

ピアノの上達を目指す学習者と指導者の 演奏MIDIデータの傾向について —ピアノ指導者の視点から—

田中功一^{†1} 鈴木泰山^{†2} 辻 靖彦^{†3}

保育士・幼稚園教諭養成校のピアノ授業において、学生達はそれぞれが師事する教員の模範演奏に近づくことを目標にして練習を進める。しかし、教員の演奏法は教員間で異なることが多く、結果として模範演奏の共通化は困難である。そこで本研究では、多様な教員が共通して活用できる学習システムの構想を目指す。本稿ではその構築に向けた予備実験として、学生と指導教員の演奏データの特徴を一定期間に亘り比較した。MIDI データのベロシティ(打鍵の強さ)・デュレーション・リズム・テンポのデータの特徴量を分析した結果、ピアノ指導者の視点との一致が見られた。このことから、MIDI データによる定量的評価の方法は、多くのピアノ指導者から受け入れられる学習システムへの応用可能性が示された。

The Tendency of the MIDI data of a Piano Student and a Teacher —From a Piano Teacher's Viewpoint—

TANAKA Kouichi^{†1} SUZUKI Taizan^{†2}
TSUJI Yasuhiko^{†3}

The feature of the performance data of a student and a teacher is compared in the piano study which aims at a childcare worker. In the position of the note number of MIDI data, the feature quantity of the MIDI data of three points of a “velocity-duration-rhythm & tempo” is analyzed. In that case, it verifies from the piano teacher side.

1. はじめに

保育士や幼稚園教諭に求められる技能の一つとして、音楽表現能力があり、養成校において主としてピアノ演奏力を習得する授業が必修として行われている。授業の一般的な流れは、教員が学生にピアノ演奏の技術を教示し、学生は授業時間内で弾きながら奏法を理解した後、家庭学習など授業時間外において学習を繰り返して演奏力を習得する。そして、次の授業において、教員は学生が習得した演奏力の内容を確認するという流れとなる。

この授業形態は、多くの養成校において学生 30~60 人程度の対面集合型で実施されており、学生個別の指導時間は限られる。限られた指導時間のため、初心者は弾きながら演奏法を十分に理解する段階まで到達できず、その結果として、授業時間外での学習が効率よく進められないという二重の問題が指摘されている。これらの問題への対応として、①演奏データを反復して聴くことでイメージを身に付ける学習、②演奏映像を見て演奏方法を理解する学習が行われ、これらによる自学自習への支援が進められてきた。

田中らは、①への対応として、2004 年より教員の模範演奏を Web サイトにアップロードして、学習者が教員の演奏イメージを反復して学習する方法を進めた[1]。この模範演奏のデータは MIDI、オーディオ、フラッシュムービーなどの形式を使用し、2013 年より YouTube を利用してきた[a]。

また、②への対応として、学習者が自身の実演データをアップロードして、教員が簡単な励ましをフィードバックし、同時に SNS により学習者間で励まし合って自学自習の学習意欲を高める方法を行った[2]。①②とも一定の成果が認められた。

しかし、この支援方法には課題もある。第一に、①で示した教員の映像による模範演奏は、演奏技術と演奏内容、そして指導法が教員間で異なる。さらに、演奏を自己表現と捉える多くの教員にとって、自分が担当する学習者に他者の模範演奏を示すことは心理的に苦痛となる可能性がある。その結果、模範演奏の共通化は困難になっていると考えられる。第二に、②で示した授業時間外での学習をフィードバックする方法が、情意に頼った言葉による励ましであり、演奏上の問題点をフィードバックするまでには至っていない。

これに関連する研究として、演奏を自動で評価しフィードバックする研究、離鍵速度に特徴のある箇所の研究[3]、学習者の視線に関する研究[4]、ミスタッチの許容度を設定する研究[5]、学習曲の練習計画を提示する研究[6]、学習者の不得手な要素に関する研究[7]などが見られる。しかし、これらは方向性において、養成校で多くの教員が利用しやすいシステムの研究とは異なる。

