

# 技術と科学の未来を考える

丸山不二夫

2021/12/11 ABCD

# はじめに 今日の話のストーリー

- 「情報」とは何かの話をしてします。
- 「情報の時代」の始まりを、過去にさかのぼって考えます。特に、1950年代に起きた科学の世界の大きな変化に注目します。
- 「情報の時代」の新段階として、21世紀初頭に進行した変化を考えます。

# はじめに 今日の話のストーリー

- 「情報」とは何かの話をしてします。
- 「情報の時代」の始まりを、過去にさかのぼって考えます。特に、1950年代に起きた科学の世界の大きな変化に注目します。
- 「情報の時代」の新段階として、21世紀初頭に進行した変化を考えます。

Android という技術の  
歴史的背景を改めて  
考えるきっかけを提供します。



「情報」とは何か

# 「情報」という言葉は新しい

## 広辞苑

第5版 (1998年11月11日)

じょうほう [情報] (information)

- (1) あることがらについてのしらせ
- (2) 判断を下したり行動を起こしたりするため  
に必要な, 種々の媒体を介しての知識

「情報」 軍事用語  
敵情の報告・報知

「情報」という言葉は、中国から輸入したものではない。  
日本語である。現在のような意味で使われたのは、  
1954年以降だという。新しい言葉である。

「情報という言葉の語源とその周辺について」

<http://yamashita-lab.net/yamasita-diary/information-origin.pdf>

# 技術の日常生活への広がり 言葉と概念の広がり

今では、誰もが「情報」という言葉を使っている。しかも、日常的に。それは、いいことだと僕は思う。

それは、IT技術が、日常の生活の中に入り込み、誰もが「情報」技術を利用し、それを享受しているからだ。それも、いいことだ。

ただ、そのことは、「情報とは何か？」について、我々の理解が深まったことには必ずしも意味しない。

(楽観的に言えば、「情報」について深く理解する条件は、拡大しているのは確かだ。)

## チューリングの卓見

今から約70年前、「機械は考えることができるか?」と問いかける論文がでる。今日の人工知能研究の出発点と言っていいチューリングの論文である。この論文には、とても印象的な一節がある。

「機械は考える事が出来るか?」という、最初に掲げた問題が、今では議論にも値しない程無意味なものである事は私も認めよう。...

しかし、それにもかかわらず、今世紀の終わりには人々の意見が大きく変化して、ついには、矛盾していると考えことなく『機械の思考』について語る事ができるようになるであろうと私は信じている。

# *What is information?*

*What is information?* The question has received many answers in different fields. Unsurprisingly, several surveys do not even converge on a single, unified definition of information.

Information is notoriously a polymorphic phenomenon and a polysemantic concept so, as an *explicandum*, it can be associated with several explanations, depending on the level of abstraction adopted and the cluster of requirements and desiderata orientating a theory. The reader may wish to keep this in mind while reading this entry, where some schematic simplifications and interpretative decisions will be inevitable.

“Semantic Conceptions of Information”

<https://plato.stanford.edu/entries/information-semantic/>

*"informationについて"*  
*Shannonの言葉*

The word 'information' has been given different meanings by various writers in the general field of information theory. It is likely that at least a number of these will prove sufficiently useful in certain applications to deserve further study and permanent recognition. *It is hardly to be expected that a single concept of information would satisfactorily account for the numerous possible applications of this general field.* (Shannon 1993)

# 技術と科学

技術は、人々の生活を大きく変えてきた。それは、人類の歴史を振り返ってみてもわかる。人類の歴史は、技術の歴史でもある。

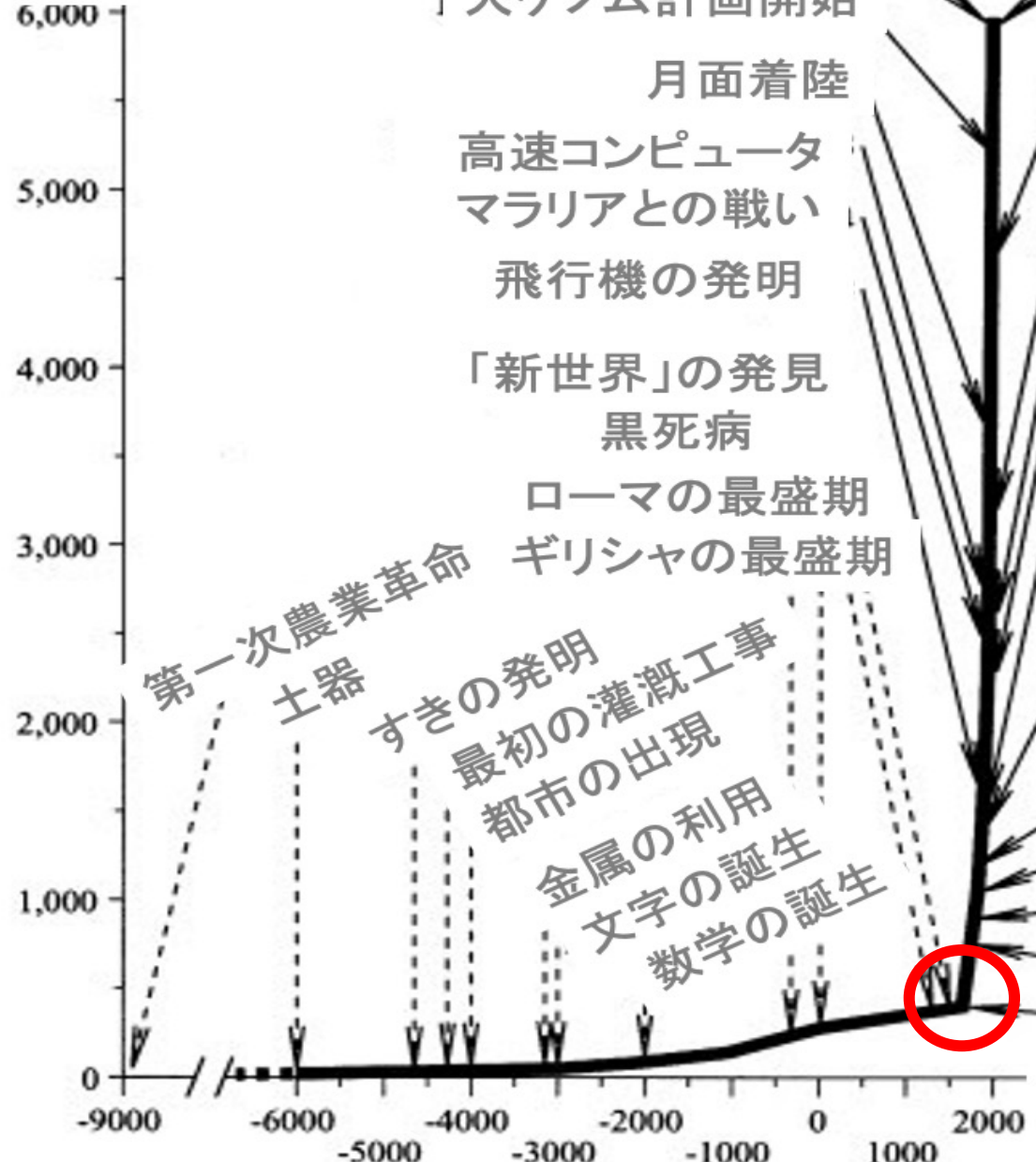
現代の技術を可能にしているのは、現代の科学である。

注意しなければならないのは、情報の技術と情報の科学の関係でもそうなのだが、科学的発見とその技術的応用には、数十年単位のタイムラグがあることである。

また、多くの人々が技術の基礎としての科学に興味を持っているわけではない。

# 人類の歴史

人口  
(百万人)



