

# ピアノの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

前園 崇徳\* 西村 勇也\*\*

(熊本高等専門学校 \*電子情報システム工学専攻 \*\*制御情報システム工学科)

## 1 諸言

ピアノの調整は、演奏者の嗜好と調律師の勘により行われてきた。ピアノの調整は、「整調」、「調律」、「整音」の三つからなり、整音はハンマーヘッドの調整を行い、好みの音色やタッチ感を変更することができる。ハンマーヘッドは、弦を叩くアクション機構部品の一つであり、ウッドとフェルトから構成される。ウッドの周りに圧縮したフェルトを取り付けている。新品状態で使用することは無く、調律師が針でフェルトをほぐす、接着剤等で表面を硬くするなどして硬度調整を行う。

本研究では、ハンマーヘッドの硬度変化によって生じる、音響特性変化の指標を作成する。ハンマーヘッド調整による音響特性変化を、工学的観点から指標を作成することで、ピアノ奏者および調律師のサポートをすることを本研究の目的とする。

## 2. 方法・原理

### 2.1 研究方法

本研究ではアップライトピアノを用い、ピアノの音を収録し、周波数解析を行う。ハンマーヘッドの状態を複数パターン用意し、解析を繰り返す。ハンマーヘッドの状態は、表 1 の状態に区分する。

表 1 ハンマーヘッドの調整区分

①取り換える前の中古(経年劣化状態)
②新品のハンマーヘッド
③調律完了時(取り付け可能な状態)
④調律完了時より更に柔らかくした状態

### 2.2 工房、市営施設との連携

本研究は、ピアノ工房「古城楽器」の専属調律師である雑賀 大治郎氏と連携して「合志市総合健康センターユーパレス弁天」の自動演奏装置付きピアノを使用させて頂くことにする。

## 3. 実験結果

### 3.1 手による鍵盤タッチの測定

実際に手による演奏の音源を得るために、雑賀氏に mf、p を意識しながらの単音演奏を依頼し、その音を収録した。

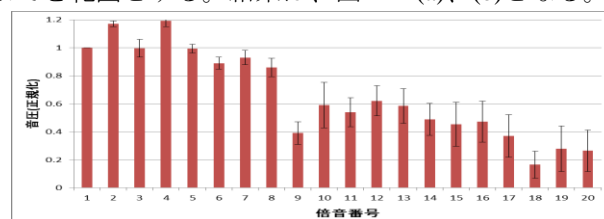
収録した単音(計 12 回)を音圧波形として表示し比較した結果、演奏毎に音圧レベルが異なっていることがわかった。結果として、人間による演奏では演奏毎に同じ音圧レベルを再現することができないということが明らかになった。

### 3.2 自動演奏装置の評価

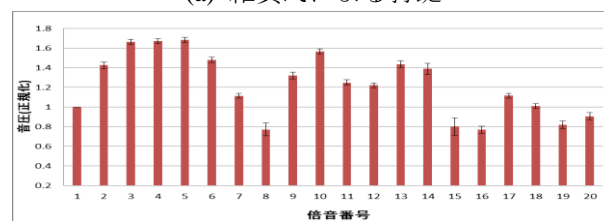
人間の手による演奏では、同じ鍵盤タッチを実現できないことがわかったため、ピアノ演奏の方法として自動演奏装置を用いる。自動演奏装置を用いることで、一定の鍵盤タッチを実現できるかを検討する。本研究では、一定の鍵盤タッチで演奏することが最初の課題である。比較に用いる音源は以下の 2 通りである。

- ・古城楽器のアップライトピアノで調律師が演奏した 220[Hz]の A3 の音。単音演奏計 12 回。
- ・自動演奏装置を用いた演奏。86[Hz]の F2 の音。単音演奏計 7 回。

比較方法として両者の倍音成分を用いる。基本音の音圧レベルを基準とした正規化を行い、倍音成分の構成を標準偏差の観点から観察する。倍音は、第 20 倍音までを範囲とする。結果は、図 1 の(a)、(b)となる。



(a) 雑賀氏による打鍵



(b) 自動演奏装置による打鍵

図 1 打鍵の違いによる倍音構成

図 1(a)より、第 8 倍音までバラツキが抑えられているが、第 9 倍音から標準偏差が増加している。つまり、9 倍音以降の倍音成分はバラツキが大きいことが解る。このことより、人間による演奏では、音色の再現性が乏しい。次に図 1(b)より、全ての倍音においてバラツキが抑えられている。

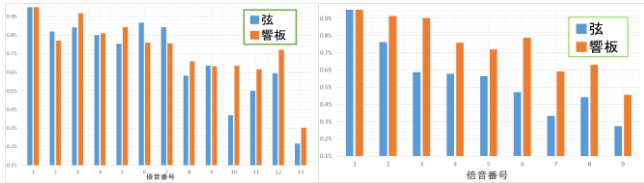
このことから、倍音構成はほぼ一定であり、音色の再現性が高いことが解る。比較結果から、音色再現性が優れた自動演奏装置を本研究で使用することに決定する。

