

付加的情報フィードバックによる楽器演奏の練習支援 —ピアノ演奏におけるペダリング可視化— Assisting Practice of Playing Instrument with Information Feedback - Visualization of Pedaling in Piano Playing -

阪口 豊†
Yutaka Sakaguchi

†電気通信大学 大学院情報理工学研究科
University of Electro-Communications
yutaka.sakaguchi@uec.ac.jp

概要

本研究では、身体技能習得における「気づき」を呼び起こす手段として「付加的情報フィードバック」の手法に着目し、これをピアノ演奏におけるペダリング練習に適用した。演奏中のペダル踏み込み量をオンラインまたはオフラインで学習者に提示することにより、学習者はペダリング時の身体感覚と響きの変化との関係性を効果的に習得できることが期待される。本稿では本システムがもたらす効果について著者自身の「気づき」に関する経験に基づき議論する。

キーワード: 身体技能 (motor skill), 練習支援 (training assistance), 気づき (awareness), 一人称研究 (first-person study)

1. はじめに

楽器演奏をはじめとする身体技能の練習において重要な役割を果たすのが「気づき」である[1]。「気づき」とは、動作の中で「これがポイントだ」と思える主観的な感覚や事象を見出すことであり、動作の良し悪しを判断する副次的なものさしの役割を果たす。「良い気づき」は練習を効果的に進めるうえで重要な手がかりとなるが、「良い気づき」に出会える頻度は高くない。

本研究では、「気づき」を呼び起こす手段として「付加的情報フィードバック」[2]、すなわち、学習者が運動中に直接感じる情報が難しい情報を外部機器により計測し、可視化・可聴化などの手段を通じて学習者に提供する手法に着目し、これをピアノ演奏におけるペダリング (ペダル操作) に適用した。すなわち、ペダル操作量を可視化してその大きさや時間変化を定量的にフィードバックすることにより、ペダリングの習得を支援するシステムを構築した。

以下では、ピアノ演奏におけるペダリングの効果とその習得における課題について述べたあと、構築したシステムの構成について説明する。引き続き、同システムが学習者に与える効果について、著者自身がシステムを利用したときに得られた「気づき」を報告する。さ

らに、そこで得られた経験に基づいて本システムの利用方法やその意味議論する。

2. ピアノ演奏におけるペダリングとその習得における課題

ピアノ演奏の技巧では多数の鍵盤を高速に打鍵するなどの身体技能の側面が注目されがちであるが、ピアノ演奏におけるより本質的な技能は、音楽の内容に応じて打鍵やペダリングを調整し望ましい音色の音を生み出す音色調整能力である。すなわち、演奏家に求められる能力は、鍵盤やペダルを押す量や速さ、タイミングを精密に調整することによって音の響きをコントロールすることである。本稿では、音色を操作するうえで重要な役割を担っているペダリングに注目する。多くのピアノには、2本あるいは3本のペダルが装着されており、それぞれ異なる機能を担っているが、ここでは、ダンパペダル (damper pedal, sustain pedal) の操作についてのみ議論する。残り2本のペダル、ソステヌートペダル (sostenuto pedal)、ソフトペダル (soft pedal, una corda pedal) の操作法はここでの議論は成り立たない。

最初に、ピアノから音が出る機械的な仕組みについて簡単にまとめておく (図1: 文献[3]より引用)。演奏者がピアノの鍵盤 (図中①) を打鍵すると、内部のアクション機構を通じて、弦の振動を抑えるダンパフェルト②が弦⑦から離れる一方、ハンマ⑥が弦を叩いて弦の振動が生じる。さらに、弦の振動は共鳴板の振動を呼び起こして音が外部に放出される。一方、演奏者が鍵盤を離すと、ダンパフェルトが弦に接触して弦の振動がおさまり、響きが止むことになる。図1はグランドピアノの構造を示したものであるが、アップライトピアノでは弦が鉛直方向に張られており、ダンパやハンマは鉛直方向ではなく水平方向に動く。

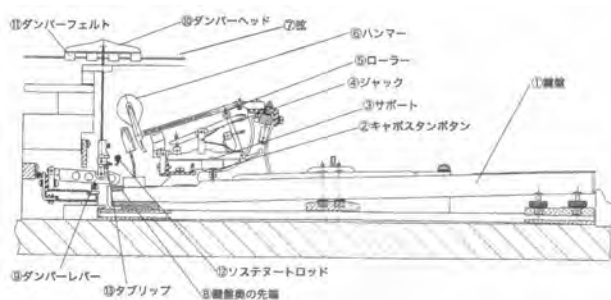


図1 グランドピアノのアクション機構 [3]

