

中村 勲

「ピアノの音色はタッチによって変化するか？」について、物理的には「変化する」が、その量は聴感として音色の変化を与えるものかどうかは「わからない」。

ここでは単音に限って議論を進めることを前提とする。複合音の場合、演奏者はタッチによって響板の上で振動の重ね合わせを行うので、ほんのわずかな時間の差によっても、音色に大きな違いが現れることは明らかであるから。

かって音響学者はタッチで制御し得るものは、ハンマの速度だけであり、同じラウドネスでは波形が同じであるから、音色は変化しないと主張していた<sup>1)</sup>。当時の音響の計測および分析技術に較べて、現在の技術は極めて高精度となったので、この問題を再検討する基盤が整って来た。

アクションとハンマは、部品の大部分が木製であるので、タッチの仕方によって全く同一の状態ではハンマが弦に衝突するとは限らない<sup>2)</sup>。またピアノ音を発生する弦の振動としては、弦を伝搬する横波によって生ずる横振動にも、響板に垂直な方向の振動と水平な方向の振動があり、縦波によって生ずる縦振動もある。更に1音について、調律のわずかに違った2本の弦や3本の弦が用いられ、これらが駒を介して響板を振動させて、音響を放射するので、ハンマの衝突状態の違いによって、物理的な音響の違いは当然起こり得る。ピアノ音としては、音の強さが同じでも立ち上がりの状態や各スペクトル系列において、違いがありうる。その差異を見出すことは、現在のコンピュータによる分析技術で十分可能である。ピアノ音の分析の一例として、G2音(98.0Hz, 第23鍵, 2本弦)の時間一周波数分布(窓長16波長分, Blackman-Harris窓)を表す等強度線図と、1.3秒(約530波長)の窓を用いたスペクトルをFig. 1に示す<sup>3)</sup>。この図において、各部分音の変化や3系列のスペクトルの存在が分かる。

同じラウドネスでタッチによる違いがあっても、それが聴感として有意な差を生ずる量かどうかは問題である。そこで、これらのピアノ音の音高と音の強さの同じものに付いて、聴感による心理評価を行い、有意な差があるかどうかを調べる必要がある。その結果に基づいて、音の分析を行えば、何がどの程度の差異で音質が変わると評価するかを見出すことが出来るであろう。その後で発音機構について、何が原因となっているかの説明を行えば良い。

文 献

- 1) 中村 勲, "ピアノの音響学的研究の展望," 音響学会誌 35(8), 447-455(1979).
- 2) 中村 勲, 鈴木英男, "ピアノの発音機構と音色," 音響学会誌 49(3), 178-183(1993).
- 3) 中村 勲, 岩岡聡一郎, 長沼大介, "立ち上がり音の時間一周波数分布(ピアノ音の分析に関する研究 第3報), 音講論集 481-482(1990・9).

