

実習試験 2 の解説

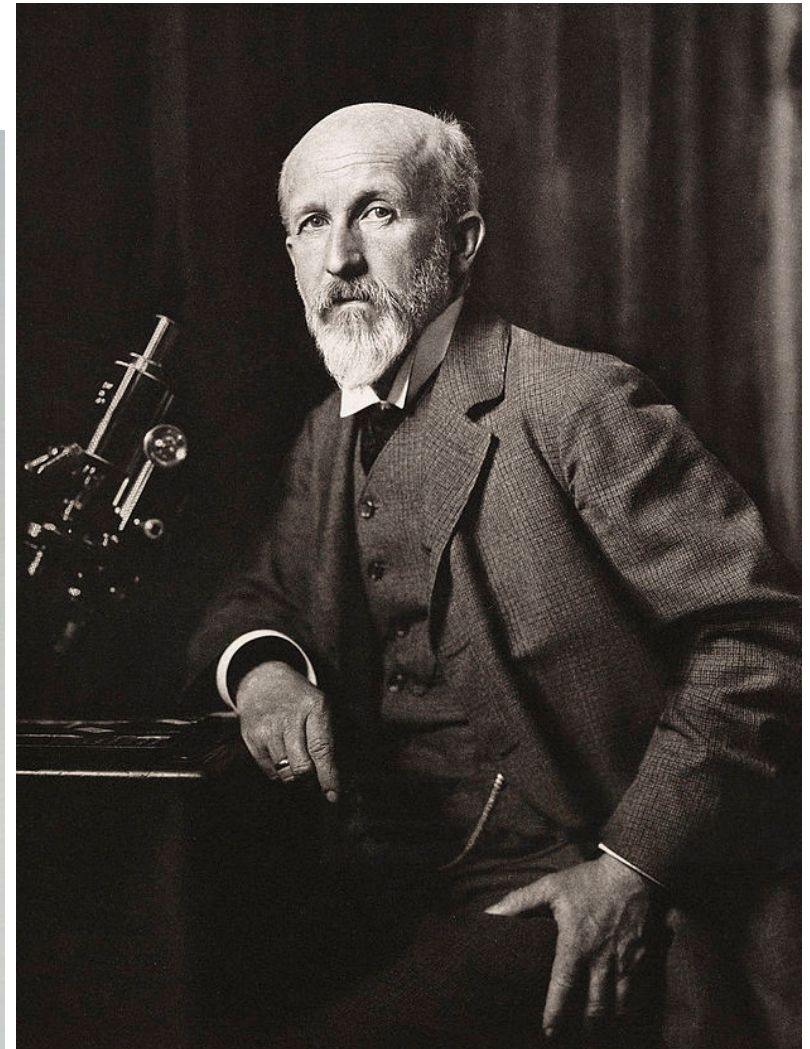
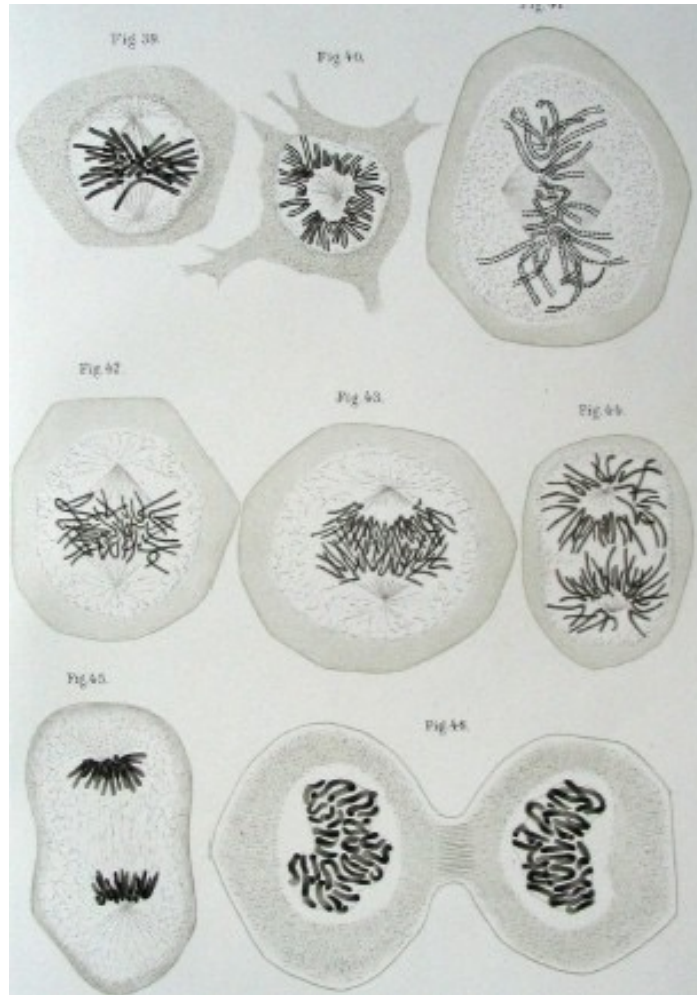
問題 2

Hertwigの法則

“細胞分裂の
起こる方向は、
細胞の
形によって
決定される”



Walter Fleming

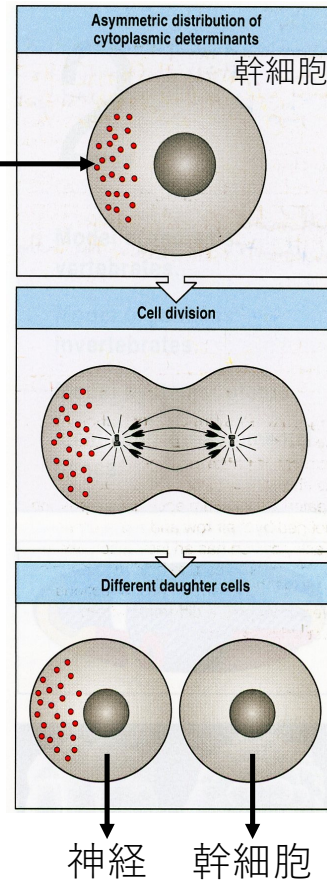


Oscar Hertwig (1849-1922)

