

# 宇宙と人間Ⅳ ～宇宙における生命～

磯部洋明（いそべひろあき）

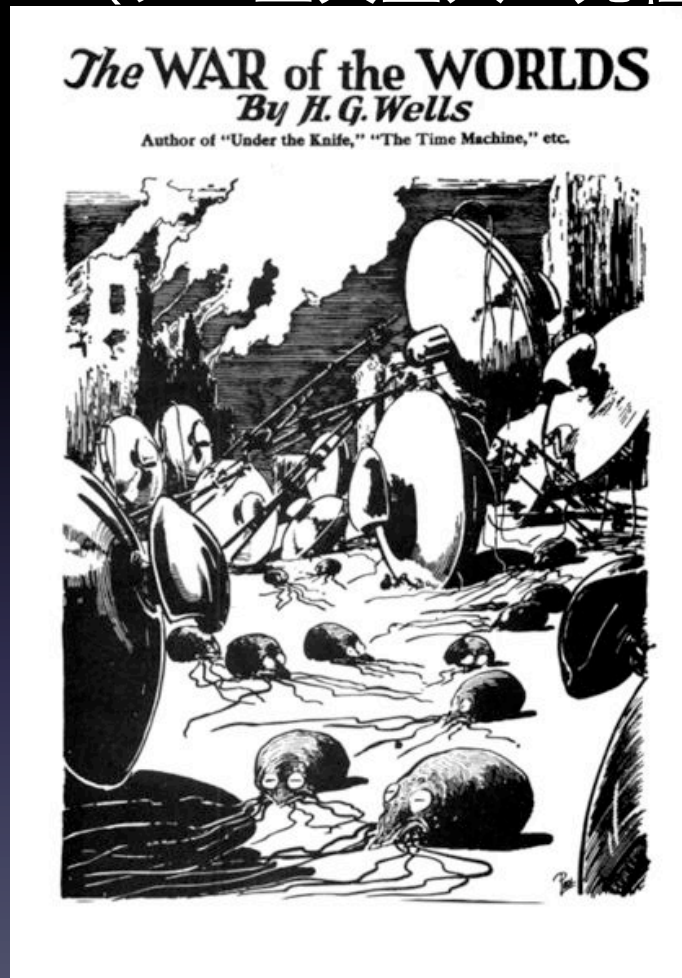
京都大学大学院総合生存学館（思修館）

The Cat's Eye Nebula — NGC 6543  HUBBLESITE.org

大阪府高齢者大学 科学と人間の共生を楽しく学ぶ科

2015年5月11日

ウェルズ「宇宙戦争」  
(タコ型火星人の元祖)



「おなじみの」宇宙人・グレイ



今のところ、地球外の知的生命が地球に来た証拠はなく、太陽系の他の天体にも知的生命はいそうにない。（原始的な生命がいる可能性は残されている）

# 生命とは？

- 外界と自分を区別する境（細胞膜）を持つ
- 代謝を行う（外界からエネルギーや物質を取り込み、利用して、排出する）
- 自己複製を行う

# 生命じゃないもの



**建物**：外界と内部を区別するが、代謝もしないし自己複製もしない

**地球**：外界と内部を区別はややあいまい。代謝みたいなこと（太陽エネルギーを取り入れて海洋や大気が循環）もするが、自己複製はしない



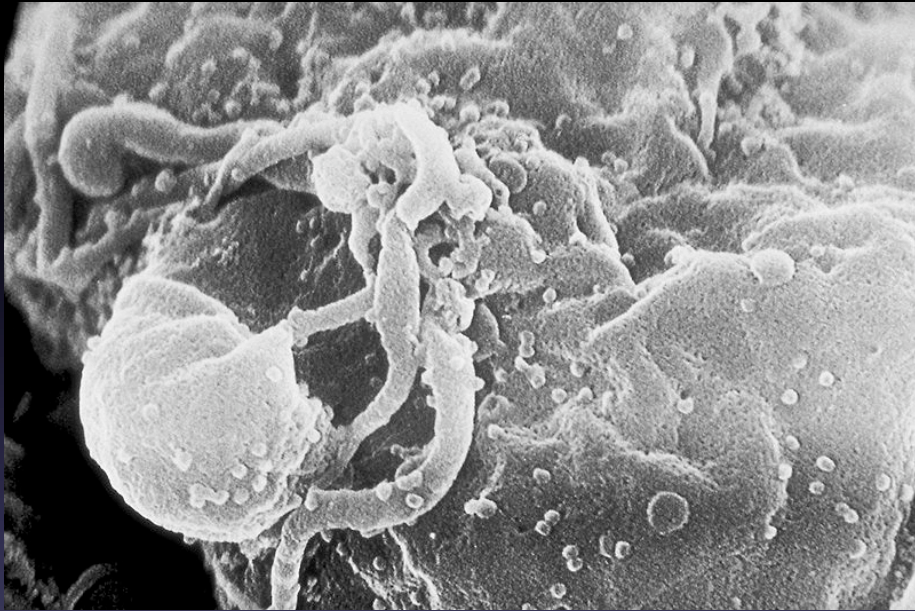
**コンピュータウイルス**：

自己複製はするが、「外界と内部」という概念はない。代謝もしない。

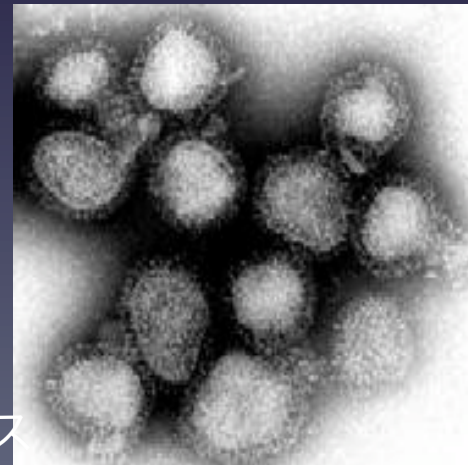
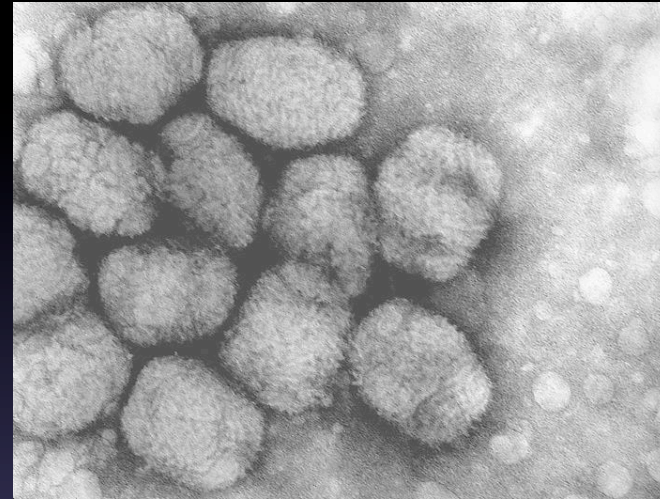


# ウイルス

天然痘ウイルス



ヒト免疫不全ウイルス  
Human Immunodeficiency Virus, *HIV*



インフルエンザウイルス

# ウイルスは生物と無生物の間

- ウイルスは遺伝情報(DNA/RNA)を持つ
- 細胞を持たない。自分自身で代謝は行わない。
- 自分だけでは自己複製できない。他の生物の細胞に寄生して増殖する。
- 化学物質のように結晶化して保存できる(Stanley 1935)