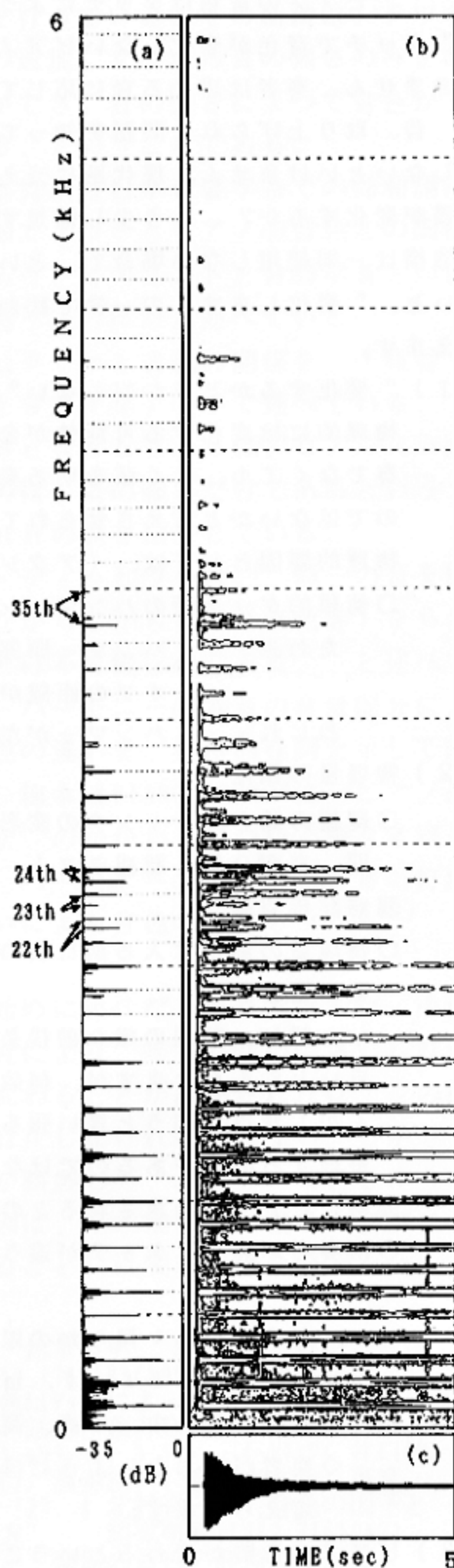


Fig. 1 (G<sub>2</sub>)

- (a) スペクトル
- (b) スペクトログラム (-35~0dB, 10dB間隔)
- (c) 時間波形

1 ピアノの音色はタッチによって変化すると考える。勿論、中村・鈴木論文<sup>1)</sup>にも指摘があるように、単一音の場合、ハンマの打鍵時の速度が一定であれば、タッチによって音色が変わるか変わらないかは、立場によって異なるであろう。しかし、楽器としてのピアノの音色を考える場合、単一音の音色がタッチによって変化するかしないかではなく、音楽を構成する複雑な音の時間的連鎖や音の空間的重なりの中において、タッチによって音色が変化するかしないかを定量的に捕らえたいのである。すなわち音楽は音のつながりによって構成され、その音の流れ、いわばパッセージが問題となる。同じパッセージであっても、たとえそれが同じ強度で演奏されたとしても（実際にはありえないが）、パッセージを構成する種々の音の相互の時間的關係が異なれば音色は変化する。和音の場合もそれを構成する音の各音の始まりや終りが微妙にずれることによって音色は変化するはずである。音色を規定する物理的要因は無数にあるが、特に時間的要因、例えばエンベロープ・パタンの形は音色の決定的要因の一つである。すなわち継時的に連打される音の強度がかりに同じでも、各音の重なり具合が異なれば音色は変化する。

ピアノの音の音色に大きな影響を与えるのは時間条件のみではなく、打鍵の強度もまた音色に大きな影響を与える。打鍵の強度の相違によって単一音の音色が変化するが<sup>2)</sup>、さらに音の連鎖の場合、いわゆる“粒が揃った”と表現される、あるパッセージが滑らかに演奏されたか否かのパッセージ全体の音色にも打鍵の強度（およびそのバラツキ）が関与するはずである。

