

Title	離鍵動作の変化に基づくピアノレッスンの分析
Author(s)	大島,千佳; 西本,一志
Citation	情報処理学会研究報告 : 音楽情報科学, 2001(82): 21-26
Issue Date	2001-08
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/3347">http://hdl.handle.net/10119/3347</a>
Rights	社団法人 情報処理学会, 大島千佳 / 西本一志, 情報処理学会研究報告 : 音楽情報科学, 2001(82), 2001, 21-26. 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	

# 離鍵動作の変化に基づくピアノレッスンの分析

大島 千佳<sup>†</sup>      西本 一志<sup>†‡</sup>

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1

<sup>‡</sup> 科学技術振興事業団 さきがけ研究 21 「情報と知」領域

Email: {cooshi, knishi}@jaist.ac.jp

本研究では、ピアノレッスンを通じて先生の音楽知が生徒に受容され形成されていく過程について分析を進めている。この研究の一環として、本稿では離鍵動作に着目して分析を行った。実験に基づく分析の結果、離鍵動作の状態を示す鍵盤が元に戻る速さは、メカニカルなテクニックのレベルならびに細かい抑揚やフレーズ感の表現に依存していることがわかった。また打鍵動作に基づく演奏表現による場合と異なり、離鍵動作に基づく演奏表現と、それによって示される先生の音楽知は、生徒によって受容されづらいものであることがわかった。

## A Study on Piano Lesson Based on Key-release Motion Analysis

Chika Ooshima<sup>†</sup> and Kazushi Nishimoto<sup>†‡</sup>

<sup>†</sup>Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>‡</sup>“Information and Human Activity,” PRESTO, JST

We have been studying a process of acceptance and formation of musical knowledge in the pupil by comparing the pupil's performance with the teacher's performance through piano lesson experiments. In this paper, we describe analyses of key-release motion which is indicated by the return velocity of a key to its initial position. It is suggested that this velocity relates to a technique and an expression of detailed modulation. Moreover, this paper shows that it is more difficult for students to accept the teacher's "musical knowledge" that is expressed by key-release motion than that is expressed by key-hitting motion.

### 1 はじめに

本研究の最終的な目標は、ピアノ演奏学習者が作曲者の意図を捉えた上で、それぞれの個性を表現した演奏を実現できるようにするために適した指導方法とはどのようなものかを解明すること、ならびにその学習過程を促進する支援手段および

支援システムを構築することにある。この目的に向けて現在ピアノ・レッスンにおける生徒による音楽知の受容形成過程の分析を進めている。ここで「音楽知」とは、音楽作品を演奏表現する過程で働く「知」の総称のことである。具体的には、楽譜に書かれた音符や記号を読み取り、そこから奏でられる音楽をイメージし、楽曲演奏における

様々なレベルでの演奏表現を考察し、その演奏表現を実現するのに必要な音楽的技法を瞬時に実行し、最終的に「音」として音楽作品を顕在化させるという、一連の知的処理過程において必要となる一切の知識や技能を指す。

「音楽知」はレッスンを通じて生徒の中に形成されていくものである。生徒はまず先生が持つ「音楽知」を先生の模範演奏や、言葉による説明といった間接的な手段により受容していき、徐々に生徒自身の「音楽知」を形成していくと考えられる。

これまでに、生徒が先生の「音楽知」を受容していく過程の基礎的な分析を、先生と生徒の演奏差により検討してきた [1]。その中で MIDI (Musical Instrument Digital Interface) データの Note On メッセージにおける Velocity (鍵盤を押す速さ) 値と IOI (Inter-Onset Interval: 1 つの音の Note On メッセージから続く次の音の Note On メッセージまでの時間) 値を主に分析してきた。特に曲全体における Velocity の演奏差については、詳細な指導が行われている間は被験者 2 名両者とも小さくなっていった。それは、楽譜に明示されている強弱記号に沿って演奏上おおまかに強弱をつけることは、指導により気が付きさえすれば、生徒は自分の演奏に活かすことが比較的容易であることを示唆している。たとえば、あるフレーズに「sf(その音を強く), f(強く)」と表示され、続く次のフレーズの最初に「pp(ピアノッシモ: とても弱く)」と表示されていれば、大方の演奏者は、1 つめのフレーズを弾く際には速い打鍵を行うことにより強い音を奏でようとし、2 つめのフレーズを弾く際には比較して遅い打鍵を行うことにより、弱い音を奏でようとするであろう。よってフレーズ毎、及び曲全体の Note On Velocity における先生と生徒の演奏差はあるレベルまで近づいていきやすい。