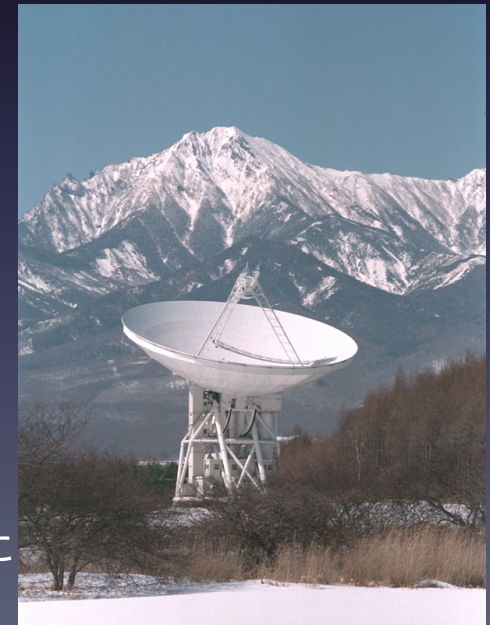
# 地球生命史重大事件

- 地球の誕生（約45億年前）
- 原始生命の発生(約40億年前)
- バクテリア（原核細胞）の出現（38-35億年前）
- 光合成の開始（27億年前）
- 真核細胞の出現（21億年前）
- 多細胞生物の出現（10億年前）
- 硬骨格生物の出現(5.5億年前)
- 人間の出現（500万年前）

# パンスペルミア説

- 最初の生命（の種）が地球で生まれたのではなく、宇宙からやってきたとする説
- 生命そのものというより、材料となる化学物質（アミノ酸など）が宇宙からやってくる、ということも含む（準パンスペルミア）。宇宙空間では多くの有機物、変わった形の分子が見つかっている。あり得ない話ではない。

多数の星間分子を発見した  
野辺山45m電波望遠鏡





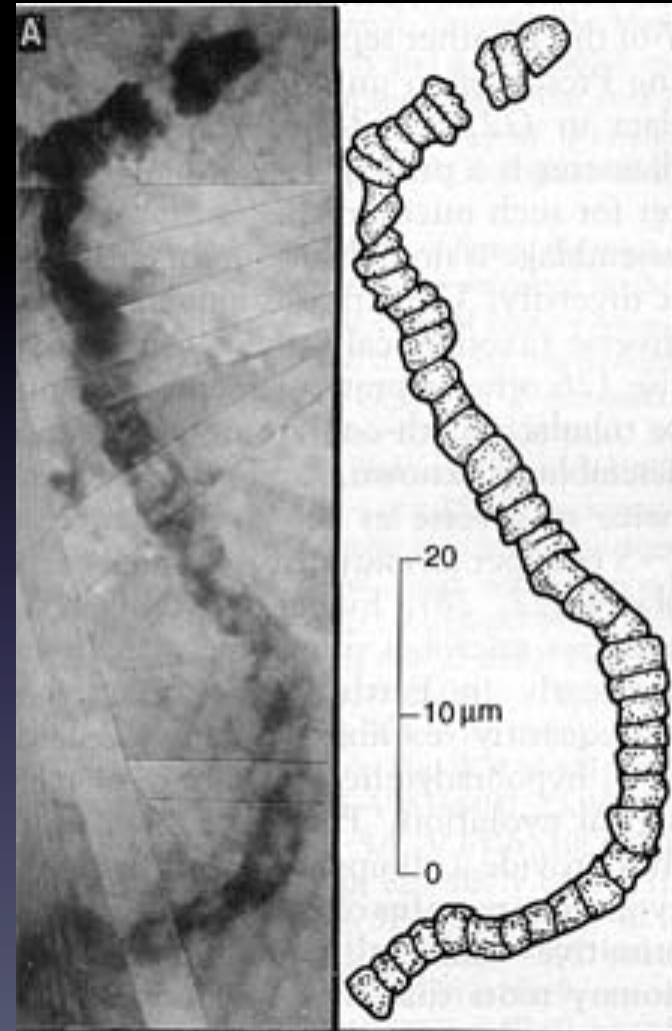
# 地球最古の化石

約35億年前のバクテリア

チャートと呼ばれる、海の底に堆積する岩石から発見。

最古の生物は海の底？

浅い海で生まれたという説もあるが、どうやら最近では深海という説が優力。



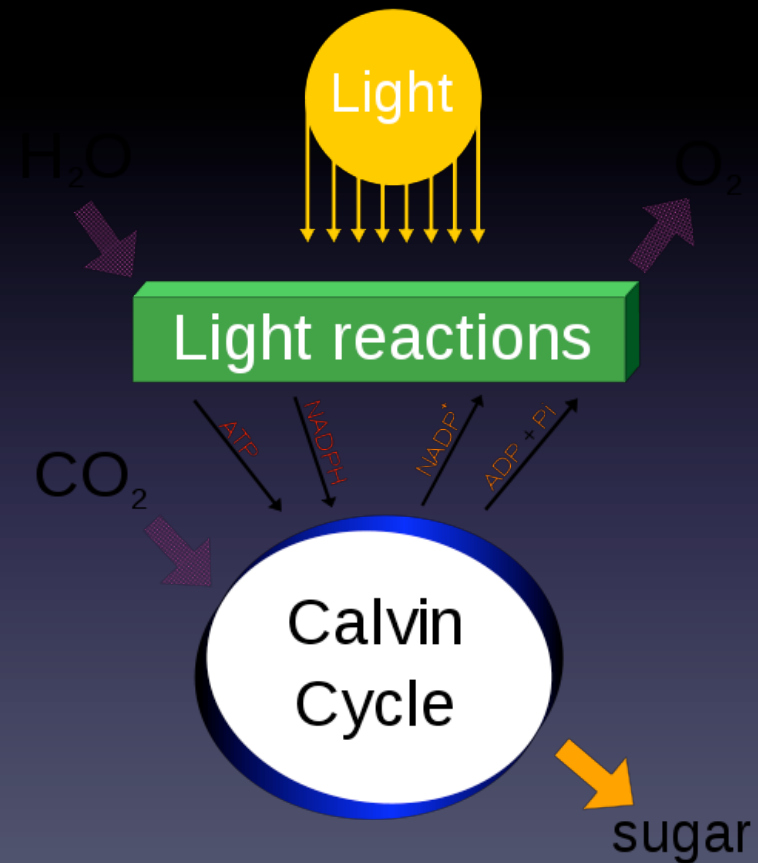
Schopf 1993

# 初期の生物の姿

- 深海で生まれたらしい。高温を好む熱水菌の仲間。
- =>恐らく、深海で火山活動がある熱水活動域で、メタン発酵や硫酸酸化をエネルギーにして活動していた。
- この頃地球に酸素はほとんどない。当時の生物は嫌気性、つまり酸素はむしろ猛毒。
- 酸素がない=>オゾン層もない=>大量の紫外線が降り注ぐ=>地上は生命が生まれる環境ではなかった。
- ここまでが、少なくとも35億年前（地球ができて10億年）くらいまでにでき、27億年前まで続いた。

# 27億年前の大事件：光合成の開始

- 光合成とは？
  - 材料（水と二酸化炭素）から**光のエネルギー**を使って、酸素と有機物（糖分）を作ること
- 約27億年前、浅海で酸素発生型光合成を行うシアノバクテリアが出現
- 当時の生物は嫌気性。酸素は迷惑な産業廃棄物。



