

Title	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
Author(s)	大島,千佳; 西本,一志; 宮川,洋平; 白崎,隆史
Citation	情報処理学会論文誌, 44(7): 1778-1790
Issue Date	2003-07
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/3336">http://hdl.handle.net/10119/3336</a>
Rights	社団法人 情報処理学会, 大島千佳 / 西本一志 / 宮川洋平 / 白崎隆史, 情報処理学会論文誌, 44(7), 2003, 1778-1790. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IP SJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IP SJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IP SJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

## 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

大島 千佳<sup>†</sup> 西本 一志<sup>†,††</sup>  
宮川 洋平<sup>†</sup> 白崎 隆史<sup>†</sup>

本論文では、楽器の演奏経験が乏しい人でも容易に MIDI シーケンスデータを作成することができ、しかも従来の楽器と比べて遜色ない音楽表情つけのポテンシャルを持ち合わせる MIDI シーケンスデータ作成システムを提案する。近年の計算機の普及にとともに、DTM システムが多数開発され、誰でも音楽演奏に挑戦することができるようになった。しかし、MIDI 楽器で通常に演奏して MIDI シーケンスデータを作成する方法では、楽器の演奏経験が乏しい人に多大な負担がかかる。また、音楽要素を個別に、端末を使って数値的に入力する方法では、質の高い音楽表情を担う各要素の微妙な調整や、音楽要素間の相互的な関係を考慮して操作をすることは困難である。そこで、入力を 2 段階に分けて、1 段階目に端末か MIDI 楽器で音高データの入力を行い、2 段階目に音楽表情に関する要素を統合して入力する「2 段階式作成方法」を提案する。38 名の被験者に現在主流の 2 通りの入力方法と、提案した入力方法の 3 通りにより演奏データを作成してもらったところ、童謡とクラシック作品では「2 段階式作成方法」が従来の方法よりも短時間で容易に入力ができ、作成された演奏データに満足がいくことが示された。また、ピアノ熟達者が従来の方法のうち、MIDI 楽器を演奏して入力する「リアルタイム入力」と「2 段階式作成方法」の 2 通りで、十分練習をしてから演奏データ作成を行い、20 名の被験者に聴いてもらったところ、「2 段階式作成方法」で作成された演奏データの音楽表情は、リアルタイム入力で作成されたものと比べて、遜色ないことが確かめられた。

### A Facilitating System for Composing MIDI Sequence Data by Separate Input of Expressive Elements and Pitch Data

CHIKA OSHIMA,<sup>†</sup> KAZUSHI NISHIMOTO,<sup>†,††</sup> YOHEI MIYAGAWA<sup>†</sup>  
and TAKASHI SHIROSAKI<sup>†</sup>

In this paper, we propose a method that allows people who are not good at playing musical instruments to construct performance data with rich musical expression. Recently, everybody becomes able to tackle with performing music by a MIDI system. There are two methods for composing MIDI sequence data, i.e., by normally playing the MIDI instruments and by separately inputting musical elements as numerical values. However, it is very difficult for inexperienced people to input correct note number with normally playing the MIDI instruments. On the other hand, it is also difficult for people to achieve rich expression by balancing all of the musical elements, by inputting them as numerical value separately. Consequently, we propose "a two-phase input method". In the first step, the user inputs only sequence of note number that she/he wants to perform by using MIDI instruments or keyboard of a personal computer without considering musical expression. In the second step, she/he plays the MIDI keyboard to input musical expression by integrated control of the expressive musical elements. We conducted two experiments for examining the effectiveness of the two-phase input method. These results show that it is easier for inexperienced user to compose the MIDI sequence data with the two-phase input method than the conventional methods. Moreover, the musical quality of the MIDI sequence data composed by the two-phase input method was not inferior to that composed by normal performance with using a MIDI keyboard.

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>††</sup> 科学技術振興事業団さきかけ研究 21「情報と知」領域

PRESTO, JST

現在、任天堂株式会社

Presently with Nintendo Co., Ltd.