†2 株式会社ピコラボ Picolab Co., LTD

†3 放送大学 The Open University of Japan

a) Web サイト <http://www.amy.hi-ho.ne.jp/pf-tanaka/ksc/>

†1 国際学院埼玉短期大学 Kokusai Gakuin Saitama College

筆者らは養成校で導入可能な学習支援システムとして、各教員が自身の模範演奏の映像を提示し、そして学習者が師事する教員の模範演奏に近づく過程において演奏の問題点を学習者へ効果的にフィードバックする仕組みを構想した。この構想は、学習者の多様な実技レベルの段階に対応できるように、教員側が複数のテンポによる模範演奏映像を提示し、その演奏データと学習者の演奏データを定量的分析によりフィードバックするものである。養成校で扱うピアノ教材には選曲において一定の共通性があることから、このような方法は、多くの教員から受容されると考える。それにより学習者の授業時間外学習が効果的に促進され、養成校での正課授業の質向上に役立つ可能性が期待できる。

このシステム化を目指す一歩として、学習者及び教員の演奏や学習者のスキル習得過程を分析する必要がある。本報告では、先に示した学習支援システムの構築に向けた予備実験を行う。具体的には、学生と教員が演奏した MIDI データの特徴量として、MIDI データのベロシティをもとに、一曲全体あるいは演奏音単位でデータを概観する。そして演奏の特徴やスキル習得過程での変化をピアノ指導者の視点から分析する。この分析を通じて、学習支援におけるフィードバックに効果的な項目とフォーカス地点について議論する。

2. 方法

(1) 被験者の学習経緯

本研究の実験は国際学院埼玉短期大学幼児保育学科において、田中（図2の教員 T）がピアノ授業を担当するクラスで実施した。学習者は入学前までにバイエル 70 番まで学習を済ませることが約束されている。4 月の授業はバイエル 100 番から開始された。「バイエル」とは初級者用の課題曲集であり、保育者養成校の多くで使用されている。

国際学院埼玉短期大学 初級者向け必修課題集	
バイエル 100番	
レッスン01	バイエル100番 テンポ100 通し演奏
レッスン02	バイエル100番 初めの8小節 左手
レッスン03	バイエル100番 初めの8小節 右手
レッスン04	バイエル100番 初めの8小節 両手
レッスン05	バイエル100番 左右が交差するところ、左手
レッスン06	バイエル100番 左右が交差するところ、右手
レッスン07	バイエル100番 右手の装飾音のところ、左手
レッスン08	バイエル100番 右手の装飾音のところ、右手
レッスン09	バイエル100番 右手の装飾音のところ、両手
レッスン10	バイエル100番 最後の場面、左手
レッスン11	バイエル100番 最後の場面、右手
レッスン12	バイエル100番 最後の場面、両手
レッスン13	バイエル100番 テンポ100 通し演奏
レッスン14	バイエル100番 テンポ140 通し演奏
レッスン15	バイエル100番 テンポ150 通し演奏
レッスン16	バイエル100番 テンポ180 通し演奏
トップ頁へ戻る	
演奏&制作 国際学院埼玉短期大学 准教授 田中功一 質問は tarakoh@gmail.com	

図 1 初級者向け必修課題集

Figure 1 Presentation of a subject model performance

被験者の入学時の進捗は全員がバイエル 70 番であり、一

回目の授業の課題曲はバイエル 100 番であった。被験者は 1 年前期試験（2013 年 7 月）に向けてこの課題曲を学習した。その間に、田中は正課授業を支援するため、YouTube に動画を限定公開設定でアップロードして、学生に Web サイトを紹介し、教員の演奏の通りに弾くことを求めた。4～7 月の YouTube 再生回数は 156 回となった(図 1)。結果として、前期試験では全員が合格となった。その後、10 月より後期試験（2014 年 1 月）に向けて、次の課題曲であるバイエル 104 番の授業を開始した。

(2) 実験の目的

学習者と教員の MIDI データの特徴量の差異から、演奏技術上の問題点を指導者の視点で推測し、その改善方法を学習者へ言葉で示すための根拠となる元データを得るために本実験は行われた。そのために楽譜上の計測地点における学習者の MIDI データのベロシティ・デュレーション・リズム・テンポの定量的分析を一定期間実施する。

