

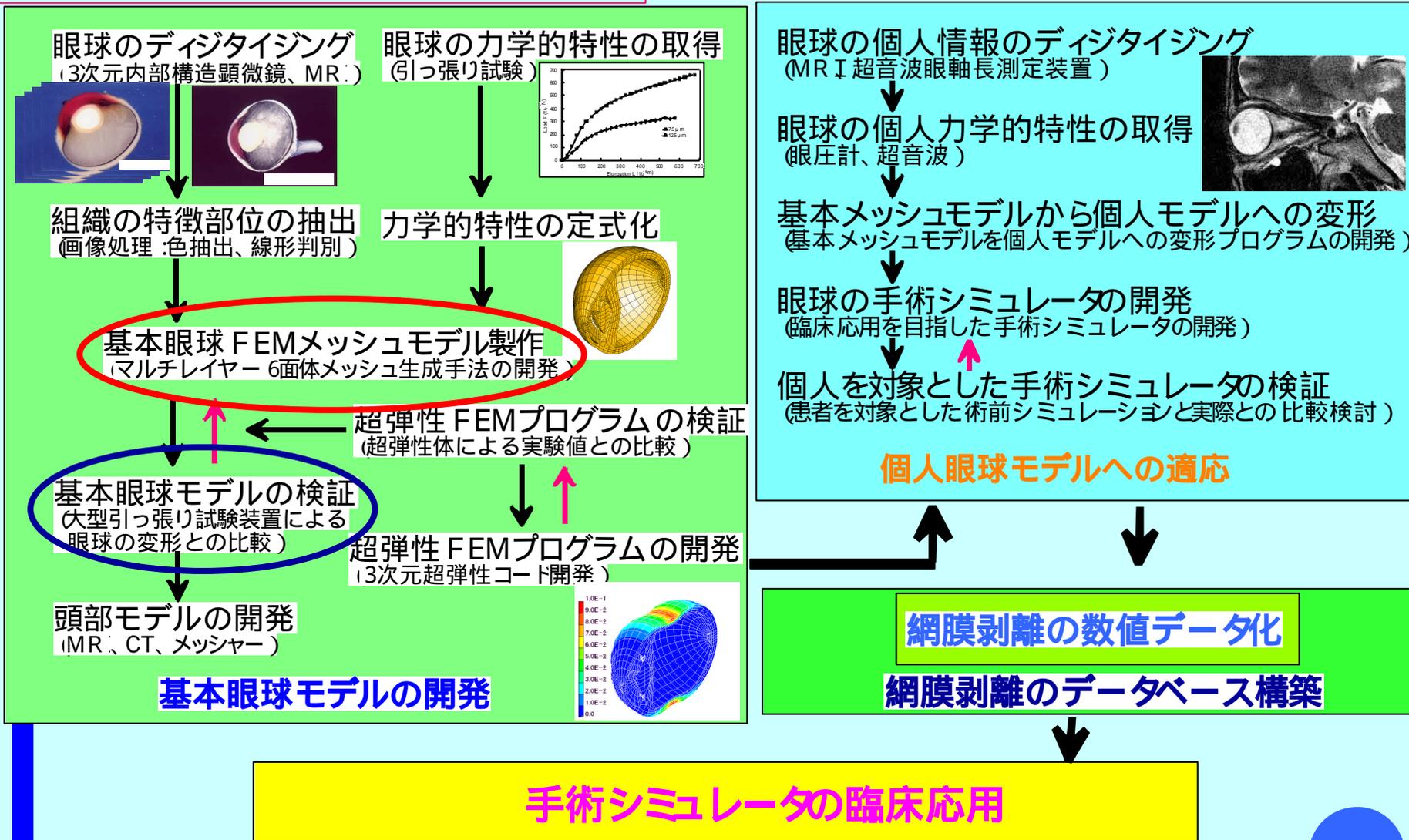
フルカラー生体画像を元にした
6面体有限要素メッシュ作成

平田 忍 横田 秀夫 牧野内 昭武

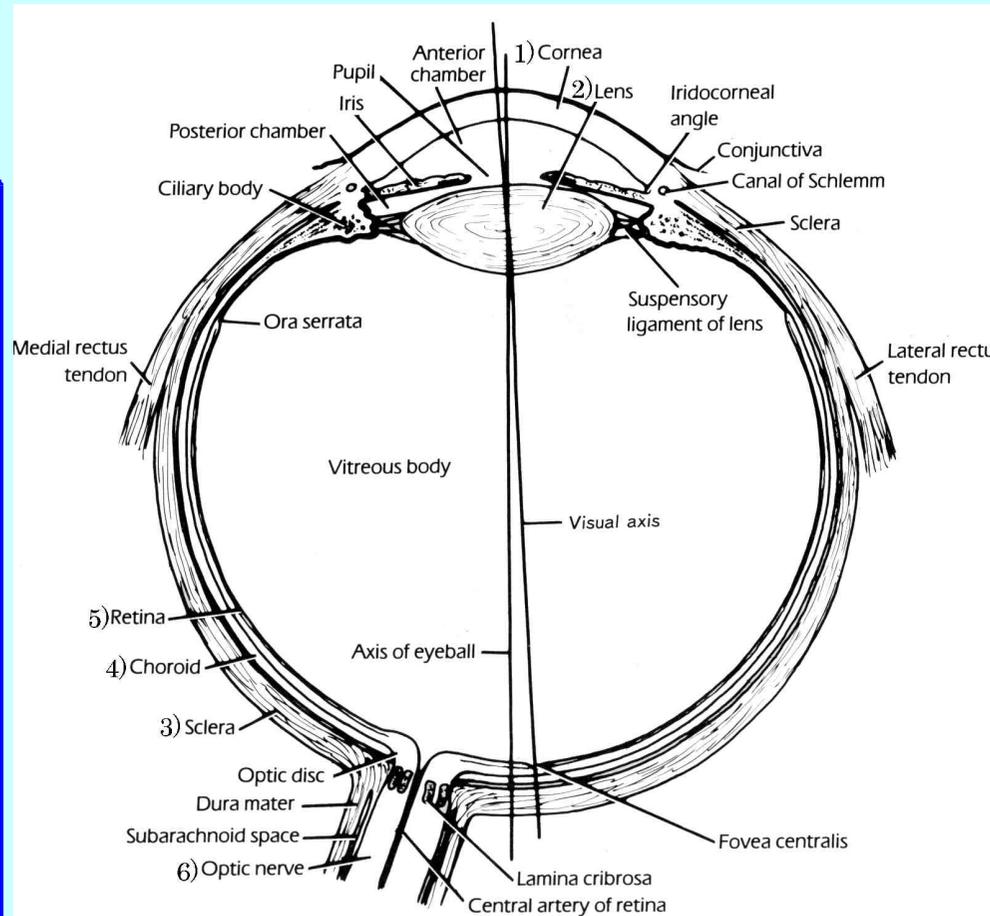
超弾性有限要素解析検証のための
実験システムの開発

平田 忍 横田 秀夫
姫野 龍太郎 牧野内 昭武

発表内容と研究の占める位置



Eyeball



All Length : about 30mm

Front : Radius of Curvature about 8mm

Back : Radius of Curvature about 12mm

1) Cornea (角膜) : 前方 1/6 部分
直径 約11mm
厚さ0.5~1.2mm

2) Lens (水晶体) : 厚さ4mm
直径 10mm

3) Sclera (強膜) : 厚さ0.3~1mm

4) Choroid (脈絡膜) : 厚さ0.1~0.22mm

5) Retina (網膜) : 厚さ0.1~0.56mm

6) Optic Nerve (視神経)