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)

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」の登場からである。

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する。また、ワトソンとクリックが生命の情報過程を担うDNAの構造を解明する。

情報の時代の幕開けである。

この1950年前後の時代を振り返ってみよう。

# 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

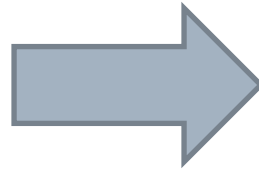




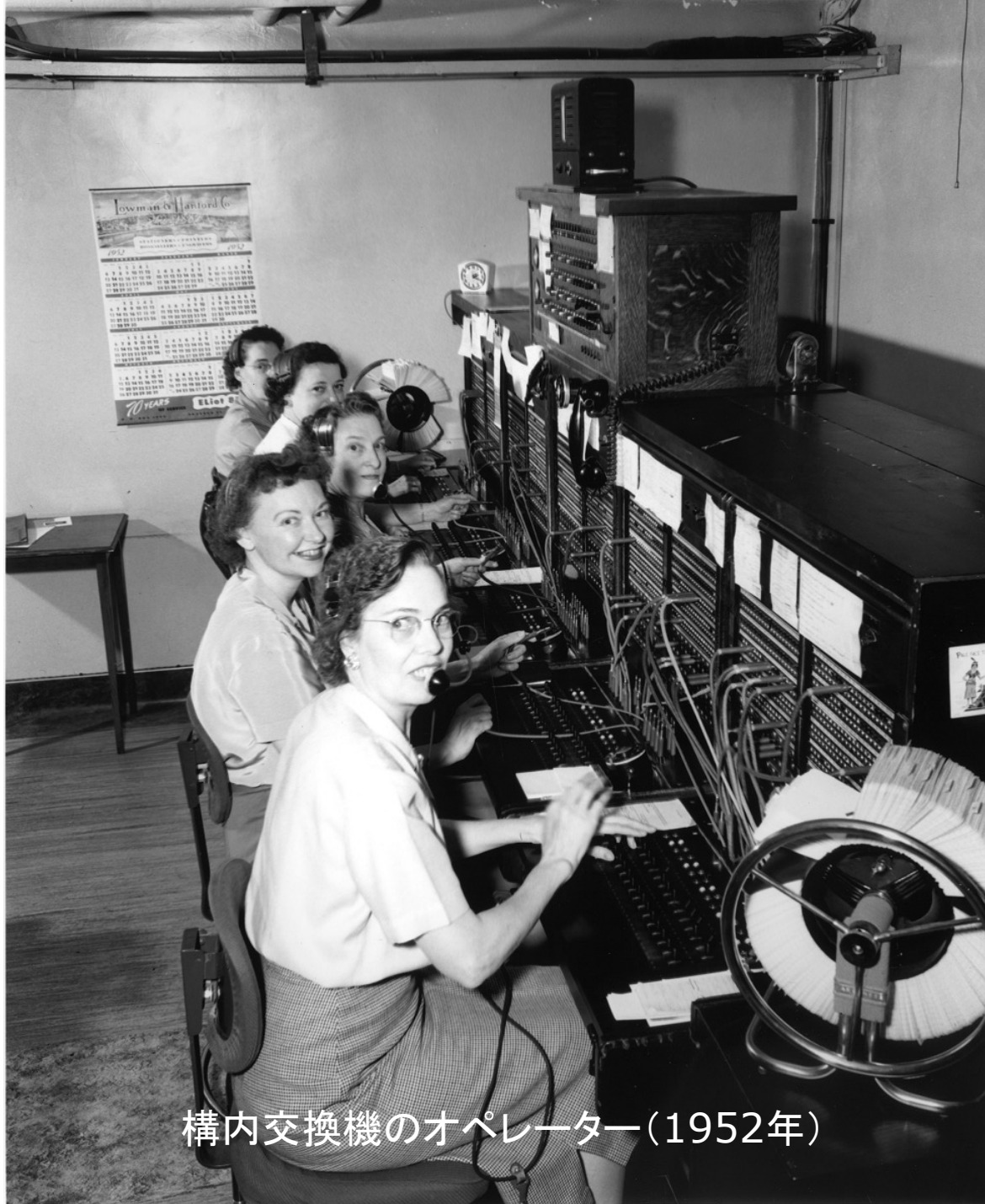
# 電話の時代



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)



1950年代  
情報の科学の登場



# シャノン



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

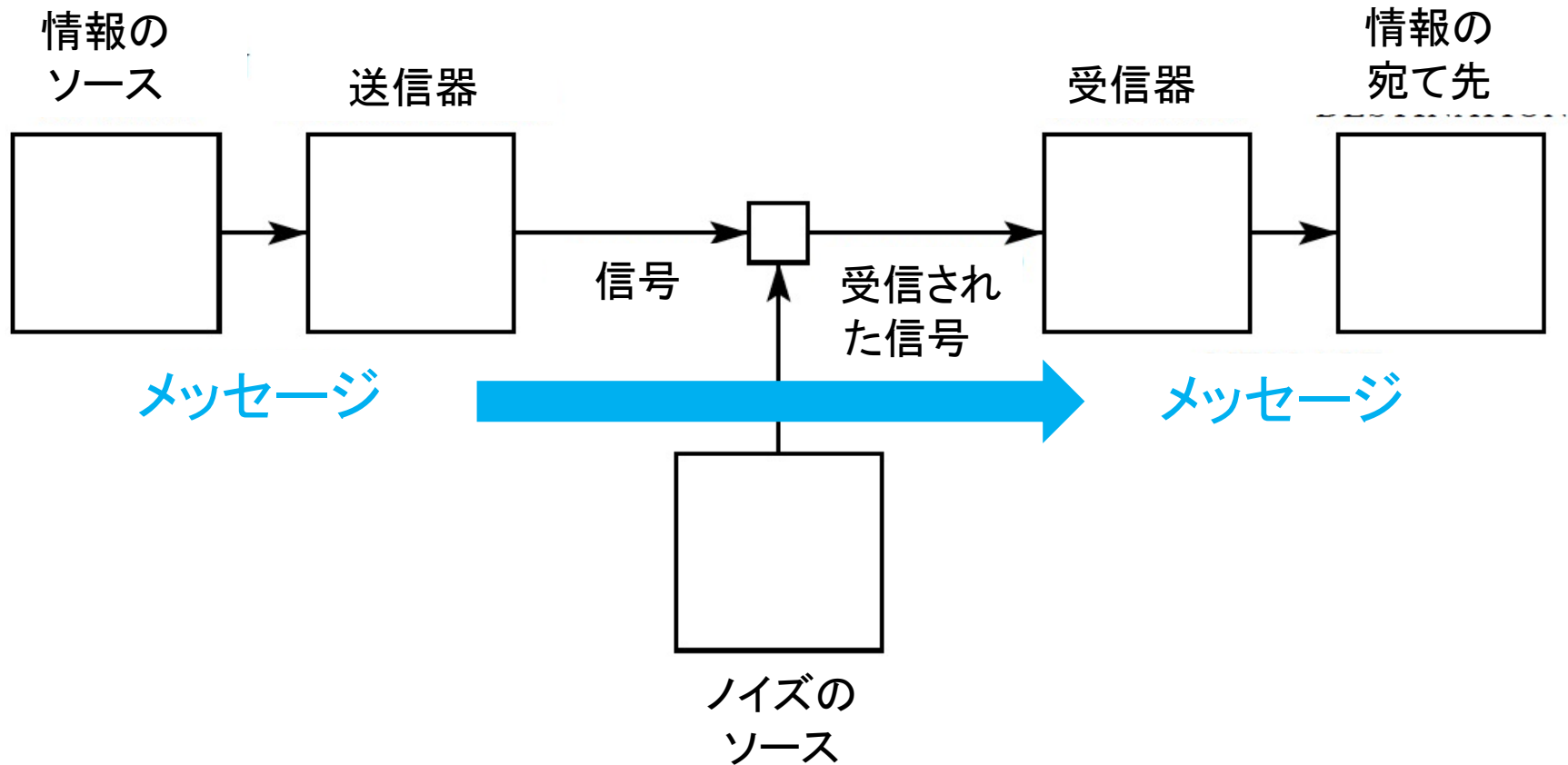
This work focuses on the problem of how best to encode the message a sender wants to transmit.