細胞の分裂方向の重要性

非対称分裂

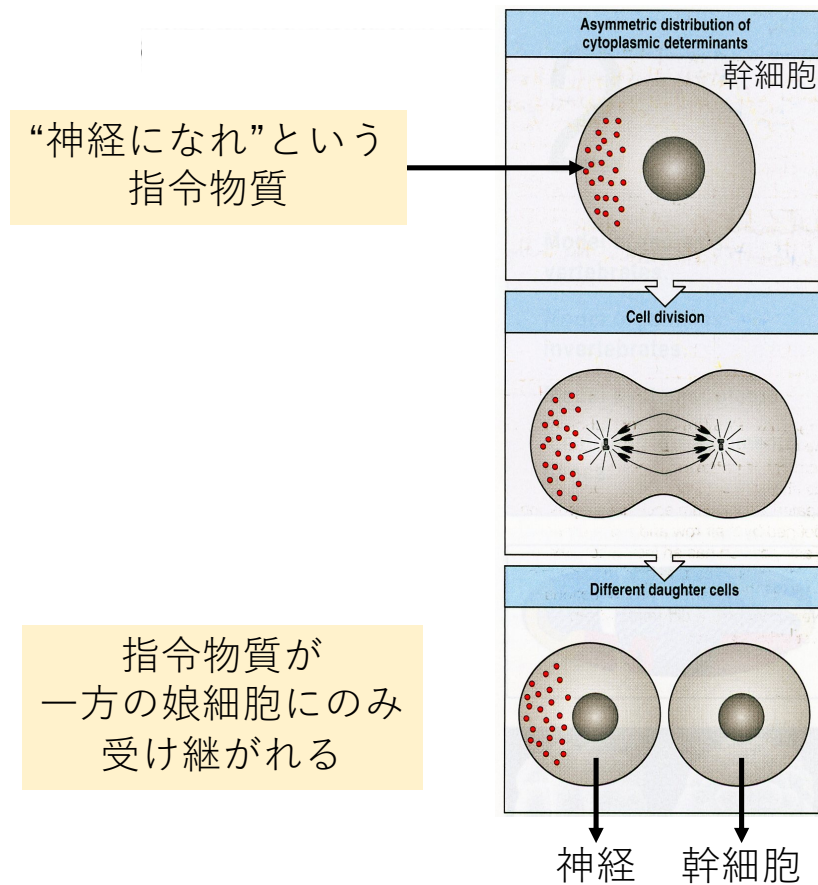
“神経になれ”という
指令物質



指令物質が
一方の娘細胞にのみ
受け継がれる

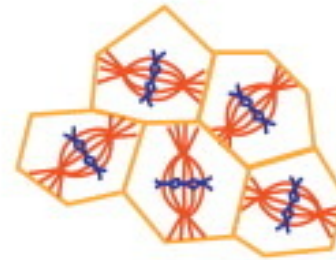
細胞の分裂方向の重要性

非対称分裂



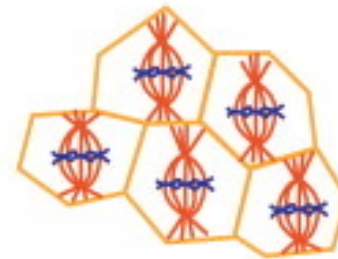
組織の成長方向

ランダムな分裂方向

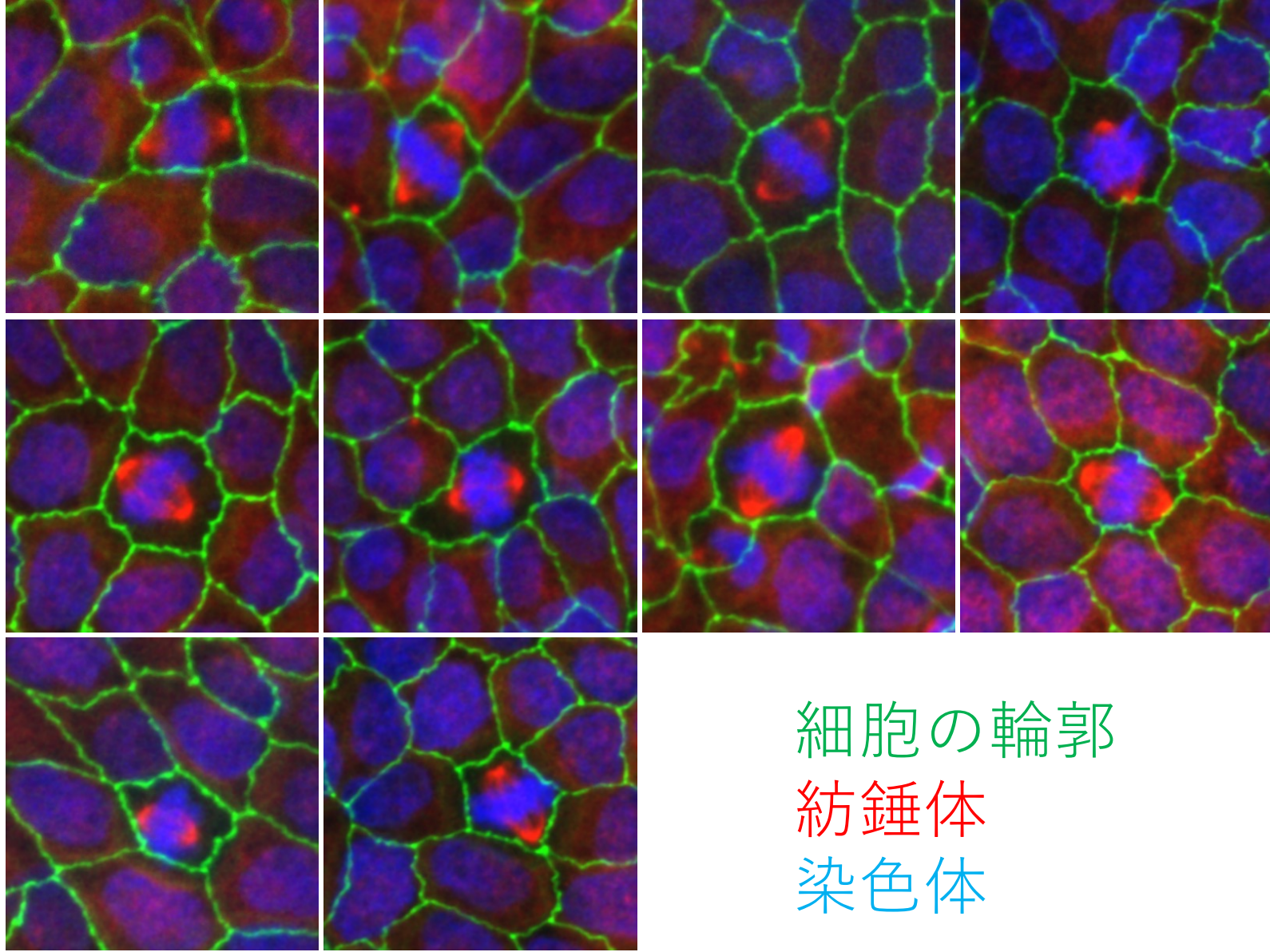


等方的成長

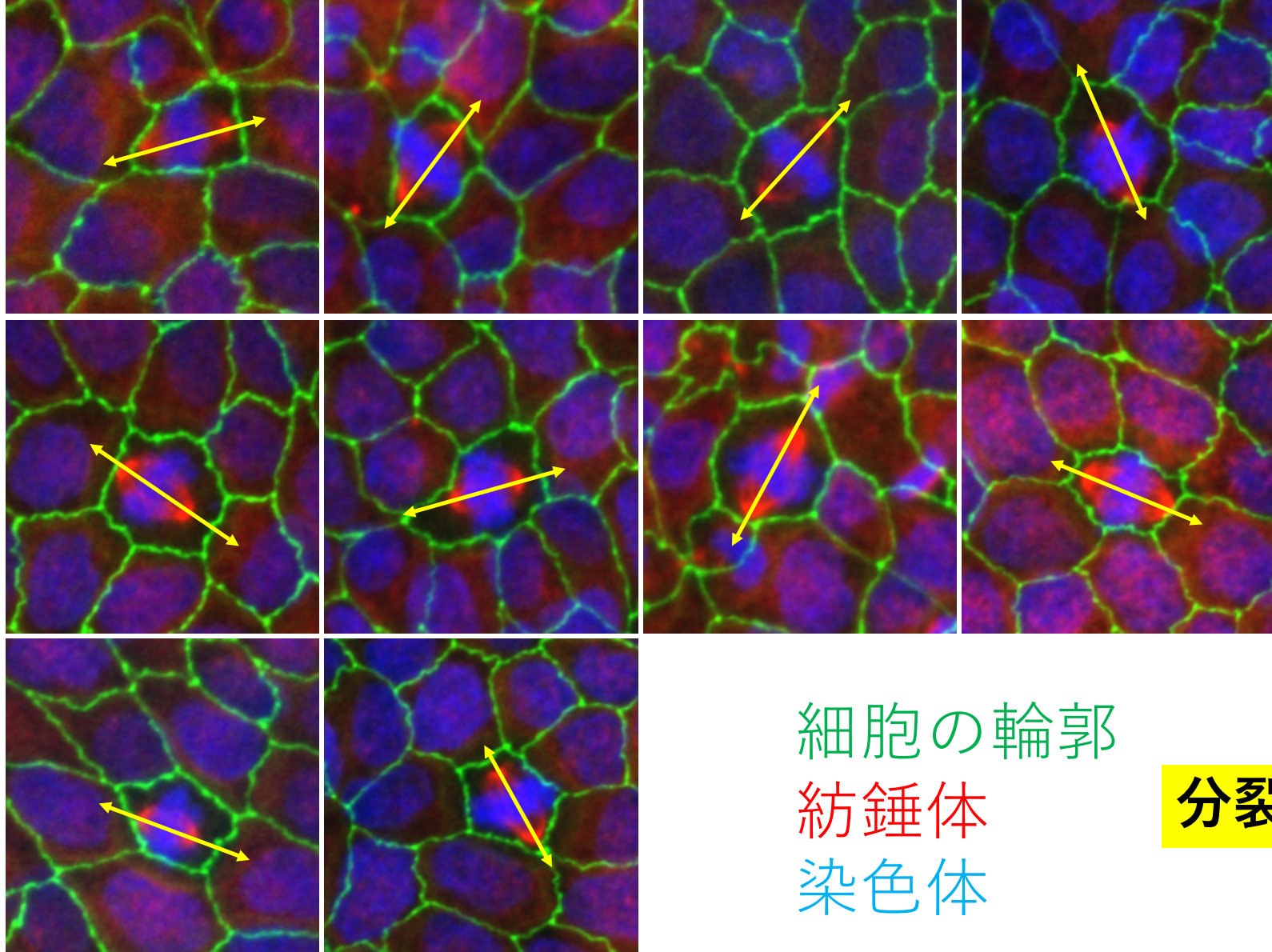
整列した分裂方向



異方的成長

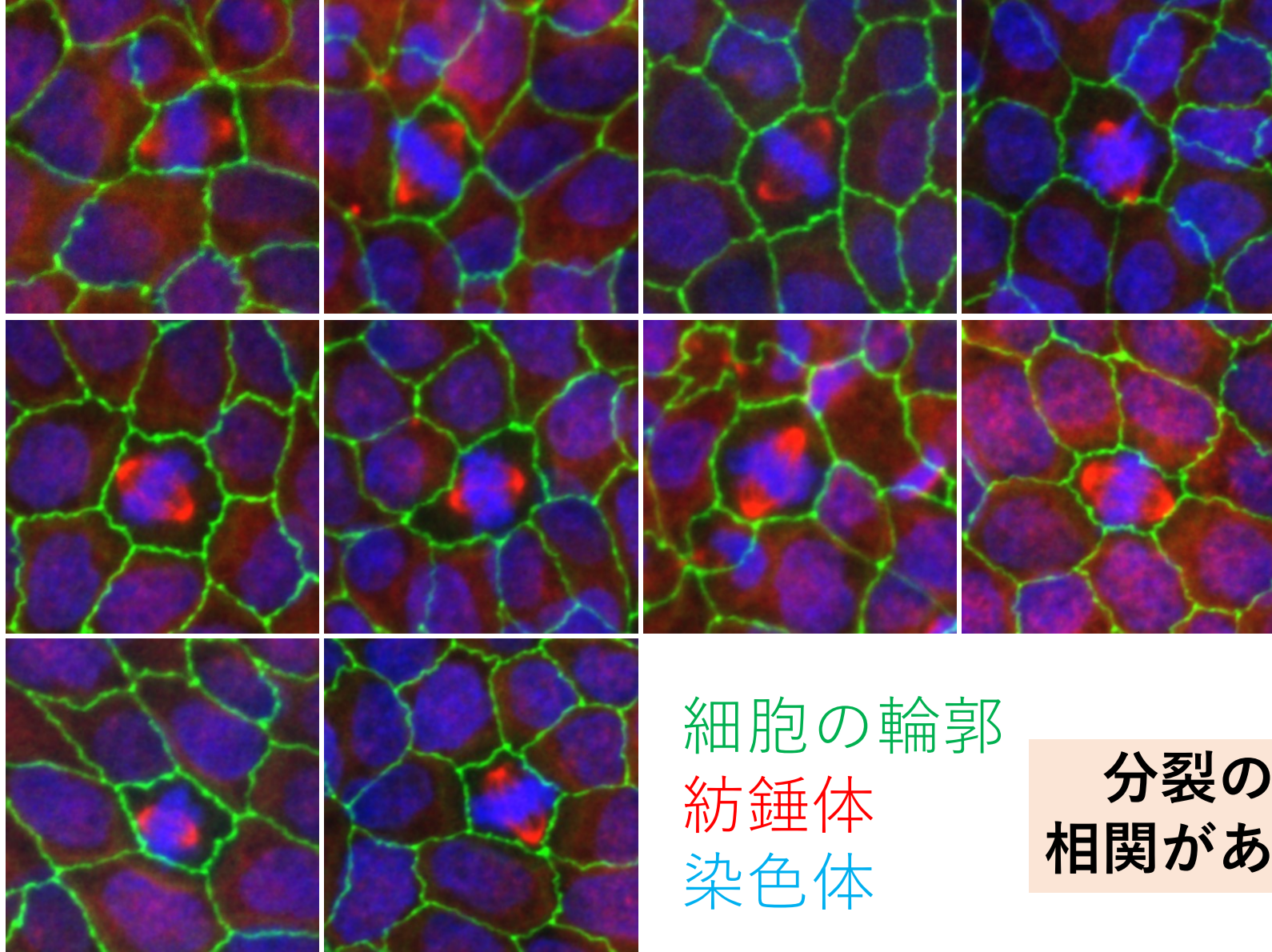


細胞の輪郭
紡錘体
染色体



細胞の輪郭
紡錘体
染色体

分裂の方向

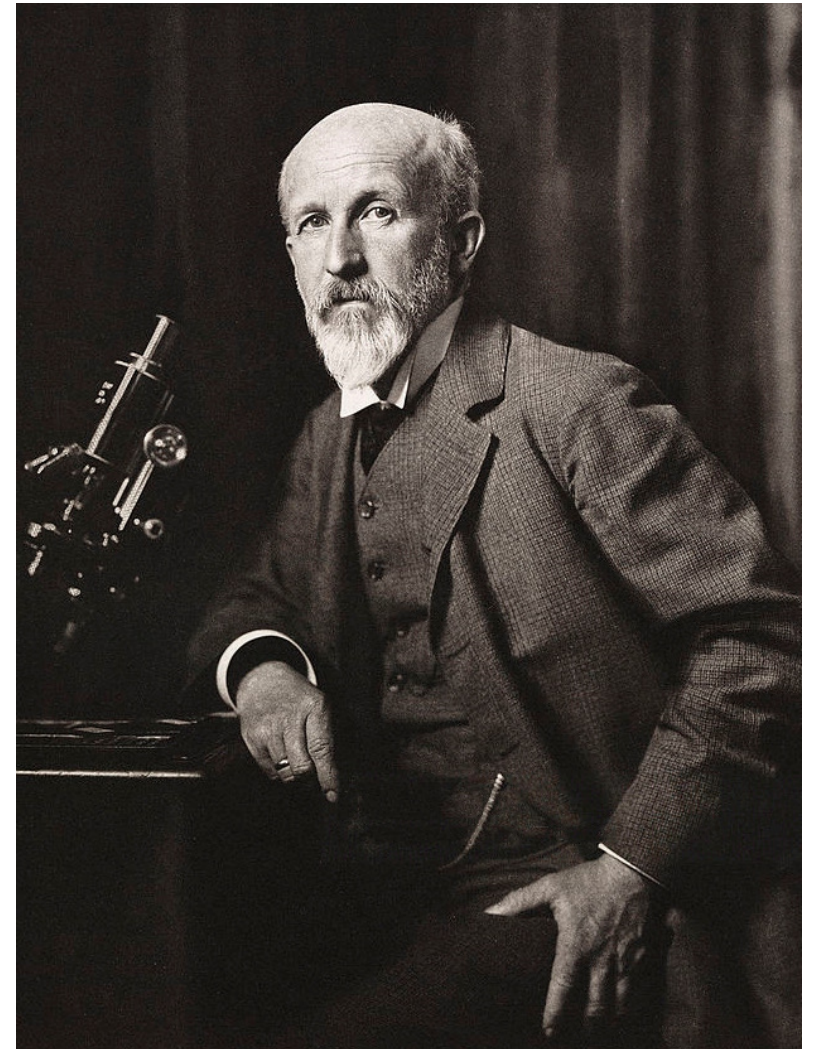
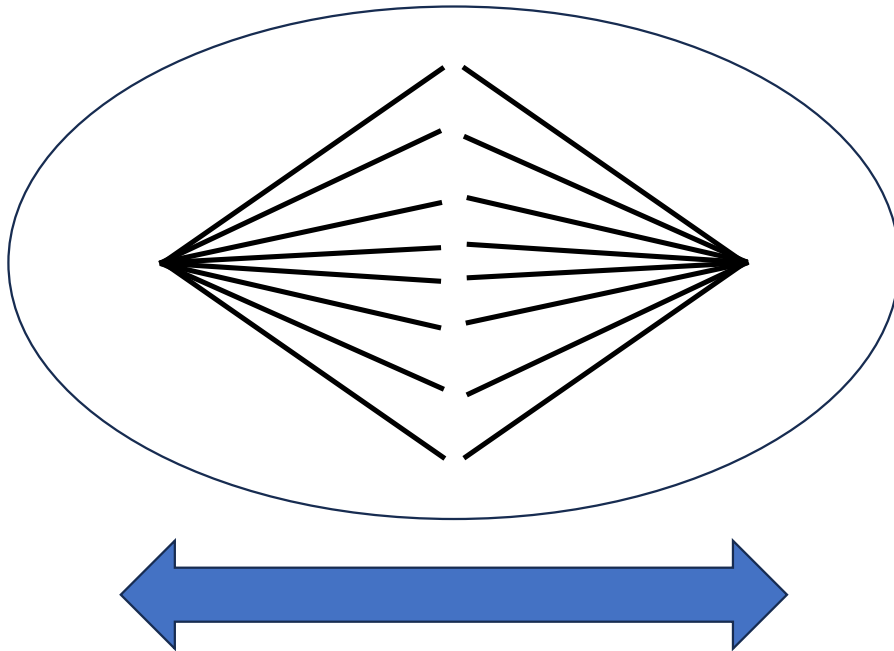


細胞の輪郭
紡錘体
染色体

分裂の方向と
相関があるのは？

Hertwigの法則

“紡錘体は細胞の長軸に沿って
配置される”



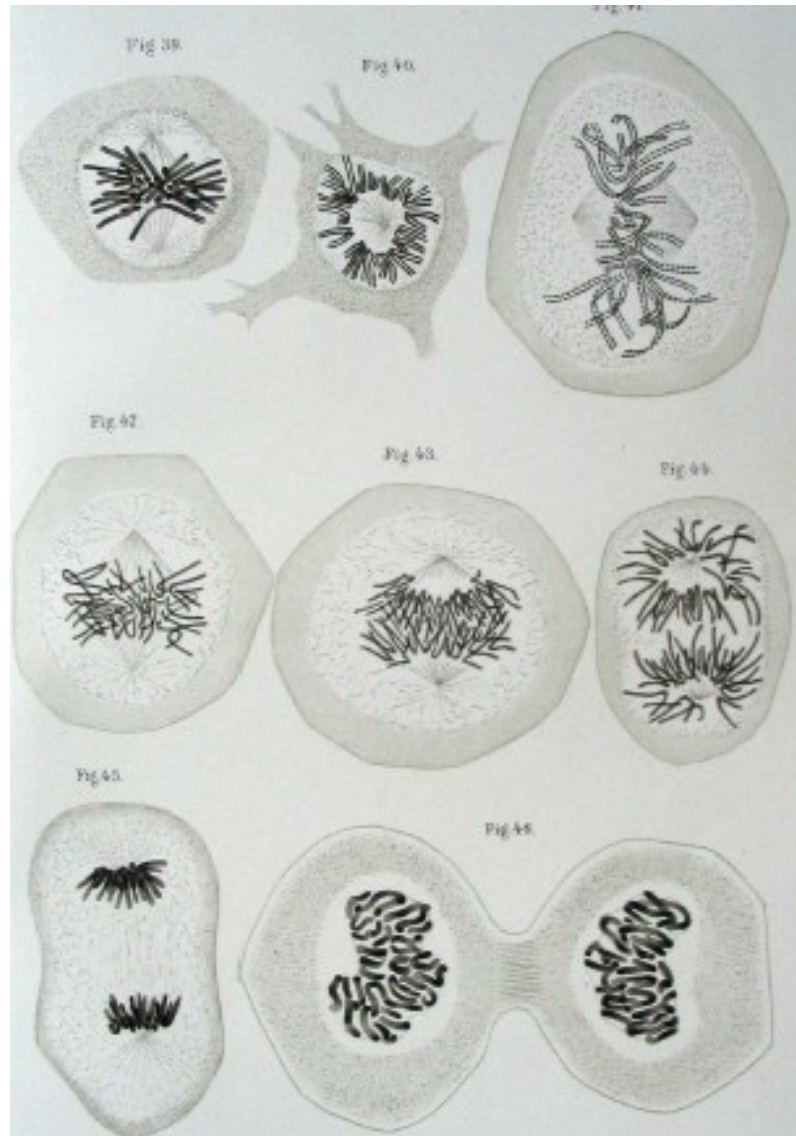
Oscar Hertwig (1849-1922)