しかし演奏者が考えるべきことは音の強弱を大雑把につけて演奏することだけではなく、「f」とみなされる数小節に及び 1 つのフレーズの中で、いかに 1 音 1 音の間に抑揚をつけて音楽的にし、フレーズのまとまりを表現するかということである。「抑揚」には 2 通りの意味が考えられる。1 つはフレーズごとのおおまかな強弱をつけることにより、曲全体の中で大きな単位の抑揚をつけるという意味であり、本稿では「粗い抑揚の構造」と

呼ぶことにする。2 つめは 1 音 1 音の間における抑揚である。本稿では「細かい抑揚」と呼ぶことにする。

スラーという記号が数個の音符の上に掛けられていると、物理的に音を繋げる(レガート)という意味に捉えがちであるが、作曲家は音楽的な繋がり(フレーズ)を意図しており、そのスラーが掛かっている数個の音にはレガートに限らない様々なアーティキュレーションの表現が可能である。その様々なアーティキュレーションを表現するために重要になってくるのが離鍵動作というテクニックである [2, 3]。そこで本稿では先生と生徒の演奏から、細かい抑揚、及びフレーズ内のまとまりを表現するためのアーティキュレーションといった音楽知がどのように受容され形成されているかを調べるために、これらと関連の深い離鍵動作について Note off メッセージをもとに分析を試みる。

本稿は、以下の節で構成される。2 節では、ピアノレッスンの条件と手順を述べるとともに、MIDI データの分析方法について説明する。3 節では、実験で得られた先生の演奏データとピアノレッスンのデータから離鍵動作における結果について説明する。4 節では、結果をもとに離鍵動作に表れる音楽知の生徒の受容について分析と考察を行う。5 節はまとめである。

## 2 実験

### 2.1 実験条件と手順

実験で行ったピアノレッスンでは、生徒として 2 人の被験者(生徒 A, 生徒 B)を採用した。いずれの被験者も著者らが所属する大学院大学の女子学生であり、両者とも幼少の頃からピアノレッスンを受けていた。したがって、今回の実験で取り扱った課題曲を、自力で一通り弾き通すことは十分に可能なレベルの技量を持つ。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。一方、先生は本稿の著者大島が担当した。大島は音楽大学でピアノ演奏を専攻し、大学在学中を含めこれまでにおよそ 9 年間一般に対してピアノ指導を行ってきた経験を持つ、プロのピアノ指導者である。

今回の実験で使用した課題曲は、F. Chopin の

“Fantaisie-Impromptu Op.66” の中間部 “Moderato cantabile” (43-82 小節) である。ただし被験者は 37 小節目から練習し、通して演奏する際には 37-82 小節を演奏することとした。この曲を選んだのは、被験者達に好まれており、また構造的に理解しやすいためである。

初回のピアノレッスンを行うに先だって、それぞれの生徒には間違えずに弾けるようになるまで課題曲を各自で練習してもらっていた。レッスンは個人レッスンであり、一人あたり 5 回のレッスンを 3 週間にわたって行った。5 回のレッスンが終了して 1 ヶ月後には発表会を開催し、生徒に 3 回続けて通して弾いてもらった。この発表会の日には指導は一切行わず、生徒が納得いくように演奏してもらった。

レッスンは両者とも同じ施設にて、YAMAHA Silent 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。出力されるデータは Note On/Off とペダルの操作に関するメッセージである。演奏中に出力される MIDI データは、すべて SGI Indy ワークステーションで記録した。記録した MIDI データについては、2.2 節で述べる方法で前処理を施した。

