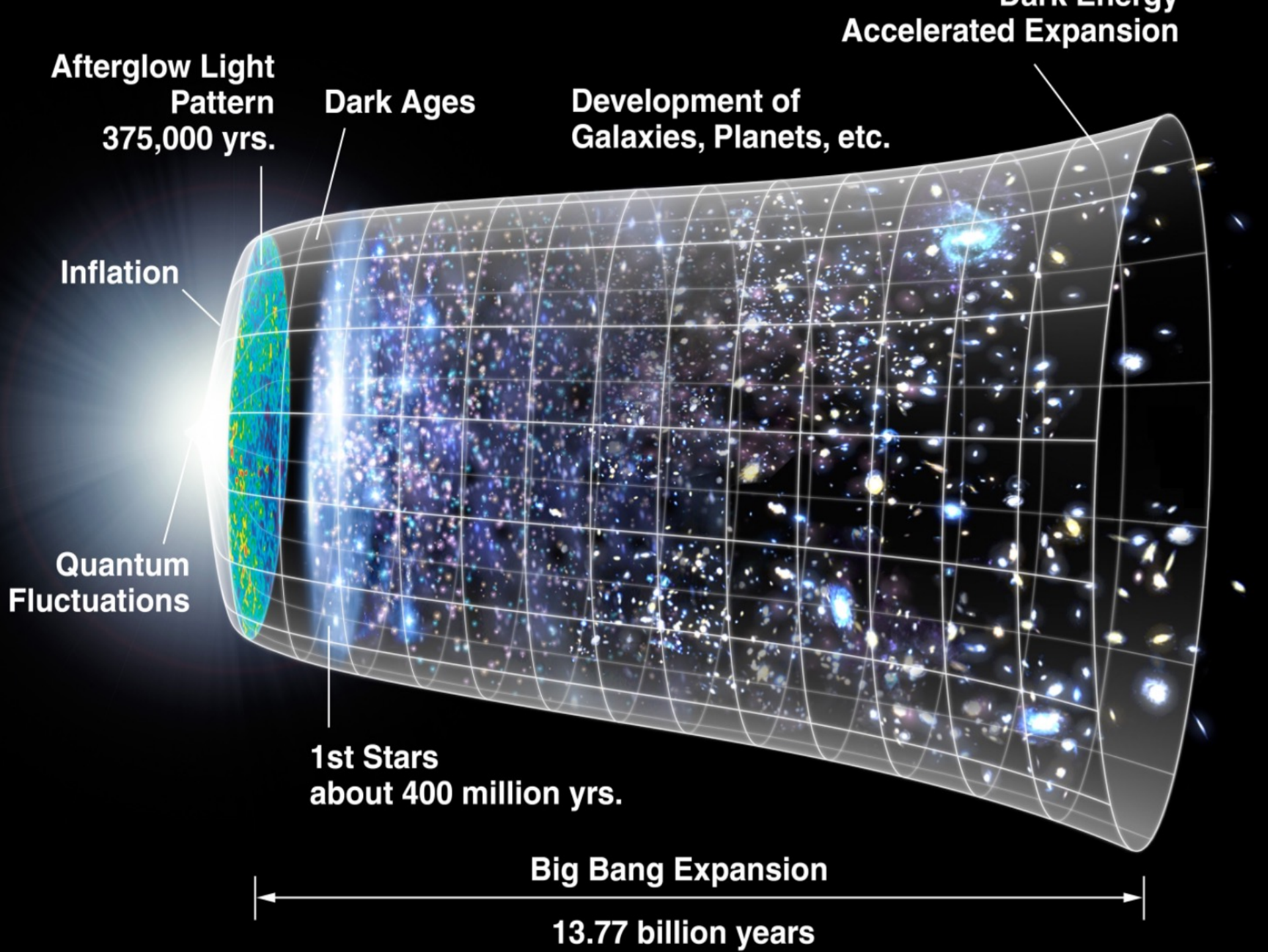


-
- 認識と情報
 - 感覚・運動能力
 - 言語能力と数学的認識
 - 感覚・運動能力の外的拡大
-

-
- 138億年前 - ビッグバン、宇宙誕生
 - 45億4000万年前(±5000万年) - 地球誕生。
 - 40億年前(±2億年) - 原始生命が誕生
 - 38億年前(±3億年) - 真正細菌(バクテリア)と古細菌(アーキア)の出現
 - 32億年前 - 光合成をする生物が現れる。藍藻(シアノバクテリア)
 - 27億年前 - シアノバクテリアが大量発生。
 - 21億年前(±6億年) - ミトコンドリア、葉緑体等に相当する生物と共生した真核生物の出現。
 - 10億 - 6億年前 - この頃、多細胞生物が出現
 - 6億 - 5億5000万年前 - エディアカラ生物群

-
- 古生代(約5億7000万 - 約2億5000万年前)
 - 5億4200万年前から5億3000万年前の間 - カンブリア爆発
 - 約5億3000万年前 - バージェス動物群
 - 4億2000万年前 - 植物の上陸
 - 3億6000万年前 - 脊椎動物(両生類)の上陸
 - 3億年前 - 爬虫類の出現
 - 2億5000万年前 - 爬虫類から双弓類を経て進化した恐竜の出現
 - 2億2500万年前 - 最古の哺乳類のアデロバシレウスの出現
 - 1億5000万年前 - 始祖鳥(鳥類の出現)。
 - 約6550万年前 - 霊長類の出現。
 - 2500万年前 - 最古の類人猿と思われる化石
 - 約1400万年前 - ヒト科がヒト科とオランウータン科に分



Dark Energy Accelerated Expansion

**Afterglow Light Pattern
375,000 yrs.**

Dark Ages

**Development of
Galaxies, Planets, etc.**

Inflation

**Quantum
Fluctuations**

**1st Stars
about 400 million yrs.**

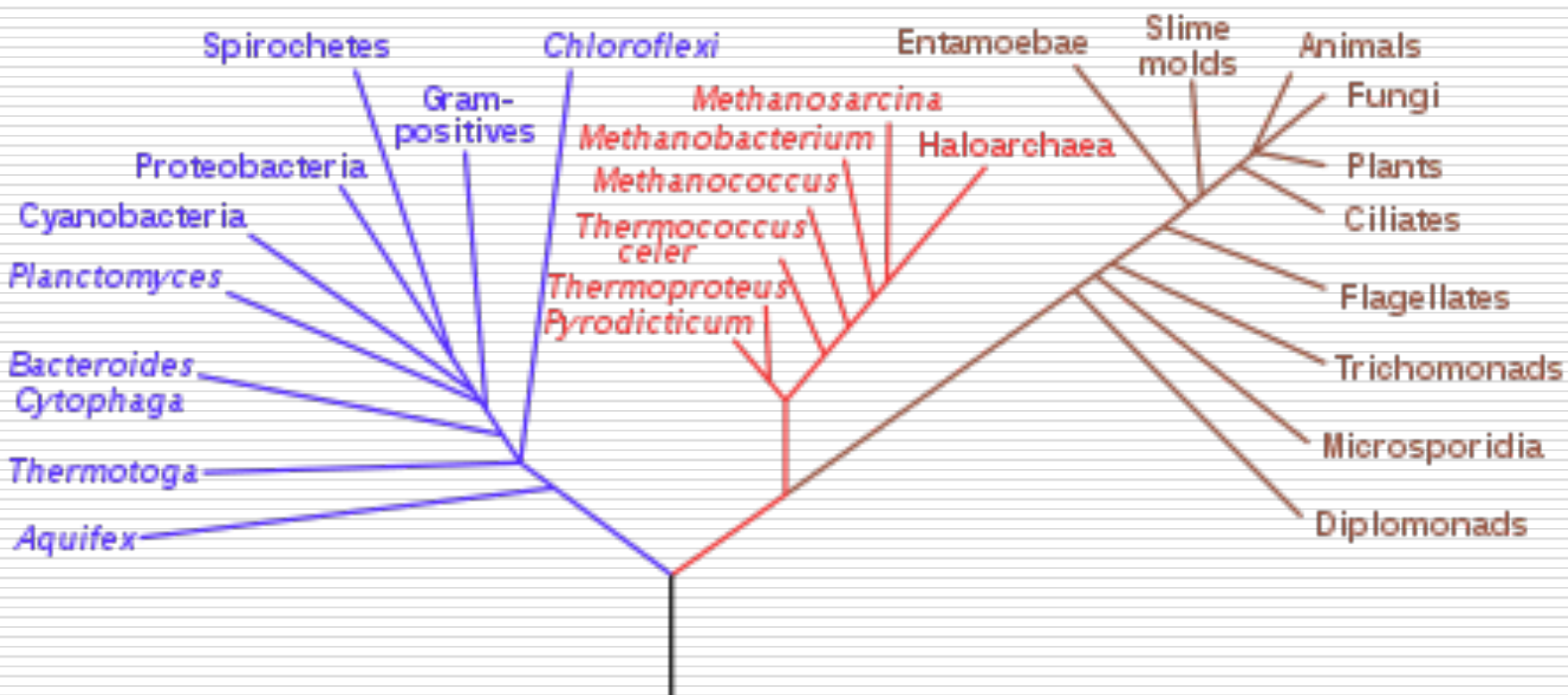
Big Bang Expansion

13.77 billion years

Bacteria

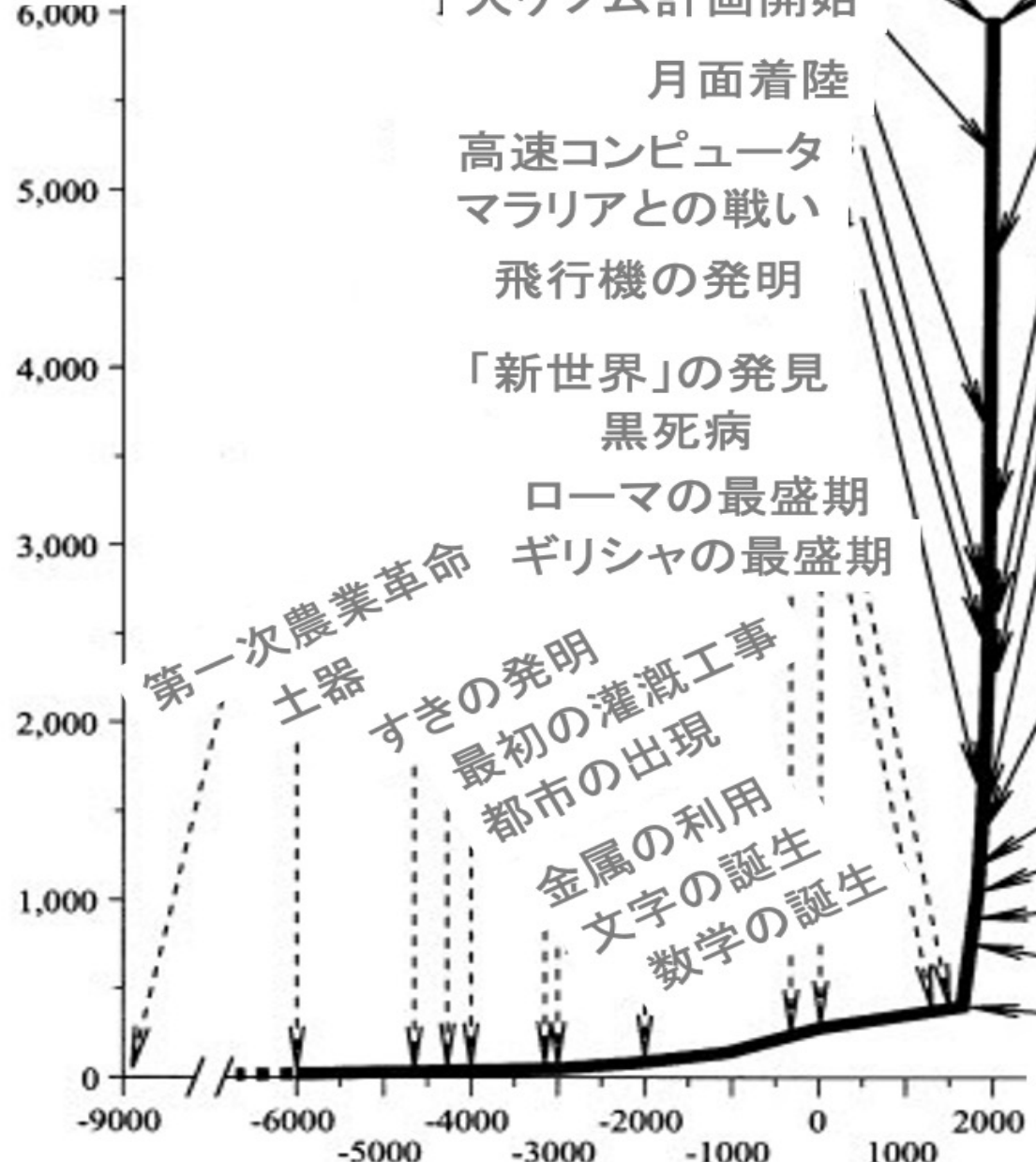
Archaea

Eukaryota



人類の歴史

人口
(百万人)



幹細胞研究
アメリカで承認

人ゲノム計画開始

月面着陸

高速コンピュータ
マラリアとの戦い

飛行機の発明

「新世界」の発見
黒死病

ローマの最盛期
ギリシャの最盛期

クローン羊ドリー

PC

核エネルギー

DNAの発見

ペニシリン

自動車の発明

電話の発明
電化

細菌学

鉄道

ワットの蒸気機関

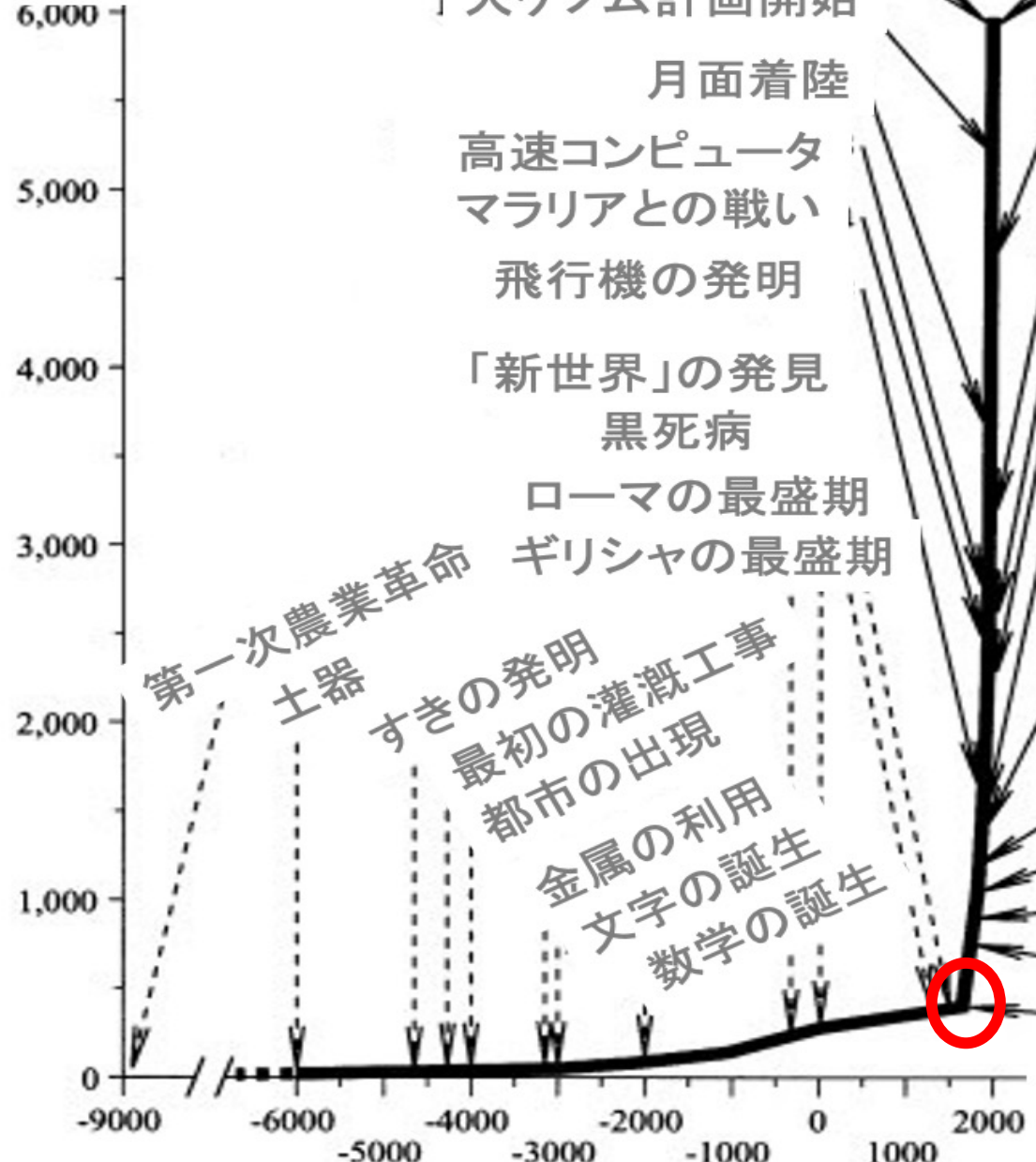
産業革命

第二次農業革命

時間(西暦)

人類の歴史

人口
(百万人)



幹細胞研究
アメリカで承認

人ゲノム計画開始

月面着陸

高速コンピュータ

マラリアとの戦い

飛行機の発明

「新世界」の発見

黒死病

ローマの最盛期

ギリシャの最盛期

第一次農業革命

土器

すきの発明

最初の灌漑工事

都市の出現

金属の利用

文字の誕生

数学の誕生

クローン羊ドリー

PC

核エネルギー

DNAの発見

ペニシリン

自動車の発明

電話の発明

電化

細菌学

鉄道

ワットの蒸気機関

産業革命

第二次農業革命



認識について考える

認識について考える

情報と認識

自然認識の拡大

数学的認識

認識の認識

認識について考える

情報と認識

自然認識の拡大

数学的認識

認識の認識



対象と方法

対象

ここでは、人間の認識について考えます。

対象としては、科学、おもに自然科学と数理科学の認識を対象にしています。

方法

科学の認識を認識する上で、科学の認識の歴史を知ることが重要だと考えています。

科学の対象としての自然の歴史の中で、人間の認識能力も生まれてきたものです。その意味では、人間の認識能力や科学の歴史も自然史の一部です。

新しい試みとして、科学の認識を、情報の言葉で語ってみようと思います。



意識と認識

欲望

生物の意識の最も古い起源は、「欲望」だと筆者は考えている。

個体のエネルギー代謝過程を維持し生存しようとする「欲望」、個体の遺伝情報を次世代に伝えようとする種保存の「欲望」は、すべての生物が持つ基本的な「欲望」である。

それは、単純な個別の「感覚-運動」の「刺激-反応」に帰着されるものではなく、それらの全体を、種保存の目的のためにコーディネートし、コントロールするドライバーである。

意識

欲望という意識のプリミティブな形は、生物が進化の中で発展させてきた、その「本能」と一体のものだ。

やがて、環境への柔軟でより高度な適応のために、欲望という本能と一体の意識の原基から、本能とは区別された「意識」が分離を始める。

ほとんどの動物は、意識を持っている。

人間の意識

地上の動物で、意識をもっとも高度に発達させたのは、人間である。

その意識の特徴の一つは、人間が他の動物とは違うものであるという意識、人間としての共通性、類としての自覚が生まれたことである。

それは、人間が作り上げた「宗教的意識」の結果である。

歴史的には、超越的なものとの関係で、我々は、我々が等しく無力な存在であることを知るようになったのかもしれない。

「理性」の概念

話は少し飛ぶ。

デカルトは、「明晰かつ判明に認識されるところのものは真である」とする。

同時に、そうした判断能力は、生まれつき全ての人に備わっているとする。

これは、類的存在としての人間の共通性の新しい認識である。それは、人間の認識能力を「理性」として特徴付ける新しい時代を準備するものだった。

感覚と情報 1

視覚



視覚の誕生と発展

- 生物の最も高度な知覚の器官は「眼」である。視覚は、今から5億年以上前のカンブリア紀に大きな進化を遂げたという。
- 捕食者として当時の生態系の頂点に立ったアノマロカリスは立派な眼を持っていた。視覚に生物学的な(視覚神経的な)共通の基礎があるのは当然のことだと思う。
- 機械学習の最も基本的なモデルは視覚だといっていると思う。

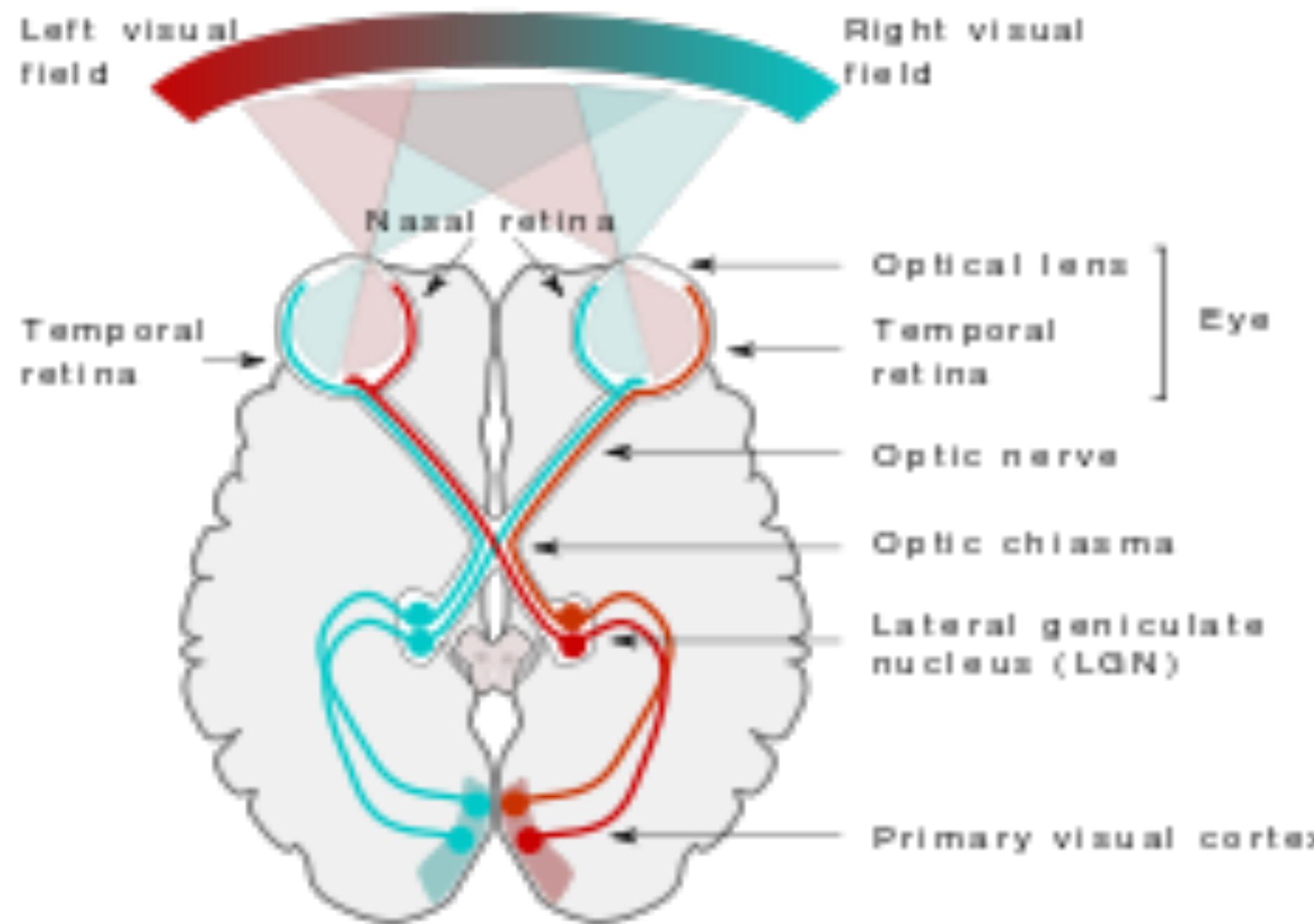


多くの生物は目を持っている



ゲーリングによる目の遺伝子Pax-6の発見

https://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/012/ss_1.html





Optical input

Retinal rods, cones



Optic nerve
Crossed fibers
Uncrossed fibers

Retinal output - LGN



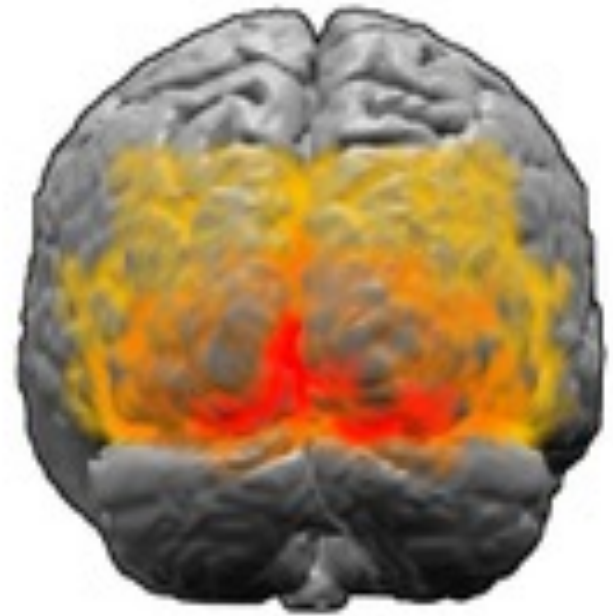
Pulvinar
Lateral geniculate body
Superior colliculus
Medial geniculate body

Cortex - simple cells

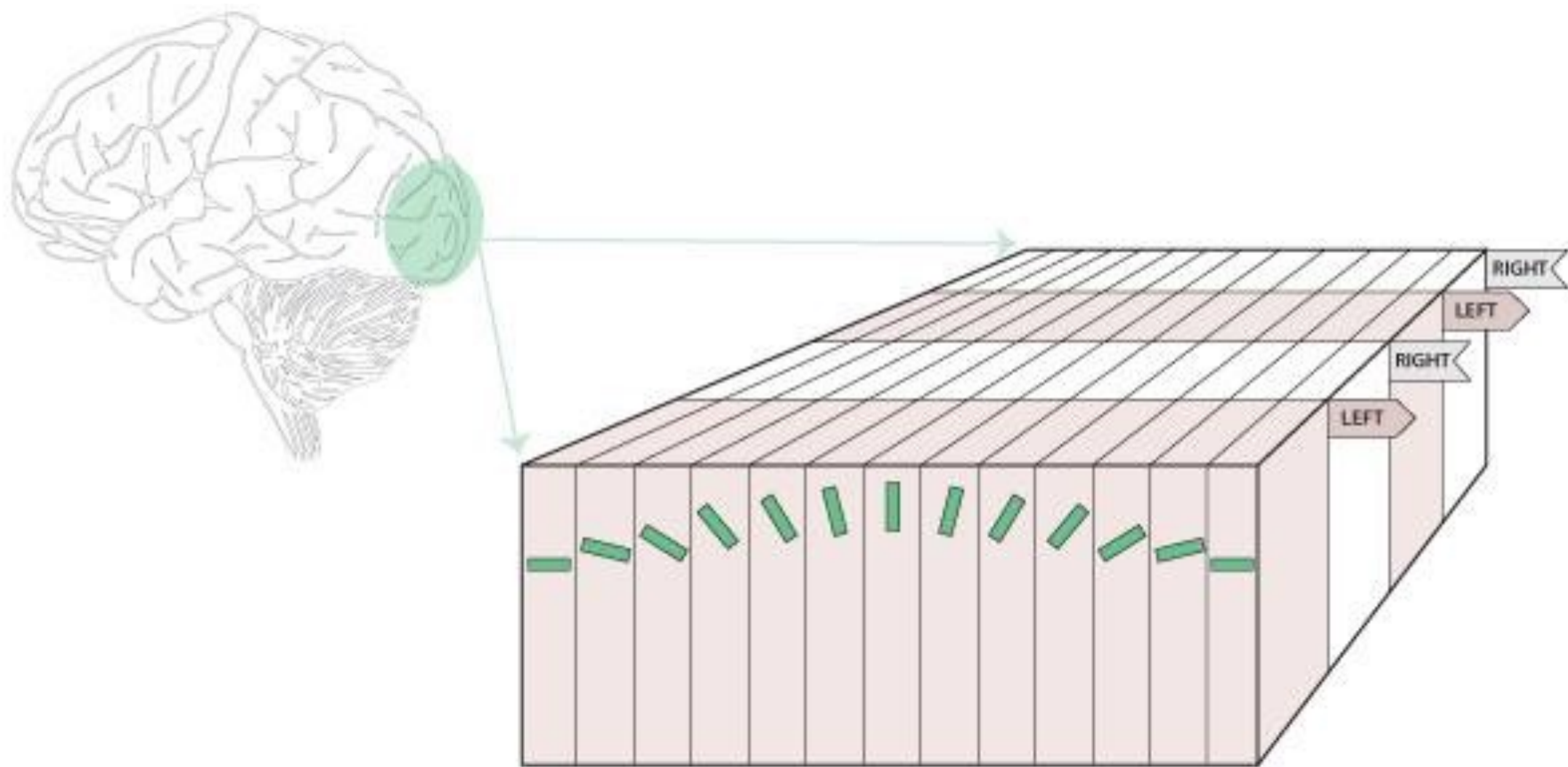


Cortex of occipital lobes

大腦視覺野



60年代から70年代にかけての、Hubel と Wieselの
大脳視覚野の研究は、各方面に大きな影響を与えた。
ニューラル・ネットワークの最初の研究も、こうした影響の
もとで始まった。

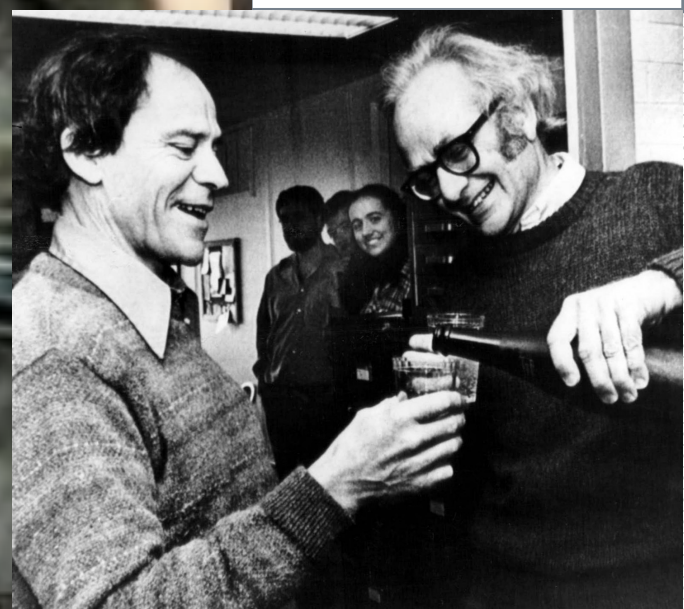




1960年代

David H. Hubel

Torsten Wiesel



感覚と情報 2

触覚・嗅覚・聴覚・味覚

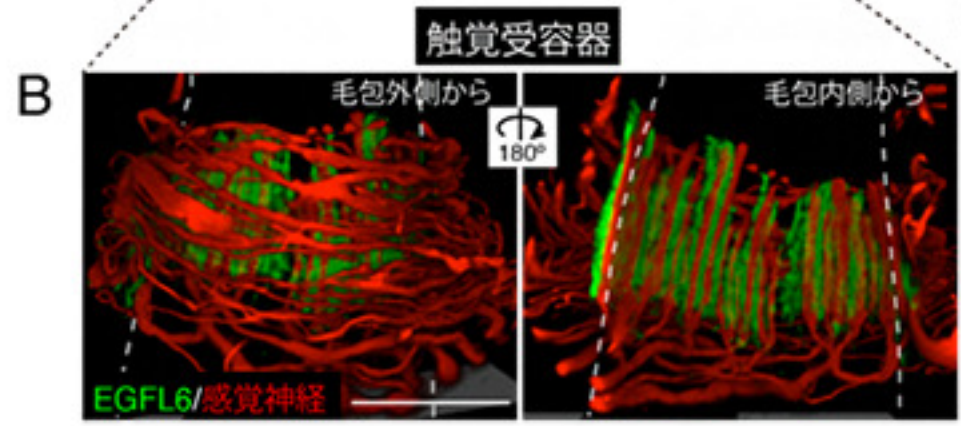
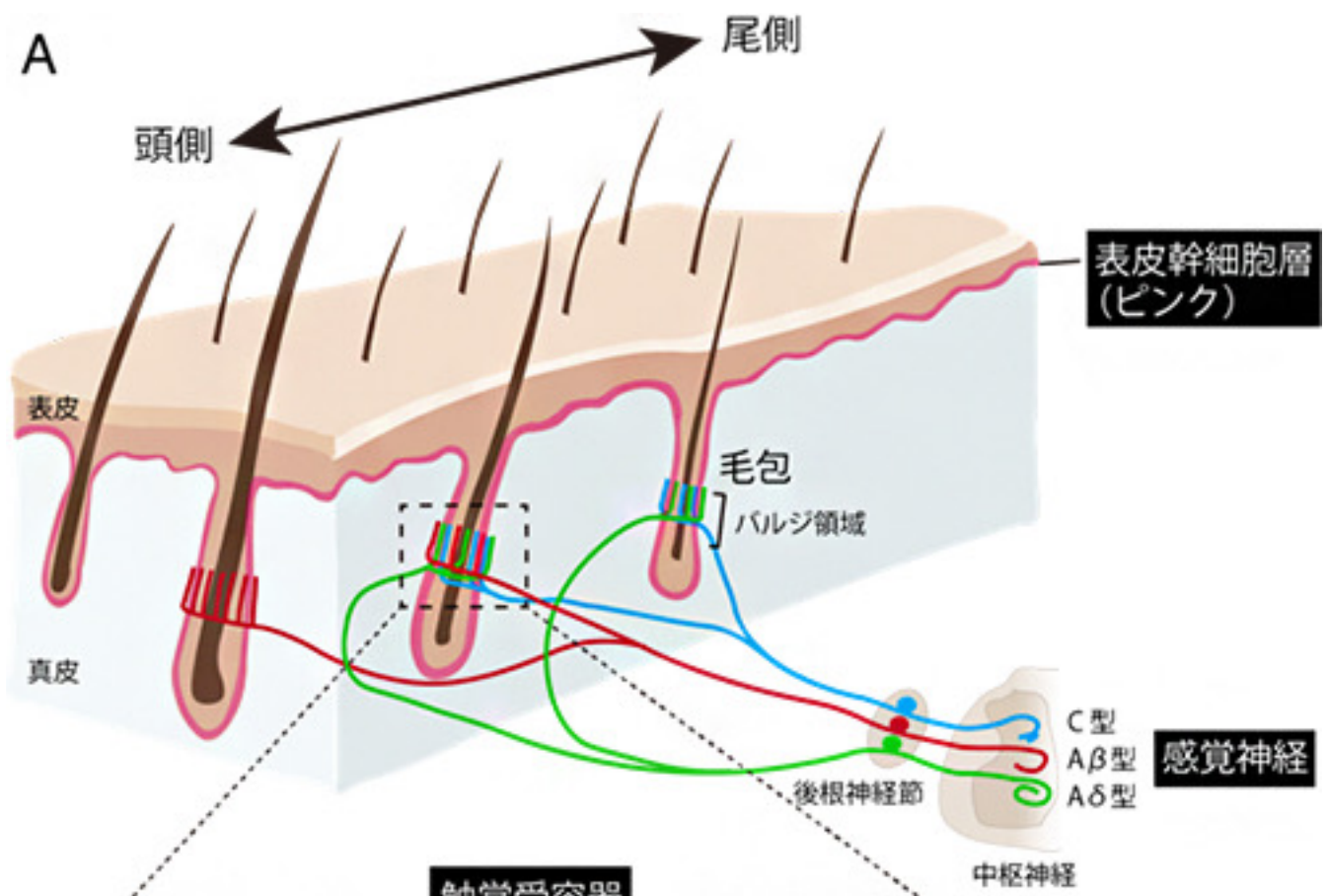


触覚

触覚は五感のうち最も原始的な感覚であり、外界を感知する基本機能として生物の生存に不可欠です。例えば、ヒトの皮膚は、体表のあらゆる部位に幾万もの「触覚受容器」を配置している人体最大の感覚器官です。触覚受容器は、体表で生じるさまざまな物理刺激を化学シグナルに変換し、その情報を、感覚神経を介して中枢神経系に伝えることで触覚を生み出しています。

