

Title	演奏構築における音楽表情の形成過程に関する研究
Author(s)	大島, 千佳
Citation	
Issue Date	2004-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/806
Rights	
Description	Supervisor:西本 一志, 知識科学研究科, 博士

博士論文

演奏構築における音楽表情の形成過程に関する研究

指導教官 西本 一志 助教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科 知識社会システム学専攻

大島 千佳

2004年3月

要旨

本研究の目的は、クラシック音楽に見られるような「再現演奏」を行う奏者が、作品に対する内的感動をより良く表現できるようにするための、演奏教育の分析手法、演奏支援手段、ならびに「楽器奏（楽器を奏でること）」の機能の分類方法を確立することである。

従来の演奏教育の研究は、レッスンでの生徒と先生の発話の収録や演奏時間の分析、指導方法の分類、そして質問票調査やインタビュー等の方法により指導の効果を検討してきた。しかし、より詳細に生徒の音楽的理解度や技術上の問題点を明らかにするためには、これらに加えて、指導の効果が直接に現れる生徒の演奏を要素分析する必要があると考えられる。そこで第3章では、ピアノ・レッスンにおける生徒の演奏の推移を音楽要素ごとに分析することによって、生徒の音楽的理解度や技術的問題点の推定を試みるとともに、この分析方法を演奏教育研究の一手法として提案する。また、従来ほとんど考慮されなかった離鍵動作についても、基礎的な分析を第2章で行った上で演奏分析の対象要素とする。この分析方法により、生徒の習得状況を客観的に捉えることができ、指導方法とその効果についての研究に役立つ。

第4章では、第3章の分析において示された、旋律を音符通りに再現する作業が奏者独自の表現の表出を妨げている可能性を受けて、音符通りに奏でる技術力の有無にかかわらず、誰でもすぐに演奏することができ、さらに自分なりの音楽表情を高めていけるポテンシャルを保有している MIDI シーケンスデータ作成システムを構築する。従来の演奏支援システムは、主にエンターテイメント・システムとして開発されてきた。しかし、これらのシステムで操作できる音楽要素は非常に限られているため、高い音楽表情を得ることはできず、奏者独自の自己表現を十分に発揮することができなかつた。第5章では、第4章のシステムの応用として、合奏支援システムを構築し、実際の親子でピアノ連弾を試みる。これによって、初心者同士であっても、より高い音楽表情を目指すことが可能となることを示す。

ピアノ連弾をはじめとする合奏は、複数の奏者が演奏を構築する共同創作行為であるため、その演奏構築過程の中では、奏者同士のコミュニケーションが重要となる。このコミュニケーションの中では、言葉やジェスチャーに加えて、楽器奏がひとつのモダリティとして重要な位置を占めている。しかし、このようなコミュニケーション手段としての楽器奏については、従来研究がなされていなかった。そこで、第6章では、実際の連弾のプロトコル分析により、基盤化の理論を用いて楽器奏の機能の分類分類方法を提案する。

Abstract

The objective of this research is to allow any performers who play musical pieces with musical instruments based on scores to freely express their internal impressions on the performance. For this purpose, in this dissertation, I study a method for analyzing musical performance, a musical performance support system, and a classification method of instrument plays that are included in dialogues for discussing musical interpretation.

In the conventional research of music education, they have discussed effectiveness of instructions based on subjective results of questionnaires and interviews with teachers and pupils referring to classification of utterances and time of performance in lessons. However, we should objectively analyze the pupils' performance data and compare the results to the subjective results to reveal the effectiveness of instruction more directly. Therefore, in section 2, I conduct case studies of piano lessons and analyze two pupils' performance data by comparing to their teacher's performance data in the third chapter of this paper. As a preliminary, in section 3, I made basic analyses of key-release action that has been disregarded so far, and considered it as an important musical component of performance analysis.

In section 4, I propose a musical performance that allows people who are not good at playing musical instruments to construct performance data with rich musical expression based on the results of the previous chapters. Recently, there are many musical performance support systems for entertainment use. However, controllable musical components are excessively limited. Hence, the support systems do not allow a user to fully show his/her internal expression.

In section 5, I propose an ensemble support system named "Family Ensemble" for an inexperienced parent and his/her child who is a beginner of learning to play a musical instrument. In experiments, I confirm that Family Ensemble facilitates the playing of piano duo by novices. Furthermore, I show that subjects can discuss musical ideas, which cannot be achieved by using a conventional piano.

In joint practice session of an ensemble, e.g., a piano duo play, an "instrument play" is weaved in dialogue as one of the modalities for communication. Accord-

ingly, in section 6, I apply the Clark-Schaefer contribution model to analyze six dialogues that are obtained in joint practice session of a piano duo play, and I propose a classification method of the instrument plays.

目次

1	序論	1
1.1	本研究の目的	1
1.2	本研究の背景	2
1.2.1	音楽美学における「演奏」	2
1.2.2	音楽情報科学の概観	4
1.2.3	リフレクション	5
1.3	関連研究	6
1.3.1	演奏法や指導法の研究	6
1.3.2	演奏分析の研究	8
1.3.3	音楽ツール・演奏支援システム	9
1.3.4	基盤化とノン・バーバルな表現	11
1.4	本論文の構成	12
2	離鍵動作について	14
2.1	目的	14
2.2	ピアノの打弦メカニズムと MIDI データ	15
2.3	スペクトログラムに見られる Note off velocity の差異	17
2.4	聴覚による Note off velocity の差異	18
2.5	演奏データによる比較	20
2.6	議論	23
2.7	おわりに	24
3	ピアノ・レッスンにおける演奏構築過程の分析	25
3.1	目的	25

3.2	収録の設定	27
3.3	レッスンの内容	28
3.4	演奏データの分析方法と聴取評価の方法	29
3.5	結果	32
3.5.1	演奏データの分析結果	32
3.5.2	聴取評価の結果	35
3.5.3	レッスンについての感想	38
3.6	考察	38
3.7	おわりに	43
4	音楽表情を担う要素と音高の分割入力による容易な MIDI シーケン スデータ作成システム	45
4.1	はじめに	45
4.2	2段階式作成方法について	47
4.3	3通りの入力方法による演奏データ作成の実験	49
4.3.1	演奏データ作成に効果のある要因について：童謡を課題にして	49
4.3.2	音楽表情の操作をあまり必要としない作品の演奏データ作成 について：ポップス曲を課題にして	54
4.3.3	音楽表情の操作を必要とする作品の演奏データ作成につい て：クラシック曲を課題にして	56
4.3.4	考察	58
4.4	演奏データの音楽表情に対する聴取による評価実験	59
4.4.1	評価実験に使用した課題曲	60
4.4.2	比較実験の方法	60
4.4.3	結果	61
4.4.4	考察	63
4.5	他の手法による打ち込みや演奏生成システムとの比較	64
4.5.1	演奏データの作成方法	64
4.5.2	参加者と結果	65
4.5.3	考察	65

4.6	議論	66
4.7	おわりに	66
5	初心者同士による演奏構築を支援する合奏システム	67
5.1	はじめに	67
5.2	初級者の演奏特徴分析	69
5.2.1	実験の概要	69
5.2.2	結果	70
5.3	システム構成	71
5.3.1	概要	71
5.3.2	演奏位置判定モジュール	73
5.4	Family Ensemble を使用した連弾例	76
5.4.1	実験の概要	76
5.4.2	結果	78
5.4.3	考察	79
5.5	おわりに	82
6	演奏構築における「楽器奏」の役割	84
6.1	はじめに	84
6.2	収録設定	85
6.2.1	予備収録	85
6.2.2	本収録	87
6.3	楽器奏における基盤化の機能について	88
6.3.1	分類	88
6.3.2	結果	91
6.3.3	考察	92
6.4	テンポに見られる基盤化について	97
6.4.1	テンポの求め方	97
6.4.2	結果	97
6.4.3	考察	100
6.5	おわりに	101

7	結論	102
7.1	本論文のまとめ	102
7.2	今後の課題	104
	謝辞	106
	参考文献	108
	本研究に関する発表論文	119

目次

2.1	ピアノのアクションとエスケープメント	16
2.2	Note off velocity について	17
2.3	Note off velocity の違いによる周波数の様子	18
2.4	エチュード op.10-3 (別れの曲) 1-8 小節	19
2.5	3つの演奏における Note on velocity の推移	21
2.6	3つの演奏における Note off velocity の推移	21
3.1	IOI と Gap について	30
3.2	生徒 A(a) と生徒 B(b) の演奏の推移	34
4.1	2段階式作成方法の構造	48
4.2	メロディへの満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の相互作用	53
4.3	細かい速度の変化への満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の相互作用	54
4.4	細かい速度の変化への満足度におけるステップ入力の実験と入力方法の相互作用	54
4.5	ブラームス作曲 ヴァイオリン協奏曲 第1楽章 95-102 小節	57
4.6	曲 A の楽譜	61
4.7	曲 B の楽譜	62
5.1	システム構成	72
5.2	弾き直しへの対応の有無による追従の様子の違い	75
5.3	たきびの楽譜	77
6.1	プレイ・ユニットの区切り方	89

表 目 次

2.1	Note off velocity を変化させた演奏のオリジナルの演奏との違い . . .	22
2.2	Note on velocity の推移における相関	22
2.3	Note off velocity の推移における相関	23
3.1	生徒 A の演奏への評価 (1 回目の評価)	36
3.2	生徒 B の演奏への評価 (1 回目の評価)	37
3.3	1 回目で高い評価を得た演奏と発表会及び先生の演奏に対する評価 (2 回目の評価)	39
3.4	生徒 A のレッスン後の感想 (抜粋)	40
3.5	生徒 B のレッスン後の感想 (抜粋)	41
4.1	経験による被験者の内訳	50
4.2	3 つの入力方法への評価の平均値	52
4.3	作成時間と各演奏要素, 精神的負担度における分散分析表 (F 値) . . .	53
4.4	3 つの入力方法への評価の平均値と t 検定の結果 (ポップス曲) . . .	56
4.5	3 つの入力方法への評価の平均値と t 検定の結果 (クラシック作品) .	58
4.6	「演奏の良し悪し」の観点による 5 段階評価の平均値	61
5.1	弾き直しのために戻った個所と回数	71
6.1	各ユニット (Solo/Partial, Duo/Partial, Solo/Full, Duo/Full) の頻度 と平均時間	88
6.2	提示フェーズの誰に対しての提示か (<i>To-***</i>) と誰からの受理か (<i>From-***</i>) による分類	92
6.3	各練習日における作品を通した楽器奏のテンポの推移	98
6.4	ペア B の部分楽器奏とその直後の合同楽器奏とのテンポ差	99
6.5	ペア B の各練習日の最初と最後の合同楽器奏のテンポ	100

第 1 章

序論

1.1 本研究の目的

本研究の目的は、クラシック音楽に見られるような、「再現演奏 [49]」を行う奏者が、作品に対する内的感動 [97] をより良く表現できるようにするための、演奏教育の研究手法、演奏支援手段、ならびに、「楽器奏（楽器を奏でること）」の機能の分類方法を確立することである。

多くのクラシック音楽演奏のレッスンは、生徒に作品の解釈の方法を示したり、演奏技法を身につけさせたりすることにより、生徒が自分なりの演奏表現（以下、本論文では「音楽表情」と呼ぶ）ができるようになることを目指して行われている。ところが、学習者や演奏家の演奏に音楽表情の乏しいものがあることが指摘されている [117]。その理由に、音楽表情を示すための音楽的な理解や技法が乏しい [94] ことや、楽譜に書かれた音符通りに楽器を奏でる技術が乏しいことが挙げられる。

従来の演奏教育の研究は、レッスンでの生徒と先生の発話の収録や演奏時間の分析、先生の指導方法の分類、そして生徒と先生に対して質問票調査やインタビュー等の方法により指導の効果を検討してきた（例えば、[23][47][52][64]）。しかし、より詳細に生徒の音楽的理解度や技術上の問題点を明らかにするためには、これら他に、指導の効果が直接に現れる生徒の演奏を要素分析する必要があると考えられる。演奏の構成要素としての楽音には、音高、音量、長さ、切れ方等の特徴量（本論文では以下、「音楽要素」と呼ぶ）が含まれている。奏者は各音楽要素を高度で抽象的な上位構造によって [66] 相互に有機的に関連づけて調整している。奏者は個々の要素の調整を個別に行っているのではなく、統合的に各要素のバランスを決定しているため、奏者に要素毎の分析結果を見せることはあまり意味がなく、むしろ有害となる可能性があるだろう。しかし、たとえば指導者や研究者のような他

者がより良い演奏教育を目指す際には、奏者がどの要素に注目し、どのようなバランスで各要素を調整しているかを客観的に知ることは有益かつ必要と思われる。

また従来、楽器の演奏経験が乏しい人を対象に、楽器演奏技術の補完を目的とした演奏支援システムが、主にエンターテインメントシステムとして開発されてきた（例えば、[4][77] [85][113]）。しかし、これらのシステムで操作できる音楽要素は非常に限られているため、高い音楽表情を得ることはできず、奏者独自の自己表現を十分に発揮することができなかった。

また合奏は、複数の奏者が演奏を構築する共同創作行為であるため、その演奏構築過程の中では、奏者同士のコミュニケーションが重要となる。このコミュニケーションの中では、言葉やジェスチャーに加えて、楽器を奏する行為がひとつのモダリティとして重要な位置を占めている。しかし、このようなコミュニケーション手段としての楽器奏については、従来研究がなされていない。

以上の問題点を踏まえて、本研究では次に示す方法・手段の確立を目指す。

1. 生徒の音楽的な理解や技法の習得状況を客観的に把握可能とする手法
2. 楽器演奏の初心者から熟達者まで、すぐに演奏ができて、音楽表情を高めていくことができるようにする支援手段
3. 合奏練習での対話に見られる楽器奏の機能を分類する方法

これらは、演奏経験の有無を問わず、誰もがより豊かな音楽表情をもつ演奏をできるようになる方法・手段となると考えられる。

1.2 本研究の背景

1.2.1 音楽美学における「演奏」

国安 [49] は、楽譜と鳴りひびき（Erklingen）の間には意味的変換があることを指摘している。11, 12 世紀、ルネサンスの時代に至って、作曲家が自分の音楽をより多くの人に知らしめ、死後も残しておこうと願うようになったとき、はじめて「作品」という観念が生まれ、楽譜により固定するようになったという。

初期の楽譜には音の高さの関係のみ記され、J. S. バッハ (1685–1750)、W. A. モーツァルト (1756–1791) の時代まで、音高と音価のみ記されるといった簡略さが続いた。これは音楽が単純だったわけではなく、作品のすべてが楽譜の形で固定化されたのではないことを意味している。鳴りひびきの充実は演奏者に負うところが多く、楽譜の現実化ではなかった。ところが 1830 年以後、楽譜は多くの記号や言葉を用いることで、他人に渡す商品として精密で完全な記述を目指すようになる。

ここで、演奏は作曲家により作り上げられ、楽譜のうちに固定化された実際の鳴りひびきと同一のものの「再現」という考え方が生まれ、演奏の「正統性」という観念が生じるようになった¹。

よって、演奏という行為は多くの契機から成り立っていると考えることができる。まず演奏者は作品に対して享受者の立場であり、演奏行為は第一次的には作品の「追体験」でなくてはならない。次に演奏者は聴衆に対しては創造者の位置にあるが、作曲家の創造に対しては二次的なため「追創造」である。追体験において演奏者は作品の本質的性格を正しく把握し、作品に忠実であろうとする（楽曲分析 [34]）が、追創造においては作品を自由に創造し、演奏家の個性を發揮しようとする（演奏解釈 [34]） [49]。

メイヤー [57] によれば、「音楽の意味」は作品の文脈の中に示された関係を知覚することの中にのみ存在するという「絶対主義者」の立場と、音楽には人々が共有できる意味があり、それは、概念、行為、情動の状態、性格といった音楽以外の世界を指し示すものだと考える「参照主義者」の立場があるという。野村 [68] も、音楽ほど形式と内容が渾然と一体をなしている芸術は少なく、音や音程は周波数として数的関係に還元され、音楽をきくことは実在的現実の数的・数学的機能関係を直感的に把握するものだという概念とともに、音楽の本質と存在に関する形而上学的な問題を示してゐる。スワンウィック [108] は、音楽に貢献しているメロディー、リズム、楽器の響きなどの詳細のすべてについては聴衆は暗黙的に知るだけであり、あくまでも全体として聴かれていると言う。ソアレス [97] や米元 [140] は、ある曲を演奏する場合、楽譜に書かれた音を順番に並べるだけではなく、その曲の裏にある哲学的な思想、内面的な意味あいがかんてこないかぎりには音楽というべきでない²と指摘している。雁部 [15] は、演奏曲目が違って、どちらにもその演奏家らしさが表現されていることを例に、旋律、リズム、音の強弱といった要素と、演奏の印象の間に相関はなく、これらの要素においてどんなに細部にわたって演奏家の模倣を試みても、その演奏家の演奏そのものには成り得ないことを指摘している。

一方で、数十年前から MIDI (Musical Instrument Digital Interface)、及びその前身にあたるハンマーの打弦速度を記録する装置を使って、演奏を分析する研究や、自動的にコンピュータに演奏を生成させる研究が行われてきた [1][14][88][89][90][92][118][107]。分類や分析はある「情報」を失う方向で行われるほかはないた

¹現代においては国内外に多くの出版社が存在しているため、1つの楽曲につき入手可能な楽譜の種類は1つではない。さらに、同一出版社内でも原典版か校訂版（解釈版）により強弱や奏法だけでなく、音高でさえも異なる箇所がある。原典版は自筆譜や筆者譜、初版譜等の資料から推理した楽譜であり [36]、楽譜に記号がほとんど書かれていないが、何も表情をつけずに弾くのが正しいというわけではない [38]。

め [111], これらの分析データが演奏に含まれる情報のすべてを数値化できるわけではない。したがって, 要素分析の結果を再度統合させたとしても, その人の演奏を再現できるわけではないことは言うまでもない。しかし, 要素分析の結果の単なる結集物として「全体」を作りあげてを目的とするのではなく, ある演奏を様々な側面(部分)から把握し, それをもって「全体」にアプローチすることを目的として分析することは, 意味があると考えられる。

1.2.2 音楽情報科学の概観

従来の音楽情報科学では, 演奏家の演奏を分析した結果に基づき, 主として計算機にいかにか人間のような演奏や, 音楽理解をさせるかということを中心に研究が進められてきた。音楽情報科学は, 音楽を対象として, 音楽学, 認知科学, アートのそれぞれとコンピュータの境界領域全体をカバーしている。以下, 文献 [62] をもとに概観する。音楽に関する研究において「音」をテーマとした研究は原点であり, 多くの研究者により行われ, 発展を遂げてきた。そのうちの1つに楽音合成の技術があり, 近年では「音モーフィング」技術が発展してきた。これは2つの音色を連続的に補間する合成技術で, コンピュータ音楽などのコンテンツ創作技術として, また音声研究の枠組みとしても検討されている [74]。演奏された音楽をコンピュータに入力して, なんらかの役に立つ処理を行う研究には, 音響信号から楽譜を作成する「自動採譜」 [112], 重なりあった音や楽器を分離する「音源分離」 [17] [43], 拍や小節を認識する「拍節認識」 [18], 音高列を入力すると調名を認識する「調性認識」 [142] そして印刷された楽譜をコンピュータに入力するための「楽譜認識」 [54] 等がある。

音楽学や認知科学との関わりの中で, 平賀 [29] は「音楽分析」は興味の対象が音楽そのものに向けられており, 「音楽認知」は音楽を聴く人間の認知に向けられているという。音楽分析・認知の核心が音楽構造の認識であるという考えに基づいた理論 [51] や研究 [139][31] が行われ, 音楽学での成果やさらに楽曲や演奏の意図, 雰囲気, 感性等の知識をコンピュータ上にプログラムする試みが行われているが, 困難な作業である。しかし, 平田 [30] によれば, 音楽知識を表現する技術が一般化されて, それが新しいプログラミング言語や知識表現の枠組みに生かされることが期待できるという。また音楽分析の結果等をもとに, 人間の独奏者の演奏に合わせてコンピュータが伴奏パートを演奏する自動伴奏システム [24][33] や, 楽譜情報を入力しコンピュータが自動的に人間らしい演奏を行う自動演奏生成システム [28] の研究が行われている。

一方で, 人間と機械が, 対話あるいは協調しながら音楽を作り出していくイン

タラクティブシステムとしての「新楽器 [4] [12][77][85][113]」や、人間のパフォーマーの演奏表現（情報）をコンピュータシステムが理解して対応するセンサを応用した楽器 [61][131] が提案され、実際に作品を創作して公演・発表する活動が行われている。

以上の概観を踏まえて、平賀 [29] による、音楽研究でのコンピュータの役割についての分類を示す。

1. とにかくコンピュータで動かしてみる：人工知能全般の古典的な目標
2. コンピュータの利点・長所を利用する：大量のデータ解析，繰り返し
3. 実用性，応用可能性：商品化の可能性
4. より厳密で形式的な定式化をもたらす：理論を精密化する
5. 既存の理論などの検証を与える：既存の理論の問題点，不十分な点を明示できる。
6. 新たな手法・視点を導入する：パターン認識，知識の形式的表現を適用する
7. 情報科学，認知科学等に新たな展開をもたらす：音楽の研究が他の領域に影響を及ぼすことも期待できる。

1.-3. はコンピュータを用いることの結果や目標であるが，4.-7. は研究手段やアプローチに関わる事項であり，後半のような項目が実現されてこそ，研究全般に対して大きなインパクトをもたらすことになるという。後半の項目における展開は，直接「人」への効果も期待されていると言える。

1.2.3 リフレクション

Schön[86][87] によれば，私たちが何かを行う方法を学んだとき「行為」「認識」「決定」「修正」の連続を実行しており，行為後や，中断して行為を省察することを“reflect-*on* action,” 行為を中断をせずに省察することを“reflect-*in* action”と呼んでいる。後者は，野球やテニスで飛んでくるボールに合わせて体を動かすことに相当する。reflect-*in* action は，必ずしも言語の媒介を必要とせず，実践者自身にとっては即興的で無自覚的なものであるという。reflect-*on* action との大きな違いは，その行動への即効性である。

また，Schön[86] は，有名なチェリストである Pablo Casals のマスタークラスの様子を紹介している。Casals は生徒に，Casals の演奏を，ボーイング，フィンガリング，強調等を詳細にわたり模倣するように指示する。生徒が Casals の“a poor copy”が演奏できるようになったとき，Casals はそれまでのレッスンで見せてきた演奏とは，1つ1つの奏法から全く違う演奏を生徒に聴かせる。しかし，この演奏

もすばらしいものであったという。Casals はレッスンを通して生徒に、奏者は技術的な手段と音楽的な効果を通して、演奏を創作し、産み出すことができるということと、奏者自身の“reflection-*in action*”により、演奏表現の可能性を探索するべきであるということをおしやがせたのではないかと、Schön は言っている。

大浦 [72] の事例には、reflection の様子が示されている。個人練習において奏者が練習中に考えたことを逐次口頭で報告するように教示した収録の中で、被験者の「さっきレガートでやると言ったんですけど、モルトレガートではやはり変なので、わずかにやっぱり切ってみます」という報告から、調整を行いながら演奏表現を模索している様子がわかる。

このように、演奏を構築する過程では、奏者は reflection を繰り返しながら、音楽表情を高めていると考えられる。しかし、楽器のレッスンで先生は、奏者がどこに注目し、reflection しているかを的確に知る必要があるであろう。

さらに、複数の奏者で演奏を構築していく合奏の練習では、各合同演奏の後により自然な形で奏者同士の対話中に reflection が見られる。対話では、意見を伝える発話と共に、ノン・バーバルな媒体として作品の部分のみ奏でることがある。作品演奏のみならず、対話中の楽器奏に対しても reflection があると考えられるが、まだ研究はされていない。

1.3 関連研究

1.3.1 演奏法や指導法の研究

作品解釈も踏まえた、ピアノの音楽的なテクニックについて示した書籍は数多くみられる。マテイ [53] はピアノのタッチについて詳細に分析している。ライマーとギーゼキング [80] は演奏の簡素な美しさを目指して、音符や演奏記号から意味を把握するための手引きを示している。リーベルマン [82] は、演奏テクニックはピアニスト固有のものであり、テクニックの正しさは奏出される音によって判定されることを強調している。井上 [38] は表現のためのテクニックとして手、指等の身体の使い方を説明している。ソアレス [98] は、バッハの作品に焦点をあて、作品のスタイル（その時代の美学的な考え方や表現の仕方）に基づいて自分なりに解釈する必要性を説いている。演奏技法に関する文献は多く存在するが、そのほとんどの著者が書き記していることに、「良い演奏とはテクニックが先行しているわけではなくて、イメージが先行しているものだ [38]」ということである。楽譜を通して、自ずと表現すべき演奏のイメージは湧くべきものである [46]。技術ばかりたたき込むのではなく、自分がどういう音を出したいかという感情がないと表現

もできないのである [71] .

たとえ作曲者が「だんだん強く」という意味の記号を、数個の音符に渡って表示したとしても、必ずしもその記号の始まりにあたる音から、一定の間隔で1音ずつ音量を強くすることを奏者に求めているわけではない。奏者によっては、楽譜上の他の記載事項²も考慮して、「突進するように」というイメージに解釈して演奏表現する（音楽表情を示す）かもしれないのである。

音をイメージすることや、イメージを高める言語 [84] が、演奏を構築する過程において有効であることが示されている。谷口 [115][116] は、音楽的な表現をするための指導方法の研究として、楽譜に書かれたものから音をイメージするという指導を受けたグループと受けていないグループで、指揮者の音楽的表現動作に対する表現反応の違いを調べた。その結果、指導を受けたグループの演奏が有意に査定値（音楽的な評価）が高かった。生田 [37] は「わざ」を習得させるために、科学言語ではなく「わざ言語」を用いていることを指摘している。学習者は科学的表現からは単に外面的な「形」しか意識できず、そこからは何のイメージを思い浮かべることがもないという。有名な音楽教育者である斎藤 [76] も、演奏の中で「熱気」がほしいときに「テンポを速くして音を大きくするんだ」と言うのではなく、「このところはちょっと興奮するんだよ」といったイメージを説明するという。

音楽的な発達や音楽教育の現場への指南 [78][79]、そして指導方法についての研究は数多く行われ、ピアノ教師や生徒を対象とした指導法の研究会 [65][144] も多く行われている。梅本 [123] は、音楽的な発達は後天的な環境、社会等の影響が大きいことを質問票調査により示した。Sloboda & Howe [96] は、ピアノ教育には両親の影響が大きく、優秀な学生は概して音楽を職業としていない両親を持っていることを調査により示した。寺西 [117] は成人したピアニストでも説得力のない演奏が多いことを指摘し、その理由に先生が生徒に対して先生の音楽を教えこんでいることを挙げている。山岸 [128] は、その理由を大脳生理学の見地から示している。キャンベル [5] は、脳の機能の神経学的な概要を示しながら、既存の音楽教育メソッドが脳にもたらす効果を紹介している。仁平 [64] は、ピアノ・レッスンを収録し、先生の行動を言語による介入と非言語による介入に分類した。Rosenshine [83] によると、ピアノ・レッスンでの先生の行為と効果における研究 [23][47][52][64] は1940年頃から行われているという。

以上のように、演奏教育の研究の手法は、質問票による調査や、レッスン中の発話を収録するものがほとんどである。また従来、ピアノの演奏技法は、手、指等の身体の動きから語られてきた。本研究では、1.2.1節で述べたように構造主義の

²楽譜には、音高（ド、レ、ミ等）と音価（四分音符等）のみが示されているものもあれば、強弱、速度、奏法（「なめらかに」等）に関する用語・記号や楽曲の性格や表情を指示する発想標語（「熱情的に」等）等が示されているものもある [45] .

立場から、演奏教育の研究には被験者（生徒）の演奏を客観的に要素レベルで分析する方法が必要と考え、MIDIデータを用いて身体動作の動きの結果として表れる鍵盤の動きに基づき、指導法とその影響についての分析を行う（第3章）。下道[92]も、ピアノ奏法を、MIDIと画像観察により客観的に示すことを試みている。

1.3.2 演奏分析の研究

MIDI、及びその前身にあたるハンマーの打弦速度を記録する装置を使った演奏分析の研究は、数十年前から行われている。Seashore[88]は、音の強さと時間をハンマーの動きから捉えて、同一曲でもピアニストにより違う解釈で演奏を行うことを示した。Shaffer[89]は、ピアノのアクションをコンピュータによりデジタル化し、音の強さと長さを記録し、右手と左手の音量差や音量の増加の傾きを計算して、ピアニストの技法を表した。Shaffer & Todd[90]はピアニストが、テンポを部分的に変えることで音楽的な構造を表していることを示した。また、同一のピアニストであっても、練習していない曲であれば弾くたびに違う解釈で演奏していることも示した。Gabrielsson[14]は、5人のピアニストが演奏したMozartの「ピアノソナタ K.331」を収録して、出版社によって違うスラーの書き方によって、音楽的な構造の示し方が違うことを示唆している³。Todd[118]は、Lerdahl & Jackendoff[51]の“GTTM(Generative Theory of Tonal Music)”の“Time-span reduction”という、グループ構造と拍構造の関係でグルーピングする方法によりグルーピングされたMozartの「ピアノソナタ K.331」を、実際の演奏と比較し、演奏者がグループの階層性を示すために、テンポを要所でゆっくりしていることを示した。Miklaszewski[58]は、才能のあるピアノ専攻の学生の練習を収録し、練習のために区切られた断片が音楽的にも意味があることを示した。Repp[81]は、MIDIの調整により作成したデータをもとに評価実験を行い、全体のテンポの変化とそれに伴う局所でのテンポ変動との関係は、音楽的に独立ではないことを示した。Sloboda[95]は、課題曲を元の楽譜と、小節線を半拍ずらした楽譜を用意して、初心者よりも熟達者の方が2つの楽譜で弾き分けていることを示した。

楽譜に書かれた記号や標語や暗示されている情報を利用して、音楽が本来もつ人間に影響を与える力を演奏に備えさせることを目標として、演奏生成システムの研究が国内外で行われている[25]。最近では演奏生成システムの評価の確立、および音楽演奏に関わる多くの研究者が集うフォーラムとしての場を定期的にもたらすことを目的に、“Rencon(Performance RENDering CONtest)[28]”ワークショップ

³この論文で議論の対象となった、ケーラーとルートハルトが校訂したペータース版におけるスラーの書き方は絶対に誤りであると、マイヤー[55]は指摘している。

が開かれている [27] . Widmer[127] は , システムに楽譜と演奏者によるテンポと音量変化を与え , フレーズの階層ごとにテンポとダイナミスクラブと残差曲線に対して二次関数をあてはめた . 新しいフレーズはこれらのデータベースのフレーズと比較され , 近似する二次曲線を採用していく . さらに残差を「ノイズ」と「意図された変動」に分けて , 微細な部分の表現を示している . MIS(Music Interpretation Model)[1][40] も楽譜情報と演奏データが与えられ , 重回帰分析により演奏ルールを抽出する . Kagurame [107][106] は , 楽譜情報と与えたい演奏表情の特徴情報を入力すると , あらかじめ用意した人間による演奏データ集から類似した曲の演奏事例を探し , その演奏表情を対象曲に反映するシステムである . MUSE(MUSIC in Structured Expression)[110] は自動ではないが , 5 種類の表現パラメータをもとに演奏を記述する言語 , MUSE[109] をもとにルールを与えて演奏を生成している . Yutaka[67] も人間が記述したルールにより表情づけを行う演奏生成エンジンである . Ha-Hi-Hun[32] は GTTM と DOOD(Deductive Object-Oriented Database) という , 属性の欠落や属性の型宣言を記述するために一階述語論理を拡張した手法に基づく音楽知識表現法を演奏生成に応用されたシステムである .

これらの演奏分析や演奏生成の研究では , 主に音の長さや強さの調整による演奏表現が考えられてきた . 本研究ではさらに , 下がった鍵盤が元の位置に戻る速度 (離鍵速度) を奏者がどのように調整しているかについて検討する (第 2 章) . 離鍵のタイミングは , 音の長さを決定づけるものであり , 奏者は楽譜に書かれた音符の長さを機械的に再現せずに , 適度に音の長さを調節する [15] . 離鍵動作の調整により , グループ階層 [118] や和声感も示していると考えられる .

1.3.3 音楽ツール・演奏支援システム

楽器の演奏経験が乏しい人を対象に , 主にエンターテインメントのために開発されたシステムとして「Radio-Baton」[4] , 「Magicbaton」[77] , 及び「ブラボーミュージック」[85] がある . これらは , 拍単位で速さの操作ができる「Two Finger Piano」[113] は , エンターテインメントだけでなく , 教育現場での使用も視程に入れて開発され , 拍単位または 1 音につき 2 分割で , 速さと強弱を 2 本の指で操作できるシステムである . しかし , 拍単位や整数分割では , それぞれの拍の中に存在する複数の音や , 発音された 1 音の減衰の中で , 連続的に速さや強弱を変化させることが不可能なため不自然な演奏になりやすい . しかも , 演奏では速さと強弱の相互作用が重要なため [67] , それぞれの要素の単独操作では質の高い音楽表情を得ることは困難である .

