要素としての視線計測を併用した技能に関する認知研究や熟達との関係分析も多く行われるに至った。

例を挙げると、武雄ら [9] は、自動車運転技能、滑空操縦桿、調理、茶道、金網といった身体動作を伴う作業時の動作や技能の習熟度と注視点移動には関係があることに着目し、金属加工をはじめとする多くの現場で用いられるマイクロメータ計測による技能の熟達について調査した。その結果、非熟達者、すなわち金属等加工歴の浅い者にはは無駄な視線の動きが多く、計測に要する時間が長いことを見出した。その様な結果は熟達者には見られないことから、技能職の視行動と技能の熟達度には一定の関係があることを示唆した。

この様に、従前考えられていた技能熟達に必要な暗黙知の形式知化への困難さは、アナログ的な発想による手順の細分化と再構築という文脈で地道な研究が行われてきた。それが、近年の身体計測のセンシング技術の発達により、単に手順の細分化と再構築に留まることなく、その過程に潜む認知行動の補填として身体計測、特に、認知に直接関わるとされる視線計測およびその分析との融合が進みつつある。

## 伝達手法に関する研究

前節の様に、暗黙知を形式知として捉える研究が進む一方、形式知化された内容を如何に伝え、後進教育へ活かすか、という点も問題となる。こうした技能の伝達手法に関する研究も、情報技術の進展に伴い 2000 年初頭ごろから注目された e ラーニングを介した技能伝達に関する研究が進められている。一例を挙げると、白沢ら [10]、下山ら [11] は、中小企業を対象に、精密板金に関する熟達者のノウハウ伝達のための e-Learning System を開発し、その需要範囲と効果を調査した。その設計思想は、

- 熟達者と若手技能者のコミュニケーション（疑問に対して掲示板回答・教材再構築）
- 熟練技能のデータベース化（文書型教材、映像型教材）

とし、教育としての側面と、熟練技能の保存としての側面を両立させるものであった。教育としての e-Learning System の中には、学習内容に即した自己確認テストが付いており、そのテスト結果をもとに導入効果を測定し、効果的であったとの評価を得た。また、特に小規模な企業で導入希望があるということも確認した。

身体行動のセンシング技術の発展に伴う、各種センシングデータを教育に活用する手法も様々な提案されている。例えば、五福ら [12] は、プラント運転を対象とした熟練運転員と若年運転員に対してその視線計測結果の違いを次の点から分析した。

- プラント操作盤における注視シンボルとの関連性
- プラント操作盤のシンボルの注視点傾向を練習操作で活用することの熟練度向上効果。

その結果、プラント運転における熟練運転員の注視点情報の保存と利用は若年運転員の運転スキルを高める上で有益であることを導き、注視点傾向の技能教育への適用を示唆している。

また、伝統産業に対する技能伝達は、特に“手を取って指導する”の実現に向け、動作を行うものを主体にした計測、およびその結果を学習者に感じ取らせるためのシステム開発も徐々に進められている。

一例を挙げると、檜山ら [13, 14] は、伝統産業である截金や紙漉きに対して、視線重畳呈示 [13]、ハイビジョン映像、筋電/重心データ、作業者の聴く音、道具の3軸加速度、ウェアラブル技能教示ディスプレイ (HMD + 振動モータ + ヘッドフォン) [14] を行い、伝統産業の伝達に対する効果計測を行った。その結果、視線重畳だけでもそれなりの成果を得ることはできたが、どちらかというそれは学習教材として有益であり、技能の獲得までとはいかないこと、五感それぞれで感じ取れるウェアラブル技能教示ディスプレイの方は、HMDの視野角の狭さを除けば技能獲得に一定の効果があることを見出した。

身体の動きを簡便に計測する技術を適用した例として、越智ら [15] は、ドラム演奏学習を行うための D-Learning を開発した。これは、Kinect を用いて上半身の動作を検出し、教師データとの一致度による技能獲得状態を判定する仕組みである。教師データとの相互評価は4小節ごとに判定を行うため、譜面と対応した類似度を確認することができる。

この様に、技能継承に対する研究意識の変化は、暗黙知は暗黙知のままで良い、という傾向から、少しでも形式知化できないか、というチャレンジに変容しつつある。

### 1.3 研究目的

本研究は、技能獲得状態の可視化を軸に、その対象を、多くの学習者が潜在的に存在するピアノレッスンとし、関連技能獲得状態の可視化を包括的に扱うことで、学習者になるだけ円滑に技能獲得を行うための教育改善に寄与することとしたい。

ピアノレッスンにおける関連技能獲得の際の問題点は、教育の場の違いによって、次の様に分類される。

- フォーマルな場でのピアノ演奏教育および関連技能獲得  
保育士養成機関では、ピアノ演奏に加え、ピアノ弾き歌い教育が実施される。それらはほぼマス授業であり、かつ、短時間で最大限の成果(最終的には免状取得、保育士/初等教育機関教諭採用試験合格)を出さねばならない。そのことによる、効

果的なレッスンの設計が必要。

- インフォーマルな場でのピアノレッスン

個人の状況に適応した学習を行わせたい。しかし、個人の技能獲得状態を、表出された技能だけで判断するには、特に将来的な遠隔レッスンまで見込むと難しい。そのため、個人に対する技能教育を可能な限り客観的に判断できる材料があると良い。

これまでの研究動向を踏まえると、ピアノレッスンの様な技能を伝達する教育の場であっても、各種計測技術と認知行動科学\*8的視点にもとづいた技能獲得遷移モデルを組み合わせることにより、技能獲得状態可視化が可能であると考えられる。

そこで、本研究では、ピアノレッスンという技能獲得教育において困難な課題の一つである技能獲得状態を、学習者・講師がともに客観的に認識するための可視化手法とその活用法の設計と検証を行う。その際、学習者の中に暗黙的に存在する技能を他者にわかる形で体現する表出化、および、言葉や実演などで指導された技能を学習者が自身の中に暗黙的に蓄積する、あるいは、表出されることなく学習者の中だけで暗黙的な形で活動する内面化、の2点に着目する。

本研究は次の通り進める。

- ピアノレッスンおよび関連技能教育の現状分析と問題点抽出
- 問題点解決手法の提案
  - － 表出化：表出化技能を簡易に確認/可視化できるデバイスの改善とそれを用いた授業設計の提案
  - － 内面化：情報知覚/認知過程を可視化するための測定対象パラメータの提案
- 提案手法に対する有効性実験

2章では、ピアノレッスンおよび関連技能獲得学習の課題点および技能獲得状態可視化に関連する研究をまとめる。3章では、ピアノレッスンおよび関連技能獲得学習の現状分析を行い、その問題点を抽出する。4章では、3章で抽出された問題点に対する解決手法の提案とその有効性実験の結果について述べる。5章では、これまでの内容を踏まえ、ピアノレッスンおよび関連技能獲得学習における可視化の範囲と必要な仕掛けについて述べる。6章では、全体のまとめを行う。

---

\*8 認知行動科学は、正確な言葉の定義が掲載されているわけではないが、認知論と行動論の融合として認識されている。本研究では、認知科学の手法に比重を置きつつ、行動の法則性を理解することとする。



## 第2章

# 関連研究

### 2.1 技能教育と視線計測技術

#### 技能教育

近年、技能に関する教育研究が盛んに行われている。その際、もっとも困難となるのは、如何にして技能を向上させるか、その方策は何か、ということに対し、客観的な方法で議論を進めることである。元来、技能は技能を獲得しようとする者が暗黙知的に師匠/教師から獲得するもので、形式知化できる範囲で師匠/教師からそれを伝授されることは可能であっても形式知化できない部分はあくまで学習する側が教授する者の技能や模範作品を模倣するという過程を経て暗黙的に技能を獲得するのが常であった。

しかし、各種計測技術が発展するに伴い、力の入れ具合や身体動作の角度、手順などを簡便に記録することが可能となった（[15]によるドラム演奏時の上半身フォーム，[16]による毛筆使用時の筆圧センシング，[14, 13]による熟達者の筋電・重心・道具の3軸加速度など）。特に視線計測については、技能を円滑に進める上での熟達者の着眼点を高次認知処理とあわせる形で認知的観点からも研究がなされている。

例えば、武雄ら [9] は、加工作業時に用いられるマイクロメータ計測に対し、計測技術の熟達度を測定するために視線計測を行った。その結果、初心者には無駄な視行動が多く、計測に要する時間が長いことがわかり、技能の熟達度と視行動には一定の関係があることを指摘している。また、五福ら [12] は、プラント運転員を対象とし、

- プラント操作盤における注視シンボルとの関連性
- プラント操作盤のシンボルの注視点傾向を練習操作で活用することの熟練度向上効果。

を調査した。その結果、プラント運転における熟練運転員の注視点情報の保存と利用は若

年運転員の運転スキルを高める上で有益であることを示唆している。

このように、過去には“技を盗め”という暗黙知的な伝達でしか行われてこなかった技能教育に対しても、科学的／工学的／認知的な視点が多く入り込むようになり、良く言えば技能継承の敷居を下げることに寄与している。

## 視線計測技術と人の高次情報処理

視線計測技術と認知の関係は大野 [17] によって紹介されている。視線計測は、視線履歴の活用を含め、その応用範囲は広いことは当時から指摘されており、特に、特定の1点を相応に長い間見つめる“停留”という視行動に着目し、“停留点座標”“停留時間”を統計/時系列分析する、あるいは認知プロセスを推定するといったことが有益であることが示されている。

藤本ら [18] は、危険予知トレーニングを例に、注視行動のルール化により視線履歴から注視点を抽出することで、可視化された視線履歴のみでユーザの知識や行動の意図を推論することが困難であるという質的問題や履歴量の時系列的増大による分析作業効率が低下するという質の問題を同時に解決した。この研究では、視線履歴という膨大な量の時系列データにルールを適用して注視点の間の関連を見ることができるよう処理を施して可視化を行っている。その結果、学習者が自ら考えることで気づきや暗黙知情報の伝達が可能となり、一定の学習効果を見出した。

高橋ら [19] は、問題に対する回答内容の確信過程における眼球運動を測定し、回答に対する確信度推定の可能性を調べ、優位な判別率を得ることに成功した。このことは、学習者が問題に対する回答を行う際、定着した学力に基づいて回答しているのか直感で回答しているのかの判定に応用できるだろう。

奥村ら [20] は、課題文(複雑文, 単純文)を音読と黙読で読み、読字中の視線を記録し、両者の違いを分析した。その結果、注視回数は黙読の複雑文で多く、内容把握に関する正答率や待機時間には差がなかったことを見出した。黙読は意味理解に要する処理資源が視覚限定であり、眼球を自由に動かすことで視線停留回数や注視回数の増大、読み戻りによって理解を補償し、マルチモーダルに情報が入ってくる音読と遜色ない結果を生み出していることを示唆した。

## 2.2 音楽教育における読譜の見解

本研究では、特に個人レッスンへのアプローチとして読譜に着目するが、欧米と日本では読譜に対する扱いにかなり違いが見られる。

読譜の位置付けは、中山 [21] の中で引用される東川 (2005) の書物の中で、読譜力は“

音楽的記憶力”と“楽典的知識”で構成されるという認識が一般的な様である。

日本では、2009年に音楽教育実践ジャーナルの中で読譜に関する特集号が生まれ、その中で様々な報告がなされている。

まず、欧米における読譜指導は次の通りで、いずれも学校教育の中で確固たる位置を持っている。城元 [22] は、ヨーロッパ各国での読譜指導法について調査した。その際、音高の表現は、大きく、文字音名（アルファベットで、C-D-E-F…と表現）、ドレミ音名、その混合が挙げられ、ソルミゼーション\*1との関係を明確にする必要があること、すなわち、読譜とソルミゼーションの分離・一体化をバランスよく行うことが重要であることが示されている。

早川 [23] は、アメリカでの小学校における読譜教育の事例を紹介しているが、特筆すべきことは、日本と違って“読譜と記譜”という単元で独立教育としていることである。また、音楽的な概念が身体を通して感覚的に理解できることが重要であるとともに難しいことも指摘している。

この様に、欧米では、コダーイ教育\*2の浸透を含め、様々な形で読譜を確かな力として児童に浸透させる努力をしているが、日本においては、読譜教育の意義がどこにあるか、という点から議論が進められた。

全体的に、楽譜自体は、畑中 [24] が指摘する様に、目に見えない音楽を表す、消えていく音を記録する術として捉えることができ、楽曲の設計図・記録であり、音楽を情報として捉えるならば音の“可視化”を担うものである。しかし、全ての情報において、“可視化”の段階で欠落する情報が多く存在することから、森下 [25] が指摘する様に、楽譜に書かれていることが全てではなく、そのため、読譜優先の音楽教育が良いわけではない、という意見は多く存在する。しかし、森下は読譜教育を次の様に意味付けており、ピアノ演奏・関連技能獲得に重要である。楽譜が読めればピアノが上達するわけではないことは自明であるが、ピアノを学習した人の多くは、即興演奏を行うことを主とする人も含め、高い読譜能力を持っている。これは、ピアノを弾くという行為そのものが構造学習（楽曲の構造を読み取る）になっていて、ピアノ演奏学習では物理的に楽譜の理解が必要となる要素が多いためではないか、すなわち、ピアノ演奏ができる人にとって読譜ができることは必要条件という指摘である。

読譜に対する認知的な報告として水戸 [26] による読譜のメカニズム紹介がある。水戸は、論文の中で、読譜についていくつかの重要な視点を述べている。まず、岩口 (2008) の調査によって、読譜に必要な楽譜の音高認識について、“かぞえ読み\*3”と”ずぼり読

\*1 音高などをシラブルで歌い、相対的・絶対的な音高感覚を掴んだり音楽の記憶を助けるもの

\*2 音楽教育の第一歩は、誰もが持つ咽頭を活用できる、その国の童歌から始めるのが良い

\*3 音高のある音を基準に一つずつ数えて読むこと

み\*4”があること、ずばり読みの方が読譜テスト点数が高いことを示唆していることを紹介した。これは、読譜時に楽譜における音符の音高を反射的に読めることが条件になっているを示唆している。次に、音符を反射的に読む必要がある理由を演奏の停滞が演奏に必要なテンポの消失につながり、円滑な演奏ができないからであると述べている。最後に、読譜の際には、単に音高・音価を認識するだけでなく、様々な音楽的知識を活用して複数の音符を音楽的なまとまりとして掴んでいることにつながり、ひいては、積極的な楽譜情報の組み立て、楽譜の再構成を行なっていることを指摘している。

以上のことをあわせると、読譜行為は、音楽を奏でるものにとっては音楽表現に必要な音楽構造の解析や楽譜の再構成に必要なものであり、その様な力を持つか否かで豊かな音楽表現ができる、すなわち演奏技能の熟達に繋がるのだろう、という予測が成り立つ。

## 2.3 ピアノ演奏関連技能獲得における読譜行為の位置付け

### 読譜と視線の関係

ピアノ演奏学習者と読譜の関係については、次のような先行研究がなされている。

福田ら [27] は、基礎的な人間工学的研究として、楽譜の視覚的情報単位を明らかにし、文字列から得られる視覚的情報との比較を行った。その結果、音符列・楽譜列/文字列・文章いずれの場合であっても、意味を構成する階層構造に従い、まとまりが大きくなるほど1回の注視で受容する情報量が増加すること、1注視点あたり認識可能な記号の数は、記号列が意味を持つごとに大きくなることなどを示している。

Lauritisら [28] は、音楽科に属する学生の読譜スキルアセスメントツールとして、指揮法を学ぶ学生に楽譜の視聴覚を同時に行うような条件下で音符に対する視聴覚処理としてのタイムラグ視線、読譜ジャンプの頻度などを算出し、視聴覚を同時に行う際の視線情報が有益な情報をもたらすことを示唆した。

沼野ら [29] は、ピアノ演奏の熟練度を推定するために、熟達者/非熟達者の演奏視聴時の視線情報を分析し、熟練度の客観的指標の検討と識別手法を提案した。彼らはコンクールなどの場面を想定し、演奏映像全体の視聴という観点から被験者の視線集中箇所が奏者の手元かそれ以外かを計測し、クラスタ分析によって指標を提示している。このように、音楽に関する技能との関連付けや視線計測は、主として視覚情報そのものではなく、“視聴覚”情報としてマルチモーダルに実験されるのが主流である。これは、なにがしかの束縛条件がなければ計測された視線の分析を行うのに無理があるからである。このように、視線情報は様々な用途に利用されると共に、人の教育に対しても多くの示唆を与えている。

数々の先行研究によって、演奏時に楽譜を読む場合、演奏者の視行動は音を一つずつ見

\*4 音高を、特定の音を基準にすることなく直接答えること

るのではなく、一度に多くの音符をひとまとまりの情報として処理していることが示唆されている（例えば、Sloboda[30, 31, 32], 福田ら [27] など）。また、学習者の読譜に関する視線計測については、既に多くの研究がなされており（例えば、Waters et al.,[33], Penttinen et al.,[34] など）、読譜における視行動、ひいてはその結果獲得できる楽譜からの情報が演奏熟達度に大きく影響することも示唆されている。

## 読譜方略

学習者のピアノ演奏に対する学習方略の一つとして、読譜（本稿では、黙読に相当するものを読譜とする）が挙げられる。水戸 [26] は、読譜における固有の特徴として、厳格な時間的制約を挙げている。読譜は、各音の音高・音価などを都度確認するのではなく、楽曲の文脈に合わせて決められた一定の速度で楽譜情報を読み取れないと本来の読譜とは言えない。学習者は、より円滑に楽譜から楽曲情報を取得するため、読譜方略を用いることが予想される。

藤本ら [18] の研究では、危険予知トレーニングの学習をルール化された注視行動を学習者に示すことによって行っているが、それに倣えば、学習者が示す読譜時のルール化された注視行動の視覚化を行うことによって、学習者が自身の状態を知ることが可能である。

読譜学習過程は、意識的に読譜する段階から無意識的に読譜できる段階に進む読譜スキル獲得の過程である。読譜の経験が浅い学習者（非熟達者）は、予見能力が低いため、慎重に意識的に読み進めなければならない。一方、経験の豊かな学習者（熟達者）は、高い予見能力があるため、要所を確認しながら無意識的にスムーズに読み進めることができると考えられる。本稿では、非熟達者や熟達者の示すルール化された注視行動は、それぞれのレベルに応じて読譜を満足に行うためになされる注視行動であると捉え、読譜方略と呼ぶ。非熟練者は意識下で制御される読譜方略が中心であり、トレーニングを積むことにより無意識下で制御される読譜方略を中心とする熟練者の域に達すると考える。熟達者/非熟達者、および学習者の経験と読譜方略の様相を意識下/無意識下に立脚して考察する。これら一連の流れが、ピアノ演奏学習者の演奏技能向上体験を生み出す可能性についても言及する。

また、Drai-Zerbib ら [35] は音楽家の熟達者/非熟達度は、基本的に cross-modal 情報の受容能力であると指摘している。ここでいう cross-modal 情報とは視聴覚情報を指し、視聴覚情報をどのように統合させられるかについて、臨時記号や和声を適切に配置した場合の読譜視線分析を含めた実験を行った。その結果、熟達者はより cross-modal に情報を授受していることが示唆された。

## 2.4 保育士養成機関におけるピアノ関連レッスン法の研究 動向

保育士養成機関において実施されるピアノや歌唱の技能育成は、明治時代初期の幼稚園開園/保姆養成が始まった当初から必須科目として設置されている [36]。幼稚園では、設置当初より、幼児の情操教育育成の一環として唱和・遊戯の実施が含まれており、その補助手段として保姆によるオルガン・歌唱の実演が要請されてきた。このことを踏まえ、保姆養成、近代においては保育士養成機関では現在もピアノ・歌唱、もしくはこれらを組み合わせた「ピアノ弾き歌い」の技能育成が科目として取り上げられている。松本 [37] の調査によれば、その技能はまた、保育現場からも求められている技能の一つである。

通常、その教育には養成機関内で某かの授業として割り当てられ、均等なレッスン時間と個々人の自主練習によって行われる。しかし、その能力育成は、技能であるがゆえに入学前における鍵盤楽器経験の有無と個人の努力の大小に大きく左右される。また、昨今の学生の意識は、多くのことを学ばねばならない中で、より実践的な技能である歌遊びや手遊びを重視する傾向がある。これらのことから学生自身の動機づけの難しさが加速し、鍵盤楽器経験のない学生に保育士として必要な技能を授業内で習得させるのは非常に困難である。

保育士養成機関においてピアノ実技/弾き歌い指導を行う場合、専門ピアノ教育との大きな違いは、学生は必ずしもピアノ教育の経験があるとは限らないことである。音楽大学においては、通常、入試にピアノ実技が課され、最低でもミドルクラス程度の曲が弾けることが前提となっているため、入学時より高度な教育が行われる。しかし、保育士養成機関の場合には、ピアノ演奏/弾き歌いは、付随的な能力であるため、入試に実技を課されることは少なく、ピアノ実技教育の際には学生間の基礎力に相当な差があるのが普通である。対して、要求される能力は、正確な演奏・豊かな表現・明朗な歌声、など、多岐にわたる。さらに、基本的には学校教諭同様、教育に携わるための知識獲得が主たる目的であるため、保育士養成機関において実技教育に多くの時間を割けないのが現状である。その一方で、保育士採用試験においては、多くの場合、ピアノ実技/ピアノ弾き歌いが採用試験に課されることも事実であり、各大学はこのジレンマの中で、ピアノ実技教育を如何に良くするか、という教育改善の必要性に直面する。

こうした技能取得の難しさは、技能を教授する側・受ける側双方に原因があるが、過去においては少なくともピアノ演奏技能の伝達に対して教授する側からの努力が様々になされてきた。

教授法の改善には今泉 [38] による練習カルテ、中島 [39] による他者観察の導入などが

行われてきた。これらのシステムは、ピアノ技能の自学自習の可能性を追求したものであるが、歌をはじめとする様々な要素を含めた保育士養成機関で必要とされる弾き歌い技能の自習には応用しがたい一面がある。

ハードウェアを用いた教授改善では ML(Music Laboratory) を用い、集団授業の中でも個々人の技能を確認できるシステムの開発がなされてきた。ML は、数十台のキーボードに学生を向かわせ、教員は各学生の演奏音源を聞きながら個別に指導することが可能な、いわゆる集合実技指導システムとして位置づけられる。その活用方法は、単なる鍵盤実技指導に限らずキーボード和声を含む楽典授業にも導入されている。個人レッスンでは教育効率が上がらない科目に対して 1 人または 2 人ずつ鍵盤に向かわせることで、鍵盤を通じてより効率的に楽典を理解させる効果があると考えられてきた。しかし、ML の設備は、使い方そのものが煩雑で、教員側に多大なる負荷がかかる上、授業時間内でしか学生の実技演奏を確認することができないため、現実問題として 100 名近い学生を抱える授業への導入は不可能に近い。

ソフトウェアを用いた教授改善には、主としてコンピュータソフトウェアの開発と教授法の改善の両面から研究されている。コンピュータソフトウェアの開発には、1990 年に Dannanberg et al. [40] によって初心者向けの知的ピアノの指導システム Piano Tutor が、2005 年には鈴木 [41] によって、ML にネットワークを導入した Net-CAPIS が開発された。これら一連の流れを見ると、それぞれ教授法・ハードウェア・ソフトウェアそれぞれ単体での改善提案はなされているが、大きなアプローチとして“教育デザイン”の観点から見た技能教授改善法については言及されていない。

また、これまでの鍵盤楽器技能教育やピアノ弾き歌い教育の授業法改善の効果は、学生による自己評価や教員による評価を文脈として語る形での評価が多く、教育現場で実際に行われている中間/期末実技試験を利用するという立場は取られてこなかった。これは、一連の技能教育に対する変化を数値表現することは難しい、あるいは、もともと扱う母集団が少ないため、質的研究に頼らざるを得ず、文脈として評価せざるを得なかったという事情が存在すると推測される。しかし、保育士養成機関に限って考えるならば、該当機関に所属する学生の多くは教員採用試験を受け、その際にピアノ弾き歌い、もしくは鍵盤楽器演奏という試験が課され、その評価は合否で行われるため、ある一定の数値表現で学生の実技演奏を確認することは、将来保育士や小学校教諭を目指す学生にとって有益である。

## 2.5 個人レッスンを中心としたピアノ演奏教育法の研究動向

レッスンに対する様々な研究アプローチは、山下 [42] が発達・教材と指導内容・指導方略・学習方略などの観点から最近の研究動向をまとめている。

その他の報告として、戸川 [43] による演奏評価解析からピアノ演奏指導のポイントを導き出す手法、インフォーマルな教育の場における ICT 活用の事例 (例えば深見 [44], 鈴木 [45]) があげられる。また、学習者の学習意欲向上 (例えば、津山 [46]) の観点からも多くの指摘が行われている。

