

2022年7月15日
六甲アイランド高校

科学技術の最前線と科学者を目指す人へ

和田 智明
神戸市立青少年科学館館長
前東京理科大学教授
2022年瑞宝中綬章

目次

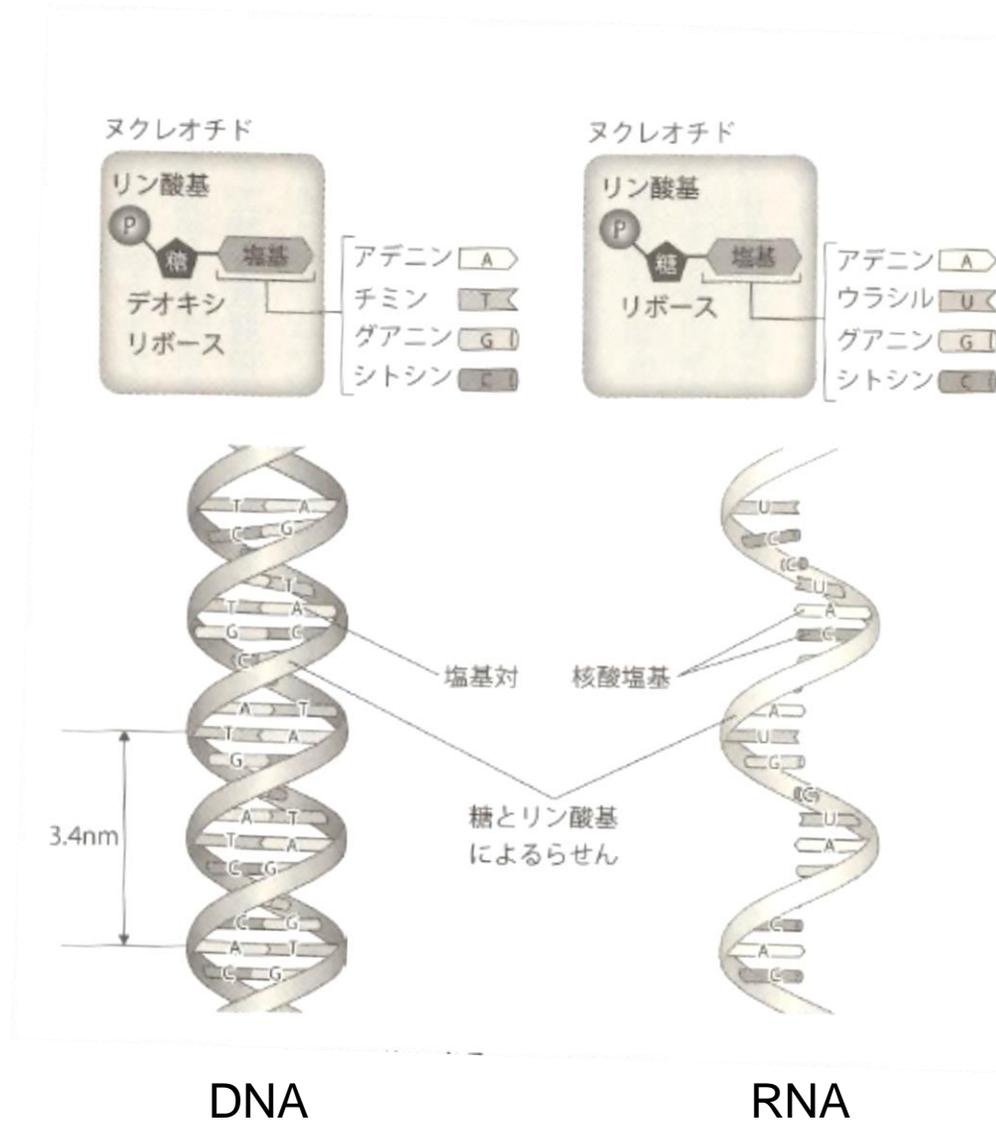
- 分子生物学(ゲノム編集・遺伝子操作技術)の急速な進展
- 地球温暖化の加速的な進展
- AIの社会での活用
- 量子科学の進展
- 科学者を目指す人に

