

ピアノの音質を決める主な要因について*

Primary Determinants of the Piano Sound Quality

鈴木英男^{*1}
(Hideo Suzuki)

The piano has a history of more than two hundred fifty years, and the basic style, or the design of the present piano, was established over half a century ago. A piano is a complex system composed of many different components, such as key actions, hammers, strings, soundboard, plate, rim, bracing, etc. that all contribute to the sound quality of the instrument. However, there still exist many unknowns regarding the relationships between various design factors and the tone quality and overall performance of the piano. Just as with other traditional musical instruments, the piano was developed largely through trial and error. Today, modern analysis and measurement techniques are employed to better understand the sound generation mechanism as well as to develop improved designs. This article aims to discuss primary factors that determine the sound quality of the piano.

Key Words : piano, sound quality, key-action, hammer, string, soundboard, plate, rim.

1. はじめに

筆者は1981年から1985年にかけてアメリカ東海岸のコネティカット州スタムフォード市にあったCBS Technology Center (CTC) に勤務していたときに、Steinway & Sons (本社ニューヨーク、以下スタインウェイと略す) がCBS Inc. の傘下にあった関係で、スタインウェイ社のためのピアノの音響研究に従事した。その後もタッチと音質との関連等に関して研究を続けてきた。ここでは、いままで研究してきたことや、資料・文献等で学んだ知識に基づいて、ピアノの音質を決める主な物理的要因について、限定的、私見的なものになることを覚悟の上で述べることとする。設計工学という立場からピアノを見る上で少しでも役立てば幸いである。

現在のスタイルのピアノは二十世紀前半にほぼ出来上がっており、その後は目立った技術革新はなされていない。スタインウェイの本社での会議のときに、「最大の競合はどこか」との質問に対して、「昔のスタインウェイ」という返事が返ってきたことから、ピアノは楽器としてほぼ完成の域に達しているということなのかもしれない。

一方で、ピアノの物理・音響に関する研究は現在も活発になされ、特に弦の振動に関してはこの四半世紀に理論および実験による解明が大きく進んでいる。これらの成果がピアノの性能の改善につながるものが期待されている。

図1はピアノの構成、物理特性、研究項目等の主要なものをまとめたものである[1]。ピアノの機構を機能面から分類すると、

- I. 発音部：ハンマー、弦、響板
- II. インターフェイス部：キーアクション、ペダル（ダンパーを含む）
- III. 支持部：プレート・リム・ブレイス（ビーム）・脚・蓋など

に分類される（各部の正式名称については他の資料を参考にさせていただきたい）。これら全てが多かれ少なかれ、音質を決める要因となっている。ここでは、上述の順に従って音質を決める種々の要因について述べ、最後に、

IV. ピアノの改良と変革

に関する考え方について触れることとする。

文献[1]の第2章にはピアノに関する最近までの研究動向が詳しく記載されているので、是非参考にさせていただきたい。重複を避けるため、そこで挙げられている文献は本解説の文献リストには載せない。

* 原稿受付：2009年7月xx日

*1 非会員，エー・アンド・デイ
(〒364-8585 北本市朝日 1-243)