(3) 実験の方法

実験概要を次に示す。被験者計 7 名（学習者 6 名と教員 1 名）が演奏するバイエル 104 番の MIDI データを 10 月 1 日より 1 月 14 日の試験日まで数回収録した。その間にピアノの授業を 7 回実施し、データ収録は図 1 に示した通り計 4 回実施した。図 2 の学生 IK は第 3 期からの参加のため第 1 期及び第 2 期は空欄となった。また、教員 T(田中)は第 1 期の収録時に複数のテンポ設定でデータを得たため第 2 期以降は空欄となっている。

被験者	第1期	第2期	第3期	第4期
学生 KA	10/15	11/12	12/7	1/8
学生 HO	10/15	11/12	12/7	1/8
学生 IZ	10/15	11/12	12/7	1/8
学生 IB	10/15	11/12	12/7	1/8
学生 SA	10/15	11/12	12/7	1/8
学生 IK			12/7	1/8
教員 T	10/15			

図 2 MIDI データ収録日

Figure 2 The inclusion day of MIDI data

収録は、教員の研究室（図 3）に設置したデジタルピアノ（CASIO PX100）と MIDI PC ソフト（Music Creator 6）を使用して録音し、MIDI format 0 形式ファイルを出力した。なお、録音環境を一定にするため、第 2 期の録音から MIDI の初期化を実施した。



図 3 収録場所(左側)、授業教室兼練習室(右側)

Figure 3 Recording place(Left), Practice room(Right)

演奏テンポについて、教員 T の指示は、下限を ♩=120、上限を ♩=150 に設定したが、被験者の演奏レベルや学習時間などを考慮して、被験者個々に対して次回の授業までの演奏テンポを定め、そのテンポで学習を進めることを求めた。結果として、録音されたテンポは図 4 に示す通りとなった。

テンポ(演奏データを再生して、タップ操作により平均的なテンポを計測)

		学生KA	学生HO	学生IZ	学生IB	学生SA	学生IK	教員T
第1期	1回目	120	130	80	130	130	—	120
	2回目	110	120	—	120	130	—	150
第2期	1回目	110	120	85	110	120	—	—
	2回目	110	110	90	120	115	—	—
第3期	1回目	130	120	90	130	120	115	—
	2回目	130	120	90	130	120	115	—
第4期	1回目	140	110	110	135	120	120	—
	2回目	140	110	110	130	120	120	—

※ 学生IZの第1期2回目は、片手のみの演奏となった。

図 4 被験者の演奏テンポ (単位は ♩)

Figure 4 Tempo which the subject performed

学生と指導教員の演奏データを比較するために、専用の演奏比較プログラムを開発した。演奏比較プログラムは 1) 対象曲の楽譜情報(MusicXML), 2) 指導教員の演奏データ(SMF), 3) 学生の演奏データ(SMF), の 3 つのデータを付与することで、以下の分析処理を行う。

- 1) 学生の演奏と指導教員の演奏および楽譜情報とのマッチング
- 2) 学生の演奏の演奏誤りの検出と誤り種別(弾き漏れ, 弾き間違い, ミスタッチ)の推定
- 3) 学生及び教員の演奏の演奏表情値(ベロシティー, デュレーション, テンポ)の計算

プログラムは Java で実装し、分析結果は CSV ファイルとして出力した。出力結果を excel に読み込んでグラフを描画し、学生と指導教員の演奏を視覚的に比較した。比較するポイントを MIDI データの音符ごととして、学生と指導教員のベロシティー・デュレーション・リズム・テンポを比較した。