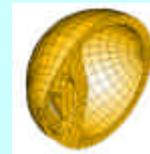


背景

網膜剥離の輪状締結手術シミュレーションを
有限要素法 (FEM) を用いて行う研究



超弾性体FEMプログラム 6面体有限要素
眼球モデル CAD近似



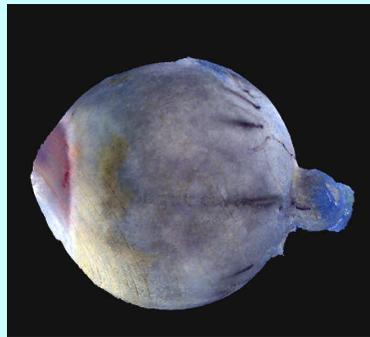
生体の細部まで表現できる
6面体有限要素 (FEM) メッシュの作成

実際の結果に近いシミュレーションが可能



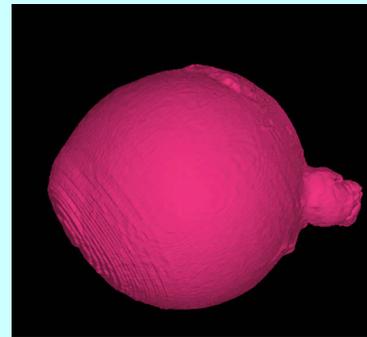
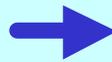
目的

眼球のフルカラー連続断面画像からのメッシュ作成



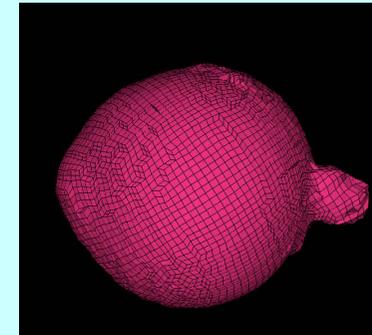
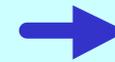
Voxel Data

ボクセルデータ



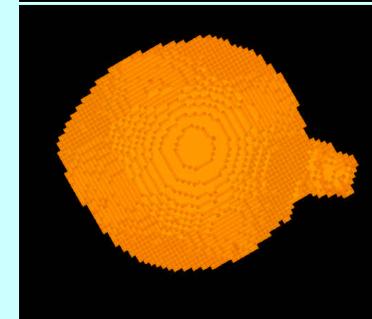
Polygon Data

ポリゴンデータ



Hexahedral FEM Mesh

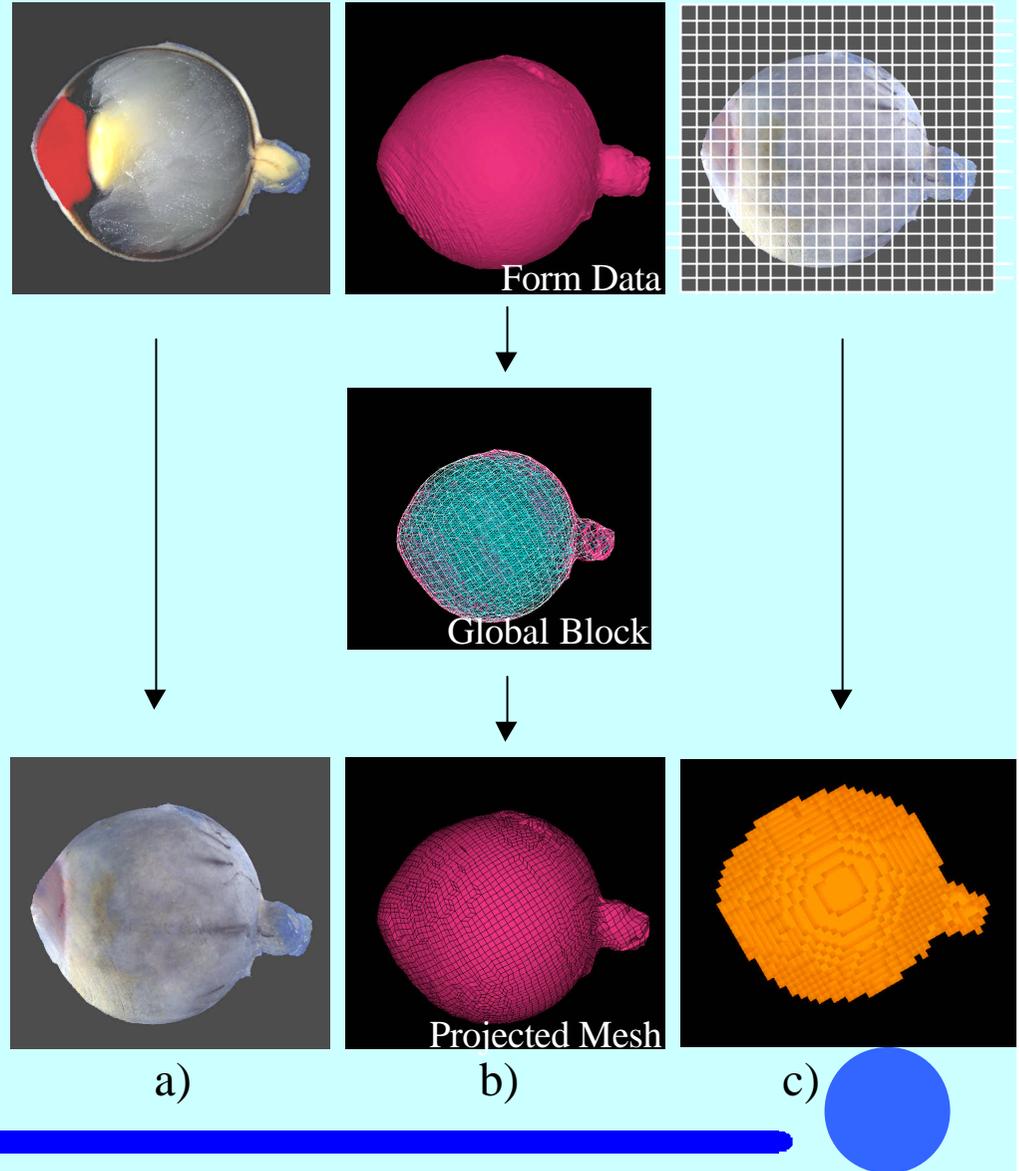
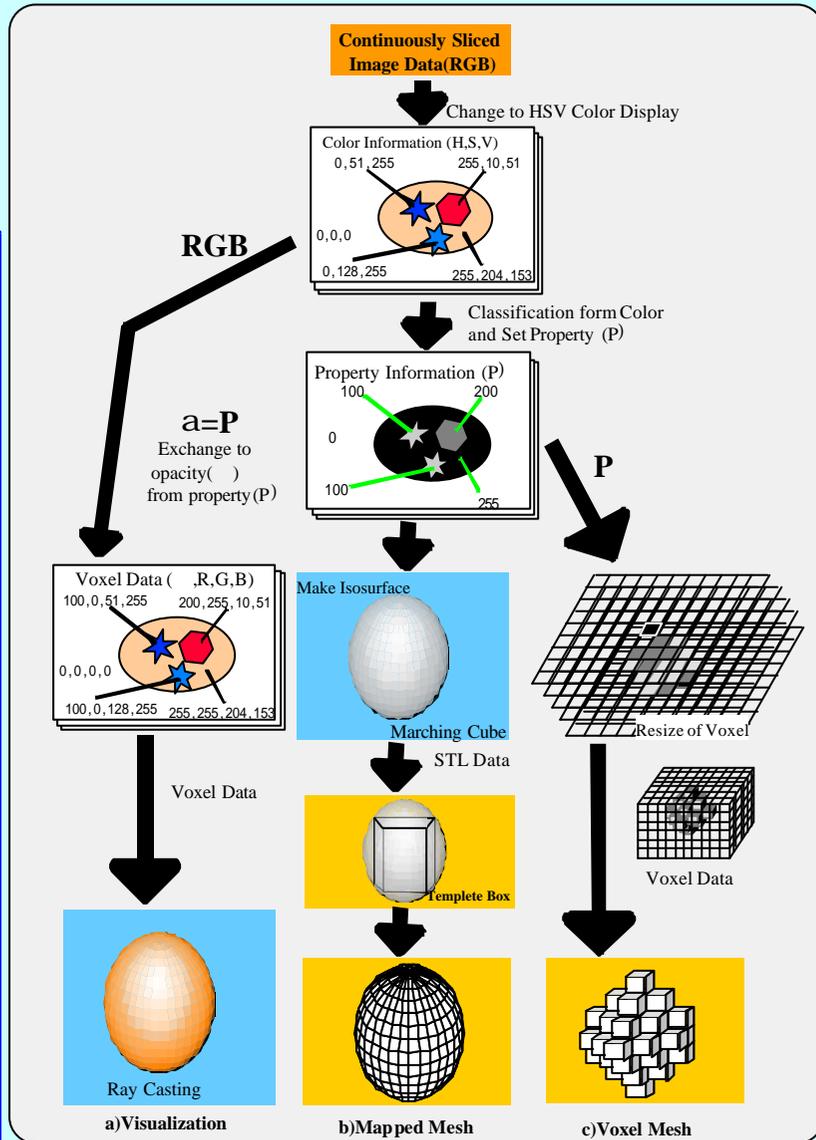
6面体FEMメッシュ生成



