

楽器が演奏者と互恵的な関係を築くためのアプローチ ーピアノのハンマーの状態に着目した演奏分析ー

高久 新吾^{*1} 桐山 伸也^{*2}

An approach for building a reciprocal relationship between the instrument and the performer

-Performance Analysis Focusing on the Condition of Piano Hammers-

Shingo Takaku ^{*1}, Shinya Kiriya ^{*2}

Abstract - In general, it is very rare for an individual to carry a piano, and in concerts, the piano provided at the venue is often used. After the piano is delivered to the venue, it will change over time as it is placed in various environments, and consumable parts will deteriorate, resulting in changes in timbre and touch. For this reason, the pianos in the hall are not always kept in the same condition, and not all of them are kept in good condition depending on the location and management method. This study used three types of pianos, and analyzed and considered performance recordings and questionnaire surveys. Among them, we analyzed the items that showed individual differences, such as the sound desired by the performers and the feeling of the keyboard, and clarified the items that showed individual differences and those that did not, based on statistical analysis. In addition, after sorting out the viewpoints based on the presence or absence of individual differences, a detailed analysis including free-form comments was conducted, and the actual conditions of what characteristics players emphasized regarding the state of the piano were investigated.

Keywords : piano, hammer hardness, performers' adaptation to instruments ,performers' personal characteristics

1. はじめに

演奏者のほとんどは楽器に対して拘りを持っている。特に演奏会で使用する楽器は、直接聴衆への耳に入る源であるゆえ、本番用と練習用の楽器を使い分けている演奏者も存在する。一方、「弘法筆を選ばず」のように楽器を問わない演奏者は稀といえる。ただし、この場合の楽器は、演奏者自身で運搬可能な楽器の種類に限られる。ピアノやパイプオルガン、大型のパーカッションなど、重量があり運搬が難しい楽器となると当然、演奏会場に備わっている楽器を使用することになる。ピアノはその代表であり、ピアノ奏者の楽器を演奏会場に持ち込んで演奏することは非常に稀である。すなわち、自己の所有するピアノで本番演奏することが極めて少ない。自宅で演奏会を開催するなど以外は、必然的に演奏会場に備わっている第三者のピアノを使用しなければならないため、演奏しなければならない楽器の状態に関してデリケートな神経を使う。またピアノ演奏時の緊張による心理的ストレスが演奏に及ぼす影響について調べた研究によると、舞台での緊張に伴い、前腕の筋の収縮量や打鍵の強さが増大することが報告されている。さらに、舞台上で演奏する際には、ホールやピアノの音響特性をあらか

じめ演奏者は知ることが出来ないため、演奏者は意図した音と異なる音を聴取しなから演奏することになる[1]。

例えばコンサートホールでは備え付けのピアノには専属の調律師が存在し、ピアノの状態を管理している。一般的には、ピアノは一定の温度・湿度が保たれた「楽器庫」に置かれ、調律師による定期的な調律や、88個の鍵盤を通じてピアノの弦を打ち発音させる機能（以下：アクション）の調整等が行われている。また、コンサートの度に調律（調弦）を行う場合が多いが、ごくまれに外部からの調律師が行う場合がある。特に著名なピアニストとなると専属調律師を同行させることがある。それぐらいにピアノの状態は演奏者にとって重要である。

ピアノの保守管理技術には、専門的な訓練が必要である。国内外に専門の教育機関やメーカーの養成所が存在し熟練技術者が後輩、弟子達に実地で教える方法で技術が伝承されている。手入れされていない楽器は「演奏者の意思により自由に演奏できる」という楽器としての機能を果たさない。この保守管理技術は、調律・整音・整調・修理に大別される。調律とは各鍵に対応する弦の振動数を一定の規則（音律）にしたがって調整し、音階を作成する。整音とは、打弦を行うハンマーの硬さを調整し、部分音構成を調整する作業である。また整調とは、打弦機構の機械的な調整を行う作業である[2]。

コンサートホールの専属調律師は特定のピアニストの好みに偏らないよう、音色の変化、特にハンマーフェルト（以下：ハンマー）の過剰な変化、特に針を刺して柔ら

*1: 静岡大学創造科学技術大学院

*2: 静岡大学

*1: Graduate School of Science and Technology,
Shizuoka University

*2: Shizuoka University

かくする、或いは硬化剤（主な成分はラッカー・除光液）を塗布して硬くする行為を制限されている。しかし、ピアノが使用される頻度が多くなればハンマーは弦を叩く回数が増え、叩いた後の溝が深くなるため、平らにする必要がある。即ち、ハンマーを「削る」事になる。削ればハンマーの体積が減少し、元の音色に完全に戻すことは物理的になくなるが、近い音色に近づけるために、針を刺して音色を整えるという作業を行う。また、ピアノの使用頻度が低い場合、ハンマーの圧縮が緩み、柔らかい状態になる場合がある。また湿度によってハンマーが水分を吸収すると、圧縮が緩み柔らかくなる。その際に元の硬さに戻すため硬くする、即ちハンマーに「硬化剤を塗布する」事になる。

そのように新品の状態から納入された後、様々な環境に置かれたピアノは時間を経ると変化していき、消耗部品は劣化していくなど、音色やタッチに変化が出てくる。そのため、ホールに備わっているピアノは必ずしも一定とは言えず、場所や管理方法により良い状態で置かれているものばかりではない。その場所で、ピアニストは演奏に使うピアノの状態を数時間のリハーサルの間に見抜き、理解することが出来なければ、弾きこなせられない[3]。

本研究では、ピアニストがピアノの状態、とりわけハンマーがどれだけ劣化・消耗しているのか、ハンマーの整形が正しく成されているのかといった状況を把握しているかを、主にアンケート調査から分析・考察していく。その中で演奏者の求める音や鍵盤の感じ方など、特に個人差が見られた項目において分析していく。

