

生体組織・器官のかたちづくりの バイオメカニクス

安達 泰治

京都大学



ウイルス・再生医科学研究所

生命システム研究部門

バイオメカニクス分野

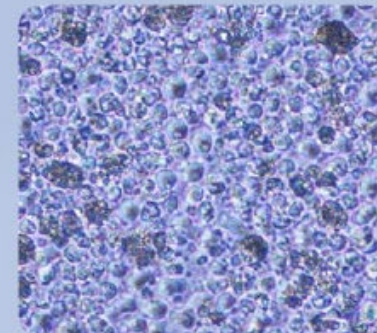
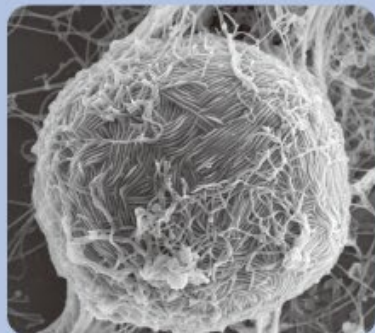
工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻

医学研究科 医学・医科学専攻

生命科学研究科 高次生命科学専攻

神戸大学機械クラブ総会・講演会, 2019.3.26

共通のコア部門の統合による新しい学問分野の創出



生命システム 研究部門

- 生体分子設計学分野
- ナノバイオプロセス分野
- バイオメカニクス分野
- 発生システム制御分野
- システムウイルス学分野
- 増殖制御システム分野
- 生体情報分野
- RNAシステム分野
- 生体膜システム分野
- 組織恒常性システム分野
- 発がん機構分野
- 情報制御学分野(客員)

ウイルス感染 研究部門

- 分子遺伝学分野
- ウイルス制御分野
- RNAウイルス分野
- 微細構造ウイルス学分野
- がんウイルス分野
- 細胞制御分野
- 免疫制御分野
- 感染防御分野
- 応答調節分野(客員)
- ウイルス免疫分野(客員)

ウイルス感染症・生命科学先端融合的
共同研究拠点

再生組織構築 研究部門

- 細胞機能調節学分野
- 生体材料学分野
- 再生増殖制御分野
- 再生免疫学分野
- 組織再生応用分野
- 臓器・器官形成応用分野
- 発生エピゲノム分野
- 胚性幹細胞分野
- 統合生体プロセス分野
- 生体再建学分野(客員)
- 生体物性学分野(客員)
- 再生医工学分野(外国人客員)

再生医学・再生医療の先端融合的
共同研究拠点

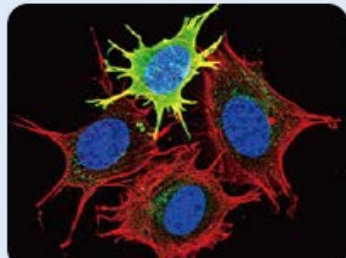
ウイルス・再生医科学 研究所

Institute for Frontier Life
and Medical Sciences
(inFront)

附属 感染症モデル 研究センター

- 霊長類モデル分野
- ウイルス感染症モデル分野
- ウイルス共進化分野

附属 再生実験 動物施設



生体システムは、常に**力**の影響を受けている

Biomechanics Lab, Kyoto University

バイオメカニクス メカノバイオロジー

- in vitro / in vivo実験
- in silico実験(数理モデリング)