光ナビゲーションキーボード [6] は , 鍵盤楽器演奏の初心者が搭載された曲を演

奏できるように、鍵盤自体が光って、弾くべき鍵盤を導く。3段階の練習方法が提案されており、そのうちの第1段階は、第4章で提案するシステムと同じように、どの鍵盤を押さえていっても、演奏したい曲の音高が順番通りに出力される。しかし、光ナビゲーションキーボードは、初心者のタッチが意図せずに様々なることを踏まえてか、どの音も一定の音量が設定されている。このように、コンピュータが音楽表情の域に大きく立ち入って演奏の支援を行っているために、誰でも一定以上の音楽表情を示すことが可能である一方、自分なりの音楽表情を発揮する余地を十分に残していない。

本論文の第4章では、音単位での音楽要素の操作を可能とすることにより、質の高い音楽表情を容易に得ることができるシステムを構築する。このシステムは、上記の従来システムや商品と異なり、楽器演奏の初心者支援システムではなく、演奏経験を問わず誰でもすぐに、音楽表情を高めることに集中して練習ができることを目指している。このため、音量や音の長さ等の音楽表情は、奏者の演奏したままに出力される。

極最近では、本論文で提案するシステムと同じように、音単位で音量や音の長さを操作できるシステムが開発されつつある。エヴィオ [119] は、バイオリン状の演奏インターフェースをもち、演奏したい曲を選択し、弓を前後に動かすと、楽曲データから「音」が1音ずつ順番に出力され、弓を動かす速度で音の大小が決まり、弓を弾く長さで音の長短が決まる音楽ツールである。これらのシステムは仕組みから考えると、音楽表情を高めていけるポテンシャルを持ち合わせている。しかし、対象を楽器演奏初心者に絞り、エンターテインメントのシステムとして開発されている。EZ-EG [135] は、ギターのネック（棹）部分に弦を模した光スイッチを搭載した、誰にでも簡単に弾ける光るギターである。EZ-TP [136]（企画中）は、押すべきピストンが光り、歌った音を正確な音に補正する歌うトランペットである。

合奏が楽しめる機能として、パソコンや他のMIDI機器と接続して同期演奏などが楽しめるMIDI機能がついたキーボード [7] [129]、ピアノ [130] やデータ・プレイヤー [132] がある。しかし、マイナス・ワンでは一人ひとりの演奏行為と実在的な関わりを持たないため、パートナーと「呼吸」を通わせることが学べない [60]。

本論文の第5章では、初級者の子どもと全くの初心者の親がすぐに合奏が楽しむことができるシステムを提案する。これにより、親子で音楽演奏を楽しむことができるだけでなく、家庭でもパートナーと息を合わせて演奏することを学ぶことができる。

近年、人間の演奏者と合奏するシステムの研究が進んでいる。あらかじめ楽譜が与えられている音楽を対象とした自動伴奏システムでは、Dannenbergl [11] が演奏者が出力した音高情報だけを用いたアルゴリズムを示し、Vercoe [125] は音高と一定時間ごとの演奏時刻を認識し伴奏を変化させる手法を提案した。より自然な

伴奏システムの演奏を目指して、人間とコンピュータの合奏を分析し、コンピュータと人間との「ずれ」から次の「時間長変化」を予測するモデルの提案 [33] や、人間とコンピュータの相互作用を考慮したモデルの提案 [35] が行われている。さらに独奏者の表現豊かな演奏を予測するモデルの研究も行われている [13]。一方、楽譜のない状態で即興で行うジャムセッションシステムでは、人間による即興ソロ演奏の特徴量から演奏者のテンション値を求め、それに応じてシステムの演奏が変化していく手法の提案 [126] や、計算機のプレーヤーの主張を可能にして、抑揚のついたセッションを実現させる研究 [24] も行われている。

以上の研究は、人間とシステムによる合奏を目的とし、演奏の初級者は対象にしていないが、第 5 章で提案する合奏支援システムは、人間同士のペアを対象にしている。

1.3.4 基盤化とノン・バーバルな表現

Clark を始めとして対話の特徴を基盤化 (grounding) を用いて示した研究がある [10][8][121]。複数の主体たちが互いに調整し合いながら行う「共同行為 (joint action)」において、主体たちは知識や信念を相互に信じて、共同行為に成功したことを「共通基盤 (common ground)」と言い、「提示 (presentation)」と「受理 (acceptance)」を通して形成しようとする。この形成する過程を基盤化という [39]。基盤化にはバーバル、ノン・バーバルの両方による情報の表出を伴うが、現在の基盤化の理論では主に発話による対話を扱っているのみであり、ジェスチャー [16] [103][101][102]、図による表現、楽器を奏でること等ノン・バーバルな表象の使用を含む基盤化については未踏の論点である。

ノン・バーバルな表現による表出についての研究では、特に図的表現において行われてきた [91][100] [105][104][145]。しかし、これらの研究の焦点は、個人におけるデザインや問題解決の過程を促進するための表出であり、対話のようなコミュニケーションの場面での機能については研究されていない。

対話でのノン・バーバルな表現の影響については、McNeil[56] は対面对話でのジェスチャーについて研究し、Neilson & Lee[63] は、協調してデザインを描く過程に注目し、Umata et al.[122] は協調して問題解決する場での図的表現の影響を研究している。しかしこれらの研究でのノン・バーバルな表現は、対話中に散発的に起こっており、基盤化における影響を研究したものではない。

Clark & Brennan[9] は基盤化において、対面对話、電話での対話、手紙、ビデオでの会議等のコミュニケーションに使用されるメディアによって、表出のタイプが違うことを示している。しかし、それぞれのメディアの含意についてはまだ

言及されていない。

本論文の第6章では、ノン・バーバルな表現の一つとして、ピアノ連弾の練習（基盤化）にみられる楽器を奏でる行為（楽器奏）の機能を分類する。

1.4 本論文の構成

本論文は以下の章で構成される。

第2章と第3章では、ピアノ・レッスンにおける生徒の演奏の推移を音楽要素ごとに分析することを試みる。過去の演奏分析の研究 [1][14][88][89][90][92][107][118] では、主に音の長さや音の強さが扱われてきたが、本論文では離鍵動作も基礎的な分析を行った上で演奏分析の対象要素とする。また従来はピアニストの演奏が研究対象であり、十分に練習した曲であれば、演奏データのグラフは収束することがわかっている [88][89][90]。しかし、本研究は奏者が自分なりの音楽表情を表現できるようになることを目的としているため、あえて未習熟な状態の演奏からの推移を分析する。レッスンをを行い、演奏データの推移を生徒による評価や感想と照らし合わせることで生徒の音楽的理解度や技術上の問題点を推定し、同時にこれらの分析方法を演奏教育研究の一手法として提案する。

第4章では、第3章の分析において示された、旋律を音符通りに再現する作業が、奏者独自の表現の表出を妨げている可能性を受けて、音符通りに奏でる技術力を問わず、誰でもすぐに演奏することができるシステムを構築する。構築した「2段階式作成方法」というMIDIシーケンスデータ作成システムは、自分なりの音楽表情を高めていけるポテンシャルを保有している。まず、音楽表情には関係しない音高列の操作をコンピュータが支援することで、初心者や熟達者が困難に感じる曲の演奏を容易にする。さらに音高以外の音楽表情に関係するすべての音楽要素を人間が統合して入力することで、自分なりの音楽表情を高めていくことができる。

続いて第5章では、2段階式作成方法をもとに、楽器演奏初級者の子どもと全く初心者の親の組み合わせであっても、家庭内ですぐに合奏を楽しめるシステム“Family Ensemble”を提案する。親のパートは正確な音高列を出力する機能と演奏位置の追従機能により支援されているため、すぐに子どもと合奏することができる。

第6章では、第5章の評価実験で見られた連弾練習における対話での楽器奏（楽器を奏でること）の機能の分類を、クラークとシェーファーによる対話モデル [8][10] をもとに行う。ピアノ連弾を行うために、2人の奏者は練習の中で、お互いに意見を伝えあいながら演奏を構築していくが、バーバルな表現方法で意見を伝えるのみならず、楽器奏を用いて伝えることもある。しかし、その楽器奏による提示

は、パートナーに受理されるだけでなく、提示者自身が受理する例が見られた。今後、これらの対話における楽器奏の分類方法は合奏練習の分析に活用することができる。

第7章では、以上の研究を通して示された演奏の構築過程の分析や支援方法についてまとめるとともに今後の課題について論じる。

第 2 章

離鍵動作について

本章では、第 3 章に先立ち、演奏データを解析する上で、音楽表情を決定づける要素の 1 つである離鍵動作について基礎的な分析を行う。

2.1 目的

ピアノの演奏データから、音楽要素の一部である音の長さや音の強さを取り出して分析する研究は、数十年前から MIDI (Musical Instrument Digital Interface)、及びその前身にあたるハンマーの打弦速度を記録する装置を使って行われてきた [1][14][88][89][90][92][107][118]。しかし、音の長さや強さ以外にも「音の切れ方 (離鍵動作)」も表現の要素として重要である [15][109]。アコースティック・ピアノでは離鍵と同時にダンパー (弦の響きを押さえるもの) が下がってくるが、ダンパー・ペダルの使用状態による音の減衰や他弦の共鳴についても既に論じられている [109]。著名なピアニストであるソアレス [97] も、打鍵した後にすぐにリラックスすることや、鍵盤に入った指 (押した指) が出るときに、下がった鍵盤が自然に元に戻る「反作用」を意識する必要性を説いている。しかし、鍵盤が元の位置に戻るまでの離鍵動作についての詳細な分析はまだ行われていない。そこで本章では、離鍵動作の中でも Note off velocity (鍵盤が元の位置に戻る速さ) に焦点をあてて、基礎的な分析を行う。

続いて 2.2 節では、ピアノの構造を元に発音の MIDI データとの対応について説明する。2.3 節では、Note off velocity 値の違いをスペクトログラムにより示す。2.4 節では、Note off velocity 値の違う演奏データを用意して、聴取により比較実験を行う。2.5 節では、3 人による演奏データをもとに、Note on velocity と Note off velocity の比較を行う。2.6 節は、離鍵動作の意味について議論を行い、2.7 節

では本章のまとめをする。

2.2 ピアノの打弦メカニズムとMIDIデータ

最初にピアノの打弦メカニズムとMIDIデータとの関係について示す。図 2.1 は、グランド・ピアノのアクションを模式的に示したものである（以下、文献 [141] を参照する）。キーの高さは約 9.5 ミリで、ハンマーと弦の距離は約 47 ミリであることから、ハンマーの速さはキーの速さの約 5 倍に増大することになる。ピアノシモ（とても弱く）で弾いたときと、フォルティッシモ（とても強く）で弾いたときのハンマーの速さを比較すると、秒速約 0.8 メートルから 8 メートルに変化する。図の (a) はキーを指で押し始めたときの状態で、(b) はハンマーが弦と衝突する直前の状態である。キーがある深さまで沈むと、「丸 2」を支点とする回転運動のために、ジャックの右端がセットオフ・ボタン（ジャック・レギュレータ）に接触して、ジャックはローラーから外れる。その時点でハンマーはキーおよびアクションから切り離され（エスケープし）、ある速度で弦を打つ。このハンマーが自由になる瞬間は「レット・オフ」とよばれ、それ以後はキーからの力をハンマーは受けないことになる。よって、ピアニストが鍵盤を下げた後でいくら手をこね回しても何事も起こるはずがないことは明らかである [15]。そして、鍵盤を上げれば、直ちにダンパーが弦に接触して振動が止まる。

よって、ピアニストが意図的に操作できるのは、1. 打鍵と離鍵操作のタイミングによる音の長さ、2. 打鍵速度による音の大きさ、そして 3. ダンパーの速度を操作する離鍵速度である。音の長さは、リズムやアーティキュレーション（スラーやスタッカート等）を形づくる要素と言える。さらに、たとえば音の粒立ちを鮮やかにするためには、素早く離鍵する必要がある [15]。MIDI では、1. 音の長さ（Duration）は、発音時刻（Note on message 発行時刻）と消音時刻（Note off message 発行時刻）の差で表現される（以下、文献 [114] を参照する）。2. 音の大きさは、ピアノの打鍵速度に相当する Note on velocity により表現される。0 から 127 で表現されるが、0 は発音しないという意味のため、実質的には 1 が最も弱く、127 が最も強いと表現する。しかし、楽器ごとに数値とその強さの印象がまちまちである。ペロシティ（Velocity）には、もうひとつ図 2.2 に示されたような、Note off velocity という、エンベロープの減衰時間を調整するのに用いられる表現がある。オフペロシティ値が小さいと徐々に音が消え、大きいと短時間で消える。ピアノにあてはめれば、離鍵速度に相当し、ダンパーの下りる速度に関係する。さらに音の高さは、ノートナンバ（Note Number）で示される。

以上をまとめると、ピアニストが操作している要素は打鍵時刻、離鍵時刻、打

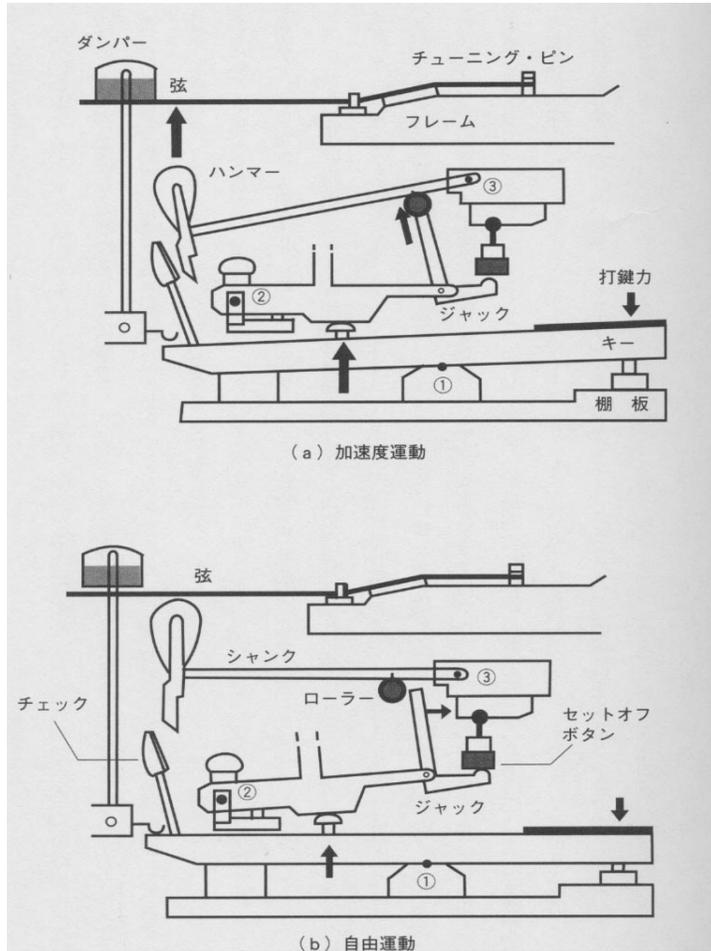


図 2.1: ピアノのアクションとエスケープメント

文献 [141] の p.19

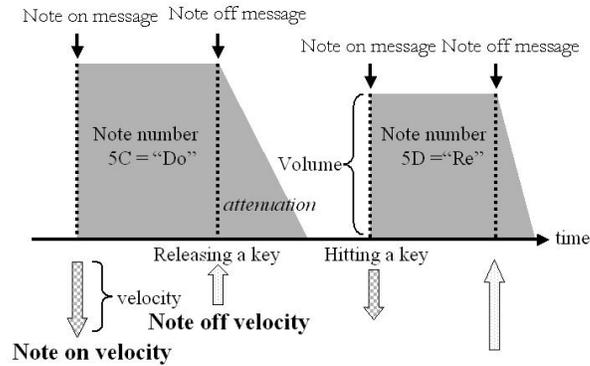


図 2.2: Note off velocity について

鍵の速さ，そして離鍵の速さの4つであり，MIDI データでは，Note on message 発行時刻，Note off message 発行時刻，Note on velocity，Note off velocity でそれぞれ表現される．

2.3 スペクトログラムに見られる Note off velocity の差異

図 2.3 に，Note off velocity の変化による周波数の様子の違いを，スペクトログラムにより示す．まず，C4,D4,E4,D4,C4 を，MIDI データを出力するアコースティック・ピアノにて奏でる．出力されたデータの Note off velocity の値をそれぞれ，127 と 25 の 2 種類に変更する．これらのデータをピアノに入力し，実際にハンマーで打弦させて出力した音から，それぞれサンプリング周波数 44.1kHz，分解能 16bit で記録した音響データを用いて，スペクトログラムを作成した．

図 2.3 の上の段は Note off velocity を 25 に変更した E4 (331.1Hz) と D4 (295.0Hz)，下の段は Note off velocity を 127 に変更した E4 と D4 のスペクトログラムである．横軸が時間，縦軸が周波数であり，周波数の強さが時間的に変化する様子を示している．図中，Note off メッセージ発行時刻以後の周波数成分の変化を比較すると，以下の 2 点の差異が明らかである．

1. Note off velocity が 127 の場合，E4 と D4 の離鍵開始直後に，それまでに存在しなかった周波数成分の音が出現している．これは，速い離鍵によって鍵の

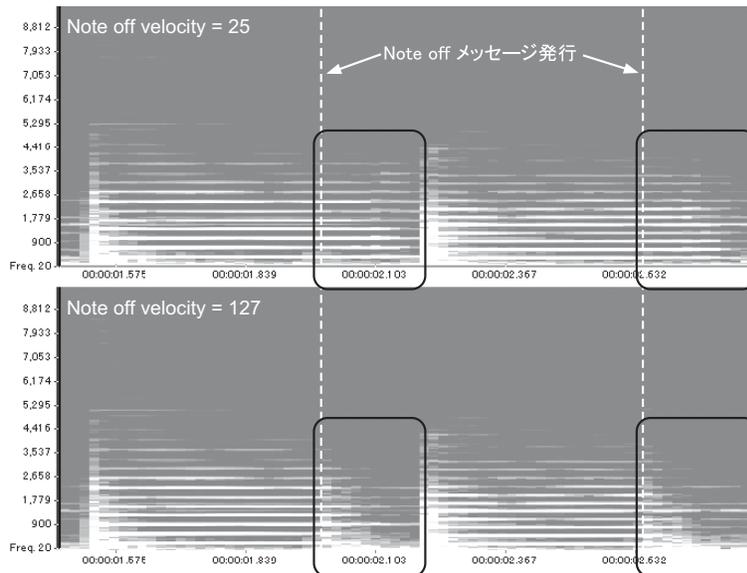


図 2.3: Note off velocity の違いによる周波数の様子

アクション機構が高速に元に戻る際に生じるノイズではないかと思われる。

2. Note off velocity が 127 の場合，Note off velocity が 25 の場合と比較して離鍵の開始からいずれの帯域についてもパワーの減衰が速いが，特に高周波成分の減衰が著しい。

これらのノイズや周波成分のパワーによる減衰の差は，音の消滅時間の違いとしてもみならず，音色の差としても知覚されるはずである。

2.4 聴覚による Note off velocity の差異

スペクトログラムの結果を受けて，Note off velocity の差異が聴覚ではどのように違いを感じるのかを調べるために，ピアノを専攻する学生 3 名（以下，奏者 A,B,C と呼ぶ）によるショパン作曲「エチュード Op.10-3(別れの曲)」(図 2.4) の演奏データ（以下，演奏 A,B,C と呼ぶ）を採取し，各々のデータの Note off velocity を次に示す 6 通りの方法 (*Lo, Hi, Av, Ex, Ct, Rn-method*) で変更し，音楽を専攻する大学生（グループ A,B,C）に比較してもらった。

Lo-method: Note off velocity の値をすべて 25 に統一した．よってどの音も鍵盤がゆっくりと上がってくる。

Hi-method: Note off velocity の値をすべて 100 に統一した．よってどの音も鍵盤

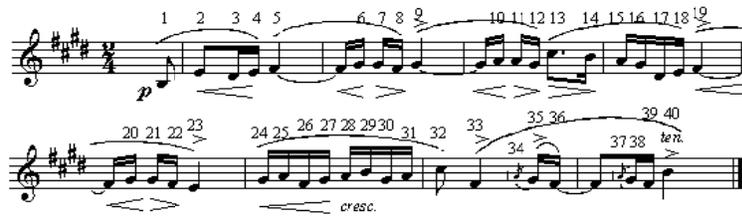


図 2.4: エチュード op.10-3 (別れの曲) 1-8 小節

が速く上がってくる .

Av-method: Note off velocity の値をすべて平均値に統一した .

Ex-method: Note off velocity の値を次の式により算出した .

$$V_i^{(mod)} = (V_i - V_{av}) * 1.5 + V_{av} \quad (2.1)$$

$V_i^{(mod)}$ は i 番目の Note off メッセージの算出された Note off velocity の値である . V_i は i 番目の元の Note off velocity の値である . V_{av} はすべての Note off velocity の平均値である .

Ct-method: Note off velocity の値を次の式により算出した .

$$V_i^{(mod)} = (V_{av} - V_i) + V_{av} \quad (2.2)$$

$V_i^{(mod)}$ は i 番目の Note off メッセージの算出された Note off velocity の値である . V_{av} はすべての Note off velocity の平均値である . V_i は i 番目の元の Note off velocity の値である . この計算式により , Note off velocity の値は平均値を中心として推移は反転することになる .

Rn-method: Note off velocity の値を次の式により算出した .

$$V_i^{(mod)} = V_{av} + (Rnd * 25) \quad (2.3)$$

$V_i^{(mod)}$ は i 番目の Note off メッセージの算出された Note off velocity の値である . V_{av} はすべての Note off velocity の平均値である . Rnd は-1.0 から 1.0 までの間のランダムな数である . この計算式により , ランダムな Note off velocity 値が算出される .

グループ A は奏者 A を含む 3 名 , グループ B は奏者 B を含む 3 名 , グループ C は奏者 C を含む 2 名で構成され , それぞれ演奏 A , 演奏 B , 演奏 C のオリジナル

の演奏と6通りに Note off velocity を変えた演奏を比較して、違いを自由に記述してもらった。なお、被験者には演奏データの作成方法や Note off velocity については、一切知らせていない。

表 2.1 は自由記述で得られた回答から、代表的なものを示している。*Lo-method* では、「テヌート（音を保持して）ぎみ」「レガートのかかりすぎ」というように、アーティキュレーションが重くなっていることが指摘されている。*Hi-method* では、音色の変化が指摘されている。一方で前の2つの方法と同じく、Note off velocity 値が一定であっても、平均値である *Av-method* では、「自然な感じ」という意見があったことが興味深い。*Ex-method* は、全体の中で評価が最も良かった。*Ct-method* では、同音の連続がつながったように感じられているが、これは Note off velocity が反転したならではの指摘である。Note off velocity がランダムな値であった *Rn-method* では、「音楽性があまりない」「自分の予想と違う」という意見があった。これは、Note off velocity が演奏プランを形成する上で、蔑ろにできない音楽要素であることを示している。

以上から、Note off velocity 値の差異は、減衰時の周波数の違いとなって現れるだけでなく、人間が聴取しても音楽表情の違いとして十分に聴き分けることができると言える。

2.5 演奏データによる比較

次に演奏 A,B,C を MIDI データにより比較する。図 2.5 は3人の演奏の Note on velocity（打鍵速度）の推移を示しており、図 2.6 は Note off velocity（離鍵速度）の推移を示している。1つの演奏の中での各音の推移を比較するために、それぞれの演奏の平均値を0とした正規化を行った。あわせて各音における標準偏差を示した。

図 2.5 と図 2.6 からは、同じ演奏であっても、Note on velocity の推移と Note off velocity の推移が全く違うことがわかる。推移の差異を見るために、まず各音の前の音との Note on/off velocity 値の差分を計算した。次に演奏 A の Note on velocity の推移の差異と、同じく演奏 A の Note off velocity の推移の差異で F 検定を行ったところ、有意に差異が認められた ($F(38,38)=5.91, p < .01$)。ここからも、Note on velocity の推移と Note off velocity の推移は同じ動きをしていないことがわかる。同様に演奏 B ($F(38,38)=15.54, p < .01$)、演奏 C ($F(38,38)=2.10, p < .05$) を使用した F 検定でも有意に差異が認められた。

次に演奏 A、演奏 B、演奏 C の Note on velocity の推移の関係を見るために、それぞれの演奏を平均値を0として正規化したデータをもとに、相関係数を算出し

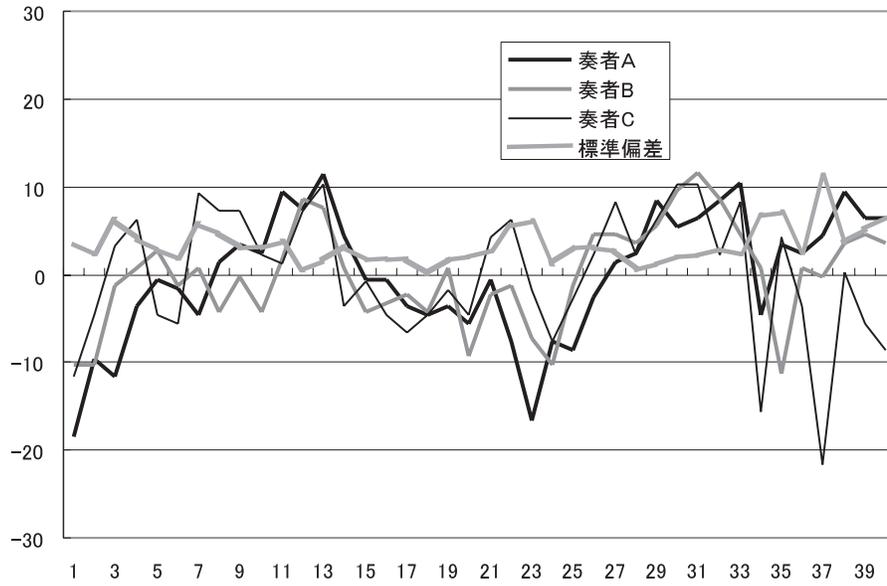


図 2.5: 3つの演奏における Note on velocity の推移

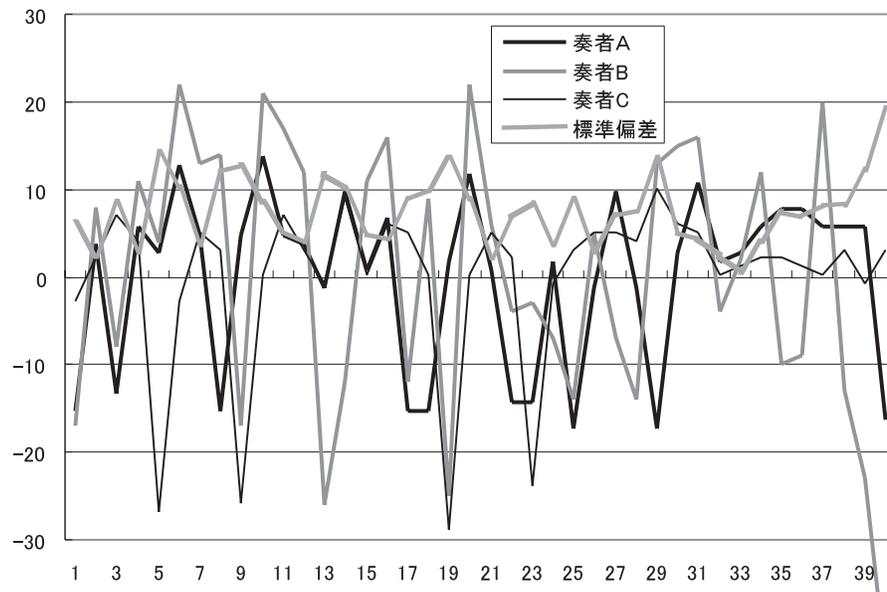


図 2.6: 3つの演奏における Note off velocity の推移

表 2.1: Note off velocity を変化させた演奏のオリジナルの演奏との違い

変更	演奏	コメント
Lo-method	A	音がテヌートぎみになって、重い印象になった
	B	レガートがかかりすぎているような気がする
Hi-method	A	高い音が貧しく聞こえた
	B	音の跳躍のときに固さを感じる
	B	6 番目と 7 番目の音がレガートではなかった
Av-method	A	自然な感じがした (2 名が記述)
	B	ルバートの仕方が違う
	B	八分音符が速くなった
	C	違いがわからなかった (2 名が記述)
Ex-method	A	音全体のバランスと色が大体統一されている
	A	感情の込め方が前 (オリジナル) よりある
	B	ルバートの仕方がとても自然だと思う
	C	1 つめ (オリジナル) よりもフレーズの上りと下りが分かった
	C	はじめの演奏 (オリジナル) よりも音がきれい
Ct-method	B	同じ音がつづくときにつながるかんじ
	C	曲が流れていた
	C	違いがわからなかった
Rn-method	A	もたついた感じ
	A	音楽性があまりないように感じる
	A	飛び抜ける音が気になる
	B	自分の予想していた音質と違うものがでてきたところがあった
	B	八分音符を全部ニュアンスを違えてある
	C	音のタッチが雑
	C	一つ一つの音を丁寧に弾こうとしているように感じた

た．表 2.2 によると，演奏 A と演奏 B，及び演奏 B と演奏 C の Note on velocity には比較的強い相関が見られ，演奏 A と演奏 C には弱い相関が見られる．次に演奏 A，演奏 B，演奏 C の正規化した Note off velocity の推移をもとに，相関係数を算出した．表 2.3 によると，演奏 A と演奏 B の Note off velocity には弱い相関が見られたが，ほかの組には相関がなかった．ここから，Note on velocity の推移は，いずれの奏者についてもおおむね同じ傾向が見られたが，Note off velocity の推移に関しては奏者によってかなり違うことがわかった．

次に，各演奏の Note on velocity の推移にどのような特徴があるかを見るため

表 2.2: Note on velocity の推移における相関

	演奏 A	演奏 B	演奏 C
演奏 A			
演奏 B	0.68**		
演奏 C	0.34*	0.42**	

** は 1%水準で有意．* は 5%水準で有意．

表 2.3: Note off velocity の推移における相関

	演奏 A	演奏 B	演奏 C
演奏 A			
演奏 B	0.34*		
演奏 C	-0.00	0.24	

* は 5%水準で有意。

に、図 2.5 を楽譜と照らし合わせて考察を行う。演奏 A と B は音符番号の 13 番目付近と、31-33 番目付近の 2 個所の値が他の音符と比較して大きくなっていることがわかる。演奏 C も同じ 2 個所では演奏中、最も大きい値になっているが、そのほかにも 4,7,27 番目でも大きな値を記録している。これらの個所はすべてクレッシェンド（だんだん強く）の記号の後や、アクセント（その音を強く）の記号のついた音に相当している。

一方、Note off velocity の推移（図 2.6）では、演奏 A は音高の進行方向が変わる直前の音（その音を境に上っていた音高列が下がる等）で Note off velocity 値が小さくなっている（鍵盤が上がるのが遅くなっている）。演奏 B は同じ音高が 2 回連続する最初の音（6,20 番目の音符）や長く伸ばす音の Note off velocity 値が小さくなっている。また長く伸ばした音の次の音の Note on velocity は、より小さい値になっている（図 2.5）。演奏 C は四分音符（5,9,19,23 番目）で Note off velocity の値が低くなっている。これらの結果から、奏者間における Note off velocity の推移は違っていたが（表 2.3）、個人内では奏者によって、楽曲構造と密接な関係をもつ首尾一貫した変化をつけている可能性が示された。

2.6 議論

打鍵速度は音の強弱として、初級のレベルから当たり前のように注意が払われている。それは、楽譜に表示された強弱記号の意味を演奏に反映させようとする、自ずと打鍵速度に変化がつくからであろう。このように強弱記号の影響が大きいせいか、本章の演奏データの分析でも、Note on velocity の推移は 3 人の奏者間でそれぞれ相関が見られた。

一方、離鍵速度を直接に「鍵盤が元の位置に戻る速さ」として日頃から格別に考慮しているピアノ奏者や学習者は少ないのかもしれない。しかし、本章の演奏データの分析によると、ある程度熟練した奏者は、楽曲構造と密接な関係をもつ首尾一貫した離鍵速度の変化をつけている可能性が示された。ここから、Note off velocity は奏者の個性が現れる重要な要素であると考えられる。一方で、Note off

velocity も Note on velocity のように、「ほぼ正解」と言えるような範囲があり，今回の被験者が習得していなかっただけという可能性も考えられる．この問いに答えるためには，巨匠レベルの奏者のデータの比較や，演奏プランについてのプロトコル分析をしなければならないであろう．

書籍等で掲げられるタッチの種類には，離鍵動作に関わると思われるものが多い．ピアニストの井上 [38] はタッチの方向には，1. 上下の運動，2. 腕の振り，3. 出し入れの運動があると言う．上下の運動の中では，下から突き上げるタッチがあることを示している．腕の振りでは，内側から外，またはその逆の動きを示している．出し入れの運動では，押し出す，手前に引くというタッチを示している．さらに，著者が受けた複数の先生によるレッスンでも「ゆっくり肘から上げて」「手首をあげて」「指から出て」等，結局は離鍵動作につながる身体動作をよく指導された．

しかし重要なのは，表立った身体の動きではなく，筋肉や関節のコントロールと音色との関係である [97]．正しいタッチは「こういう音が欲しい」と思うことから始まり，響きを自分の耳で聴いてコントロールすることにより身につくものである [128]．よって，タッチのコントロールの結果としての鍵盤の動きを計測することは，聴くことと共に客観的な判断材料になると考えられる．

2.7 おわりに

本章では離鍵動作の影響を調べるために，演奏データの内の Note off velocity に変化を与えて基礎的な分析を行った．スペクトログラムでは高い周波数の減衰に違いが出ていた．聴取実験では，Note off velocity の変化の与え方に相当する評価を得られた．また 3 つの演奏データを Note on/off velocity の推移で比較したところ，Note on velocity の推移には個人間の違いがほとんどなかったが，Note off velocity の推移には違いがあった．一方，個人内では奏者によって，楽曲構造と密接な関係をもつ首尾一貫した変化をつけている可能性が示された．よって，Note off velocity は奏者の個性が現れる重要な要素であると考えられる．

今後は音楽的な技巧の卓越した熟達者を対象に，指や手首の筋力を筋電位により測り，Note off velocity 値との関係を調べていく．

第 3 章

ピアノ・レッスンにおける演奏構築過程の分析

本章では演奏教育研究のための分析手法の提案を目的として、ピアノ・レッスンのケース・スタディを行い、先生と生徒の演奏データを離鍵動作も含めて音楽要素ごとに比較し、主観評価に照らし合わせることにより、生徒の音楽的な理解や技能習得の状況を客観的に示す方法を提案する。

3.1 目的

多くのクラシック音楽演奏のレッスンでは、生徒が創造的な演奏表現をできるようになることを目指して行われている。ところが、学習者や演奏家の演奏に、表情の乏しいものがあることが指摘されている [117]。多くのレッスンでは、まず様々な作品解釈や演奏表現の方法を模範演奏や発話等の手がかりをもとに先生が示して、生徒に音楽的な理解をさせ、技法を習得させるという「模倣の段階」がある。しかし、生徒に先生の“poor なコピー [86]” をさせることが最終的な目標ではない。模倣の段階では生徒の作品解釈や演奏表現における「選択肢」を広げ、「創造の段階」で生徒が適切な解釈や表現を選択できるようにすることが求められている [86][98]。よって、まず生徒の音楽的な理解や技術習得の状況を把握できるようになることが、より良い指導への改善に必要とされる。

そこで本章では、創造性を育む演奏教育を目指した分析手法の提案を目的として、まず 5 回のピアノ・レッスンと、その 1 ヶ月後の発表会の生徒の演奏データを、別の機会に収録した先生の演奏データと比較して、離鍵速度も含めて要素分析する。5 回のレッスンでは主に模倣の段階として指導を行う。5 回のレッスン終了後

の1ヶ月間はレッスンを行わず，生徒が自ら演奏を創造する．そして，生徒によるブラインドの聴取評価に要素分析の結果を照らし合わせて，生徒の音楽的な理解や技術習得の状況を推定することを試みる．

これまでの音楽の指導に関する多くの研究は，ピアノ・レッスンでの発話の収録やアンケートやインタビュー調査をもとに行われてきた．ピアノ・レッスンでの先生の発話や生徒の発話，及び演奏等にかかる時間の割合についての研究 [47] や「先生の提示」「生徒の答え」「生徒の答えの強化」といったレッスンにおけるパターンを確認する研究 [23][138] がなされている．また「平均的な生徒」に対しては「良い生徒」よりも多くの指導を言語で行っていることが確認され [99]，「生徒中心型」のレッスンが先生と生徒の関係を良くしたという研究 [52] がなされている．演奏教育の研究は 1940 年頃から多数報告され，これらの研究で示されている先生の行為と効果についての研究は，事例としては個々に新しい結果を含んでいるが，方法論的，概念的には特に目新しいものは見られない [83]．

また，演奏データから，音楽要素の一部である音の長さや音の強さを取り出して分析する研究は，数十年前から MIDI (Musical Instrument Digital Interface)，及びその前身にあたるハンマーの打弦速度を記録する装置を使って行われてきた [1][14][88][89] [90][92][118][107]．しかし，従来の研究は演奏家の演奏を対象にしており，本章のようにレッスンを通じて，生徒の演奏の推移を分析した研究はない．また本稿で分析対象の一つとする離鍵速度は，従来の演奏分析では取り扱われてこなかった．

雁部 [15] は，旋律，リズム，音の強弱といった要素と，演奏の印象の間に相関がないことを指摘している．たしかに，演奏を「あるがまま」に鑑賞し，評価する姿勢は本来の音楽の楽しみ方に沿うものであると言える．しかし，演奏教育の研究では，指導により変わる生徒の演奏構築過程を追う必要があり，先生や生徒の主観評価のみに頼るだけでは，双方が気付いていない動向を分析することは難しい．構造主義の概念では，全体の中での関係をもとに分類された要素であれば，全体性は失われないという．分類や分析はある「情報」を失う方向で行われるほかはないが，そもそも全体を「あるがまま」に分析することが不可能だからこそ分類や分析を行うのである [111]．

