

# I. 生命の構成単位としての細胞

1

生命科学導入

2

細胞は天体系よりも複雑？

3

細胞：生命の最小構成単位

4

まとめと参考文献

# I. 生命の構成単位としての細胞

1 生命科学導入

2 細胞は天体系よりも複雑？

3 細胞：生命の最小構成単位

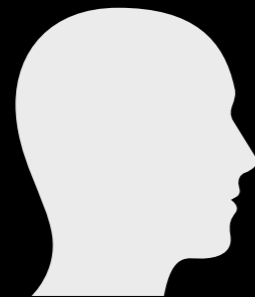
4 まとめと参考文献

# 生命科学とは

生物的、物理的、化学的手法などを用いて生命現象を研究する学問。

> どうして、学ぶ必要があるのか？

健康な状態



生命機能のなんらかの  
異常が原因

疾患や疫病



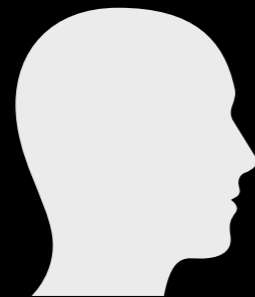
疾患や疫病を克服・共存してよりよく生きるため、生命の仕組みを知ることが必須。

# 生命科学とは

生物的、物理的、化学的手法などを用いて生命現象を研究する学問。

> どうして、学ぶ必要があるのか？

健康な状態



生命機能のなんらかの  
異常が原因



疾患や疫病



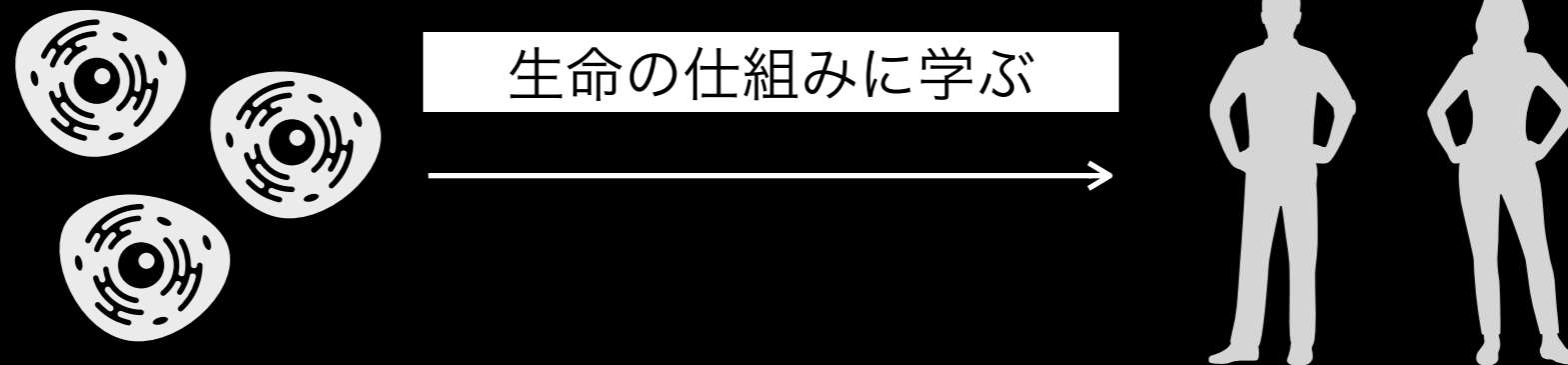
“なぜ細胞が今のような仕組みになっているかが分からなければ、  
病気の理解など望めるはずもない-” ニック・レーン著「生命、エネルギー、進化」より引用