演奏1				演奏2				備考		横軸	小節	
tick	note	vel.	dur.	note	tick	note	vel.	dur.				
0	69	74	1401	A	R	A	0	69	68	1298	和音0	1
10	53	46	894	F	L	F	32	53	52	824	和音0	2
872	57	46	841	A	L	A	810	57	52	696		3
1280	67	75	497	G	R	G	1131	67	58	461		4
1689	65	73	919	F	R	F	1547	65	72	752	和音3	5
1721	60	42	823	C	L	C	1523	60	57	712	和音3	6
2489	69	76	1288	A	R	A	2277	69	70	1227	和音4	7
2504	53	46	840	F	L	F	2261	53	65	803	和音4	8
3280	57	62	809	A	L	A	3034	57	60	705		9
3634	67	79	527	G	R	G	3402	67	63	353		10
4051	65	76	845	F	R	F	3749	65	65	747	和音7	11
4075	60	50	744	C	L	C	3774	60	58	655	和音7	12
4785	70	81	1239	A#	R	A#	4461	70	69	1174	和音8	13

図 5 MIDI データの音符ごとの教員と学生の比較

Figure 5 Comparison of a student and a teacher (Note point)

図 5 はバイエル 104 番の MIDI イベントリストの一部で、「演奏 1」は教員 T, 「演奏 2」は学生 HO の第 1 期 1 回目の録音を示す。図の 1~2 小節の右手を桃色で示した。この

データのデュレーションの先頭部分を図 5 に示した。着目点は、図 6 の A のように教員と学習者の両者の形がその後もパターン化する箇所、また、B や C のように両者の差異に正と負が生じる箇所とした。また、曲の楽譜を図 7 に示した。

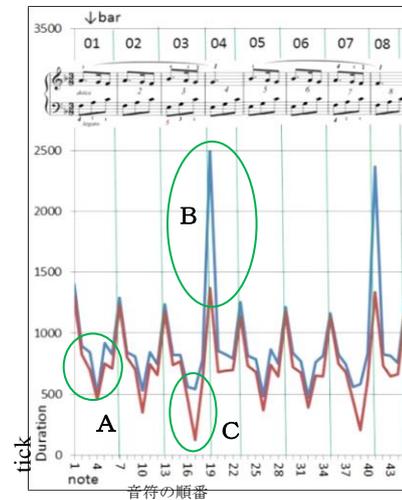


図 6 Duration の比較 (教員: 青色, 学生 KA: 赤色)

Figure 6 Comparison of Duration.(blue: teacher, red: student)

3. 結果

(1) 演奏データグラフの読み取りについての議論

本稿では、第 4 期データのベロシティーに注目して被験者 6 名の特徴について、ピアノ演奏指導者の視点から論じる。図 8 の第 4 期の収録データは、ベロシティーの教員と学生の比較であり、青色が教員、赤色が学生を示す。また、議論では左手と右手を分けた図 9-10, 及び図 11 を参照して進めた。



図 7 バイエル 104 番

Figure 7 Beyer No.104

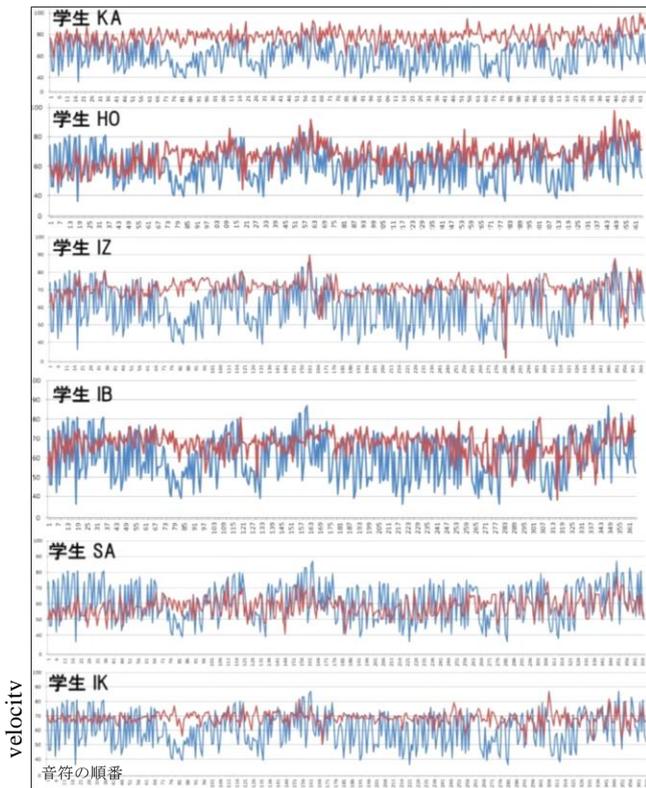


図 8 第 4 期ベロシティーの比較 (教員：青，学生：赤)
 Figure 8 Comparison of Velocity (six students, January 8)