各回のレッスンでは、まず最初に生徒に課題曲全体を通して演奏してもらおう。その後様々な指導を行った後、レッスンの最後に再度生徒に課題曲全体を通して演奏してもらおうようにした。

第 1~3 回のレッスンでは、どちらの生徒にも作品の背景や作品の形式 (A, A', B の 3 種類のフレーズで構成されていること)、およびその各々のフレーズに書かれた強弱記号ならびに表情記号を確認することなどを通して、先生の演奏方法を手取り足取り教え込むという指導を行った。生徒 B には残りのレッスンでも引き続き同じ指導方法を行ったが、生徒 A に対しては第 4・5 回のレッスンでは詳細な指導を止めて、生徒 A の演奏を録音してすぐに再生して聴いてみるというように、生徒 A にどのように弾いたらよいかを考えさせる指導を行った。

## 2.2 データの分析

まず採取した MIDI データを右手の演奏データと左手の演奏データに分ける。以下、本稿ではメ

ロディパートを演奏している右手のデータのみを使用する。なお、演奏開始直後の最初の小節と、終了直前の最後の小節については演奏のゆらぎが非常に大きいため、これを全体の平均などを求める処理に算入するとそのゆらぎの影響が大きく現れ、他の部分の比較に際し悪影響を与える可能性が危惧される。そこで、以下で述べる分析においては、最初の小節と最後の小節に含まれる音符 8 個分のデータは削除し、残り 200 個分のデータのみを処理対象とした。

右手の演奏データからレガート値  $[3]\Delta t_i$  を次式で得る。

$$\Delta t_i = t_{Non(i+1)} - t_{Noff(i)} \quad (1)$$

ここに、 $\Delta t_i$  は  $i$  番目と  $i+1$  番目の音に関するレガート値、 $t_{Noff(i)}$  は  $i$  番目の音符の Note Off メッセージ  $Noff(i)$  の発行時刻、 $t_{Non(i+1)}$  は  $i$  番目の音符の Note Off メッセージの直後に続く  $i+1$  番目の音符の Note On メッセージ  $Non(i+1)$  の発行時刻である。したがって、単純に言えばレガート値とはある音が鳴り終わってから次の音が鳴るまでの間の時間であり、音が切れていればプラスの値になり、音が重なっていたならばマイナスの値になる。レガート値を、さらに次式によって正規化する。

$$\Delta \tilde{t}_i^{(n)} = \frac{\Delta t_i^{(n)}}{T_n} \quad (2)$$

ここに、 $\Delta \tilde{t}_i^{(n)}$  は  $n$  番目の演奏における  $i$  番目の音符の Note Off メッセージと  $i+1$  番目の音符の Note On メッセージから得られる正規化レガート値、 $\Delta t_i^{(n)}$  は  $n$  番目の演奏における  $i$  番目の Note Off メッセージと  $i+1$  番目の音符の Note On メッセージから得られるレガート値、 $T_n$  は  $n$  番目の演奏における分析対象部全体の演奏時間である。

次に各 Note Off メッセージに含まれる Velocity 値を採取する。Note Off メッセージの Velocity とは、鍵盤を元の位置に戻す速さに対応する。音符毎の Note Off Velocity の値を、さらに次式によって正規化する。

$$\tilde{v}_j = \frac{v_j - \bar{v}}{s} \quad (3)$$

ここに、 $\tilde{v}_j$  は  $j$  個目の音符の正規化された Velocity 値  $v_j$  は  $j$  個目の音符の Note Off Velocity 値の元データ、 $\bar{v}$  は分析対象部全体についての Velocity