現在、株式会社富士通ビジネスシステム

#### 1. はじめに

本論文では、楽器の演奏経験が乏しい人でも容易に MIDI シーケンスデータを作成することができ、従来

Presently with FUJITSU BUSINESS SYSTEMS LTD

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る「2段階式作成方法」を提案する。近年の計算機の普及にともない、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とどまらず、一般にも、また音楽教育現場にも広がってきた<sup>13)</sup>。

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乏しい人には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 velocity )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、楽器の演奏経験が乏しい人でも、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を入力する。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、楽器の演奏経験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、主にエンターテイメントのために開発されたシステムとして「Radio-Baton」<sup>1)</sup>、「Magicbaton」<sup>3)</sup>、および「ブラボームュージック」<sup>4)</sup>がある。これらは、拍単位で速さの操作ができる。「Two Finger Piano」<sup>11)</sup>は、エンターテイメントだけでなく、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<sup>9)</sup>、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。

本論文で提案する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、そのうえ作成したデータに対する満足度が高いことが分かった。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分かった。

以下2章では、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。3章では、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章では、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。5章では、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。6章では、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7章で本論文をまとめるとともに、今後の課題について述べる。

## 2. 2段階式作成方法について

本章では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、ノートナンバ

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<sup>14)</sup>。

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フェースであれば、キーボード以外でも可能である。

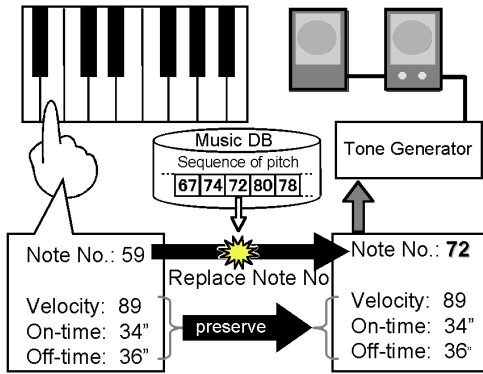


図 1 2 段階式作成方法の構造

Fig. 1 Structure of two-phase input method.

を蓄えるデータベース、ノート番号を書き換える機能、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番号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。したが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番号は、あらかじめデータベースに蓄えられていたノート番号に、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创作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。このような構造のシステムのため、単旋律のみ扱うことができる。

なお、3 章で示す実験で、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 を使用した。4 章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番号と演奏されたノート番号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 50 msec 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、この時間は任意に変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いえる。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 つの情報を数値的操作ではなく、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合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て表現しているのだからである。

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 (crescendo, 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 1 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、その個所のメロディやリズムなども要因になって、音量以外のアゴングク (細かい速度の変化)、アーティキュレーション (音の切れ具合) など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。

### 3. 3 通りの入力方法による演奏データ作成の実験

本章では 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。

### 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」および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。

#### 3.1.1 実験の設定について

被験者は著者が所属する大学院の学生、およ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1に示す。被験者にプロフェッショナルのソプラノ歌手による「赤とんぼ」のCD録音<sup>12)</sup>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、よ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。

#### 3.1.2 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分ほど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<sup>5)</sup>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ーの入力は全員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

表1 経験による被験者の内訳

Table 1 Breakdown of subjects according to their experiences.

	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

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)を音楽要素{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。

#### 3.1.3 音楽表情に関する3つの音楽要素と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音楽要素のうち、音楽表情に関係する「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」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)と記された箇所からピアノ(弱くという意味の記号)が記された箇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・弱拍の関係もふまえて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、以上はきわ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。したがっ

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った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 2 3つの入力方法への評価の平均値

Table 2 Average evaluation values for the three methods.

音楽要素	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

表 3 作成時間と各音楽要素, 精神的負担度における分散分析表 (F 値)

Table 3 Analysis-of-variance table for composing time, musical elements, and emotional burden (F-value).