1) 学生 KA と教員 T の比較

ベロシティーの数値は 80 前後を示しており，全体に大きな音量で弾いていて，最後の部分が少し強くなっている以外は目立った音の強さの変化は見られず，振れ幅も狭いことから，音量は得られているが単調な弾きに見える．図 9 の左手と右手のグラフを見ると，左右もほとんど同じ強さで弾いており，右手よりも左手の方が若干強弱のバラつきが多い傾向は，右利きの人に多く見られるパターンといえる．音量は安定しているため，弱音への変化をつけることに意識するならば，表情豊かな演奏が期待できる．

2) 学生 HO と教員 T の比較

ベロシティーの数値は 60~80 であり，1)学生 KA より幅が広く，曲の構成に沿って変化が見られ，強弱の差を意識してコントロールする姿勢が見える．ただし，弱音の場面のコントロールに不足がある．図 10 の左手と右手のグラフを見てみると，左手に強弱の変化がより顕著に見られることから，右手の強弱変化をもう少し意識した方が良いといえる．

また，図 10 の右手では，教員が強く弾いている箇所学生 HO もある程度強く弾いているが，教員が弱く弾いている赤丸の箇所での変化が殆ど見られない．一方，読み取り方の注意として指摘したい点であるが，青丸で示した箇所が教員よりもかなり強い音量になっている．これは図 11 の両手で見ると，教員の右手と左手はグラフが上下に広がり音

量の差が見られる一方で，学生 HO の右手と左手はグラフの幅が狭く，右手と左手の打鍵が連動している傾向が見える．このことから，図 10 の青丸箇所において，学生 HO の左手は右手に引きずられる形で音量が強くなり，左手のコントロールが困難な状況が推測できる．

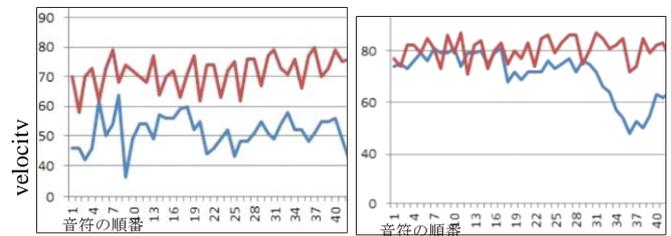


図 9 学生 KA のベロシティー 左手(左図)と右手(右図)
 Figure 9 Comparison of Velocity, L & R (The student KA)

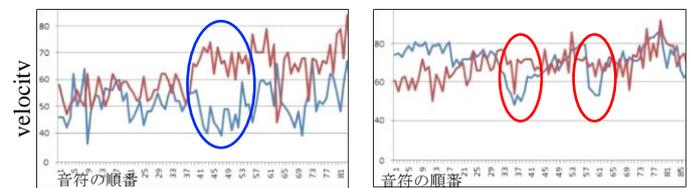


図 10 学生 HO のベロシティー 左手(左図)と右手(右図)
 Figure 10 Comparison of Velocity, L & R (The student HO)

3) 学生 IZ と教員 T の比較

グラフから曲の構成に関係なく幅が大きく振れる部分が多いことから，強弱のコントロールの困難な状況が見える．強く弾くべき箇所については教員の演奏と近い部分も見られるが，音量が小さい箇所ではコントロールが困難になっている様子が見られる．