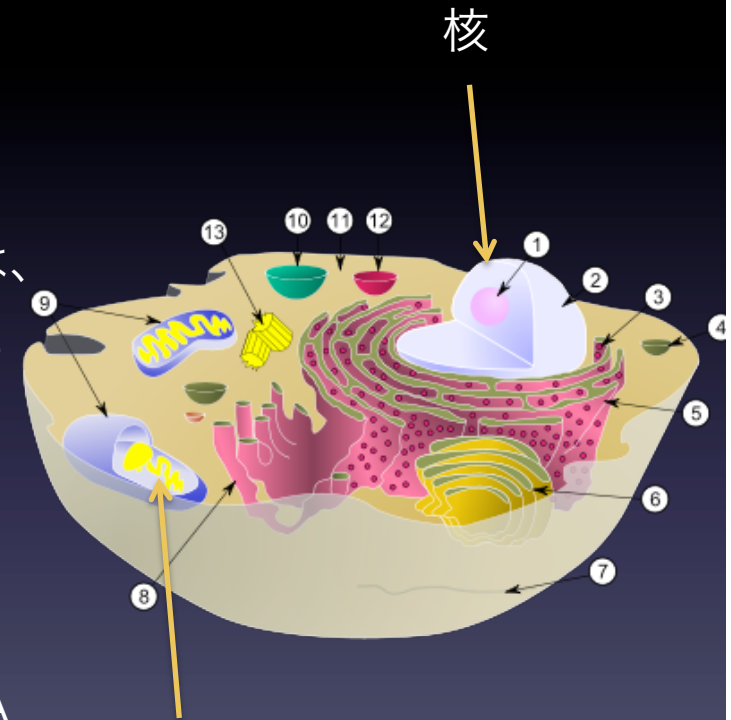
# 酸素は毒？

- 酸素( $O_2$ )は他の物質と反応しやすい（酸化、燃焼）
- エネルギーを得るのに便利
- 同時に、何でも「錆びさせて（酸化させて）」しまう危険な物質（活性酸素）
- 体内に酸化防御装置（酵素）を準備して、地球中にまき散らされた酸素を呼吸する生物が出現（約20億年前）



# 真核生物の出現(21億年前)

- 真核生物=DNAが「核」という入れ物に保護され、ミトコンドリア、葉緑体などの細胞内の様々な小器官を持つ生物。(人間も真核生物)
- **共生説**： 恐らく、真核生物の細胞中小器官は、それぞれ独自の能力を持った別の原核生物だった
  - 光合成をするシアノバクテリア=>葉緑体
  - 呼吸能力を持つ原核生物=>ミトコンドリア
- 真核生物の登場により、細胞が大型化し、DNAが核という容器に守られ、細胞内の分業が進んだ=>より複雑な生命への道

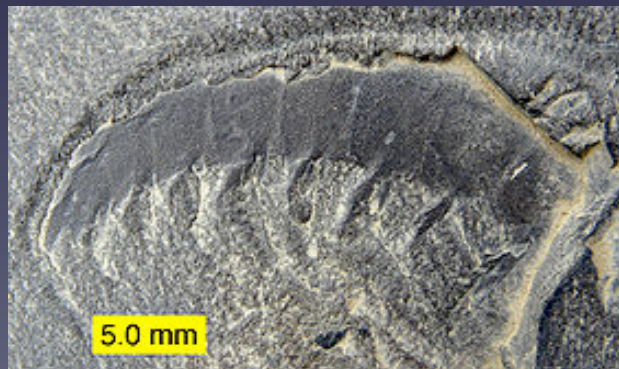


ミトコンドリア



# カンブリア紀爆発

カンブリア紀(5.45～5億年前)におきた  
生物の急激な多様化。  
多くはすぐに絶滅した。





# 陸地への進出

- 生物の多様化 ⇒ 複雑な生態系、ピラミッド型の食物連鎖
- 住処を探して新しいフロンティア...陸地へ
- ちょうど4~5億年前に太陽からの紫外線をふせぐオゾン(O<sub>3</sub>)層が形成され、生命が陸地に住めるようになった
- 大型化、恐竜の誕生



# 人類（ホモ・サピエンス）の誕生

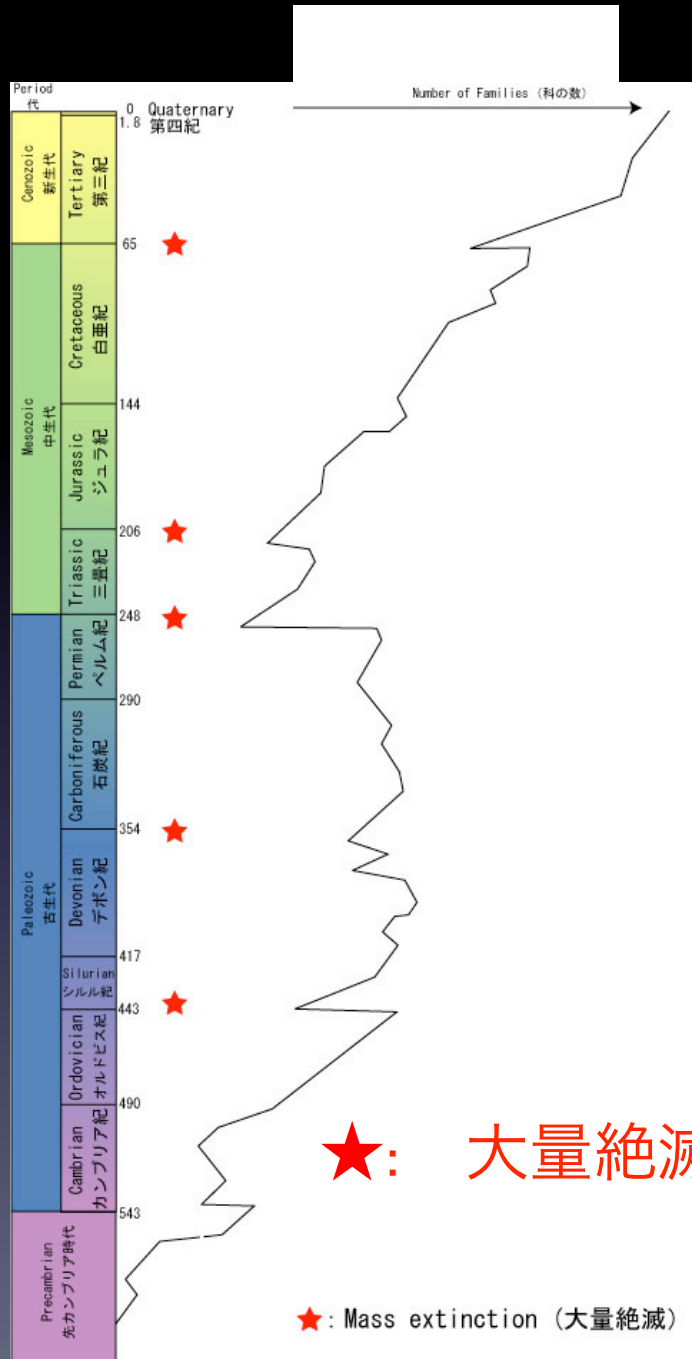
- 約500万年前：サルから分化（猿人）
  - アウストラロピテクスのルーシー（アフリカ）
- 約200万年前：ホモ・ハビリス(最初のヒト属)...石器を使用
- 約180年前：原人の誕生（北京原人、ジャワ原人）...火を使用
- 約50万年前：旧人：ネアンデルタール人など...脳が大きくなり精神的に進化。ネアンデルタール人の葬式後から花の花粉が見つまっている
- 約20万年前：新人（現生人類）