ICT の台頭により、これまで対面でなければできないとされてきたレッスンは、遠隔で、もしくは e ラーニングの様な形で自学自習する可能性が追求されてきた。ICT を積極的に活用したピアノ教授支援システムの開発が増えてきたこと、それに伴い、過去には難しいと思われた、学習者の学習方略の一つである読譜方略を取り入れたピアノ教授支援の可能性が見えてきたことである。

ICT を活用したピアノ教授支援にも様々な様式がある。自学自習を可能とする e ラーニングとしての ICT を活用した初学者向けのピアノ学習支援システムに端を発し (例えば、前述した Dannanberg[40], 鈴木 [41], 竹川ら [47, 48]), 遠隔指導を可能とする指導支援システム (松井ら [49]) の開発が進んでいる。ICT を取り入れた教育デザインとして、中平ら [50] は、ピアノ弾きうたい教育という現場に対し、模範演奏の閲覧と自身の練習映像の振り返りをあわせることで、非熟達者層の弾きうたい能力の底上げにつながることを示した。

## 第3章

# ピアノ演奏関連技能獲得状況の分析 と技能指導時における課題抽出

### 3.1 ピアノレッスンの流れ

本研究では、手習いや文化教室として目に触れる機会が多く、教育支援研究が進んでいる技能教育であるピアノ演奏教育を対象とする。ピアノ演奏教育は、音楽教室（インフォーマル）、もしくは音楽専門高校や大学（フォーマル）で主たる教育が行われている。その教育の場は、“レッスン”と呼ばれ、個人指導を主とする密度の濃い教育が行われるのが普通である。

レッスンの流れを図 3.1 に示す。講師は学習者のその時点のレベルに合っていると思われる楽曲を選定する（図中 1）。学習者は該当楽曲の楽譜を入手し、“譜読み”を含めた練習を行う（図中 2）。譜読みとは、楽譜に書かれている記号を解読し、どういう楽曲であるかを理解し、楽譜通りにピアノの鍵盤を奏鳴させることである。

練習を行った学習者は、定められた日時にレッスンを受ける。一般的には、(1) 学習者

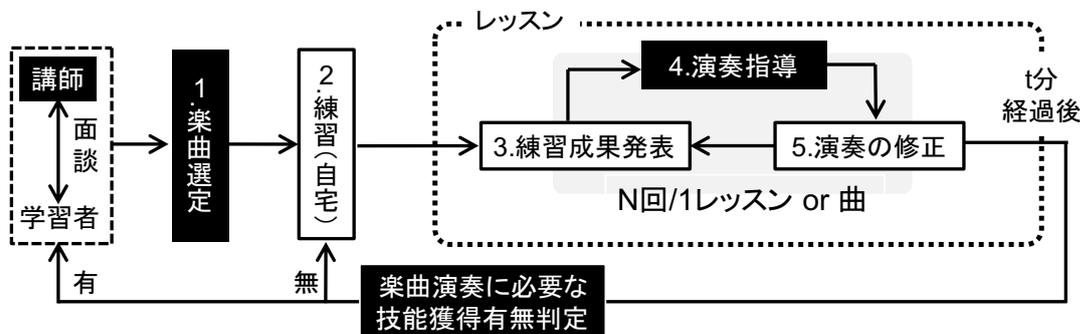


図 3.1 通常の楽器演奏個人レッスンのフロー。

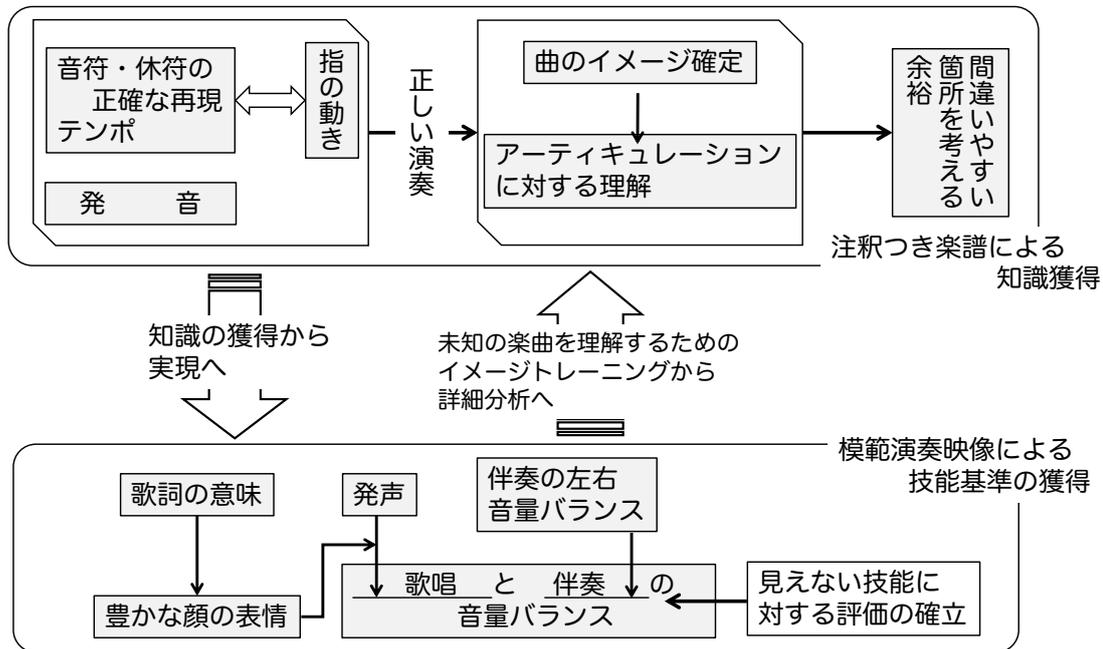


図 3.2 ピアノ弾き歌いにおける技能要素連関図.

が練習の成果を講師に披露し (図中 3), (2) 講師は学習者の奏法に対する改善点, 譜読みの間違い等を指摘し (図中 4), (3) 学習者は指導を受けて確認のためにその場で弾きなおす (図中 5), という流れを, 1 レッスン, もしくは楽曲のレッスンを受けている間続け, 時間が来ればレッスンを終える. レッスンを終える際, その楽曲演奏に熟達したと講師が判断すれば次の楽曲選定を行い (図中 1), 熟達していなければ学習者は再びその楽曲を持ち帰って練習を行う (図中 2).

## 3.2 演奏関連技能獲得過程モデルを介した演奏関連技能獲得状態の分析

ここでは, ピアノレッスン現場として, 後述する“マス授業”の対象であるピアノ弾き歌い, および純粋なピアノ演奏技能に対して, 技能獲得過程を表す.

### 3.2.1 マス授業としてのピアノ弾き歌い技能獲得過程

Nakahira et. al [51, 52, 53] によれば, 指導すべきピアノ弾き歌い技能要素は表 3.1 で表される. 評価群は次の通りで, 表中の括弧内の値が各群の番号になっている.

評価群 (1) 楽譜の正確な再現

表 3.1 ピアノ弾き歌い評価項目に対する、学習者の自己評価。A は“改善できた”，B は“もとからできていた”，C は“どちらともいえない”，F は“改善できなかった”を示す。括弧内の数字は、評価群を表す。

分析項目	A	B	C	F
(1) 音符と休符の長さ	72.7	18.2	0.0	9.1
(1) 指の動き	63.6	18.2	0.0	18.2
(1) 曲のイメージ	54.5	18.2	18.2	9.1
(1) 間違い易い個所へのきづき	45.5	0.0	36.4	18.2
(1) テンポ	45.5	18.2	9.1	27.3
(1) 発音	45.5	9.1	27.3	18.2
(1) アーティキュレーション	45.5	0.0	36.4	18.2
(2) 歌詞の意味	36.4	18.2	9.1	36.4
(2) 顔の表情	36.4	9.1	18.2	36.4
(2) 右手と左手のバランス	36.4	9.1	0.0	54.5
(2) 発声	27.3	18.2	9.1	45.5
(2) 歌唱と伴奏のバランス	27.3	9.1	27.3	36.4
(3) 演奏の姿勢	18.2	54.5	18.2	9.1
(3) ブレス	18.2	54.5	18.2	9.1
(3) 呼吸の意識	9.1	36.4	27.3	18.2

評価群 (2) 音楽表現

評価群 (3) その他

表 3.1 は、各項目に対して、学習者が自身で各項目を改善することができたか否かも同時に示している。それはすなわち、各項目を学習者に伝達する際の難易度であると思って良い。これらの評価群を踏まえ、ピアノ弾き歌いにおける要素技能間連関図を図 3.2 の様に構築した。

評価群 (1) については、楽譜を正確に再現出来れば良いので、基本的には細かな解説が加えられたものがあれば良い。例えば事細かに演奏上の指示が書き込まれた注釈付き楽譜を用い、それを学習者に熟読させ、その通りに再現できる様自己練習をさせれば良い、ということになる。

評価群 (2) については、技能の表出化に関する要素であるため、紙面でその概要を伝えるには限界がある。そのため、実際の模範演奏映像を作成し、学習者に呈示するのが良い、ということになる。

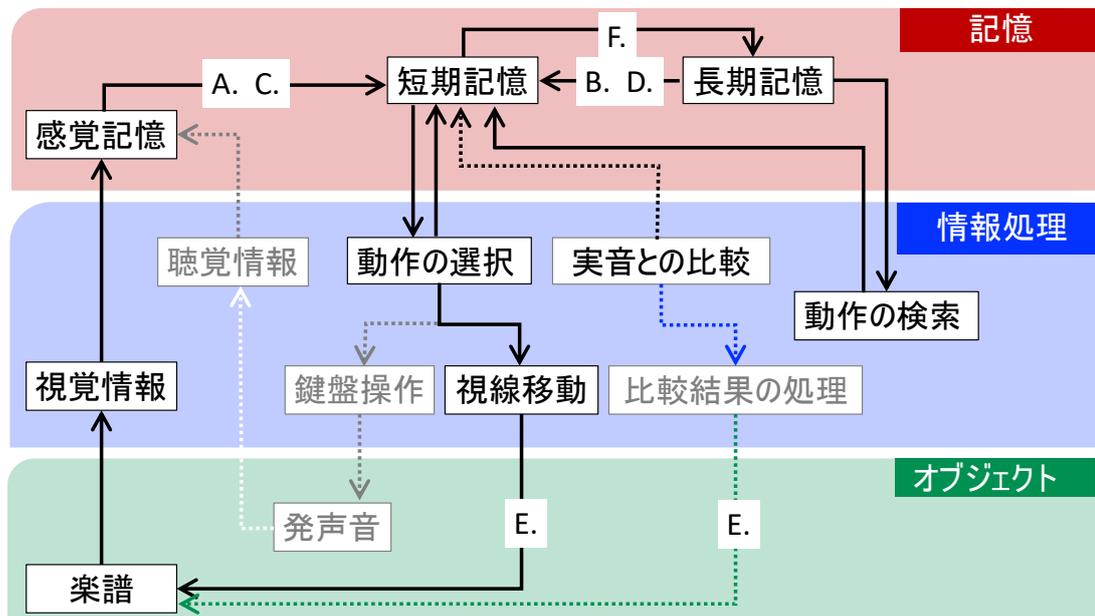


図 3.3 ピアノ演奏獲得過程の図. 藤間ら [1] のを元に改変.

一連の2レイヤを往復することで、評価群(1)から評価群(2)へは獲得した知識の表出化へ向けた訓練、評価群(2)から評価群(1)へは未知の楽曲を理解するためのイメージトレーニングや詳細分析、といった群間移動を続けることが理想である。

これらはいずれも、学習者が獲得した技能という内面化情報に基づいた自主練習成果の精度、すなわち表出化に関するパラメータとして表現可能で、一連の群に対して効果的な教育を行うための手法構築が可能である。

### 3.2.2 ピアノレッスンを理解するためのピアノ演奏技能獲得過程

図 3.3 に、ピアノ演奏技能獲得過程を示す。基本的に、人の営みは、知覚・認知・運動(反応)、で説明することができ、図はこれをピアノ演奏技能獲得に特化して構築したものである。読譜行動は、基本的には知覚を司る器官が眼であるため、視覚に焦点を当てた図として表記している。図中の A~F は、それぞれ次の意味を示す。

- A. シンボル情報の流れ,
- B. シンボルに対する音階,
- C. 聴覚情報の流れ,
- D. 音階に対応した音名や運指, 次に注視する箇所など,
- E. 比較結果があっていた場合は次の音符へ, 間違っていた場合は再度同じ音符へ移動,
- F. 操作終了後に記憶する.

図に従って、読譜行為を説明すると、次の様に整理できる。

まず、呈示刺激として楽譜が与えられた際、感覚器（今の場合は眼、すなわち視覚）が楽譜の記号（記号群）をオブジェクトとして捉え、視覚情報としてその内容を感覚記憶へ送信する。一連の流れは、視覚という情報処理を経て記憶領域へ制御移動する。MHP 理論に従えば、この行為は、知覚プロセッサ処理が働いたと考える。

送信された情報は、その後、短期記憶へ送られ、長期記憶に蓄えられた、その時点までの膨大な記憶の中から合致する、あるいは近しい情報とマッチングを取り、最も近い長期記憶内の情報を、それに附随する周辺知識とともに短期記憶へ送り返す。ここまでの流れは、全て記憶領域で行われる。MHP 理論に従えば、この行為は、認知プロセッサ処理が働いたと考える。

それとともに、次の情報を感覚器からどの様に取得すべきかの動作検索や、実際にどの様に行動へ移すべきかの動作選択を行う。その結果、感覚器、すなわち眼球を次にどの様に動かすべきか、の選択がなされる。一連の流れは、情報処理を介して実際の感覚器を制御し、次のオブジェクトを捉える動作へとつながる。MHP 理論に従えば、この行為は、運動プロセッサ処理が働いたと考える。この流れを延々と繰り返すのが読譜行為である。

一連の流れの中で、読譜の能力、ひいては、読譜後の演奏行為に影響を及ぼす可能性のあるステップを特定する。まず、感覚器から作業記憶に情報が到達するまでの知覚プロセッサ処理は、注視と作業記憶への情報送信に分けられ、概ね 50-200ms（平均的には 100ms 程度）で処理される。単純な情報送信であるため、訓練で大きく改善されるわけではない。次に、動作選択後、眼球運動を行う運動プロセッサ処理は、概ね 30-100ms（平均的には 70ms）で処理される。運動プロセッサについても、情報を取得するために、どこを注視すべきか、注視すべき箇所へ素早く眼球を動かすための訓練は必要であるが、それは認知行為と密接に関係している。また、眼球運動そのものは人間工学的にその速度が決まる一面もあり、意識して高速化するには限界がある。作業記憶に存在する情報を長期記憶から検索・抽出する認知プロセッサ処理は、概ね 25-170ms（平均的には 70ms）で処理される。認知プロセッサ処理については、長期記憶に情報が格納されていること、格納された情報が知識ネットワークを構築していることを前提に、いわゆる検索・抽出速度が問題となるため、普段からの記憶、および記憶した情報の検索・抽出を繰り返し行い、記憶される情報を常に引き出しやすい状態にする、という意味での訓練による時間短縮が可能である。あるオブジェクトに対する情報の検索・抽出に要する時間を、平均値から最小値で行える様になれば、認知プロセッサ処理は、もともと要した時間の 1/3 にまで短縮できる。

以上のことから、認知行動科学的に訓練しやすい過程は、認知プロセッサ処理に関わる部分であるとした。認知プロセッサ処理に関わる部分は、最終的には検索・抽出終了後の眼球運動に対する動作選択・視線移動につながるため、認知プロセッサ処理の円滑さは、

最終的には視線計測の結果判明する視行動を計測パラメータとして分析可能である。このことは、読譜時視行動の分析が最終的には学習者が獲得している技能状態と直結していると言える。そのため、読譜時視行動分析は、学習者状態把握に適した手法である。

### 3.3 ピアノ演奏関連技能獲得指導における課題

ピアノ演奏関連技能の指導は、大きく

- マス授業としてのピアノ関連技能指導
- 個人授業としてのピアノレッスン

に分類される。このうち、個人授業としてのピアノレッスンは、趣味として学ぶ、余暇の楽しみを目的としたプライベートレッスンと、演奏家を目指すための、専門的な技能訓練としてのレッスンがある。

マス授業としてのピアノ関連技能指導については、少数精鋭の指導者が100名超の学生を限られた短い時間で個別指導を行わねばならないこと、また、学習者の基礎能力が保証されているとは限らないことから、学習者・指導者ともに大きな負担となりうる。その意味では、マス授業としてのピアノ関連技能指導には大きな課題が存在し、その解決が望まれる。

専門的な技能訓練としてのレッスンに対しては、学習者の意欲や基礎能力は総じて高く、指導する側も自身のペースで指導しても学習者が指導内容を吸収できるという前提で指導される。そのため、ピアノ演奏指導という意味では音楽大学等で指導にかかる時間、という視点以外では大きな問題を抱えていない。

他方、余暇の楽しみを目的としたプライベートレッスンの場合は、学習者の意欲や基礎能力が必ずしも保証されている訳ではないため、指導する側の配慮と力量が問われることになる。特に、プライベートレッスンで指導者から付与された課題曲に対し、レッスンを重ねても課題曲をクリアできない場合、学習者の意欲減退につながりかねない。その意味では、個人授業としてのピアノレッスンには大きな課題があると言える。

以下に、それぞれの指導形態における課題を抽出する。

#### 3.3.1 マス授業としてのピアノ弾き歌い演奏指導時の課題

中平ら [50] は、保育者養成機関におけるピアノ弾き歌い教育の教育手法改善を目的として、100人規模の学生を相手に授業を行うピアノ弾き歌い教育に対してICTを活用した教育デザインを提唱し、それに基づいた実践を行った。その方法は、学習者に対する模範映像の提示、それをじっくり視聴する期間の確保、模範映像を見せる前後での学習者のピ

ピアノ弾き歌い映像取得、自身の映像を振り返ることによる自己訓練、の繰り返しによって学習者のピアノ弾き歌い技能を成長させるものであった。その結果、ピアノ弾き歌いのうち、歌唱については提案方法で技能向上が認められ、結果としてピアノ弾き歌い技能が向上したが、細かく分析するとピアノ演奏(ここでは伴奏部)の成長はそれほど認められなかった。

この原因の一つに、ピアノ演奏技能の向上にはいくつかの複雑な認知プロセスが絡むからではないかと考えられ、ピアノ演奏技能向上を阻む要因を認知の観点から分離する必要がある。我々はその要因抽出の一つの可能性として読譜方略と学習者のピアノ演奏学習体験が関係するのではないかと考えている。

一連の実践は、K 女子大学発達教育学部において実施される、“児童音楽 I”の授業に対して行われた。授業期間は 2006～2011 年 4～7 月、履修者は例年 100 余名である。“児童音楽 I”は、大きく分けて 1) 声楽、2) コード進行、3) ピアノ弾き歌い実技指導、を軸とし、2 コマ連続(180 分)で実施されている。各年によって若干異なるが、概ねの授業構成は次の通りである。学期の前半では、声楽 90 分、グループレッスン 45 分、自習(自主練習等) 45 分で構成され、後半では声楽 60 分、グループレッスン 60 分、キーボード和声を含む楽典(座学) 60 分で構成される。該当授業において特に重視されるのは、ピアノ弾き歌い実技指導である。

過去の授業は次のフローで実施されていた。専任 1 名を含む 6 名の教員がグループピアノレッスンをを行う。その際、学生を 1 グループ平均 6 名程度のグループに分け、グループ毎に 1 名の教員がつく形でグループレッスンをを行う。グループレッスンとは、グループ構成員各自は個別にレッスンを受け、グループ内の他者はその様子を観察し、これをグループ構成員全員に対して行う形態である。この方式では、通常 1 名あたり 5～10 分程度しか個別レッスン時間を取ることはできない。そのため、技能の伝達と言う観点から見れば、通常行われるグループレッスンには次の課題が上がる。

1. 個別にレッスンを受ける時間が 5～10 分程度しかないため、学生は 1 曲あたり 1～3 分程度の楽曲を一度奏した後、奏法について 1, 2 箇所程度の指示しか受けることができない。これは、初心者を相手とする教育を考慮すると不十分である。
2. 上記の問題を解決するために、グループ内の他者はその様子を観察することで自身の欠点を自覚させることとしているが、自身の状態を正確に把握できない上に、理想的な演奏とはどういうものが判らない初心者では他者が受ける指導を観察するだけで自己の欠点を把握し、自身の演奏向上に寄与させることは難しい。

表 3.2 レッスン場面とそれに対応した課題，および課題解決法のまとめ。

	レッスン場面	遭遇する状況	課題	課題解決法
指導者	課題選定	学習者の技能獲得状況とのマッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習者のもつ技能状態を可能な限り正確に判断する必要性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習者技能獲得状態把握</li> </ul>
	技能指導	技能獲得状況の推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>匠の技伝承を可能な限り客観的に行う工夫</li> </ul>	
学習者	技能修正	指導者から修正された技能の定着度	<ul style="list-style-type: none"> <li>自身の能力を客観的に、正確に伝える努力</li> <li>自身の能力を客観的に把握する努力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>授業デザイン/レッスンデザインの改善</li> <li>表出化記録のための記録デバイス</li> </ul>
	個人練習	指導された内容の内面化精度		

### 3.3.2 個人授業としてのピアノレッスンにおける課題

図 3.1 に示した要素のうち，ピアノレッスンでは，大きく次の3つの課題が発生しうる。

#### 1. 課題である楽曲選定：課題設定の方法について。

器楽演奏指導は，長い教育指導研究の結果，標準的な教育課程が存在する。そのため，教則本をクリアできる・できないで，学習者に合った課題設定が可能なはずであるが，それでも時として次のような問題が起こりうる。

- 講師の経験と勘による学習者の技能獲得状態推定にもとづいた課題設定が行われる。
- 学習者の獲得技能と合っていない可能性

#### 2. レッスン前の自主練習：指導された内容の内面化精度と関係する。

- レッスン時にはできていたと思われる技能獲得が，実は獲得できていなかった。
- レッスン時にはできていたと思われる技能であっても，自身で練習している内に再現精度が落ちる。

#### 3. 演奏指導・学習者の演奏修正：学習者技能獲得状態の推定

- 表面的にはできている様に見えるが，実際はどうかかわからない。
- 指導者がいれば技能の矯正は効くが，一人でもできるか。

### 3.3.3 課題のまとめ

ここまでの結果を踏まえ，ピアノレッスン関連技能獲得指導時における問題を表 3.2 にまとめた。

表中に示された項目は，基本的に個人レッスン，マス授業ともに生じうる問題であるが，個人レッスンの場合にはレッスンデザインを個人に合わせて調整可能なため，学習者

側に当てはめた授業/レッスンデザインの改訂，に対する共通な解法を見出すのは難しい。その代わりに，学習者の技能獲得状態把握を行うことで，同一技能を指導する場合であっても学習者ごとに対応を変えることが可能となる。

マス授業の場合，学習者の技能獲得状態把握を行うことは原理的には可能であろうが，100名近い学習者全てに講師自身でその結果を当てはめるのは現実的ではない。その代わりに，学習者に対して一斉に課題を付与するといったことが可能であるため，例えばピアノ弾き歌い授業の際に指導者が指定する注釈つき楽譜や模範演奏の熟読や練習風景映像の提出といったことを取り入れた授業デザインに沿って指導を行うことが可能である。

そのため，ここでは，学習者に対する課題解決法は基本的にマス授業を想定して開発し，指導者に対する課題解決法は個人のピアノレッスンを想定して開発する。



## 第4章

# ピアノ関連技能指導時に生じる課題解決

3.3節・表3.2で示したピアノ演奏関連技能を獲得させるための指導上生じうる課題解決のため、各課題を

- 課題1：獲得した技能の表出化  
内面化情報に基づいた個人練習成果の精度改善
- 課題2：獲得した技能の内面化  
学習者の技能獲得状況の推定

と分類し、課題解決を行う。

### 4.1 表出化に対する課題解決：内面化情報に基づいた自主練習成果の精度改善

課題1である“技能の表出化”に関する指導上の課題は、主として学習者に対する技能獲得を円滑に行うための改善課題で、対象とする教育環境はマス授業を想定している。改善すべき課題は、3.3節から次の様にまとめられる。

- (1) ピアノレッスン指導時間の欠落
- (2) 目指すべき演奏イメージの欠落

本節では、これらの課題を解決するために、マス授業において取り込むべき要素をまとめ、マス授業における効果的な教育デザインを設計する。

### 4.1.1 表出化のための学習者状態の可視化を伴う教育デザイン

表出化に対する課題解決のためには、それぞれの課題の何が問題なのかを考慮する必要がある。

課題1(1)として挙げたピアノレッスン時間の欠落は、次の様に読み解くことができる。技能獲得は、学習者の自助努力で解決できる部分とそうでない部分が存在し、器楽演奏においては、例えば楽譜に記載された通りの音高・音価で奏する能力は自助努力で改善可能である。しかし、強弱や表現については自助努力だけで技能を改善することは難しい。そうすると、学習者に割り当てられたピアノレッスンでは、楽譜に記された音高・音価、および最低限の強弱は学習者自身の自己努力で技能改善を行い、学習者では気づかない、あるいは、足りない強弱・表現についてピアノレッスン時に指導を受けられる様にするのが望ましい。そのためには、可能な限り自主練習時に技能改善を行うための補助策を講じる必要がある。特に、ここで取り上げるマス授業は、ピアノ演奏のみならず、ピアノ弾き歌いという、器楽演奏+歌唱を伴うものであるため、より自主練習での底上げが重要となる。その一手法として、自身の演奏風景を客観的に観るためのデバイス導入が考えられる。

