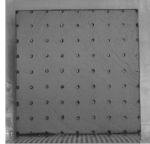
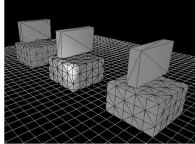
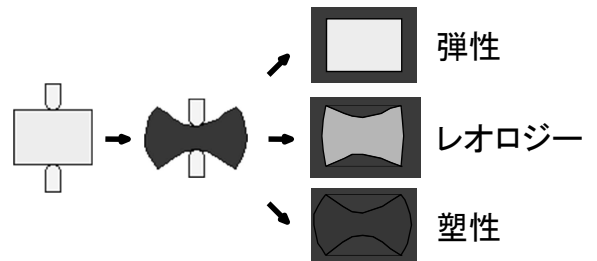


レオロジー物体のシミュレーションと 力学パラメータの同定

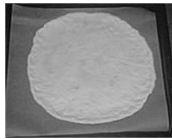


張緒冰 王忠奎 阿部慶之 谷口祐介 森厚郎 平井慎一
(立命館大学 ロボティクス学科 平井研究室)
森川茂廣
(滋賀医科大学 MR医学総合研究センター)

レオロジー物体



レオロジー物体



内容

レオロジー物体の変形をコンピュータで再現
(シミュレーション)

変形に関する力学パラメータを実物から同定

応用

生地成形、咀嚼過程のシミュレーション

“柔らかさ”の定量評価

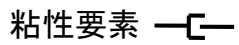
“噛み心地”の定量評価

特徴

一次元変形(伸縮のみ)ではなく
二次元／三次元変形(伸縮とせん断)