# 生命科学とは

生物的、物理的、化学的手法などを用いて生命現象を研究する学問。

> どうして、学ぶ必要があるのか？

細胞の社会と人間の社会には、仕組みとして共通していることがある



人間社会の課題解決に、生命の仕組みから学べることもある（かも？）

# 生命の主な特徴

最小構成単位である細胞から構成される。

自己複製能を持つ。遺伝物質を有する。

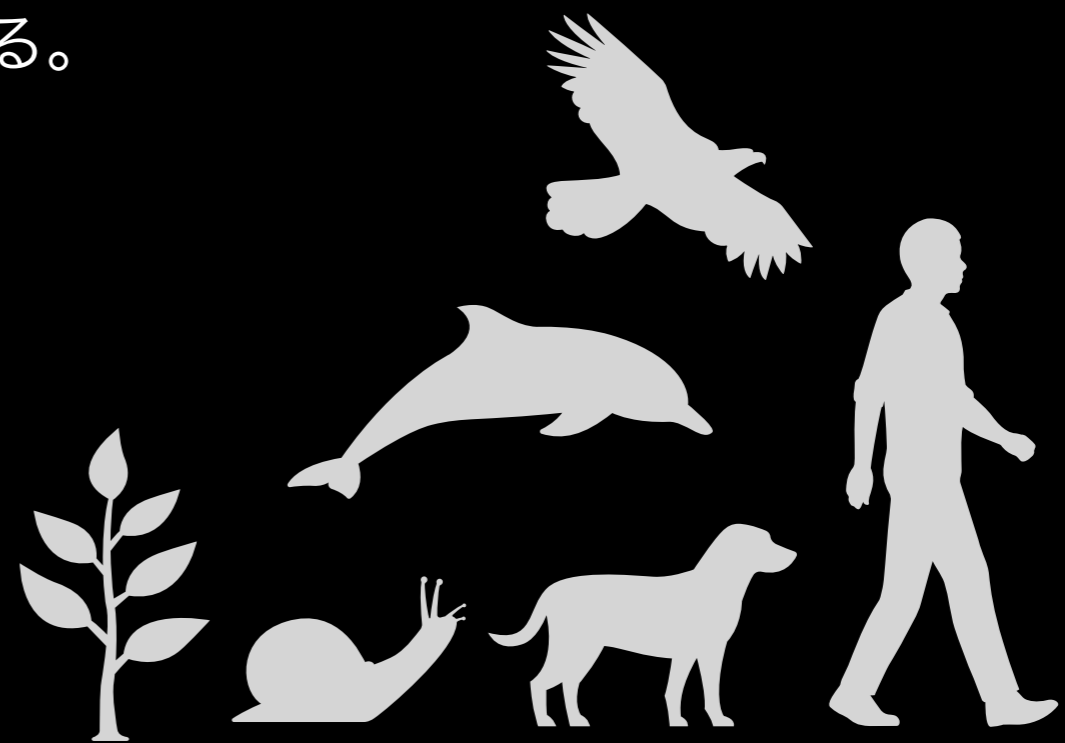
代謝反応を行い、エネルギーを獲得する。

外部からの刺激に応答し、反応する。

定常開放系である。

階層構造を有している。

・・・などなど。



# 生命の主な特徴

最小構成単位である細胞から構成される。

自己複製能を持つ。遺伝物質を有する。

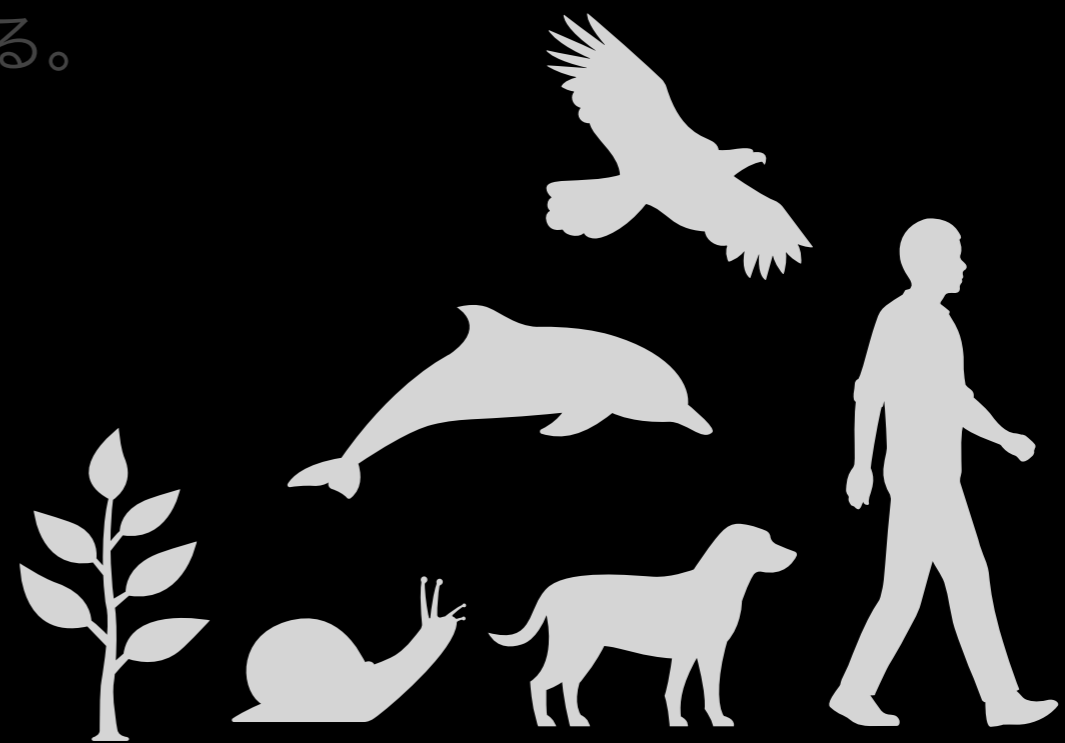
代謝反応を行い、エネルギーを獲得する。

外部からの刺激に応答し、反応する。

**定常開放系である。**

階層構造を有している。

・・・などなど。



# 定常開放系（散逸構造）

定常開放系とは、

1. 外界との間にエネルギーや物質の出入りがある（開放）が、
2. それらの流れが定常状態にあり、
3. 自己を維持し続ける

系のこと。

三省堂 大辞林 第三版より。

私たちヒトも、

食べ物を食べて吸収し、エネルギーに変換し、それを利用している。

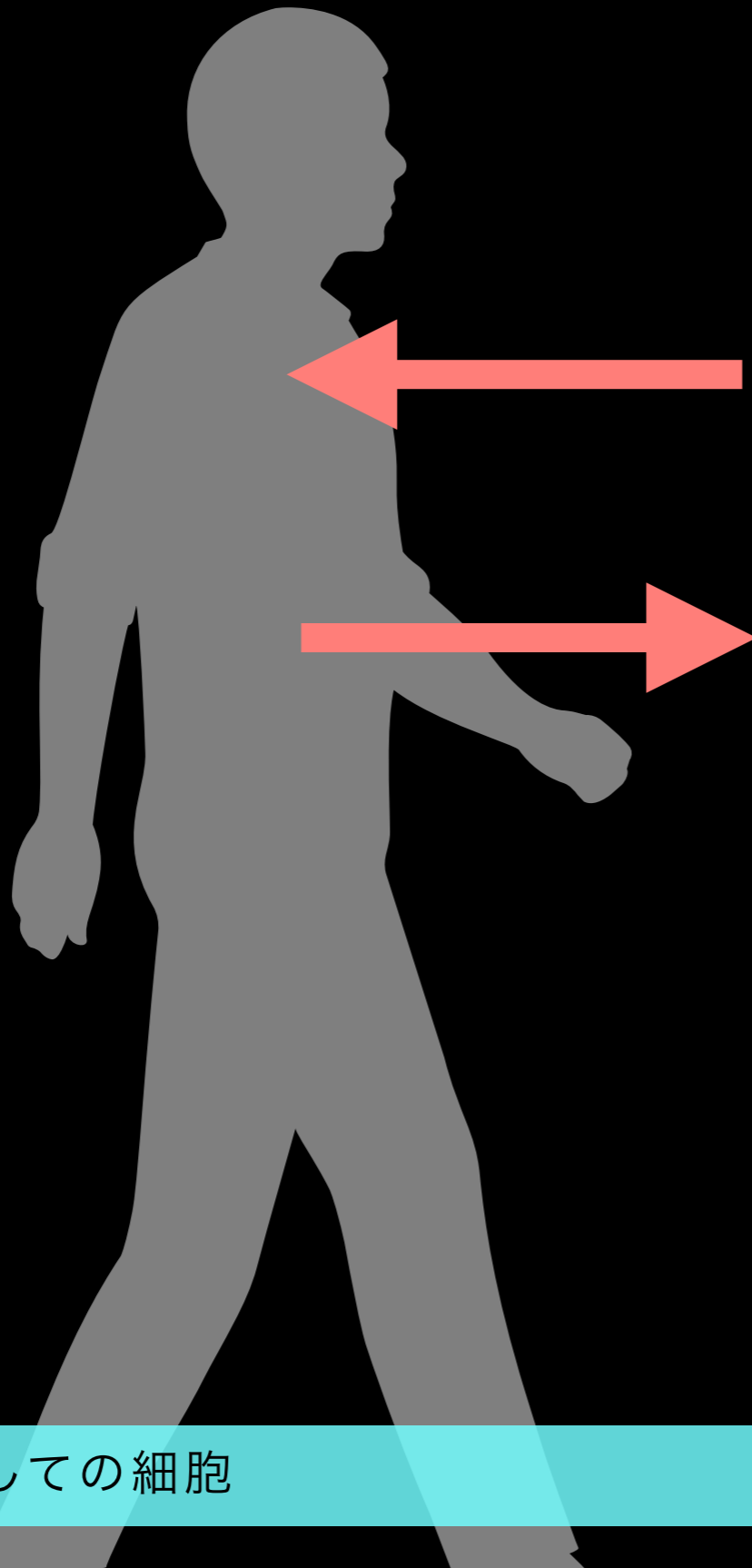
食べ物を分解して体を作る材料として再利用している。

残ったものや不要なものを外に排泄している。

私たちの体を作る材料は絶えず入れ替わっているが、  
今日の自分は昨日の自分と同じ。



# 定常開放系（散逸構造）



外からものを取り込む。  
代謝してエネルギーや  
体の構成物質に変換。

古い・不要なものは外へと排出。