私と科学とのかかわり

- 1951年神戸で生まれる。小学校・中学校・高校を神戸で過ごす。
- 算数・数学は大好き少年。
- 中学・高校時代は週に1冊本(小説が多かった)を読んだ。
- 大学(東京大学工学部精密機械工学科)の時に、金原寿郎の「基礎物理学」の教科書を読んで物理学が好きになる。
- 科学者を志すよりも、科学者が十分な成果を出せる社会を作ろうと科学技術庁に入った。
- 1986年から1990年までIAEA(国際原子力機関)に勤務 → 国際共通語としての英語の重要性を理解した。
- 2008年から2010年 文部科学省科学技術政策研究所所長
- 2010年から2014年 東京理科大学特命教授
- 2014年4月から 神戸市立青少年科学館館長
- 2022年春 瑞宝中綬章(旧勲三等)受勲

- 分子生物学の急速な進展
 - ・ゲノム編集技術
 - ・新型コロナウイルス対策研究

DNAとRNA



夏まで待つな（なつまでまつな）

新聞紙（しんぶんし）

竹藪焼けた（たけやぶやけた）



CRISPRを理解する

(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats,
規則的な間隔を置いた短い回文の繰り返し)

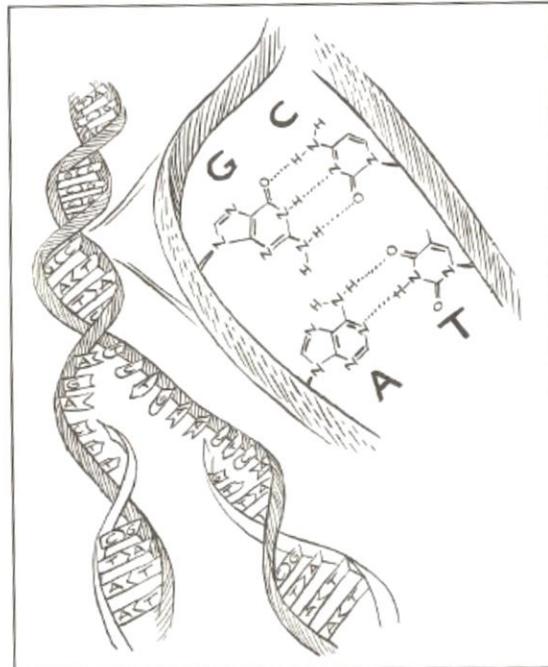
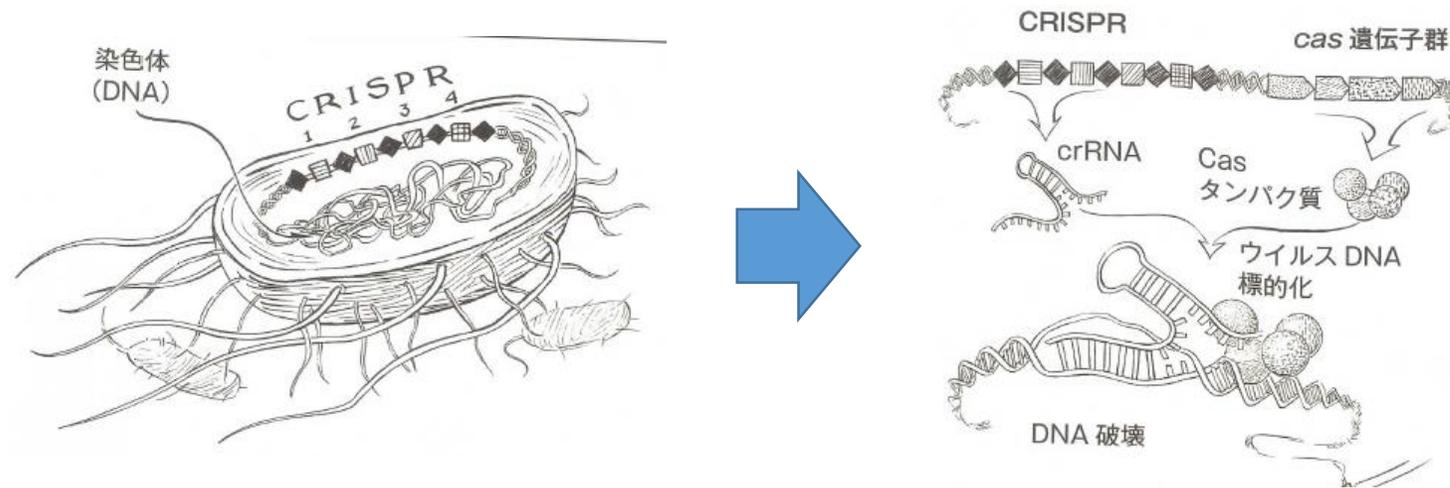