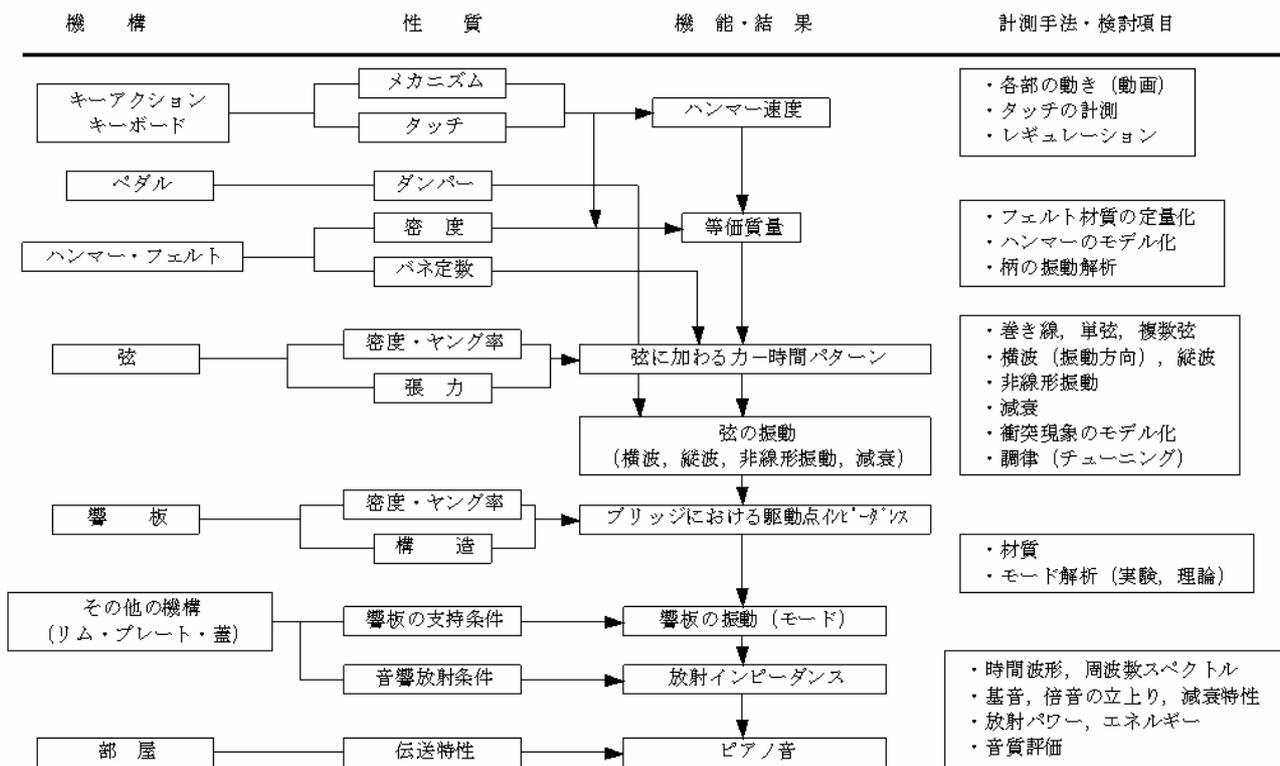


図1 ピアノの構成および研究体系図 (文献1より引用)

また、次章以降で (名前, CTC, 19xx.xx) とあるものは CTC でいつ頃だれによって行われたかを示すもので、文献としての資料であることを意図するものではない。

2. 発音部

ハンマーが弦に衝突し、弦を励起し、その振動が響板に伝わって音響エネルギーに変換される。この意味でハンマー、弦、および響板はピアノの音質を決定する三大要因と言える。

2.1 ハンマー

図2に示すように、ハンマーは柄の部分と先端のヘッドから成る。ハンマーは右端のピボットで回転の動き以外固定され、柄の根元近くにあるナックルの部分でジャックにより下から押し上げられる。ジャックはあるところまでくるとナックルから離れ、ハンマーは慣性で (重力に逆らいながら) 上昇し弦を叩く。これにより弦振動が発生するので、ハンマーヘッドの硬さは弦の振動スペクトルに直接影響する。強く叩くとフェルト部分の変形が大きくなり、非線形性により硬さが増すので、より高音部が勝る音質になる。

2.1.1 ハンマーヘッド用フェルトの物性

ハンマーヘッドの構成部品を図3に示す。1m×1mほどの面積で低音部が厚く高音部が薄くなるようにテーパを持たせたフェルトシートから、図3(下)に示すような台形シートを作成し、木製の片側

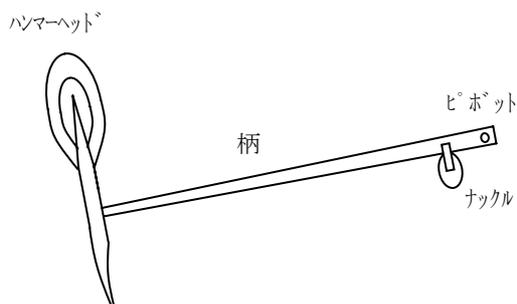


図2 ピアノハンマー

を尖らせた板材の間にシート状のフェルトを挟んで接着剤とともに熱プレスする。この状態で低音部から高音部までのハンマーヘッドがつながった状態のものができあがる。これを切断することによりピアノ一台分のハンマーヘッドが完成する