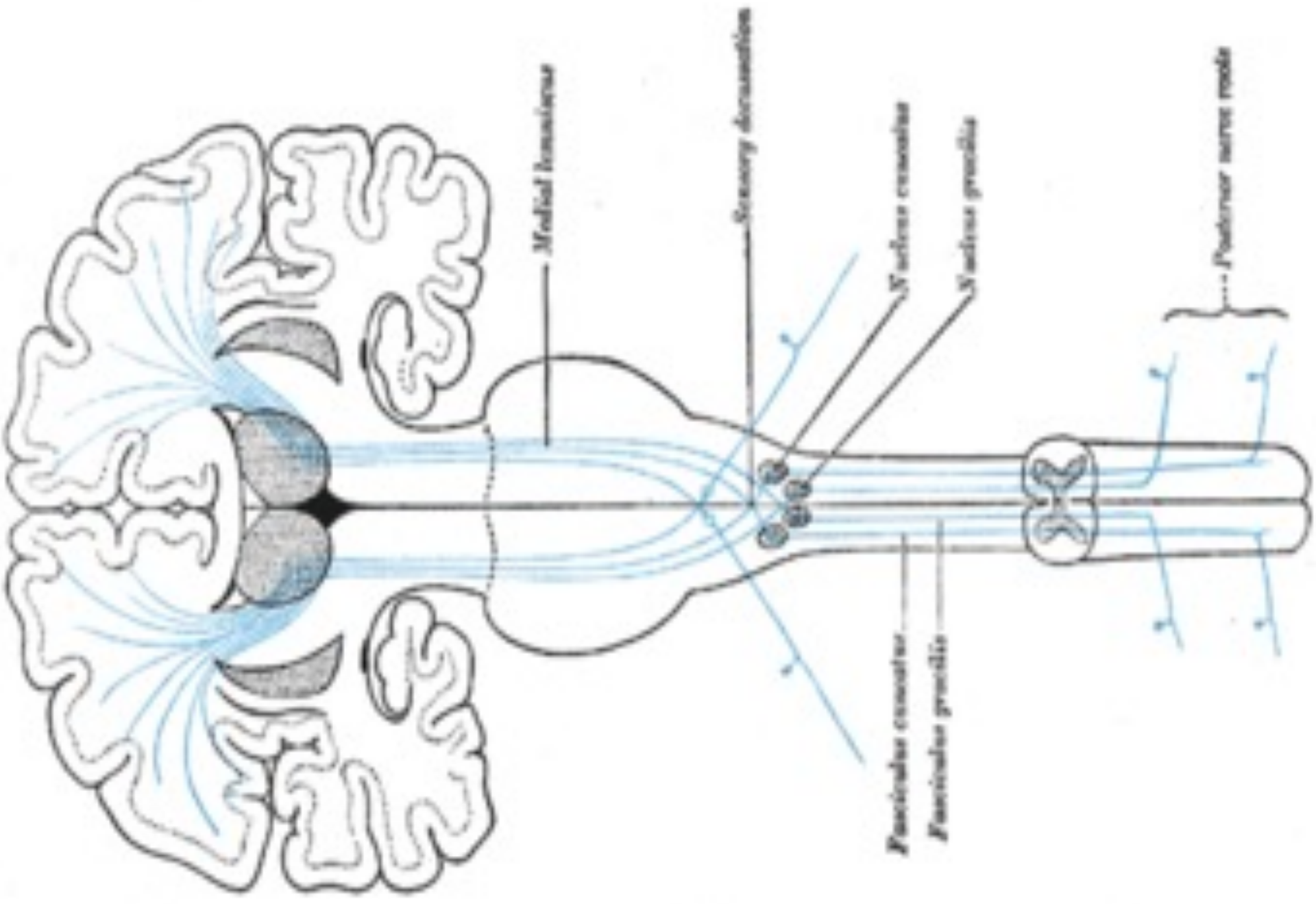
触覚

触覚には、対象に接触しなければ感覚を得られないという欠点がありますが、多くの動物は、表皮細胞から毛や羽などを作ることで、外界から体を保護しつつ、知覚可能な空間領域を拡張しています。毛は皮膚表面から突出したセンサープローブとして機能し、そこから生じる物理刺激を、毛を作る器官である毛包内の触覚受容器に伝達します(図1A)。触覚受容器を備えた毛包はさまざまな動物で見られることから、毛包は進化的に保存された触覚器官といえます。



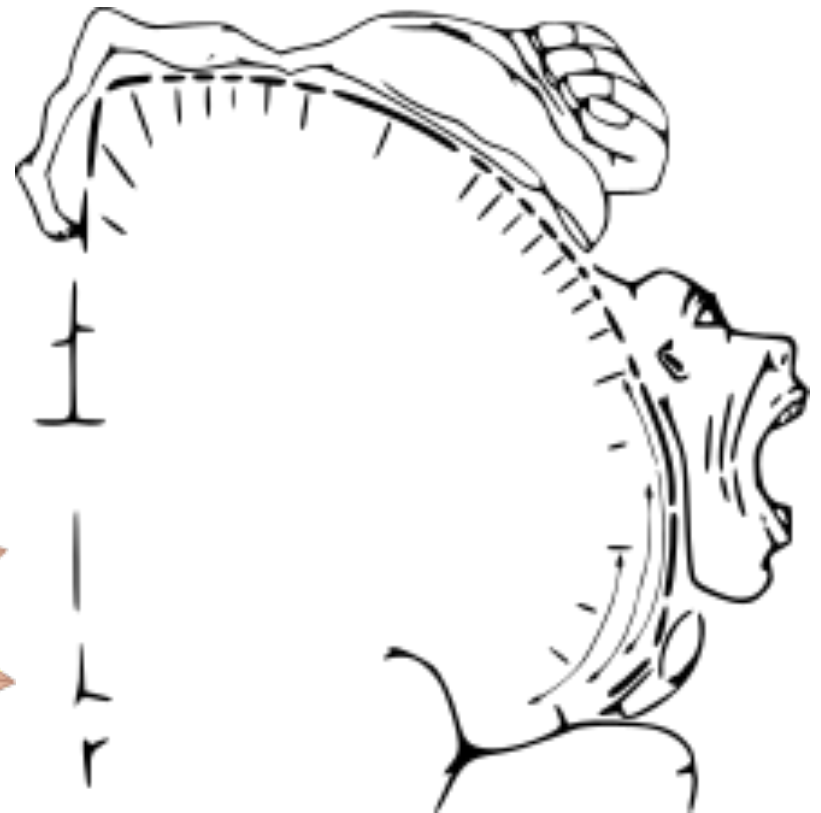
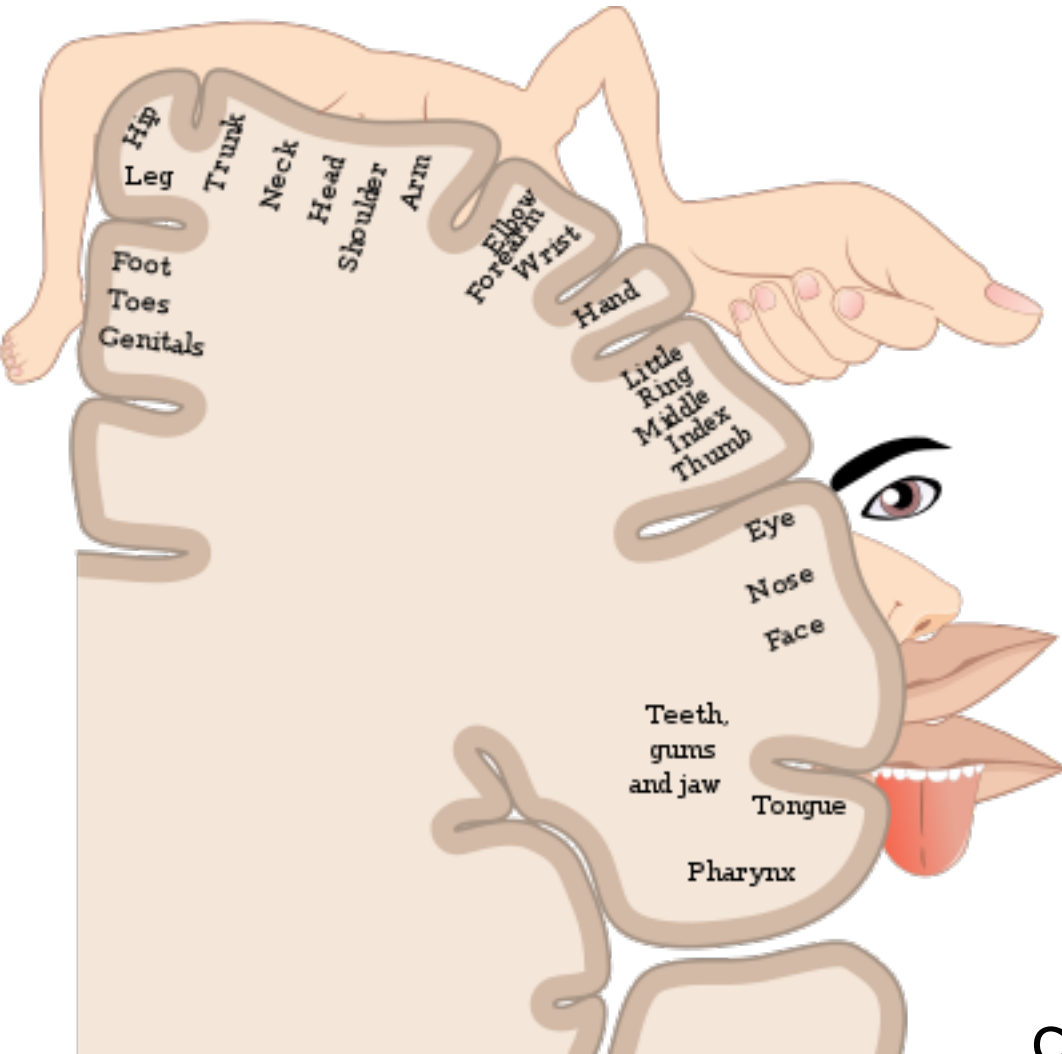
4 Sensory receptors

- ❑ **Merkel cell** nerve endings are found in the basal epidermis and hair follicles; they react to low vibrations (5–15 Hz) and deep static touch such as shapes and edges.
- ❑ **Tactile corpuscles** react to moderate vibration (10–50 Hz) and light touch.
- ❑ **Pacinian corpuscles** determine gross touch and distinguish rough and soft substances. They react in quick action potentials, especially to vibrations around 250 Hz (even up to centimeters away)
- ❑ **Bulbous corpuscles** react slowly and respond to sustained skin stretch. They are responsible for the feeling of object slippage and play a major role in the kinesthetic sense and control of finger position and movement.



Cortical homunculus

cortical *sensory* homunculus



cortical *motor* homunculus

Inside the cortex

We know that different areas of the cortex control different parts of the body. Scientists can say *how much* of the cortex relates to each part of the body, as this exhibit shows.

sensory

'Cortex man'
(representational models)

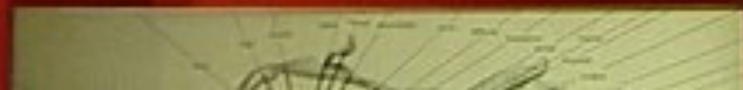
This is what a man would look like, if each part of his body grew in relation to the area of the cortex that controls it.

motor



Sensory model

Motor model



嗅覚

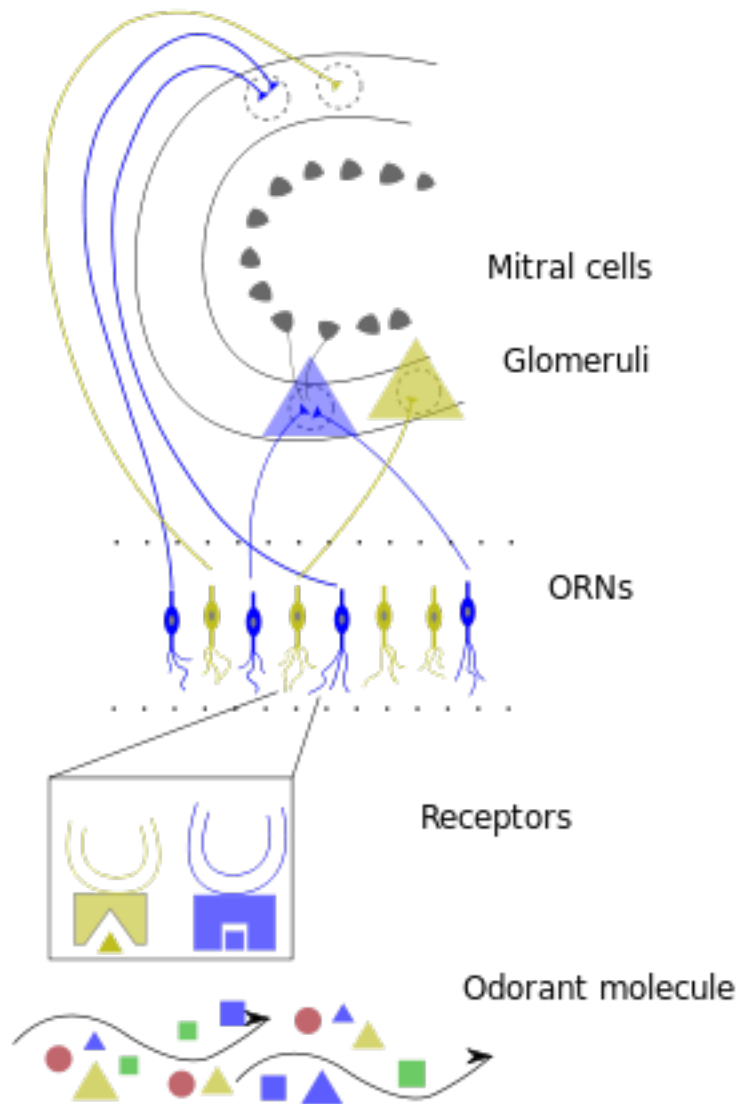
The sense of smell, or olfaction, is the special sense through which smells (or odors) are perceived. The sense of smell has many functions, including detecting hazards, and pheromones, and plays a role in taste.

It occurs when an odor binds to a receptor within the nasal cavity, transmitting a signal through the olfactory system. Glomeruli aggregate signals from these receptors and transmit them to the olfactory bulb, where the sensory input will start to interact with parts of the brain responsible for smell identification, memory, and emotion.

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

嗅覚

In humans and other vertebrates, smells are sensed by olfactory sensory neurons in the olfactory epithelium. The olfactory epithelium is made up of at least six morphologically and biochemically different cell types. The proportion of olfactory epithelium compared to respiratory epithelium (not innervated, or supplied with nerves) gives an indication of the animal's olfactory sensitivity. Humans have about 10 cm² (1.6 sq in) of olfactory epithelium, whereas some dogs have 170 cm² (26 sq in). A dog's olfactory epithelium is also considerably more densely innervated, with a hundred times more receptors per square centimeter.



Schematic of the early olfactory system including the olfactory epithelium and bulb. Each ORN expresses one OR that responds to different odorants. Odorant molecules bind to ORs on cilia. ORs activate ORNs that transduce the input signal into action potentials. In general, glomeruli receive input from ORs of one specific type and connect to the principal neurons of the OB, mitral and tufted cells (MT cells).

Evolution of olfaction

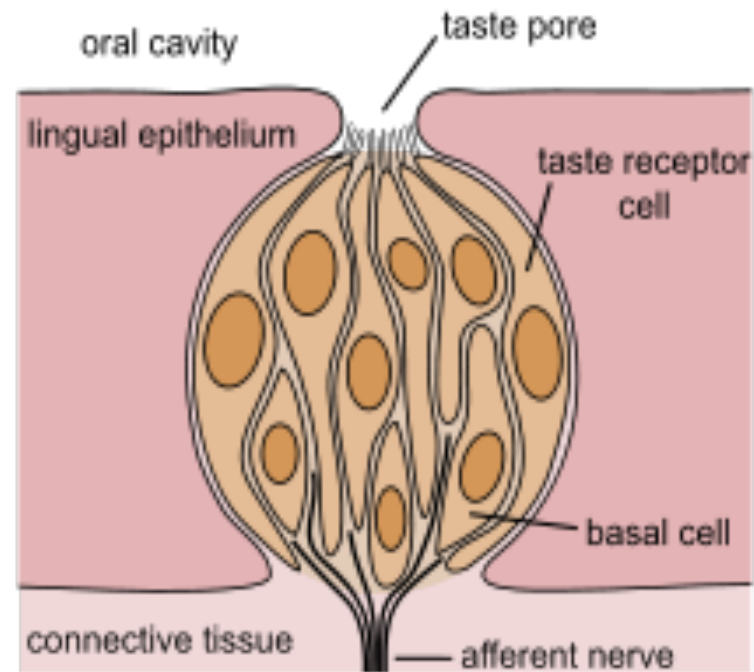
Odor molecules are detected by the olfactory receptors (hereafter OR) in the olfactory epithelium of the nasal cavity. Each receptor type is expressed within a subset of neurons, from which they directly connect to the olfactory bulb in the brain.[1] Olfaction is essential for survival in most vertebrates; however, the degree to which an animal depends on smell is highly varied.[2] Great variation exists in the number of OR genes among vertebrate species, as shown through bioinformatic analyses. This diversity exists by virtue of the wide-ranging environments that they inhabit. For instance, dolphins that are secondarily adapted to an aquatic niche possess a considerably smaller subset of genes than most mammals.[3]

Evolution of olfaction

OR gene repertoires have also evolved in relation to other senses, as higher primates with well-developed vision systems tend to have a smaller number of OR genes. As such, investigating the evolutionary changes of OR genes can provide useful information on how genomes respond to environmental changes. Differences in smell sensitivity are also dependent on the anatomy of the olfactory apparatus, such as the size of the olfactory bulb and epithelium.

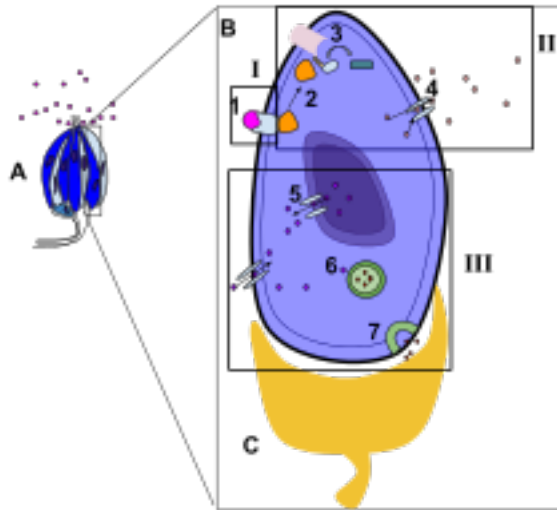
味覚

The gustatory system or sense of taste is the sensory system that is partially responsible for the perception of taste (flavor). Taste is the perception produced or stimulated when a substance in the mouth reacts chemically with taste receptor cells located on taste buds in the oral cavity, mostly on the tongue.

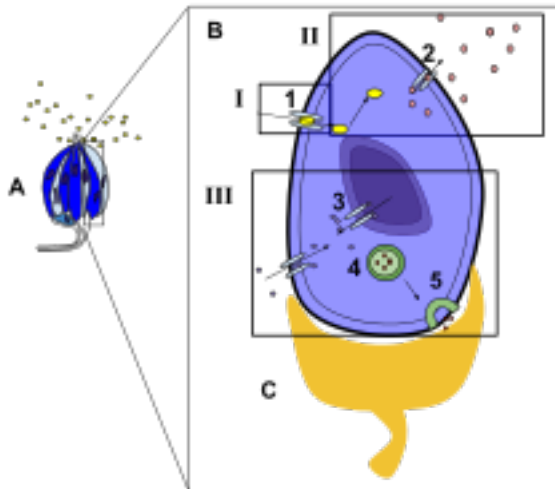


<https://en.wikipedia.org/wiki/Taste>

Sweet



Sour

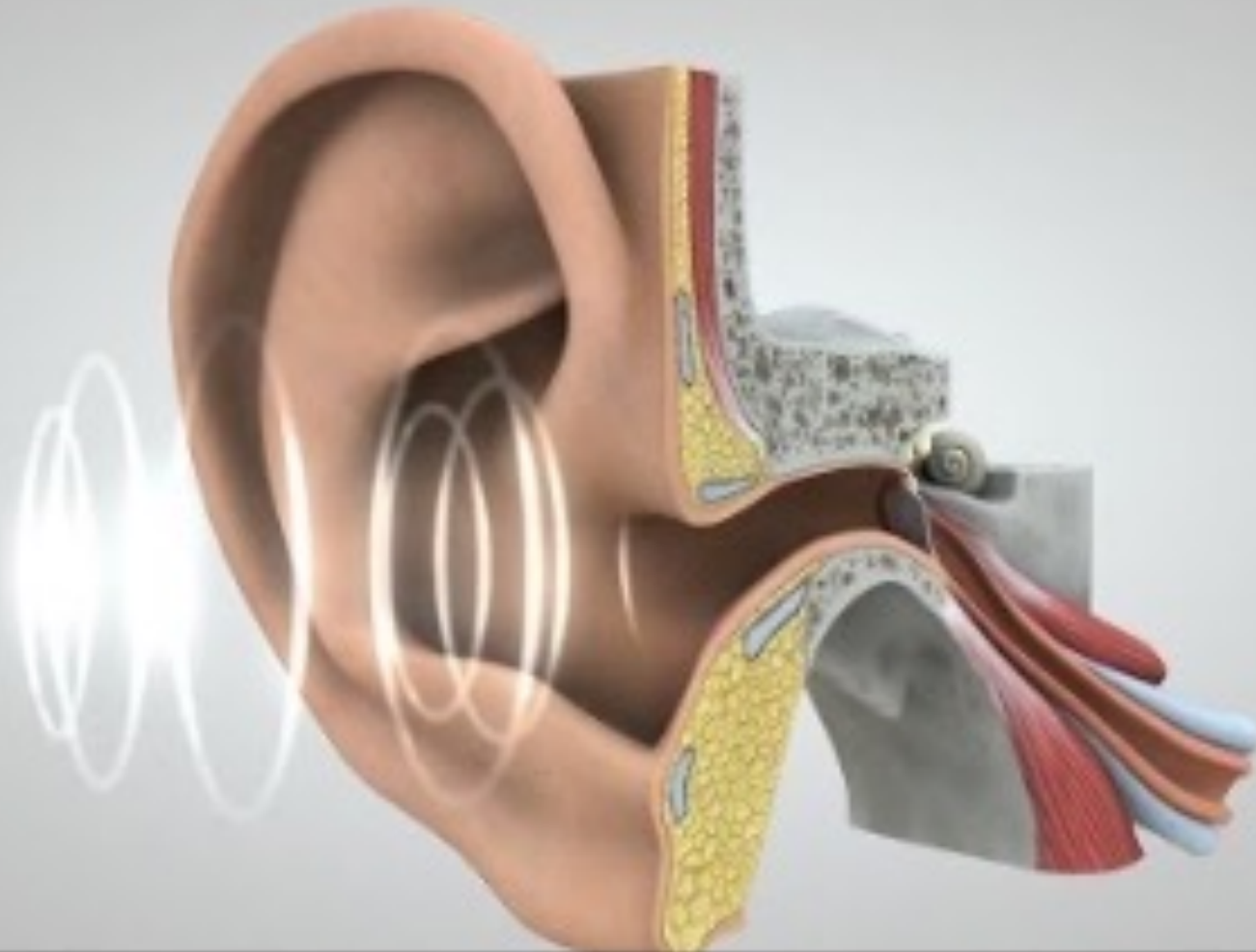


The tongue is covered with thousands of small bumps called papillae, which are visible to the naked eye. Within each papilla are hundreds of taste buds. The exception to this is the filiform papillae that do not contain taste buds. There are between 2000 and 5000 taste buds that are located on the back and front of the tongue. Others are located on the roof, sides and back of the mouth, and in the throat. Each taste bud contains 50 to 100 taste receptor cells.

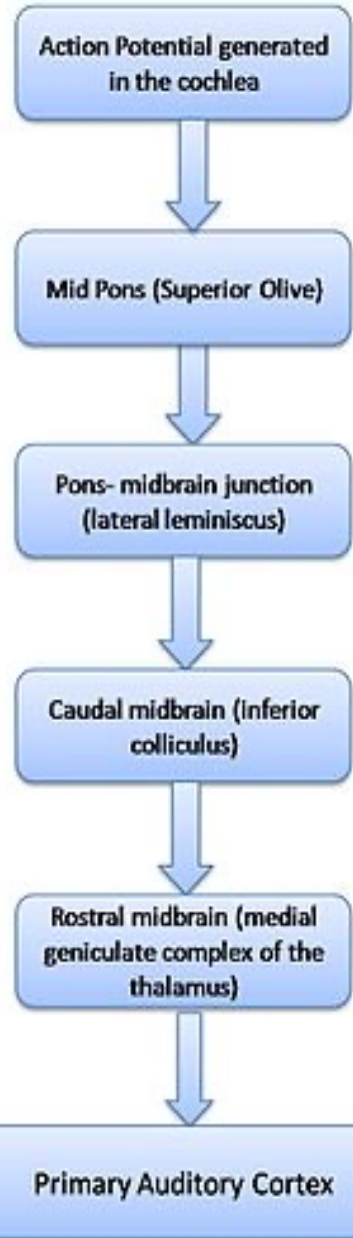
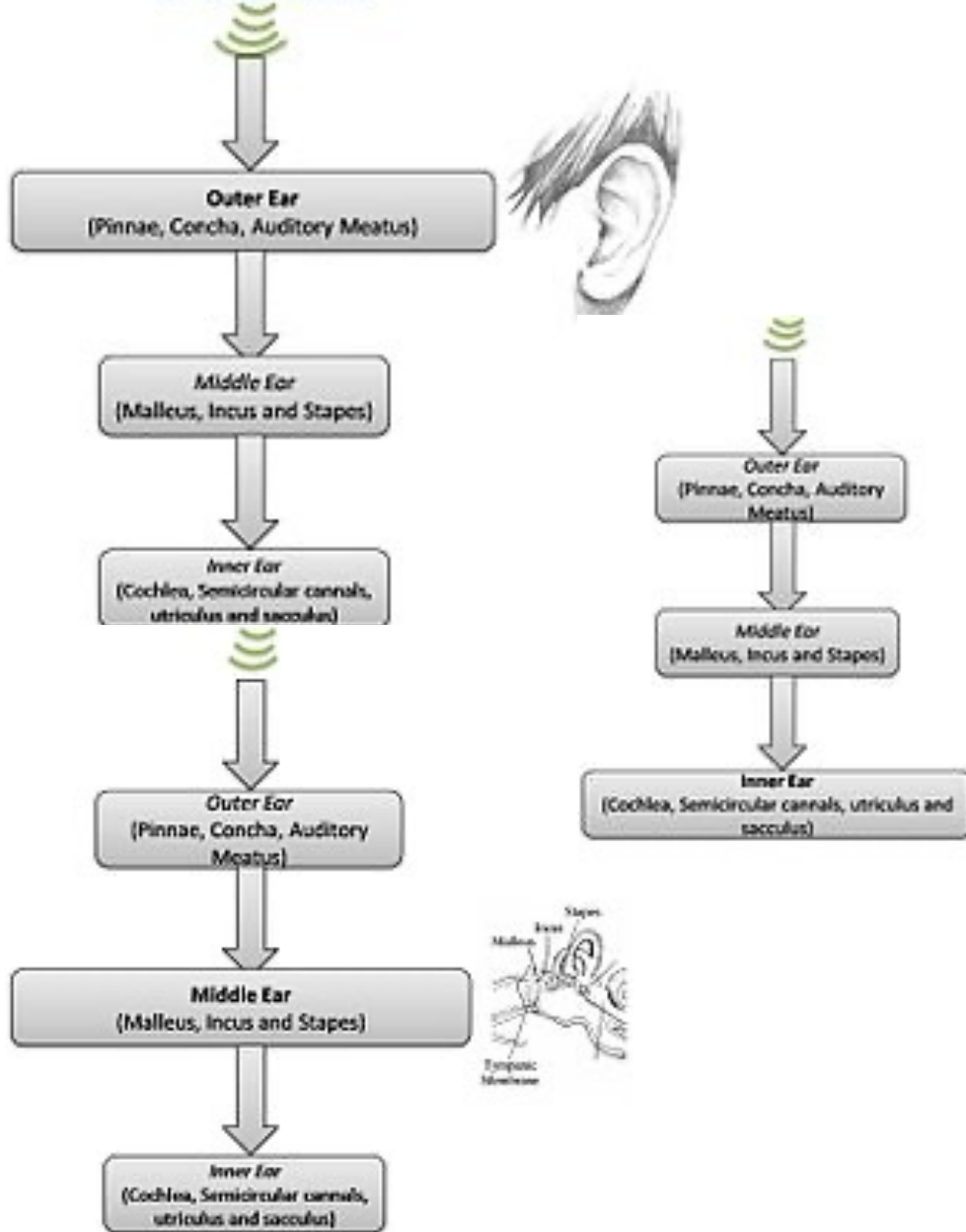
Taste receptors in the mouth sense the five taste modalities: sweetness, sourness, saltiness, bitterness, and savoriness (also known as savory or umami). Scientific experiments have demonstrated that these five tastes exist and are distinct from one another. Taste buds are able to distinguish between different tastes through detecting interaction with different molecules or ions. Sweet, savoriness, and bitter tastes are triggered by the binding of molecules to G protein-coupled receptors on the cell membranes of taste buds. Saltiness and sourness are perceived when alkali metal or hydrogen ions enter taste buds, respectively.

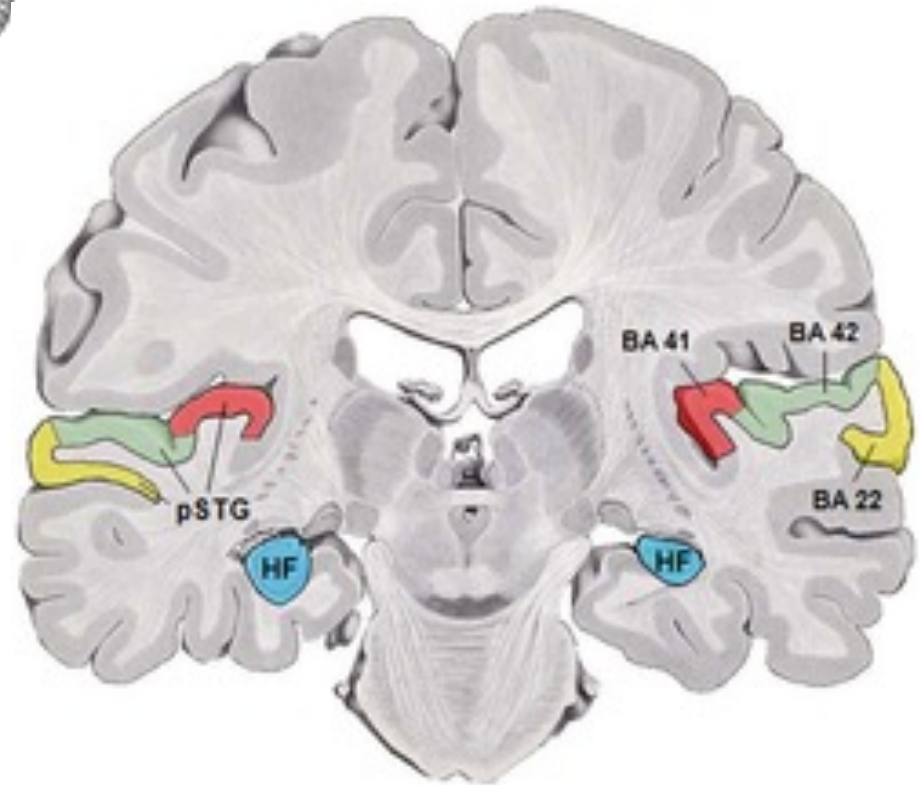
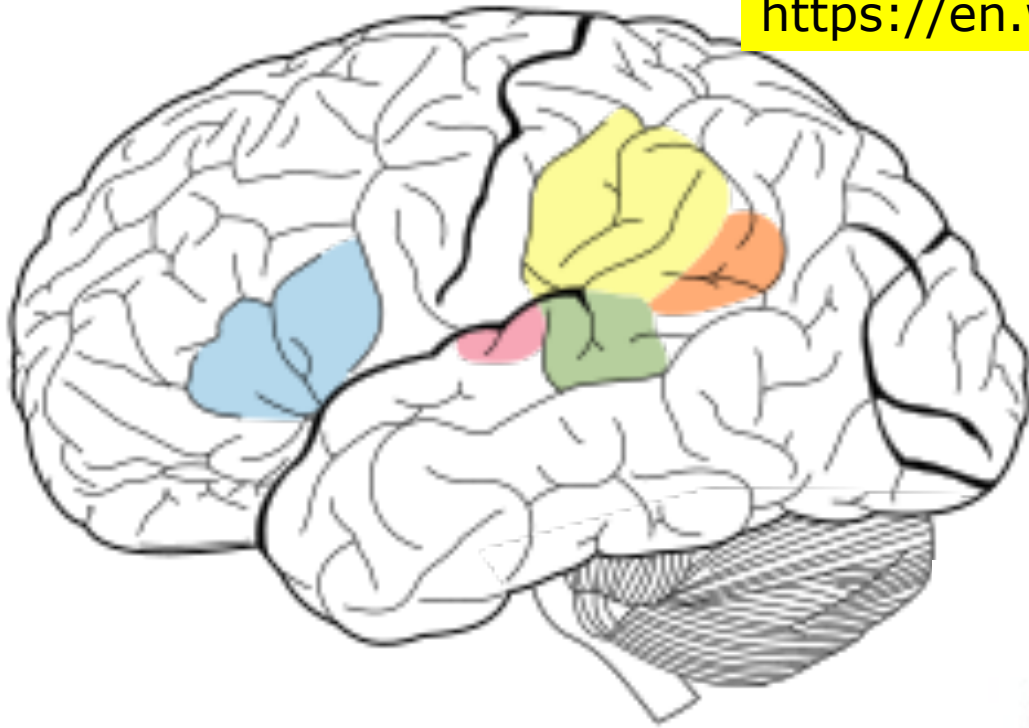
聽覺

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hearing>



Sound



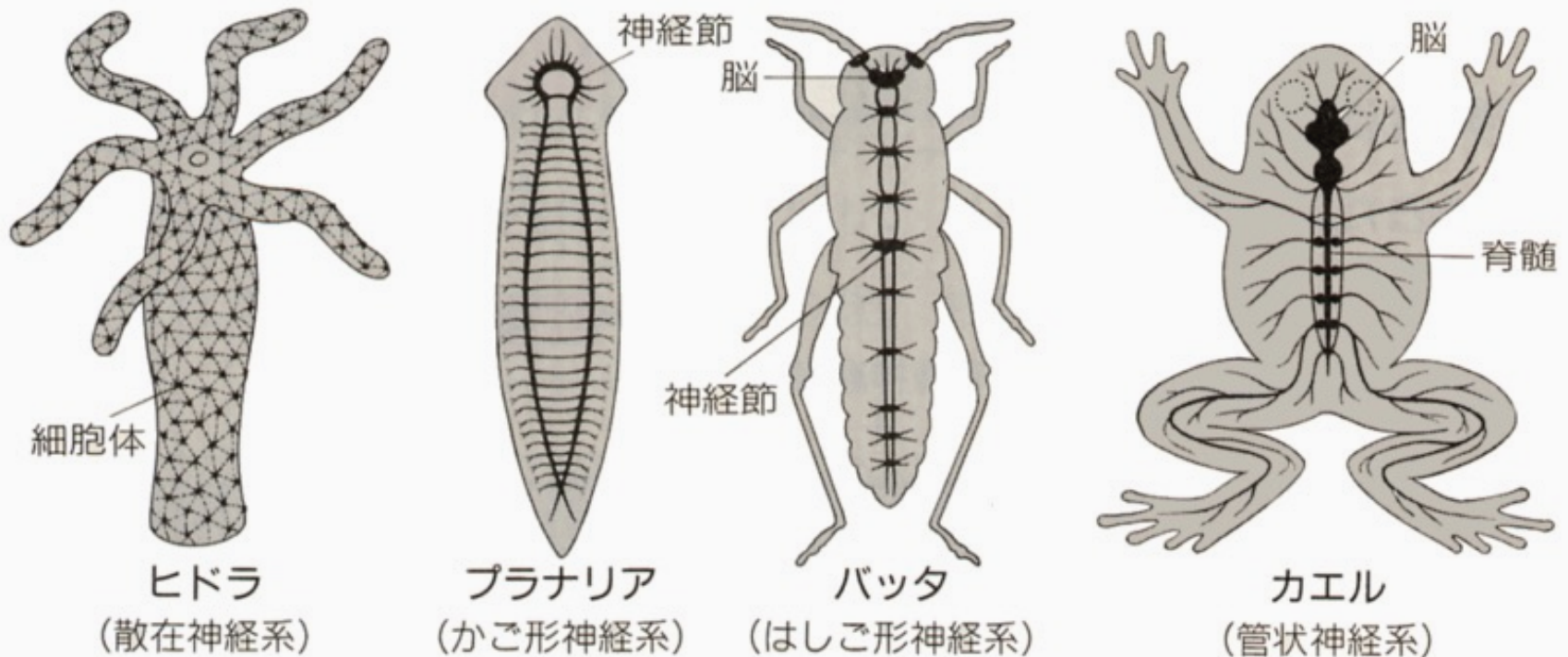


感覚と情報 3

ニューロン



クラゲだって神経はある



<http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textlife/neuron.htm>

「神経系の起源と進化」

<http://bit.ly/1qR2Dmq>

NEURONS AND SYNAPSES
 This wiring diagram shows more than 4,500 of the 8,000 neuron-to-neuron connections, or synapses, in the worm's nervous system. Each dot represents a single neuron:

- **SENSORY NEURONS**
detect external stimuli
- **CONNECTOR NEURONS**
relay signals
- **MOTOR NEURONS**
control muscle movement

線虫のC. Eleganceは、すべての神経の接続がわかっている唯一の生物である。
302の神経と8,000のシナプスがある。

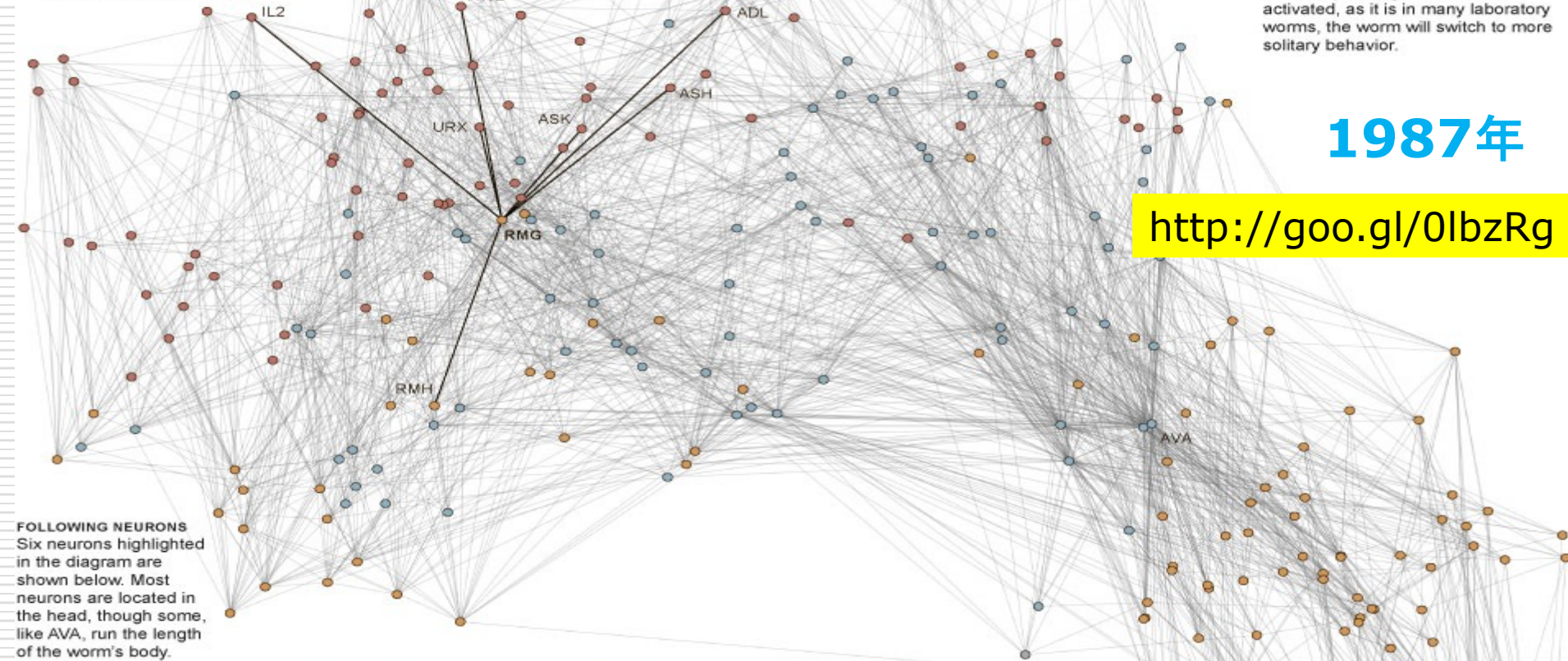
SOCIAL AND SOLITARY WORMS
 Most worms in nature congregate in clumps, a behavior controlled by two neurons called RMG, one of which is highlighted at left.