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

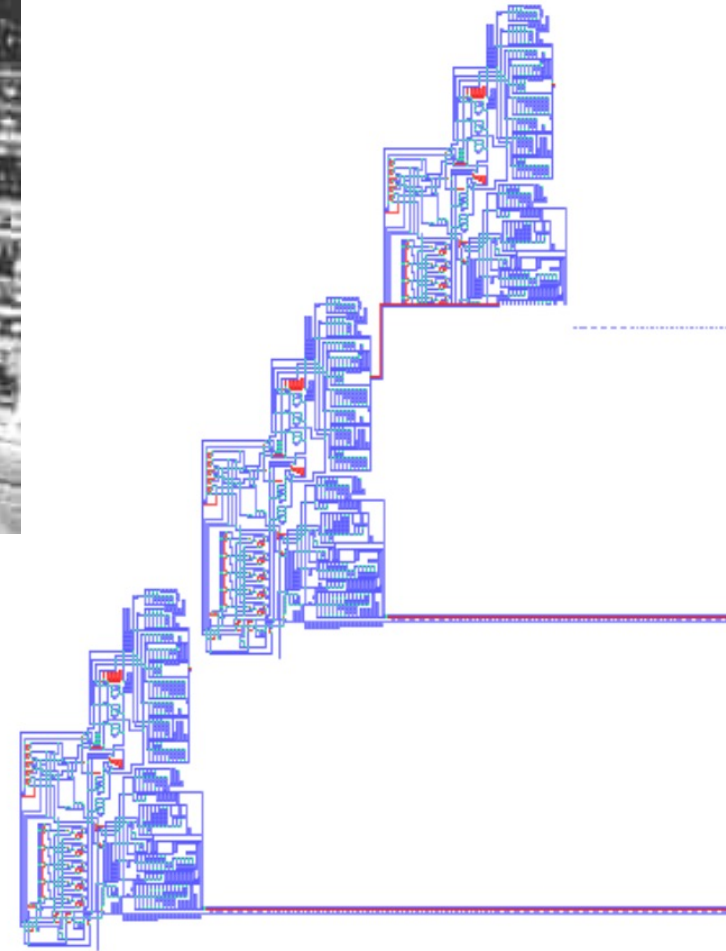
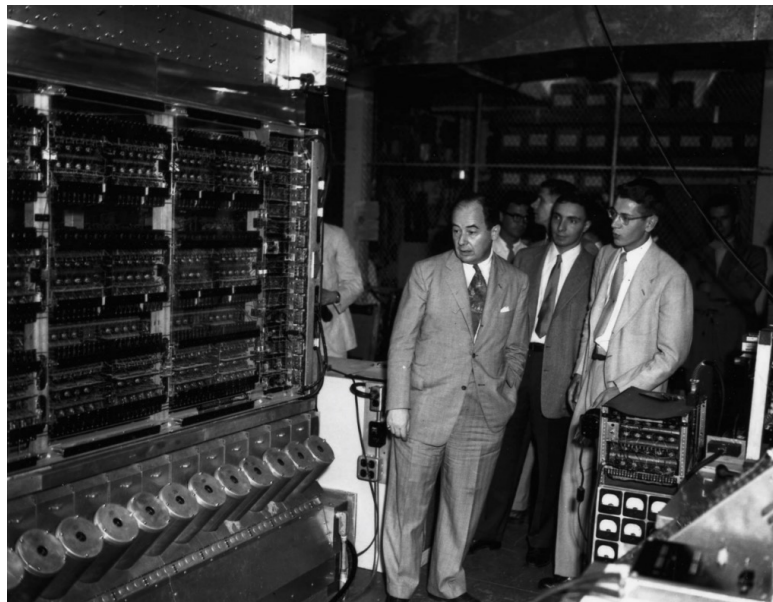
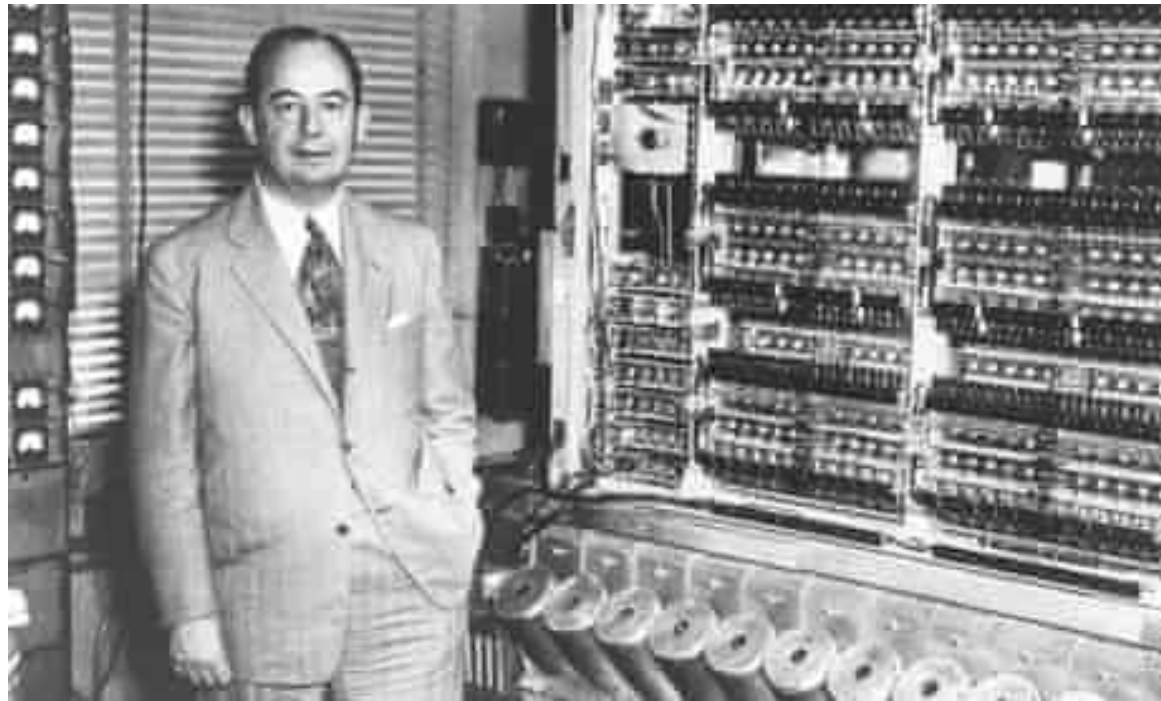