このように、ハンマーの性能はフェルトの材料の選択とその品質管理にあるといえる。1981年にCTCで最初に取上げた研究テーマの1つもフェルトの品質評価手法の確立であった。フェルトの物性測

定には当時デュロメーターが使われていた。しかしながら、これでは静的な物性しか計れないので、加振機とインピーダンスヘッドを用いた振動法や一定の重さを有する物体を落下させて自動的に測定する方法を同僚の William Strong と共同で開発した。これらの計測法を用いてフェルトのメーカ数社から購入したフェルト材料を用いて、①シート、②台形シート（図3下）、および③ハンマー、の各段階での寸法と物性を測定し、最後に完成品のピアノとしての音質の評価までを行った（Strong & Suzuki, CTC, 1983.7）。このように、ハンマーの高い品質を維持するには、フェルトシートから製品までの各段階で定量的に仕様を決め品質管理を行うことが重要である。

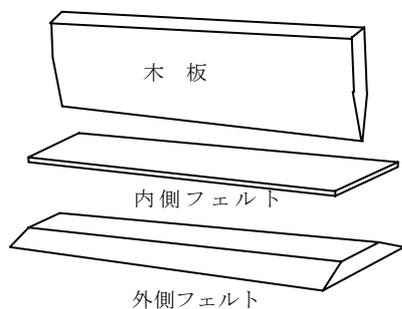


図3 ハンマーヘッドの3つの構成部品

なお、ちょうどその頃に、ホロヴィッツが使用しているピアノのハンマー一式を交換するという話があり、交換前のハンマーの物性の測定を行った。残念ながら、このときのデータは手元にない。

弦との衝突現象を解明する際に不可欠なハンマーの物理モデル化の研究は多数の研究者によりなされており、ハンマーの形状からくる幾何学的非線形性とフェルトが持つ材質的非線形性ならびにヒステリシスをどのように扱うかが関心事となっている。まだ完全なモデル化に成功したとは言えない段階である[1]。

2.1.2 ハンマーの柄の動きとタッチ

音質に影響する（と思われる）ハンマーの重要な動作に柄の動き（振動）がある。ゴルフ愛好家の方々はご存知であろうが、ヘッドがボールに当たる瞬間にシャフトはボールの後方にふくれる形で弓なりに歪曲している（と筆者は信じている）。ゴルフクラブの場合はヘッドスピードに合ったシャフトの硬さがあるようである。ピアノハンマーの場合にも当然柄の曲げ振動があると考えべきである。文献[1]に付属するCDには、同僚の Gordon Ebbitt と共同で

撮影したキーアクションのスローモーション映像が記録されており、弦と衝突した後の柄のしなりを動画で確認できる。

筆者はこの結果から、柄のしなりが音質に影響する可能性があると考え、柄の部分を13の要素に分割し非線形のばね定数をもつ点質量を先端に取り付けたハンマーモデルを用いて、柄のしなり（初期変形）の効果の検討を行った。ヘッドスピードが同じでも、初期変形の与え方によりハンマーヘッドが剛体に衝突するときの加振波形に僅かながら差があることを確認した（Suzuki, CTC, 1983.5）。

タッチがハンマーの動きにどのような効果を持つかの実験的検討は Askenfelt らにより行われた。打弦時のハンマーヘッドの速度を一定にしてレガートとスタッカートでハンマーヘッドの加速度を調べたところ、相違があることが確認されている。これは柄のしなりが起きていることの証でもある。

2.1.3 タッチと音質

ハンマーヘッドが弦に衝突するときはハンマーは慣性で動いている。それではタッチにより音質（物理的には弦の振動）を変えることができるのであろうか。前述のように、タッチ（キーの押し方）によりハンマーの速度が同じでも加速度が異なることが分かっている。硬いタッチと柔らかいタッチでしかも同じ音量（ピークの音圧）を発生するとき、前者はキーの10mmほどのストロークの前半で大きく加速され、後者のタッチでは後半で大きく加速される。このために、ヘッドが弦に衝突するときの柄の曲がり具合に差が生じると考えられる。筆者は、タッチにより弦の振動による音質に差があるとすればこれが主要因であると考えている。