2. 関連研究

先行研究を概観すると、客観的指標となるピアノ音響におけるアクション機能やハンマーフェルト、本稿で触れるペダルなどの示唆に関連する研究として以下が挙げられる。

ソフトペダル機構とは、ウナコルダペダル（una corda pedal）とも呼ばれ、このペダルを踏むと、鍵盤とアクションがその土台のキーフレーム（key frame）ごと向かって右に移動する。これによって弦を打つハンマーの位置が移動するため、音量や音色が変化する[4]。その効果としては、低音から高音域までキー全体にわたって連続的に、各キーについての打鍵感と音量感を ppp から fff まで比例的に変えられることである[5]。

また、ピアノでは指の加減で音量のグラデーションをつけることが楽器の性能上困難であるが、ソフトペダルによって打弦する弦の数が1本減少するため、劇的な音量の変化を容易に作り出せることになった[6]。よってソフトペダルを「弱音ペダル」と称する場合がしばしばある。3本張られた弦は2本だけ、2本ずつ張られた音域では1本の弦だけ、さらに低音域に1本だけ張られた箇所では、ハンマーの柔らかい部分で打弦する[7]。

その他ペダルの効果として一般的に使用されるダンパーペダルの応用として、「アクセントペダル」や「ハーフペダル」がある。アクセントペダルは一つの音、または一つの和音を響かせ、豊かにする機能である。つまり、音色を変化させる効果を持つ[8]。ハーフペダルは、ペダルの上げ下げを素早く行い、主に中音域以上の音を減衰させる、或いはダンパーを完全には上げずにわずかに弦に触れさせ続けることで、完全にペダルを踏んだ状態よりは短い響く音を残すペダリングである[9]。

ハンマーヘッドは、木片の細い先端をフェルト（内側フェルト、外側フェルト）で巻いた構造であり、その製造過程はつぎのようになっている。①低音側から高音側に厚みが直線的に変化する1m×1mほどの矩形フェルトシートから台形の断面形状を有する外側フェルトを作る。②木版、内側フェルト、外側フェルトを重ね合わせ、金型により接着剤とともに水蒸気を加えながら加熱・圧縮し整形固定する。③スライスしてひと組のハンマーセットを完成する[10]。ハンマーの整音とは、打鍵を行うハンマーの硬さなどを調整し、部分音構成を招請する作業である。具体的には、ハンマーの表面を針で刺したり、やすりで削ったり、あるいは化学物質を使用することにより行われる。この作業は感覚的で、しかも不可逆的な操作を含むことから、ピアノの保守管理技術のなかで特に難しいとされる[11]。

ハンマーヘッドの硬度変化と音響特性変化の相関に関する研究では、アップライトピアノの自動演奏を使用し、ハンマーの硬度が高いほど高次倍音成分が含まれているなどを示唆している。また調律師によってハンマーを変化させ録音実験も行っているが、実際に演奏者であるピアニストの意見等は存在しない。また、ハンマーのフェルト動圧縮特性については、力学モデルを用いて打弦力曲線の形状を理論的に推定することを目的とする場合に、従来の学者の用いたハンマーフェルトの硬さに関する仮定は適当ではないとしている[12]。

ピアノハンマーフェルト硬化剤の効果と影響について、筆者も研究を行っている。過度な硬化剤の注入によって硬くなりすぎたハンマーは、針を刺すなどして元に戻す必要があるが、ハンマーフェルトの繊維を針で切断するというリスクが生ずる。したがって、ハンマー硬化剤を使用した整音では、硬化剤の濃度と注入量を考慮しながら慎重に行わなければならないと結論している[13]。

第一著者の高久は、自分自身で傷んだ楽器を修復し、音の鳴りの悪いピアノの原因の一つである、ハンマーの硬度の調整を長年行ってきた。特に湿度の高い場所に置かれたピアノや古くてハンマーが摩耗しているピアノはハンマーの整形が必要である。そのため、薬品を使用するだけではなく、やすりなどでハンマーを削ることも必要なため、理想的なハンマーの形を実際にピアノの音を出しながら習得した。薬品の濃度及び注入量は様々な環境下に置かれたピアノの状態とハンマーの柔らかさを勘案して調整し、音色を実際に確かめながら適量を判断し

ていく。このように第一著者自身がハンマーを変化させる技術を習得しており、本研究において実験を行うことが可能となった。これまでの先行研究ではハンマーを意図的に変化させ、試験演奏者による調査を行ったという前例は見当たらないため新規性に富んでおり、また、ピアノ奏者と調律師との良好な関係づくりに貢献できる。ピアノ奏者は調律師に、狂った弦を合わせる、いわゆる調弦のみならず、好みの音色にしてもらうことを求める。その際に、ピアノ奏者の理想通りにならないことも多々あり、その原因の一つとして、ピアノ奏者の調律に対する知識不足並びに、調律師のピアノ奏法に対する知識不足が平行線を辿るケースが散見される。本研究は、ピアノ演奏者と調律師が、それぞれの立場をお互いに理解し合い、ウインウインの関係を築くコミュニケーション支援に資することが期待される。

3. ハンマーの役割やピアノの構造・物理的な特性について

3.1 ハンマーの状態とは

ピアノの発音部分であるハンマーについての情報は得にくい。具体的には、当日に使用するピアノと対面しても、ハンマーの状態がピアニストにとって良い状態なのか、悪い状態なのか分かりづらいことにある。ピアノの構造上、アクションの奥に存在するハンマーは、上から覗き込むことは可能であっても、ハンマーそのものを手で触る、硬柔の状態、消耗している状態など、これらの情報を得ることは困難を極める。基本的にハンマーを手取ることはピアノの構造を熟知している調律師しか出来ない。ピアニストは鍵盤を通してハンマーを打弦させ、演奏することは出来るが、それだけではハンマーの物理的な状態を把握できない。一般的にピアニストはピアノの状態を

- 1) メーカーブランド
- 2) 製作年（何年前に製造されたのか）
- 3) 保管されていた場所の温度
- 4) 保管されていた場所の湿度
- 5) 調律の頻度、