分裂方向

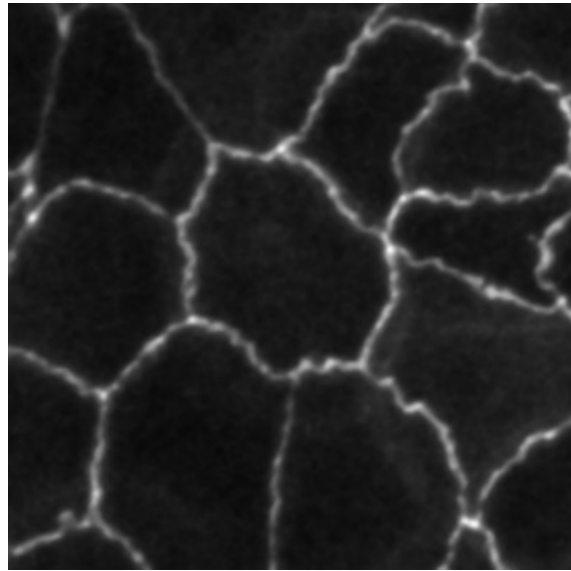
- 紡錘體
- 染色體
- 分裂溝



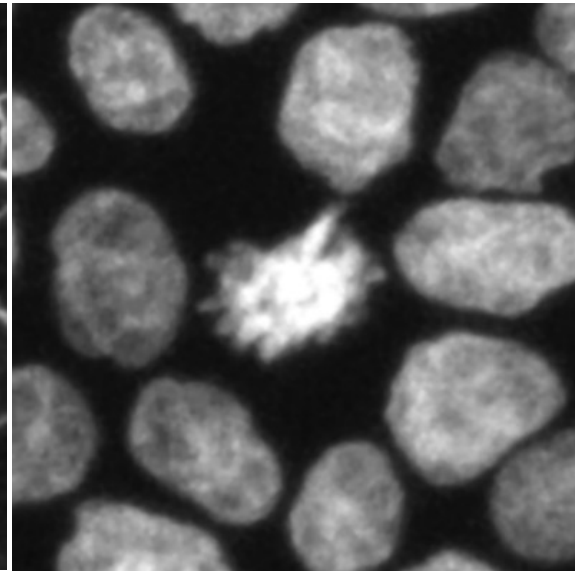
Walter Fleming



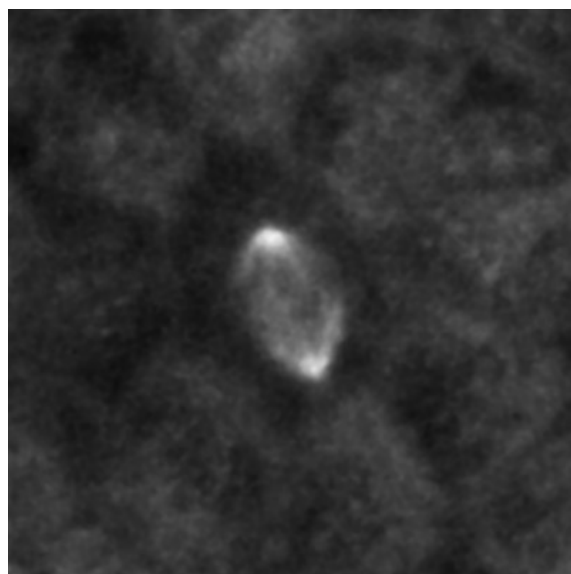
細胞の輪郭



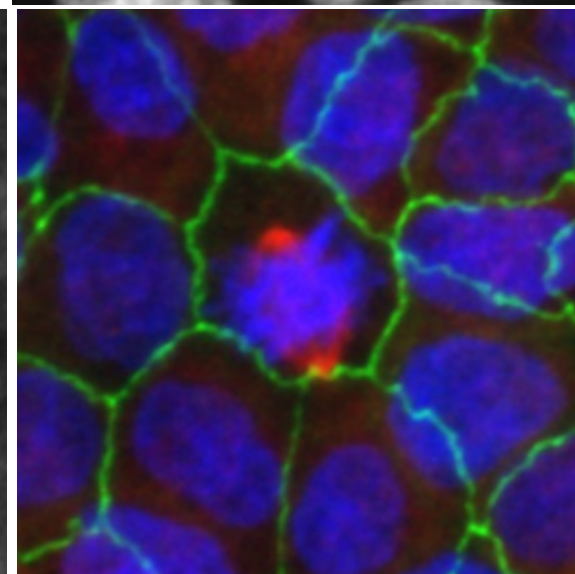
染色体



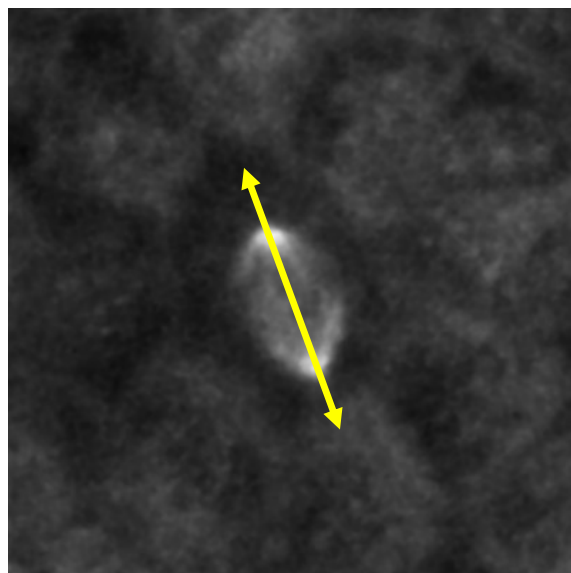
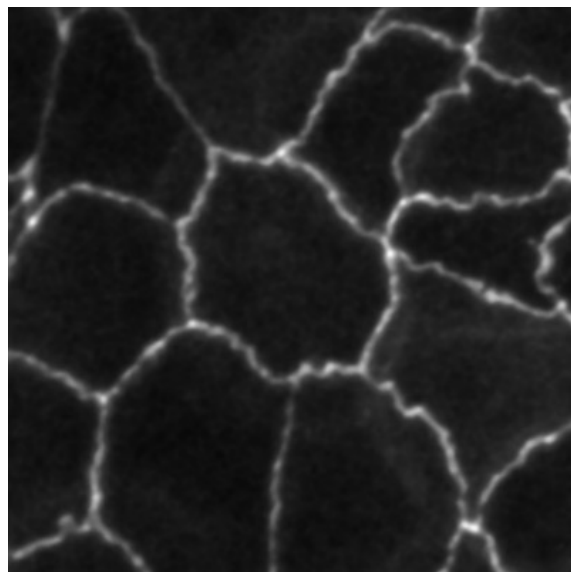
紡錘体



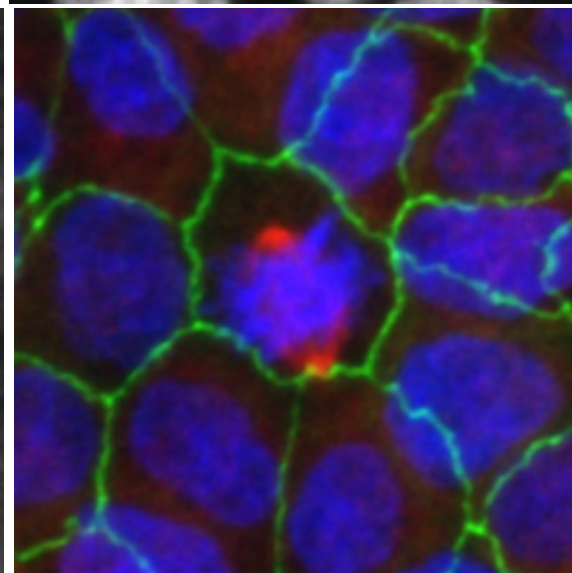
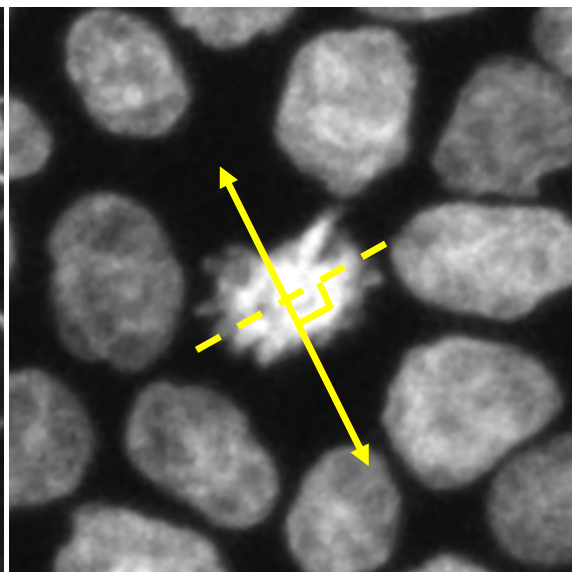
分裂方向を
測るには？



