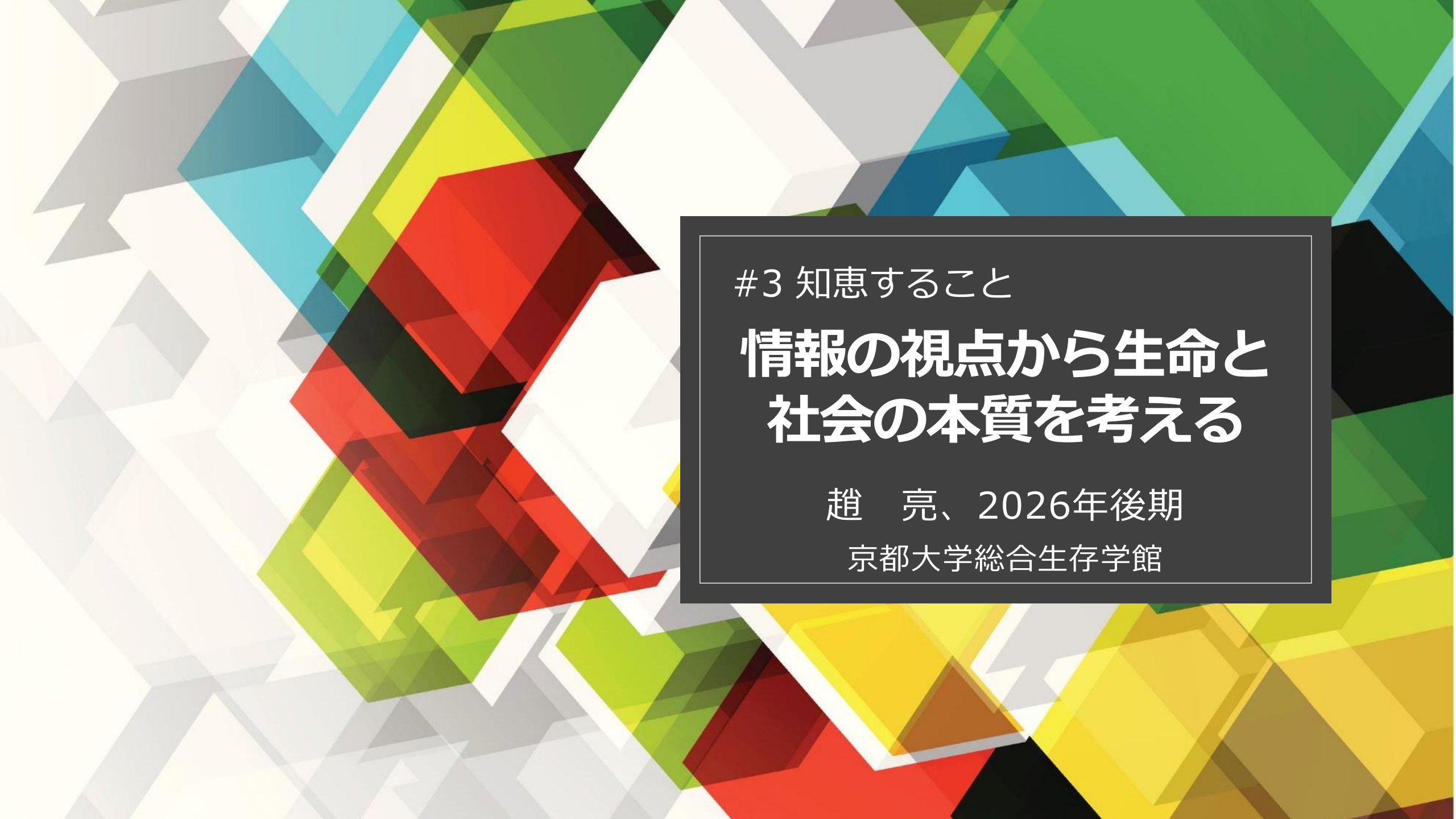




#3 知恵すること

情報の視点から生命と 社会の本質を考える

趙 亮、2026年後期

京都大学総合生存学館



授業計画

資料 <https://u.kyoto-u.jp/gm8h4>

履修確定してからはLMSで資料共有

10/6 1. 授業の概要	10/13 2. 宇宙, 地球, 生命, 人類, 人 間社会等	10/20 3. エントロピー, シュレディン ガーの考察等	10/27 4. ホモ・サピエ ンス繁栄の秘密	11/10 5. 自然進化論, 自己組織化, 散 逸構造等
11/17 6. 熱力学第二法 則, 情報とエネ ルギー等	11/26 7. 人工知能 (AI) からの挑戦	12/01 8. 中間発表	12/08 9. 智慧とはなに か. 学習・乱択	12/15 10. 創造とイノ ベーション
12/22 11. 自由エネル ギー理論ー脳科 学の最先端	01/05 12. AIとAI倫理	01/12 13. シンギュラ リティ、超知能、 未来生命	01/19 14. 期末発表	01/26 15. フィード バック（授業な し）