# 大量絶滅

1 億年前

3 億年前

5 億年前



生命の大量絶滅は何度も起きている。

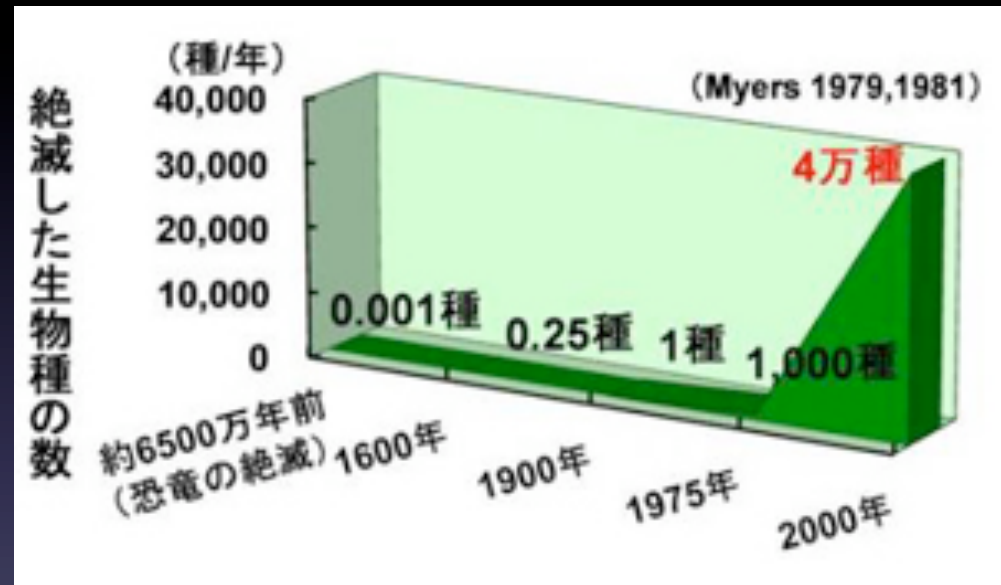
6500万年前の恐竜の絶滅は、恐らく巨大隕石の衝突によるもの。

外的要因：巨大隕石、近傍の星の超新星爆発など

内的要因：気候変動、火山活動など

# 現代は6番目の大絶滅時代か

- 年間40000種の絶滅...  
恐竜の絶滅時代より速い
- 多くは開発や乱獲、外来種の持ち込みなど人間の活動に由来すると  
言われている。



COP10のHPより

# 生物の多様性に関する条約

(生物多様性条約：Convention on Biological Diversity)

- 3つの目的
  - 地球上の多様な生物をその生息環境とともに保全すること
  - 生物資源を持続可能であるように利用すること
  - 遺伝資源の利用から生ずる利益を公正かつ衡平に配分すること
- 生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が2010年10月、愛知で開催



# ドレイク方程式

N: 銀河系内の交信可能な地球外文明の数

$$N = R f_p n_e f_l f_i f_e f_d L$$



$R =$

1年間に銀河系の中で生まれる恒星の数

$f_p =$

生まれた恒星が惑星をもつ確率

$n_e =$

惑星を持つ恒星あたりの生命生存に適する惑星の数

$f_l =$

そのような惑星に生命が生まれる確率

$f_i =$

生まれた生命が知的に進化する確率

$f_e =$

その生命が交信手段を持つ確率

$f_d =$

その生命が交信を望む確率

$L =$

文明の寿命

R: 1年間に銀河系の中で誕生する恒星の数  
(かなりよく分かっている)

～10個くらい

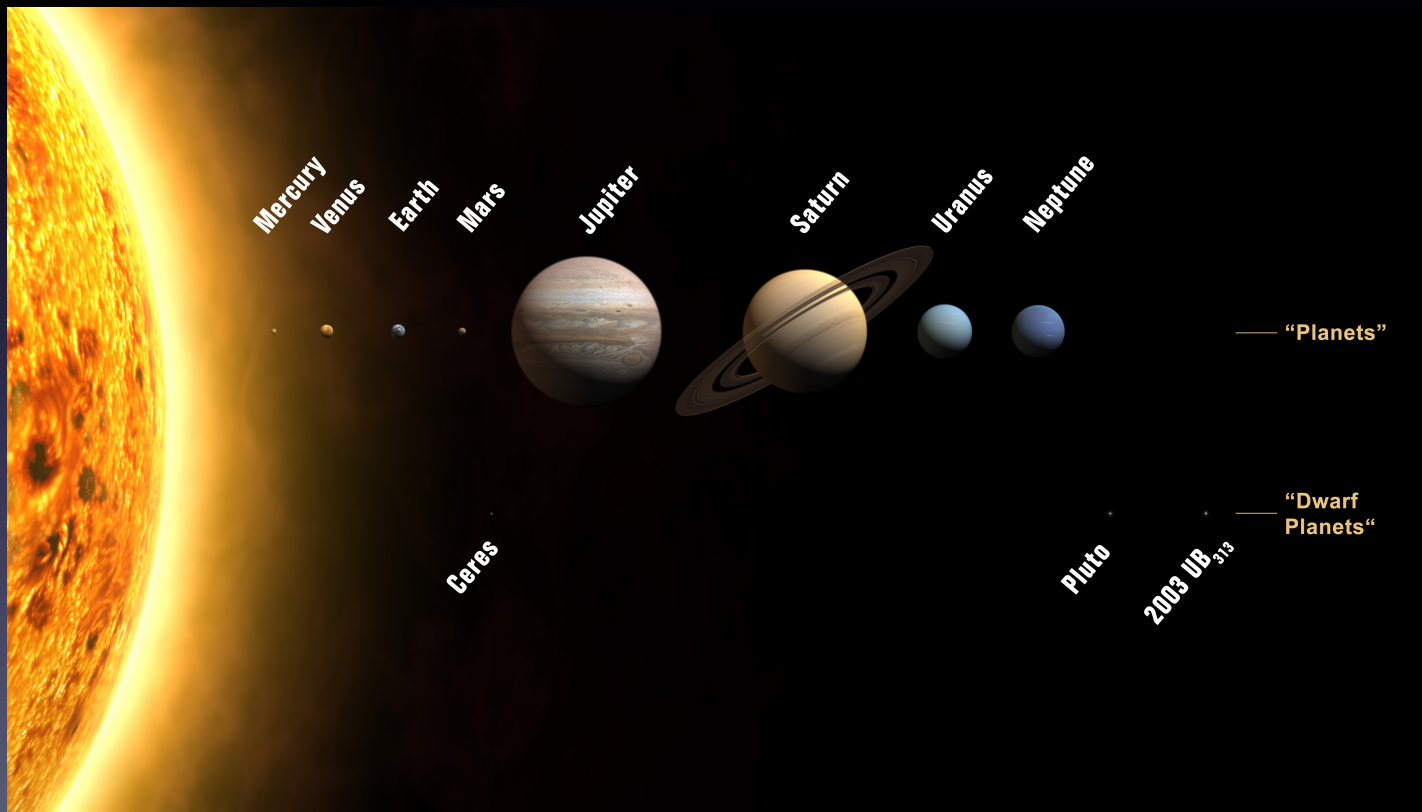


銀河系の中には約1000億個の星があり、毎年10個くらい生まれて同じくらい死んでい

fp:生まれた恒星が惑星をもつ確率  
(わりと分かっている)

～ほぼ100%

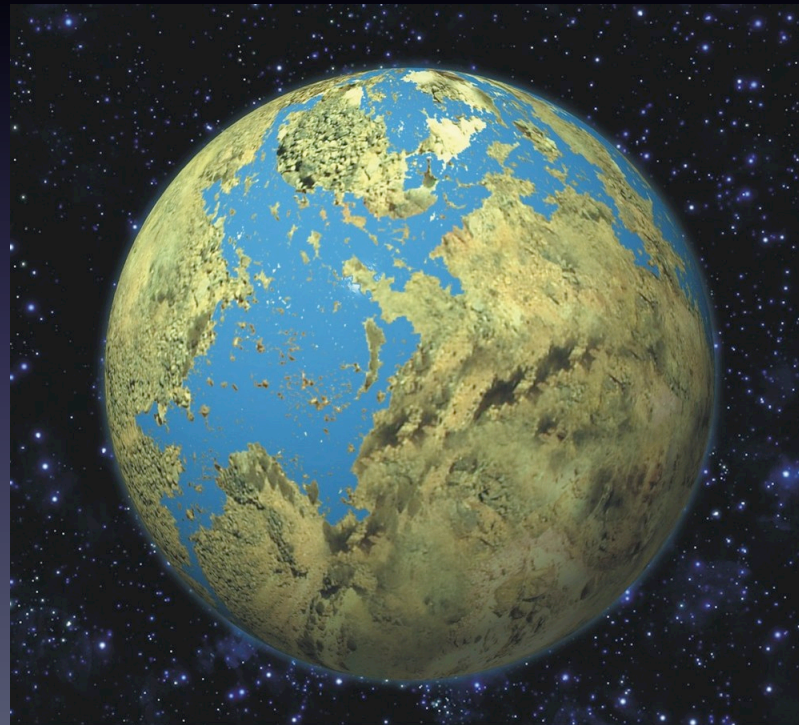
(50%くらいかも) しれないが50%も100%も対して変わらない



太陽系以外の恒星系でも、ぞくぞくと惑星が見つかりだしている。

ne:惑星を持つ恒星あたりの  
生命生存に適する惑星の数  
(だんだん分かり出している)

～1個くらい  
(少し甘い見積もりかも?)