イメージデータから座標値をもつFEMメッシュの作成方法の検討



Flow Chart

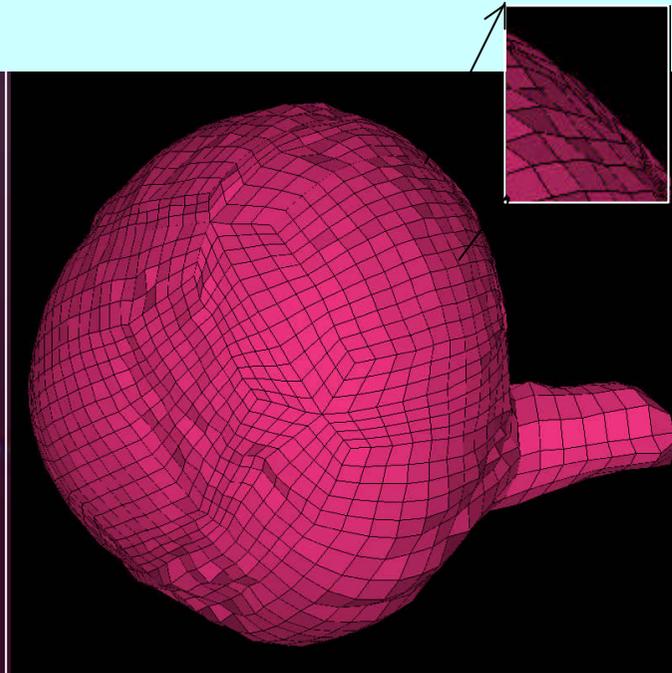


Mesh (Whole eye)



Volume Rendering

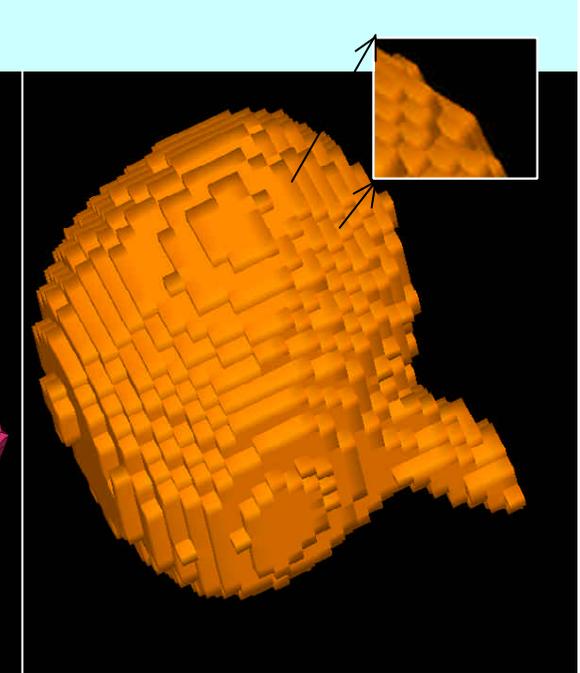
8420776 Voxels



Mapped Mesh

14,926 Elements

1912512 Triangles



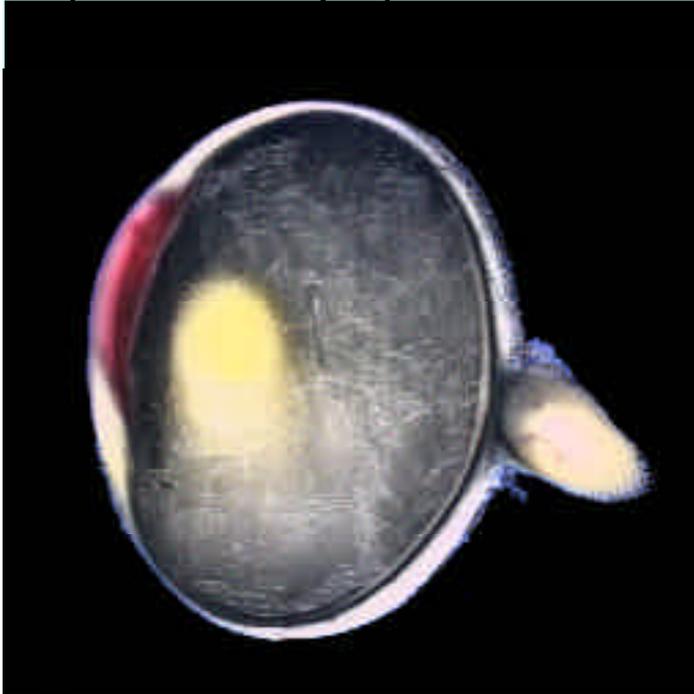
Voxel Mesh

14,296 Elements

8420776 Voxels

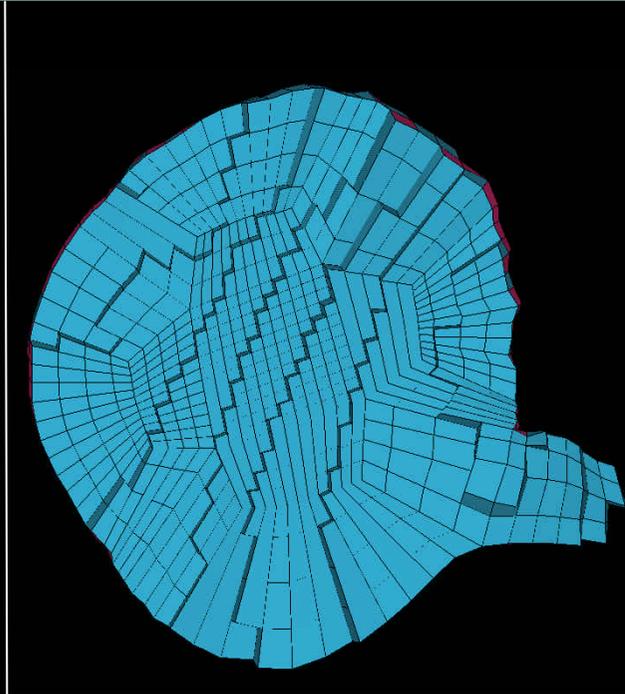


Cross-sectional images (Whole eye)