生命の中では、  
常に物質の交換が起きている。

# 生命の主な特徴

最小構成単位である細胞から構成される。

自己複製能を持つ。遺伝物質を有する。

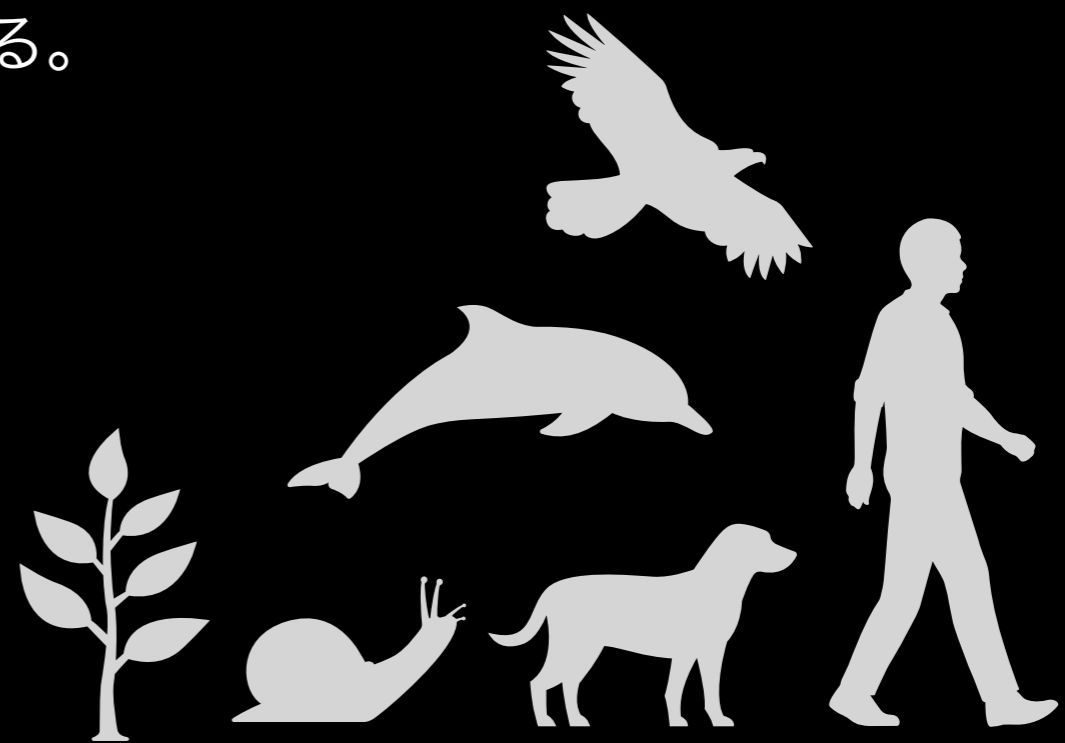
代謝反応を行い、エネルギーを獲得する。

外部からの刺激に応答し、反応する。

定常開放系である。

階層構造を有している。

・・・などなど。



# 生命の主な特徴

**最小構成単位である細胞から構成される。**

自己複製能を持つ。遺伝物質を有する。

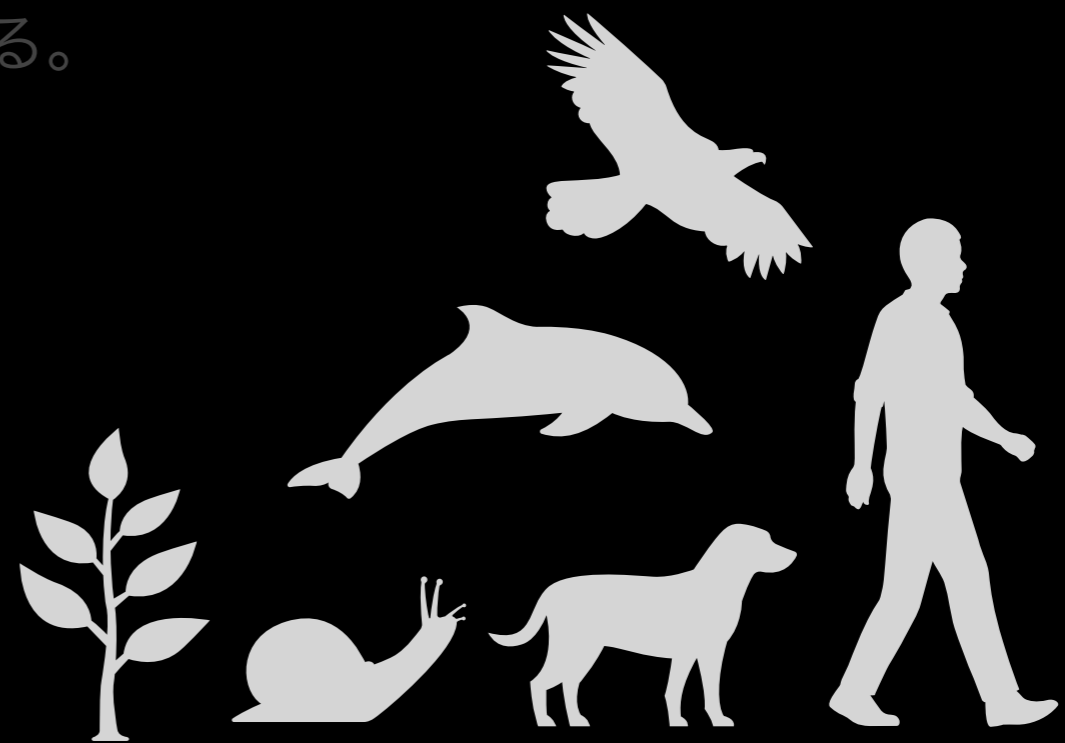
代謝反応を行い、エネルギーを獲得する。

外部からの刺激に応答し、反応する。

定常開放系である。

階層構造を有している。

・・・などなど。



# I. 生命の構成単位としての細胞

1

生命科学導入

2

細胞は天体系よりも複雑？

3

細胞：生命の最小構成単位

4

まとめと参考文献

# 細胞は天体系よりも複雑？

星はたしかに細胞の $10^{43}$ 倍も大きいですが、細胞は星より複雑で込み入った構造をもち、物理と化学の法則の産物としての驚嘆の度合いはこちらのほうが大きい

細胞の分子生物学 第5版 前文より引用



Luca Baggio, unsplash.com

# 細胞は天体系よりも複雑？

星はたしかに細胞の $10^{43}$ 倍も大きいですが、細胞は星より複雑で込み入った構造をもち、物理と化学の法則の産物としての驚嘆の度合いはこちらのほうが大きい

細胞の分子生物学 第5版 前文より引用

地球上での生命発生から今日までの歳月は、宇宙の年齢の約20%に相当する

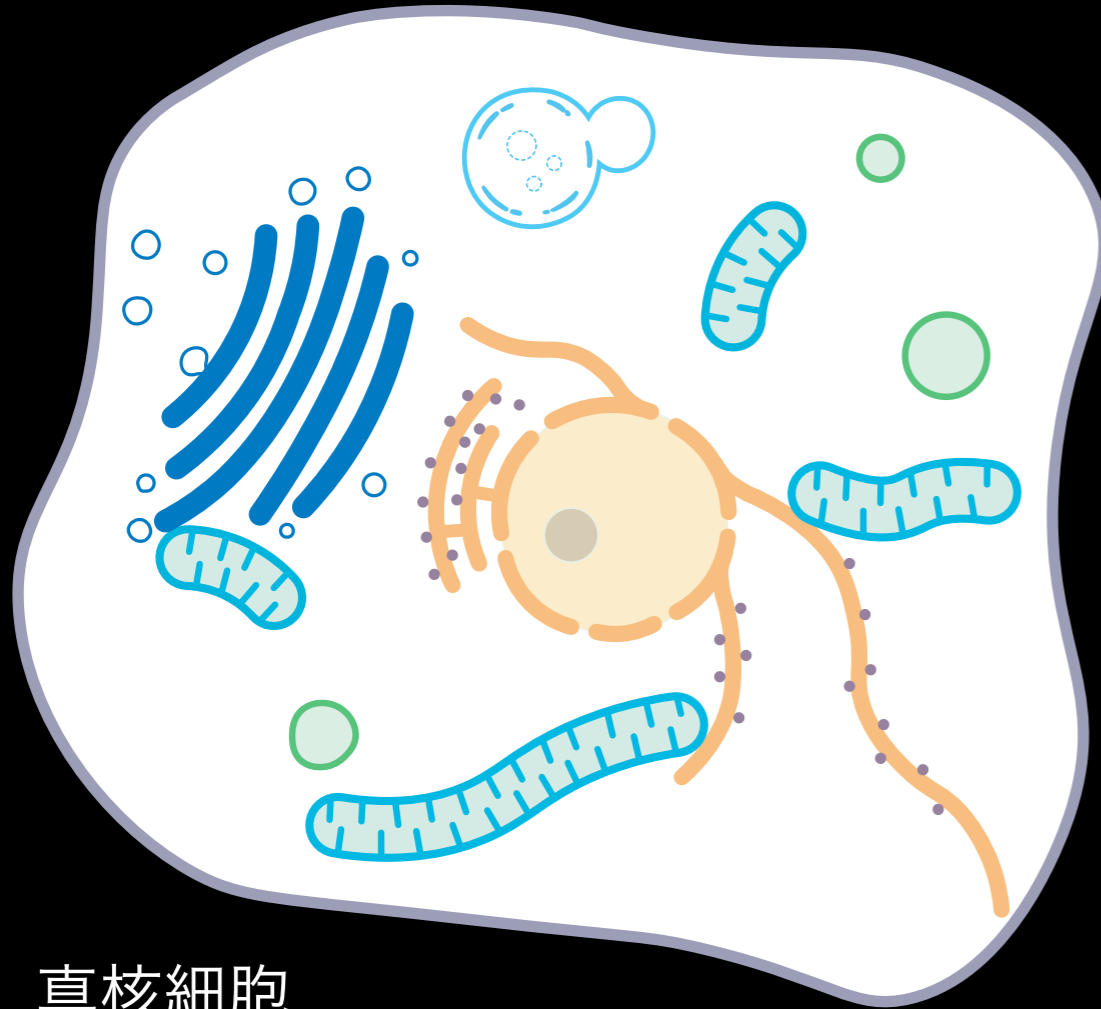
この間に、遺伝と自然選択を通じて、細胞はその分子機構を次第に精密にし拡張してきた