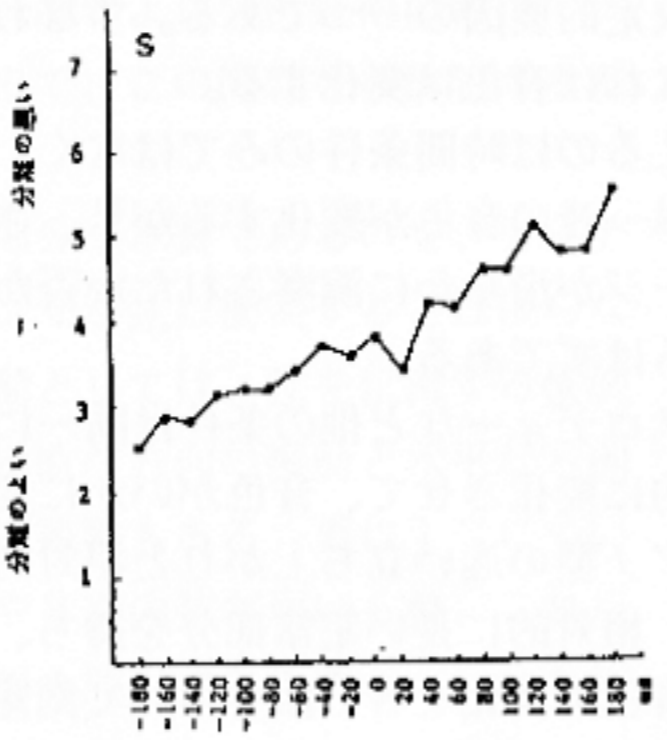
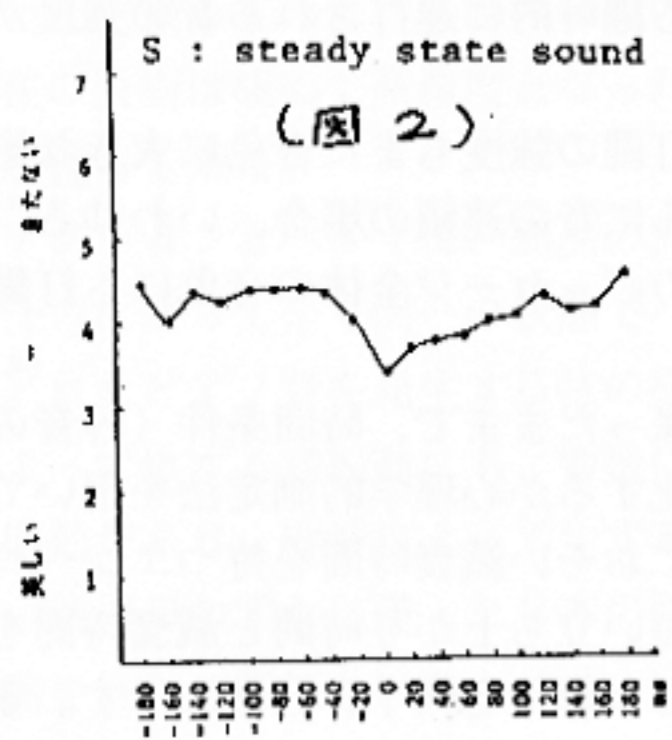
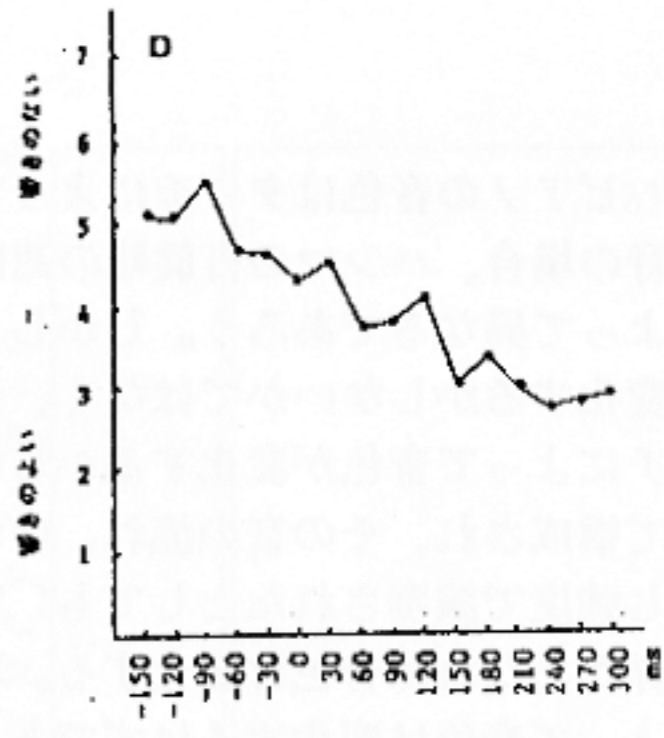
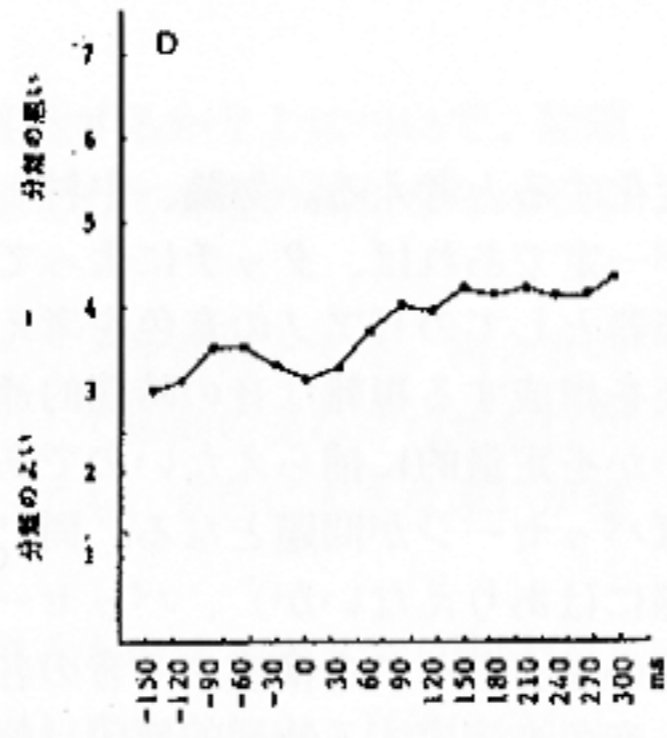
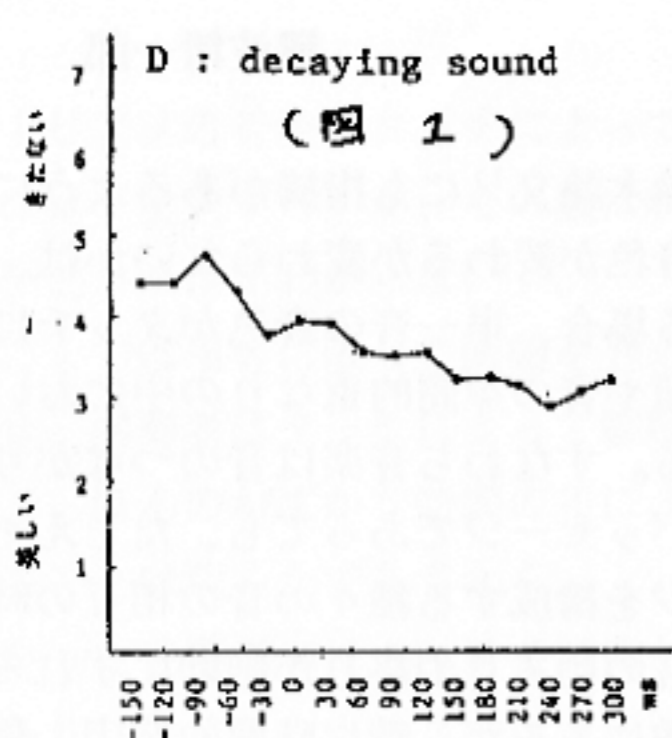
2 これを実証するためには、例えばメロディーなど他の条件は同一に保ったままで、時間条件（各音の重なり具合）あるいは強度条件のみ組織的に変化させて、音色がいかに変化するか心理学的測定法を用いて調べる必要がある。その一例として、ピアノ型の速い立ち上がりと相対的におそい減衰時間を持つエンベロープ・パタンの音の場合の音色の変化と、相対的に長い定常部分を持ち、短い立ち上がり時間と減衰時間を持つ音の、時間間隔を変化させた場合の音色の変化をSD法を用いて測定した例<sup>3)</sup>を図1、図2に示す。また表1に因子分析の結果を示す。音の重なりといった物理的には1次元の変化が主観的には3次元の音色空間の中で変化していることが分かる。またピアノ型のエンベロープ・パタンの場合、定常部分を持つ音と異なり、音の重複が音の濁りといった悪い変化ではなく音の快さ、響きといった音色のよさと関連していることが分かる。