変形形状のみならず
変形形状と力を評価

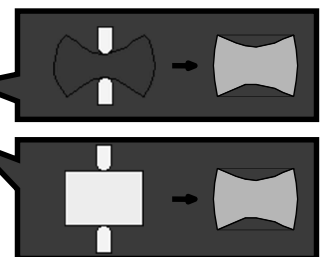
レオロジー変形特性の表現

弾性要素  粘性要素 
並列・直列に接続

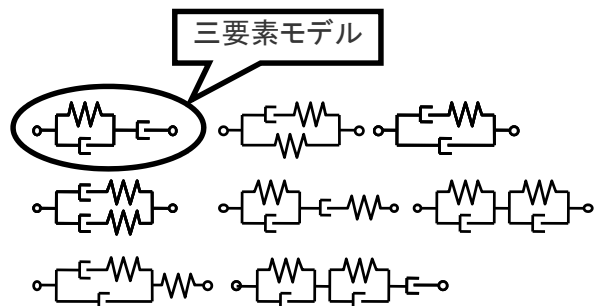
戻り変位

残留変形

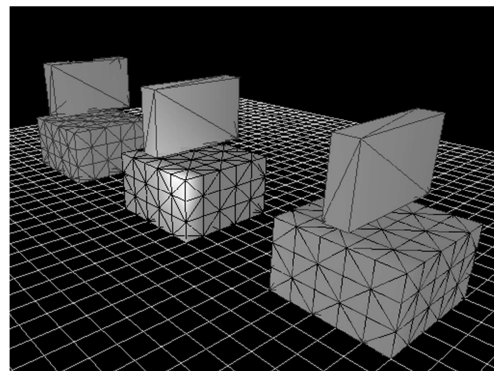
戻り速度



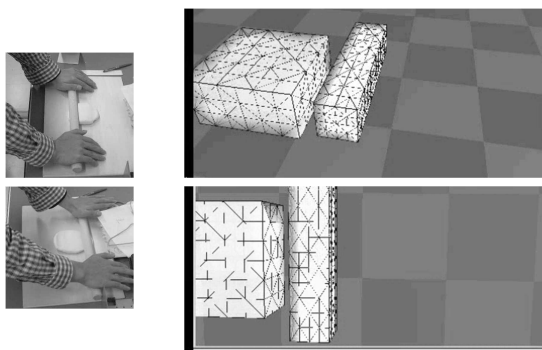
レオロジー要素の選択



シミュレーション



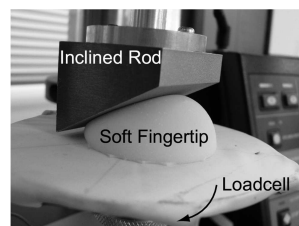
シミュレーション



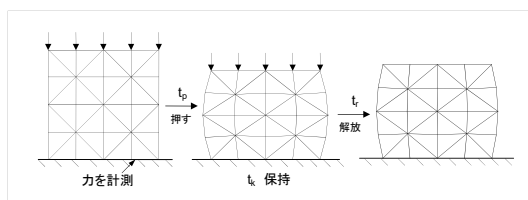
変形パラメータの同定(数値化)

一様な弾性物体
引張試験

非一様な物体？
レオロジー物体？



変形パラメータの同定(数値化)