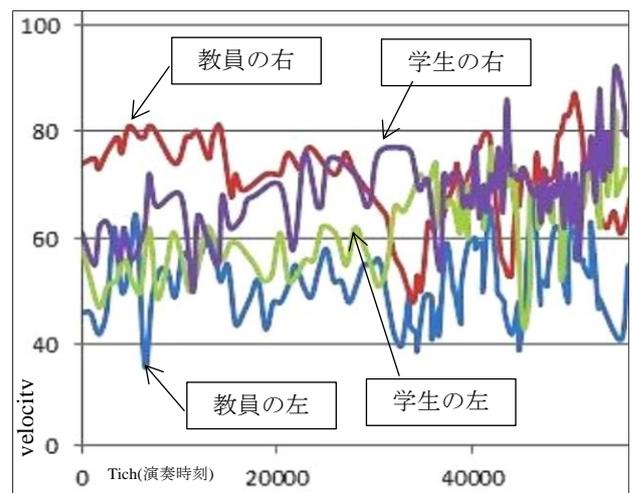


図 11 学生 HO と教員 T の両手のベロシティー
 青が T 左，赤が T 右，緑が HO 左，紫が HO 右
 Figure 11 Comparison of Velocity, Both hands
 Blue:T-left, Red:T-right, Green:HO-left, Purple:HO-right

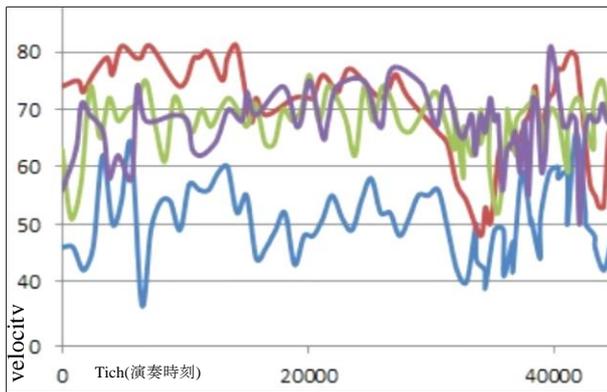


図 12 学生 IB と教員 T の両手のベロシティー
 青が T 左, 赤が T 右, 緑が IB 左, 紫が IB 右
 Figure 12 Comparison of Velocity, Both hands
 Blue:T-left, Red:T-right, Green:IB-left, Purple:IB-right

4) 学生 IB と教員 T の比較

ベロシティーの数值は 60~70 の幅であり変化が見られず, 曲の構成と音量の関係が小さいように見える. ここから曲の構成を把握する点でかなり乏しい状況が見える. また左右の差も乏しいことが図 12 の緑と紫が殆ど重なっていることから明確に示されている. 結果としてメロディーがあまり強調されない演奏になっていることが推測される. さらに, 右手が 16 分音符になる付近で, 右手の音の強さの振幅が大きくなることから, 速い速度で指を動かす場面での音の強さをコントロールする練習が必要になると想像できる. 特に図 13 に示した後半の 16 分音符区間で右手の音の強さのばらつきが顕著になっていることから, 疲労や集中力の低下などの要因も考えられる.

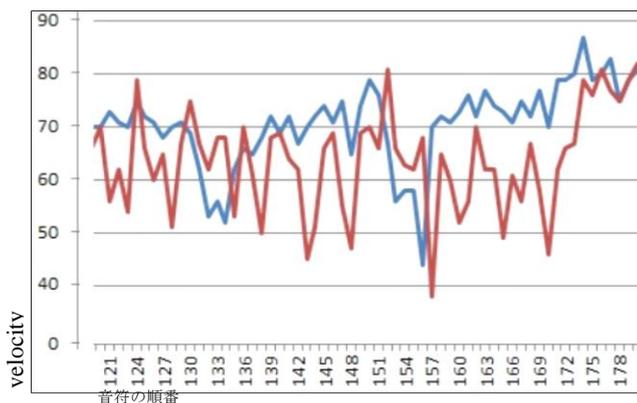


図 13 学生 IB の右手の Velocity (曲の最後部分)
 Figure 13 Comparison of Velocity, Right-H (The student IB)

5) 学生 SA と教員 T の比較

ベロシティーの数值は 50~60 の振れ幅であり音量も小さめで, 次第に 60~70 の幅に移行することから, 前半で萎縮している感じが感じられる. 特に右手が後半に向けてだんだん強くなる傾向は, 他の人に比べると音の強さの振れ

幅が大きいといえる. 図 12 に示したように特に左手が顕著である. また, 強弱の変化は教員の演奏とあまり同期していないことから, 強弱のコントロールが十分にできていないことが原因として考えられる.