スケールが違うと見えるものも違う

筆者撮影



地球から2万9000キロメートルの距離から撮影された「ザ・ブルー・マープル」



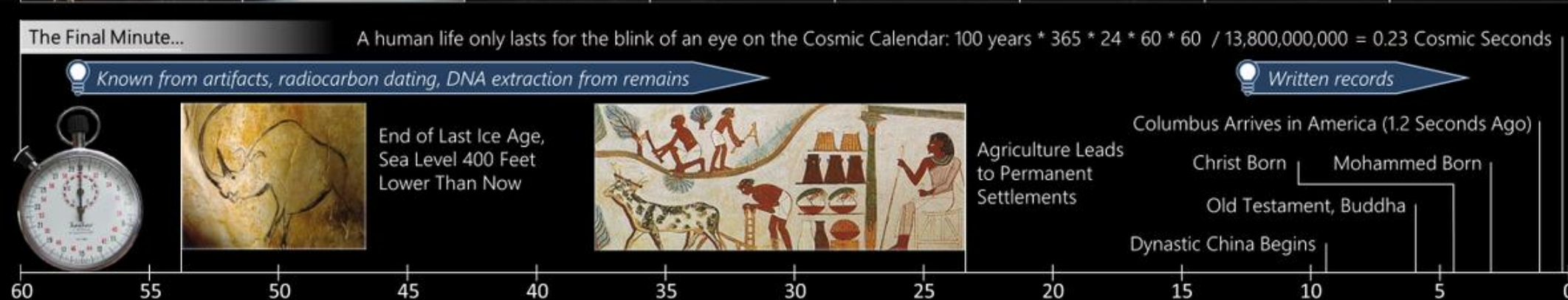
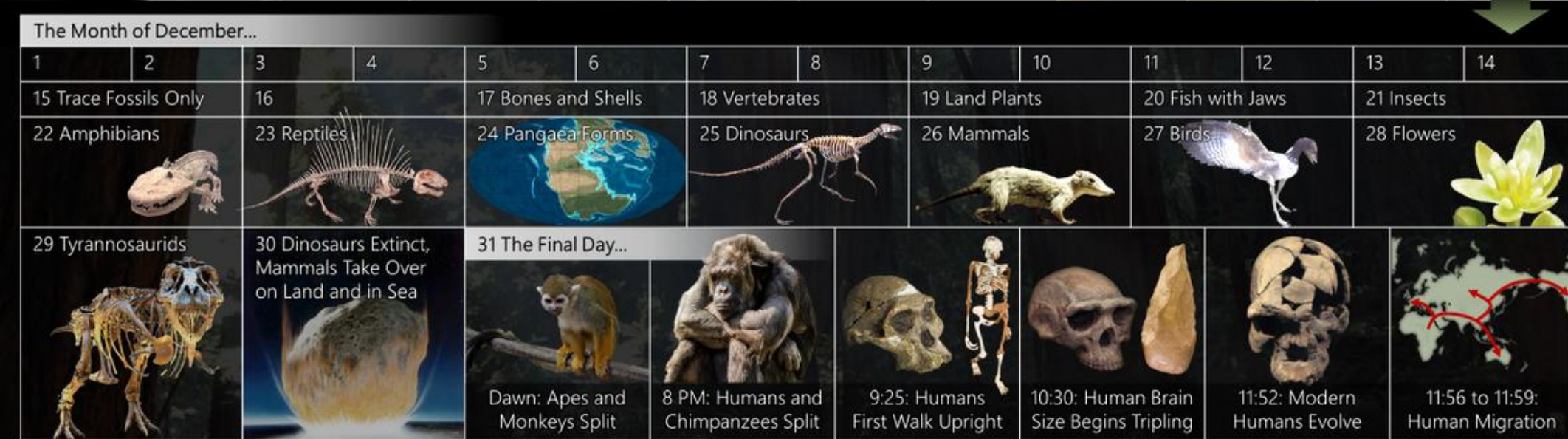
1972年12月7日にアポロ17号の宇宙飛行士によって撮影された地球。

NASA

<https://www.businessinsider.jp/post-263146>

The Cosmic Calendar

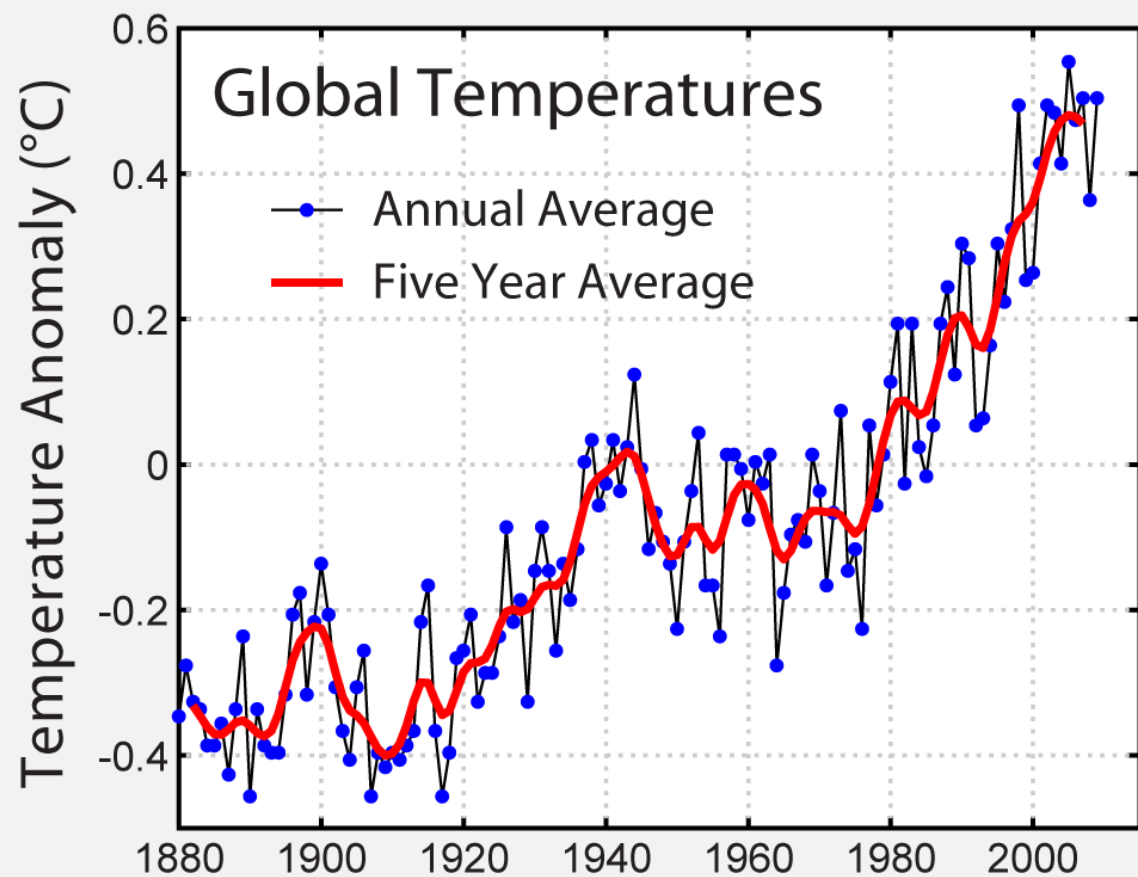
The 13.8 billion year history of the universe scaled down to a single year, where the Big Bang is January 1st at midnight, and right now is midnight 1 year later



