

連載企画—音響学の温故知新—

ピアノ音響学の未解決問題*

鈴木英男 (元 千葉工業大学教授)**

43.75.+a

数学や物理学では、未解決問題というのが知られている。数学における七つのミレニアム問題には各 100 万ドルの賞金がかかけられているらしい (すでに 1 問は解決済み)。では、ずっと範囲を絞って、ピアノ音響学 [1] の分野での未解決問題はなんだろうか。「ピアノの音質はタッチによって変化するか」が、大袈裟にいうとピアノ音響学における「世紀の大問題」と言えるであろう [2, 3]。「世紀の」と呼ぶ理由は 1930 年代から議論されていること [4, 5]、「大問題」である理由は、その答えがピアノ演奏法に関する教育界にも大きく影響すると思われるからである。更に、一般の人たちにも身近なテーマであることは、数学や物理学の未解決問題とは大きく異なる点である。

問題を単純にするために、範囲を限定する必要がある。①単音の演奏であること、②音量を同じにすること、の 2 条件のもとで議論することとする。①は複数の音が同時に又は時系列的に演奏されると相互の関連が問題になるのでそれを除外する、②はピアノの音は大音量になるに従って高調波 (倍音) 成分が増す性質を持つのでその影響を除外するために必要である。今までのピアニストと音響学者の間の論争とは次のようなものであった。ピアニストはタッチ (打鍵の仕方) により、発生する単音の音質を変えることができると主張する。一方、音響学者は次のように考える。ハンマは打鍵時のある時点からキーによる押し上げから解放され自由運動をする。ハンマヘッドの弦と衝突する時の速度が決まってしまう (つまり音量を同じにすれば)、弦の振動は全く同じになるので音質の変化はあり得ない、ということである。ただし、ハンマを質量とばねからなる単一自由度系と見なせるかどうかについては、音響研究者の見

解が近年変わってきている。

著者は、1981 年から 85 年まで CBS の研究所に勤務し、CBS の傘下にあった Steinway & Sons 社のための研究を行っていた。1982 年には New York Times 誌にタッチと音質に関する “Of Piano Tone and Umbrella Tips” と題する記事も掲載され、当然のことながらこの問題には少なからぬ関心があった。1982 年には、同僚と共にキーアクションの動きの高速度撮影を行い、ハンマの柄がハンマヘッドと弦の衝突後に大きな曲げ振動をすることを観測した [6]。更に、1983 年にハンマヘッドと弦が衝突する前にハンマの柄が凹又は凸に曲がっていると仮定すると、ハンマと弦 (剛体と仮定) の間に作用する力の時間波形が異なることをモデル解析で明らかにした [1]。これらのことから、ピアノの発音のメカニズムにはハンマの柄のしなり (曲げ) が多少なりとも関わっているだろうと推測していた。カーボンファイバチューブの柄を用いたハンマを作って、通常の柄のハンマと比較したこともあった。その後の Askenfelt 氏らが行った異なるタッチによるハンマの速度と加速度の計測結果 [1] は、上記の推測を裏付けるものであった。ハンマは単一自由度系ではなく、ヘッドと柄とからなる多自由度系と見なす必要がある、ということである。個人的にはゴルフのシャフトの振動との類似性も興味を引き立たせる大きな要因であった。

「世紀の大問題」の解決法は、実はさほど難しいものではない、と考えている。同じ音量となるような強さで、しかも二つの両極端なタッチで打鍵し、それらの音を高性能の録音システムで録音し分析することで、物理的な差並びに音質の差があるかどうかを調べれば良い。2000 年に千葉工大勤務となってから、幸運にもこれらの実験を行う機会を得た。フランス在住のピアニスト、菅野潤氏が実験に協力してくれることになった。また、ピ

* Unsolved problems in piano acoustics.

** Hideo Suzuki (Former professor of Chiba Institute of Technology) e-mail: suzukihideo@nifty.com

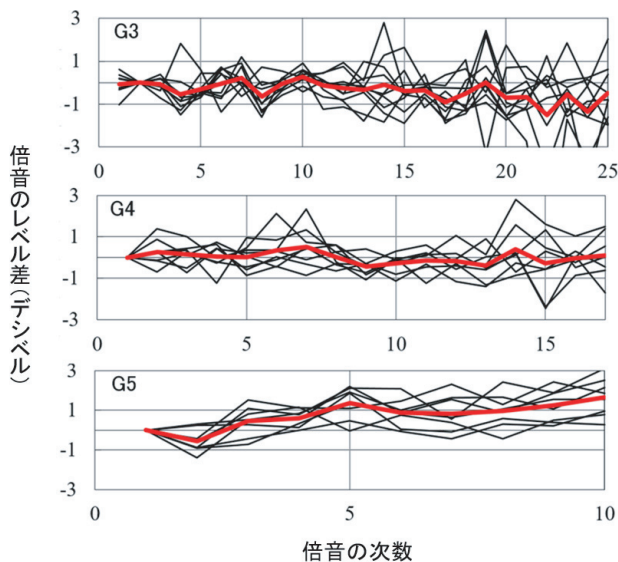


図-1 G3, G4, 及び G5 の hard touch と soft touch による倍音のレベル差 (dB)