RMG combines information from several sensory neurons, also highlighted, and then signals the worm's muscles to move toward nearby worms if conditions are right.

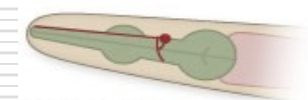
But if a specific gene in RMG is activated, as it is in many laboratory worms, the worm will switch to more solitary behavior.

1987年

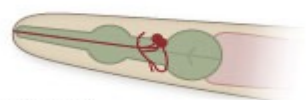
<http://goo.gl/0lbzRg>



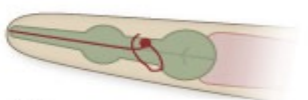
FOLLOWING NEURONS
 Six neurons highlighted in the diagram are shown below. Most neurons are located in the head, though some, like AVA, run the length of the worm's body.



NEURON: URX
 Senses oxygen in the environment



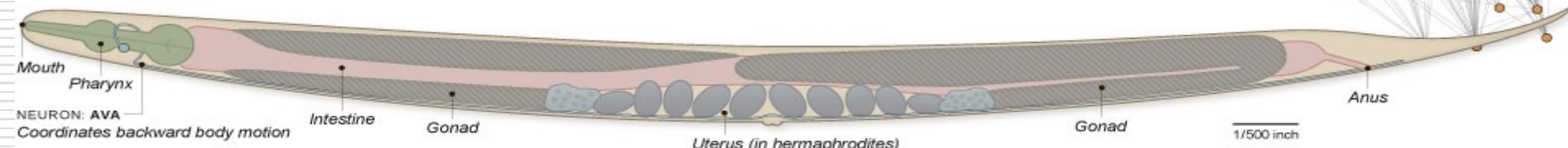
ASH and ADL
 Sense poisons and other noxious stimuli



ASK
 Senses food signals and detects sex pheromones from other worms

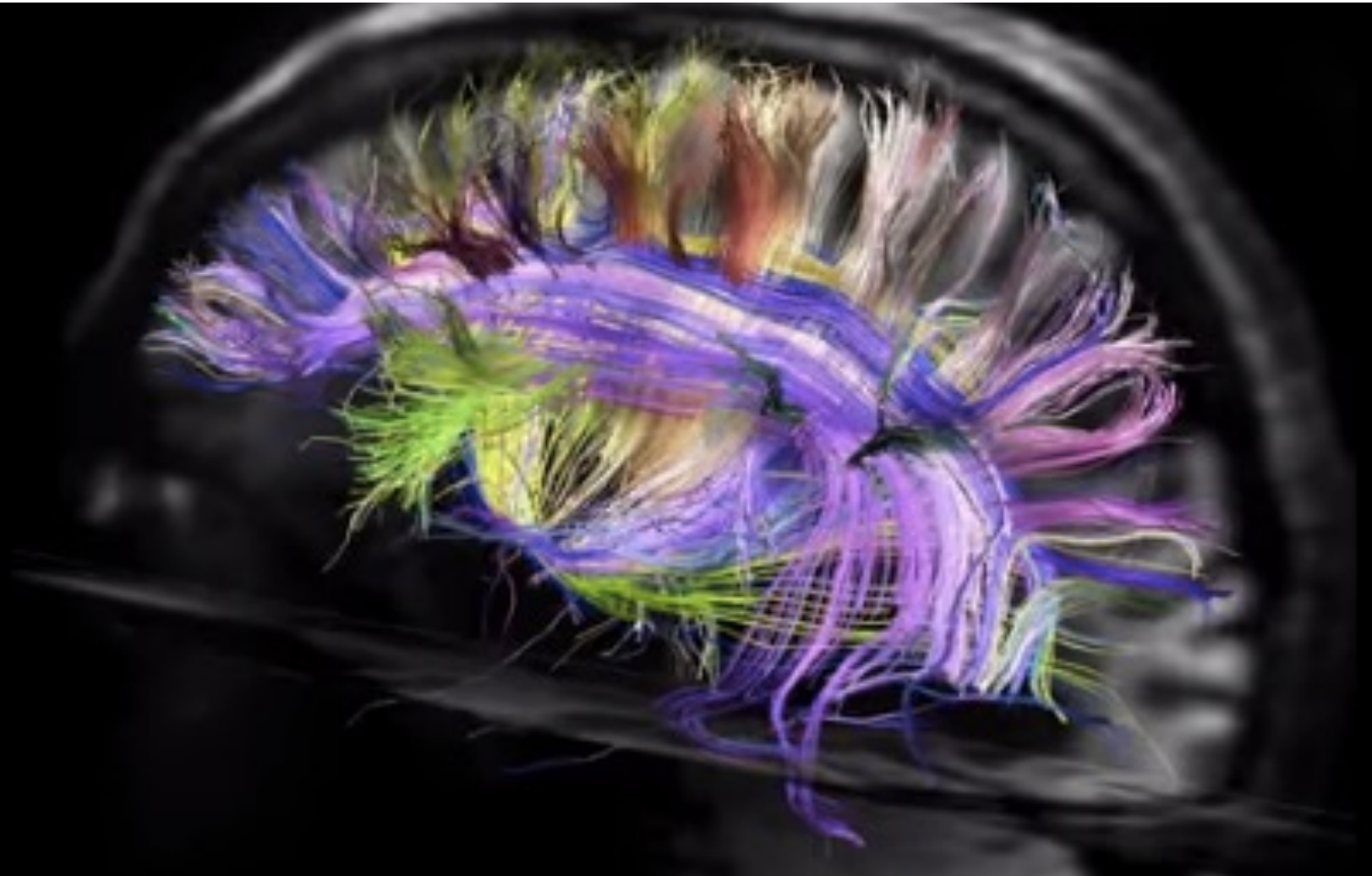


RMG
 Hub of a network of neurons that controls social behavior



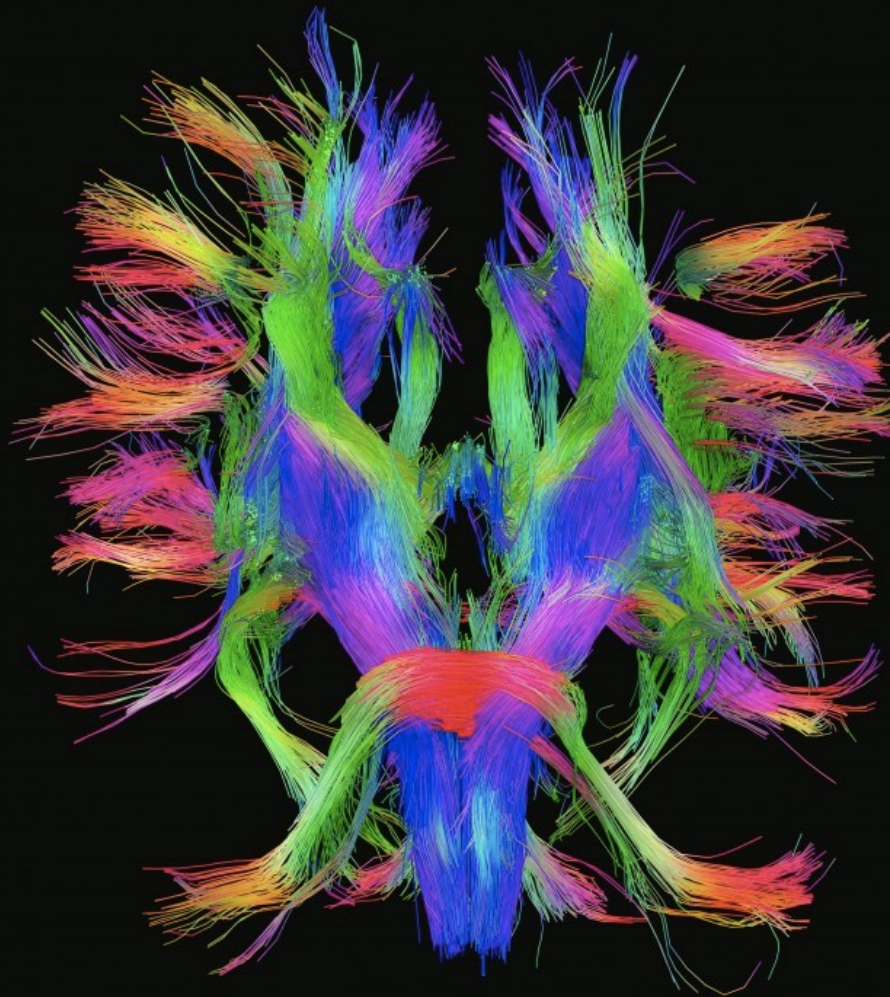
NEURON: AVA
 Coordinates backward body motion

NIH Human Connectome Project



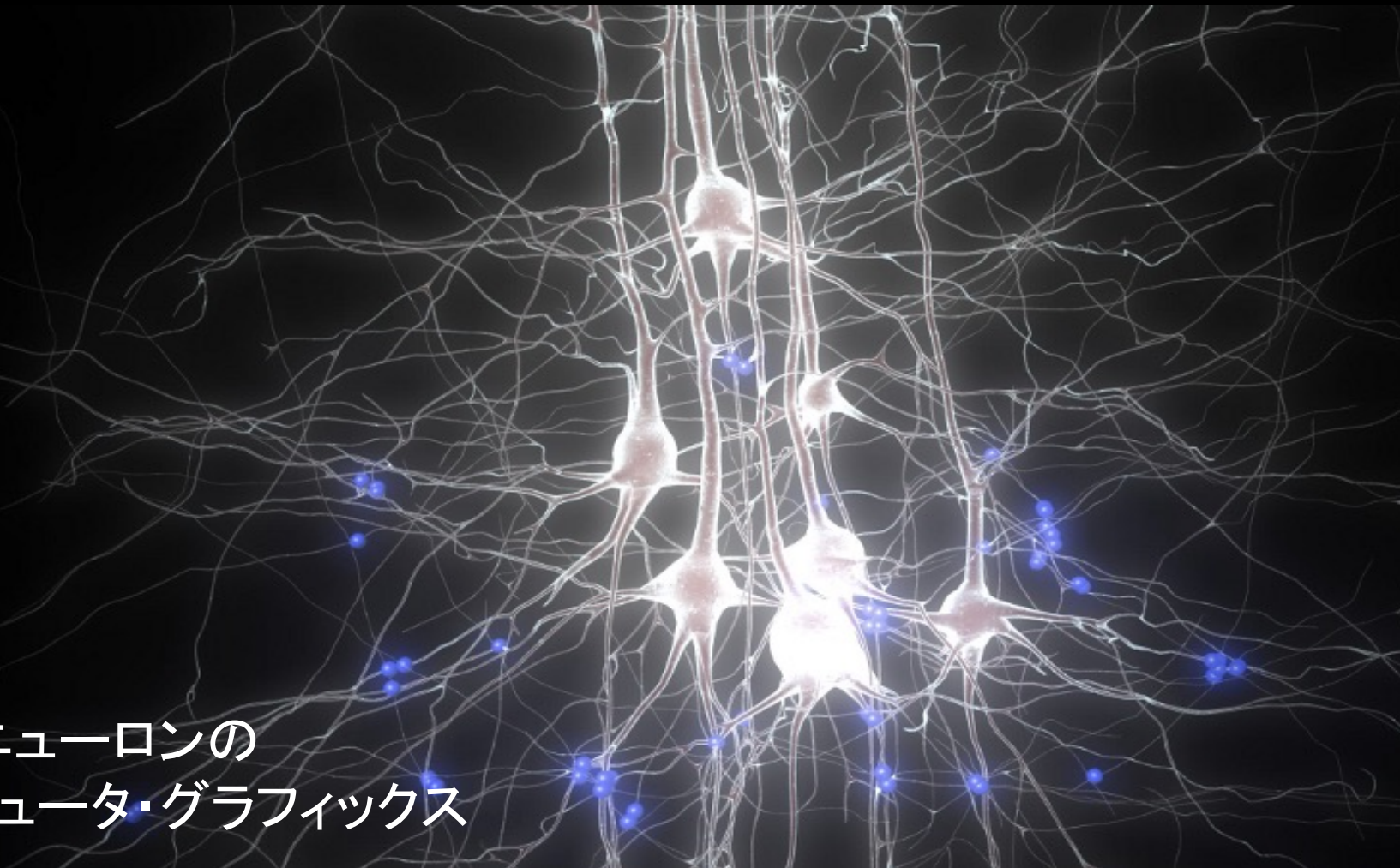
2010年10月 40億円の賞金

<http://www.nih.gov/news/health/sep2010/nimh-15.htm>

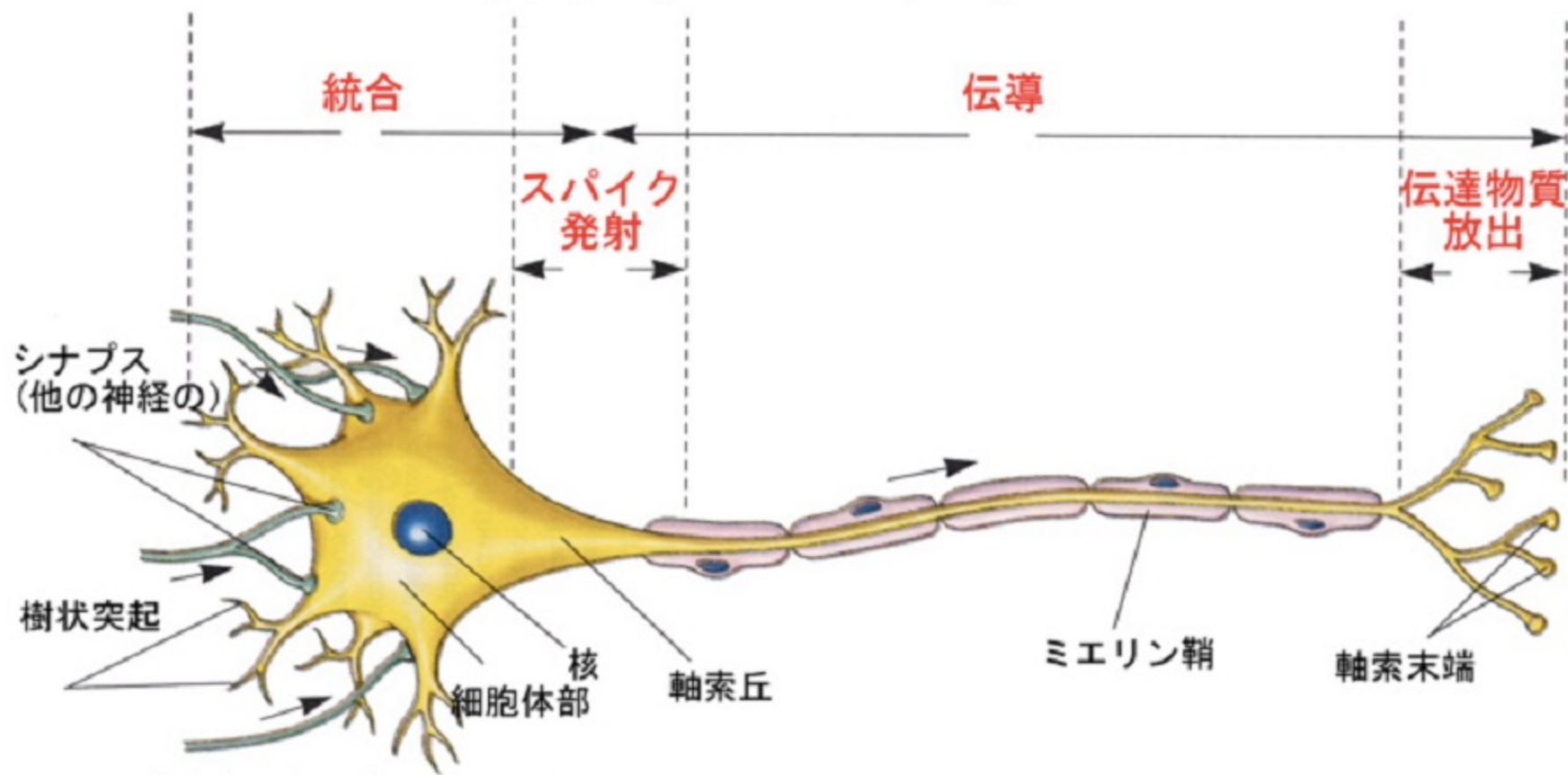


ニューロンの働き

脳のニューロンの
コンピュータ・グラフィックス

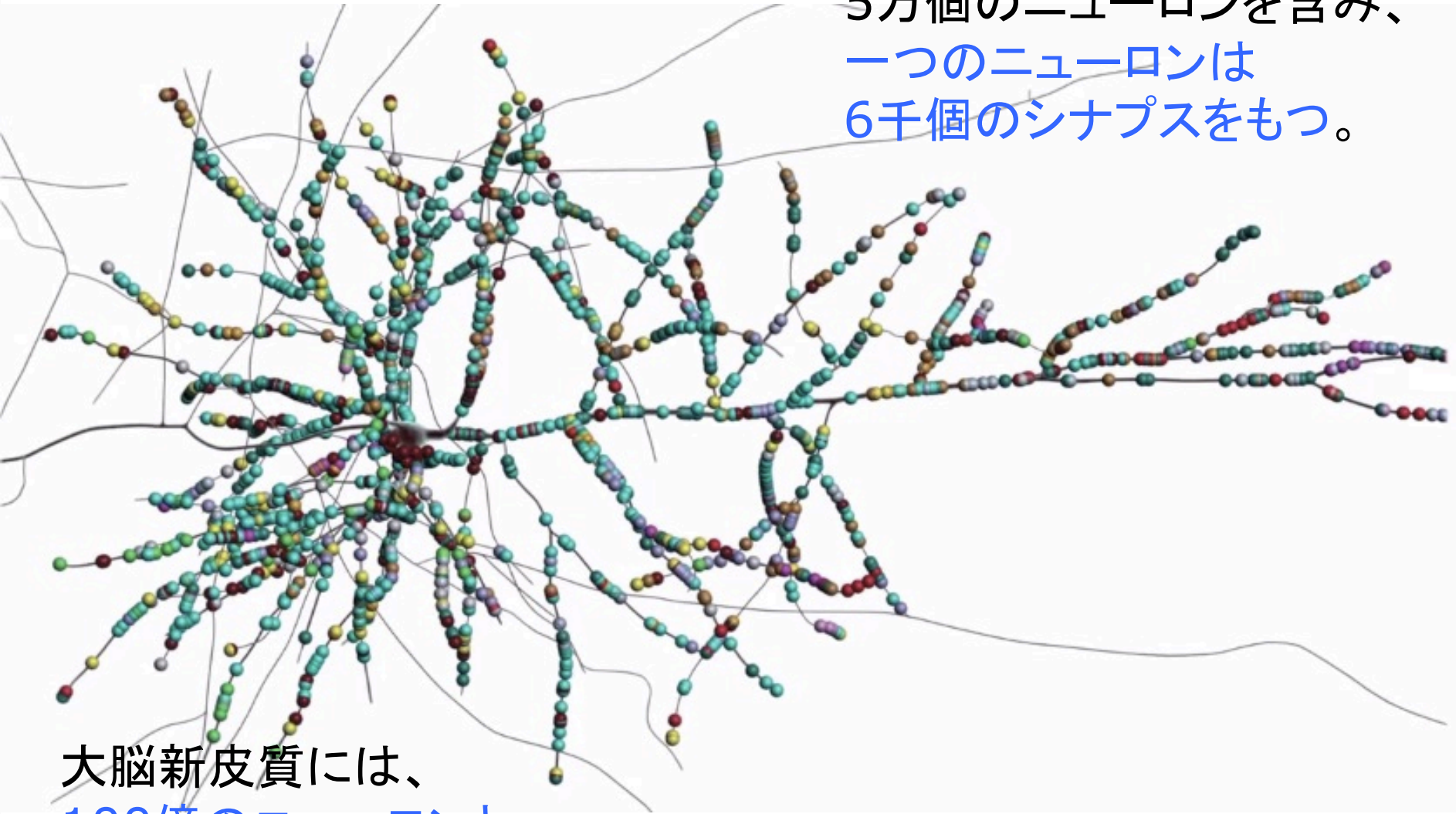


神経細胞の仕組み



別の神経細胞からシナプスを通して神経伝達物質を受け取る。
刺激が強いと神経細胞は興奮し、スパイクという電気を流す。

脳は、1mm立方に
5万個のニューロンを含み、
一つのニューロンは
6千個のシナプスをもつ。



大脳新皮質には、
100億のニューロンと
60兆個のシナプスがある！

ヘッブの法則

Donald O. Hebb

ヘッブの法則は、脳のシナプス可塑性についての法則である。ヘッブ則、ヘブ則とも呼ばれる。心理学者のドナルド・ヘッブによって提唱された。

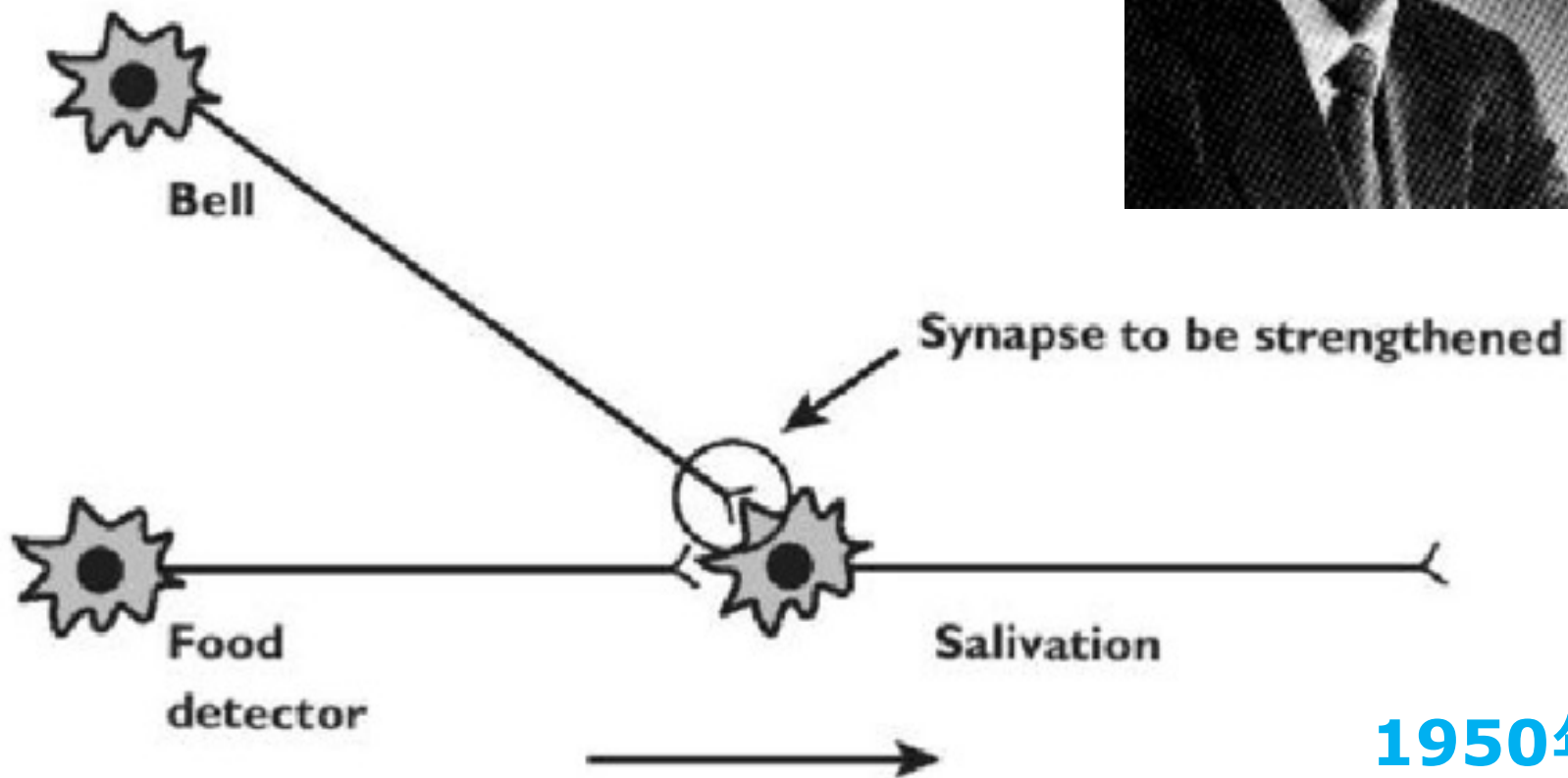
ニューロン間の接合部であるシナプスにおいて、シナプス前ニューロンの繰り返し発火によってシナプス後ニューロンに発火が起こると、そのシナプスの伝達効率が增強される。また逆に、発火が長期間起こらないと、そのシナプスの伝達効率は減退するというものである。