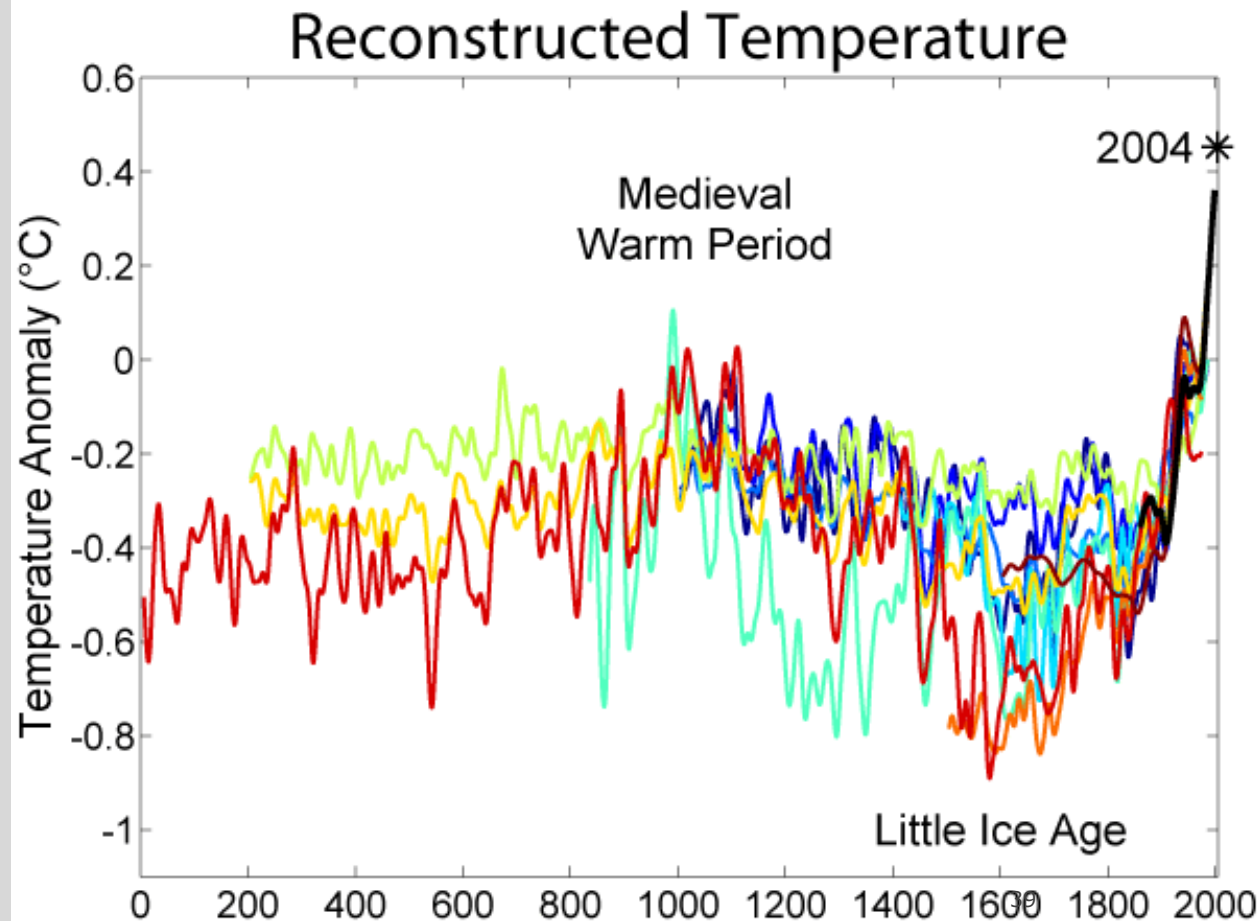
復習：宇宙
カレンダー
([Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_Calendar))

別例：気候変動（を異なるスケールでみる）

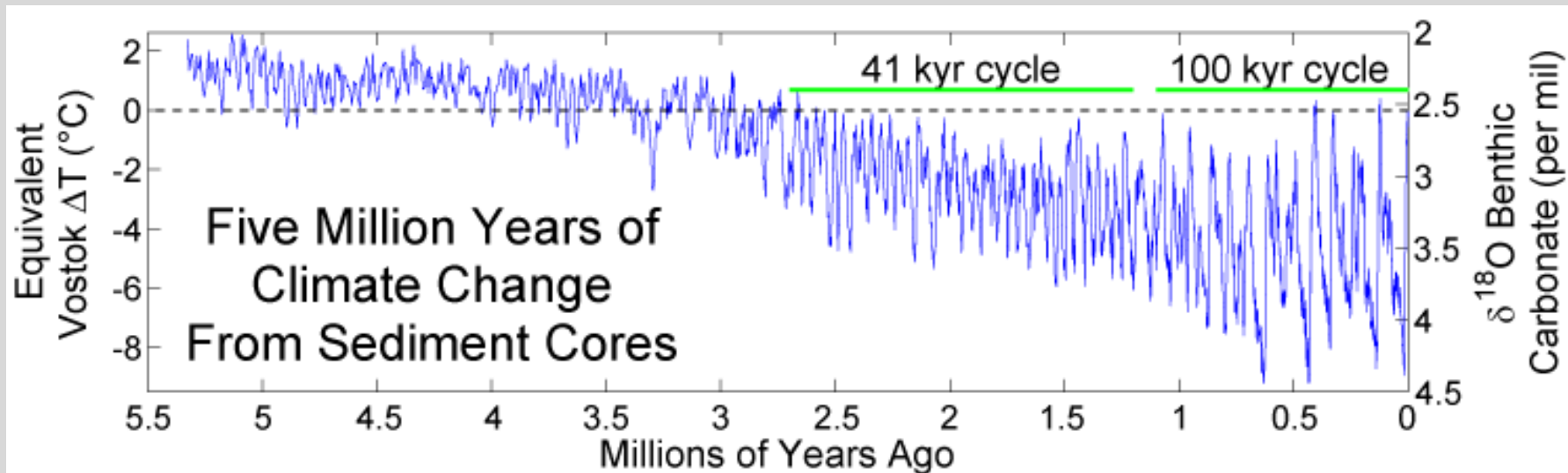
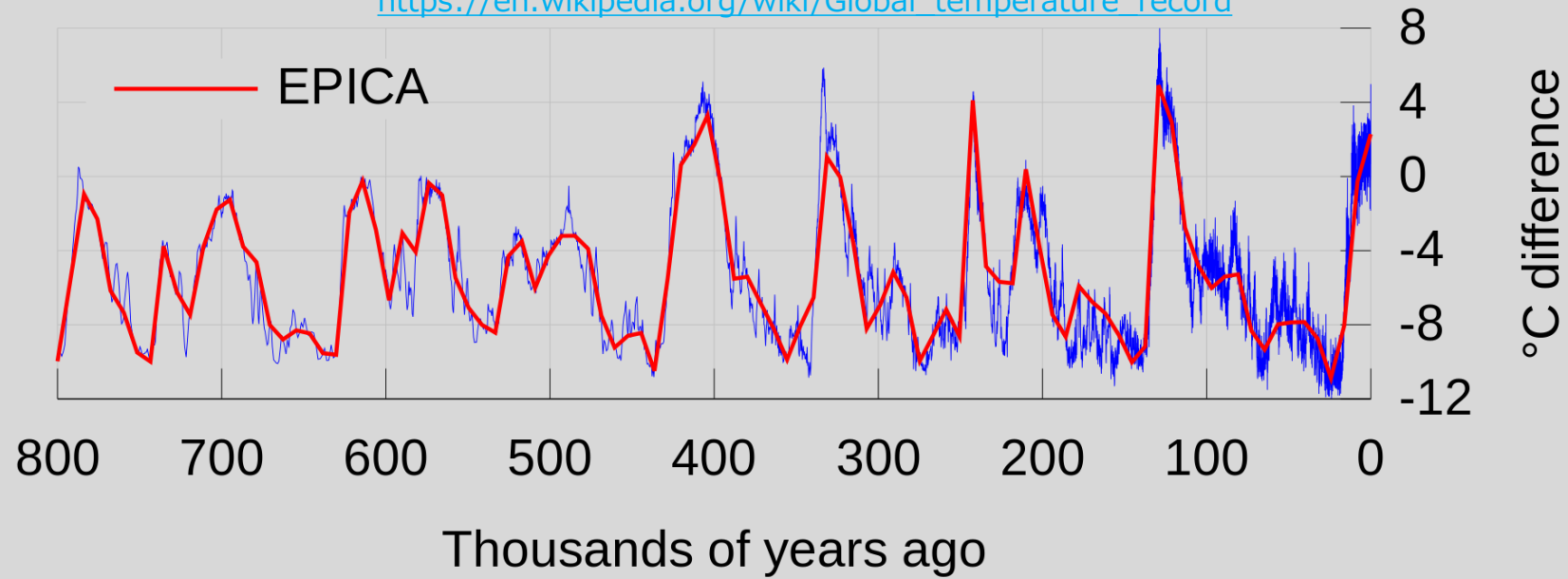
<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>