値の単純な算術平均値，および  $s$  は標準偏差である．

以下，本稿で使用する“Velocity”と“レガート値”は，特に断りのない限り正規化された Velocity ならびにレガート値を指すものとする．

### 3 結果

図1は Note Off メッセージにおける Velocity の特色を調べるために，先生が演奏した課題曲の全部の音符の Note On および Note Off メッセージにおける Velocity と，レガート値の推移を示したものである．On における Velocity はおおむね楽譜に書かれた強弱に沿って増減しており，ほぼ楽曲の粗い抑揚の構造に対応していることがわかる．一方 Off における Velocity にはそのような傾向は見られず，ほとんどの音符で 0.0 から 1.0 程度の値をとっている．ただし幾つかの音が  $-1.0$  以下の大きな極小値を記録していることが特徴として見い出せる．レガート値についてもほとんどの音符でほぼ 0 に近い値をとっているが，幾つかの音でプラスに大きく増している個所が見出せる．楽譜をもとに調べたところ，Off における Velocity が  $-1.0$  以下になり，レガート値が 0.3 以上になるのは，スラーが切れる最後の音符であった．二分音符であっても先生はかなり早くに音を切っていたことがわかる．Off における Velocity が  $-1.0$  以下になり，レガート値が 0.3 以上にならなかったのは，付点がつく音符（たとえば付点四分音符と八分音符という組み合わせのリズムの1つめの音）と，連続する4つの四分音符の中の弱拍に値する2音であった．

次に生徒 A，B の1回目のレッスンの最初の演奏（演奏 1.1）と最後のレッスンの最後の演奏（演奏 5.L）の Off における Velocity で， $-1.0$  以下になる個所について先生の演奏と比較し，再現率と適合率を求めた結果を表3に示す．ここに再現率とは生徒の演奏の  $-1.0$  以下になる個所の中で，先生の  $-1.0$  以下になる個所と一致した数を，先生の  $-1.0$  以下になる個所の合計で割ったものである．適合率とは生徒の  $-1.0$  以下になる個所の合計のうち，先生の  $-1.0$  以下になる個所と一致した数の割合である．この結果から生徒 A は演奏 1.1 と演奏 5.L を比較すると，演奏 5.L の方が

表 1: Note Off Velocity の値が極小値をとる個所についての適合率と再現率

	pupil A		pupil B	
	演奏 1.1	演奏 5.L	演奏 1.1	演奏 5.L
適合率	32.0%	21.7%	24.0%	29.6%
再現率	32.0%	20.0%	24.0%	32.0%

適合率も再現率も下がっているのがわかる．一方で生徒 B は演奏 5.L で適合率，再現率共に幾分上がっている．

楽譜をもとに  $-1.0$  以下になりやすい個所を調べたところ，生徒 A の演奏 1.1 ではスラーのかかる最初の音や連続する4つの四分音符の弱拍の音，そして八分音符で下降する，テクニ的に難しいパッセージで見られた．演奏 5.L でもあまり傾向は変わらないが，テクニ的に難しいパッセージでの値が大きくなっていった．レガート値では装飾音符の直前の音で大きくなる傾向が演奏 1.1 と 5.L の両方で見られた．生徒 B の演奏 1.1 ではメロディが上昇して頂点に至る直前の音符と，テクニ的に難しいパッセージの直前の音に Off における Velocity の値が， $-1.0$  以下になる傾向があった．演奏 5.L では Off における Velocity の値がスラーの切れる最後の音符で  $-1.0$  以下になる傾向が出てきており，それに伴いその個所のレガート値が大きくなってきた．

なお，各レッスンにおける生徒による最初と最後の通し演奏と先生の演奏について Note Off Velocity の全体的な差分を求めたが，いずれの演奏についても差の値はほぼ同じ値となり，レッスンの進行に伴う有意な差の変化は認められなかった．

### 4 考察

図1の結果からは，Off の Velocity 値およびレガート値にはスラーや付点のリズム，連続する同音価との関連性が認められた．即ちスラーの最後の音や付点の音符，及び連続する4つの四分音符のうち2つめと4つめの音符の値が，他に比較して極めて小さくなった．またこれらは同じパターンの個所で常に見られる現象であり，再現性が認められた．