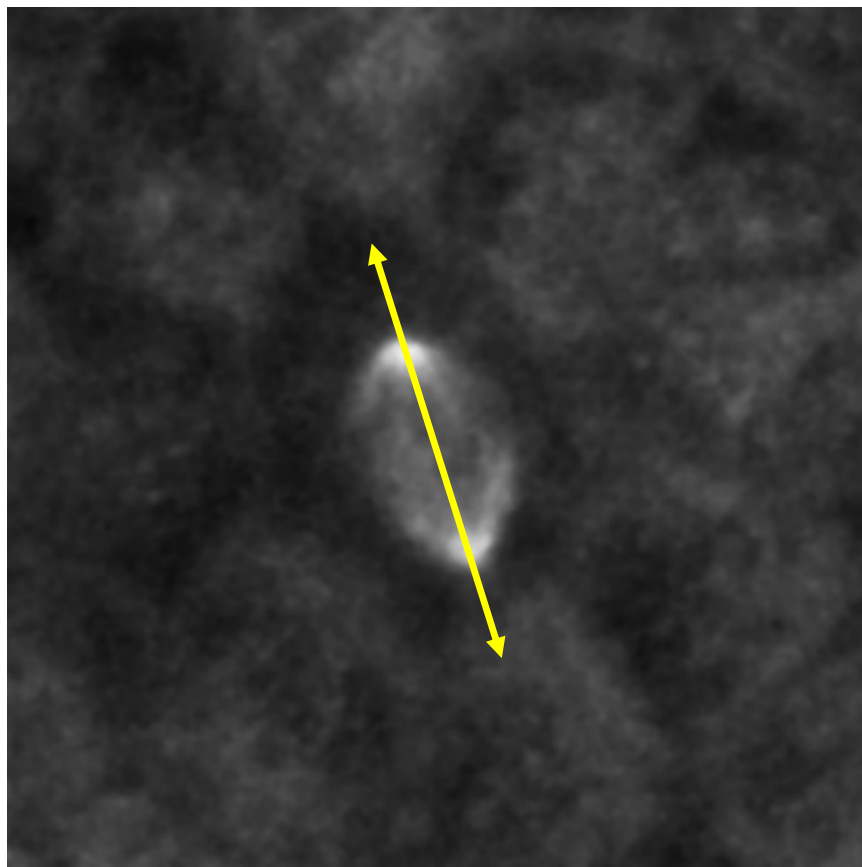
①紡錘体の向き



②染色体の向き

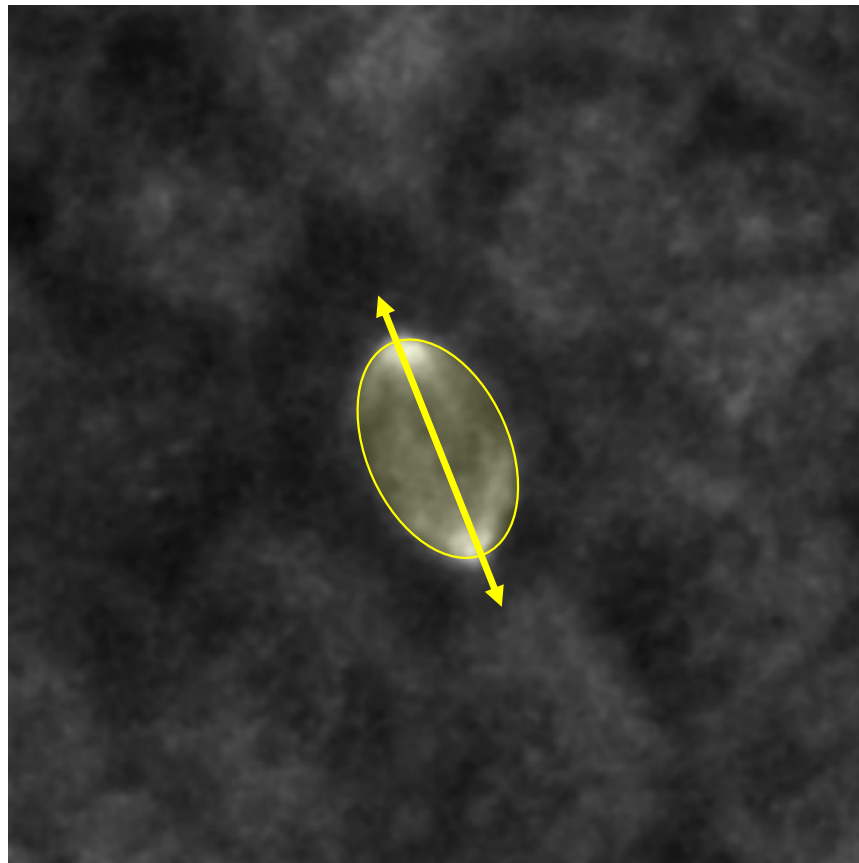


①紡錘体の向き



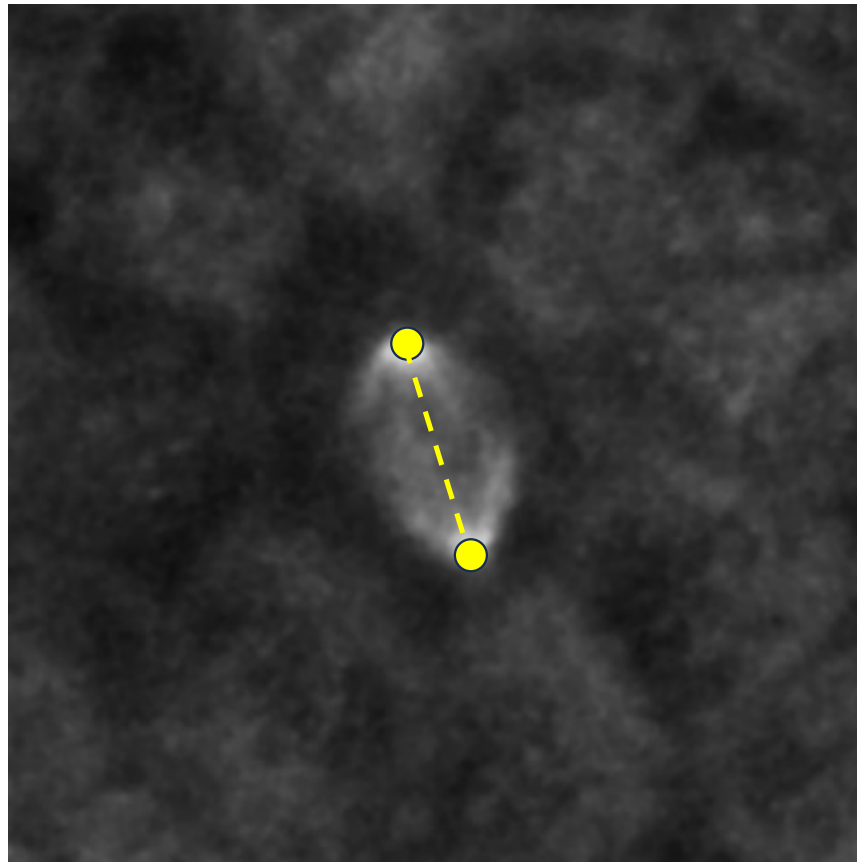
Q. なぜ私たちは
紡錘体を見た時に、
どの向きに傾いているか
分かるのか？

①紡錘体の向き



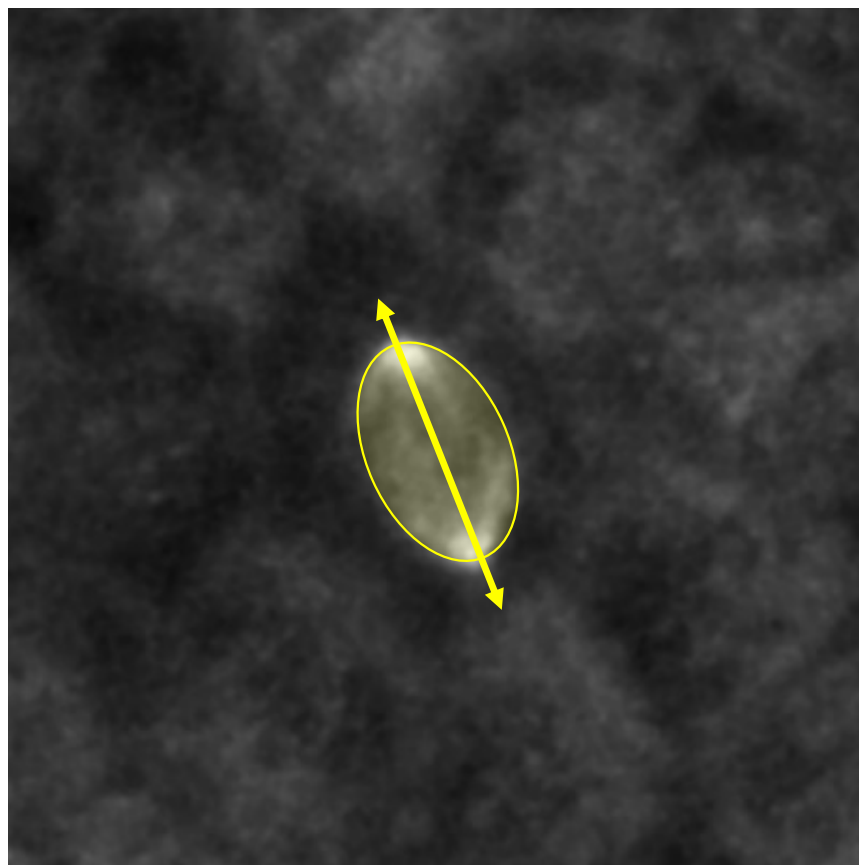
(a)紡錘体の
シルエットから
考える

①紡錘体の向き



(b)紡錘体極の
間の関係から
考える

①紡錘体の向き

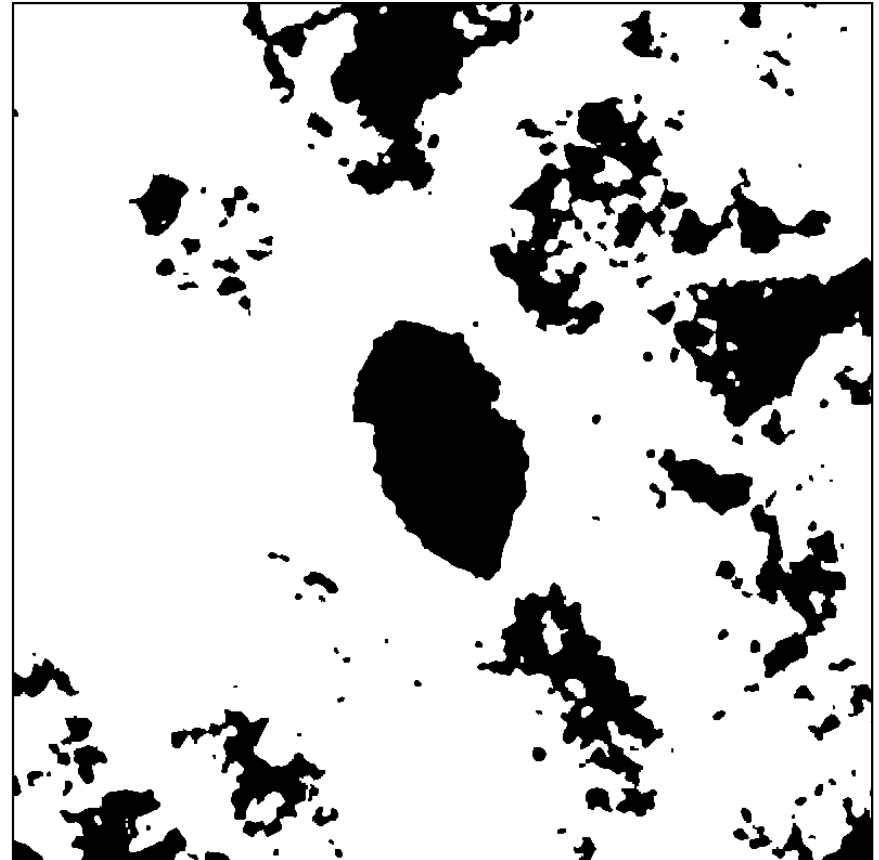
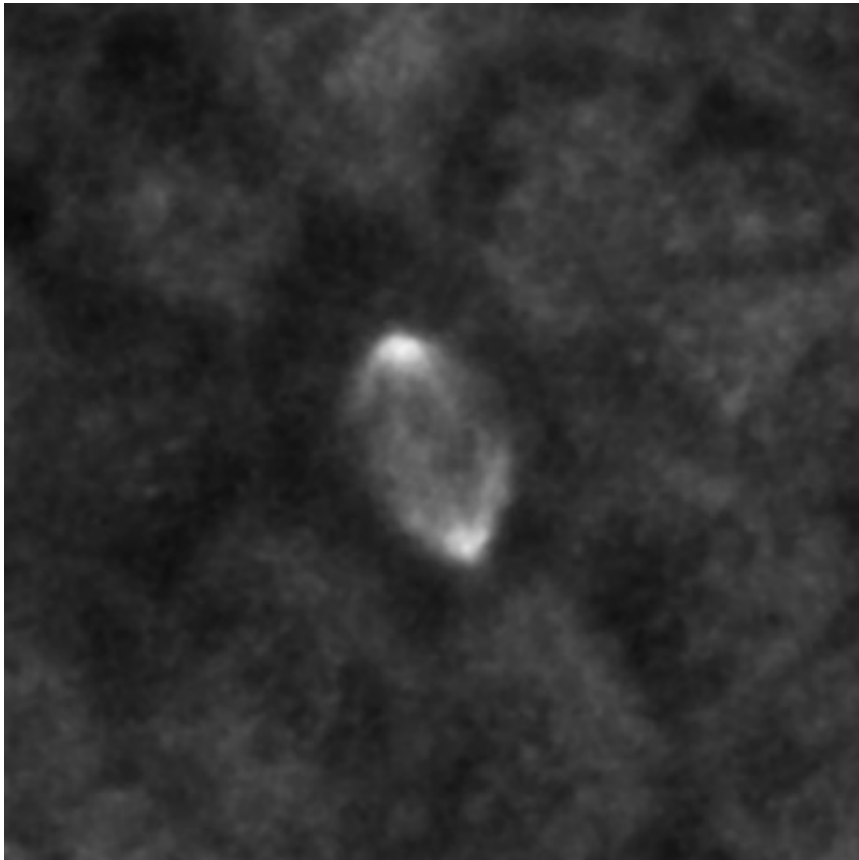


(a)紡錘体の
シルエットから
考える

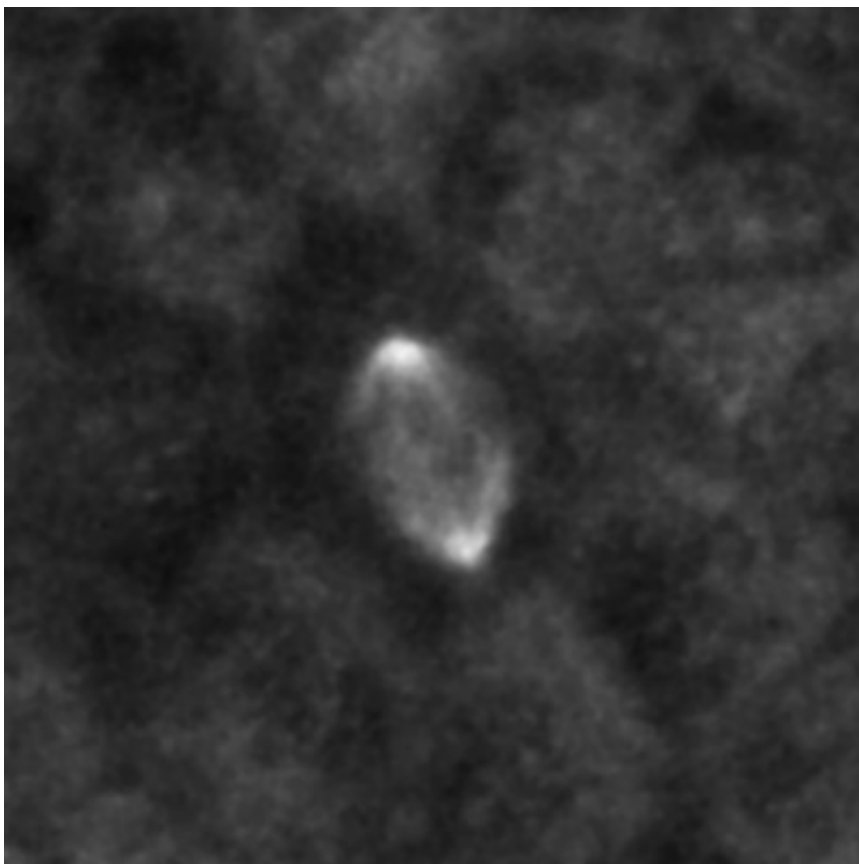
≡ ImageJにおける
楕円フィッティング

①紡錘体の向き

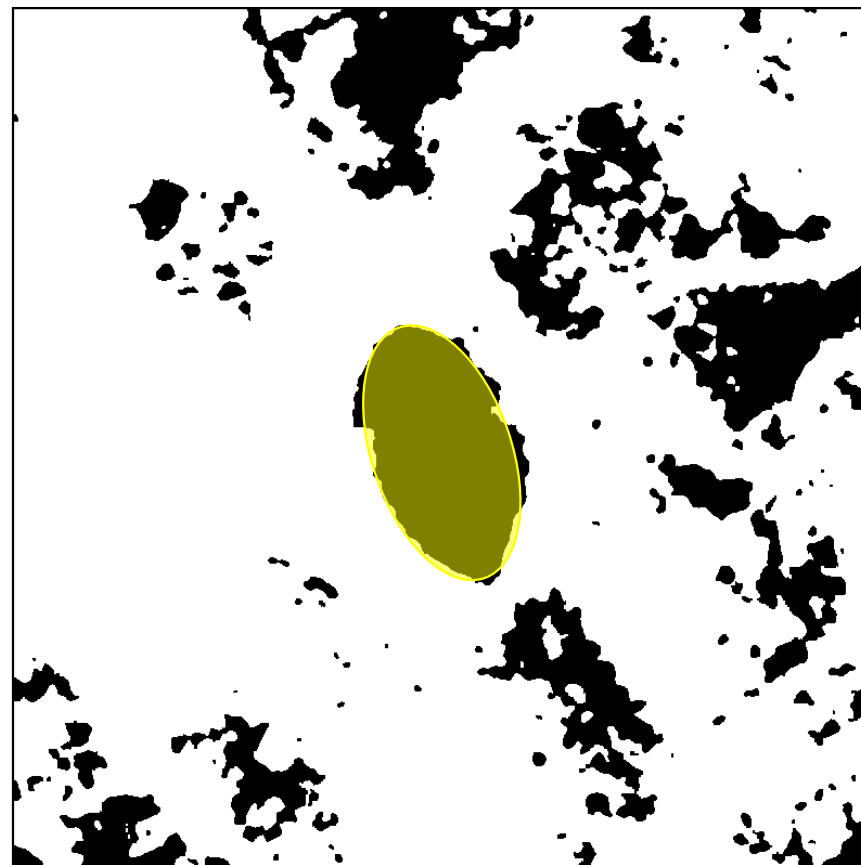
Threshold:60
→Make Binary



①紡錘体の向き

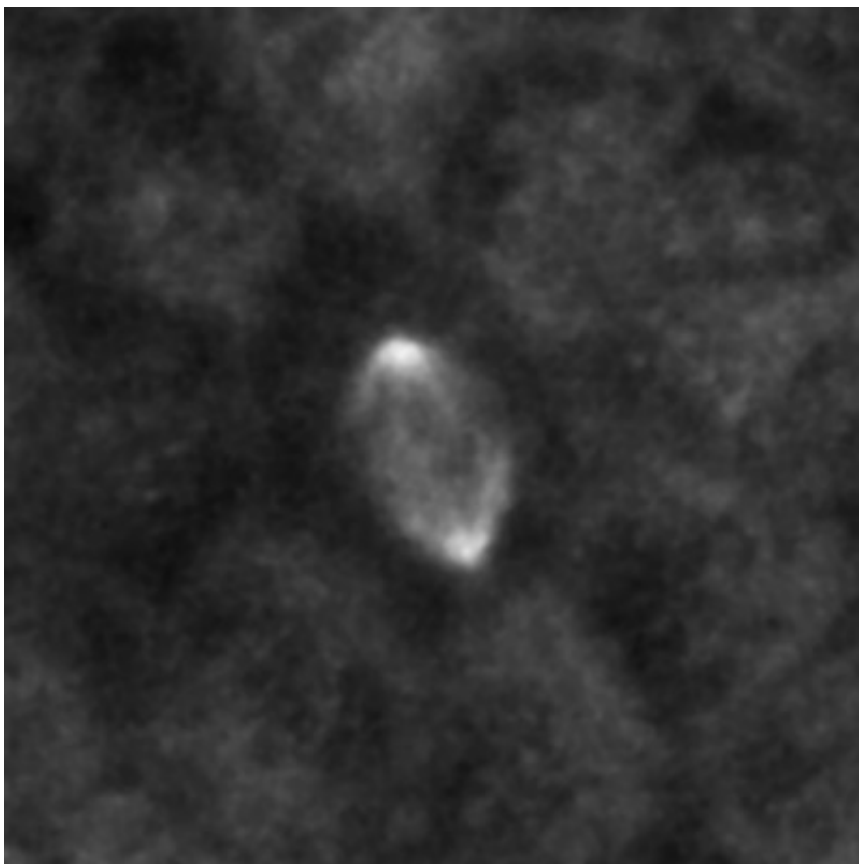


Fit ellipse
(楕円フィッティング)