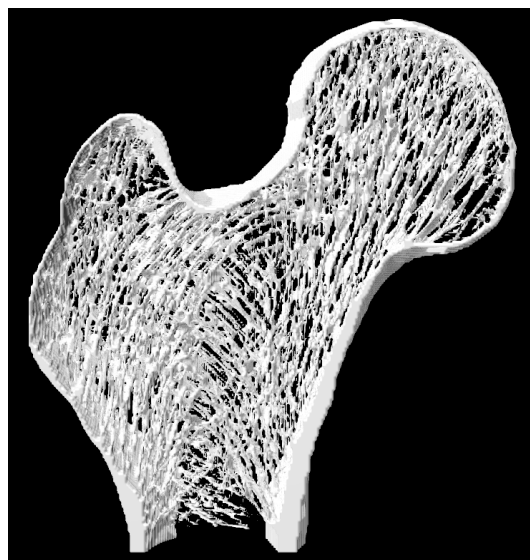
生体の**構造・機能**調節 ← **力学**的理解

視点 1

構造・機能
階層構造

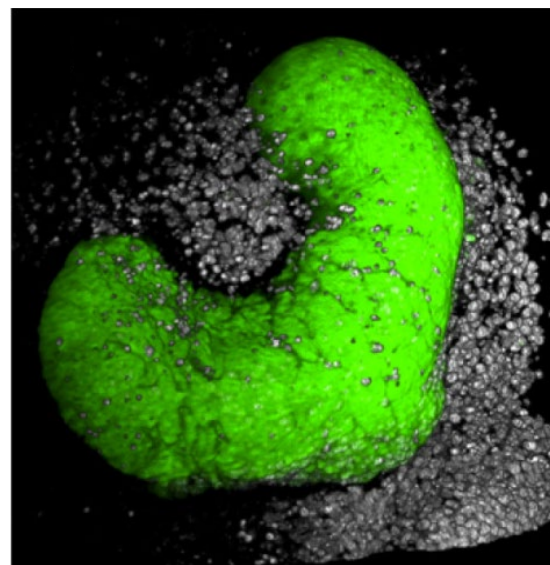
視点 2

力学ー**バイオ**
相互作用



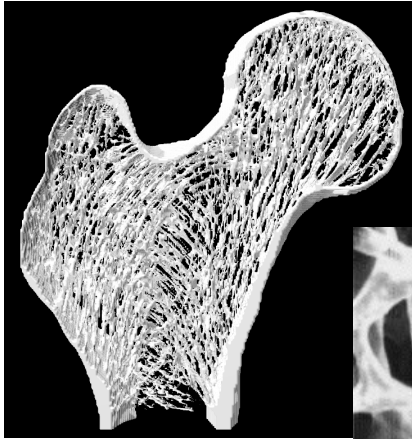
ヒト大腿骨近位部

骨のリモデリングによる機能的適応



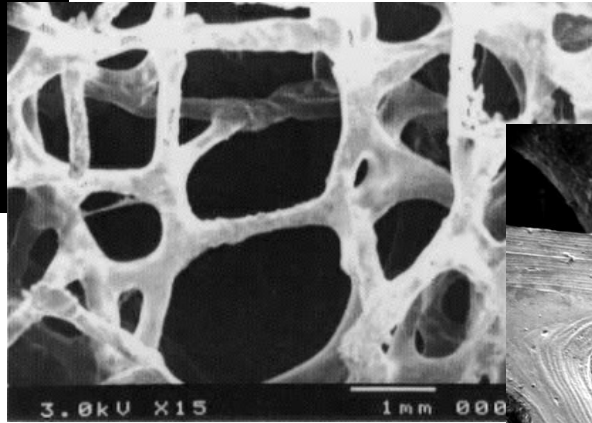