https://en.wikipedia.org/wiki/Global_temperature_record



https://en.wikipedia.org/wiki/Global_temperature_record





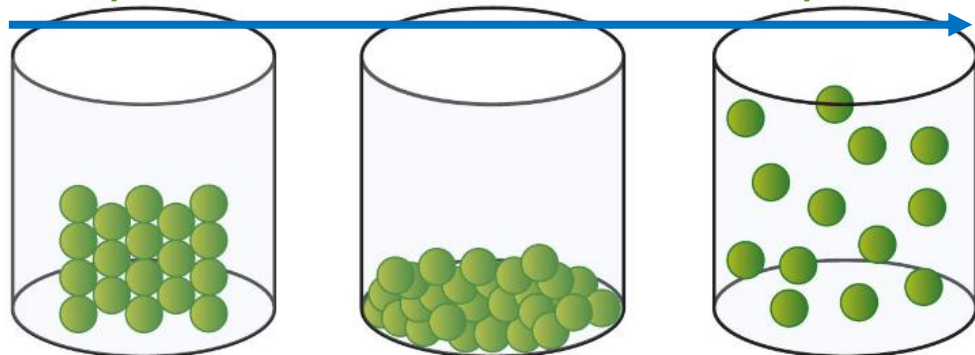
大きいスケールで生命をみてる

- 現代科学の**思考**（シュレーディンガー, 1944）
自然は乱雑になっていく
- **物質**：**熱力学第二法則**に従う ⇒ エントロピー↑
- **生命**：↑の法則に従わない ⇒ エントロピー↓ 生命は秩序を求めていく

注：分野によって言葉「自然」の意味が異なるが、この授業では、物質としての存在を意味する。

秩序と秩序の方向

秩序高い/自由度少ない 秩序悪い/自由度高い



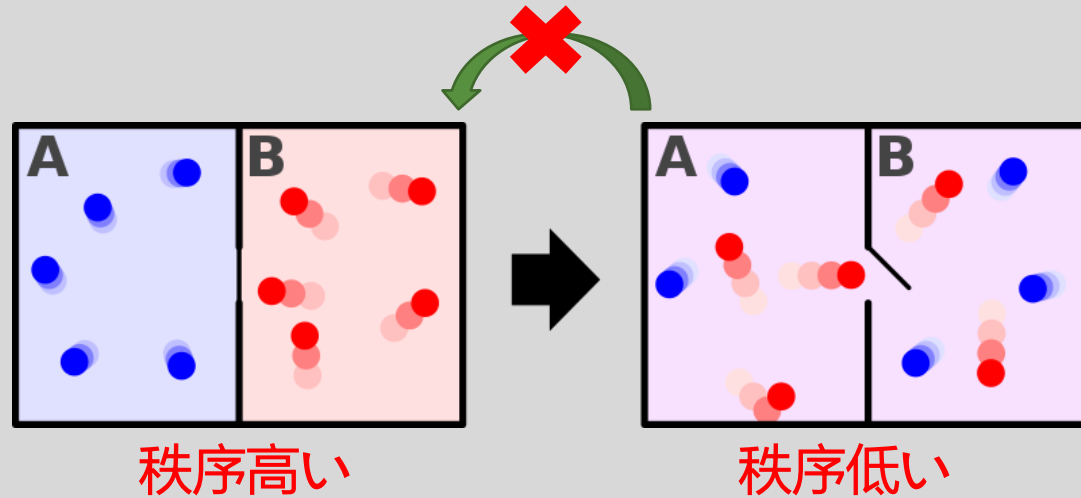
物質の三態（固、液、気）はどれだ？

https://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/s11-02-solids-and-liquids.html



観察：熱い水と冷たい水を混ぜるとぬるま湯になるが、逆は起こらない。

熱力学第二法則

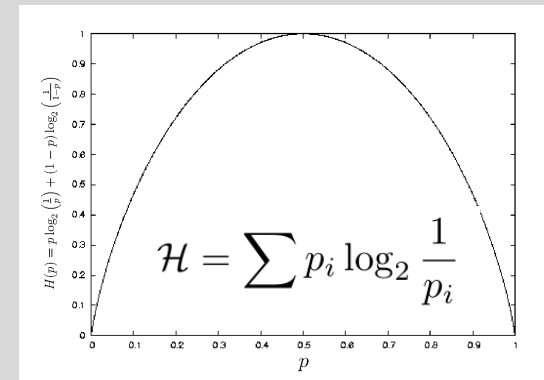


クラウジウス：低温の熱源から高温の熱源に正の熱を移す際に、他になんの変化もおこさないようにすることはできない（原康夫「物理学通論」）

プランク：自然に起こる過程は、系のエントロピーが増える一方だ。

エントロピー：系の自由度や乱雑さを表す量

1. 熱÷温度（熱力学、Clausius, 1865）
2. $k \ln(W)$ （統計力学、Gibbs, 1878）、ただし、 k は（ボルツマン）定数、 W は微視的状态数；
3. $\rightarrow$ （情報学、Shannon, 1949） $\rightarrow$



