

# 室内音響学的視点に基づいた クラシック・ギターに関する基礎的研究\*

花田健吾、加藤浩介、緒方望、川井敬二、矢野隆（熊本大）、安藤四一（神戸大名誉教授）

## 1 Introduction

これまで室内音響学では、音源と音場とが別々に扱われることが多かった。しかし、音楽演奏においては、演奏家は音場の特性を理解して演奏をコントロールし、美しく響かせること、すなわち、音源と音場の融合が重要である。筆者らは、室内音響特性との融合を前提としてクラシック・ギター演奏を分析することで、クラシック・ギター演奏のさらなる向上に貢献し、新しい可能性を引き出すことができるのではないかと考えた。

音源信号の時間領域において、音場の主観的属性に大きな影響を与えるコヒーレンスを調べるための有力な関数に自己相関関数(以下 ACF)がある。ACF の波形の減衰に着目すると、規則的な成分を多く含んでいる信号ほどゆっくり減衰するという性質がある。Ando ら(2000)は、過去 30 年以上にわたって研究を行い、ACF の第一ピークの振幅である  $\phi_1$  がピッチの強さを表し、聴者や演奏家が音場に対して感じる聴感的印象に重要な影響を及ぼすことを明らかにしてきた<sup>[1][2]</sup>。最近では Cariani (2005) が、ピッチ抽出において、ACF の第一ピークの遅れ時間で、ピッチを表す  $\tau_1$  だけでなく、 $\phi_1$  も効いているということを明らかにしている<sup>[3]</sup> (Fig.1)

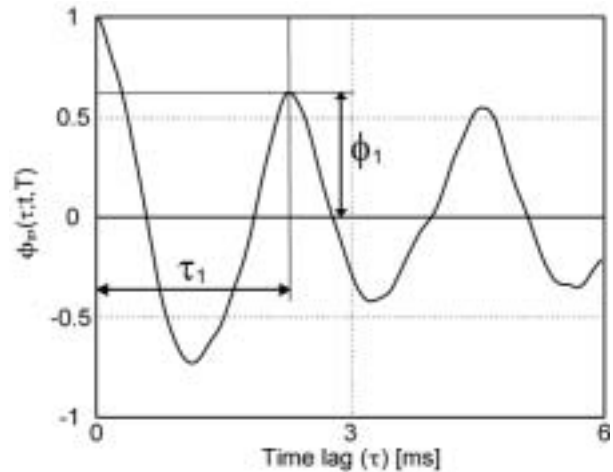


Fig.1 Example of determining the time lag( $\tau_1$ ) and amplitude( $\phi_1$ ) of first peak of the normalized running auto correlation function(r-ACF:  $\phi_p(\tau)$ )

また、Hotehama ら(2002)は、ホール音場の非類似性判断において、 $\phi_1$  が有意に影響するということを明らかにした<sup>[4]</sup>。

本研究では、クラシック・ギター演奏で、Timbre を変化させることができる技術のアタックビブラート奏法に着目し、弾弦の瞬間(アタック)の部分において、running-ACF (以下 r-ACF) 分析により抽出される 3 つのファクター( $F_0$ <sup>1</sup>、SPL<sup>2</sup>、 $\phi_1$ ) が、アタックビブラートの有無によってどのように変動するかを明らかにし、アタックビブラート奏法を物理的に記述できるかどうかを検証する。

1  $F_0$ (Fundamental Frequency) =  $1/\tau_1$  [Hz]

2 SPL(Sound Pressure Level) [dBA]

\* A study of classic guitar based on room acoustics , by HANADA Kengo, KATO Kosuke, OGATA Nozomi, KAWAI Keiji, YANO Takashi (Kumamoto Univ.), and ANDO Yoichi (Prof. em. at Kobe Univ.)