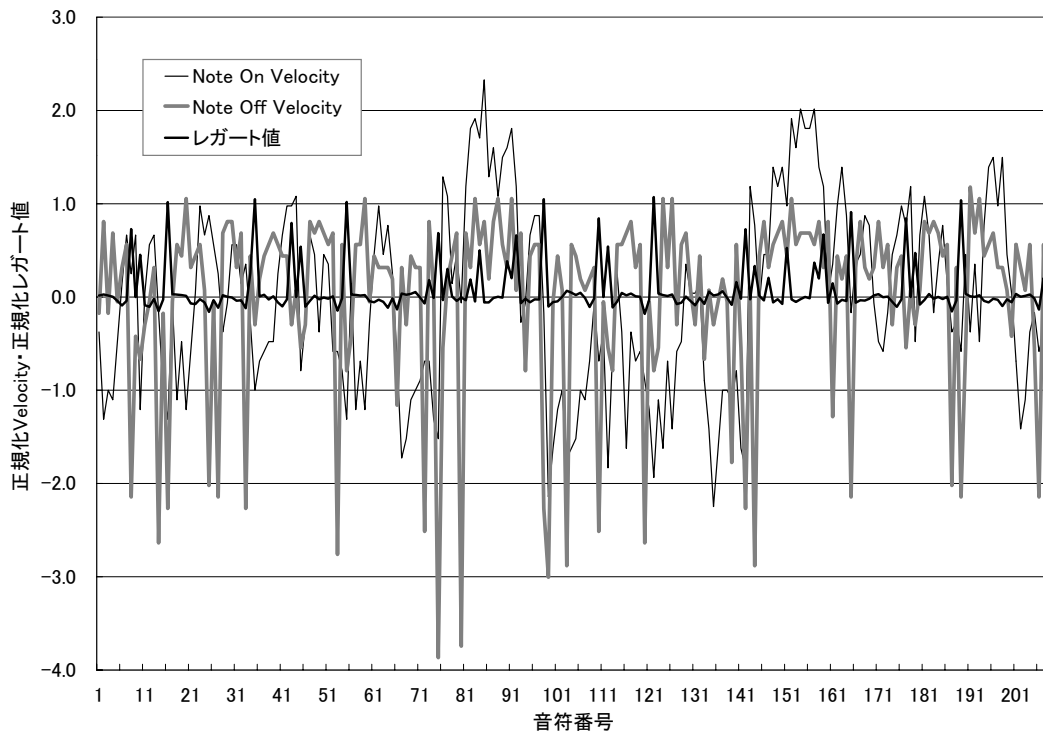


図 1: 先生の演奏における Note On Velocity, Note Off Velocity およびレガート値の推移

一般的にスラーの記号が途切れるときには、呼吸を行うイメージで、物理的には表示されている音価よりも早めに鍵盤を離すことが多い。しかし 1 つのフレーズ内でスラーが途切れる時には、演奏者は 2 つのスラーの間の切目を工夫して、1 つのフレーズのまとまりを壊さないように配慮する。今回の被験者である先生はスラーの最後の音で肘から連動して指を鍵盤からゆっくりと離し、脱力したままで手の重みを次のスラーの始まりの音へ落とすという奏法をとっていた。スラーの切目がフレーズの最後であるときも、最後の音が徐々に消音するように同じ方法で離鍵していた。また付点のリズムの場合は、必ず付点の音符の後にその 3 分の 1 の音価しかもたない音符が弱拍にあたる場所に続く。この音符の前に手に力を入れてしまうと、短い音価の音符に余分な音量が出てしまい、アクセントのように聞こえてしまう。よって付点の音符も前述のスラーの最後の音のように、ゆっくり離鍵しながら脱力の状態を作り、次の短い音価は指の動きだけで奏でることが望ましい。この結果、上述のような個所で Off Velocity の値が非常に小さな値をとるようになる。これらのこと

