

# 楽器弦の種類と音色との対応について

アコースティック・ギターにおけるフォスファー弦とブロンズ弦の音質差について

牧 隆道\*, 櫻井 豊\*\*

## On instrumental strings and tonal properties

Study on tonal difference of Phosphor Bronze Strings and Bronze Strings

MAKI Takamichi, SAKURAI Yutaka

Recently, Phosphor Bronze Strings have been commercially sold for acoustic guitars. The Phosphor Bronze Strings contain phosphor in the winding alloy against to the previous Bronze Strings. However, relationship between phosphor content and tonal properties have not been clear. In this study, the Phosphor Bronze Strings and the previous Bronze Strings were compared by using a real instrument and the acoustical spectral analyses. In 2kHz to 3kHz, different acoustical spectra correspond to the two kind of strings were obtained. The tonal properties were also evaluated by using SD method as a listening impression. The mechanism for existence of higher harmonics in Phosphor Bronze Strings is future work.

キーワード：楽器弦，音色，音響スペクトル，SD法

### 1. はじめに

ギターやヴァイオリンなどの弦楽器は、弾く、擦る、叩くなどの方法で刺激された弦の振動を楽器本体で共振させ、その豊かな音色を奏でている。その音色は楽器自身の共振構造に大きく左右されるが、弦の種類によっても変化することが一般に知られている<sup>1)</sup>。しかしながら弦の種類によって音色が変化するメカニズムは明確には解明されていないのが現状である。本研究ではそのメカニズム解明を目標として、同一の楽器に異なった種類の弦を張って実際に音を出し、その音響特性の差を調べた。異なった種類の弦が市販されているアコースティックギターに注目し、そこで用いられるブロンズ弦およびフォスファー弦(いずれも通称)という2種類の弦を用いて比較測定を行

った。これらの弦は耐久性も異なるといわれているが、ここでは新品時の音色のみに着目した。これら2種類の弦の音をスペクトル解析し、音響スペクトル上の違いを見出し、そのスペクトルの差異による音響の違いを音響心理的手法で評価し、両者の音色を特徴付ける因子を考察した。

### 2. 音響測定実験

#### 2-1 測定弦試料について

表1に測定に用いた試料のメーカー・製品名、弦の種類を示す。ブロンズ弦の製品名の80/20 BRONZEは、巻弦に使われている(巻弦については後述する)材料の成分比を表しており、80:20の割合で銅:スズが配合されていることを示しており、PHOSPHOR BRONZEというのは、いわゆる青銅にリンが少量添加されていることを示す。

\*機械・電気システム工学専攻，\*\*電気工学科

表 1. 測定弦試料

メーカー名 / 製品名
Martin / 80/20 BRONZE (ブロンズ弦)
Martin / SP+ PHOSPHOR BRONZE (フォスファー弦)
D'Addario / EJ11 80/20 BRONZE (ブロンズ弦)
D'Addario / EJ16 PHOSPHOR BRONZE (フォスファー弦)

メーカー固有の音色の特徴ではなく弦の種類(リン添加の有無)による音色の傾向の違いを見るため, 2社のそれぞれの弦を測定に用いた.

## 2-2 弦の構造について

ブロンズ弦の場合, 1, 2弦はスチールの裸弦, 3~6弦は図1に示すように, スチール線(芯線)にブロンズの細い線(巻線)を巻きつけた構造となっており, これらを巻弦という. このような巻弦構造をとるのは, 重くかつしなやかな弦をつくるためである. 単純に重く(線密度を大きく)するだけならば, 太くすれば良いが, それでは弦の曲げ剛性が大きくなり, 弦の理想(完全にしなやか)から外れることになり<sup>2)</sup>, フレット楽器の場合音程が狂うこと, 弦が折れ曲がりにくくなるため高調波が減り, 響きの豊かさが失われるなどの弊害が現れる.

フォスファー弦の場合も同様に1, 2弦はスチール弦, 3~6弦は巻弦構造と構造は全く同じであるが巻線の成分(銅とスズ)に少量のリンが加えられているところが異なる.