分析の応用として，演奏を可視化し，客観的に演奏の評価を行うことを目指している研究がある．平賀 [26] は，楽曲構造を基本として演奏を視覚化したシステムを提案した．宮崎 [59] は，3次元仮想空間内に MIDI データを可視化するシステムを提案した．しかし，レッスンや自宅練習での生徒の支援を目的に演奏を可視化することは難しい．それは，演奏分析の結果を受けて生徒が一つの部分に着目するあまり，全体の動きとの関連性を忘れ [69]，演奏が悪化する可能性を秘めているからである．よって，本章での演奏分析は，あくまでも演奏教育研究の一手法

であり、生徒に対して示すことを目的とした演奏の可視化を試みるものではない。

続いて3.2節では、生徒2人によるピアノのケース・スタディの収録方法を、3.3節ではレッスンの内容を、3.4節では演奏データの分析方法をそれぞれ説明する。3.5節では、生徒と先生の演奏データの差異の推移と、生徒による主観評価やレッスンへの感想について述べる。3.6節では、結果に基づいて、演奏データの分析について検討を行う。3.7節では、今後の研究について述べる。

3.2 収録の設定

レッスンの収録に使われた課題曲は、F. ショパン作曲の「幻想即興曲 作品66」の中間部“Moderato cantabile”とその手前6小節間である(37-82小節)。ただし、収録後の分析には43小節目の中間部から使用した。この曲は両被験者に好まれており、練習の動機付けになり、曲の構造的にも理解しやすいと予想されたために採用された。

中間部をフレーズ単位で分けた場合、6フレーズ(A,A',B,A',B,A')に分けることができる。この中で「フレーズB」は11度の跳躍や7連符の下降形が含まれるために、技術的に難しい。

生徒として2人の被験者を採用した。どちらの被験者も著者が所属する大学院の女子学生であり、幼少の頃からピアノ・レッスンを受けていた。特に生徒Aは音楽大学への進学を考えたほどの腕前である。したがって両者とも、今回の課題曲の譜面を読んで最後まで弾き通す技量を持っていた。一方、先生は本論文の筆者が担当した。筆者は音楽大学でピアノ演奏を専攻し、ピアノ指導を行ってきた経験をもつ。

レッスンは両者とも同じ施設にて、YAMAHA Silent Ensemble Grand Piano C5を使用して行った。このピアノはMIDIデータの出力機能を持つ。演奏中に出力されるMIDIデータは、すべてSGI Indy Workstationで記録した。同時にレッスンの模様と演奏をVCR及びDATで、映像音響データとしても記録した。

各回のレッスン終了直後と発表会後には、生徒にその日のレッスンでの指導方法や感想、及び自分の演奏の印象を日記のように書いてもらった。先生はこの記述を発表会が終わるまで読んでいない。

3.3 レッソンの内容

映像音響データからレッスン中の先生と生徒の言葉によるやりとりと、ピアノの音を出したタイミングを書き起こした。なお、毎回のレッスンの最初と最後には、課題曲を通して演奏することを生徒に求めた。

第1回のレッスンでは課題曲が作曲された背景と、曲の構造についての説明を行った。フレーズごとに強弱変化をもたせて演奏するように生徒に求め、表記されている強弱記号や「sotto voce(ひそやかに)」「tenuto(音を保持して)」等の記号の意味を確認した。生徒Aはトリル、生徒Bは「フレーズB」が、それぞれリズムや音高列通りに弾けていなかったために集中的に部分練習をした。

第2回のレッスンではフレーズのまとまりを表現できるようにするために、先生が生徒の演奏に合わせて歌ったり、弾いて聴かせたりしながら指導した。さらに部分的に、「口笛ぐらいの音量がずっと遠くまで行き渡るような」「雲の合間から光がひゅっと差してくるような」「ポンポンと音を楽しんで」といった演奏のイメージを説明した。トリルについては両者とも強い音になりやすい傾向があったため、弱い音で弾けるように部分練習をした。

第3回のレッスンではフレーズ感や適切な音色を出すための指導として、指、手首、肘などの脱力方法を示すために、先生が実演したり、先生が実際に生徒の体の部位に触れて動き方や速さを指導したりした。

第4、5回のレッスンでは、指導方法によって生徒の演奏に違いが出るかを試みるために、生徒によって指導方法を変えた。生徒Aに対しては模倣の段階としての指導を中止し、生徒自身が考えながら演奏を改善するレッスンとした。第4回では、生徒Aの演奏を録音してその場で聴き、生徒Aに感想を求めるという方法を3回行った。第5回では、全体を通して演奏することを中心に行い、生徒Aは暗譜による演奏を2回行った。先生は「自由に表現する」ことや「歌わせる」ことを求めて、イメージの確認をしたり、生徒に演奏に対する感想を求めたりした。

一方生徒Bに対しては、第2回、第3回に似た指導方法により第4回、第5回のレッスンを実施した。第4回では、「溜め」の表現方法を生徒の演奏に合わせて歌いながら指導したり、テンポが遅くなることを指摘したりした。第5回では、フレーズごとの強弱の付け方を再度指導したり、第3回のレッスンと同じように、肘からの動作によって鍵盤から指を出す方法などを、再度詳細に指導した。

3.4 演奏データの分析方法と聴取評価の方法

生徒がレッスンの各回の最初と最後に全体を通した 10 回分の演奏と，1 回目のレッスンの途中で全体を通した 2 回の演奏，及び発表会の演奏と先生の演奏の MIDI データを分析した．まず採取した MIDI データをメロディ(主に右手による演奏)の演奏データと伴奏(主に左手による演奏)の演奏データに分ける．以下，本論文ではメロディのデータのみを使用する．

MIDI データのうち分析に使ったデータは，打鍵時に生成される Note on message に含まれる発音メッセージの発行時刻 (Note on time) と鍵盤が下りる速さ (Note on velocity)，及び離鍵時に生成される Note off message に含まれる消音メッセージの発行時刻 (Note off time) と下りた鍵盤が元の位置に戻る速さ (Note off velocity) である．ピアニストが意図的に操作できるのは，1. 音の長さ，2. 音の大きさ [15]，そして 3. 音の切れ方 (第 2 章) である．1. 音の長さは Note on time と Note off time により示すことができるが，本論文では一般的に演奏分析で使用される IOI (the Inter-Onset Interval) という，図 3.1 に示したように Note on time から次の音の Note on time までの時間を用いる．2. 音の大きさは Note on velocity によって，そして 3. 音の切れ方は Note off velocity と “Gap” により示すことができる．Gap は，図 3.1 に示したように Note off time と次の音の Note on time から計算する．このように，MIDI データは奏者が操作しているものを数値的に示している．

打鍵時に生成されるメッセージにより決定される要素 (Note on velocity, IOI) は，音符単位で先生と生徒の演奏データを比較していく．離鍵時に生成されるメッセージにより決定される要素 (Note off velocity, Gap) は，先生の演奏で極小値または極大値を記録した音符について比較していく．比較方法が違うのは，Note on velocity の連なりで表現される強弱変化や IOI の連なりで表現される細かい速度の変化 (アゴーギク) は，連続する音符毎の変化により表現されるものである一方，Note off velocity や Gap で表現されるものは，各音の切れ具合 (アーティキュレーション) や 1 つのフレーズの終わりの息継ぎ (ブレス) であり，局所的に大きな変化があるという特徴をもつためである

IOI を 3.1 式により得る．

$$IOI_i = t_{Non(i+1)} - t_{Non(i)} \quad (3.1)$$

IOI_i は i 番目音の IOI 値である． $t_{Non(i)}$ は i 番目の発音メッセージの発行時刻を表す． $t_{Non(i+1)}$ は $i+1$ 番目の発音メッセージの発行時刻を表す．したがって，IOI 値とはある音が鳴ってから次の音が鳴るまでの時間である．

次に Gap 値を 3.2 式により得る．

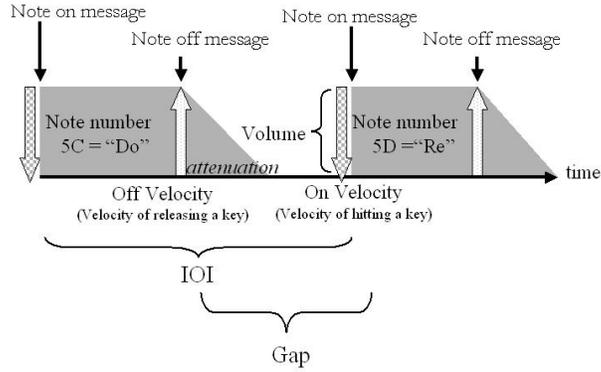


図 3.1: IOI と Gap について

$$Gap_i = t_{Non(i+1)} - t_{Noff(i)} \quad (3.2)$$

Gap_i は i 番目と $i+1$ 番目の間の Gap 値である． $t_{Noff(i)}$ は i 番目の消音メッセージの発行時刻 (Note off time) を表し， $t_{Non(i+1)}$ は $i+1$ 番目の発音メッセージの発行時刻 (Note on time) を表す¹．もし Gap_i がプラスの値を示せば，演奏者が i 番目の音を切ってから $i+1$ 番目の音を演奏したことになる．

IOI 値，Note on velocity 値 (鍵盤が下りる速さ)，及び Note off velocity 値 (鍵盤が元の位置に戻る速さ) は，3.3 式により正規化した．

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \quad (3.3)$$

z_i は正規化された i 番目の音の IOI 値または velocity 値を表す． x_i は i 番目の音の生データを表す． \bar{x} は IOI 値，または velocity 値の平均値を表す． S は IOI 値，または velocity 値の標準偏差を表す．

Gap 値は 3.4 式により正規化した．

$$\tilde{Gap}_i^{(n)} = \frac{Gap_i^{(n)}}{T^{(n)}} \quad (3.4)$$

$\tilde{Gap}_i^{(n)}$ は n 番目の演奏の i 番目の正規化された Gap 値を表す． $Gap_i^{(n)}$ は n 番目の演奏の i 番目の Gap 値の生データを表す． $T^{(n)}$ は n 番目の演奏の四分音符単位の平均の音長を表す．

¹この式は単旋律で，かつ消音メッセージの発行時刻が音高のならば通りである場合に適用できる

IOI 値と Note on velocity 値 (鍵盤が下りる速さ) に関しては, 先生の演奏と生徒の演奏を 3.5 式により比較した.

$$d^{(n)} = \frac{\sqrt{\sum_i^N (\tilde{x}_i^{(t)} - \tilde{x}_i^{(s,n)})^2}}{N} \quad (3.5)$$

$d^{(n)}$ は IOI 値又は Note on velocity 値の, 生徒の n 番目の演奏と先生の演奏の全体における差異を表す. $\tilde{x}_i^{(t)}$ は先生の演奏の i 番目の正規化された IOI 値又は Note on velocity 値を表す. $\tilde{x}_i^{(s,n)}$ は生徒の n 番目の演奏の i 番目の正規化された IOI 値又は Note on velocity 値を表す. N は右手で演奏される音符の総数である.

先生が課題曲を, 似せるように心がけて弾いた演奏 3 回分の演奏記録から, 3.5 式により先生の演奏同士の差異を計算した. この結果, Note on velocity 値は 0.37 ~ 0.48, IOI 値は 0.36 ~ 0.54 を得た. したがって, この値は個人内における避けがたい揺らぎによるものと考えられる.

次に 1 回の演奏の中での, 先生と生徒の Note on velocity 値の増減の推移を比較して増減の方向が反転している箇所の数 NIP を 3.6 式により求める.

$$NIP = \sum_{i=1}^{N-1} IP(i, n) \quad (3.6)$$

ただし,

$$IP(i, n) = \begin{cases} 1; \text{if } (v_i^{(t)} < v_{i+1}^{(t)} \wedge v_i^{(s,n)} > v_{i+1}^{(s,n)}) \vee (v_i^{(t)} > v_{i+1}^{(t)} \wedge v_i^{(s,n)} < v_{i+1}^{(s,n)}) \\ 0; \text{otherwise} \end{cases}$$

N は右手で演奏される音符の総数である. $v_i^{(t)}$ は先生の演奏の i 番目の音の Note on velocity 値を表す. $v_i^{(s,n)}$ は生徒 s の n 番目の演奏の i 番目の音の Note on velocity 値を表す.

また, 増減が反転している箇所の割合を 3.7 式により求める.

$$F = \frac{NIP}{N - 1} \quad (3.7)$$

F は生徒の演奏における, 増減が反転している箇所の割合である.

次に連続する音の間の Gap 値と Note off velocity 値 (鍵盤が戻る速さ) を比較するために, 各々の演奏から Gap 値の極大値と Note off velocity 値の極小値を記録した音を抜き出した. そして生徒の n 番目の演奏における再現率を 3.8 式によって, また適合率を 3.9 式によって求めた.

$$R_n = \frac{N_{pnc}}{N_t} \quad (3.8)$$

$$P_n = \frac{N_{pnc}}{N_p} \quad (3.9)$$

N_{pnc} は先生の演奏と生徒の n 番目の演奏を比較して、Gap 値の極大値、または Note off velocity 値の極小値を記録した箇所が同じ音だった数を表す。 N_t は先生の演奏の中で Gap 値の極大値、または Note off velocity 値の極小値を記録した箇所の数を表す。 N_p は生徒の n 番目の演奏の中で Gap 値の極大値、または Note off velocity 値の極小値を記録した箇所の数を表す。

評価実験は5回のレッスンが終わった後と発表会後の2回に渡って行われた。1回目の評価実験では、各々の生徒と先生は、生徒が各回の最初と最後に全体を通した10回分の演奏に対して10段階の評価(10: 大変に良い~1: 大変に悪い)をした。これら10個の演奏はそれぞれ3回ずつ用意され、全30回の演奏を聴いて評価をした。聴取する演奏の順序はランダムに並べ替え、現在聴取している演奏が誰によるいつの演奏であるかをわからないようにした。評価と同時に演奏への感想を記述してもらった。2回目の評価実験では、各々の生徒と先生が1回目の主観評価で第1, 2位と評価した演奏と、発表会での両生徒の演奏、さらに先生の演奏を含めて再度評価を行った。評価方法は1回目準じた。

3.5 結果

生徒の演奏データを先生の演奏データと比較しながら分析した結果と、聴取評価の結果について述べる。

3.5.1 演奏データの分析結果

図3.2は、5回のレッスンと発表会を通しての、生徒A,Bそれぞれの演奏データの推移である。これらの図で横軸はいずれの回のレッスンの、いずれの演奏かを示している。たとえば、「1.1」は初回のレッスンの最初の演奏、「3.L」は3回目のレッスンにおける最後の演奏のことである。また「M.2」はレッスン終了後1ヶ月経過して行われた発表会における2回目の演奏のことである。両図とも上から順に、3.5.2節で詳細を説明するブラインドによる聴取評価の結果、3.5式から得られる生徒と先生の全体的な Note on velocity 値の演奏差、3.6式から得られる先生と生徒の1音ごとの Note on velocity 値の増減の推移を比較して、増減の方向が反転

している箇所の割合，3.5式から得られる全体的なIOI値の演奏差，そして3.8,3.9式から得られる Note off velocity 値と Gap 値，それぞれの再現率と適合率を表している．

図3.2(a)の最上のグラフでは生徒A自身による評価が，3回目のレッスンの最初の演奏に向かって低くなり，その後1ヶ月後の発表会の演奏に向かって，徐々に高くなっていることがわかる．図3.2(a)の上から2番目のグラフは，生徒Aと先生の曲全体における Note on velocity 値の演奏差の推移であり，3回目のレッスンの最初の演奏に向かって小さくなり，その後多少大きくなっていることがわかる．これらの2つのグラフから，聴取評価が1番低い演奏と曲全体における Note on velocity 値の先生との演奏差が1番小さい演奏が一致していることがわかる．一方，図3.2(b)では生徒Bと先生の曲全体における Note on velocity 値の演奏差が最後のレッスンに向かっておおむね単調に減少していることがわかる．このグラフはおおまかな強弱変化を表している．この課題曲の楽譜にはフレーズによっては“*mp*(少し弱く)” “*f*(強く)”等，強弱を指示する記号が記され，レッスン中に先生がフレーズごとの強弱について説明をした．よって，先生の指導通りの強弱で演奏しようとするれば，おおまかな強弱変化について，先生の演奏に近づいていくのは容易であると考えられる．

各グラフの上から3番目の，1音ごとの Note on velocity 値の増減の推移は，細かい強弱変化を表している．一般的に「抑揚」と呼ばれるものにほぼ一致すると考える．生徒Aは何度も増減を繰り返しながら，全体として徐々に割合が低くなり，先生の演奏に近づいていったことがわかる．第2回と第3回のレッスンでは，最後の演奏(2.L及び3.L)で割合がいったん低くなるにもかかわらず，その次の回のレッスンの最初の演奏では再び割合が高くなっている(図3.2(a))．生徒Bは，第4回のレッスンに向かって先生の演奏に近づいていったが，その後急激に割合が高くなっているのがわかる(図3.2(b))．

各グラフの上から4番目のIOI値は，各音の発音時刻から計算されていることから，細かい速度の変化(アゴーギク)を表している．一般的には「ゆらぎ」と呼ばれるものであり，音楽的な表現を示す1つの要素と考えられる．生徒Aは最初の演奏から0.7未満の値を記録しており，その後も大きな変動はなかった(図3.2(a))．生徒Bは，生徒Aとは反対に変動も大きく，ほとんど差が大きいままであることがわかる(図3.2(b))．

Note off velocity 値は鍵盤が元に戻る速さであり，Gap 値とともに，音の切れ具合(アーティキュレーション)，フレージング等，音楽的な表現に関係してくると思われる．先生の演奏の中で Note off velocity 値が極小値を取り，Gap 値が極大値を取った箇所(音)は，スラーの終わりや付点の音符であった．各グラフの下から2つめの Note off velocity 値は，生徒Aは第4回のレッスンの最後の演奏に向

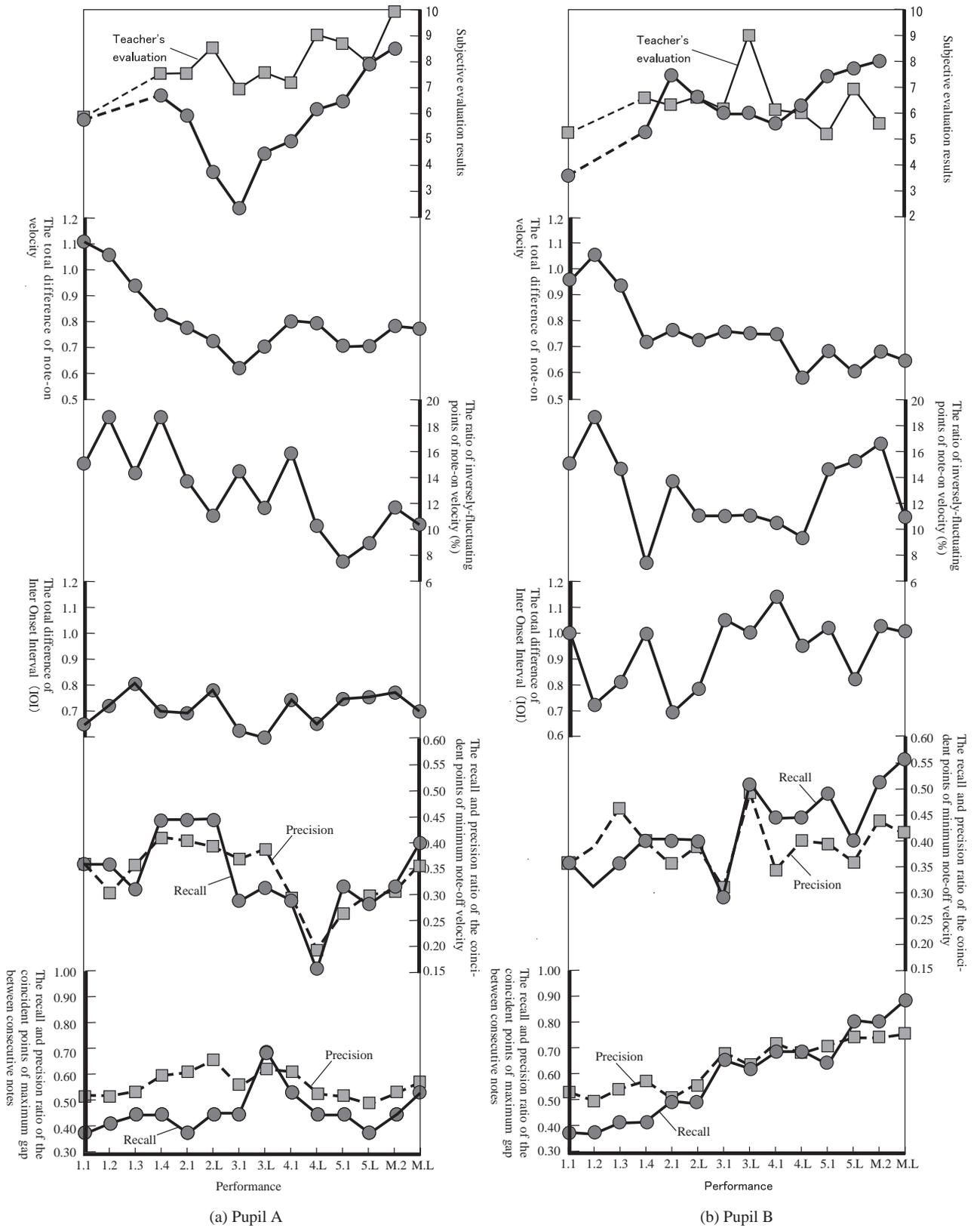


図 3.2: 生徒 A(a) と生徒 B(b) の演奏の推移

かって再現率，適合率ともに低くなっていき，先生の演奏と違っていったことがわかる（図 3.2(a)）．生徒 B の適合率は，第 3 回のレッスンの最後の演奏で急に高くなったが，その後下がっていった（図 3.2(b)）．

各グラフ 1 番下の Gap 値は，生徒 A の再現率は第 3 回のレッスンの最後の演奏で急に高くなったが，その後下がっていった（図 3.2(a)）．生徒 B については再現率，適合率ともに徐々に高くなり，1ヶ月後の演奏（M.L）で再現率は 90%に達している（図 3.2(b)）．

3.5.2 聴取評価の結果

表 3.1 は 5 回のレッスンが終わった後のブラインドによる聴取での先生と生徒 A の評価値とともに，その理由や感想を記している．生徒 A は短所と思われる評価の理由に「無難に弾こうとしている」（第 2 回 last）「言われるままに弾いている」（第 3 回 last）「弾きこなしているがつまらない」（第 4 回 last）を記述している．一方で，長所と思われる理由に「素直に感じたままに弾いている」（第 1 回 1st）「自分の弾きたい形に近い」（第 5 回 last）といった理由を記述している．ここから，生徒 A が「先生に言われたとおりに」弾いているか，または「自分の弾きたいように」弾いているかという観点に注目していることがわかる．

表 3.2 は 5 回のレッスンが終わった後のブラインドによる聴取での先生と生徒 B の評価値とともに，その理由や感想を記している．生徒 B の評価は第 2 回と第 5 回のレッスンでの演奏で高くなっている．生徒 B は各演奏の短所と考えられる理由に「全体の印象が同じ」（第 1 回 last）「パートごとのメリハリがない」（第 3 回 1st）を記述している．一方で長所と考えられる理由に「パートごとの違いが出ている」（第 2 回 1st）「メロディがうたえてきている」（第 2 回 last）を記述をしている．作品中のフレーズ（パート）ごとについての変化は，先生がレッスン中に特に指導していた項目の 1 つである．

表 3.3 は発表会後に行った 2 回目の聴取評価の結果とその理由や感想を記している．発表会の演奏や先生の演奏のほかに，1 回目の聴取評価で生徒と先生がそれぞれ 1 位，2 位に評価した演奏が含まれている．どちらの生徒も，先生の演奏と発表会での自分の演奏に対しては高い評価をしている．生徒 A の 5 つの演奏に対する生徒 A と生徒 B の評価には差が認められなかった ($t = 0.33$)．一方で，生徒 B の 4 つの演奏に対する生徒 A と生徒 B の評価には差が認められた ($t = 3.3, p < .05$)．また，生徒 A は生徒 B の演奏に対しても「教えられたことに忠実」（生徒 B 第 5 回 last）「指導者のカラー²が出ている」（生徒 B 第 2 回 1st）という指摘をしている．

²指導者の資質についての「カラー」ではなく，指導者が指導したことを指している．

表 3.1: 生徒 A の演奏への評価 (1 回目の評価)

レッスン	演奏	評価者	評価		主なコメント
			平均	分散	
第 1 回	1st	生徒 A	平均	5.7	完成度は低いですが曲に対して素直に感じたままに弾いている。
		先生	分散	1.6	
	last	生徒 A	平均	6.0	うたわせている。 メロディが一般的な感じ。
		先生	分散	0.7	
第 2 回	1st	生徒 A	平均	6.7	まとまりはないが、メロディラインは好きなところがある。
		先生	分散	0.2	
	last	生徒 A	平均	7.7	テンポ感が良い。 1つのフレーズのまとまりがあまりない。
		先生	分散	2.9	
第 3 回	1st	生徒 A	平均	6.0	記譜通りに弾こうとして力みすぎている。 重い。
		先生	分散	2.7	
	last	生徒 A	平均	7.7	力が入ってしまい、音量差がでづらい。 不自然。
		先生	分散	2.9	
第 4 回	1st	生徒 A	平均	4.0	無難に弾こうとしていてつまらない。 pp(とても弱くの指示)の右手は良い。
		先生	分散	2.0	
	last	生徒 A	平均	8.7	メロディが丁寧。 躍動感がもうひといき。
		先生	分散	0.2	
第 5 回	1st	生徒 A	平均	2.3	先へ急いでしまって耳障り。 音の透明度はわりと好き。
		先生	分散	3.6	
	last	生徒 A	平均	7.0	速すぎる。フレーズ間に変化がある。 硬い。ゆとりがない。
		先生	分散	0.7	
第 6 回	1st	生徒 A	平均	4.7	言われるままに弾いている。 メリハリをつけようとしている。
		先生	分散	1.6	
	last	生徒 A	平均	7.7	ppのフレーズがきれい。 気をつかいすぎている。のろい。
		先生	分散	0.9	
第 7 回	1st	生徒 A	平均	5.0	全体に速すぎて表現力に乏しいが、 音質は好き。
		先生	分散	0.7	
	last	生徒 A	平均	7.3	細かい音符がうたいきれいでない。 あわて気味。
		先生	分散	0.2	
第 8 回	1st	生徒 A	平均	6.3	弾きこなしているがつまらない。 音質は好き。
		先生	分散	5.6	
	last	生徒 A	平均	9.3	メロディが上手につながっている。 うたえている。
		先生	分散	0.9	
第 9 回	1st	生徒 A	平均	6.7	全体に明るくて好き。 上滑りしていて軽く感じる。
		先生	分散	6.9	
	last	生徒 A	平均	8.6	テンポ感が良い。 メロディに乾いた感じがある。
		先生	分散	1.6	
第 10 回	1st	生徒 A	平均	8.0	自分の弾きたい形に近い。 表現が好き。
		先生	分散	0.7	
	last	生徒 A	平均	8.0	少しのろいがうたわせている。 寂しげ。
		先生	分散	0.0	

表 3.2: 生徒 B の演奏への評価 (1 回目の評価)

レッスン	演奏	評価者	評価		主なコメント
第 1 回	1st	生徒 B	平均	3.7	機械的, 全体の印象が同じ.
			分散	0.2	
	先生	平均	5.3	テンポ感は悪くない. 長くのびる音が次へつながっている.	
		分散	0.2		
last	生徒 B	平均	5.3	メロディは歌えているが全体の印象が同じ.	
		分散	0.9		
先生	平均	6.7	自然で流れている. 1 曲の中での変化を感じない.		
	分散	3.6			
第 2 回	1st	生徒 B	平均	7.3	パートごとの違いが出ている. 流れが良くなっている.
			分散	0.9	
	先生	平均	6.3	落ち着いて丁寧. 変化があまりない.	
		分散	0.2		
last	生徒 B	平均	6.7	メロディがうたえてきているけど, スムーズではない.	
		分散	0.2		
先生	平均	6.7	フレーズの終わり方が良い.		
	分散	0.9			
第 3 回	1st	生徒 B	平均	6.0	パートごとのメリハリがない. うたえているところもある.
			分散	0.7	
	先生	平均	6.3	ちょっと乱暴だが演奏はおもしろい.	
		分散	3.5		
last	生徒 B	平均	6.0	パートごとの違いは出ているが パート内はスムーズでない.	
		分散	0.7		
先生	平均	9.0	前へ前へといく感じ. 大らか. ノリが良い.		
	分散	0.0			
第 4 回	1st	生徒 B	平均	5.7	譜面通りに弾いている感じ. 全体として平板.
			分散	0.2	
	先生	平均	6.3	メロディがうたえている. 考えながら弾いているよう.	
		分散	2.9		
last	生徒 B	平均	6.3	メロディがもたついている. 抑揚はある.	
		分散	0.2		
先生	平均	6.0	きちんと弾こうとしている. 伴奏との音のバランスが良い.		
	分散	6.0			
第 5 回	1st	生徒 B	平均	7.3	パート内ではうたわせている. だんだん平板になってきている.
			分散	0.2	
	先生	平均	5.3	重い, 迷っているようだ. 丁寧である.	
		分散	1.6		
last	生徒 B	平均	7.7	pp の部分が良かった. パートごとの違いが出ている.	
		分散	0.2		
先生	平均	7.0	メロディの方向性を感じる. 今ひとつ面白みがない.		
	分散	0.7			

生徒 B による，生徒 B の 4 つの演奏に対する評価（5.0, 6.0, 6.3, 8.0）は，Gap 値の再現率の推移と相関が見られる（ $r = 0.81, p < .10$ 片側）．生徒 A と生徒 B の点数の差異が 1 番認められる，生徒 B の発表会の演奏に対しては，生徒 A が「音の強弱を強調しすぎている」と指摘している一方，生徒 B は「間の取り方が良い」と評価している．

平均演奏時間は，先生の演奏が 2 分 10 秒であることに對し，生徒 A が 2 分 10 秒から 2 分 21 秒の間で演奏され，平均が 2 分 17 秒，生徒 B が 2 分 26 秒から 2 分 38 秒の間で演奏され，平均が 2 分 32 秒である．ここから，生徒 B の演奏のテンポが 1 番遅かったことがわかる．

3.5.3 レッスンについての感想

表 3.4 と表 3.5 に生徒 A 及び生徒 B によるレッスンでの自分の演奏に対する感想の抜粋を示す．どちらの生徒も第 2 回のレッスンにおいて先生の演奏を聴いたことについて触れ，理解が促進されたことを記述している（A-2.2, B-2.1～2.3）．どちらの生徒も第 3 回のレッスンに対しては，難しかったという感想を記述しているが（A-3.1, B-3.1），自分自身の上達を確信できたことに喜びを感じている（A-3.4, 3.5, B-3.2）．第 4 回で生徒 A は自分の演奏を録音したものをレッスン中に聴き，演奏の状態を自ら判断している（A-4.2, 4.5, 4.6）．指導されたことをこなせるようになってくるにつれて，「自分なりの演奏」がどうあるべきかということに関心が動いていることがわかる（A-4.3, 4.4）．生徒 B は，第 4, 5 回のレッスンで部分を気にせず，演奏できるようになり，演奏が形になってきていることがわかる（B-4.2, 5.2,）．生徒 A は第 5 回のレッスンになると，どう弾けばよいかということが，わかっていながらも消化しきれず，まとまりがない演奏になっていると考えている（A-5.2, 5.4～5.7）．発表会で生徒 A は，自分なりの解釈をして演奏に臨んだことがわかる（A-M.1～M.3）．一方生徒 B は発表会で曲の流れにのれなかった（B-M.1）

3.6 考察

生徒の音楽的理解や技術習得の状況を客観的に示すことを目指して，本章では前章で行った聴取評価の結果に，生徒の演奏データの要素分析の結果を照らし合わせて考察していく．

技術習得の状況 第 3 回のレッスンでは，体の部位の動き方や速さを示しながら，音の切れ具合いやフレーズのまとまりを表現できるようになることを目指して指

表 3.3: 1 回目で高い評価を得た演奏と発表会及び先生の演奏に対する評価 (2 回
目の評価)

演奏	演奏時間	1 回目の評価	評価者	評価		主なコメント	平均 (分散)
生徒 A 第 5 回 last	2'20"	1 位 (生徒 A)	生徒 A	平均	7.3	音が輝きをもっている。 カんでいるがまとまっている。	7.7(0.1)
			生徒 B	平均	7.7		
			先生	平均	8.0		
生徒 A 第 1 回 last	2'21"	2 位 (生徒 A)	生徒 A	平均	7.7	方向性は決まっていないうが、 全体的な表情があり、音も clear	7.7(0.3)
			生徒 B	平均	7.0		
			先生	平均	8.3		
生徒 A 第 4 回 last	2'10"	1 位 (先生)	生徒 A	平均	7.0	好きな演奏。響きがきれい。 左手が少し大きすぎる。	6.6(0.4)
			生徒 B	平均	5.7		
			先生	平均	7.0		
生徒 A 第 2 回 last	2'15"	2 位 (先生)	生徒 A	平均	7.0	無難にこなしていて面白みがない。 音の響きはきれい。	7.8(0.5)
			生徒 B	平均	8.7		
			先生	平均	7.7		
生徒 B 第 5 回 last	2'29"	1 位 (生徒 B) 2 位 (先生)	生徒 A	平均	5.3	右手の音はきれい。 教えられたことに忠実という感じがする。	6.2(0.5)
			生徒 B	平均	6.3		
			先生	平均	7.0		
生徒 B 第 2 回 1st	2'38"	2 位 (生徒 B)	生徒 A	平均	2.7	指導者のカラーが出ている。	4.6(2.0)
			生徒 B	平均	5.0		
			先生	平均	6.0		
生徒 B 第 3 回 last	2'26"	1 位 (先生)	生徒 A	平均	3.3	弾けている。 何とか形を作ろうとしているように感じる。	5.8(3.7)
			生徒 B	平均	6.0		
			先生	平均	8.0		
生徒 A 発表会	2'19"	なし	生徒 A	平均	8.7	惹かれる。イメージがある。 p(弱く)の部分が宝石箱のよう。	7.7(0.1)
			生徒 B	平均	7.7		
			先生	平均	10.0		
生徒 B 発表会	2'35"	なし	生徒 A	平均	3.0	音や強弱を強調しようとしすぎているのでは。	5.7(4.2)
			生徒 B	平均	8.0		
			先生	平均	6.0		
先生	2'10"	なし	生徒 A	平均	10.0	音が clear。 ストーリー性をもっとあるといい。	9.7(0.1)
			生徒 B	平均	9.3		
			先生	平均	9.7		

表 3.4: 生徒 A のレッスン後の感想 (抜粋)