*"First Draft of a Report  
on the EDVAC"*  
1945年

「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

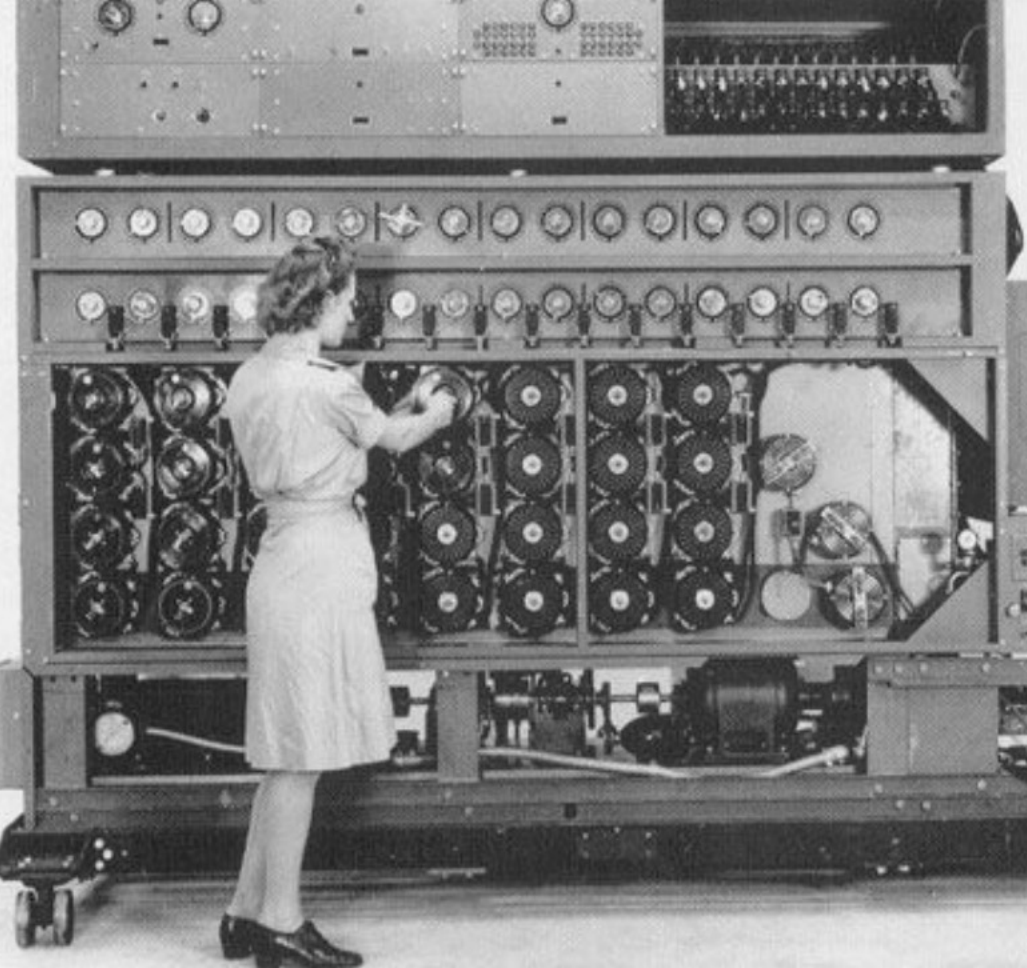
# チューリング

“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。



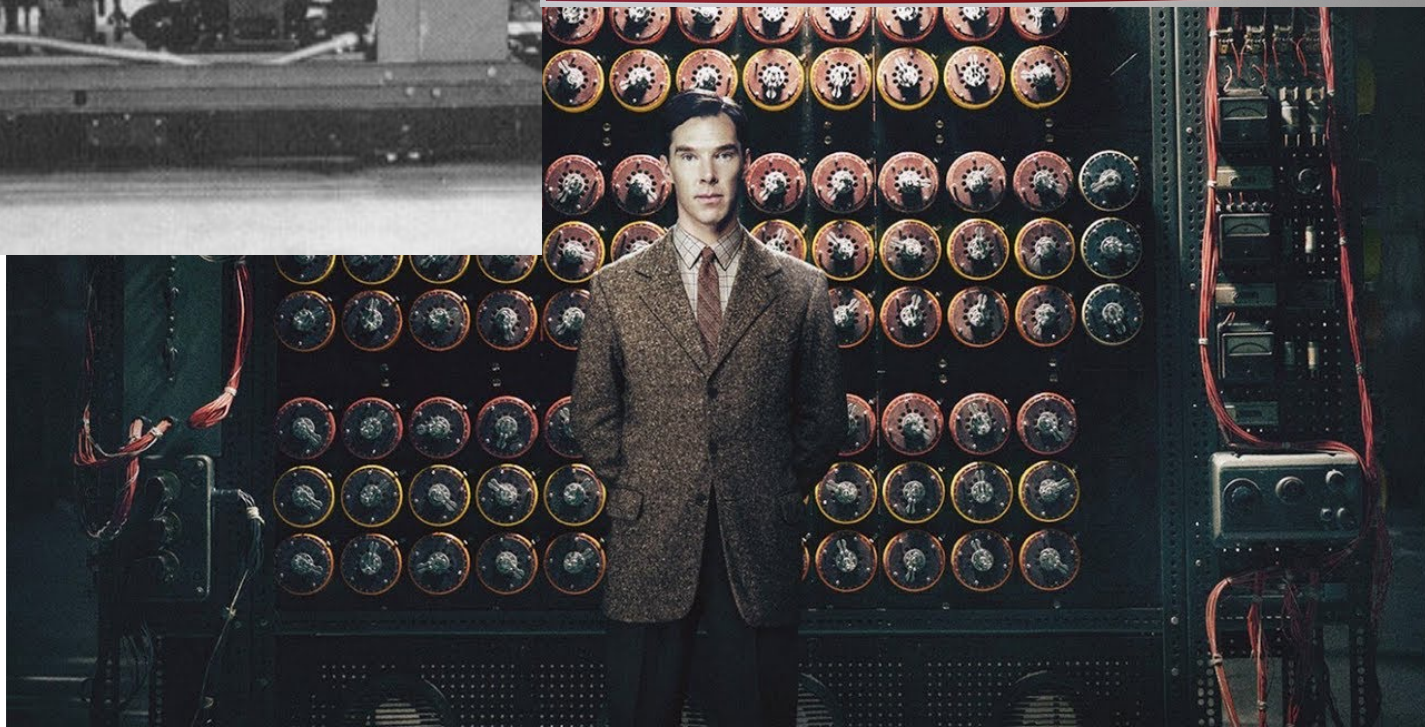


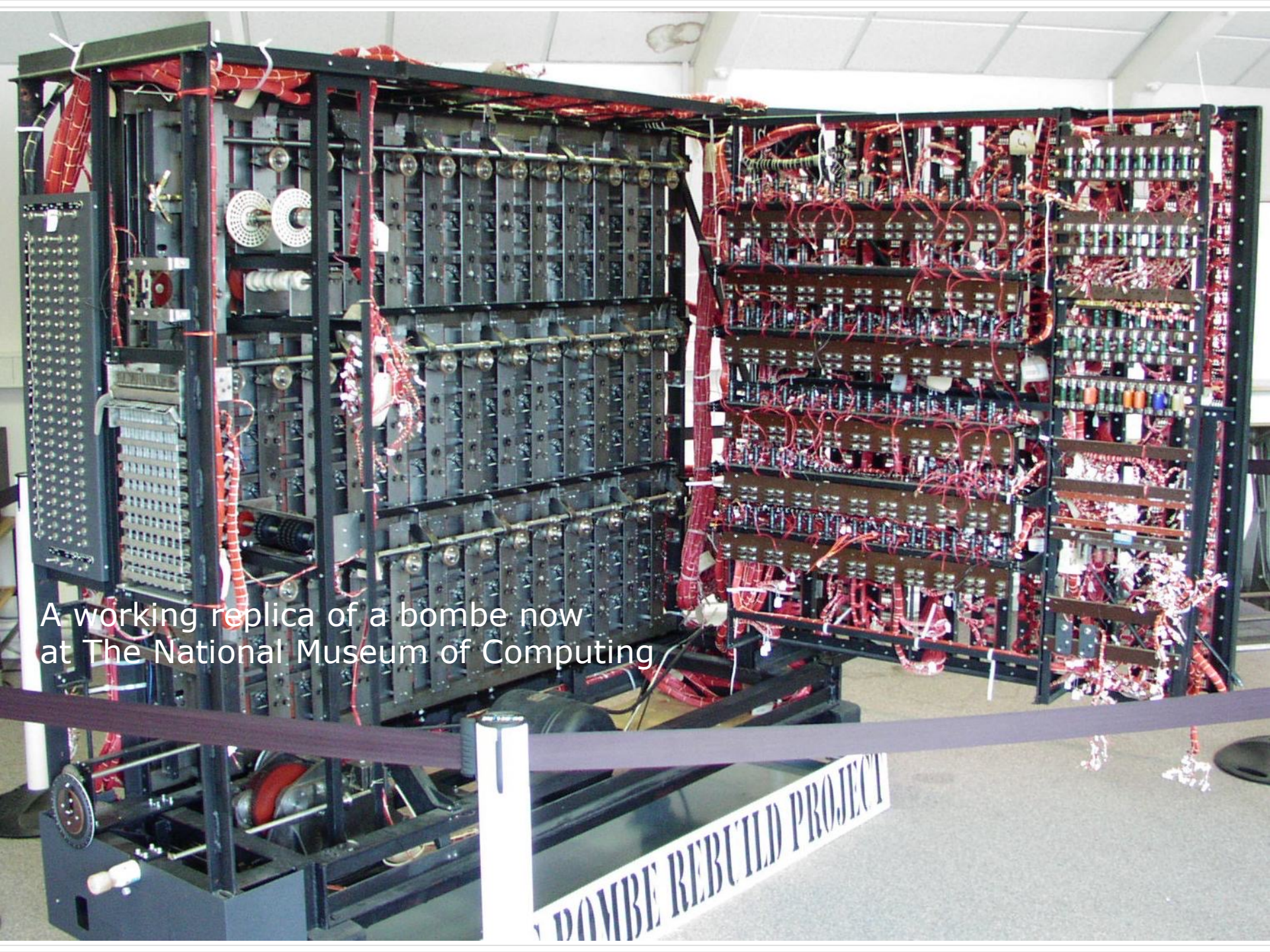
BANK OF ENGLAND