三次元培養下におけるES細胞からの多細胞組織形態形成

形態形成における多細胞ダイナミクス

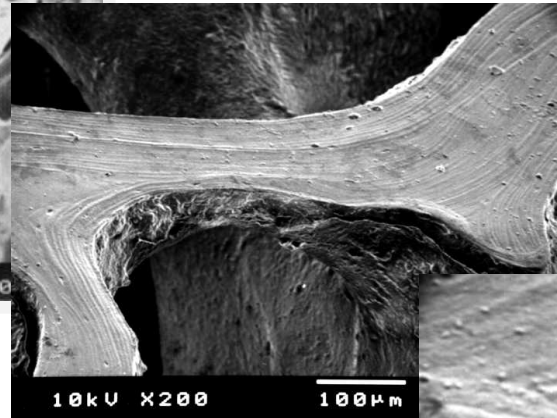


Prox. Femur

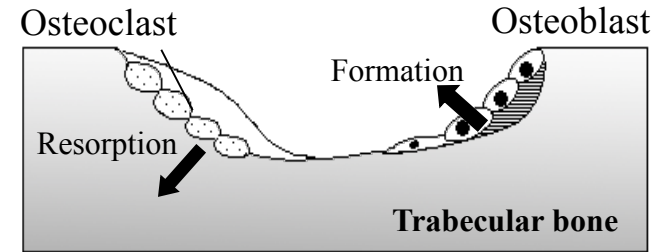
Trabeculae in Cancellous Bone



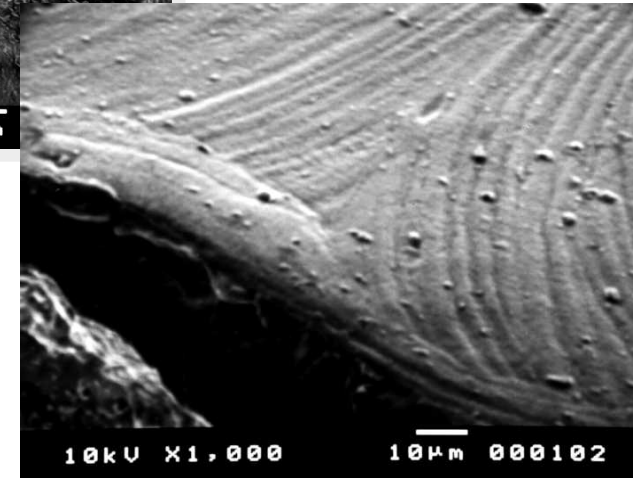
Cancellous