次に“粒が揃った”演奏音をつくるためには、パッセージを構成する各音の時間条件、強度条件が揃っていることが必要と思われる。ところが熟練したアマチュア・ピアニストが強さを揃える意図の下に演奏した例を図3に示すが、かなりのレベル変動がみられる。しかし、そのパタンには規則性がみられる。そこで規則性を異にする種々のパタンについてその強さの揃っている程度を一対比較法を用いて尺度化した結果を図4に示すが、たとえレベルが揃ってなくとも、パタンが規則的ならば音はある程度揃っているように知覚されていることが分かる。

3 問題点としては、第一にピアノのタッチと関連する音色の定義が明確でないことである。従来の“・・・二音の大きさ高さがともに等しくともその二音が異なった感じを与えるとき、その相違に対応する性質（JIS-Z8109）”としての音色の定義ではピアノの音のように大きさや高さを異にする音の音色を取り扱うことができない。またパッセージのような複雑な音連鎖全体の音色的印象も取り扱えない。むしろ音色を“音を聞いた主体が音から受ける印象の諸側面（多次元的属性）の総称で感情的色彩をおびたもの”としてひろく用いたい。次にピアノのタッチは演奏表現上、極めて重要な役割を持ち芸術的観点から論じる必要があるが、「実験」という条件を限定し統制した方法によって、どの程度、芸術としてのタッチの世界に踏み込めるのか、やはり実験という手法の効用と限界について論じておくことが必要であろう。