	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「ステップ入力の経験の有無」、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.

て、2章ですでに述べたように、3つの音楽表情に關する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。

### 3.1.4 結果

表 2 に、それぞれの音楽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音楽要素については、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、それぞれの音楽要素の難易度と満足度、およ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 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、およびステップ入力の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。表 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分かる。

音楽要素については表 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分かる。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)、および「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分かる。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

30分の時間制限により、作成を中止せざるをえなかった被験者はステップ入力で4名いた。

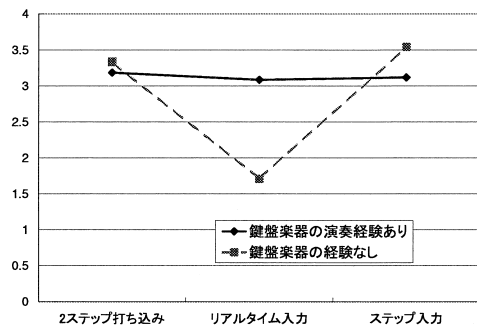


図 2 メロディへの満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の交互作用

Fig. 2 Interaction between experience of playing the keyboard and three input methods in the satisfaction for melody.

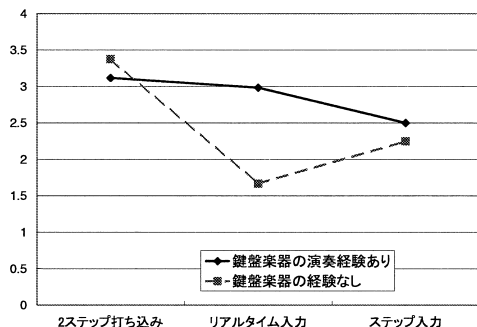


図 3 細かい速度の変化への満足度における鍵盤楽器の演奏経験と入力方法の交互作用

Fig. 3 Interaction between experience of playing the keyboard and three input methods in the satisfaction for Agogik.

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分かる。

図 2 と図 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分かる。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分かる。

図 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

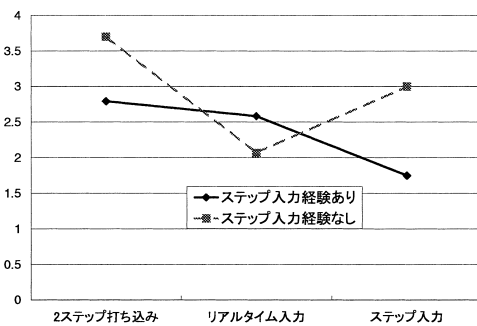


図 4 細かい速度の変化への満足度におけるステップ入力の経験と入力方法の交互作用

Fig. 4 Interaction between experience of composing by step-by-step input method and three input methods in the satisfaction for Agogik.

を作成できることが分かる。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分かる。

この結果は、細かい速度の変化をステップ入力で行って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行って下手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ないかと推測される。

### 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持つ音楽もある。そこで本節では、鍵盤楽器の演奏経験が乏しい学生に、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。

#### 3.2.1 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

表 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)

Table 4 Average evaluation values for the three methods and results of t-value (pop music).

音楽要素	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。

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<sup>8)</sup> 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 小節間のリズムが分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。

### 3.2.2 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<sup>2)</sup>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、ミなど)を記すことにした。また、このような鍵盤を持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。

### 3.2.3 結果

表 4 に、それぞれの音楽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、および 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も 13 分 31 秒、ステップ入力でも 23 分 24 秒であり、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。

### 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。

#### 3.3.1 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

30 分の時間制限により、作成を中止せざるをえなかった被験者はリアルタイム入力でも 2 名、ステップ入力でも 2 名いた。





図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  
Fig.5 Violin Concerto the First Movement bar.95-102 by Brahms.