などの情報を得て判断する。これらの事によって、コンサートに臨むピアニストは、状態不明のピアノに適応した演奏が求められる。

3.2 新品のハンマーと経年劣化したハンマーの差

ピアノが製造される工程の最終作業に「整音」がある。多数の部品から構成されるピアノパーツは天然の木材が使用されるため、一台ごとに個性が表れるが、その中で羊毛（フェルト）を圧縮して製造されるピアノハンマーは特にフェルトの状態（老若、長短など）や、硬柔などによって音色が変わってくる。そのため、工場出荷可能、言い換えれば、ピアノとして完成できる状態にするためには、職人によるハンマーの整音が不可欠である。ハンマーは製造された直後の状態は硬めであるため、針を用

いて製造技術者の判断で整音される。新品のピアノは弾き手の好みがあるものの、ある程度、完成させられた状態である。一方、経年劣化したピアノとは、納品された後の部屋・ホールなどの環境、主には温度・湿度や使用された頻度などによって、ハンマーなどの消耗品の状態が変化する、或いは木材部分が水分を吸収されることによって劣化していく状態を示す。このため、経年劣化した楽器はハンマーフェルトの状態が適度の弾力や硬さにばらつきが見られ、音色が一定でない場合があり、新品の状態と比較して性能面で劣っている。

ハンマーが経年劣化していく過程について先述したように、製造から年月が経過すると全く使用されないか、頻繁に使用されるかのどちらにせよ、ハンマーは必ず変化していく。ピアニストの心理としては新品に近い状態であることを望むが、そうでない場合に備えて表現がなるべく理想に近いパフォーマンスになるように努める。ピアノの主な変化点を挙げると主に、ハンマー、アクション部品、ペダル部品、響板が相当する。アクション部品には鹿革が使用されるため剥げたり擦り減ったりする。ペダル部品には金属部分に錆などが発生し、羊毛部品は変形する。また響板や木製部品の接着には「膠」（にかわ）が使用されるため、劣化して（いわゆる「膠切れ」）部品が緩む。

4. 実験目的と方法

4.1 実験の目的

ピアノに限らず、楽器が演奏者に選ばれる、あるいは演奏者が楽器を選ぶ場合、楽器はある程度の性能を担保している必要がある。演奏者は自身の演奏技術だけではなく、演奏する楽器の表現力に頼ることも多々あるためである。表現力に乏しく性能が担保されていないピアノで演奏しなければならない場合、ピアニストがどのように対処する、或いはどのように影響されるのかの「傾向」を導き出すことを本研究では狙いとしている。特にピアノは備え付けの楽器として広く浸透しており、一台の楽器が多くの人に演奏される。更には国際ピアノコンクールでは最低でも3台のピアノが準備され、コンテストはそれらの中から一台を選ぶ必要がある。

ピアニストが本番においてベストな演奏をするためには、ピアニスト自身が即座に本番で使用するピアノの状態を把握し、リハーサルでの短い時間に音色やタッチなどの演奏表現法を検討しなければならない。

ピアノは自前の楽器ではなく演奏会場に備わっている楽器を使用することが一般的であり、演奏者が求めている状態でないピアノ、つまり不適切な状態のピアノに遭遇するケースが多い。本実験ではそのような場合を想定し、演奏者の視点からピアノの状態や調整の希望などを調律師に適切に伝えるために必要な情報とは何か、そして演奏者のリクエストに調律師はどこまで応えられるのかの検証を通して、楽器が演奏者と互恵的な関係築くための

手法開発に繋がる知見獲得を目指す。特にピアノの最も変化しやすく消耗が激しい部品であるハンマーフェルトの状態に着目する。演奏者の特性を明らかにした上で、各演奏者の演奏スタイルの調整がどのように行われたのかを検証し、楽器に対する演奏者の適応スキルの特徴を明らかにすることを目的とする。

4.2 実験の方法

4.2.1 録音による調査

①使用するピアノ

実験に使用するピアノは、日本国産河合楽器社製グランドピアノ、奥行き 186cm のモデル 2 台である。1 台はモデル RX-3A で「ピアノ α」、1 台はモデル GS-30 で「ピアノ β」とする。両ピアノは製造時期は異なるが、奥行などのサイズは全く同じである。

②ハンマーの状態を変化させる方法

本研究では「ピアノ α」のハンマーの状態を「硬い」、「柔らかい」状態に変化させた。ハンマーの状態を変化させる方法は、硬く変化させる場合、ハンマーフェルトに硬化剤を塗布し、ハンマーを硬い状態にした。なお、調律は A=442Hz で行った。硬化剤は㈱渡辺商店製造「#217-TYPE2 ハンマーフェルト硬化剤トップ用 TYPE2」を、高音域 (C6:1051Hz-C8:4205Hz) に 1-2ml、中音域 (C3:131Hz-B5:992Hz) に 3-4ml、低音域 (A0:27Hz-B2:124Hz) に 6-8ml 塗布した。このピアノを「ピアノ α 硬」とする。

柔らかく変化させる方法は、ピアノ α のハンマーフェルトに軟化剤を塗布し、一旦通常な状態にハンマー戻した後、更に柔らかい状態にした。通常な状態とは録音した音データを手掛かりにしたもので、筆者の聞いた感覚であるが、軟化剤とハンマーに針を刺して微調整しながら行った。軟化剤は㈱渡辺商店製造「#219 ハンマーフェルトソフトナー/Hammer felt softener」を、高音域 (C6:1051Hz-C8:4205Hz) に 2-4ml、中音域 (C3:131Hz-B5:992Hz) に 6-8ml、低音域 (A0:27Hz-B2:124Hz) に 12-16ml 塗布した。このピアノを「ピアノ α 柔」とする。なお、実験ではピアノ α 硬からピアノ α 柔に変化させ、再度ピアノ α 硬に戻しているが、ピアノ α 硬のハンマーの硬度は同一となるよう調整した。これも音データによって硬度を調整しているため、筆者の聞いた感覚で同一に調整した。

またピアノ β はハンマーの状態を全く変化させない、通常の音色で調整したものである。ハンマーを意図的に変化させたピアノ α と比較するために、特に意図的に変化はさせていない、いわゆる万人向けに調整されたベターな状態のピアノである。