Volume Rendering

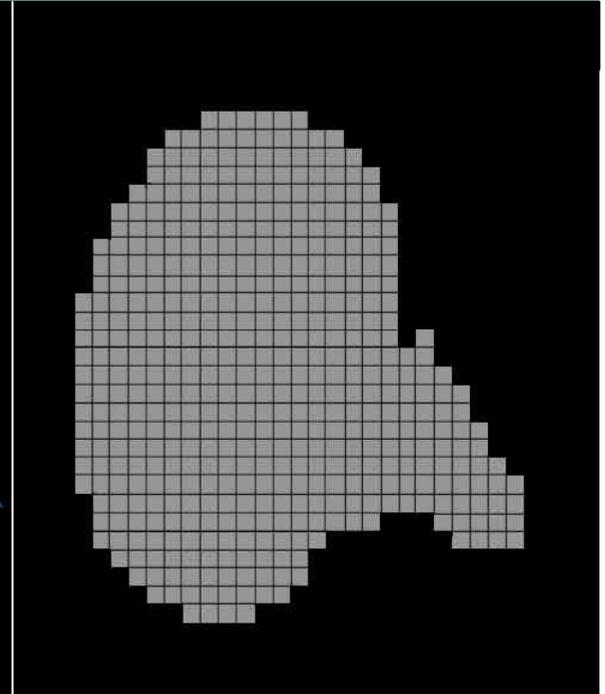
8420776 Voxels



Mapped Mesh

14,926 Elements

1912512 Triangles



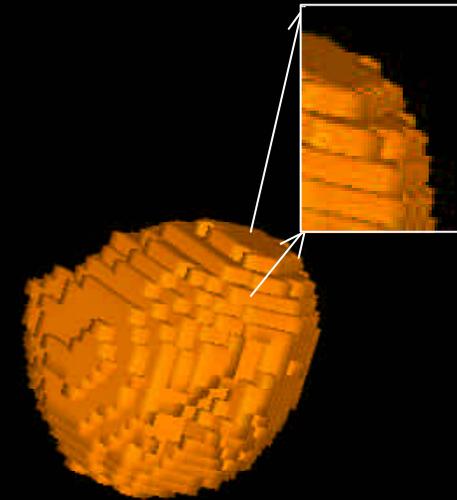
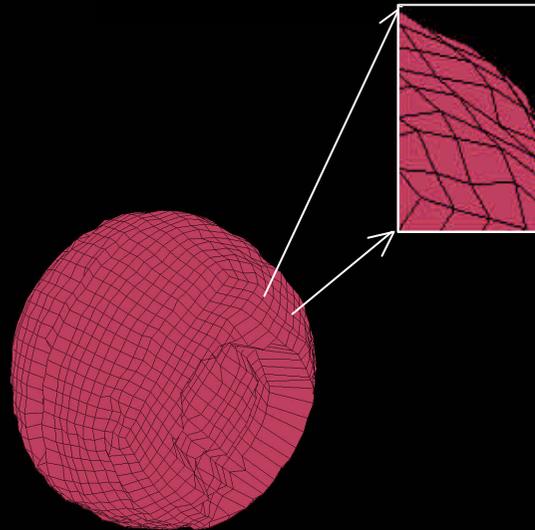
Voxel Mesh

14,296 Elements

8420776 Voxels



Mesh (Lens)



Volume Rendering

8420776 Voxels

Mapped Mesh

4,860 Elements

Voxel Mesh

5,196 Elements

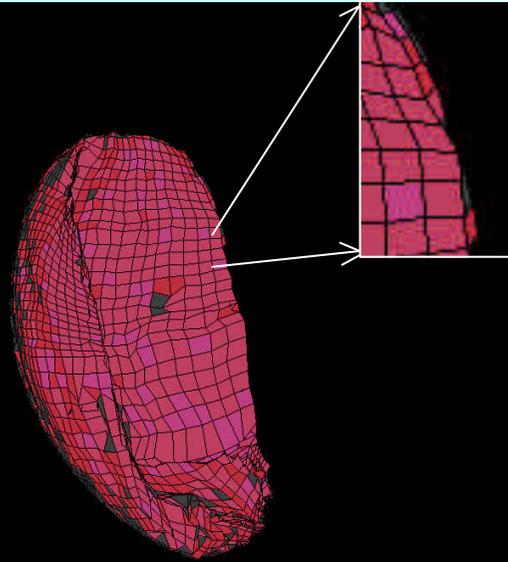
198522 Triangles

8420776 Voxels

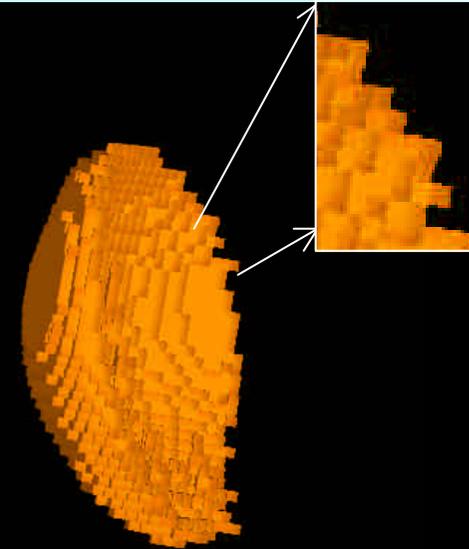
Mesh (Cornea)



Volume Rendering
8420776 Voxel



Mapped Mesh
5,013 Element
531184 Triangles



Voxel Mesh
5,021 Element
8420776 Voxel

まとめ(1)