秩序の定量化とエントロピー

乱雑 ⇒ エントロピー高い
整然 ⇒ エントロピー低い

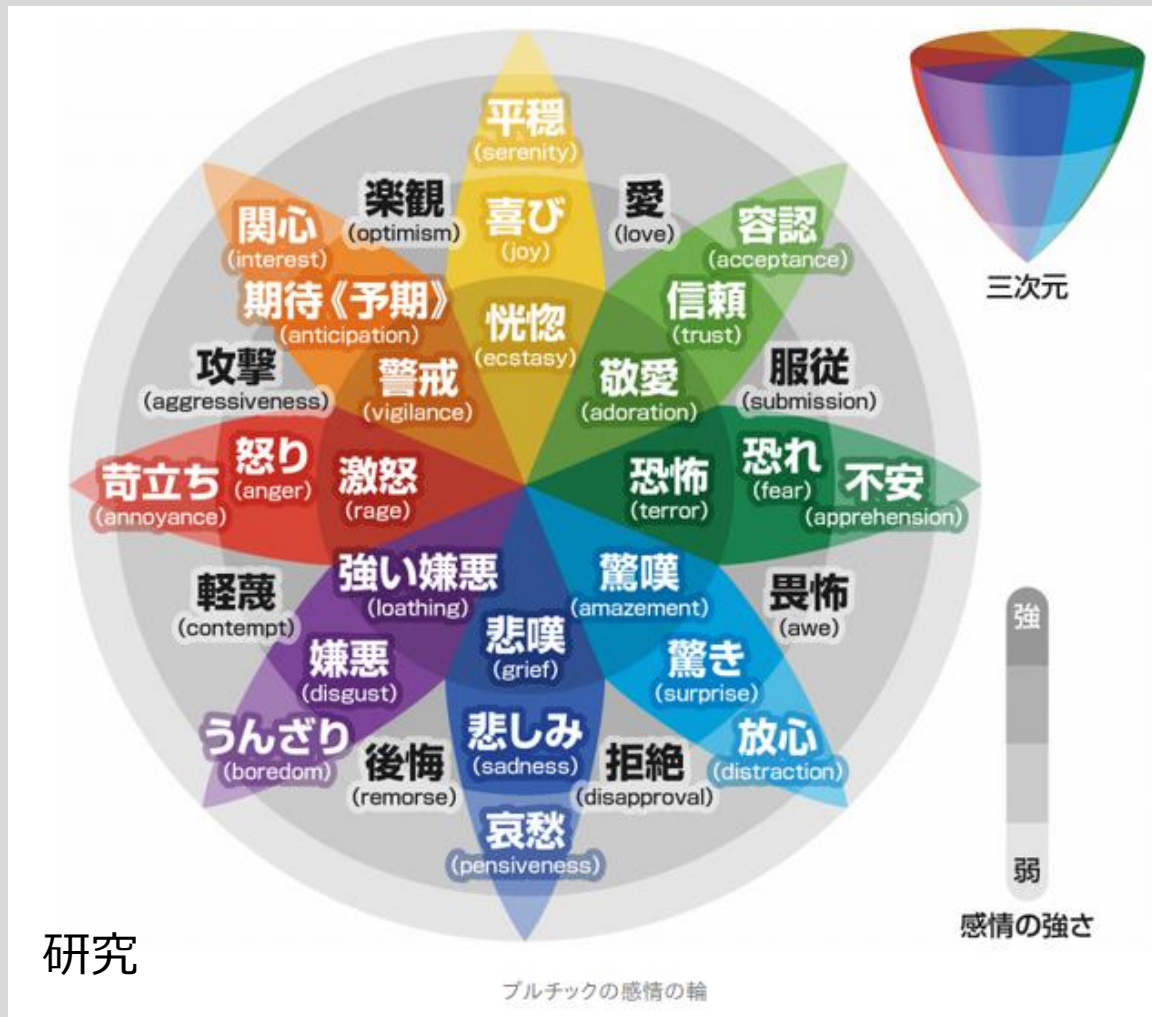
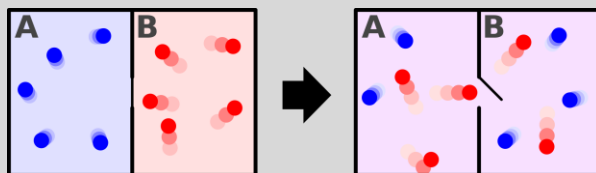