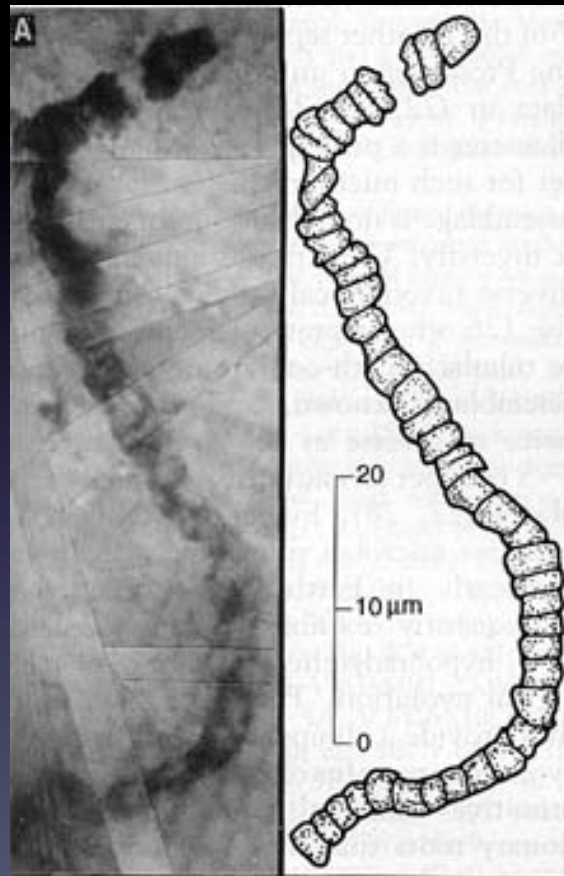
Earth-like exoplanet

Courtesy of Julian Baum Take 27 Ltd

液体の水が存在できそうな惑星も見つかりだしている。

fp: 惑星に生命が生まれる確率

???



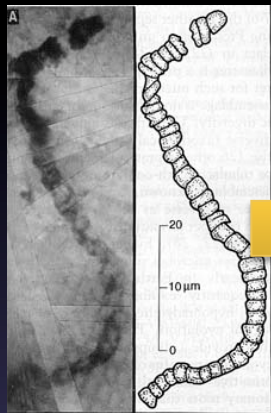
見つかった地球上で  
最古の生命の化石。  
約35億年前の地層から。

地球上の生命は全て先祖は同じ。だからわたしたちは「たった一つの例」しか知らな

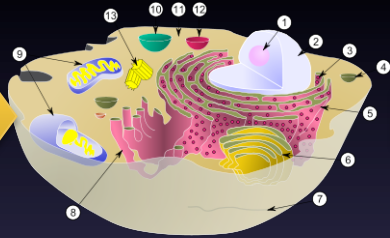


# f: 生まれた生命が知的に進化する確率

???



原始的な生命



複雑な細胞



多細胞生物



わりと知的な生物



かなり知的な生物

人間は、地球で生まれた最初の生命よりずーっと複雑。

知的生命への進化は、生命が生まれたら必ずおきるか？奇跡のようなできごとか？

fe:その生命が交信手段を持つ確率

???



人間は、今から約20万年前に生物として今の形になった。  
つまり、20万年前の人間は、今と人間と同じ能力を持っている。

しかし、人間は19万年以上、動物を狩ったり木の実を拾って食べたりする  
狩猟採集中心の生活を送り、科学技術は持っていなかった。

脳の能力が知的であれば、科学技術は必ず発達するかどうか？



fd:その生命が交信を望む確率

???

%`@#?\_¥x%  
\$@>.....



相手は宇宙人。交信を望むのかどうか分からない。

そもそもわたしたちと同じような意味での「会話」や「コミュニケーション」  
するかどうか分からない。

# L:文明の寿命

???



交信できるような宇宙文明が銀河系にできたとしても、地球文明と同じ時代に存在していないと、私たちと交信はできない。

平均的な文明の寿命が長ければ長いほど、私たちと同時期に交信できる文明がある可能性は高くなる。

交信技術を持ってからの人間の文明は、まだ100年ほど...

# ドレイク方程式の答えのやや悲観的な見積もり

- 生命生まれる確率 = 10%
- 進化する確率 = 10%
- 交信技術を持つ確率 10%
- 交信を望む確率 10%
- 文明の寿命  $L = 1000$ 年
- 銀河系の中の文明数 = 0.01個

# ドレイク方程式の答えの強気な見積もり

- 生命生まれる確率 = 100%
- 進化する確率 = 100%
- 交信技術を持つ確率 100%
- 交信を望む確率 100%
- 文明の寿命  $L = 1$  億年
- 銀河系の中の文明数 = 10 億個

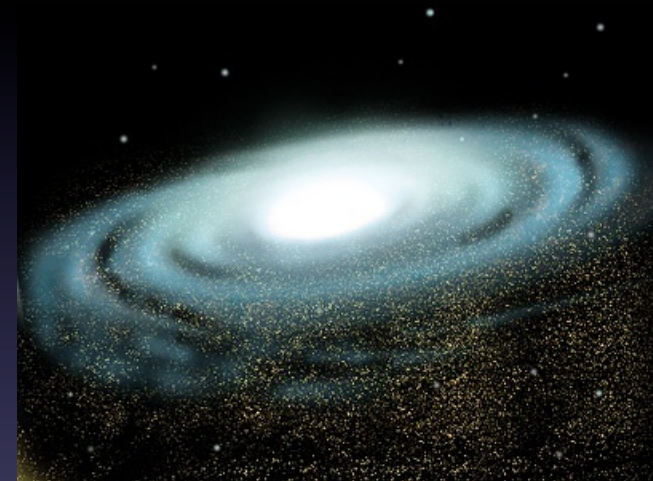
# 銀河系に知的文明が100万 あれば、隣の文明までの距離は？

- 銀河系の大きさ：

$$\begin{aligned} & 20\text{万光年} \times 20\text{万光年} \times \\ & 300\text{光年} \\ & = 4 \times 10^{13} \text{光年}^3 \end{aligned}$$

- 文明間距離

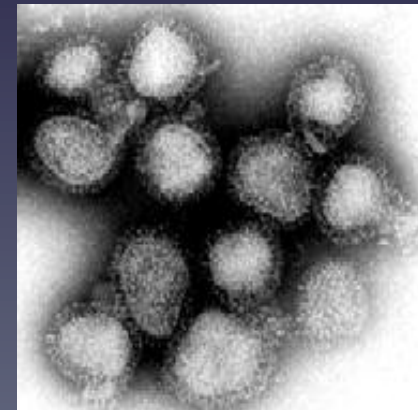
$$\begin{aligned} & (4 \times 10^{13} \text{光年}^3 / 10^9)^{1/3} \\ & = 30\text{光年} \end{aligned}$$