③試験演奏者へ指弾させる内容・順番

試験演奏者は 10 名のピアニストで、演奏曲目には同一共通課題曲 (ハ長調スケール:ハノン 60 の練習曲より) を全員一回ずつ課した。同一共通課題曲の設定は試験演奏者によって力量に差があることを考慮してハ長調を指定した。またハ長調は全て白鍵で演奏されるがミスタッチも起こりやすい。特にピアノ α 硬とピアノ α 柔との演

奏を比較するために適していると判断した。試験課題曲は更に任意の自由課題曲を演奏させた。この演奏実験では、予めハンマーの硬柔を変化させていることは伏せたうえ演奏を行い、また演奏前には試奏 (試し弾き) を約 3 分実施した上で、録音を行った。

演奏順は 10 名の試験演奏者を、試行するピアノの順番を変えた 3 グループに分けて、グループ名と番号からなる ID を付与した。

・演奏実験試験演奏者: C1, C2, A3, B4, B5, C6, B7, A8, A9, C10

3 つにグループ分けした演奏順であるが、

・A グループは、一回目「ピアノ β」、二回目「ピアノ α 柔」、三回目「ピアノ α 硬」

・B グループは、一回目「ピアノ α 硬」、二回目「ピアノ β」、三回目「ピアノ α 柔」

・C グループは、一回目「ピアノ α 硬」、二回目「ピアノ α 柔」、三回目「ピアノ β」

以上である。

また、1 回目、2 回目、3 回目はそれぞれ 2 日以上間隔を空けた。これによって、各ピアノの前後による印象を希薄なものとすると同時に、演奏においても客観的にデータを得るためである。

表 1 第 1 回目、第二回目、第 3 回目の演奏実験一覧
Table 1 First, Second, Third performance experiment
Performance order.

実験回数	ピアノ種類	試験演奏者 (演奏順)							
1 回目	ピアノ α 硬	C1	C2	B4	B5	C6	B7	C10	
	ピアノ β	A3	A8	A9					
2 回目	ピアノ α 柔	C1	C2	A3	C6	A8	A9	C10	
	ピアノ β	B4	B5	B7					
3 回目	ピアノ α 硬	A3	A8	A9					
	ピアノ α 柔	B4	B5	B7					
	ピアノ β	C1	C2	C6	C10				

④演奏者の特性

試験演奏者の演奏経験や力量は、全音楽譜出版社の第 1 課程 (初級下: A: バイエル程度) から第 6 課程 (上級上: F: ショパン練習曲程度) までの演奏力量を持っていることを基準に分けた。

表 2 試験演奏者の特徴とピアノ演奏経験・力量一覧
Table 2 Characteristics and piano playing
experience/competence of the test performers.

グループ番号	使用ピアノ	演奏スタイル	演奏ジャンル	好みのピアニスト	力量
C1	50年経過 ヤマハ	伴奏	ジャズ・ポピュラー	グールド、エバンス	D
C2	24年経過 ヤマハ	伴奏	ロマン派	グールド、アラウ	F
A3	28年経過 ヤマハ	ソロ	古典派・ロマン派	ツィメルマン	E
B4	38年経過 ヤマハ	ソロ	ロマン派・近現代	無し	F
B5	40年経過 ヤマハ	伴奏	ロマン派	辻井、アルグリッチ	F
C6	43年経過 ヤマハ	伴奏	古典派・ロマン派	アルグリッチ、グールド	F
B7	40年経過 カワイ	指導	古典・ポピュラー、邦人	チックコリア	E
A8	25年経過 ヤマハ	伴奏	ポピュラー	フジコ、反田	F
A9	29年経過 ヤマハ	ソロ	ロマン派	ボリーニ、ピリス	F
C10	18年経過 ヤマハ	ソロ・伴奏	古典・ロマン派・近現代	ツィメルマン	F

⑤録音方法

3種類のピアノでの演奏の違いを、聴取により比較すること、及び演奏時間の違いを分析することを目的に、試演時の演奏を録音した。録音機材は河合楽器製作所の「ピレコ」を、ピアノ響板直下にある高音部支柱と低音部支柱に取り付けた（図1）。

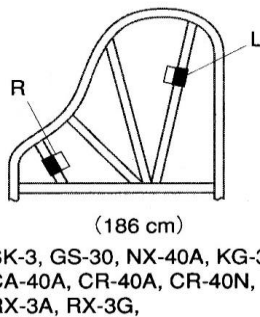


図1 「ピレコ」メーカーが指定する録音方法
Fig.1 Recording method specified by the 'pireco' manufacturer

この録音機は録音のためのアンプと CD レコーダーが一体となっており、附属のマイク2本をピアノ下部の支柱に取り付けることが可能である。録音メディアはCD-Rで、44.1kHzのサンプリングレートで演奏音を録音した。ピレコはピアノの大きさ（奥行）によって1本はマイクを取り付ける場所が変わる。支柱にマイクを設置する方法であるため、マイクスタンドを立てて録音する際に必要な測定距離を計測する必要がなく、全ての演奏に客観性を持って録音することが可能である。なお、録音はピアノレッスン室で行った。

4.2.2 アンケート調査

音色や鍵盤を弾いた時の感触、好みなど、演奏者の視点でピアノの状態を評価するための観点を心理学的測定法[14]に基づき検討し、リッカート尺度で回答する8つの質問項目及び自由記述からなるアンケート調査を設計した。全被験者に対して、演奏直後の全3回アンケートに回答させた。8つの質問項目は以下の通りである。

1) 鍵盤の重さは軽いか、重いか（鍵盤の重さ）

2) 鍵盤の深さは浅いか、深いか（鍵盤の深さ）

3) 弾きやすさは弾きやすいか、弾きにくい（弾きやすさ）

4) 音の感じは硬いか柔らかいか（音の感じ）

5) 音の好き嫌いは好きか嫌い（好き嫌い）

6) 同一共通課題は弾きやすいか、弾きにくい（スケール）

7) 音楽的な表現については表現しやすいか、表現しにくい（表現）

8) 楽器の好き嫌いは好きか、嫌い（楽器の好み）

以上8項目である。

4.2.3 統計処理

アンケート結果の検定に際しては、8項目の質問に対する回答が、ピアノα硬とα柔、及びピアノβと2種類のαの計3通りについて、2群間で傾向の違いがあるかどうかを調べるため、統計解析ソフトウェアRを使用し、有意水準5及び1%でWilcoxonの符号順位検定を実施した。