図1 DNA二重らせんの構造

回文を含むGCATの塩基配列

CRISPR/Cas システム

- 2012年ダウドナ博士（米）とシャルパンティエ博士（仏）が開発ーウイルスに対する免疫システムをすべての生物に適用できる簡易、高速なゲノム編集ツールに改変



ゲノム編集－開発中の食品の例



ゲノム編集技術により肉量が1.3倍に増えたトラフグ(上)と
通常のトラフグ=京都大学、水産研究・教育機構提供

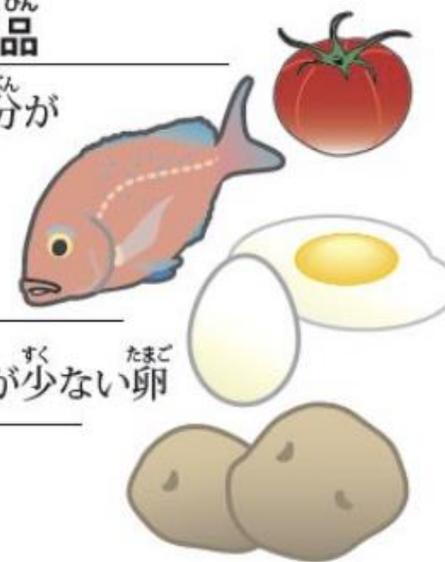
開発中の主な食品

■ 血圧を下げる成分が多いトマト

■ 肉厚のマダイ

■ アレルギー物質が少ない卵

■ 毒素を作らない
ジャガイモ



ゲノム編集の動物への適用例



By using CRISPR to alter genes in pigs, Lai Liangxue (left) hopes to create disease models, as well as organs and tissue that can be safely transplanted into humans.