A



B



図2 ピアノ譜における代表的なペダル指示の表記

ダンパペダル（以下、単にペダルと記載）の役割は、鍵盤の動きにかかわらずダンパをすべての弦に対して同時に解放することである。したがって、演奏者が打鍵にあわせてペダルを踏みこむと、演奏者が鍵盤を離れたあともダンパが解放されたままになるため、弦の振動が保たれ、響きが残る。また、ペダルを踏みこむと、押した鍵盤に対応する弦だけでなくすべての弦が解放された状態になるため、共鳴板を通じて打鍵していない弦にも共鳴が起きてピアノが発する音色に変化が生じる。つまり、ペダリングは単に打鍵した音を延ばすだけでなくその音響スペクトル（つまり音色）を変化させる効果を有する。さらに、ペダルを踏みこむか離すかだけでなく、踏み込み量を調整して弦とダンパの距離を連続的に（あるいは数段階に）コントロールすることにより、弦の振動状態を変えることができ、これにより多様な音色を生み出すこともできる。このような多段階のペ

ダル踏み込み量の調整は、フルペダル、1/2ペダル（ハーフペダル）、1/4ペダル[4]などと呼ばれている。また、ペダルを踏みこむタイミングを、打鍵と同時にするのか、打鍵の直前にするのか、打鍵の直後にするのかによっても弦の振動の状態が変わるためにピアノの音色は変化する。このことからわかるように、ダンパペダルを空間（踏み込み量）・時間（タイミング）の二つの次元で精密にコントロールすることにより、音色をさまざまに変えることができる。

このように、ペダリングはピアノの音色調整において重要な要素であるが、その一方で、ペダル習得に関わる多くの著書[4-9]が指摘するように、ピアノ学習者（特に初学者やアマチュア演奏者）に対するペダリング指導は不十分な状況にある。その理由として、楽譜に示されたペダリング指示があいまいであること、打鍵ミス（誤った鍵盤を打鍵したり、打鍵し損ねたりすること）と比較してペダリングミスは判別しづらいことが指摘されている。加えて、複数のピアニストのペダリングを計測した研究によれば、同一の楽曲であってもペダリングは奏者間の個人差が大きく、共通の特性が見出しにくいことが指摘されている[10-12]。このように、演奏者ごとにペダリングが異なることは、ペダリングに典型的な「お手本」が存在しないことを意味しており、このこともまたペダリング習得を難しくしていると考えられる。

楽譜におけるペダリング指示が不明確なことは、実際の楽譜を見ればすぐにわかる。図2に、ペダリング指示の代表的な表記法の例を示す。Aに示した楽譜（Chopin作曲、作品9-2）[13]においては、ペダルを踏みこむ操作、離す操作がそれぞれ“Ped”と“*”の記号で指示されているが、これがピアノ譜で用いられている最も一般的な表記法である。上述したように、ペダリングによる音色調整はペダル踏み込み量を空間的・時間的に精密にコントロールすることで実現されるにもかかわらず、このような表記では、踏み込み量に関する情報は皆無であり、踏み込みタイミングも不明瞭である。Bに示した楽譜（Burgmüller作曲、作品100-19）は、ペダル習得用の教本[3]から引用したもので、折れ線によってペダル操作が指示されている。ペダリングに特化した教本に掲載されているだけあり、この楽譜ではペダル操作のタイミングが注意深く指示されている（打鍵したあとでペダルを踏みかえることが明示されている）が、このような表記でも踏み込み量や正確なタイミングを読み取ることは難しい。踏み込み量やタイミング

をより具体的に示す表記法の提案[4,7]や、詳細なペダル指示を行っている現代作曲家の楽譜[14]もあるが、出版されている楽譜のほとんどでは図2に示した表記法が用いられているのが現実である。習熟した演奏家であれば、このような指示だけでも（あるいは全く指示がなくても）試行錯誤して望ましい音色を得るペダリングを決定できるが、初学者には困難である（逆説的にいえば、このような音色調性能力を獲得することこそが学習者に求められている）。

また、打鍵ミスに比べてペダリングミスが判別しづらいことも学習者にとってペダリング習得を難しくしている要素の一つである。打鍵を誤った場合には、異なる音が鳴ったり音が抜けたりするので、初学者であってもミスにすぐに気づくことができる。一方、ペダリングの誤りは音色の濁りをもたらすものの決定的な音の違いが生じるわけではないため、音色を知覚する能力（いわゆる「聴く力」）が不十分な学習者には、その違いに気づくことが難しい。つまり、自分のペダリングが適切であるかどうかを判断する能力が不足しているため、技能を向上させる手がかりが得られないのである。

このように、ペダリング習得のポイントは、ペダル踏み込み量を精密に操作する身体運動的能力だけでなく、音色の微妙な変化や違いを聴き分ける能力にある。これら音色を聴き分ける能力と音色を調整する能力は「鶏と卵の関係」にあるといつてよい。つまり、音色を聴き分ける力がなければペダルを踏み分けようとする動機付けが生じず、逆に、ペダルを正確に踏み分けることができなければ、音色を区別して聞き取ろうとする動機付けが生じないからである。したがって、ペダリングの習得においては、ペダルを踏み分ける能力と音色を聴き分ける能力を対にして獲得していく必要があると考えられる。

先にペダリングの特性は演奏者ごとに大きく異なることを紹介したが、そもそもペダリングが音色操作の手段であるならば、それは個々の演奏者の表現手段であるから、演奏者ごとにペダリングが異なることは自明なことなのかもしれない。仮にそうであるならば、学習者は模範的なペダリングを習うのではなく、自分自身のペダリングを獲得しなくてはならないことになる。このことは、先に指摘した音色を判断する能力に加えて、そもそも「自分の望む音色はどのようなものか」を構成できる能力もまた重要であることを意味している。このように、ペダリングの習得には多様な能力を獲得する必要があるといえる。