Tissue level



Trabecular level



Trabecular surface remodeling



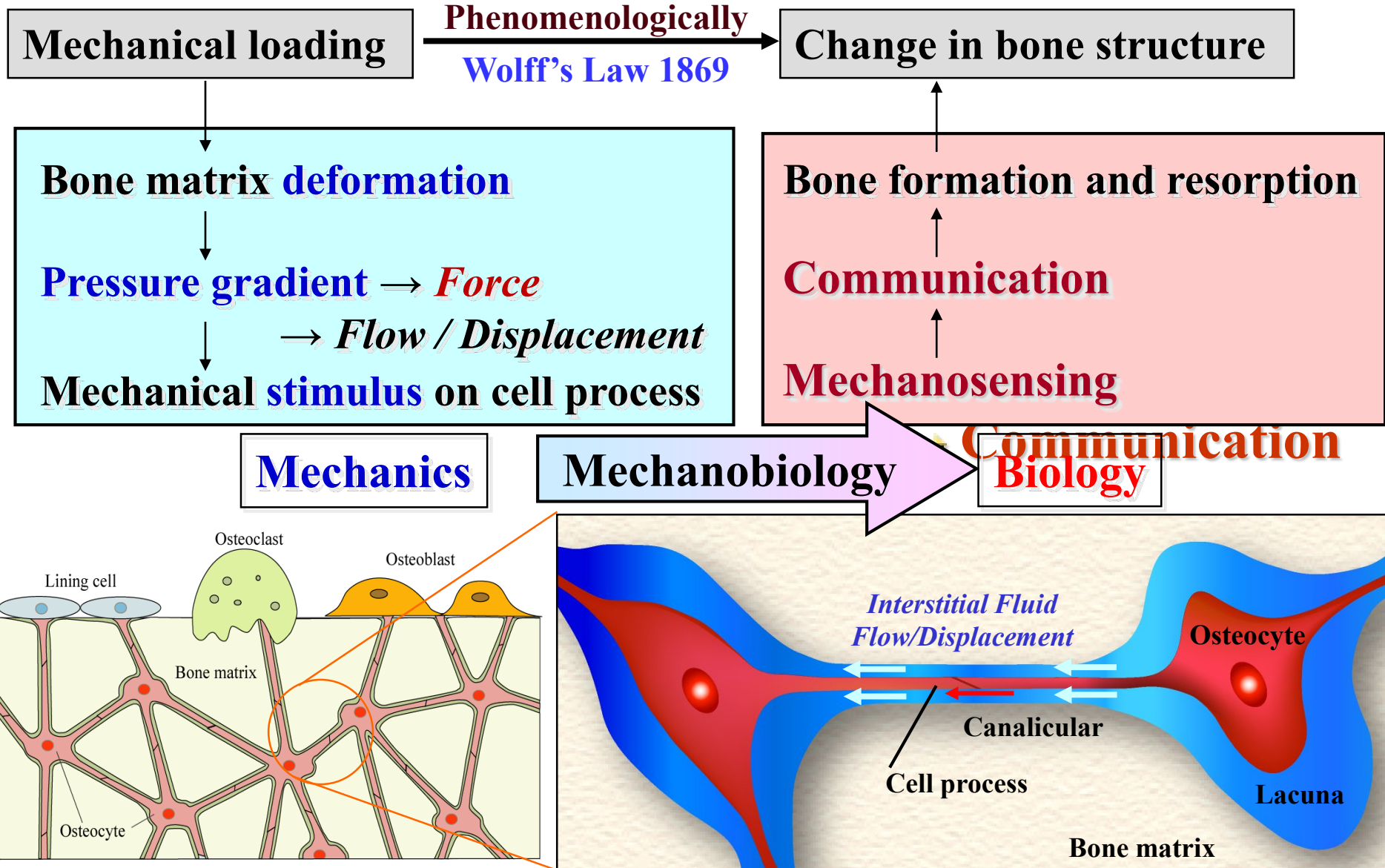
Cellular level

Structure Changes by Remodeling

- Adaptation to meet functional demands
- Bone structure as a load-bearing structure

