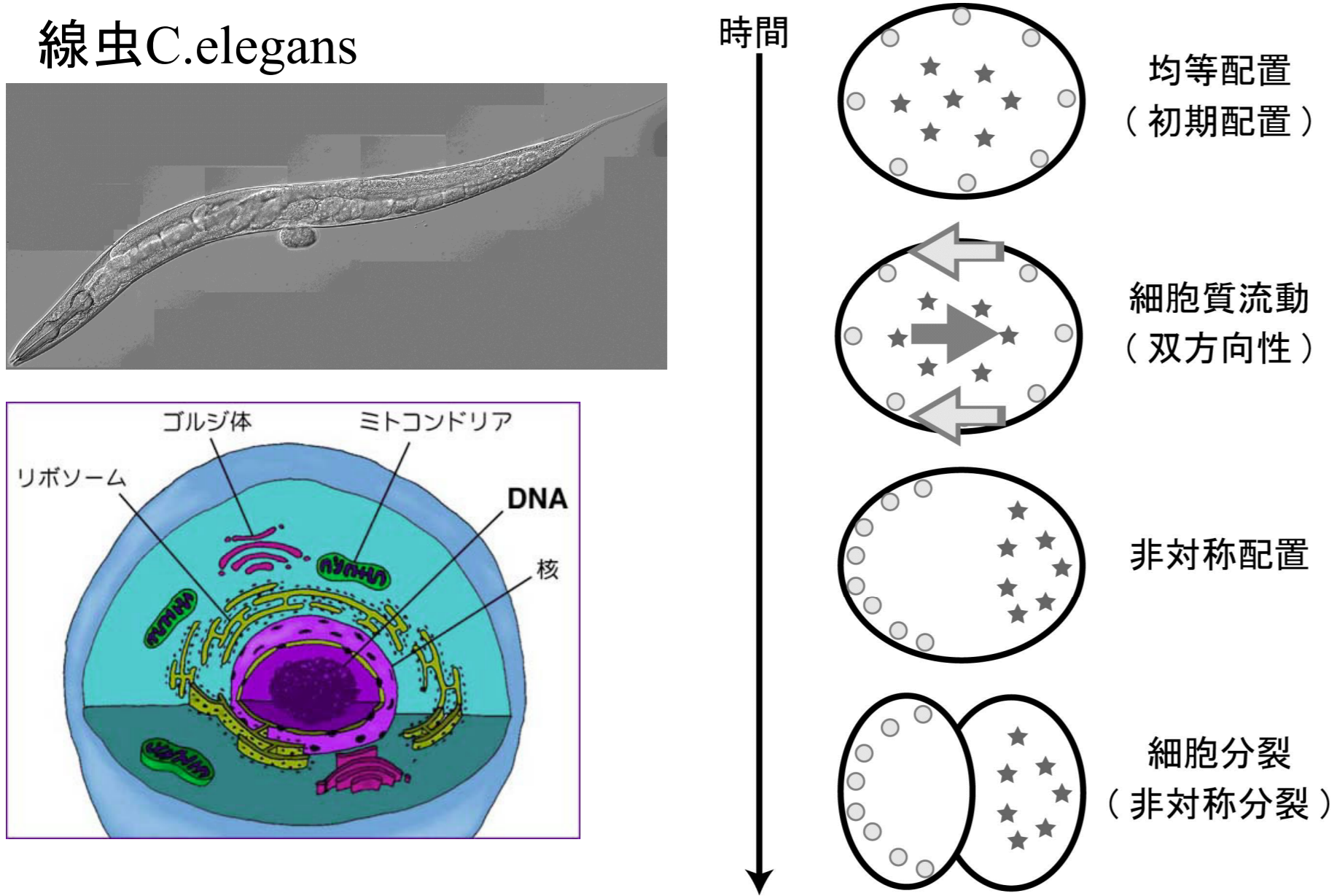


線虫細胞内における細胞質流動のデータ同化研究

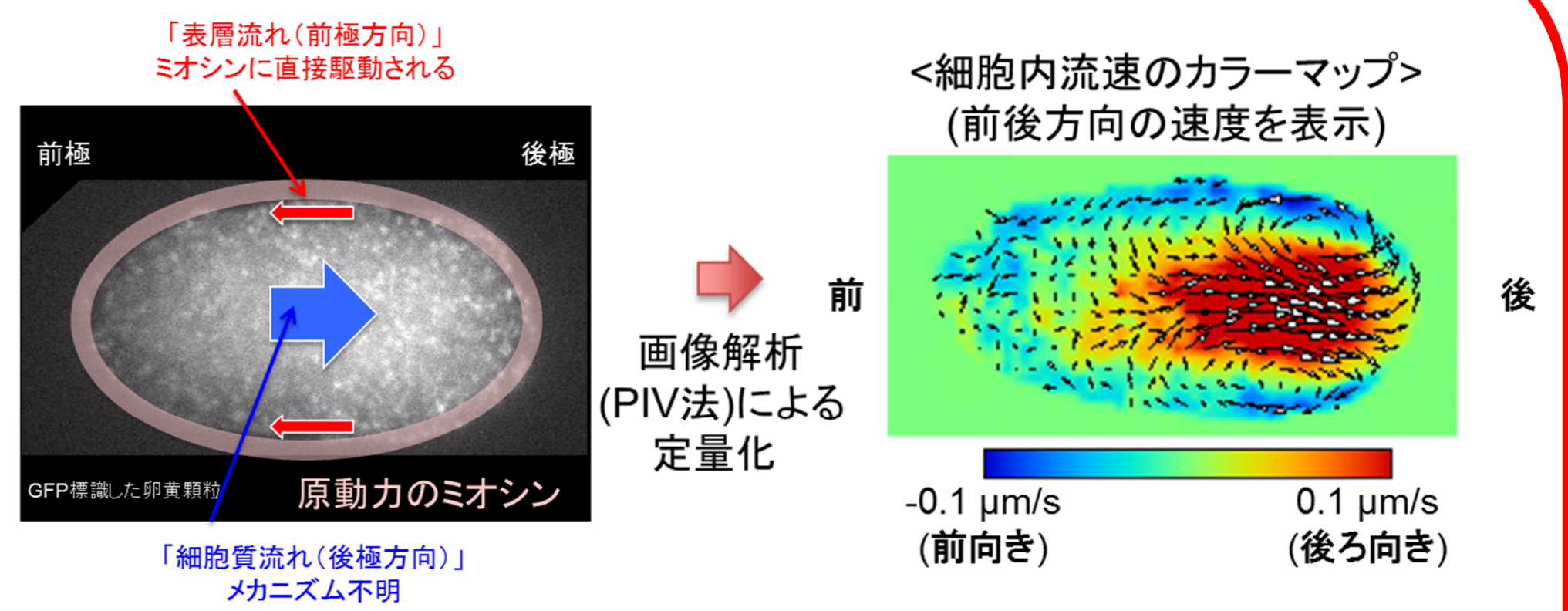
長尾 大道 データ同化研究開発センター 特任准教授

概要: 細胞内を満たす細胞質は、細胞分裂前後に非常に大きな流動を起こすが、その起因やメカニズムについては実はほとんど分かっていない。本研究では、細胞質流動の駆動力が細胞壁に存在するミオシンと呼ばれるたんぱく質であるという作業仮説の下で細胞分裂直前までの細胞質流動の数値シミュレーションを実施し、particle image velocimetry (PIV)法によって取得された線虫C.elegansの初期胚内における2次元流体速度場データと同化させることにより、観測された細胞質流動を引き起こすために必要な細胞壁速度分布を推定した。本研究により、これまで不明であった細胞質流動の物理的メカニズムが明らかになることが期待される。

ダイナミックな細胞



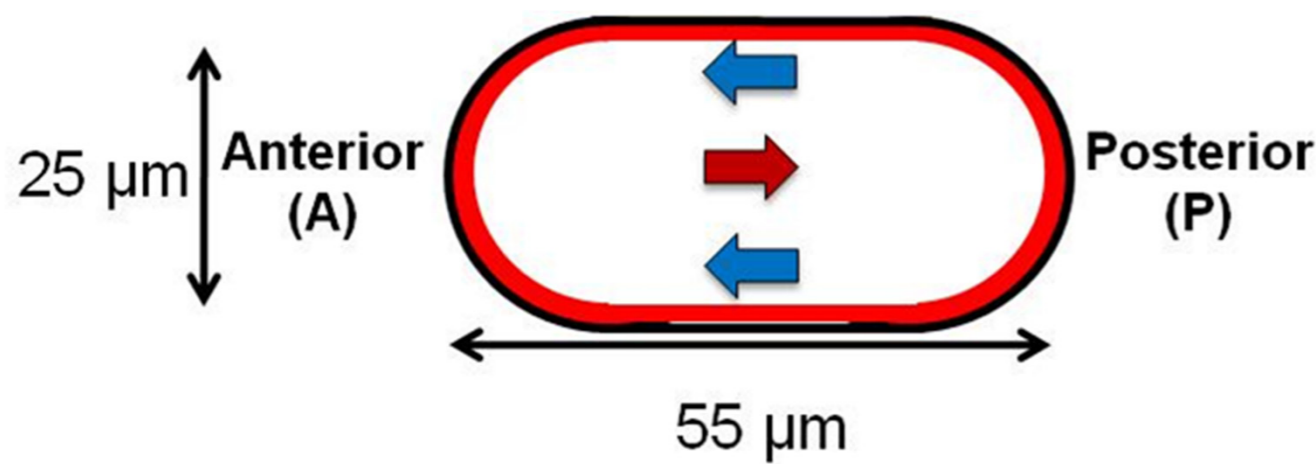
PIV法による細胞質流動の観測



Niwayama R., Shinohara K., Kimura A., *PNAS*, 2011

Particle image velocimetry (PIV)法によって得られた細胞分裂直前の線虫初期胚内2次元断面速度場によれば、中心軸および細胞壁付近に強い流れが存在していることが分かる。