プロのピアニストの協力により、スタインウェイのコンサートグランドピアノを用いて、演奏者が最も音質上差が出ると考える硬いタッチと柔らかいタッチでしかも騒音計のピークレベルが互いに±0.3dBの範囲内に入るように弾いてもらい、G3、G4、およびG5の単音をそれぞれ10ペア録音した。これらの周波数分析と音質評価によると、G5の場合には硬いタッチの方が高調波で僅かなレベル上昇が見られ、音楽的に特別な経験のない人でも聞き取れる程度の差であることが分かった。G3やG4ではピアニストの期待に反して有意な差は見られなかった。

2.2 弦

弦振動の理論および実験的研究は、スタインウェイ社とも関係の深いヘルムホルツの時代から長い歴史を有しており[2]、現在も盛んに行われている分野

である。ピアノの弦振動に関するテーマとしては新旧含めて

- (1) 弦の物性（密度，剛性，非調和性，損失）
- (2) 横および縦振動
- (3) 非線形振動
- (4) 巻き線の効果
- (5) 回転振動
- (6) ブリッジ部分の指示条件・方法
- (7) 複数弦の干渉と減衰
- (8) ハンマーとの衝突現象

など重要な項目が数多くある。これら全ての要因，現象が多少なりとも音質に影響する。低音部に使われる鋼線を銅線で巻いた巻き線から鋼線だけの線，一つのキーに対して1本弦から2，3本弦と不連続に変わり，それに伴って響板のブリッジの位置も不連続に変化するが，音質上はそれを感じさせないように現在のピアノは良く設計されている。

ここでは，非調和性とブリッジ部分の指示方法に関して述べる。

2.2.1 非調和性

非調和性 (inharmonicity) とはピアノ弦の硬さのために高調波が基本波の周波数に対して整数倍よりも若干高くなるピアノ特有の性質であり，音質に対してはプラスとマイナスの両面がある。弦長が短い高音部においては非調和性のために音質の劣化があると言われているが，剛性を低減し他の物性，形状は変らない弦が作れば非調和性の影響の度合いを制御することができる。別の方法として，弦の端部に近いところに点質量を付加すると10次以上の高調波まで非調和性を大幅に低減することができる (Suzuki, CTC, 1983.10) [3]。また，非調和性はチューニングにも影響する。非調和性を考慮したチューニングの方法についても検討を行った (Suzuki, CTC, 1984.1) [4]。

2.2.2 ブリッジでの支持方法

Stuart & Sons というオーストラリアのピアノメーカーはブリッジでの弦の支持を従来の水平方向のジグザグ支持から垂直のジグザグ支持に変更した。図4は従来方式 (a) と新方式 (b) の違いを説明したものである[5]。垂直のジグザグ支持により音質がクリアになり，強い sustain (持続音) が実現できるようになっており，文献ではその理由を弦振動の非線形性により説明している。また，文献[6]では垂直ジグザグ支持方式も含めてピアノ全般に渡る革新的な考え方が述べられている。

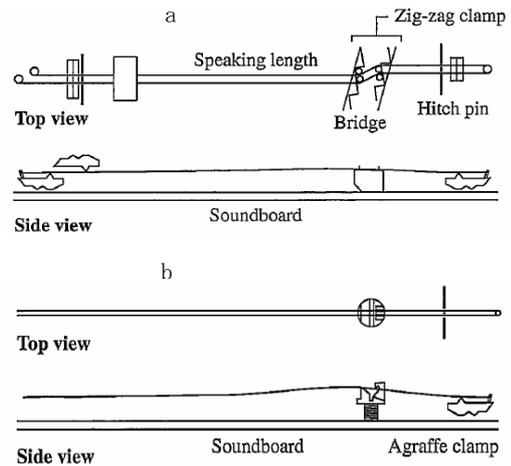


図4 弦の水平ジグザグ支持 (a: 従来法) と垂直ジグザグ支持 (b: 新方法) (著者の許可を得て文献[5]より引用)