その実験結果が遺伝情報として記録され、それが子孫に受け継がれている

細胞の分子生物学 第5版 前文より引用

**私たちの体の中に、遠くに眺める天体系よりも遥かに複雑で精緻な細胞の世界がある？**

# 細胞は生命の最小構成単位である



真核細胞

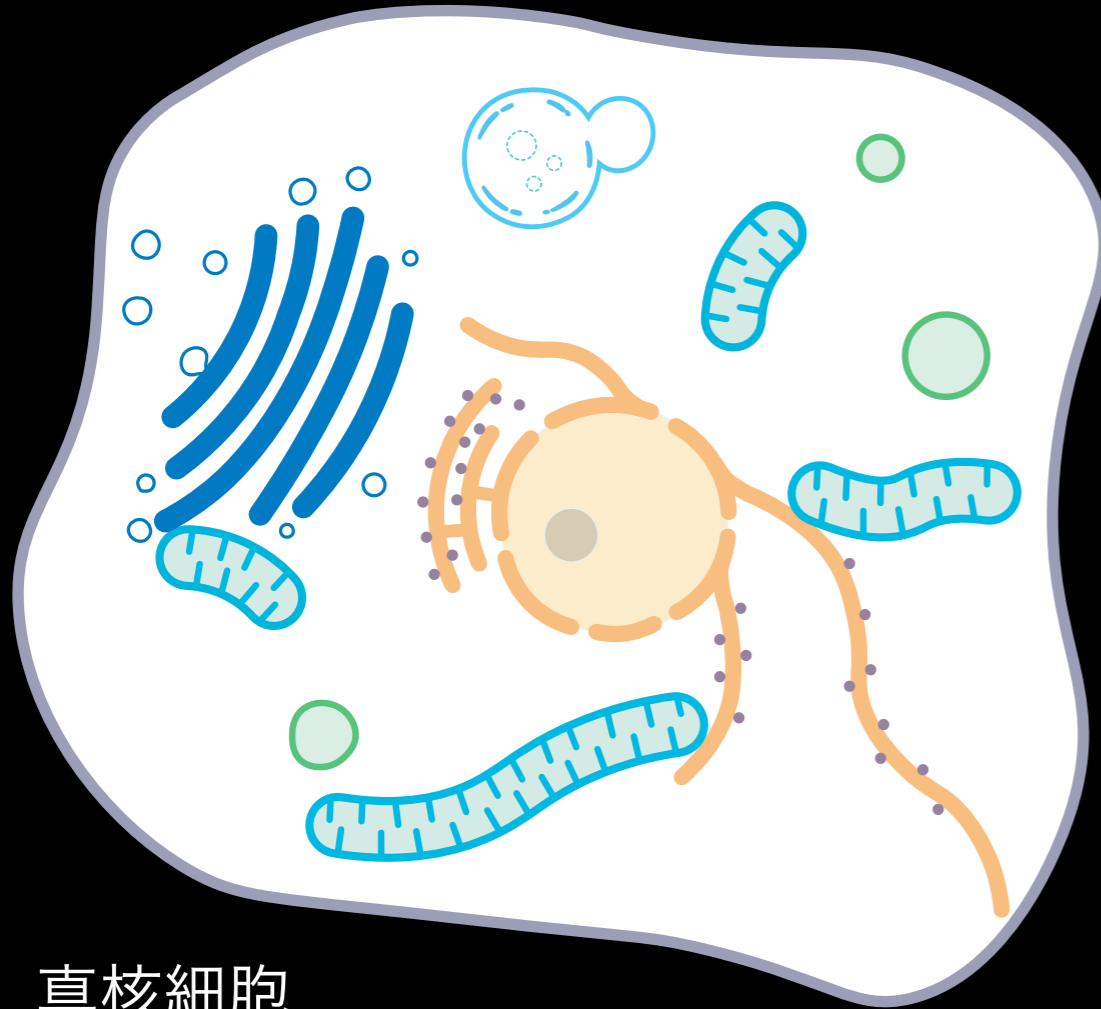
Eukaryotic cell

※模式図と実際の図との違いに注意

脂質の膜で覆われた袋

直径10  $\mu\text{m}$ ほど

# 細胞は生命の最小構成単位である



真核細胞

Eukaryotic cell

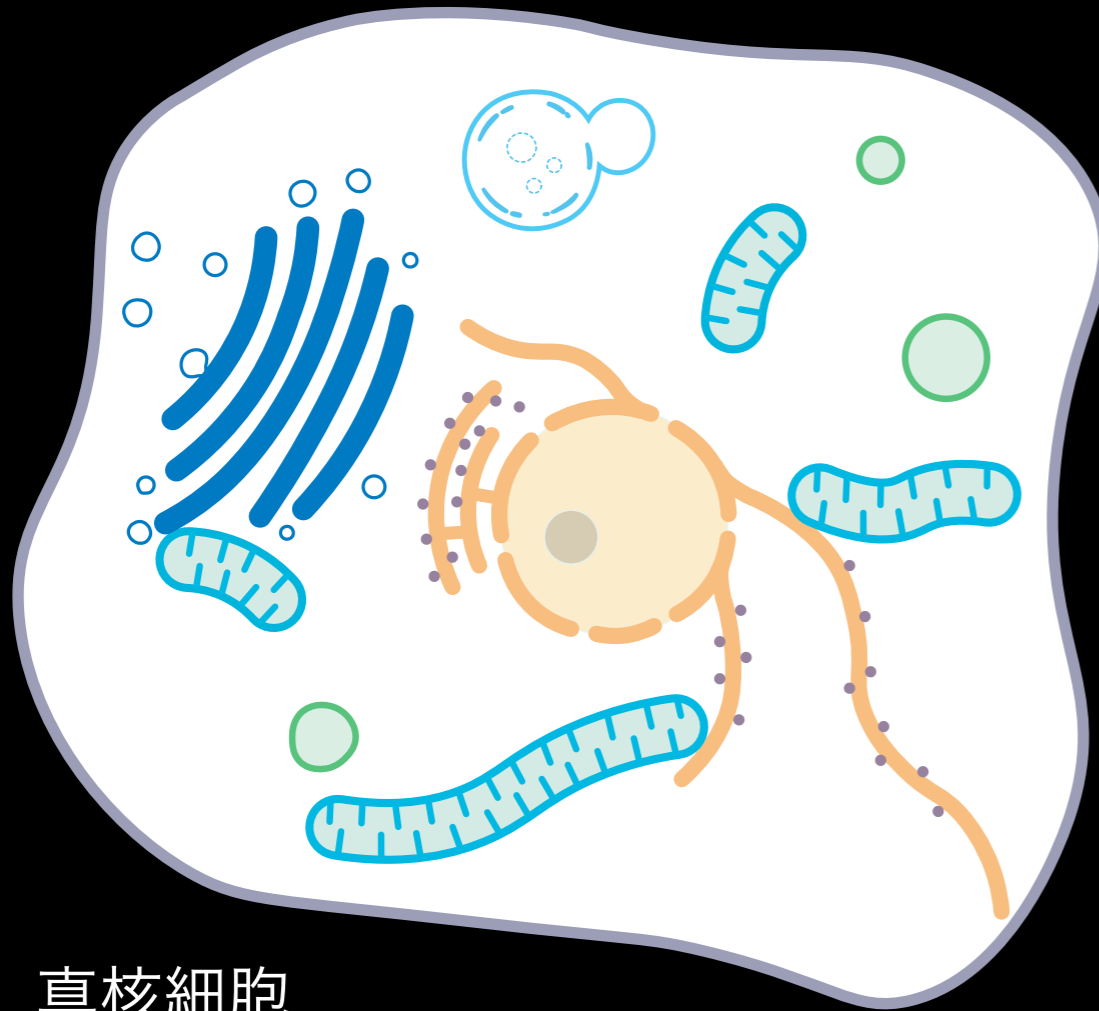
※模式図と実際の図との違いに注意

内部は水性環境

細胞内小器官を持つ  
(真核細胞の場合)