フルカラー連続断面画像から
FEMメッシュ作成方法の検討

マップドメッシュ

少ないメッシュ数で
形状を表現

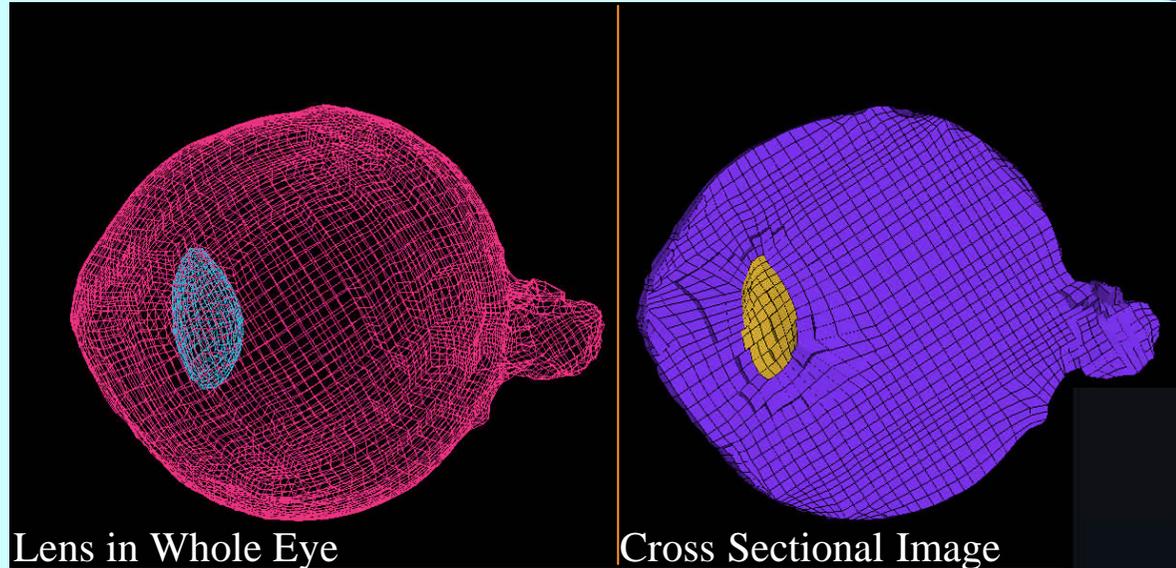
ボクセルメッシュ

イメージデータからの
メッシュ作成が容易

↑
網膜剥離シミュレーションに適している



眼球組織メッシュ(1)



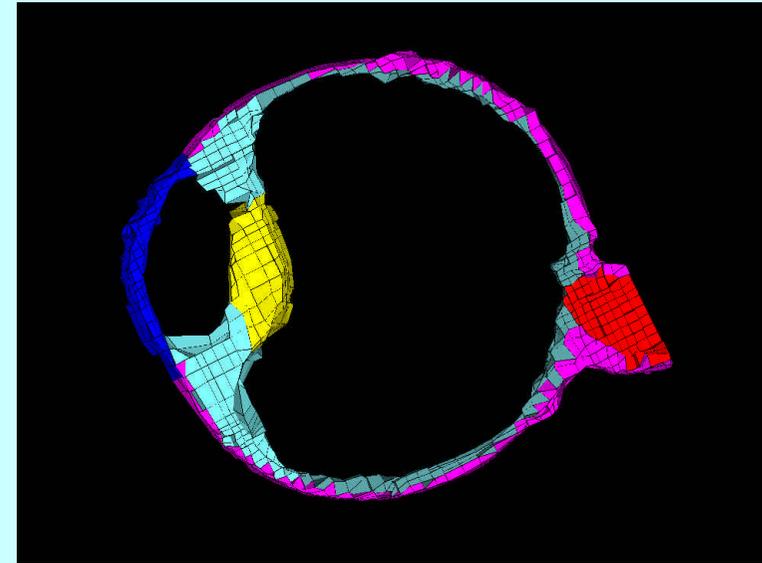
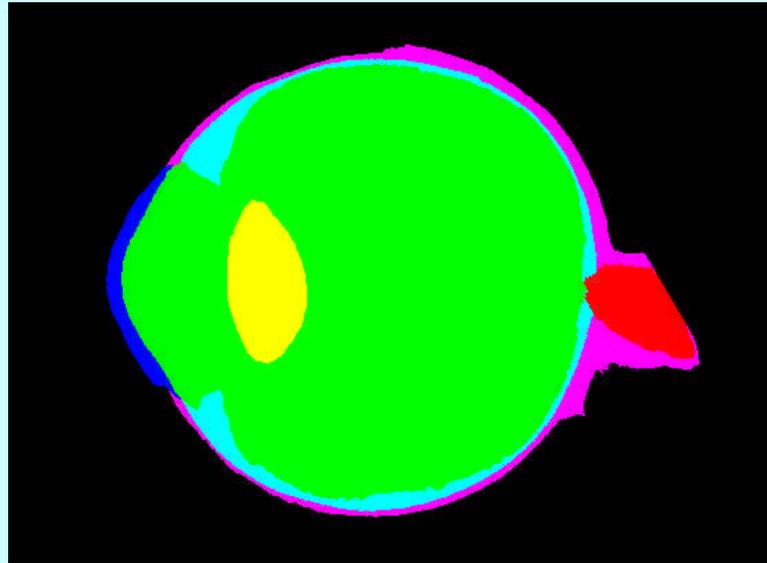
Lens
720 Elements
All
2,9133 Elements

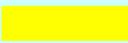
眼球全体の中に水晶体を組織分け

水晶体と眼球全体を連続に再現



眼球組織メッシュ(2)



	Sclera	23,590 Elements
	Lens	953 Elements
	Cornea	2,526 Elements
	Optic Nerve	608 Elements
	Front Parts of Retina and Choroid	6,824 Elements
	Back Parts of Retina and Choroid	10,389 Elements

Total	44,890 Elements
--------------	------------------------



まとめ(2)