課題1(2)は、目指すべき演奏イメージの欠落は、次の様に読み解くことができる。学習者自身の演奏風景を客観的に観るためのデバイスを導入したとしても、演奏風景を客観視するための知識が必要である。そうした知識を身につけさせる一手法として、模範演奏の閲覧や注釈付き楽譜の熟読を通して、演奏に対するイメージを身につけさせ、その際に気づいたところなどをレポート等で客観表現させることが考えられる。

以上をまとめ、課題1に対する解決策を次の様に設定した。

- 課題1(1)の解決策として、
  - － 自身のピアノ弾き歌い演奏映像の提出:(a) 加点あり, (b) 加点なし
- 課題1(2)の解決策として、
  - － 模範演奏の閲覧:(a) 閲覧のみ, (b) 閲覧後詳細レポートの提出
  - － eラーニング教材による学習: (a) 模範演奏, (b) 注釈付き楽譜, (c) 発声等技能に関する解説を加えたFAQ集

#### 自身の演奏映像提出

課題1-(1)の解決策として、自身の演奏を客観的に捉えることの教育効果を見るために、自身のピアノ弾き歌い演奏映像（以下、演奏映像）を録画・提出させることを取り入れた。

横山他 [54] によって提案された、F社製「KS20(以下、研修君)」を利用して実技試験



図 4.1 研修君を用いた練習風景映像撮影の様子。

の前後で演奏映像の提出を促している [55]。KS20 は

- 映像録画を通常のビデオデッキと同じ操作方法で行うことができる
- 必要に応じて、映像内に書き込みができる
- 映像録画は mpeg2 形式で記録され、DVD に焼き付けることが可能である
- 各映像のファイル名をバーコードで管理することができる

などの特徴を有し、コンピュータ操作に不慣れな学生であっても容易に映像を記録・抽出できるメリットがある。本実践では、オリジナルの KS20 に対して、カメラ部について内視鏡技術を取り入れた延長レンズを取り入れ、学生が容易にピアノ上部のアンクルから録画可能とした。

演奏映像に対する評価は次の 2 通りを行い、演奏映像提出の扱いについての効果測定も行った。

1. 演奏映像提出 1 件につき、期末試験の得点に 10 点を加算する。
2. “自身の期末試験へ向けた練習のために自主的に出すこと” という訓示のみを与える。

演奏映像撮影の様子を図 4.1 に示す。

### 模範演奏の配信・閲覧

課題 1-(2) の解決策として、演奏時に皆が陥りやすい間違いをまとめた教材を作成し、それを提示することで、個別レッスン時の技能伝授不足を解決することを試みた。中平他 [56] において開発した e ラーニング教材を組み込み、次の様な授業の流れとした。

- 中間実技試験前に研修君を用いた自身の演奏映像の映像提出、
- 中間実技試験後、e ラーニング教材<sup>\*1</sup> を閲覧し、演奏のポイントを学習、
- 再度自身の演奏映像の映像提出、

該当 e ラーニング教材は、特に学生から要望の強かった以下の項目を取り入れた e ラーニング教材である。

- ピアノ弾き歌い模範演奏
- 歌唱単体の模範演奏
- 注釈つき楽譜
- より良い歌唱への FAQ (声楽に対する解説を含む)

e ラーニング教材の画像例を 4.2 に示す。図中の画像はクリックすることで模範演奏を再生できる。全 7 曲中許諾の得られた 5 曲に対して模範演奏と同時に注釈付き楽譜へもアクセスできる様リンクを付けている。e ラーニング教材の閲覧についても、閲覧についてのみ強制を行い、時期については特段の強制は行わず、自由な時期に閲覧可とした。

### 内省のためのレポート提出

課題 1-(1)(2) に対する解決策を有機的に結びつける教育デザインとして、これまで束縛せずに行っていた実技指導に対して一定のペースをつけるため、最終的には次のような教育デザインを構築した。

- 4 月～中間試験 (6 月 1 週) まで: 通常のグループレッスン、および自身の演奏映像提出
- 6 月 1 週～6 月 3 週程度:e ラーニング教材の閲覧教材閲覧に対するレポート、および、他楽曲のグループレッスン
- 6 月 3 週程度～7 月 2 週:自身の演奏映像提出、およびグループレッスン
- 7 月 2 週～期末試験 (7 月末):グループレッスンおよび期末試験

<sup>\*1</sup> <http://oberon.nagaokaut.ac.jp/kwu/piano/>

教員・保育者養成のためのピアノ実技eラーニングコース

<p>曲目一覧</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ あめふりくまのこ</li> <li>■ いぬのおまわりさん</li> <li>■ おもいでアルバム</li> <li>■ しゃぼんだま</li> <li>■ ぞうさん</li> <li>■ とんぼのめがね</li> <li>■ もりのくまさん</li> </ul>	<p style="text-align: center;">あめふりくまのこ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <p>指の動き</p> <p>顔の表情</p> <p>全体の雰囲気</p> </div>
<p>この教材について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 使い方</li> <li>■ 動作環境</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">もくじの頁にもどる</p>	

管理者：深見 友紀子    E-Mail：fukami@kyoto-wu.ac.jp

図 4.2 教員・保育者養成のためのピアノ実技 eラーニングコースの画面例。

### ピアノ弾き歌い教育デザインの構築

これまでの考察を経て、本研究で提唱するピアノ弾き歌い教育の質保証を誘発する教育デザインを図 4.3 に示す。教育デザインの構築にあたり心がけたことは、現状、ピアノ弾き歌い教育現場で多く取り上げられているグループレッスンの形態を崩さず、かつ、学生の自主練習に対しても影響を与えることが可能な教育デザインである。まず、授業・グループレッスン終了後、学生は自主練習を行うが、その際に必ずデジタルビデオカメラなど、映像収録装置を持参させる。そして、練習映像を撮影させ（図中 (a-1)）、良いと思った撮影映像を提出させる（図中 (a-2)）。映像を提出するプロセスにおいて、“最善な”撮影映像を提出させる、という意識を与えることで、学生は自身の演奏がどのようになっているかを確認するであろう。その後、eラーニング教材による模範演奏視聴、注釈つき楽譜の精査、発声等技能に関する方法論解説等に目を通させる（図中 (b)）。その際、必ず模範演奏については観察記録を、注釈つき楽譜の場合には自身の演奏と比較させた結果をレポートとして提出させる（図中 (c)）のが効果的である。ここまでのプロセスを繰り返し、

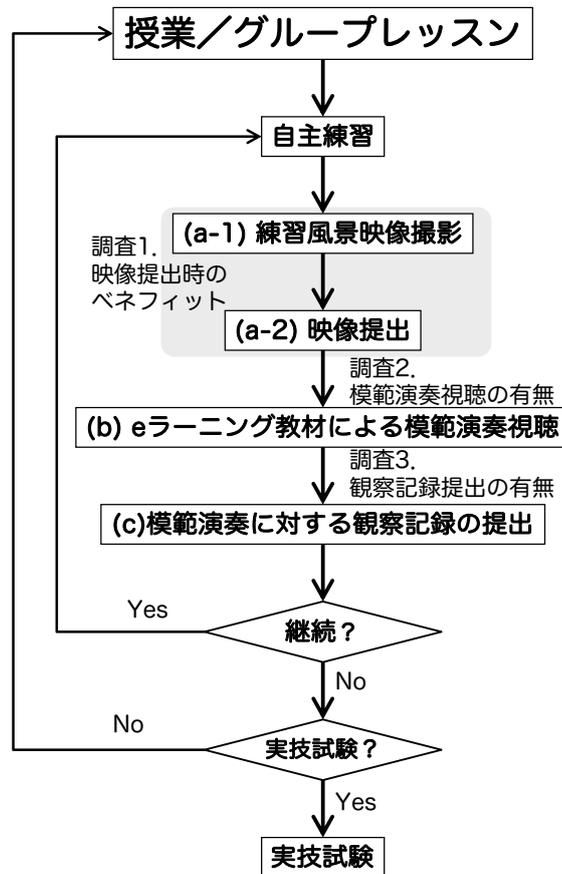


図 4.3 構築した授業デザインの枠組み。

最後に実技試験に挑ませることで、学生は自身の演奏のどこがポイントであるかを確認する技能も同時に身につけ、可能な改善をあらかじめ行うことができると考えている。

#### 4.1.2 表出化に対する可視化を伴う教育デザインの有用性実験

4.1.1 節で構築した、自主練習を効果的に行うための教育デザインの有用性評価を行うためには、図中に示した3箇所のステップに対する有用性調査が必要である。そこで、図4.3に示したステップのうち、有用性調査が必要と思われる3箇所のポイントを次の通り設定した。

1. 映像提出の際の学生へのベネフィット付与の有無（調査1）、
2. 模範演奏視聴の有無（調査2）、
3. レポート課題提出の有無（調査3）。

その有用性を確認するため、表4.1のような組み合わせで各要素を取り入れた授業実践を

表 4.1 映像提出，模範演奏視聴，視聴後レポート提出の組み合わせ。

		模範演奏閲覧		
		なし	あり	
			レポート提出なし	レポート提出あり
映像提出	得点加算あり	2006年度	-	-
	得点加算なし	2007年度	2008年度	2009年度

表 4.2 K 女子大学におけるこれまでの“児童音楽 I”における質保証の取り組み

取り組み年	取り組み内容
2006	学生の演奏映像を提出させる取り組みを行う。1 回の提出映像に対して得点付与を行う形で映像提出を促す。
2007	2006 年の実践を受け，映像提出に対して得点付与は行わず，中間試験～期末試験の間に映像提出期間を設定した。
2008	“教員・保育者のためのピアノ実技 e ラーニングコース” 配信開始。
2009	履修者に上記 e ラーニングコースを受講させた上で演奏映像提出を行わせる教育デザインを構築。
2010	注釈付き楽譜の制作開始。
2011	“教員 保育者のためのバイエル e ラーニングコース” 制作。 “子どものうたピアノ弾き歌いベスト 50” を刊行， 注釈付き楽譜を取り入れた授業を実施。

行った。教育デザインの有用性評価のためには，一気に全ての要素を取り入れて授業実践を行うと，要素間の相互作用による効果が擾乱となって含まれてしまい，正確な要素評価を行いつらい。そのため，表 4.2 の様に，年度ごとに 1 項目または 2 項目を取り入れ，順序立てて各要素の有用性評価を行なった。以下に，その結果を示す。

### 調査 1：映像提出の際の学生へのベネフィット付与の有無

図 4.4 に，演奏映像提出回数頻度分布と学生が獲得した期末実技得点平均の関係について示す。演奏映像提出回数分布は，学生が自身の演奏映像を提出した回数の授業履修者における頻度を百分率で表わしたものである。

演奏映像提出状況は，2006 年度については 3 回以上提出したものが全体の半数を占め，2007 年度は 1 割にも満たない。また，映像未提出者については 2006 年度については 1 割程度であったのに対し，2007 年度については 3 割以上を占める。

次に，期末実技試験得点平均を比較する。得点平均の比較を行うにあたり，実技試験の

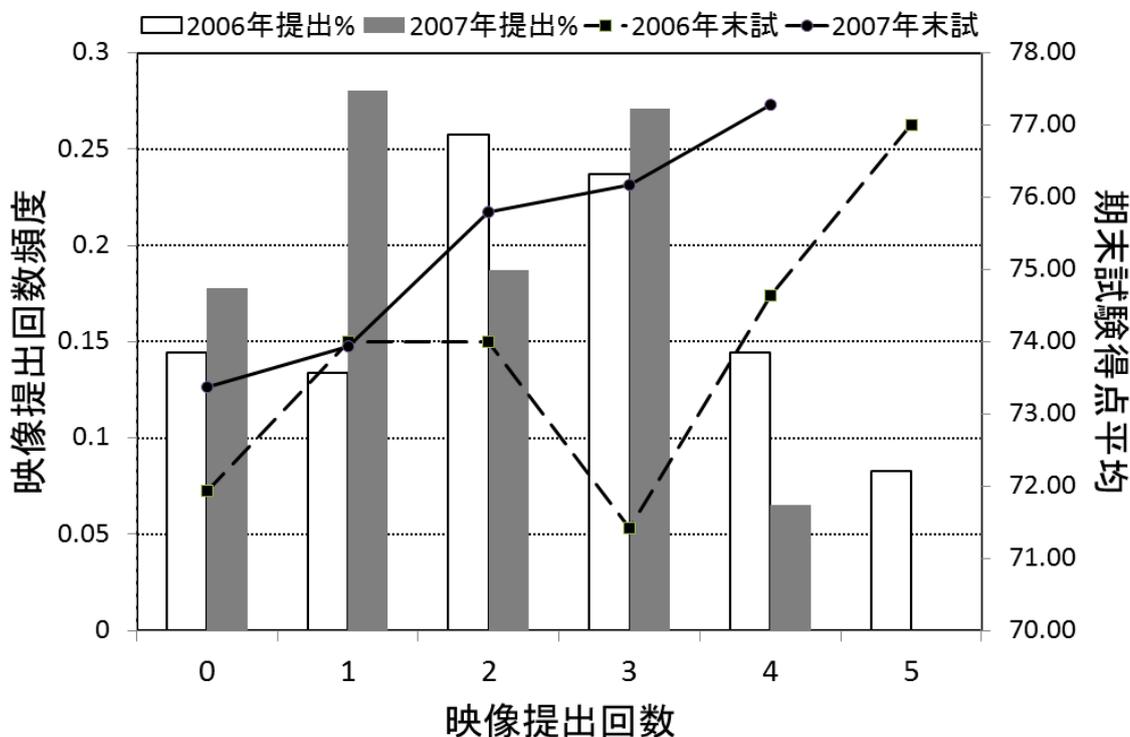


図 4.4 2006～2007 年における学生映像提出回数の頻度分布と期末実技試験平均点の関係。深見他 (2008) をもとに改訂。棒グラフは y 軸左側，線グラフは y 軸右側のメモリを参照。採点は 100 点満点で行われた。

採点を行う講師間の得点付与差の分布を調べる必要がある。実際の実技試験を行った際、評価を行う講師 2 名が同一人物に対して与えた評点の差の分布を表 4.3 に示す。表から、評点差が 2 点以内の分布が概ね 6 割、3 点以内の分布が概ね 7 割程度であることから、4 点以上の差が開いていれば、講師の評価揺らぎ以上の得点を獲得している、即ち、確実に演奏技能が向上したと言って良い。

2006 年度は全体的に値が低く、4 回以上映像提出を行ったものについては概ね平均点が 75 点以上を示した。2007 年度は、1 度でも映像提出を行ったものは、映像提出を行わなかった者と比べて 2 点以上の得点上昇を確認でき、映像提出を全く行わなかった学生と比べて映像提出を 2 回以上行っている学生の期末試験得点平均は、 $z$  検定により 1% 水準で有意な得点上昇がみられることを確認した。また、映像を全く提出しなかったものと比べ、4 回映像提出を行なったものは、期末得点に 4 点近い差が見られる。

また、深見他 [57] における実践では平易な楽曲と情感表現を重視する楽曲の間には、期末実技試験の得点差が 7 点の開きがあった。このことから、特に情感表現を重視する楽曲

表 4.3 実技試験採点時における，教員間得点付与差の分布.

得点差	割合	得点差	割合	得点差	割合
0	0.165	5	0.066	9	0.000
1	0.165	6	0.066	10	0.033
2	0.246	7	0.033	11	0.000
3	0.115	8	0.000	12	0.016
4	0.098				

に対する模範演奏については学生が自身の演奏を行う際のイメージトレーニングの一助として用いられ，その結果，表現力の向上につながった可能性があるという考察が得られている。

### 調査 2・3：模範演奏視聴の有無，レポート課題提出の有無

図 4.5 に，2006・2008・2009 年度における各個人の間・期末実技得点の分布をバブルサイズで示す。バブルサイズは各組合せを取る人数を示している。2007 年度については，履修者全数の内 1/3 の学生の間実技得点にデータ欠損があり，他の年度との比較が不可能なため，分析からは除外した。図より，2006・2008 年度は中間・期末実技試験とも値は広範囲にとり， $y = x$  の線の右下部，すなわち得点下降部にもかなりの値を取る。それと比較して 2009 年度は中間・期末得点の分布は全体に  $y = x$  の線の左上部，すなわち得点向上部に移動している。

また，表 4.4 に，構築した授業デザインの要素全てを取り入れた場合の授業実践後に行われた中間・期末実技試験の得点分布と模範演奏映像の視聴時間の関係を示している。中間実技試験時は，模範演奏映像を閲覧する前であるため，実技試験の得点差に大きな違いはないが，期末実技試験時は，模範演奏映像を全く視聴しなかったものと少しでも視聴したものとの間には 5 点近い得点差が生じている。このことと，表 4.3 の結果を踏まえると，模範演奏映像視聴は，学習者の演奏関連技能獲得過程に何らかの影響を与えていることがうかがえる。

この影響の一因を追跡調査するため，2008 年度に授業を履修した学生に対して実技試験終了後に e ラーニング利用後アンケートを行った。該当年の履修学生は 97 名，回答者 80 名（回収率 82%）であった。その結果，期末実技試験時に注意したことを記述式で回答させたところ，次の事を文中に挙げていた。

- 姿勢 (19 名)
- 大きな声で歌う (12 名)

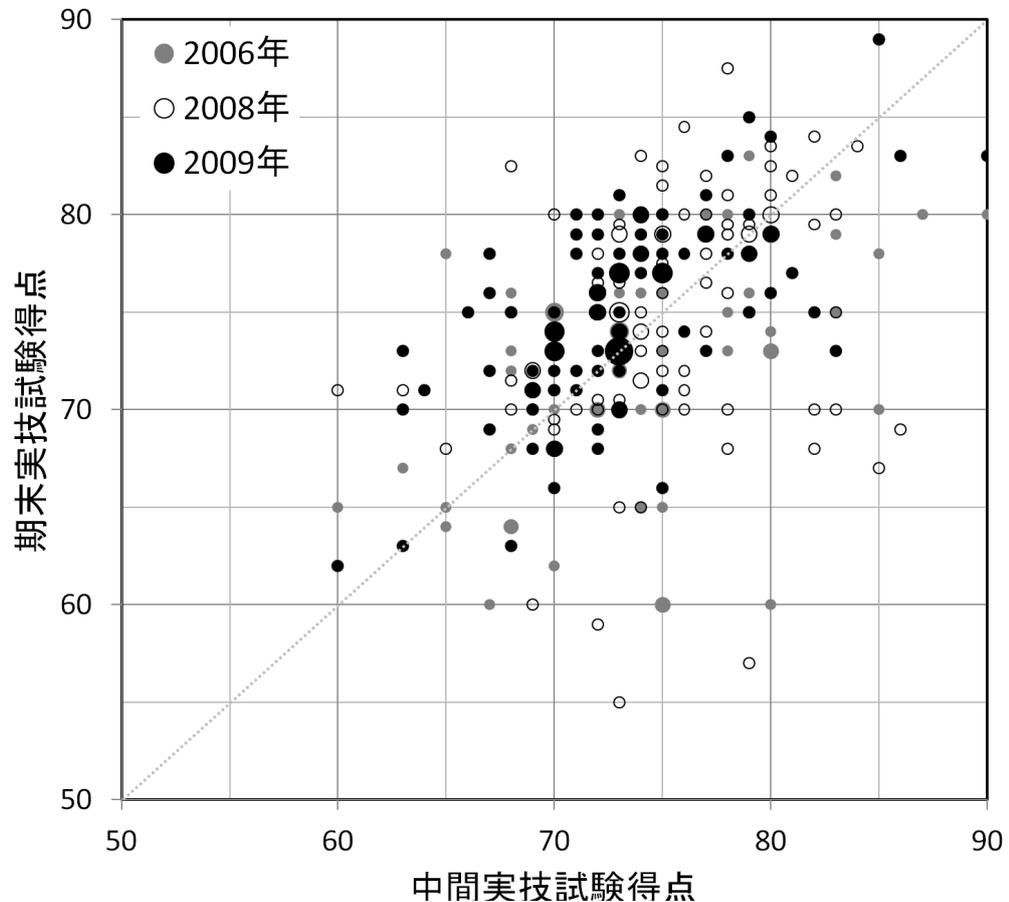


図 4.5 2006・2008・2009 年における学生の中間・期末実技テストの得点分布。期末実技試験は 100 点満点で採点された。バブルサイズは各組合せを取る人数を、図中の破線は  $y = x$  を示す。

- 指づかい、指の形 (12 名)
- 顔の表情 (8 名)

これらは対面指導でも指摘されていることではあるが、自身の演奏映像と模範演奏を比較して初めて気づき、より明確に自身の演奏状態の悪さに気付く項目である。

また、e ラーニング教材視聴前後の自身の演奏に対する改善点の比較について、Nakahira et al. [58] はアンケート調査を行った。アンケートは

- (1) e ラーニング教材が役に立った点、
- (2) 提出された演奏映像を閲覧した際に役に立った点、

の 2 観点から行っている。

その結果、以下の事が判明している。

- (1) アンケート結果より:

表 4.4 構築した授業デザイン全てを実施した際の模範演奏閲覧時間と中間・期末試験結果との関係.

		模範演奏閲覧時間		
		未閲覧	0～30分未満	30分以上
学生数 (名)		34	53	18
中間 試験	平均	72.26	73.08	73.78
	$\sigma$	6.21	4.20	7.32
期末 試験	平均	70.32	74.85	75.39
	$\sigma$	18.56	4.07	5.76
得点	上昇	53%	68%	67%
上下傾向	下降	29%	21%	28%

参考になった映像は、全体映像 (65.0%, 演奏姿勢のチェックに良い, など), 手元映像 (53.8%, 指づかいの確認ができた, など), 正面映像 (22.5%) の順であった. 楽譜のダウンロードを行ったもの 67.5%, それを使って印刷したもの 50.0%, それを使って練習したもの 53.8% であった.

記述回答から、映像のみならず注釈付き楽譜についても指づかいや強弱が書かれていて、それをチェックできたのが良かったとある. しかし、掲載曲をよりよく演奏するために解説されているワンポイントアドバイスについては、気が付かなかったものが全体の半数ほどいた.

(2) 提出された演奏映像を閲覧した結果より:

“姿勢が悪いのに気づいて直した”, “自身の録画映像を再生させて確認すると、意外と自分の声が聞こえないのに気づいたので大きな声で歌った” など、録画した映像を自ら確認することで自主的に実技能力を補正していった過程がうかがえる. また、“先生に指摘されたことに気がつけた” という発言が全体の 5% 程度しかいなかった. Nakahira et al. [59] によれば、e ラーニング教材、特に模範演奏の閲覧の有無によって中間・期末実技試験の得点変動があることを示しているが、閲覧時間については 0～30 分と 30 分以上で学生の行動について大きな傾向の差はないという報告がなされている.

