

ステージ上と客席でのヴァイオリンの音色の違い

石垣 優弥 横山 真男^{†1}

概要: 一般に、ストラディバリウスは他のヴァイオリンに比べ音色がいい、よく遠くまで響くと言われている。しかし、その音響特性が何に起因するかは未だ不明瞭な部分が多い。そこで本研究では、オールド楽器から新作楽器まで6本のヴァイオリンについて、ステージ上および客席で録音し、それらの音源における周波数スペクトルおよび信号対雑音比 (S/N 比) を比較した。結果として、ステージ上と客席録音した音源の周波数スペクトルを比較したところ、楽器間での3~4 kHz 付近でのパワー差が観察された。この周波数帯はいわゆるシンガーズフォルマントと呼ばれる領域である。また、10 kHz 付近の高次の倍音成分においても、倍音成分のピークが観察される楽器とされない楽器があることが分かった。これらの周波数スペクトルの形状の違いが、楽器の音色やいわゆる遠鳴りという現象に関係するかについて検証を行った。

Difference in timbre of violin on stage and seat

1. はじめに

ヴァイオリンの音色に関する研究は近年盛んに行われており、ストラディバリウスに代表されるようにいわゆるオールドヴァイオリンに関する研究も多く存在する [1-5]。音色を評価する言葉はいくつか存在するが、本研究では「遠鳴り」という現象に着目して音色の解析を行う。「遠鳴り」とは、遠くまでよく通る音のことである。これと反対に「そば鳴り」という現象もあり、こちらは少し離れるとあまり聞こえない音の事である [6]。一般に遠鳴りする音の方が良い音とされ、演奏者は演奏法によって遠鳴りする音のように心がけている。また、楽器の種類によっても遠鳴りし易さに違いがあるとされている。そこで本研究では、6本のヴァイオリンを用いてそれぞれのステージ上と客席でのパワースペクトルおよび S/N 比を比較し、ヴァイオリンの遠鳴りという現象について検証を行った。

2. 実験

録音はコンサートホール (トッパンホール, 東京) にて無観客の状態で行った。また、奏者はプロのヴァイオリニスト1名で実施した。使用した楽器はイタリアのオールド楽器の代表ともいえるストラディバリウス (1705, 楽器 S) およびデルジェス (1742, 楽器 D)、また新作楽器として日本製の初

心者向けメーカー品 (楽器 P)、さらに他の国の楽器としてドイツ製のバイオリンであるフェルディナンド (2011, 楽器 F) と日本人の製作者2人のヴァイオリン (楽器 H, 楽器 N) の計6本である。使用したマイクは、無指向性の測定用マイク (Earthworks M23) を2本用いて、それぞれステージ上 (駒上 20 cm) と客席 (ステージから 15 m 離れた場所) に配置した (図 1)。