本研究で提案する練習支援システムは、このようなペダリングに関わる多様な能力を獲得することを目的として、その手がかりとなる情報をペダル踏み込み量の可視化によって実現しようとするものである。

3. ペダル踏み込み量のフィードバック

前節までで述べてきたことを背景として、本節では学習者のペダリング練習を支援する方法について述べる。冒頭で述べた付加的情報フィードバックの手法では、技能学習者が運動中に直接的に観測できない、あるいは、観測しにくい情報を視覚・聴覚・触覚を通じて学習者に提供し、学習者がふだんは明確に意識できていない身体の状態や動き、環境の状況を自覚させ、それを手がかりとして身体感覚と技能パフォーマンスとの関係性の学習を促すことをめざしている。ペダリングにおいては、ペダルを操作する際の身体感覚とそれがもたらす音響効果との関係性を学習させることが重要であるから、ここでは、きわめてナイーヴな方法ではあるが、ペダル踏み込み量を可視化して演奏者に提示することを考える。

このような単純な方法であっても、ピアノ学習者に対して一定の効果が期待できる。まず、ペダルは足を使って操作するため、学習者は演奏中にペダル位置を視認できず、ペダル踏み込み量は足の感覚でしか判断できない。したがって、これを可視化して定量的に表示することで、自分がどれだけペダルを踏みこんでいるかを客観的に捉えられるようになる。これにより、普段はあまり意識することのないペダル操作の実態を具体的にとらえることができるとともに、ペダル踏み込み量と音色変化の関係性を系統的に捉えることができるので、両者の対応関係が学びやすくなる。また、これと並行して、足で感じる身体感覚と物理的なペダル位置との対応関係もより明確に認識できるようになる。また、さまざまなペダルの踏み方に応じてペダルがどのように動くかを観察しながら試行錯誤ができるので、ヴィヴラートペダル（ペダルを小刻みに踏みかえる技法）など技法を練習する際の手がかりを得ることもできる。このほか、演奏指導においてピアノ教師のペダリングの様子を可視化して見せることで、学習者にペダリングの具体像を伝達するうえでの便利な手段となりうる。

このように、可視化されたペダル踏み込み量と音の響き（ペダルの効き方）の関係性、および、ペダル踏み込み量と足の身体感覚の関係性が獲得されるのと並行

して、足の身体感覚と音色変化（ペダルの効き方）の関係性も同時に学習されるものと期待される。したがって、このような学習が十分に進んだあとは、本支援システムに頼ることなく、自身の感覚（身体感覚と聴覚）だけに基づいてペダリングを調整する能力が獲得されるものと考えられる。さらに、この学習過程では、音色を聴き分けてペダルを調整するというメタな能力が（徐々にではあるものの）向上すると考えられるので、練習で用いた楽器（自分の家のピアノ）だけでなく、それ以外の楽器（ホールのピアノ）を弾く場合でも獲得した能力は発揮されることも十分に考えられる。

このように、本研究では、ペダル位置を定量化して学習者にフィードバックすることで、それを手がかりにペダリングに関わる種々の感覚の相関関係の学習が促進され、さらに、それをきっかけとして一般的なペダリング能力の習得が促進されることを期待している。

4. 練習支援システムの実装

上記の構想に基づいて、筆者の研究室で保有するアップライトピアノ（Diapason 社, 126-S）を用いて練習支援システムを実装した。

ペダル踏み込み量はピアノ筐体内部にレーザー式測距センサ（Panasonic 社, HG-C1030）を設置して計測し、AD コンバータ（National Instruments 社, USB-6318）を介してサンプリング周波数 500 Hz で取得した。実験では、C5 鍵盤に対応するダンパに取り付けた測距センサのデータも取得し、ペダル踏み込み量とダンパの移動量の関係性も分析する。また、音響信号は共鳴板上とピアノ上部にそれぞれマイクロフォン（AKG 社, C411P および Earthworks 社 M30）を設置して計測し、音響インタフェース装置（Roland 社, Rubix22）を介してサンプリング周波数 44100 Hz で同一の PC に取り込んだ。ペダル位置、音響信号ともに MATLAB（Mathworks 社）によるプログラムにより計測・描画を行い、練習中にオンラインで情報フィードバックを行うとともに、練習後にオフラインでデータを確認できるように測定データを記録した。

なお、このシステムと同等の機能はさまざまな形で実装できる。例えば、電子ピアノを用いる場合は、打鍵情報が MIDI インタフェースを介して得られるので、これをペダル踏み込み量とあわせて提示することにより、学習者に打鍵とペダリングの関係性に関する情報を提供できる（注：MIDI 出力にもペダリング情報は含

まれているが、打鍵と同じくオン・オフのイベントとしての情報しかないため、連続的なペダル操作量の情報は得られない。なお、Repp ら[10,11]によるペダリング分析は MIDI のペダル出力に基づいて行われている。なお、簡易な距離センサをペダル直下に配置し、Bluetooth 等を介してその計測出力をスマートフォンに送り出すアプリケーションを作成すれば、スマートフォン上でペダル踏み込み量を確認できるシステムを安価に実装できる。