器では技術的に演奏しにくい音高列や、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<sup>6)</sup>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。

### 3.3.2 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分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。

### 3.3.3 結果

表5に、それぞれの音楽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。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いえる。

### 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いえ、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、音楽表情の側面では「細かい速度の変化」といった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持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分かった。

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いくことが示された。ピアノ演奏の経験が

<sup>6)</sup> 30分の時間制限により、作成を中止せざるをえ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。

表 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)

Table 5 Average evaluation values for the three methods and results of t-value (classical piece).

音楽要素	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 .

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分かる。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. 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。そこで本章では、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分かった。

##### 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 6 と 図 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にくいので、評価の対象にできなかった。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用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できなかった。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。

The image shows the musical score for Piece-A, consisting of five staves of music. The notation includes various dynamics such as *pp*, *mf*, *f*, and *ff*, along with articulations like accents and slurs. The score is written in a standard musical notation with a treble clef and a 2/4 time signature.

図 6 曲 A の楽譜  
Fig. 6 Score of Piece-A.

The image shows the musical score for Piece-B, consisting of five staves of music. The notation includes various dynamics such as *mf*, *f*, and *ff*, along with articulations like accents and slurs. The score is written in a standard musical notation with a treble clef and a 2/4 time signature.

図 7 曲 B の楽譜  
Fig. 7 Score of Piece-B.

#### 4.2 比較実験の方法

聴取の被験者として、著者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

表 6 「演奏の良し悪し」の観点による 5 段階評価の平均値  
Table 6 Average values of evaluations on felicity.

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

についても同じ方法で行われた。なお被験者に、作品名およ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。評価実験は防音室で行われ、音源は YAMAHA Silent Grand Piano C5 を使用した。

#### 4.3 結果

表 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つた。

- ・ 強弱が分かりやすい。
- ・ 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つた。

- ・ 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。
- ・ 譜面どお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つた。

- ・ よく表情の出た演奏だと思う。
- ・ テンポどお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つた。

- ・ 自分で解釈して演奏している感じがする。
- ・ 表情が薄く、弱奏のところ平坦であった。
- ・ 曲の感じをとらえている。
- ・ 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、隣り合った鍵盤を使用していること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 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、質的には遜色ない音楽表情を示すことが分かった。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いえる。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ため、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、楽器のインタフェースが違えば、違う表情になることが分かる。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。

### 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つけて、「第2回蓮根」に参加した「蓮根<sup>15)</sup>」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。

#### 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第1筆者が行った。第2段階の音楽表情に関わる入力は第2筆者が行った。第2筆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、そのうえ、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小節目アウフタクトから最後の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2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」と名づけられた。その後の10分間、この曲の演奏経験のある第1筆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日にわたって合計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」と名づけて「蓮根」に参加した。

#### 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、音楽表情に係る3つの情報をマニュアルで入力する方法であった<sup>10)</sup>。演奏データ作成者は専攻が演奏ではないが、音楽修士を持つ音楽家である。2つめの「支援型」は演奏表現の付加を容易にしたり、半自動的にしたり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<sup>14)</sup>、Yutaka<sup>10)</sup>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づ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

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。

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。

### 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いえる。

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ろ, 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やすいということを示唆している。

## 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<sup>7)</sup>。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, 音楽表情に取り組みやす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。本論文の実験では, 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 ) が作成者の演奏どおりに出力できるインタフェースならば, 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, 本論文の実験でも示したように, 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。

## 7. おわりに

本論文では, 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 段階ではノートンバのみ入力する。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いく演奏データが作成できることが分かった。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。

現状, このシステムは単旋律に限って使用できる。しかし, このシステムを多旋律に適用する方法は様々な考えられる。たとえば 1 声ずつ作成して重ねていく方法や, ミスタッチの無視時間を 0 にして演奏する方法である。しかしこれらについては多くの問題がある。今後は多旋律を演奏しても, データ作成者の音楽表情がそのまま示される方法や, 第 2 段階の入力で, さらに音楽表情をつけやすくするために楽器としてのインタフェースのデザインを考案していく。