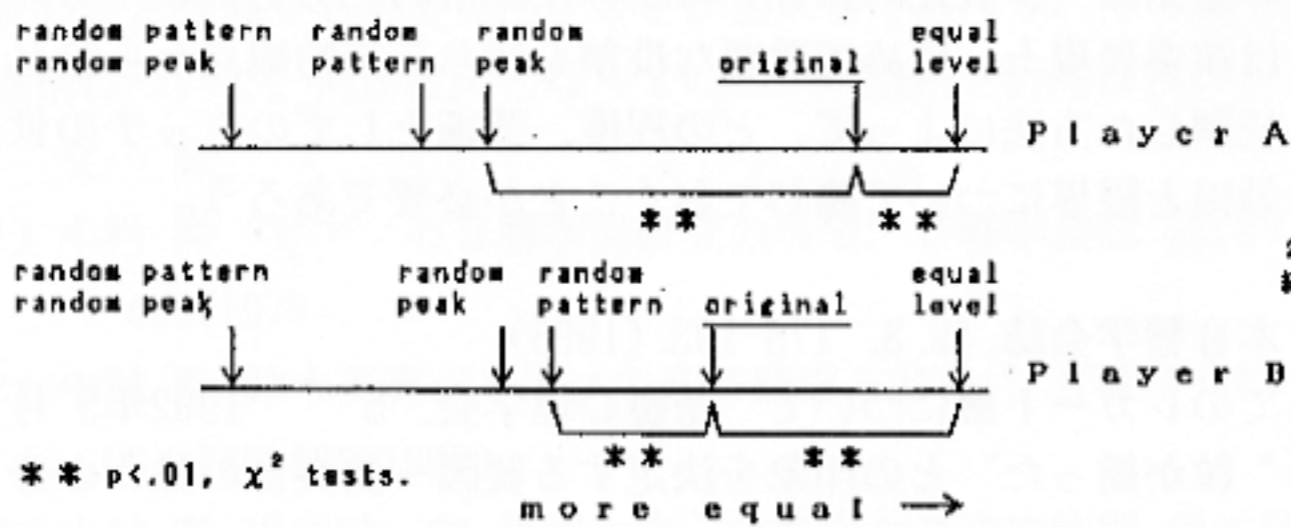
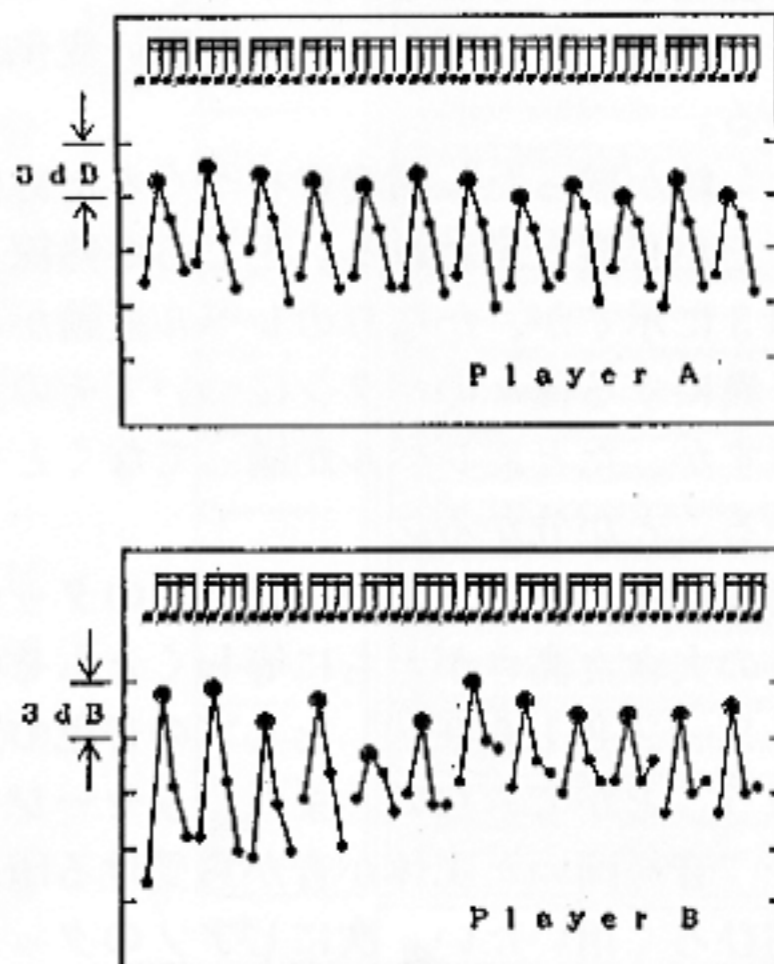
文献