粒子法による細胞質流動の数値シミュレーション



MPS法 (Koshizuka法)

Navier-Stokes方程式:

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \mathbf{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p$$

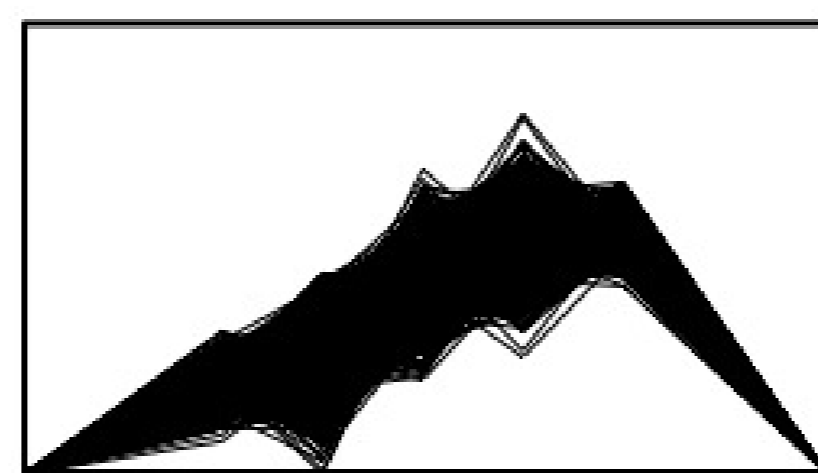
質量保存則:

$$\rho \nabla \cdot \mathbf{v} = \frac{D\rho}{Dt}$$

初期胚の最初の細胞分裂時に起こる細胞質流動の駆動力が、細胞壁に存在するたんぱく質ミオシンであるという作業仮説を検証するため、初期/境界条件として細胞壁に速度場を与え、細胞内の粒子速度場および圧力場をシミュレーションする。