2.3 響板

響板は弦振動のエネルギーを有効に音響エネルギーに変換する役割を持つものである。軽くて強度が大きく振動損失の少ない十分乾燥させたトウヒ (spruce) の薄板 (幅十数センチ，板厚10ミリ以

下) を横方向につないで大きな響板を実現している。裏側には木目にほぼ垂直に補強材を十数センチ間隔で設けている。

2.3.1 トウヒの物性

響板に使われるトウヒは産地によっても品質が異なると言われている。表1は German, Eastern (東欧), および Sitca (北米) spruce の木目方向および木目に垂直に切り出した計18の試料について密度，ヤング率，損失係数を求めた結果の平均値である (Ebbitt, CTC, 1983.4)。German spruce と他の2つのトウヒでは物性に大きな差 (特にヤング率の縦横比) があることが分かる。Eastern と Sitca spruce ではほとんど同じ物性であり，少なくとも物性面からは同等に使用できることを示唆している。

表1 三種のトウヒの物性 (上段: 木目に平行, 下段: 木目に垂直)

サンプル	密度	ヤング率 ($\times 10^9$ MPa)	損失係数
German	0.39	7.36	0.012
		0.75	0.02
Eastern	0.44	10.2	0.01
		0.14	0.03
Sitca	0.44	11.7	0.01
		0.15	0.04

2.3.2 試作矩形響板の振動特性

響板も長い試行錯誤の末に現在使われる形状・寸法になっている。響板は中心部が厚く周辺部で薄く作られており、組み込む前からクラウンと呼ばれる上に盛り上がった形状を有している。これはピアノ弦の張力による極めて大きな下向きの力に耐えるためである。

筆者はスタインウェイ社の協力を得て、響板の基本的振動特性を調べる目的で矩形のモデル響板を4種作成し、板厚、補強棧（リブ）形状およびその間隔により振動モード、共振周波数、および駆動点アクセラランスがどのように変るかを調べた（Suzuki, CTC, 1984.4）。図5は試作矩形響板の概略形状を示したものであり、表2に4つの試作響板の板厚、補強棧の寸法を示す。

図6は矩形響板3と4の中心付近で補強棧の真上（◇）と補強と補強の間（●）の各2点で駆動したときの駆動点アクセラランスの結果を示したものである。◇と●では低周波では余り差がないが、響板3では1.3 kHz、響板4では0.6 kHzあたりから後者のアクセラランスが大きくなる。これらの周波数以下では補強の効果は全体的に効くが、それ以上になると効果はより局所的になると言える。試作響板のアクセラランス特性は表2の各寸法に依存して、中域以上でも特性傾向に差が見られる。実際の響板はさらにブリッジが加わるので振動の仕方はより複雑である。

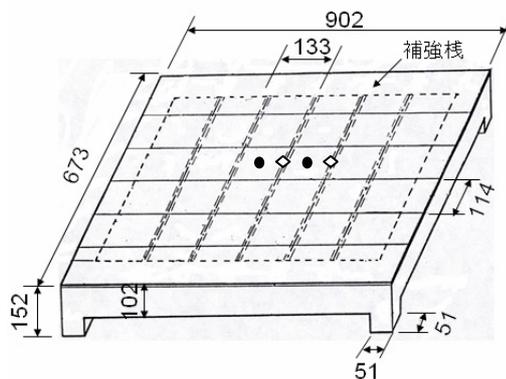


図5 試作矩形響板（単位 mm）

表2 試作矩形響板の寸法（単位：mm）

番号	板厚	リブ (幅×高さ)	リブ間 距離	備考
1	6.13	25.4×22.2	133.4	基準寸法
2	7.94	25.4×22.2	133.4	板厚変更
3	6.13	14.4×22.2	100	リブ形状/数変更
4	6.13	15.9×33.3	133.4	リブ縦横比変更