The Organization of Behavior. 1949年

<https://goo.gl/2HsDwK>

ヘッブの法則

Donald O. Hebb

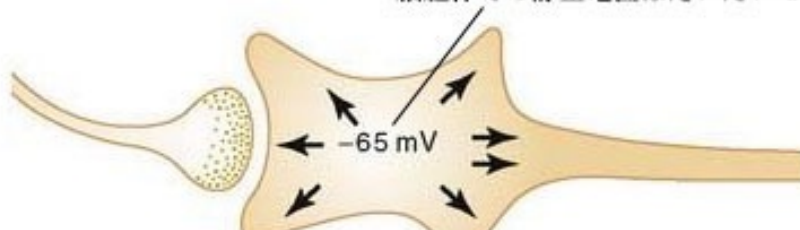


1950年代

興奮性シナプスと抑制性シナプス

シナプスによる興奮vs抑制

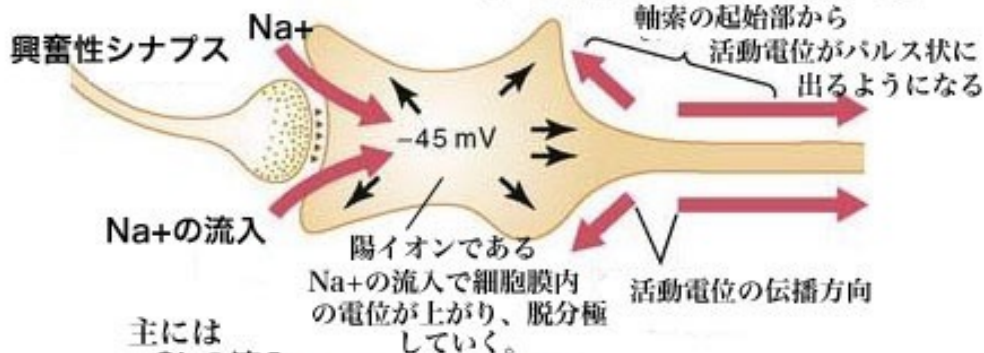
細胞体での静止電位はだいたい-60mV



興奮も抑制もされていない普通のニューロン

ニューロンがある程度以上興奮すると

軸索の起始部から
活動電位がパルス状に
出るようになる



Na+の流入

陽イオンである
Na+の流入で細胞膜内
の電位が上がり、脱分極
していく。

活動電位の伝播方向

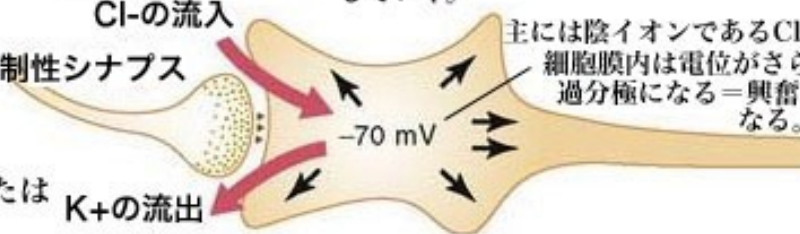
主には

Cl-の流入

抑制性シナプス

主には陰イオンであるCl-の流入で
細胞膜内は電位がさらに下がり、
過分極になる=興奮しにく
くなる。

または
K+の流出



Guyton & Hall Medical Physiologyより

RavenらBiologyより

興奮シナプス

抑制シナプス



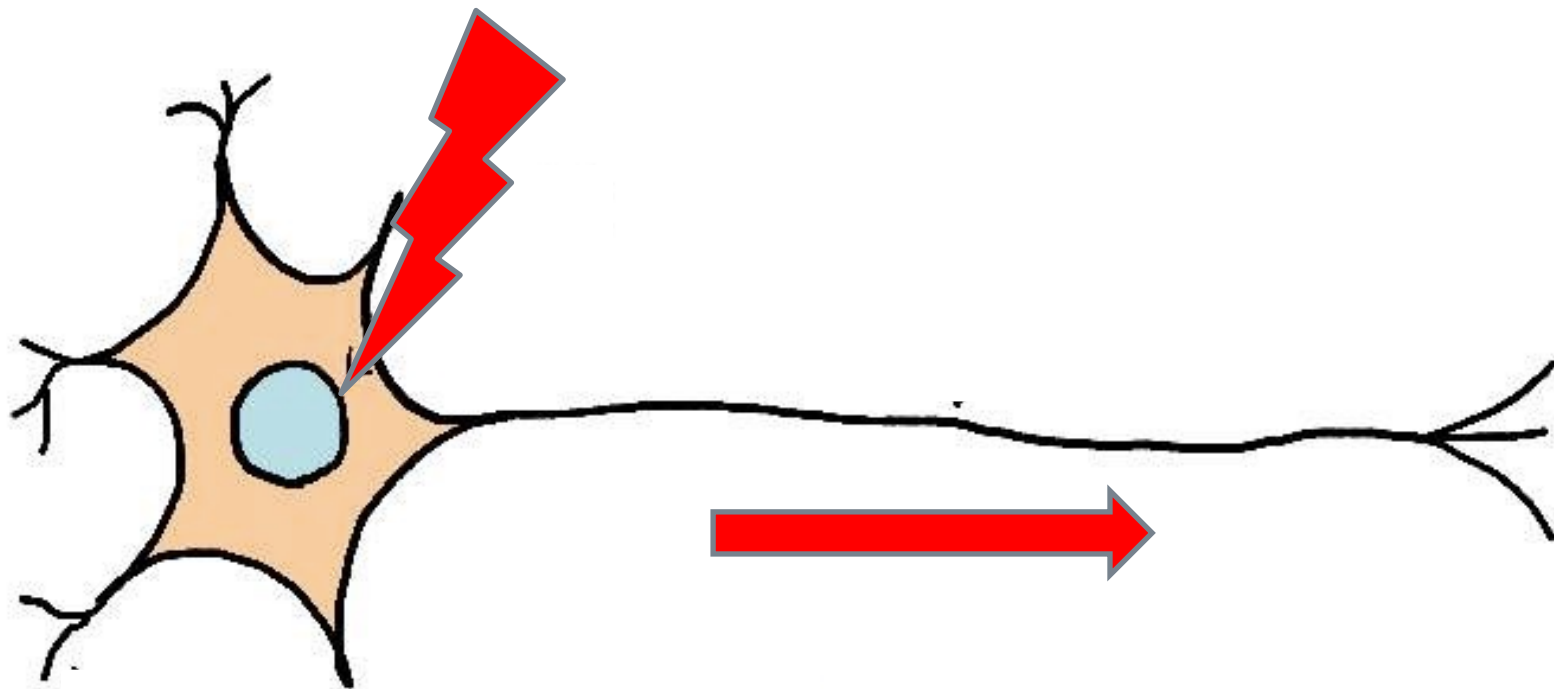
軸索の起始部

(興奮の合計) - (抑制の合計) > 閾値
となると、興奮の大きさに合わせた頻度で
パルス状に活動電位を発生し続ける。

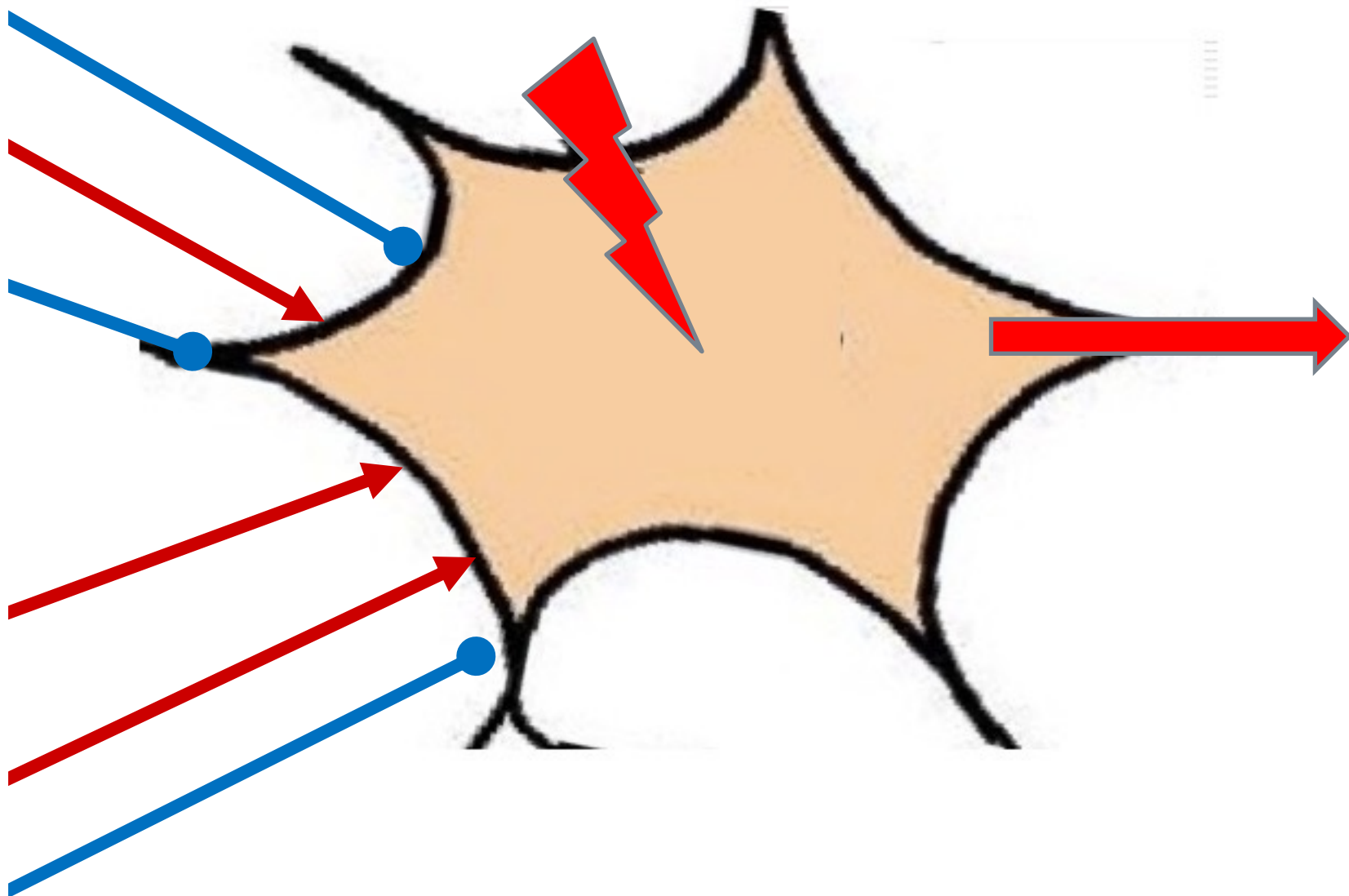
感覚と情報 4 計算するニューロン



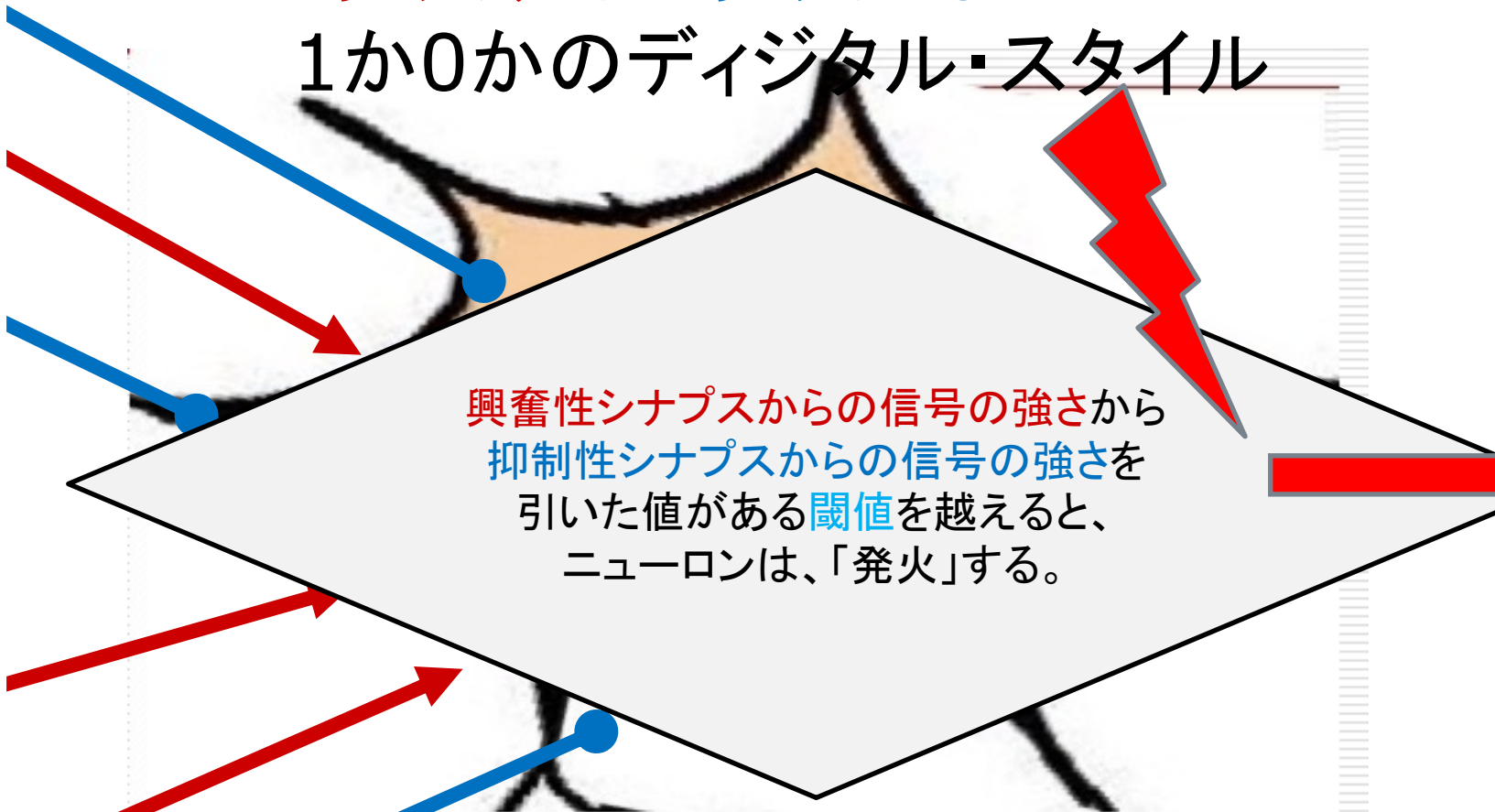
ニューロンは、
いつ発火するのか？



ニューロンは、
いつ発火するのか？



ニューロンの働きは、
発火するか発火しないかの
1か0かのデジタル・スタイル



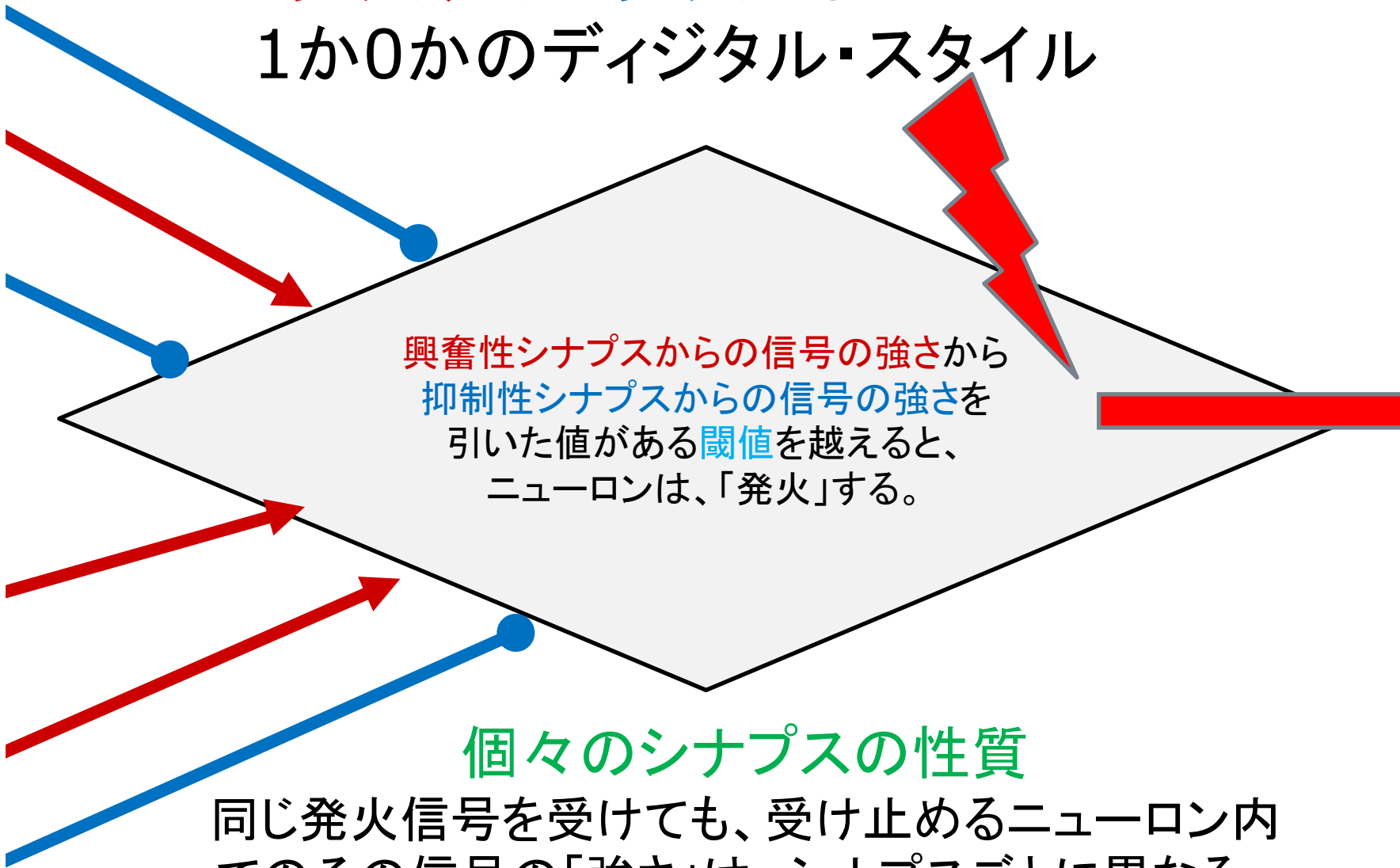
興奮性シナプスからの信号の強さから
抑制性シナプスからの信号の強さを
引いた値がある閾値を越えると、
ニューロンは、「発火」する。

The diagram shows a central neuron cell body with several synaptic inputs. Blue arrows point to excitatory synapses, and red arrows point to inhibitory synapses. A red lightning bolt symbol indicates an action potential being generated and traveling along the axon. A red horizontal bar is also present on the right side of the neuron.

個々のシナプスの性質

同じ発火信号を受けても、受け止めるニューロン内
でのその信号の「強さ」は、シナプスごとに異なる。

ニューロンの働きは、
発火するか発火しないかの
1か0かのデジタル・スタイル



興奮性シナプスからの信号の強さから
抑制性シナプスからの信号の強さを
引いた値がある閾値を越えると、
ニューロンは、「発火」する。

The diagram shows a central gray diamond-shaped neuron. On the left side, there are several colored arrows representing synaptic inputs: two blue arrows pointing to blue circular synaptic terminals, and three red arrows pointing to red circular synaptic terminals. On the right side, a red lightning bolt-shaped arrow points out from the neuron, representing an action potential. A thick red horizontal bar is positioned to the right of the neuron's output.

個々のシナプスの性質

同じ発火信号を受けても、受け止めるニューロン内
でのその信号の「強さ」は、シナプスごとに異なる。

ニューロン発火の条件

- あるニューロンが「発火」するかは、次のようにして決まる。

興奮性シナプスから受け取る信号の強さ全体 A から
抑制性シナプスから受け取る信号の強さ全体 B を
引いて、その値がある閾値 C より大きければ発火する。

$$A - B > C \quad \text{発火} \quad (A - B - C > 0)$$

$$A - B < C \quad \text{発火しない} \quad (A - B - C < 0)$$

- 発火賛成と発火反対の多数決。ただし、賛成票が、ある一定数以上（閾値）、反対票を上回らないといけないというルール。至極、単純である。

$$\text{賛成票} - \text{反対票} > \text{閾値} \quad \text{発火}$$

$$\text{賛成票} - \text{反対票} < \text{閾値} \quad \text{発火しない}$$

「重み」と「バイアス」

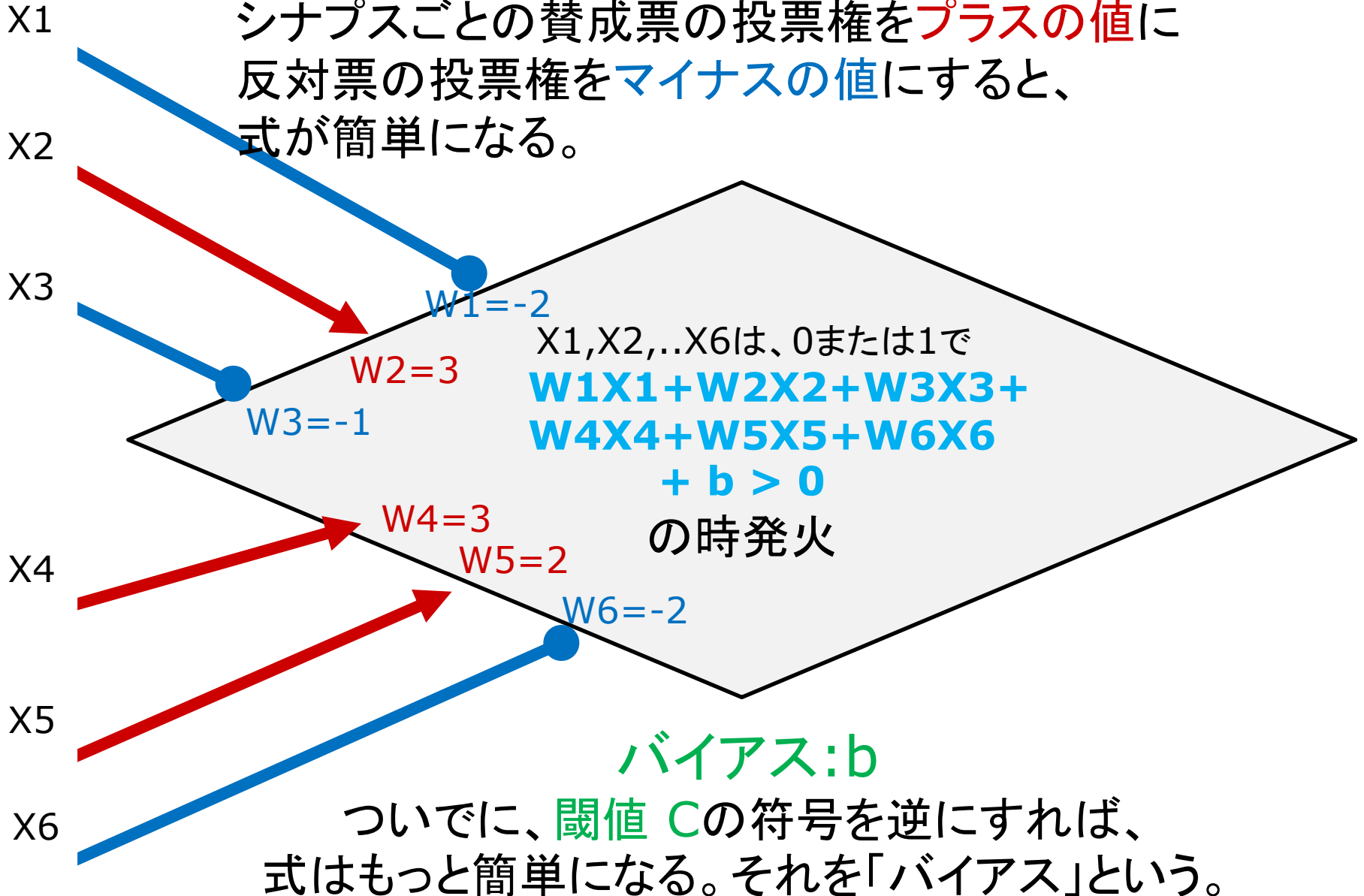
- 賛成票の数 A をプラスの値に、
反対票の数 B をマイナスの値 B' にし、
閾値 C の符号を逆にして C' (バイアス) とすると、
発火の条件 $A - B > C$ (すなわち、 $A - B - C > 0$) は、
 $A + B' + C' > 0$ の形になる。
- 各シナプスごとに異なる投票権の大きさを「重み」という。
興奮性シナプスはプラスの「重み」を持ち、抑圧性シナプスは
マイナスの「重み」を持つと考えるということ。
- 一つの入力 X_i (0か1の値をとる) には、それに対応した一
つのシナプスが存在する。そのシナプスの重みを W_i とすれ
ば、この一つのシナプスの投票数は、入力 X_i に 重み W_i
をかけたものである。

入力 X_i と重み W_i とバイアス b で 発火の条件を表す

- 今、6つの入力 X_i ($i=1,2,\dots,6$)があったとしよう。この時、この入力に対応するシナプスの重みを W_i ($i=1,2,\dots,6$)とすれば、各シナプスでの投票数は、入力 X_i に対応する重み W_i をかけたものだから、一つのニューロン全体の投票数は、このニューロンのすべての6個のシナプスの投票を足し合わせたものになる(符号も込みで考えている)。
- この投票数にバイアスを足し合わせたものがプラスの時、このニューロンは発火する。
- 式で表すと、入力 X_1, X_2, \dots, X_6 は、0または1で
 $W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + W_4X_4 + W_5X_5 + W_6X_6 + b > 0$
の時発火ということになる。

重み: W_i

シナプスごとの賛成票の投票権を**プラスの値**に
反対票の投票権を**マイナスの値**にすると、
式が簡単になる。



重み $W_i = [-2, 3, -1, 3, 2, -2]$

バイアス $b = -1$

入力 $X_i = [1, 0, 1, 0, 1, 1]$
の場合

$X_1 = 1$

$X_2 = 0$

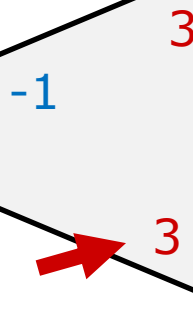
$X_3 = 1$

$X_4 = 0$

$X_5 = 1$

$X_6 = 1$

$$\begin{aligned} & W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + \\ & -2 W_4X_4 + W_5X_5 + W_6X_6 \\ & + b = \\ & (-2)x_1 + 3x_0 + (-1)x_1 + \\ & 3x_0 + 2x_1 + (-2)x_1 \\ & -1 = \\ & -2 - 2 + 2 - 2 - 1 = -5 < 0 \\ & -2 \text{ 発火せず!} \end{aligned}$$



重み $W_i = [-2, 3, -1, 3, 2, -2]$

バイアス $b = -1$

入力 $X_i = [1, 1, 0, 1, 0, 1]$
の場合

$X_1 = 1$

$X_2 = 1$

$X_3 = 0$

$X_4 = 1$

$X_5 = 0$

$X_6 = 1$

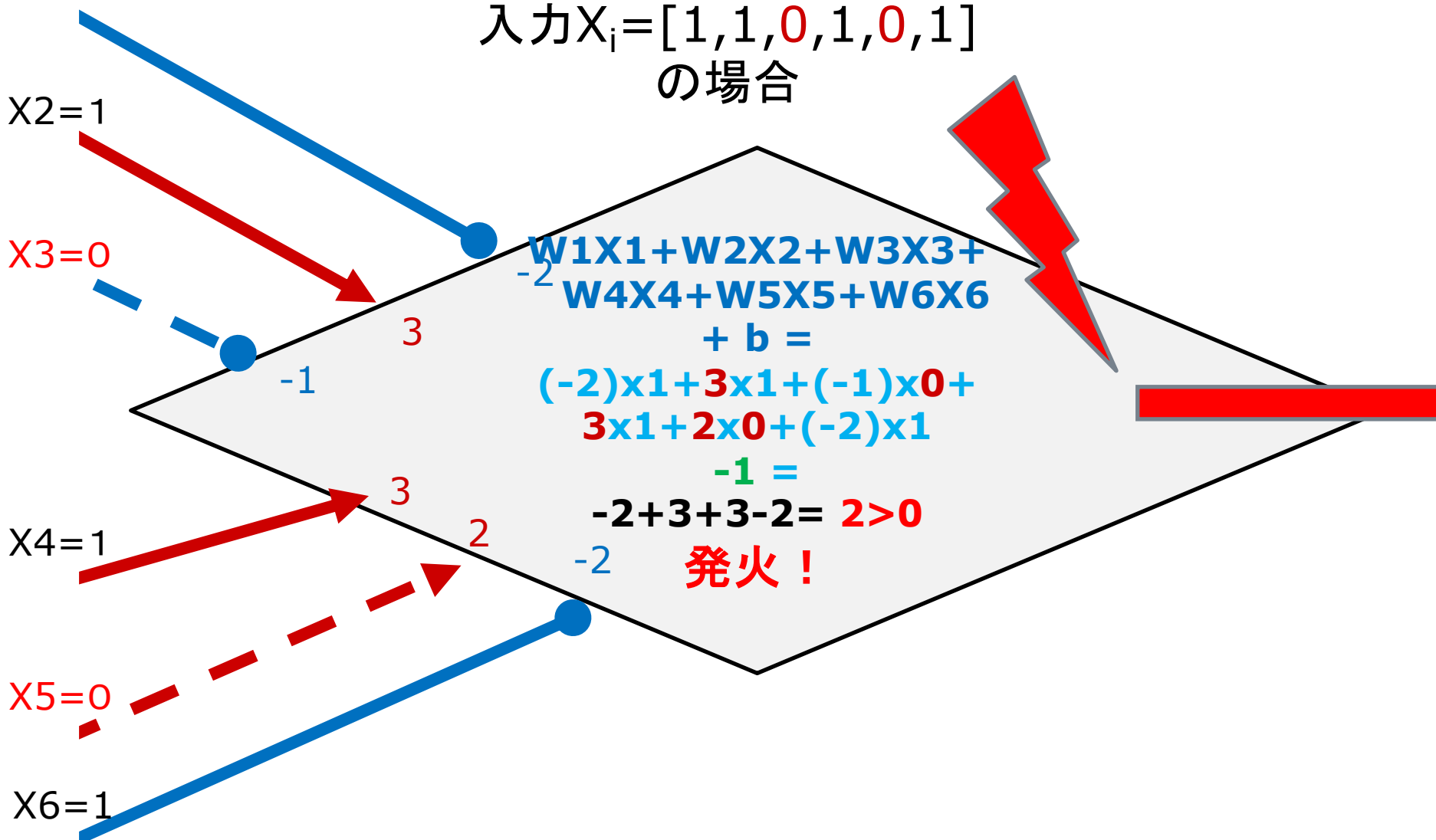
$$W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + W_4X_4 + W_5X_5 + W_6X_6 + b =$$

$$(-2) \times 1 + 3 \times 1 + (-1) \times 0 + 3 \times 1 + 2 \times 0 + (-2) \times 1$$

$$-1 =$$

$$-2 + 3 + 3 - 2 = 2 > 0$$

発火！



n個のシナプスを持つ、ニューロンの行う計算

各シナプスの入力の有無を表す変数: X_i

入力のある時: $X_i = 1$;

入力のない時: $X_i = 0$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$$

各シナプスの重みを表す変数: W_i

興奮性シナプスの場合: $W_i > 0$

抑制性シナプスの場合: $W_i < 0$

$$W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$$

バイアス: b

ニューロンは、次の計算を行い、値がプラスの時に発火する

$$X_1 W_1 + X_2 W_2 + X_3 W_3 + \dots + X_n W_n + b > 0?$$

A scenic view of a beach with a person walking on a path through tall grass towards the ocean under a bright sun with lens flare.

感覚能力の外的拡大 1

-- 視覚 --

人間の認識能力の拡大としての 感覚能力の外的拡大

万人に共有される「理性」という概念は、「科学革命」の扉を開き、それに続く「産業革命」を準備した。それはまた、自由・平等・人権といった近代市民社会の思想の先駆けでもあった。

ただ、そうした思想の力だけで、科学的認識の拡大の道が拓かれた訳ではない。科学的認識の拡大の上で、人間の感覚能力の外的な拡大が、おおきな役割を果たした。

まずは、「視覚」の能力の拡大を見ておこう。

人間の視覚の拡大

「視覚」は、生物が外界を認識するために、進化を通じて発達させてきた能力である。ただ、人間は、生物学的な進化以外の方法で、「視覚」の拡張を果たしてきた。

それは、人間が、望遠鏡や顕微鏡といった視覚を拡張する新しい機械を発明し、それを利用することでなされた。

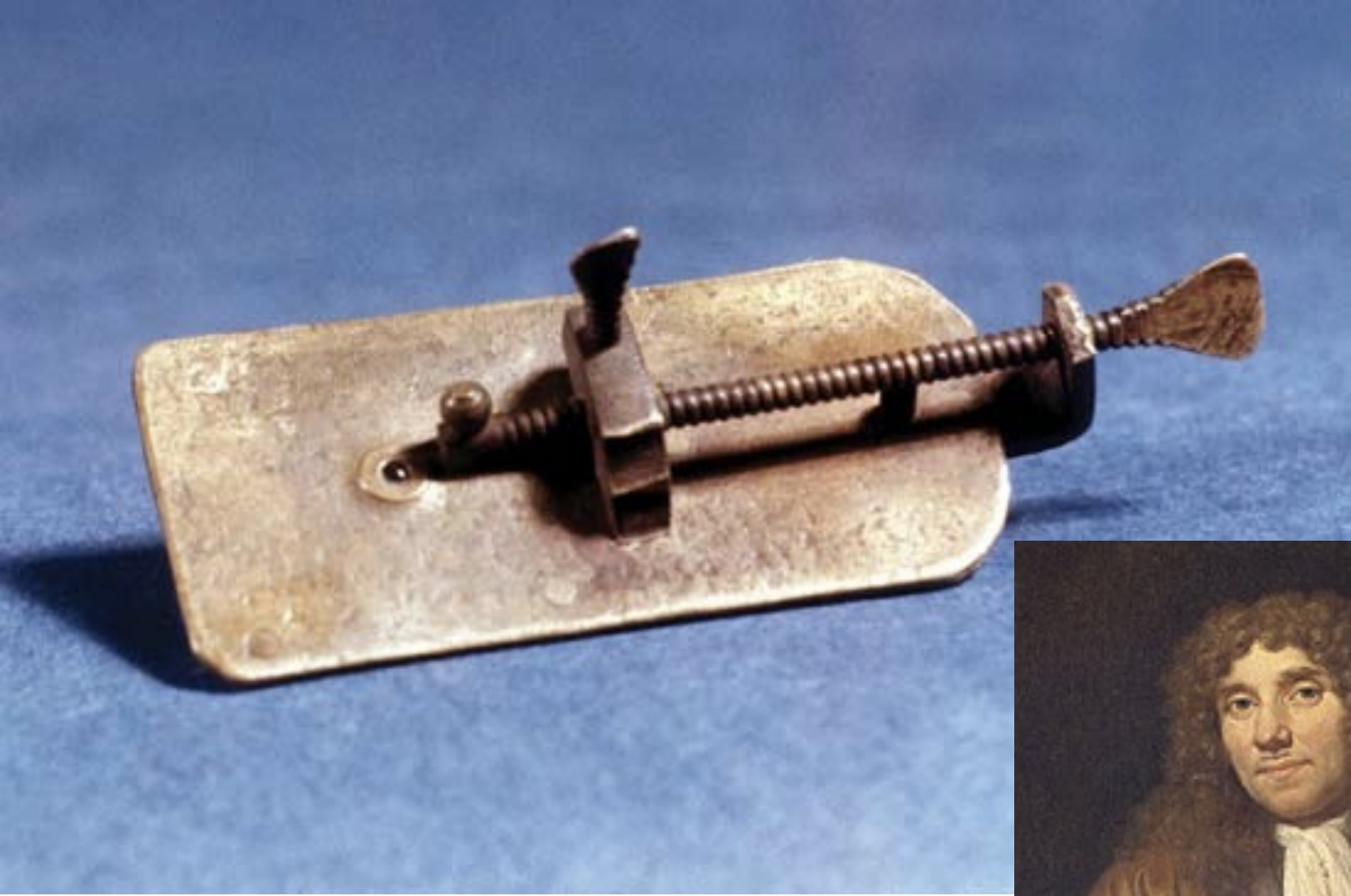
そうした機械の進歩は、現在も続いている。ここでは、近代科学の成立にも、現代科学の発展にも大きな役割を果たしている「視覚」を拡張する機械の話をしようと思う。