### 4.1.3 授業デザインの各要素に対する考察

以上のことから、ピアノ弾き歌い教育の質保証に有効であると考えられる要素、すなわち模範演奏の閲覧、自身のピアノ弾き歌い演奏映像の提出、eラーニング教材による学習、の3点について、その取り込み方についての考察を行う。

#### 演奏映像の提出

自身のピアノ弾き歌い演奏映像の提出による技能向上の効果について考察する。映像提出そのものは効果があるが、得点付与による動機づけが良いわけではなく、むしろ“自身のために提出”という内面的な動機づけの方が、期末試験の得点差につながった。また、模範演奏の閲覧と併用することで、映像提出は学生が自身の演奏について内省するきっかけを与えることにも繋がった。特に、対面授業において指示される“姿勢”、“声量”については、自身の演奏映像を見るだけではつきり認識できるため、特に歌唱の改善につながっていると思われる。

#### 模範演奏の閲覧/閲覧後のレポート提出

模範演奏教材は、中平他 [56] の手法に従って作成された。即ち、過去に提出された学生の演奏映像を全て分析し、特に学生が躓きやすい箇所に着目の上、模範演奏者にはその部分については特に模範的な演奏を行う様依頼した。それと同時に、上記のポイントを記載した“注釈付き楽譜”も作成し、学生は注釈付き楽譜によっても演奏ポイントを確認できる様になった。

Nakahira et al.[59] の結果とあわせると、模範演奏の閲覧に対する考察は深見他 [57] から既に得られているため、模範演奏を閲覧するという行為そのものが特定の学生に対して良い影響を与え、結果としてピアノ弾き歌い技能の向上につながったとみられる。しかし、図 4.5 とあわせて考えると、全体的な分散が大きいことから、単純に模範演奏を閲覧させるだけという方式では個人差が大きく、学生全体に大きな影響を与えるには行かない可能性の方が大きいと言える。他方、前節におけるアンケート結果により、演奏映像全体を示した模範演奏や手元映像が役に立ったと回答した学生が過半数であることから、模範演奏の閲覧には一定の効果があることがうかがえ、また、模範演奏の分析をレポートという形で提出させることで自身の演奏に対する注意点も意識させることができたと考えられる。

Nakahira et al.[52] によれば、学生に対して注釈付き楽譜のみでピアノ弾き歌い技能を伝えることができた項目は、

1. 曲のイメージ,
2. 指の動き,
3. 音符と休符の長さ,

の、どちらかといえばピアノ演奏に関係する3点であり、発声や音量バランス等歌唱に関係する部分は殆ど伝えることができなかつたことが示されている。以上のことから考察し、eラーニング教材には模範演奏映像および注釈つき楽譜の双方を含めるべきであることが示唆された。また、eラーニング教材中には一般的な歌唱のポイントについても解説を加えていたが、ワンポイントアドバイスやFAQ集そのものに気付かない学生がいたなど、現状では明示的な効果は判らない。

## 4.2 内面化に対する課題解決：学習者の技能獲得状態の推定

ここまでは、ピアノ演奏および演奏関連技能に対し、ピアノレッスン時に指導された後、学習者に取り込まれたと思われる内面化情報に基づいた自主練習成果の精度改善の観点から、主として練習時の技能表出化という観点からピアノレッスンにおける課題解決を行う。

本節では、ピアノレッスン後に学習者に取り込まれた、あるいは、元来学習者が所持すると思われるピアノ演奏関連技能の内面化情報を正確に把握する、即ち学習者の技能獲得状態の推定を行うことでピアノレッスン時の講師支援、および学習者支援の可能性を考える。

学習者の技能獲得状態の推定手法として、図3.2に基づいて予見される、読譜時視行動の定量化を、

1. 正接読譜特性図
2. 情報獲得範囲/情報獲得時間

の2手法で行う。

### 4.2.1 読譜時視行動の定量化：正接読譜特性図

読譜のモデル化は次のように行う。通常、ピアノ譜は、大譜表によって示され、各譜にはト音記号やヘ音記号といった音部記号、調号、拍子記号、音休符、音楽記号、小節が記される。このうち、調号、拍子記号は毎小節出現するのではなく、五線譜途中で変更がなければ楽曲中統一して用いられる指示であるため、記憶保持が要求される項目である。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で、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

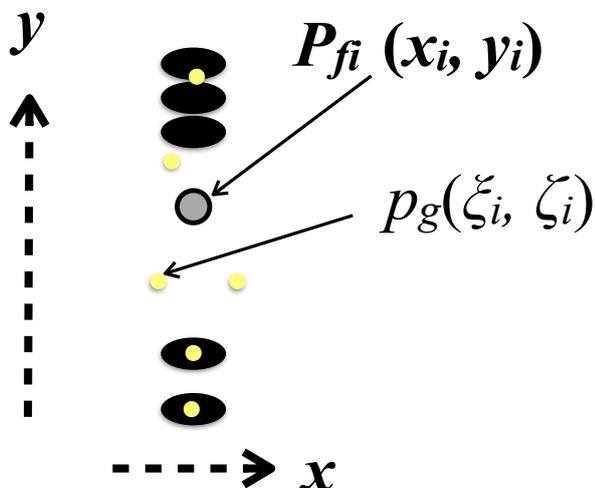


図 4.6 1 視野における符頭群，注視点，視野重心（停留点）の関係．黒楕円群が符頭群，黄色い小点が注視点，黒縁灰色円が停留点．

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．以上のことから，音休符は，ピアノ譜における楽曲の形態を示す最も重要な要素である．音楽記号は，楽曲に表情をつける為のものであるため，単純にピアノを発声させる場合には不要であるが，楽曲として美しく演奏する場合には重要な項目となる．

このように，読譜は多くの情報を読み取らねばならないが，文章の黙読と大きく違う所は，読譜による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する必要があるという点である．従って，読譜における視線移動の様子を次のようにモデル化する．

1 視野における符頭集合，注視点  $p_g(\xi_i, \zeta_i)$ ，停留点  $P_{f(i)}(x_i, y_i)$  の関係は図 4.6 のように考える．本稿では，視線計測器におけるサンプリング周波数ごとに観測される視線の位置を注視点，楽譜におけるある領域から符頭などの情報を取得するために必要な最小時間留まっている視点の平均位置を停留点とする．1 視野中，五線譜は上下に存在するため，符頭・休符，その他各種音楽記号もそれに伴って縦方向または横方向に広がって表記される．楽譜において，特に符頭あるいは休符は重要な情報である．その中でも，演奏時に聴者が間違いを指摘しやすいのは音高に関する部分であること，和音などより複雑な情報を表現するものであることから，符頭は特に重要な符号であると考えられる．よって， $p_g$  はそれぞれの符頭を中心に出現するものと考えられるが，符頭は常に単体で現れる訳ではなく，むしろ複数個の符頭が上下一列に配置されることの方が多く，和音の場合には特に単体符頭が読み取れても意味がないことが多い．このような場合，読譜を行う者は，ある符頭集合により定められる領域をごく短時間の間，注視する，という行為を繰り返し，読譜を進めて

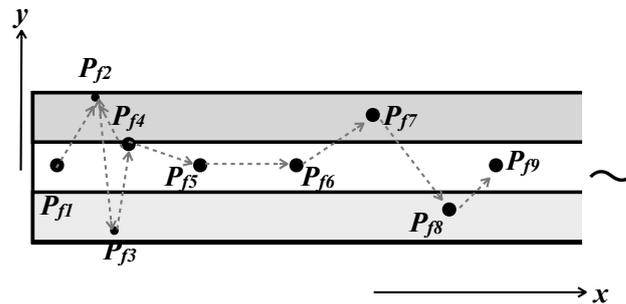


図 4.7 大譜表における停留点移動の概念図.

いくと考える。この時、これらの注視点の重心  $P_{f(i)}$  を停留点とする。これらの符頭集合に対応付けられた注視点の個数を  $m$  とした場合、 $x_i, y_i$  と  $\xi_j, \zeta_j$  を次の関係として記述する。

$$x_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_j \quad y_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \zeta_j \quad (4.1)$$

この場合、停留点の停留時間は情報獲得時間であるとみなされ、 $P_{f(i)}$  から  $P_{f(i+1)}$  への移動距離が大きければ大きいほど一度に取得できた符頭数 (情報量) が多いと読み取れる。

次に、停留点移動をモデル化する。図 4.7 に、大譜表における読譜の際の停留点移動の概念図を示す。図中、灰色の四角部に大譜表内のそれぞれの五線譜が収められているとする。この時、黒四角部上段の最上端から下段の最下端が大譜表の幅である。学習者はこのように定式化された大譜表中に記述された楽譜を読み取ることで読譜行為を行っている。

この状況下での停留点移動は次のように記述される。大譜表における水平方向に  $x$  軸を、垂直方向に  $y$  軸を設定する。今、読譜における停留点が  $P_{f(1)} \sim P_{f(n)}$  (図では  $n = 9$  まで) と示される場合、停留点間の移動は、概ね次のように分類される。

- $x$  軸正方向へ移動
- $x$  軸負方向へ移動 (戻る)
- $y$  軸正方向へ移動
- $y$  軸負方向へ移動
- 上記の合成移動

従って、停留点群は

$$P_f = \{P_{f(1)}, P_{f(2)}, P_{f(3)}, P_{f(4)}, P_{f(2)}, P_{f(4)}, \dots, P_{f(n)}\} \quad (4.2)$$

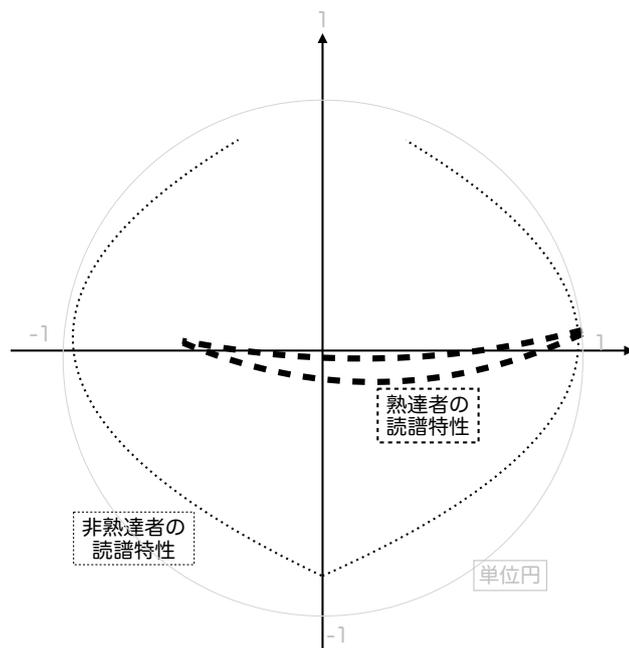


図 4.8 正接読譜特性図の概念図。破線が熟達者に対する予想図，点線が非熟達者に対する予想図。

と示される。停留点群の移動特性は、 $\overrightarrow{P_{f(i+1)}P_{f(i)}}$  のベクトルの向きを  $x$  軸方向の正負、および  $y$  軸方向の  $\tan$  角度を正負に  $n_\theta$  分割し、それらを符号化することで分析する。図 4.6, 4.7 が形成される過程から考えられる傾向として、次のことが予想される。

- 読譜が楽曲を演奏する様に滑らかに行われている時には、基本的には水平正方向への移動が多い。これは、(1) 正接方向の角度がほぼ  $0 \text{ deg.}$ 、(2) 水平正方向への移動が多い、と表現される。
- 読譜が楽曲を演奏する様に滑らかに行われない時には、基本的には水平負方向への移動、もしくは縦方向への移動が多くなる。これは、(1) 正接方向の角度が  $90 \text{ deg.}$  に近い、(2) 水平負方向への移動が多い、と表現される。

これらの予想を図で表すと図 4.8 のような特性図を書くことが可能となる。これを正接読譜特性図と呼ぶことにする。正接読譜特性図は、 $x - y$  平面に単位円を書き、停留点移動における正接方向の角度  $\theta_{\tan}$  を  $-90 \text{ deg.}$  ( $0, -1$ ) から  $+90 \text{ deg.}$  ( $0, 1$ ) の範囲で、水平方向の移動を正負 (+, -) で示し、停留点移動全体の回数における各移動方向の頻度を重み  $w_k$  として半径に乗じたものとして、正接読譜特性図の座標は  $(w_k \cos \theta_{\tan}, w_k \sin \theta_{\tan})$  と表される。

正接読譜特性図は読譜を行うものに対して個別に作成できるものである。図中、読譜が円滑に行われている場合は読譜に関しては熟達者の読譜特性を示す破線のように横長の、

円滑に行われていない場合には読譜に関しては非熟達者の読譜特性を示す点線のようにほぼ円形を、それぞれ示すと考えられる。この正接読譜特性図は、読譜方略を視覚化したものであり、その軌跡によって読譜方略の熟達/非熟達、あるいは意識下/無意識下の程度を視覚的に捉えることに役立つ。読譜方略を全く持たない者の正接読譜特性図は、どのような形になるのか予測がつかない。しかし、楽譜に沿って丁寧に読む、あるいはポイントを先に確認する、といった読譜方略を意識的に行うものについては図 4.8 のように予測可能と考えられる。更に熟達度が上がると、無意識の内に読譜方略を使うため、楽譜に沿って丁寧に読むにせよポイントを確認してから読むにせよ、なめらかな軌跡となるのではないかと考えられる。

以上の考え方が正しければ、読譜を行う者が楽譜から取得する楽曲演奏に関する情報は基本的に読譜を行う者の経験に依存するであろう。通常、ピアノ譜の読譜は、ピアノ演奏(練習)時に必要であるため、ピアノ演奏の学習歴に依存すると考えられる。すなわち、視線に代表される大譜表の読譜に対する情報獲得の方法とピアノ演奏の学習歴の間には関係が認められるはずである。その場合、同一読譜者が円滑に行うことのできる読譜とそうでない読譜は、程度の差こそあれ基本的には楽譜の難易度、すなわち、楽譜に含まれる情報量の多寡によって読譜の視線に違いが見られる筈である。

#### 4.2.2 読譜時視行動の定量化：情報獲得範囲と情報獲得時間

読譜能力を特徴づける量として、情報獲得範囲 (Area of Information Acquisition : AIA) を導入し、AIA の幅  $\xi$ 、および 1AIA に含まれる情報を取得するのに要する時間  $\tau_C$  に着目するのが妥当であると考えられる。

規範モデルを作成するにあたり、次の 2 項目を行動規範の前提とする。

1. 読譜は、理想的には中心視野に 1 拍に相当する符頭全てが入る。
2. 熟達者は  $\tau_C$ 、 $\xi$  を調節して、最適な速度で読譜できる。

##### AIA の算出と $\xi_s$

図 4.9 に、AIA の概念図を示す。2次元の画面上に表示された画像を対象とした視線計測実験によって記録された  $i$  番目の固視点の座標を  $p_i(x_i, y_i)$  と表す。記録開始時の固視点を  $i = 1$  とし、記録終了時まで固視点は記録される。このとき、AIA は中平ら [60] に示した次の方法で算出する。

$i$  を 1 ステップずつ進めていき、直前の固視点からの距離が閾値以下であれば、直前の固視点とその固視点の重心にその固視点の座標を置き換える。閾値を越す場合は、置き換えはしない。重心座標を置き換えた場合は、それを元に、置き換えに関与した固視点から

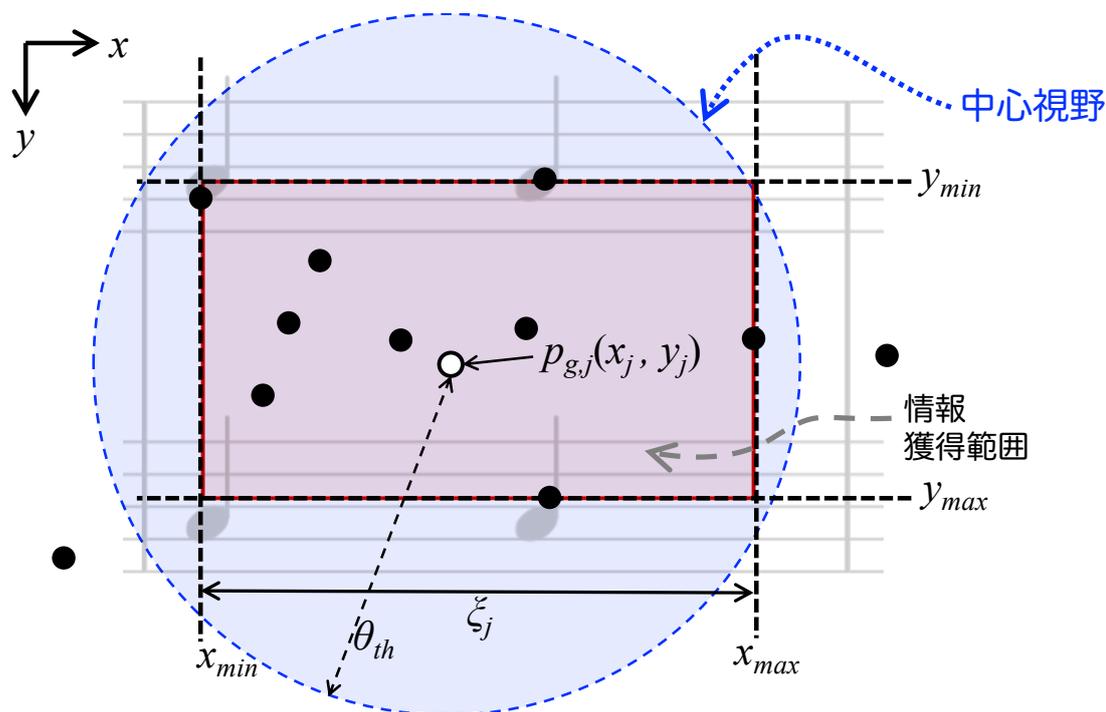


図 4.9 AIA の概念図. 薄い灰色の円は中心視野, 濃い灰色の矩形が AIA.

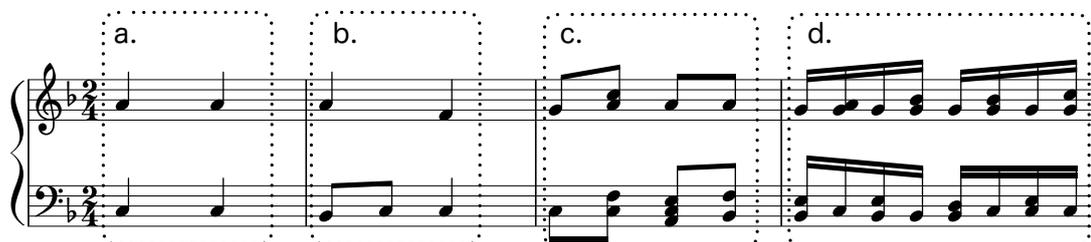


図 4.10 符頭数の違いによる楽譜の難易度例.

AIA を算出する.  $j$  回目の置き換えに参与した固視点群に対して, 各座標の最小値・最大値を求め, それらで囲まれる長方形の領域

$$\begin{aligned} & (x_{j,min}, y_{j,min}), (x_{j,min}, y_{j,max}), \\ & (x_{j,max}, y_{j,max}), (x_{j,max}, y_{j,min}) \end{aligned}$$

を AIA と定義する. AIA の評価については, 本来であればピアノ譜は大譜表であるため,  $x$  方向,  $y$  方向それぞれについて考慮する必要があるが, 定量化を容易にするため, 移動量は小節単位, すなわち  $x$  方向のみで計量し, これを

$$\xi_j = (x_{j,max} - x_{j,min}) \quad (4.3)$$

とおく.

読譜を行う者がある楽譜に対して行なった読譜に対する読譜時視行動において観測された  $n_{AIA}$  個の AIA それぞれに  $\xi_j (j = 1, 2, \dots, n_{AIA})$  が算出されるが、その中央値を  $\xi_s$  として読譜を行う者の AIA に対する特徴量とした。  $\xi_s$  は、1 拍あたりに費やすことのできる基準となる AIA 幅  $\xi_0$  を用いると、次の様に表現される。

$$\xi_s = \xi_0 + \Delta\xi. \quad (4.4)$$

$\xi_0$  は、楽曲に与えられる拍子と中心視野の大きさを元に決める。

今回、前提条件として、中心視野内に概ね 1 拍程度の符頭数全てが入ることが望ましいとしている。これは、次の理由による。読譜者の眼と譜面までの距離は、ピアノに楽譜を置いて演奏を行う際には概ね 60cm 程度となる様に指導される。従って、読譜時視行動の観測についてもこの条件で行うことになる。読譜者の眼 (両眼中心) から譜面までの距離を 60cm とした際の視野中心から半径  $1^\circ$  程度となる小節幅は一定の値を取り、今回用いる楽譜の場合、その小節幅が概ね  $1/2 \sim 2/3$  小節程度となり、拍子の半分前後 (2 拍子楽譜なら 1 拍分、3 拍子楽譜なら 1~2 拍分) が入ることになる。この小節幅を一度に読むことができる AIA 幅であると定める。この様に、 $\xi_0$  は固定値での表現が可能のため、読譜者の読譜能力の差は (4.4) 式中の  $\Delta\xi$  に現れると考える。

#### AIA からの情報獲得時間中央値 $\tau_C$

各 AIA における情報獲得時間の中央値  $\tau_C$  は次の様に考える。  $n_{AIA}$  個の AIA それぞれに対して情報獲得時間  $\tau_{C,j} (j = 1, 2, \dots, n_{AIA})$  が観測されるが、本稿では  $n_{AIA}$  個の  $\tau_{C,j}$  の中央値を  $\tau_C$  と表し、読譜を行う者の情報獲得時間の代表値とする。  $\tau_C$  は、楽譜における速度記号・拍子記号で定められる AIA 内の情報読み取りに必要な時間  $\tau_{s0}$  を用いて、

$$\tau_C = \tau_{s0} + \Delta\tau \quad (4.5)$$

と表される。  $\tau_{s0}$  は、以下に示す通り、計算によって求められる量であるため、  $\tau_C$  における読譜者の読譜能力の差は  $\Delta\tau$  に現れると考える。

$\tau_{s0}$  は、楽譜で指定された 1 小節あたりの演奏時間  $\tau_0$  を読譜に要する時間と等価であるとして  $\xi_s$  で示される AIA の幅 [小節] を乗じたもので計算する。

$$\tau_{s0} = \tau_0 \times \xi_s \quad (4.6)$$

$\tau_0$  は、楽譜に示される速度記号と拍子記号を用いて、次の様に算出可能である。

速度記号はメトロノーム記号 (例えば四分音符=60) で示される場合と *Allegro* などの速度標語で示される場合がある。速度標語で示される場合には、1 ビートを特定の速さで刻むという標準的な値、ビート速度が存在する (例えば、*Allegretto* と表記されていれば

1 分間に 108 回刻む). 拍子記号については,  $M$  分の  $V$  拍子という情報があれば, 1 小節の中には  $M$  分音符が  $V$  個含まれていることを意味する. 演奏速度が速度標語で示される場合, ビート速度は  $M$  分音符を基準とするという約束があり, 通常はビート速度の基準となる音符と拍子記号で指定される  $M$  は一致する.

以上の量を用いて, 小節あたりの読譜に要する時間は, ビート速度を  $B_v$  として

$$\tau_0 = \frac{60}{B_v} \times V$$

で算出される.

### $\tau_C - \xi_s$ の関係

被験者が図 4.10 に示す a.~d. それぞれの特徴を持つ楽譜を読譜する際, 被験者の熟達度と  $\Delta\tau$ ,  $\Delta\xi$  の関係は, 次の様に予想される.

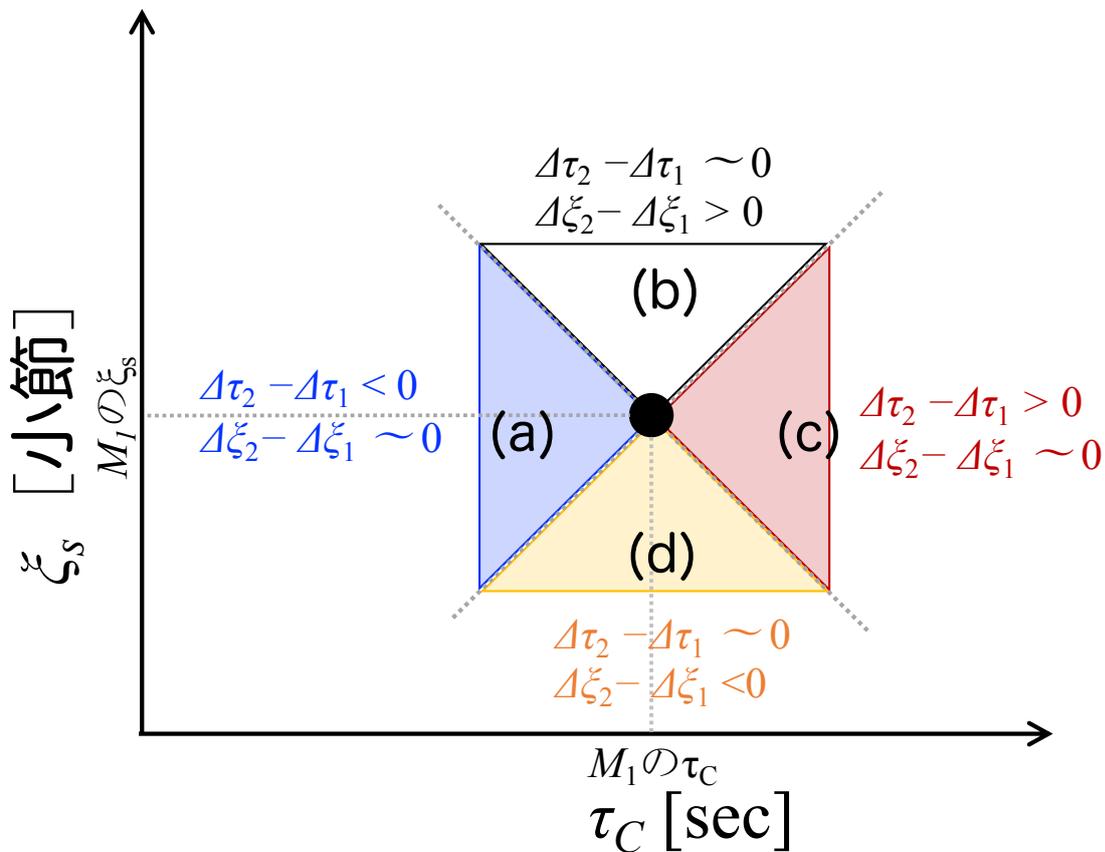
- 熟達度が低い場合

a. の読譜に対する認知負荷は小さく,  $\Delta\tau$ ,  $\Delta\xi$  はいずれも 0 に近くなる. 楽譜の難易度が上がり, d. の読譜に近づくほど認知すべき符頭数, すなわち情報量が増えるため, 認知負荷は高くなる. そのため,  $\xi_s$  を固定して  $\tau_C$  を増加させる ( $\Delta\tau > 0$ ) ことで全ての情報を認知する読譜方略, もしくは  $\tau_C$  を固定して  $\xi_s$  を短縮し,  $\tau_C$  内に処理すべき情報量を減じる ( $\Delta\xi < 0$ ) 読譜方略,  $\tau_C$ ,  $\xi_s$  とも固定もしくは  $\xi_s$  を増加させ, 情報の一部のみを処理する読譜方略, のいずれかをとる.