Fig.2 Musical piece of motif

## 2 Methods

解析対象の音源は、プロギタリスト 1 名（演奏歴 40 年以上）による演奏を無響室で録音したものである。演奏条件は、2 通りのビブラート奏法（アタックにビブラートをかける：HAV、ビブラートをかけない：NV）による、演奏モチーフ「さくらさくら」および A5（440 Hz）の単音の演奏であり、同じ演奏を 3 回行った。なお、クラシック・ギターの特徴の 1 つで、使用弦を変えても同じ音高の音を出すことができるが、今回は 2 弦 10 フレットに固定した。

記録された演奏音から、「さくらさくら」の中の A5（440 Hz）の音高の音源 7 つ + A5 の単音音源 1 つの 8 つの音源 × 3 trials（合計 48 samples）を抽出し、窓長 10、20、50 ms の r-ACF 分析により、F<sub>0</sub>、SPL、 $\phi_1$  の算出を行った（Fig.2 and 3(a) and 3(b)）。また、SPL において、(SPL)<sub>max</sub> から 3 dBA 減衰するまでの傾きをとったものを、Decay Rate of SPL [dBA/s] と定義し、 $\phi_1$  において、アタック時の  $\phi_1$  の落ち込みを  $(\phi_1)_{\text{bottom}}$ 、落ち込む前の値を  $(\phi_1)_{\text{top}}$  とし、算出を行った。

筆者らの仮説では、アタックの部分において、ビブラートをかけることによって、音がまるやかに聞こえるので、NV より HAV のほうが  $(\phi_1)_{\text{bottom}}$  の値が小さく、ピッチの強さが揺らいでいるのではないかと考えた。

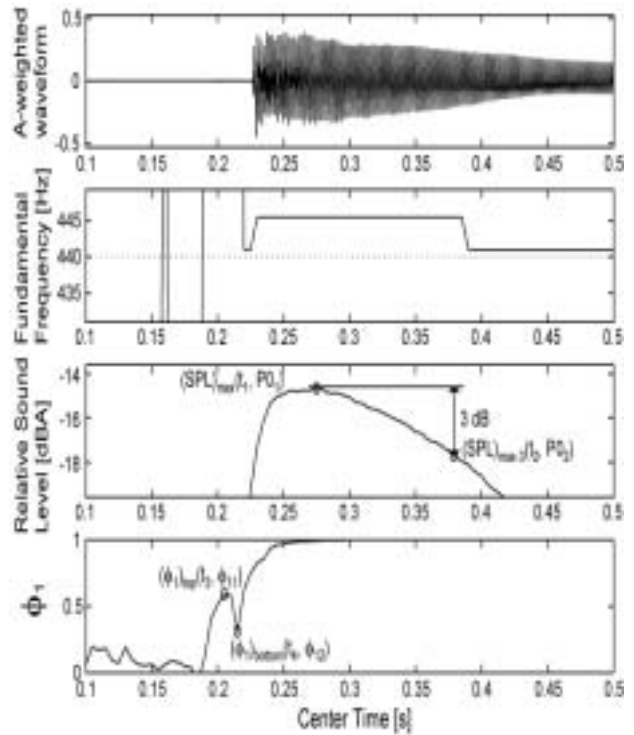


Fig.3(a) Example of recorded waveform and measured F<sub>0</sub> and SPL and  $\phi_1$  values of the r-ACF with 20 ms integration interval, as HAV of Single-Tone

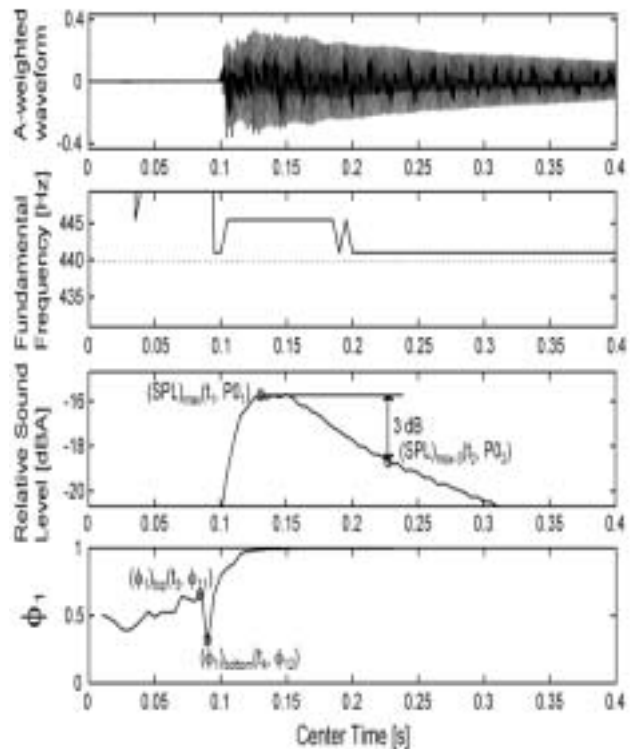


Fig.3(b) Example of recorded waveform and measured F<sub>0</sub> and SPL and  $\phi_1$  values of the r-ACF with 20 ms integration interval, as NV of Motif