図 1 実験風景

Fig. 1 Experiment image

それぞれの楽器で G メジャーの上行・下行スケール (3 オクターブ) を 1 回ずつ演奏してもらった。

^{†1} 現在, 明星大学
Presently with Meisei University

録音後にスペクトル解析を行い、各楽器のステージ上と客席でのパワースペクトルおよび S/N 比の比較を行った。なお S/N 比の計算式は以下の通りである。

$$S/N \text{ 比} = \frac{\text{ピークの合計}}{\text{ノイズの合計}} \quad (1)$$

3. 結果

3.1 パワースペクトルの比較

図 2~7 に各楽器の G3 音におけるパワースペクトル (時間平均) の結果を示す。

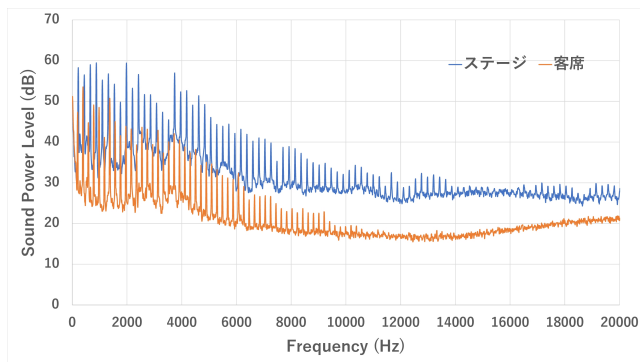


図 2 楽器 S の G3 音におけるスペクトル
Fig. 2 Spectrum of instrument S in G3

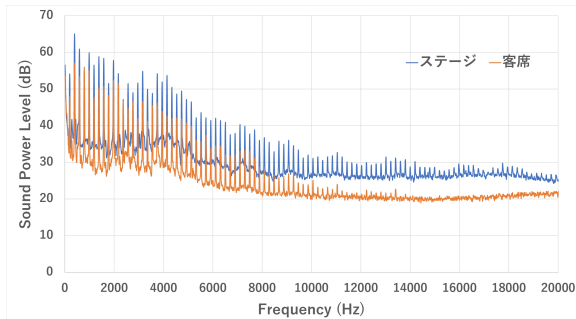


図 3 楽器 D の G3 音におけるスペクトル
Fig. 3 Spectrum of instrument D in G3

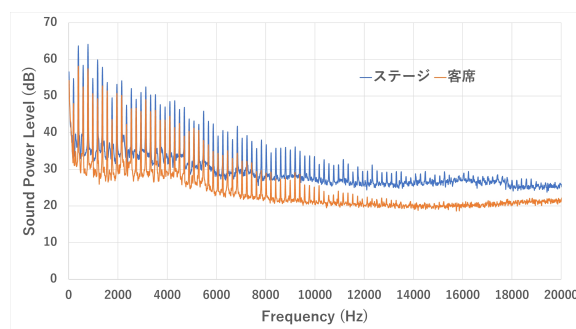


図 4 楽器 P の G3 音におけるスペクトル
Fig. 4 Spectrum of instrument P in G3

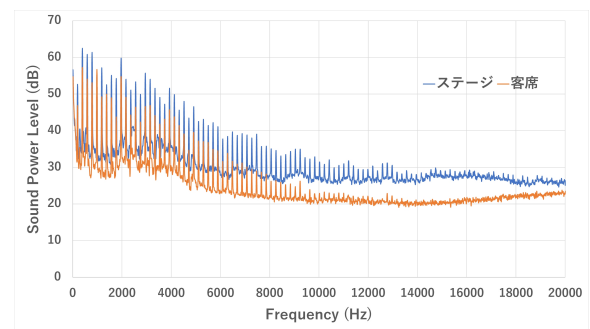


図 5 楽器 F の G3 音におけるスペクトル
Fig. 5 Spectrum of instrument F in G3

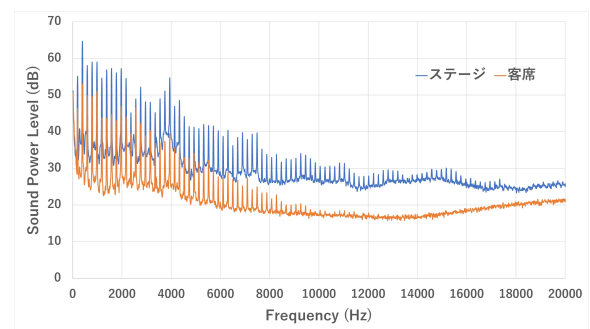


図 6 楽器 N の G3 音におけるスペクトル
Fig. 6 Spectrum of instrument N in G3

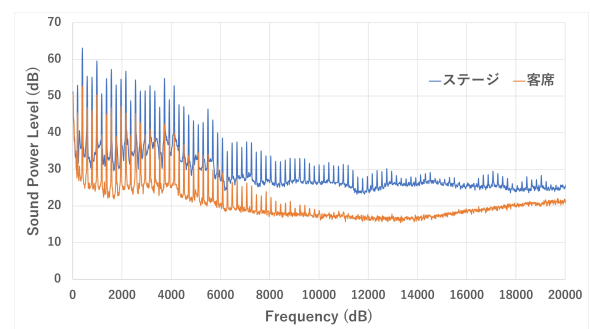


図 7 楽器 H の G3 音におけるスペクトル
Fig. 7 Spectrum of instrument H in G3

るステージ上と客席の違いに着目する。まず、ステージ上のスペクトルをみると、楽器 S と N において 4 kHz において強いピークが現れていた。次に楽器 P と F は全体的になだらかに高次倍音に向かって減少していた。一方、客席におけるスペクトルを見ると、概ねステージ上のスペクトルの概形が保たれている。同様に、楽器 S と N では 4 kHz 付近でピークが見られる。次に 10 kHz 付近を観察すると、楽器 N と H ではほぼピークが見られず、他の楽器では高次倍音成分が残っていた。

次に図 8~13 に各楽器の A4 音におけるパワースペクトルの結果を示す。

図 8~13 のパワースペクトルにおいて、ステージ上のパワースペクトルについては、楽器 P と F は基音以降ならかに減少しているが、楽器 D,N,H については 3 kHz 付近で