ガレリオ

望遠鏡



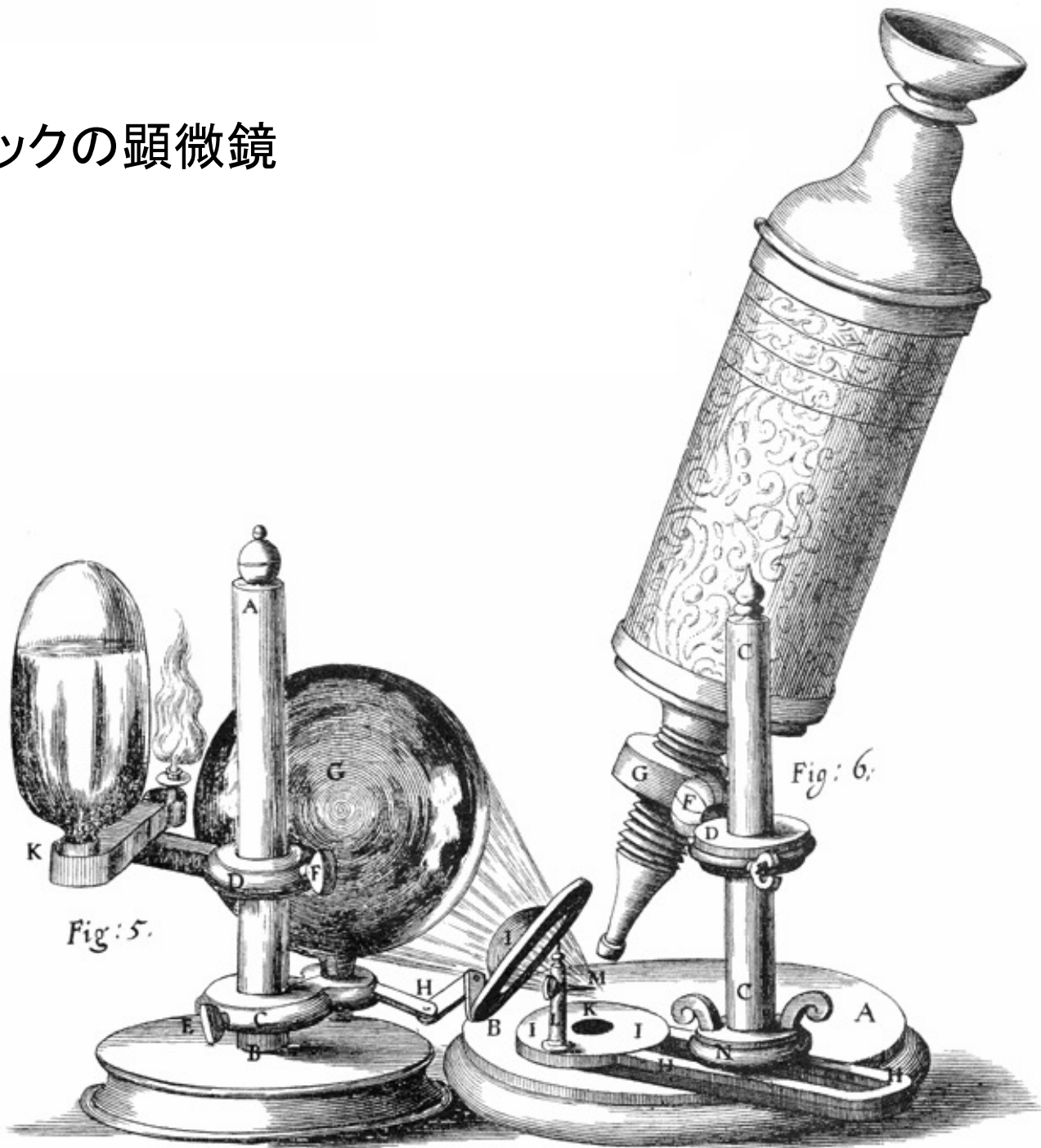


顕微鏡



レーウエンフック

フックの顕微鏡



レントゲン

エックス線





Hale Telescope 5.1m



アシレボ 電波望遠鏡 305m



アメリカ合衆国ニューメキシコ州ソコロに並ぶ
超大型干渉電波望遠鏡群。直径25mの
パラボラアンテナを27台集積し、直径130mの
電波望遠鏡として機能する。

中国「天眼」 500m



ハッブル宇宙望遠鏡

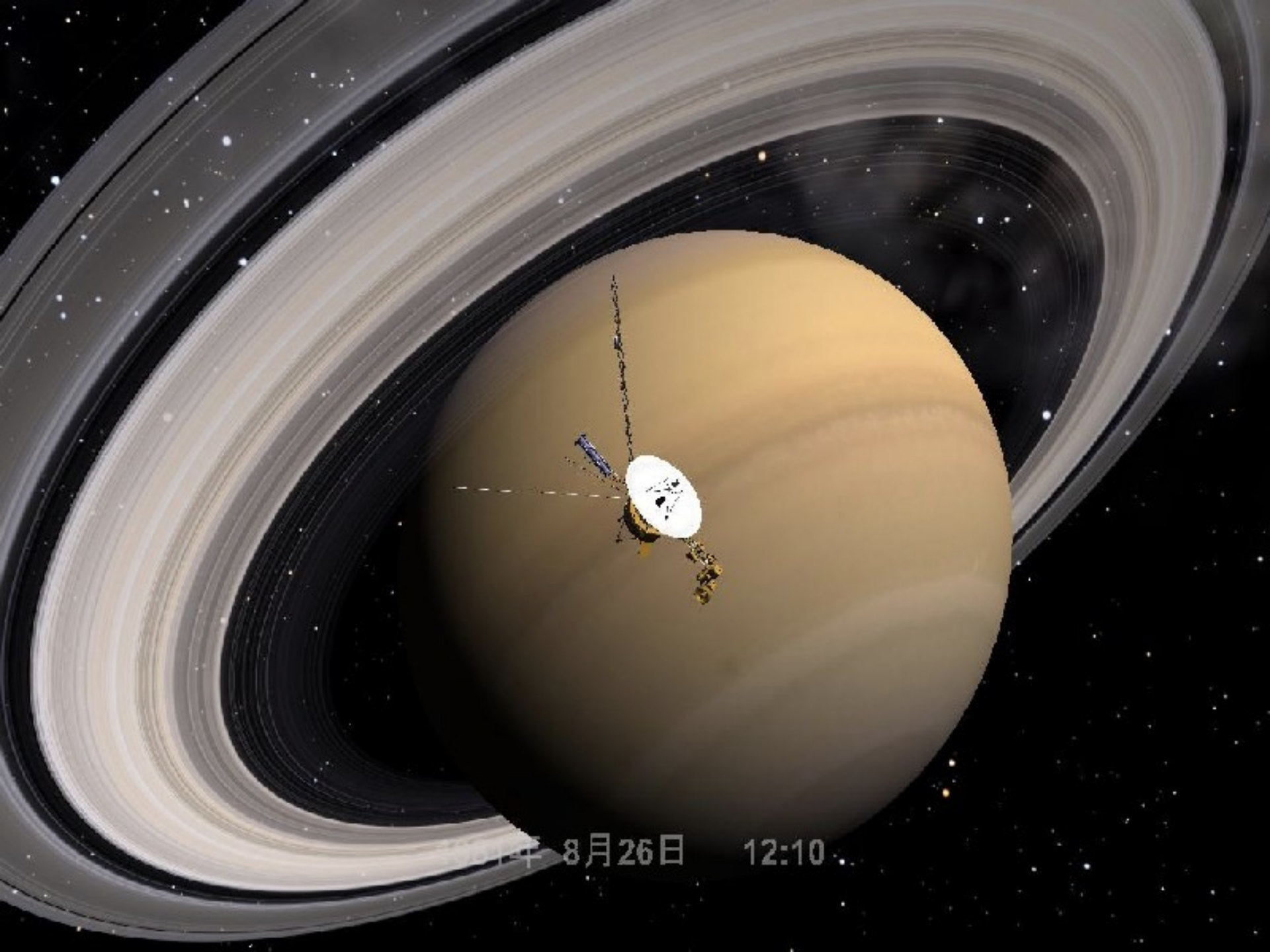


0309 102640 STS109 730J 040







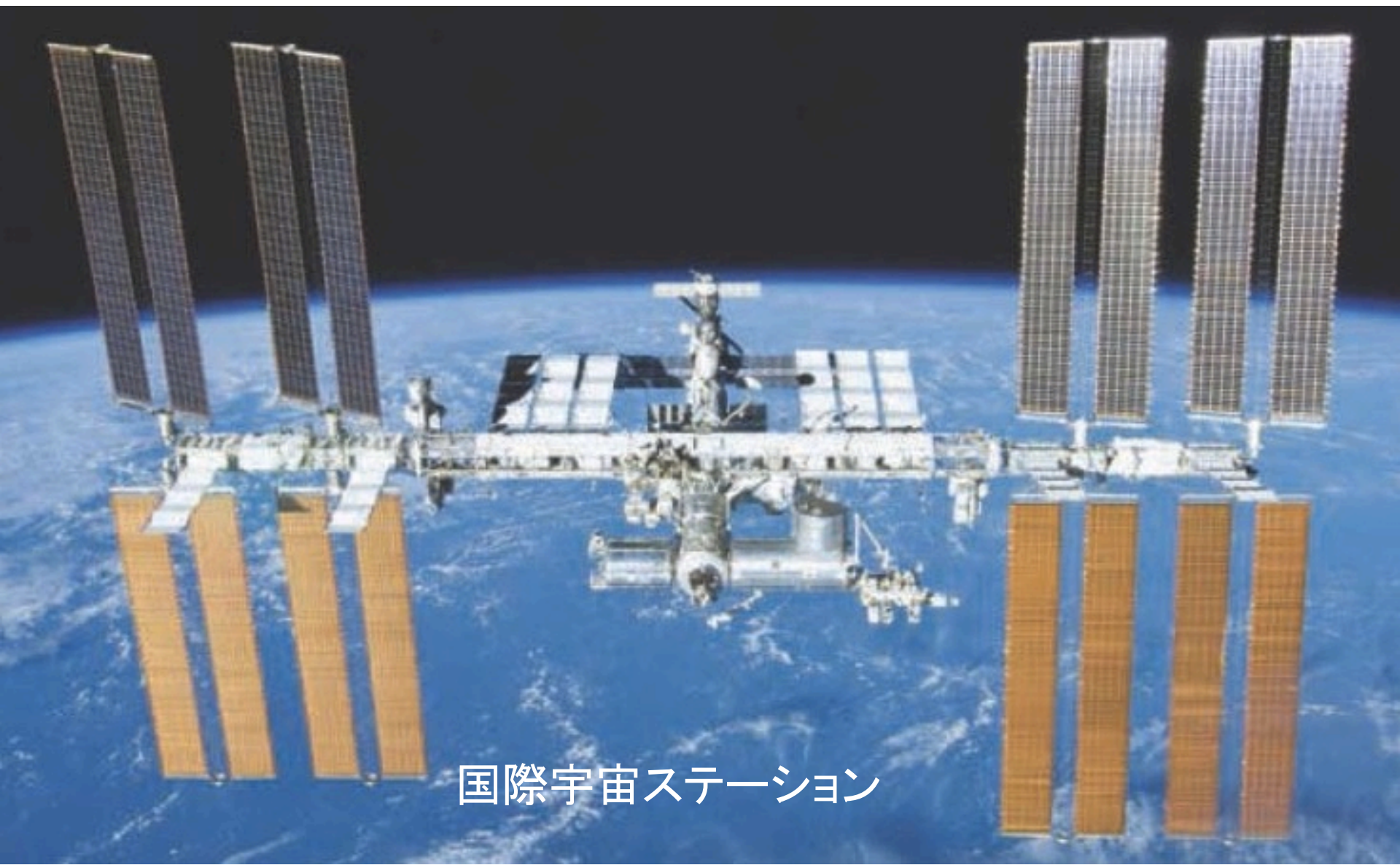


2017年 8月26日 12:10



「ペイル・ブルー・ドット」

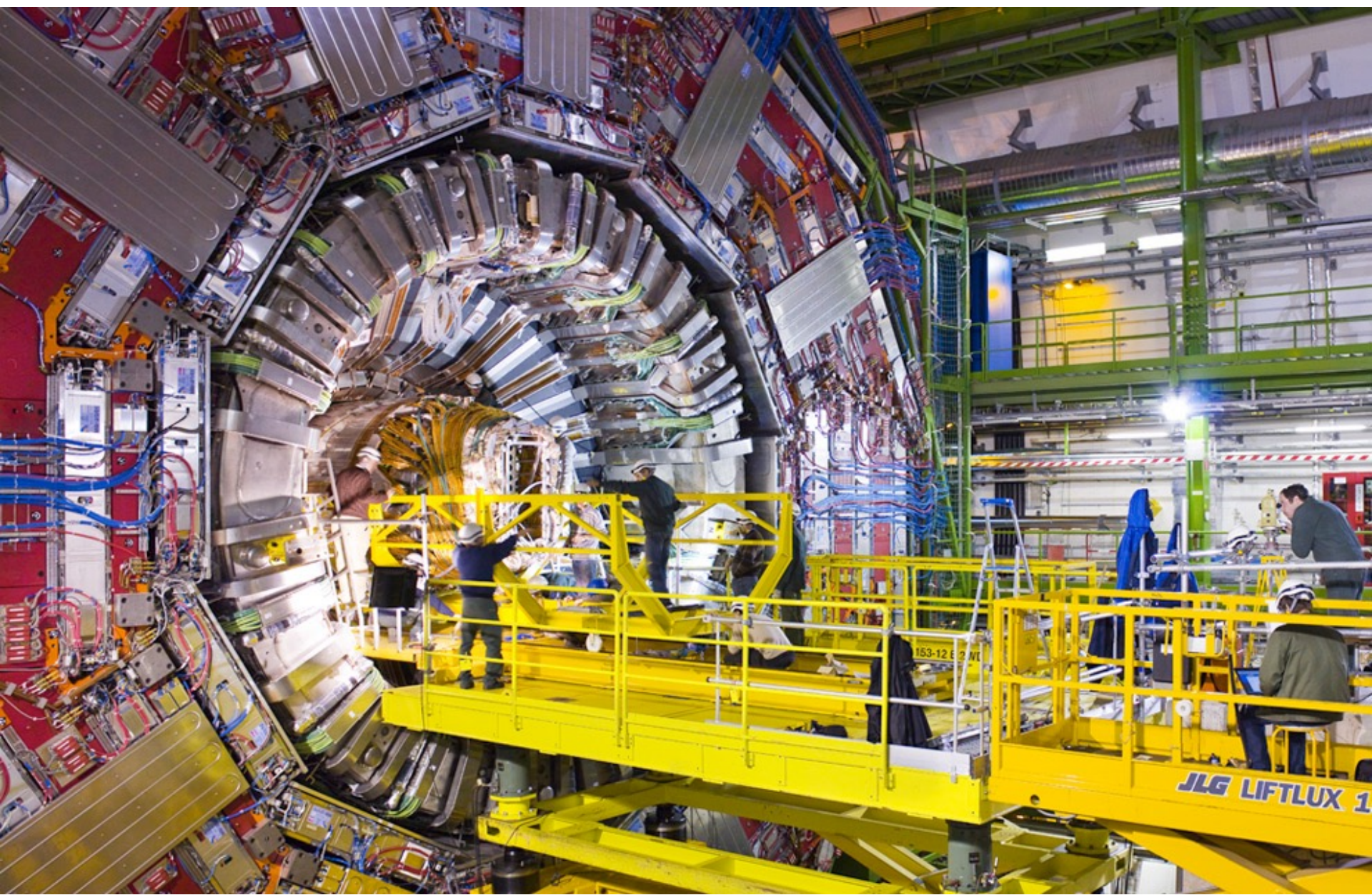


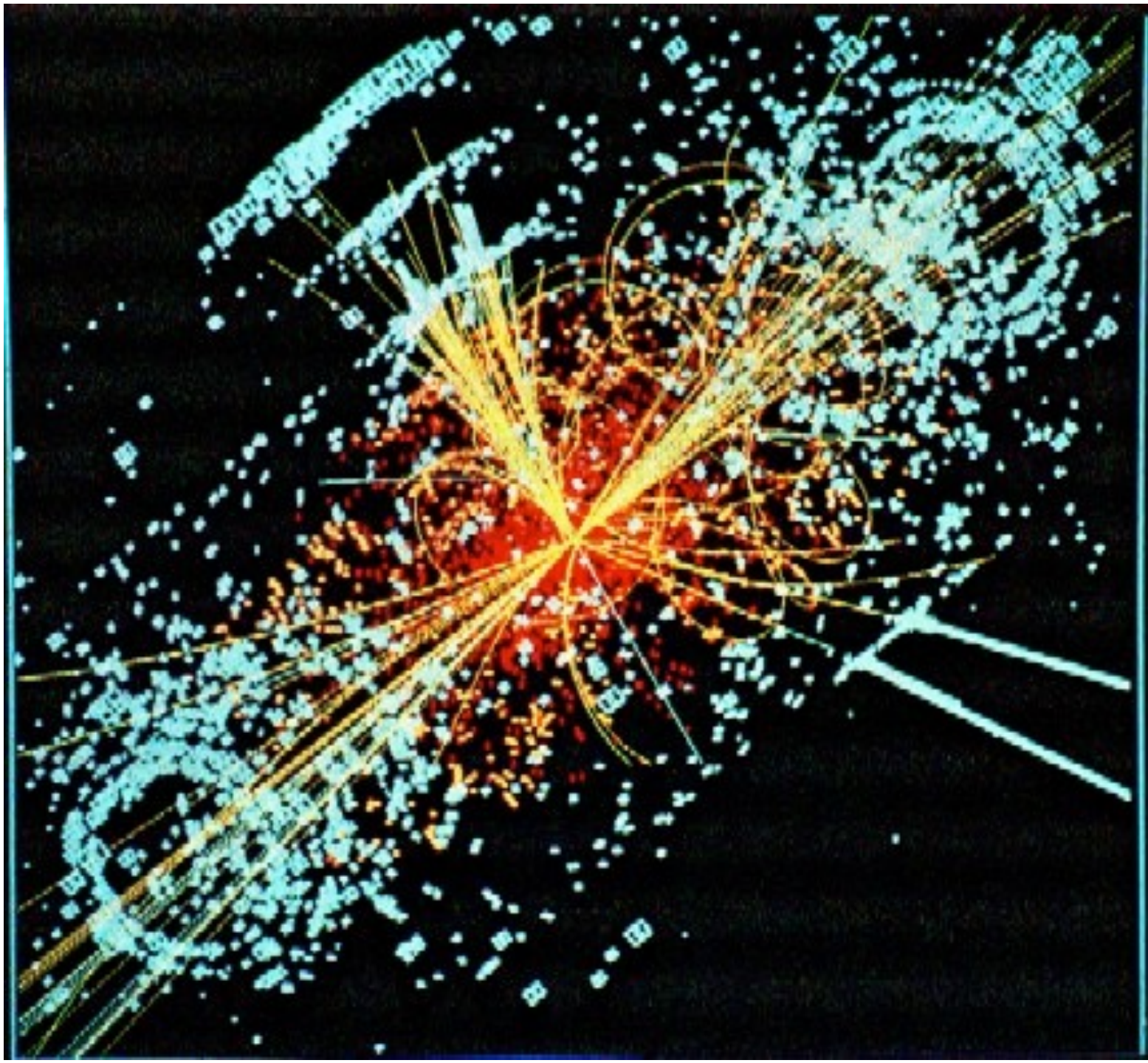


国際宇宙ステーション

CERN





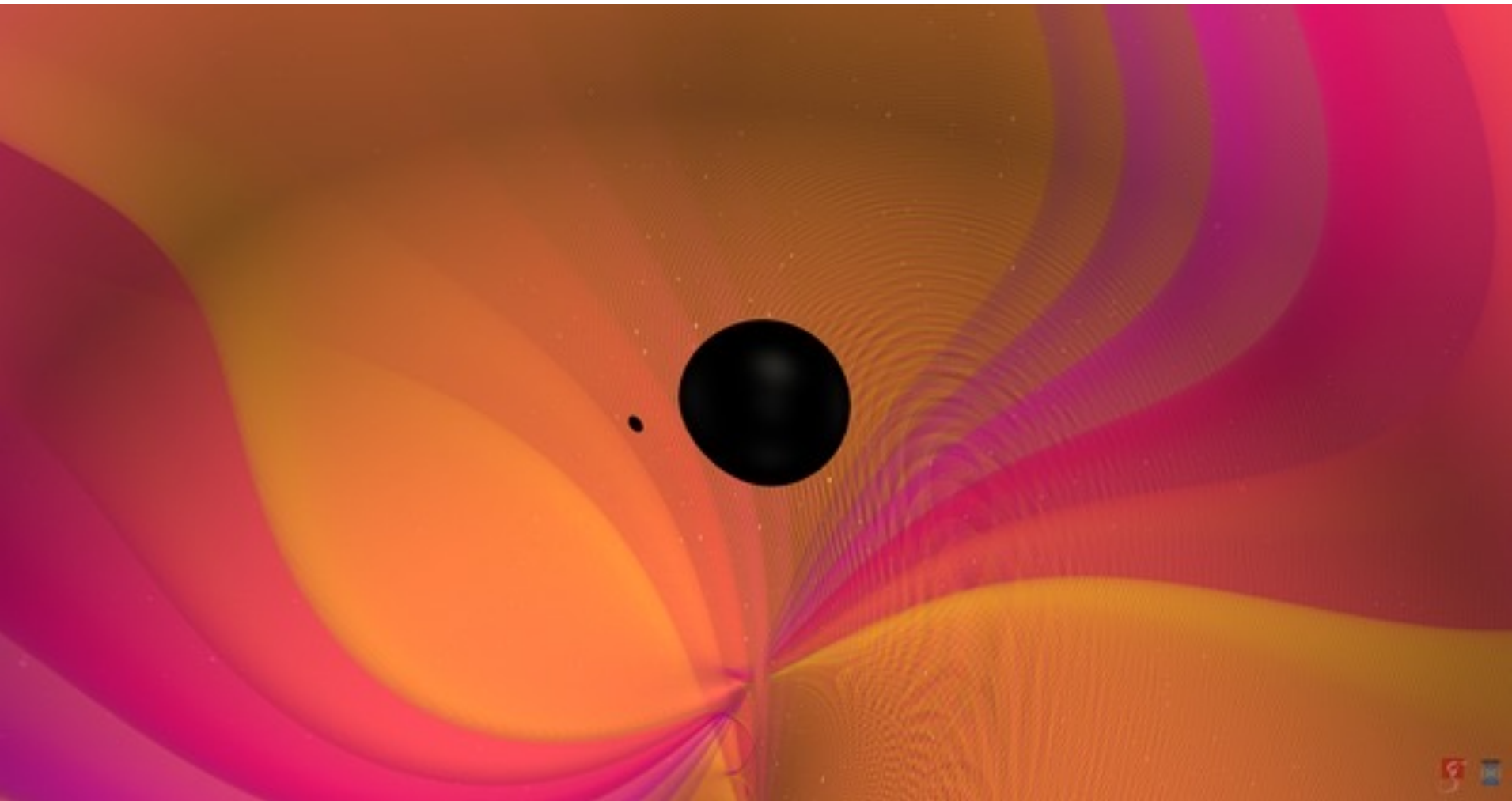


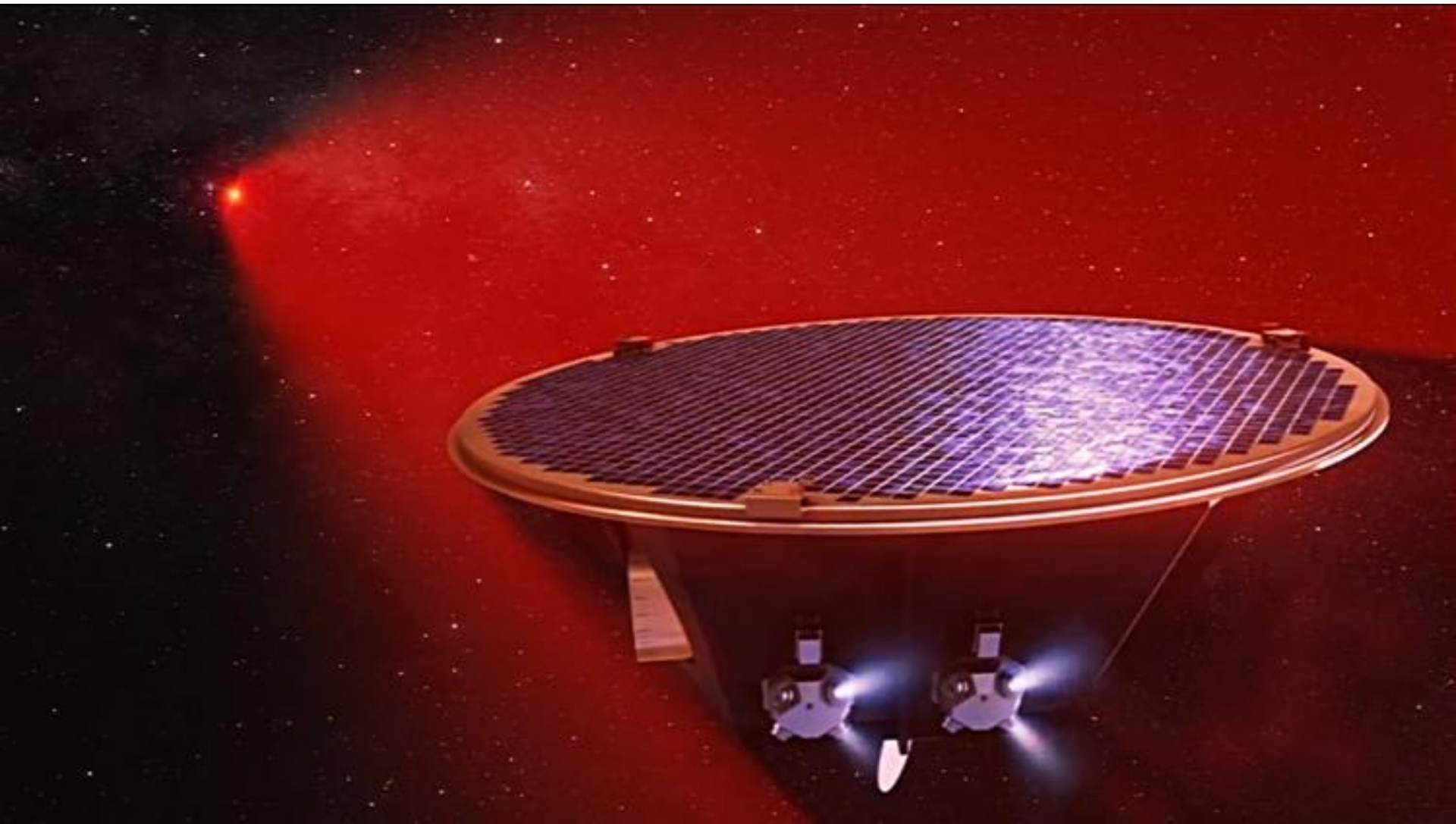


LIGO 重力波観測所

Virgo interferometer







LISA will observe a passing gravitational wave directly by measuring the tiny changes in distance between freely falling proof masses inside spacecraft with its high precision measurement system.

感覚能力の外的拡大 2

-- 時間感覚 --



生物の「時間の感覚」

- 視覚は、眼という感覚器官によって支えられている。ただし、すべての感覚が、対応する感覚器官を持つわけではない。そうした感覚は、生物が個別の感覚器官を発達させる以前から存在したもので、古い起源を持つよりプリミティブなものだ。
- 例えば、ほとんどすべての生物は、「時間の感覚」を持っている。生物は、時間の中で生きているからだ。毎日繰り返される夜と昼でも、季節の変化でも、生物の活動のパターンは変わる。誕生から死にいたるその生活自体も、固有の時間サイクルに従う。彼らは、自分がその時間サイクルのどこにいるのかを知っている。

「感じる」「知る」以前の認識の話

- 生物は、「時間を感じている」とか、「寿命を知っている」という表現に違和感を覚える人はいるかもしれない。ただ、それは、「感じる」ことを特定の感覚器官の働きと結びつけ、「知る」ことを脳の働きの結果として考えているからだと思う。
- 意識の層の下に広大な無意識の層があるように、感覚の層の下に、意識的には感覚されないが、その意味では「感じる」「知る」以前の段階の「認識」が存在すると考えることはできる。
- 人間だって、朝起きてから、長い時間が過ぎたのかそうでないのかは、時計をみなくてもわかるだろうし、誕生日を覚えていなくても、自分が若いのか老人なのかは体が知っているのだから。

生物学的時計

- 生物の「時間の感覚」の存在根拠について、現代の科学は、もっと明確に次のように語る。「生物は、時計を持つ」と。
- 2017年のノーベル生理学・医学賞は、ジェフリー C.ホール、ミカエル・ロスバッシュ、ミカエル・W・ヤングの「サーカディアン・リズム(蓋日リズム)をコントロールする分子メカニズムの発見」すなわち、体内時計の発見に贈られた。
- 2009年のノーベル生理学・医学賞は、ブラックバーン、グライダー、ジャック・W・ショスタクの「テロメアとテロメラーゼが染色体を保護するメカニズムの発見」に贈られた。テロメアが一定以上短くなると、細胞は分裂を停止するのだが、それが老化や寿命に関係しているという議論がある。

テロメアの短縮による老化？

生殖細胞・単細胞生物
がん細胞・培養細胞

体細胞

テロメラーゼによる
テロメア伸長(修復)

テロメア短縮



永続的な分裂増殖

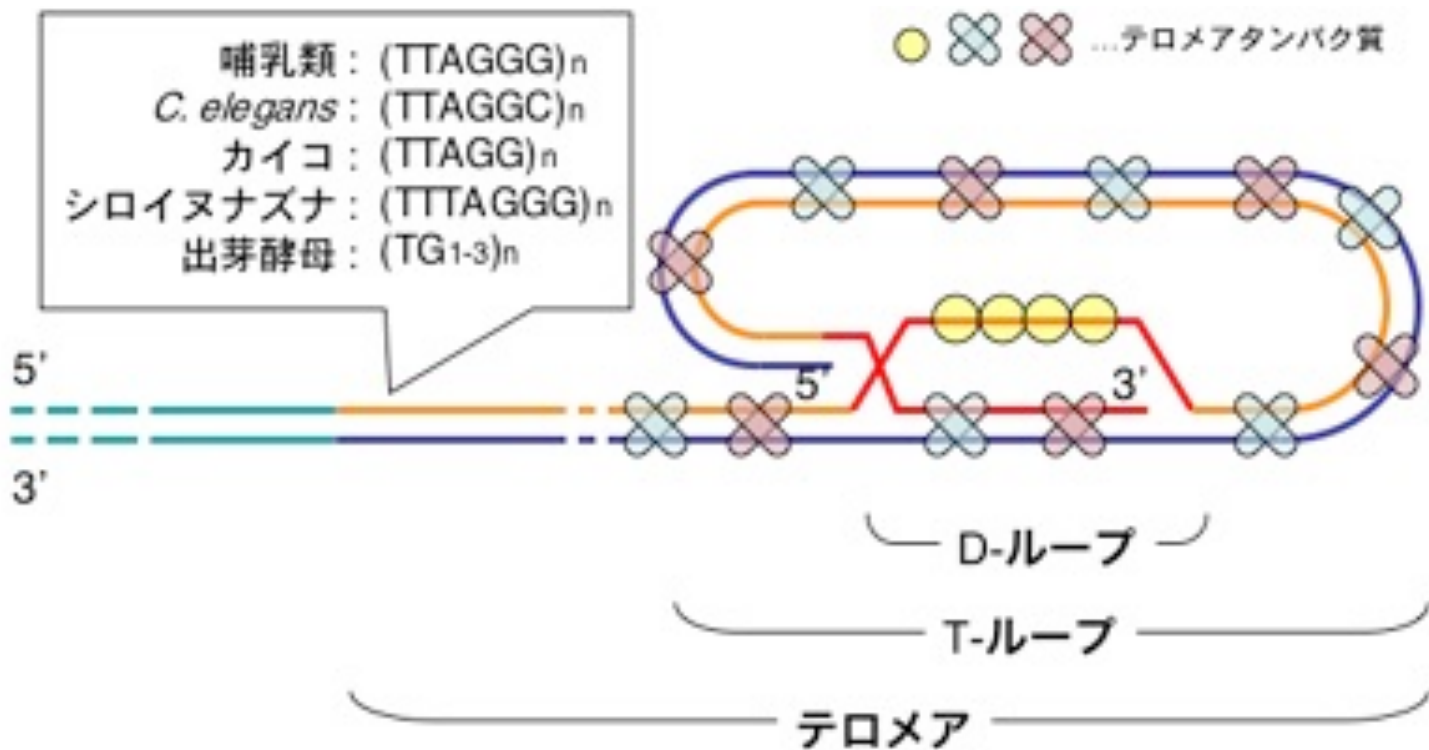
細胞分裂(DNA複製)停止
(細胞老化)

生殖細胞やがん細胞ではテロメラーゼによって末端部分の複製が行われる。テロメラーゼ活性がない体細胞では分裂ごとに短縮が起こり、一定以上短くなると分裂を停止し細胞老化が起こる。

グライダー、ブラックバーン、
ジャック・W・ショスタク
2009年ノーベル医学賞

テロメアの構造：

哺乳類染色体の最末端部位はT-ループ構造をとっていると考えられている。テロメアDNAの3'末端はオーバーハングしており、これは二重らせんに潜り込み、D-ループ構造をとっている(赤線部分)。

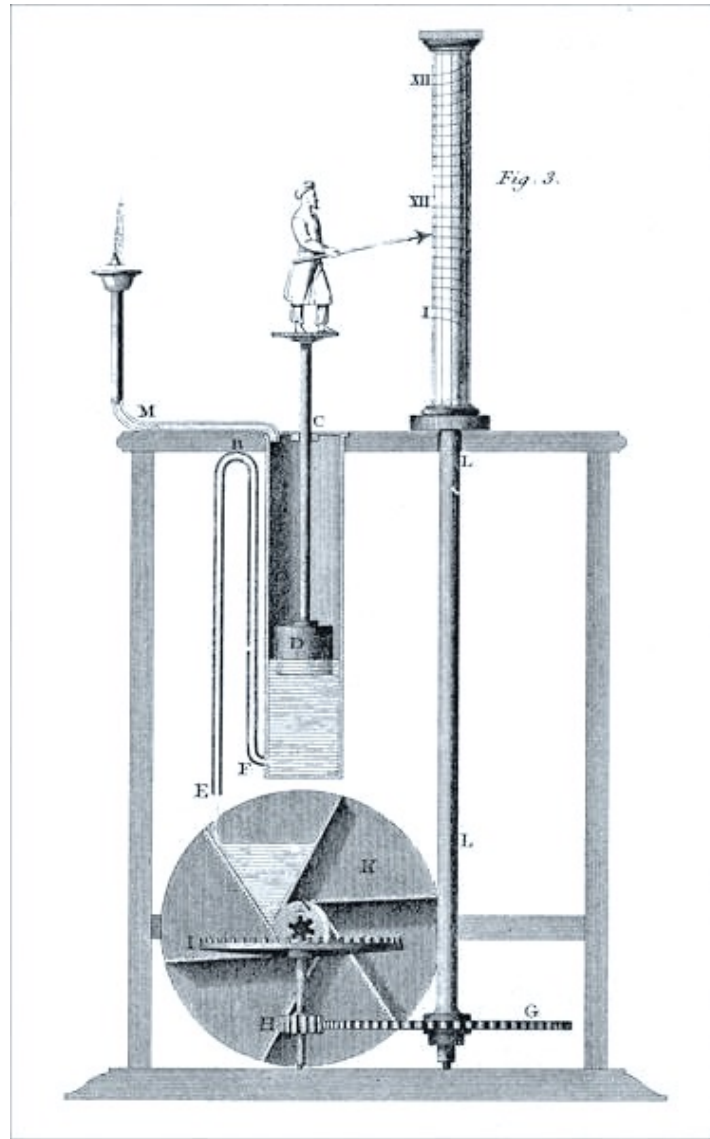


人間の「時間感覚」と時計

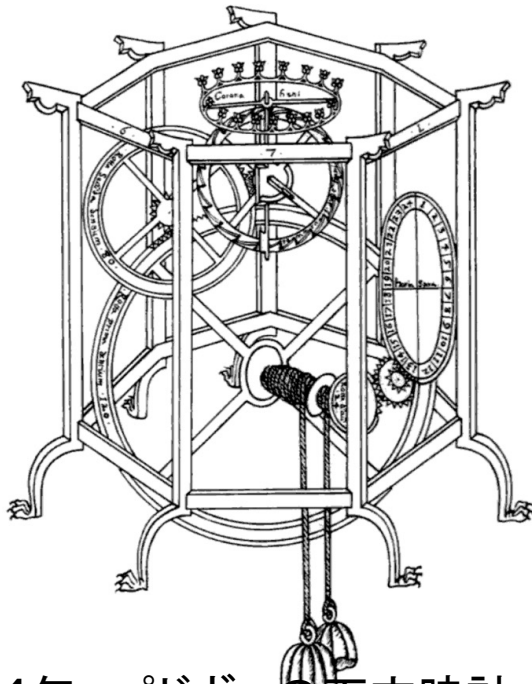
- 現代の人間の「時間感覚」は、独特なものだ。動物の時間感覚が、その体内時計によってコントロールされているのに対して、現代人は、基本的には、「時計」という機械に依拠して時間を知る。
- 人間の「時間感覚」と「時計＝機械」の結びつきは、この数百年の短い間に歴史的に形成されたものだが、その結びつきは強いものだ。今では、多くの人にとって、時計の表象なしに時間について考えることはむずかしいだろう。
- 機械の利用が、人間の能力を拡大すると考えれば、人間ほど鋭敏な時間感覚を持つ生物は存在しない。その特徴の一つは、その「正確さ」であり、もう一つは、「同時性」という観念を発展させたことである。

時計の正確さ

- ここでは、まず、人間の「時間感覚」の正確さがどのように発展してきたかを考えてみよう。それは、時計の正確さの発展の歴史を考えることに等しい。時計の歴史は古い。
- 一般相対論によれば、重力が強くなるにつれて時間の流れは遅くなる。だから、地球の中心に近い海岸と、中心から遠い山の上では、時計の進み方に違いが出る。現代の時計(誰もが持っているGPS付きのスマホの時計で十分だ)は、その違いを検出できるほど精度が高い。



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



1364年、パドヴァの天文時計

プラハの天文時計(1462年)

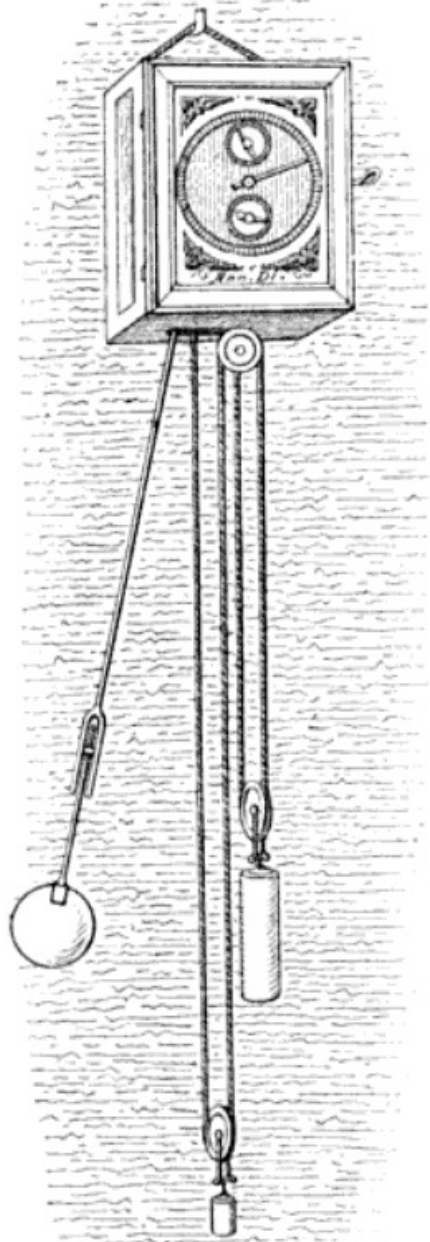


振り子の等時性

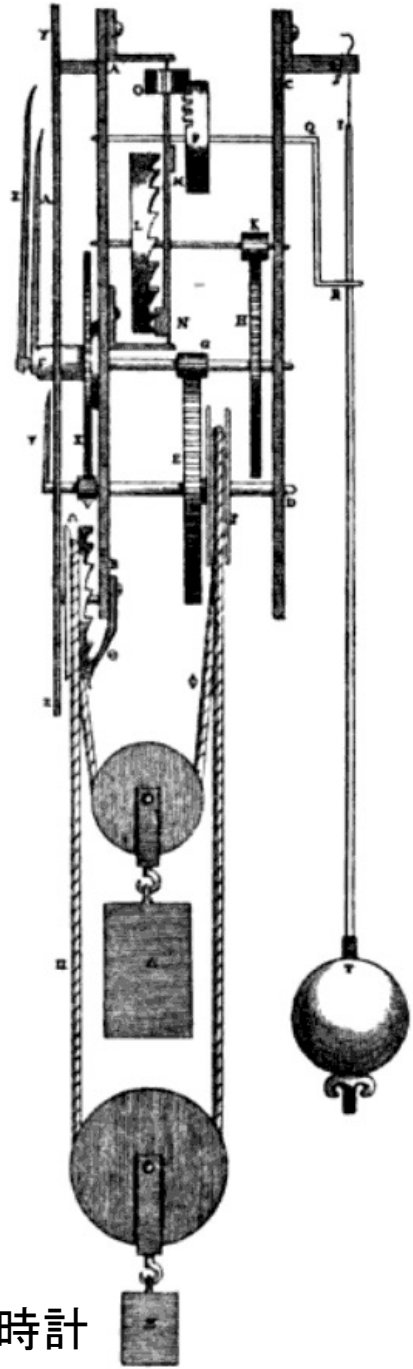
ガレリイ



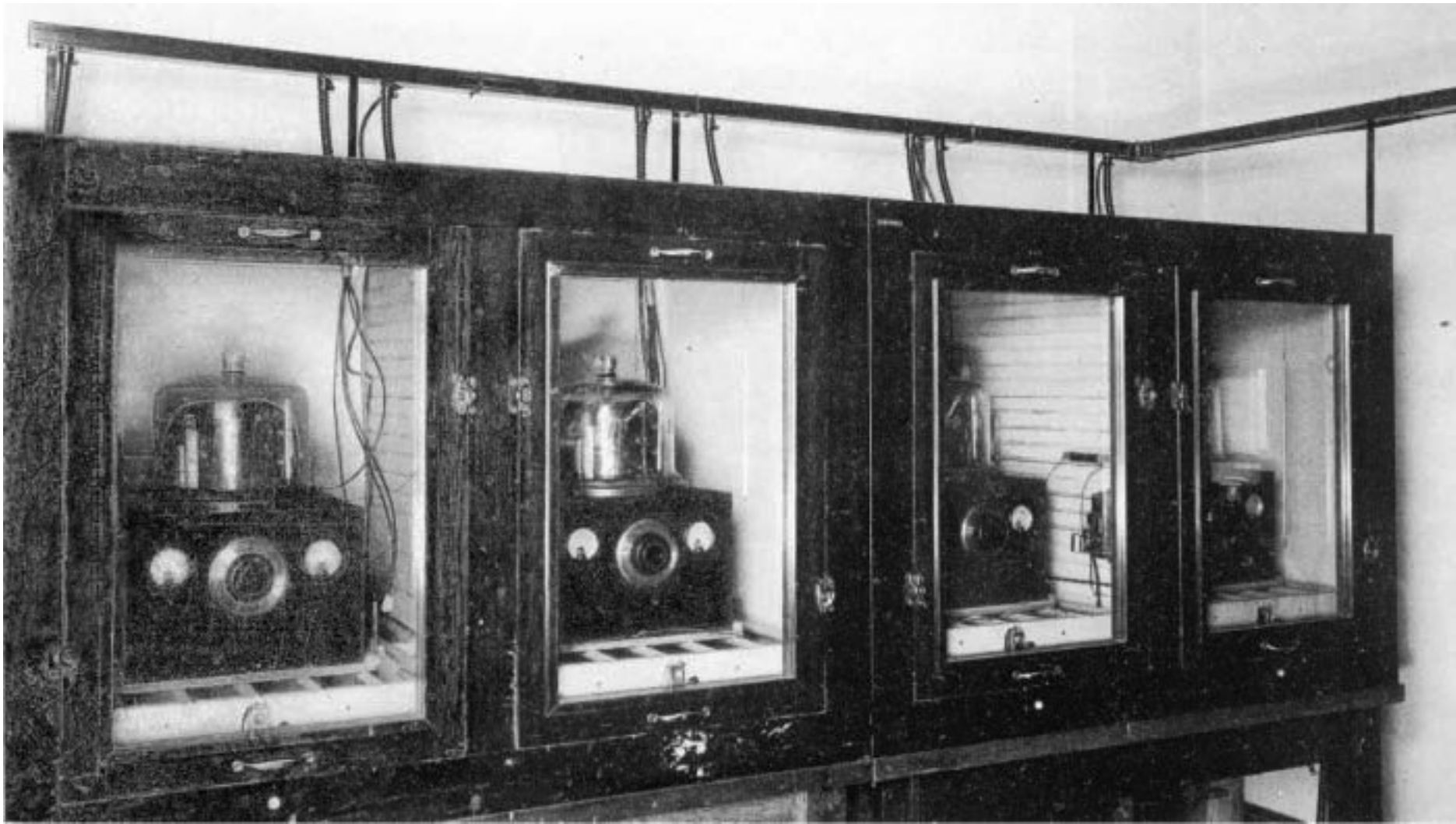
Pisa Cathedral
Galileo's lamp



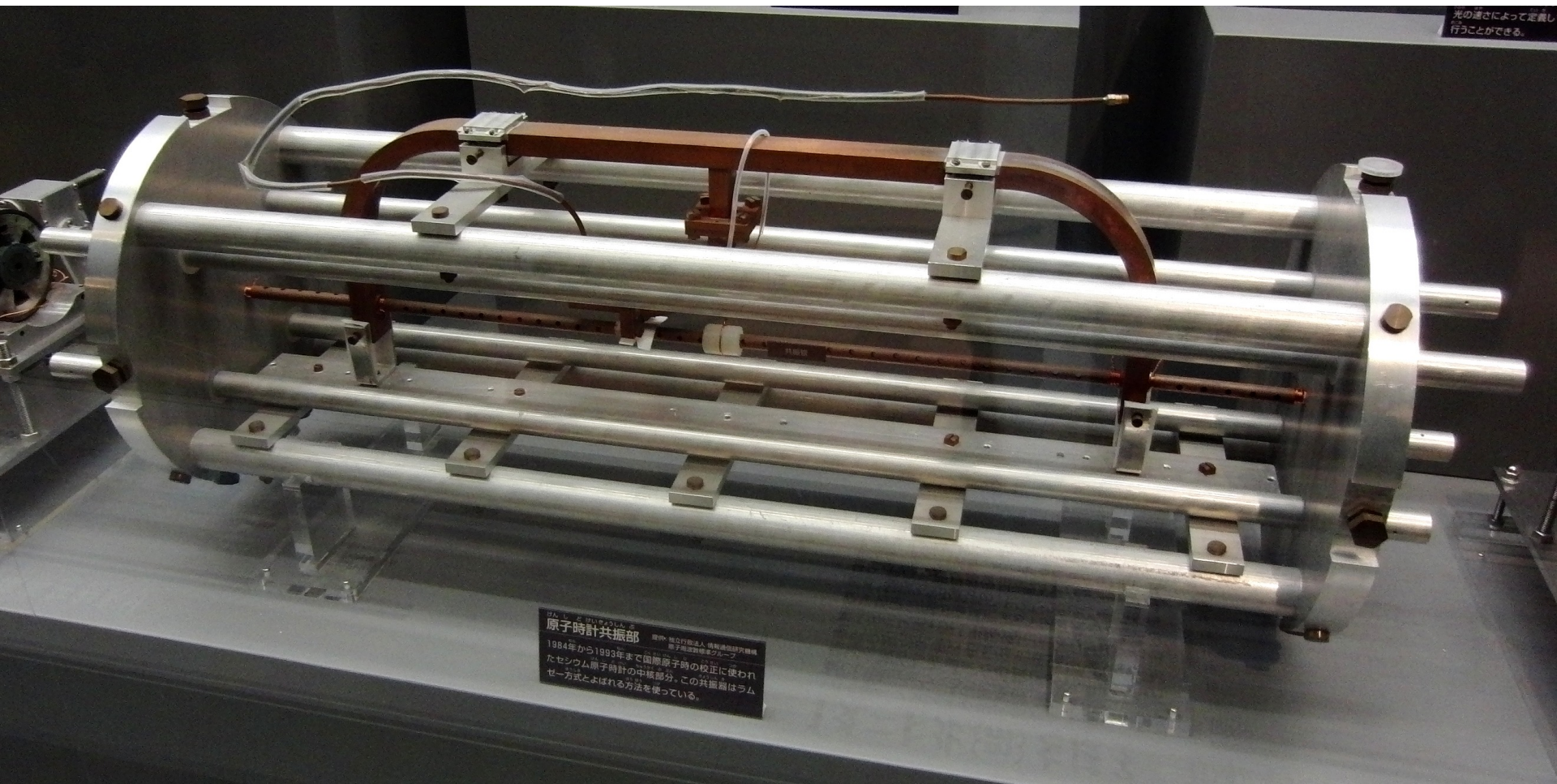
ホイヘンスの最初の時計



Riefler regulator clock, that served as the US time standard from 1909 to 1929



Four precision 100 kHz quartz oscillators at the US Bureau of Standards (now NIST) that became the first quartz frequency standard for the United States in 1929.