# 細胞は生命の最小構成単位である



真核細胞

Eukaryotic cell

※模式図と実際の図との違いに注意

左図はあくまで説明のための模式図。  
実際に顕微鏡で見ると姿形は相当異なる。

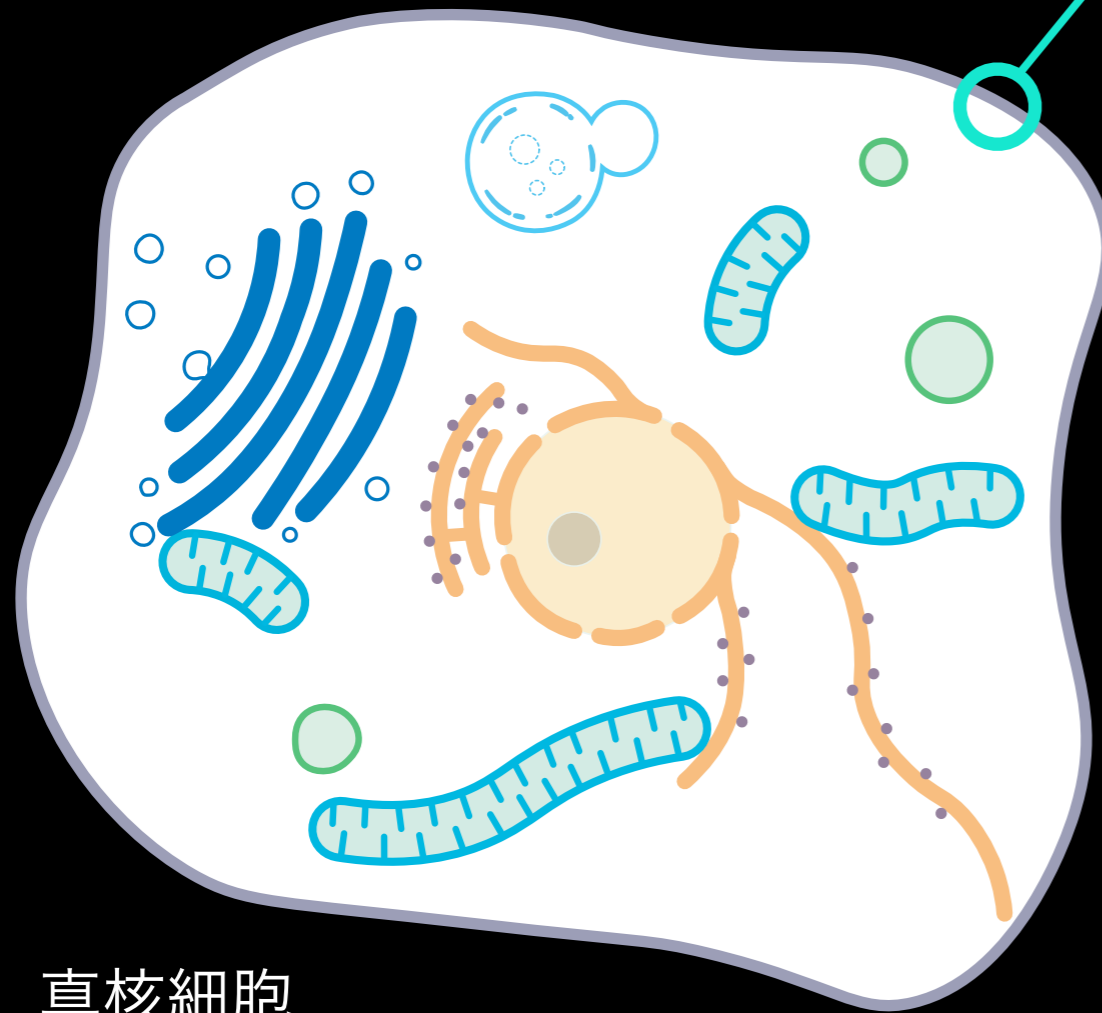
左図のようにスカスカではない。  
実際は細胞内小器官や他の物質が密に  
詰まっているイメージ。

参考：Alex M. Valm et al., Nature, 2017

Applying systems-level spectral imaging and analysis  
to reveal the organelle interactome

<https://www.nature.com/articles/nature22369>

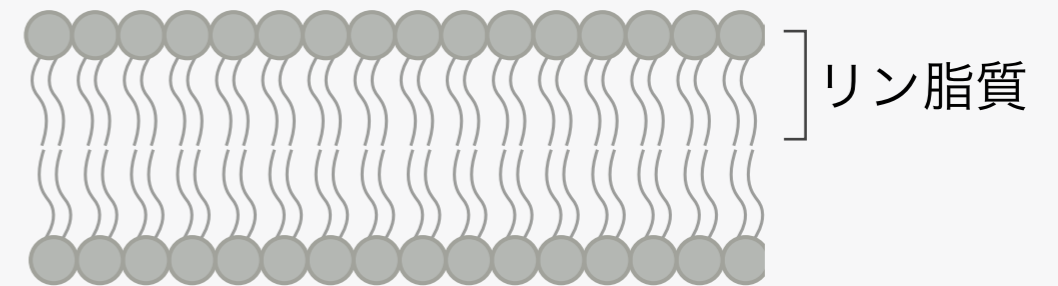
# 細胞は細胞膜によって外界と区別される



真核細胞

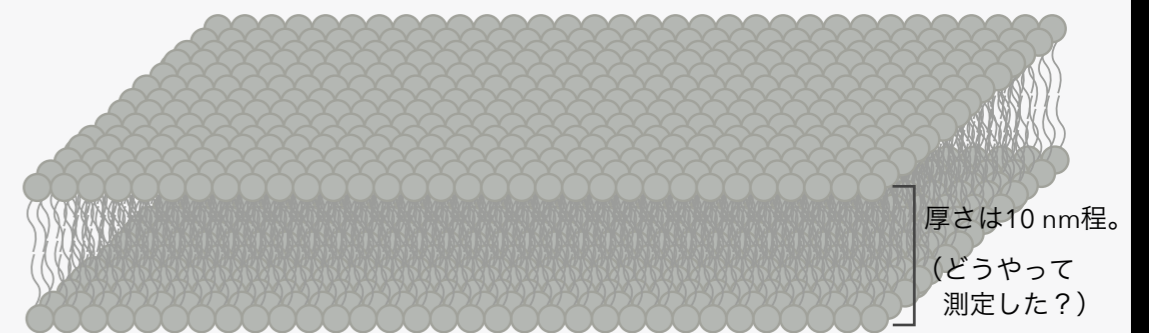
Eukaryotic cell

## 細胞膜の構造（断面を見たもの）



- ・リン脂質の二重膜で構成される。
- ・多様な膜タンパク質が埋め込まれている。

## 細胞膜の構造（三次元的に見たもの）



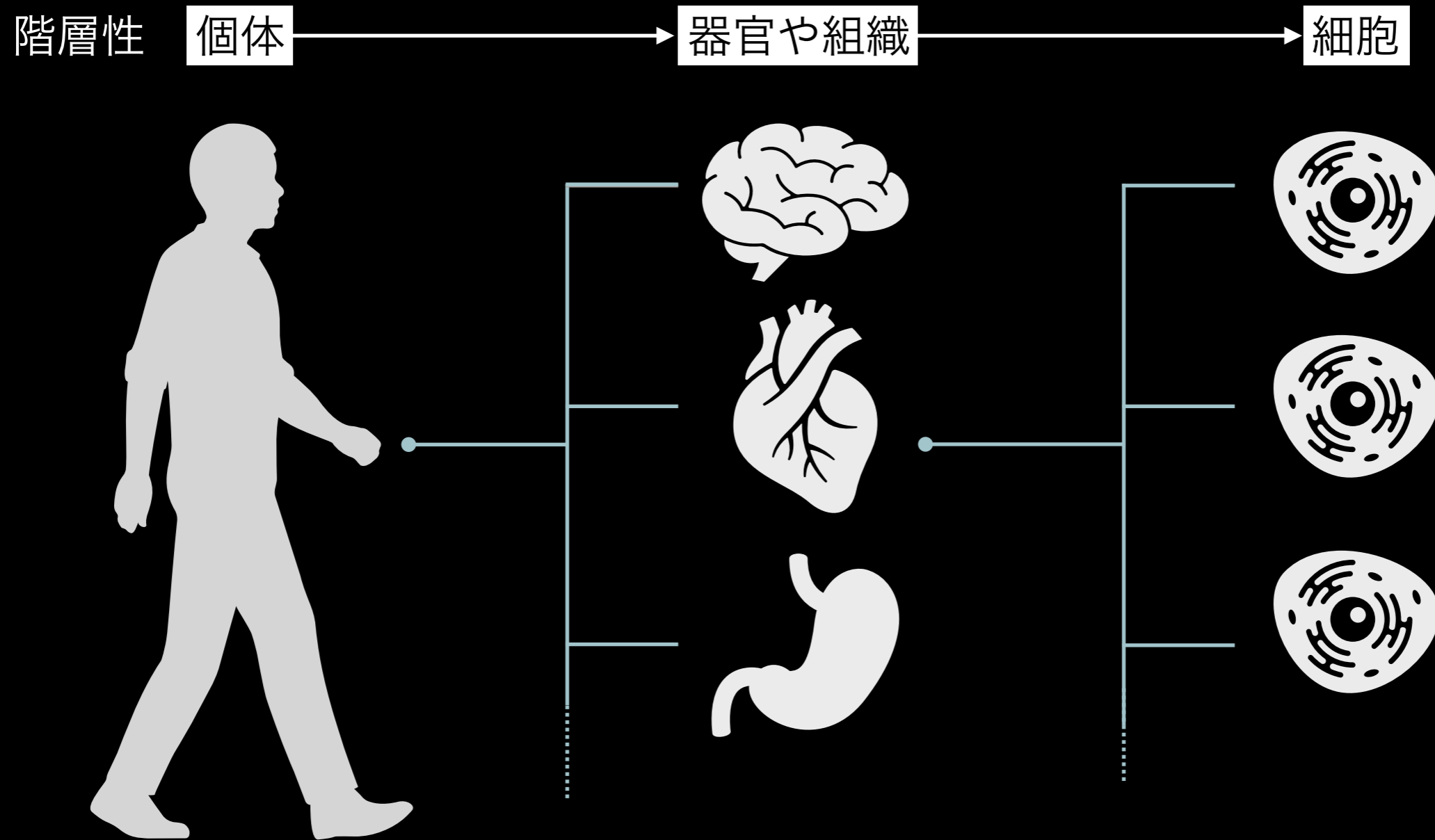
- ・細胞膜は流動性と弾性を持つ。
- ・リン脂質分子は細胞膜内を流動的に移動する。