Wolff's Law ← Biomechanics

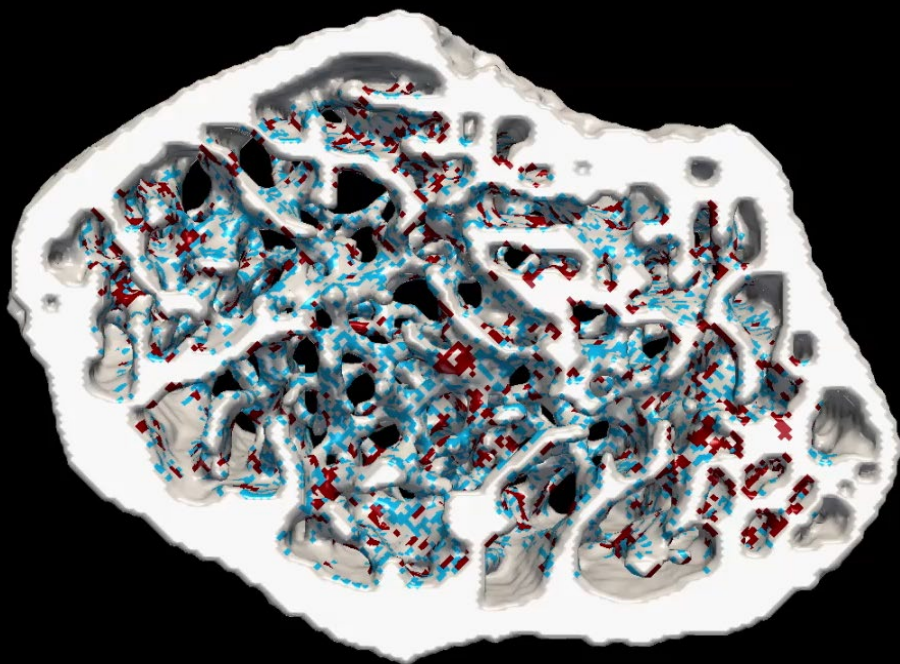
数理モデリング：骨細胞のメカノセンシングとコミュニケーション



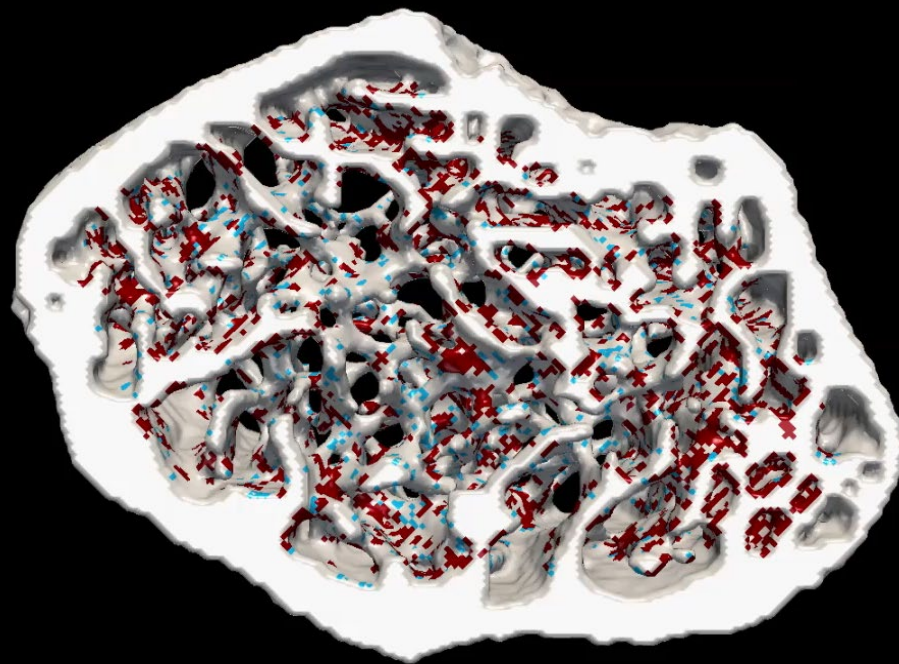
骨を吸収する細胞
形成する細胞



骨の形を変える



正 常



骨 粗 鬆 症

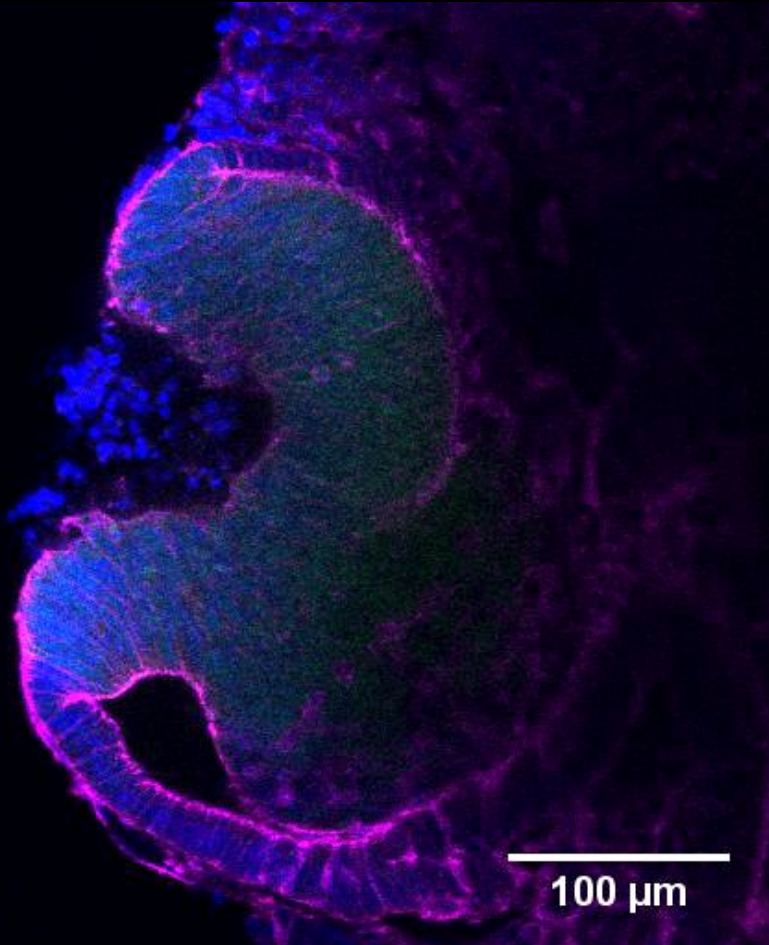


