

# 生命の定義

山岸明彦

東京薬科大学

生命科学部

# 生命

- 動物、植物、カビ
- 細菌
- ヴィールス

# 生命

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピューターウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# 生命の定義

# 生命の定義

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピュータウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# 生命の定義

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピュータウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# 生命の定義

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピュータウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# 生命の定義

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピュータウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# Definition:

- Suppe 1977 The structure of Scientific Theories
  - Necessary conditions
  - Sufficient conditions
- Nietzsche
  - There are concepts that can be defined, whereas others only have a history.

# 生命の定義

- 無いという考えもある。歴史的に定義される。あるいは、説明される。
- NASAの定義と限界
- 日本での理解
- 現在も研究対象である。
- 生物はシステム：その要素は生きている
  - 自由エネルギー
  - 動的平衡

# ジョイスの定義

## NASAの定義

- *Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution.*
- 生命とは、ダーウィン進化を行いうる、自己維持できる化学システムである。
- ダーウィン進化:
  - 自己複製、自己増殖
  - 歴史的に続く物質的存在
  - 遺伝的変異
  - 自然選択

## G. Joyce: Forward for Origins of Life (1993)

- There is no single definition that satisfies the entire scientific community.
- Exobiology Program within the NASA
- *Life* is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution.
- Darwinian evolution:
  - Self-reproduction,
  - Material community over an historical lineage,
  - Genetic variation,
  - Natural selection.

# 生命の定義

- ウサギ
- ミツバチ
- 赤血球
- コンピュータウイルス
- ローソクの炎
- コンピューター

# Darwin 1859, p 5

- As many more individuals of each species are born than can possibly survive; and as, consequently, there is a frequently recurring struggle for existence, it follows that any being, if it vary however slightly in any manner profitable to itself, under the complex and sometimes varying conditions of life, will have a better chance of surviving, and thus be naturally selected. From the strong principle of inheritance, any selected variety will tend to propagate its new and modified form.[Darwin 1859, p 5]

# ダーウィン 「種の起源」

- 「生存可能な数よりも多くの子孫がそれぞれの種から生まれる。そのため、生存のための競争が頻繁に繰り返される。その結果、複雑な時々変化する生存条件の中で、もしほんの少しでも何らかの点で有利であるような個体があると、その個体にはより大きな生存の機会が生じ、その結果、その個体は自然によって選択されることになる。強力な遺伝のしくみにより、選択された個体のもつ変化した新しい性質は広がっていくことになる。

[Darwin, C. 1859, p. 5, On the origin of species, 1<sup>st</sup> ed. ]

# ダーウィニズム

(ウォーレス現代生物学)

- 生物の多産
- 限られた資源
- 変異の存在
- 最適者の生存
  
- 自然選択

# A. Lazcano, 2008, Chemistry and Biodiversity, vol 5. 1-15

- Life could be defined as a self-sustaining chemical system that is capable of undergoing *Darwinian* evolution.
- The properties associated with living systems, such as replication, self-assembly, or catalysis are also found in nonliving entities.

# 生命と地球の歴史

## 磯崎・丸山

- ある種の境あるいはしきりをもって、周囲の外世界から独立した空間を保持する。
- 外界から物質やエネルギーを取り込んだり放出したりする代謝を行う
- 自己複製を行う（繁殖する）
- 世代交代を通して進化する

# アストロバイオロジー

## 小林憲正

- 代謝をおこなう
- 自己複製を行う
- 外界との境界をもつ
- 進化（変異）する
- （江上不二夫）

# 生命の定義: PICERAS

コシュランド 2002 Science 295: 2215-2216

- プログラム (Program) : DNAに記録されたプログラムを持つこと。遺伝情報に記録されたプログラムによってタンパク質が作られ、細胞内で反応を起こさせる。
- 適応進化 (Improvisation) : 環境の変化が起きた場合、プログラムに変異がはいり、変異が入ったプログラムを持つ生き物の中からより好ましい対応をしたものが選択される。
- 境界で囲まれている事 (Compartmentalization) : 細胞膜あるいは皮膚で外界から区切られていること。生命が営む反応に関与する分子や触媒の濃度を維持することが必須であり、それを維持するための境界が必要である。