5. 練習支援システムの効果

本システムは身体技能習得における「気づき」を呼び起こすことを目的とするものであるから、その効果の評価には、このシステムを利用することで学習者がどのような気づきを得、また、その気づきが学習者の練習に対する向かい方にどのような変化をもたらしたかを検討することが重要である。練習過程で得る「気づき」の内容は学習者ごとに異なるから、この検証過程は必然的に一人称研究[16]となる。

以下では、筆者自身がこのシステムを利用したときに得られた気づきとそれが練習に与えた影響、さらに、その気づきから得られた新たな分析について述べる。筆者のピアノ演奏技能について述べておくと、筆者は幼少期に 5 年程度ピアノ教師について習ったのちは自己流で演奏するのみで、ふだんピアノに向かう時間はひと月に高々数時間にすぎない。技術レベルはアマチュア中級程度以下とあってよい。

（1）ペダル踏み込み量の提示方法について

現状のシステムは、ピアノの音声波形とペダル踏み込み量を、横軸を時間とするグラフとして実時間で表示するだけの単純な構成になっている（図 7 を参照）。

最初にこのような情報を見ながら演奏したときの印象を述べると、このグラフを見るだけでも自分がどれだけペダルを踏み込んでいるかは十分に読み取ることができた。一方で、センサの計測値がグラフ上に表示されるまでの時間遅れがあるため、可視化された情報を「一体感」をもって捉えることは難しかった。特に、ペダル踏み込み量を試験的に棒グラフにより表示した場合は、棒グラフの動きと自分の身体感覚がばらばらに感じられ、練習支援としてはほとんど役に立たなかった。この問題の解決には、情報フィードバックの時間遅れを最小化して一体感を高める方向に改良する方向性と、このような視覚を通じた情報フィードバックにお

いては実時間的な支援をあきらめ演奏を後付けで振り返る支援に限定する方向性が考えられるが、この点は今後の検討事項である。

このほか、このグラフから打鍵とペダル踏み込みの時間的關係性(例えば、打鍵してからペダルを踏みかえるまでどれくらいの時間遅れがあるかなど)を読み取することは困難であった。この問題はグラフ上の微妙な違いを短時間で読み取ることの難しさに起因するので、例えば、打鍵時刻と踏みかえ時刻の時間差を数値として表示するなどの方策が有効であると考えられる。

(2) ペダル踏み込みの感覚について

本システムを用いて最初に得た「気づき」は、ペダルを踏む際に感じる身体感覚と、物理的な踏み込み量(可視化されて表示される量)との関係性である。具体的には、このシステムを使って最初に感じたことは、主観的にはそれほど踏んでいる感じがなくてもペダルはかなり踏み込まれており、そこから踏み込んだように感じているもペダルは物理的にはさして動いていないことであった。つまり、筆者は、ペダルの踏み込み量を「正しく」知覚していなかったといつてよい。

図3にそのことを端的に表すデータを示す。この図は、音を鳴らさずに、ペダル上に「足を軽く載せた」と感じる状態を数回繰り返したときのペダル踏み込み量を示している。縦軸は、ペダルを離れた位置を0%、最も踏み込んだ位置(実験で使用したピアノでは約22mm)を100%として百分率表示した踏み込み量である。グラフ中の灰色の領域は、聴感上ペダルが効き始める位置(約40%:鍵盤を離れたあとも音の響きが残る位置)から、それ以上踏んでも音色が大きく変化しなくなる位置(約70%)までを表している(文献[4])にも示されているように、ペダル操作において音色が大きく変化する領域は可動域の30%程度にすぎない。

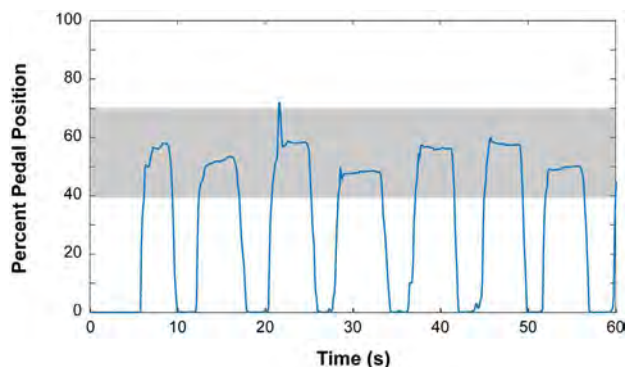


図3 ペダルに足を軽く載せたときの踏み込み量

この図からわかるように、筆者が足を軽く載せたと思っている状態でペダルはすでに50-60%踏み込まれ、ペダルが効いている状態になっていた。筆者は、このデータを見るまでこのことに気づいていなかったのも、これは驚きであったとともに、自分がいかに無頓着にペダルに足を乗せていたかを痛感させられた。

