

3D プリンタによる表板作成とヴァイオリンの有限要素解析

○岡本 朋也 黒沢 良夫
(帝京大) (帝京大)

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

Tomoya Okamoto Yoshio Kurosawa
(Teikyo Univ.) (Teikyo Univ.)

3D スキャナで取得したヴァイオリンの表板の形状データを用いて 3D プリンタで表板を作成し、振動解析を行う。また、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）や、1つ1つのパーツの形状データの取得を行った。FE モデルの振動解析結果と実験モード解析結果との比較等を紹介する。

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⁽¹⁾⁽²⁾し、将来的には、ヴァイオリンの製作技術を数値化することを目標としている。

本研究では、ヴァイオリンで使用されている2種類の木材の材料データを、実際の部品を作成した際の板の端材から梁を作成し、文献値⁽³⁾⁽⁴⁾を参考に実験結果と FE モデルの計算結果から同定した。また、3D スキャナを用いてヴァイオリンの各部品の形状測定を行い、有限要素モデルを作成した。ヴァイオリンの表板・裏板の実験モード解析結果と FE モデルの固有値計算結果の比較を紹介する。さらに、ヴァイオリンの表板を 3D プリンタを用いて木材のものと同形状で作成した。このパーツの振動実験を行い、木材の部品との結果の差異を比較した。

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（図 3）から梁（図 1, 図 2）を作り、振動実験を行った。なお製作した梁は図 3 に示す通り、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 本ずつ製作した。梁の下側の中心を加振し、梁の 4 点の振動をレーザードップラー振動計を用いて計測した（図 4）。計測位置は図 5 に示す。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。各梁の諸元を表 1 に示す。

Altair HyperMesh にて、梁の FE モデルを作成し（図 5）、論文⁽³⁾⁽⁴⁾から得た spruce, maple の剛性値から計算を行った。論文⁽³⁾に記載されている剛性値の同定時に参考にした値を表 2 に示す。maple のヤング率 E_x は論文⁽⁵⁾より、12.6GPa を用いた。spruce に関しては、論文⁽⁶⁾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, ρ [kg/m³]: 密度, θ_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 3 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