- 熟達度が高い場合

相対的に読譜に対する認知負荷は小さく,  $\tau_C$ ,  $\xi_s$  はいずれも  $\tau_{s0}$ ,  $\xi_0$  になる. そのため, 平易な楽譜に対して  $\xi_s$  を固定して  $\tau_C$  を短くすることで楽譜最後尾までの読譜時間を短縮し, 固定時間内により多くの復読を可能とする ( $\Delta\tau < 0$ ) 読譜方略, もしくは  $\tau_C$  を固定して  $\xi_s$  の幅を増加させることで  $\tau_C$  内に処理すべき情報量を増加させる ( $\Delta\xi > 0$ ) 読譜方略, のいずれかをとる.

以上の関係を実際の  $\tau_C$ ,  $\xi_s$  に当てはめる. 異なる 2 つの楽譜  $M_1$ ,  $M_2$  の読譜時視行動における観測量のうち,  $\tau_C - \xi_s$  の振る舞いを推定したものを図 4.11 に示す. 図中, 黒丸は, 先に読譜した方の  $\tau_C - \xi_s$  の観測値である. また,  $\Delta\tau$ ,  $\Delta\xi$  の添字につけられている 1, 2 は, それぞれ  $M_1$ ,  $M_2$  に対して計算された  $\Delta\tau$ ,  $\Delta\xi$  を意味する. 図の場合,  $M_1$  を先に,  $M_2$  を後で読譜させている.  $\tau_C - \xi_s$  の値は, 同程度の楽譜難易度である場合には大きな違いはないが, 楽譜難易度が違うものを呈示した場合, 領域 (a)~(d) のいずれかへ移動することが考えられる. この分類をもとに, 学習者の視行動をグループ化し,  $\tau_C$  への影響についての考察を行う.

図 4.11  $\tau_C - \xi_s$  と熟達度の関係.

- (c) へ移動 ( $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 > 0$ ,  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 \simeq 0$ )  
楽譜に対する認知負荷が増えたことにより、 $\Delta\tau$  が平易な楽曲から複雑な楽曲に対応する値へ移行したことを示す。すなわち、被験者にとって後者の楽曲は難易度が高い。
- (b) へ移動 ( $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 \simeq 0$ ,  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 > 0$ )  
同一時間内に情報獲得できる範囲が拡大した、すなわち、 $\Delta\xi$  が複雑な楽曲から平易な楽曲に対応する値へ移行したか、より複雑な楽曲であるが、読み戻り/読み飛ばしなどの行為によって  $\xi$  が増加した可能性が考えられる。どちらの状態であるかは、 $M_1$ ,  $M_2$  の記号数差などから判断する。
- (a) へ移動 ( $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 < 0$ ,  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 \simeq 0$ )  
楽譜に対する認知負荷が減じたことにより、 $\Delta\tau$  が複雑な楽曲から平易な楽曲に対応する値へ移行したか、より複雑な楽曲であるが読み戻り/読み飛ばしなどの行為によって  $\tau$  が減少した可能性が考えられる。どちらの状態であるかは、 $M_1$ ,  $M_2$  の記号数差などから判断する。
- (d) へ移動 ( $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 \simeq 0$ ,  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 < 0$ )

表 4.5 一小節あたりの楽譜情報量

grade	3	4	5	6	7-1	8-1
小節数	27	23	25	22	16	8
最大符頭数	17	13	11	16	7	5
最小符頭数	1	7	3	4	2	2
平均符頭数	11.4	10.6	8.6	10.9	4.1	3.8

$\Delta\xi$  が平易な楽曲から複雑な楽曲に対応する値へ移行したことを意味する。すなわち、被験者にとって後者の楽曲は難易度が高い。

以上の予想をもとに、実際のデータを図 4.11 の様に分類し、被験者が持つ技能と照合することによって、技能推定方法の可能性を検討する。

### 4.2.3 内面化に対する可視化の有用性実験：正接読譜特性図

4.2.1 節で導出した正接読譜特性図によってピアノ学習者の読譜方略を実際に視覚化し、読譜方略のタイプ分類が可能であるか否かを確認するための実験を行う。

実験は、ピアノ演奏の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、および保育士養成機関に所属する学生 16 名に対して行った。

実験は、(1) 事前説明、(2) 1 分間の読譜、(3) 読譜した楽曲の演奏、(4) 個人プロフィールや読譜方略に関する調書作成、という流れをとった。このうち、(1)–(3) は、ピアノ演奏グレードで採用されている試験方式に準じている。また、熟達者については、(4) の調書回答の代わりにインタビューによる自身が行った読譜方略に関するヒアリングを複数回行った。調書は、非熟達者に対しては Web アンケートを行い、ピアノを習っていた（いる）期間、演奏したことのある楽曲を記述式で答えてもらった。また、参考として今回閲覧した楽譜のうち、読みやすかった所、読みにくかった所に印をつけてもらった。熟達者に対しては、対面インタビュー方式をとり、実験終了後に 1 時間程度、今回の実験ではどのように読譜を行ったか、また自身が普段からどのように読譜を行っているか、の話を伺い、それを実験者の方でまとめたのち、不明な点については翌週以降改めて対面インタビュー方式にて確認を行った。読譜時、および演奏時にはそれぞれ視線計測を行った。以下に、それぞれの詳細を述べる。

視線計測には、アイトラッカー (Tobii Pro X2-60, サンプリングレート 60Hz) を使い、Tobii Studio によって制御を行った。視線計測に用いた楽譜は、ヤマハ音楽能力検定制度におけるピアノ演奏グレード 8-3 級に用いられる初見演奏と同程度の練習問題である。

8-6 級は音楽を学んでいる/趣味で楽しんでいる学習者、5-3 級は音楽の指導者・専門家や、それらを目指す者を対象としている。グレード毎に用いた楽譜に対し、小節数、各小節における最大符頭数、最小符頭数、平均符頭数を表 4.5 に示す。これらの楽譜を視線計測用モニタ (On-Lap Touch Monitor 1502I) に投影し、被験者はモニタに投影された楽譜に対して読譜を行う。モニタの解像度は  $1920 \times 1080\text{px}$  である。測定時、被験者は眼球から 40-60cm 程度離れたグランドピアノの譜面台に横長方向に設置されたモニタに投影される譜面を読譜する。譜面のサイズは、楽譜部が概ね実際の楽譜と同サイズになる様に調整した。楽譜の提示は、熟達者については 8 級から 3 級まで全ての楽曲を、非熟達者については 7 級 (以下、高グレードと記述する)、8 級 (低グレードと記述する) とともに 2 曲準備し、被験者毎に各級 1 曲ずつを提示した。また、提示の順番は、熟達者、非熟達者とも緊張しない様、8 級、7 級 (熟達者は、以降 6 級、 $\dots$ 、3 級) の順番で常に提示した。また、全ての楽譜について、被験者は初めてみる楽譜であることは確認済みである。アイトラッカーによる視線計測は、この環境における読譜 (一部、演奏含む) に対して行った。本実験における条件下では、視野半径 1 deg. は、概ね  $x$  方向・ $y$  方向とも 50pix である。

### 正接読譜特性図の効果

本稿における読譜は、状況の簡略化のため、“音符もしくは音符の連なりという信号を認識し、音高・音程・音長を認識すること”とし、文意にあたる音楽的解釈は除外する。

本実験のように、時間制約がある上に定められた時間を経過したのちに楽譜に書かれている内容を運動として起こさなければならない場合、制限時間内で楽譜を読み切らねばならないという条件が自然に発生する。従って、合理的な読譜を行う筈なので、原則として読譜は大譜表の左から右へ流れる様に読むと考える。これが能力にあった楽譜であれば一定のペースで読み進めて行くだろうが、能力に見合わない、特に能力以上の難易度を持つ楽譜の場合には少し進んでは戻り、を繰り返すと考える。

この状況を最も効果的に表す視線計測データ分析を行なわねばならない。本稿では、それを次のように表す。

通常、人が物を見ることによって情報を取得する場合、興味のある部分に視線を停留させ、そこから情報を読み取れば次の部分に移動する。単語や文章の場合には、基本的に文字は直線上に配置されることが多い為、停留点の水平方向の移動に特徴が現れる (例えば Gaskell [61])。しかし、楽譜の場合、符頭 1 つ (1 文字に相当) の水平方向配列のみで楽曲が表現されることは少なく、通常大譜表と呼ばれる楽譜で記載される。大譜表はその構造上、少なくとも 2 つの五線譜から構成され、おのこの五線譜は小節で区切られ、各小節に多くの符頭を含む音符が縦横に配列されている。このことから、読譜時の停留点算出は中心視野内のサッケードを統合して重心を求め、ある時間帯にはその重心を見ていると考えるのが実際の読譜による情報取得に最も近いデータ集約であるとした。

表 4.6 停留点移動の符号化一覧表.

$x$ 方向の移動	$\theta_{\tan}(\text{deg.})$	符号
-	$-90 \leq \theta_{\tan} < -60$	0
-	$-60 \leq \theta_{\tan} < -30$	1
-	$-30 \leq \theta_{\tan} < 0$	2
-	$0 \leq \theta_{\tan} < 30$	3
-	$30 \leq \theta_{\tan} < 60$	4
-	$60 \leq \theta_{\tan} < 90$	5
-	$\theta_{\tan} = 90$	6
+	$-90 \leq \theta_{\tan} < -60$	7
+	$-60 \leq \theta_{\tan} < -30$	8
+	$-30 \leq \theta_{\tan} < 0$	9
+	$0 \leq \theta_{\tan} < 30$	A
+	$30 \leq \theta_{\tan} < 60$	B
+	$60 \leq \theta_{\tan} < 90$	C
+	$\theta_{\tan} = 90$	D

注視点は、単位時間間隔  $\delta t_s$  に注視していた場所とし、その座標を  $(\xi_j, \zeta_j)$  と定義する。本計測の場合、60Hz で注視点を取得していることから  $\delta t_s \sim 0.017$  秒である。停留点を算出するにあたり、 $i$  番目  $\sim i+1$  番目の注視点間ユークリッド距離のうち、 $\theta_{th} = 2 \text{ deg.}$  (100 pix), すなわち

$$\sqrt{(\xi_j - x_i)^2 + (\zeta_j - y_i)^2} \leq 100\text{pix.} \quad (4.7)$$

かつ、 $p_g(\xi_j, \zeta_j)$  が  $P_{f(i)}$  が定められた時刻から起算して記号の認知に最低限必要な時間  $t_{th} = 0.1\text{sec.}$  以上経過した時刻に測定された場合に停留点は移動したとし、移動していないと判定された注視点群の重心座標を算出して  $P_{f(i)}(x_i, y_i)$  とした。

このようにして求められた停留点群  $\mathbf{P}_f$  の時系列データに対し、 $\overrightarrow{P_{f(i+1)}P_{f(i)}}$  の正接角度および水平方向の移動を  $n_\theta = 3$  (30 deg. 毎に分割) および正接方向の角度  $\theta_{\tan}$  を用いて、(負方向, -90 deg.)  $\sim$  (負方向, 90 deg.), (正方向, -90 deg.)  $\sim$  (正方向, 90 deg.) の14段階で行った。表 4.6 に、設定した符号を示す。

以上を踏まえ、本稿では (1) 符号列の  $n$ -gram(本稿では  $n = 2$ ) 頻度分布, (2)  $x$  軸方向,  $y$  軸方向の移動頻度分布, の2方法で熟達者/非熟達者の停留点移動の違いについて特徴抽出を行う。

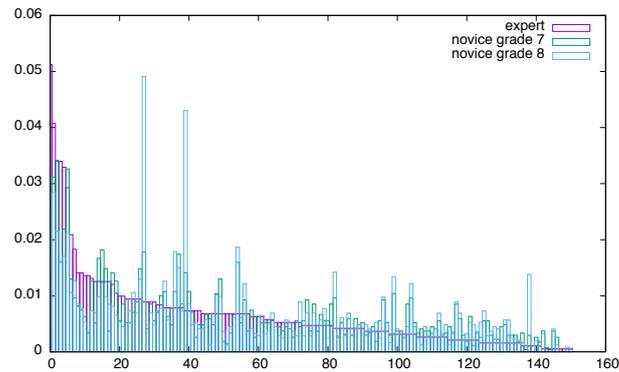


図 4.12  $n = 2$  とした際の熟達者/非熟達者間の視線移動符合列に出現した符合列片の頻度分布。

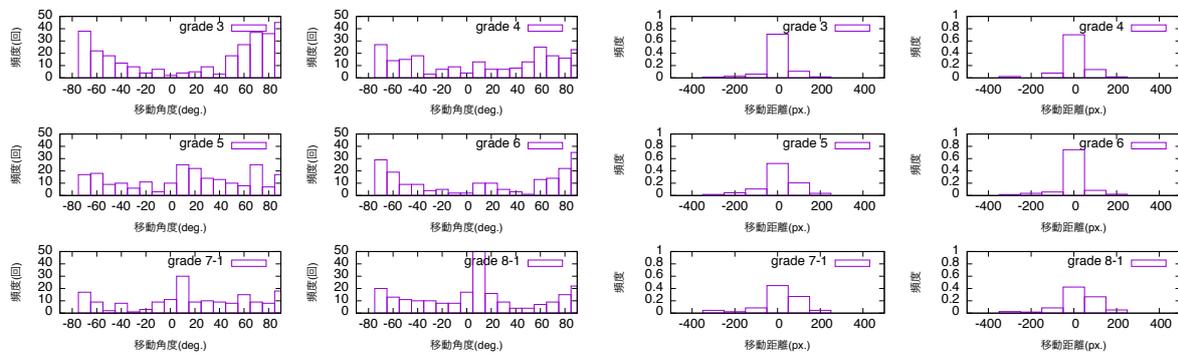


図 4.13 熟達者における停留点移動の  $\theta_{\tan}$  成分 (左 2 列)/水平移動成分 (右 2 列) 分布の例。凡例に難易度を示すグレードが記されており、数値が少ない方が高難易度。

### 符合列の $n$ -gram 頻度分布

図 4.12 に、 $n = 2$  とした際の熟達者/非熟達者間の視線移動符合列に出現した符合列片の頻度分布を示す。図には熟達者/非熟達者 (高難易度)/非熟達者 (低難易度) に対し、熟達者の符合列片頻度を降順に並べ、同じ符合列片に対する非熟達者の各符合列片の頻度分布を表示している。 $n$ -gram の生成に用いた符号群は表 4.6 を用いている。両者に違いがなければ同一傾向を示すはずであるが、図は、非熟達者の頻度ピークが熟達者のそれとは異なる部分はいくつか見られる。例えば、図中の 27 番目は、表 2 による符号を用いれば“33”で表される。熟達者は、“33”で示される停留点移動は全体の 1% 程度しか行っていないが、非熟達者は 5% 近く行っている。“33”で示される停留点移動は、水平負方向、 $\theta_{\tan}$  は  $0 \sim 30$  deg. の間、すなわち、ほぼ水平に負方向へ視線を戻していることを示す。このような違いが他にもいくつか見て取れる。

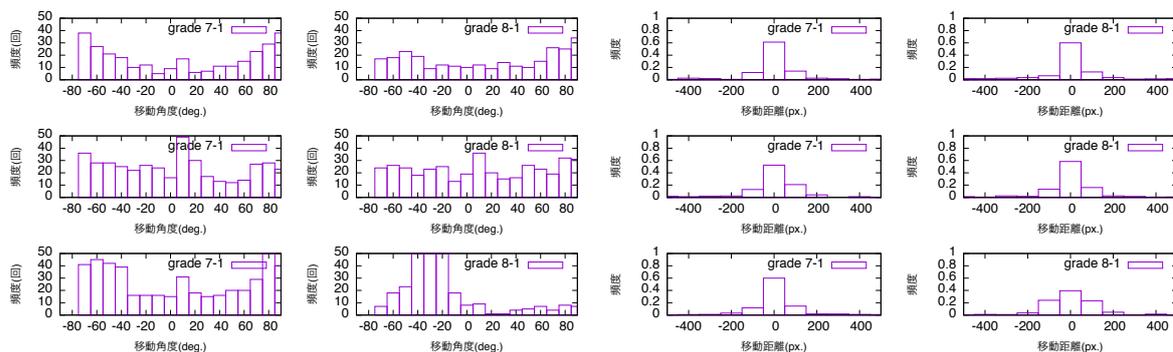


図 4.14 非熟達者における停留点移動の角度成分(左2列)/水平移動成分(右2列)分布の例。上段から下段に下がるにつれ、非熟達者のピアノ経験値は下がる者を配置。

### 水平方向, $\theta_{\tan}$ 頻度分布

前節での指摘を踏まえ、熟達者/非熟達者の停留点移動を  $\overrightarrow{P_{f(i+1)}P_{f(i)}}$  の  $\theta_{\tan}$  および水平方向の移動頻度分布により傾向分析を行う。

まず、確実な傾向を掴むため、熟達者における  $\theta_{\tan}$  および水平方向の移動頻度分布を図 4.13 に示す。左2列が  $\theta_{\tan}$  方向の分布、右2列が水平移動成分分布である。 $\theta_{\tan}$  方向は 10deg. 毎に、水平移動成分は 100px. 毎に分布を取っている。

水平移動成分は、 $-100 \sim +100$ px. に大きなピークがあり、低グレードの場合には水平正方向にもやや大きな分布が発生し、高グレードの場合には  $\pm 100$ px. 以上の大きな移動はない。このことから、水平方向の移動量も多少は関係するものの、基本的には正負いずれの方向に移動したかで傾向分析可能であるとした。

$\theta_{\tan}$  についてはより明確な傾向が出ており、低グレードの場合には  $0 \sim +20$ deg. の間に顕著なピークが読み取れるが、高グレードに行くにつれ両端、つまり上下の大きな停留点移動が確認される。特に最高グレード(3級の楽譜)の場合にはその傾向がはっきり出ており、後日被験者に確認したおりも、グレードが上がるにつれ符頭確認のために上下方向の視線移動が増えたと語っていた。

以上を踏まえ、同様の分析を非熟達者に対しても行った。16名の非熟達者のうち、同一楽曲を演奏した8名に対して分析を行った。図 4.14 に、非熟達者の内、楽曲演奏経験の異なる3名についての結果を示す。左2列が  $\theta_{\tan}$  の、右2列が水平方向の分布の例である。凡例に楽曲の難易度を示しており、数値が小さい方が高グレードである。上段は被験者  $K_1$ 、非熟達者の中でも長くピアノ学習を行っており、高度な楽曲演奏経験を有する者(被験者  $K_1$ )、中段は中程度期間のピアノ学習を行っており、初心者が演奏する程度の楽曲演奏経験を有する者(被験者  $K_2$ )、下段は非定期かつ自由にピアノを学習している者で、初心者が演奏する程度の楽曲演奏経験を有する者(被験者  $K_3$ )である。

表 4.7 使用した楽譜に含まれる記号数や  $\tau_0$  の特徴量

	G7		G8	
	G7-1	G7-2	G8-1	G8-2
小節数	16.00	17.00	8.00	8.00
全記号数	101.00	148.00	52.00	46.00
小節あたりの読譜に必要な時間				
$\tau_0$ [s]	0.264	0.324	0.171	0.232
小節あたりの統計量				
幅 [pix/小節]	180.00	180.00	220.00	220.00
記号数最小値	4.00	5.00	5.00	4.00
$Q_{1/4}$	5.75	8.00	6.00	5.00
$Q_{2/4}$ (中央値)	6.00	9.00	6.50	6.00
$Q_{3/4}$	7.00	10.00	7.00	6.00
記号数最大値	10.00	11.00	8.00	8.00
$\bar{N}_n$	6.31	8.71	6.50	5.75

水平方向の移動には大きな違いはないが、 $\theta_{\tan}$  方向には明確な違いが見て取れる。K<sub>1</sub> の  $\theta_{\tan}$  方向の傾向は、熟達者同様低グレード (図中では grade 8-1 と記載) ではほぼ傾向はなく、たいらに近い。しかし、高グレード (図中では grade 7-1 と記載) では -80deg. 付近および +80deg. 付近に大きなピークがあり、そこから 0deg. へ向かうにつれ停留点移動の頻度はどんどん少なくなっている。このことは、停留点移動は上下に対する移動が多く、水平、すなわち 0deg. 付近の移動頻度は  $\pm 80$  deg. 付近の頻度と比べると 1/4~1/2 程度まで減少している。K<sub>2</sub> の  $\theta_{\tan}$  方向の傾向は、+10 deg. 付近に最大頻度がある以外は特別な特徴は見られず、K<sub>3</sub> の  $\theta_{\tan}$  方向の傾向は、-80~-40deg., および +80deg. 付近に最大頻度が存在し、特に負の  $\theta_{\tan}$  方向は多くの停留点移動があったことがわかる。

以上を踏まえ、読譜の停留点移動と熟達者/非熟達者間のピアノ学習歴等との関係について考察を行う。

#### 4.2.4 内面化に対する可視化の有用性実験：AIA および情報獲得時間

##### 実験諸元

本実験は、2015 年 6~7 月に、保育士養成課程を持つ K 大学に所属する 2 年次生のうち、被験者となることに同意した 61 名に対して実施した。被験者を指導する教員から、当該属性を持つ被験者群は、総じて、少なくとも両手で同時に 2~3 音程度を奏する音符

であれば、楽譜に示される音符の音高・音価をイメージできる能力を有していることを確認している。

読譜させた楽譜は、ヤマハピアノグレード検定で難易度が定められる2つの級と同等のものを選択する。上位級を7級(以下, G7), 下位級を8級(以下, G8)とし、各級の演奏技能試験に出題されるものと同等レベルで構成される初見演奏のための各級の練習曲から2曲ずつ選択し、それぞれG7-1, G7-2, G8-1, G8-2とラベルづけをした。表4.7に、使用した楽譜に含まれる符頭、休符、臨時記号、音楽記号、楽譜から定められる $\tau_0$ の特徴量を示す。

同一人物については異なる級の楽譜を読ませ、読譜時視行動に差が出るか否かを確認することとした。また、同一級の異なる楽譜であっても同様の傾向が見出せるかを確認するために、被験者を2群に分けた。A群(30名)にはG7-1およびG8-1, B群(31名)にはG7-2およびG8-2をそれぞれ1分ずつモニタに投影した楽譜を読ませ、その視行動をTobii Pro X2-60で記録した。サンプリング周波数は60Hzであった。楽譜を読む際、楽譜に記載される音高・音価、および、メロディをイメージして、演奏しているかの様に読譜する様指示をだした。

取得した視行動データに対し、視行動を図4.11の傾向に従って(a)~(d)の4グループに分け、視行動の分析・考察を行う。

楽譜の呈示順は、本来であればG7-G8, またはG8-G7を無作為に選んで実施すべきであるが、本実験における被験者の多くはピアノ学習の初学者で、本実験で用いるG8程度の楽譜はそこそこ読み取れるがG7程度の楽譜であるとばらつきがあるだろうといった指摘が保育士養成課程の教員から寄せられた。そうした者が難しい楽譜を先に見てしまうと、それ以上難しい楽譜が出てきたらどうしようといった心理的不安を生じさせてしまい、それが視行動に影響しかねないと考えた。

そこで、被験者にとって心理的負担軽減のため、G8を先に、G7を後に呈示することで統一した。実験時、エラーでデータを取得できなかった被験者が2名いたため、データ分析は59名の被験者に対して行った。

参考情報として、ピアノ演奏の熟達者としてピアノ講師1名の読譜時視行動データも取得した。講師の視行動については、計測器、および呈示方法は先に述べた方法で行い、呈示刺激の内容については、被験者と比べると講師は圧倒的にピアノ演奏技能や読譜能力が高いため、同検定の8級から3級(練習問題として入手可能な最高難度)までの楽譜に対し、それぞれ3~4曲の視行動データを取得した。

### $\xi_s - \tau_C$ の関係

図4.15(1)に、 $\tau_C - \xi_s$  分布によって(a)~(d)にグループ化した被験者の視行動結果を示す。今回の被験者には(d)に該当する者はいなかった。グループ(a)は15名(A群・7