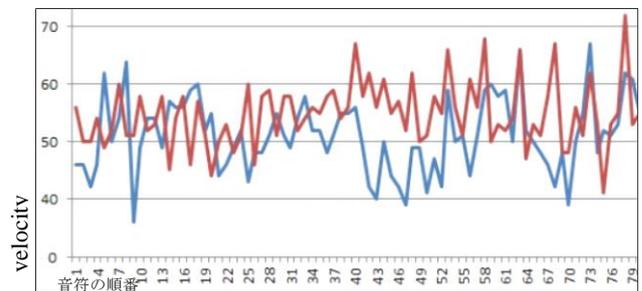


図 14 学生 SA の左手のベロシティー (曲の前半部分)
 Figure 14 Comparison of Velocity, Left-H (The student SA)

6) 学生 IK と教員 T の比較

ベロシティーの数值は 70 あたりで振れ幅も小さく, 音量の変化があまりなく単調な演奏のようにグラフから見えるが, 演奏は非常に安定していて, 16 分音符のところでもバラつきが少ないので, 指が動いている様子が見える. しかし, 曲想に合わせた変化や左右の変化が殆ど見られないので, 表情付に対する意識が不足していることがわかる. 強さが安定的なため, 強弱の変化に意識が向くならば, よい演奏になると考えられる.

(2) 被験者 6 名の期末試験結果について報告

10 月より後期授業を開始し, 後期試験に向けて, バイエル 104 番の授業を行ってきた. その間, 4 回の収録を経て, 2014 年 1 月 21 日に期末試験を実施した. その結果, 被験者 6 名は全員が合格となっている.

4. 考察

今回はベロシティーの特徴について採りあげ, 前章においてピアノ演奏指導者の視点を踏まえて筆者らで議論を進めた結果を示した. 図 8 で示したように, 被験者と教員の差異の特徴は 6 名すべてにおいて鮮明であることから, この差異の分析から演奏の特徴を帰納的に推測することは意味があると考えられる.

分析の前提としてのテンポ設定はベロシティーとも関連すると考えられる. 今回は図 4 に示したように教員 T のテンポは ♩=120, 150 の二種類を設定し, 被験者には第 1 期の収録時に ♩=120 を目標に示して指導を開始した. 中には学生 KA のようにテンポのアップが可能なケースも生じたが, 概ね教員が当初示した ♩=120 のテンポ設定は妥当であったといえる. この場合, 学生 IZ のように当初から ♩=80 で始めたケースでは, 教員のデータも ♩=80 で収録すべきか. この点について, 前期では図 1 のようにバイエル 100 番のテンポを ♩=100, 140, 150, 180 に設定したが, ♩

=100 のような遅いテンポではベロシティーやリズムも感覚的に重い方向に引きずられる結果となり、ノリの悪い模範演奏になった。このことから、学生に提示するテンポ設定は曲のイメージが保たれる程度に適度な速さが良いと考えられる。

分析に使用したグラフは視覚的に演奏の特徴を把握しやすい。特に右手と左手を分けた図 9, 10 のグラフは問題点をより明確にした。ピアノ演奏では右手と左手のコントロールは初心者にとってたいへん難しい課題となる。さらに、図 11, 12 のような両手における教員との比較は全体的に問題点を把握しやすいといえる。したがって、左手右手を区別して分析することは重要と考えられる。

被験者 6 名を図 8 から概観すると、小さい幅で推移したことにより表情の変化がなく単調な演奏になった学生 KA, IB, 逆に幅に広がりがあったことで表情の変化に対応できた学生 HO, また一定の幅の中でバラツキが大きくなり音のコントロールが困難になった学生 IZ, SA, さらに小さい幅での推移であるがコントロールが持続できた学生 IK というように、グラフを見た最初の印象で演奏の全体を把握できる。この事項もピアノ演奏指導へ寄与できる可能性が考えられる。