図 <https://swingroot.com/plutchik-emotion/>

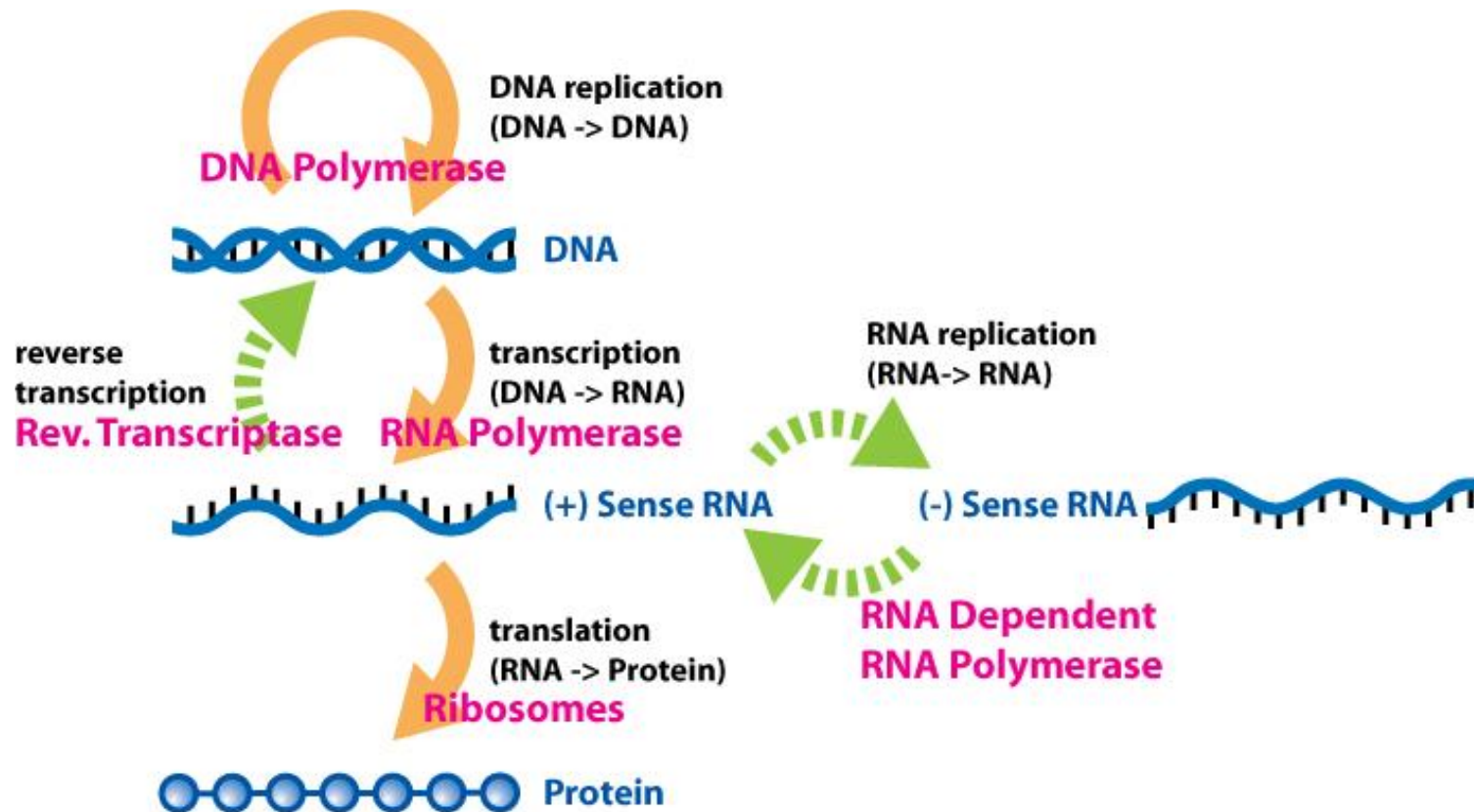
熱力学第二法則の補足

- 。エントロピー増大則とも言う：断熱系において不可逆変化が生じた場合，系のエントロピーは増大する．⇒ 宇宙の熱的死，環境問題等
- 。経験則（ミクロな理論からの証明はまだ）．証明するには「時間の矢」(なぜ時間は一方向しか進まないのか。エントロピー増大の方向＝時間の方向？) や「マクスウェルの悪魔」(後述)を解決する必要がある．
- 。「これが覆されることは決してない、普遍的意味を持つ唯一の物理理論だと確認している。」ーアインシュタイン（出典：Scale by G. West）

<https://www.youtube.com/watch?v=NGae7WPNhb0>

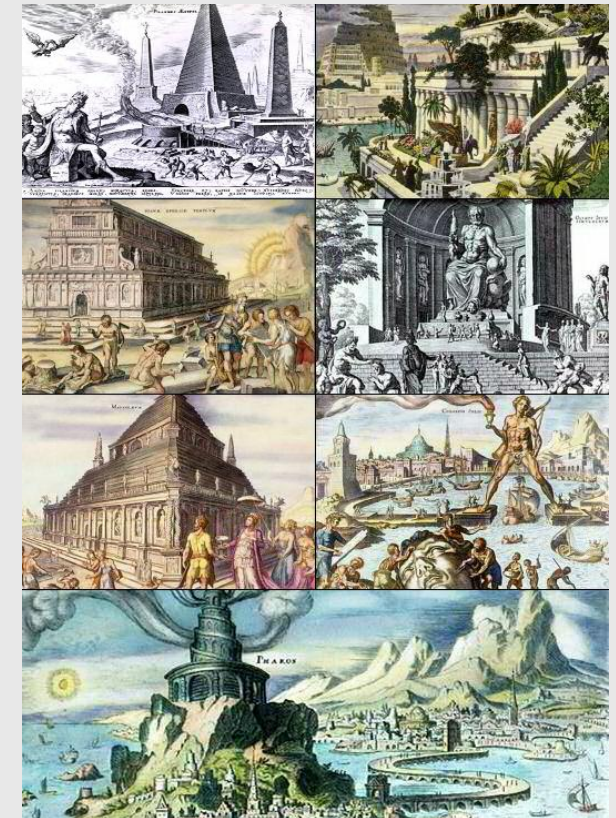


By Tenet Movie Poster (#3 of 17) - IMP Awards, Fair use,
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=61453495>



Extended Central Dogma, By User:Dhorspool, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26070240>

事例研究 1 : 遺伝情報と自然



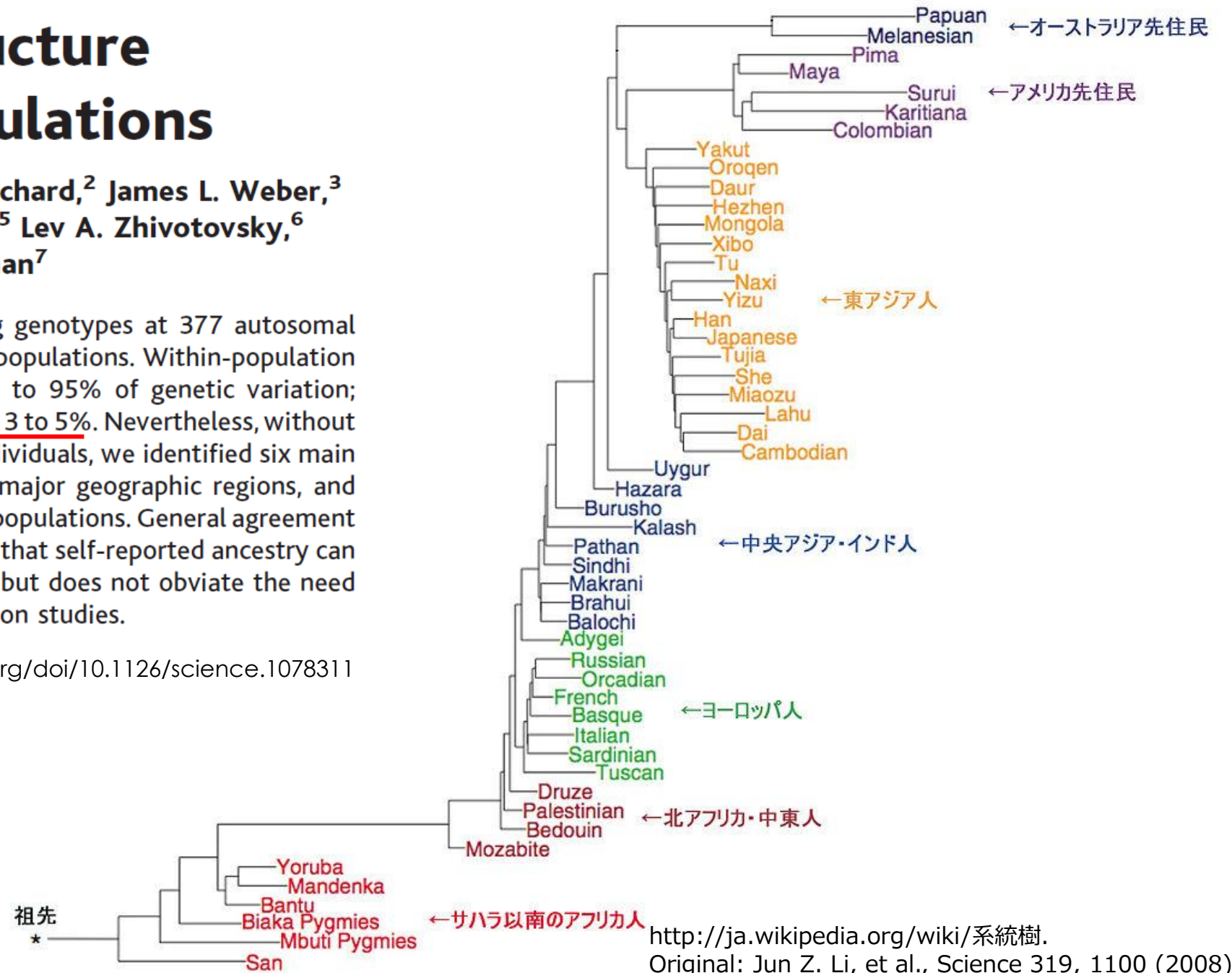
https://en.wikipedia.org/wiki/Seven_Wonders_of_the_Ancient_World

Genetic Structure of Human Populations

Noah A. Rosenberg,^{1*} Jonathan K. Pritchard,² James L. Weber,³
Howard M. Cann,⁴ Kenneth K. Kidd,⁵ Lev A. Zhivotovsky,⁶
Marcus W. Feldman⁷

We studied human population structure using genotypes at 377 autosomal microsatellite loci in 1056 individuals from 52 populations. Within-population differences among individuals account for 93 to 95% of genetic variation; differences among major groups constitute only 3 to 5%. Nevertheless, without using prior information about the origins of individuals, we identified six main genetic clusters, five of which correspond to major geographic regions, and subclusters that often correspond to individual populations. General agreement of genetic and predefined populations suggests that self-reported ancestry can facilitate assessments of epidemiological risks but does not obviate the need to use genetic information in genetic association studies.