## 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

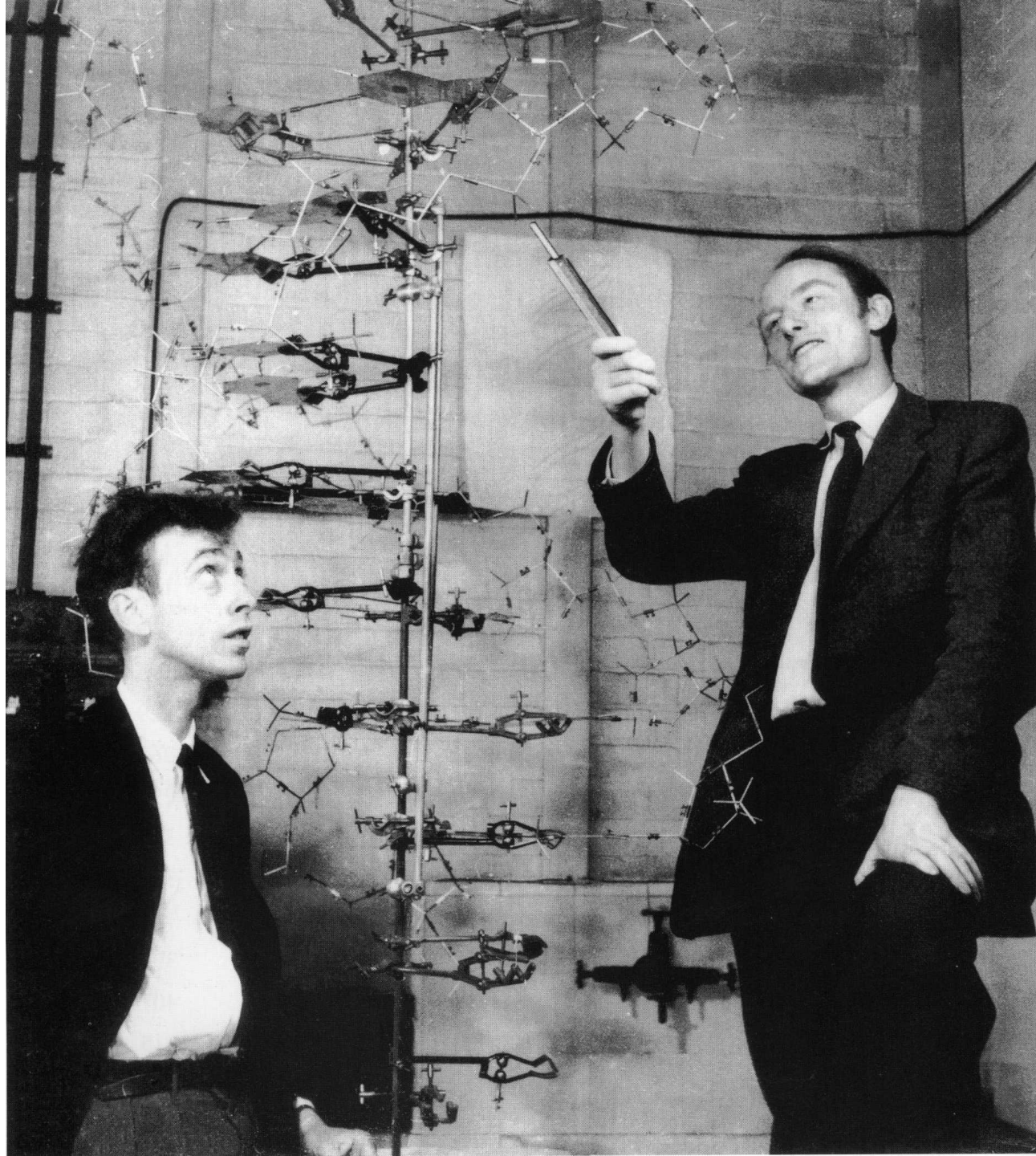
BOMBE REBUILT PROJECT

# 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*"





A landscape photograph of a forest in autumn. The trees are covered in various shades of green, yellow, orange, and brown. The sky is blue with scattered white and grey clouds. The text is overlaid in the upper center of the image.