レッスン	番号	生徒による感想等
第 1 回	A-1.1	時代背景とか主題の対比とか、曲をつかむところから入ったのはわかりやすかった。
	A-1.2	主題を 4 通り (4 つの A フレーズ) に弾き表す際に具体的なイメージがつかみやすい説明だった。
第 2 回	A-2.1	前回と教え方が、がらっとかわったように感じられた。
	A-2.2	実際に弾いてもらったのがよかった。
	A-2.3	ピアノ (弱く) の部分はコントロールがきかなくて、薄い音になってしまう。
第 3 回	A-3.1	レッスンは難しかった。
	A-3.2	crystal のようなきれいな音を聴くことができて感動した。
	A-3.3	指の力の入れ方や、上げて下ろす位置などにより音がかわってくる。
	A-3.4	単に「弱く」「pesante」ではなくて、「詩的な表現」で音のつかみ方がわかった。
	A-3.5	イメージがどんどん捉えることができた。
	A-3.6	力が入ってしまうと余計に 1 つ 1 つがばらばらになる。
第 4 回	A-4.1	(生徒自身の) 演奏の再生を聴いた。
	A-4.2	イメージを変えることによって音やリズム、テンポが変わってくる。
	A-4.3	まだ流動的で自分の演奏というものができていないかもしれない。
	A-4.4	与えられた課題の通りに弾くことができたらしいなと思っているうちに、自分なりの形からははずれていったような気がする。
	A-4.5	ある箇所はとてもスムーズに表現できるようになったり、弾き方のコツのようなものはわかったように思える。
	A-4.6	再生を聴いて細かいところに目を向けなければ、とりあえず形になってきたかなと思った。
第 5 回	A-5.1	今日は暗譜であった。
	A-5.2	どう弾くべきか、まだ毎回は上手くいかないにしろ、わかってきた。
	A-5.3	力の抜き方も体得できてきた。
	A-5.4	この 3 日間ずっと曲を頭の中でイメージしていた。
	A-5.5	5 回目のレッスンにきて、どう弾きたいかがまとまりをなくしてしまったような気がする。
	A-5.6	表現力が消化しきれなかった。
	A-5.7	少し間をおけば自分なりの解釈が 1 つになるような気がする。
	A-5.8	音を聴こうとすることはできるようになったかもしれない。
発表会	A-M.1	前回までは同じフレーズを変えていくことが、つかめないままだったが、昨晚ふっと思いついて、自然な形でフレーズ 1 つ 1 つ意味を持つようになった。
	A-M.2	テンポ、速さの揺れなど、どの程度勝手に表現していいものを迷った。今回はかなり我を通した。
	A-M.3	いつでも、同じように表現できるように、自分なりの解釈を見つけることが大切なのだと思う。

表 3.5: 生徒 B のレッスン後の感想 (抜粋)

レッスン	番号	生徒による感想等
第 1 回	B-1.1	パートごとの強弱を入れた。
	B-1.2	A(1st A) と A'(1st A') の弾き分けがわからない。
第 2 回	B-2.1	先生が弾くのを初めて聴いた。
	B-2.2	先生の演奏により、スピードなど納得した。
	B-2.3	先生の演奏を聴いたあと、トリルがいれやすくなったような気がする。
	B-2.4	パートの中のまとまりを中心に教えてもらった。
第 3 回	B-3.1	ハードな内容のレッスンであった。
	B-3.2	弾き方により音色が変わることを実体験した。 できた！のが印象的だった。
	B-3.3	スラーが切れる時の弾き方が難しい。
第 4 回	B-4.1	ペダルについて指導を受けた。
	B-4.2	ようやく部分部分を気にせず弾けるようになった。
	B-4.3	部分的な音色は改善されないままである。
第 5 回	B-5.1	姿勢 … 上体をおこして、肩の力を入れすぎないように
	B-5.2	A(フレーズ) の部分の 1 拍ずつの弾き方はレッスン前からずっと気になっていた。 ようやく目標、頭にあった音に近づいてきたような気がする。
発表会	B-M.1	曲全体の流れにのることができなかった。
	B-M.2	音色は弾き方で変わるものだ。
	B-M.3	先生の演奏だけではわからなかったことも、「こだまのように」と 喩えて教えてもらうことでわかった。

導を行った (3.3 節) 。どちらの生徒もその場で上達を実感することができたようだが、指導された内容が多すぎて消化できないといった感想や、「自分なりの演奏」が困難である状況も記述されている (表 3.4, 表 3.5) 。

第 3 回のレッスンでの演奏データを分析したところ、生徒 A の最後の演奏では Gap 値の再現率が 1 番高くなっている (3.5.1 節) 。生徒 B も Note off velocity 値の再現率、適合率が急激に上昇している (3.5.1 節) 。これらの事実から、第 3 回のレッスンでの指導は、生徒達が離鍵動作に注目するきっかけになったと考えられる。しかし、生徒 A は第 4 回以降のレッスンで高い率を維持していないことから、離鍵動作を習得できなかったことが示唆されている。一方で生徒 B への第 5 回のレッスンには、第 3 回のレッスンと同様な指導 (3.3 節) が含まれていたためか、Gap 値の再現率がさらに高くなった。その上、発表会まで 1ヶ月間レッスンがなかったにもかかわらず、発表会の演奏では、Note off velocity 値と Gap 値の両方で、最高の再現率を記録した。ここから、生徒 B は離鍵動作を習得していったと考えられる。

音楽的な理解の状況 生徒 A は 1 回目の聴取評価で、第 3 回 last の演奏に対して「言われるままに弾いている」とコメントし、2 回目の聴取評価で、生徒 B の第 5 回 last の演奏に対しては「教えられたことに忠実」、さらに、生徒 B の第 2 回 1st に対しては「指導者のカラーが出ている」と評価している (3.5.2 節) 。これらのコメントから、生徒 A が 3 つの演奏について、先生の指導した通りの演奏であると

考えており，そのような演奏を好んでいないことはわかるが，そもそも先生の「指導したこと」とは具体的に何だと捉えていたのだろうか．そこで演奏データの分析結果を見ると，これらの3つの演奏のうち，生徒Aの第3回 last と生徒Bの第5回 last は，ともに曲全体における Note on velocity 値と Gap 値が先生の演奏と特に近くなっており，さらに生徒Aの第3回 last と生徒Bの第2回 1st は，ともに IOI 値が先生の演奏と特に近くなっていることがわかる (図3.2)．また，1回目の聴取評価で生徒Aが1番低い評価をした第3回 1st は，曲全体における曲全体における Note on velocity 値が先生の演奏と1番近い演奏だった．これらの演奏データの結果から，生徒Aはおおまかな強弱変化，発音のタイミングや音の切れ具合に注目して，先生の指導したことを理解していたと考えられる．

また2回目の聴取評価で，生徒Aの5つの演奏に対する生徒Aと生徒Bの評価には有意差が認められなかったにもかかわらず，生徒Bの4つの演奏に対する生徒Aと生徒Bの評価には有意差が認められた (3.5.2 節)．生徒Bが「フレーズB」を音符通りに再現することが困難なことは自明であったが，生徒Aのこれらの4つの演奏に対するコメントからは，やはり特におおまかな強弱の変化に注目して評価していると考えられる．演奏データの結果を見ると，生徒Bの第5回 last や発表会の演奏の，曲全体における Note on velocity の差異の値は，生徒Aが1回目の聴取評価で最低点をつけた生徒Aの第3回 1st や第3回 last の演奏と同じぐらいの，0.6-0.7である．

一方，生徒Bは発表会での演奏に対して「間の取り方が良い」とコメントし，生徒Bの4つの演奏への評価と Gap 値の再現率の推移には相関が認められた．前出の技術習得の状況を踏まえても，生徒Bは離鍵動作への理解を深めていたと考えられる．

これらのように，生徒の主観評価のみならず演奏データの推移を照らし合わせることで，生徒が注目している要素や音楽的な理解が推定される．また，たとえば生徒Aの音楽的な理解の結果からは，先生が偏って指導していたのではないかと推測することもできる．生徒の作品解釈や演奏技法の選択肢を広げるには，このように生徒の状況を先生が客観的に知ることが必要である．

教育支援システムに向けて 本章では，生徒を創造的な演奏に導く指導方法を研究するための一手法として演奏データの分析を提案しているが，レッスンの現場で，先生が使用するためのシステムとしてデータの可視化を行うことも不可能ではないと考えている．その際には，3.4 節で示したように，演奏の要素の特質によって分析方法を変えることはもちろんのこと，音符単位やフレーズ単位での可視化も備えておく必要はある．しかし，これらの可視化された分析データを生徒に示すことには賛成できない．それは，演奏分析の結果を受けて，生徒が各々の要素

や作品中の1つの部分に注目するあまり、全体との関連性を忘れ [69]、演奏が悪化する可能性を秘めているからである。

演奏の分析に使用している MIDI データで扱える表現は限られている。聴取評価のコメントにあった「音の透明度」「感じたままに弾いている」等に対応している演奏の部分を MIDI データで分析することは困難である。しかし、大雑把で曖昧な主観的な感想に客観的な要素分析の結果を照らし合わせることで、より明確に生徒の状況が明らかになることがわかった。

今回、Note on velocity 値に関しては先生と生徒の演奏を各音ごとに比較して、演奏全体としての差異を求めた。このほかに、フレーズごとや音符単位の差異を示すことも可能である。生徒の理解に、局所における演奏方法が関与している場合には有効なデータとなるであろう。抑揚を示すと考えられる *NIP* は、現在各音の Note on velocity 値が前の音よりも上昇したか下降したかによって判断されているが、推移の幅も検討しなければならないであろう。それには、どの程度の Note on velocity 値の変化によって、人は抑揚の違いを感じるのかという実験が必要である。Gap 値はフレーズの終わりなどに見られた極大値のみを扱ってきた。逆にマイナスの値を記録するのは、音から音へつながっている「レガート」の箇所といえる。今回の実験では先生と生徒の演奏を比較してレガートの箇所に差異が見られなかったために省略したが、今後はレガートの具合を示す値としても有効に活用できると考えられる。Note off velocity 値は極小値（鍵盤が元の位置に戻る速度が極度に遅い）が記録された、フレーズの終わりや付点の音符の箇所に注目してきた。単純に考えれば、速いパッセージでは値が大きくなる [92]。しかし、フレーズングや「溜め」など演奏者による音楽表情の個性を示す重要なデータとして扱えると考えられる（第2章）。また、どのデータもそれぞれ正規化しているが、演奏中には1つの音だけ予定外に大きな音量を出してしまったり、音が出なかったりしてしまうこともあるため、正規化の方法も今後論議すべき問題である。

3.7 おわりに

本章ではピアノ・レッスンのケース・スタディを行い、生徒の演奏データを先生の演奏データと比較しながら、離鍵動作も含めて要素分析を行った。さらに要素分析の結果を、生徒の演奏へのブラインドによる聴取評価と照らし合わせた。それにより、主観評価では明示されていない生徒の音楽的理解や、技術習得の状況等を推定することができた。このように、従来為されてきた全体的・主観的な評価のみに頼るのではなく、演奏データの要素分析データを併せて考慮して支援システムを開発すれば、演奏教育の研究に活かすのみならず先生支援にも繋がるこ

とが示唆された。

また、生徒 B が離鍵動作の技術を習得しながらも、高い音楽表情として主観評価の結果に反映されなかった理由に、音符通りに再現する能力が高くなかったことが考えられた。

第 4 章

音楽表情を担う要素と音高の分割入力 による容易なMIDIシーケンスデータ 作成システム

第 3 章で，生徒 B が離鍵動作に関する表現力が高いにもかかわらず，音符通りに奏でる技術が伴わないために，音楽表情に反映できていない演奏をしていた結果を受けて，本章では，すぐに音楽表情を高めることに集中して演奏データを作成することができる「2段階式作成方法」を提案する．この方法は音楽要素を音楽表情に関わる要素と，音高に分割することにより実現される．

4.1 はじめに

本章では，音符通りに奏でる技術が乏しい人でも容易に演奏データを作成することができ，音楽表情を高めていけるポテンシャルを持ち合わせた MIDI シーケンスデータの作成方法として，「2段階式作成方法」を提案する．

近年の計算機の普及に伴い，DTM (Desk Top Music) システムが多数開発され，MIDI (Musical Instrument Digital Interface) による演奏データの作成を行うことができるようになった．これにより音楽製作のチャンスは専門家に留まらず，一般にも，また音楽教育現場にも広がってきた [50]．現在主流の演奏データ作成方法には，リアルタイム入力とステップ入力の 2 通りがある．リアルタイム入力は，MIDI データ入出力機能を有する楽器 (以下，このような楽器を MIDI 楽器と呼ぶ) で通常に演奏してデータを記録する方法である．しかし楽器の演奏経験の少ない

人は音符通りに奏でる技術が乏しいため、非常に困難な入力方法である。ステップ入力は、楽器を演奏せずに、個々の音符に対し4つの情報を数値的に入力していく方法である。1つめはノートナンバ (Note number) で音高を示す。2つめはヴェロシティ (Note on velocity¹) で、おおよそ音量を示す。3つめ、4つめは発音時刻と消音時刻 (Note on/off message) で、音長を表現する。ステップ入力は、音符通りに奏でる技術が乏しい人でも、演奏データを作成することができる方法である。しかし細かい音量や速さの変化、音長の微妙な調整などが質の高い音楽表情を担う、クラシック音楽のような作品の演奏データを作成するには、非常に労力がかかり困難である。

以上の問題を解決する方法として、演奏データを2段階に分けて入力する2段階式作成方法を提案する。この方法では、第1段階でノートナンバのみ入力する。第2段階では個々の音符に含まれる残りの3つの情報をリアルタイム入力のようにMIDI楽器を演奏しながら統合的に入力する。この方法により、音符通りに奏でる技術が乏しい人でもステップ入力のように簡単に正確なメロディの作成ができ、しかもリアルタイム入力のように質の高い音楽表情を持ち合わせた演奏データを容易に作成することができるようになる。

楽器の演奏経験が乏しい人を対象に、主にエンターテインメントのために開発されたシステムとして、「Radio-Baton」[4]、「Magicbaton」[77]、及び「ブラボーミュージック」[85]がある。これらは、拍単位で速さの操作ができる。「Two Finger Piano」[113]は、エンターテインメントだけでなく、教育現場での使用も視程に入れて開発され、拍単位または1音につき2分割で、速さと強弱を2本の指で操作できるシステムである。しかし、拍単位や整数分割では、それぞれの拍の中に存在する複数の音や、発音された1音の減衰の中で、連続的に速さや強弱を変化させることが不可能なため不自然な演奏になりやすい。しかも、演奏では速さと強弱の相互作用が重要なため[67]、それぞれの要素の単独操作では質の高い音楽表情を得ることは困難である。

本章で提案する2段階式作成方法では、音符単位で速さ、強弱といった音楽表情を担う要素を統合して操作する。これにより、質の高い音楽表情のついた演奏データを作成できるようになる。また従来のシステムについては有効性を示す評価実験が行われていなかったが、本研究では、従来の演奏データ作成方法との比較実験を行った。その結果、童謡やクラシック作品では、どんな人にとっても、2段階式作成方法は、リアルタイム入力やステップ入力と比較して、データ作成が容易で、精神的負担も軽く、その上作成したデータに対する満足度が高いことがわかった。また、ピアノ熟達者が作成した演奏データを用いた聴取による比較実

¹ピアノでは鍵盤を押す速さであり、厳密には実際に聞こえる音量とはリニアではない[109]。

験では、リアルタイム入力に対して遜色ない音楽表情の演奏を実現できることがわかった。

以下 4.2 節では、2 段階式作成方法について説明し、他の入力方法と比較しながら、2 段階式作成方法の利点について議論する。4.3 節では、3 つの課題曲で、3 通りの入力方法での比較実験を行い、童謡やクラシック作品では、2 段階式作成方法が現在主流の 2 つの入力方法よりも容易に入力ができ、作成されたデータにも満足できることを示す。4.4 節では、聴取実験を行った結果、2 段階式作成方法で作成された演奏データが、リアルタイム入力で作成された演奏データと質的に遜色ない音楽表情を示したことを述べる。4.5 節では、2 段階式作成方法により作成された演奏データを他の手法により作成された演奏データと比較した結果を示す。4.6 節では、2 段階式作成方法が有効に活用される可能性について述べる。最後に 4.7 節で本章をまとめるとともに、今後の課題について述べる。

4.2 2 段階式作成方法について

本節では 2 段階式作成方法について説明する。2 段階式作成方法は、第 1 段階で音高のみを入力し、第 2 段階で音楽表情を担う 3 つの情報を楽器を演奏することで統合して入力する方法である。図 4.1 に具体的な 2 段階式作成方法のためのシステム構成を示す。このシステムは、MIDI キーボード²、ノートナンバを蓄えるデータベース、ノートナンバを書き換える機能、そして MIDI 音源から成る。まず第 1 段階では、演奏したい作品のノートナンバの並びのみを端末か、MIDI キーボードによって入力し、データベースに蓄える。従ってこのデータにはヴェロシティ、発音・消音時刻の情報は含まれていない。次に第 2 段階では、MIDI キーボードで好きな鍵盤を使って演奏を行う。キーボードから出力されたノートナンバは、あらかじめデータベースに蓄えられていたノートナンバに、順に書き換えられて音が生成されていく。よって、どんな鍵盤を押していても、正しい音高の並びを作成者は聴くことができる。一方、MIDI キーボードで演奏した際に出力された、ヴェロシティ、発音・消音時刻といった音楽表情を担う情報は、書き換えられることなく、すべてそのまま出力される。この結果得られる MIDI データを記録することで、演奏データが作成される。現在のシステムでは、単旋律のみ扱うことができる。

なお、4.3 節で示す実験で、2 段階式作成方法とリアルタイム入力に使用したキーボードは KORG の KARMA で、MIDI 音源には YAMAHA の MU2000 を使用し

²ヴェロシティ、発音・消音時刻が演奏者の表現そのままに出力することが可能なインターフェースであれば、キーボード以外でも可能である。

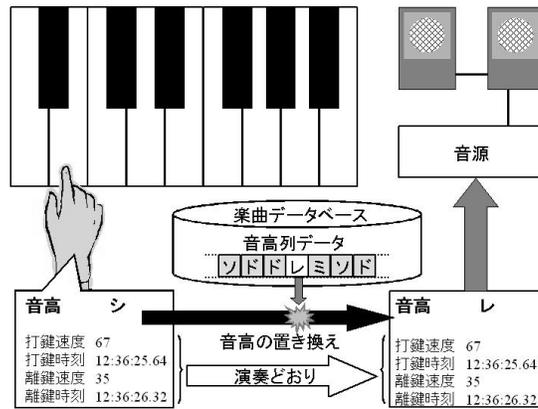


図 4.1: 2段階式作成方法の構造

た．4.4 節で示す実験の演奏データは，YAMAHA Silent Grand Piano C5 で作られた．データベース，ならびにデータベースに蓄えられたノートナンバと演奏されたノートナンバを置き換える機能は，SGI Indy Workstation に実装した．また実験では，課題曲の弾きやすさを考慮して，打鍵から 50msec 以内に行われた打鍵はミスタッチとして反応しないように設定したが，この時間は任意に替えることが可能である．

2段階式作成方法は，現在主流の2つの入力方法の長所を兼ね備えた入力方法と言える．ステップ入力に由来する長所は，音高列を数値的に入力することにより，正確な音高の入力が容易に実現できる点である．一方，リアルタイム入力に由来する長所は，個々の音符に対する4つの情報のうち，おおよそ音量を示すヴェロシティ，音長を示す発音・消音時刻の3つの情報を数値の操作ではなく，楽器を実際に操作して，統合して入力できることである．

入力する情報によってインターフェースを使い分けることや，同時に入力する情報の組み合わせを変えることによって，入力方法は幾通りか考えることができるが，音楽表情を担う3つの情報を分けて入力を行う方法では，質の高い演奏を目指すことは困難になる．なぜならば，そもそも演奏者は各音に対して適切と考えられる，音楽要素間の相互作用によって決定された，各音楽要素の量を統合的に把握し表現しているのであって，個々の要素についての量を別々に把握して表現しているのではないからである．

音楽表情に関する情報を1つでも単独に入力するということは，演奏者に明確でない音楽表情に関する情報を，明示的に表現することを求めていることになる．たとえ楽譜上にクレッシェンド(だんだん強く)という記載があっても，作曲者はその記載された音から一定の間隔で一音ずつ音量を強くすることを演奏者に求め

ているわけではなく，その箇所のメロディやリズムなども要因になって，音量以外の音の長さや，音の切れ具合等の音楽要素との相互作用により，「盛り上がるように」「幅広くなるように」「突進していくように」といったイメージを演奏表現することを求めている．このように音楽表情とは，本来，個々の要素について分析的に表せるものではないので，質の高い音楽表情を求めるには，連続的に統合して表現することが重要なのである．

4.3 3通りの入力方法による演奏データ作成の実験

本節では2段階式作成方法を，現在主流の入力方法であるリアルタイム入力およびステップ入力と比較するために，被験者に3通りの方法で課題曲の演奏データを作成してもらい，入力の難易度と作成した演奏データへの満足度について主観評価を行ってもらった．課題曲は童謡，ポップス曲，クラシックの器楽作品の3曲で行われた．ポップス作品については，ステップ入力と2段階式作成方法の間に有意な差はみられなかったが，童謡とクラシック作品では，どのような人にとっても有効な入力方法であることが示された．さらにどの課題曲でもデータ作成時間は，2段階式作成方法が1番短いことが示された．

4.3.1 演奏データ作成に効果のある要因について：童謡を課題にして

被験者に3通りの入力方法で課題曲「赤とんぼ」の演奏データを作成してもらい，入力の難易度と作成された演奏データへの満足度の主観評価を行ってもらった．演奏データ作成にはどのような要因が効果をもたらすかを調べるために，「鍵盤楽器の演奏経験の有無」と「ステップ入力を行った経験の有無」及び3通りの「入力方法」を要因として分散分析を行ったところ，2段階式作成方法が鍵盤楽器の演奏経験やステップ入力の経験に関係なく，どんな人にとっても，有意に容易な入力方法であることが示された．

実験の設定について

被験者は著者らが所属する大学院の学生，及び別の工学系の大学の，計18名の学生である．被験者に鍵盤楽器の演奏経験とステップ入力による，MIDIシーケンスデータの作成経験について問うた．その結果を表4.1に示す．被験者にプロフェッ

シヨナルのソプラノ歌手による「赤とんぼ」の CD 録音 [120] を聴かせてから，この歌手の演奏のように豊かな音楽表情のついた演奏データを 3 通りの方法で作成するように指示した。「赤とんぼ」は全体で 11 度の音域の範囲にわたって作られている作品で，手のポジション移動や指くぐりの運指が多いため，ピアノ演奏の初心者では間違えずに演奏することが困難である．一方で，良く知られた童謡なので，聴いたことのない被験者はなく，歌のイメージがすでにしみついでいて，表情づけしやすいと予想されたためにこの作品が選ばれた．

演奏データの作成と評価の方法について

それぞれの方法による演奏データの作成の前に，作成方法について被験者が理解するまで十分説明をして，被験者に課題曲とは別の簡単な曲で練習をさせた．リアルタイム入力や 2 段階式作成方法の説明と練習は，3 分程で終わることができたが，ステップ入力の説明と練習には 20 分程要した．本番の実験は 1 つの作成方法につき，30 分の時間制限を設けた．しかし，30 分を経過する前に被験者が作成したデータに満足がいけば，そこで終わりにすることを許した．なお，それぞれのデータの記録には YAMAHA の XGworks4.0 [133] を使用し，ステップ入力はこの中のピアノロール式インターフェースを使用した．また 2 段階式作成方法の 1 段階目のノートナンバの入力は全員 MIDI キーボードから入力した．

すべての方法による演奏データの作成終了後，被験者は質問票により，それぞれの作成方法の難易度（5 が大変に難しい）と，作成したデータへの満足度（5 が大変に満足である）を「演奏要素 { メロディ，リズム，細かい速度の変化 (Agogik)，細かい強弱の変化 (Dynamik) }」別に答えた．さらに，それぞれの方法における精神的負担度（5 が大変に負担があった）について答えた．

表 4.1: 経験による被験者の内訳

	ステップ経験者	ステップ未経験者	合計
鍵盤楽器経験者	6	5	11
鍵盤楽器未経験者	4	3	7
合計	10	8	18

音楽表情に関する3つの演奏要素と3つのMIDI情報との関係について

ここで、主観評価の項目として掲げた演奏要素のうち、音楽表情に係る「細かい速度の変化」「細かい強弱の変化」「アーティキュレーション³」の3つの要素と、MIDIで出力される「ヴェロシティ」「発音時刻」「消音時刻」の3つの情報との関係について述べる。

細かい速度の変化は、楽譜に書かれた四分音符や八分音符といった音符の基本となる、タイミングに相当する発音時刻よりも微妙に前後に外れた時刻で発音させることで表現する。強弱はヴェロシティで表現されるが、細かい強弱の変化とは、細かい抑揚をつけることを意味する。たとえば、フォルテ（強くという意味の記号）と記された個所からピアノ（弱くという意味の記号）が記された個所までに存在する音符のすべてに対して、同じヴェロシティ値を与えるのではなく、リズムや強・弱拍の関係も踏まえて1音ずつに対してヴェロシティ値を変えることで表現する。アーティキュレーションは、1音ごとの切れ具合を意味している。スタッカート（短く切る）が表示された音符があった場合や、フレーズの最後の音を表現する場合、音符の基本の長さに相当する消音時刻よりも早めの時刻に設定することで表現する。一方、レガート（なめらかに）と譜面に表示されていた場合、その中に存在する複数の音符の消音時刻は、それぞれに続く音符の発音時刻よりも遅い時刻に設定することで表現する。しかし、以上は極めて基本的なガイドラインであって、実際には複数の要因が複雑に絡み合う。従って、2章で既に述べたように、3つの音楽表情に関する演奏要素の調整をステップ入力で行うことは困難な作業である。

結果

表4.2に、それぞれの演奏要素と精神的負担度について、「入力方法」別に求めた平均値を示す。メロディの満足度以外の演奏要素については、2段階式作成方法が従来の2つの入力方法よりも、難易度は低い平均値を示し、満足度は高い平均値を示している。さらに精神的負担度も低い平均値を示している。

各入力方法における演奏データの作成時間と、それぞれの演奏要素の難易度と満足度、及び精神的負担度が何の要因に影響されているかを調べるために3要因による分散分析を行った。表4.3は、F値と有意性を示している。3つの要因のうち、1つめの要因は、リアルタイム入力に対する難易度に影響すると考えられる、「鍵盤楽器の演奏経験の有無」である（表中ではAと呼ぶ）。2つめの要因は、ステップ

³4.3.3節で、音楽を専攻する学生に、クラシック器楽作品の演奏データを作成してもらう実験における質問票調査の項目には、「アーティキュレーション」を加えている。

表 4.2: 3つの入力方法への評価の平均値

演奏要素	評価	2段階式作成方法	リアルタイム入力	ステップ入力
メロディ	難易度	1.89	3.44	2.77
	満足度	3.22	2.56	3.28
リズム	難易度	2.22	3.67	2.50
	満足度	3.39	2.83	3.00
細かい速度の変化	難易度	2.50	3.44	3.72
	満足度	3.17	2.50	2.33
細かい強弱の変化	難易度	2.44	3.56	3.28
	満足度	3.28	2.56	2.61
精神的負担度		2.28	3.22	3.22

入力に対する難易度に影響すると考えられる、「ステップ入力を行った経験の有無」である(表中ではBと呼ぶ)。3つめの要因は2段階式作成方法、リアルタイム入力、及びステップ入力の3通りの「入力方法」である(表中ではCと呼ぶ)。

演奏データの作成時間の平均時間は、2段階式作成方法で4分31秒、リアルタイム入力で4分4秒、そしてステップ入力で18分22秒であった⁴。表4.3で「入力方法」による主効果のみが有意に影響していたことから、どのような経験を持つ人にとっても、ステップ入力による演奏データの作成は他の2つの入力方法より時間が多くかかり、また、2段階式作成方法は2段階式の作成方法でありながら、リアルタイム入力とほぼ同じ時間で作成していたことがわかる。

演奏要素については表4.3の結果から、リズムの満足度、細かい強弱の変化の満足度、そして精神的負担度以外については、「入力方法」による主効果(C)が有意に影響していることがわかる。さらに、メロディの満足度には、「鍵盤楽器の演奏経験の有無」と「入力方法」の交互作用(A×C)も影響し、細かい速度の変化の満足度には、「鍵盤楽器の演奏経験の有無」と「入力方法」の交互作用(A×C)、及び「ステップ入力の経験の有無」と「入力方法」の交互作用(B×C)も影響していることがわかる。一方、精神的負担度については「入力方法」の主効果は影響していないが、「鍵盤楽器の演奏経験の有無」の主効果(A)と「ステップ入力の経験の有無」の主効果(B)が影響していることがわかる。

図4.2と図4.3は、メロディと細かい速度の変化の、それぞれの満足度における、「鍵盤楽器の演奏経験の有無」と「入力方法」の交互作用を示している。これらの結果から、当然ながら、鍵盤楽器の演奏経験のない人は、リアルタイム入力によって、満足度の高いメロディや細かい速度の変化を作成できないことがわかる。一方、2段階式作成方法では、リアルタイム入力と同様に、鍵盤の操作を行わなければならないにもかかわらず、満足度の高いメロディや細かい速度の変化を作成できることがわかる。

⁴30分の時間制限により、作成を中止せざる得なかった被験者はステップ入力で4名いた。

表 4.3: 作成時間と各演奏要素，精神的負担度における分散分析表 (F 値)

	作成時間	メロディ		リズム		細かい速度の変化		細かい強弱の変化		精神的負担度
		難易度	満足度	難易度	満足度	難易度	満足度	難易度	満足度	
主効果:A	0.01	0.08	0.45	0.06	0.00	2.72	1.36	0.00	1.05	6.19****
主効果:B	0.14	0.11	0.06	0.08	0.40	0.42	2.14	1.69	0.08	6.19****
交互作用:A×B	0.04	0.62	0.01	1.90	1.19	0.37	0.15	0.32	0.38	1.00
主効果:C	38.94****	8.88****	4.88**	5.82***	1.84	8.15****	8.24****	3.66*	2.55	3.33
交互作用:A×C	0.01	2.94	4.25**	0.03	0.89	2.52	4.96**	0.69	0.45	3.02
交互作用:B×C	0.23	1.49	0.26	1.86	1.95	1.86	6.75****	0.16	0.66	0.62
交互作用:A×B×C	0.65	0.95	0.76	0.14	0.70	2.98	0.53	0.93	0.39	0.11

A の要因は「鍵盤楽器の演奏経験の有無」、B の要因は「ステップ入力の実験の有無」、C の要因は「入力方法」。

**** は 0.5%水準で有意,*** は 1%水準で有意,** は 2.5%水準で有意,* は 5%水準で有意。

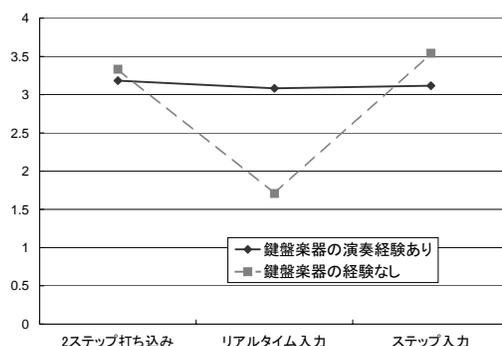


図 4.2: メロディへの満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の交互作用

図 4.4 は細かい速度の変化の満足度における、「ステップ入力の経験の有無」と「入力方法」の交互作用を示している。この結果から、ステップ入力の経験がある人が、ステップ入力よりも、2段階式作成方法やリアルタイム入力の方が満足度の高い、細かい速度の変化を作成できることがわかる。一方、ステップ入力の経験のない人は、2段階式作成方法やステップ入力によって、満足度の高い、細かい速度の変化を作成できることがわかる。

この結果は、細かい速度の変化をステップ入力ですぐに操作して作成するよりは、ほとんど操作しない方がまだ良い演奏に聞こえることを示唆している。なぜならば、ステップ入力経験者は、ステップ入力に慣れているため、細かい速度の変化をつける作業を行うが、経験のない人は、ほとんどこの作業を行っていないのではないかと推測されるからである。経験のない人のリアルタイム入力における評価が、ステップ入力における評価よりも下がったのも、ほとんど操作しなかったステップ入力の方が、リアルタイム入力ですぐに鍵盤を操作して作成するよりも良い演奏に聞こえたからではと推測される。

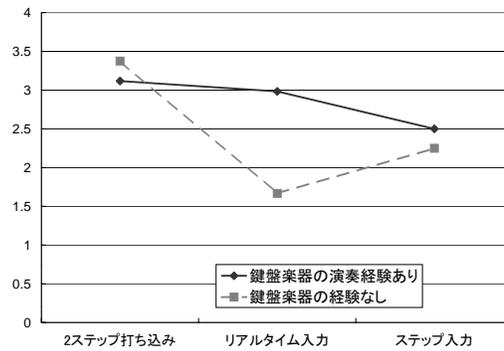


図 4.3: 細かい速度の変化への満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の交互作用

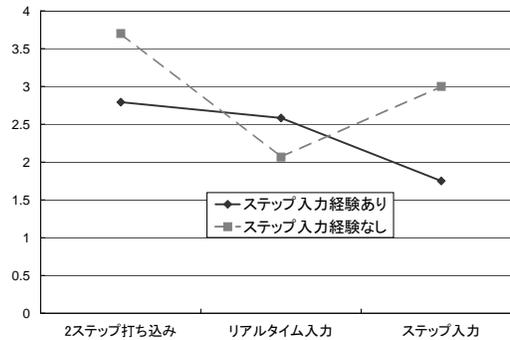


図 4.4: 細かい速度の変化への満足度におけるステップ入力の経験と入力方法の交互作用

4.3.2 音楽表情の操作をあまり必要としない作品の演奏データ作成について：ポップス曲を課題にして

前節では、音楽経験を問わず全員同じ作品を用いて入力実験が行われた。しかし、日常では音楽経験や興味によって、演奏データを作成したいと思う作品が違って来るであろう。さらに、音楽作品には様々なジャンルがあり、音楽表情を担う情報の操作をあまり必要としない性質をもつ音楽もある。そこで本節では、音符通りの音を奏でる技術が乏しい学生に、よく耳にしていると思われる流行のポップス曲の演奏データを作成してもらった。

実験の設定について

被験者は著者らが所属する大学院の学生 10 名である。全員鍵盤楽器の演奏経験が乏しく、音符やリズムの理解といった譜読みや、音に対応する鍵盤の位置について知らない被験者がほとんどであった。ステップ入力の経験者は 1 名のみ含まれていた。被験者に宇多田ヒカルの「traveling」の CD[124] を聴かせてから、この曲のさび部分 2 小節前から 6 小節間の演奏データ (39-44 小節) を、3 通りの方法で作成するように指示した。この曲は四分の四拍子で、入力しなければならない音符の数は 35 個 (うち、1 個所にタイがある) で、使用される音高は 9 度の音程中 9 種類であった。臨時記号は 9 個所の F 音についていた。被験者全員が実験前にこの曲を聴いた経験があったが、カラオケなどで歌えるほど好んでいる被験者はいなかった。そのため、入力直前に CD を聴かせても、さびの手前 2 小節間のリズムがわからなかったという感想が、実験後に数名から寄せられた。

演奏データの作成と評価の方法について

最近では、スキャナで楽譜を読み込み、読み込んだ画像のデータを作譜ソフトに入力して MIDI シーケンスを作り出す [41] といった、楽器演奏に不慣れな人でも音高入力が容易にできる方法がある。そこで、今回の 2 段階式作成方法の第 1 段階では、前節での実験よりも容易にするために、楽譜と鍵盤上にイタリア音名 (ド、レ、ミ等) を記すことにした。また、このような鍵盤をもつキーボードは市販されているので、リアルタイム入力時も同様にした。入力方法の説明や質問票の構成といったほかの実験方法については、前節の実験と同じである。