ところで、足を軽くペダルに載せているだけでペダルが効いているということは、逆にいえば、ペダルを切るために積極的に足を上げる必要があるということである。つまり、研究室のピアノを弾く際には、「ペダルを離す」という動作は、「足の力を抜く」のではなく、筋力で足を積極的に上げることで実現されていることになる。ただし、この点については次項で再び触れる。

(3) ペダル踏み込みに要する力の大きさ

前項で述べたような、ペダルの物理的な踏み込み量と踏み込み感覚との乖離は、筆者自身の知覚能力の問題に起因すると考えられる一方で、ピアノ自身の機械的特性が原因である可能性もある。そこで、ペダルを踏む力と踏み込み量との関係性についてさらに具体的に検討してみた。

再びピアノ内部の機械的構造をみると、グランドピアノ・アップライトピアノ双方において、ペダルを踏んだときは内部の機構を持ち上げることでダンパを弦から離すようになっている(ただし、グランドピアノではダンパは上下方向に動き、重力によってもとの位置にもどるが、アップライトピアノではダンパは水平方向に動き、バネの力でもとの位置にもどる)。したがって、ペダルを踏み込む力は機構の重さに逆らって持ち上げる力を反映していることになる。この関係性を明らかにするため、ペダルの踏み込み量とダンパ位置の関係性およびペダル踏み込み力と踏み込み量との関係性を計測してみた。

図4は、ペダルを5回完全に下まで踏む動作を繰り返したときのペダル踏み込み量とダンパ移動量の関係性を示したものである。横軸は百分率で表した踏み込み量、縦軸はダンパ移動量である。この図より、踏み込み量が40%程度まではダンパ移動量は小さく0.5mm程度にとどまっているが、このレベルを超えるとダンパ移動量が急激に増加することがわかる。このデータは、踏み込み量40%程度で聴感上ペダルが効き始めるという観察を一致している。一方で、この図は、ペダルを踏みこむ際と離す際には両者の関係性が異なるヒステリシス特性があることを明確に示している(ヒステリシスの原因はおそらくピアノ内部の機械的構造(バック

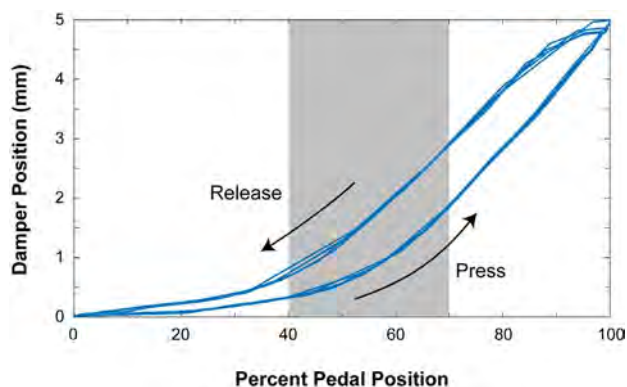


図4 ペダル踏み込み量とダンパ移動量の関係

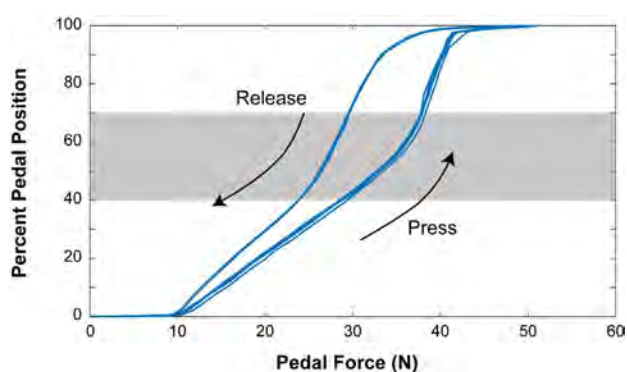


図5 ペダル踏み込み力と踏み込み量の関係

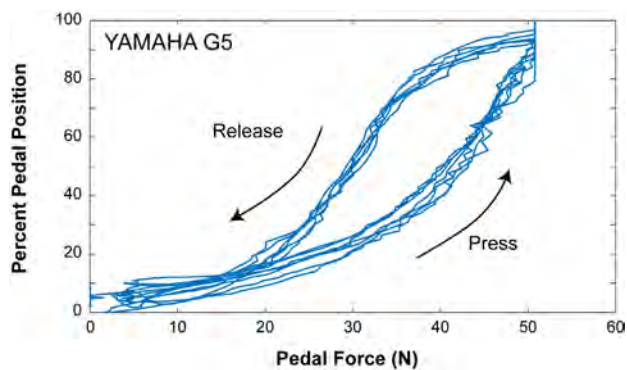
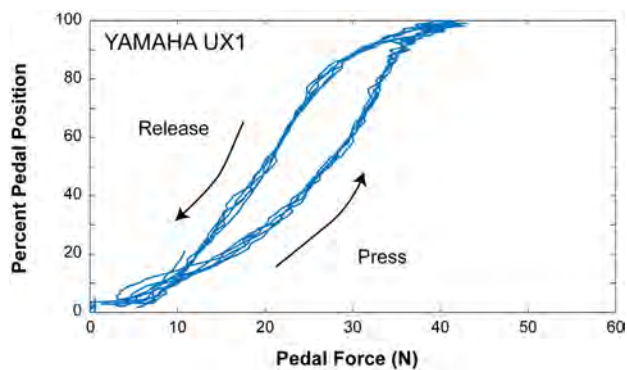