# 「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

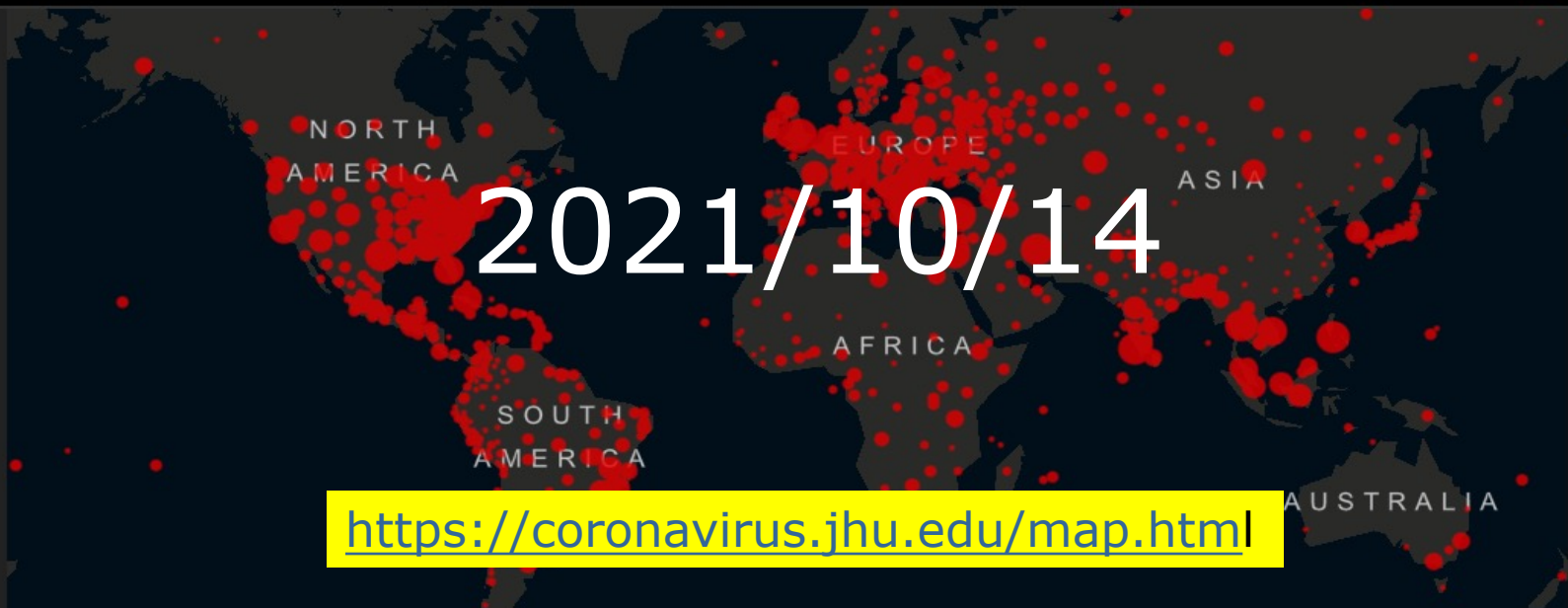
Total Vaccine Doses Administered

6.553.662.547

12.671.676

212.540

705.605.954

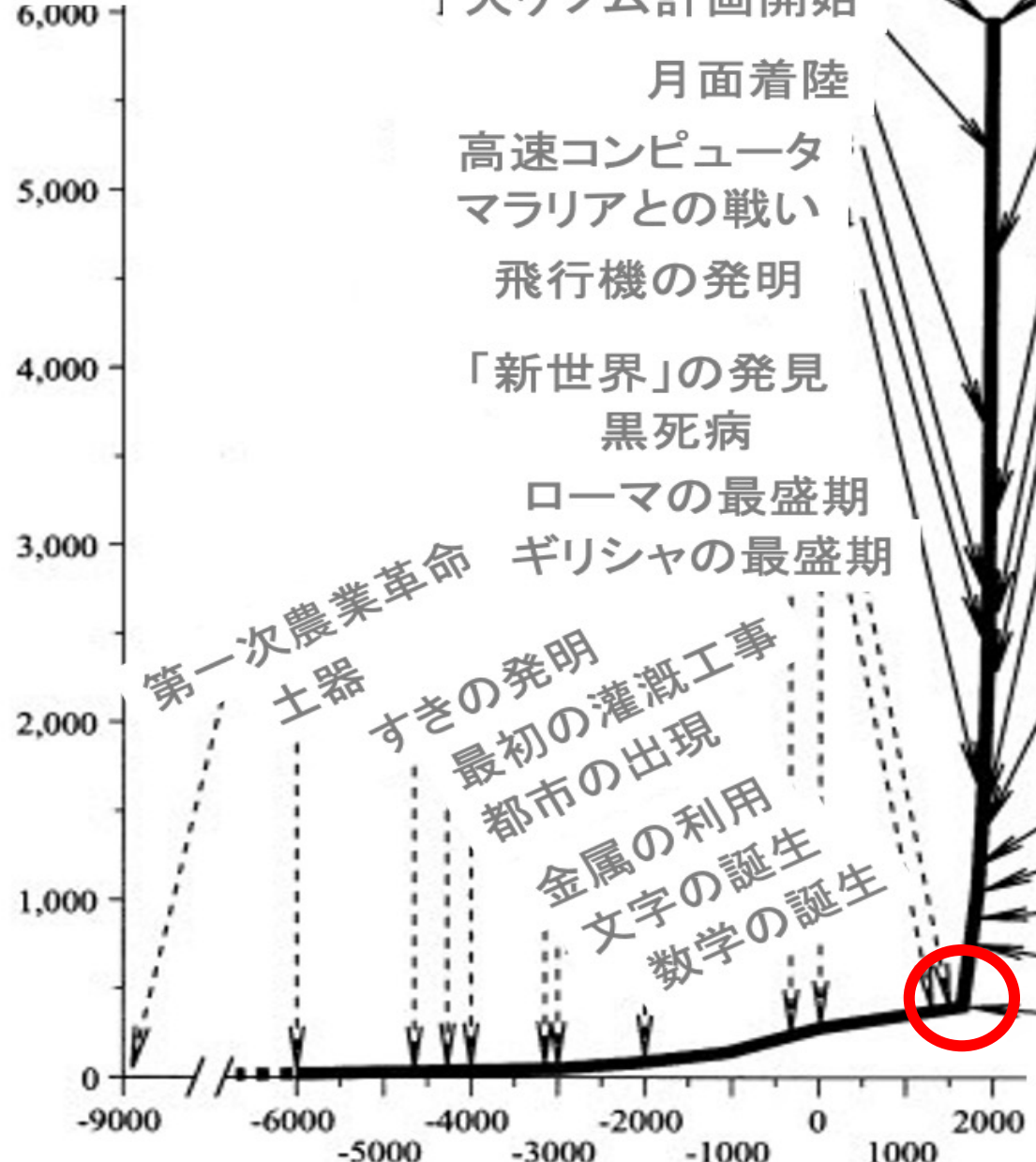


<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>



# 人類の歴史

人口  
(百万人)



- 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)

