

主 論 文 要 旨

2010年 12月 24日

論文題名

力と変形の同時再現のためのレオロジー物体のモデリング とパラメータ推定

ふりがな わん づんくい
学位申請者 王 忠奎

主論文要旨

私達の身の周りには人の臓器や組織、布、粘土、そして食品のようにレオロジー的な振る舞いをする物体が多く存在する。また、医療や食品で用いる多くの装置では、レオロジー物体の特性について考慮したモデリングや制御手法が必要となる。レオロジー物体には弾性体と塑性体の両方の性質がある。これらの性質により、レオロジー物体は変形が完全に戻らない残留変形が生じ、モデリング手法の確立を困難にしている。

本論文は、レオロジー物体の力と変形を同時に再現するモデリングとパラメータ推定法を確立することを目的としている。物理モデルでは、まず、レオロジー的挙動を表現するための研究が行われ、その結果、直列モデルと並列モデルの二つのグループに集約された。両グループの一般的な構成則を定式化することができ、レオロジー的な力と残留変形の解析的表現は並列モデルから導出することができた。その結果、レオロジー的な力と変形の再現する際に、両者の間の矛盾を見つけた。この問題を解決するために、多重粘性要素を用いたモデルを導入した。

この結果、二次元と三次元の FE 力学モデルを導出し、非一様な構造の物体と接触相互作用も扱うことができるようになった。そして、物体に接触する瞬間の判定基準も確立した。さらに、大きな変形や回転運動を取り扱うために、非線形グリーンひずみテンソルを用いた FE モデルに改良し、シミュレーションの結果も同様に提示した。

物理パラメータの推定方法は、シミュレーション結果と計測結果の誤差を最小とする非線形な最適化に基づいて行われている。基本的に、物理パラメータの推定は二種類の方法で成される。一つは FE シミュレーションを反復する事でパラメータ推定を行い、もうひとつは並列物理モデルの長所を活かすために、レオロジーの力を直接的に計算することでパラメータ推定を行う方法である。多重粘性要素を持つ FE モデルの物理パラメータを推定するために、これら両方の方法を用いた。

粘土や和菓子の材料を用いた様々な実験が、提案した FE モデルと物理パラメータ推定法を立証している。FE モデルに多重粘性モデルを導入することにより、レオロジー物体の力と変形の挙動を同時に再現することに成功した。