5. 実験結果

5.1 アンケート結果と個人差に着目した統計分析

8項目のアンケート結果に対し3種類の（ハンマー状態が異なる）ピアノ間でWilcoxonの符号順位検定を行った結果をFig.2に示す。3種類のピアノの違いを●▲■の記号で表し、各項目の中央値に配置した。各2群間についてボンフェローニ(Bonferroni)法、スティール・ドゥワス(Steel-Dwass)法等による修正は行っていない。ピアノα柔とピアノα硬の間では「鍵盤の重さ」と「音の感じ」において有意水準5%で有意差が認められ、「鍵盤の深さ」においては有意水準1%で有意差が認められた。また、ピアノα硬とピアノβ（最適）の間では「音の感じ」「表現」の項目において有意水準5%で有意差が認められ、全てのピアノ3台（ピアノα柔、ピアノα硬、ピアノβ）の間では「鍵盤の深さ」「スケール」の項目においては有意水準5%で有意差が認められ、「音の感じ」では有意水準1%で有意差が認められた。

同一曲の演奏時間を分析するために演奏時間データについて、安定して演奏している最後の繰り返し部分（繰り返しなしの場合は演奏開始から演奏終了までの時間）を10名の被験者についてSPwaveを用いた手動ラベリングによって算出し、Paired T-testによって検定したところ、ピアノα硬とα柔の間に有意水準5%で差が認められた(p=0.01026)。

一方、α硬とβ、α柔とβの間には有意差は認められなかった。

表3 同一曲の演奏時間

Table 3 Performance time of the same song

	ピアノα硬演奏時間	ピアノα柔演奏時間	ピアノβ演奏時間
C1	10.32	10.16	10.035
C2	6.027	6.21	6.175
A3	6.381	6.511	7.032
B4	4.989	6.06	6.03
B5	6.693	6.845	6.74
C6	4.59	4.83	5.101
B7	9.152	9.431	8.503
A8	7.257	7.992	7.851
A9	6.39	6.69	6.84
C10	6.757	7.146	7.373

演奏時間についてピアノα硬とピアノα柔とを比較してみると、10名中9名、ピアノα硬の方がテンポが速くなっている。これはハンマーが硬い方が弦を叩いた際の反応が速いため、テンポが速くなると推測される。

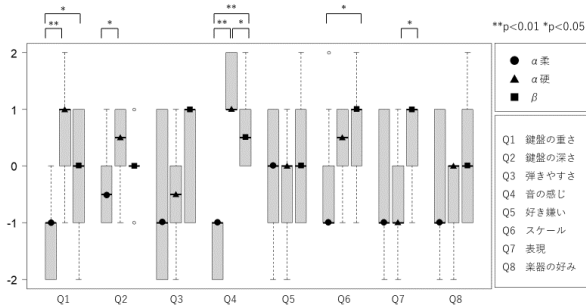


図2 Wilcoxon の符号順位検定
Fig.2 Wilcoxon signed-rank test

5.2 ピアノ別のアンケート結果

5.2.1 ピアノα硬に対するアンケート結果

表4 ピアノα硬の結果
Table 4 Result of piano α hard

	非常に重い	重い	普通	軽い	非常に軽い
Q1 鍵盤の重さ	0	2	1	5	2
	非常に深い	深い	普通	浅い	非常に浅い
Q2 鍵盤の深さ	0	1	4	5	0
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q3 弾きやすさ	1	4	3	2	0
	非常に柔らかい	柔らかい	普通	硬い	非常に硬い
Q4 音の感じ	0	0	0	6	4
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q5 好き嫌い	1	3	5	1	0
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q6 スケール	0	2	3	5	0
	非常に表現しづらい	表現しづらい	普通	表現しやすい	非常に表現しやすい
Q7 表現	1	6	1	2	0
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q8 楽器の好み	1	3	6	0	0

個人差がある項目では、「弾きやすさ」、「好き嫌い」、「表現」が4段階に分かれている。肯定的な自由記述では「テンポの速い曲が弾きやすい」、「細かい音が弾きやすい」、「指先の感覚が鍵盤を捉えやすい」との内容から、ハンマーが弦に当たる瞬間に起こる衝撃度が強いと、弾いた瞬間に次の指が用意しやすくなると考えられる。否定的な記述では「色彩の変化を付けるのが難しい」、「細かい表現が難しい」との内容から、指先の微妙なコントロールが困難ではないかと考えられる。

個人差がない項目では、「鍵盤の深さ」、「音の感じ」、「楽器の好み」が挙げられる。肯定的な自由記述では「独奏の場合は華やかに聞こえる」、「すっきり抜けた明るい音色」との記載から、派手目の音色を必要とされる曲や場面には適していると考えられる。否定的な記述では「タッチがもう少し深めになると弾きやすい」との内容から、ハンマーが硬いと音が鳴るタイミングが早く感じられると考えられる。実際、鍵盤の深さが「浅い」と回答した試験者は10名中5名であった。

5.2.2 ピアノα柔に対するアンケート結果

ピアノα柔の結果を表4に示す。

表5 ピアノα柔の結果
Table 5 Result of piano α soft

楽器が演奏者と互恵的な関係を築くためのアプローチピアノのハンマーの状態に着目した演奏分析ー

	非常に重い	重い	普通	軽い	非常に軽い
Q1 鍵盤の重さ	3	6	1	0	0
	非常に深い	深い	普通	浅い	非常に浅い
Q2 鍵盤の深さ	0	5	4	1	0
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q3 弾きやすさ	3	4	0	3	0
	非常に柔らかい	柔らかい	普通	硬い	非常に硬い
Q4 音の感じ	3	7	0	0	0
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q5 好き嫌い	1	3	3	3	0
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q6 スケール	0	6	2	1	1
	非常に表現しづらい	表現しづらい	普通	表現しやすい	非常に表現しやすい
Q7 表現	2	4	1	3	0
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q8 楽器の好み	1	5	1	3	0