# 21世紀初頭に起きた変化 クラウドとモバイルの時代



# 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

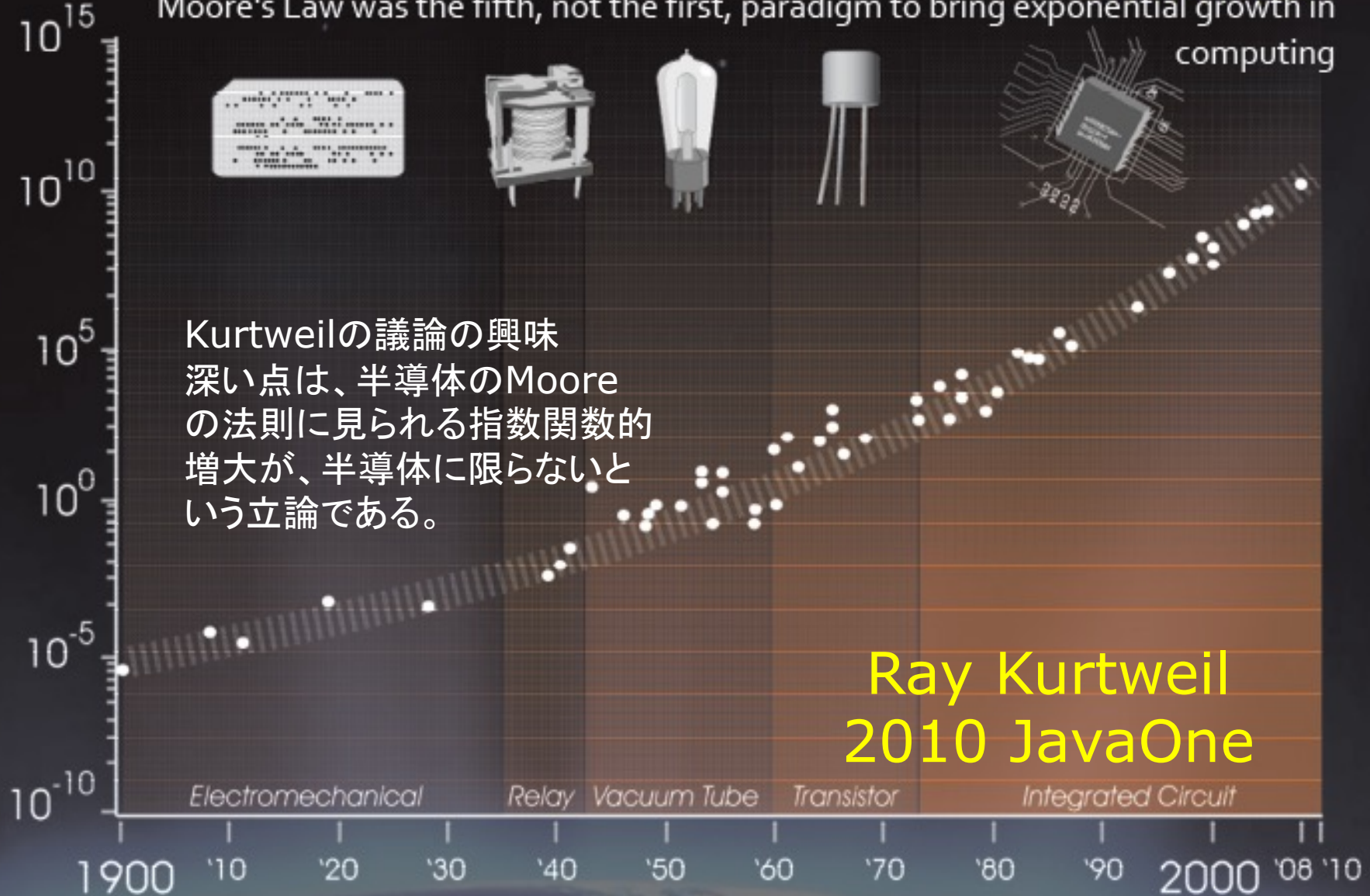
# 計算能力の指数関数的増大

Moore's Law was the fifth, not the first, paradigm to bring exponential growth in computing