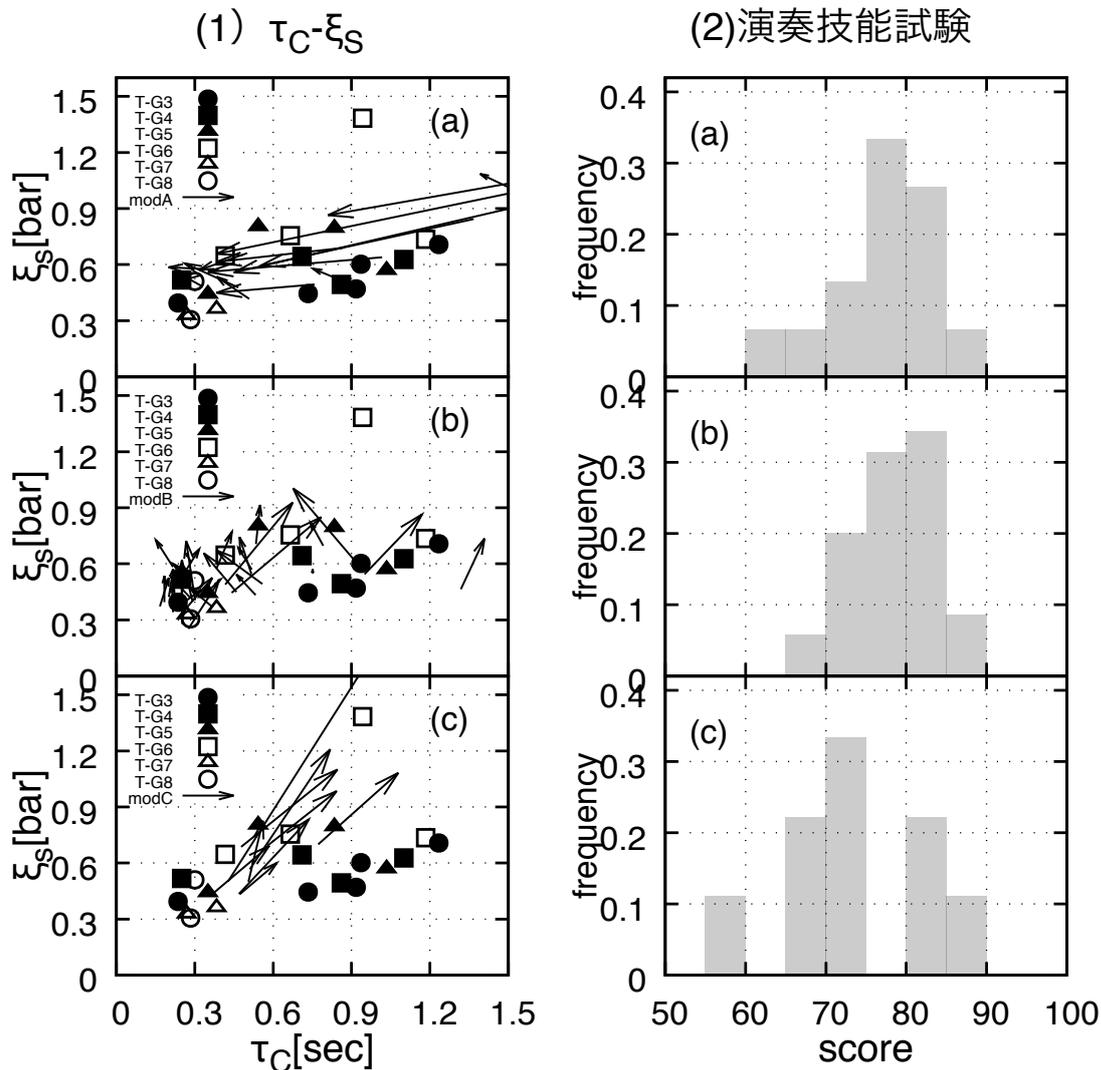


図 4.15  $\xi_s, \tau_C$  の分布とそれに対応する実技試験の得点分布の関係. それぞれ, 学習者データに対し, (a)(b)(c) は図 4.11 に対応. 図中の凡例に示される T-は, 講師のデータに対するプロットを示す.

名, B 群・8 名), グループ (b) は 35 名 (A 群・19 名, B 群・16 名), グループ (c) は 9 名 (A 群・3 名, B 群・6 名) であった. 図中のベクトルは, 被験者のデータを, 始点を G8 データ, 終点を G7 データとしたプロットである. 従って, 始点から終点への方向を見ると, どのような視行動方略を用いているのかがわかる.

図中, 参考となる様に, 熟達者データ (ピアノ教室の講師) も同時にプロットシンボルで示した. G6~G8(講師にとって平易な曲) のプロットシンボルは白抜きで示した. G5~G3(講師にとって難解な曲) のプロットシンボルは黒塗りで示した.

熟達者データの振る舞いを図 4.11 に照らし合わせると, はじめの方に読譜を行った平易な曲のデータ分布の右側に難解な曲のデータが分布している ((c) に相当).

表 4.8  $\Delta\xi$ ,  $\Delta\tau$ , 読み戻り率, 読み飛ばし率, 読み飛ばし率/読み戻り率比の基礎統計量および  $t$  検定の結果. \*\*は  $\alpha = 0.05$  で有意差があり\*は  $\alpha = 0.1$  で有意傾向があることを示す.

		グループ(a)					グループ(b)				
		A群		B群		$p$	A群		B群		$p$
		平均	$\sigma$	平均	$\sigma$		A群・B群	平均	$\sigma$	平均	
$\Delta\xi$ (小節)	7	-0.037	0.092	0.002	0.134		0.043	0.118	-0.049	0.085	**
	8	0.088	0.092	0.043	0.175		-0.085	0.085	-0.160	0.123	**
	$p$ 7級・8級	*					**		**		
$\Delta\tau$ (秒)	7	-0.273	0.149	-1.055	0.109	**	-0.412	0.277	-1.011	0.207	**
	8	0.374	0.344	0.312	0.424		0.026	0.278	-0.048	0.123	
	$p$ 7級・8級	**		**			**		**		
読み戻り率	7	0.586	0.103	0.610	0.139		0.617	0.081	0.576	0.121	
	8	0.584	0.075	0.593	0.079		0.542	0.099	0.474	0.094	**
	$p$ 7級・8級						**		**		
読み飛ばし率	7	0.107	0.049	0.053	0.034	**	0.110	0.066	0.044	0.038	**
	8	0.128	0.061	0.100	0.063		0.119	0.066	0.100	0.064	
	$p$ 7級・8級			*					**		
読み飛ばし/ 読み戻り比	7	0.196	0.099	0.098	0.079		0.188	0.126	0.078	0.066	**
	8	0.226	0.120	0.170	0.110		0.231	0.144	0.215	0.135	
	$p$ 7級・8級						**		**		

次に、被験者データの分析を行う。(4.4)式, (4.5)式における  $\Delta\xi_s$  および  $\Delta\tau_C$  の傾向を分析した結果を、表 4.8 に示す。表の作成にあたり、 $\Delta\xi$ ,  $\Delta\tau$  を算出する必要がある。 $\Delta\xi$  を算出するためには (4.4) 式中の  $\xi_0$  を決めなければならない。2.1 節で述べた  $\xi_0$  の範囲から、本稿では  $\xi_0 = 0.5$  小節とした。 $\Delta\tau$  を算出するためには、(4.5) 式中の  $\tau_{s0}$  を決めなければならない。これについては、表 4.7 において予め算出してある  $\tau_0$  に被験者ごとの  $\xi_s$  を乗じて算出した。

また、表には、楽譜の読み戻り率、読み飛ばし率も併記してあるが、ここでは  $\xi_0$  の半分、すなわち 0.25 小節以上の読み戻り/読み飛ばしに対して分析、検定を行なった。

観測された値については、 $M_1$  を下位級 (G8),  $M_2$  を上位級 (G7) として、それぞれのグループに対して、群内における難易度に対する  $t$  検定、および A・B 群間の同一級に対する  $t$  検定を行なった。ただし、グループ (c) については、(c) に属する被験者が少なく、楽曲の差の検定が行えなかったため、ここではグループ (a) とグループ (b) についてのみ記す。

#### グループ (a)

$\Delta\tau$  については、両群とも異なる級に対する検定結果は  $\alpha = 0.05$  で有意差があった。また、同一級に対する両群間の差は上位級については  $\alpha = 0.05$  で有意差があった。これは、楽譜内の全記号数が A 群に対して B 群は 1.5 倍になっているため、記号に対する認知の仕方が若干異なったからではないかと考えられる。

A 群の異なる級に対しては、 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 = -0.647 < 0$ 、および  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 = -0.125 < 0$  であった。B 群の異なる級に対しては、 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 = -1.367 < 0$ 、および  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 = -0.041 < 0$  であった。

$\Delta\xi$  の変化については、負の傾向が見られたものの、0.1 小節程度の幅であればそれほど有効な変化量ではないと考えられるため、 $\Delta\xi$  については変化はほぼなかったと考える良い。

これに対して、 $\Delta\tau$  については、次の特徴がある。G8 の楽曲に対して、 $\Delta\tau$  は正の値をとり、非常に時間をかけて AIA から情報を取得している。G7 の楽曲に対して、 $\Delta\tau$  は負の値を取り、急速に AIA から情報を取得している状況が読み取れる。

読み戻り、読み飛ばしなどの傾向については、G7、G8 それぞれの楽曲間で有意な差は見られなかった。

以上のことから、グループ (a) に属する被験者の能力は、次の様に推定できる。G7-G8 間における、それぞれの楽曲全体の符頭数は、表 4.7 より、2~3 倍ほどの差がある。すなわち、認知すべき情報量が格段に変化することを意味している。それに対して、G7-G8 間の  $\Delta\xi$  に大きな変化がなく、 $\Delta\tau$  を短くし、全 AIA の半数程度に読み戻りがあることを考慮すると、後から読んだ楽譜については、先に楽譜を読んだことで読譜に慣れてきたため、この様な視行動になったのではないかと考えられる。すなわち、グループ (a) に属する被験者にとって、G7 の楽曲といえどもそれほど認知負荷が高い楽曲であるとはいえず、認知負荷が高くないということは演奏時にもそれほど負担がかからないことを示唆している。

また、A 群・B 群とも、視行動の傾向に大きな違いが見られなかったため、グループ (a) については、同程度の難易度であれば、異なる楽曲を読譜させても同じ様な結果が得られることが推察される。

### グループ (b)

$\Delta\tau$ 、 $\Delta\xi$ 、読み戻り率に対して、両群とも異なる級に対する検定結果は  $\alpha = 0.05$  で有意差があった。また、同一級における楽曲間の差も、グループ (a) と比べると、多くの特徴量で有意差がある。しかし、 $\Delta\tau$ 、 $\Delta\xi$  の値の変化については同じ様な増減傾向が見られることから、楽曲間による差異は認められるが異なる級に対する視行動の傾向は変わらない。

A 群の異なる級に対しては、 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 = -0.438 < 0$ 、および  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 = 0.128 > 0$  であった。B 群の異なる級に対しては、 $\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 = -1.059 < 0$ 、および  $\Delta\xi_2 - \Delta\xi_1 = 0.129 > 0$  であった。

$\Delta\xi$  の変化については、正の傾向が見られたものの、0.1 小節程度の幅であればそれほど有効な変化量ではないと考えられるため、 $\Delta\xi$  については変化はほぼなかったと考える良い。

これに対して、 $\Delta\tau$ については、大きな特徴がある。G8の楽曲に対しては、いずれも $\Delta\tau$ は0に近い。すなわち、規範モデルに近い視行動を示している。これに対してG7の楽曲に対しては $\Delta\tau$ は負の値となっている。すなわち、急速にAIAから情報を取得している状況が読み取れる。

また、読み戻り、読み飛ばしの傾向をみると、グループ(b)は、読み戻りに対して異なる級の間大きな差が見られ、G7の楽譜はG8に比べると読み戻り率が10%ほど増加している。

以上のことから、グループ(b)に属する被験者の能力は、次の様に推定できる。G8の楽曲は自身の能力にちょうど良い楽譜であるため、規範モデルに近い読み方ができる。しかし、情報量が2~3倍に増えたG7の楽曲については、多くの情報を楽譜から取得しなければならないため、 $\Delta\tau$ を短くして急いでAIAから情報を取得しようとしているが、情報を取りそびれたためにG8の楽曲と比べて読み戻りが増加する視行動を取ったと考えられる。すなわち、G7の楽曲はグループ(b)の被験者にとっては認知負荷の高い楽譜であり、認知負荷が高いということは、演奏の際にも大きな負担がかかることを示唆している。

また、A群・B群とも、視行動の定性的な傾向に大きな違いが見られなかったため、グループ(b)についても同程度難易度であれば、異なる楽曲を読譜させても同じ様な結果が得られることが推察される。

### 技能テスト結果との関係

最後に、グループ(a)~グループ(c)への分類が本当に被験者の技能を示しているかについて検証を行った。

図4.15(2)は、本実験とは別に、K大学の授業時に実施されたピアノ演奏試験のテスト結果分布である。試験内容は、本実験で示した楽譜と同程度の難易度(G7~G8相当)の曲を被験者に奏させ、3名の試験官が独立に採点したものを平均し、個人の試験結果としている。そのため、より客観的に被験者の演奏能力を考察できる。

グループ(a)に属する被験者は、得点分布が60~90点近くまで分布しているが、最頻は75~80点である。グループ(b)は、(a)と比べると、より分布が狭く、低得点層が少なく、最頻は80~85点である。グループ(c)は、低得点層が他に比べて多く、最頻も70~75点と低い上に75点以上獲得できた被験者が総じて少ない。

このことと、 $\tau_C - \xi_s$ 分布の結果を踏まえると、読譜時視行動は読譜を行う者の楽譜に対する認知能力を表していると考えられる。楽譜に対する認知能力の高低は、認知された楽譜を演奏という身体行動に置き換える能力にも大きく影響する。対象者にとって難易度の高い、すなわち、認知するのが難しい楽譜を呈示された場合、対象者がその楽曲を身体行動に置き換えることが難しくなり、それは、その楽曲を演奏しづらいことを意味している。逆に、難易度の低い、すなわち、認知するのが容易な楽譜を呈示された場合、対象者

がその楽曲を身体行動に置き換えることは容易となり、それは、その楽曲を演奏しやすいことを意味している。

以上のことから、読譜時視行動として  $\tau_C$  や  $\xi_s$  を観測することで、対象者の演奏技能を推定することは可能ではないかと考えられる。



## 第5章

# 考察：ピアノレッスンにおける関連技能指導時の可視化情報の効用

4章までの研究を受け、最後にピアノレッスンにおける関連技能指導時の可視化情報の効用を、

- 獲得した技能の表出化（内面化情報に基づいた個人練習成果の精度改善）
- 獲得した技能の内面化（学習者の技能獲得状況の推定）

の点から考察する。

### 5.1 技能の表出化を促す学習者情報の可視化

4.1節で示した教育デザインおよびその実践結果から得られたことをまとめると図5.1のようになる。表出化を促すために学習者に課した要素は、

- 自身のピアノ弾き歌い演奏映像の提出、
- 模範演奏の閲覧を含めたeラーニング教材による学習
- 模範演奏等の閲覧に対する観察記録（レポート）の提出

の3点であった。このうち、模範演奏以外のeラーニング教材（注釈付き楽譜、発声等技能に関する解説を加えたFAQ集）については、eラーニング教材サイトのユーザビリティとも相まって学習者はそれほど意識して学習していた訳ではなかったため、その効果を確実に評価することは難しい。

ここでは、映像提出、模範演奏閲覧、閲覧後のレポート提出を中心に、附随的に注釈付き楽譜・FAQ集を含めた、技能の表出化を促す学習者情報の可視化について考察する。

4.1.2節で示した通り、教育デザインの有用性に対する調査は、

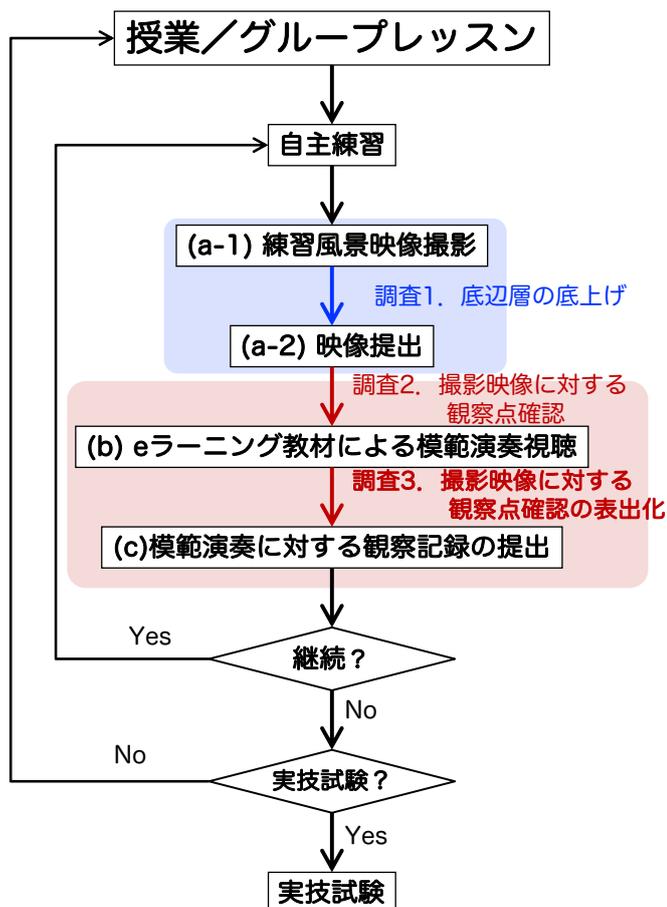


図 5.1 構築したマス授業における教育デザインの効用.

1. 映像提出の際の学生へのベネフィット付与の有無（調査 1），
2. 模範演奏視聴の有無（調査 2），
3. レポート課題提出の有無（調査 3）.

の 3 点であった。それぞれの結果は、次の様に解釈できる。

#### 1. 調査1：映像提出に対する得点付与は行わない方が良い。

映像提出に対する得点付与を行なった場合、技能を獲得しきれていない学生は、自身の練習を振り返って技能の底上げを行うよりも、映像提出そのもので期末実技試験の得点、すなわち単位獲得を補おうとする。その結果、自主練習の質を問うよりも適当に練習風景を撮影・提出することのみ気持ちが向かってしまい、技能向上につながらない。一見、一定時間の練習を確保させるために、とにかく映像提出を多く行わせれば良い、そのためには得点付与は止むを得ない、という指導に陥りがちだが、成人教育については、この考え方は必ずしも正しくはないことが示され

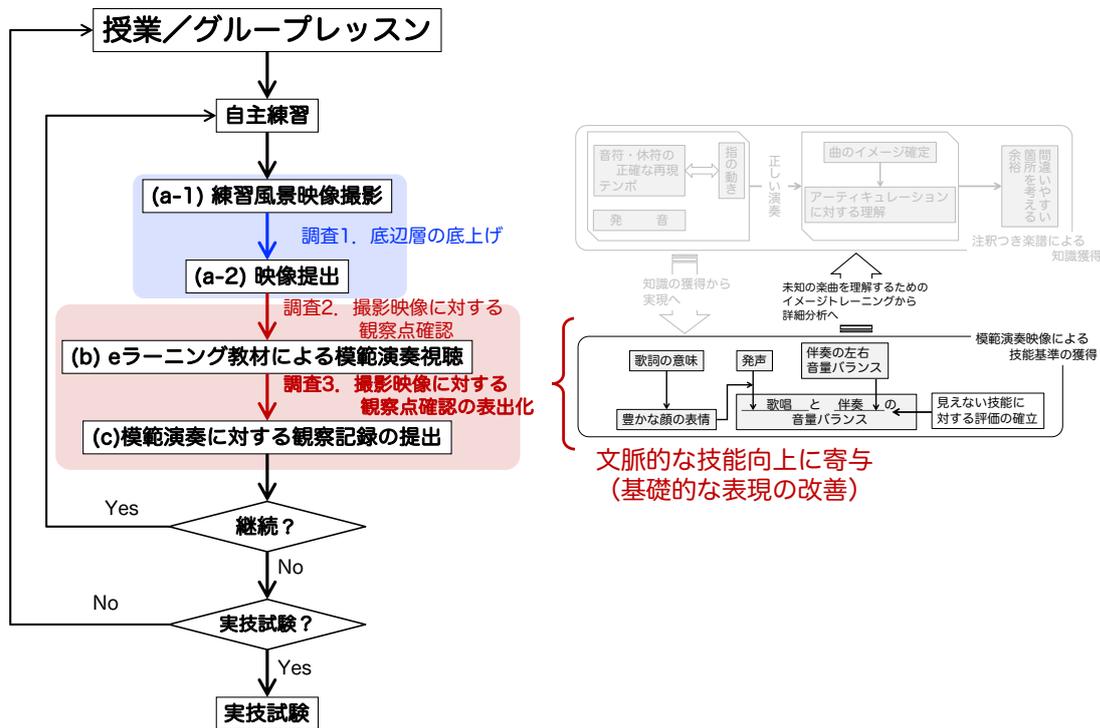


図 5.2 教育デザインによる技能獲得への効用範囲。

た。自主練習の質を向上させるには、別の仕掛けを教育デザインに取り入れるべきである。

## 2. 調査2：模範演奏視聴は行わせた方がよい

映像提出の際、自身の演奏を振り返らせる、というステップを踏ませるためには、どのような演奏が良いのか、という“模範”が必要である。模範を意識させるという意味では、模範演奏視聴は効果的である。ただし、全くの初心者や、完全に自身の技能をコントロール可能な熟達者が模範演奏視聴をしっかりと行うことは重要であるが、自身の演奏をコントロールしきれないにも関わらず高得点を出せる学習者に対する模範演奏視聴の誘導には注意が必要である。なぜならば、模範演奏の通りに自身の演奏を改善しようと試みても上手く自身の身体を制御しきれず、却って技能が下向してしまう傾向が見受けられるからである。このあたりは、学習者のチャレンジ精神、基礎技能向上のための別の仕掛け、技能向上にかけられる十分な時間、のバランスが必要である。

## 3. 調査3：レポート課題提出は行わせた方がよい

調査2で示した模範演奏視聴には、技能獲得の観点では一定の効果を見出せたが、映像提出の際に、評価を揺らがせることなく自身の演奏を振り返らせるには、模範演奏のどこをどのように意識して自身の演奏につなげると良いのか、の基準をは

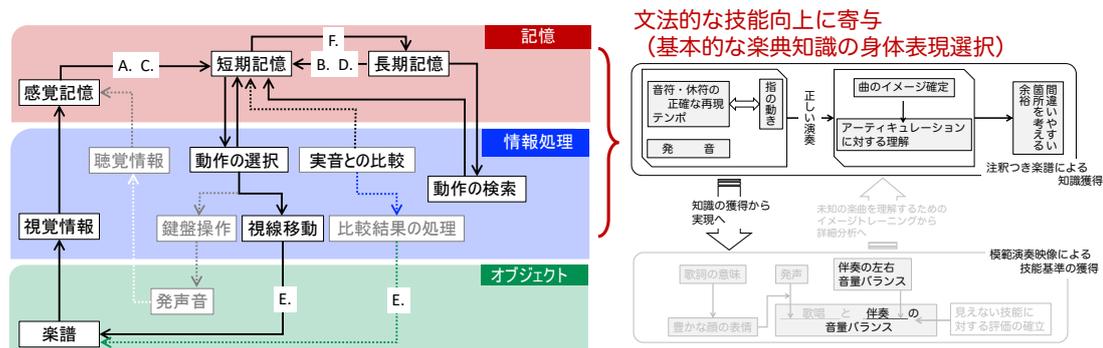


図 5.3 演奏技能獲得過程と演奏関連技能連関図から導かれる技能獲得教育の効用範囲。

きりさせる必要がある。その意味では、模範演奏から読み取れた内容の表出化は重要である。ただし、非熟達者の模範演奏視聴に対する詳細分析の範囲には限界があり、基本的には印象評価、すなわち文脈的な（＝基本的な表現に関する）技能の改善に留まる可能性が高い点には留意する必要がある。それでも、保育者養成機関や初等教育教員養成課程の様に免状取得後の職能の底上げを行う、という意味では意味のある改善可能性である。

一連の解釈から得られる理解は、基本的に映像を用いた学習者技能の表出化や表出化の基準となる模範演奏視聴・視聴後のレポート提出は、学習者の技能という視点で見れば、“文脈的な技能改善”への寄与、ということになる。すなわち、これまで学習者自身が獲得した技能を駆使して自身の身体を制御し、模範演奏を元に構築した演奏イメージを再現、すなわち、表出化すれば模範演奏に近づく、というものである。

一連の解釈を元に、図 5.1 で得られた教育デザイン要素に対する調査結果と演奏関連技能連関図との照合を取り、学習者情報（ここでは学習者の演奏行為そのものを指す）の可視化への意味付けを示したものが、図 5.2 である。演奏関連技能連関図における、イメージトレーニングから詳細分析へ入る、という流れに寄与する。

演奏関連技能連関図には、注釈付き楽譜の役割も示されている。学習者のコメントを元に定性的な解釈を加えると、次のことが考えられる。Nakahira et al. [52] によれば、注釈付き楽譜が機能した点を学生に回答させた結果、