個人差がある項目では「弾きやすさ」に注目すると、7名が「弾きにくい」あるいは「非常に弾きにくい」と回答した一方、「弾きやすい」と回答した試験者が3名である。否定的な自由記述では「音の輪郭がはっきりしなく歯切れが悪い」、「弾いているとテンポが落ちる」、「音が遠くに飛ばない」、「気持ちよく弾けなくストレスがたまる」などの内容から、ハンマーが弦に当たる衝撃が弱いと考えられる。そのため必要以上に力む。肯定的な自由記述では「表現の幅が広がった」、「鍵盤は適度に深く重いのて弾きやすい」、「響きが良いホールで弾いている感覚」との内容から演奏する曲によっては柔らかい音色は、音響的に効果があると考えられる。

個人差がない項目は「鍵盤の重さ」、「鍵盤の深さ」、「音の感じ」であった。特に鍵盤が重たい或いは「非常に重たい」と感じた試験者は9割であり、また鍵盤が深いと感じた試験者は半数であった。ハンマーが柔らかいと音が鳴るタイミングが遅く感じられ、ハンマーの表面も弾力性が増すため、鍵盤を押し込む感じも深くなると考えられる。

5.2.3 ピアノβに対するアンケート結果

ピアノαとは別に、調律師によってベターに状態にされた「ピアノβ」を用意した。このピアノは特に意図的に変化はさせていない、無難な状態のピアノである。表5に示す。

表6 ピアノβの結果

Table 6 Result of piano β

	非常に重い	重い	普通	軽い	非常に軽い
Q1 鍵盤の重さ	1	2	3	4	0
	非常に深い	深い	普通	浅い	非常に浅い
Q2 鍵盤の深さ	0	1	8	1	0
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q3 弾きやすさ	0	4	0	6	0
	非常に柔らかい	柔らかい	普通	硬い	非常に硬い
Q4 音の感じ	0	0	5	3	2
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q5 好き嫌い	0	4	2	3	1
	非常に弾きにくい	弾きにくい	普通	弾きやすい	非常に弾きやすい
Q6 スケール	0	1	2	6	1
	非常に表現しづらい	表現しづらい	普通	表現しやすい	非常に表現しやすい
Q7 表現	0	2	2	6	0
	非常に嫌い	嫌い	普通	好き	非常に好き
Q8 楽器の好み	0	4	3	2	1

個人差がある項目では「弾きやすさ」において、「弾きやすい」が6名、「弾きにくい」が4名と差が出た。肯定的な自由記述では「深みのある音で倍音が聞こえやすく広がりのある音」、「全体的に弾きやすく音が出しやすい」、「強弱がつけやすく響き方もよい」、「高低音とのバランスが良い」などの内容から、音色や鍵盤の重さ・深さなどにおいて、程よく調整されていると考えられる。否定的な自由記述では「柔らかさに欠ける」、「鍵盤はもう少し重い方が良い」、「柔らかい暖かみのある音が高音域に欲しい」などの内容から、試験者の演奏曲によっては鍵盤が重い方、音色は柔らかい方が相応しかったと考えられる。

個人差が少ない項目では「鍵盤の深さ」、「スケール(同一課題)」、「表現」で特に、「鍵盤の深さ」では8名の試験者が「普通」と回答し、「スケール」、「表現」ともに弾きやすいと回答した試験者は6名と半数を上回った。

このピアノβは調律師によって調整されている楽器であるが、10名の試験者全員が満足している楽器ではないにしても、意図的にハンマーの硬さを変化させたピアノαと比較しても良好な楽器であるといえよう。

6. アンケート結果の詳細分析及び考察

6.1 個人差に着目した詳細分析

6.1.1 個人差のある項目：その1 Q3「弾きやすさ」の考察

Q3は弾きやすさの評価であるが、ピアノαを「弾きやすい」と回答した試験者は2名で、演奏曲目はドビュッ

シー作曲「前奏曲集」と、ショパン作曲「スケルツォ第4番」である。ドビュッシーはフランス印象派で、ショパンはロマン派を代表する。高い演奏技術を必要とし、試験演奏者の演奏力量はFである。ドビュッシーはラウドペダルを多用し、音が独立するよりは、ラウドペダルを踏みながら、音を混濁させて表現する。そのため柔らかい音色の方が表現しやすい。ショパンは前半にテンポが遅くなる部分が含まれており、ここもラウドペダルを多用しなければならぬ箇所である。ラウドペダルはハンマーが柔らかい方が音の混濁が適度に反映され、濁りが目立たなくなる。そのため「弾きやすい」と回答したと推察される。

一方、「とても弾きにくい」と回答した試験者は3名で、演奏曲目はショパン作曲「ポロネーズ第6番」、ベートーヴェン作曲「ソナタ作品49-2」、ショパン作曲「練習曲作品10-4」である。これらの曲は音を混濁させて表現する部分は殆どなく、全体的に音が独立させることによる表現が重要である。結果、柔らかいハンマーでは表現力に乏しくなる。

6.1.2 個人差のある項目：その2 Q5「好き嫌い」とQ8「楽器の好み」の考察

この項目では好みの評価であるが、ピアノα硬の評価は、普通・嫌い以下が9名で全体的にはほぼ嫌いという結果から、硬すぎるハンマーは演奏曲に関わらず好まれない。自由記述では「耳が痛い」、「音が尖っている」、「色彩の変化が難しい」などが目立った。一方、ピアノα柔では、「好き」、「普通」、「嫌い」がそれぞれ同数で3分割された。自由記述では「鍵盤は適度に深く重い方が弾きやすい」、「ホールで弾いている感覚」、「表現の幅が広がった」といった肯定的な意見も散見される。ハンマーの硬軟に関しては、個々で使用している楽器によって、自身で使用しているメーカーや型番との好みに関連していると考えられる。これは試験演奏者が普段使用しているピアノと比較していることが予想されるため、好みの結果については低い評価が散見される。表2の「使用ピアノ」では試験者が愛用しているピアノメーカーのデータから、長年使い込まれた楽器が好まれて使用し続けられているが、グランドピアノを長年所有するためには、ハンマーなどの消耗品は新品に交換する必要がある。この際にも当然演奏者の好みの状態にしているためである。