アノ演奏法の研究者として知られる御木本澄子氏が新宿の自宅のスタジオと Steinway & Sons のコンサートグランドを提供してくれることになった。菅野氏にお願いしたことは、両極端のタッチでしかも (ほぼ) 同じ音量で演奏することである。予備実験の結果、音の高さは G3 (中央の下のすぐ下のソ), G4, G5 の三つにした。両極端の演奏とは、指から肩までなるべく固く (hard touch) 及びなるべく柔らかく (soft touch) 保って演奏することである。音量のチェックには騒音計によるピークレベルを用い、それが (98 ± 0.3) dB 以内に入るように最初は hard touch で演奏し、次に同じく soft touch で演奏して、1 対の比較音を得た。これを繰り返し、G3, G4, 及び G5 についてそれぞれ 10 組ほど録音させていただいた。このような弾き方はピアニストにかなりの苦痛を与えるもので、長時間ご協力いただいた菅野氏に改めてお礼を申し上げる。

G3~G5 の倍音成分のスペクトルを分析比較した結果を図-1 に示す。横軸は倍音の次数、縦軸は hard touch と soft touch の倍音のレベル差 (dB) である。細線は各比較ペアのレベル差、太線はそれらの平均値である。ただし、G3 では最も大きい 2 次成分、G4, G5 では最も大きい 1 次成分のレベルが合うようにすることで、比較ペアの演奏時のわずかなレベル差を補正している。結果から分かるように、G3 と G4 の平均値をみると 15 次

あたりまでかなり小さいが、G5 では 2 次成分を除き hard touch の方が soft touch の場合より倍音成分の相対的なレベルの系統的な上昇が見られる [7]。更に、G5 について録音された一つの信号から、タッチにより生じる平均レベル差と同等のレベル差を持つ二つの信号を作り出し音質の比較をしたところ、特に楽器演奏などの経験のない学生でも聞き取れる差であることが分かった [8]。なお、タッチによる音質の差をもたらす一つの要因と考えられているところのキーとキーベッド (棚板) との衝突音が倍音のレベルへ及ぼす影響は無視できることも確認した。菅野氏は G3 (低音域の方) の方が G5 (高音域の方) よりもタッチによる音質の差を出し易いと言われたが、スペクトルの差で見る限りそのような傾向は見られなかった。

以上の研究 [7,8] から言えることは、①タッチの差が倍音の相対レベル分布に差をもたらすこと、②その差が聞き取れる量であること、③ただしピアニストが期待するような結果ではない、ということである。単純であっても今までなされていなかった実験を行い、「世紀の大問題」の答えの一つの候補を提供できたことは意味があると考えている。

今後、範囲を広げた実験による再現性の確認や、ピアニスト同士のブラインドテストなどが行われ、「ピアノ音響学の未解決問題」に対するピアニストと音響研究者がともに納得できる明確な結論が得られることを期待したい。

文 献

- [1] 西口磯春 編著, ピアノの音響学 (コロナ社, 東京, 2014).
- [2] 中村 勲, 難波精一郎, “ピアノの音質はタッチによって変化するか,” 音響学会誌, 52, 349-355 (1996).
- [3] 吉川 茂, ピアノの音色はタッチによって変わるか (日経サイエンス社, 東京, 1997).
- [4] W. B. White, “Human elements in piano tone production,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 1, 357-367 (1930).
- [5] H. C. Hart, M. W. Fuller and W. S. Lusby, “A precision study of piano touch and tone,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 6, 80-94 (1934).
- [6] 吉川 茂, 鈴木英男 編著, 音楽と楽器の音響測定 (コロナ社, 東京, 2007).
- [7] H. Suzuki, J. Kanno and S. Mikimoto, “Analysis of piano tones with soft and hard touches,” *Proc. SMAC-03* (2003).
- [8] H. Suzuki, “Spectrum analysis and tone quality evaluation of piano sounds with hard and soft touches,” *Acoust. Sci. & Tech.*, 28, 1-6 (2007).