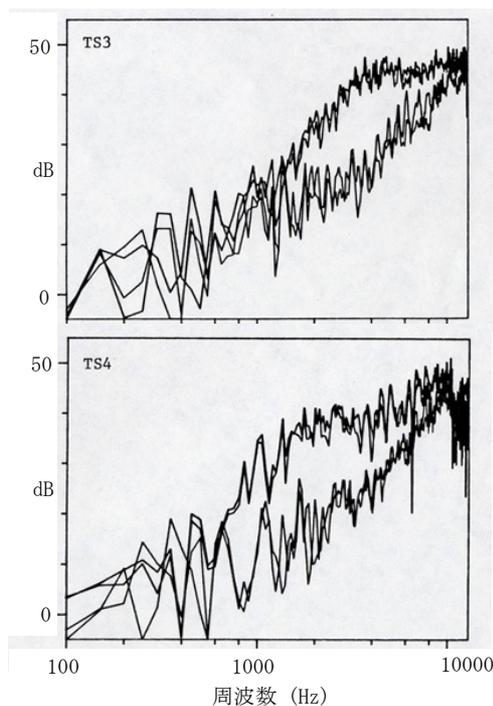


図6 矩形響板の駆動点アクセラランス特性（上：矩形響板3，下：矩形響板4）

2.3.3 クラドニ法による振動特性

実際の響板の振動でも高音部になると補強棧の位置が明確に見られるようになる。図7は通常の響板（左）とカーボンファイバーシートで強化した響板（右）のクラドニ法による振動モードを示したものである。ブリッジ（左上からスタートし右下に至る黒い曲線状のもの）の真下でキー番号62に対応する位置（矢印で示す）で加振したときの基本周波数（932Hz，上）および第2高調波（1,864Hz，下）の周波数における結果である（Suzuki, CTC, 1983.5）。カーボンファイバーシートで強化した響板では黒い節で囲まれた部分の面積が大きくなっており、曲げ硬さが増大していることが分かる。図7（左下）の円形模様はほとんどが補強棧の間に位置しており、図6の補強棧の効果は局所的になると対応している。なお、完成品としての音質は、従来品と比較して明確な差はないという結果であったと記憶している。部品の1つを変更して音質への効果を検討する場合でも、他の要因も関与してくるので、実験のための時間やコストを考えると簡単な作業ではない。

以上の結果をもとに響板の板厚分布および補強棧の寸法・間隔を変えた響板を試作し、響板単体としての振動特性および完成品としての音質の評価を行った（Suzuki, CTC, 1985.1）。



図 7 矢印で示す白点の真下で駆動したときのクラドニ法による響板の振動モード（左：通常の響板，右：カーボンファイバーシート強化響板，上：932Hz，下：1,864Hz）

物理モデルとしての解析に関しては、弦が張られていない状態での有限要素法による振動モードの解析はかなり行われている。最近では板材の方向性や補強材、ブリッジ、さらに弦の影響等を全て含めたモデル化も着手され始めている[1].

3. インターフェイス部

ピアニストがピアノと接する部分は、基本的に88個のキーと3つのペダルのみであるから、この2つの機構を通して演奏の全てをコントロールすることになる。キーアクションとペダル（ダンパー）は演奏のし易さや演奏スタイルのバリエーションの抱負さに貢献するものであり、狭い意味で（後述のウナコードペダルを除いて）ピアノの音質に直接影響するというものではない。しかしながら、音楽の表現の仕方を左右する極めて重要な機構である。

3.1 キーアクション

キーからハンマーまでのいわゆるキーアクションと呼ばれる部分は極めて複雑な機構と機能を有しており、その誕生と改良はピアノの歴史そのものと重なる。2.1.2で述べたキーアクションのスローモーション画像は、各部分の動作のタイミングを理解するのに参考になる映像である。

ピアニストにとって、タッチ感は演奏のし易さに大きく影響する。整調（レギュレーション）と呼ばれる作業により、それぞれのキーごとに何グラムのウェイトを乗せればキーが沈むか（ダウンウェイト）など、幾つかの項目が設計値に入るように調整され、さらに数値的に設計に盛り込めない部分は最

最終的に感性でもって調整することになる。

どのようなタッチ感（押したときのキーのリアクション）が好まれるかには個人差もあるであろうが、異なる構造のキーアクションのタッチ感の物理的ならびに主観的評価はキーアクションの重要な課題である[7]。連打性の点でどのタイプのメカニズムが優れているかの比較であれば、自動演奏装置を用いた評価も可能であると思われる。キーボードに関連してキーがフェルトを介してキーベッドに当る際に発生する衝撃音や、演奏者の指がキーに当たるときの音（ノイズ）もタッチと音質の主観的関連性に影響している可能性があるとしてされている[7].