# 細胞膜で覆われていると何が良いのか？

細胞膜（細胞を覆う脂質膜）のおかげで・・・

- ✓ (タンパク質や糖質ではおそらく実現できない) 球状の形をとり、内部環境と外部環境を分けることができる (なぜ脂質分子は球状になれるか?)
- ✓ 内部が流出して細胞外液と混合するのを防ぐことができる
- ✓ 選択的な物質のやりとりを行うことができる  
あるものは取り込み、別のものは取り込まない
- ✓ 柔軟な形をとりうるため、大きさを変化させたり、分裂したりすることが容易
- ✓ 環境変化の情報を受け取るための受容体（レセプター）を持つため、環境変化に対応したシグナル伝達を行うことができる

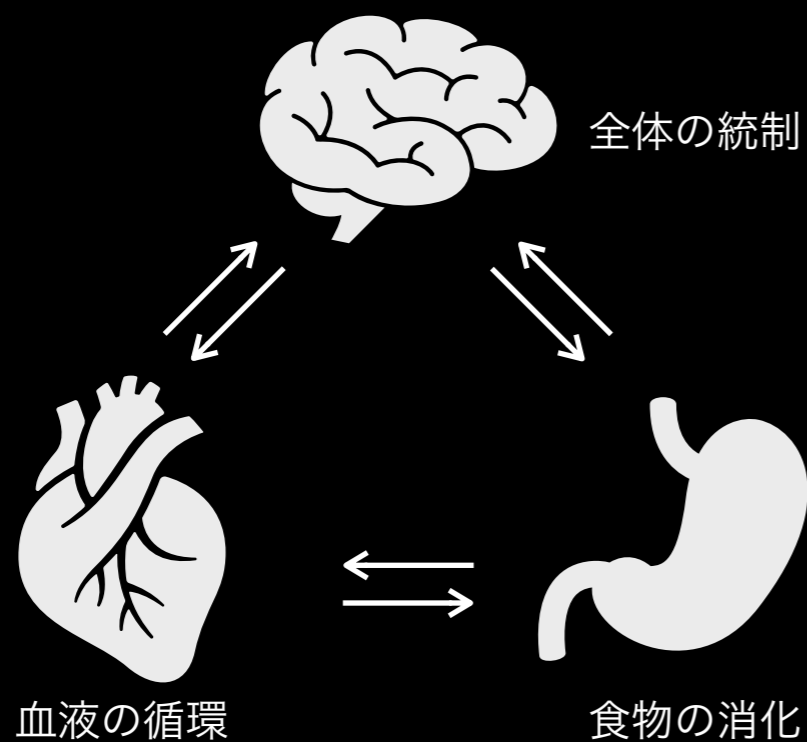
# 細胞は生命の最小構成単位である



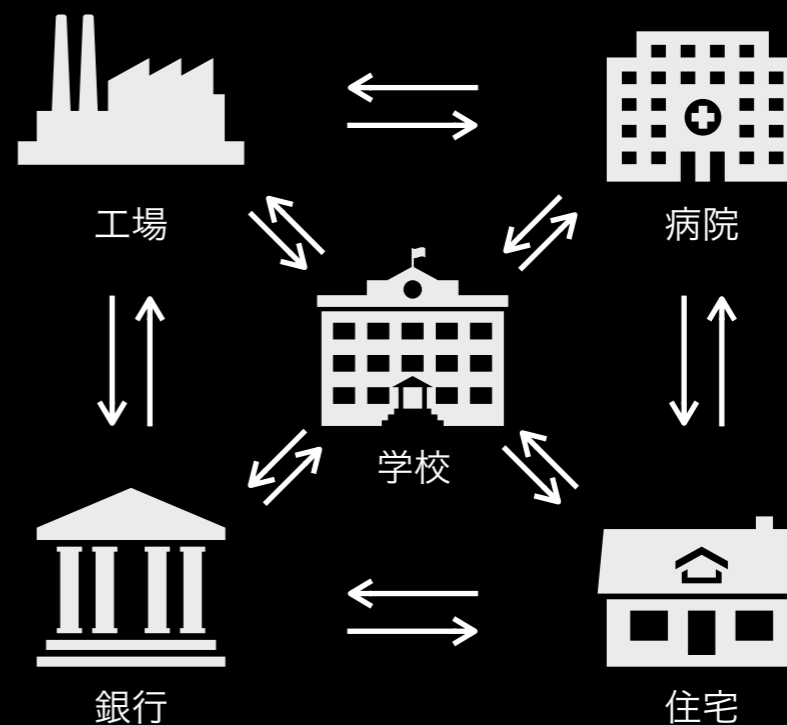
細胞同士が集合して組織や器官を形成し、個体の維持に貢献する

# 機能の分担とシステムの複雑化

生体システム



私たちの社会（例）



機能を多様化・分担することで、生体システムの複雑化が可能に

# どうして細胞は大きくなれないのか？

細胞の大きさは、その**容積**に対する**表面積**の比によって決まる。

## 細胞の容積

単位時間当たりに細胞が行う化学反応の量を決定。

## 細胞の表面積

外部から取り入れる物質の量と排出する老廃物の量を決定。

細胞が機能を果たすためには、容積に対する表面積の比を大きく維持する必要がある。→ 外部との情報、物質のやりとりを円滑に行うことができる。

参考：David Sadava他著 Life: The Science of Biology

# どうして細胞は大きくなれないのか？

細胞の大きさは、その**容積**に対する**表面積**の比によって決まる。