図 2~7 のパワースペクトルにおいて、3~5 kHz にお

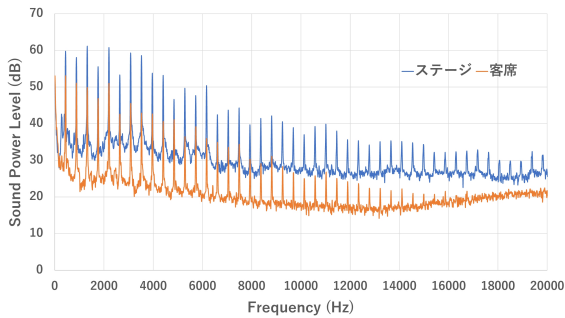


図 8 楽器 S の A4 音におけるスペクトル
Fig. 8 Spectrum of instrument S in A4

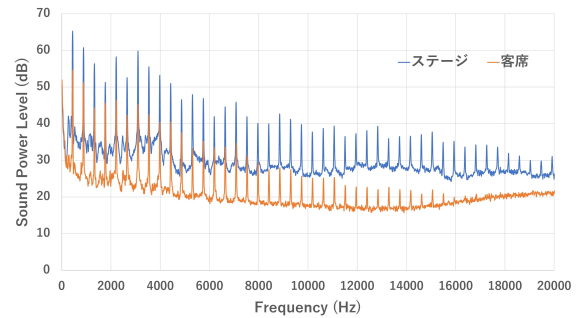


図 12 楽器 N の A4 音におけるスペクトル
Fig. 12 Spectrum of instrument N in A4

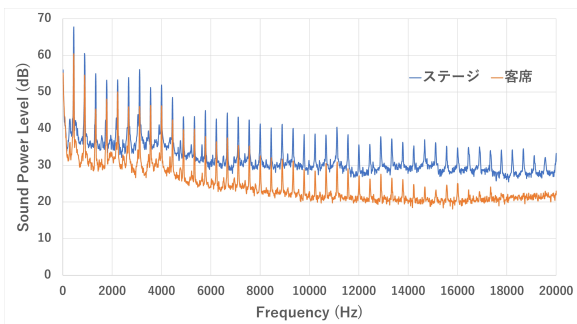


図 9 楽器 D の A4 音におけるスペクトル
Fig. 9 Spectrum of instrument D in A4

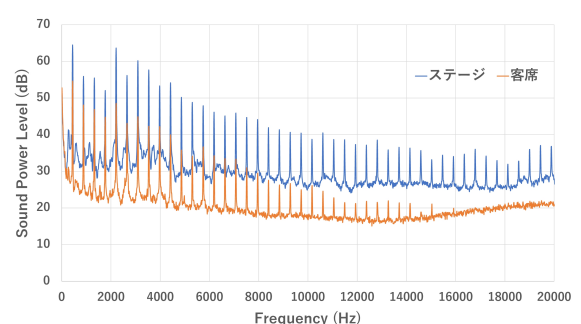


図 13 楽器 H の A4 音におけるスペクトル
Fig. 13 Spectrum of instrument H in A4

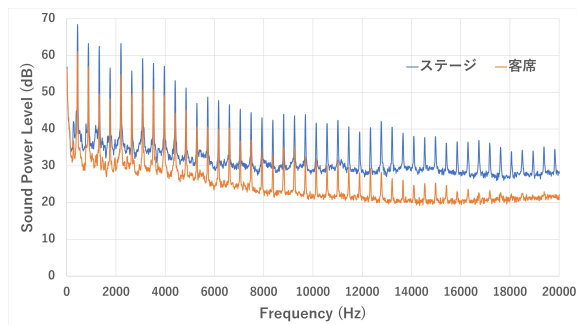


図 10 楽器 P の A4 音におけるスペクトル
Fig. 10 Spectrum of instrument P in A4

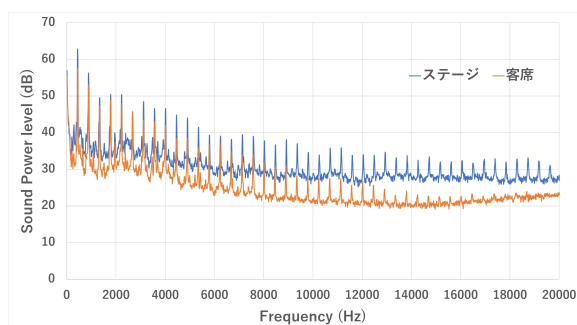


図 11 楽器 F の A4 音におけるスペクトル
Fig. 11 Spectrum of instrument F in A4

ピークが大きくなっていて、楽器 S では基音から 3 kHz あたりにかけてピークが大きい。また、16 kHz 付近を見ると、楽器 N と H についてはほぼピークは見えなくなっている。以上の結果から、G3 音と A4 音で 3~4 kHz 付近でのパ

