

# 乳がん検査のための非一様弾性半球モデルを用いた粒子法による変形解析

## Deformation Analysis of a Hemispherical Model with Non-uniform Elasticity by Particle Method for Breast Cancer Screening

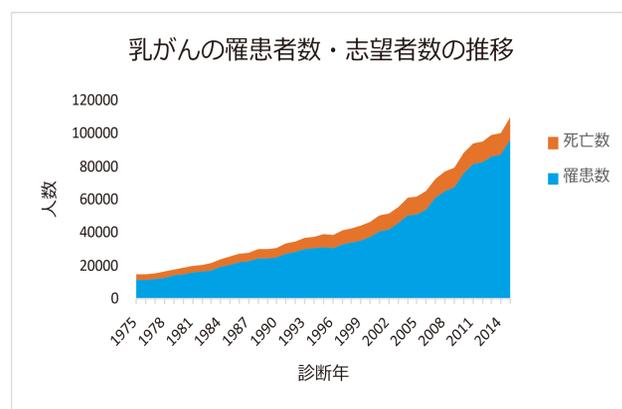
○藤桜（福岡工大） 利光和彦（福岡工大）

### 1. 研究背景

乳がんの罹患者数・死亡者数は年々**増加傾向**にある  
**早期発見の診断技術**や治療手法の向上が重要である



マルチモダリティ(超音波+MRI等)の研究が進んでいる



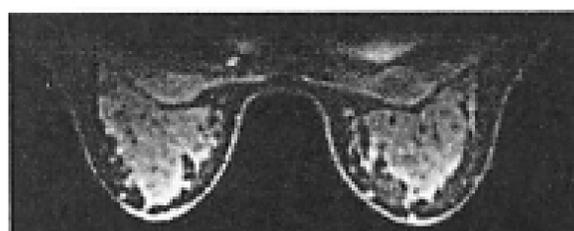
出典：国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」（人口動態統計）、国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」（全国がん罹患モニタリング集計（MCIJ））より作成

### 乳房検査におけるマルチモダリティの課題

検査方法により体位が変わり、乳房が**著しく変形**する

MRI ⇒ **腹臥位**

超音波 ⇒ **背臥位**



MRIと超音波の撮像を  
対応させることが**難しい**

志野亮著作、「医用画像に基づいた乳房変形の粒子法シミュレーションに関する研究」、p.7の図3より転載

### 2. 研究目的

・重力による**乳房変形を解析**する  
アプリケーションの開発

・生体モデル大変形におけるマルチモダリティの**位置合わせ手法の検討**

### 3. 方法

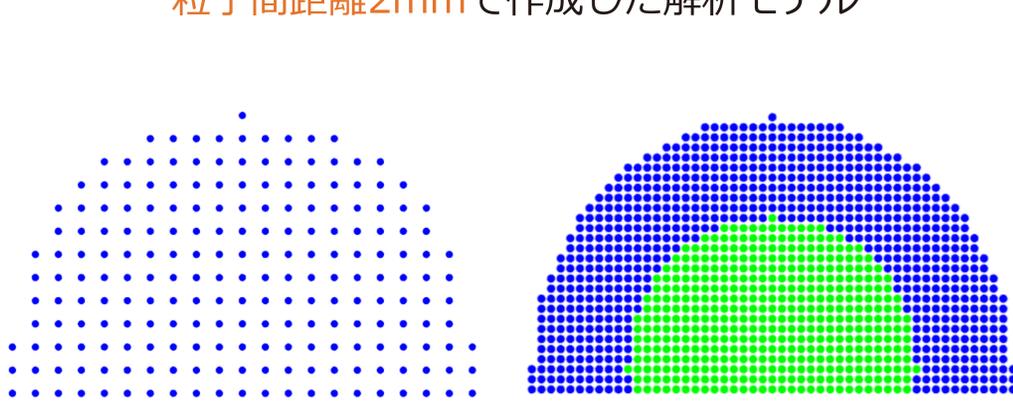
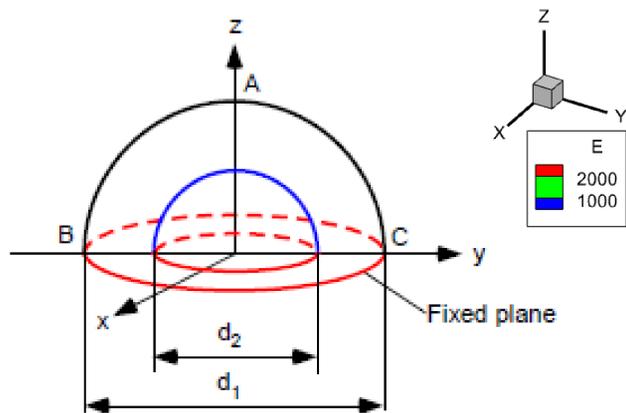
重力による乳房の変形を、数値解析手法の一つである**粒子法**を用いて解析する

#### 本研究の目標

・一様弾性係数モデル(40mm)作成  
**微小変形**での数値解析  
⇒FEM解析と比較し、  
本粒子法の精度を検証

・一様・**非一様**弾性係数モデル(100mm)作成  
**大変形**での数値解析  
⇒本粒子法の計算ロバスト性の検証  
特徴の把握

粒子間距離**2mm**で作成した解析モデル



$d_1 = 40\text{mm}, d_2 = 0\text{mm}$

$d_1 = 100\text{mm}, d_2 = 60\text{mm}$

ポアソン比

0.450

0.450

密度

$1.00 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$

$1.00 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$

ヤング率(外側)

$1.00 \times 10^3 \text{ Pa}$

$1.00 \times 10^3 \text{ Pa}$

ヤング率(内側)