光の速さによって定義し
行うことができる。

原子時計共振部
1984年から1993年まで国際原子時の校正に使われていたセシウム原子時計の共振部。この共振器はラムゼー方式とよばれる方法を使っている。

1984年から1993年まで国際原子時の校正に使われていたセシウム原子時計の共振部。国立科学博物館の展示。

時間の国際単位系

「原子時計の誕生は時計の歴史上画期的なものである。従来の時計は、地球の自転を24時間と定義し、それをいかに正確に計測するかを目的に発展していったのだが、原子時計の精度は地球の自転速度の精度を上回るようになった。そのため1967年、国際単位系 (SI) においては、セシウムの性質を時間基準として採用した[145]。国際単位系では、1秒を「基底状態の ^{133}Cs 原子における2つの電子のスピンエネルギー状態間の遷移に対応する放射が9,192,631,770回繰り返される時間である」と定義している[146]。アメリカ国立標準技術研究所が管理しているセシウム原子時計は、1年で300億分の1秒未満しか狂わない[145]。そのため、正確とはいえない地球の自転速度に時計をあわせる必要が生じ、協定世界時において閏秒を挿入することとなった。」

「同時性」の認識と時計の同期

- 「時計＝機械」の利用が、人間の「時間の感覚」を拡大したと考えた時、それが時間についての「同時性」という観念を精緻に発展させてきたことに気づく。それは時間の正確さとは、別の概念である。
- 同じ時間を共有していると言う感覚は、人間にとってなにも新しいものではない。ただ、どのように「同じ」時間であるのかの認識は、自明なものではない。
- 一つの考えは、人間が時計を通じて時間を知るのなら、「同じ時計」に従う時に、「同じ時間」について語るができることと考えることだ。こうした考えによれば、「同時性」の認識は、時計の同期によって可能になることになる。

グレゴリー暦（日単位の同期） 1500年代



1582		OCTOBER					1582	
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT		
	1	2	3	4	15	16		
17	18	19	20	21	22	23		
24	25	26	27	28	29	30		
31								

LVNARIO NOVO. SECONDO LA NVOVA RI- FORMA DELLA CORRETTIONE DEL L'ANNO. RIFORMATO DA N. S. GREGORIO XIII.

Calcolato fotto il meridiano dell'Alma Città di Roma, per M. Eusebio de Alessandri Vercelesse, nel quale oltre le congiuntioni, opposizioni, & quadrati della Luna con il Sole, vi si son poste ancora le feste mobili, & quelle di Palazzo, & di Campidoglio, & li giorni buoni per cauar langue, & dar medicine, & ferue per tre Mesh, cio è Ottobre, Nouembre, & Decembre.

Breue giuditio, sopra la stagione vernale, dell'Anno Riformato.

LLI 22. di Decembre, secondo la Nuova Riforma, & correctione dell'Anno fatta per ordine di N. S. Papa Gregorio XIII. il Solstio Vernale dara principio, perche il Sole ad Hore 20. minuti 24. del giorno medesimo peruerà al primo minuto di Capricorno, nel quale punto finirà l'Autunno dell'Anno 82. & comincerà l'Inverno. Venere fortificata qualia, fara la flagione che fara alquanto humida, & la maggior parte fredda, non ferza alcune pioggie. Pure se alcuno desidera fa più appieno del Giudicio dell'Anno profino del '83. infeme ce alcune influenze che minacciano li pianeti per li vari aspetti ch'hanno tra d'elli per quelle lor congiuntioni, andrà al mio Calcolo delle Congiuntioni, & Oppositioni del Sole con la Luna, & dell'altri pianeti fatto sopra l'Anno del 1583. Incominciando dal primo d'Ottobre, & lui vederà le mutazioni delle quattro flagione dell'Anno, & in qual tempo, giorno, hora, & minuti daranno principio li quattro punti Cardinali, cioè delli Solstij, & equinoxij, fecondo la nuova riforma dell'Anno. Di più ci sono le mutazioni de i tempi & dell'Anno, che è il Sole giorno per giorno in ascendere sopra il nostro orizzonte, con un bellissimo auerimento che li deute offerare di per di, per dar medicine, & andar alla stufa, & à i bagni, fecondo i buoni & tristi Aspetti de gli pianeti, & far altre operationi, come lui fe potrà meglio vedere, & ancora la quonità dell'horè del giorno.

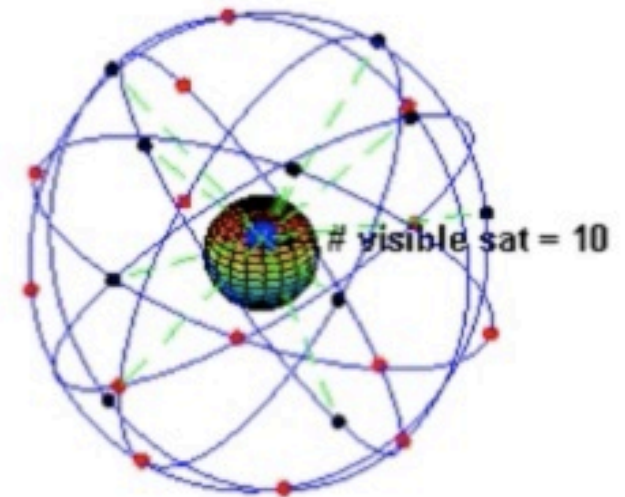
Ottobre lettera Duale G.			Nouembre ha giorni 30.			Decembre ha giorni 31.		
D.	H.	M.	D.	H.	M.	D.	H.	M.
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31

Con Licentia delli Superiori. In Roma Appresso Vincentio Accolti. 1582. & permiffu Ant. Liliij

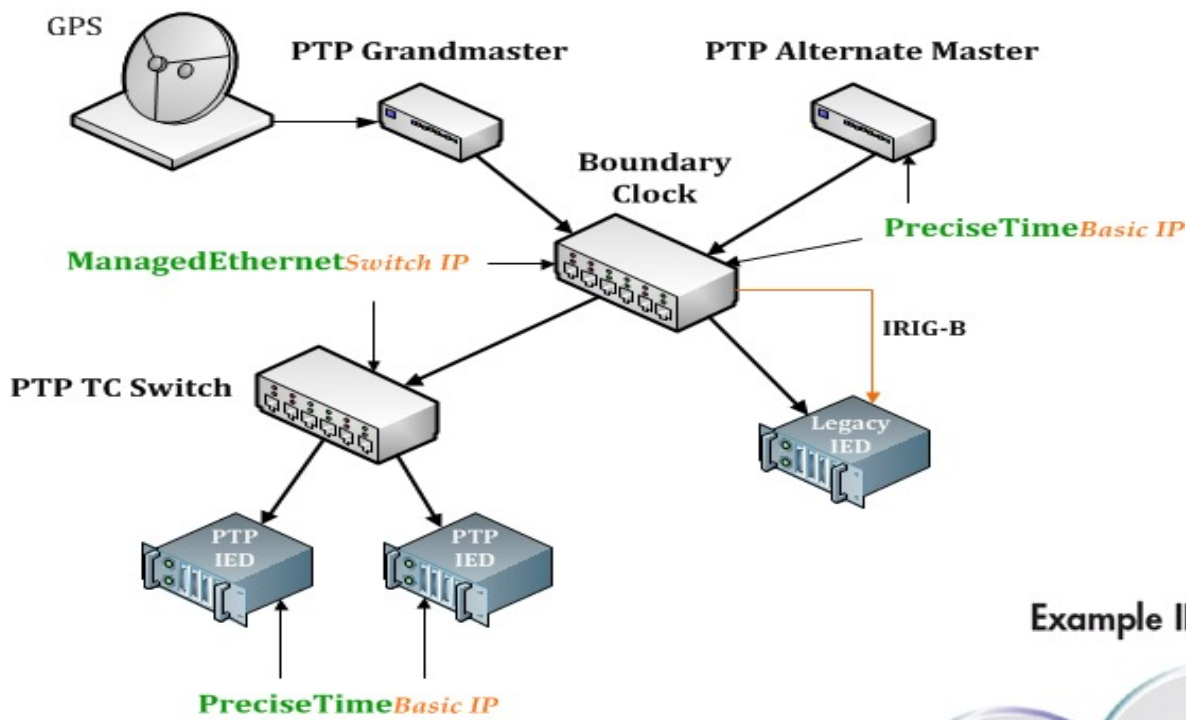
グリニッジ標準時（秒単位の同期） 1800年代



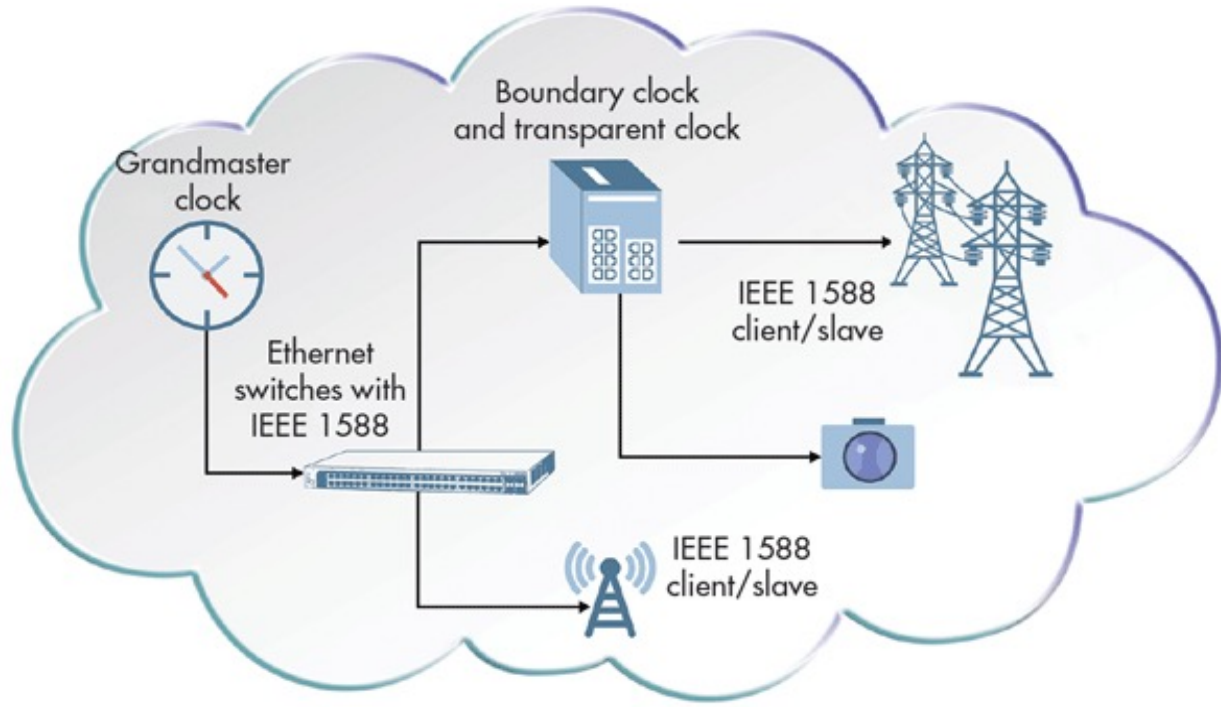
IEEE 1588 (ナノ秒単位の同期) 2000年代



GPSは、100ns単位の
正確な時間を、戸外の
アクセスで、デバイスに
与えることができる



Example IEEE 1588 network



Precision Time Protocols (PTP) IEEE 1588 on Ethernet

Press Release October 1, 2007



NEWS RELEASE

For More Information Contact

Media Contact

Naomi Mitchell
National Semiconductor
(408) 721-2142
naomi.mitchell@nsc.com

Reader Information

Design Support Group
(800) 272-9959
www.national.com

Industry's First Ethernet Transceiver with IEEE 1588 PTP Hardware Support from National Semiconductor Delivers Outstanding Clock Accuracy

Using DP83640, Designers May Choose Any Microcontroller, FPGA or ASIC to Achieve 8- Nanosecond Precision with Maximum System Flexibility

Lee, Berkeley



It is becoming routine for physical network interfaces (PHY) to provide hardware support for PTPs.

With this first generation PHY, clocks on a LAN agree on the current time of day to within 8ns, far more precise than GPS older techniques like NTP.

An Extreme Example: The Large Hadron Collider

The WhiteRabbit project at CERN is synchronizing the clocks of computers 10 km apart to within about 80 psec using a combination of GPS, IEEE 1588 PTP and synchronous ethernet.



時計同期は、次のことを可能にする

- エネルギーの効率化
- 通信なしでさえも、協調動作が可能に
- セキュリティー
- リソース管理
- 決定論的振る舞い

記憶能力の外的拡大 -- 世代から世代へ --



世代から世代への 遺伝子情報の伝達

生物界で最も基底的な情報システムは、生命現象の固有な部分を構成する、世代から世代への時間の流れに沿った遺伝情報の伝達です。

ウィルスは確かに自分を取り巻く環境を知覚はできません。ましてや、自分の隣にいるウィルスと会話ができるわけでもありません。それにもかかわらず、彼らは、自らの複製を無数に作り出すことを通じて、そして、その過程での複製の誤りや突然変異を利用することによって、親から子へ、さらには次の世代へと、貴重な情報を送り続けています。

こうして、たとえ隣のウィルスとは会話ができなくとも、一方的的ではあるのですが、子孫としてのウィルスへは情報伝達を行い、全体としては環境の変化を感じとり、適応する能力を持っていると
言いことができます。

遺伝子情報によらない、 世代から世代への情報伝達

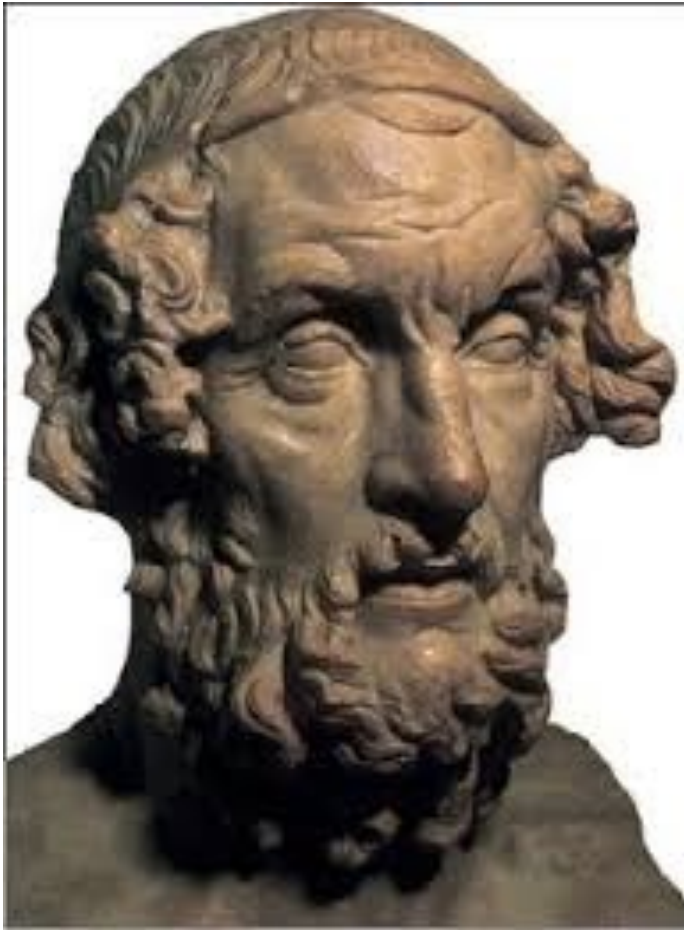
われわれにとって、より興味深いのは、人間において、言語能力等の新たな遺伝的特質の獲得を基礎に、新しい世代間の情報伝達情報蓄積の様式を作り上げることが可能になったということです。

別の視点からすれば、われわれ人間は、DNAを通ずる以外の手段で、歴史上で先行する集団から情報をうけとることができ、かつ、情報を後の世代に伝達しうる唯一の生物とっていいのです。われわれは先の世代が築いたものを受け継いで今日を作り、また、明日を準備します。

このことは、次の様にも表現されます。すなわち、われわれは、進歩するのだと。

記憶能力の外的拡大

ほとんどすべての動物は、記憶とその想起の能力を持つのですが、人間に起きたこうした変化は、個体としての人間の記憶能力の外的拡大として、捉えることができます。



ホメロス 紀元前8世紀？
「イリヤス」「オデッセイア」



琵琶法師 平安中期～
「平家物語」14世紀



携帯を取り出した

チベット「ケサル王伝」

全詩の行数は100万行を超える。
文字数8千万字余り、300巻に編集
される。

<https://www.youtube.com/watch?v=W5EBxwejDck>

文字



人鳥水牛

人鳥水牛

人鳥水牛

人鳥水牛

人鳥水牛

Handwritten Chinese text in vertical columns, likely a manuscript or official document. The characters are densely packed and written in a traditional style. The text is arranged in approximately 15 vertical columns, reading from right to left. The paper appears aged and slightly textured.

Handwritten Chinese text on a circular or oval-shaped piece of paper, possibly a seal or a small document. The characters are arranged in several horizontal lines, reading from right to left. The ink is dark, and the paper has a yellowish, aged appearance.

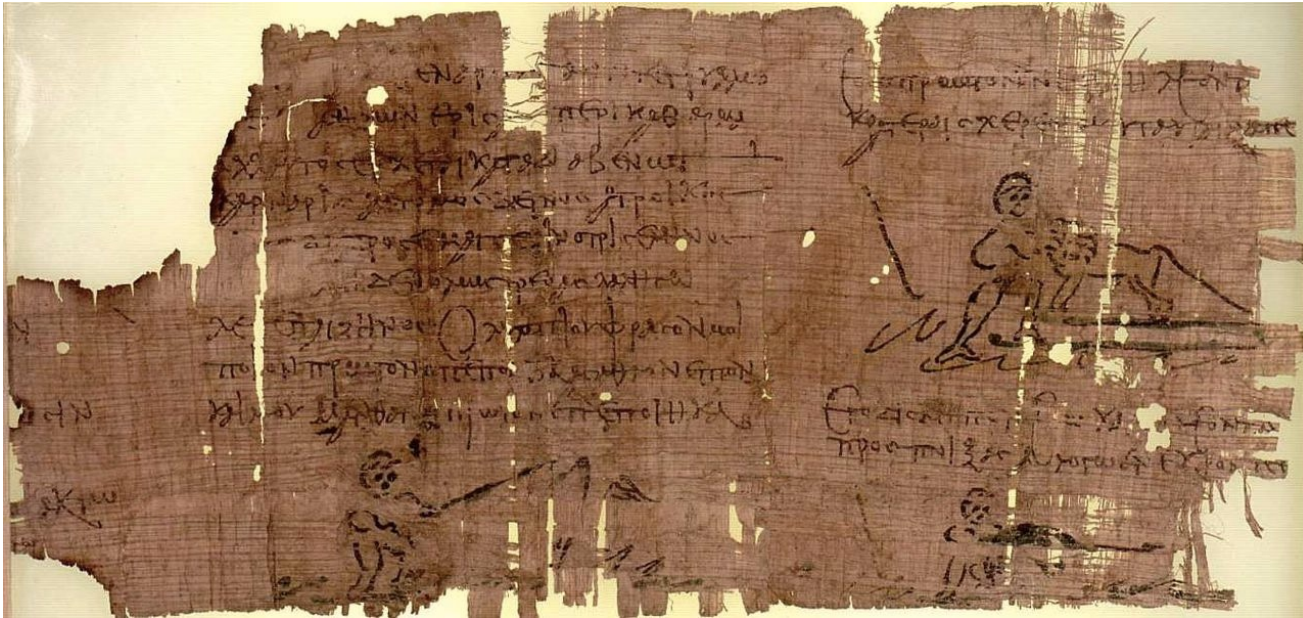
Printed Chinese text in vertical columns, likely a printed document or a book. The characters are arranged in approximately 15 vertical columns, reading from right to left. The text is printed in a clear, bold font on a light-colored background.

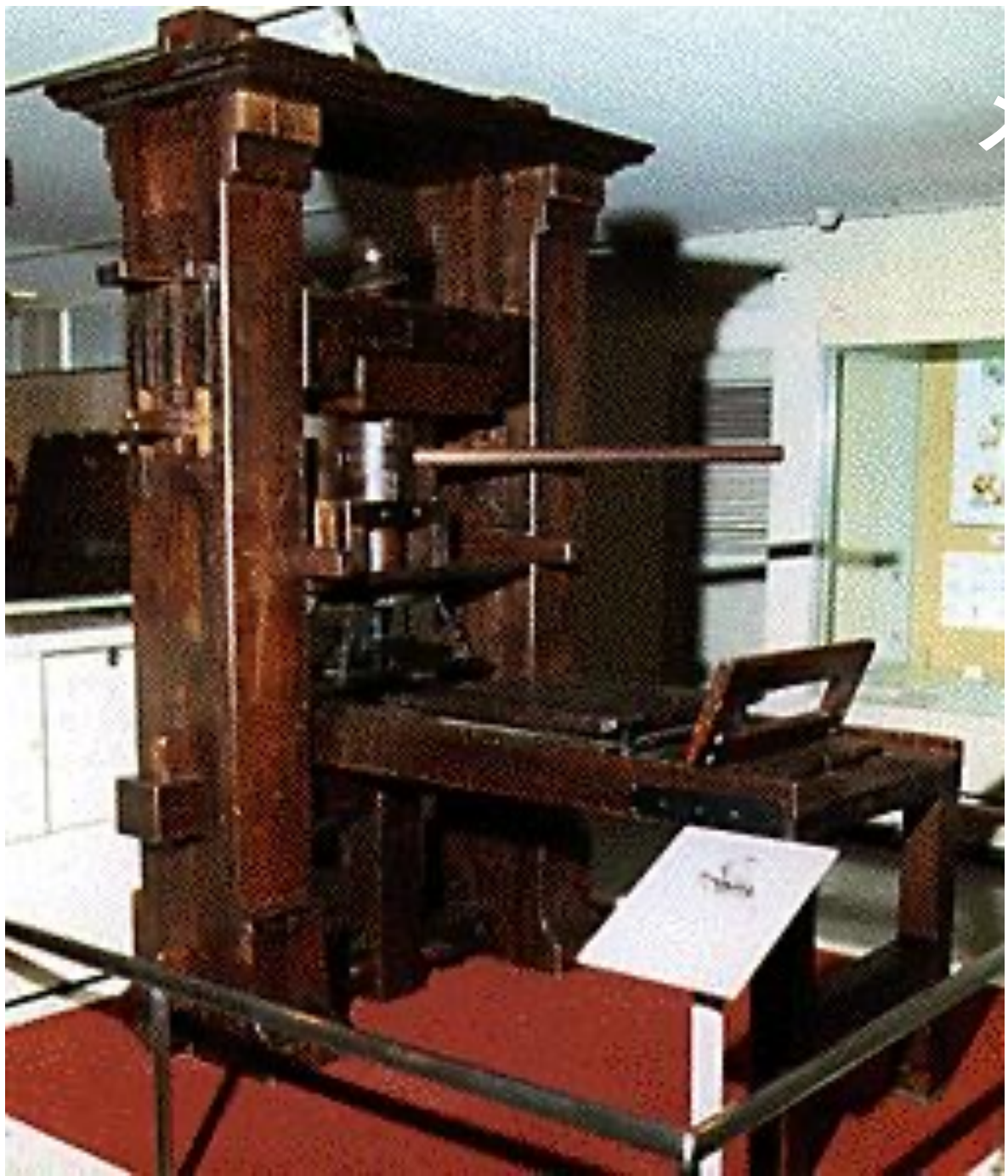
バビロニアの数学 Plimpton 322

バビロニアでは、ピタゴラスの定理を知っていた。



1822 BC ~ 1762 BC





**Incipit epistola sancti iheronimi ad
paulinum presbiterum de omnibus
diuine historie libris. capitulum primum.**

Hacer ambrosius
tua michi munul-
cula pterens. reculit
sit et suauissimas
lras. q̄ a principio
amicicia ay. fidē pla-
te iam fidei ⁊ veteris amicitie noua:
p̄ferbant. Vera enī illa necessitudo ē.
⁊ xpi glaucino copulata. q̄m non ualē-
tas cu familiaris. nō p̄uicia tantum
corpor. nō lbdola ⁊ palpās adula-
cō. sed dei timor. et diuinay scripturarū
studia conuolant. Legim⁹ in ueteribz
hitorijs. quosdā lustralle puina af.
nouos adisse p̄flos. maria trāfille.
ut eos quos se libris nouerant. corā
q̄ uidēt. Sicur p̄tagoras memphi-
nicos uates. sic placo egyptū. ⁊ archicā
tarentinū. caudeiq; oram yralie. que
quondā magna grecia dicebāt. labo-
riofissime p̄cāguit. et ut qui athenis
m̄gr̄ car. ⁊ potens. nūiq; doctinas
achadenie gignatā p̄sonabāt. h̄ere
p̄gnus atq; discipulus. malēs aliena
uerecūte discere. q̄m sua ipudentē ingere.
Deiq; cū lras quasi toto orbe fugien-
tes p̄sequit. capē? a p̄. acis ⁊ uenūda-
nus. yreāno crudelissimo paruit. dud⁹
rapūuus uind⁹ ⁊ feruus. Tamē quia
p̄fius maior emente se fuit. ad orum
lūmū. ladeo eloquēcie fonte manantē.
de ulcūmō h̄spanie galliarūq; fūibz.
quosdā uenisse nobiles legimus. ⁊
quos ad c̄emplacionē suī roma nō
traxerat. un⁹ hoīs fama p̄duxit. Ha-
buit illa etas inauditū omnibz seculis.
celebraudūq; miracū. ut urbē tantā

ingressi. aliud terra urbem querebant.
Appolloni⁹ siue ille mag⁹ ut uulg⁹
loquitur. siue p̄fius. ut p̄tagorici tra-
dunt. interuic p̄fias. p̄fuit caucaliū.
albans. scythas. massagetas. opulē-
tissima indie regna penetrant. et ad
extremum lacillimo phylon ampne
ulmillo puenit ad braguanas. ut
hyracam in throno sedent aureo et de
caucali fonte potant. inter paucos
discipulos. de natura. de moribz. ac de
culu diez et sider. audire docent.
Inde p̄ clamias. babilonios. chalde-
os. mēdos. alhyrios. parthos. hyros.
phenicos. arabes. palestinos. rāfius
ad alexandriā. p̄regerit ad ethiopiā.
ut giguosophistas ⁊ famosissimam
solis mensam uideret in sabulo. In-
uenit ille uir ubiq; q̄ diceret. et semp
p̄oficiēs. semp se melior fieret. Scrip-
sit super hoc plenissime octo volumi-
nibus. phylotracus.

Quid loquar de seclī hominibz.
cū ap̄tus paulus. uas electōni.
⁊ magister gentiū. qui de conscientia
cāni se hospitiō loquebat. dices. An
expeimentū quereis eius qui in me
loquit xpc. Post damascū arabiāq;
lustratā. alcedit iherosolimā ut uidēt
p̄erū ⁊ mātr̄ apud eū diebz quindē.
Hoc enī m̄ltio ebdomadis et ogdo-
adis. fuer⁹ gentiū p̄dicator instructi-
dus car. Quēlūq; post ānos q̄uor-
decim allimpro barnaba et p̄ro. ego
fuit cū ap̄tis ewāgelin. ne forte in u-
acuum curaret aut euectilicet. Habet
necāio q̄d latentis energie. uire uocē
actus. et in aures discipuli de audoris
ore transfusa. forius sonāt. Unde et
ethiueus cū codi egularet. ⁊ legēretur

古代ギリシャにおける
幾何学の集大成

EUCLIDES. Elementa.

Præclarissimus liber elementorum Euclidis Perspicacissimil:
in artem Geometrie incipit quâfoecissime. Venetiis, 1482.

(ユークリッド)

エウクレイデス

ファクシミリ版 限定 100部 番号入り

幾何学原論



BOOKS-YUSHODO

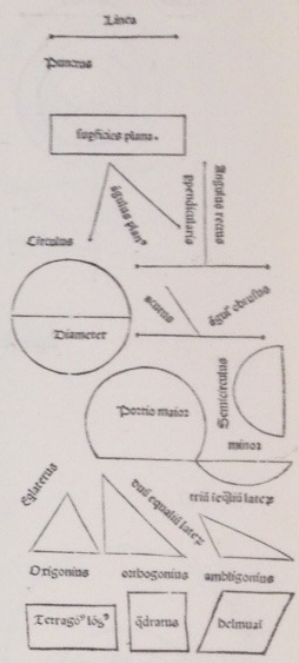
...dodh Augustentia impressor. Serenissimo
...venerat Principi Joann Adoccnico. S.
...illime princeps mecum ipse cogitans admirari
...hac tua prepotenti & sancta vrbe cum vario an
...comiqz volumina quotidie imprimere. In
...trare et reliquarum disciplinarum nobilissima
...medam et frivola in tanta impressioi copia qui
...erentur impellit. Idoc cum mecum sepius vicia
...difficultate operis accidisse. Non enim ad huc
...geometrica quibus mathematica volumina lea
...bil i his disciplinis fere intelligi optime potest
...cum hoc ipsum tantummodo comani omnia am
...cipitur. obstatet mea industria nō sine maximo
...facilitate literarum elementa imprimuntur. ca
...re conficerentur. Quamobrem vt spero hoc
...cip line quas mathematica greci appellant volu
...lique scientie breui illustrabuntur. De quare
...sion multa im pociens adducere ab illustribus
...ia studiosis iam omnibus bec nota est. Illud
...est cetera scientias sine mathematibus imper
...ment in quoqz libris multa reperiantur. que si
...ne minime intelligi possunt. Quam diuini ille
...s arcant. vt adipisceretur cyrenas ad. Theo
...mpore mathematicus & ad egyptios sacerdotes
...ne bac vna facultate viuendi ratio nō perfecte
...fice taceam. que nobis munci ab ipsa natura
...s labores concessa videtur. vt astrologia pie
...am ipsum ve. uti scalis machinilqz quibudam
...ipsum nature argumentum cognoscimus. line
...na: quarum altera numeros altera mēsuras do
...viuere q̄ possunt. Sed quid ego i his mo
...vt dixi. nonora sunt qz vt a me dicantur. Eu
...s serenissime princeps qui. xv. libris omnem
...onsummatissime complexus est. quem ego sum
...nullo pretermisso schemate imprimendum cu
...tus felixqz prodeat.

Præclarissimus liber elementorum Euclidis perspi
caciissimi in artem Geometrie incipit quâfoecissimil:



Unctus est cuius ps nō est. Linea est
logūdo line latitudine cui? quide ex
tremitates si duo pūcta. Linea recta
ē ab vno pūcto ad aliū breuissima extē
sio i extremates suas vtrūqz eoz reci
piens. Superficies ē q̄ logūdinē & lati
tudine tū b; cui? termi quide sūt linee.
Superficies plana ē ab vna linea ad a
liā extētio i extremates suas recipiēs
Angulus planus ē duarū linearū ab
terminis p̄actos. quaz expātio ē sup sup
ficiē applicatioqz nō directa. Quādo aut angulum p̄inet due
linee recte recline? angulus notaf. Cū recta linea sup rectā
steterit duoqz anguli vtrobiqz fuerit eoz vterqz rect? crit
Lineaqz linee suspās i cui suspas perpendicularis vocaf. An
gulus vō qui recto maior ē obtusus dicit. Angul? vō minor re
cto acut? appellaf. Termin? ē qd vniuersūqz lūis ē. Figura
ē q̄ imno vt termin? p̄inet. Circul? ē figura plana vna qdcm li
nea p̄cta: q̄ circūferentia notaf. in cui? medio pūct? ē: a quo oēs
linee recte ad circūferentiā exēites sibi inuicē sūt equalēs. Et hic
quide pūct? cētū circuli dī. Diametret circuli ē linea recta que
sup ei? cētū trāsiens extēmitatēqz suas circūferēte applicans
circulū i duo media diuidit. Semicirculus ē figura plana dia
metro circuli & medietate circūferēte p̄cta. Portio circū
ferēte i figura plana recta linea & parte circūferēte p̄cta: hemicircū
ferēte aut maior aut minor. Rectilinee figure sūt q̄ rectis li
neis cōtinent? quarū quedā trilaterē q̄ trib? rectis lineis: quedā
quadrilaterē q̄ quatuor rectis lineis. qdā multilaterē que pluribus
qz quatuor rectis lineis cōtinent. Figurarū trilaterarū: alia
est triangulus hñs tria latera equalia. Alia triangulus duo hñs
ēq̄lia latera. Alia triangulus triū inequalium laterū. Itaqz iterū
alia est orthogoniū: vñ. i. rectum angulum habens. Alia ē am
bigonomū aliquem obtusum angulum habens. Alia est origoni
um: in qua tres anguli sunt acuti. Figurarū autē quadrilaterarū
Alia est q̄dratum quod est equilaterū atqz rectangulū. Alia est
tragon? long? q̄ est figura rectangula: sed equilatera non est.
Alia est belmnaim: que est equilatera: sed rectangula non est.

De p̄ncipijs p̄ se notis: e p̄no de diffini
tionibus eandem.