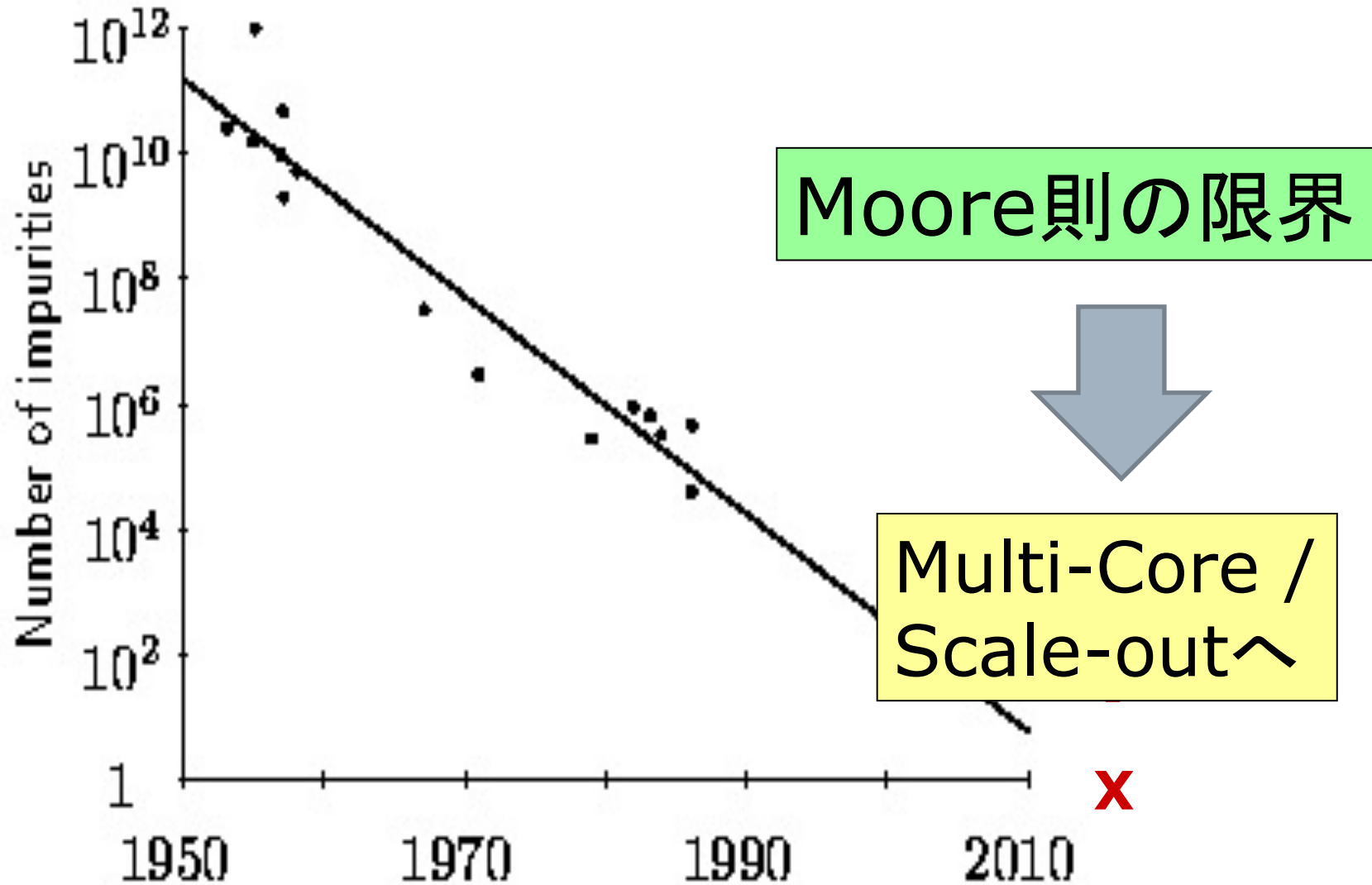
Logarithmic Plot

computing

Calculations per Second per \$1000

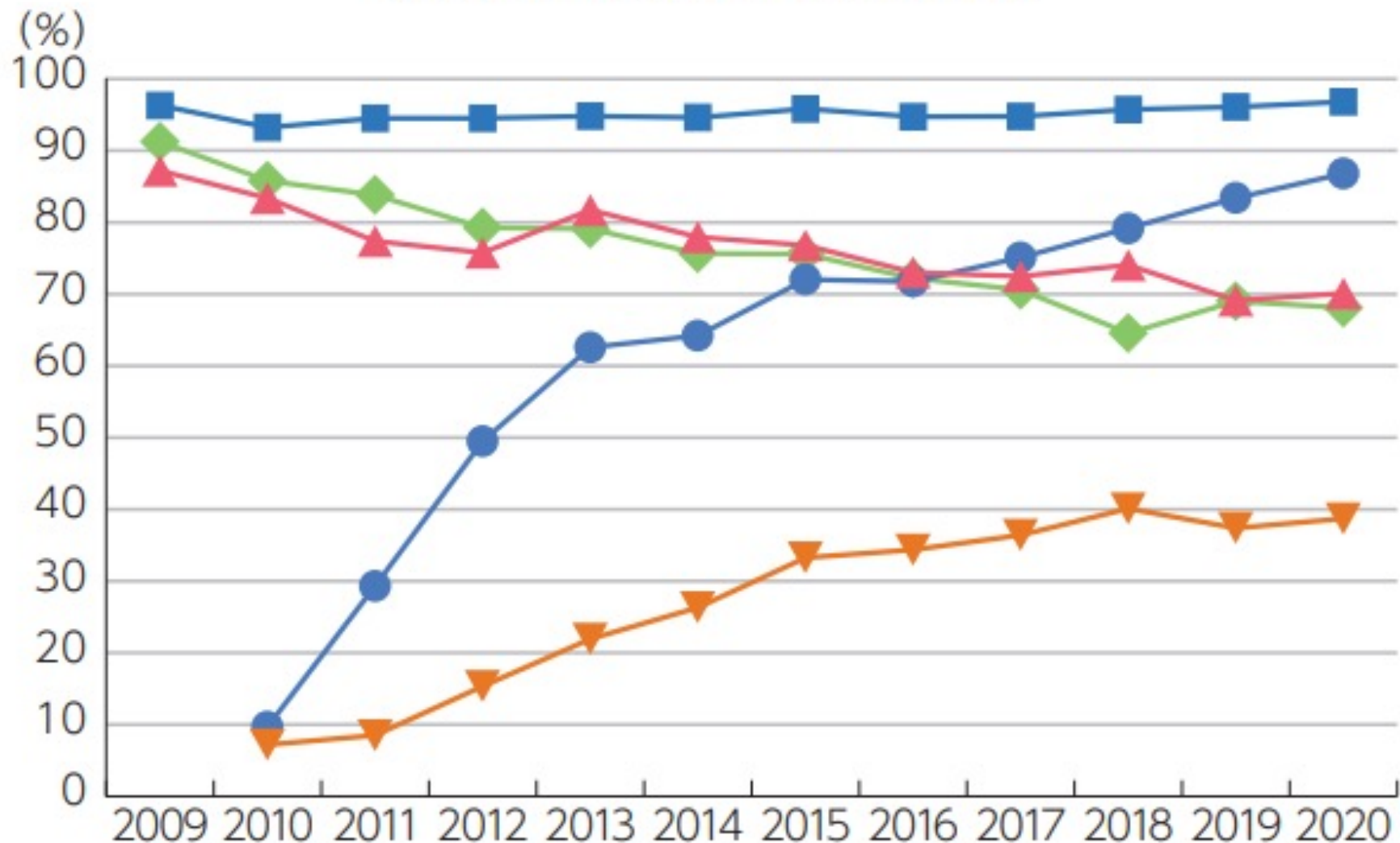


# Mooreの法則



情報1bitを蓄えるのに必要な電子の数

## 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)

# 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

# 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。

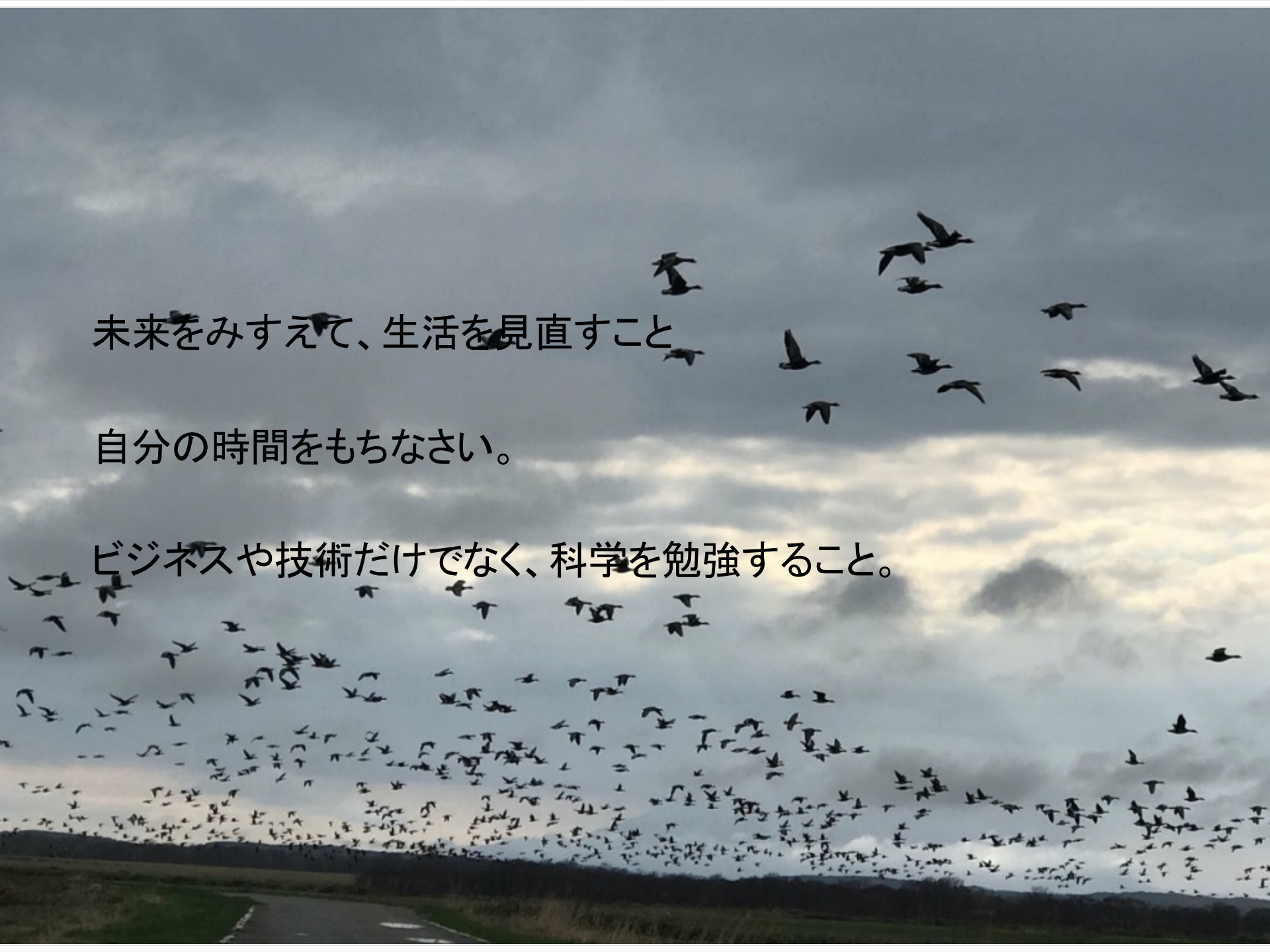
# 「量子情報」の世界へ

20世紀は、科学・技術が飛躍的に発展した時代だった。特筆すべきは、20世紀前半の量子論・相対論の成立を画期とした科学的自然認識の拡大と、20世紀後半のコンピュータ・通信技術の成立・発展による、技術的情報世界の拡大である。

自然科学が対象とする「物質の世界」と、IT技術が対象にする「情報の世界」は、異なる世界のように見える。ただ、21世紀の科学・技術は、この二つの世界の交差するところで発展するだろうと、丸山は考えている。

物質の世界と情報の世界という二つの世界を結びつける、重要な概念が「量子情報」である。残念ながら、そうした展望については、別の機会に譲る。



A large flock of birds, possibly terns, is seen flying over a landscape. The sky is filled with many birds in flight, some appearing as dark silhouettes against a lighter, cloudy sky. The ground below shows a road and some vegetation. The overall scene is dynamic and suggests a sense of movement and freedom.

未来をみすえて、生活を見直すこと

自分の時間をもちなさい。

ビジネスや技術だけでなく、科学を勉強すること。