- 1) 中村・鈴木“ピアノ発音機構と音色”日本音響学会誌, 49. 3. 178-183. (1993)
- 2) 難波・桑野・山崎“聴覚の錯覚現象としてのレガート感について”基礎心理学会, 5 1992年5月
- 3) 倉片・桑野・難波“ピアノ演奏における“粒が揃った”との印象を決定する要因—演奏音の強さの分析”基礎心理学会, 1993年4月



**表 1**

形容詞		対照音	実音			定音		
			FACTOR 1	2	3	1	2	3
1. やわらかい	-	かたい	.516	-.343	.582	.515	-.345	-.345
2. 楽しい	-	きたくない	.466	.259	.671	.535	.229	-.753
3. ほやかな	-	あらあらしい	.247	-.171	.793	.708	-.155	-.797
4. 迫力のある	-	ものたりない	.722	.258	.135	.639	-.027	-.134
5. 響きのよい	-	響きのない	.649	.133	.567	.726	-.045	-.432
6. 鋭い	-	にぶい	-.041	.712	-.194	-.026	.797	.153
7. 分岐のよい	-	分岐の悪い	-.054	.781	-.048	-.105	.828	.032
8. 快い	-	不快な	.486	.334	.688	.585	.244	-.370
9. はっきりした	-	ぼけた	-.011	.828	-.024	-.153	.870	.028
10. ひろがりのある	-	ひろがりのない	.793	-.049	.428	.778	-.155	-.443
11. なめらかな	-	なめらかでない	.734	-.241	.448	.649	-.280	-.473
12. 深みのある	-	かん高い	.680	-.144	.430	.872	-.130	-.458
13. 大きい	-	小さい	.747	.011	.045	.667	-.079	-.088
14. 濃んだ	-	にこった	.118	.726	.372	.028	.681	-.329
15. 明確な	-	不明瞭な	.004	.469	.147	-.168	.825	-.181
16. 豊かな	-	貧弱な	.142	.064	.081	.788	-.104	-.389
17. 割合した	-	分岐した	.477	-.346	.391	-.584	-.556	-.264
18. 好ましい	-	好ましくない	.483	.350	.684	.696	.243	-.741



2人のアマチュア演奏家による演奏例。図の上層に対応する音符を示す。縦軸は各音のピーク音圧レベルを表す。曲：夜想曲第2番

図 3

図 4 集団聴取実験によって得られた、強さの揃い方の印象の心理尺度。

1. ピアノの音色はタッチによって変化するか？

◎ ひびきは確実に変化する。

これを音色の変化と呼ぶならば、音色はタッチによって変化する。

(音色ということばの概念規定が曖昧ではないかと思われる。)

◇ひびきが変わると答える根拠：

- 1) ヒトの心理状態は、声に現れ動作に現れる。指先にだけ現れないと考えるのは不自然である。
- 2) 現代のピアノという楽器は、設計どうりの状態にあるならば、指先に現れた心理状態に反応するように出来ている。良い楽器ほどその反応は敏感である。
- 3) 「聴く耳をもっている」人は、この楽器の反応＝「ひびきの違い」を識別する。また弾いている人の心理状態まで察知する。この事実が、「ひびきの違い」に対応する物理的特性があるはずであると考えるに十分であろう。

2. どのようにすれば疑問に答えられるか。

◎物理的特性として、音の立ち上がり（そして立ち下がり？）を徹底的に解析する。

◇理由：

- 1) ヒトがピアノの鳴り方をコントロールできるのは、タッチとペダリングのみである。
- 2) ダンパーペダルはタッチによる「響きの違い」の傾向を増幅することはあるが、全く別なものに変えてしまうことはない筈である。
- 3) キーアクションのメカニズムから明瞭に言えることは、指先の動きが弦振動に関与するのは「音の立ち上がり」と「立ち下がり？」の部分だけである。この部分は定常状態ではなく、過渡的状态の筈である。
- 4) 音声合成の場合、子音から母音へと移行する部分の状態が聴感上の違いとなって現れるとのことである。これは言い換えると、過渡的状态が聴感上の違いの有力な要因と考え得る。
- 5) 特に速いパッセージの場合は、過渡的状态が続くことになり、定常状態を聴くことはあり得ないと思われる。
- 6) 音声合成の事例から容易に推論出来ることは、「ヒトの聴覚メカニズムには過渡的状态に敏感に反応する機能が存在する」ということである。
- 7) 経験的にも、「歌う音」を鳴らそうとしている時はとくに、「音の立ち上がり」を「監視」している。同時にキーから指を離す速度も絡めて意識的にコントロールしている。