Q8は音ではなく実験で使用したピアノの好みである。Wilcoxonの符号順位検定においても、ほぼ同じ形であることが確認できるが、7名はQ5とアンケート結果が同じ回答であったのに対し、3名はQ5より1段階低い回答である。ピアノα柔において2名の試験者は、Q5「音の感じ」は「普通」であるが、Q8「楽器の好み」は「嫌い」と回答している。またピアノα硬において、1名の試験者はQ5「音の感じ」は「好き」であるが、Q8「楽器の好み」は「普通」と回答している。記述では、「音色の変化に乏しい」、「ストレスがたまる」（ピアノα柔）、「長時間弾いていると疲れる」（ピアノα硬）などが見られた。これらの

結論として、演奏者自身が聴く好みと、弾く好みが存在し、必ずしもこの両者は一致しない場合があると言えよう。

6.1.3 個人差に傾向がある項目 Q1・Q2の考察

Q1・Q2への回答では、ピアノα硬に対しては「軽い・非常に軽い」「浅い」、α柔に対しては「重い」「深い」をほとんどの演奏者が選んでいたことから、α硬・柔の違いに対する感じ方に演奏者間の個人差は少なかったと考えられる。

これは演奏スタイルに関わらず、特に柔らかいハンマーは弦を叩く力、いわゆる打弦力が分散し、減衰するため強い力を要するため、重く感じると推察される。硬いハンマーは打弦力が集中するため、力を要さないで音を出すことが可能である。したがって軽い力で容易に音を鳴らすことが可能である。鍵盤の重さも軽いと感ずる傾向にある。

結論としては、ハンマーの硬い・柔らかいかは、普段の演奏スタイルに関係なく、演奏者の指と耳とで客観的に判断が可能である。硬い場合は浅く、柔らかい場合は深く感じられる。

6.1.4 個人差の無い項目 Q4「音の感じ」の考察

Q4もピアノα硬・柔とでは個人差が見られないばかりでなく、全てにおいて演奏者の感じ方が一致している。ハンマーの硬い・柔らかいは、鍵盤を通して奏者の指に伝わり指で感じ取れる他、実際に金属製である弦に当たる音を聴きとることによって、物理的に硬くした、或いは柔らかくしたハンマーを、感じ取ることが可能であることが示唆された。

6.1.5 無難なピアノについて -Q7「表現しやすいか」の考察から試験演奏者の客観的考察-

Q7ではベターな調整がされているピアノβの項目にて興味深い結果があった。2名の試験者の回答が、「音楽的な表現」について「表現しにくい」と回答している。

否定的な回答であった2名の試験者を演奏力量と自由曲課題演奏を手掛かりに考察すると、1名の力量は一番低く、試験曲目は即興演奏で普段からピアノ曲を独奏で演奏することは少なく、レパートリーも乏しい。自由記述では、「一番重く感じた」とある。重く感じた原因としては、指の筋肉の未発達と考えられる。アンケートでもピアノβでは「非常に重い」、ピアノα硬とピアノα柔についても鍵盤の重さの項目では「重い」と回答している。

一方、もう1名はかなり高度な技術を持ち、レパートリーも広い演奏家である。自由記述では「低音域の音質（やわらかい音・あたたかい音）が高音域にも欲しい」とある。つまり、高音域ではハンマーの体積が小さく弦の長さも短いため、物理的にやわらかくあたたかい音を作ることは困難を極める。この試験者はピアノの演奏技術が高いだけでなく、楽器に対しての要求も非常に高い。

6.2 実験全体を通しての考察

全8項目の質問で、個人差が少なかった項目はQ1とQ2である。Q1は鍵盤の重さであるが、同じハンマーでも硬

化剤を塗布した場合では、かなり軽く感じる事が示唆された。鍵盤が下がる重量は全く同じにも関わらず、明らかに試験者の感じ方が一致している。つまり感じる傾向が一致している。Q2の鍵盤の深さも同様である。このことからピアノが重く感じられる楽器には、ある程度の「硬度」を加えると解決する可能性がある。ハンマーは羊毛で作られているため、ピアノが置かれている環境によっては膨張したり、水分を吸収したりするであろう。そういった場合にハンマーは重量が増加する場合がある。増加したハンマーの重量を下げるには、ハンマーの硬度を上げることにより解決できると考えられる。Q4の「音の感じ」では、ハンマーを硬くすれば感じ方も「硬く」感じられるのは自然であろう。

個人差が少なかった項目としてはQ6, Q7であった。同一課題（スケール）では、調整されたピアノβの結果が良いが、ピアノα硬の方が柔より評価が高い。これは同一課題がスケールで音楽的な芸術的センスを必要としないからだと考えられる。ただ単に指の運動を兼ねている曲は、表現力や響きなどはあまり必要としない。実際Q7では表現についての質問であるが、ピアノα柔が硬よりも若干良い結果となった。同一課題とともに調整されたβは更に良い結果となった。

個人差があった項目はQ3, Q5, Q8である。3台のピアノに対し、それぞれ肯定的だった点をまとめると、ピアノα硬に肯定的だった試験者は、演奏会で弾くことを前提として楽器を評価している可能性がある。今回の実験で使用した試験室は大きなホールではないため、音量の大きいピアノには向かない。一方、ピアノα柔に肯定的だった試験者は、その場での演奏を踏まえて弾いていると考えられる。柔らかい楽器は、小さなホールや室内楽で好まれる傾向にあるが、この楽器の持つ特性が試験の部屋に合っていたとも考えられる。この場合、試験者の上手下手は関係なく、演奏者の心理状態を鑑みた考察である。実際どちらの楽器に対して否定的だった試験者は3名であった。その3名であるが実際に演奏活動実績が多く、より表現力の高い楽器が必要であると考えられる。実際に自由曲では上級者向けの曲を演奏した。