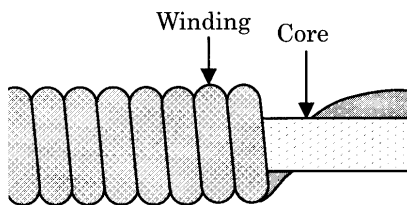


図1. 巻線の構造(模式図)

## 2-3 音響測定装置および測定方法について

図2に使用した音響測定装置を示す. まずコンデンサマイクを用いてギターのリムから6弦までの開放弦の撥弦音を収録した. その際マイクとギターの表面板との距離は15~40cmとした. 弦はサウンドホール真上から十分タッチ

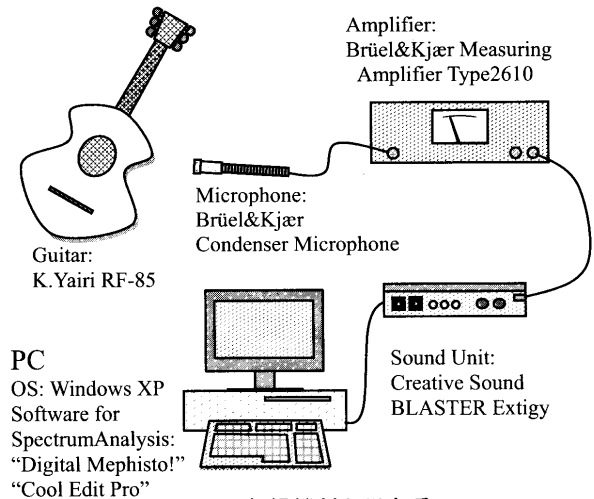


図2. 収録機材と測定系

に注意し親指で弾弦した. 次にマイクからの信号をアンプで増幅し, サウンドユニットを介してA/D変換を行いPCに取り込んだ. PCに取り込む際は外付けのサウンドユニットを用いた. その理由はPC内部のサウンドカードでは, ノイズが多量に含まれるからである. このときのサンプリング周波数を44.1kHz, 量子化ビット数16Bit, チャンネル数をモノラルとしA/D変換を行った. そして取り込んだ音声データを「Digital Mephisto!」, 「Cool Edit Pro」の二つのソフトウェアにて録音, 編集, 解析を行った. この際FFT(高速フーリエ変換)のサンプルのサイズは8192(もしくは16384)とし, 窓関数には楽器音などのスペクトル分解能向上に有用とされるブラックマン窓を用いた.

## 3. 解析結果

PCに取り込んだデータを「Digital Mephisto!」を使用して解析を行った結果を図3と図4に示す. 図は周波数スペクトルの時間変化を表しており, 横軸が周波数で左後方から右前方に向かって時間軸をとっている. 縦軸は0を最大とした音の相対強度を表している. 比較しやすくするため, それぞれの図の上側がフォスファー弦, 下側がブロンズ弦の周波数スペクトルとなるよう編集して示す. なお測定および解析はすべての弦(1~6弦)について行ったが, いずれも同傾向を示すため, ここでは6弦のみの結果を示す.

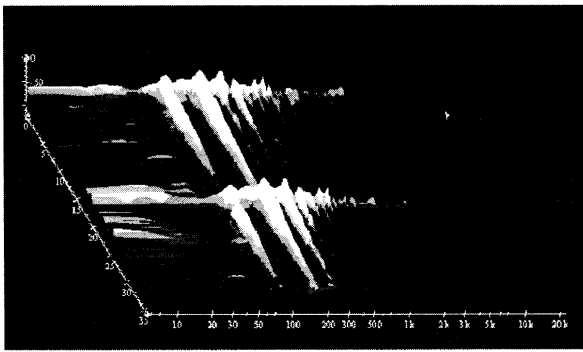


図3. 実器音響特性(Martin 社 6 弦)

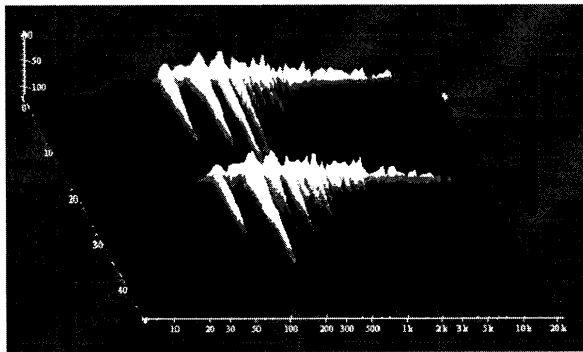


図4. 実器音響特性(D'Addario 社 6 弦)

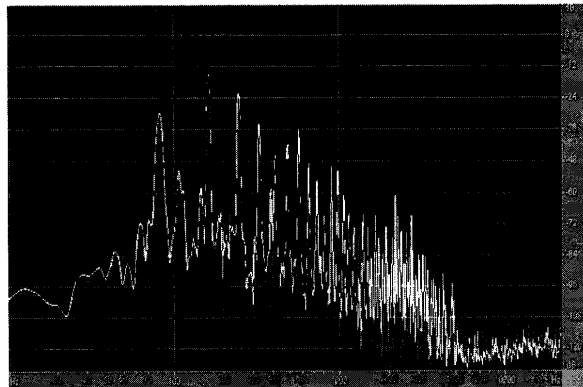


図5. 実器音響特性(Martin 社 6 弦)