### 3 Results

HAV の Decay Rate of SPL の存在範囲は、21.4 dBA/s から 40.0 dBA/s で、平均は 28.9 dBA/s であった (Fig.4)。NV では、24.0 dBA/s から 42.7 dBA/s の範囲に分布し、平均は 33.4 dBA/s であった。この差について、ビブラート奏法の違いを説明変数とした一元配置分散分析を行った結果、HAV と NV は寄与率 17 % で有意な差があった。これはアタック時にビブラートをかけることによって、SPL の初期減衰が緩やかになるということを示している。しかし、二元配置分散分析を行うと、NV のほうが初期減衰が緩やかな音源もあるので、必ずしもそうなるとは言えないが、HAV のほうが初期減衰が緩やかな傾向にあると言える。

$\phi_1$  について見てみると、 $(\phi_1)_{top}$  の存在範囲は、窓長 10 ms で 0.15 から 0.94、平均が 0.56、20 ms で 0.16 から 0.95、平均が 0.54、50 ms で 0.083 から 0.95、平均が 0.57 であった (Fig.5(a))。また、 $(\phi_1)_{bottom}$  の存在範囲は、窓長 10 ms で 0.043 から 0.72、平均が 0.31、20 ms で 0.040 から 0.72、平均が 0.32、50 ms で 0.0050 から 0.72、平均が 0.34 であった (Fig.5(b))。  $(\phi_1)_{top}$ 、 $(\phi_1)_{bottom}$  のどちらも窓長の影響を受けておらず、値のオーダーが広範囲に分布している。全体的な傾向として、アタックの部分で、 $(\phi_1)_{top}$  が 0.6 程度から  $(\phi_1)_{bottom}$  が 0.3 程度に落ち込んで、音が立ち上がるということが言える。今回の分析では、アタックビブラートの有無による  $\phi_1$  への影響は見られなかった。1つ1つの音源を見てみると、HAV でも  $(\phi_1)_{bottom}$  の落ち込みが見られず、逆に NV でも  $(\phi_1)_{bottom}$  の落ち込みが顕著に見られる音源があり、これは仮説が正しいとも間違っているとも言えない結果である。

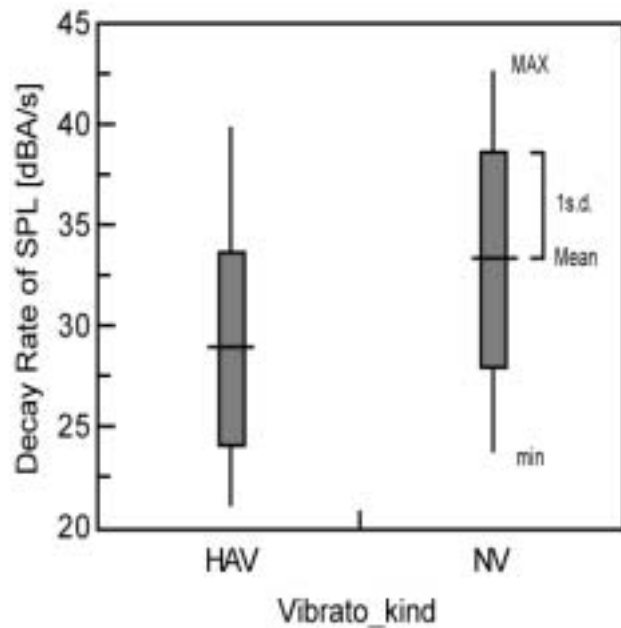


Fig.4 Measured distribution of the values of decay rate of SPL with 20 ms integration interval between HAV and NV

### 4 Discussions and Conclusions

以上の分析結果から、アタックの部分において、ビブラートをかけることにより、SPL の初期減衰が緩やかになる傾向があるということがわかった。これはクラシック・ギターのアタックビブラート奏法により、SPL の初期減衰をコントロールできると言える。さらに Introduction で述べたことを踏まえて、音源の非類似度に SPL の初期減衰が効いているのではないかと考えられる。