定量的評価によるさらなる演奏分析の可能性も示した。それは、4) 学生 IB の議論の中で、「曲の構成と音量の関係が小さいように見える。ここから曲の構成を把握する点でかなり乏しい状況が見える。」(中略)「右手が 16 分音符になる付近で、右手の音の強さの振幅が大きくなることから、速い速度で指を動かす場面での音の強さをコントロールする練習が必要になると想像できる。特に図 13 に示した後半の 16 分音符区間で右手の音の強さのばらつきが顕著になっていることから、疲労や集中力の低下などの要因も考えられる。」という見解は、実際の演奏を聴いていない数値とグラフからの分析であった。日頃の学生の演奏に接している教員 T にとって、このような的確な指摘は驚きであった。また、5) 学生 SA の「強弱の変化は教員の演奏とあまり同期していないことから、強弱のコントロールが十分にできていないことが原因として考えられる。」も同様である。このような分析を学生に適時フィードバックすることにより、学生の演奏は次第に教員の演奏に近づく可能性が期待できる。

これらの指摘はピアノ指導者の視点も踏まえており、妥当であると考えられる。したがって、このような数値による分析の方法は有効であり、学習支援システムの応用可能性が期待できる。

5. おわりに

本報告では、保育者養成校における学習支援システム構築への第一歩として、ピアノの上達を目指す学習者とその

指導者の演奏 MIDI データを分析し演奏の傾向を調べた。その結果、その分析内容はピアノ指導者の視点と一致した。このことから、MIDI データによる定量的評価の方法は、ピアノ指導者から受け入れられる可能性が示されたと考えられる。

今後の課題としては、自動評価手法の構築が挙げられる。具体的な自動評価手法としては、曲全体を連続する MIDI データで捉える方法と、曲のポイントを指定する方法が考えられる。この点について本研究では、ピアノ指導者の視点を踏まえて適切な手法を構築していくことが重要と考えられる。

筆者らが構想する養成校で導入可能な学習支援システムでは、この授業に関わる全教員が活用できるシステムを目指している。そのためには、多様な教員の模範演奏に応じた学習課題を容易に設定できるテンプレートのような仕組みが必要と考えられる。養成校で扱うピアノ教材には共通性があること、曲数はそれほど多くないこと、そして対象となる学生が初級者に限定されることも考慮するならば、各養成校で共通して利用可能な学習システムの構築も期待できる。現実的な具体例として、バイエル 100, 102, 104 番のテンプレート作成が考えられる。

その他の課題として、今回、分析を行わなかったデュレーション・テンポ・リズムの分析が考えられる。また、継時的な演奏スキルの変容の分析として、演奏回ごとの相違の評価も考えられる。

参考文献

- 1) 小倉隆一郎, 田中功一: モバイルラーニングを利用したピアノ学習, 文教大学教育学部紀要 2011, pp.123-30 (2011).
- 2) 田中功一, 小倉隆一郎, 中平勝子: 科研費基盤(C)研究成果報告書, <http://www.amy.hi-ho.ne.jp/pf-tanaka/sns.pdf>, (2012).
- 3) 大島千佳, 西本一志, 鈴木雅実: ピアノ演奏における音楽表情と離鍵速度の関係に関する考察, 低離鍵速度箇所の特徴に関する予備的検討(音楽分析), 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学] 2004 (84), pp.15-20.(2004).
- 4) 竹川佳成, 椿本弥生, 田柳恵美子, 平田圭二: 鍵盤上への演奏補助情報投影機能をもつピアノ学習支援システムにおける熟達化プロセスの調査, 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学] 2013 (7), pp.1-8.(2013).
- 5) 福家悠人, 竹川佳成, 柳英克: モチベーションの維持を考慮したピアノ学習支援システムの構築, 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学] 2013 (6), p.1-7.(2013).
- 6) 松原正樹, 遠山紀子, 斎藤博昭: ピアノ初級者のための独習支援システムにおける戦略的練習計画の提示, 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学] 2006 (90), pp.7-12.(2006).
- 7) 大島千佳, 井ノ上直己: 不得手要素を克服させるピアノ学習支援システムにむけて(ピアノ), 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学] 2007 (81), pp.185-90.(2007).