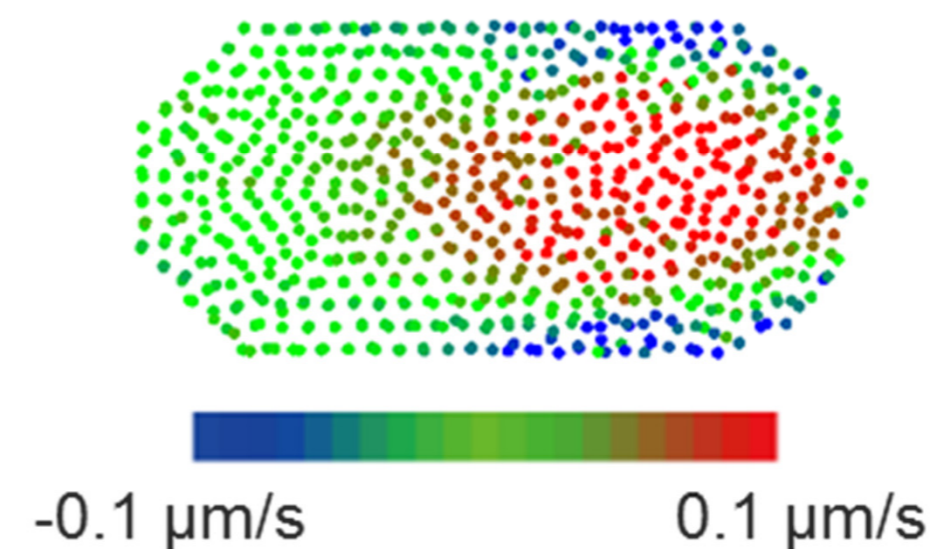
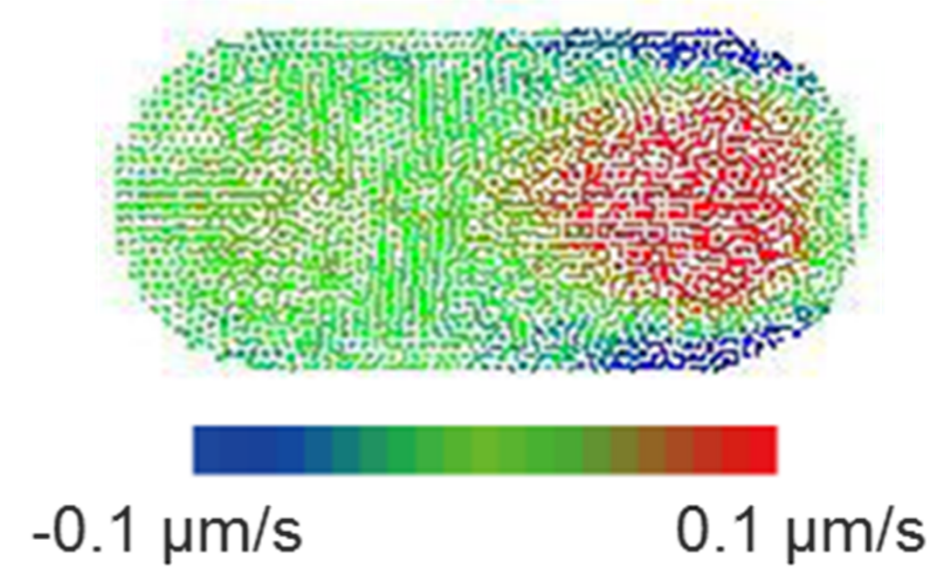
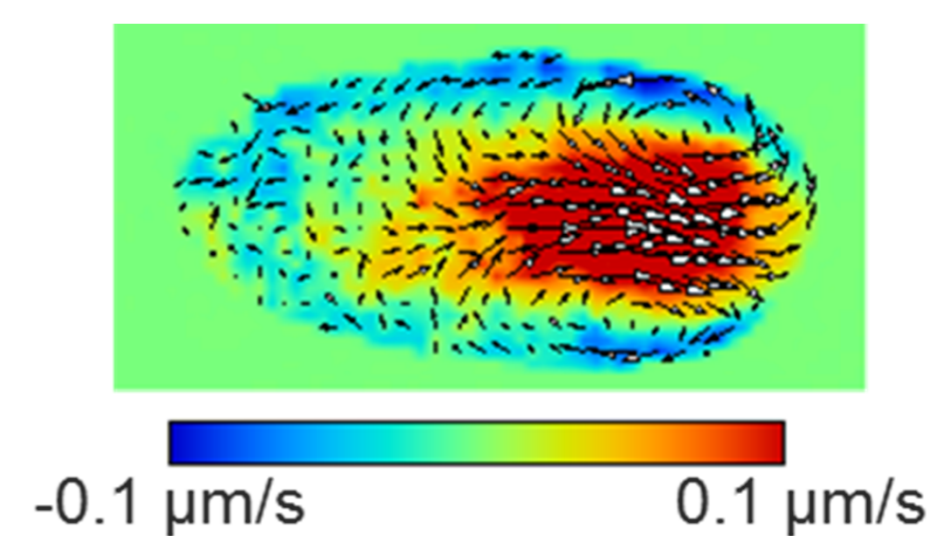
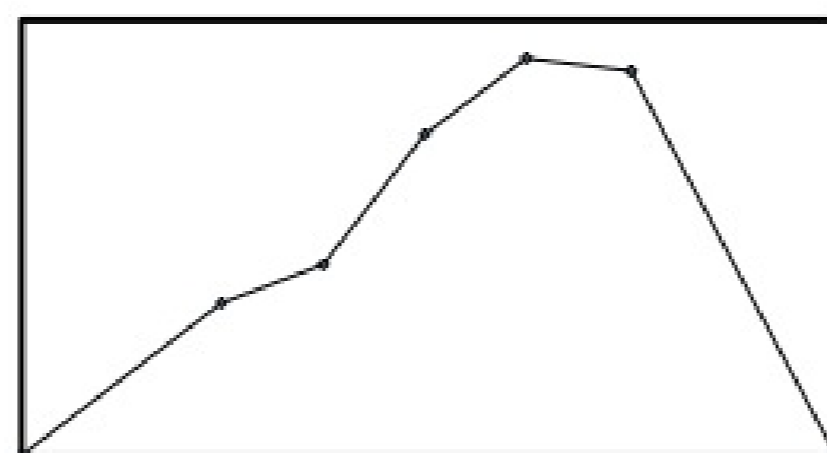
データ同化による細胞壁速度分布の推定

壁速度分布に関する事前分布を設計



各壁速度分布モデルについて尤度を計算

事後分布を最大にする壁速度分布を選択



データ同化による壁速度推定を実施することにより、観測される細胞質流動を従来より精度良く再現することに成功!!

謝辞: 本研究は、国立遺伝学研究所の細胞建築学研究室との共同研究です。木村暁准教授および庭山律哉研究員に、この場を借りて御礼申し上げます。