今メッセージを送れば60年後に返事が？



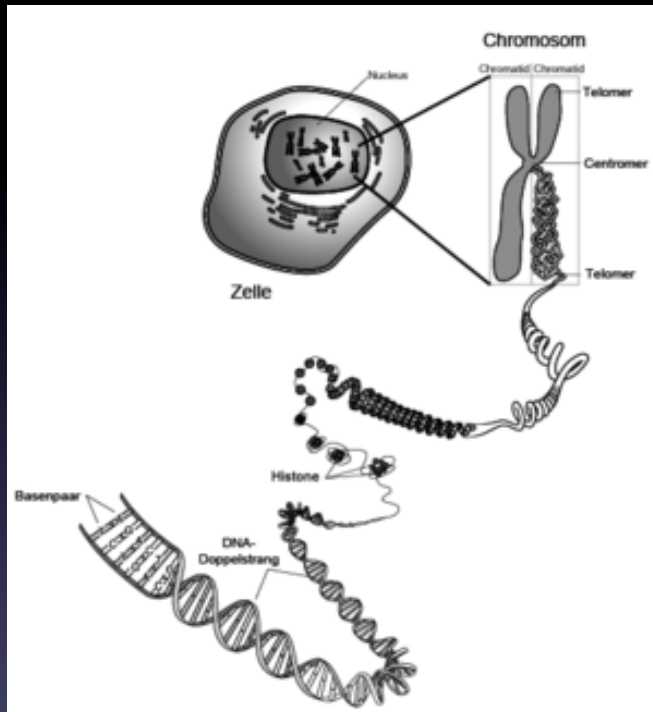




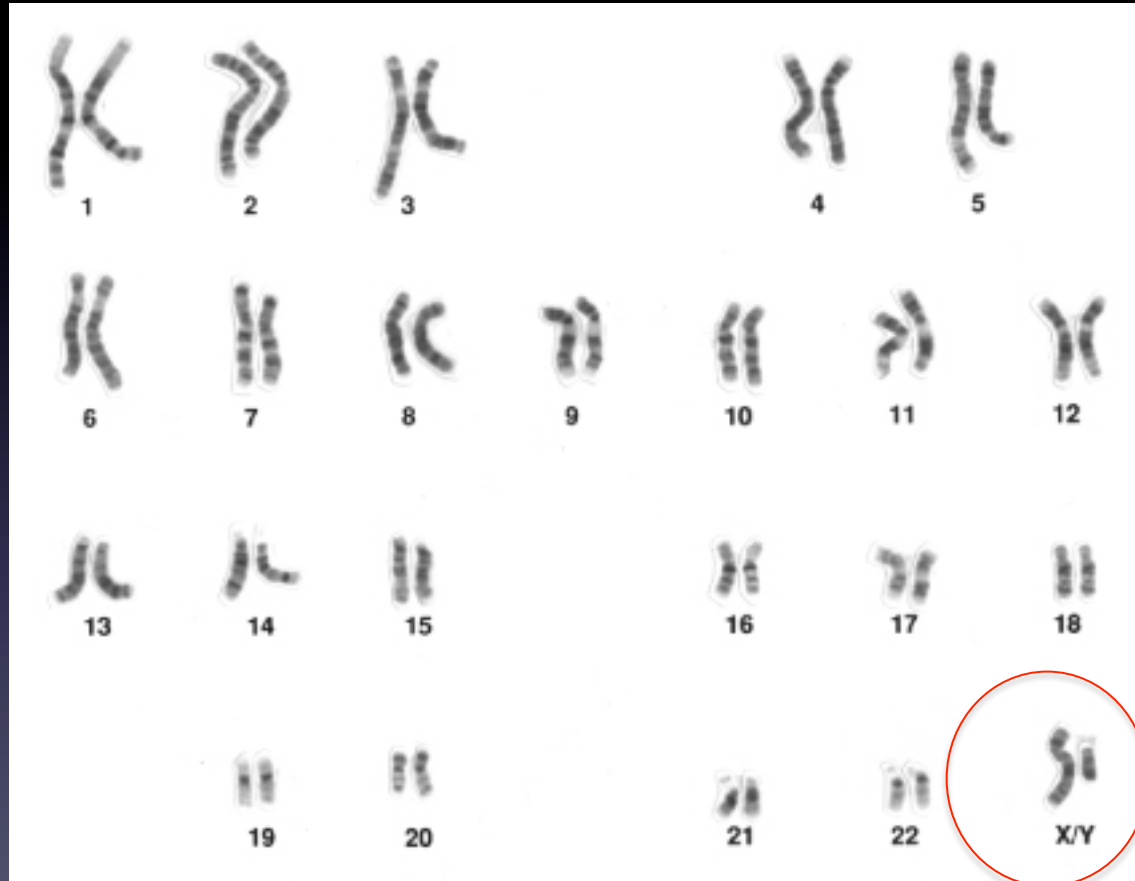


# 性を決めるものは何か？

ヒトの染色体



染色体にはDNAが折り畳まれて入っている



性染色体

性染色体がXXだと女、XYだと男になる

# 性の決まり方には色々ある

ウミガメ：生まれた時の温度で決まる



クマノミ：  
最初は雄、後で雌に変わる



カタツムリ：雄雌同体

# なぜ、性があるのか？

- 性がなくても子孫は残せる（無性生殖）
  - プラナリア、イソギンチャク、アメーバ...
- 有性生殖は大変
  - 相手を見つけるコスト
  - 快感を伴わせなければならないくらい

答え：遺伝子を交換するため。

遺伝子を交換することで、遺伝的に多様な個体が生まれ、  
その中で環境に適応したものが生き残る（進化）

# ル・グイン 「闇の左手」

- 両性具有の人々が住む惑星ゲセン
- 発情期（ケメル）に入った時しか性行為を行わない
- ケメル期に入ったもの同士が触れ合う過程で、性分  
担が決まる
- どちらの性になるかはその時次第
- 一人の人間が父親になった後母親になったりする

