

ギターの有限要素法解析と音の創成

知能機械力学研究室

岩部嵩司

1. 緒論

現在、キーボードやエレクトーンなどのように、信号処理を用いた電子楽器が多く普及している。しかし、楽器の形状や材質などの物理特性に注目し、それらを変更した場合の楽器の伝達系の変化によって音を変化させるという楽器はあまり考えられていない。

そこで本研究では、そのような楽器の一つとして、ユーザーが自分好みの物理特性のパラメータをインプットし、信号処理を行い、ユーザーが独自の音を創成する電子楽器の開発を検討する。今回は、音の発生機構が比較的簡単なアコースティックギター(以下ギター)を取りあげる。提案する電子楽器の開発に向けて、有限要素法解析ソフト ANSYS を用いて、張力を有する弦と胴に分けてギターのモデルを構築し、解析を行った。

2. 解析方法

ギター奏者は第 5 弦(110Hz)の音“A₂”を基準に調弦することが多いことから、本研究では第 5 弦を取りあげる。弦に使用した要素タイプは BEAM4、弦長 0.655[m]、断面積を $8.992023 \times 10^{-7} [\text{m}^2]$ 、初期ひずみ 0.00166、材質は青銅を用いて第 5 弦のモデルを構築し、固有値解析および周波数応答解析を行う。今回は断面 2 次モーメント並びに第 5 弦の巻き線構造を考慮しないが、断面積は巻き線を含めて算出している。解析時ではモデリングした弦に初期ひずみを与えることによって張力が加えられた弦を得る。

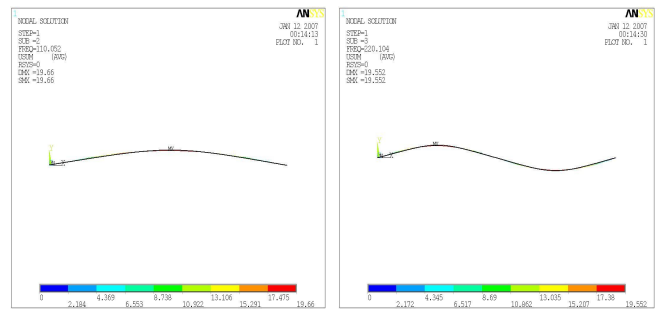
次に、胴の有限要素モデルの構築を行う。構築したモデルの概観図を図 1 に示す。胴部に使用した要素タイプは SHELL93、ネックと駒、ナットとサドルは SOLID45 を使用した。表板にはスプルース、側板と裏板、ネックにはマホガニーが用いられており、パラメータとしてそれぞれの平均的な材料物性値を用いる。木材は木目や繊維方向などから異方性であると考えられるが、本研究では等方性として定義する。また胴内部には補強材として力木が取り付けられているが、今回は省略する。



図 1 ギターの有限要素モデル

3. 解析結果と考察

第 5 弦の解析結果を図 2 に示す。弦に初期ひずみを与えることで弦特有の基本振動数の整数倍の固有振動数が得られた。次に、弦を加振した時の周波数応答を図 3 に示す。第 5 弦特有の 110Hz を基音として 220Hz、330Hz というように整数倍の周波数成分がピークになっていることがわかる。また図 4 に胴の固有値解析結果を示す。



(a) 1次モード (b) 2次モード

図 2 弦の固有値解析結果

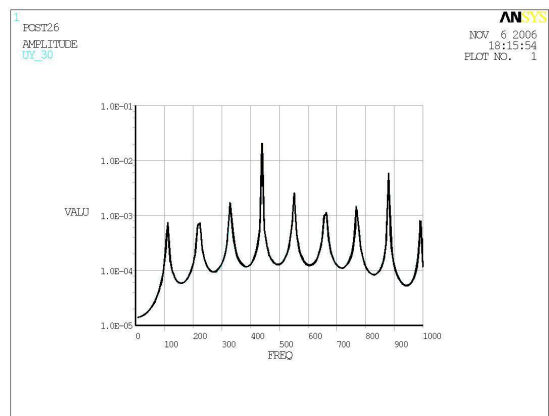
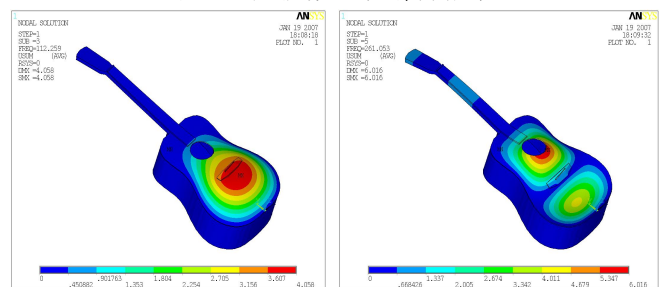


図 3 周波数応答解析結果



(a) 1次モード (b) 2次モード

図 4 胴の固有値解析結果

4. 結論

本研究では、張力を有する弦とギターの胴の有限要素モデルを構築した。解析結果から張力を有するギターの第 5 弦は初期ひずみを与えることで再現可能であることが確認できた。今後は、力木や空気系を含めた詳細なモデルを構築し、材料特性を変更し解析していく予定である。