### 3.3 ハンマーヘッドの調整依頼

雑賀氏に 4 本の A3(220Hz)と A4(440Hz)のハンマーヘッド調整を依頼した。本研究で使用するハンマーヘッドは合計 8 本となる。

### 3.4 マイクロホン設置箇所の選定

設置箇所として弦付近と響板付近、どちらを設置箇所とするかを両者の倍音成分を用いて決定する。各倍音の音圧成分を基本音基準で正規化を行い、比較する。



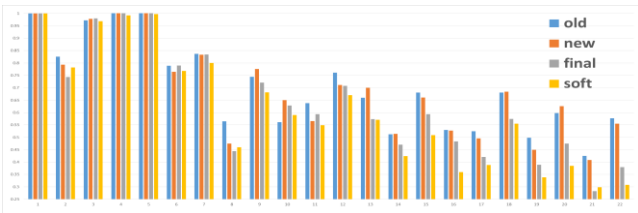
(a)A3 正規化倍音比較 (b)A4 正規化倍音比較  
図2 設置箇所の違いによる倍音成分比較

図2(a)、(b)より、響板付近に設置すること高次の倍音成分が強く取得することができる、という結果が得られた。

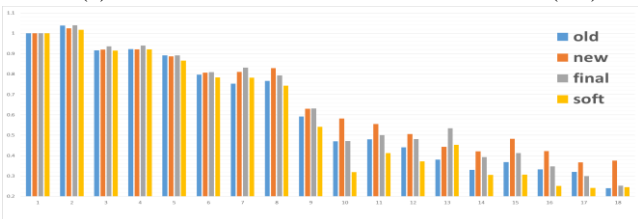
本研究では倍音成分、つまりは音色の変化を指標とするため、測定箇所(マイク設置場所)は響板付近に決定する。

### 3.5 ハンマーヘッドの違いによる倍音変化

雑賀氏によってハンマーヘッドを取り換えながら演奏音を収録し、基本音を基準とした倍音成分の正規化を行い比較した。結果を図3に示す。



(a) ハンマーヘッド成形による倍音変化(A3)



(b) ハンマーヘッド成形による倍音変化(A4)

図3 ハンマーヘッド成形による変化

青は old(経年劣化状態)、橙色は new(新品状態)、灰色は final(調整完了状態)、黄色は soft(調整完了後に更に柔らかくした状態)である。

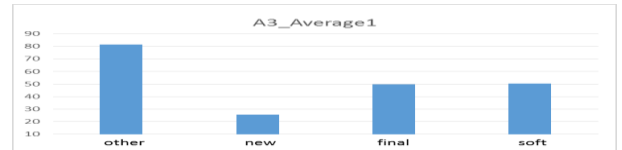
図3から、第7、8倍音以降から、old→new→final→softの順に倍音が低くなっていることがわかる。つまり、整音作業は倍音成分の倍音レベルを下げていることがわかる。

柔らかくした状態になるにつれて倍音成分が低くなるのは、弦とハンマーヘッドの接触時間が関わっている

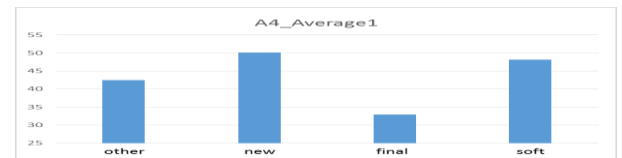
と推測する。柔らかいほど、フェルトに弦が接触する時間が長くなるため、極短時間( $\mu$ sオーダー)の接触時間の違いだが、打弦時のインパルスが変化し、倍音成分の音圧レベルの違いに繋がると考えられる。

### 3.6 ハンマーヘッド打弦箇所の硬度計測

株式会社テック技販の柔さ計測装置「YAWASA」を使用して計測した。使用した結果、図4に示す結果になった。



(a) A3 ハンマーヘッドの柔さ結果



(b) A4 ハンマーヘッドの柔さ結果

図4 柔さ計測結果

計測した結果、弾性係数の値は一回一回の値が定まらず、定量化することができなかった。図からも、柔さの計測に失敗していることがわかる。

## 4. 結言

本研究ではハンマーヘッドの形成によって高次の倍音成分の変化が顕著に表れた。さらに、熊本県内でも2~3名しかいないスタンウェイのマイスター資格を持つ調律師と自動演奏装置の組み合わせは、高い信頼性を持つ研究環境に成り得ることも判明した。

今後の研究として、硬度計測の方法の確立を目指す。現在、ハンマーヘッド柔さ計測についても研究を続けたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 著者:西口 磯春,鈴木 英男,森 太郎,三浦 雅展  
“音響サイエンスシリーズ9 ピアノの音響学”
- [2] 著者:N.H.フレッチャー/T.D.ロッシング  
“楽器の物理学”