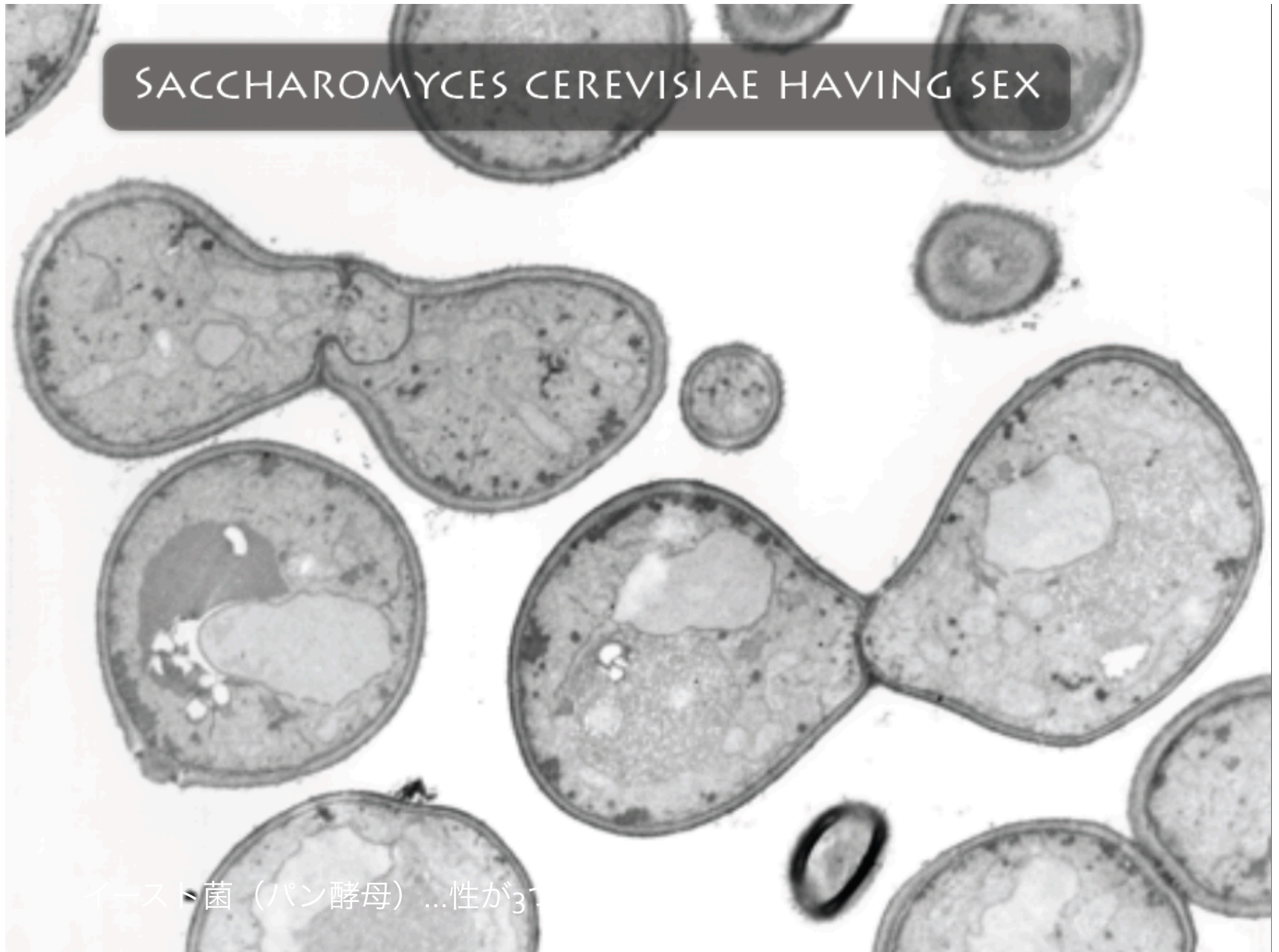
- ゲセン人は相互に男性あるいは女性と見なさない。これはわれわれの想像を絶するものだ。生まれてきた赤ん坊について、われわれがまず訊くことをと考え合わせれば！
- 惑星ゲセンでは男らしさとか女らしさという評価は存在しない。ひとは人間としてのみ、顧慮され、判断される。これはぞっとさせられる体験である
- 強と弱に二分さるべき人間的属性は存在しない。すなわち保護／被保護、支配／従属、所有者／奴隷、能動／受動など。二元性の性向は、惑星ゲセンでは軽減ないし転化させられている。
- ゲセン人も競争心旺盛であり、殺人や紛争はあるが、戦争、つまり百人、千人という大量の組織立った殺し合いはない

性は、二つとは限らない



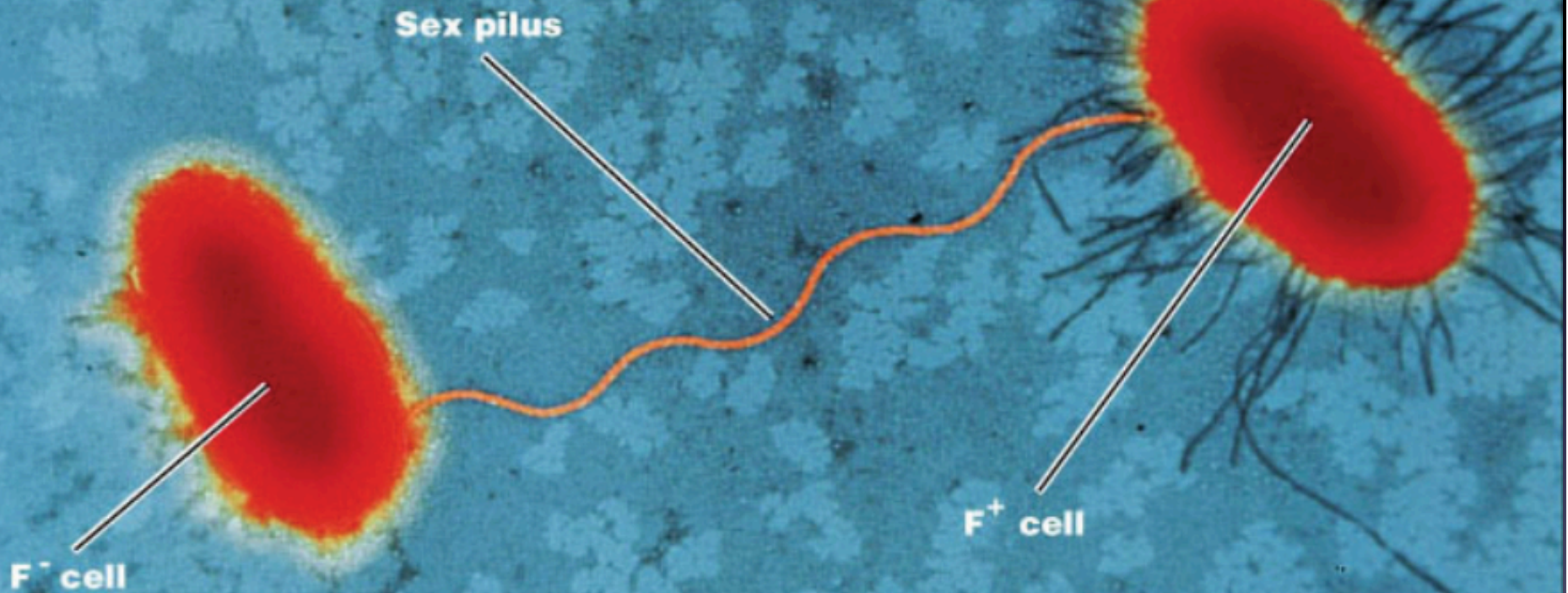
# SACCHAROMYCES CEREVISIAE HAVING SEX

イースト菌（パン酵母）...性が31





## ESCHERICHIA COLI HAVING SEX



大腸菌...性が10種類くらいある。  
通常は細胞分裂で増える（単性生殖）が、時々他の個体と遺伝子を交換する。  
セックス（遺伝子交換）する前は、フェロモンを出しているらしい。つまり、  
大腸菌も時々ムラムラしている。