なお、白鍵の材料には感触の良さ（温かさの感触、湿気・油の吸収性等）から象牙が好まれるが、現在はワシントン条約で輸入が禁止されているとのことである。

3.2 ペダル・ダンパー

静止状態で弦の上に座しているダンパーはフェルトで作られ、弦の振動エネルギーを吸収する働きをする。通常、グランドピアノには3つの（右からダンパー、ソステヌート、およびウナコード）ペダルが付いている。最初の2つはこのダンパーを上下させることにより弦の振動を制御するものである。ダンパーペダルは全てのダンパーを持ち上げるが、ソステヌートペダルは押したキーのダンパーだけを選択的に持ち上げる。この2つのペダルにより音の継続時間を変えると同時に、多くの弦の共鳴状態も変わるので音色に変化を持たせることができる。シフトペダルは、弦に対してキーボード全体を右側にシフトさせてハンマーと弦との当り具合を変えるものである。ハンマーの硬さの異なる場所での弦の加振や3本弦から少ない弦の加振へ変わるなど、ハンマーと弦との衝突現象そのものが変わるので、は音質に直接大きく影響する。

4. 支持部

プロの演奏を間近で聞く（見る）と、時にはピアノが飛び上がると思われるほど強烈にキーを叩き、ピアノ全体が前後に揺れるのが分かる。これほどの強大な演奏のエネルギーをピアノがしっかり受け止めて、有効に音響エネルギーに変えるためにはピアノ全体を十分堅固なものにする必要があると思われる。その役割を担うのが、プレート・リム・ブレイス・脚・（蓋）等である。車のドア締め音に例えると、重いしっかりしたドアはそれなりの重量感のある音がする。軽量ドアで同等のドア締め音を実現することは難しい。

4.1 プレート

弦全体に与えられる 20 トンにも達する膨大な張力に対して形状を保持しているのはプレートである。プレートは弦の一方の終端にもなっており、それ自身もそれなりに振動すると思われる。また、プレートは響板の表の面積のかなりの部分を覆っており、響板からの音響放射に少なからぬ影響を持っていると考えられる。特に、高音部だけをみると響板の表の面の 50% 以上がプレートに覆われている。響板とプレートの間の狭い空間が音響放射にどのような効果を持つか、マイナス面があるとすればそれをどのように解消し、さらにプラスに転じるにはどのような設計変更をすべきかは音質面での重要な研究テーマである。

図 8 はスタジオグランドピアノ (7 フィート) と称されるピアノに使用される 3 種類のプレートの振動特性を比較測定した研究の結果の一例である (Suzuki, CTC, 1982.8)。プレート A と B はほとんどおなじ形状と重量を有するが、B の共振周波数は対応する A のものより若干低くなっている。要するに B は A より剛性が若干小さいということになる。ピアノ製造の現場においては、支持機構の強度の変化がどの程度音質影響するかの難しい判断に迫られる場合が多い。

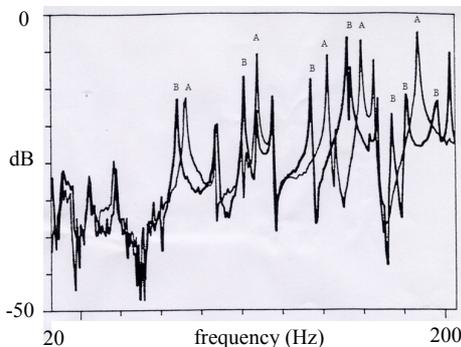


図 8 2 種類のプレート A (細線) と B (太線) の同じ 2 点間の周波数応答特性の比較

4.2 リム・その他の機構

響板はリムに固定されるので、響板に対する支持条件を決めることになる。プレートおよび弦を取り付ける前の状態で響板の振動の周波数分析をすると、低域において響板のものとは思われない共振が見られることがある。このようなときにリムの上に砂袋のような制振効果のあるものを数個置くと消える。これはリムというか骨組を含めたピアノ全体の共振により発生する。