ワー差が観察され、シンガーズフォルマントに似た現象が現れていた。また 10 kHz 以上の高次の倍音成分についても、倍音成分のピークが観察される楽器と観察されない楽器があった。

3.2 S/N 比の比較

表 1, 2 に G3 音における各楽器における S/N 比の違いを示す。計算した周波数帯域は G3 の f_0 を中心とした 1/1 オクターブバンド (帯域 1) と 2.5~5 kHz (帯域 2), 10~12 kHz (帯域 3) の 3 箇所、それぞれの帯域で式 (1) を用いて計算を行った。

表 1 G3 における各楽器のステージ上での S/N 比
Table 1 The S/N ratio on the stage of each instrument in G3

	帯域 1	帯域 2	帯域 3
楽器 S	0.406	0.265	0.211
楽器 D	0.385	0.273	0.755
楽器 P	0.442	0.274	0.343
楽器 F	0.432	0.248	0.773
楽器 N	0.451	0.241	0.142
楽器 H	0.398	0.269	0.173

それぞれの帯域ごとに比較すると、ステージ上での S/N 比から客席上での S/N 比にかけて、帯域 1 では 4 つの楽器で値が減少しているのに対し、楽器 S と H では値が増加していた。次に、帯域 2 では全ての楽器で値が減少しており、

表 2 G3 における各楽器の客席での S/N 比

Table 2 The S/N ratio on the seat of each instrument in G3

	帯域 1	帯域 2	帯域 3
楽器 S	0.471	0.231	0.363
楽器 D	0.375	0.242	0.483
楽器 P	0.418	0.265	0.480
楽器 F	0.375	0.215	0.373
楽器 N	0.413	0.131	0.320
楽器 H	0.449	0.186	0.314

特に楽器 N と H の減少が大きかった。最後に、帯域 3 では帯域 1 と同様に値が増加している楽器と減少している楽器に分かれていた。

表 3, 4 に A4 音における各楽器における S/N 比の違いを示す。

表 3 A4 における各楽器のステージ上での S/N 比

Table 3 The S/N ratio on the stage of each instrument in A4

	帯域 1	帯域 2	帯域 3
楽器 S	0.171	0.126	0.195
楽器 D	0.323	0.142	0.382
楽器 P	0.507	0.154	0.310
楽器 F	0.278	0.0860	0.159
楽器 N	0.285	0.124	0.156
楽器 H	0.398	0.269	0.173

表 4 A4 における各楽器の客席での S/N 比

Table 4 The S/N ratio on the seat of each instrument in A4

	帯域 1	帯域 2	帯域 3
楽器 S	0.444	0.153	0.157
楽器 D	0.241	0.169	0.263
楽器 P	0.247	0.220	0.290
楽器 F	0.395	0.175	0.192
楽器 N	0.256	0.224	0.156
楽器 H	0.259	0.149	0.142

A4 音においても G3 音と同様に、それぞれの帯域で値の増減は楽器に異なっていた。

以上の結果から、それぞれの帯域での減少率、増加がその楽器固有の特徴として現れていると考えられる。

4. おわりに

本研究ではヴァイオリンの音色の解析について、ステージ上と客席における周波数スペクトルと S/N 比の違いを観察した。結果として、特定の帯域でのピークや S/N 比の減少率を比較することにより、各楽器の特徴が現れているのを観察できた。特に 3~4 kHz でのピークに関してはシンガーズフォルマントと同様の現象が起こっており、これが楽器の違いによる遠鳴りのし易さにつながるのではないかと考えられる結果が得られた。今後の課題としては、他の音

高での比較やスペクトル包絡などの別の特徴量を用いる予定である。また、今回の結果を踏まえて遠鳴りについて物理的な解析を行っていく必要がある。

参考文献

- [1] A. Buen : A brief introduction into the violin acoustics history, Proceedings of theBaltic-Nordic Acoustics Meeting, 2006, 8-10.
- [2] Woodhouse J : The acoustics of the violin: a review, Rep Prog Phys, Vol 77, No.11, 2014
- [3] Gough CE : Violin acoustics, Acoustic Today, Vol 12, No.2, pp.22-30, 2016
- [4] Yokoyama M : Possibility of distinction of violin timbre by spectral envelope, Applied Acoustics, Vol 157, 2020
- [5] 小幡哲史 : ストラディバリウスはなぜ高い?ヴァイオリンの歴史とその値段, 情報処理学会, Vol 111, No.12, 2016
- [6] 小林まおり, 上野佳奈子 : ホールにおけるフルート演奏音の聴覚印象-楽器の個性としての遠鳴り・そば鳴りに関する検証-, 日本音響学会, Vol 73, No.4, pp.212-220, 2017