破骨細胞

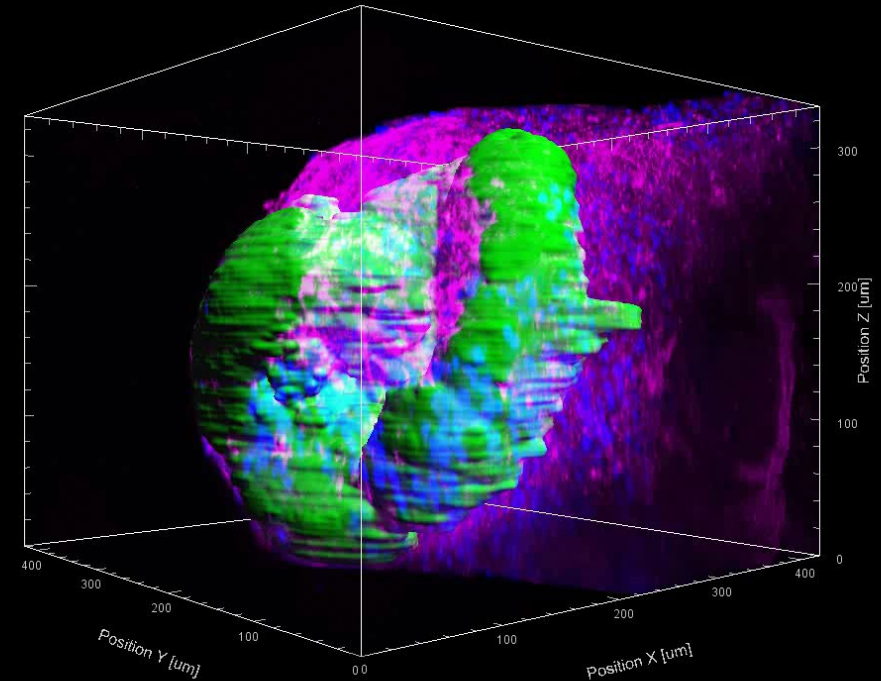


骨芽細胞

ES/iPS細胞を用いて 多細胞組織の形態をつくる



DAPI (nuclei) Phalloidin (actin)
Rx::EGFP (retinal marker)



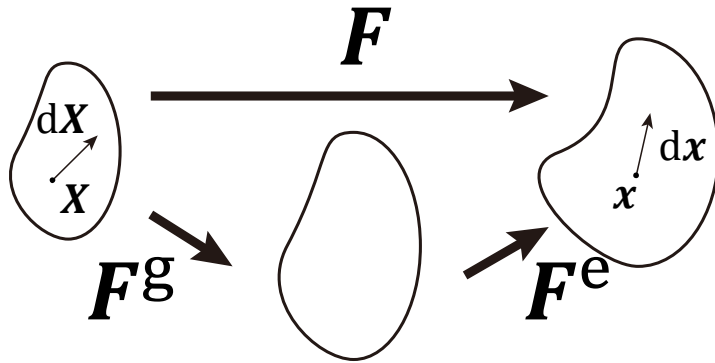
optic cup (manually selected)