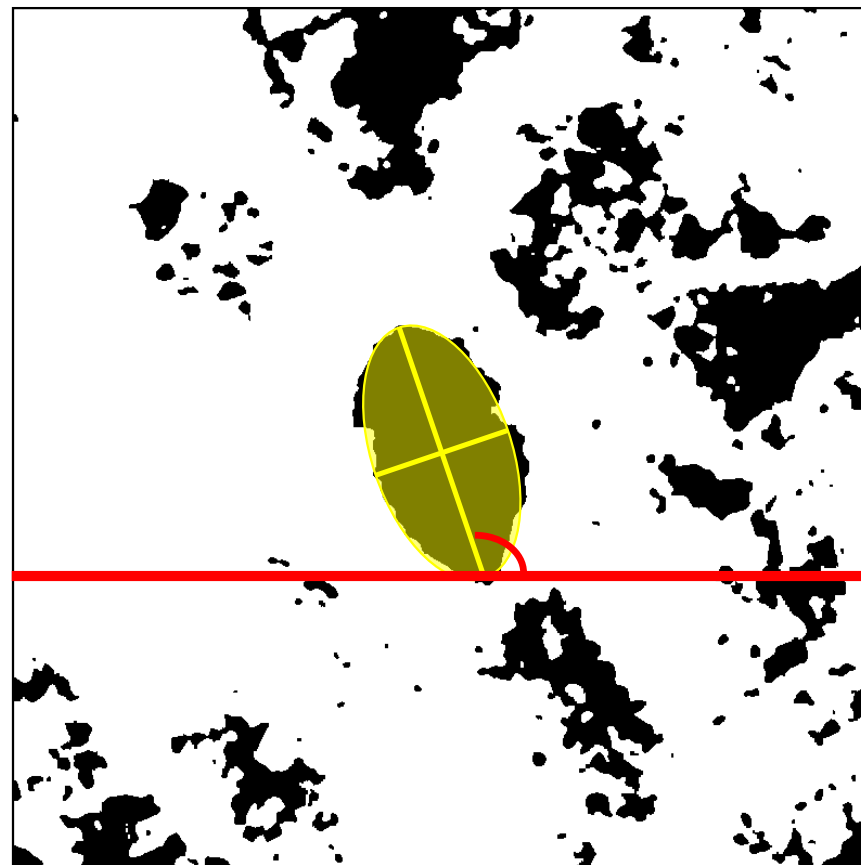
選択した領域を近似する楕円を描く

①紡錘体の向き



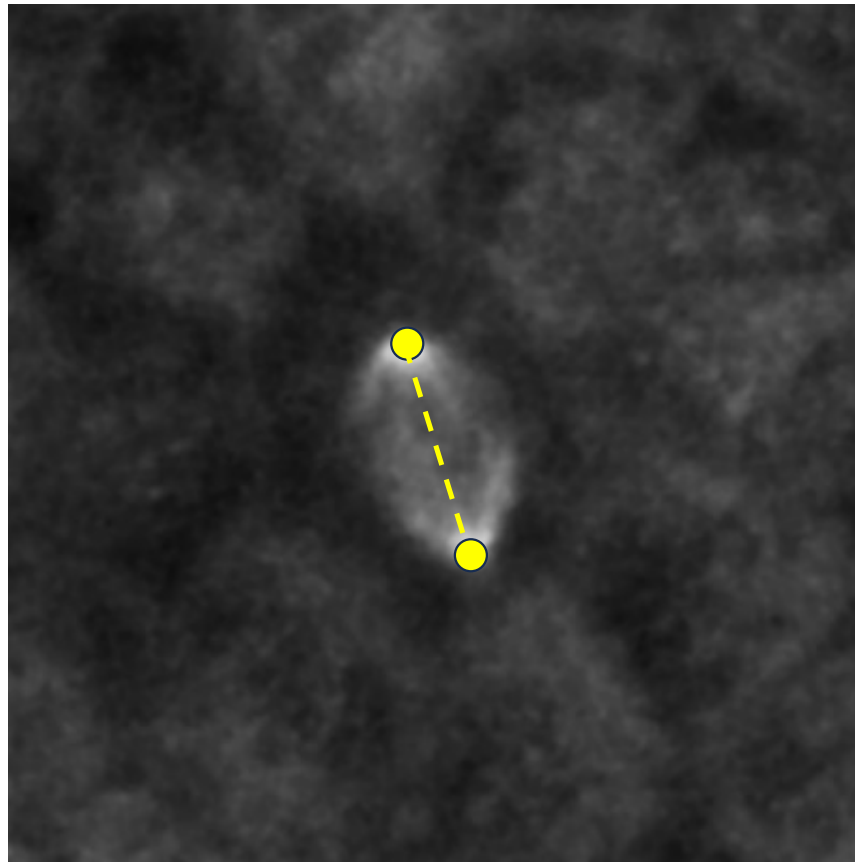
Analyze Particles

Major:長軸長、Minor:短軸長、Angle:長軸の角度



紡錘体の向き：長軸の角度（110° 程度）

①紡錘体の向き

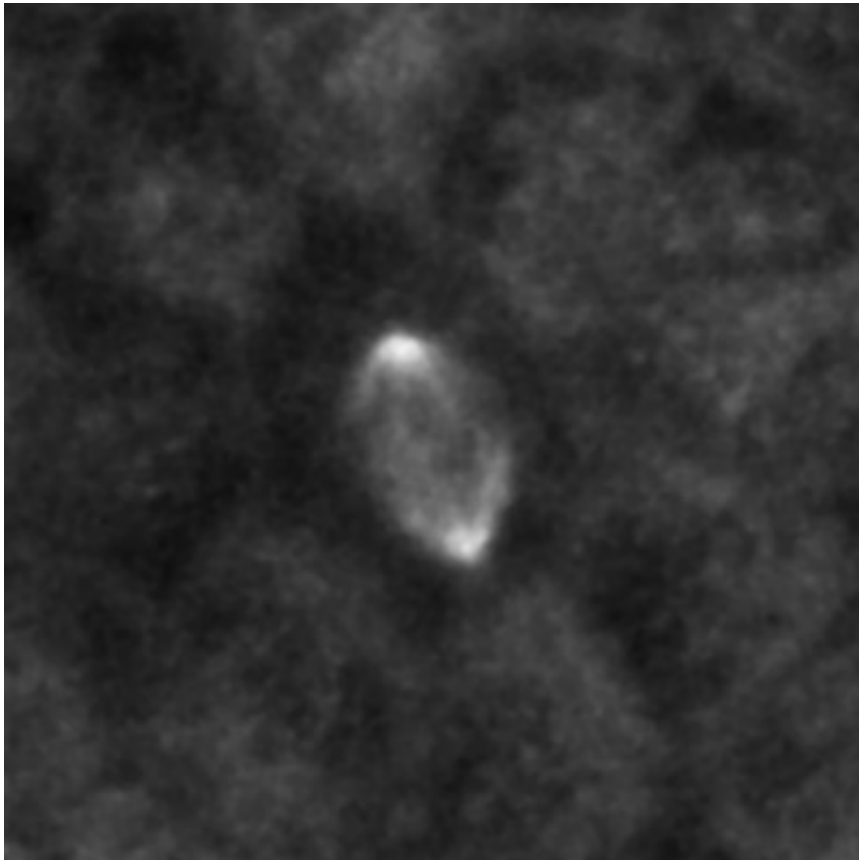


※線を引くも可

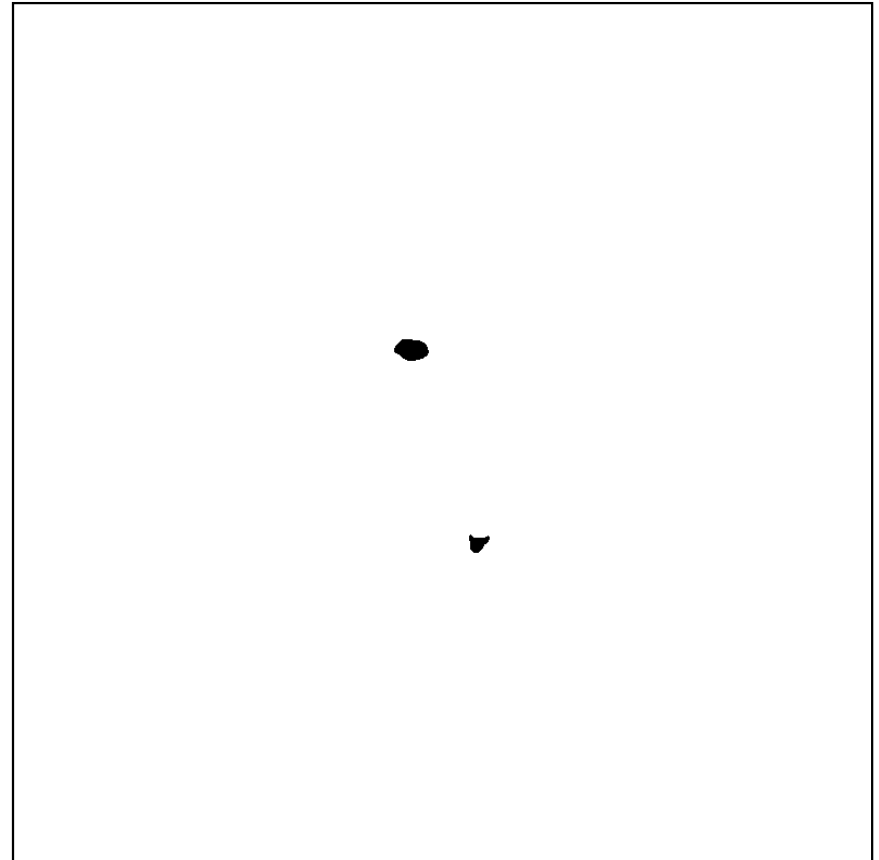
(b)紡錘体極の
間の関係から
考える

各々の紡錘体極の
座標を求め、
その間の角度を
三角関数を利用して
求める

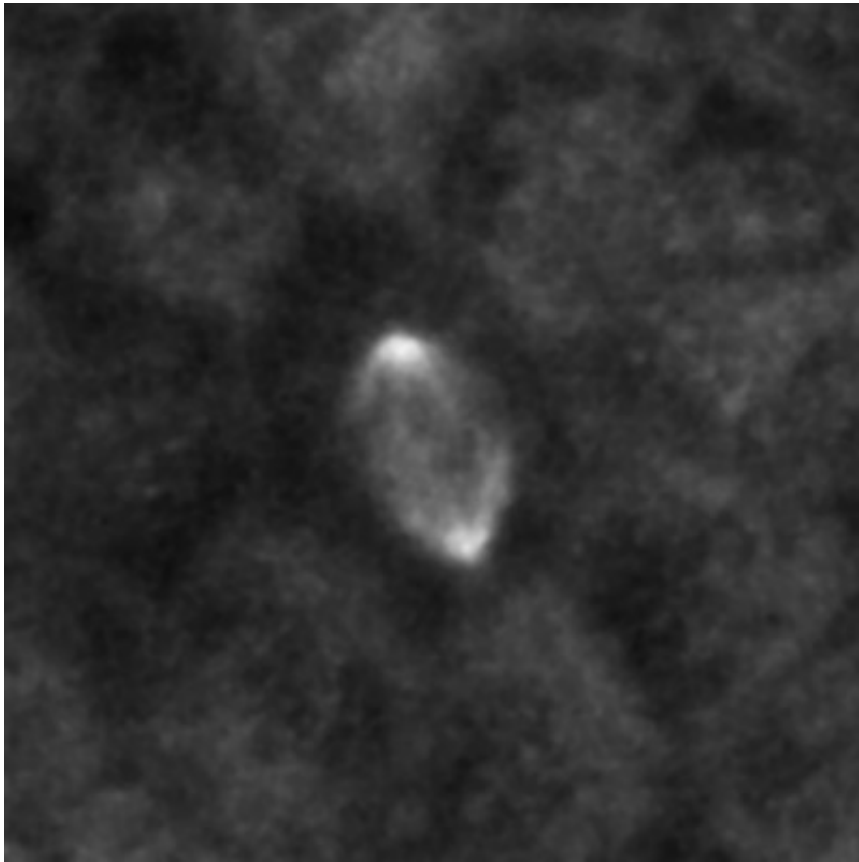
①紡錘体の向き



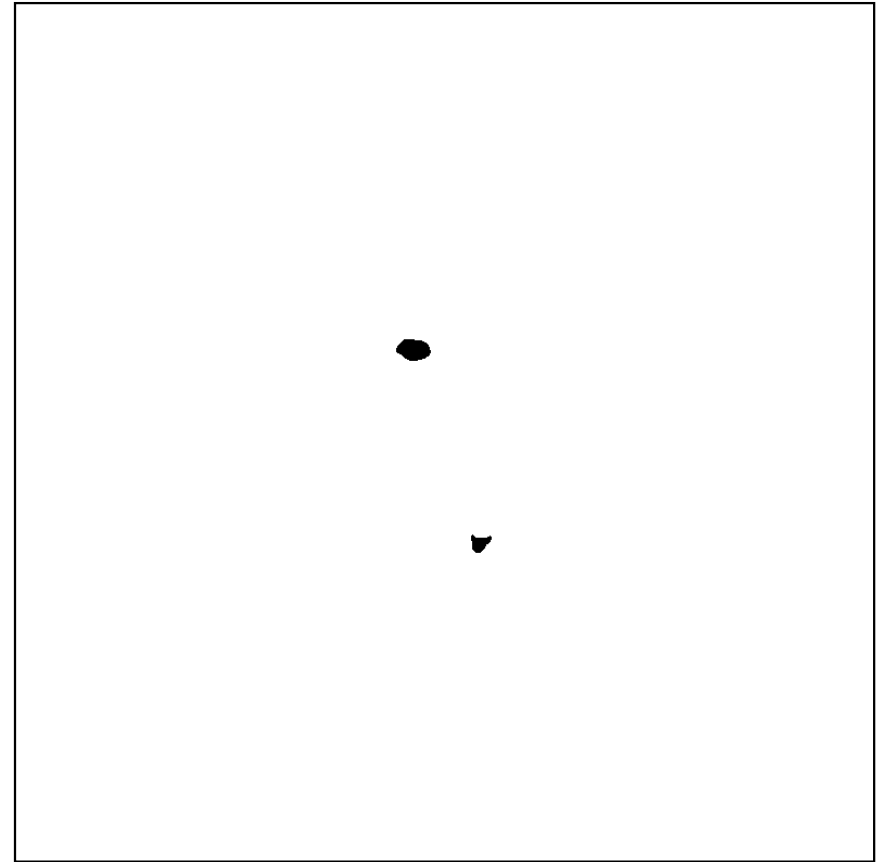
Threshold:200
→Make Binary



①紡錘体の向き

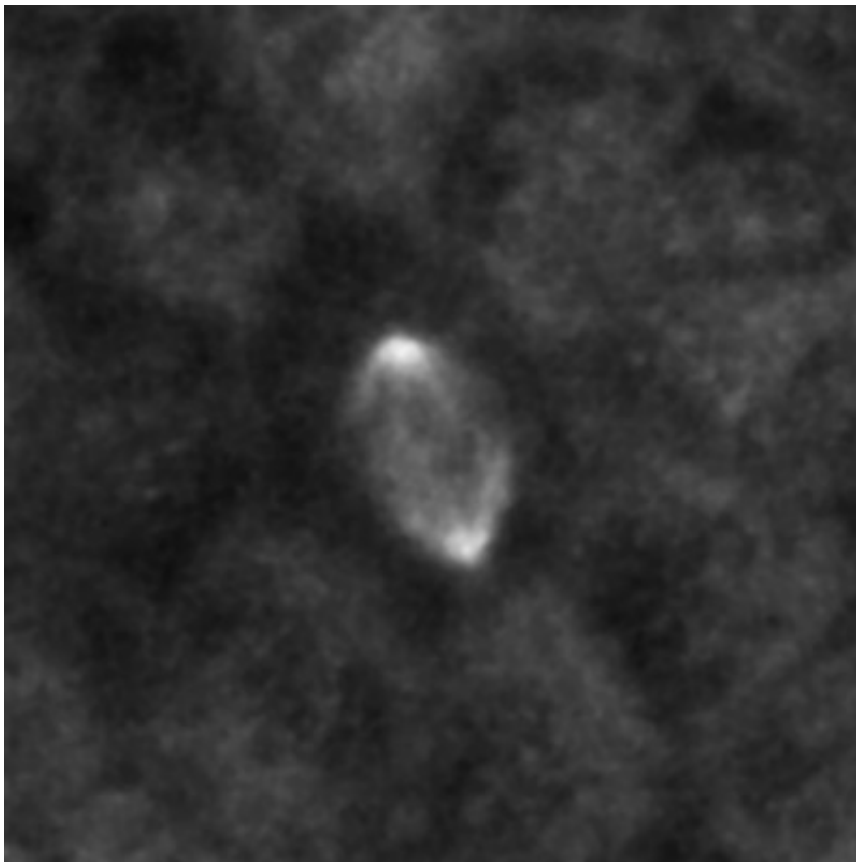