# 生命の定義: PICERAS

コシュランド 2002 Science 295: 2215-2216

- エネルギー (Energy) : 生物は開放系であり、様々な分子を取り込んで反応を進行させている。そこでは必ずエントロピーの増加があるので、それを補うためにエネルギーを常に補給する必要がある。地球では主に太陽のエネルギーによって生命活動は維持されている。
- 再生 (Regeneration) : 例えば心筋は一生の間止まることなく動き続けることができる。それは、心筋をつくるタンパク質が新たに作られ常に古い物に置き換わっている (再生している) からである。生命はそれだけで無く、細胞分裂によって古い細胞を新しくし、年取った個体が子供を産むことによって新しい個体となり再生する。

# 生命の定義: PICERAS

コシュランド 2002 Science 295: 2215-2216

- 適応 (Adaptability) : 適応進化が遺伝のプログラムを書き換える事によって環境変動に適応するのに対し、生命はもっと短時間のうちに環境変動に対して適応できる。これは、適応が予めプログラムの中に書き込まれていることによって実現している。
- 隔離 (Seclusion) : 情報や反応が隔離されていること。細胞内では様々な反応基質や様々なシグナル伝達物質が共存している。しかし、それらの反応やシグナルはお互いに混線することなく独立した反応経路やシグナル伝達経路を実現している。

# 生命とは何か (シュレディンガー)

- 負のエントロピー
- 自由エネルギー (第6章への注)

# 生命とは何か

## (シュレディンガー)

- 負のエントロピー
- 56. 生命を持っているものは崩壊して平衡状態になることを免れている。
- 57. 生物体は「負エントロピー」を食べて生きている。
- エントロピーではなく、自由エネルギーを論じるべきであったという批判（第6章への注）

## 自由エネルギー：

生き物は、自由エネルギーを  
使って生きている。

エネルギーとほぼ同意味

- 食物と酸素
- 平衡にたつると反応は停止する

# 自由エネルギー

- 食物と酸素
- 熱が出る反応
- 乱雑さが多くなる反応
- 「出る熱の大きさ」 + 「乱雑さの増え方」
- (エンタルピー変化) - (エントロピー変化)

# 自由エネルギー：

## 自由エネルギーが減る方向で 反応が進行する

- 熱が出る反応
- 乱雑さが多くなる反応
- 「出る熱の大きさ」 + 「乱雑さの増え方」
- (エンタルピー変化) - (エントロピー変化)
- 自由エネルギーがゼロになると反応は停止する

# 動的平衡

- 川が流れると、川の水分子は下流に流れてしまう。
- 川はそこから動いていない。
- 人の原子は、数百日後には、全く別の物になる。
- 死ぬと、動的平衡から、平衡に移行する。

## Maturana and Verela 1981, Autopoiesis and Cognition-the Realization of the Living

- Autopoietic system:
  - Entity defined by an internal processes of self-maintenance and self-generation.
  - the process whereby an organization produces itself. An autopoietic organization is an autonomous and self-maintaining unity which contains component-producing processes. The components, through their interaction, generate recursively the same network of processes which produced them. An autopoietic system is operationally closed and structurally state determined with no apparent inputs and outputs. A cell, an organism, and perhaps a corporation are examples of autopoietic systems.

# 散逸構造

- ジャボチンスキー反応
- <https://www.youtube.com/watch?x-yt-cl=84924572&x-yts=1422411861&v=IBa4kgXI4Cg>
- 自己触媒的（フィードバック）酸化還元反応により、時間的空間的周期構造が生まれる。
- 酸化還元基質が無くなると終わる。

## Pross, A. 2011 J. Systems Chem. 2, 1-14

- Toward a general theory of evolution:  
Extending Darwinian theory to inanimate matter
- 非生物的反応で競争選択されるシステムへDarwinismを拡張する。
- Dynamic kinetic stability (DKS)
- 川の水
- 生命はより大きなDKSへ向かう
- 予言不可能だが、合目的的（？山岸）

Pross, A. 2011 J. Systems Chem. 2, 1-14

- Toward a general theory of evolution: Extending Darwinian theory to inanimate matter
- Evolution: Certain oligomeric replicating systems, through a process of imperfect replication and on-going kinetic selection, will tend to evolve toward replicating systems of greater DKS.

Pross, A. 2011 J. Systems Chem. 2, 1-14

- Toward a general theory of evolution: Extending Darwinian theory to inanimate matter
- One whose replicating reaction would have been strictly governed by thermodynamic constraints, was transformed into a far from-equilibrium energy-gathering teleonomic replicating system. (Origin of Life)

# 生命の定義

- 無いという考えもある。歴史的に定義される。あるいは、説明される。
- NASAの定義と限界
- 日本での理解
- 現在も研究対象である。
- 生物はシステム：その要素は生きて  
いる
  - 自由エネルギー
  - 動的平衡