Fig. 5(a)、5(b)から得られた結果から、 $(\phi_1)_{top}$ 、 $(\phi_1)_{bottom}$  は窓長の影響を受けず、広範囲に分布し、全体的な傾向として、アタックの部分で、 $(\phi_1)_{top}$  が 0.6 程度から  $(\phi_1)_{bottom}$  が 0.3 程度に落ち込んで、音が立ち上がるということがわかった。これはアタックビブラートの有無に関係なく、クラシック・ギターのアタックの特徴の 1つであると言える。また、アタックにおける  $\phi_1$  の値のオーダーが広範囲に分布するので、 $\phi_1$  を演奏家がコントロールできる可能性について今後検討していきたい。

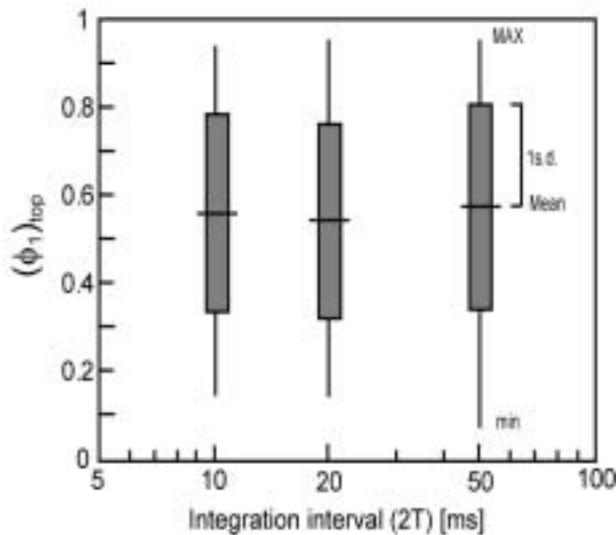


Fig.5(a) Measured distribution of the values of  $(\phi_1)_{top}$  by integration interval

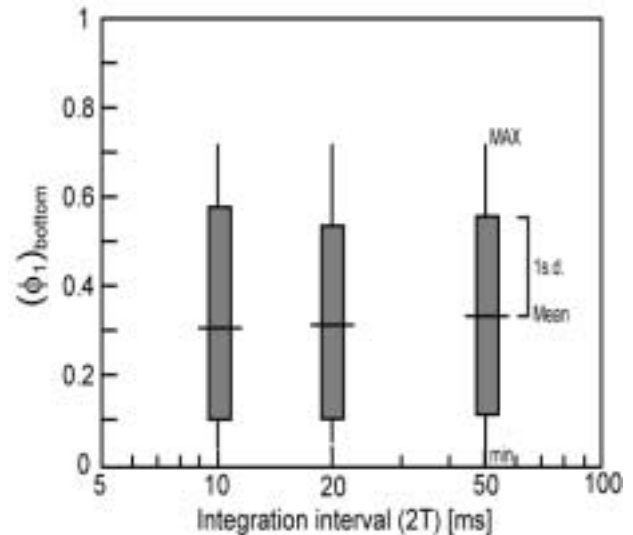


Fig.5(b) Measured distribution of the values of  $(\phi_1)_{bottom}$  by integration interval

Hotehama らの過去の研究<sup>[4]</sup>では、音場の非類似度の一要因に $\phi_1$  が影響するということが示されており、音源の非類似度を $\phi_1$  及び SPL の初期減衰を含む聴覚 - 大脳機能に基づく物理的モデルで予測できるかどうか検証することを今後の課題とする。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたって快く録音に協力して下さったプロギタリストの吉田邦治先生に心より感謝申し上げます。また、音楽的助言をしていただいた榊原健一氏、プログラミングをしていただいた藤井健司氏に謹んで感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 安藤四一著・酒井博之・佐藤伸一共訳，“建築音響学 - 音楽演奏・音響空間と聴衆との融合”，シュプリンガーフェアラーク東京，2000.
- [2] 安藤四一著，“コンサートホール音響学”，シュプリンガーフェアラーク東京，1987.
- [3] Peter Cariani, “Time and Time Again: Towards a Temporal Theory of Auditory Perception”, Proc. The 2nd International Symposium on Temporal Design, p.38-42, 2005. (<http://www.jtdweb.org/>)
- [4] T. Hotehama, S. Sato and Y. Ando, “Dissimilarity judgments in relation to temporal and spatial factors for the sound field in an existing hall”, Journal of Sound and Vibration, Vol. 258, 429-441, 2002.