## 細胞の容積

単位時間当たりに細胞が行う化学反応の量を決定。

## 細胞の表面積

外部から取り入れる物質の量と排出する老廃物の量を決定。

細胞が機能を果たすためには、容積に対する表面積の比を大きく維持する必要がある。→ 外部との情報、物質のやりとりを円滑に行うことができる。

## 細胞の容積が大きくなると・・・？

- ・細胞が行う化学反応が増大する。
- ・老廃物の産生速度が増大。化学反応の原材料に対する需要も増加。
- ・物質や情報を細胞全体へ伝えるのに時間がかかる。

参考：David Sadava他著 Life: The Science of Biology

# 細胞説確立の歴史

## 細胞説

- 細胞は生命の基本単位である
- 全ての生命は細胞から構成される
- 全ての細胞はすでに存在している細胞から生じる

### Robert Hooke

簡易な顕微鏡で  
コルク片を観察

1665年

### Matthias J. Schleiden

植物細胞の観察

1838年

19世紀初頭

優れた光学  
顕微鏡の誕生

1839年

### Theodor Schwann

動物細胞の観察

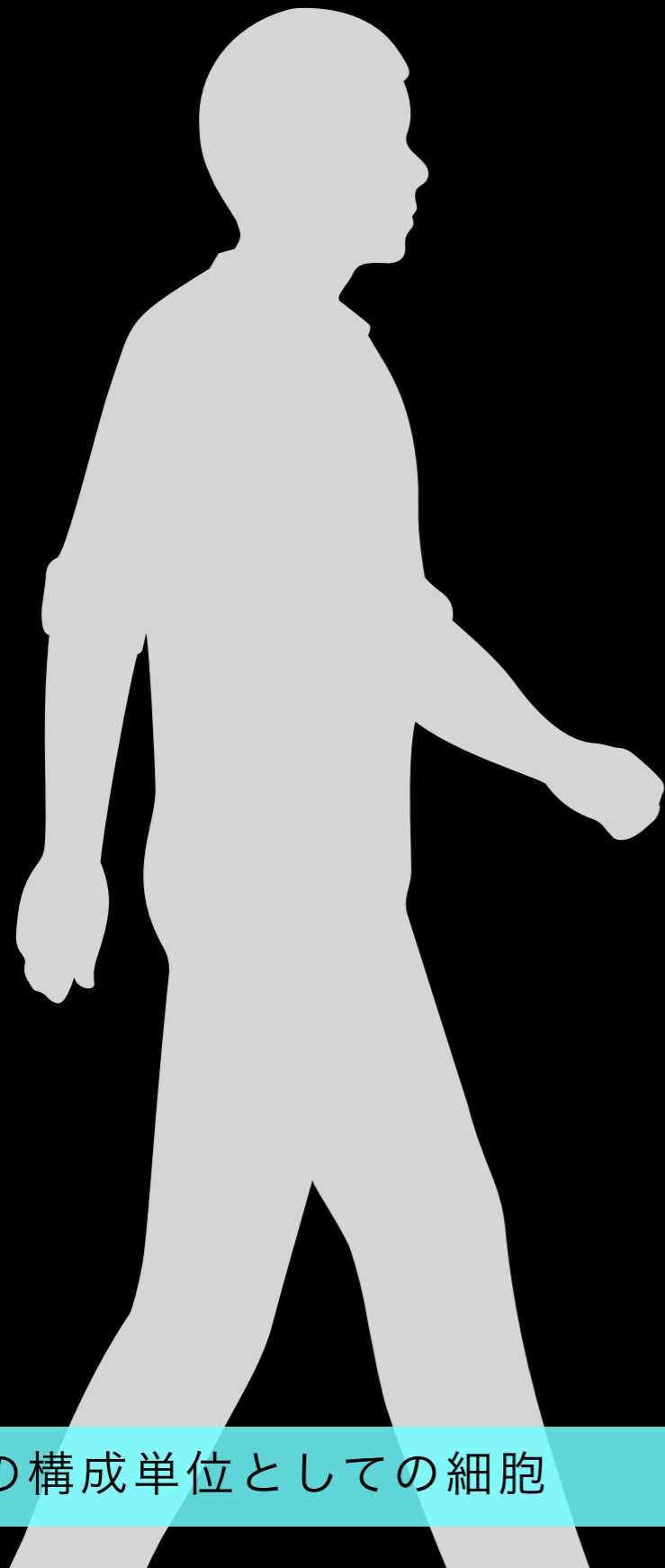
19世紀後半

細胞の”染色”  
技術の発達

顕微鏡 Microscope: Micro (微細な) + Scope (見る)  
望遠鏡 Telescope: Tele (遠い) + Scope (見る)



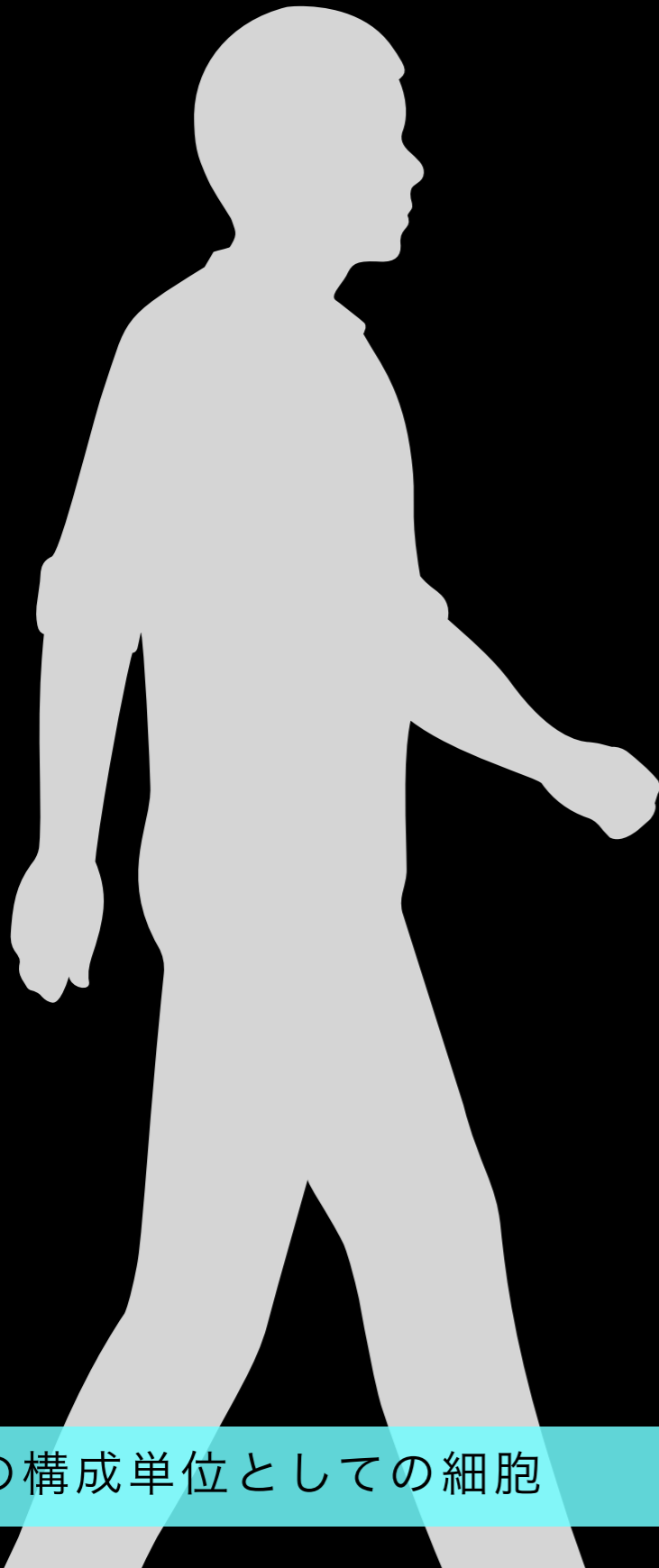
# 体を構成する細胞の数



数十～数百兆個  
からなると言われる  
(約6割は赤血球)