- 曲のイメージ、
- 指の動き、
- 音符と休符の長さ、

といった、どちらかといえばピアノ伴奏に関する内容であることが示されている。これらがどのように学生の技能改善に機能すると考えられるかを次に示す。

- **曲のイメージ：強弱記号による具象化**

注釈付き楽譜には、強弱記号やその意味、言葉による解説で“...のように弾いてください”といったコメントが多く掲載されている。このことから、模範演奏で漠然と意識した曲想がある一定の水準で量として認識される可能性が高い。

- **指の動き：円滑に奏するためのスキル**

注釈付き楽譜には、伴奏部に対して運指、すなわち、どの音をどの指で奏すると楽に演奏できるのか、指が足りなくなることがないのか、といった記載がある。こうした情報は、ある一定のピアノ演奏技能を持つ学生には有益である。

- **音符と休符の長さ：正確なリズムを意識する**

模範演奏だけで耳コピーを行う様な練習を重ねていくと、実際のところは楽曲に対する正確な演奏とはならない。感性を問うコンクールと違い、ある一定の基準でもってメカニクな技能を学ばねばならない初心者にとって、正確なリズムを意識するための音符や休符の長さへの意識は重要である。

これらはいずれも、楽曲が示された楽譜に対する“文法的な技能改善”への寄与、すなわち、学習者が楽譜を読むに足る知識を有している場合には、楽典知識を用いて楽曲を正確に認識することに寄与する。文法的な技能改善は、学習者にある一定の基礎学力を要請する。そのため、演奏関連技能連関図の該当部は、演奏技能獲得過程と密接な関係を有すると考えられる。この関係を示した図が、図 5.3 である。演奏関連技能連関図における注釈付き楽譜から得られる知識獲得は、与えられた注釈付き楽譜を呈示刺激とし、演奏技能過程における長期記憶内の知識へかけられた検索や検索結果との照合、その結果、呈示刺激の通りに自身の身体を制御するための動作選択へとつながっていく。

その意味で、注釈付き楽譜の役割は、より認知寄りであることが示唆される。

## 5.2 内面化された技能に基づいた指導のための学習者情報可視化

### 5.2.1 正接読譜特性図：学習者の技能にあった楽曲選定

まず、熟達者/非熟達者間のピアノ学習歴およびその間に演奏した楽曲と難易度別読譜方略としての視線移動との関係について考察する。

図 4.13 より、熟達者は、楽譜における  $y$  軸方向の  $\tan$  角度移動に大きな特徴があることを示した。また、 $x$  軸方向については、正負の向きは重要であるが、大多数の移動は  $-100\text{pix} \sim 100\text{pix}$ 、すなわち、 $\theta_{th}$  程度の振れ幅であることが読み取れる。従って、熟達者における楽譜の難易度と視線移動の関係は、正接方向の移動と、水平方向の正負いずれ

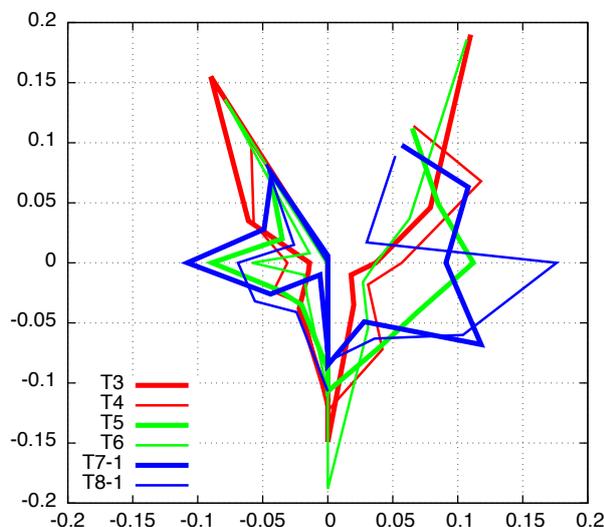


図 5.4 熟達者の正接読譜特性図.

の場所で正接方向移動が行われたかを記述し、その関係を比較すると良い。

以上を踏まえ、2章で述べた正接読譜特性図を熟達者、非熟達者それぞれに対して作成する。図 5.4 に、熟達者の正接読譜特性図を示す。x 軸方向の伸びは、水平方向の左右移動、y 軸方向の伸びは垂直方向の上下移動を示し、水平方向のみの移動しかなければほぼ x 軸に、垂直方向のみの移動しかなければほぼ y 軸上に軌跡は現れる。

図より、低グレードに対する正接読譜特性図は x 軸方向へ広がり、y 軸方向には広がりを見せない軌跡となる。高グレードになるにつれ x 軸方向への広がりが減少し、y 軸方向に広がる軌跡となるこのことは、正接読譜特性図を描画することで、学習者に対する読譜方略の特徴がつかめることを示唆している。

このことを踏まえ、非熟達者の高/低グレードに対する正接読譜特性図を描写し、カテゴリ別に分類したものを図 5.5 に示す。

図中最下段に示した表現は、被験者がどのように読譜を行ったと記憶しているかを記し、上段は正接読譜特性図の形状に従って分類したものである。左側の 2 名分は、被験者は楽譜に沿って丁寧に読譜したと回答しているが、正接読譜特性図は混沌としていて方略があるようには読み取れない。2 名の内 1 名は大学に入学後初めてピアノを学習したと回答しており、水平方向へ読もうと努力はしているが、高グレードの軌跡は  $x = 0$  付近で軌跡が途切れている。もう一人の者は、ほぼ我流に近い形で長い間練習をしており、好きな時に好きな曲を奏する練習方法を取ってきたと回答している。そのためか、先に読譜した低グレード譜については、他者の正接読譜特性図と違い、水平方向へ大きく左右に視線移動するだけでなく、上下方向についても負の方向のみに大きく視線移動していることがわかる。

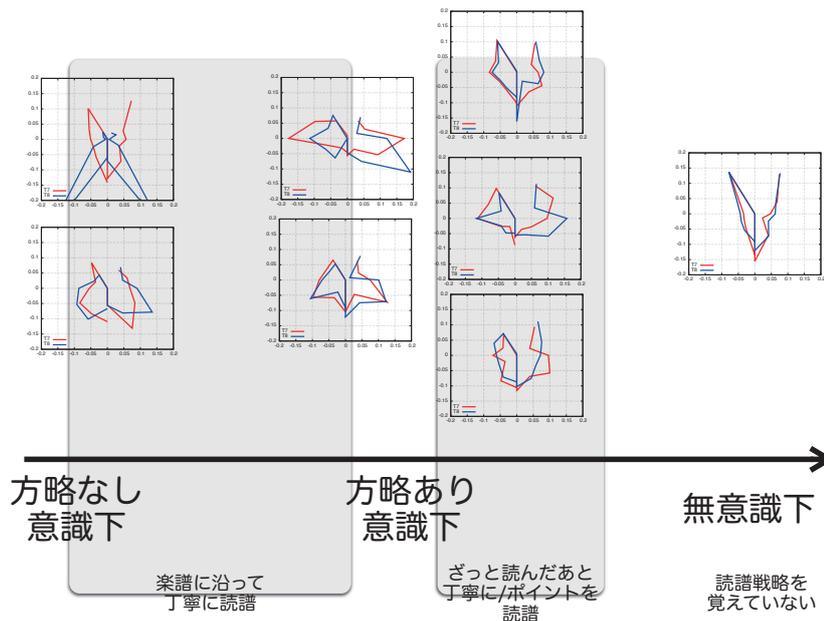


図 5.5 正接読譜特性図を元にした非熟達者の読譜方略分布。特性図中の赤線が高グレード，青線が低グレードを表す。

中央左部の 5 名分は、いずれも被験者が回答した読譜方略と相容れるパターンを示している。5 名分のうち左 2 名は楽譜に沿って丁寧に読譜したと回答しており、正接読譜特性図を見ても水平方向への停留点移動が認められる。右 3 名は、全体をざっと読んだのち、丁寧に、あるいはポイントをつけて読譜したと回答しており、正接読譜特性図を見ると、水平方向にも正接方向にも同じ様な停留点移動を行っている。いずれの者もピアノ演奏経験としては初心者が通常奏する楽曲は学習済みであった。

以上の 2 種は、いずれも本人の意識下で視線制御を行っており、読譜方略自体は方略あり/方略なし、いずれの場合も出現が確認できた。

右側の 1 名は、本人はどのように読譜したか記憶していないが、正接読譜特性図を見れば明らかな方略として、読譜を丁寧にを行う為に視線を上下にくまなく動かしていると読み取れる。この者は、被験者の中でも最もレベルの高い楽曲を演奏する能力を有していることがアンケートから示されており、非熟達者と熟達者の間に位置する。その場合には、必ずしも意識的に読譜方略を用いるとは限らず、むしろ経験から来る読譜方略に従うであろう。

以上をまとめると、読譜方略は、学習者が意識下/無意識下のいずれかの状態で方略あり/なしのいずれかによって行われ、最も熟達した者は無意識下の内に戦略的に読譜を効果的に行い、非熟達者の中でも学習を始めたばかりの者は意識下で読譜方略を用いようと

表 5.1 スキル獲得の3階層と対応するパラメータの振る舞い

		初期層 (認知層) 熟達度：低	中間層 (連合層) ←→	最終層 (自動層) 熟達度：高
読譜時視行動 (知覚・認知系)	情報獲得範囲	狭い	←→	広い
	情報検索時間	短い	←→	長い
打鍵運動 (運動系)	演奏速度	遅い	←→	速い
	打鍵ミス	多い	←→	少ない/ない

するが視線制御がうまく行かず、読譜に手間取っている状態であるといえる。

これらのことを発展させ、今後、本方式の有効性に関する検証実験を重ねていくことで、認知された音価をピアノ演奏という運動系へ円滑に連動させることができる学習者に対する学習支援の可能性がある。例えば、読譜方略教育の導入を行うことで、視覚情報から音価認知の部分を円滑に行わせる訓練を行うことが可能となり、視覚情報-音価認知-運動系の協調時間を短縮でき、間接的にはピアノ演奏技能をより短時間で向上させることが可能となり得るかもしれない。

### 5.2.2 AIA- $\tau$ の関係：学習者の技能推定・つまづきやすい箇所の特定

4.2.2 節の結果から、読譜時視行動データと学習者の読譜方略、および演奏能力の間には一定の関係が見出せた。そのことを用いて、AIA- $\tau$  の関係を学習者の技能推定や演奏指導に活用するための方法について考察する。

#### スキル獲得の3階層とピアノ演奏技能の関係

図 3.3 で示したピアノ演奏技能獲得過程には、ピアノ演奏技能に大きく関与する要素としての視聴覚情報の他、運動としての鍵盤操作についても情報処理能力に大きく寄与することが記されている。そこで、読譜プロセスで指の形やどの鍵盤を押すかなどの情報が作業記憶に格納され、運動プロセッサによって変換されるプロセスに着目し、その結果であるピアノ演奏が熟達度によってどのように変化するかを検討を行う。

ピアノ演奏技能獲得は、運動技能系で唱えられるスキル獲得と対比させて、その能力段階を表現できる。ここでは、スキル獲得の3階層である初期層・中間層・最終層をピアノ演奏に当てはめる。

初期層 (認知層) は、楽曲演奏に関する知識が統合化されていない状態を示す。主に宣言的知識を活用し、認知的・意識的なコントロール下で学習を行う。弾き間違いや打鍵ミ

が多く、運動処理が追いつかない状態である。そのため、主として運動処理を鍛えるため、演奏速度を落とすなど、多くの練習を必要とする。

中間層(連合層)は、楽曲演奏に関する知識が統合化されつつある状態を示す。宣言的知識から手続き的知識に変換されるようになる。初期の理解の誤りが見出され、修正され、弾き間違いや打鍵ミスが少なくなる。

最終層(自動層)は、楽曲演奏に関する知識が統合化されている状態を示す。技能は自動化され、意識的に努力しなくとも演奏可能となる。楽譜に指定されているテンポ通りで、ミスなく円滑な演奏ができる状態である。

スキル獲得の3階層を用いて、本稿に示したピアノ演奏技能を推定する観測量を関係付けると、表5.1の通りとなる。

### 演奏指導支援への適用可能性

読譜時視行動パターンを用いたピアノ演奏指導支援の可能性を考えるにあたり、ピアノ教室に所属する講師Aおよび学習者Bにインタビューを行った。インタビューは、2019年1月に行った。インタビュー手順は、2016年10月に取得した学習者Bの読譜時視行動パターンを映像およびAIA、 $\tau_C$ を視覚的に示し、AIAおよび $\tau_C$ が示す量についての簡単な説明を行い、想起されたことや読み取れることを講師A・学習者B双方にコメントを求めることで実施した。講師Aからは、呈示された学習者情報からある程度の読譜の癖や当時の学習者Bの熟達度は高くなかったことが理解出来たとコメントがあった。学習者Bからは、過去の自身の視線計測情報を見て、当時の演奏時の技能状況を想起できたとコメントがあった。

これを踏まえ、本稿における成果を教育支援として応用するにあたり、AIAをOHPに印刷し、実際の楽譜と重ねると良いのでは、という意見があった。

このアイデアの有効性を確認するため、2019年2月に次の様な追実験を行った。レッスン日を2回設定し、学習者Cに対し、過去に演奏したことのない初級者用・上級者用楽曲をそれぞれ1曲ずつ用意し、初回レッスン直前に読譜時視行動を計測する。初回レッスン前には、当該楽曲に対する練習は一切行わない。計測されたAIAを、楽譜と同一縮尺になる様にOHPシートに印刷し、初回レッスン時に楽譜とともに持参する。レッスン時、学習者Cの演奏前に講師AはOHPシートを楽譜に重ね、学習者Cの読譜時視行動の分析と、どの様に当該楽曲群を演奏しそうか、予測を立ててもらおう。その後、学習者Cは当該楽曲群を演奏する。講師Aは、事前予測と実際の演奏を比べ、予測との差異を判断する。初回レッスン終了後、学習者Cは当該楽曲を自宅にて2週間練習し、2回目レッスン直前に再度視行動を計測し、AIAが印刷されたOHPシートを持参して再びレッスンに挑む。レッスン時の講師A・学習者Cの動作は初回レッスン時に同じであるが、講師Aは初回レッスン時と2回目レッスン時の違いを視行動から読み取れるか否かも含め、確認

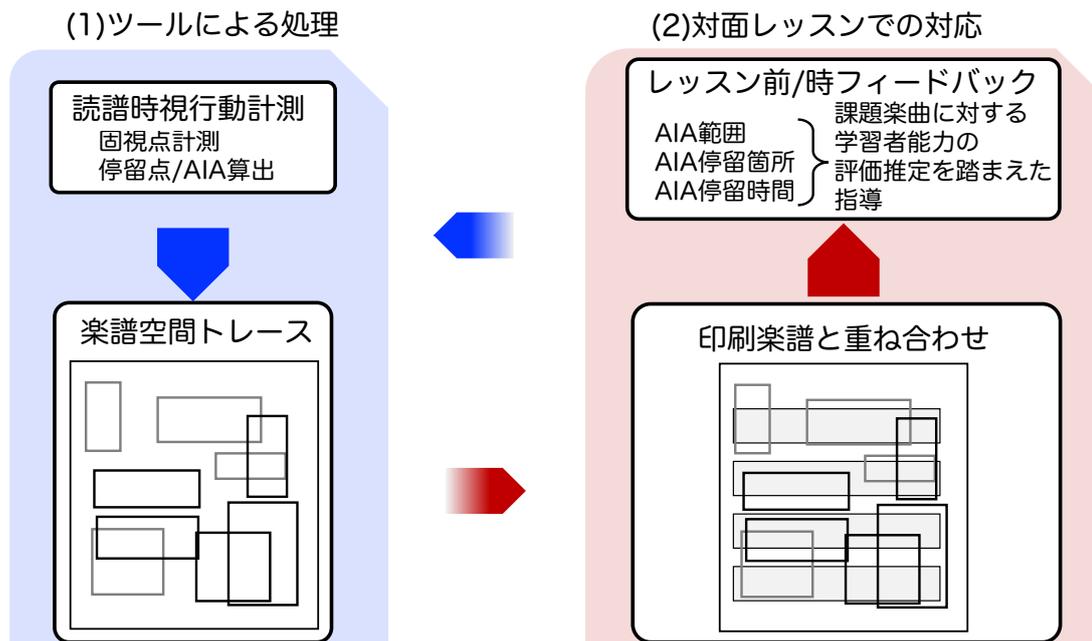


図 5.6 読譜時視行動計測を取り入れた対面レッスンの流れ。

をしてもらった。

講師 A にヒアリングを行った結果、学習者の事前の AIA 情報は、演奏能力予測や、苦手なフレーズの把握、読み飛ばしなどエラーを誘発しそうな箇所の情報を事前につかむことができ、技能改善があればわずかながら AIA の変化が見られたと述べていた。

今回の仕組みは、モックアップを構築するための予備的検討であったため、被験の回数は少ないが、読譜時視行動パターンを示す AIA の情報を用いたピアノ演奏指導支援の実現に向けて参考になる情報が得られた。

以上を踏まえ、図 5.6 の様なシステムを実装することで、AIA を活用したピアノ演奏教育支援が可能となると考えられる。

システムでは、図中 (1) にある通り、読譜時視行動を計測した結果としての AIA 算出、 $\tau_C$  算出を行い、学習者が使用する楽譜と同縮尺で AIA や  $\tau_C$  が表記された画像ファイルを作成し、OHP 等透明なシートに印刷可能とする。レッスンでは、図中 (2) にある通り、レッスン前に講師が OHP シートを楽譜に重ねて学習者の視行動を確認しながら、

- AIA が短い、1AIA にかけている時間が長いなど、明らかに読みきれていない傾向が伺えた場合、楽曲変更も検討する、
- AIA の振る舞いが明らかにおかしそうな箇所について、その原因を探るための補助情報として活用する、

といったことが可能ではないかと考えている。

表 5.2 本研究で扱ったレッスン形態と可視化情報の効用。●の数が多いほど強い効用がある。

	対象能力	項目	活用範囲	個人レッスン	マス授業
主たる提供元				個人教室 音楽専門学校	教員養成機関
到達目標				個人による	免状取得に足る
学習者・1回あたりの レッスン時間長				20-60分以上	5-10分程度
可視化情報	内面化	正接読譜 特性図	課題曲との 技能マッチング	効果大	効果小
		AIA+ $\tau$	学習者がつまづきやすい 箇所の抽出	効果大	(効果大) 自動処理が必要
	表出化	映像提出	学習者自身による 自己訓練	到達目標に よる	効果大
		模範演奏	学習者自身による 自己訓練時等観察点確認	到達目標に よる	効果中程度
		レポート提出	学習者自身による 観察点確認の 表出化/強化	—	模範演奏閲覧と 同時実施で 効果あり

一連のレッスンを繰り返すことで、将来的には学習者中心の技能指導が可能になるのではと考えている。また、近年のIoT技術の発達に伴い、将来、廉価で容易に、Webカメラなどを通して視行動計測が可能となることも考えられる。その場合には、最近販売されている電子楽譜なども連動させることでスマート環境での遠隔レッスンについても、より学習者に負荷をかけない方法での実施が可能ではないかと考えている。

### 5.3 総合討論：ピアノ関連技能指導における可視化情報の効用

ここまでの考察をもとに、個人レッスン／マス授業それぞれにおけるピアノ関連技能始動時における可視化情報の効用についてまとめたものを、表 5.2 に示す。

個人レッスン／マス授業それぞれの特徴は次の通りである。

- 個人レッスン：

提供元は個人の音楽教室や音楽専門学校、音楽大学や総合大学内の音楽学部といった、趣味を極めたい人や演奏家を目指す人たちを1対1、あるいはアンサンブルで指導する。こうした学習者が対象であるため、教育における到達目標は学習者によってまちまちであるが、総じて言えば、演奏による楽曲表現を楽しむことを目標にする学習者が多いため、かなりの精度で課題曲を奏する所まで指導する必要がある。そのことから、1回あたりのレッスン時間は長く、1人あたり20-60分以上に渡ることもある。

- マス授業：

基本的には初等教育教員養成機関，保育者養成機関で行われており，教諭または保育士の資格に必要な単位の確保，あるいは，資格取得後，職を得た際の職能のための指導であることが多く，自習，すなわち自主練習時間を積極的に活用する必要がある。免状取得という観点では，可能な限り最低限の演奏技能を学習者に獲得させる必要はあるが，それ以上を要求できるかどうかは，授業に参加する学習者の人数と学習者1人ずつに割ける時間数による。そのことから，グループレッスンを採用し，他者観察などを併用するケースが多く，1回あたり，1個人あたりに費やす時間という意味では5-10分程度であることが多い。

この様に，一口に演奏技能指導といっても個人レッスンとマス授業とでは前提条件が大きく違う。しかし，共通して言えることは，個人レッスンやマス授業における指導上の課題には学習者や指導者がどの様に学習者自身の情報を共有し，客観情報に基づいた指導を可能とするか，という視点が必要なことである。

このことから，3章での演奏技能指導分析で指摘された，学習者に対する2つの要素である獲得技能の内面化，および表出化を，“情報の可視化”という技術で接続し，それぞれの利点・欠点を考察する。

本研究における可視化情報対象は，次の通りとした。

- 学習者における，獲得された技能の内面化
  - － 正接読譜特性図：課題曲に対する学習者の楽曲把握能力を推定
  - －  $AIA \cdot \tau_c$ ：学習者の相対的な能力推定，および，付与された楽曲に対するつまづき箇所の予測
- 獲得された技能の，学習者自身での表出化
  - － 映像提出：学習者自身による自己訓練
  - － 模範演奏視聴：学習者自身による自己訓練時等の観察点の確認
  - － レポート提出：学習者自身による観察点確認の表出化・強化

一連の可視化情報の，レッスン形態に対する有用性は，まとめると次の様になる。

まず，学習者が多く存在するマス授業においては，指導対象となる学習者が多い上に1名あたりの指導時間を増やすことは物理的に難しい。このような場合には，学習者自身の自主練習の質を向上させることが重要である。その意味では，“表出化”に対する情報可視化が有用である。ただし，教育デザインとうまく組み合わせて取り入れる必要がある。“内面化”に対する情報可視化が有用ではない，とは即座に言うことは難しい。しかし，マス授業の場合は，まず，学習者の楽曲把握能力推定，という意味では，学習者は，最低限の難易度を持つ課題曲は演奏可能とならねばならないため，学習者自身がそのレベルに到

達する必要がある。そのため、学習者の楽曲把握能力が低い場合には、学習者自身の努力でもって能力向上に努める必要がある。その意味では、有用性にはやや欠ける。AIA・ $\tau_c$ については、将来的に、廉価に精度の高い視線計測を行うことが可能となり、大量のデータを効率よく分析できる状況になれば、相対的な能力の低い学習者を選別する、また、付与した課題曲のどこが苦手そうかの予測をおこない、指導者に呈示することで、短いレッスン時間に対してより効果的な指導を行える可能性が存在する。その意味では将来性はあがるが、現時点ではまだそこまでの有用性があるとは言えない。

対して、1人に対して完全カスタマイズが可能な個人レッスンにおいては、“表出化”に対する可視化情報は、有用性がないとまでは言えないが、到達目標によってどこまで必要な情報であるかが不明なため、即座に有用とは言い難い。一方、“内面化”に対する可視化情報は、学習者の意欲を引き出すという意味でも学習者の能力にあった課題曲選定は重要な役割を持つ。また、レッスン時には必ず学習者が練習の成果として演奏を行うが、その際に間違った演奏を行い、同じ箇所でも何度もその状態が続く場合、なぜ間違えるのか、の原因特定としてAIA・ $\tau_c$ が楽譜のどこで異常値をとるか、を追跡することで、いわゆるどのレベルのヒューマンエラーによる間違いなのか、が特定可能となる。その結果、思い込みに拠らない学習者に正しいアドバイスを行える可能性が高くなり、その有用性は高い。

以上のことから、ピアノ関連技能を指導するレッスン時における可視化情報の有用性とその限界は、レッスン形態によって違うが、レッスン形態に適した可視化情報を取り入れることで将来的な遠隔教育の精緻化と Society 5.0 化が見込まれる。

## 5.4 発展：他の技能獲得状態モニタリングへの適用可能性

本論文では、主として大学教育やインフォーマル教育という場面でのピアノ演奏技能獲得状態モニタリングの指標提案を行なった。しかし、教育の場における技能状態モニタリングが必要な状況は他にも存在する。

マス授業・大学教育を例にとると、例えば、PCを用いた授業における教授者への学習者活動状況可視化が挙げられる。大森ら [62] によって提案された当該システムは、学習者のPC操作をマウス移動・キーボード入力データの頻度によってヒートマップ表示を行い、PC操作活動が止まっている学習者の検出を行うことに成功した。当該システムは、近似的にマス授業においてPC操作頻度をパラメータに学習者の学習活動状況を推定するもの、という意味では、学習者の状態モニタリングという位置付けで理解できる。こうしたシステムに対し、マウス操作・キーボード入力の詳細情報を取り入れることで、特定のPC操作、あるいは知識獲得活動に対する技能もしくは能力のモニタリングまで行える可能性を秘めており、学習者の状態可視化を有益に使える例として捉えることができる。