図6 他のピアノの特性

ラッシュ?)にあると考えられる)。この特性がペダル感覚にどのような影響を与えているかはよくわからないが、音色を最終的に定めるのがダンパ位置であることを考えると、この事実は、音色との関係性を学ぶには、ペダル踏み込み量よりも(打鍵されていない鍵盤の)ダンパ位置を学習者にフィードバックした方がよい可能性を示唆している(特に、音色が変化する領域でペダルを固定したときなど)。この点についてはさらなる検討が必要である。

次に、ペダル踏み込み力と踏み込み量との関係を図5に示す。この図は、荷重センサをペダルの最も幅の広い位置に押し当ててペダルを押し込んだときのペダル移動量を計測することによって得た。図5の横軸は踏み込み力であり、縦軸は百分率で踏み込み量を表したものである。この図より、踏み込み力と踏み込み量の間にも明確なヒステリシス特性が存在することがわかる。

前項では、ペダルに足を軽く載せた状態で踏み込み量が50-60%に達していることを述べたが、この図をみると、このレベルは踏み込み力と踏み込み量のあいだの直線的な関係性が崩れる地点であると同時に、ヒステリシスが最も大きな地点でもあることがわかる。これが偶然の一致であるのか、このピアノの機械的仕様によるものかは不明である。

このような特性が一般的なものであるかどうかを確かめるために、他社製のアップライトピアノ(YAMAHA社製, UX-1)とグランドピアノ(YAMAHA社製, G5)において同様の関係性を調べた結果を図6に示す。研究室のピアノと異なり簡易な装置を用いて計測したためノイズによる乱れが大きいものの、これらのピアノでも図5と同様の特性が観察された。一方で、ピアノごとの特性の違いも明確になった。

第一に、ペダル移動幅はピアノごとに異なり、研究室のピアノが22 mm程度、もう1台のアップライトピアノ(UX1)が28 mm程度であったのに対し、グランドピアノ(G5)は12 mm程度と半分程度に過ぎなかった。

また、グランドピアノのペダルはアップライトピアノと比べて「重かった」。アップライトピアノでは30 Nの力を加えるとペダルが40%以上動くのに対し、グランドピアノでは20%程度しか動かなかった。また、ペダルを完全に踏み込むのに、アップライトピアノでは40 N程度の力で十分であったのに対し、グランドピアノでは50 Nを超える力が必要であった。前項で足を軽く載せただけでペダルが効いてしまうことを述べたが、グランドピアノではそのようなことは起きないことに

なる（ペダルを積極的に踏みこんで初めてペダルが効き始める）。ペダル移動幅が小さいことも含めて考えると、グランドピアノでは、十分な力をかけてペダル位置を微妙に（ほんの数 mm）動かすことで音色を調整できるように作られているといえる。逆に、アップライトのペダルは軽く大きく動くことから（ただし、ペダルを押し込むのに必要な仕事量（エネルギー）の差は小さいかもしれない）、アップライトピアノの「ペダル操作感」はグランドピアノのものとは大きく異なるといえる。

ちなみに、この計測実験を行う前に、あるピアニストにペダル踏み込み時の身体感覚について尋ねたところ、「自分はペダル位置を明確に意識している」という答えが返ってきた。より具体的には、ペダルが効き始める（つまり、ダンパが弦から離れる）ときにわずかに「抵抗感」を感じ、それを手がかりにしてペダル位置を判断している、そして、微妙なペダリングが要求される時には、踏み込み量を閾値付近において素早く音色を調整できるようにしているとのことであった。

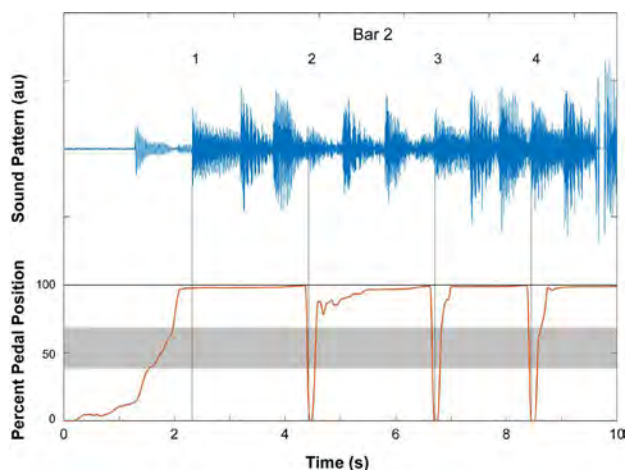
グランドピアノではペダルを踏む力は主としてダンパを持ち上げるのに使われる。ダンパが弦から離れる瞬間は、それまで弦が支えていたダンパの重みをペダルで代わりに受け止めるために踏み込み力が増加する（これが「抵抗感」の源と考えられる）が、いったんダンパが弦から離れてしまえば、そのあとは力を大きく増やすことなくダンパを持ち上げることができる。図6に示したグランドピアノの測定データは精度が低く厳密な議論はできないが、このような力の変化ポイントがこの図に示したカーブの 30-40 N あたりの折れ曲がり地点に対応すると考えられる。アップライトピアノでも物理的には同じ経過をたどるものの、（少なくとも成人男性にとっては）足を軽くペダルの載せただけでその折れ曲がり地点を通過してしまうため、そのポイントが知覚しにくいのではないかと考えられる（アップライトピアノは、身体の小さな子供のほうがペダルの操作感を得やすいのかもしれない）。