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1078311>



<http://ja.wikipedia.org/wiki/系統樹>.
Original: Jun Z. Li, et al., Science 319, 1100 (2008)

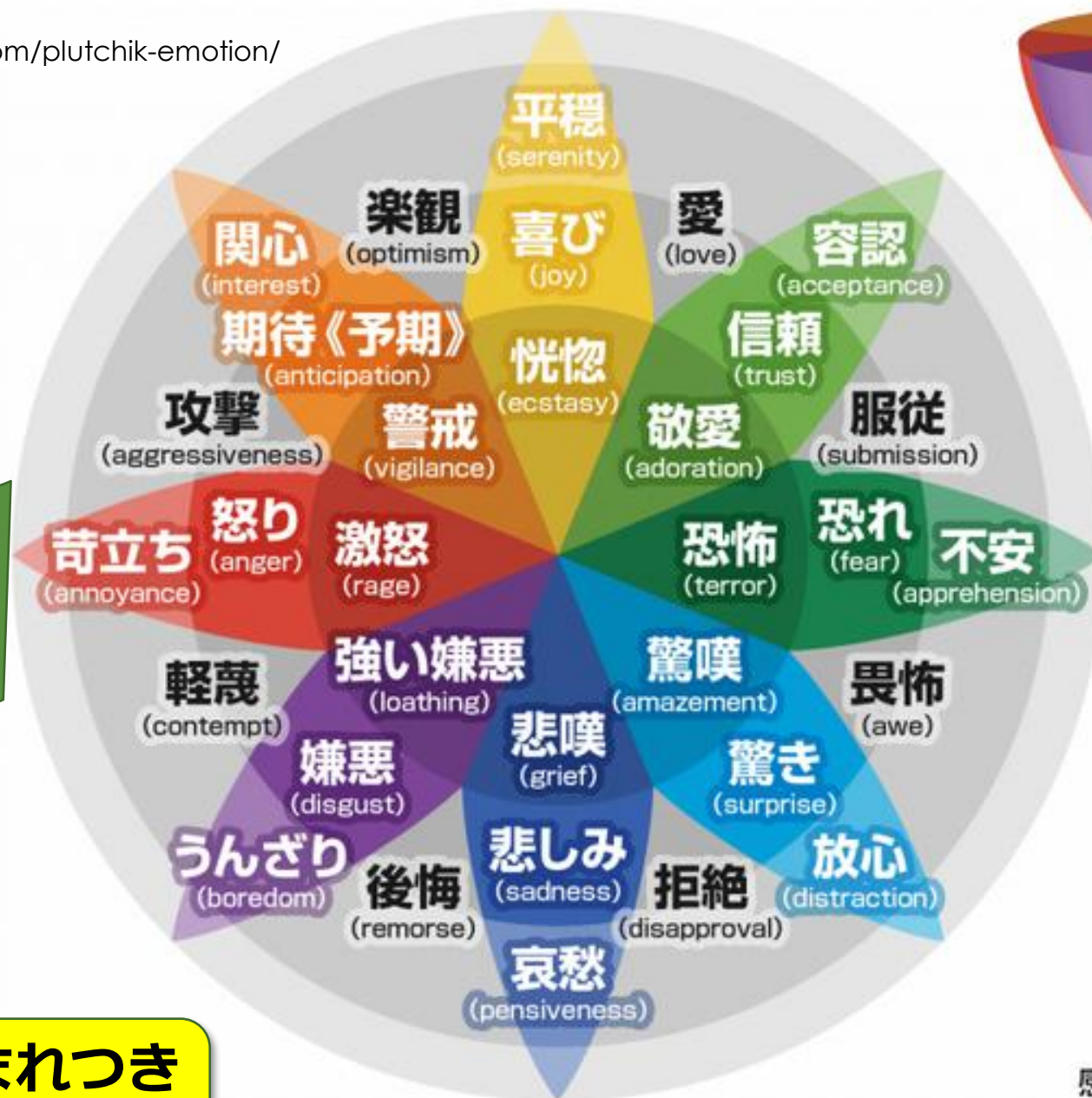
* All death rates are calculated as the share of fatalities relative to the world population at the time (rate of deaths per 100,000 people).



Licensed under [CC-BY-SA](#) by the author Max Roser.

深い理由：自由を求める
ことが自然だから（趙）

心理学の解釈：我々は生まれつき
で負の感情が強くて多いためだ。



三次元

強

弱

感情の強さ

ブルチックの感情の輪

エントロピーの視点から人間を見る

- 自然らしさ：乱雑、自由、冒険、自然、創造、批判、破壊、多様性等
- 生命らしさ：秩序、制約、理性、真理、科学、協調、法律、統一性等
- 具体例
 - 人間は、**生まれつき**で**好奇心**を持つ。例えば宇宙探索（地球崩壊前に宇宙へ移民！）
 - **一方**、人間は、常や**真理**を追究し、**美**や**天下統一**を求めようとする。



What Makes Tetris so Incredibly Addictive?

🕒 Posted June 27, 2017 6:49 AM, [Morgan Shaver](#)
In #Feature, #Life

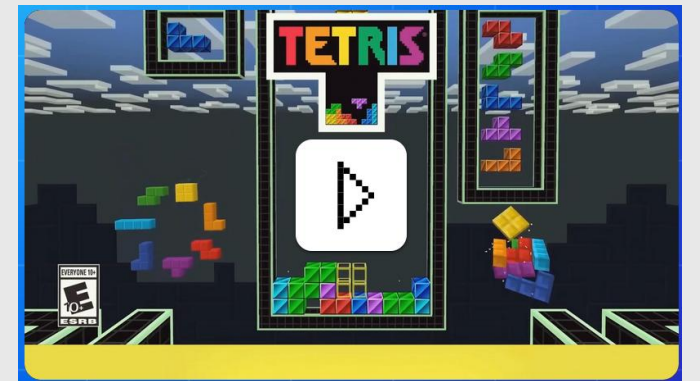
Believe it or not, there's a perfectly good reason why you can't stop playing the world's greatest puzzle game.