謝辞 本研究において, 実験にご協力くださいました金沢大学教育学部音楽研究室, 金沢工業大学, および北陸先端科学技術大学院大学のみなさまに心より感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Boulanger, R. and Mathews, M.: The 1997 Mathews Radio-Baton and improvisation modes, *Proc. ICMC '97*, T., R. (Ed.), Thessaloniki, Hellas, ICMA, pp.395-398 (1997).
- 2) KAWAI: スコアメーカー 3.0. <http://www.kawai.co.jp/cmusic/products/scomwin.htm>
- 3) PFU: Magicbaton (1997). <http://www.pfu.fujitsu.com/topics/new970522.htm>
- 4) SCEI: ブラボーミュージック (2001). <http://www.jp.playstation.com/product/38/000000006151138.html>
- 5) YAMAHA: XGworks. <http://www.yamaha.co.jp/product/syndtm/p/soft/xgww4w>

- 6) 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)。
- 7) 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 (編)，pp.61-66，成徳短期大学 (2001)。
- 8) 宇多田ヒカル：Deep River，TOJT-24851-2，東芝 EMI (2001)。
- 9) 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，情報処理学会研究報告 MUS47-19，pp.111-114 (2002)。
- 10) 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，情報処理学会研究報告 MUS47-12，pp.65-70 (2002)。
- 11) 竹内好宏，片寄晴弘：Two Finger Piano による曲想の表現，情報処理学会研究報告 MUS11-6 (1995)。
- 12) 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)。
- 13) 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 (編)，pp.77-85，千葉敬愛短期大学 (2001)。
- 14) 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，情報処理学会研究報告 MUS45-12，pp.67-72 (2002)。
- 15) 平賀瑠美ほか：Rencon. <http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/~rencon/index-j.html>

(平成 14 年 11 月 11 日受付)

(平成 15 年 5 月 6 日採録)



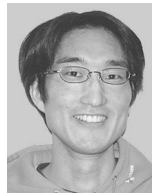
大島 千佳 (学生会員)

1996 年武蔵野音楽大学音楽学部器楽学科ピアノ専攻卒業。1990 年，1995 年ウィーン国立音楽大学夏期セミナー修了。2001 年いしかわミュージックアカデミーマスターコース受講。2001 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。同年同大学院後期課程入学。現在に至る。日本教育心理学会，日本音楽知覚認知学会各会員。1991 年埼玉ピアノコンクール入賞。1993 年，1995 年武蔵野音楽大学にて福井直秋賞受賞。演奏表現の構築過程での先生と生徒や演奏者間のコミュニケーション，および音楽の創造支援の在り方に興味がある。



西本 一志 (正会員)

1987 年京都大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期課程修了。1987 年松下電器産業株式会社入社。1992 年株式会社 ATR 通信システム研究所出向。1995 年株式会社 ATR 知能映像通信研究所客員研究員。1999 年より北陸先端科学技術大学院大学知識科学教育研究センター助教授。2000 年より科学技術振興事業団さきがけ研究 21「情報と知」領域研究員兼任。2001 年 1 月より株式会社 ATR メディア情報科学研究科第 1 研究室非常勤客員研究員兼任。現在に至る。インフォーマルコミュニケーション支援，音楽創造性支援の研究に従事。1997 年度人工知能学会研究奨励賞，1999 年度情報処理学会坂井記念特別賞，1999 年度人工知能学会論文賞受賞。IEEE，ACM，人工知能学会各会員。博士 (工学)。



宮川 洋平

2001 年金沢工業大学工学部情報工学科卒業。2001 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科入学。2003 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科修了。同年任天堂株式会社入社。現在に至る。ピアノの練習支援，メディアアート，エンターテインメントに興味を持つ。



白崎 隆史

2001 年名古屋工業大学工学部生産システム工学科卒業。2001 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科入学。2003 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科修了。同年株式会社富士通ビジネスシステム入社。現在に至る。音楽創造性支援，情報視覚化技術に興味を持つ。