変形と力を計測

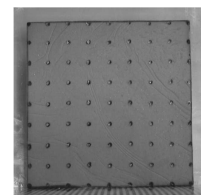
計測値とシミュレーション値を比較

誤差が小さくなる変形パラメータを算出

計測装置

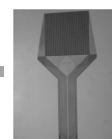
リニアステージ
一定速度で押す

変形の計測装置
カメラ

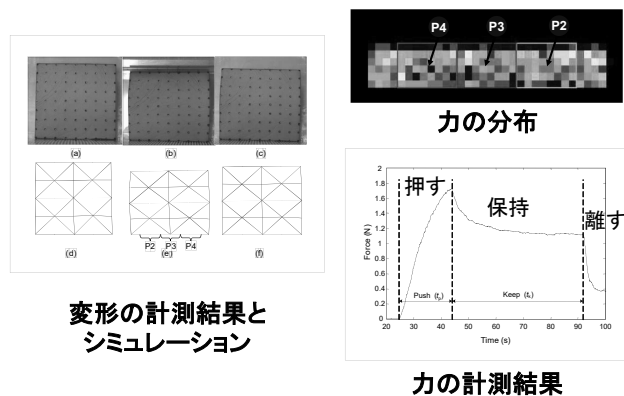


レオロジー物体
小麦粉粘土

力の計測装置
分布力センサ



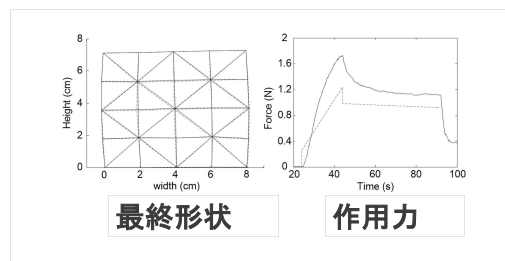
計測結果



変形の計測結果とシミュレーション

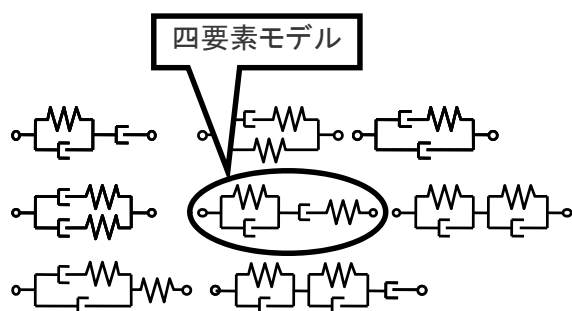
力の計測結果

三要素モデルの推定結果

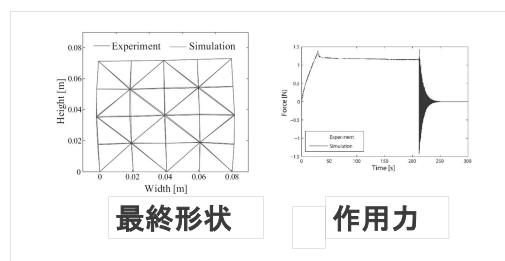


レオロジー要素 $\text{---}\text{---}\text{---}$ は不適切

レオロジー要素の選択

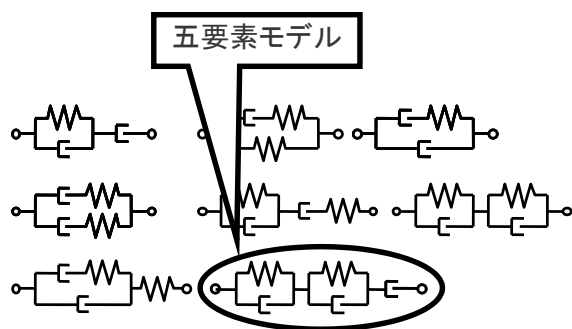


四要素モデルの推定結果

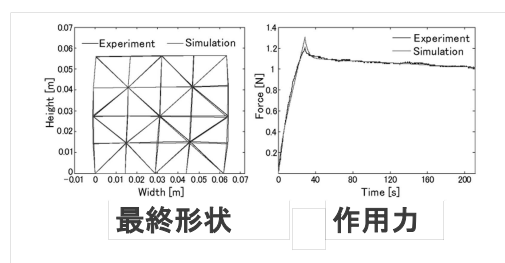


レオロジー要素 $\text{---}\text{---}\text{---}$ は不適切

レオロジー要素の選択



五要素モデルの推定結果



レオロジー要素 $\text{---}\text{---}\text{---}$ は適切

和菓子のモデリング



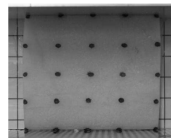
複数の材料
(多層物体)



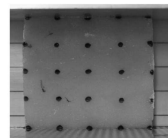
道具による加工

[材料提供: 老松]

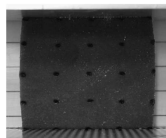
和菓子のモデリング



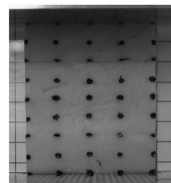
(a) Material 1



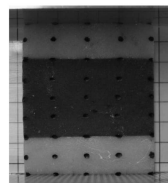
(b) Material 2



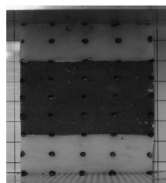
(c) Material 3



(d) Material 1+2

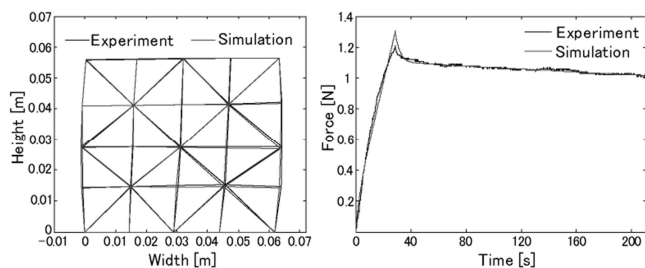


(e) Material 2+3

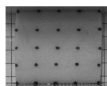


(f) Material 1+3

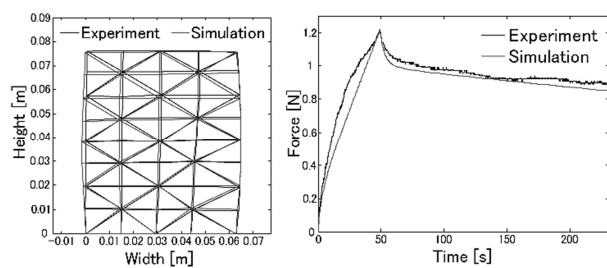
和菓子のモデリング



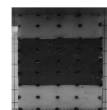
material 1



和菓子のモデリング



material 1+3



material 1
material 3
material 1

結論

レオロジー物体のモデリング

変形と力を計測し, 力学パラメータを推定
三要素モデル, 四要素モデルでは不十分
五要素モデルが必要

和菓子のモデリング

多層物体の変形シミュレーションが可能

課題

道具との接触のシミュレーション

非線形モデルの導入とパラメータ推定