（4）ペダル踏み込みのタイミングについて

図2に楽譜を示した二つの曲の冒頭部を演奏したときの計測結果の一例を図7に示す。筆者はふだんペダルをいつでも踏んでいるか（踏み込み量が時間的にどのように変化しているか）を明確に意識しているわけではないが、ペダル踏み込み量の時間パターンと音との関係が可視化されて目の前につきつけられると、いやでもペダルの状態を意識させられることになり、そこからはさまざまな発見がある。

まず、図8Bのデータから説明する。この図からわかるように、筆者は最初の音を鳴らす前からペダルを踏み始めていて、最初の音が鳴ったあとにペダルを踏みかえている。音が濁る危険のない最初の音の直後にペダルを踏みかえる合理的な理由はあまりないので、これは無駄なペダル操作である。最初の音を十分に響かせたければ踏みっぱなしにすればよく、逆に、最初の音の音色を柔らかくしたければ、最初の音が鳴ったあとに初めてペダルを踏めばよいからである。一方で、ペダリングの時間パターンがその後も同じ周期で繰り返されていることを見ると、おそらく筆者は無意識のうちにペダルを踏んだ足で曲のテンポをとっているのであろう。このような無意識な動きを修正して、ペダル操作を自分のコントロール下に置くようにするうえで、このデータは示唆に富むものであった。

A



B

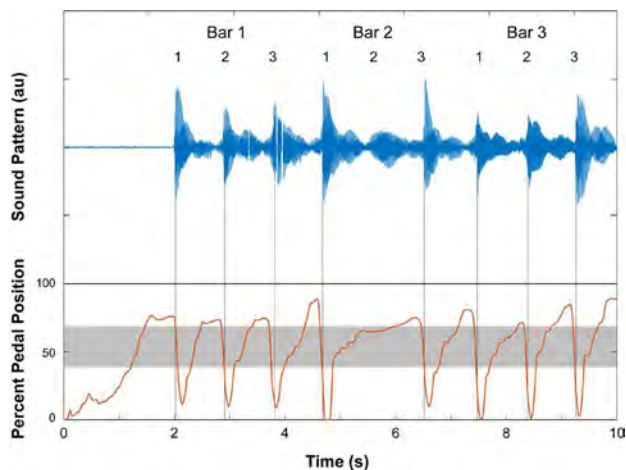


図7 可視化されたペダリングの様子

次に、図 8A のデータについて説明する。図 8A, B のペダリング時間パターンを比べると、両者のあいだにはさまざまな違いがあることが読み取れる。例えば、図 8A ではペダル踏み込み量が 0%と 100%のあいだをフルスイングするのに対して、図 8B では 20%程度と 80%程度のあいだを往復するのにとどまっている。また、ペダル踏みかえにおいても、図 8A ではほんの一瞬 (100-200 ミリ秒) だけペダルを離してすぐにフルに踏み込んでいるのに対して、図 8B ではペダルを離したあと時間をかけて踏み込んでいる。また、図 8B で指摘した最初の音での無駄な踏みかえは図 8A では見られない。これらの事実は、筆者が (本人は意識していないものの) 演奏する曲に応じてペダルの踏み方を変えていることを明確に表している。

二つの図で共通しているのは、ペダル踏みかえのタイミングである。いずれの曲においても、音の立ち上がり (図中の細い縦線) とペダルを離すタイミングはほぼ一致しており、次の音が鳴るとほぼ同時に前の音を延ばすペダルを切っていることを示している。ただし、異なる曲において同じタイミングでペダルを踏みかえることが望ましいことであるかどうかは不明である。この結果をみて、自分は演奏する曲によらずに決まったタイミングでペダルを踏みかえているのではないかという問題意識をもつことになった。あわせて、習熟した演奏家のペダリングパターンを知りたいという思いが強く生じた。

(5) 今後の発展

本稿で紹介したシステムは試用を始めたばかりの未完成のものであり、今後さまざまな学習者に利用してもらいその意見を聞く中で改良をつみかさねていく必要がある。その中で、特に検討すべき事項を二つあげておく。

第一は、習熟した演奏家のペダリングパターンを収録することである。これには二つの意味がある。一つは、習熟した演奏家がどのようにペダルを操作しているのか、その実態を明らかにできることである。もう一つは、どのようなペダリング技法があるかを学習者が知る手がかりが得られることである。上述したように、習熟した演奏家のペダリングパターンをそのまま模倣することが学習者にとって意味のあることであるかどうかはわからないが、少なくとも自分の知らないペダルの使い方を知ることは、新しい音色操作の方法を知り、作り出す音色の幅を広げるうえで強力な手がかりとなると考えられる。