Centroid

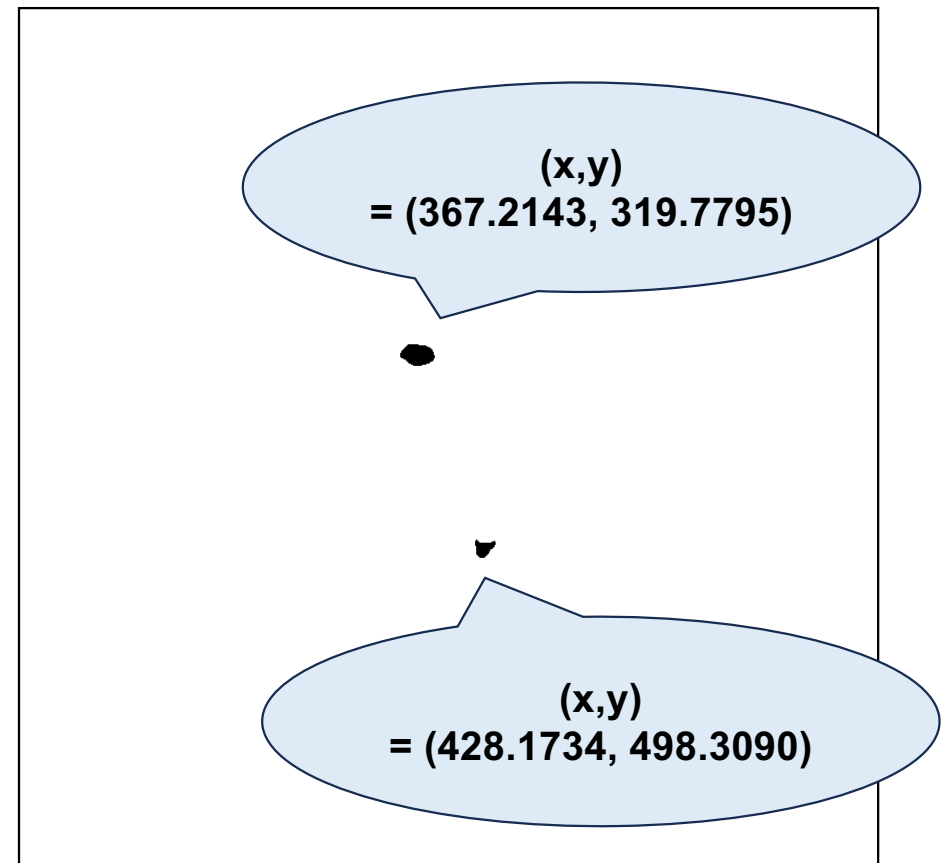


選択した領域の重心を求める

①紡錘体の向き

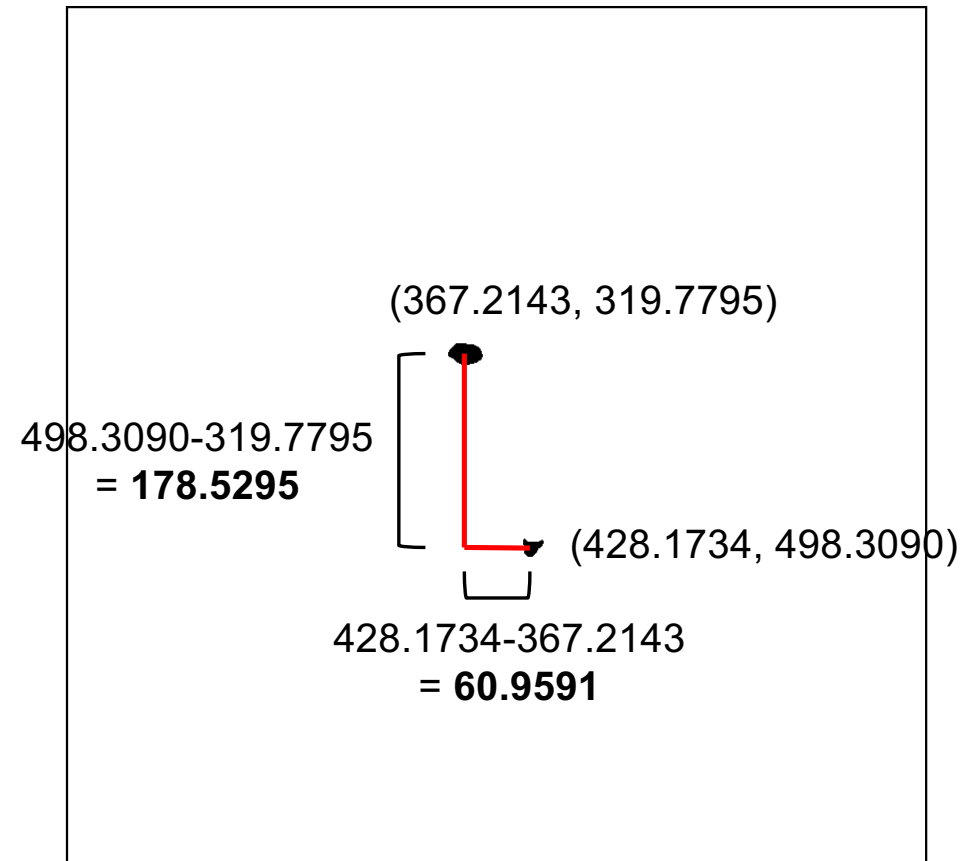
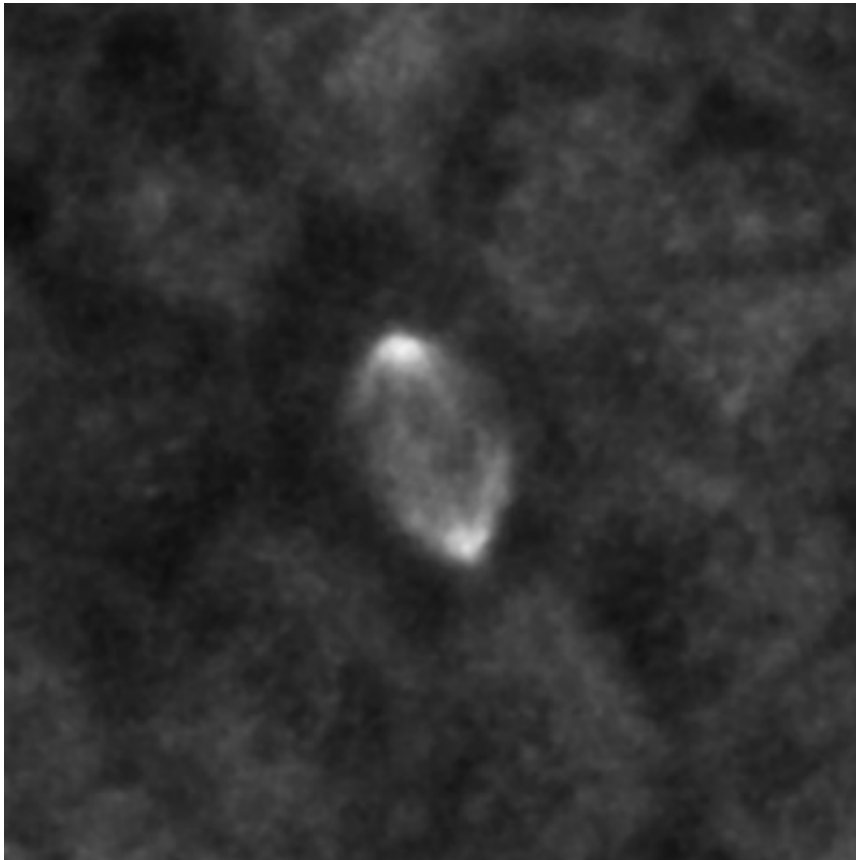


Centroid

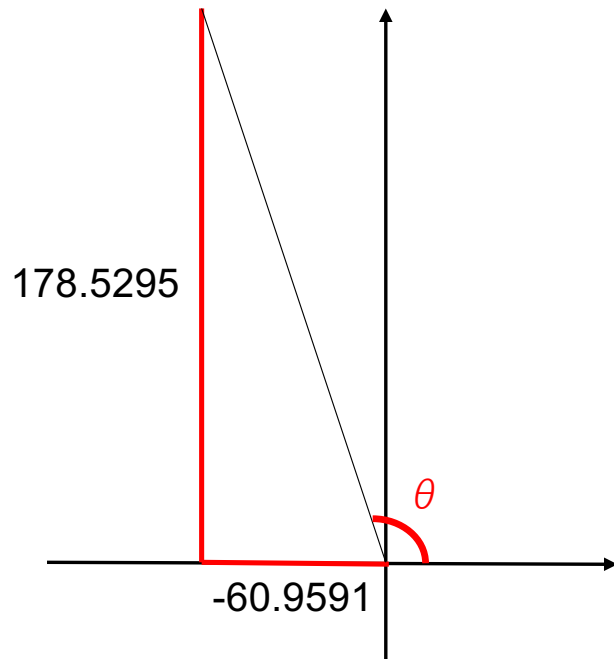


選択した領域の重心を求める

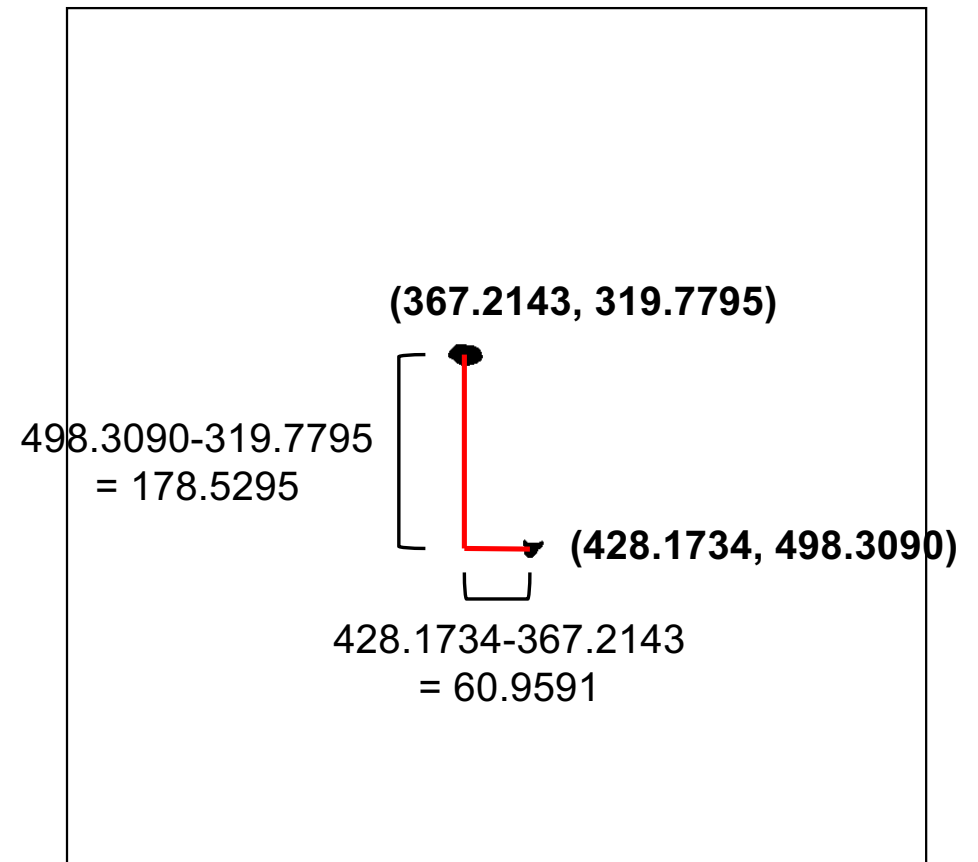
①紡錘体の向き



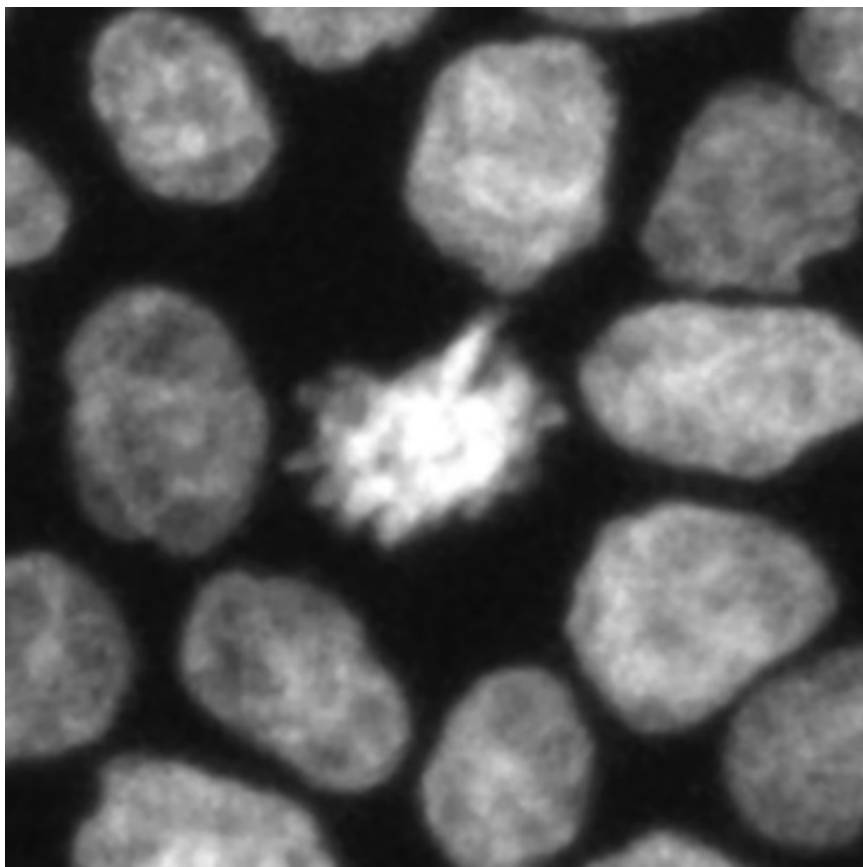
①紡錘体の向き



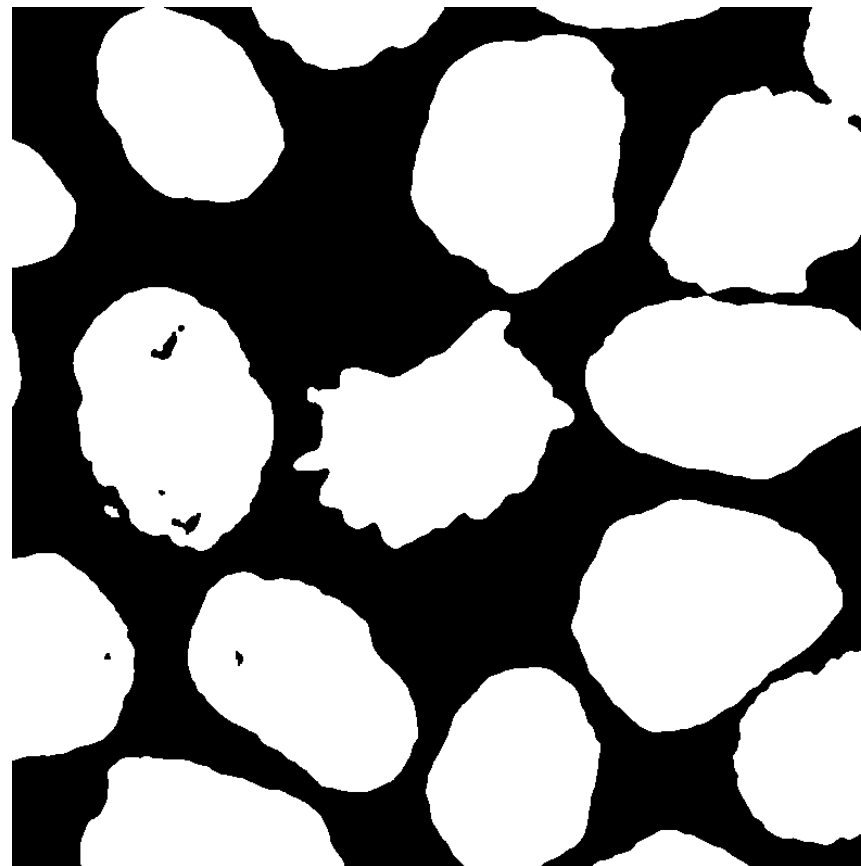
$$\tan(\theta) = 178.5295 / -60.9591 \approx -2.93$$
$$\text{Arctan}(-2.93) = -71.1465^\circ = 108.8535^\circ$$