結果

表 4.4 に、それぞれの演奏要素と精神的負担度について、入力方法別に求めた平均値と、2 段階式作成方法とリアルタイム入力、及び 2 段階式作成方法とステップ入力との間で行った t 検定の結果を示す。2 段階式作成方法がリアルタイム入力よりも 1% 水準で有意に難易度は低い平均値を示し、満足度は高い平均値を示している。さらに精神的負担度も低い平均値を示している。一方で、2 段階式作成方法とステップ入力の間では有意差が認められなかった。これらの結果は、今回の課題曲のようなポップス曲ならば、ステップ入力でも音高列とリズム (四分音符、八分音符といった楽譜に書かれた音符の長さ) と、多少の強弱記号を打ち込めば、聴くに耐える演奏データが作成できることを示している。なお、演奏データの作成時間の平均時間は、2 段階式作成方法で 9 分 10 秒、リアルタイム入力で 13 分 31 秒、

ステップ入力で 23 分 24 秒であり⁵，2 段階式作成方法は，ステップ入力より作成時間が大幅に短縮されている。

表 4.4: 3 つの入力方法への評価の平均値と t 検定の結果 (ポップス曲)

演奏要素	評価	2 段階式作成方法	リアルタイム入力		ステップ入力	
		平均値	平均値	t 値	平均値	t 値
メロディ	難易度	2.00	4.10	4.36***	2.20	0.31
	満足度	4.00	2.30	3.79***	4.40	1.00
リズム	難易度	2.30	3.80	3.00***	2.70	0.69
	満足度	3.50	2.30	2.25***	4.10	1.50
細かい速度の変化	難易度	2.30	4.10	4.32***	3.00	1.77
	満足度	3.40	2.00	3.10***	3.60	0.51
細かい強弱の変化	難易度	2.70	4.10	2.94***	2.40	0.63
	満足度	3.30	1.90	3.28***	4.00	1.35
精神的負担度		2.30	3.40	1.49	2.60	0.47

*** は 1%水準で有意.

4.3.3 音楽表情の操作を必要とする作品の演奏データ作成について：クラシック曲を課題にして

2 段階式作成方法が，音符通りの音を奏でる技術が乏しい楽器演奏の初心者にとっても，リアルタイム入力やステップ入力と比較して有用な方法であることは前節までに示された．そこで本節では，熟達者にとっても 2 段階式作成方法が，現在主流の 2 通りの入力方法と比較して有意に容易さと，満足度が得られるかを調べるために，音楽を専攻する学生にクラシック作品の演奏データを 3 通りの入力方法により作成してもらった．その結果，ステップ入力やリアルタイム入力よりも，2 段階式作成方法が有意に容易で，作成された演奏データにも満足がいくことが示された．

実験の設定について

被験者は国立大学の教育学部で音楽を専攻する学生 10 名である．18 年を筆頭に，全員 10 年以上のピアノ演奏の経験がある．ピアニストはピアノ・ソロ作品の演奏のみならず，ほかの楽器との共演や伴奏を引き受けることがある．その場合は，相手が受け持つパートも音楽的に理解することが必要となるため，鍵盤で他楽器パートを演奏することがある．しかし，鍵盤楽器では技術的に演奏しにくい

⁵30 分の時間制限により，作成を中止せざる得なかった被験者はリアルタイム入力で 2 名，ステップ入力で 2 名いた．



図 4.5: ブラームス作曲 ヴァイオリン協奏曲 第1楽章 95-102小節

音高列や、慣れない音部記号や、移調楽器のパートによる相対音程により、音高列の譜読みが困難な場合がある。

そこで今回は被験者に、鍵盤楽器では技術的に演奏しにくい音高列が含まれるブラームス作曲「ヴァイオリン協奏曲 二長調 作品 77」の、プロフェッショナルのヴァイオリン奏者による CD 録音 [22] を聴かせてから、95 小節から 102 小節までの 8 小節間のヴァイオリン・パートの演奏データを、3 通りの方法で作成するように指示した。図 4.5 に課題曲の楽譜を示す。被験者の中には、ソロパート、またはオーケストラ・伴奏パートを過去に演奏した人はおらず、「一度は聴いたことがある」と答えた人が 10 名中 5 名であった。

演奏データの作成と評価の方法について

質問票の項目に、「アーティキュレーション」を付け加えた。なぜならば、今回の課題曲がクラシック分野の器楽曲であり、アーティキュレーションが音楽表情を担う重要な要素の 1 つであり、被験者全員が演奏の勉強をしているために、この要素の意味や奏法について詳しくわかっていたからである。ほかの実験方法については、前節までの 2 つの実験と同じである。

結果

表 4.5 に、それぞれの演奏要素と精神的負担度について、「入力方法」別に求めた平均値と t 検定の結果を示す。「2 段階式作成方法」が全項目について「リアルタイム入力」よりも有意に難易度は低い平均値を示し、満足度は高い平均値を示している。さらに精神的負担度も低い平均値を示している。また、ステップ入力に対しては、メロディとリズムの入力が有意に容易となり、「細かい速度の変化」「細

かい強弱の変化」そして「アーティキュレーション」といった音楽表情に関わる要素において、有意に容易かつ満足できる演奏データが作れたことを示している。なお、演奏データの作成時間の平均時間は、2段階式作成方法で10分58秒、リアルタイム入力で22分9秒、ステップ入力で27分であった⁶。よって今回の実験では、2段階式作成方法は、時間をかけずにリアルタイム入力やステップ入力と比較して入力が容易で、かつ満足度の高い演奏データを作成できたと言える。

表 4.5: 3つの入力方法への評価の平均値とt検定の結果(クラシック作品)

演奏要素	評価	2段階式作成方法	リアルタイム入力		ステップ入力	
		平均値	平均値	t値	平均値	t値
メロディ	難易度	1.80	4.70	12.43***	3.00	2.57*
	満足度	3.80	1.40	4.81***	3.60	0.43
リズム	難易度	1.40	4.20	8.57***	3.00	4.00***
	満足度	3.70	1.70	3.35***	3.00	1.41
細かい速度の変化	難易度	1.70	3.40	3.60***	3.70	3.35***
	満足度	3.80	2.30	2.87***	2.10	3.43***
細かい強弱の変化	難易度	2.10	3.50	3.28***	3.40	2.62*
	満足度	3.40	1.80	2.67*	1.90	3.14***
アーティキュレーション	難易度	1.90	3.40	2.36*	4.60	7.36***
	満足度	3.70	2.20	2.42*	1.70	5.07***
精神的負担度		1.60	3.60	4.74***	3.60	3.87***

*** は1%水準で有意,* は5%水準で有意.

4.3.4 考察

本章では、2段階式作成方法、リアルタイム入力、そしてステップ入力の3通りの入力方法により、童謡、ポップス曲、クラシック作品の3つの曲を入力する実験を行った。どの課題曲においても、演奏データの作成における平均時間は、2段階式作成方法が1番短かった。

童謡を課題曲とした実験では、鍵盤楽器の演奏経験の乏しい人が4割近く含まれていながら、2段階式作成方法がステップ入力よりも容易で、作成された演奏データにも満足いくことが示された。一方で、ポップス曲を課題曲とした実験では、全員が鍵盤楽器の演奏経験に乏しい人であったとは言え、2段階式作成方法とステップ入力との間に難易度、満足度とも差がなかった。この結果の違いは課題曲の性質と、被験者の課題曲への親密度合いに要因があると考えられる。今回のポップス曲のリズムは童謡と違って多様であり、裏拍から入るパターンも多い。よって、リズム打ちをすること自体が困難な被験者が多く見受けられた。一方、音楽表情

⁶30分の時間制限により、作成を中止せざる得なかった被験者はリアルタイム入力で5名、ステップ入力で5名いた。

の側面では「細かい速度の変化」等，微妙な変化をつけずに，テンポを一定にして演奏をしても格好がついてしまう曲であった．また，課題曲の1つであった童謡の「赤とんぼ」は，誰でも歌ったり聴いたりしたことがあるために，自分なりの表現のプランをもっている場合が多かったと考えられるが，ポップス曲の方は歌った経験もなく，漠然と聴いた経験があるのみだったため，音高列を追って再現する以上に，音楽表情を示すことは困難だったと考えられる．しかしポップス曲においても，少なくともステップ入力より評価が劣ることはなく，しかも処理が2段階あるにもかかわらず，データ作成時間が短縮されていることから，このような2段階式作成方法に不利と思われる条件でも，2段階式作成方法が有用であることがわかった．

どの課題曲の実験でも2段階式作成方法は，リアルタイム入力よりも有意に容易で，作成された演奏データに満足がいくことが示された．ピアノ演奏の経験が豊富な学生でも，鍵盤楽器で演奏することが技術的に困難なヴァイオリン作品の演奏データ作成においては，リアルタイム入力よりも2段階式作成方法の方が有意に容易で，満足のいく演奏データを作成できた．

リアルタイム入力と2段階式作成方法の違いはノートナンバを他の音楽要素と同時に入力するかどうかの違いだけである．リアルタイム入力に労力がかかり，困難なものとなっている場合，その理由は，ノートナンバを他の要素と同時に入力する点にあることがわかる．そしてノートナンバ以外の音楽表情を担う音楽要素を鍵盤によって同時にコントロールすることは，実は鍵盤楽器の演奏経験の乏しい人にとってもさほど困難ではないことが示されている．

4.4 演奏データの音楽表情に対する聴取による評価実験

2段階式作成方法とリアルタイム入力ではどちらも，音楽表情を担っている3つの情報である，ヴェロシティ，発音時刻，消音時刻を統合して入力する．2段階式作成方法が，初心者や，技術的に困難な曲の敷居を低くしていることは，前章の入力実験で示された．そこで本節では，2段階式作成方法が従来の楽器と比べて，遜色ない音楽表情づけのポテンシャルを持ち合わせているかを調べるために，2段階式作成方法とリアルタイム入力のそれぞれの方法で，ピアノ演奏の熟達者により作成された演奏データに対して，20名の被験者が「演奏の良し悪し」について評価を行った．その結果，2段階式作成方法によって作成されたデータはリアルタイム入力により作成されたデータに遜色ない音楽表情を示すことがわかった．

4.4.1 評価実験に使用した課題曲

現在 2 段階式作成方法に使用しているインターフェースは鍵盤楽器である．そのため，今回の聴取実験用の演奏データ作成は教育学部でピアノを専攻する，ピアノ演奏歴 17，18 年の 2 名にそれぞれ 1 曲ずつ依頼した．課題曲の 1 つはショパンの「ピアノ協奏曲 第 1 番 第 1 楽章」の最初から 26 小節目までのメロディ・パート (以下曲 A と呼ぶ) であり，もう 1 曲はショパンの「ピアノ協奏曲 第 2 番 第 1 楽章」の 27 小節目からの 44 小節目までのメロディ・パート (以下曲 B と呼ぶ) である．図 4.6 と 図 4.7 に曲 A，曲 B の楽譜を示す．ショパンはロマン派の作曲家であり，イメージが付きやすく，様々な音楽表情を示しやすいと考えた．

これらの曲を 2 段階式作成方法とリアルタイム入力のそれぞれの方法で右手のみ演奏して録音した．2 段階式作成方法の 2 段階目では，2 本指で隣接する 2 つの鍵盤のみ使用する奏法で演奏してもらった．ほかに，1 本指で 1 つの鍵盤のみ使用する奏法や，5 本の指を自由に使用して任意の鍵盤を使用する奏法が考えられる．1 本指では各音がすべて切れてしまい，明らかに音楽表情が劣るため，演奏の熟達者がこの奏法を行うことは普通には考えづらいので，評価の対象にしなかった．5 本指の奏法は，現在使用しているインターフェースでは，リアルタイム入力と運指に差をつけることが難しく，かえって混乱を招くので今回は評価の対象にしなかった．またペダルは使用しなかった．今回の実験では，2 段階式作成方法による演奏データが，リアルタイム入力による演奏と比較して音楽表情の質に差がないことを実証したかったため，演奏者には納得がいくまで，それぞれの入力方法により練習をしてもらった．実際には各演奏者とも，約 30 分間の練習をしていた．練習の間に課題曲の CD を聴くことは自由にした．

4.4.2 比較実験の方法

聴取の被験者として，著者らが所属する大学院大学の学生 12 名と国立大学の教育学部で音楽を専攻する学生 8 名を採用した．被験者は 1 曲につき 2 段階式作成方法による演奏データとリアルタイム入力による演奏データを聴いた．順番は半数の被験者を終えたところで入れ替えた．被験者には曲 A の 1 つめの演奏を聴いた時点で，感想や印象のみを記述するように指示した．次に曲 A の 2 つめの演奏を聴き，その後に「演奏の良し悪し」という観点から 2 つの演奏を比較して，5 段階で評価してもらった (5 が最も良い)．同時に 2 つめの演奏への感想や印象も記述した．曲 B についても同じ方法で行われた．なお被験者に，作品名及び個々の演奏データの作成方法や作成者については知らせていない．評価実験は防音室にて行われ，音源は YAMAHA Silent Grand Piano C5 を使用した．



図 4.6: 曲 A の楽譜

表 4.6: 「演奏の良し悪し」の観点による 5 段階評価の平均値

曲 A			曲 B		
リアルタイム	2 段階式	t 値	リアルタイム	2 段階式	t 値
3.20	2.70	1.27	3.50	3.75	0.84

4.4.3 結果

表 4.6 は 20 名の被験者による、それぞれの演奏に対する「演奏の良し悪し」の観点による評価の平均値である。t 検定の結果から曲 A、曲 B のいずれも、2 段階式作成方法とリアルタイム入力の間には有意な差は見られなかった。

曲 A のリアルタイム入力によって作られた演奏データへの、被験者によるコメントには以下のようなものがあった。

- ・ 強弱がわかりやすい。
- ・ 音の処理の仕方が少し悪いように感じた。
- ・ 音のタッチが同じように聞こえ、抑揚のない演奏に聞こえる。
- ・ 表情は出ているが、メロディの中に飛び抜ける音がある。

曲 A の 2 段階式作成方法によって作られた演奏データへの、被験者によるコメントには以下のようなものがあった。



図 4.7: 曲 B の楽譜

- ・ なめらかな演奏である．流れが良い．
- ・ 音のダイナミクスがある．
- ・ 譜面通りで機械じみている．
- ・ 早く通り過ぎてしまうような物足りなさを感じた．

曲 B のリアルタイム入力によって作られた演奏データへの，被験者によるコメントには以下のようなものがあった．

- ・ よく表情の出た演奏だと思う．
- ・ テンポ通りの弾き方をしているように聞こえた．
- ・ 躍動感がある．
- ・ アクセントが極端．

曲 B の 2 段階式作成方法によって作られた演奏データへの，被験者によるコメントには以下のようなものがあった．

- ・ 自分で解釈して演奏している感じがする．
- ・ 表情が薄く，弱奏のところが平坦であった．
- ・ 曲の感じを捉えている．

- ・ 流れが良い。

これらの結果は、2つの入力方法で作成されたデータに甲乙つけ難いが、同一人物が作成したデータでも、類似度があまり高くないことを示唆している。2段階式作成方法によって作成されたデータに対する「早く通り過ぎてしまうような物足りなさを感じた。」や「表情が薄く、弱奏のところ平坦であった。」には、隣合った鍵盤を使用しているならではの弱点が示唆され、「なめらかな演奏である。流れが良い。」には、利点が表れているのかもしれない。

4.4.4 考察

「演奏の良し悪し」についての結果から、2段階式作成方法による演奏データがリアルタイム入力による演奏データと比較して、質的には遜色無い音楽表情を示すことがわかった。このことから2段階式作成方法が従来の楽器と遜色ない音楽表情づけのポテンシャルを持ち合わせていると言える。しかし、あくまでも、従来の楽器と同じように、演奏者(演奏データ作成者)が持っている音楽表情を示せる可能性があるのであって、演奏者の実力以上の表現力を発揮できるようにするわけではない。

今回の、2つの鍵盤で2本の指のみを用いた2段階式作成方法による演奏データと、リアルタイム入力による演奏データへの感想からは、楽器のインターフェースが違えば、違う表情になることがわかる。音程が鍵盤の物理的な幅として表れているのはピアノという楽器ならではの特徴であり、このインターフェースの特性がリアルタイム入力による演奏表現には反映されている。一方で、2本指による2段階式作成方法ではこのインターフェースの特性がなくなっているために、別の演奏表現が表れたのではないかと推測される。このようなインターフェースの特性と音楽表現の関係については今後研究を進めたい。

一方、2段階式作成方法で5本指奏法により作成することは、現在使用しているインターフェースではリアルタイム入力と運指に差をつけることが難しく、かえって混乱を招くので今回は評価の対象にしなかった。しかし、5本指奏法により作成できれば、2本指奏法による演奏データよりも、リアルタイム入力による演奏データと差異がない音楽表情がつくと考えられる。多くの場合、ピアノ・レッスンで先生は演奏表現する過程で働く「知」が反映されたインスタンスとしての模範演奏や比喻、あるいは「わざ言語[37]」などの手がかりによって、持てる知を間接的に生徒に提示することになる。中でも模範演奏は、直接的に先生の演奏表現を提示している、大事な手がかりの一つといえる。しかし、先生が練習をせずには模範演奏できないような、技巧の高度な作品を生徒が学習することもある。この

ような場合にも，2段階式作成方法は有効と考える．1段階目の音高列の入力を事前に準備し，生徒の目の前で演奏を示すことができる．

4.5 他の手法による打ち込みや演奏生成システムとの比較

2段階式作成方法によって作成した演奏データが，他の入力方法，演奏生成システムによって作成されたデータと比較して，音楽表情が劣らないことと，2段階式作成方法によって，初心者でもすぐに音楽表情のついた演奏データが作成できることを示すために，“Coloring-in Piano(CiP)”というシステム名を付けて「第2回蓮根：目指せ世界一のピアニスト⁷」に参加した「蓮根 (Rencon) [28]」は，コンピュータが優れた音楽表情で自動的に演奏することを目指して行われているコンクールである．

4.5.1 演奏データの作成方法

データ作成にあたって，2段階式作成方法の第1段階にあたる音高の入力は著者が行った．第2段階の音楽表情に関わる入力はクラシック音楽の演奏の初心者が行った．その第2段階データ作成者は小学生時代に電子オルガン教室に1年通った経験があり，その後も趣味でポピュラー音楽に携わってきたので，音高やリズムを読み取る力はある．しかし，課題曲を聴いたことがなく，その上，今回の演奏データを作成後に，通常のピアノで演奏を試みても演奏することができなかった．選択した曲目はショパン作曲「ワルツ 作品69-2」の98小節目アウトタクトから最後の145小節目までである．右手のメロディのみの演奏データを作成した．データ作成者である第二筆者が楽譜にひととおり目を通してから，演奏データを作成した．これが「蓮根」に参加した2種類のデータのうちの1つで，“CiP-1”と名付けられた．その後の10分間，この曲の演奏経験のある著者がデータ作成者に対して，この曲の音楽表情の付け方について指導を行った．データ作成者は2日に渡って合計40分間の練習を行った．すべて全体を通して演奏する練習方法であった．データ作成者が最後の13回目の演奏に対して満足したため，このデータを“CiP-2”と名付けて「蓮根」に参加した．

⁷第1回 情報科学技術フォーラム (FIT) のワークショップとして2002年9月28日に開催．

4.5.2 参加者と結果

「蓮根」に参加した演奏データ 10 件は、作成方法によって次の 3 つに分類することができる。1 つめは「打ち込み」で、今回の参加は 1 データあり、音高を MIDI 楽器で入力後、音楽表情に関係する 3 つの情報をマニュアルで入力する方法であった [21]。演奏データ作成者は専攻が演奏ではないが、音楽修士をもつ音楽家である。2 つめの「支援型」は演奏表現の付加を容易にしたり、半自動的にするシステムを使用して作られる方法であり、CiP のほかに、MUSE[109]、Yutaka[21] の参加があった。MUSE とは 5 種類の表現パラメータをもとに演奏を記述する言語を指し、ピアノ演奏の表現技術のモデル化を目指している。Yutaka は人間が記述したルールにより表情付けを行う演奏生成エンジンである。3 つめの「自律型」は自動的に演奏表情をつけることを目指すレンダリングシステムによる方法で 5 つの参加があった。

審査は分類枠を外して、合計 10 データに対して 63 名の一般人による「好き度」と「自然度」のそれぞれ 5 段階の評価と、音楽専門家によるコメント型の評価により行われた。その結果、総合 1 位が MUSE、2 位、3 位が「自律型」による演奏データ、4 位に CiP-2(2 段階式作成方法による 13 度めの演奏) が入賞、続いて Yutaka が 5 位で、打ち込みは 7 位、CiP-1(同 1 度めの演奏) は 8 位であった。

4.5.3 考察

「自律型」による演奏データ作成が 2 位、3 位を占めていたが、これらは、熟達者の演奏表現を目指しており、教師データとして使用されるデータが熟達者であったり、使用されるルールも熟達者の演奏を念頭に置かれている。それに比較して CiP では、クラシック音楽演奏の初心者が演奏データを作成しているため、音楽表情は熟達者に比較したら、稚拙になるはずである。よって、第 4 位への入賞は健闘したと言える。

7 位の「打ち込み」は、第 1 ステップの音高列の入力までは CiP と同じである。しかし音楽表情の付加については、打ち込みでは 1 つの要素ごとに入力を行い、CiP では統合して入力を行っていた。打ち込みの演奏データ作成者はピアノ演奏のプロフェッショナルではないにしても、作成したデータ曲を通常のピアノで表情豊かに演奏する力を持っている。この事実は、音楽表情に関する情報の入力は、統合して行われたほうが個々に入力するよりも、より質の高い音楽表情を付加し易いということを示唆している。

4.6 議論

学校の音楽の授業での計算機の利用により、創作指導が可能になったという報告がされているが、一方で子どもたちがコンピュータの機能に依存しがちで、創造力を発揮した表現が引き出されにくいという問題が指摘されている [93]。このことは、演奏表現に対して、コンピュータがどこまで立ち入って支援するべきかを十分に考慮することが必要であることを示している。

2段階式作成方法では、自分なりの音楽表情に取り組み易くする支援をしているのみで、あくまでも演奏者の表現そのものが表出するように考えられている。本章の実験では、キーボードのみ使用していたが、コンピュータと接続して、MIDIデータの操作が可能で、音楽表情を決定づける3つの情報(ヴェロシティ、発音時刻、消音時刻)が作成者の演奏通りに出力できるインターフェースならば、2段階式作成方法による演奏データの作成ができる。たとえば、最近ではMIDIデータを出力できるギターや管楽器が店頭に並ぶようになった。さらに、本来音階がない打楽器類でも可能になるであろう。このように様々なインターフェースによって、音楽表情に焦点を当てた合奏や作曲の授業に活用できると考える。

さらに、本章の実験でも示したように、音符通りに再現する技術の乏しい楽器演奏の初心者に限らず、音楽専攻の学生や熟達者が、合奏や伴奏など他者と演奏を合わせるための練習として、慣れない楽器のパートを把握するときに大変に有効である。

4.7 おわりに

本章では、演奏データを2段階に分けて入力する2段階式作成方法を提案した。第1段階ではノート番号のみ入力する。第2段階では個々の音符に含まれる音楽表情に関わる情報を、リアルタイム入力のようにMIDI楽器を演奏しながら統合的に入力する。この有効性について、現在主流のリアルタイム入力、ステップ入力と比較する入力実験を行ったところ、2段階式作成方法は音符通りに音を奏でる技術が乏しい人でも演奏データを短時間で作れるといった敷居の低さを持ち、クラシックに代表されるような細かい音楽表情の変化を必要とする作品においては、誰にとっても、現在主流の作成方法よりも有意に容易で満足のいく演奏データが作成できることがわかった。さらに、2段階式作成方法が従来の楽器と比べて、遜色ない音楽表情づけのポテンシャルを持ち合わせていることが示された。

今後は、第2段階の入力で、さらに音楽表情をつけ易くするために楽器としてのインターフェースのデザインを考案していく。

第 5 章

初心者同士による演奏構築を支援する 合奏システム

「2段階式作成方法」を応用して、楽器演奏初級者の子どもと全くの初心者の親が、合奏を行うことのできる“Family Ensemble”を提案し、実際の親子3ペアに使ってもらった。

5.1 はじめに

本章では、4章の「2段階式作成方法」を応用したシステムとして、楽器演奏初級者の子どもと全くの初心者の親が、家庭内で合奏を通じて音楽のインタラクティブな体験が楽しめるシステム“Family Ensemble”を提案する。この名前には「家族での合奏」という意味の他に、「家族の調和」という意味も含んでいる。“Family Ensemble”の目的は、子どもと一緒に音楽演奏を楽しみたいという親の願望の実現、親子のコミュニケーションの機会の増加、および双方の楽器練習の意欲の向上である。

18世紀以降、西洋の音楽愛好家の家庭では、室内楽用に編曲された管弦楽の作品を家族で演奏して音楽鑑賞を嗜んできた。夕食後のひとときに、リビングで姉妹がモーツァルトの交響曲をピアノ連弾で演奏し、父と息子がベートーヴェンのヴァイオリン・ソナタを奏でる光景が見られたことであろう。現代ではCD（コンパクト・ディスク）等により家庭内で簡単に音楽を鑑賞できるようになったが、家族で合奏を楽しむことを夢みる家庭は多いのではないだろうか。実際、子どもと一緒に演奏を楽しみたいという親の声は多い。

このため、最近では子ども向けのみならず、大人のための音楽教室や音楽ソフ

トも流行っている．中でも，なるべく短い時間で各々の大人が弾きたい曲を演奏できるようにするレッスン [134] やソフト [137] が多い．これらは，子どものように月日を重ねて基礎から学ぶことよりも，いち早く裡にある音楽を表現することを優先していると思われる．しかし，子どもといろんな曲で合奏できるようになるには，やはり楽譜上の音符通りに楽器を奏するという基礎から習得しなければならず，長い年月を要してしまう．

またピアノのレッスンでは，ピアノ連弾を取り入れることが奨励されている．たとえば，ピアノを習い始めて1週目の子どもが，「ド」を数個並べただけの楽曲を練習する際にも，先生が連弾のパートナーとして多様な和音を響かせながら付き添うレッスンが行われている．連弾を通じて生徒の練習意欲が高まったという報告や，子どもたちがパートナーの演奏を聴くことで自ら「やりたい表現」を自然に演奏に表すようになったという報告もある [44]．どんなに初心者の子どものも，連弾の中で先生と「呼吸」を通わせるという，音楽性を育てる上で不可欠な営みを行っている [60]．しかし，レッスンに通い始めの初級者（子ども）と初心者（親）のペアで，家庭において練習や楽しみとして合奏を行うことは非常に困難である．これは，市販されているほとんどのピアノ連弾曲集が，少なくともペアの一方が中級以上に想定されていることから伺える．最近ではピアノ学習用として，あらかじめパートナーの演奏データが用意されたマイナス・ワン [42] を多くみかけるようになった．しかし，三善 [60] によれば，このような方法では一人ひとりの演奏行為と実在的な関わりを持たないため，パートナーと「呼吸」を通わせることができない．

そこで本章では，あらかじめ，楽譜上の音高列をデータベースに登録しておくことで，容易に音高列を再現して演奏できるシステム（第4章）に，合奏のパートナーの演奏位置に追従する機能を加えることにより，初心者同士でも簡単に合奏（連弾）を楽しめるシステムを提案する．

近年，人間の演奏者と合奏するシステムの研究が進んでいる．あらかじめ楽譜が与えられている音楽を対象とした自動伴奏システムでは，Dannenbergl[11] が演奏者が出力した音高情報だけを用いたアルゴリズムを示し，Vercoe[125] は音高と一定時間ごとの演奏時刻を認識し伴奏を変化させる手法を提案した．より自然な伴奏システムの演奏を目指して，人間とコンピュータの合奏を分析し，コンピュータと人間との「ずれ」から次の「時間長変化」を予測するモデルの提案 [33] や，人間とコンピュータの相互作用を考慮したモデルの提案 [35] が行われている．さらに独奏者の表現豊かな演奏を予測するモデルの研究も行われている [13]．一方，楽譜のない状態で即興で行うジャムセッションシステムでは，人間による即興ソロ演奏の特徴量から演奏者のテンション値を求め，それに応じてシステムの演奏が変化していく手法の提案 [126] や，計算機のプレーヤーの主張を可能にして，抑揚

のついたセッションを実現させる研究 [24] も行われている。

以上の研究は、人間とシステムによる合奏を目的とし、演奏の初級者は対象にしていないが、本稿で提案する Family Ensemble は、人間同士のペアを対象にし、さらに、楽器演奏の初心者の親と初級者の子どものペアでも、すぐに合奏できることが特徴である。そのために、Dannenberg の手法を拡張して、初級者ならではの演奏ミスにも対応できるようにした。

次の 5.2 節では、子どもの演奏の収録により初級者の演奏に現れやすい誤りを分析する。5.3 節では、構築したシステムについて説明する。5.4 節ではシステムを用いた評価実験について述べて、議論を行う。5.5 節ではまとめと今後の研究について述べる。

5.2 初級者の演奏特徴分析

初級者の子どもの誤りのケースを調べるために、子どものピアノ練習を収録し、分析した。

5.2.1 実験の概要

2 人の被験者は姉妹であり、著者のピアノ・レッスンの生徒である。一方はレッスンに通いはじめて 4 年半の小学 4 年生である（以下被験者 A と記す）。他方はレッスンに通いはじめて 1 年の保育園生である（以下被験者 B と記す）。両者が通常のレッスンで使用している教材は、全音楽譜出版社による教本の難易度一覧によれば、「初級・第 1 課程」に属する¹。

練習の課題曲として被験者 A には、練習曲集 4 冊、作品集 2 冊、そして連弾曲集 2 冊から合計 17 曲を選んだ。被験者 B には、練習曲集 2 冊、連弾曲集 1 冊から合計 13 曲を選んだ。各々の被験者にとって課題曲は、収録日に初めて楽譜を見て演奏する曲（新曲視奏曲）であった。曲によっては、収録期間中に再度演奏をしてもらった。

およそ 15 日間の間に 4 回の収録日を設定し、1 回の収録時間は 1 人約 30 分とした。演奏回数は課題曲の長さによって 1 回から 5 回であり、最初から最後まで通して演奏するように指示した。連弾曲では、プリモ（Primo: ピアノの高音部を担当）を被験者、セコンド（Secondo: ピアノの低音部を担当）を著者が担当した。収録は防音室で行われ、練習の模様を録音、録画した。録画は斜め正面、楽譜、頭上、ペ

¹ 各々の楽譜の最後の頁に一覧表が掲載されている。第 1 課程とは、よく知られた「バイエル教則本」と同じ課程であり、「バイエル教則本」終了程度が「初級・第 2 課程」に相当する。

ダルの4箇所ビデオカメラを設置し、4分割画面で撮った。ピアノはヤマハ C5を使用した。

5.2.2 結果

Bloch & Dannenberg[3]によれば、演奏の誤りは、以下の3つに分類される。

1. 挿入 (extra): 演奏された音が楽譜上の音と一致しない(余分な音数)。
2. 音高誤り (wrong): 楽譜上の音数通りに音を出しているが、音高が不正確である。
3. 脱落 (missing): 演奏された音が楽譜上の音の数よりも少ない。

しかし、特に初級者の場合はこれらに「弾き直し」が追加されると考えられる。弾き直しとは、1. 挿入と同様に楽譜上の音数よりも多く音が演奏されたケースではあるが、楽譜上に記載されていない音、あるいは音高列ではなく、楽譜上に記載されている音、あるいは音高列が、重複して演奏された場合のことを指す。中級者以上になると、練習中に意識して弾き直しする以外は、基本的に失敗しても演奏の流れを止めずに最後までいこうとする傾向がある。一方、初級者は途中で失敗した場合に、戻ろうとする傾向が多い。

表 5.1 は、弾き直した回数と弾き直すために戻った箇所の特徴である。「1 拍目」とは、小節の 1 拍目に戻ったことを示す。「第 2 の強拍」とは、4 拍子の 3 拍目や 2 拍子の 2 拍目を指す。「最終拍」とは 3 拍子の 3 拍目や 4 拍子の 4 拍目を指す。以上の 3 項目は、弾き直す直前に弾いた音と同じ小節内の拍である。「フレーズ開始」とは、スラーのはじめや、弱起のメロディのはじまりを指す。「手の替え」とは、1 つのメロディの中で、弾く手が右手から左手に替った個所に戻ったことを意味する。以上の 2 項目は「1 拍目」「第 2 の強拍」「最終拍」のカテゴリーには数えていない。「段」とは譜面上で横一列に印刷された数小節の塊を指す。なお「1 小節前」とは、弾き直す直前の音の 1 小節前に戻ったことを意味している。

弾き直しの数は被験者 A は 377 箇所あり、被験者 B は 181 箇所あった。戻り位置は小節の 1 拍目が 8 割を占めている。

一方、1. 挿入は、被験者 A に 1 音、被験者 B に 6 音見られた。2. 音高誤りは被験者 B に 37 音(のべ 111 音²)見られた。3. 脱落は被験者 A に 3 音見られた。

その他、被験者 A は小節ごとに楽譜を見て弾く傾向があったため、小節の 1 拍目の前に楽譜上には記述されていない空白の時間が起りやすかった。そのため、連弾曲ではセコンドが先走って 1 拍目の音を鳴らし、再度、被験者 A と一緒に鳴ら

²正確な音高と思い込んでいたのか、3 回ずつの練習ですべて不正解であった。

表 5.1: 弾き直しのために戻った個所と回数

戻った個所	A	B	合計	%
1 拍目	315	141	456	81.7
第 2 の強拍	17	2	19	3.4
最終拍	0	6	6	1.1
フレーズ開始	5	0	5	0.9
手の替え	4	0	4	0.7
1 拍目 (1 小節前)	26	25	51	9.1
最終拍 (1 小節前)	2	3	5	0.9
曲の最初	7	3	10	1.8
段の最初	1	1	2	0.4
合計	377	181	558	100.0

すという場面が多くみられた。なお，課題にした独奏曲と連弾曲のレベルや曲数等が違いため，一概には言えないが，被験者 A は連弾曲のほうが弾き直しが少ない傾向にあった。

5.3 システム構成

5.3.1 概要

“Family Ensemble” は，二人の初心者による合奏（連弾）を支援する。ただし，一方の演奏者（ここではプリモとする）に対しては，システムは特に支援を行わない。システムは，プリモの演奏データと楽譜データを参照しながら，もう一方の演奏者（ここではセコンドとする）の演奏のみを支援する。プリモに対して支援を行わないのは，本研究ではプリモをその楽器を学習している者（子供）が担当することを想定しており，余計な直接的支援は学習を阻害すると考えたからである。したがって Family Ensemble では，セコンド（親）に対する支援によって連弾を容易にすることで，間接的にプリモの学習を支援する手段をとる。

図 5.1 に，Family Ensemble のシステム構成を示す。図では，便宜的にプリモ用とセコンド用の入力インタフェースを別々に示しているが，連弾の場合同一鍵盤を 2 つの領域に分けて使用することになる。プリモの演奏は，MIDI (Musical Instrument Digital Interface) データとして出力され，そのままなんら処理を施さずに MIDI 音源に入力され，スピーカーから音として出力される。

同時に，プリモの演奏データは演奏位置判定モジュールにも入力される。演奏位置判定モジュールは，楽譜データベースから取得したプリモ用楽譜データと，逐次入力されてくるプリモの演奏データとを照合し，現在楽譜上のどの位置が演奏