1482年、アラビア語からのラテン語訳としてヴェネツィアで
刊行された「原論」初版のファクシミリ版



Image Archives

Image Archives

Image Archives





nn
mm
ll
kk
ii

hh
gg
ff
ee
dd
cc

mm
kk
ii
hh
gg
ff
ee
dd
cc

nn
mm
ll
kk
ii

hh
gg
ff
ee
dd
cc

mm
kk
ii
hh
gg
ff
ee
dd
cc

nn
mm
ll
kk
ii

hh
gg
ff
ee
dd
cc

mm
kk
ii
hh
gg
ff
ee
dd
cc

nn
mm
ll
kk
ii

hh
gg
ff
ee
dd
cc

LIBRARIA

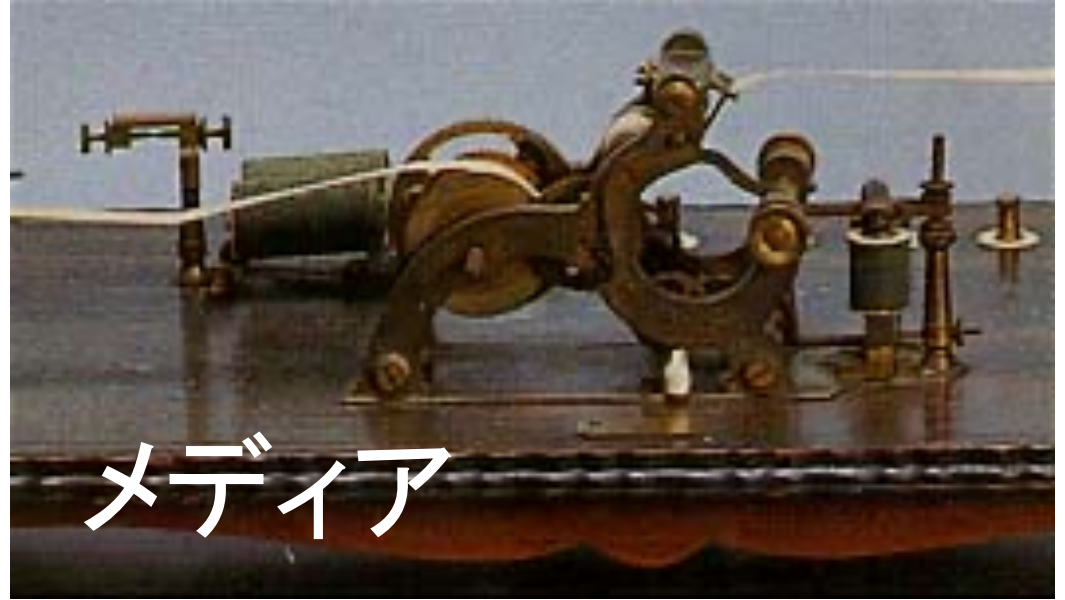
ANNO MDCCXLIII

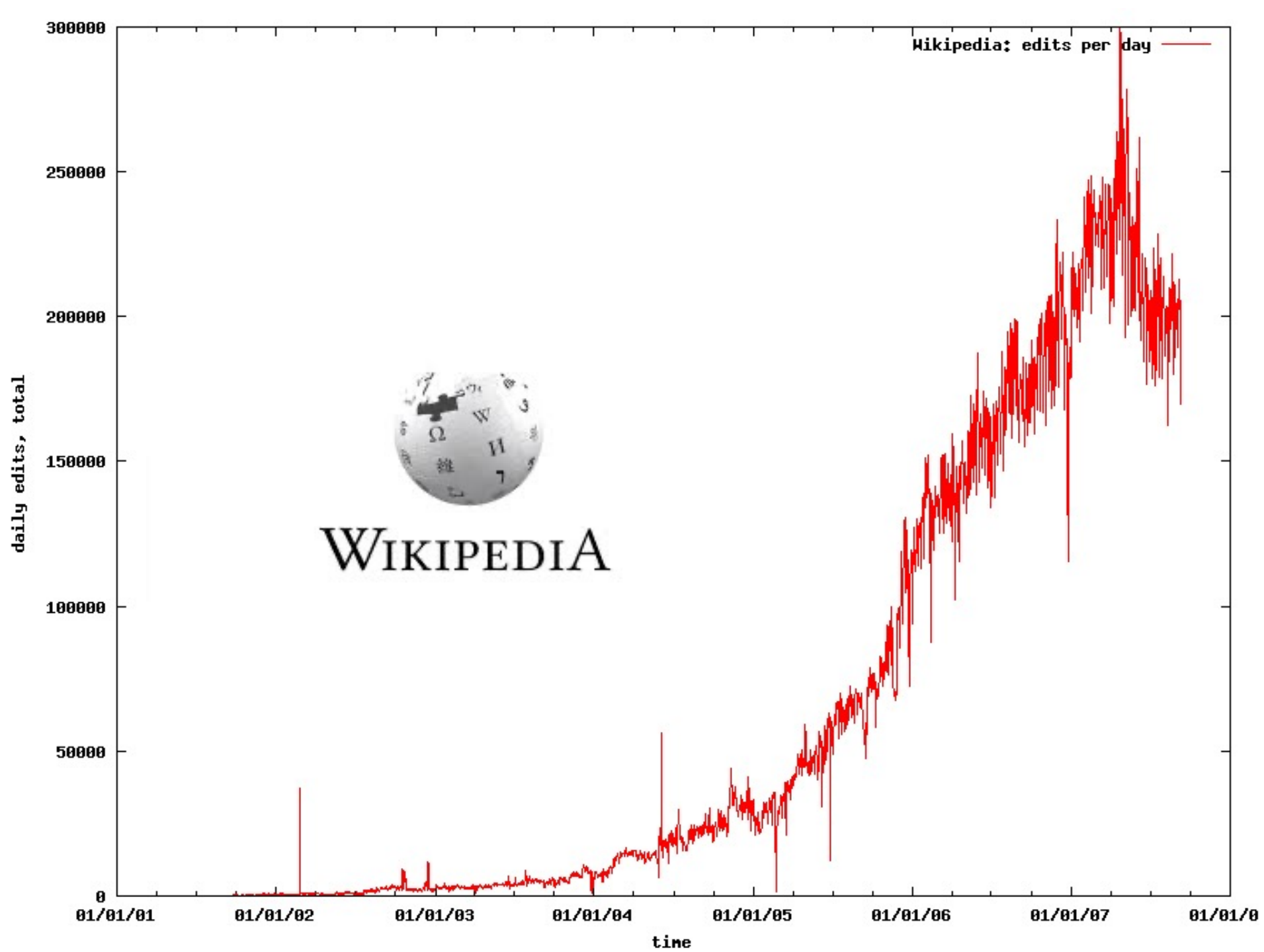
mm
ll
kk
ii
hh

nn
mm
ll
kk
ii

hh
gg
ff
ee
dd
cc

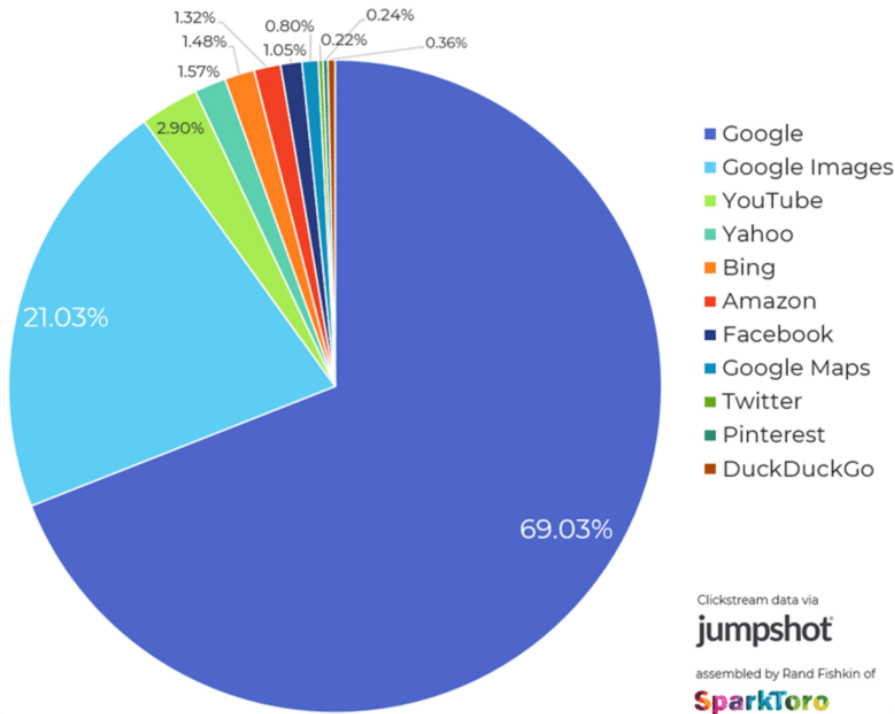






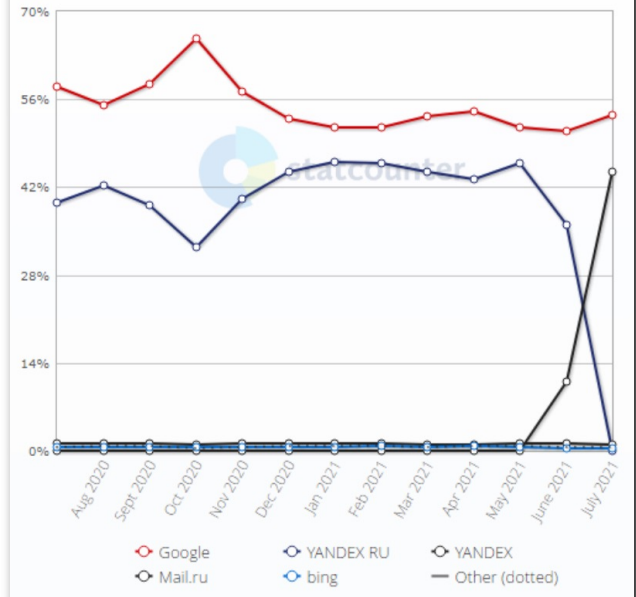
検索エンジン

US Search Market Share September 2018

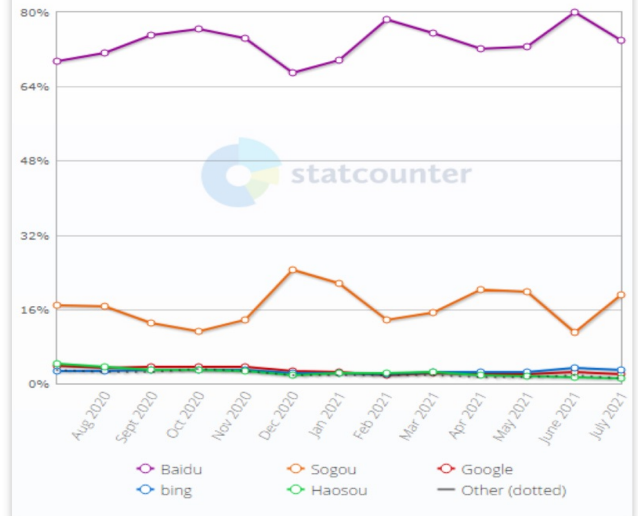


Clickstream data via
jumpshot
 assembled by Rand Fishkin of
SparkToro

Search Engine Market Share Russian Federation July 2020 - July 2021



Search Engine Market Share China July 2020 - July 2021



A photograph of a tree with green and autumn-colored leaves against a blue sky. The text is overlaid on the image.

情報の時代の始まり
1950年代

情報の時代の幕開け

「情報」という言葉が、科学・技術の世界で広く使われるようになったのは、20世紀半ばのシャノンの「情報理論」の登場からです。

ほぼ同じ頃、フォン・ノイマンらが現代のコンピュータの基礎を築き、チューリングは人工知能を構想します。また、ワトソンとクリックが生命の情報過程を担うDNAの構造を解明します。

情報の時代の幕開けです。

今回は、この1950年前後の時代を振り返ってみようと思います。

先行した電気通信技術

ペリーが江戸幕府に送った電信機 1854年



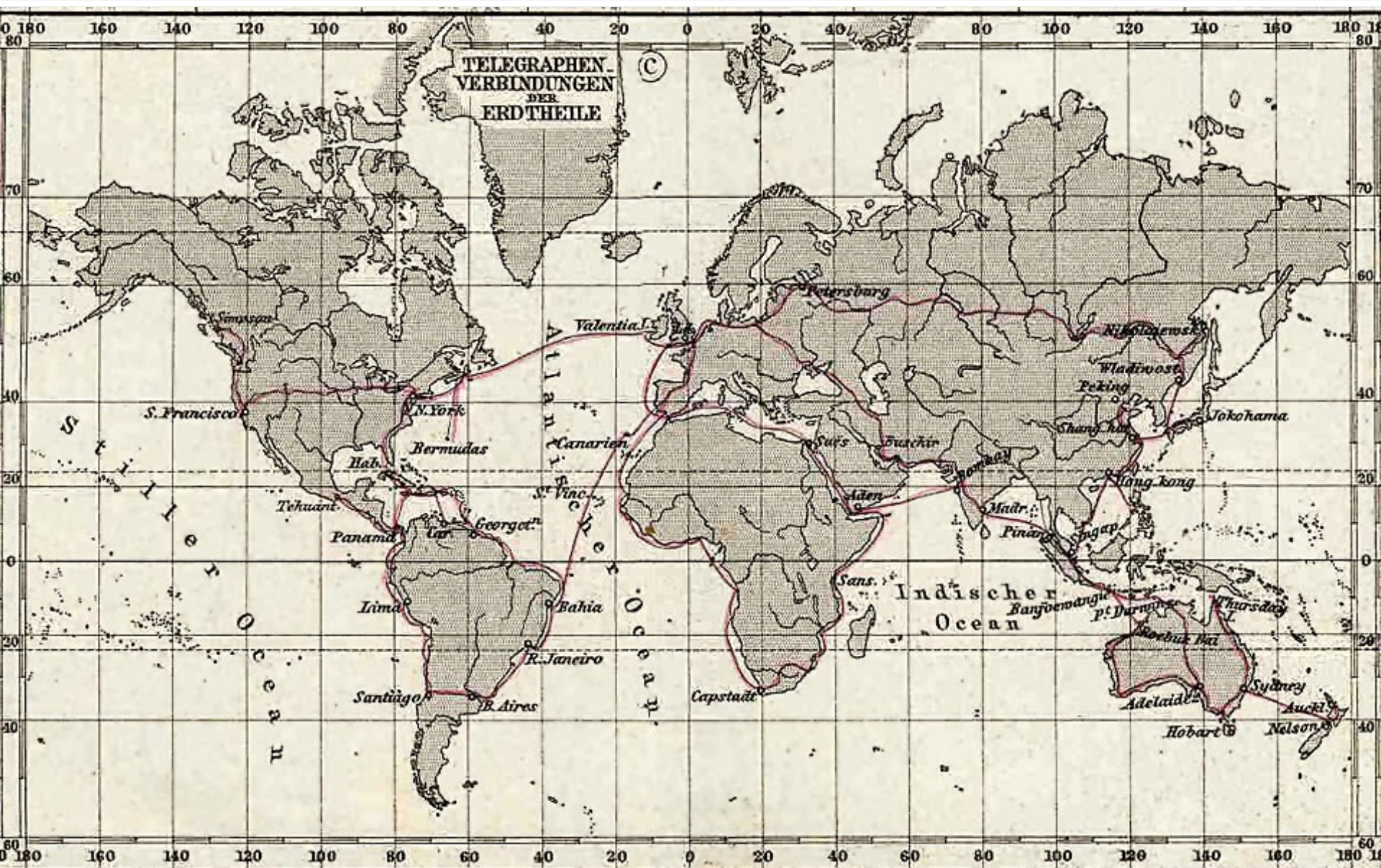
ベルの電話 1876年



マルコーニの無線 1895年



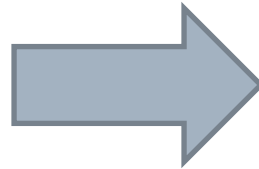
1891年の電信ネットワーク



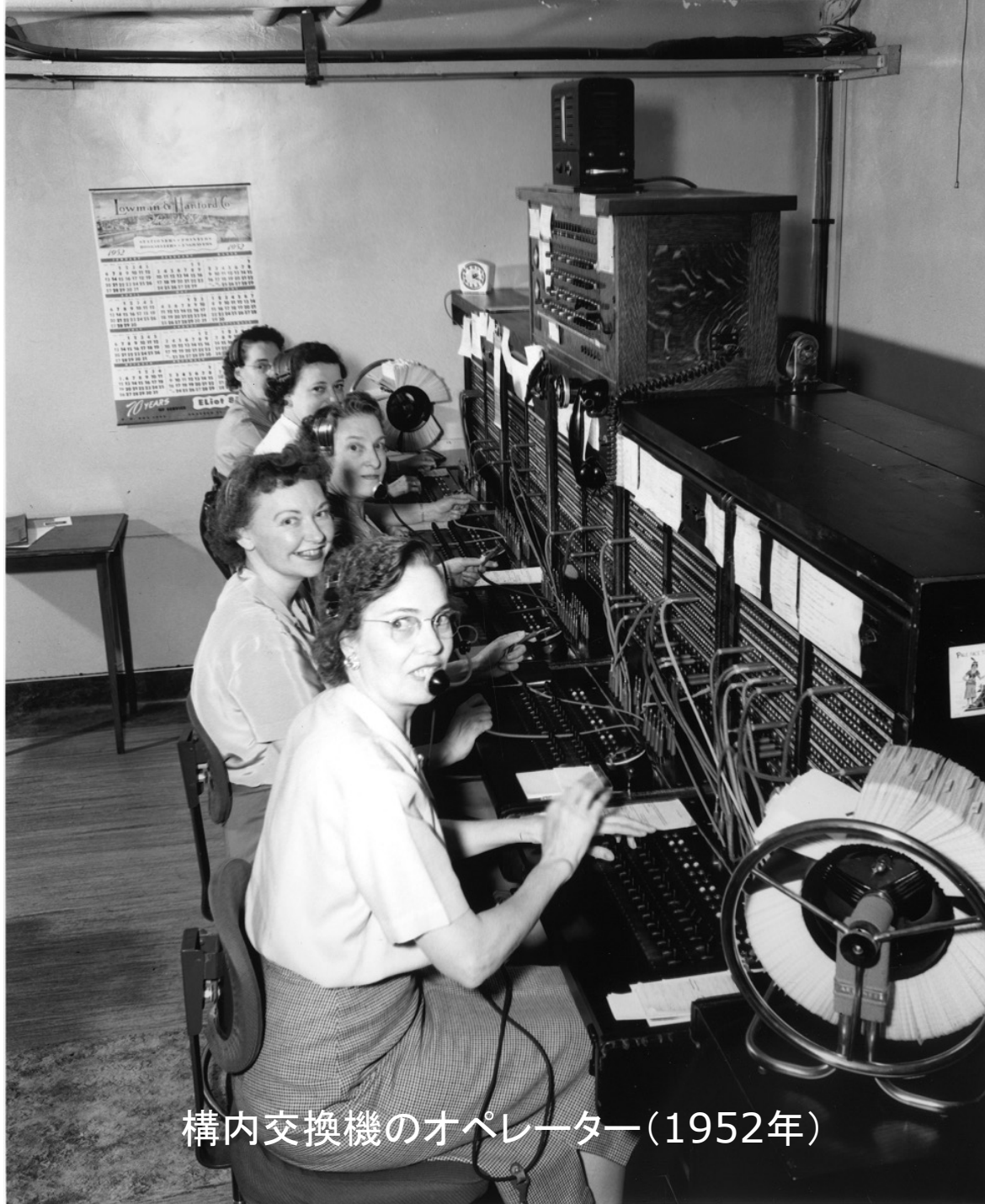
電話の時代



1896年の電話機(スウェーデン製)



回転ダイヤル式(ダイヤルパルス式)
黒電話(1940年代、オリベッティ社製)



構内交換機のオペレーター(1952年)



広島電話局市外交換室(1955年頃)

シャノン



通信の数学的理論 "A Mathematical Theory of Communication" 1948年

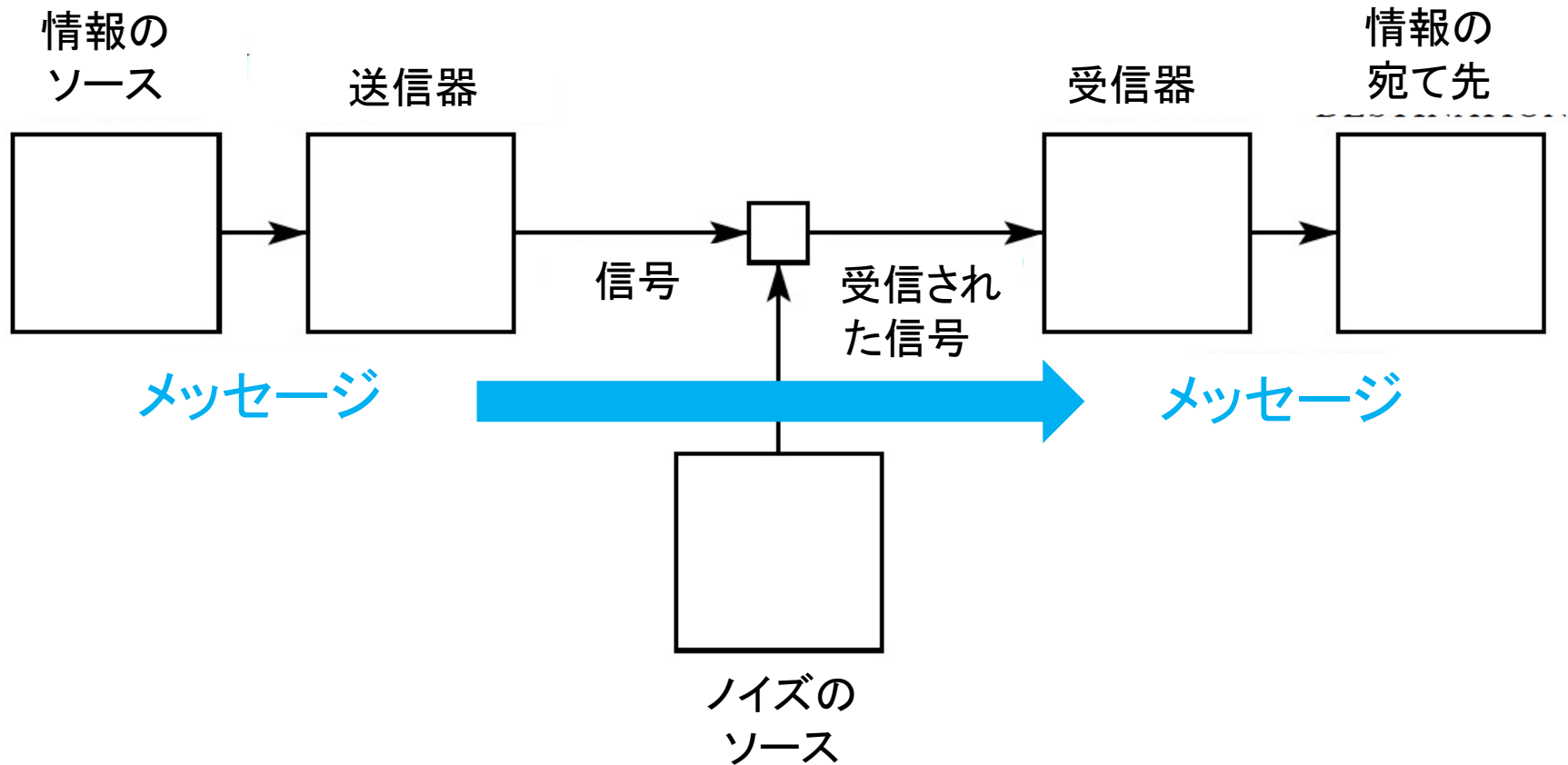
This work focuses on the problem of how best to encode the message a sender wants to transmit.

シャノンの情報量 = エントロピー

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log P(x_i)$$

Shannon's source coding theorem

一般的な通信システムの図式と 通信の基本問題



通信の基本的な問題は、情報のソースで選択されたメッセージを、正確であれ近似的であれ、情報の宛て先で再生産することである。

フォン・ノイマン

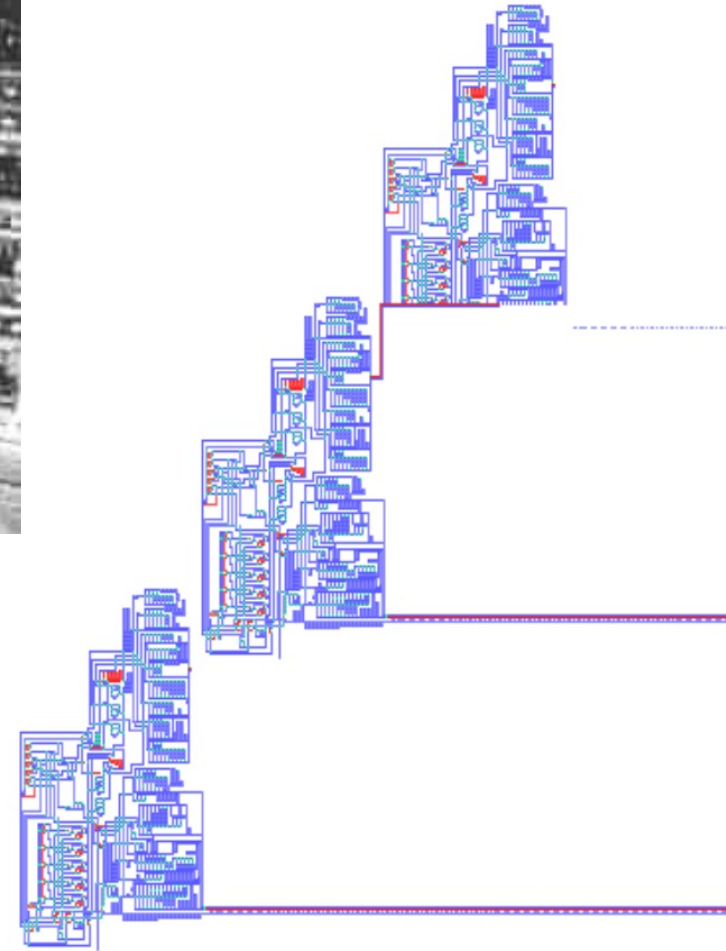
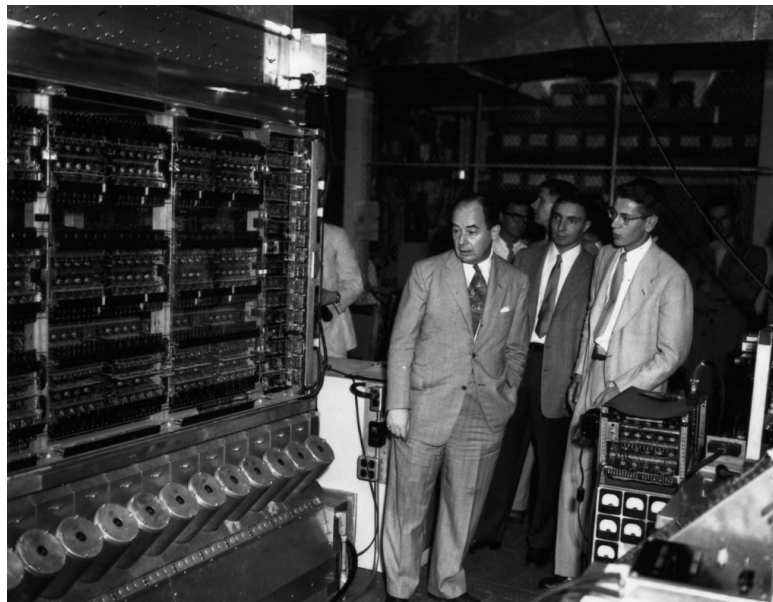
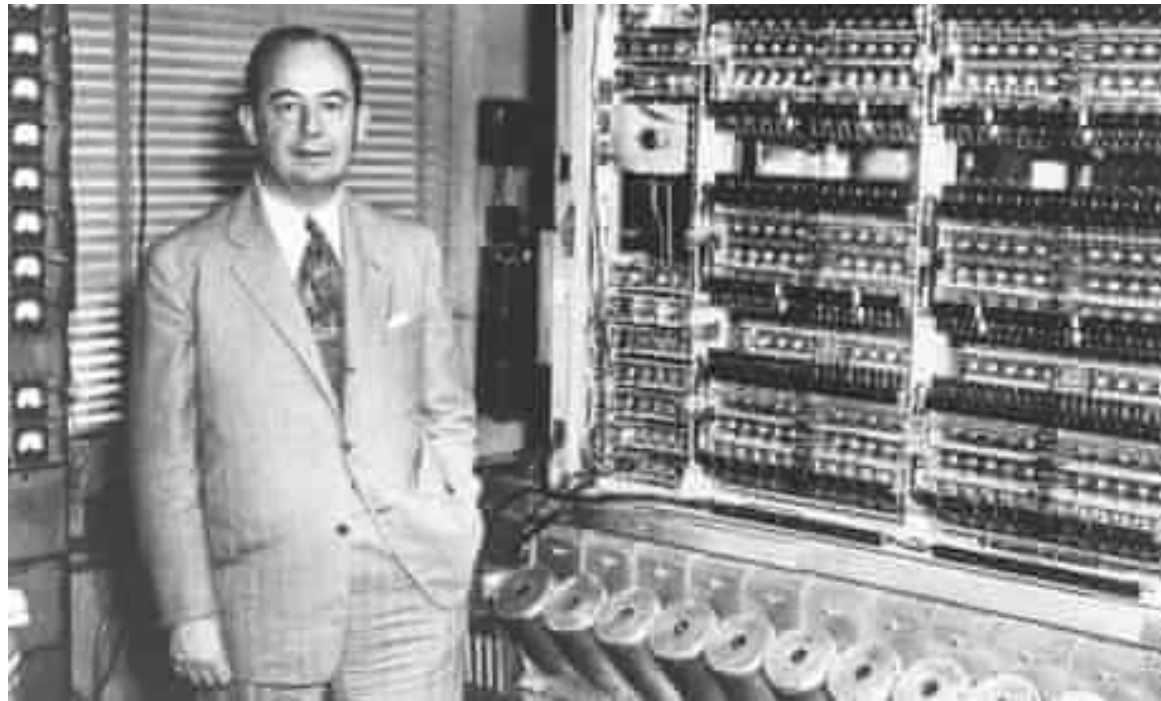


*"First Draft of a Report
on the EDVAC"*
1945年

「ノイマン・アーキテクチャー」と呼ばれるメモリー上にプログラムとデータを置く、現代のコンピュータの基本的なアーキテクチャーを始めて提案した。

*"Theory of Self-Reproducing
Automata"*

自己複製の理論



The first implementation of von Neumann's self-reproducing universal constructor

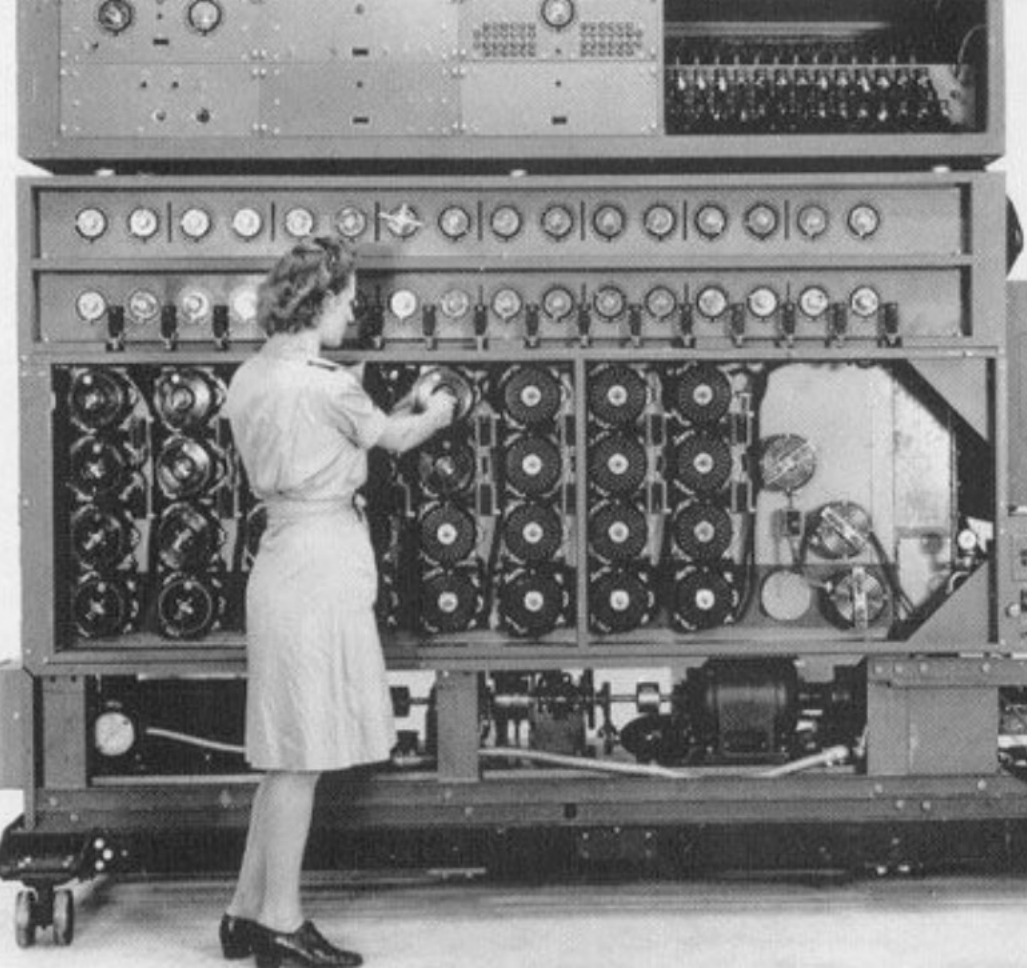
チューリング

“Computing Machinery and
Intelligence”