フルカラー連続断面画像から
マップドメッシュを用いたFEMメッシュ作成

眼球各組織を、再現する有限要素モデル

膜状の組織や複雑な形状についてメッシュ作成が可能

今後の課題

FEMプログラムで使用できるメッシュの作成



超弾性有限要素解析検証 のための実験システムの開発

孫研究員の開発した超弾性FEMプログラムの検証



目標

実眼球の圧縮試験 → 難しい



そこで

眼球に近い水の入った弾性体 (ゴムボール) を用いて実験



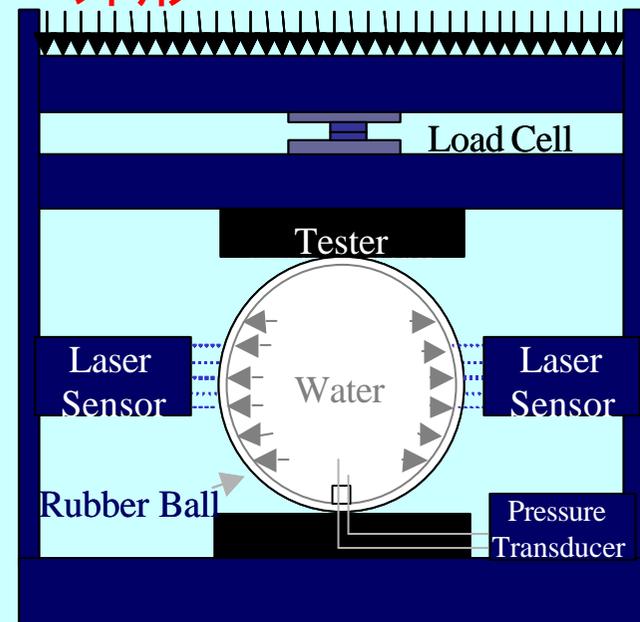
実験システム

水を満たしたゴムボールを用いて圧縮挙動を測定

解析に必要な値

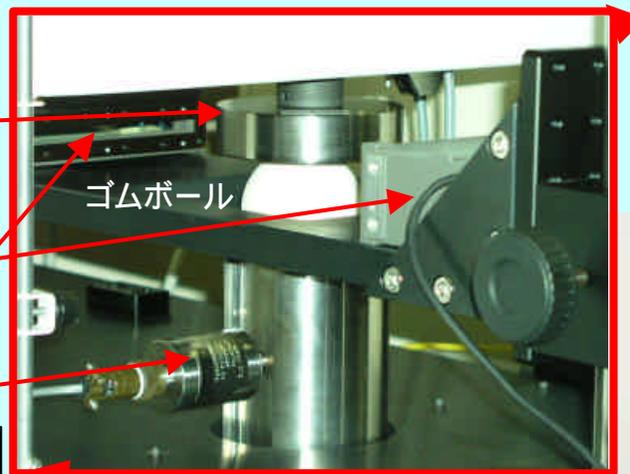
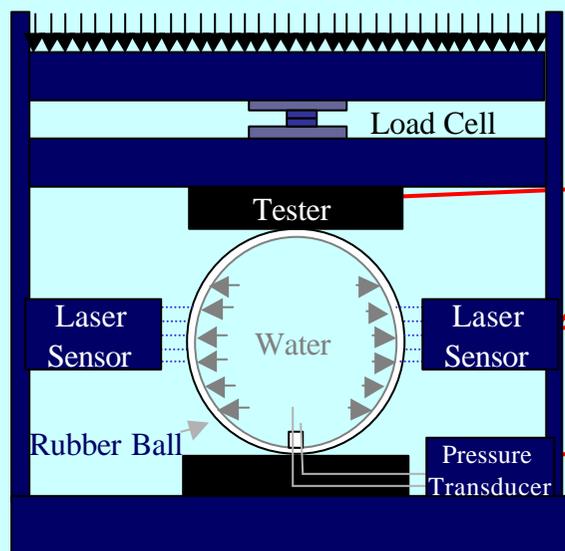
応力
ボールの内圧
外形

将来、眼球の圧縮試験



試験機概略図

実験装置



島津 : 万能試験機
オムロン : レーザセンサ
SENSITEC : 圧力計



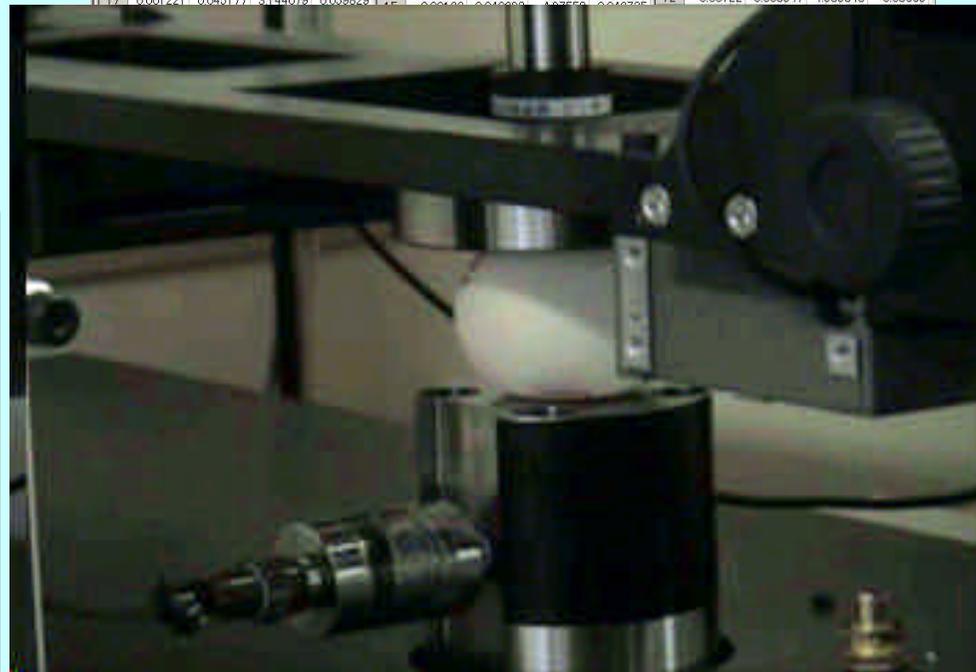
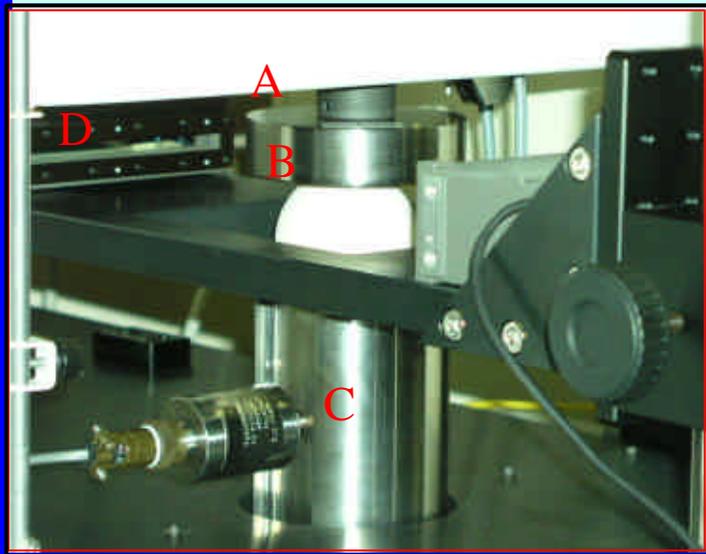
実験

- A: 試験機移動距離
- B: 試験機荷重
- C: ボール内圧
- D: ボール径 (5mmごと)