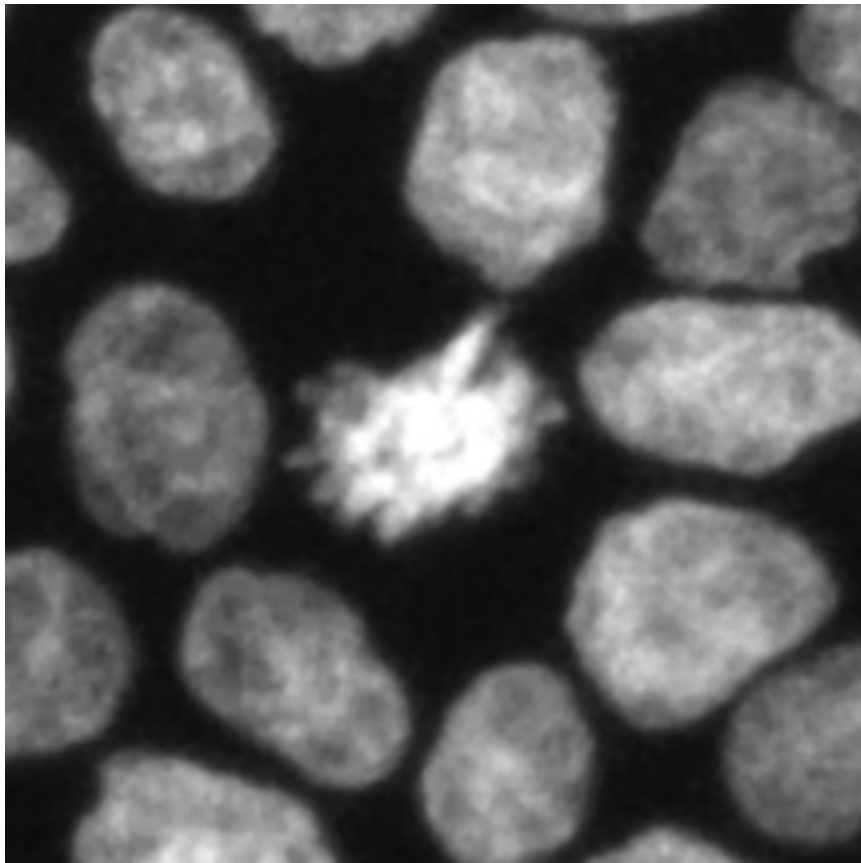
①染色体の向き



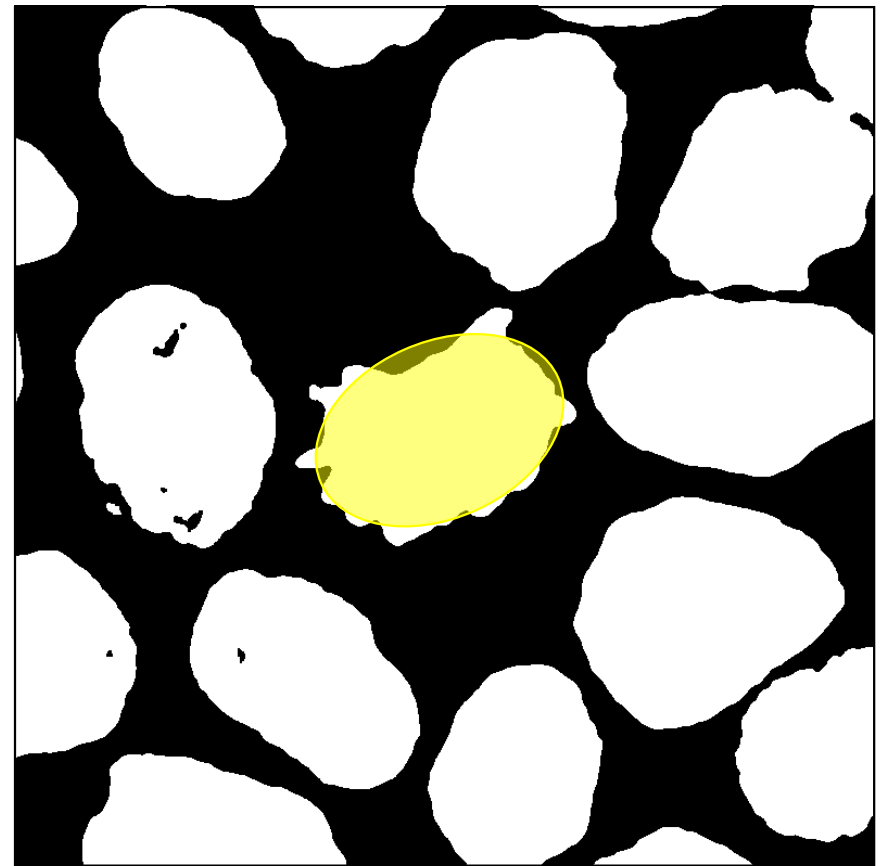
Threshold:70
→Make Binary



①染色体の向き

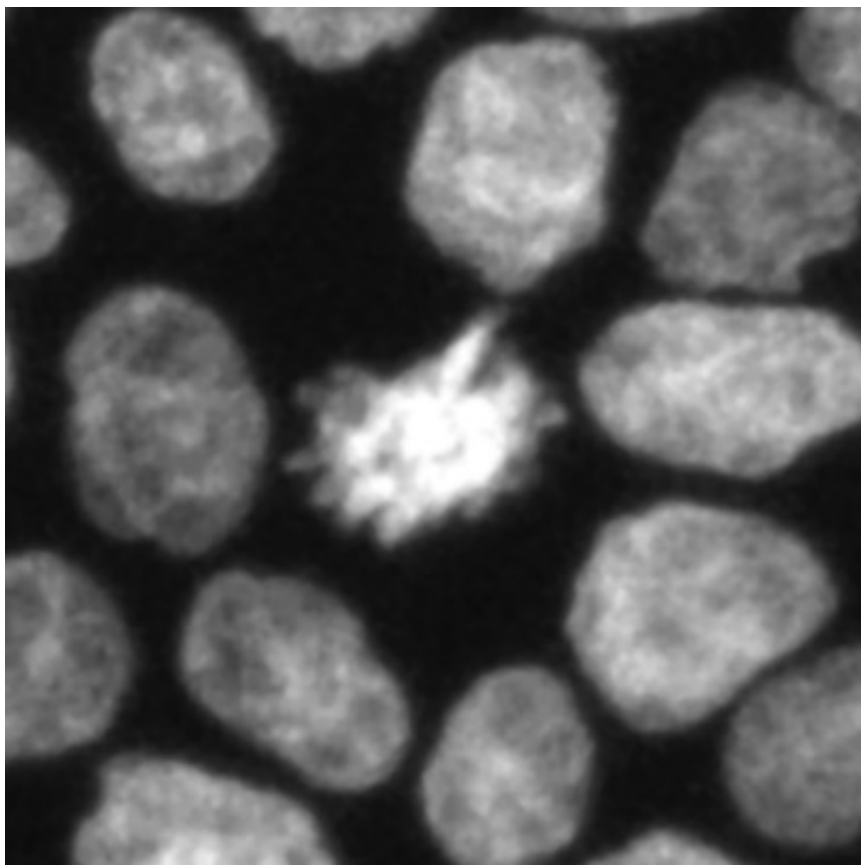


Fit ellipse
(楕円フィッティング)