は先生の中で形成されている音楽知と言えるであろう。

5 回のピアノレッスンでは、生徒 A, B にこの力の抜き方のテクニックを詳細に教えたり、生徒の演奏に合わせて先生が歌いながら、スラーの切目をどのように演奏するかということを指導していた。表 3 の結果からは、生徒 B にはこの音楽知が僅かに受容されたようであるが、生徒 A には受容されたようには見られなかった。Note On の Velocity に基づく音楽知の受容過程の分析結果から、粗い抑揚の構造に関する音楽知の受容は生徒 A, B ともに比較的順調であり [1]、特に生徒 A は非常に速い習得を示した。しかしながら、アーティキュレーションの音楽知の受容は以上の通り、教授されていたにもかかわらず、あまりうまくいっていない。何らかの指導法の工夫や支援手段が必要であろう。

下道 [4] は、熟達者と非熟達者の演奏を比較して、熟達者の方が離鍵が速い傾向にあることを指摘している。今回の結果を見ると、生徒 A は演奏 1.1 において Note Off における Velocity の値が  $-1.0$  以下になる音がテクニック的に難しい八分音

符の下降のパッセージにおいて幾つか見受けられたが、演奏 5.L では値が上昇し離鍵が速くなったことが示された。聴いた限りでも演奏 1.1 ではもたついた演奏であったが、演奏 5.L ではすらすらと弾けるようになっていた。このようなメカニク（速く指を動かす技術）[5] を要求されるようなパッセージがすらすらと弾けない場合に、指が鍵盤から離れる速度が遅いのは当然と思われる。したがって、下道のいう熟達者の方が離鍵が速い傾向があるという指摘は、演奏習得のごく初歩的段階では正しいであろう。しかしながら、より高度な”表現”のレベルに進んだ段階では必ずしも離鍵の速さが上達の指標となるわけではないことが、以上の結果から示唆されている。すなわち、いかに離鍵の遅い箇所をうまく演奏に織り込むかがアーティキュレーションにおいて重要となってくる。

## 5 おわりに

本稿では音楽知の受容形成過程としてのピアノレッスンにおいて、生徒が先生の音楽知を受容していく過程を解明する 1 つの段階として、離鍵動作に着目し分析を行った。これまでに分析してきた打鍵速度は、音の強弱を表し、曲全体における粗い抑揚の構造を表すと考えられてきたが、離鍵動作を表す鍵盤を元に戻す速さは、細かい抑揚やフレーズのまとまりを表すためのアーティキュレーションの技法により値が変動することが示唆された。ある程度熟達したピアノの先生は、フレーズのまとまりを表すために意図をもって離鍵動作を行っており、特に離鍵速度の非常に遅い個所に再現性が認められたが、指導された生徒には伝わりづらいものであることがわかった。また今後も鍵盤を元に戻す速さを用いて、音楽知の受容過程の分析を進めるには、大きく値が変動した部分の原因を 1 つ 1 つ解明していくことが重要であることがわかった。

離鍵動作とアーティキュレーションとの関係をより一層分析していくためには、多くの熟達者の演奏データが必要であると考えられる。また生徒による離鍵動作に関する音楽知の受容については、指導方法を考慮した分析も必要になってくるであろう。これらについて今後さらに進めていきたい。

## 謝辞

被験者実験に快くご協力下さった皆様にあつくお礼申し上げます。また、離鍵動作と演奏の関係について意義深い示唆を賜りました、兼子保敏様をはじめとするヤマハ株式会社ピアノ事業部ピアノプレーヤ推進部の皆様に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] Chika Ooshima, Kazushi Nishimoto, and Akihiko Konagaya: Toward computer-supported piano lesson for opportunely advancing to creation stage, Proc. Artificial intelligence and soft computing (ASC2001), pp.85-92, 2001.
- [2] 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, 音楽之友社, 1999.
- [3] 五十嵐滋：演奏を科学する - 人工知能が創る音楽 創らない音楽 - , ヤマハミュージックメディア, 2000.
- [4] 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/onken/houkoku/99/200.html>
- [5] 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, 音楽之友社, 1986.