多細胞システムの形態形成シミュレーション

Biomechanics Lab, Kyoto University

連続体力学モデル

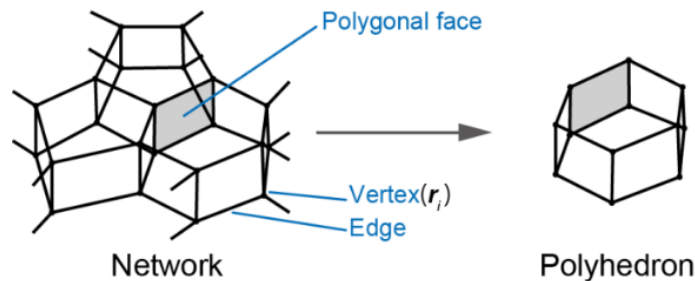
非線形超弾性モデル



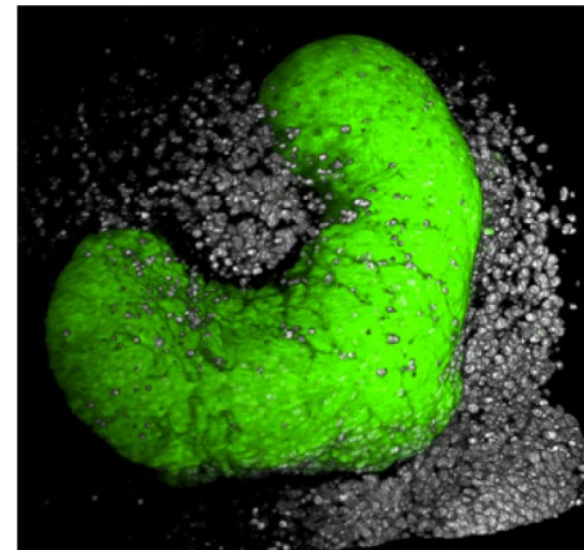
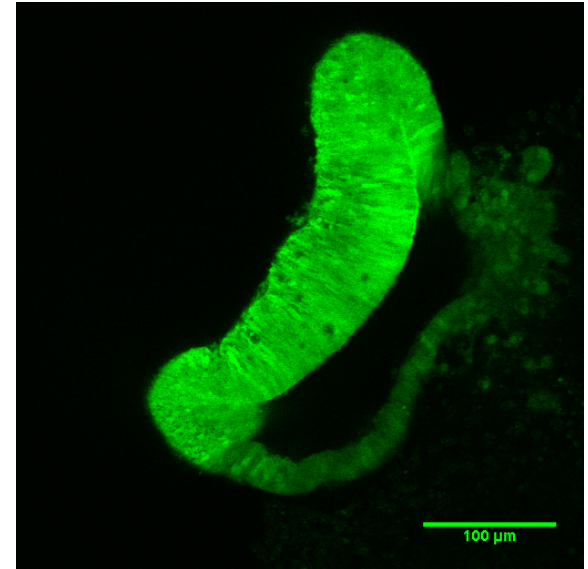
Kida N, et al., *Comp Meth Biomech Biomed Eng*, 2014