200～300種類の細胞  
からなると言われる

# どうやって細胞の数を数える？



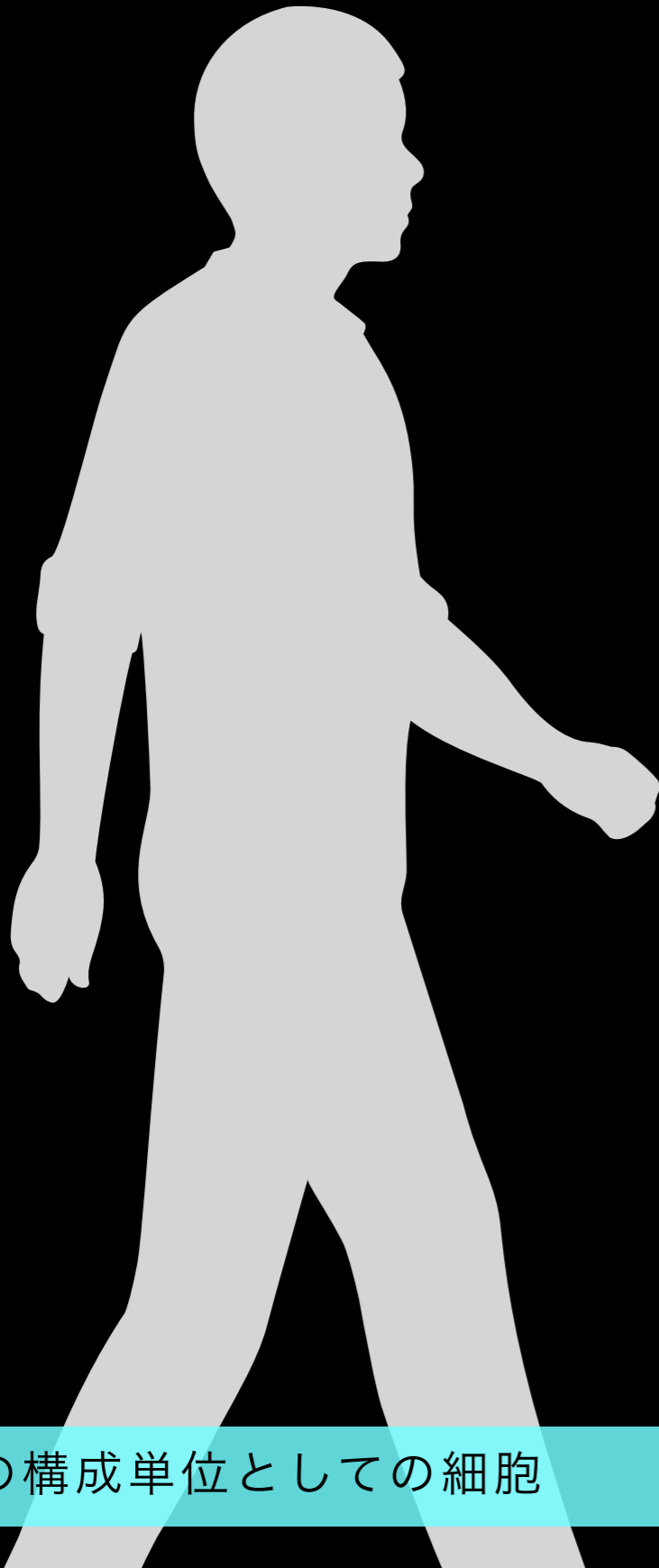
個体をすりつぶして細胞を一つ一つ数える。  
→ 現実的でない。

すでにある知識を駆使し、他の方法がないか検討する。

- 個体の容積 or 重さは概算できる。
- 細胞のおおよその容積 or 重さは推測できる。

細胞ひとつひとつの容積 or 重さがわかれば、  
(個体の容積 or 重さ) ÷ (細胞の容積 or 重さ)  
の単純な計算でおおよその個数はわかるのでは？

# どうやって細胞の数を数える？



個体をすりつぶして細胞を一つ一つ数える。  
→ 現実的でない。

すでにある知識を駆使し、他の方法がないか検討する。

- 個体の容積 or 重さは概算できる。
- 細胞のおおよその容積 or 重さは推測できる。

細胞ひとつひとつの容積 or 重さがわかれば、  
(個体の容積 or 重さ) ÷ (細胞の容積 or 重さ)  
の単純な計算でおおよその個数はわかるのでは？



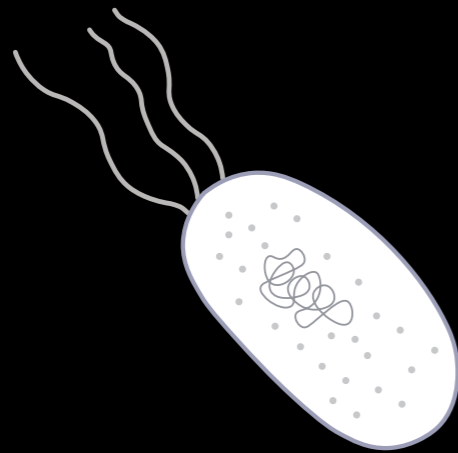
各組織によって細胞の大きさや重さは当然異なる。

**もっと正確に個数を概算するにはどうすれば？**

参考：Eva Bianconi et al., Ann Hum Biol., 2013

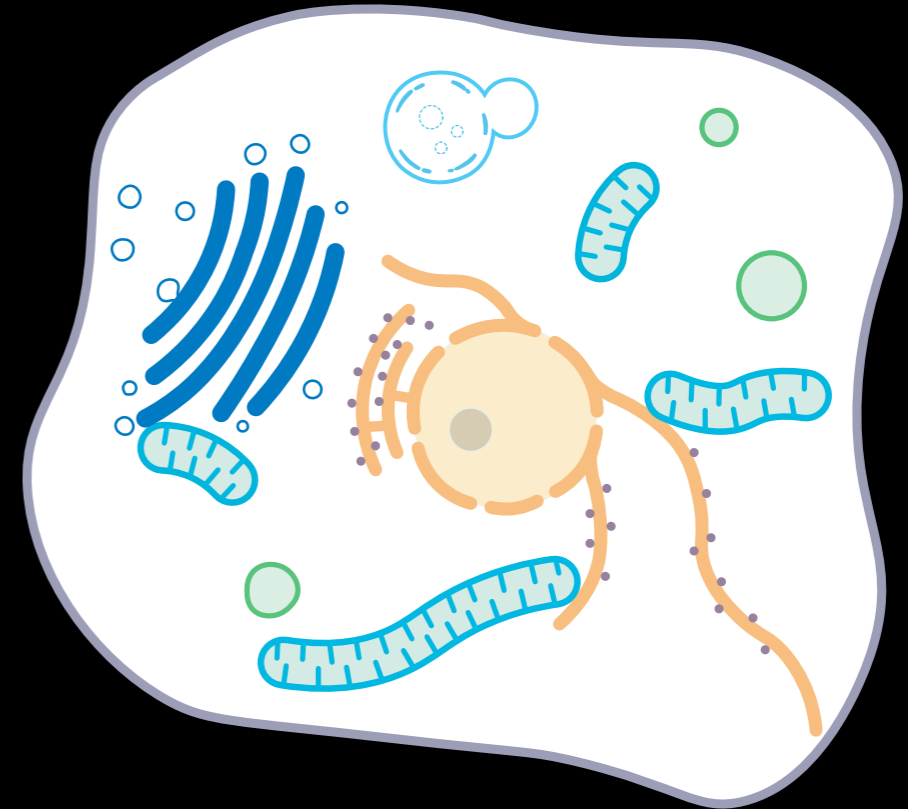
# 原核細胞と真核細胞

原核細胞 (Prokaryotic cell)



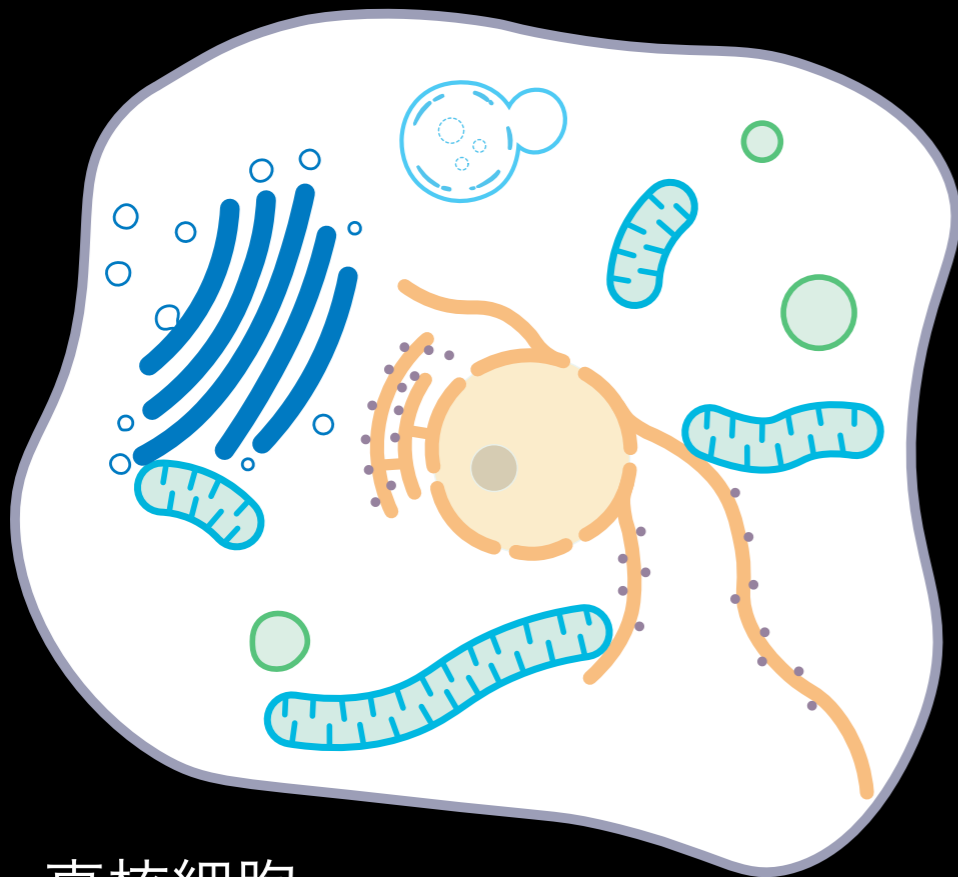
- 細胞内小器官を持っていない。
- DNAを保持する核を持っていない。
- 他のいかなる生命体よりも多様なエネルギー源を利用して生きることができる。
- 塩分濃度の高い場所や熱水の中など、極端な環境でも生息することができる。

真核細胞 (Eukaryotic cell)



- 一般に、細菌や古細菌よりも大きくて構造的に複雑。
- 核を持つ。
- 細胞内小器官を持つ。

# 核を持った結果、何が起きたか？



真核細胞

Eukaryotic cell

遺伝物質DNAを、周囲の物騒から隔離して  
安定的かつ大量に保持することができるように



多様な遺伝子を持つことができるようになった



多様な個体を生み出せる可能性が開かれる

# I. 生命の構成単位としての細胞

1 生命科学導入

2 細胞は天体系よりも複雑？

3 細胞：生命の最小構成単位

4 まとめと参考文献

# 参考文献

デイビッド・サダヴァ 著 丸山 敬、石崎 泰樹 訳  
カラー図解 アメリカ版 大学生物学の教科書 第1巻 細胞生物学

David Sadava, [David Hillis](#), H Heller 著  
Life: The Science of Biology

井出 利憲 著  
分子生物学 講義中継シリーズ

ニック・レーン 著  
生命、エネルギー、進化

Bruce Alberts, Julian Lewis, Martin Raff, Peter Walter, Keith Roberts, Alexander Johnson  
Molecular Biology of the Cell 5th edition

東京大学生命科学教科書編集委員会  
理系総合のための生命科学 第5版～分子・細胞・個体から知る"生命"のしくみ