7. おわりに

本研究では2台のピアノを使用し、そのうち1台のハンマーの状態を変化させて実験を行った。試験演奏者は10名で、同一課題曲と自由曲を課した。ハンマーの状態を薬品を使用して変化させる実験では、全部で8項目の質問を行い、硬いハンマー、柔らかいハンマーのそれぞれの結果を得ることが出来た。またもう1台はノーマルの状態であるピアノを準備して実験を行った。

ピアノはハンマーフェルトの状態では劇的に変化し、演奏者が理想の音を表現するための弾き方も大きく変化する。演奏者は自身の理想の音へ近づくように演奏に注力するが、理想の状態ではないハンマーで表現するには

限度があるため、調律師には改善を要求しなければならない。本研究ではこのように複雑な様相を呈する演奏者とピアノとの関係性を紐解くため、試験演奏後のアンケート結果を基軸に、統計分析に基づいて個人差のあらわれる項目とそうでない項目を明らかにした。この知見を元に個人差の有無で観点を整理したうえで、自由記述コメントを含めて詳細分析し、どのような特性の演奏者が、ピアノの状態に対して何を重視しているのかの一端を明らかにした。本研究により獲得された知見は、演奏者の個性に適応したハンマー調整法の開発に役立ち、今後のピアノ演奏者と調律師とのコミュニケーション支援に貢献することが期待される。また本研究にて協力を受けた試験演奏者は音楽経験が豊富な者ばかりであったが、ピアノの初心者については調律師とのコミュニケーションが一層必要になることが予想される。初心者にとってもピアノの状態が調律師によって良い状態になることは演奏に直結する部分において重要である。ピアノ構造に詳しくない初心者だからこその意味があるのではないだろうか。

利益相反の開示

本論文に関して、報告すべき利益相反関連事項はない。

謝辞

本研究にご協力いただいた10名の試験演奏者には心より感謝申し上げます。また実験楽器を提供いただいた浜松学院大学に謝意を示す。

参考文献

- [1] Furuya, S : Muscle contraction that impairs musical instrument performance Journal of Biomechanics Society Vol35, No3 p.173 (2011) (in Japanese)
- [2] Mori, T : Piano Tuning Techniques : Its Acoustic Meaning Journal of the Acoustical Society of Japan Vol.60 No.5 p.278 (2004) (in Japanese)
- [3] Oyama, S : Basic Piano Techniques - How to Use the Pedal, Advanced - Bulletin of Chugoku Gakuen Vol.5 p.121 (2006) (in Japanese)
- [4] Nishiguchi, I, and Mori, T : Want to know more about the structure of the piano, Chapter 2, Ongaku no Tomosha (2005) (in Japanese)
- [5] Alfredson, R.J. : Fourier transform methods for analysing the sounds of a piano, ACUSTICA, 39, pp.130-132. (1978)
- [6] Maekita, M : The emergence of pedals on the piano and their relevance to musical performance Kinki University of Health and Welfare Bulletin Vol.11 No.1 pp.91-92 (2010) (in Japanese)
- [7] Okano, E : Research on Debussy's Piano Works (I) Hiroshima University Graduate School of Education Bulletin Part 2 No. 51 p.488 (2002) (in Japanese)

- [8] Fukai, H : Improving Piano Performance Techniques and Possibilities of Musical Expression Bulletin of Hokkaido University of Education. Humanities and Social Sciences Edition, 56(1), p.115 (2005) (in Japanese)
- [9] Shimizu, H and Aiba, E : Changes in a pianist's pedaling under different reverberations Information Processing Society of Japan Research Report Music Information Science (MUS) p.1 (2019) (in Japanese)
- [10] Strong, W.Y. : Experimental study of hammer felt from six manufacturers, CBS Technology Center Report. (1983)
- [11] Lfredson, R.J. : Fourier transform methods for analysing the sounds of a piano ACUSTICA, 39, pp.130-132(1987)
- [12] Maezono, T and Nishimura, Y : Research on Correlation between Changes in Hardness and Changes in Acoustic Characteristics of Piano Hammerheads 2016 Kyushu Branch Joint Conference (69th Joint Conference) of Institutes of Electrical, Information and Related Engineers Lecture Papers 07-1P-02 pp.172-173 (2016) (in Japanese)
- [13] Takaku, S and Kiriyama, S : Mental evaluation analysis of timbre and keyboard touch based on differences in the individuality of piano players Research Report Music Information Science Lecture Proceedings 2018-MUS-120 Vol.21 (2018) (in Japanese)
- [14] E.Schubert : Continuous measurement of self-report emotion response to music, in P.N.Juslin and J.A.Sloboda (Eds) : Music and emotion, Chap.17, pp.393-474, Oxford University Press, Oxford (2001).

(2023年8月7日受付, 11月8日再受付)

著者紹介

高久 新吾



愛知県立芸術大学音楽学部ピアノ科卒業。静岡大学大学院教育学研究科修了。静岡大学創造科学技術大学院博士後期課程在学中(情報科学専攻)。大学卒業後、単独リサイタルやオーケストラとの共演を数多く行う。2001年ヨーロッパデビュー。ルーマニアにて国立交響楽団とブラームスピアノ協奏曲第1番を共演。2008年ベートーヴェンピアノソナタ第29番「ハンマークラヴィア」他をCDリリース、2016年ベートーヴェン三大ソナタをCDリリース。いずれもレコード芸術、音楽現代準推薦版に選定される。2006年浜松学院大学専任講師、2016年教授、2023年美作大学教授、静岡大学客員教授。

桐山 伸也



東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。2002年静岡大学情報学部助手、2021年より教授。静岡大学ケア情報学研究所所長。人間のように多様で柔軟な問題解決ができる気の利いた情報システムの開発を目指し、自然知能の観察に基づく人工知能研究に従事。マルチモーダルセンシング基盤に基づく人間の常識的思考(コモンセンス)の発達モデル構築、個人の多様な特性に適應した住空間デザイン、子どもの発達支援ケア高度化が主要研究テーマ。人工知能学会「コモンセンスと感情研究会」主査。日本子ども学会理事