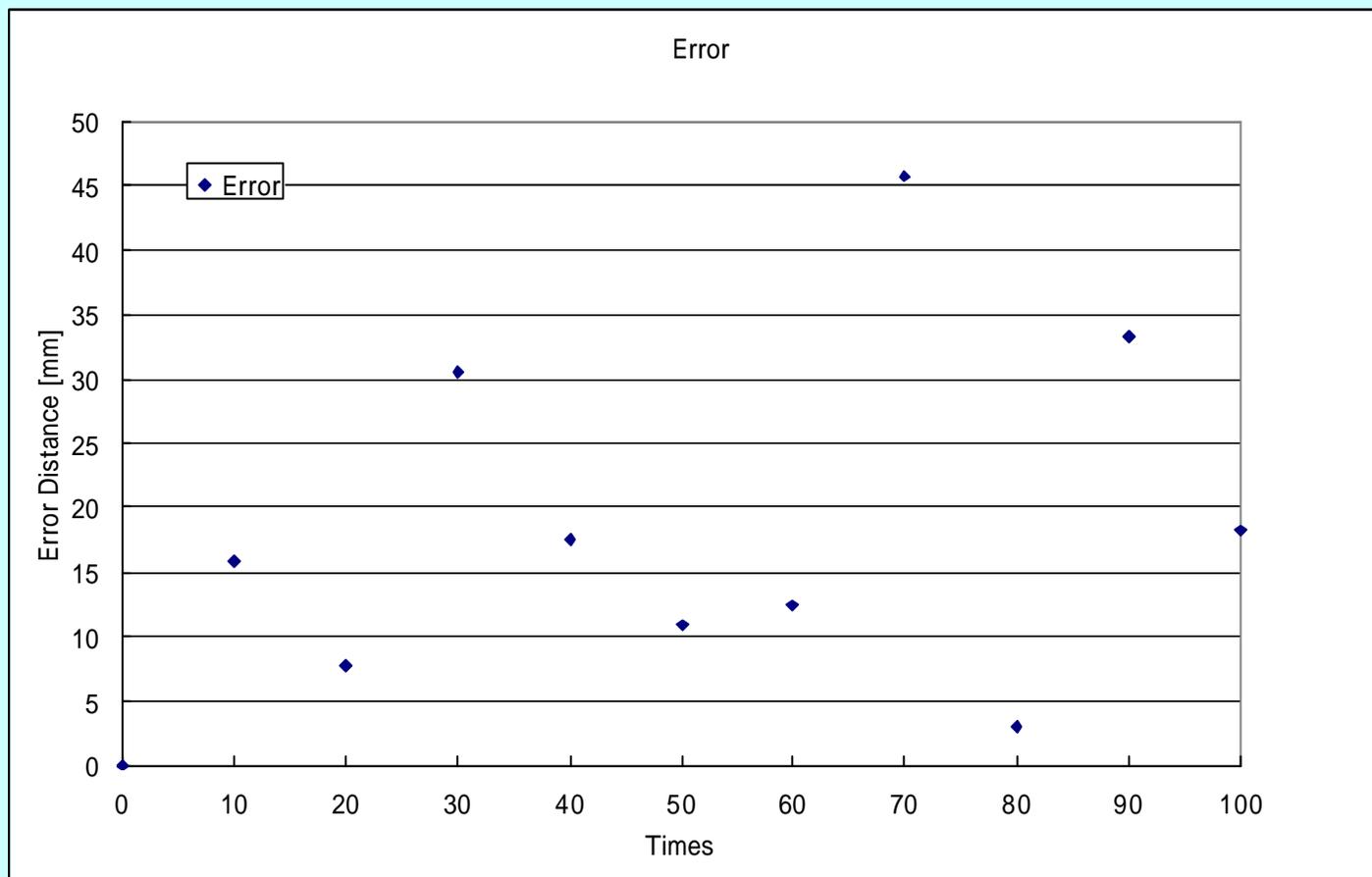
Data is saved as CSV form

The screenshot shows a Microsoft Excel window with three CSV files open: test1.csv, test2.csv, and test3.csv. Each file contains a table with columns A, B, C, and D. The data values are numerical, representing experimental results for different ball diameters and weights.

	A	B	C	D
1	0.001221	0.064713	3.136752	0.059829
2	-0.00122	0.062271	3.139195	0.057397
3	0.006105	0.064713	3.136752	0.059829
4	0.003663	0.062271	3.139195	0.057397
5	0.003663	0.062271	3.139195	0.054945
6	0.001221	0.064713	3.136752	0.054945
7	0.001221	0.064713	3.139195	0.057397
8	0.001221	0.042735	3.141636	0.054945
9	0.003663	0.040293	3.136752	0.059829
10	0.001221	0.040293	3.136752	0.059829
11	0.001221	0.042735	3.139195	0.059829
12	0.001221	0.042735	3.139195	0.059829
13	0.001221	0.040293	3.141636	0.054945
14	0.001221	0.040293	3.14652	0.054945
15	0.003663	0.040293	3.136752	0.054945
16	0.001221	0.040293	3.139195	0.054945
17	0.001221	0.045177	3.144079	0.059829