# 植物は雄雌同体が多い



植物は自分で移動できない。  
＝相手を探しに行けない

男でもあり女でもあれば、出会い  
の確率が倍になる。

花を咲かせるというのは、ある意味  
で「今が発情期です」というア  
ピール（ただしカップルする相手  
へ、というよりは受粉する昆虫等  
へのアピール）



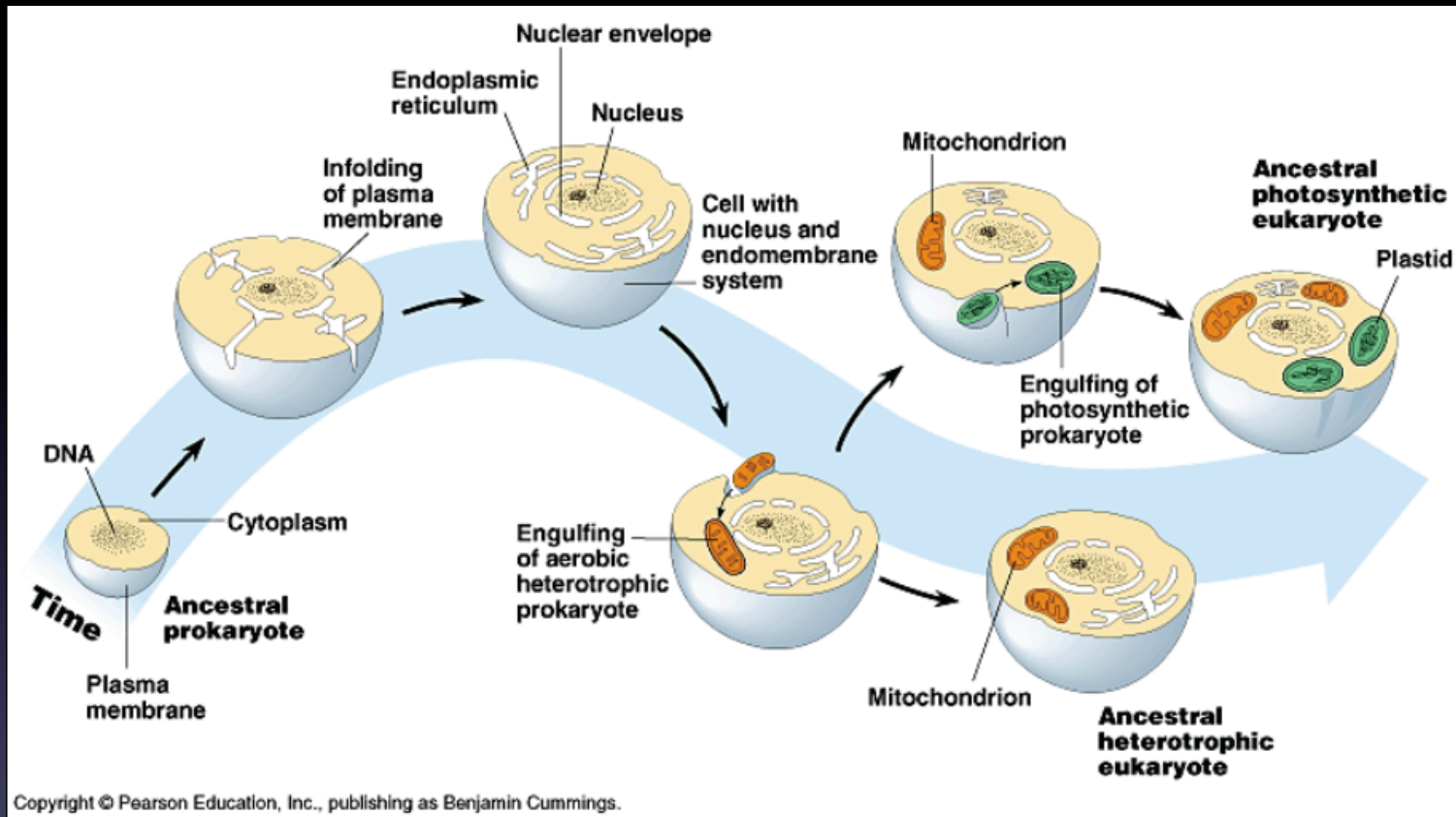
# 実らない恋





なぜ、多くの生物で性が2種類なのか？

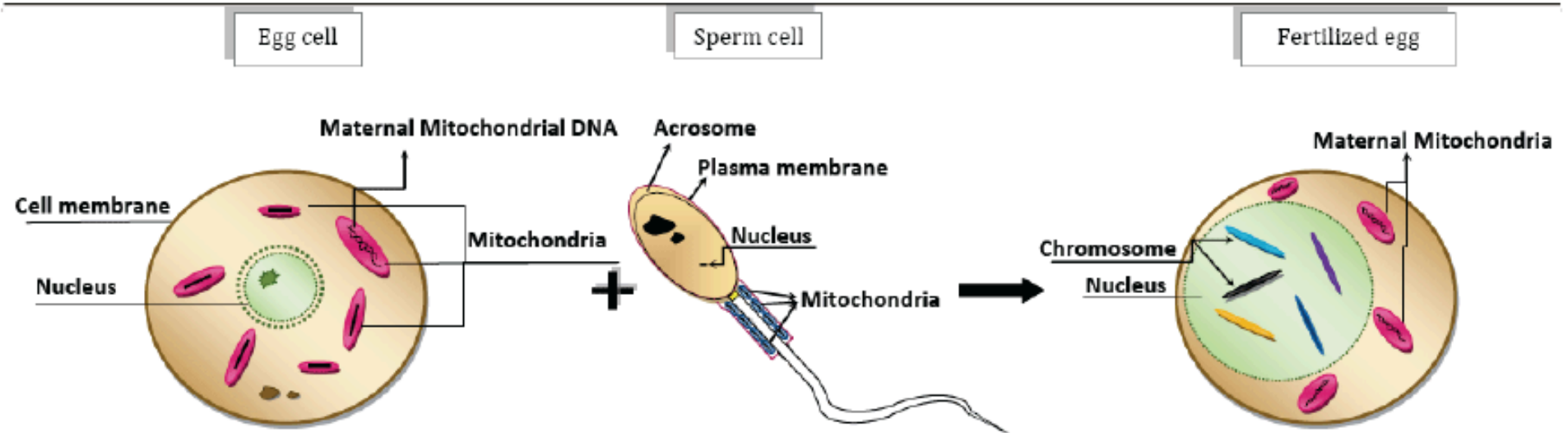
# (恐らく) 我々が合成生物だから。



我々の直接の祖先である真確生物は、酸素を使った呼吸でエネルギーを取り出すのが得意なバクテリア細胞内に「共生」させてエネルギーを得ることにした。もともと別の生物だったミトコンドリアは、やがて細胞内の一つの器官になった。それがなぜ性を二つに分けたかというところ....

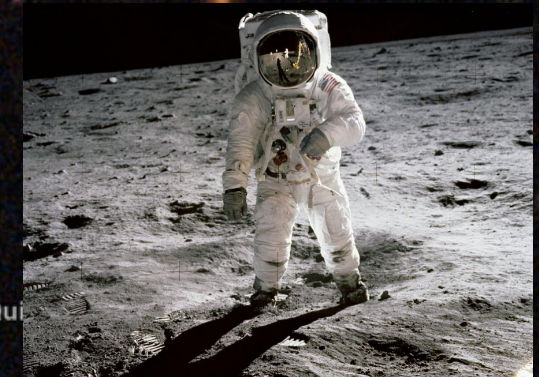
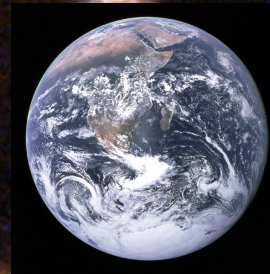
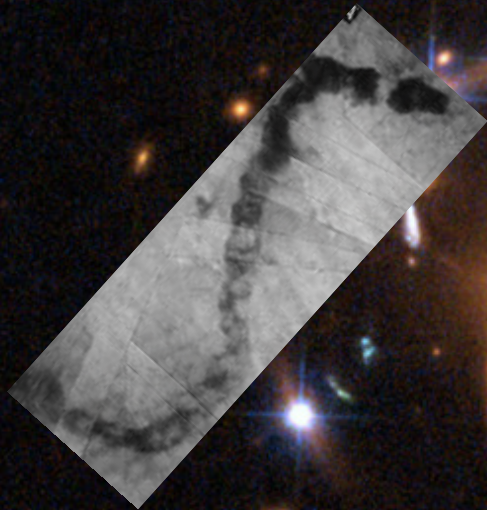
# 男女の非対称性の起源？

ミトコンドリアを伝える性（♀）と伝えない性（♂）に分かれた。  
♀が卵子の中にミトコンドリアをそのまま持って来て、♂は自分のDNAだけを渡す。  
自分自身は遺伝子交換して多様性を確保、進化しつつ、ミトコンドリアは進化させないため。





宇宙の歴史は、複雑さと多様性を増してきた歴史。



Galaxy Cluster SDSS J1004+4112: "Qu"

人間の営みもまた、この宇宙で発生した自然現象のひとつ