

CAE を用いたギターの音の創生

知能機械力学研究室 松澤 俊博

1. 研究の背景と目的

楽器の音質は楽器の材料特性や形状などによって大きく変わる。近年、多くの国々で電子楽器が普及しているが、これらの楽器ではそれらを変更するのではなく、開発者が製作した既存の音しか使用できない。そこで本研究では、コンピュータ上でギターモデルを構築し、材質や形状などの物理特性を変更して音を創生することが目的である。

ギターでは、弦を弾いた後、自由振動により音が発生するので、その自由振動特性によって音質が大きく変わる。そこで、有限要素法による解析が可能なソフトウェア ANSYS を用いてギターモデルの固有値解析を行い、得られたモードおよび、質量マトリクス、剛性マトリクス、材料の減衰特性からモード減衰比、初期振幅を計算し、自由振動により発生する音を創生することを考える。ここでは、その第一歩として、簡易モデルを試作して、シミュレーション用の仮想モデルと比較検討し、仮想モデルの妥当性を評価する。

2. 実験装置および方法

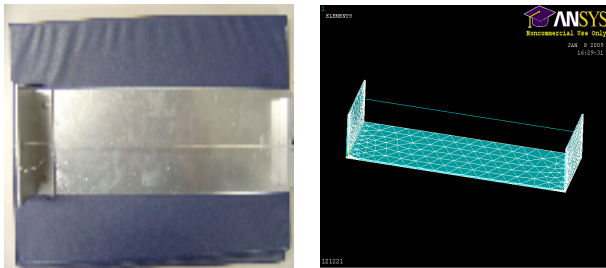


Fig.1 Experiment device Fig.2 Simulation model

ギターの音質は弦と胴が連成した振動であるため、そのような性質を有する簡単なモデルを考える。Fig.1 はギターを模し、アルミ板を胴として弦を取り付けた簡易モデルの実験装置であり、Fig.2 は ANSYS で製作した解析用のモデルである。糸巻き（ペグ）の部分に関しては、解析を行うのが煩雑であるため、今回は初期歪みとして弦の張力を与えるにとどめ、省略する。

実験方法は、マイクロフォン及びチャージ式振動計より実験装置の固有振動数を計測し、ANSYS による解析結果を実験値と比較する。弦の振動の理論を下記に示す。

$$f = \frac{1}{2\pi} \omega = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (1)$$

f:固有振動数 n:モードの次数 L:弦の長さ T:張力
ρ:単位長質量 ω:固有振動数

3. 実験および計算結果

Table1 に理論値または計測値に対しての ANSYS による解析値の比較を示す。

Table1 Frequency of string, body and model

Mode	String		Body		String and body	
	Theory value(Hz)	Calculated (Hz)	Measured (Hz)	Calculated (Hz)	Measured (Hz)	Calculated (Hz)
1	185	#182	23	78	23	#39
2	370	#366	100	142	100	#87
3	555	#554	153	215	138	142
4	740	#747	188	326	158	149
5	925	#949	300	352	#183	#152
6	1110	#1159	360	559	208	213
7	1295	#1381	443	589	235	#235
8	1480	#1614	633	784	320	325
9	1665	#1862	765	812	#365	#339
10	1850	#2124	963	881	443	#465

Table1 の弦のみの振動は、弦のみを計測するのが困難であるために理論値と、張力に相当する初期歪を与えたはり要素を用いた ANSYS の解とで比較した。胴のみの振動は簡易モデルから弦を外して胴のみの構造をアルミの棒で打撃することで計測し、ソリッド要素を用いた ANSYS の解と比較した。弦と胴からなる簡易モデルは、弦の中心を弾くようにして計測した。打撃試験の境界条件としては、胴の両端 4 点にビニール紐を取り付け、宙に浮かした状態で計測を行った。

ANSYS による解で弦が支配的であるところには#をつけた。弦が支配的なモードでは上下と左右に弦が振動するため近接した 2 つの振動数が現れるからであると考えられる。簡易モデルの振動モードは弦のみの場合のように規則的には振動数が増加していないが、これは簡易モデルの胴の部分であるアルミ板の振動が支配的なモードに含まれているためである。

弦の振動数の理論値と解析値の比較において、解析値の高次のモードは断面二次モーメントの関係により梁の振動となり振動数が大きくなっているが、解析ソフトの問題であるため問題ないと考えられる。胴のみの振動では、解析値よりも低い振動数のモードが存在しているが、ソリッド要素を用い、ペグの部分を省略したことの影響などにより 1 次モードが低くなったと考えられ、これを除くと解析値とほぼ同等である。今後実験モード解析などを行い、解析精度の向上を図っていく予定である。また、連成モデルの比較では、弦のモードが支配的な場合の解析値が計測値と比較して圧倒的に低い。これは胴がたわむことにより張力が変化したため、解析値が低くなったと考えられる。解析での弦の張力を上げることで解決できると考えている。

今後は、胴の部分のモデル化の精度向上を図ったギターの弦-胴解析モデルを作成し、材料特性およびモード歪エネルギー法を用いてモード減衰比の計算、モード解析を用いた初期モード振幅の計算を行い、音創生を行う予定である。