第二は、実際にさまざまなレベルの学習者に本システムを利用してもらい、そこで得られる「気づき」の内容を蓄積することである。楽器を演奏する際の身体感覚は演奏者一人一人独自のものであり、練習の過程で気づく内容は学習者に応じて異なると考えられる。ある学習者にとって意味のある情報が、他の学習者にとっては意味がないといったことも十分にありえるが、他者の「気づき」を知ることで、自分がこれまで知らなかった知覚の世界を知るきっかけが得られる可能性もある。また、このような「気づき」の蓄積は、演奏指導の場面において、生徒と教師が互いの感覚を相互に理解するうえでの参考になると考えられる。

6. むすび

本研究では、ピアノ演奏におけるペダルの踏み込み量を可視化して演奏者にフィードバックするシステムを構築し、筆者自身が被験者となってその効果を検証した。上述したように、本システムを利用することで、筆者は自分のペダリングの実態を陽に知ることができ、自分の演奏状態を理解するとともに、今後の練習の中で注意すべきことを発見できた。筆者の得た「気づき」と同じ「気づき」を他の学習者が得るかどうかはわからないが、「気づき」の中身が学習者ごとに違っていたとしても、それが一人一人の学習者が練習に向かううえで新たな手がかりを与えるものであれば、本システムの効果は十分にあるといえる。その点で、このシステムに活かし方は利用者に依存しているといつてよい。

本研究の過程で、グランドピアノとアップライトペダルにはペダル特性に大きな違いがあることに気づかされた。アクション機構の違いからこれらのピアノあいだに打鍵感覚の違いがあることはよく知られているが、ペダリングにおいてもかなりの違いがあるようである。多くの演奏家がグランドピアノを用いて練習・演奏活動を行っていることを考えると、本研究においても、今後はアップライトピアノだけでなくグランドピアノを用いて検討を進める必要がある。これらのピアノを弾く際の身体感覚の違いの原因を明らかにし、それぞれのピアノに向かう際の留意点を指摘できれば、ピアノの個体差に対応する能力を効率的に学ぼううえで有用な知見が得られるかもしれない。

一方で、このような特性の違いがあるにも関わらず、習熟した演奏家がいかなるピアノでも望ましい音色を演奏できることは、音色を聴いて演奏方法 (身体の使い

方)を調整できる能力が演奏家にとって重要な能力であることをあらためて示している。本研究の意義は、最終的には、本システムを利用した練習がこのような能力の涵養にどのように寄与できるかにかかっているといえよう。

本研究の一部は、カワイサウンド技術・音楽振興財団研究助成(平成30年度)による支援、および、JSPS科学研究費補助金挑戦的研究(萌芽)19K228866を受けて行った。この場を借りて謝意を表す。

文献

- [1] 諏訪, (2016)「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学, 講談社, 2016.
- [2] 阪口, (2019): “情報フィードバックの有効性を手がかりとした身体技能遂行過程の理解”, 2019年度日本認知科学会第36回大会論文集, os06-6, 926-931.
- [3] 堀江 (2014): ピアノ・ペダルテクニック基礎編, ヤマハミュージックエンタテインメントホールディングス出版部.
- [4] シュナーベル (青木訳), (1964): ペダルの現代技法, 音楽之友社.
- [5] ブラウス (市田, 朝山訳), (2013): ピアノを歌わせるペダリングの技法—「いつ踏むか」ではなく「どう踏むか」, 全音楽譜出版社.
- [6] バノウェツ (岡本訳), (1998): ピアノ・ペダルの技法, 音楽之友社.
- [7] リンド (北野訳), (1976): ピアノ・ペダルの芸術, 音楽之友社.
- [8] クロイツァー (村上役), (1969): 芸術としてのピアノ演奏—ピアノ奏法の新しい美学, 音楽之友社.
- [9] 笈田 (1957): ピアノペダルの使い方, 音楽之友社.
- [10] Repp, B. H. (1996). “Pedal Timing and Tempo in Expressive Piano Performance: A Preliminary Investigation”, *Psychology of Music*, Vol. 24, pp. 199–221.
- [11] Repp, B. (1997), The effect of tempo on pedal timing in piano performance. *Psychological Research*, Vol. 60, pp. 164–172.
- [12] Bernays, M., & Traube, C. (2014). “Investigating pianists’ individuality in the performance of five timbral nuances through patterns of articulation, touch, dynamics, and pedaling”, *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, No. 157.
- [13] International Music Score Library Project (IMSLP): https://imslp.simssa.ca/files/imglnks/usimg/1/1a/IMSLP34916-PMLP02312-Chopin_Klavierwerke_Band_1_Peters_Nocturnes_Op.9_1200dpi.pdf
- [14] Rosenblum, S. P. (1993) “Pedaling the Piano: A Brief Survey from the Eighteenth Century to the Present”, *Performance Practice Review*, Vol. 6, pp. 158–178.
- [15] Rowland, D. (2008), *A History of Pianoforte Pedalling* (Cambridge Musical Texts and Monographs). Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] 諏訪, 堀, (2016) 一人称研究のすすめ: 知能研究の新しい潮流, 近代科学社.