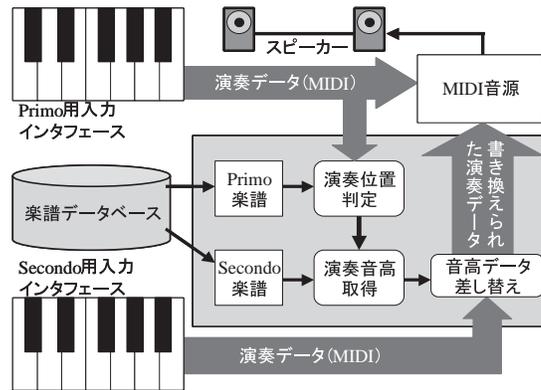


図 5.1: システム構成

されているかを判定し、この結果を演奏音高取得モジュールに通知する。

演奏音高取得モジュールは、楽譜データベースから取得したセコンド用楽譜データを参照し、現在のプリモの演奏位置に対応する箇所をセコンドの楽譜上で見だし、そこからセコンドが今演奏すべき音の音高データを取得し、これを音高データ差し替えモジュールに渡す。

音高データ差し替えモジュールは、セコンド用の入力インタフェースから入力された演奏音の MIDI データのうち、音高データを指定する値 (MIDI ノート・ナンバー) のみを、演奏音高取得モジュールから渡された音高データに差し替える。この際、その他のデータ (発音時刻や、音の強さに対応するベロシティ値など) はすべてセコンドが入力した値を保持する。よって、音の強弱や発音タイミングなどの音楽表情に関わる要素はすべてセコンドが演奏したまま保持されている。

こうして、音高データのみ差し替えられたセコンドの演奏データが MIDI 音源に入力され、スピーカーから音として出力される。この結果、セコンドは楽譜どおりのメロディを容易に再現でき、かつ表情づけした通りに演奏に反映できる。これは、4 章で示した考え方に基づいている。

また、プリモが演奏しているにもかかわらず、セコンドがしばらく休止した場合 (打鍵しなかった場合) でも、システムはプリモのデータから演奏位置を認識しているため、いつセコンドが再開しても、正確な音高でプリモと合わせることができる。逆に、プリモが演奏を休止したにもかかわらずセコンドが打鍵した場合は、1 回目の打鍵はプリモが次に演奏する予定の個所に相当した音高が鳴るが、それ以後はプリモが演奏し始めるまで、音が出なくなるように設定されている。

5.3.2 演奏位置判定モジュール

次に、演奏位置判定モジュールにおける処理について説明する。もしこの機能がなければ、プリモに演奏の誤りがあった場合や、セコンドがプリモに弾くタイミングを合わせられなかった場合に、両者の演奏個所がずれてしまうため、プリモとセコンドの演奏位置を再度一致させることが非常に難しくなる。

演奏位置検出（いわゆる Score Following/Tracking）に関する研究は80年代より非常に多数なされている（たとえば [11, 20, 73, 75]）。これらのシステムは、5.2.2節で示した、1. 挿入、2. 音高誤り、3. 脱落、の3種類の誤りに対して対処しているが、いずれも基本的に大きな誤りは起こらない演奏を前提としている。一方本稿では、初心者による練習段階でのきわめて不完全な演奏を取り扱う。この場合、5.2.2節で示したように、これら3種類の誤りも当然発生するが、それ以上に弾き直しが非常に多く発生し、演奏位置が何度も繰り返して大きく遡ることが頻発する。従来のシステムではこのような弾き直しを特に念頭にはおいていない。

そこで、Dannenberg[11]が提案したDPマッチングによる手法を拡張し、弾き直しに対処可能な演奏位置検出手法を考案・実装した。以下考案した手法を説明する。本手法では、Dannenbergの手法同様、各音の楽譜上での音価と演奏音の音長は無視して、音高のみのマッチングで演奏位置を判断する。これは、初心者の演奏では演奏時の音長の変動が極めて大きく、楽譜には無い長い停止も頻発するため、音価と音長はマッチングの対象として扱えないという判断に基づく。

プリモ用の楽譜に含まれる音の数を N とする。ただし、和音のように複数の音が同時に発音される場合、その個所の音数は、同時に発音する音の数に関わらず1とし、最高音のみをマッチングの対象とする。さて、プリモが演奏開始から j 番目の音 P_j を演奏したとき（この時刻を「演奏時点 j 」とする）、前回のマッチングで演奏時点 $j-1$ での楽譜上の演奏位置が $S_i (1 \leq i \leq N)$ の音であると判定されていたとする。このとき、 P_j が楽譜上のどの音にあたるかの判定は、以下のアルゴリズムによって行う。

1. 楽譜上のすべての音 $S_k (1 \leq k \leq N)$ の音高 $Pitch(S_k)$ と P_j の音高 $Pitch(P_j)$ を比較し、すべての音について演奏時点 j における重み $W(S_k, j)$ を以下の方法で求める。
 - (a) if $Pitch(S_k) = Pitch(P_j)$ then $W(S_k, j) := W(S_{k-1}, j-1) + 1$.
 - (b) else $W(S_k, j) := W(S_{k-1}, j-1) - 1$.ただし、 $W(S_{k-1}, j-1) - 1 < 0$ ならば、 $W(S_k, j) := 0$ とする。
2. もし $W(S_{i+1}, j) \neq W(S_i, j-1) + 1$ であれば、弾き直しへの対応：1 から i の範囲にあって、かつ楽譜上の小節、フレーズ、

段およびページ頭など，前章の実験で得られた「弾きなおしが発生しやすい個所」としてあらかじめ楽譜データ上に指定されている個所すべての重みを， $W(S_{i+1}, j) - m$ (m は正の定数) とする．ただし，その個所の元の重みがこの計算で得られた重みより大きい場合は，値を変更しない．なお，現在の実装において m の値は，経験的に 2 としている． m の値を小さくすると，弾き直しへの追従性が向上するが，一方で類似したパターンが繰り返し現れる楽曲の場合，軽微な誤り（1 音脱落など）で演奏個所の認識誤りを招く可能性が高くなる．

挿入，音高誤り，脱落への対応： S_{i-r} から S_{i+r} の範囲の音すべてについて，重みを $W(S_{i+1}, j)$ と同じにする．つまり， $j-1$ 時点での現在演奏位置の前後 r 音ずつを j 時点での演奏位置としての可能性を高く評価することにより， r 個までの挿入や音高誤り，脱落に対処している，なお， r の値は，経験的に 2 としている．この値を大きくすると，より多数の音にわたる誤りに対処できるが，大きくし過ぎると可能性の範囲が広がりすぎ，逆に誤った一致箇所を見いだしてしまう危険性が高くなる．

3. $W(S_k, j)$ が最大値をとる個所を現在の演奏位置とする．もし同じ重みの個所が複数ある場合は，以下の順に優先する．
 - (a) $W(S_{i+1}, j)$ が最大値をとるならば， S_{i+1} を現在の演奏位置とする．
 - (b) $W(S_{i+1}, j)$ が最大値をとらない場合は，
 - i. S_i にもっとも近い最大値をとる個所 S_k を現在の演奏位置とする．
 - ii. S_i と等距離の位置 S_{i-d} と S_{i+d} に最大値が生じ，しかもこれらが最大値をとるもっとも S_i に近い個所である場合は， S_{i-d} を現在の演奏位置とする．

以上のアルゴリズムによって，従来から扱われてきた 3 種類の演奏誤りに加えて，初心者の演奏で頻発する「弾き直し」に対しても追従できる頑健な演奏追跡処理が実現される．図 5.2 に「弾き直しへの対応」を行った場合と行わなかった場合の弾き直しへの追従の違いを示す．図は，横軸が楽譜中に記載されている音を示し，縦軸は上から順に演奏者が演奏した音 P_j を示す．図に示す楽曲は童謡「たきび」であり，演奏音のハッチングがかかった部分が弾き直しされた箇所を示す．また，白抜き文字で示されているセルは，演奏位置認識モジュールが判断した各時点での演奏位置であり，黒枠で囲われたセルは正しい演奏位置である．a) の図は弾き直しへの対応を行った場合であり，弾き直し直後に，楽譜データ上に小節の最初の音として指定されている「ソ」と「ド」の 2 箇所に重み 11 が与えられている．この結果，a) では 3 音の誤認識の後正しい位置を検出している．一方，弾き直しへの対応を行っていない b) の場合は，弾き直し後に正しい位置を検出する

楽譜記載音

	ソ	ラ	ミ	ソ	ラ	ミ	ド	レ	ミ	レ	ミ	ソ	ソ	ソ	ラ	ド	ド	ド	ソ	ラ	ミ	レ	ド
ド	0	0	0	0	3	0	0	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ドレ	0	0	0	0	0	2	0	0	0	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
レ	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	12	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
レミ	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	13	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ミ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ミソ	11	0	1	0	1	0	1	0	13	13	13	13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ソ	10	12	0	0	0	2	0	0	10	10	0	12	12	12	12	12	2	0	0	0	0	2	0
ソラ	2	0	13	0	1	0	3	0	0	9	9	0	11	11	13	13	13	11	1	0	0	1	0
ソラミ	0	1	8	14	0	0	0	4	0	0	10	10	0	12	10	12	12	12	10	0	0	0	1
ミ	1	0	2	7	15	0	1	0	3	0	0	9	9	0	13	11	13	11	11	9	0	1	
ソラ	0	2	0	1	8	14	0	0	0	2	0	0	8	8	0	12	10	14	10	8	0	2	
ソラミ	1	0	3	0	2	9	17	0	0	0	1	0	0	7	9	1	13	9	13	9	9	0	
ソラミド	0	0	0	4	0	1	4	18	0	0	1	2	0	1	6	8	0	12	8	12	8	8	
ミ	0	0	0	0	3	0	0	3	19	0	0	0	1	0	0	5	7	0	11	7	11	7	
レ	0	0	0	0	0	2	0	0	2	20	0	0	1	0	0	0	4	6	0	10	6	10	
ドレ	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	21	0	0	2	0	0	0	3	5	0	9	5	
レ	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	22	0	1	1	0	0	2	4	0	8	4	
ミ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	23	0	0	0	0	0	0	1	3	0	7	
レ	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	0	24	0	0	0	0	0	0	2	0	
ミ	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	25	1	1	0	0	0	0	1	0	
ソラ	2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	26	0	0	0	0	0	1	0	0	
ソラミ	1	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	2	27	1	0	0	0	1	0	0	0	

a) 弾きなおしが生じやすい箇所への重み調整をした場合

楽譜記載音

	ソ	ラ	ミ	ソ	ラ	ミ	ド	レ	ミ	レ	ミ	ソ	ソ	ソ	ラ	ド	ド	ド	ソ	ラ	ミ	レ	ド
ド	0	0	0	0	3	0	0	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ドレ	0	0	0	0	2	0	0	0	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
レ	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	13	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
レミ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ミ	0	1	0	1	0	1	0	0	0	13	13	13	13	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
ミソ	0	2	0	0	0	2	0	0	0	12	12	12	12	12	2	0	0	0	0	0	2	0	0
ソ	0	1	0	4	0	1	0	3	0	0	0	11	11	13	13	13	11	1	0	0	1	0	0
ソラ	1	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	13	13	13	13	11	11	11	0	1	0	0	0
ソラミ	0	2	0	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	12	12	14	10	10	10	0	2	0	0
ミ	1	0	3	0	2	0	7	0	0	0	1	0	0	1	13	13	13	13	9	11	0	1	0
ドレ	0	0	0	4	0	1	0	8	0	0	1	2	0	1	0	0	12	12	12	12	10	1	0
レ	0	0	0	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0	11	11	13	13	11	11	11	11	0	1
ミ	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	12	0
ソ	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	9	9	9	11	11	11	11
ソラ	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0	8	8	5	12
レ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	7	7	7	18	9
ドレ	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	6	6	12
レ	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	15	1	1	0	0	0	1	0	5	7
ミ	2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	16	0	0	0	0	1	0	4	6	6
ソ	1	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	17	1	0	0	0	1	0	0	0	3

b) 弾きなおしが生じやすい箇所への重み調整をしない場合

図 5.2: 弾き直しへの対応の有無による追従の様子の違い

までに 13 音の誤認識が生じている³。

このように、本提案手法によって、弾き直しへも十分実用的なレベルでの追従が可能となっていることがわかる。なお、本システムは初級者の演奏を処理対象としているので、演奏楽曲の長さが短く、毎回楽譜全体を走査しても処理時間は無視できるレベルに収まる。

この方法のほかに、ディスプレイ等に楽譜を表示して、2人の演奏箇所がずれるたびに、ボタン1つで、ある箇所から再開することも可能かもしれない。しかしこの方法のみを用いて、いちいち演奏を止めて再開することは、音楽的な表現、及び教育面から考えても好ましくない。

³システムが正確な位置が認識できるまで、セコンドは誤認識の位置に相当する音高を鳴らすことになる。不協和な音が鳴ることで、子ども(プリモ)が弾き直しの行為を減らし、誤りがあってもパートナーに合わせて先へ進むようになるように促すこともこのシステムの目的である。

5.4 Family Ensemble を使用した連弾例

Family Ensemble を親子または学生同士で使用する様子を収録し、質問票による調査を行った。

5.4.1 実験の概要

3 ペアの親子と学生同士の 2 ペアを被験者に採用した。1 ペア目はピアノ学習歴が 8 年の女子中学生と、楽器演奏の経験がほとんどないその父親であり、以下ペア A と呼ぶ。2 ペア目と 3 ペア目の親子は、システム構築前の収録に参加した 2 名の姉妹 (5.2 節) と、その母親である。そのうち、長女と母親のペアを以下ペア B と呼び、次女と母親のペアを以下ペア C と呼ぶ。母親は 2 年間オルガンを習った経験がある。ペア A, B, C はそれぞれの子どもがプリモ・パートを担当した。学生ペアは当大学院の修士課程の学生である。以下、ペア D, ペア E と呼ぶ。2 ペアのプリモは同じ人物であり、電子オルガンを 8 年間弾いた経験がある。ペア D のセコンドは五線上の音符を読むことが苦手である。ペア E のセコンドは音符に相当する鍵盤の位置は全くわからなかった。

課題曲は被験者が聴いたことのある 3 曲を用意した。1 曲目は 16 小節から成るショパン作曲の「プレリュード 作品 28 第 7 番」を、初級者用に八長調の連弾に編曲したもの [48] である (以下「プレリュード」と略称する)。2 曲目はショパン作曲の「ワルツ第 1 番 作品 18」である。プリモ・パートは初心者用に 60 小節の八長調の独奏曲として編曲されたもの [70] を使用した。セコンド・パートはオリジナルの楽譜の低音部譜表をもとに、編曲版に合わせて八長調に移調した (以下「ワルツ」と略称する)。3 曲目は 16 小節から成る渡辺茂作曲の「たきび」である。プリモが弾くメロディは八長調に移調し、プリモが左手で弾く伴奏は初心者用に、セコンド・パートは中級者用に著者が編曲した。

親子ペアはプリモ (子ども) のピアノ学習歴を考慮して、ペア A には全 3 曲に挑戦してもらい、ペア B には 2 曲、ペア C には 1 曲に挑戦してもらった。学生ペアはペア D には 1 曲、ペア E には 2 曲に挑戦してもらった。

各々のプリモにはあらかじめ課題曲のプリモ・パートのみを渡した。Family Ensemble の機能を評価するには、完全な演奏よりも多少失敗のある演奏が適当であったため、「だいたい弾けるようになるまで練習するように」と指示した。ペア A のプリモは 4 日間程度、ペア B, C のプリモは 7 日間程度、ペア D, E のプリモは 1 日の練習で本番の収録に臨んだ。おおよそ数回に 1 回は完璧に最後まで弾ける程度であった。

親子または学生同士での連弾の練習を収録した。1 日に 40 分から 1 時間半かけ



図 5.3: たきびの楽譜

て1ペアごと収録を行った。

収録1. ペア A, B, C については, 5 分間子どもがひとりで練習し, 親はそばに付き添った。

収録2. Family Ensemble を使用せずに, ペア A, B, E には「プレリユード」⁴, ペア C, D には「たきび」を 2 人で連弾できるようになることを目指して, 15 分間練習してもらった。

Family Ensemble の使用方法の説明 簡単な練習曲でセコンドに練習してもらい, 質問を受け付けた。なお, Family Ensemble での演奏では図 5.3 のような表記の楽譜を使用した。灰色の音符は実際には赤色で表示されている。セコンドはこの赤色の音符のみを, 鍵を 1 つだけ使用して弾いていっても, 和音(一度に 2 音以上の音が鳴る)は楽譜通りの音数の音が鳴るような仕組みになっている。

収録3. Family Ensemble を使用して, ペア A, B, E には「プレリユード」を, ペア C, D には「たきび」を連弾できるようになることを目指して, 15 分間練習してもらった。

収録4. Family Ensemble を使用して, ペア A, B, E には「たきび」を連弾できるようになることを目指して, 10 分間⁵練習してもらった。

収録5. Family Ensemble を使用して, ペア A には「ワルツ」を連弾できるようになることを目指して, 10 分間練習してもらった。

⁴ペア A, B, E に全課題曲の中で「プレリユード」の練習を指示したのは, Family Ensemble を用いないオリジナル楽譜による演奏では, セコンド・パートにとって「プレリユード」が最も簡単であると考えられたからである。

⁵「たきび」と「ワルツ」は「プレリユード」よりもリズムが簡単であるため, システムを使用した場合には, より早く連弾できるようになると予測できた。よって, 被験者の負担を軽くするために, 練習時間を 5 分短縮した。

収録6. ペアD, Eのプリモ(同一人物)には、「たきび」と「プレリユード」をマイナス・ワン(セコンド・パートの演奏のみを録音したもの)に合わせて, それぞれ「遅め」「中くらい」「速め」の3段階の速さ⁶で, 3回ずつ練習してもらった.

なお, 収録6. で使用したマイナス・ワンは, 事前に著者がメトロノームを聞きながら作成した.

すべての課題曲の練習後に質問票形式により, 連弾の感想や経験について答えもらった. なお, 収録機材については5.2.1節に準じる.

5.4.2 結果

Family Ensemble を使用しない収録2. と使用した収録3. (同一課題曲により実施), 及びマイナス・ワンを使用した収録6. の結果について述べる.

ペアAの収録2. では, 子どもが父親に最初の4小節間の弾き方を教えていた. よって連弾は0回である. 収録3. では, 1回に40秒程度かかる「プレリユード」を15分間のうち連弾で13回, 子どもの独奏で1回演奏していた.

ペアBの収録2. では, 親は右手のパートに限って連弾に参加し, 11回の挑戦のうち, 最後まで演奏したのは5回であった. 親の右手パートの音高の正解率も最後には76.7%になった. 収録3. では14回の連弾が行われた.

ペアCの収録2. では, 連弾を6回挑戦したうち, 最後まで演奏したのは2回だった. しかし親は1回の演奏中, 5つ程度の音を出したのみであった. 収録3. では, 独奏による練習は4回, 連弾は2回行われた.

ペアDの収録2. では, プリモがセコンドに最初の2小節間の弾き方を教えていた. 連弾は1小節だけ1回行われた. 収録3. ではプリモによる独奏が5回, 連弾は7回行われた.

ペアEの収録2. では, プリモがセコンドに弾き方を教えていた. 弾けるようになった小節は2人で右手同士で合わせていた. 収録3. では, プリモによる独奏が1回, 連弾が9回行われた.

収録6. の後には, マイナス・ワンの評価項目を「メロディとリズム」「曲中の速さの変化」「曲中の強さの変化」に分けて, プリモは演奏の出来具合を回答した. その結果, 「中くらい」の速さでの「メロディとリズム」以外は, どの項目も速さに関係なく, 「できなかった」と答えていた. 「曲中の速さの変化」は, マイナス・

⁶ 「たきび」が「1分間に四分音符が44個, 60個, 72個打つ速さ」の3段階であり, 「プレリユード」が「1分間に四分音符が72個, 88個, 104個打つ速さ」の3段階である.

ワンのテンポが一定のため，自分の感覚とずれていたことを，うまく演奏できなかった理由に書いている．

5.4.3 考察

どのペアも明らかに Family Ensemble を使用した収録 3. の方が，使用しない収録 2. よりも連弾を行った回数が多かった（5.4.2 節）．ここから，Family Ensemble により，初心者である親や学生がすぐに連弾に参加できたことがわかる．またペア C, D には顕著であるが，初心者の親や学生と連弾できた収録 3. で，プリモを担当している子どもや学生の独奏による練習が増えている．Family Ensemble が間接的ではあるが，プリモの練習意欲を高めていたと言える．

さらに，連弾により苦手な表現が克服されたケースがあった．ペア B の子どもは収録 1. で，リズムを間違えている個所があった．本人によれば，理屈では理解しているものの，演奏となるとリズムが取りにくいとのことであった．ところが Family Ensemble を使用して連弾を行った収録 3. では，子どものリズムの狂いはなくなった．セコンドを担当した母親も「ノリながら演奏していたことに驚いた」と感想を述べている．

また，多くのペアでは Family Ensemble を使用しない連弾と使用した連弾では，ペア内の関係に変化が起きていた．ペア A の収録 2. で，子どもは「こんなん絶対むりやん」と，笑いながら父親の演奏が手に負えない様を示しながらも，父親のパートを弾いてみせて，音高列やリズムを教えている光景が見られた．しかし，結局 1 度も連弾ができなかった．

これに対し，Family Ensemble を使用した収録 3. で見られた次の会話⁷から，収録 2. の時と比べて 2 人の関係に変化があったことがわかる．

（1 回目の連弾終了後）

子: 間違えた＝

父: ＝だめだね::＝

子: ＝むかつく

父: じゃあ，もう 1 回いきましょうねえ

（2 回目の連弾は出だしで失敗に終わり ...）

父: おまえ，まず練習せい

子: うん，練習するわ

⁷書き起こしの表記は Jefferson (1979) の表記法に，ほぼ従っている．

(子が1人で1回演奏)

子: よっしゃいこう

父: ええか?

子: お父さんと弾くとやりにくいよな.

[

父: なんてやねん

また、ペア A の収録 5. の 8 回目の連弾の後の会話で、父親に「これ、結構楽しいで、君どうや」と質問され、子どもは「楽しいけど、音がずれてもお父さんに怒れんのが困るよな」と答えている。Family Ensemble を使用することによって、父親は音を間違えずに演奏することができてしまったが、子どもは「だいたい弾ける」レベルであって完璧には弾けていない。子どもは収録 3. 以降で、それまで父親よりも断然優位であった技能的な関係が変化したことを感じていたと考えられる。

一方で収録 5. では以下のような会話もあった。

(2 回目の連弾終了後)

父: ほ::おもしろい、これ結構。

よし行こ::で=

子: =お父さん、でもさ、1つ考えて

父: うん

子: こうやって

(父親のパートを弾きながら)

弾くわけやん

父: うん

子: あの::こう、タンタンタンって弾くと

音途切れるわけよ=

父: =うんうんうん

子: だから、もうちょっとさあ

(前よりも1音1音長めに弾きながら)

お父さん今の

父: うん, もっと, こう,
伸ばせていうの?=
子: =そう

父親が担当するセコンド・パートは, プリモ・パートのメロディと同じ音価(八分音符)でありながら, 父親は全部スタッカートのように, ぶつぶつ切って弾いていた. 子どもはメロディと同じようになめらかに弾いてほしいと伝えているのである. このような音楽的な表現の指摘は, 父親が音符通りの音を出すことで精一杯だった収録 2. では全くみられなかった.

さらに収録 3. では, 父親もお互いの演奏がずれている付点の音符のリズム⁸の個所を指摘し, より表現を高めるために練習を一緒にすることをもちかけている.

(連弾で演奏した後)

子: お:できたやん=
父: =あ, ここ(楽譜を指す)合いたいね
(指で付点の音符のリズムを囲む)
子: たーんたたん(その部分を弾く)
[
父: そうそう, たーんたたん, うん, ここだけ練習する?

このように「なめらかに演奏」「リズムを合わせる」等, 音楽的な表現に関する会話が Family Ensemble を使用した収録で見られた. これはペアのうち少なくとも一方は初心者であるにもかかわらず, Family Ensemble により, すぐにひととおり連弾ができたからこそ, 正確な音高を追うことに終始せず, 次の音楽的な表現の模索にまで段階を進めることができたのである. 合奏の練習とは本来, 双方の演奏者がお互いの音楽的な意図や計画を出し合って, 演奏を構築していく場である. Family Ensemble により, ペア内の技能的な関係が対等になることは, 音楽的な演奏の構築を目指すという観点からは非常に有効なことである.

⁸付点八分音符と十六分音符のリズムが連なった個所であり, 音価は十六分音符を 1 とすると, 付点八分音符は 3 であるが, 実際の演奏における割合は, 人により癖が出易いリズムでもある.

収録中に明らかになった Family Ensemble の問題点としては、楽譜が全く読めない初心者は、現在の演奏個所が譜面上ではわかりにくかったことが挙げられる。セコンドはシステムの機能により、プリモの演奏位置に追従しているため、セコンドの音高には誤りはないが、リズムは様々に変化するためセコンドも楽譜を目で追っている必要がある。このため楽譜を読めないペア E のセコンドは、収録 4 の「たきび」で演奏個所を追うために、頭の中で歌いながら弾いていたという。

被験者からの要望点としては、親が担当するパートへのシステムの支援を、段階的に軽くしてほしいというものがあった。現時点では図 5.3 に見られるように、最初は灰色（実際は赤色）で記載されたリズムを鍵盤 1 つで打鍵して連弾に参加し、余裕ができたなら、鍵盤を数個使用して黒色のリズムを別に打鍵していくという 2 段階になっている。しかし、ペア B の収録 2. に見られたように、親は 15 分間でも右手のみならば、7 割以上弾けるようになってきていることから（5.4.2 節）、右手は支援なし、左手は支援ありという段階を加えることも 1 つの案である。

また、質問票による回答の中に、Family Ensemble の使用が教育支援と成りうる可能性が示唆されていた。子どもが楽器のレッスンに通う家庭では、親は子どもに練習を促すことが日課となる。収録での質問票による回答では、子どもは 1 人で練習するよりも、親にそばにいてほしいと願っている。ところが親の回答によれば、子どもにわからないことを教えてあげようとしても、素直に受け取らない場面が多く見受けられるという。理由の 1 つに、子どもは親よりもその楽器を演奏できるという、技能的能力差の優位を感じていることが挙げられるであろう。親が Family Ensemble で子どもと一緒に練習すれば、口を出さなくても、子どもは自分のミスを親のパートの音との不協和により自ら気が付くであろう。

5.5 おわりに

本章では、何らかの楽器のレッスンに通い始めた子どもと、楽器演奏の経験が全くない親という、初級者と全くの初心者のペアでも、家庭内で合奏を通じて音楽によるインタラクションが楽しめるシステム “Family Ensemble” を提案した。親のパートは、正確な音高列を出力する機能と、演奏位置の追従機能により支援されているため、すぐに子どもと合奏することができる。実際の親子による練習の収録でも、システムがない状態ではピアノ連弾にならず、子どもが親に弾き方を教えることで精一杯であったが、システムを使用した場合には、すぐに連弾をすることができた。さらに、親が初心者であるにもかかわらず、音楽的な表現に関する会話を行っていた。これは子どもと技能的に差異のあった親が、Family Ensemble により対等な立場になったことが理由に挙げられる。

本来合奏は、双方の演奏者がお互いの音楽的な意図や計画を出し合って、演奏を構築していく場である。よって、このようにほぼ対等に意見を言い合えるようになったことは、音楽的な演奏を目指すという観点からは非常に有効と言える。さらに、子どもの楽器練習に親が合奏のパートナーとして付き添うことは、子どもの練習意欲を向上することにもつながるであろう。またこのシステムは、双方が全くの初心者ではない限り、準備もほとんどなく使用することができる。よって、ホーム・パーティで合奏を楽しむという使い方もできるであろう。今後は、親のパートの支援を段階的に軽くしていく方法を開発し、それに応じた編曲も含めて提案を行いたい。

ところで、今回の収録で親子や学生同士に一定時間、ピアノ連弾を試みてもらった際に、作品を演奏するだけでなく、対話をしながら演奏を構築している様子が見られた。さらに5.4.3節で示した親子の対話でも見られるように、発話のみならず楽器を奏でる行為が含まれていることがわかった。「もうちょっとさあ」と言いながら話題に出ている個所を弾いたり、「たーんたたん」と歌いながらその個所を弾いたりしている。このように複数の奏者で演奏を構築していく過程では、発話のみならず、作品の部分の「楽器奏（楽器を奏でること）」もコミュニケーションとして重要な手がかりになっていると考えられる。

第 6 章

演奏構築における「楽器奏」の役割

第 5 章のピアノ連弾の練習の収録で，奏者達が対話の中で楽器奏（楽器を奏でること）を用いたことを受けて，本章では楽器奏の機能を検討する．ピアノ連弾の練習の収録を予備収録，本収録を通して 3 ペア行い，対話中に見られた楽器奏の機能を基盤化の理論を基に分類する．分析の結果，音に複数の音楽要素が含まれていることが要因となっている機能が見出された．

6.1 はじめに

演奏構築過程の対話に見られた楽器奏の機能を分類するために，ピアノ連弾の合同練習を収録した．ピアノ連弾の練習では，2 人の奏者がお互いに意見を伝えあいながら演奏を構築していくが，発話により意見を伝えるのみならず，楽器奏を用いて伝えることもある．ある部分の微妙な音楽表情や，理想的なテンポ，そして音高列を奏でて作品の個所を示すこともある．

しかし，1 音の発生には常に複数の音楽要素が含まれるという，音のアナログ的な特性により，楽器奏は奏者の期待や予測以上（以下）に音楽表情が増幅 [2]（減衰）する可能性がある．このような楽器奏の特性は，多様で豊かな表現を産み出す要因といえるが，一方で，音楽要素のコントロールが難しいゆえに奏者間のコミュニケーションを阻害したり，演奏の構築を困難にしていることもある．よって，楽器奏の特性を活かして，より豊かな音楽表情をもった演奏の構築過程を支援するシステムや方法論の提案が望まれ，その第一歩として，楽器奏の機能を分類することは，奏者間のコミュニケーションを分析する手法として役立つと考えられる．

本章では，ピアノ連弾の練習にて奏者間で使用された楽器奏の機能について「基盤化 (grounding) の理論 [10][8][121]」を用いて分類した．複数の主体たちが互いに

調整し合いながら行う「共同行為 (joint action)」において、主体たちは知識や信念を相互に信じて、共同行為に成功したという「共通基盤 (common ground)」を、「提示 (presentation)」と「受理 (acceptance)」を通して形成しようとする。この形成する過程を基盤化という [39]。基盤化にはバーバル、ノン・バーバルの両方による情報の表出を伴うが、現在の基盤化の理論では主に発話による対話を扱っているのみであり、楽器奏のようなノン・バーバルな表象の使用を含む基盤化については未踏の論点である。複数の奏者で一つの作品を演奏するために、お互いの演奏プランや音楽的な意図、知識を示し合う合同練習は、共通基盤を形成する過程と言える。

今回は、収録されたピアノ連弾の練習中に見られた楽器奏のうち、1人の奏者が提示の一部として、作品の部分を楽器奏した260個のケースを、楽器奏の前後、及び途中における発話をもとに(1)誰に対して行われた提示であるか(2)誰によって受理された提示であるか、という側面から分類を行った。

さらに、各音の発音時刻から、2人で作品全体を楽器奏することを目指して合同楽器奏した際のテンポと、その直前の対話の中でテンポに関する発話と共に行われた部分楽器奏のテンポを計測し、比較を行った。

現在は理論的な研究に留まっているが、楽器奏の機能の使われ方やMIDIデータにより、ペアの奏者間のコミュニケーション具合や、熟達度を測ることができるようになるであろう。さらに、人間とコンピュータが自然な対話をしながら合奏の練習を行うシステムへの示唆になると期待される。

次の6.2節では、連弾の収録方法について説明する。6.3節では、楽器奏の分類を示す。6.3.1節では、楽器奏を「プレイ・ユニット」に分けて、提示フェーズと受理フェーズに分類するための定義と、提示フェーズをさらに分類する方法について説明する。6.3.2節では、カテゴリーに基づく楽器奏の分類結果を示す。6.3.3節では、各々のカテゴリーに分類した実例を示し、考察を行う。6.4節では、合同楽器奏とその直前の部分楽器奏のテンポを比較する。6.5節でまとめと今後の研究について述べる。

6.2 収録設定

6.2.1 予備収録

2ペアによる本収録の前に1ペアによる予備収録を行い、その結果をもとにペア内の年齢や学年の上下関係や、収録時間を設定した。

課題曲について

練習の課題曲として、通称「雨だれ前奏曲」として一般にも親しまれている、ショパン作曲の「前奏曲集 作品 28 第 15 番」を、初心者の連弾用に編曲したもの [48] を選んだ。原曲のソロ曲は 89 小節で構成されているが、今回の連弾曲は 28 小節で構成されている。この曲を選んだ理由は、ショパンはロマン派の作曲家であるため、感情移入しやすい曲と考えられ、演奏者が音符通りに音を鳴らすこと以上に表現について考えやすくなり、相手にこれを伝えるようになると思ったからである。この楽譜は、プリモがセコンドより低いレベルに編曲されている。プリモはバイエル教則本終了程度の演奏者、セコンドはショパンの原曲を演奏した経験のある演奏者ならば、それぞれ数回の演奏によりひととおり弾けるようになると思われた。また、どちらのパートの被験者にも相手方のパート譜を事前に渡した。

収録方法

およそ 10 日間間に 3 回の収録日を設定し、1 回目の収録時間は 15 分間、2 回目の収録時間は 50 分間、3 回目の収録時間は 40 分間に設定した。収録までに被験者は個人で練習を行い、収録初日前に著者が、ひととおり弾けているかどうかをチェックし、弾けていない場合はさらなる練習を促した。この際、指導はいっさい行っていない。収録前と各収録間での二者による合同練習、及び収録に関する会話を禁じた。収録の際には練習の様態を録音、録画すると共に、演奏データを MIDI データとして採取した。録画は斜め正面、楽譜、頭上、ペダルの 4 箇所ビデオカメラを設置し、4 分割画面で撮った。ピアノはヤマハ サイレント・アンサンブル・プロフェッショナル・モデル C5 を使用し、フロッピーに MIDI データを記録した。それぞれの収録日の最初と最後には、必ず作品を通して演奏を行うよう指示した。初回の収録前には、この作品の背景と楽譜上に書かれた楽語の意味について書かれた用紙を全員に配布し、必ず読むように指示した。収録中にはピアノのそばに同じ用紙と楽語辞典を置いた。収録中の楽譜への書き込みは自由とし、プリモは緑色、セコンドは青色の鉛筆で書き込むよう指示した。またメトロノームの使用はいっさい禁じている。

被験者について

著者の在籍する大学院の男性の教官と女性の学生のペアにより予備収録を行った。両者の年齢は同じである。学生のピアノの腕前は音楽大学への進学を考えたほどであり、課題曲は原曲のソロ曲で演奏した経験があった。教官は子供の頃か

ら電子オルガンや管楽器を通してポピュラー音楽に親しんでいた。

結果

学生の方が教官よりもはるかにピアノの経験があったので、曲のイメージや演奏方法について教官に対して教示を行うのではと予測した。しかし立場的な制約のせいか、始終経験の浅い教官が「どうしたらいいですか」という質問を学生に投げ掛ける練習となり、全収録後の学生の感想には、意見があっても言い出しにくかったという内容があった。そこで本収録では、ピアノの経験年数の多少と実際の年齢の高低、及び学年の上下関係を揃え、さらに性別を同一にすることにより、曲についての対話が経験の多い被験者から少ない被験者に対して行われやすくなるように設定した。収録時間については、被験者から40分間の練習が適切という意見が得られた。50分間の練習の日は40分を境に対話が減った。