1950年

「機械は考えることができるか？」
という問いかけで始まる。
人工知能研究の始まるとなる。



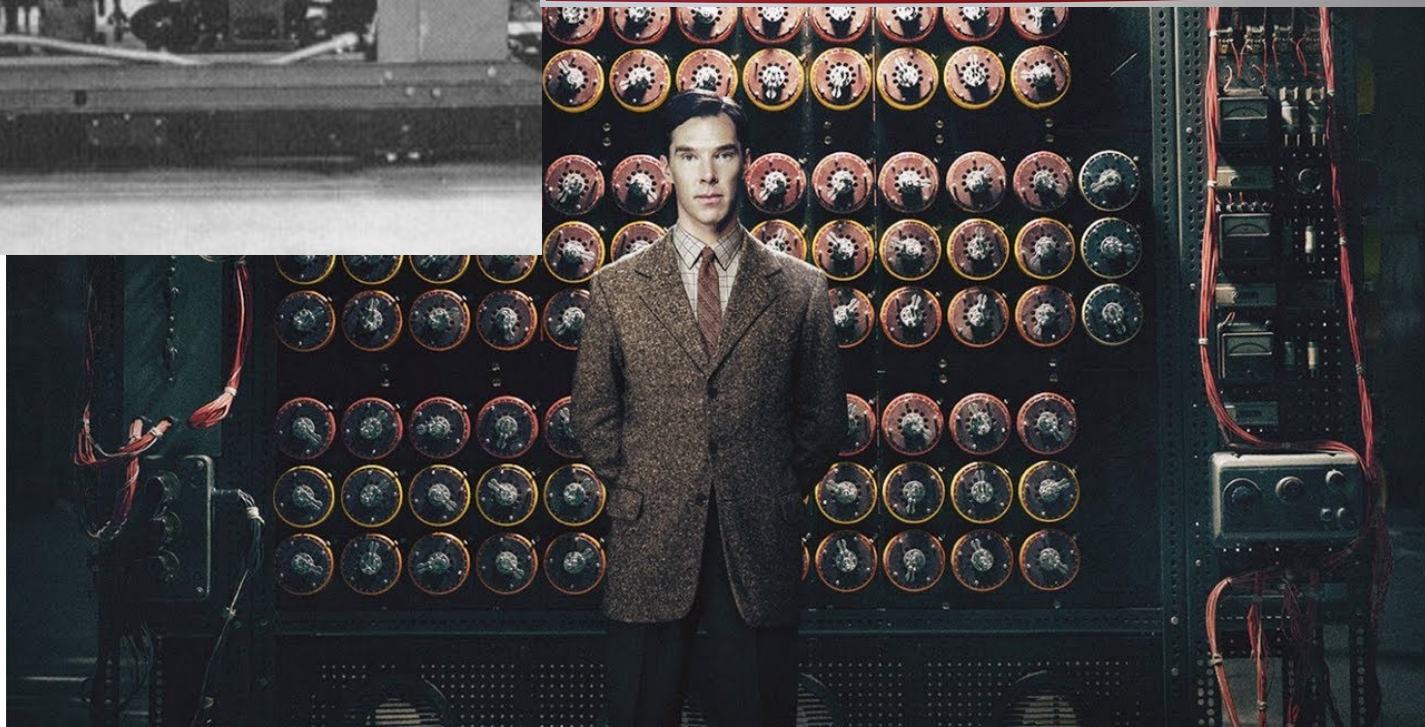


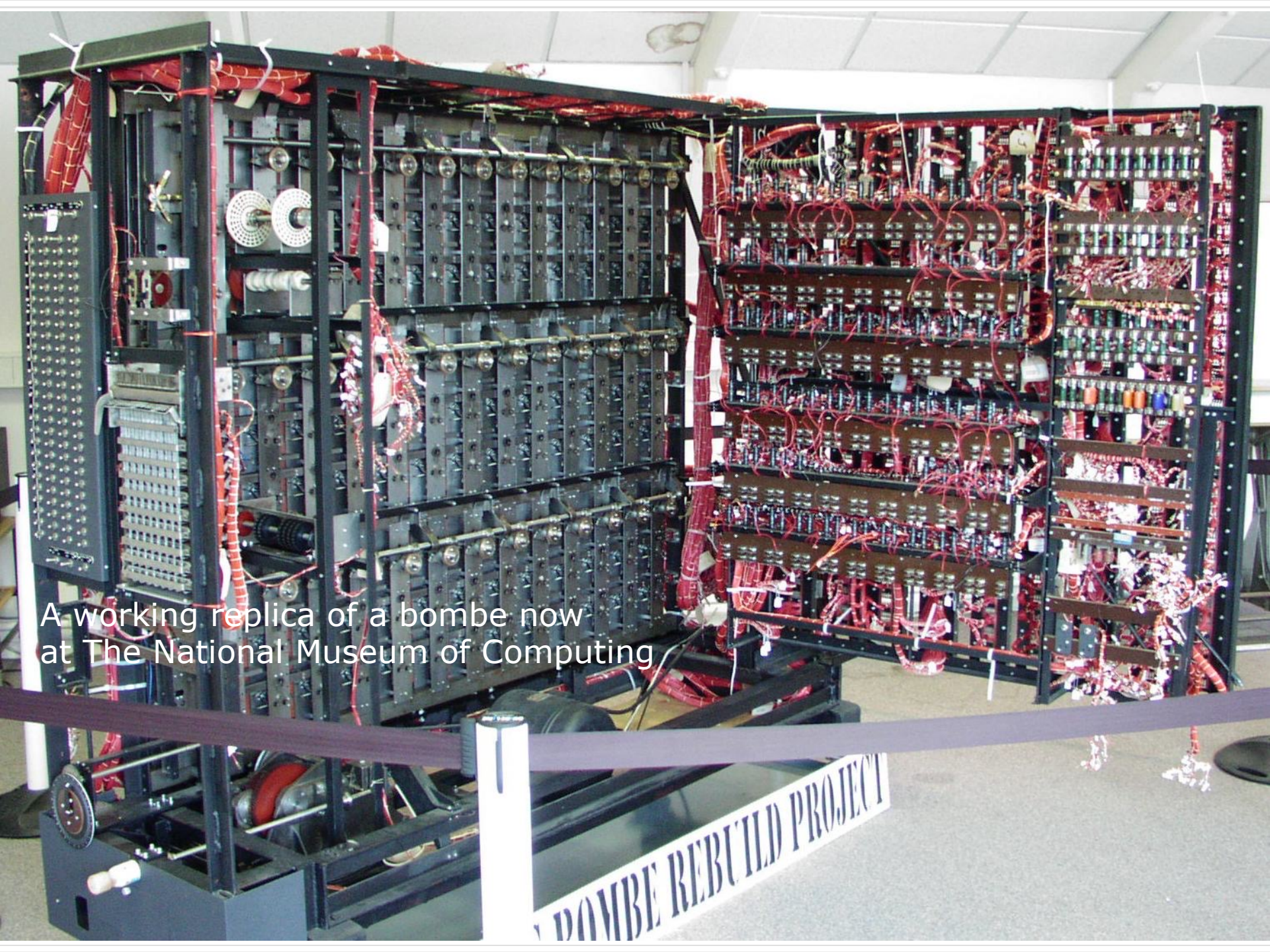
BANK OF ENGLAND

Alan Turing Banknote Concept



©The Governor and Company of the Bank of England 2019





A working replica of a bombe now at The National Museum of Computing

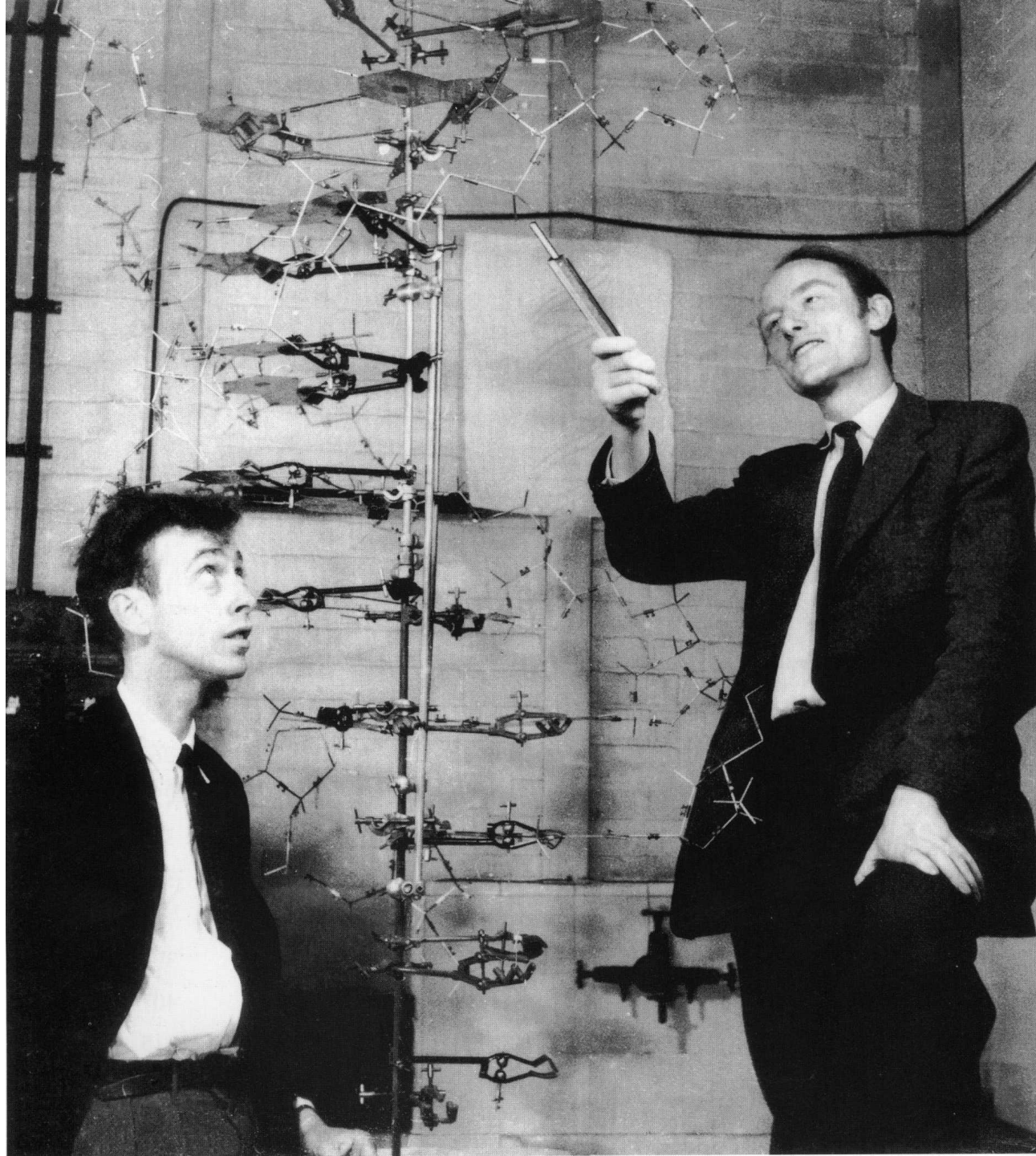
BOMBE REBUILT PROJECT

ワトソンとクリック

The 25 April 1953 issue of the journal *Nature* published a series of five articles giving the Watson and Crick double-helix structure DNA and evidence supporting it.

The structure was reported in a letter titled "*MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*"





情報の時代の新段階 21世紀初頭



2001/9/11



2011/3/11



Total Deaths

4,876,001

Total Cases

239,241,539

Total Cases

239.241.539

Total Deaths

4.876.001

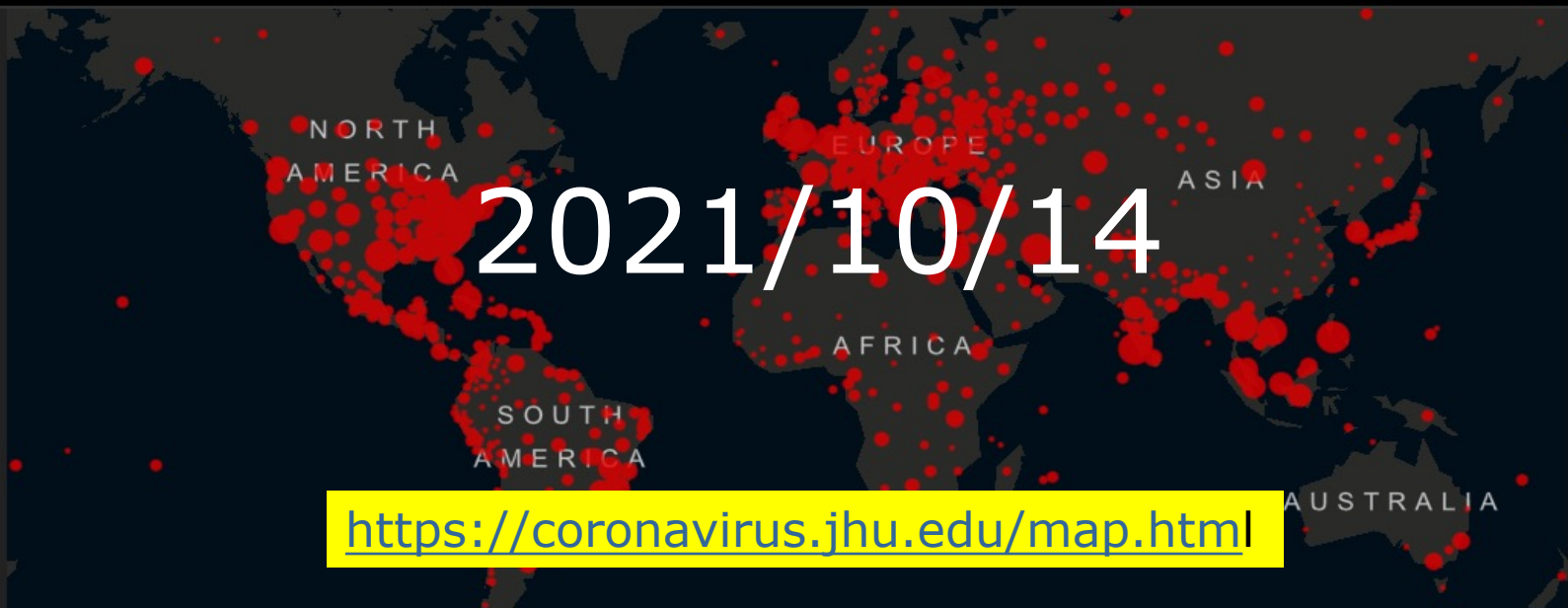
Total Vaccine Doses Administered

6.553.662.547

12.671.676

212.540

705.605.951





21世紀初頭に起きた変化 クラウドとモバイルの時代



21世紀初頭に起きた変化

GAFAの覇権

- 2004年 Google上場
- 2006年 Amazon EC2, S3
- 2007年 Apple iPhone
- 2008年 Microsoft Azure
- 2008年 Google Android
- 2012年 Facebook上場

I変化の基本的方向



変化の基本的方向

ハードウェアの高速化・高機能化

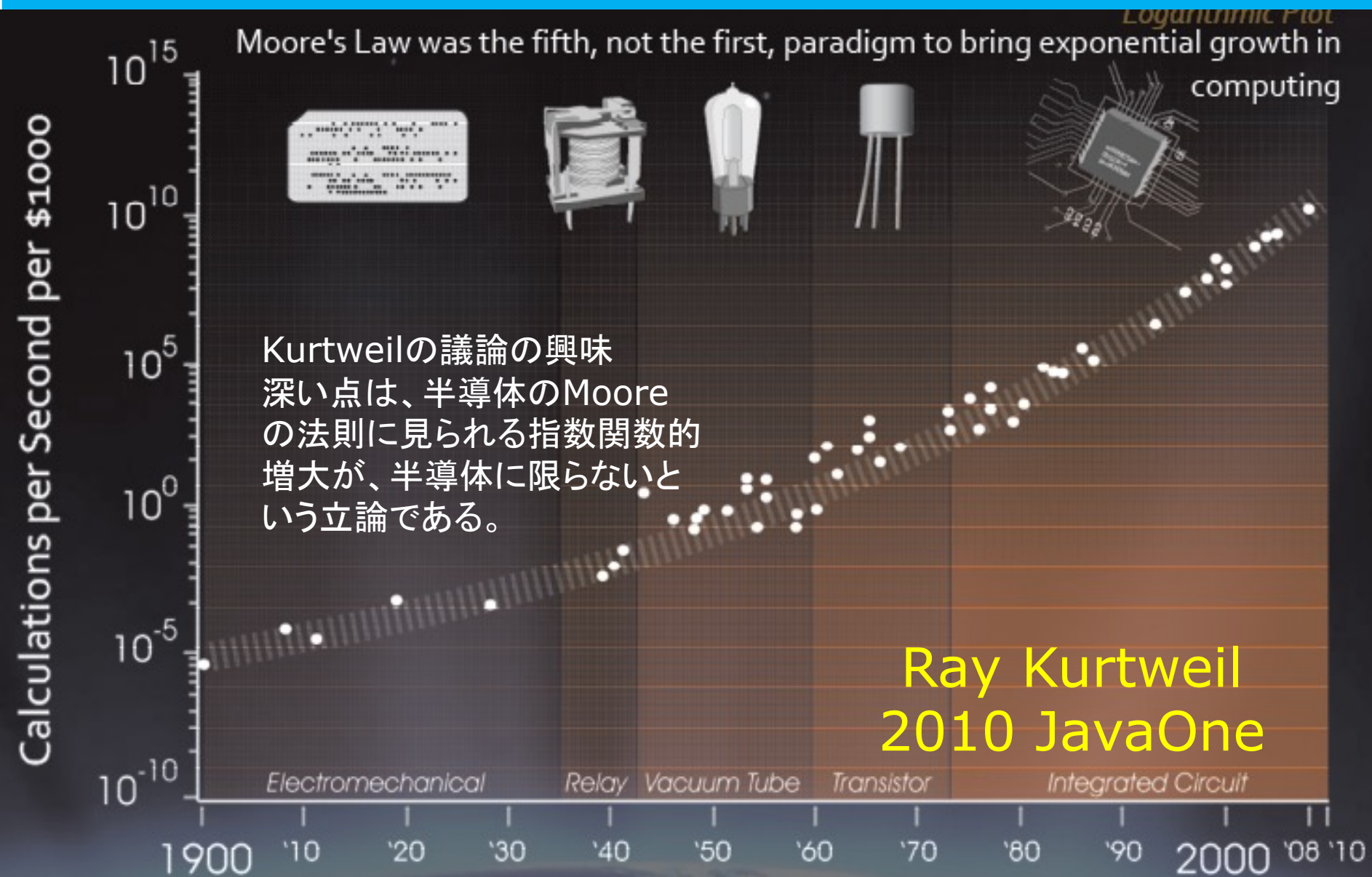
IT技術の変化を、もっとも深いところで規定しているのは、半導体の集積度の絶えざる上昇と処理能力の拡大というハードウェアの変化である。

ハードウェアの低価格化とIT技術のコンシューマ化

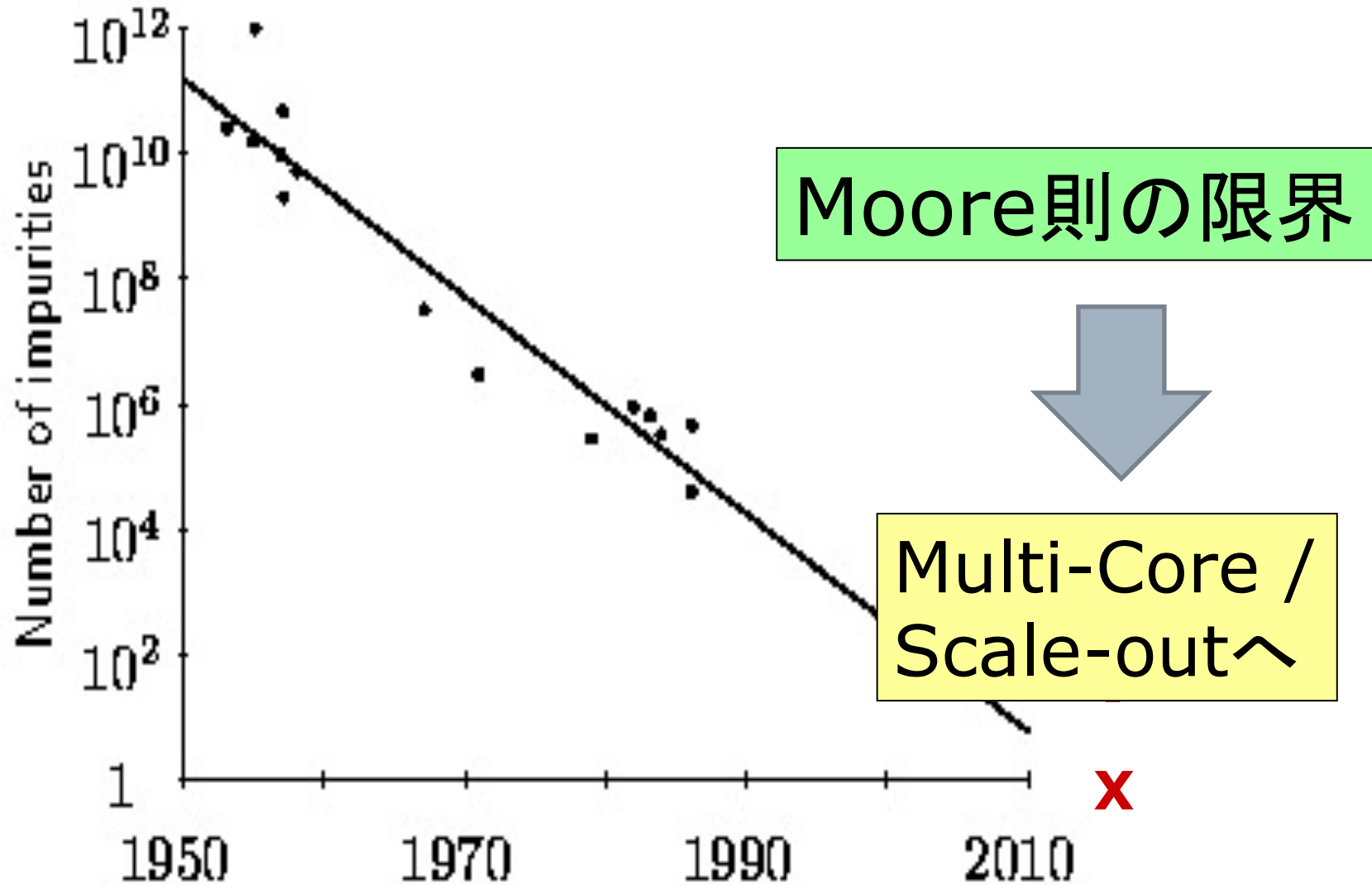
何よりも、高機能なハードウェアの劇的な価格低下＝コモディティ化は、IT技術の普及に大きく寄与し、ITの世界を大きく拡大してきた。

コミュニケーションと情報共有の志向の拡大

計算能力の指数関数的増大



Mooreの法則



情報1bitを蓄えるのに必要な電子の数

50億人がCRAYを持つ時代 正確に言うとCRAYの100倍の能力を持つ



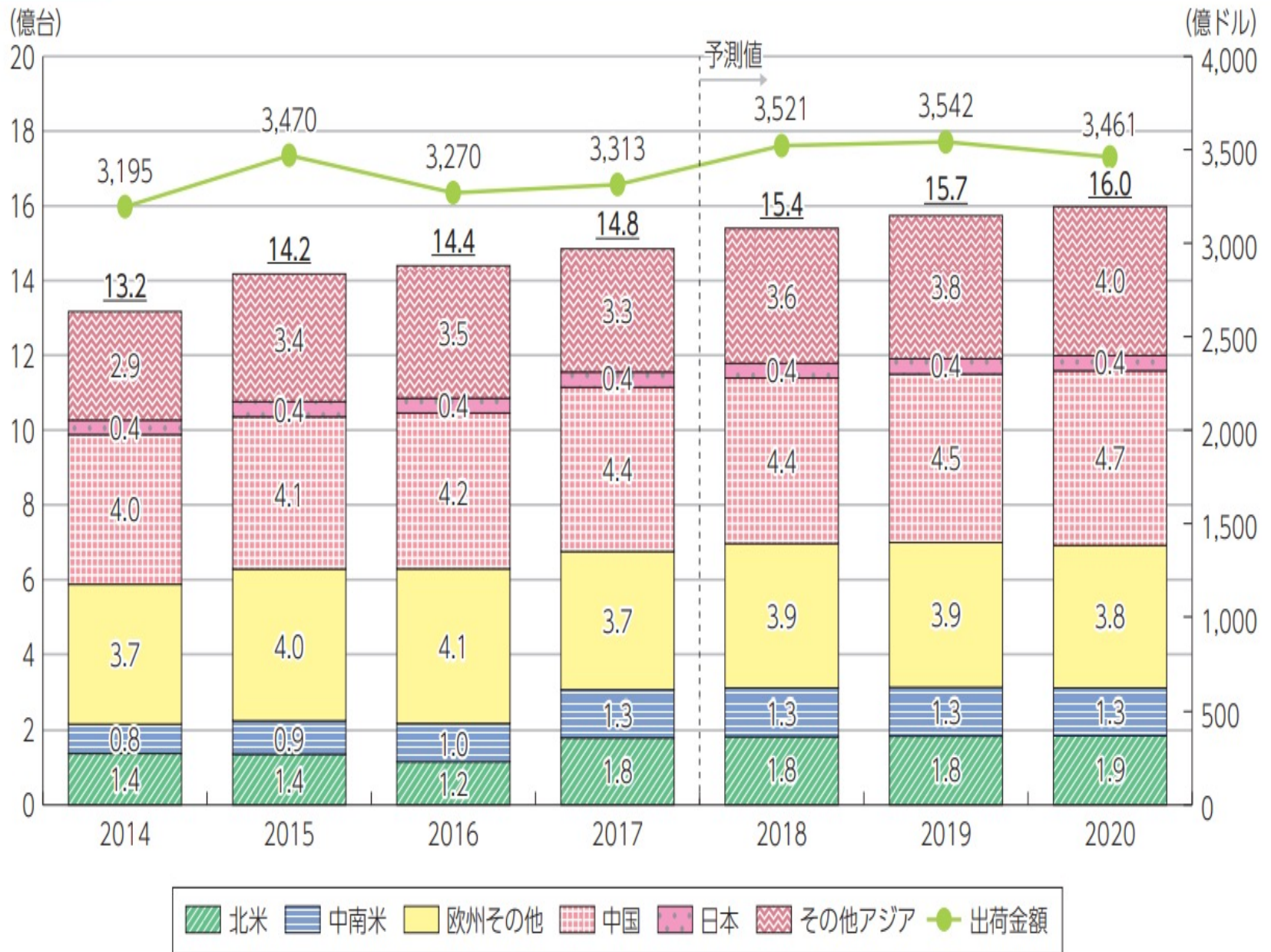
2008年



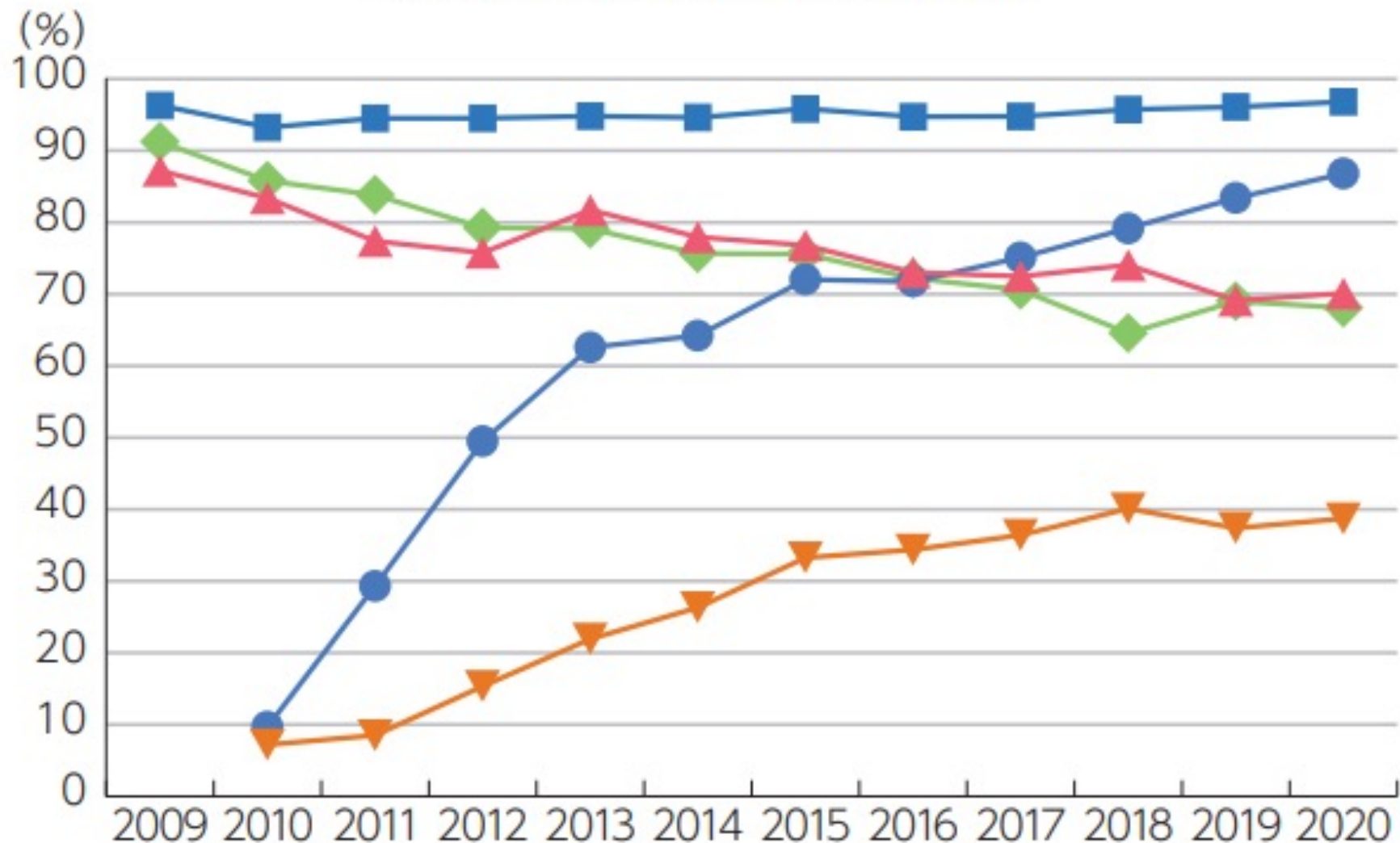
1975年

CRAY-1	Memory	4M	CPU	80MHz	500万\$
Android	Memory	192M	CPU	528MHz	178\$

図表1-1-3-16 世界のスマートフォン市場規模・出荷台数の推移及び予測



情報通信機器の世帯保有率

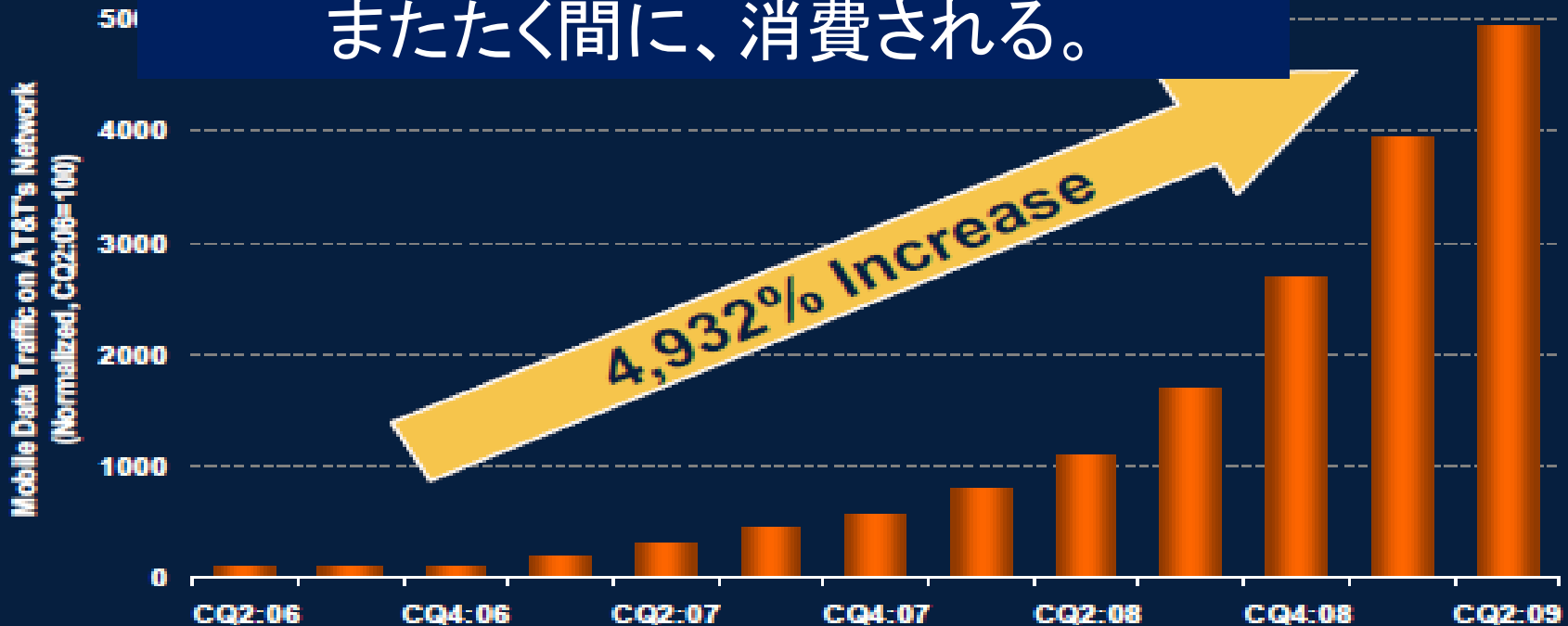


- スマートフォン ▲ パソコン ▼ タブレット型端末
◆ 固定電話 ■ モバイル端末全体 (携帯電話・PHS及びスマートフォン)

iPhoneで、AT&Tのトラフィック 3年で50倍に

AT&T
50x Mobile Data Traffic Increase in Past 3 Years

ブロードバンドの帯域も、個人によって
またたく間に、消費される。



通信量の増大とコンシューマ

2021年通信白書

世界のトラフィックは、2017年から2020年にかけて約1.9倍に増加し、2020年には1か月あたり228エクサバイト（EB:10の18乗バイト）に達すると予測されている。特に、モバイルデータは同期間に約3倍と、全体の成長率を上回る

世界のトラフィックをコンシューマー及び企業等のビジネスの2つのセグメントで見ると、コンシューマが全体の約80%とトラフィックの大半を占めている。2016年のコンシューマートラフィックのうち70%はビデオであり、その割合は2020年には80%ほどに拡大することが予測される。

現状をどうみるか？

1950年代の情報の時代の創成期とは、全く異なる状況が生まれている。

ネットワークに、一部の専門家だけではなく、一般の個人が登場した。コミュニケーションへの欲求は強い。情報共有の条件は整っている。

しかし、現実に行進しているのは、コンシューマとしての個人の、情報の消費でしかないのかも。

また、大きな変化が予想される。



情報と認識



自然の認識と情報



数学的認識と情報

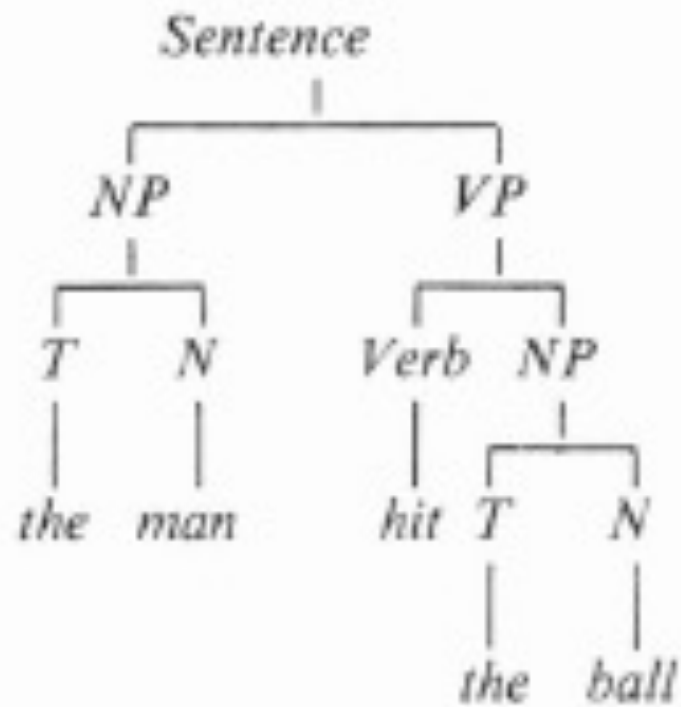
認識の認識の理論



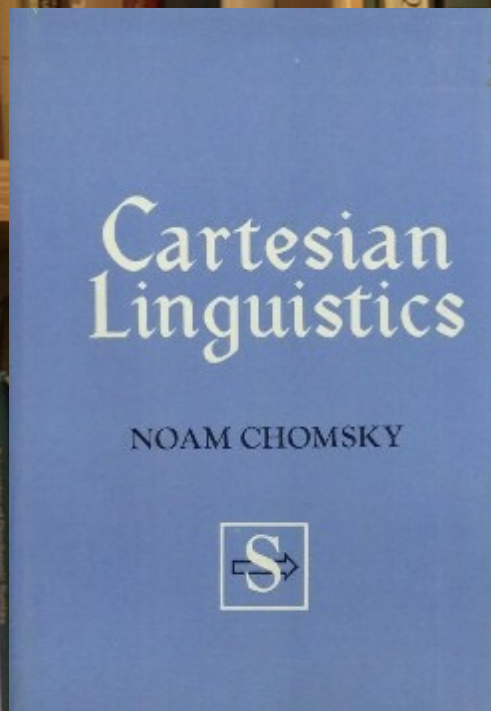
言語能力へのアプローチ

- Cartesian Linguistic : Chomsky
- Bio/Gene Linguistic : Fischer
- Power of Data : Google
- Deep Learning : Sutskever

Cartesian Linguistic



言語学からのアプローチ



SCHEDULE D
(Form 1040)
Department of the Treasury
Internal Revenue Service (99)

Noam Chomsky

Political Activist

Chomskyの観察

Cartesian Linguistic

- 言語能力は、デカルトのいうように、人間という類を、人間以外の動物と区別するものである。
- 人間の言語能力の最大の特徴は、その創造性。いままで聞いたこともしゃべったことも無い、まったく新しい文章を、理解し発話出来る。
- 有限個の単語から無限の文を生成出来る。
- 言語の獲得には、可能な文型を全てカバーする大量のデータが必要な訳ではない。
- 人間には、全ての人間に共通の生物学的基礎を持つ、「~~普遍文法~~」と「~~言語獲得装置~~」とも言うべきものが、生まれつき備わっている。

無限性 Recursion

- ❑ I ate a banana
- ❑ I know I ate a banana
- ❑ I think I know I ate a banana
- ❑ I declare I think I know I ate a banana
- ❑ What do you declare I think I know I ate?
- ❑ This is the banana I declare I think I know I ate
- ❑ There are more bananas I declare I think I know I ate than bananas that still grow on the tree
- ❑ This is the cat that caught the rat that ate the cheese that...



The Faculty of Language: What Is It, Who Has it, and How Did It Evolve?

<http://www.chomsky.info/articles/20021122.pdf>

言語のRecursionの能力は、数の概念の形成能力とも結びついている。ハトは、3以上の数を区別出来ない。サルは、個別の数を個別に学ぶが、人間の子のように一般化出来ない。

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

Bio/Gene Linguistic



言語能力に関する遺伝子の発見

Simon Fisher



<http://bit.ly/1oCw2AI>

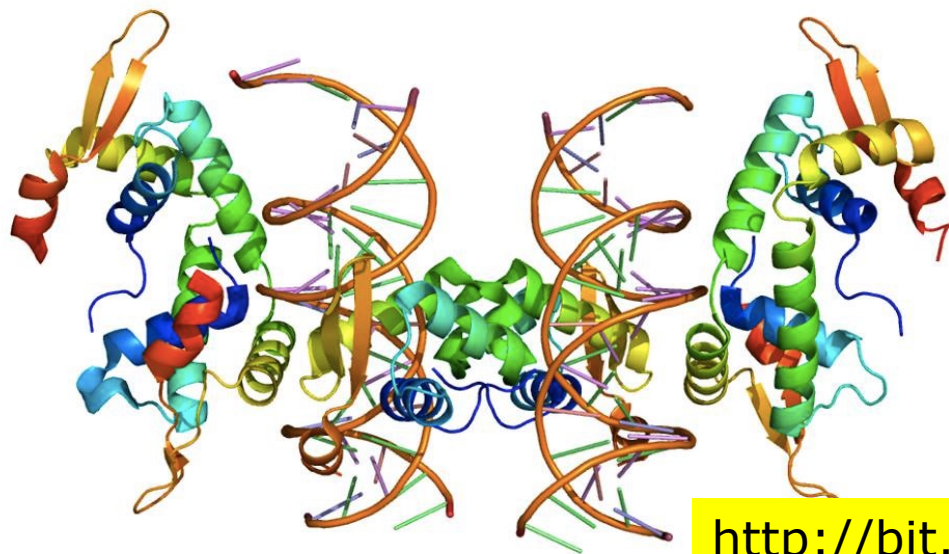
マックス・プランク研究所

"Language and Genetics"

- より根本的なレベルで、発話と言語は、人間である条件の諸特徴、我々人類という種の中心的な諸相を定義している。
- ただ、我々は、遺伝子が言語に対応出来る脳をいかにして構成出来るのかについては、いまだ、ほとんど何も知っていない。また、我々に最も近い親類たちでさえも、この領域では、人間の能力にかなうことが、全く出来ないように見えるのは何故かについても、ほとんど何も知らない。

言語能力に関係する遺伝子 FOXP2

- Simon E. Fisherらによって発見された人間の言語能力に関係する遺伝子FOXP2 は、は虫類にも鳥類にも存在する。面白いことに、FOXP2は鳥のさえずりやコウモリの音響定位の能力とも関係しているらしい。



言語能力に係る遺伝子 FOXP2

- ゴリラやチンパンジーと人間のFOXP2はアミノ酸配列で2カ所違っているだけ。(ネズミとは3カ所違う) この変化は、約30万年前におきたという。ネアンデルタール人のFOXP2は僕らと同じだと言う。

