

## ヴァイオリンの有限要素モデル化と粒子速度計測結果について

○大塚 駿 黒沢 良夫  
(帝京大) (帝京大)

3D printed top plate creation and finite element analysis of violin

Syun Otsuka Yoshio Kurosawa  
(Teikyo Univ.) (Teikyo Univ.)

ヴァイオリンの振動音響解析を有限要素法で行うため、木材の材料データ(ヤング率、密度など)の同定や、3D スキャナで1つ1つのパーツの形状データの取得を行い、有限要素モデルを作成した。また、習得した形状データから3D プリントを用いてヴァイオリンを作成した。木製と3D プリント製のヴァイオリンの振動計測結果やFE モデルの振動解析結果との比較等を紹介する。また、粒子速度プローブによる実験結果を紹介する。

**Key words:** 木質系材料, 固有モード, 実験解析, モード解析,

## 1. はじめに

現在製作されているヴァイオリンは職人の手によって作られているものが多い。職人の勘と経験によって製作・調整されているため、ヴァイオリンの板厚等は一つ一つの楽器で異なっており、弾いた際に鳴る音も当然異なる。そのため、構造(形状や板の厚さ)・材料をどのように変更したら音(振動)にどのような影響が出るか、楽器の違いによる音色の違いを実験計測や数値計算を用いて研究<sup>(1)(2)</sup>し、将来的には、ヴァイオリンの製作技術・調整技術を数値化することを目標としている。

本研究では、3D スキャナで1つ1つのパーツの形状データの取得を行い、有限要素モデルを作成した。材料の木材(spruce, maple)について、ヴァイオリンの部品を作成した端材から梁を作り、振動実験と有限要素モデルの計算結果から材料データを同定した。また、習得した形状データから3D プリント(Formlabs 製 Form3L)を用いてヴァイオリンを作成した。木製と3D プリント製のヴァイオリンの振動計測結果やFE モデルの振動解析結果との比較等を紹介する。また、粒子速度プローブによる実験結果を紹介する。

## 2. 木材の材料データの同定

初めに、ヴァイオリンの部品を作成した端材から梁(図1, 図2)を作り、振動実験を行った。なお製

作した梁は木目方向と等しいもの、木目に直角なもの(年輪方向)、そして端材側面の木目方向と年輪方向の計4方向の梁を2本づつ製作した。梁の下側の中心を加振し、梁の4点の振動をレーザー Doppler 振動計を用いて計測した。実験で得られた伝達関数を用いて、モーダル解析を行い、一次曲げ、一次ねじり、二次曲げの梁の周波数を同定した。

Altair HyperMeshにて、梁のFEモデルを作成し、論文<sup>(3)(4)</sup>から得た spruce, maple の剛性値から計算を行った。maple のヤング率  $E_x$  は論文<sup>(5)</sup>より、12.6GPa を用いた。spruce に関しては、論文<sup>(6)</sup>に記載されている式(1)を用いて  $E_x$  を求めた。

$$E = \frac{48\pi^2 l^4 \rho f_n^2}{h^2 \theta_n^4} \quad (1)$$

$f_n$  [Hz]: 共振または反共振周波数,  $l$  [m]: 試験片の対応する長さ,  $h$  [m]: 厚さ,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]: 密度,  $\theta_n$ : 振動モードとモード次数によって決定する係数である。

FE モデルの計算結果と、実験結果との合わせ込みを行い、spruce, maple の剛性値の同定を行った。合わせ込みにより同定した剛性値の比を表1に示す。maple の剛性値の比は、ポアソン比を除く全ての値が文献値より大きくなった。spruce に関しては、計算で得た比と文献値がおおむね一致した。