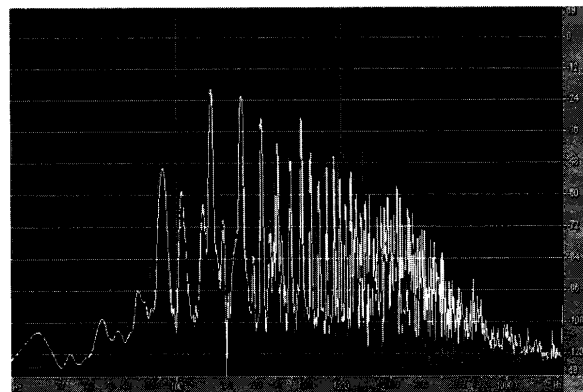


図6. 実器音響特性(D'Addario 社 6 弦)

周波数スペクトルの時間変化においてフォスファー弦では音の鳴り始めに高い高調波が現れることがわかる.そこで音の鳴り始め(0.37秒後)における周波数スペクトルに注目し,ブロンズ弦とフォスファー弦とを比較した.その結果を図5,6に示す.なお縦軸が音の相対強度,横軸は周波数で白色の線がフォスファー弦,灰色の線がブロンズ弦を表している.図中2kHzから3kHzにかけての高調波成分がフォスファー弦では多いことがわかる.

#### 4. フィルタ処理実験

解析結果より,フォスファー弦はブロンズ弦に比べて,音の鳴り始めにおいて2kHzから3kHz付近の高調波を多く含むことがわかったので,これらの高調波がフォスファー弦の音色の特徴にどのように関係しているのかを確認することにした.具体的な方法として,ソフトウェア(CoolEditPro)の機能を用いてフォスファー弦の2kHz以上の高調波成分をフィルタ処理により除去し,除去前後の音と聞き比べる方法を用いた.音の評価について個人的な嗜好を取り除くためSD法によるアンケートを複数人に対して行った.SD法とはいくつかの形容詞対を用いて評価音がどのように「高い」か,「低い」かを判断する方法である<sup>3)</sup>.

図7に今回行ったSD法による音質評価の結果を示す.5つの形容詞対を用いて,フィルター処理前後の音質の評価結果を示す.

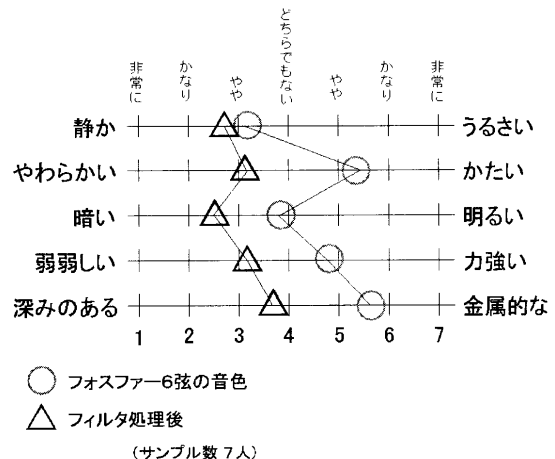


図7. SD法による音質評価結果

フィルタ処理前後でとくに変化が顕著であったのは「やわらかい」・「かたい」という項目と「深みのある」・「金属的な」という項目であった。すなわち、2 kHz 以上の高調波成分があることにより、音が「かたく」、「金属的」となり、フォスファア弦の音色を特徴づけていることがわかった。

本結果より、巻線のリン添加により、どのようなメカニズムで2 kHz 以上の高調波成分が発生しているのかを突き止める必要がある。

Phosphor Bronze とはいわゆるリン青銅のことであり、単なる青銅との大きな機械的特性の差が考えられ、例えば巻弦同士の動的な弾性率の差による弦の折れ曲がりやすさの差、振動初期に効くとされる弦の縦振動成分の差などが推定されるがこれらの検討は今後の課題とする。

## 5. おわりに

アコースティック・ギターに用いられるブロンズ弦とフォスファア弦の比較測定を行い、音色差について調べた。フォスファア弦では6弦において2kHzから3kHz付近の高調波の存在により音が「かたく」、「金属的」となり、当種類の弦の音色を特徴づけていることがわかった。この高調波成分の発生メカニズムを突き止めることにより、さらに新しい音色の弦の開発につながるものと考えられる。

## 参考文献

- (1) たとえば、平岡正徳、音楽工学、誠文堂新光社(1976)
- (2) 櫻井豊、安川祐樹、村上裕幸、高廣政彦、富山工業高等専門学校紀要 第37巻 (2003) 1
- (3) 難波清一郎、音の評価のための心理学的測定法、コロナ社(1998)

(2004. 11. 24 受理)