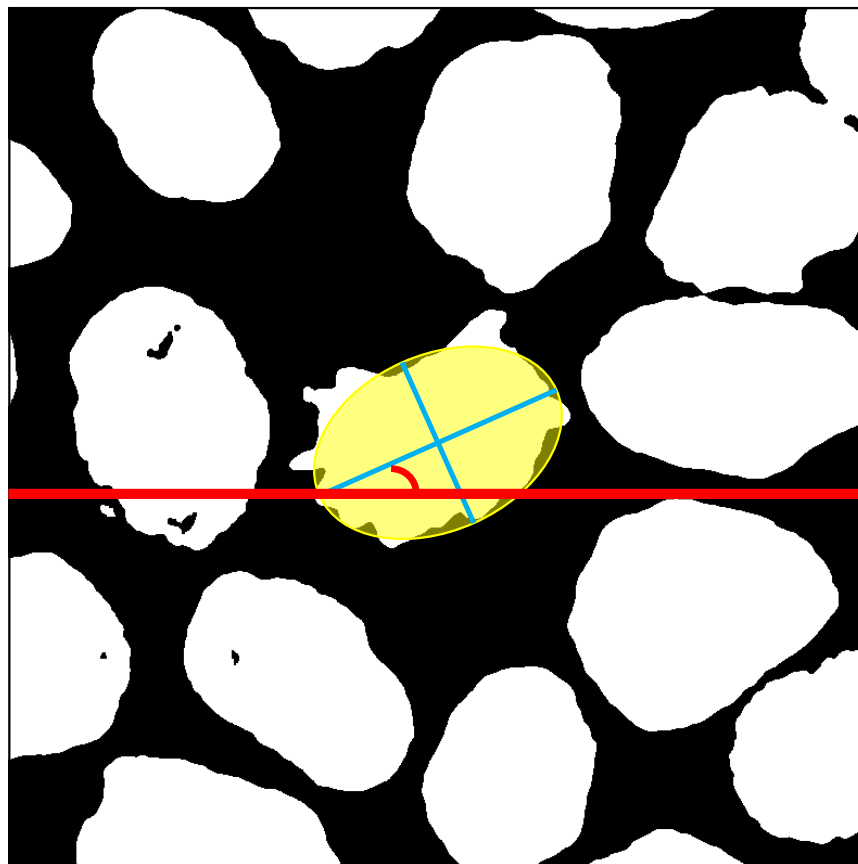
選択した領域を近似する楕円を描く

①染色体の向き



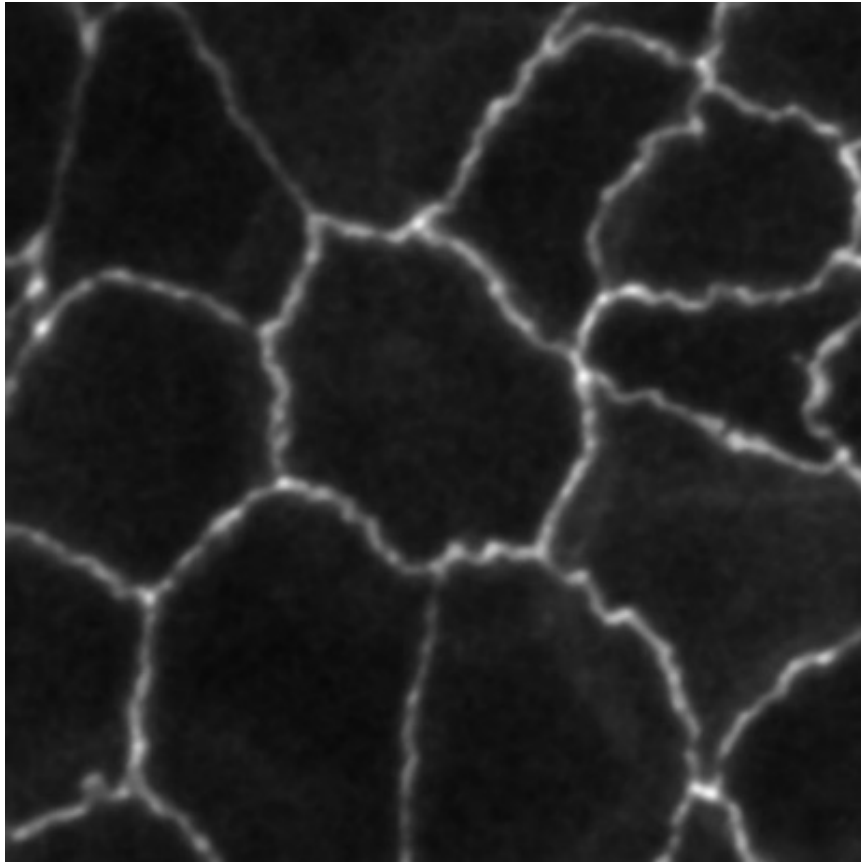
Analyze Particles

Major:長軸長、Minor:短軸長、Angle:長軸の角度

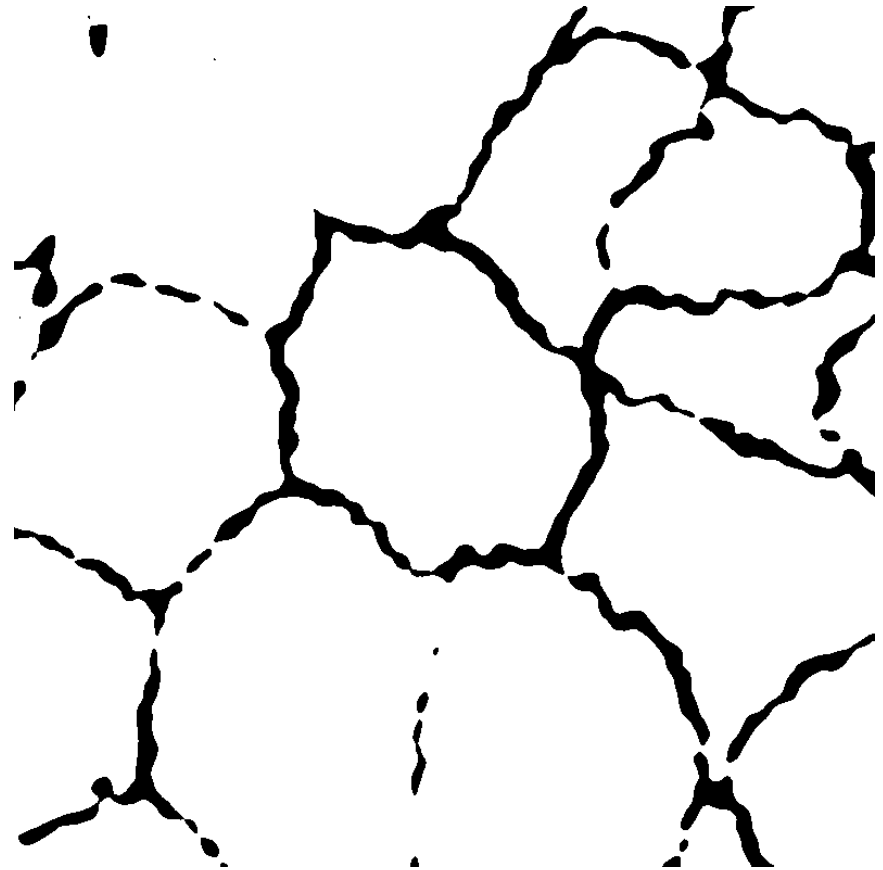


染色体の向き：長軸の角度（ $\sim 25^\circ$ 程度）
＝直交する分裂方向は 115° 程度

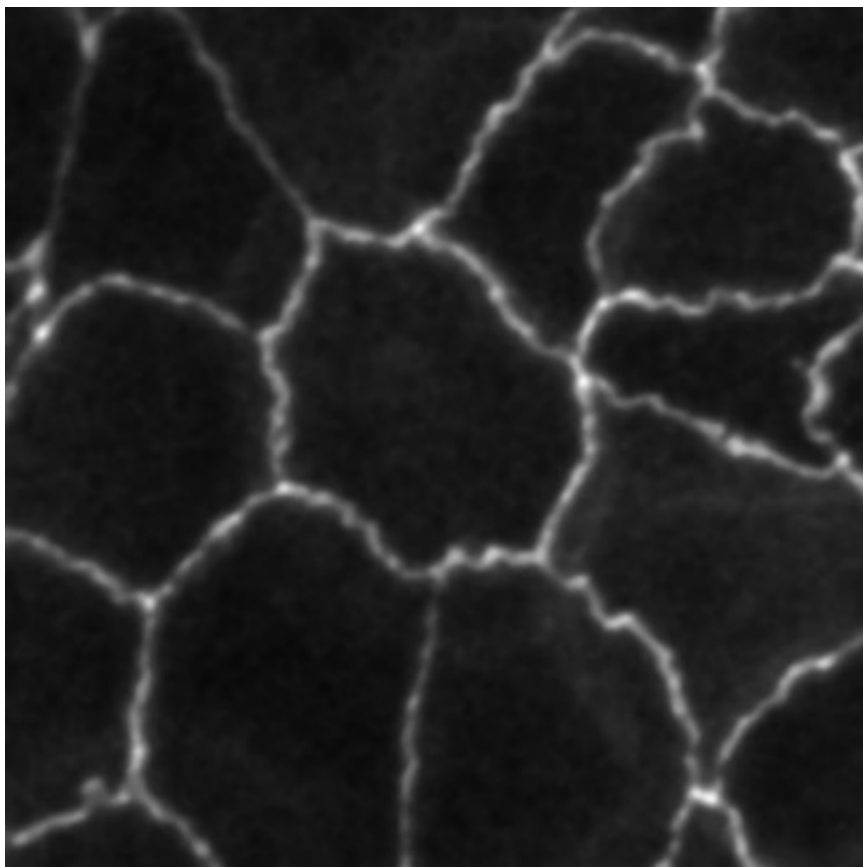
細胞の長軸



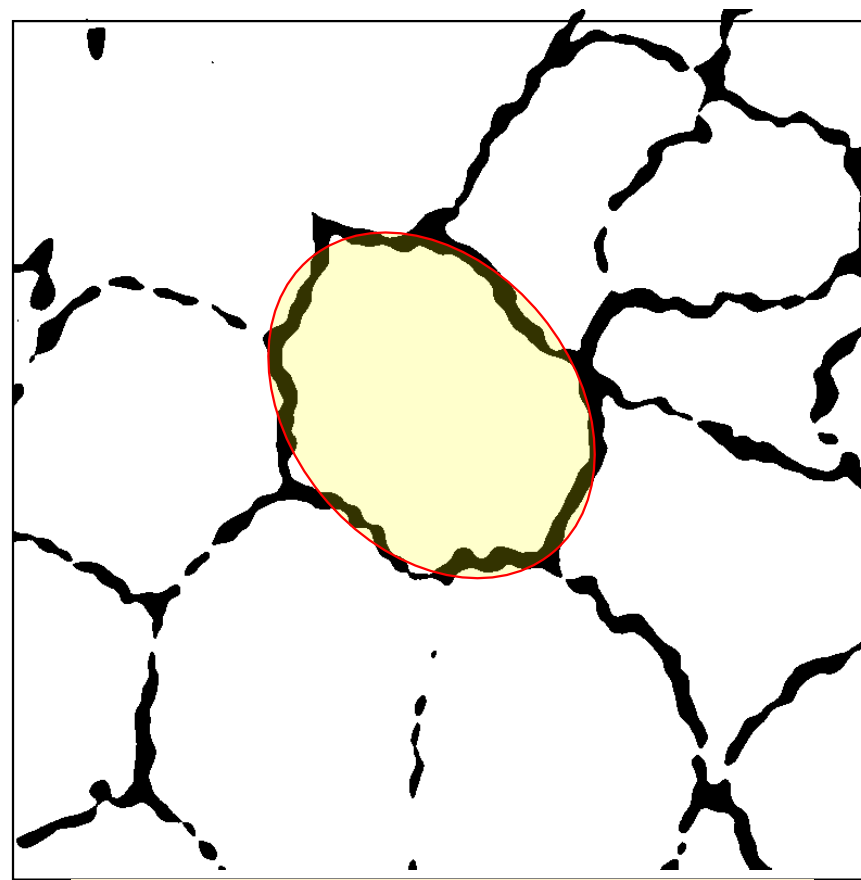
Threshold:80
→ Make Binary



細胞の長軸

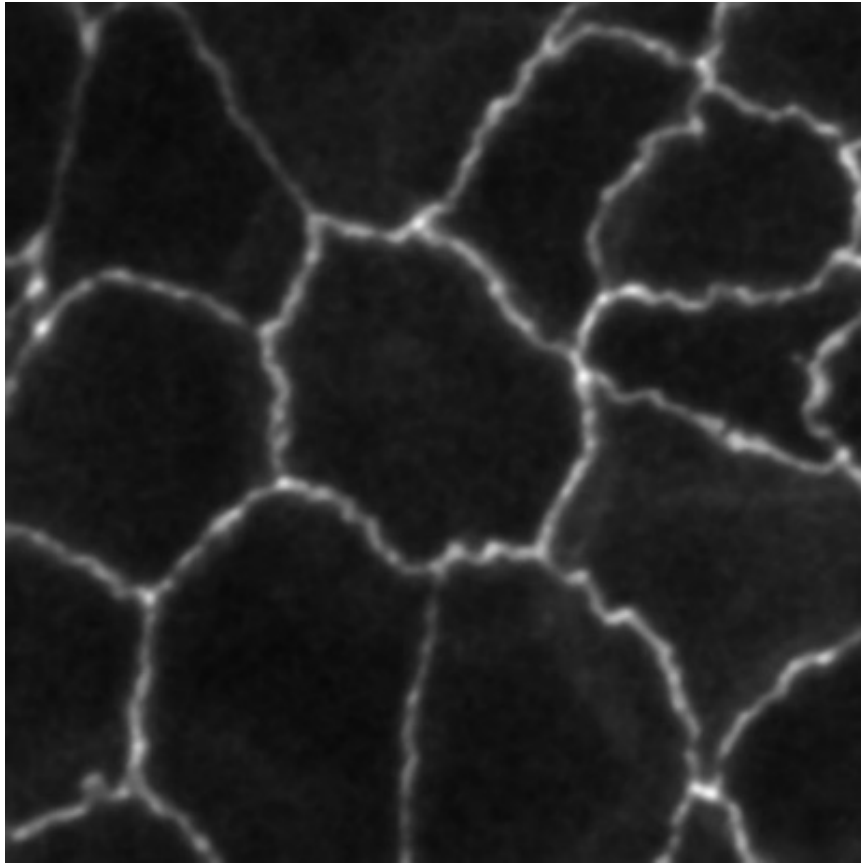


Fit ellipse
(楕円フィッティング)



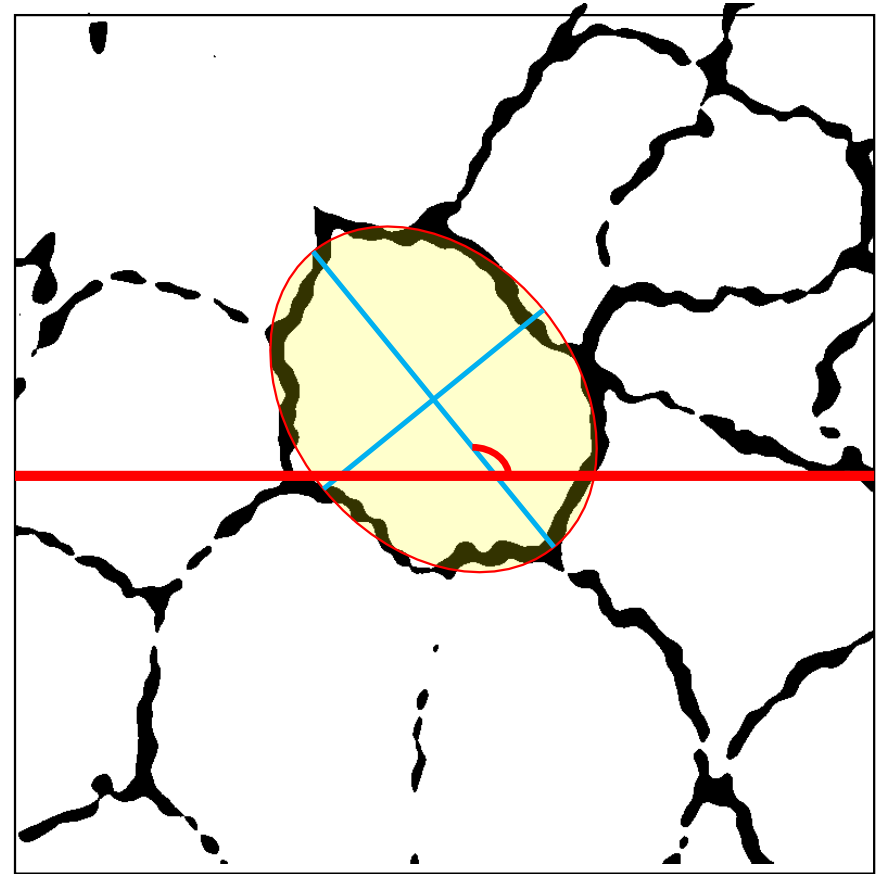
選択した領域を近似する楕円を描く

細胞の長軸



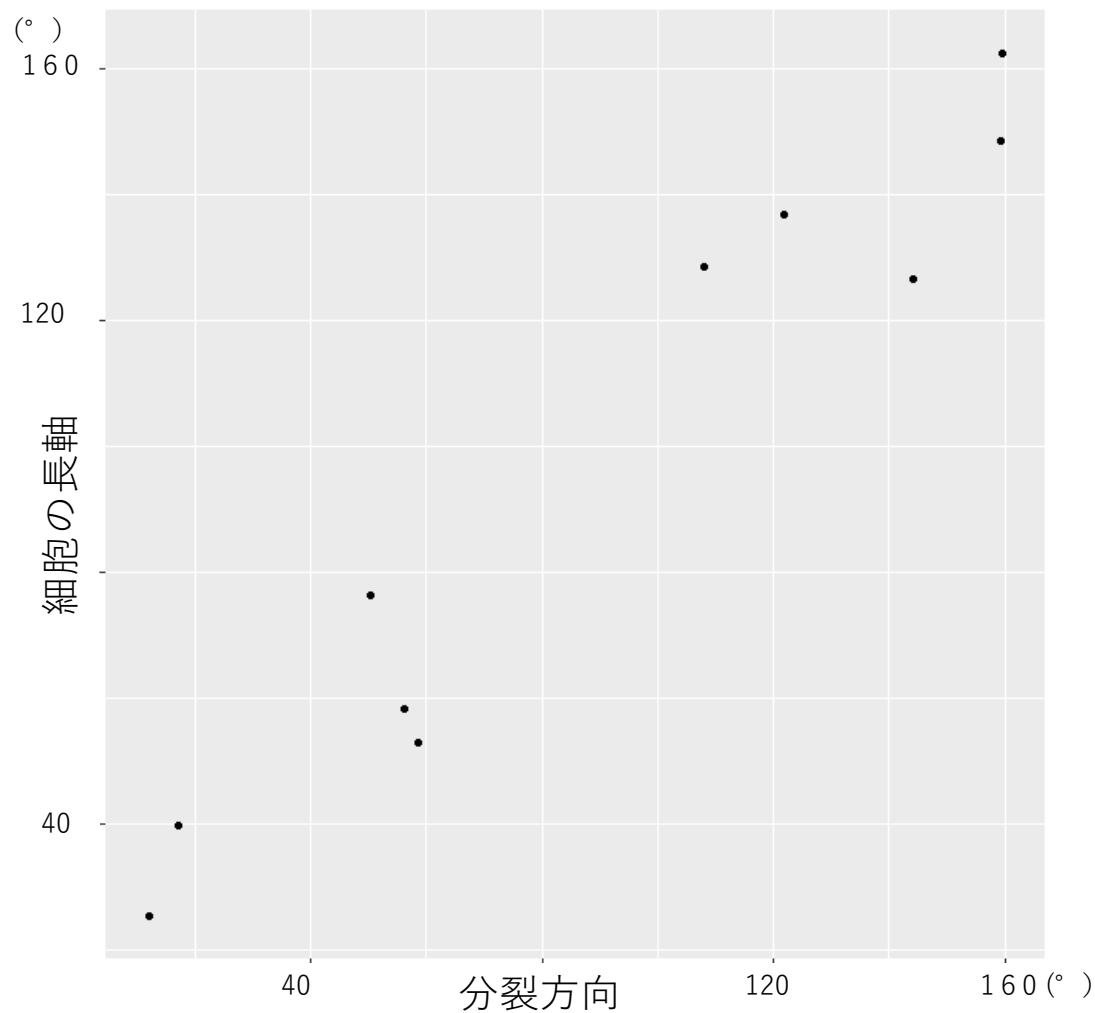
Analyze Particles

Major:長軸長、Minor:短軸長、Angle:長軸の角度



細胞の長軸の向き = 128° 程度

10枚すべての画像を定量すると…



分裂方向と
細胞のかたち（長軸の向き）
には一定の相関がありそうだ

※散布図でOK

今回のポイント

- 画像を読む：観察が大切
- 定性的な理解から定量的な理解へ：形態を定量する
- 形態を定量するためには：自分が対照をどう認識しているのかを
よく考えることが大切
- 定量法は一つではない：恣意的な要素がないか、たくさんのサンプルを
こなせるか、ノイズに対して頑強か、等を考慮する
- 相関を考える：データの分布を整理して見える形にすることが大切