Tetris celebrated its 30th anniversary in 2014. Speaking to its longevity, the game's creator, Alexey Pajitnov, said that, "Tetris is a very simple game, but it appeals to many players because it's both visually and intellectually challenging."

"I think that's what makes the game so addictive. We have an inherent desire to create order out of chaos, and Tetris satisfies that desire on a very basic level, while being easy to understand and quick to learn."

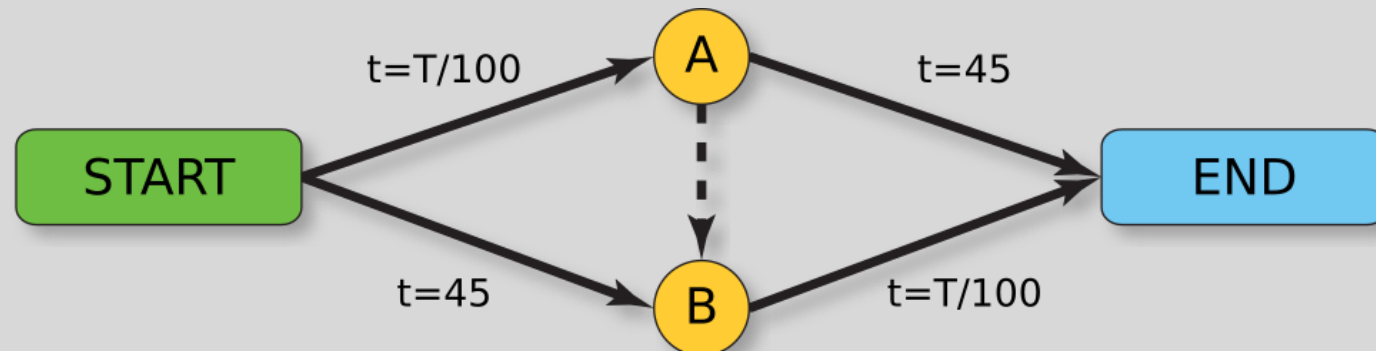
事例分析 2

<https://tetris.com/article/44/what-makes-tetris-so-incredibly-addictive>
(Accessed: Aug 2024)



エントロピーの視点から人間社会を見てみる

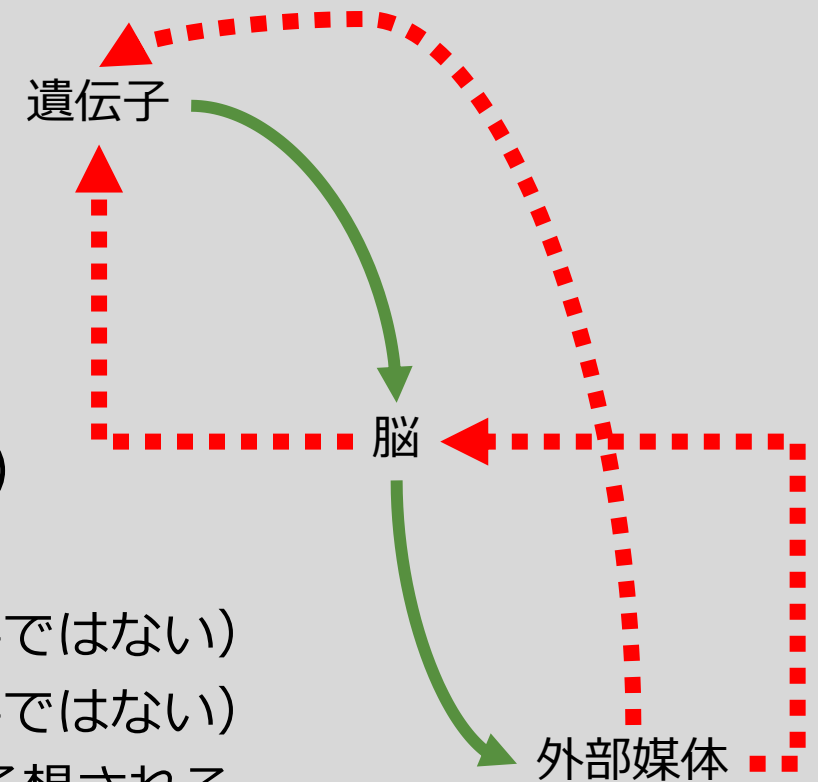
- 東洋文化と西洋文化の違いは、相対的に前者は生命/秩序重視、後者は自然/自由重視。
- トランプ氏は自然的（国際条約撤退、秩序破壊、自由（銃やマスク等））、バイデン氏は生命的（国際条約復帰、秩序強調（マスクやワクチン等））
- 人間は生まれつきで負の感情が強くて多い。懷疑や喧嘩、紛争が自然に起こる。一方、昔から集団の規模を大きくしてきた（要努力。例：運動会やライブ）
- 注意：秩序多い≠エントロピー低い。法律や道路などがその例。



Braess' paradox: A → B が速ければ速いほど START → END が遅くなる (Wikipedia)

生命の三段階

- Life 3.0 (Max Tegmark)
 - Life 1.0 : 遺伝子のみによって進化するもの
 - Life 2.0 : 遺伝子と脳によって進化するもの
 - Life 3.0 : バージナルで進化できるもの
- 情報媒体に着目した考察 (情報こそ本質、趙)
 - Life 1.0 : 主な媒体は遺伝子
 - Life 2.0 : 主な媒体は脳 (遺伝子も重要だが、最重要ではない)
 - Life 3.0 : 主な媒体は外部媒体 (脳や遺伝子は最重要ではない)
 - 絶滅するものもあるが、より多彩な生命体の出現が予想される。



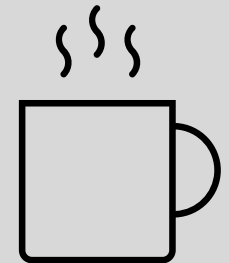
近代、頭脳による支配と秩序の向上

例えば貴族特権、人種・肌色・性別等の差別化の廃止

情報記憶媒体：遺伝子 ⇒ 脳 ⇒ 外部媒体（クラウドなど）。同期して
社会秩序の変化：遺伝子主導 ⇒ 生まれてからの努力 ⇒ 機械との融合

- これからの社会秩序は、情報の存在が物理存在より重要となる
- 自動運転、戦争の無人化
- 再生医療がさらに物理の存在を無価値にする（iPS細胞の意義）
- IT巨人（GAMAなど）が日常生活を支配
- Fintechは金融経済を支配
- ファン文化/推し、ゲーム、YouTuber、Tiktokなどバーチャル文化の新興
- 実体経済とバーチャル経済の分離、仮想通貨、SDGsなど

c.f. 2024年のノーベル賞



Discussion time