離散系システムモデル

バーテックスモデル

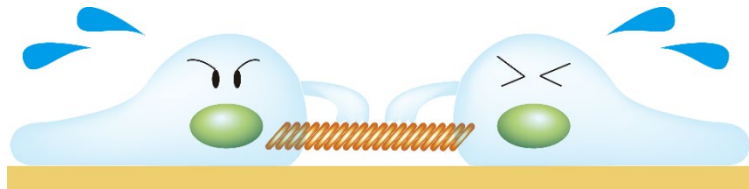


Okuda S, et al., *Biomech. Model Mechanobiol*, 2013

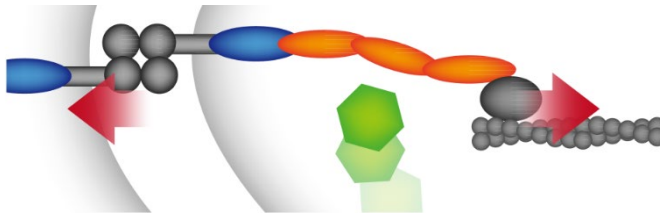


張力センサー分子：メカノセンシング観察

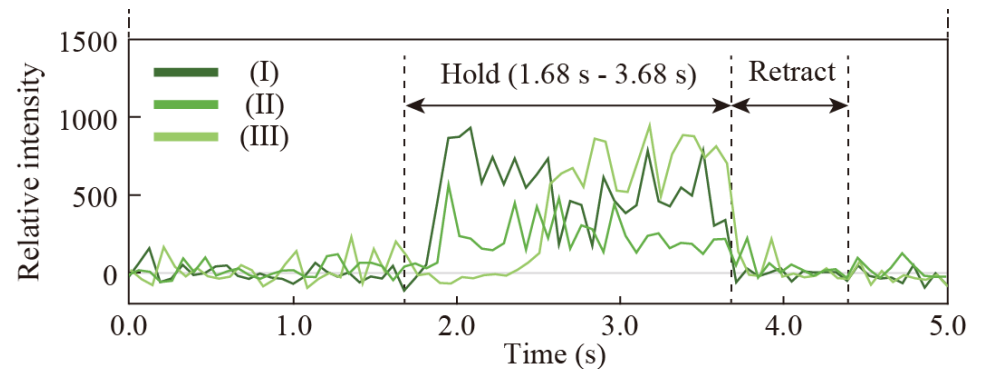
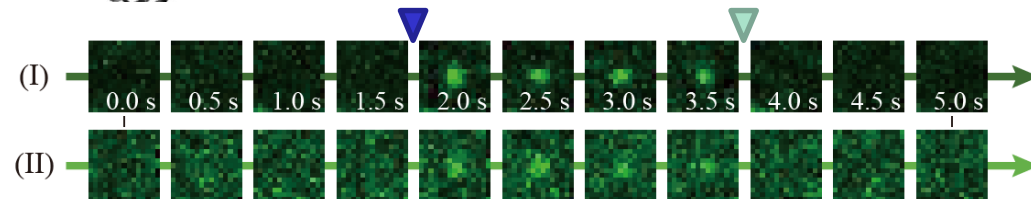
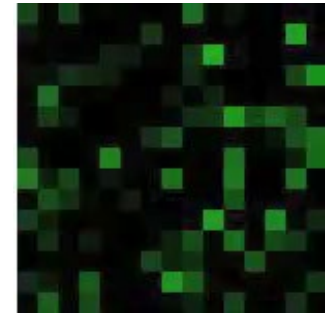
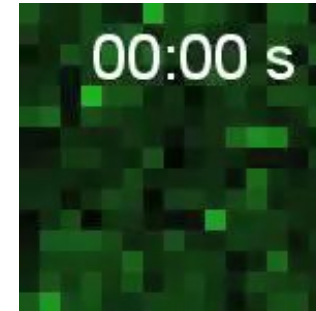
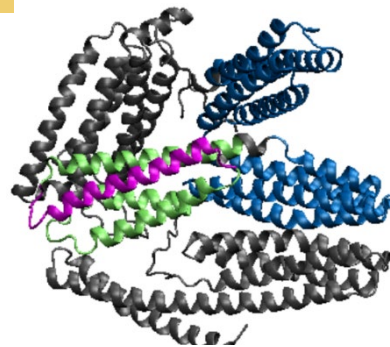
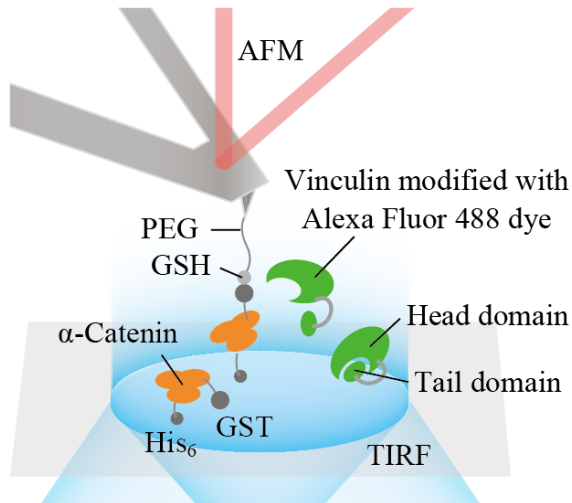
Biomechanics Lab, Kyoto University



細胞間の綱引き



力のセンサー分子



Maki K, *et al.*, *Sci. Rep.*, 2018

研究テーマ

Biomechanics Lab, Kyoto University

- ✦ 骨細胞のメカノバイオロジー
- ✦ 骨のリモデリング・再生
- ✦ 多細胞組織の形態形成
- ✦ 脳形成・神経組織の構築
- ✦ 細胞接着分子のメカノセンシング
- ✦ 細胞・核のメカノトランスダクション



京都大学

ウイルス・再生医科学研究所

生命システム研究部門

バイオメカニクス分野

<http://www2.infront.kyoto-u.ac.jp/bf05/>