実験装置の精度検証



移動距離のずれ約 $50\mu\text{m}$ 以内

移動距離 50mm に対し 0.1% 以内の誤差

ずれは許容範囲内

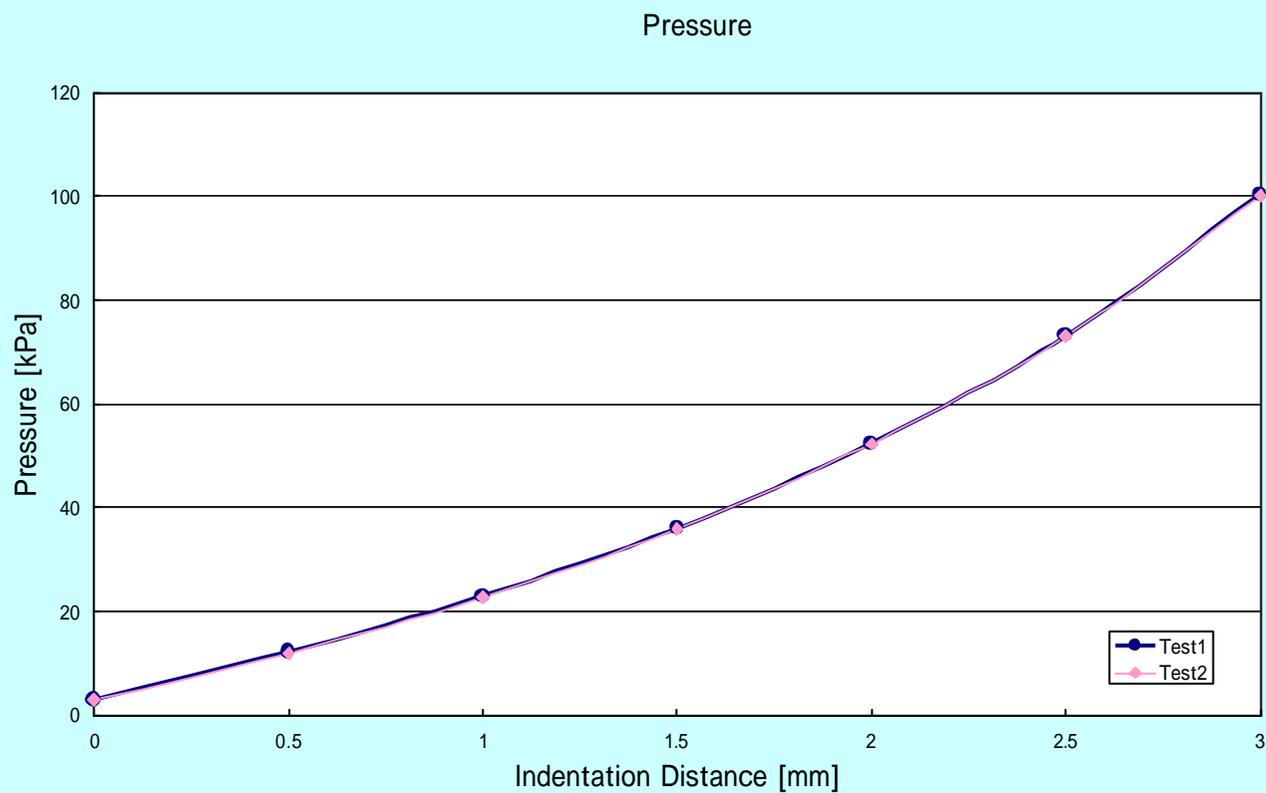


圧力計の検証

空気の入ったシリンジを5mmずつ30mmまで圧縮



シリンジ内圧を測定



内圧の変化



実験方法

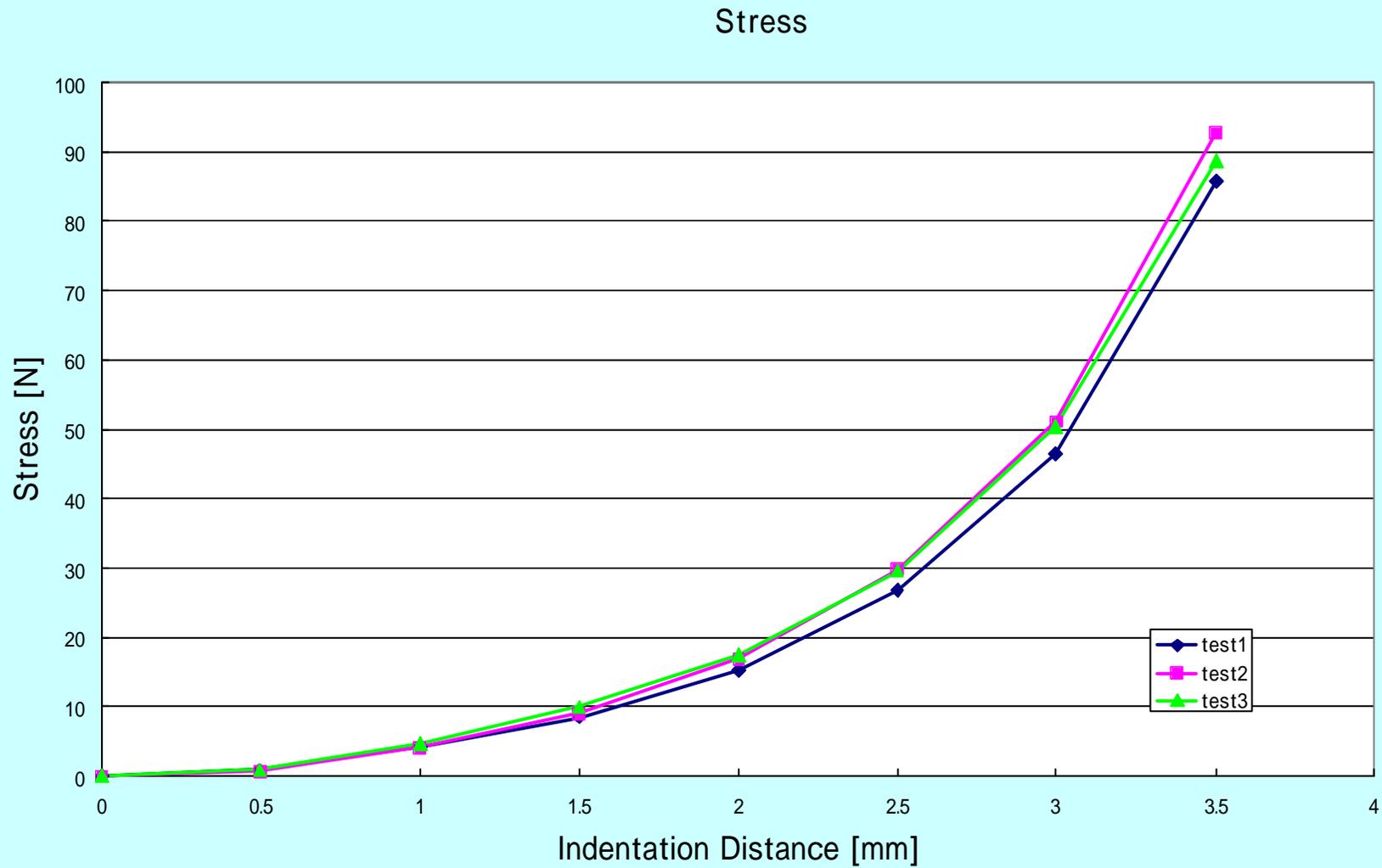
ゴムボール (ソフトテニス公式球)

5mmづつ圧縮 35mm圧縮

応力
内圧 計測
外形



結果（応力）

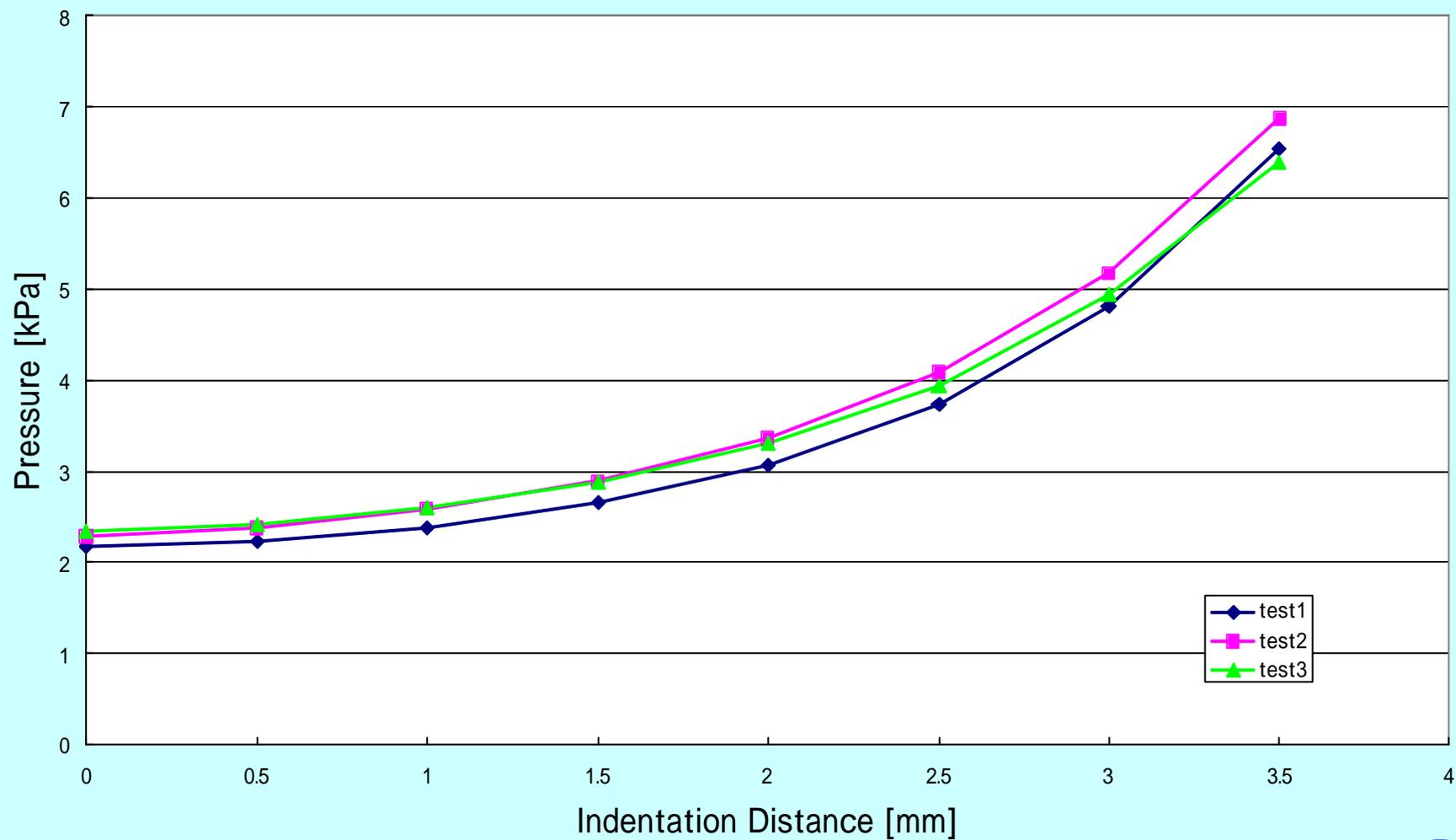


ボールに加えられる圧力の変化



結果（内圧）

Pressure



外圧に比べて変化量が小さい



まとめ(3)

超弾性体の圧縮試験装置を開発

半自動で、ボールの外径、外圧、内圧を計測

ゴムボールの圧縮において、

外圧値に比べて内圧値の変化量が小さい

ボールの変形 (体積の変化が少ない)



今後の課題

実験結果の検証

ボールの初期内圧 : 初期圧の差による応力の差の比較

FEMプログラムとの比較検証