$1.00 \times 10^3 \text{ Pa}$

$2.00 \times 10^3 \text{ Pa}$

#### 数値解析とは？

現象を数学的なモデルで再現し、現象の再現・予測を行うこと

#### 粒子法とは？

比較的新しい数値解析手法  
連続体を有限個の粒子によって表す

## 4. 本粒子法による解析結果

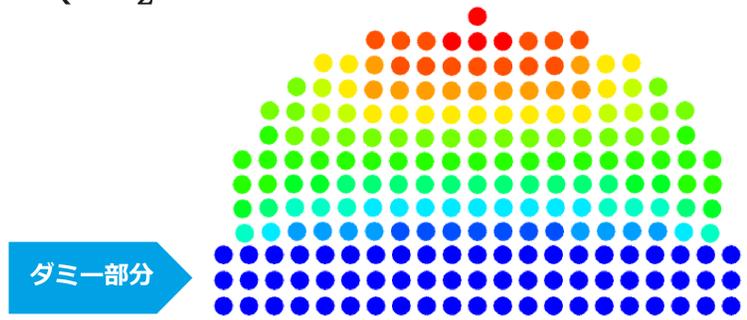
### 一様弾性係数モデル(40mm)の重力変形結果

方向	最大変位量		変位差
	本粒子法	Solid Works	
$-G_z$	1.36mm	1.18mm	0.18mm
$G_z$	1.22mm	1.18mm	0.04mm
$G_y$	4.83mm	計算不可	/

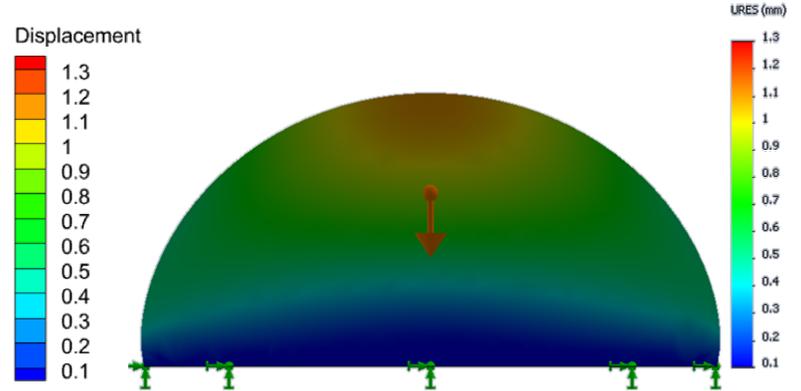
本粒子法とSolidWorksによる最大変位量の差は  
**最大0.18mm**

⇒高精度で計算できているが、位置合わせには  
**より正確な値が必要**

解析例( $-G_z$ 方向)

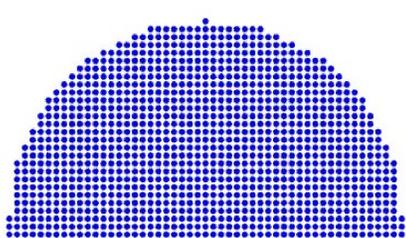


本粒子法解析結果

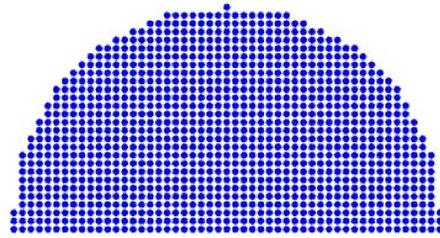


SolidWorks解析結果

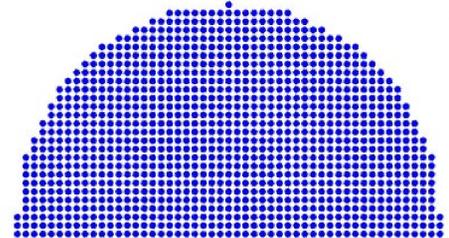
### 非一様弾性係数モデル(100mm)の重力変形結果



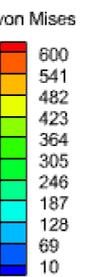
$G_y$ 方向(立位を想定)



$G_z$ 方向(伏臥位を想定)



$G_{-z}$ 方向(背臥位を想定)



#### 本粒子法による最大変位量

	一様	非一様
$G_y$	9.68mm	8.53mm
$G_z$	5.98mm	5.58mm
$G_{-z}$	29.4mm	24.4mm

大きな動的変形であっても  
**シミュレーション可能**

内部の応力変化もシミュレーション可能  
⇒精度の検証が必要

## 5. まとめ

- ・検査体位の違い(仰臥位、伏臥位、立位)による乳房の重力変形の解析
- ・解析に利用した本粒子法について以下の検討

### ①微小変形範囲での重力変形解析とFEM解析との比較(40mmモデル)

鉛直下向きの重力(仰臥位想定)では  
0.18mm(FEM最大変位の16%)の変位量の差

鉛直上向きの重力(伏臥位想定)では  
0.042mm(FEM最大変位の4%)の変位量の差

### ②大変形範囲での重力変形解析(100mmモデル)

水平方向の重力(立位想定)では  
最大変位29.4mmの大変形であっても  
ロバストに計算可能

## 6. 今後の課題

- ・粒子モデルの粒子間距離の解析精度への影響調査  
⇒最適な粒子間距離の決定
- ・大変形における本粒子法の解析精度検討  
⇒大変形解析が可能な解析ソフトの利用
- ・実際に乳房モデルの作成・実験結果との比較  
⇒実際の乳房モデルに近い形状、弾性分布によるシミュレーション
- ・OpenMP用プログラムチューニング  
⇒計算速度の向上(現状最大約33時間の計算時間)