視行動の適用については、従来より読解能力との関係という観点で取り上げられてき

た。その一例として、山内ら [63] が行ったノート記法に対する熟達者・初心者の視線移動の違いについて、MindMap を主軸に、認定インストラクターというエキスパート群の存在を利用した、習熟度の違いによる読解方略を検討している。彼らは、MindMap において意味ある視線移動パターンを見出し、それらが習熟度に応じた違いを確認している。特に幅優先確認型の視線移動パターンは俯瞰的読解に対応することを示唆しており、エキスパートはノート内容の全体的な把握から入り、それをもとに細部読解へ進めていることを見出した。また、林ら [64] は、自作論文を対象とした学習者・指導者の視線情報に着目し、(1) 学習者・指導者による批判的読解時の視線注視量の総量的な差異を呈示するヒートマップ対比ビュー、(2) 指導者の視線遷移プロセスを時系列で呈示する視線遷移可視化ビュー、を提案し、学習者のメタ認知的推察活動を活性化する刺激として与えた際の有用性を検討した。これは、学習者が意図した自作論文を他者が読んだ際の視線遷移を呈示することで、他者、特に指導者がどの様に学習者の文章を理解したか、という暗黙的プロセスを学習者が理解することで自身の論文作成能力の向上に資する可能性を秘めているという点で視行動を用いた技能獲得状態モニタリングの一種とみなすことができる。

他にも、視線運動をプログラミング教育へ適用した例として、花房ら [65] が行ったプログラム読解パターン分析が挙げられる。彼らは、ごく基本的な代入演算と算術演算のみを扱うプログラムを対象に、視線運動を計測し、そのパターンを用いて単純マルコフ過程モデルを構築し、そのノード間水い確率とデータ依存関係の有無を比較することでプログラム読解についての分析可能性について調査した。その結果、プログラム読解固有の振る舞いとして、各パターンのデータ依存関係の影響を確認でき、発展的にはプログラミングを不得手とする学習者層を対象とした、不得手原因や理解を妨げる要因の抽出可能性について言及している。

この様に、学習者の操作や視行動を可視化することによる教育支援は、本研究で示唆したピアノレッスンにおける技能獲得のみならず、多くの教育現場において学習者に対する教育支援の可能性を秘めており、今後の発展的研究が期待される分野である。

## 第6章

# 結論

本研究は、技能教育の一つとして捉えられるピアノレッスンに着目し、効果的な関連技能獲得を行うための指導・自主練習に対し、技能獲得状態の可視化を取り入れることで技能獲得教育を工学的視点で効果的に行うための手法をまとめた。

技能獲得状態の可視化が可能となった背景には、近年の情報技術の進化による視行動をはじめとした人の行動計測が容易になったこと、ピアノをはじめとする技能教育にも情報技術を取り入れる傾向が強くなり、それに関して教育形態そのものを分析的視点で捉える動きが盛んになってきたことが挙げられる。これらの背景については第2章に総括した。

第3章では、研究を行うにあたり、まず、ピアノレッスンを次の2形態に分類し、その特徴や課題を抽出した。一つは、個人教室や音楽専門学校/大学における音楽専攻で実施されるような、指導者と学習者が1対1で行う個別レッスンと呼ばれるもの、もう一方は、初等教育養成機関や保育者養成機関で実施されるような、100人規模の学習者に対し、主として免状取得や就職後の職能のための最低限のピアノ演奏／弾き歌い教育を施すためのマス授業と呼ばれるものである。

次に、それぞれのレッスンに対し、認知行動科学的視点にもとづき、ピアノ弾き歌いに対する技能関連要素連関図、およびピアノ演奏に対する演奏技能獲得過程を構築した。技能関連要素連関図からは、指導に対する効果的な要素として

- 学習者の演奏風景映像、
- 模範演奏の呈示、
- 注釈付き楽譜の採用、

を抽出した。

演奏技能獲得過程からは、学習者の内面的な演奏技能獲得状態のひとつである視行動の計測を抽出した。それぞれのレッスン形態に対して現状分析を行い、次の課題点を抽出した。個別レッスンでは学習者に内在する技能獲得状態の把握を客観的視点で行うことが困

難であった。マス授業ではレッスン時間が短いことや、学習者が元来持つ関連技能に個人差があるため、全ての学習者の基礎能力の底上げを行うには質の高い自主練習の実施が課題であった。

第3章を踏まえ、マス授業に対する課題は、獲得した技能の表出化、個人レッスンに対する課題は獲得した技能の内面化であると分類し、それぞれに対する課題解決法を第4章で構築し、教育実践現場にてその効果を確認した。

技能の表出化については、質の高い自主練習による獲得技能の精度向上が期待されるため、それを促す要素として、

- (1) 練習風景映像提出、
- (2) 模範演奏の呈示・閲覧、
- (3) (2) に対するレポート提出、

を採用し、これらを取り入れた教育デザインを構築した。

構築した教育デザインに対し、

- (a) 演奏映像提出時のベネフィット（演奏映像提出に対する得点加算の有無）と学習者の到達技能の関係、
- (b) 模範演奏視聴の有無、
- (c) 模範演奏視聴後の観察記録レポート提出の有無、

の3点を調査項目として、教育実践によって教育デザインの有用性を評価した。その結果、(a) に対しては加点しないほうが学習者の自主性を重んじることができ、(b) については視聴させた方がよく、(c) については観察記録レポートを提出させた方が、観察時の視点を学習者自身で具現化できることがわかった。

獲得した技能の内面化については、指導者による学習者の技能獲得状態把握の客観性が重要である。そこで、楽譜を認知する行為としての読譜に着目し、学習者の持つ技能獲得状態と関係付け、読譜時視行動を、

- 正接読譜特性図、
- 情報獲得範囲 (AIA) ・ 情報獲得時間 ( $\tau_c$ )

という指標で表現した。

正接読譜特性図は、1曲あたりの楽譜を読む時の読み戻り・読み進み、大譜表の上下移動・水平移動状態を総合的に極座標表現したものである。その特徴は、 $x$  軸正方向に伸びていけば円滑に読譜が進み、その楽曲を演奏する能力を十分有し、 $y$  軸方向に伸びていけば円滑に読譜が進まず、その楽曲を演奏する能力が不十分であることを示している。

AIA および  $\tau_c$  は、各停留点を構成する固視点群の水平方向の広がりや停留点に滞在し

た経過時間を示したものである。本研究では、 $AIA / \tau_c$ それぞれの中央値を算出し、楽譜難易度ごとの  $AIA / \tau_c$  の変化と、学習者の演奏実技試験の結果から、学習者の読譜能力と演奏技能に一定の関係があることを見出した。

以上を踏まえ、第5章では、演奏関連技能の内面化・表出化それぞれに対する学習者の技能獲得状態の可視化に対して、個人レッスン・マス授業それぞれにどのような効果があるかについて議論を行った。内面化に対する可視化情報である正接読譜特性図・ $AIA / \tau_c$ については、主として個人レッスンに対して有益であるが、 $AIA / \tau_c$ の自動算出が可能となればマス授業に対しても有益な情報となりうる。表出化に対する可視化情報である映像撮影提出・模範演奏閲覧については、主としてマス授業に対対して有益であるが、教育デザインに従って活用することで、学習者自身の自主練習の質改善につながることを示した。総括すると、本研究で示した可視化手法は、個人レッスンもしくはマス授業いづれかに対して有用性を持つといえる。



# 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの皆様からの多大なる支援を賜りました。以下、既に鬼籍に入られた方も含めて列挙し、御礼に代えさせていただきます。

まず、急なお願いであったにも関わらず、快く主指導・主査をお引き受け頂きました、長岡技術科学大学・湯川高志教授、同じく、快く副査をお引き受け頂きました、信州大学・不破泰教授、長岡技術科学大学・山田耕一教授、同・高橋弘毅准教授、同・羽山徹彩准教授には大変お世話になりました。短い期間で多くの審査と手続きを行わねばならない中、皆様には大変厳しいスケジュールをこなして頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

本研究の実施には、音楽教育現場からのフィードバックが大変重要でした。その実現にあたり、共同研究者として永きに渡り、実践・研究資金面ともに支えてくださいました、大東文化大学（当時、京都女子大学）・深見友紀子教授の協力なくしては成立しませんでした。ここに厚く御礼申し上げます。また、実験に快く参加くださいました、京都女子大学発達児童学部2年次生・3年次生の皆様にも厚く御礼申し上げます。のべ、500名近いかたの協力を得て、本研究を仕上げることができました。

私のピアノ演奏の師でもあり、本研究の遂行にあたり、長年、折につけてプロフェッショナルな視点から種々の貴重なコメントを頂戴し、実験にも協力頂きました、深見友紀子ミュージックラボ・中野好子講師の助言は、大変有益なものでした。氏のコメントは、本研究における認知行動科学の側面を更に深く理解する上で貴重なものでした。ここに厚く御礼申し上げます。また、音楽家・赤羽美希様には、共同研究者として音楽家としての専門的な視点を取り入れた学生の演奏データ分析に寄与頂きました。ここに御礼申し上げます。

ミュージックラボの生徒仲間でもあり、音楽を極めるという志を持つ同志として実験に協力頂きました、成城大学・阿部勘一教授にもお世話になりました。ここに御礼申し上げます。

2011年本学着任後、認知行動科学の視点から本研究の底上げとして種々のご指導を賜りました、長岡技術科学大学・北島宗雄教授に御礼申し上げます。

一連の研究を行うにあたり、折につけて事務作業・映像処理・データ取り込み作業等サ

ポートをいただきました，歴代の e ラーニング研究実践センタ/マルチメディアシステムセンタ事務補佐員の皆様，特に，山口ひろみ様，田本土郎様，佐藤晃世様，店橋瑞穂様，品田玲子様，尾形真理子様には多方面でお世話になりました．ここに感謝の意を表します．また，論文作成時の大変な折，私が受け持つ授業や業務をティーチングアシスタントとして支えてくれた，認知行動科学研究室 (2019 年当時) に在籍する西田悠君，武田大河君に感謝します．

本研究の一部は

- フジノン株式会社共同研究委託金 (代表：中平勝子，深見友紀子)
- 京都女子大学学長裁量経費 (代表：深見友紀子)
- 大東文化大学学長裁量経費 (代表：深見友紀子)
- 科学研究費基盤 C(18500742, 代表：深見友紀子)
- 科学研究費基盤 C(21500964, 代表：深見友紀子)
- 科学研究費基盤 C(22500952, 代表：田中功一)
- 科学研究費基盤 C(19K12232, 代表：中平勝子)

の補助を受けて行われました．

最後に，私の研究生生活を終始支えてくださった，京都大学・田中貴浩教授，そして，私の両親と妹，体の自由が効かない中，私の単身赴任を快く許してくださった，義父母に感謝いたします．

## 参考文献

- [1] 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,” 情報科学技術フォーラム講演論文集, 第11巻, pp.559–560, sep 2012.
- [2] 本間千尋, 本間裕大, “大規模コンペティションデータを用いた戦後ピアノ教育の基礎的解析,” 生産研究, vol.68, no.4, pp.293–296, 2016.
- [3] 桐原葆見, “裁縫作業に関する研究,” 心理学研究, vol.9, no.5-6, pp.1001–1012, 1934.
- [4] 財満鎮雄, “旋盤工等の技能判定に於ける一つの試みとしての gauss の法測の応用,” 精密機械, vol.15, no.175, pp.88–89, 1949.
- [5] 亀山雄高, 水谷正義, 成瀬哲也, 狛 豊, 佐々木慶子, 大森 整, 澤田浩之, 松木則夫, “技能継承ツール「加工テンプレート」の開発とそれを用いた特殊形状品の切削加工技能の可視化,” 砥粒加工学会誌, vol.53, no.12, pp.741–744, 2009.
- [6] 松木則夫, “製造現場における熟練技能の抽出に関する研究,” Synthesiology, vol.3, no.1, pp.47–55, 2010.
- [7] 本吉達郎, 川上浩司, 塩瀬隆之, 片井 修, “作業者の対象系把握に対する形式概念分析,” 計測自動制御学会論文集, vol.45, no.11, pp.587–596, 2009.
- [8] 武藤彰宣, “人の持つ酒造りの技術・技能の分析,” 日本醸造協会誌, vol.105, no.11, pp.702–713, 2010.
- [9] 武雄 靖, 夏 恒, “技能伝承のためのマイクロメータによる寸法測定作業中の注視点移動に関する実験的検討,” 日本機械学会論文集C編, vol.79, no.799, pp.814–826, 2013.
- [10] 白沢 勉, 赤倉貴子, “中小製造業における技能教育を支援する e-learning system の開発とその評価,” 日本教育工学会論文誌, vol.29, no.4, pp.559–566, 2006.
- [11] 下山 隆, 白沢 勉, 赤倉貴子, “技能を定量的に評価する機能を有する e-learning system の開発と評価,” 日本教育工学会論文誌, vol.31, no.Suppl., pp.41–44, 2008.
- [12] 五福明夫, 小川 毅, 桐子竜二, 星本達也, “プラント操作習熟への熟練者視線傾向の利用効果の実験的検討,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.11, no.3,

- pp.243–254, 2009.
- [13] 檜山 敦, 浅田和宏, 並木秀俊, 宮廻正明, 廣瀬通孝, “伝統技能継承のための主観視点を含んだ支援映像の生成,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.12, no.3, pp.249–258, 2010.
- [14] 檜山 敦, 土山裕介, 宮下真理子, 江淵栄貫, 関 正純, 廣瀬通孝, “一人称視点からの多感覚追体験による伝統技能教示支援 (特集)教育・訓練・協調),” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.16, no.4, pp.643–652, 2011.
- [15] 越智洋司, 平野光正, 井口信和, “Kinect を利用した演奏動作検出によるドラム練習支援システムの提案,” 教育システム情報学会誌, vol.34, no.1, pp.32–43, 2017.
- [16] 岡村吉永, 長崎伸仁, 鷹岡 亮, 中村正則, “習字指導のための毛筆技能の計測,” 教育情報研究, vol.18, no.4, pp.21–26, 2003.
- [17] 大野健彦, “視線から何がわかるか,” 認知科学, vol.9, no.4, pp.565–579, 2002.
- [18] 藤本武司, 砂山渡, 山口智浩, 谷内田正彦, “視線行動の可視化による着眼スキル伝達支援,” 人工知能学会論文誌, vol.19, no.3, pp.174–183, 2004.
- [19] 高橋佳行, 中山実, “眼球運動による回答内容に対する確信度の検討 (研究速報),” 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, vol.90, no.5, pp.1323–1327, may 2007. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110007380725/>
- [20] 奥村チカ子, 冨永隼斗, 中野瑛実, “黙読と音読での読解中の視線の解析,” 保健科学研究誌, vol.11, pp.73–79, mar 2014. <http://ci.nii.ac.jp/naid/120005558111/>
- [21] 中山由美, “音高読譜指導の方法に関する研究,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.9, no.2, pp.143–152, 2012.
- [22] 城元智子, “ヨーロッパ諸国における読譜指導とソルミゼーション,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.7, no.1, pp.42–54, 2009.
- [23] 早川倫子, “米国小学校のカリキュラムと音楽授業に見る読譜指導の実際,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.7, no.1, pp.67–75, 2009.
- [24] 畑中浩美, “読譜指導は必要か,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.7, no.1, pp.33–41, 2009.
- [25] 森下修次, “読譜にどう向き合うか,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.7, no.1, pp.25–32, 2009.
- [26] 水戸博道, “読譜のメカニズム,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.7, no.1, pp.124–130, 2009.
- [27] 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,” 人間工学, vol.31, no.3, pp.179–189, 1995.
- [28] V. Laurutis, R. Urniezius, and R. Zemblys, “Effective instrument for score reading skills assessment,” The 2nd International Multi-Conference on Society, Cy-

- bernetics and Informatics, vol.II, pp.208–213, 2009.
- [29] 沼野俊亮, 榎並直子, 有木康雄, “演奏視聴時における演奏熟練者と非熟練者の視線情報の分析,” 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解, vol.113, no.431, pp.93–94, feb 2014. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009837965/>
- [30] J. Sloboda, “The Eye-Hand Span – An Approach to the Study of Sight Reading,” *Psychology of Music*, vol.2, no.2, pp.4–10, 1974.
- [31] J. Sloboda, “TPhrase units as determinants of visual processing in music reading,” *British Journal of Psychology*, vol.68, no.1, pp.117–124, 1977.
- [32] J.A. Sloboda, “Experimental studies of music reading: A review,” *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, vol.2, no.2, pp.222–236, 1984. <http://www.jstor.org/stable/40285292>
- [33] A.J. Waters, G. Underwood, and J.M. Findlay, “Studying expertise in music reading: Use of a pattern-matching paradigm,” *Perception & Psychophysics*, vol.59, no.4, pp.477–488, 1997.
- [34] M. Penttinen, E. Huovinen, and A.-K. Ylitalo, “Reading ahead: Adult music students’ eye movements in temporally controlled performances of a children’s song,” *International Journal of Music Education*, vol.33, no.1, pp.36–55, 2015.
- [35] V. Drai-Zerbib and T. Baccino, “The effect of expertise in music reading: cross-modal competence,” *Journal of Eye Movement Research*, vol.6, no.5, pp.1–10, 2014.
- [36] 羽根田真弓, “保育者養成校の課題と問題点-質問紙調査結果の分析から,” 鳥取短期大学研究紀要, vol.●●, no.50, pp.53–62, 2004. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110004674946/>
- [37] 松本俊穂, “幼稚園・保育園におけるピアノ・オルガン, 弾き歌いに関する現状と課題-保育現場におけるピアノ・オルガン, 弾き歌いに関する意識調査をもとに-,” 幼児教育, pp.1–30, 2001. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110000984288/>
- [38] 今泉明美, “280 ピアノ初心者学生の為のピアノ授業の試み : 集団講義とキーボード. ピアノを用いて (2) 練習カルテ導入 (口頭発表 ii(保育者の専門職性・養成 9)),” 日本保育学会大会発表論文集, vol.●●, no.57, pp.560–561, 2004. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110002951359/>
- [39] 中島卓郎, “教員養成教育におけるピアノ演奏法に関する指導内容と方法 : 音楽的基礎能力の育成へ向けて,” 学校音楽教育研究 : 日本学校音楽教育実践学会紀要, vol.7, pp.204–215, mar 2003. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110006937901/>
- [40] R.B. Dannenberg, M. Sanchez, A. Joseph, P. Capell, R. Joseph, and R. Saul, “A computer-based multi-media tutor for beginning piano students,” *Interface -*

- Journal of New Music Research, vol.19, no.2-3, pp.155–173, 1990.
- [41] 鈴木寛, “ピアノ教育における「eラーニング」,” 実技教育研究, vol.19, pp.11–22, 2005.
- [42] 山下薫子, “「レッスン」に対する科学的アプローチの動向,” 音楽教育学, vol.43, no.1, pp.26–33, 2013.
- [43] 戸川晃子, “演奏評価解析から導き出すピアノ指導ポイント,” 神戸常盤大学紀要, vol.●●, no.12, pp.9–15, mar 2019.
- [44] 深見友紀子, “音楽教室における子どものインフォーマルラーニング,” 日本教育工学会論文誌, vol.37, no.3, pp.333–341, 2013.
- [45] 鈴木来正樹, “音楽教育における電子テクノロジー活用実践,” 音楽教育実践ジャーナル, vol.11, no.2, pp.108–114, 2014.
- [46] 津山美紀, “器楽 (ピアノ) の授業に対する、学生の学習意欲について,” 九州女子大学紀要. 人文・社会科学編, vol.44, no.3, pp.83–98, 2008. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110007043589/>
- [47] 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, “リズム学習を考慮したピアノ演奏学習支援システムの設計と実装,” 情報処理学会論文誌, vol.54, no.4, pp.1383–1392, apr 2013. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009579550/>
- [48] 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, may 2017.
- [49] 松井遼太, 竹川佳成, 平田圭二, “Tel-gerich:共同注視およびカメラスイッチングに着目した遠隔ピアノレッスン支援システム,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.20, no.3, pp.321–332, 2018.
- [50] 中平勝子, 赤羽美希, 深見友紀子, “ピアノ弾き歌い教育の質保証,” 日本教育工学会論文誌, vol.36, no.3, pp.291–299, dec 2012. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009577680/>
- [51] K.T. Nakahira, M. Akahane, , and Y. Fukami, “Process of acquiring musical performance skills for enhanced “awareness” given by a multimedia-based learning approach,” Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.15, no.9, pp.1241–1247, 2011.
- [52] K.T. Nakahira, M. Akahane, and Y. Fukami, “Awareness promoting learning design of sing-along piano playing – the role of annotated musical score and multimedia contents–,” The Proceedings of the 3rd International Conference on Awareness Science and Technology, p.372–377, 2011.
- [53] K.T. Nakahira and M. Kitajima, “Development of a student centered educational design for piano playing and singing skills,” ●●, pp.●●–●●, 2013.

- [54] 横山淳一, 松田信一, 中平勝子, 福村好美, “マルチメディアの取り扱いが容易な授業支援ツールの開発,” 情報処理学会研究報告. CE,[コンピュータと教育], vol.77, pp.61–66, nov 2004. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110002777061/>
- [55] K.T. Nakahira, Y. Fukami, and M. Akahane, “Combining music practicing with the submission of self-made videos for pre-school teacher education,” Supporting Learning Flow through Integrative Technologies, Proceeding of the 15th International Conference on Computers in Education, ICCE 2007, November 5-9, 2007, Hiroshima, Japan, pp.573–576, 2007.
- [56] 中平勝子, 赤羽美希, 深見友紀子, “ブレンデッドラーニングによるピアノ弾き歌い指導のための e ラーニングコンテンツの設計 (e ラーニング環境のデザインと hrd(human resource development)/一般),” 教育システム情報学会研究報告, vol.23, no.1, pp.85–92, may 2008. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40016081386/>
- [57] 深見友紀子, 中平勝子, 赤羽美希, “ピアノ弾き歌い実技指導における練習映像提出併用の効果,” 京都女子大学発達教育学部紀要, vol.●●, no.4, pp.19–27, feb 2008. <https://ci.nii.ac.jp/naid/110007046410/>
- [58] K.T. Nakahira, M. Akahane, and Y. Fukami, “Use of electronic media for teaching singing with simultaneous piano self-accompaniment,” The Journal of Three Dimensional Images, vol.23, no.1, p.82–87, 2009.
- [59] K.T. Nakahira, M. Akahane, and Y. Fukami, “Use of ict for training in simultaneous singing and piano playing and the improvements it achieves,” Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education, p.471–473, 2010.
- [60] 中平勝子, 北島宗雄, “読譜スキルを特徴付ける方略の視行動データに基づく視覚化,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.17, no.4, pp.317–326, 2015.
- [61] M.G. Gaskell, “Language processing,” Cognitive Psychology, pp.197–230, 2005.
- [62] 大盛将, 垣内洋介, 松本慎平, “授業における pc 操作情報を用いた活動状況可視化手法,” 教育システム情報学会誌, vol.36, no.2, pp.107–117, 2019.
- [63] 山内肇, 小林司朗, 岡ノ谷一夫, “思考モデル型ノート記法におけるエキスパートと初心者の視線移動の違いについての考察,” 認知科学, vol.19, no.4, pp.418–433, 2012.
- [64] 林佑樹, 荻野了, 瀬田和久, “自作論文を対象とした学習者と指導者の視線情報に基づくメタ認知的推察活動の活性化,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.20, no.4, pp.501–510, 2018.
- [65] 花房亮, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗, “視線運動を用いたプログラム読解パターンのデータ依存関係に基づく分析——代入演算と算術演算で構成されるプログラムを対象として——,” 教育システム情報学会誌, vol.35, no.2, pp.192–203, 2018.



# Appendix A

## 公表論文

- Katsuko T. Nakahira, Miki Akahane, Yukiko Fukami  
“Process of Acquiring Musical Performance Skills for Enhanced “Awareness” Given by a Multimedia-based Learning Approach”, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 15, No. 9, pp. 1241–1247, 2011.
- 中平勝子, 赤羽美希, 深見友紀子  
“ピアノ弾き歌い教育の質保証”, *日本教育工学会論文誌*, Vol. 36, No. 3, pp. 291–299, 2012.
- 中平勝子, 北島宗雄  
“読譜スキルを特徴付ける方略の視行動データに基づく視覚化”, *ヒューマンインターフェース学会論文誌*, Vol. 17, No.4, pp. 317–326, 2015.
- 中平勝子, 寺岡耕平, 長井貴也, 北島宗雄  
“読譜時視行動パターンによる演奏技能の推定”, *ヒューマンインターフェース学会論文誌*, Vol. 21, No. 4, 371–380, 2019.

(掲載省略)