5. ピアノの改良と変革

最初に述べたように、ピアノは楽器としてほぼ完成の域に達しているようである。しかしながら、現在のピアノに欠点や限界がないはずはない。ここでは、ピアノの改良と変革に関して私見を述べる。

5.1 改良

製品や部品の改良 (設計変更) には 2 つの目的がある。一つは製造原価を維持し、性能の向上を目指すこと、もう一つは現状の性能を低下することなく製造原価を低減したり、資源の使用量を減らすことである。しかし、改良のつもりで行った設計変更が、結果的に「昔は良かった」ということにもなり兼ねない。

4.1 で述べたように、ピアノでも部品レベルでの設計変更を行う必要性が多々生じる。現在の音質を維持しながら製造原価を低減するために、部品 A について a から a' への変更を検討するものとする。a と a' の音質に影響すると思われる物性を比較すると若干差が見られる。しかしながら、完成品としては明確には音質の差が確認できないので、採用することとした。次に、ある期間において同様な変更を部品 B について行う必要が出てきたので、b と b' の比較を行ったところ同様な結果であったので、この変更も採用した。部品 C についても同じように変更した。このような場合に、各段階での変更による聴感上の差は (明確で) ないとしても、現在のピアノを A の変更前のピアノと比較して、音質に差がないという保証はない。また、他の部品のバラツキの影響も多少なりとも入ってくるので、各段階での評価そのものが容易ではない。このようなことは音質を向上させる場合でも言えることであり、僅かな改良でも積み上げるとそれなりに貢献することが考えられる。

5.2 変革

ピアノは大きなシステムで製造にはそれなりの設備が必要となるので、新規のアイデアを頻繁に試行するというわけには行かない。また、既存の企業には製品系列の維持というしがらみもあり、斬新な試みは新興の企業によってなされることが多い。この場合でも、いままでの例では過去に提案されたアイデアの再トライであることが多いのである。さらに新型のピアノが出にくい条件として、演奏会場に置いてあるピアノはどこでもほとんど同じ型式のピアノであるということがある。ピアニストは使い慣れたピアノでもって最高の演奏が出来るよう日頃練習をすることになるので、新型のピアノが表舞台

に出る機会がどうしても少なくなる。

このような技術革新に対する障害があるにしても、同等の演奏のし易さで明らかに音質の優れたピアノが実現できれば、かならず世の中に受け入れられるはずである。半世紀以上前のデザインから脱却する革新的なピアノを作り上げるには、ピアノメーカーと日本設計工学会および日本音響学会の有志が協同してプロジェクトを立ち上げ、ピアノ関係者（演奏者、作曲家、評論家等）から聞きとり調査を行って、現在のピアノの音質および演奏上の問題点や限界を明らかにするという、初歩的なことから始めるべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 吉川 茂, 鈴木英男 編著 : 音楽と楽器の音響測定, コロナ社(2007), 27-128.
- 2) Lieberman, R. K. : Steinway & Sons, Yale University Press, (1995), 61.
- 3) Suzuki, H.: Control of inharmonicity by the addition of a point mass, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), 10, 5, 253-259.
- 4) Suzuki, H.: Effect of inharmonicity of a piano on tuning, Conference Proceedings from MCHA 1995, (1995), 219-232.
- 5) Anderssen R. S. and Stuart, W. D.: The Challenge For The Piano Maker, Math. Scientist 32, (2007), 71-82.
- 6) Dian, R.: The engineering of the concert grand piano, Ingenia online, (2002), 12.
- 7) Goebel, W., Bresin, R., and Galembo, A.: Touch and temporal behaviour of grand piano actions, J. Acoust Soc. Am., 118, 2, (2006), 1154-1165.