6.2.2 本収録

2ペア行った。収録時間は予備収録の結果を踏まえて40分間に設定した。他の収録設定と課題曲については、予備収録に準じた。

被験者について

2ペアを採用し、一方は男性のペア(以下ペアAと記す)で、他方は女性のペア(以下ペアBと記す)であった。全員著者の在籍する大学院の学生であるが、初対面の状態から収録が始まった。ペア内では、比較して高い技術的レベルを要するセコンド(Secondo:低音部担当)が、プリモ(Primo:高音部担当)よりも年上になるように設定した。どちらのペアもプリモを担当した被験者はバイエル教則本を終えた程度の、ピアノ・レッスンに通った年数が4年から6年間の修士課程1年生の学生である。セコンドを担当した被験者はどちらも課題曲を原曲(独奏)で演奏した経験があり、ピアノ・レッスンに通った年数が9年に及ぶ修士課程2年生の学生である。なお、ペアAのプリモは課題曲を聴いたことがあったが、ペアBのプリモは知らなかった。

6.3 楽器奏における基盤化の機能について

6.3.1 分類

連弾の練習中の発話と、楽器奏のタイミングや音高を書き起こし、楽器奏を、条件をもとに「プレイ・ユニット」として区切った。次に Clark-Schaefer の理論に基づき、提示フェーズと受理フェーズに分けた。さらに提示フェーズを、前後や途中の発話から (1) 誰に対して行われた提示であるか (2) 誰によって受理された提示であるかという側面により分類した。

プレイ・ユニットの区切り方

録画した合計 6 回の練習における対話の書き起こしを行い、楽器奏のタイミングや音高も記録した。まず楽器奏を以下の条件により「プレイ・ユニット」として区切る作業を行った。(1) 発話により、音が途切れたとき、または (2) 楽器奏を行っている者が替わったときの 2 つの条件である (図 6.1)。この条件により、6 回の練習における対話の中で 404 個のプレイ・ユニットが確認された。表 6.1 は、404 個のプレイ・ユニットを奏者と奏でられた箇所のパターンにより分類したものである。67.5%にあたる、273 個のプレイ・ユニットは 1 人の演奏者により、作品の部分のみ奏でられ (以下、“Solo/Partial” と呼ぶ)、平均 4.2 秒間奏でられた。2 人で作品の部分を奏でたものが (表中、“Duo/Partial” と呼ぶ) 74 個あり、平均 17.4 秒間奏でられた。2 人で作品の全体を奏でたもの (表中、“Duo/Full” と呼ぶ) は 55 個あり、平均 93.0 秒間奏でられた。さらに、1 人で作品の全体を奏でたもの (表中、“Solo/Full” と呼ぶ) は 2 個あり、平均 92.4 秒間奏でられた。

表 6.1: 各ユニット (Solo/Partial, Duo/Partial, Solo/Full, Duo/Full) の頻度と平均時間

ユニット	頻度	平均時間 (秒)
Solo/Partial	273	4.2
Duo/Partial	74	17.4
Solo/Full	2	93
Duo/Full	55	92.4
合計	404	

以下の節では、70%近くを占めている “Solo/Partial” 型のプレイ・ユニットにつ

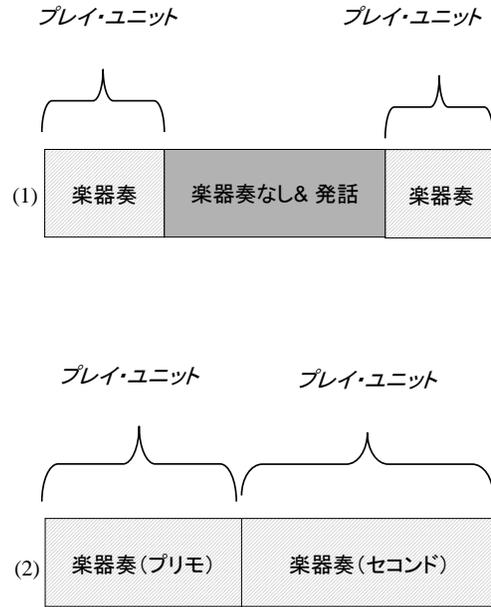


図 6.1: プレイ・ユニットの区切り方

いて分類を行う。

プレイ・ユニットの分類方法

Clark & Schaefer によれば、基盤化は貢献 (聞き手と話者の交替) を通して進行していく [10]。貢献は次に示すように、提示と受理の2つのフェーズからなる [39]。

提示フェーズ A が B に発話 u を提示する。 A は、 B からある証拠 e が示されれば、 u によって自分が意味したことが B に理解されたと信じてよい、という仮定にもとづいている。

受理フェーズ u によって A が意味したことを理解したという証拠 e' を示すことで、 B が u を受理する。 B は、いったん e' が A によって記録されれば、自分の理解を A も信じるようになる、という仮定にもとづいている。

この Clark-Schaefer の貢献モデルを “Solo-Partial” 型のプレイ・ユニットに適用し、基盤化の過程における楽器奏の役割を分析する。しかしデータの中には、

Clark-Schaefer の貢献モデルにはあてはまらないプレイ・ユニットがいくつも見られた．次のペア B による第 2 回の練習の始まりにおける対話はその一例である¹．

セコンド: どのくらいかな

1 小節目を弾く [セコンド]: 3.78 秒

(2.94)[

このくらいで

セコンドは課題曲の演奏に適切な速さをみつけようとしている．セコンドの「どのくらいかな」という発話は，パートナーに向けてというよりも，むしろ彼女自身に向けられていた．実際にも，パートナーの答えを待たずに楽器奏を始めて，あたかも試しているかのようである．このような，いわゆる独り言のように奏でている楽器奏が，今回の対話データの中には多く見られた．Clark-Schaefer の定義では，このような楽器奏は，パートナーに提示しているともみなされないし，合意の証拠が示されているわけでもないので，提示にも受理にも分類されない．しかし，いくつかのケースでは，独り言として始まった楽器奏が，結局はパートナーへの提示になっていたため，無視することはできない．この例でも，楽器奏のあとの「このくらいで」という発話は，明らかにパートナーへの提示と考えられる．そこで本稿では，Clark-Schaefer のモデルを拡張した分類も行う．

まず，プレイ・ユニットを提示フェーズと受理フェーズに分類した．提示フェーズとは，対話に参加している 1 人または 2 人に対して，提示したとみなされるバーバルまたはノン・バーバルなシグナルを意味するとした．一方で受理フェーズとは，対話に参加している 1 人または 2 人が，その前の提示に対して合意した証拠として示したバーバルまたはノン・バーバルなシグナルを意味するとした．要するに，提示のシグナルを発している参加者は自分自身に向けて提示することが認められ，提示した参加者が自分自身で受理シグナルを受け取ることが認められる．さらに，提示フェーズとして判断されたプレイ・ユニットが，(1) 誰に向けた提示であるか，そして (2) 誰によって受理されたか，という判断を次のように行った．

- もし，プレイ・ユニット p が Clark-Schaefer の定義する提示であるならば，または奏者が， p が Clark-Schaefer の定義する提示の一部であることを否定し

¹書き起こしの表記は Jefferson (1979) の表記法に，ほぼ従っている．“[[” は 2 人の発話（または一方が発話でもう一方が楽器奏）が同時に始まったことを示す．“[” は，一方の発話または楽器奏の途中からもう一方が発話または楽器奏を始めたことを示す．“=” は，発話または楽器奏が終わった直後に発話または楽器奏が行われたことを示す．“:” は語尾が延びていることを示す．また，本稿ではアンダーライン上に，作品のどの個所を何秒間楽器奏が行われたかを示している．なお，“[セコンド]” は作品中のセコンドのパートが楽器奏されたことを示している．

がたいシグナルを出した場合には，プレイ・ユニット p は “*To-other*” に属すると判断する．

- プレイ・ユニット p が Clark-Schaefer の定義する提示ではなくて，さらに p の前，または間に奏者が， p が Clark-Schaefer の提示の一部であるシグナルを出していない場合には，プレイ・ユニット p は “*To-self*” に属すると判断する．

しかし，*To-other* と *To-self* は互いに独立しているわけではない． p が Clark-Schaefer の定義する提示ではなくて， p の前，または間にも，関係したシグナルを示していないにもかかわらず， p が終わった後に奏者が Clark-Schaefer の定義する提示を示した場合，このような p を “*To-both*” とした．一方，提示を受理した人については次のように判断した．

- もし，提示 X がパートナーから Clark-Schaefer の定義する受理を受けたならば， X は “*From-other*” に受理されたと判断する．
- もし，提示 X を提示した人が，あたかも X がパートナーから提示されたごとく， X への合意のシグナルを示したならば， X は “*From-self*” に受理されたと判断する．

もし，提示 X が提示者とパートナーから受理されたならば，“*From-both*” に受理されたと判断する．さらに，もしどちらからも受理されなかったならば，“*From-none*” と判断する．

これらのプレイ・ユニットにラベルを付ける作業では，判断の難しいものもあったため，共著者の間でコンセンサス・ラベリングを実施した．

また，1つの提示の中に，複数のプレイ・ユニットが含まれる場合があった．発話により音が途切れているため，プレイ・ユニットとして区切られていても，発話内容が提示，受理の双方に当てはまらない場合は，1つの提示の中でのプレイ・ユニットとして考える．よって，提示の数はプレイ・ユニットの数よりも少なくなる．

6.3.2 結果

273 個の Solo/Partial プレイ・ユニットのうち (6.3.1 節)，260 個のプレイ・ユニットが提示フェーズに属し，13 個のプレイ・ユニットが受理フェーズに属していた．1つの提示の中に，複数のプレイ・ユニットが含まれる場合があったため，実際の提示の数は 225 例であり，受理の数は 13 例である．よって，提示として楽器奏を

行う割合は受理として行うよりも多いことがわかる．ほとんどの受理フェーズは発話のみで行われていた．

表 6.2 はプレイ・ユニットを含んだ提示フェーズを，(1) 誰に向けた提示であるか ($To-***$)，そして (2) 誰によって受理されたか ($From-***$) により分類したものである．最右行に示されているように，提示フェーズの多くは，対話のパートナーに対して提示されており ($To-other$ / 134 例，59.6%)，続いて提示者自身に対して提示された数が多く ($To-self$ / 86 例，38.2%)，パートナーと提示者自身に対しても幾らか行われていたことがわかった ($To-both$ / 5 例，2.2%)．このような提示者の行為には，いかに楽器奏に多様な機能が含まれているかが示唆されている．

最下列に示されているように，提示のほぼ半数が対話のパートナーによって受理されていることがわかる ($From-other$ / 112 例，49.8%)．続いて，誰からも受理のシグナルがなかった提示が多く ($From-none$ / 54 例，24.0%)，提示者自身が受理した提示も同じぐらいの割合で見られた ($From-self$ / 46 例，20.4%)．そして提示者とパートナーの両方から受理のシグナルがあった提示も僅かながら見られた ($From-both$ / 13 例，5.8%)．このように，受理した人についても，発話を対象とした，基本的な基盤化の理論からは逸脱した結果となっている．

表 6.2: 提示フェーズの誰に対しての提示か ($To-***$) と誰からの受理か ($From-***$) による分類

	$From-self$	$From-other$	$From-both$	$From-none$	合計
$To-self$	28 12.4%	11 4.9%	4 1.8%	43 19.1%	86 38.2%
$To-other$	18 8.0%	97 43.1%	9 4.0%	10 4.4%	134 59.6%
$To-both$	0 0.0%	4 1.8%	0 0.0%	1 0.4%	5 2.2%
合計	46 20.4%	112 49.8%	13 5.8%	54 24.0%	225 100.0%

6.3.3 考察

表 6.2 の結果をもとに，それぞれのパターンの提示における楽器奏の機能について考察を行う．楽器奏の機能には「コミュニケーション機能」と「認知的機能」

の2つの機能が認められ、ひとつの楽器奏に両機能が共存しているパターンが認められた。

楽器奏による提示に含まれる2つの機能

To-other/From-other の例 表6.2に示されているように、楽器奏の使用の頻度が最も高く、97例(43.1%)あったパターンは、対人関係における基本的な基盤化の過程でのやりとりと同じで、“*To-other/From-other*”であった。これらのケースは、パートナーに対して提示を行い、パートナーがその提示を受理するというものである。その典型的な例を次に示す

セコンド: なんか この 雨だれやから

G音を数回弾く [セコンド]: 2.04秒

[[

これが連続するじゃないですか=

プリモ: =はい

セコンドは、G音(ソの音)を弾きながら「これが連続するじゃないですか」という、楽譜上でG音が連なっていることの確認を促すような質問をしている。セコンドの楽器奏は、この確認したい情報を補強し、より明らかにさせる機能として働いている。少なくともG音を繰り返すことにより、「これ」が指示しているものが供給され、G音の連続が強調されている。この補強された提示は、すぐにプリモの「はい」という確認によって、受理されている。

このパターンの提示は、頻度が高いことからわかるように、対人関係における基盤化では、楽器奏を用いようとも、発話のみのやりとりであろうとも、必須の構成であると言える。しかし、43.1%という割合からもわかるように、楽器奏を用いた例では過半数にも満たないパターンであった。

To-self/From-none の例 2番目に頻度が多かったパターンは、43例(19.1%)の“*To-self/From-none*”であった。これは提示者が提示者自身に向けて楽器奏による提示を行い、パートナーからも、提示者からも受理のシグナルがなかったパターンである。

プリモ: ちょっと待ってくださいね

[

1 小節目を弾く [プリモ]:1.39 秒

(楽譜上のある箇所を指しながら) じゃ、この辺まで。全部は弾けないから

プリモの最初の発話である「ちょっと待ってくださいね」は、一時的に2人による合同練習から自分が退くことを要望している。そしてすぐにプリモは自分のパートの楽器奏を1人で行っている。よってこのパターンは、典型的な *To-self* の提示といえる。実際にもパートナーからの受理のシグナルはなく、提示者であるプリモは、楽器奏が終わるとすぐに楽器奏直前の発話内容とは関連のない発話を始めている。ここで、提示者が合同練習に戻っていることが示されている。

このパターンにおける楽器奏は、明らかに *To-other/From-other* のやりとりでの基盤化とは異なる機能をもっている。ここでの楽器奏は、プリモの最初の発話からもわかるように、パートナーに伝えることを目的とした機能よりも、楽器奏に含まれる情報を個人的に操作して調整を図るための機能をもっている。この楽器奏は、たとえば、ある音高列がどのような音の響きとして並んでいるかということをチェックしたり、弾き方によって、どのように聞こえるかといったことを試してみたり、理想とする演奏に近づけるためにはどうしたらいいかを自主学習するために行われている。スケッチの画用紙が、建築家にとって [105]、芸術家にとって [19]、または問題解決を行う人にとって [145][100]、情報を外化して試みるためのメディアになっている [91] のと同じように、このパターンでのピアノは、奏者の考えていることを試みるためのメディアになっている。

このように、個人的に楽器奏を操作して調整を図るために行われる楽器奏の機能を「認知的機能」と呼び、前述した “*To-other/From-other*” のように、奏者間の基盤化において、提示した情報をパートナーが受理するという貢献を行う楽器奏の機能を「コミュニケーション機能」と呼ぶことにする。

To-self/From-self の例 提示が提示者自身に向けられ、さらに提示者自身によって受理されたケースは 28 例あった。次に典型的な例を示す。

セコンド: なんやろ

C 音を数回弾く [セコンド]:3.43 秒

え::と=

=10 小節目を弾く [セコンド]:2.74 秒

あれ

この例では、セコンドが2つの楽器奏を挟んで、3つ続けて発話している。セコンドは、パートナーに向けて明らかなシグナルを示しておらず、パートナーからも受理のシグナルが示されていない。セコンド自身が「え::と」や「あれ」といった発話により、受理を示している。このように楽器奏が、対人的な表現よりも個人的な試みの要素が強くなると、楽器奏の主たる機能はコミュニケーション機能よりも認知的機能になる。

“*To-self/From-none*” と “*To-self/From-self*” の機能をもった提示は、合わせて31.6%にも達していた。つまり、連弾の練習という対話の中では、コミュニケーション機能をもった楽器奏のみならず、認知的機能をもった楽器奏もあるのである。

2つの機能が共存している楽器奏

To-self/From-other の例 次の例は認知的機能とコミュニケーション機能の2つの機能が共存している楽器奏の例である。提示者自身に向けられた提示を、パートナーが受理した。このような例は11あり、さらにパートナーと提示者の両者から受理された提示は4例あった。

セコンド: まってね

4-5 小節を弾く [プリモ]: 7.60 秒

(5.46) [

プリモ: ああ、気持ち、もっと溜めているって感じですか

セコンドの最初の発話である「まってね」は、一時的に2人による合同練習から自分が退くことを要望しているため、この楽器奏の提示は“*To-self*”である。セコンドは、プリモのパートを1人で7.6秒間弾きながら、どのように音が鳴るかを試みているため、この楽器奏には認知的機能があったと言える。しかしプリモが、このセコンドの楽器奏に対してコメントをして、この提示を受理しているため、コミュニケーション機能も連続して含まれたと言える。よって、この楽器奏は両方の機能を担っており、セコンドが演奏方法を試みるために楽器奏に表示した情報に対して、プリモが理解を示し提示を受理したことで、基盤化が完了した。

To-other/From-self の例 認知的機能とコミュニケーション機能の両機能を含む楽器奏には、次のような例もある。

セコンド: あっ じゃあ こんくらいかな

1 小節目を弾く [セコンド]: 1.22 秒=

=ん

セコンドの「こんくらいかな」という発話からわかるように、明らかにパートナーへの提示として楽器奏を行っている。しかしセコンドによる「ん」という発話により、提示が中断されている。この「ん」というシグナルには、提示者であるセコンドにとって、予期せぬ楽器奏が行われたことが示唆されている。このように、“*To-other*” と “*From-self*” が連続した楽器奏の例は 18 あり、さらに、“*To-other*” と “*From-both*” が含まれた例は 9 あった。

To-both/From-other の例 次の例は、提示者自身への提示として始まった楽器奏が、終わったあとにパートナーへの提示としてのシグナルが示された例である。

プリモ: ちょっと極端すぎたかな

6-7 小節目を弾く [プリモ]: 10.77 秒

って感じでどうですか

セコンド: はい、いいですね

プリモの楽器奏の最初と途中には、パートナーへの提示を示す明らかなシグナルは見られない。この時点では、楽器奏は認知的機能をもっていると言える。それにもかかわらず、楽器奏の後、「って感じでどうですか」という、パートナーに楽器奏の評価を求める発話があったことから、まさに楽器奏の最中にコミュニケーション機能が付け加えられたことがわかる。

これらの事例に見られたように、1つの機能を意図した楽器奏が結果としても一方の機能をもつことがあることから、2つの機能は分離しているのではなく、連続的であると言える。対話の中で楽器奏が行われたとき、楽器奏は必然的に公的なイベントとして表現される。よって、楽器奏はコミュニケーション機能を持ち合わせる機会がある。同時に、楽器奏は複数の音楽要素が含まれる音から成り立っているため、予想外の結果を引き起こす可能性がある。そのため、楽器奏には、音の鳴り具合のチェックや、音楽的な意図や演奏プランを実行するための学習として常に認知的機能を持ち合わせる機会がある。よって、楽器奏には両方の機能が共存することがあるのである。

6.4 テンポに見られる基盤化について

対話を通して様々な音楽的な表現の共通基盤が形成されている．その中で MIDI による各音の発音時刻からテンポの基盤化を示すことができる．そこで，2人で楽器奏（以下「合同楽器奏」と呼ぶ）した際のテンポと，テンポに関する発話と共に作品の部分を楽器奏（以下「部分楽器奏」と呼ぶ）した際のテンポを計測した．

6.4.1 テンポの求め方

楽器奏のテンポを次式によって求めた．

$$\text{tempo}(i, j) = \frac{60}{(t_{N_j} - t_{N_i})/Q(i, j)} \quad (i < j) \quad (6.1)$$

$\text{tempo}(i, j)$ は i 番目の音から j 番目までの音までのテンポを示す．この作品は 4 分の 4 拍子で書かれているので，テンポは 1 分間に何個の四分音符を打つ速さであるかを示した (M.M.² と示す)． t_{N_j} は j 番目の音の発音時刻 (sec.) を示している． t_{N_i} は i 番目の音の発音時刻を示している．また，楽譜から対象部分 i 音から j 音に相当する四分音符分の拍の数を求め， $Q(i, j)$ と示した．

楽器奏の最後が和音であった場合は，先に発音された音の発音時刻を分析対象時刻とした．プリモのパートでは，付点二分音符の音が二分音符として演奏された箇所があったが四分音符 3 つ分の音価を演奏したことにしてテンポを計算した．また，19 小節目の半ばと 27 小節目の半ばに “poco rit. (だんだんゆるやかに)” の表示があり，テンポを緩める加減が演奏によって大幅に違った．作品全体の合同楽器奏の平均テンポを求める際には，これらの部分にかかった時間を削除した．

6.4.2 結果

表 6.3 はペア A とペア B の各合同練習日における作品全体を奏でた合同楽器奏（以下「全体楽器奏」と呼ぶ）のテンポの推移を示す．「回数」は各練習日における全体楽器奏の回数，「平均」「分散」はそれぞれ各練習日の全体楽器奏のテンポの平均と分散，「差」は各練習日の最初の全体楽器奏と最後の全体楽器奏のテンポ差を示している．「傾き」を出すために，まず各々の全体楽器奏とその次に演奏された全体楽器奏とのテンポ差を算出する．そしてそのテンポ差の絶対値を累積していく．このように作られたテンポ差の累積グラフに回帰直線を引き，各練習日ごと

²Malzel's Metronome の略で，メトロノームの速度を示す．課題曲は 4 分の 4 拍子なので，M.M. に続く値は 1 分間に打たれる四分音符の個数を示している．

に傾きを計算したものである。楽譜にはテンポの指示 (M.M.=70) が書かれているが、両ペアともこれに触れた発話を一度も行っていない。

ペア A は分散，差，傾きの推移から，各楽器奏間のテンポの揺らぎが少なくなっていることがわかる。ここからテンポの共通基盤が形成されていることがわかる。一方ペア B は，第 2 回の練習日の分散，傾きが大きく，3 回の練習を通してテンポの揺らぎが少なくなった兆候は見られなかった。

表 6.3: 各練習日における作品を通した楽器奏のテンポの推移

	練習日	回数	平均	分散	差	傾き
ペア A	1	10	75.9	9.05	2.85	1.89
	2	11	77.1	5.26	0.71	1.67
	3	11	70.5	0.74	0.63	0.84
ペア B	1	5	69.2	1.39	3.47	1.71
	2	8	74.6	20.18	2.20	3.71
	3	10	74.4	5.01	3.47	2.30

合同楽器奏の前に，テンポに関する発話を伴う部分楽器奏が 1 回から数回行われることがあった。このような部分楽器奏はペア A では 1 回であったが，ペア B では第 1 回で 5 回，第 2 回で 13 回，第 3 回で 4 回の合計 22 回行われた。それにも関わらず，ペア B よりもペア A の方が全体楽器奏のテンポの揺らぎが減少した。そこで，ペア B における部分楽器奏と合同楽器奏のテンポについて分析する。

表 6.4 は，ペア B の全 3 回の合同練習において，テンポに関する発話を伴う部分楽器奏のテンポと，直後の合同楽器奏とのテンポ差を示す。「部分楽器奏」枠の括弧内は部分楽器奏をした奏者を示しており「P」はプリモ「S」はセコンドである。1 回の合同楽器奏の前に複数回の部分楽器奏が行われたケースもあった（表 6.4 中，6,7,8,10）。表中の部分楽器奏は 1 小節目の 1 拍目のみ，または 1 小節間弾かれた。合同楽器奏が 1 拍目で止まった場合は，両者のテンポが著しく違ったため，プリモのテンポは左側，セコンドのテンポは右側にテンポを示している。「テンポ差」は，最後の部分楽器奏（枠内右端）のテンポと合同楽器奏との差を示している。

同一人物によるテンポの揺らぎを調べるために，著者が課題曲のオリジナル（ソロ）の 1-28 小節を 10 回演奏し，すべてのテンポを求めたところ，M.M.=1.41 の揺らぎがあった。よって，M.M.=-1.41 から M.M.=1.41 を避けがたい揺らぎと考

えると、合同楽器奏 1 のセコンドと、合同楽器奏 7 は、部分楽器奏と同じテンポだったと言える。さらに、M.M.=-2 から M.M.=2 の範囲内の、合同楽器奏 3,5,8 が部分楽器奏と近いテンポだったと言える。しかし、半分の合同楽器奏が部分楽器奏のテンポで行われていなかったことになる。

表 6.4: ペア B の部分楽器奏とその直後の合同楽器奏とのテンポ差

	部分楽器奏					合同楽器奏	テンポ差	
1	51.1(S)					60.6, 52.0	9.5, 0.9	
2	63.1(P)					75.6, 70.1	12.5, 7.0	
3	65.3(S)					67.1	1.8	
4	61.1(S)					83.0, 54.6	21.9, -6.5	
5	71.5(S)					73.1	1.6	
6	98.0(P)		78.2(P)			66.3	-11.9	
7	92.6(S)	95.2(S)	83.4(P&S)	83.4(P&S)		82.9	-0.5	
8	84.9(S)	62.7(S)	88.3(P)	93.0(P)	83.1(S)	82.3(S)	80.4	-1.9
9	61.4(P&S)					72.1	10.7	
10	111.4(S)	95.9(P)	78.9(S)	76.9(S)		73.4	-3.5	

次の対話は、表 6.4 の 10 番目の全体楽器奏の前に行われた、テンポに関する対話である。ペア B の第 3 回の練習の最初に行われた。

プリモ: 速さどれくらいがよかったですか

セコンド: どのくらいがいいですか

プリモ: ははは

セコンド: じゃ

1 拍目を弾く [セコンド]: 0.84 秒 (M.M.=111.4)

[[

たーらん

[[

プリモ: この前みたいにゆっくりでいいですか? =

セコンド: =はい

プリモ: えと

2 小節目まで弾く [プリモ]: 4.48 秒 (M.M.=95.9)=

=このくらいでやりますか?

セコンド: あっ じゃあ こんくらいかな

1 小節目を弾く [セコンド]: 1.17 秒 (M.M.=78.9)=

=ん

1 小節目を弾く [セコンド]: 2.90 秒 (M.M.=76.9)=

(2.23 秒)[

プリモ: そうですかね=

セコンド: =はい

プリモ: うん, たぶん. いちにのさんはい

2 人: 合同で最初から弾く (M.M.=73.4)

「速さはどれくらいがよかったですか」という発話から始まっていることから, 2人が合同で演奏するにあたって適切なテンポをみつけようとしていることがわかる. 部分楽器奏のテンポは, M.M.=111.4, 95.9, 78.9, 76.9, 73.4 と徐々に遅くなっていることがわかる. プリモが「この前みたい」なテンポを提案しているが, この対話が第3回の練習の最初に行われていたことから, 第2回の練習の最後のテンポを指していると思われる. さらに, 第2回の練習の最初にも, プリモが「この前ぐらいでいいですかね?」と発言している. そこで, 第1, 2回の最後の全体楽器奏の速さと, 第2, 3回の最初の全体楽器奏の速さを比較した. 表6.5に示されているように, 第2回の最初の全体楽器奏は第1回の最後の全体楽器奏のテンポを再現し, 第3回の最初の全体楽器奏は第2回の最後の全体楽器奏のテンポを再現している. よって, ペアBは「この前ぐらい」「この前みたい」なテンポを再現していたと言える.

表 6.5: ペア B の各練習日の最初と最後の合同楽器奏のテンポ

第1回最後	第2回最初	テンポ差
67.5	66.3	1.2
第2回最後	第3回最初	テンポ差
72.8	73.5	0.7

6.4.3 考察

本節では, MIDI データを用いて基盤化 (共通基盤を形成する過程) を示すことを試みた. 3回の練習中の全部の全体楽器奏の平均テンポの揺らぎからは, ペアA

はテンポの共通基盤が形成されていることが見えたが、ペア B には見られなかった。ペア B においては、合同楽器奏の前にテンポに関する発話を伴う部分楽器奏が多くみられた。しかし最後の部分楽器奏の速さで合同楽器奏される方が少なかった。一方、第 2,3 回の練習の最初の全体楽器奏のテンポは、「この前」の練習の最後の全体楽器奏のテンポをほぼ再現していたと言える。

ここから、ペア B のテンポに関する発話と共に行われた部分楽器奏は、発話内容からは *To-other* の機能を持っていたと判断されても、テンポに対して正確さをもって示していたとは言い難い。これは、奏者の楽器演奏の熟達度や、楽器奏を聴いて理解する力に関係していると考えられ、今後は熟練している奏者のペアによる連弾の練習を収録していく必要がある。

一方で、2 人の奏者間のコミュニケーションにおいては、楽器奏に正確さを求めていることも考えられる。コンテキストを踏まえ、分量の大小というおおざっぱな調整を主眼においた楽器奏も有りうるのではないだろうか。たとえば、ある楽器奏が理想的なテンポよりも速めであった場合、「速すぎる」ということを示すために、理想的なテンポよりも遅いテンポの楽器奏を示すこともあるかもしれない。表 6.4 の 10 番目の合同楽器奏の前の部分楽器奏は、着実にテンポが遅くなっていった。また、長い年月にわたり同じ奏者同士で合同練習をしていた場合、楽器奏はひとつのエンブレムのような役割をしていることもあるのではないだろうか。

6.5 おわりに

本稿ではピアノ連弾の練習で演奏プランを形成する過程で使用される楽器奏の機能を、Clark-Schaefer の基盤化の理論を用いて分類した。1 人の奏者が作品の部分奏を奏した楽器奏には、認知的機能とコミュニケーション機能の 2 つの機能が認められた。さらに、1 つの楽器奏にこれら 2 つの機能が共存することがあった。楽器奏は対話の中でなされたときに、必然的に公的なイベントと成る。同時に、複数の要素が含まれるという音のアナログ的な特性により、音の鳴り具合の試行や、演奏プランを表現するための練習として楽器奏が行われる。コミュニケーション機能に認知的機能が付加される楽器奏の頻度は、演奏の熟達度に関係していると予測できる。一方で、必ずしも正確な楽器奏をパートナーに提示することが目的ではなく、コンテキストを踏まえ、分量の大小というおおざっぱな調整を主眼においた楽器奏も有りうることを示唆された。

今後は演奏の経験の多いペアの連弾を収録し、本稿で示した楽器奏の分類方法の検討を行うと共に、経験の違いによる楽器奏の機能の出現率について分析する。

第 7 章

結論

7.1 本論文のまとめ

本論文では、クラシック音楽に見られるような「再現演奏」を行う奏者が、作品に対する内的感動をより良く表現できるようにすることを目指して、演奏教育の研究手法、演奏支援手段、ならびに楽器奏の機能の分類方法の提案を行った。本研究で得られた成果は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の目的ならびに背景、従来研究について述べるとともに、各章で議論する内容について概観した。

第 2 章では、ピアノ演奏における離鍵動作、特に離鍵速度 (Note off velocity) について基礎的な分析を行った。MIDI データの Note off velocity は、下りた鍵盤が元の位置に戻る速さであるが、従来の演奏解析では、離鍵動作はほとんど注目されていなかった。しかし分析結果によると、Note off velocity の違いは、明らかにスペクトログラムや聴取評価に違いをもたらしていた。さらに 3 人の演奏データを比較したところ、Note on velocity (およそ音量を示す) よりも Note off velocity に奏者間の差異がみられた。しかし 1 人の奏者内では、およそ首尾一貫した Note off velocity の変化をつけており、奏者の個性が示されている可能性が示唆された。

第 3 章では、演奏指導の研究のための分析手法の提案を目的として、ピアノ・レッスンのケース・スタディを行い、先生と生徒の演奏データを離鍵動作も含めて音楽要素ごとに比較して分析を行った。さらに、演奏データを、生徒が記述したレッスンへの感想や、生徒と先生の演奏へのブラインドによる主観評価と照らし合わせて分析を試みた。その結果、生徒の主観評価では明示されていない生徒の音楽的理解度や、技術上の問題点を推定することができた。このように、指導の結果として現れる演奏データを分析することは、演奏教育の研究に活かすことができると考えられる。また結果の中には、離鍵動作に関する表現力が高いにも

かかわらず，音符通りに奏でる技術が伴わないために，表現に反映できていない演奏があった．

第4章では，音符通りに奏でる技術力の有無にかかわらず，誰でもすぐに演奏することができ，自分なりの音楽表情を高めていけるポテンシャルを保有した「2段階式作成方法」というMIDIシーケンスデータ作成システムを構築した．第1段階では音高のみ入力する．第2段階では個々の音符に含まれる音楽表情に関わる情報を，MIDI楽器を演奏しながら統合的に入力する（演奏する）．この有効性について，現在主流のリアルタイム入力，ステップ入力と比較する入力実験を行ったところ，2段階式作成方法は鍵盤楽器の演奏経験が乏しい人でも演奏データを短時間で作れるといった敷居の低さを持ち，クラシックに代表されるような細かい音楽表情の変化を必要とする作品においては，誰にとっても，現在主流の作成方法よりも有意に容易で満足のいく演奏データが作成できることがわかった．さらに，2段階式作成方法が従来の楽器と比べて，遜色ない音楽表情づけのポテンシャルを持ち合わせていることが示された．

第5章では，第4章の「2段階式作成方法」を応用したシステムとして，楽器演奏が初級の子どもと初心者の親が，家庭内で合奏を通じて音楽のインタラクションが楽しめるシステム“Family Ensemble”を提案した．親のパートが，正確な音高列を出力する機能と，演奏位置の追従機能により支援されているため，すぐに子どもと合奏することができる．実際の親子による練習の収録でも，システムがない状態ではピアノ連弾にならず，子どもが親に弾き方を教えることで精一杯であったが，システムを使用した場合には，すぐに連弾をすることができた．さらに，親が初心者であるにもかかわらず，音楽的な表現に関する対話が現れた．対話中には，発話と共に作品の部分を奏でる行為が見られ，これらの楽器奏が複数の奏者による演奏構築過程に影響を及ぼしていると考えられた．

そこで，第6章では，演奏構築の過程での対話で使用された楽器奏の機能をClark-Schaeferの基盤化の理論を用いて分類した．1人の奏者が作品の部分を奏でた楽器奏には，認知的機能とコミュニケーション機能の2つの機能が認められた．さらに，1つの楽器奏にこれら2つの機能が共存することがあった．楽器奏は対話の中でなされたときに，必然的に公的なイベントと成る．同時に，複数の要素が含まれるという音のアナログ的な特性により，音の鳴り具合の試行や，演奏プランを表現するための練習が行われ，楽器奏はそのためのメディアにも成り得ることが示された．楽器奏の特性を活かして，より豊かな音楽表情をもった演奏の構築過程を支援するシステムや方法論の提案が望まれるが，その第一歩として楽器奏の機能を分類したことは，今後，奏者間の演奏構築過程でのコミュニケーションを分析する手法として役立つと考えられる．

演奏には，大きく分けて2つの奏者の「知」が働いていると考える．1つは，楽

譜をもとに「作品を解釈する知」であり，もう1つは解釈したものを「演奏表現する知」である．これらの知は演奏構築過程（練習やレッスン等）では，分離して働くわけではなく，一緒に働いており，レッスンでの指導や演奏経験が増えるにつれて，一層深い知が働くようになると考えられる．自分の心で感じたものや頭で解釈したことを演奏表現に一致させるために，身体的な感覚や耳を働かせながら多くの訓練を積むことになる [143]．しかし通常，奏者は身体の動きや，演奏の構成要素としての楽音に含まれる音楽要素を数値化して知ることはできない．また，たとえ数値化できたとしても，演奏表現に反映させるのは困難なため，自己表現としての演奏は簡単ではない．