3. その他

◇音色の概念規定

◇ピアノのタッチ：精神＝身体の動きのなかで成り立つ

◇ハンマーヘッドと弦とが接触し再び離れるとき、どのようなミクロの現象がおきているか

◇ヒトの聴覚機構は過渡的状态の空気振動に対し、どのように感応するのか

§ オシロスコープでのぞく限り、実際の楽音、特にピアノの場合その殆どが非定常状態だろうと思われられる。それを聴いて美的体験となし得るヒトの情報処理のメカニズムがより明らかにされれば、ピアノの学習にも、演奏の評価にも、より明快な筋道が示されるものと考えられる。

(補足)

1. ピアノのタッチ：キーを押し下げ (Press down)、そして離す (Release)

2. タッチのマトリックス： ① press down: deep ~ light  
② " : slow ~ fast  
③ hold time: long ~ short  
④ release : slow ~ fast  
(deep: 押さえ込む light: さわる)

3. タッチの「ヌキ」：適切でないと「音のノビ」が悪くなるといわれている。  
また、調弦の狂いが早い。

4. 実際のタッチ・コントロールのマトリックス要素：

- ① press down ~ hold ~ release
- ② position ~ move position
- ③ moving speed

5. 上記、4. の要素②③は楽曲構造から導き出される。

その際、いわゆる「手の大きさ」と鍵盤の寸法との関係が制約条件となる。

そして、これらの条件から「指使い」が決まってくる。

6. 筋肉のしなやかさ、腕や手の「重さ」などの個人差もピアノの「ひびき」の違いとなることは、経験的に知られている。この事実はピアノのキーアクションが、加えられる「力」に対して敏感に反応することを物語っていると言えよう。ただし、「力」の絶対量と「ひびき」の美しさとのあいだに比例関係は無い、と私は考えている。

7. キーに加えられる「力」によって弾性のあるハンマーが弦にはたらきかける時間は、長くてもミリ秒 (1/1000秒) 単位であると考えられる。この短い時間に、ハンマーと弦との「対話」が少しでも解明されれば、このシンボジウムの展望も期待出来るものと思われる。

(1) ピアニストの経験から、ピアノの音色はタッチによって変化すると考えます。

(2) 悪いタッチが悪い音になる例として衝撃的な動き - (特に表面的に) 叩く、突くなどがあります。ピアノのキーが深い所で約10ミリ下り、槌子の作用をして内部のメカニズムを突き上げ、ハンマーが飛んで弦を打ち、音が出ますが此の間の方々に、木の材質、フェルトなどによる弾性力が介在します。先づキーの材質は軽くて、かなり柔らかい木で(槌子の両端を押すと指先だけでしなる位)あり、キーの支点と作用点はフェルトで受けられています。数々の木片で出来ているメカニズムの中で動きの大きな関節4ヶ所では金属の心棒がウールの織物で包まれています。これらの弾性力に過度のショックが来ると動きにひずみが生じ、音に表れるものと考えます。

(3) ピアノ教育の場では例えば「音が固いから体の重心を下げて力を抜け」とか、「音が浮わっているから、しっかりキーの底まで重みをかけなさい」などと言われます。耳の判断が最終的に最も大切な事ですが、もしもキーにかけられた重量、キーやハンマーの動きの速度などが測定出来て、又視覚に表わされたら、きっと参考に役立つと思います。

手首を固定し、肘を支点に、ドレミファソ、立て弾く。

A: 力を強くする。

B: 力を少しゆるめる。

→ ベーシクル + IBM  
でも再現できた。

Bの方がやわらかい音色。

1) 鉄部の接触点数の少ない方がよい。  
多いと音がこもる。

鍵盤の下のフェルトの厚さと音色の関係  
音の伸び。

鍵盤がフェルトに当たるのは、ハンマーが弦をたたいた後のこと...