第2，3章で提案した演奏の要素分析は，中級レベルの生徒の知の働きを高めることを目的に指導したい先生への支援になる．第4，5章で構築した支援システムは，音符通りに音を再現する知識を必要としないことで，演奏表現する知を働きやすくしている．第6章で示した複数の奏者による演奏構築過程での対話中に見られた楽器奏は，各々の奏者が自分の知を働かせることによって得られた作品解釈や，演奏表現をパートナーに示す手がかりである．

演奏の本来の目的は奏者の内的感動を表現することにある．本論文はすべての研究において，奏者に対しての何らかの直接または間接的な支援を行っているが，音楽表情を高めることを阻害するような行き過ぎた支援を行わないようにすることに，特に配慮している．そのためには，「音楽」を知ることが重要であり，音楽美学，音楽学，哲学，認知科学等，多くの分野の学問を結集させることが必要である．本論文ではさらに，音楽を分析する手法や，研究の結果を人間の奏者に還元するためのツールの実現に，情報科学のアプローチが不可欠であった．このように本論文は，各分野の知識を結集した知識科学的なアプローチによって，音楽演奏における知が働く過程の解明と支援に取り組んだ最初の試みとして位置づけられよう．

7.2 今後の課題

本研究の対象はクラシック音楽のような再現演奏における演奏構築過程であり，特定の楽器による演奏を対象とはしていない．第2章で論じた離鍵動作は有鍵楽器の「鍵」に注目しているが，今後は弦楽器演奏等で，指や弓が弦から離れる動作も研究対象として興味深いと考えられる．第3章では演奏データを MIDI データとして処理を行ったが，現在，アコースティック楽器の中で一般に普及し，MIDI データの扱いも困難ではない楽器がピアノであるため対象楽器とした．また，第4，5章のシステムのコンセプトは，演奏中の音楽要素のうち音高のみをコンピュータ

が支援するというものであるため、ピッチが安定している有鍵楽器の使用が適当であると考え、インターフェースとしてピアノを使用した。第6章では、第5章のシステムの評価実験を受けて、合奏練習の収録にピアノ連弾の練習を選択した。以上のように本研究では、MIDIデータの扱いやすさという便宜上ピアノを使用しているが、演奏データをMIDIデータなどの計算機処理が容易な形で出力できる楽器であれば、本研究で示したのと同じ手法で分析や支援が可能な楽器はピアノ以外にもある。今後、本論文での知見をピアノ以外の多様な楽器に対して適用し、検証を進めたい。また、特に「作品を解釈する知」の働きを高めることを目的とした、支援システムの実現手法についても検討を行っていく。

謝辞

本研究を行うにあたり，ご指導を賜った北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育センター，元 科学技術振興事業団 さきがけ研究 21「情報と知」領域研究員 西本 一志 助教授に感謝致します．

本研究をまとめるにあたり，貴重なお時間を割いていただき，懇切なるご助言を賜りました東京大学 先端科学技術研究センター知能工学研究室 堀 浩一 教授，ならびに北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 國藤 進 教授，本多 卓也 教授，梅本 勝博 教授に慎んで深謝の意を捧げます．

第 6 章の研究で，ご指導をいただいた知識科学研究科 下嶋篤 助教授に感謝致します．博士前期課程でご指導をいただいた小長谷 明彦博士（現 理化学研究所），知識科学研究科 永田 晃也 助教授に感謝致します．

評価実験等でお世話になった，金沢大学教育学部音楽研究室，金沢工業大学，そして下平 千恵氏，黒田 名里子氏，前野 勉氏，喜多 和氏，内宮 大志氏，濱下 健生氏，下嶋 杏実氏，下平 惟香氏，下平 茉惟氏，及び石崎研究室の荒木 俊子氏，佐藤研究室の横田 恭宣氏，下嶋研究室の添田 絵里子氏をはじめとする北陸先端科学技術大学院大学の学生皆様にお礼申し上げます．第 4 章の「2 段階式作成方法」で共同研究した，宮川 洋平氏（現（株）任天堂），白崎 隆史氏（現（株）富士通ビジネス），及び第 2 章の実験でお世話になった，本多研究室の槇原 幹二郎氏と西本研究室の宮下 芳明氏にお礼申し上げます．

また，本論文におけるほとんどの研究について発表をさせて頂き，親身にご助言をくださった情報処理学会 音楽情報科学研究会の皆様に心よりお礼申し上げます．

後期課程では西本研究室の皆様，前期課程では遺伝子知識システム論講座の皆様，並びに両課程を通して中桐 広記氏，岩月 俊二氏，吉田 直哉 博士には日々研究について討論をしていただき，同時に励まして下さったことに心よりお礼申し上げます．

土井 浩義氏ご夫妻，北澤 一善氏ご夫妻には，常に心強いお言葉を賜り，助けていただいたことに感謝致します．

入学当初より長い年月に渡り，精神面にも及び助けてくださった平田 透氏ご一家，下平 博氏ご一家，和泉 亮氏ご一家に心よりお礼申し上げます．

音楽を通して様々なことを教えてくださった故 木嶋 瑠美子氏，山口 聖子氏，加藤 令子氏，石井 孝氏，小山田 美代子氏，亀田 靖子氏，梅田 果江氏，植村 祐己子氏，茂木 美和氏，杉浦 充佳氏，従姉 今井 照子をはじめとする多くの方々に感謝致します。

最後になりましたが，本学への入学のきっかけを作ってくれた長兄 大島 学，私生活の面において多大な協力と激励をいただいた細金 のり子氏，故 叔母柳澤 光代，叔母 長井 真知子をはじめとする親戚，家族に感謝の意を表しつつ，本論文の結びと致します。

参考文献

- [1] 青野 裕司, 片寄 晴弘, 井口 征士, 重回帰分析を用いた音楽表現法の抽出, 情報処理学会論文誌, vol.38, no.7, pp.1473-1481, 1997.
- [2] W. R. Ashby, “Design for an intelligence-amplifier,” *Artificial Intelligence*, Chrisley R. (Eds), Routledge, pp.191-209, 2000.
- [3] J. Bloch and R. B. Dannenberg, “Real-Time Computer Accompaniment of Keyboard Performances,” *Proc. ICMC1985*, pp.279–289, 1985.
- [4] R. Boulanger and M. Mathews: “The 1997 Mathews Radio-Baton and improvisation modes,” *Proc. ICMC1997*, pp.395–398, 1997.
- [5] D. G. キャンベル, 北山 敦康訳, 音楽脳入門 -脳と音楽教育-, 音楽之友社, 1997.
- [6] Casio, 光ナビゲーションキーボード, http://www.casio.co.jp/emi/key_lighting/, 1999.
- [7] Casio, カシオ ピアチェーレ, <http://www.casio.co.jp/emi/piacere/cps7.html>.
- [8] H. H. Clark, *Using language*, Cambridge University Press.
- [9] H. H. Clark, & S. Brennan, “Grounding in communication,” In L. B. Resnick, J. Levine & S. Teasley, (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition*, Washington DC:APA Press, 1991.
- [10] H. H. Clark & E. E. Schaefer, “Contributing to discourse,” *Cognitive science*, 13, pp.259–294, 1989.
- [11] R. Dannenberg, “An On-Line Algorithm for Real-Time Accompaniment,” *Proc. ICMC1984*, pp.193-198, 1984.
- [12] S. Fels and K. Mase, “Iamascope: A Graphical Musical Instrument,” *Proc. of Computers & Graphics*, Vol.23, No.2, pp.277–286, 1999.

- [13] 福井 浩司, 堀内 靖雄, 市川 薫, 複数のモデルを利用した重回帰分析による演奏表現の学習, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-49, pp.13-18, 2003.
- [14] A. Gabriellsson, "Once Again: The Theme from Mozart's Piano Sonata in A Major(K.331)," *Action and Perception in Rhythm and Music*, A. Gabriellsson(Ed.), the Royal Swedish Academy of Music No.55, 1987.
- [15] 雁部 一浩, ピアノの知識と演奏 - 音楽的な表現のために -, ムジカノーヴァ叢書 24, 音楽之友社, 1999.
- [16] S.Goldin-Meadow, "When gestures and words speak differently," *Psychological science*, American Psychological Society, 1997.
- [17] 後藤 真孝, 音楽音響信号を対象としたメロディーとベースの音高推定, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J84-D-II, No.1, pp.12-22, 2001.
- [18] 後藤 真孝, 村岡 洋一, 音響信号を対象としたリアルタイムビートトラッキングシステム — コード変化検出による打楽器音を含まない音楽への対応 — , 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J81-D-II, No.2, pp.227-237, 1998.
- [19] E. Grabska, "Emergent shapes in graphical design," In D.M. Dubois, (Ed.), Computing Anticipatory Systems, *Proceedings of American Institute of Physics*,2001.
- [20] L. Grubb and R. Dannenberg, "A Stochastic Method of Tracking a Vocal Performer," *Proc. ICMC1997*, pp.301-308, 1997.
- [21] 橋田 光代, 野池 賢二, 片寄 晴弘, 演奏表情付けに関する一検討 -打ち込みとルールベースによる表情付けの比較-, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS47-12, pp.65-70, 2002.
- [22] J. ハイフェッツ, 世紀の名演奏家 2 -ハイフェッツ-, BVCC37080-1, BMG ファンハウス, 1999.
- [23] C. Hendel, "Behavior Characteristics and Instructional Patterns of Selected Music Teachers," *Journal of Research in Music Education*, vol.43, pp.182-203, 1995.
- [24] 日高伊佐夫, 後藤真孝, 村岡洋一, すべてのプレーヤーが対等なジャズセッションシステム II. ベーシストとドラマーの実現, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-14, pp.29-36, 1996.

- [25] 平賀 瑠美, 音楽の表情付け, コンピュータと音楽の世界 -基礎からフロンティアまで-, 第5章2節, bit 別冊, 長嶋 洋一, 橋本 周司, 平賀 譲, 平田 圭二編, 共立出版, 1998.
- [26] 平賀 瑠美, 五十嵐 滋, 松浦 陽平, 総合演奏視覚化システム, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.11, pp.2391-2397, 1997.
- [27] 平賀 瑠美, 大島 千佳, 西本 一志, Rencon を外と内から眺めたら …, 情報処理学会研究報告, vol.2003, No.48, pp.33-38.
- [28] 平賀 瑠美他, Rencon, <http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/~rencon/index-j.html>.
- [29] 平賀 譲, 音楽分析・認知研究への招待, 長嶋 洋一他(編), bit 別冊, コンピュータと音楽の世界 -基礎からフロンティアまで-, 第4章1節, 共立出版, 1998.
- [30] 平田圭二, コンピュータ上での音楽知識の表現, 長嶋 洋一他(編), bit 別冊, コンピュータと音楽の世界 -基礎からフロンティアまで-, 第4章2節, 共立出版, 1998.
- [31] 平田 圭二, 青柳 龍也, 音楽理論 GTTM に基づく多声音楽の表現手法と基本演算, 情報処理学会論文誌 Vol.43, No.2, pp.277-286, 2002.
- [32] K. Hirata, R. Hiraga, “Ha-Hi-Hun: Performance Rendering System of High Controllability,” *Proc. ICAD 2002 Rencon Workshop*, pp.40-46, 2002.
- [33] 堀内 靖雄, 坂本 圭司, 市川 薫, 合奏における人間の発音時刻制御モデルの推定, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.2, pp.260-267, 2002.
- [34] 保科 洋, 生きた音楽表現へのアプローチ -エネルギー思考に基づく演奏解釈法-, 音楽之友社, 1998.
- [35] 井川 孝之, 直井 邦彰, 大照 完, 橋本 周司, 相互作用モデルによる実時間適応自動伴奏とその動作解析, 電子情報通信学会春季全国大会講演論文集, pp.1.389-1.390, 1992.
- [36] 池内 友次郎 他編著, 新音楽辞典 -楽語-, 音楽之友社, 1977.
- [37] 生田 久美子, 「わざ」から知る -認知科学選書 14-, 東京大学出版会, 1987.
- [38] 井上 直幸, ピアノ奏法 -音楽を表現する喜び-, 春秋社, 1998.
- [39] 石崎 雅人, 伝 康晴, 談話と対話, 言語と計算 3, 辻井潤一編, 東京大学出版会, 2001.

- [40] H. Katayose, Y. Uwabu and O. Ishikawa, "A Music Interpretation System -Schema Acquisition and Performance Rules Extraction-," *Proc. ICAD 2002 Rencon Workshop*, pp.7-12, 2002.
- [41] KAWAI, スコアメーカー 3.0, <http://www.kawai.co.jp/cmusic/products/scomwin.htm>.
- [42] 樹原 涼子 作・編曲, 外山 和彦 編曲・プログラム, ミュージック・データ ピアノランド, 音楽之友社.
- [43] 北原 鉄朗, 後藤 真孝, 奥乃 博, 音高による音色変化に着目した楽器音の音源同定: F0 依存多次元正規分布に基づく識別手法, *情報処理学会論文誌*, Vol.44, No.10, pp.2448-2458, Oct. 2003.
- [44] 児玉 幸子, 他人と合わせることによって表現したいことが自然に出てくるようになる, *レッスンの友*, 第37巻, 11号, pp.11-13, レッソンの友社, 1999.
- [45] 近藤 圭他編著, 音楽講座シリーズ1 明解 楽典 -音楽を志す人々のために-, 音楽之友社, 1983.
- [46] 小坂 圭太, まずは基本に立ち返ろう -「個性のある表現」はそこから生まれる-, *レッスンの友*, No.462, pp.14-19, レッソンの友社, 2002.
- [47] M. J. Kostka, "An Investigation of Reinforcement, Time Use, and Student Attentiveness in Piano Lesson," *Journal of Research in Music Education*, vol.32, pp.113-122, 1984.
- [48] 久木山 直他 編曲, 先生と生徒のれんだんコンサート ショパン名曲集, ヤマハミュージックメディア, 1999.
- [49] 国安 洋, 音楽美学入門, 春秋社, 1981.
- [50] 車 麻理子, DTM オーケストラの実践, 研究紀要 23号, 千葉敬愛短期大学, pp.77-85, 2001.
- [51] F. Lerdahl, & R. Jackendoff, *A Generative theory of tonal music*, Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
- [52] L. Mackworth-Young, "Pupil-Centered Learning in Piano Lesson: An Evaluated Action-research Programme Focusing on the Psychology of the Individual," *Psychology of Music*, vol.18, pp.73-86, 1990.

- [53] T. マテイ, 大久保 鎮一, *ピアノ演奏の根本原理*, 中央アート出版, 1993.
- [54] T. Matsushima, R. Nagasawa, "Multimedia System for Shakuhachi Tablature," *Pro. of ICMC 95*, pp.487-488, 1995.
- [55] R. B. マイヤー, *音楽を説明する, モーツァルト探求*, 第2章, 海老沢 敏 編, 中央公論社, 1992.
- [56] D. McNeil, "Hand and Mind," University of Chicago Press, 1995.
- [57] L. B. メイヤー, *音楽における情動と意味, 音楽の認知心理学*, 第1章, R. アエロ, 大串 健吾 監訳, 誠信書房, 1998.
- [58] K. Miklaszewski, "A Case Study of a Pianist Preparing a Musical Performance," *Psychology of Music*, vol.17, pp.95-109, 1989.
- [59] 宮崎 麗子, 藤代 一成, comp-i: MIDI データの3次元可視化, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS46-9, pp.55-60, 2002.
- [60] 三善 晃, 連弾 ことばを越えた交感の世界 -音を重ねることが連弾ではない, ムジカノーヴァ, 第31巻, 9号, pp.30-32, 音楽之友社, 2000.
- [61] 長嶋 洋一, 赤松 正行, 照岡 正樹, 電気刺激フィードバック装置の開発と音楽パフォーマンスへの応用, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS45-5, pp.27-32, <http://nagasm.suac.net/ASL/SIGMUS0205/index.html>, 2002.
- [62] 長嶋 洋一, 橋本 周二, 平賀 譲, 平田 圭二 (編), bit 別冊, コンピュータと音楽の世界 -基礎からフロンティアまで-, 共立出版, 1998.
- [63] I. Neilson, J. Lee, "Conversations with Graphics: Implications for the Design of Natural LanguageGraphics Interface," *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, pp.509-541, 1994.
- [64] 仁平 義明, *ピアノの個人レッスンでの教授方略に関する研究 (1)*, 秋季研究発表会資料, 日本音楽知覚認知学会, 2001.
- [65] 日本ピアノ教育連盟 (JPTA), <http://www.jpta.or.jp/>.
- [66] 日本認知科学会 編, *認知科学辞典*, 共立出版, 2002.
- [67] 野池 賢二, 片寄 晴弘, 竹内 好宏, *演奏からの音楽グループ構造の抽出 -K.331 を例として-*, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS47-19, pp.111-114, 2002.

- [68] 野村 良雄, 改訂 音楽美学, 音楽之友社, 1971.
- [69] 小田 伸午, 運動科学 -アスリートのサイエンス-, 京大人気講義シリーズ, 丸善株式会社, 2003.
- [70] 大政 直人 他編曲, ショパン名曲コレクション, ヤマハミュージックメディア, 1999.
- [71] 大野 晋, 上野 健爾, 学力があぶない, 岩波新書, 2001.
- [72] 大浦 容子, 問題解決としての演奏表現調整過程: 熟達者と初級者による演奏の練習過程の比較, 創造的技能領域における熟達化の認知心理学的研究, 第7章, pp.71-82, 博士論文, 慶應大学, 1998.
- [73] N. Orio, S. Lemouton and D. Schwarz, "Score Following: State of the Art and New Developments," *Proc. the 2003 Conference on New Interfaces for Musical Expression*, pp.36-41, 2003.
- [74] 小坂 直敏, 音モーフィング技術を用いた楽音の接続と伸縮, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS47-16, pp.91-96, 2002.
- [75] 尾崎 昭剛, 原尾 政輝, 平田 耕一, 演奏習得支援システムのための効率的な演奏現在位置解析アルゴリズム, エンターテインメントコンピューティング 2003 論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2003, No.1, pp.41-46, 2003.
- [76] 小澤 征爾 他, 斎藤秀雄講義録, 白水社, 1999.
- [77] PFU, Magicbaton, <http://www.pfu.co.jp/topics/new980223.htm>, 1996.
- [78] ピアノ情報誌 ムジカノーヴァ, 音楽之友社, 1971-.
- [79] ピアノ音楽誌 レッソンの友, レッソンの友社, 1963-.
- [80] C. ライマー, W. ギーゼキング, 井口 秋子 訳, 現代ピアノ演奏法, 音楽之友社, 1967.
- [81] B. H. Repp, "Quantitative Effects of Global Tempo on Expressive Timing in Music Performance: Some Perceptual Evidence," *Music Perception*, vol.13, No.1, pp.39-57, 1995.
- [82] E. リーベルマン, 林 万里子 訳, 現代ピアノ演奏テクニック, 音楽之友社, 1978.

- [83] B. Rosenshine, "Recent Research on Teaching Behaviors and Student Achievement," *Journal of Teacher Education*, vol.27, pp.61-64, 1976.
- [84] 阪井 恵, 音楽の学習におけるイメージ形成を考える -ハワードの'heuristic imagination'を手がかりに-, 音楽教育研究ジャーナル, vol.7, Spring, pp.1-11, 東京芸術大学音楽学部音楽教育研究室, 1997.
- [85] SCEI, ブラボーミュージック, <http://www.scei.jp/bravo/>, 2001.
- [86] D. A. Schön, *Educating the Reflective Practitioner*, Jossey-Bass, 1987.
- [87] D. ショーン著, 佐藤 学, 秋田 喜代美 (訳), 専門家の知恵, ゆみる出版, 2001.
- [88] C. E. Seashore, *The psychology of music*, New York: McGraw-Hill, 1938.
- [89] L. H. Shaffer: "Performance of Chopin, Bach, and Bartok: Studies in Motor Programming," *Cognitive Psychology*, vol.13, pp.326-376, 1981.
- [90] L. H. Shaffer & N. P. Todd, "The Interpretive Component in Musical Performance," *Action and Perception in Rhythm and Music*, A. Gabrielsson(Ed.), the Royal Swedish Academy of Music No.55, 1987.
- [91] A. Shimojima, "Operational constraints in diagrammatic reasoning," Allwein, G. and Barwise, J. Eds. *Logical reasoning with diagrams*, Oxford: Oxford University Press, pp.27-48, 1996.
- [92] 下道 郁子, ピアノ奏法にみられる非熟達者と熟達者の相違 -MIDI データと画像観察による比較-, <http://www.yamaha-mf.or.jp/>, 財団法人ヤマハ音楽振興会, 1999.
- [93] 志民 一成, 保育者養成における DTM 活用の意義と効果, 東京成徳短期大学 紀要 第 34 号, 成徳短期大学, pp.61-65, 2001.
- [94] P. B=Skoda, P. バドゥラ = スコダ スペシャル・インタビュー, レッスンの友, No.462, pp.26-29, レッスンの友社, 2002.
- [95] J. A. Sloboda, "The Communication of Musical Metre in Piano Performance," *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol.35A, pp.377-396, 1983.
- [96] J. A. Sloboda and M. J. A. Howe, "Biographical Precursors of Musical Excellence: An Interview study," *Psychology of Music*, 19, pp.3-21, 1991.

- [97] C. ソアレス, 演奏と指導のハンドブック, ヤマハミュージックメディア, 1995.
- [98] C. ソアレス, バッハ演奏と指導のハンドブック, ヤマハミュージックメディア, 2003.
- [99] D. R. Speer, “An analysis of sequential patterns of instruction in piano lessons,” *Journal of Research in Music Education*, 42, pp.14-26, 1994.
- [100] K. Stenning & J. Oberlander, “A Cognitive Theory of Graphical and Linguistic Reasoning: Logic and Implementation,” *Cognitive Science*, Vol.19, No.1, pp.97–140, 1995.
- [101] J. Streeck, “Gesture as communication 1: Its coordination with gaze and speech,” *Communication monographs*, vol.60, pp.275-299, December 1993.
- [102] J. Streeck, “Gesture as communication 2: The audience as co-author,” *Research on language and social interaction*, Vol.27(3), pp.239-267, 1994.
- [103] J. Streeck & M. L. Knapp, “The interaction of visual and verbal features in human communication,” In F. Poyatos (Ed.), *Advances in nonverbal communication*, pp.3-24, Amsterdam: Benjamins, 1992.
- [104] M. Suwa, T. Purcell, and J. Gero, “Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers’ cognitive actions,” *Design Studies*, 19(4), pp.455–483, 1998.
- [105] M. Suwa & B. Tversky, “How Do Designers Shift Their Focus of Attention in Their Own Sketches?,” In M. Anderson (Ed.), *Reasoning with Diagrammatic Representations: Papers from the 1997 AAAI Spring Symposium*, pp.102–108, Cambridge, MA: AAAI Press, 1997.
- [106] T. Suzuki, “Kagurame Phase-II,” *Proc.the IJCAI-03 Rencon Workshop*, pp.78-81, 2003.
- [107] 鈴木 泰山, 徳永 健伸, 田中 穂積, 事例に基づく演奏表情の生成, 情報処理学会論文誌, vol.41, no.4, 2000.
- [108] K. スワンウィック, 音楽と心と教育 -新しい音楽教育の理論的指標-, 音楽之友社, 1992.

- [109] 田口 友康, ピアノ演奏における運動感の表現: モーツァルトのピアノソナタ K.311 による定量的研究, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS45-12, pp.67-72, 2002.
- [110] T. Taguti, "Rendering Chopin's Waltz No.6 and Mozart's Piano Sonata No.17(1st Movement) with system MUSW; A technical note," *Proc. the IJCAI-03 Rencon Workshop*, pp.82-84, 2003.
- [111] 高田 明典, 知った気であるあなたのための構造主義方法論入門, 夏目書房, 1997.
- [112] 武田 晴登, 西本 卓也, 嵯峨山 茂樹, リズムベクトルを用いた MIDI 演奏データからのテンポの変動の推定, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告 MUS-51-10, pp.59-64, 2003.
- [113] 竹内 好宏, 片寄 晴弘, Two Finger Piano による曲想の表現, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告 MUS-11-6, 1995.
- [114] 田辺 義和, Windows サウンドプログラミング, 翔泳社, 2001.
- [115] 谷口 雄資, 楽譜から音楽の創出へ -メンタルトレーニングを活用して-, 武蔵野音楽大学研究紀要, Vol.24, pp.109-127, 1992.
- [116] 谷口 雄資, 楽譜から音楽の創出へ -その2:指導法への実験的考察-, 武蔵野音楽大学研究紀要, Vol.16, pp.133-144, 1994.
- [117] 寺西 春雄, やわらかな音楽教育, 春秋社, 1993.
- [118] N. Todd, "A Model of Expressive Timing in Tonal Music," *Music Perception*, Vol.3, No.1, pp.33-58, Fall 1985.
- [119] (株)トミー, エヴィオ, <http://www.tomy.co.jp/evio/>, 2003.
- [120] 豊田 喜代美, 無伴奏による日本の唱歌, VICC-169, ビクターエンタテインメント株式会社, 1999.
- [121] D. R. Traum, A computational theory of grounding in natural language conversation, University of Rochester, 1994.
- [122] I. Umata, A. Shimojima, and Y. Katagiri, "Talking through Graphics: An Empirical Study of Sequential Integration of Modalities," *Proc. the Twenty-Second Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp.529-534, 2000.

- [123] 梅本 堯夫, 音楽的発達過程の研究 (その1) - 音楽大学生と一般女子大学生の事例研究 -, 発達研究, Vol.9, pp.99-110, 1993.
- [124] 宇多田ヒカル, Deep River, TOJT-24851-2, 東芝 EMI, 2001.
- [125] B. Vercoe, "The Synthetic Performer in the Context of Live Performance," *Proc. International Computer Music Conference*, pp.199-200, 1984.
- [126] 和気 早苗, 加藤 博一, 才脇 直樹, 井口 征士, テンション・パラメータを用いた協調型演奏システム, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.7, pp.1469-1481, 1994.
- [127] G. Widmer, A. Tobudic, "Playing Mozart by Analogy: Learning Multi-level Timing and Dynamics Strategies," *Proc. ICAD2002 Rencon Workshop*, pp.28-35, 2002.
- [128] 山岸 麗子, あたまで弾くピアノ -心を表現する手段-, ムジカノーヴァ叢書 7, 音楽之友社, 1986.
- [129] ヤマハ株式会社, Clavinova, CLP-170PE, <http://www.yamaha.co.jp/product/epiano-keyboard/clp-170pe/index.html>.
- [130] ヤマハ株式会社, グランドピアノ サイレントアンサンブル, <http://www.yamaha.co.jp/product/pi/prd/grp/seso/#sp>.
- [131] ヤマハ株式会社, MIBURI, <http://www.yamaha.co.jp/news/1996/96041001.html>.
- [132] ヤマハ株式会社, MDP-5, http://www.yamaha.co.jp/product/epiano-keyboard/mdp-5_r/index.html.
- [133] ヤマハ株式会社, XGworks, <http://www.yamaha.co.jp/product/syndtm/p/soft/xgww4w>.
- [134] ヤマハ株式会社, ヤマハ大人の音楽レッスン, レポートリーコース, http://www.yamaha-ongaku.com/pms/courses/08_frm.html.
- [135] ヤマハ株式会社, イージーカンパニー, 光るギター EZ-EG, <http://www.music-eclub.com/ez/product/ez-eg/index.php>, 2001.
- [136] ヤマハ株式会社, イージーカンパニー, 歌うトランペット EZ-TP, <http://www.music-eclub.com/ez/product/ez-tp/index.php>.
- [137] ヤマハミュージックメディア, ピアノディスカバリー・シリーズ「大人のピアノ・一曲入魂」, <http://www.ymm.co.jp/cdrom/pds2/ /iindex.html>.

- [138] C. Yarbrough & H. E. Price, "Sequential patterns of instruction in music," *Journal of Research in Music Education*, Vol.37, pp.179-187, 1989.
- [139] H. Yokoyama, Y. Hiraga, "Recognition of Music Structure Based on Incremental Pattern Matching," In C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson, E. Schubert, and J. Renwick (Eds.), *Proc. the 7th International Conference on Music Perception and Cognition*(CD-ROM Proc.), Adelaide: Causal Publications, Paper No.228, 2002.
- [140] 米元 えり, ピアノ教育 -自己表現への道のり-, 音楽教育の研究 -理論と実践の統一を目指して-, 東京芸術大学音楽教育研究室創設 30 周年記念論文集編集委員会, 1999.
- [141] 吉川 茂, ピアノの音色はタッチで変わるか, 日経サイエンス社, 1997.
- [142] 吉野 巖, 阿部 純一, メロディの調を認定する過程の計算モデル, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告 MUS-3-4, 1993.
- [143] 湯浅 泰雄, 身体論 -東洋的心身論-, 講談社学術文庫, 1990.
- [144] 全日本ピアノ指導者協会 (PTNA), <http://www.piano.or.jp/>.
- [145] J. Zhang & D. A. Norman, "Representations in Distributed Cognitive Tasks," *Cognitive Science*, Vol.18, pp.87-122, 1994.

本研究に関する発表論文

論文誌等

- [1] 大島 千佳, 西本 一志, 宮川 洋平, 白崎 隆史, 音楽表情を担う要素と音高の分割入力による容易な MIDI シーケンスデータ作成システム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.7, pp.1778-1790, 2003.
- [2] Chika Oshima, Yohei Miyagawa, Kazushi Nishimoto and Takashi Shirosaki, Two-step Input Method for Supporting Composition of MIDI Sequence Data, *Entertainment Computing – Technologies and Applications*, pp.257-264, Kluwer Academic Publishers, 2003.

査読つき国際会議

- [3] Kazushi Nishimoto and Chika Oshima, Basic Analyses on Effects of Key-release Velocity in a Piano Performance, *Proc. The IJCAI-03 workshop on methods for automatic music performance and their applications in a public rendering contest*, pp.76–77, 2003.
- [4] Chika Oshima and Atsushi Shimojima, Grounding Function of Instrument Plays in Dialogue: A Case-study of Piano Duos in Joint Practice, *Proc. The 25th Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 2003)*(CD-ROM Proc.), 2003. (採択率 26.3%)(平成 15 年度北陸先端科学技術大学院大学博士後期課程学生研究奨励金受給)
- [5] Kazushi Nishimoto, Chika Oshima and Yohei Miyagawa, Why Always Versatile?: Dynamically Customizable Musical Instruments Facilitate Expressive Performances, *Proc. of the 3rd International Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME03)*, pp.164-169, 2003.

- [6] Chika Oshima, Kazushi Nishimoto, Yohei Miyagawa, and Takashi Shirosaki, A Concept to Facilitate Musical Expression, *Proc. Creativity & Cognition 2002*, ACM Press, pp.111-117, 2002.
- [7] Chika Oshima, Yohei Miyagawa and Kazushi Nishimoto, Coloring-in Piano: A Piano That Allows A Performer to Concentrate on Musical Expression, In C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson, E. Schubert, and J. Renwick (Eds.), *Proc. the 7th International Conference on Music Perception and Cognition*(CD-ROM Proc.), Adelaide: Causal Publications, Paper No.707, 2002. (平成 14 年度北陸先端科学技術大学院大学博士後期課程学生研究奨励金受給)
- [8] Chika Oshima, Kazushi Nishimoto, Yohei Miyagawa, and Takashi Shirosaki, Coloring-in Piano: Indiscrete Musical Elements are Essential for Performers, *Proc. ICAD 2002 Rencon Workshop - Performance Rendering Systems: Today and Tomorrow*, pp. 21-23, 2002.
- [9] Chika Oshima, Yohei Miyagawa, Kazushi Nishimoto and Takashi Shirosaki, Two-step Input Method for Supporting Composition of MIDI Sequence Data, *Proc. First International Workshop on Entertainment Computing (IWEC2002)*, pp.253-260, 2002.
- [10] Kazushi Nishimoto, Chika Oshima, Yohei Miyagawa and Takashi Shirosaki, A Musical Instrument for Facilitating Musical Expressions, *CHI2002 Extended Abstracts*, pp.722-723, 2002.
- [11] Kazushi Nishimoto and Chika Ooshima, Computer Facilitated Creation in Musical Performance, *Proc. Scuola Superiore G. Reiss Tomoli(SSGRR-2001)*(CD-ROM proceedings), 2001.
- [12] Chika Ooshima, Kazushi Nishimoto and Akihiko Konagaya, Toward Computer Supported Piano Lesson to Opportunely Advance to the Creative Stage, *Proc. Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC2001)*, pp.85-92, 2001.

査読つき国内会議

- [13] 大島 千佳, 西本 一志, Family Ensemble: 初心者の親と子どものための合奏システム, インタラクション 2004 論文集, pp.105-112, 一般講演, 2004. (採択率 32.7%)

査読なし国際会議・国内研究会

- [14] Chika Oshima and Kazushi Nishimoto, An Attempt of Performance Rendering Based on Correlation Between Duration of Notes and Key-release-velocity, *Proc. The IJCAI-03 workshop on methods for automatic music performance and their applications in a public rendering contest*, pp.46-53, 2003.
- [15] 大島 千佳, 西本 一志, 創造的演奏教育支援に向けた生徒の音楽的理解と技法習得の分析, 第一回知識創造支援システムシンポジウム予稿集, pp.34-41, 2004.
- [16] 大島 千佳, 下嶋 篤, ピアノ連弾における演奏プラン生成のための対話について(2), 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-52, pp.65-72, 2003.
- [17] 平賀 瑠美, 大島 千佳, 西本一志, Rencon を外と内から眺めたら..., 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-50, pp.33-38, 2003. (共同執筆)
- [18] 大島 千佳, 下嶋 篤, ピアノ連弾における演奏プラン生成のための対話について(1), 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-47, pp.1-6, 2002.
- [19] 大島 千佳, 西本 一志, 宮川 洋平, CiP (Coloring-in Piano), FIT ワークショップ「蓮根: 目指せ世界一のピアニスト」, <http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/rencon/FIT2002/index.htm>, 2002. (CiP の演奏は, 聴き比べコンテストで 4 位獲得)
- [20] 西本 一志, 大島 千佳, 宮川 洋平, 白崎 隆史, 離散的情報と連続的情報の分離による音楽演奏表現の支援, 情報処理学会第 64 回全国大会講演論文集(4), pp.4-601-4-606, 2002.

- [21] 宮川 洋平, 白崎 隆史, 大島 千佳, 西本 一志, Coloring-in Piano による2ステップ打ち込みの提案, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-43, pp.21-26, 2001.
- [22] 大島 千佳, 宮川 洋平, 西本 一志, Coloring-in Piano: 表情付けに専念できるピアノの提案, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-42, pp.69-74, 2001.
- [23] 大島 千佳, 西本 一志, 離鍵動作の変化に基づくピアノレッスンの分析, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-41, pp.21-26, 2001.
- [24] 大島 千佳, 西本 一志, 小長谷 明彦, ピアノ指導方法の差異が及ぼすピアノ学習への影響について, 情報処理学会, 音楽情報科学研究会, 研究報告, MUS-37, pp.77-84, 2000.

解説記事

- [25] 西本 一志, 大島 千佳, 音楽における創造的表現の支援, 情報処理, Vol.44, No.8, pp.819-822, 2003.

受賞

ベストインタラクティブ発表賞, インタラクション 2004.
博士後期課程優秀修了者, 北陸先端科学技術大学院大学.