ヒトに移植する臓器を開発中の豚



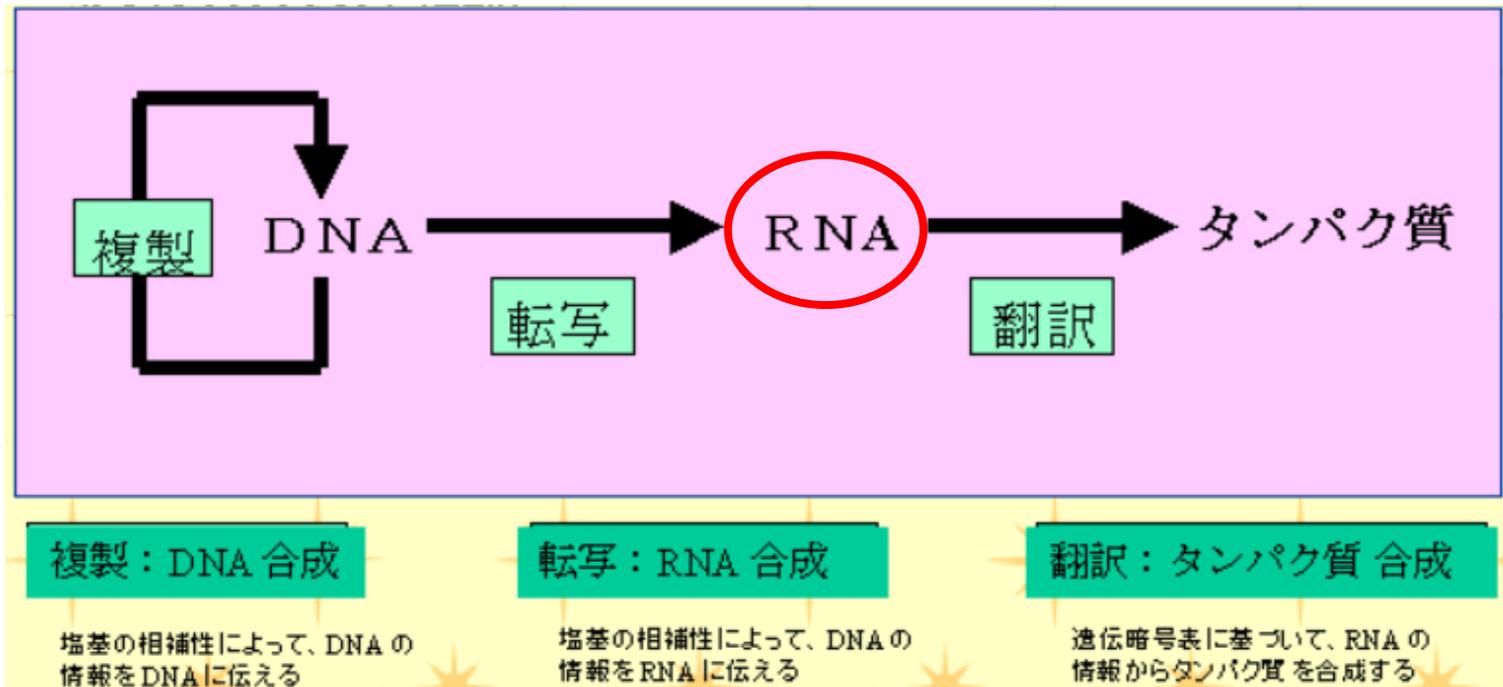
ヒトの自閉症やがんを解明するためにゲノム編集された猿



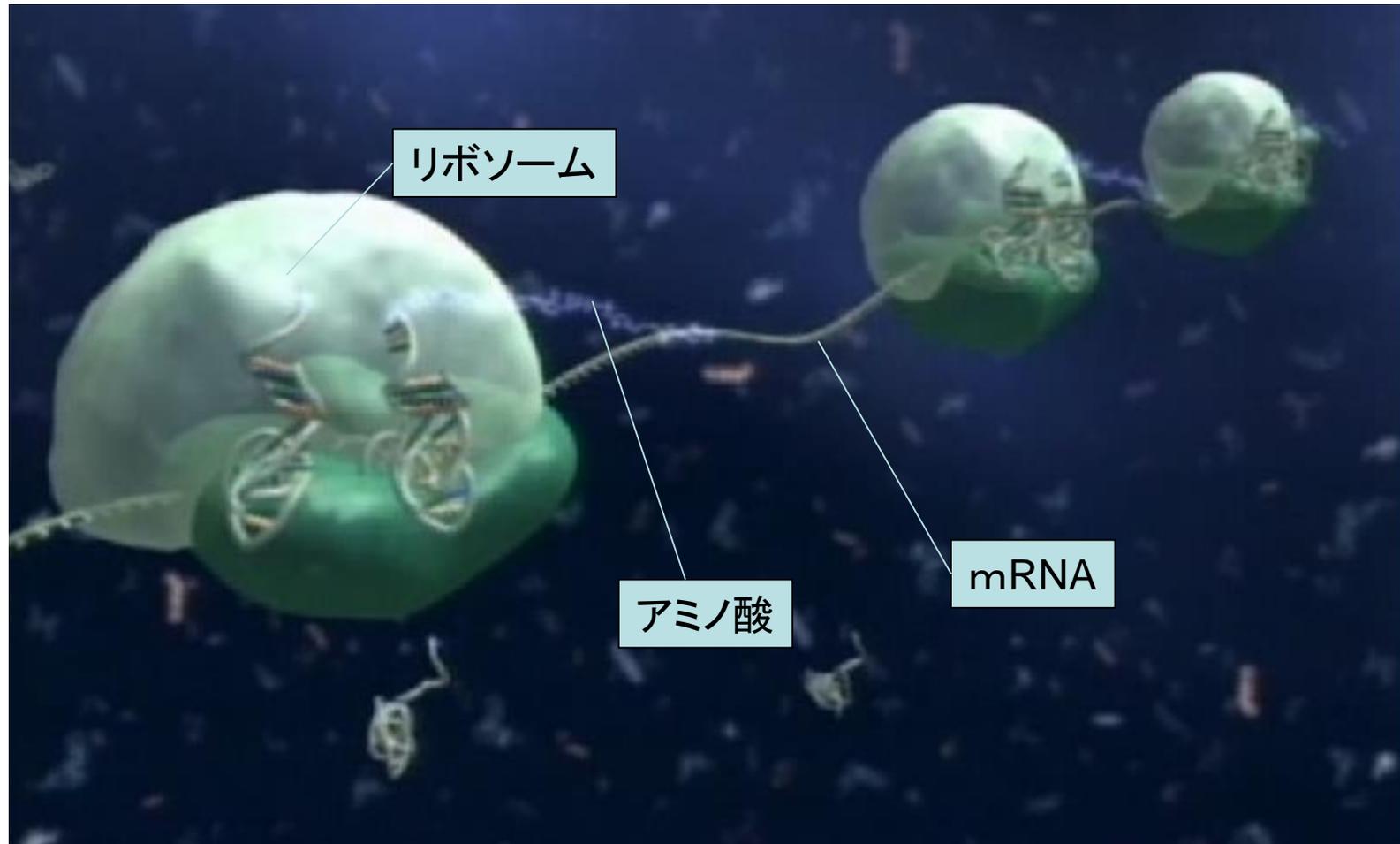
従来の種よりも高く飛び、速く走れるビーグル犬

生物のセントラルドグマ

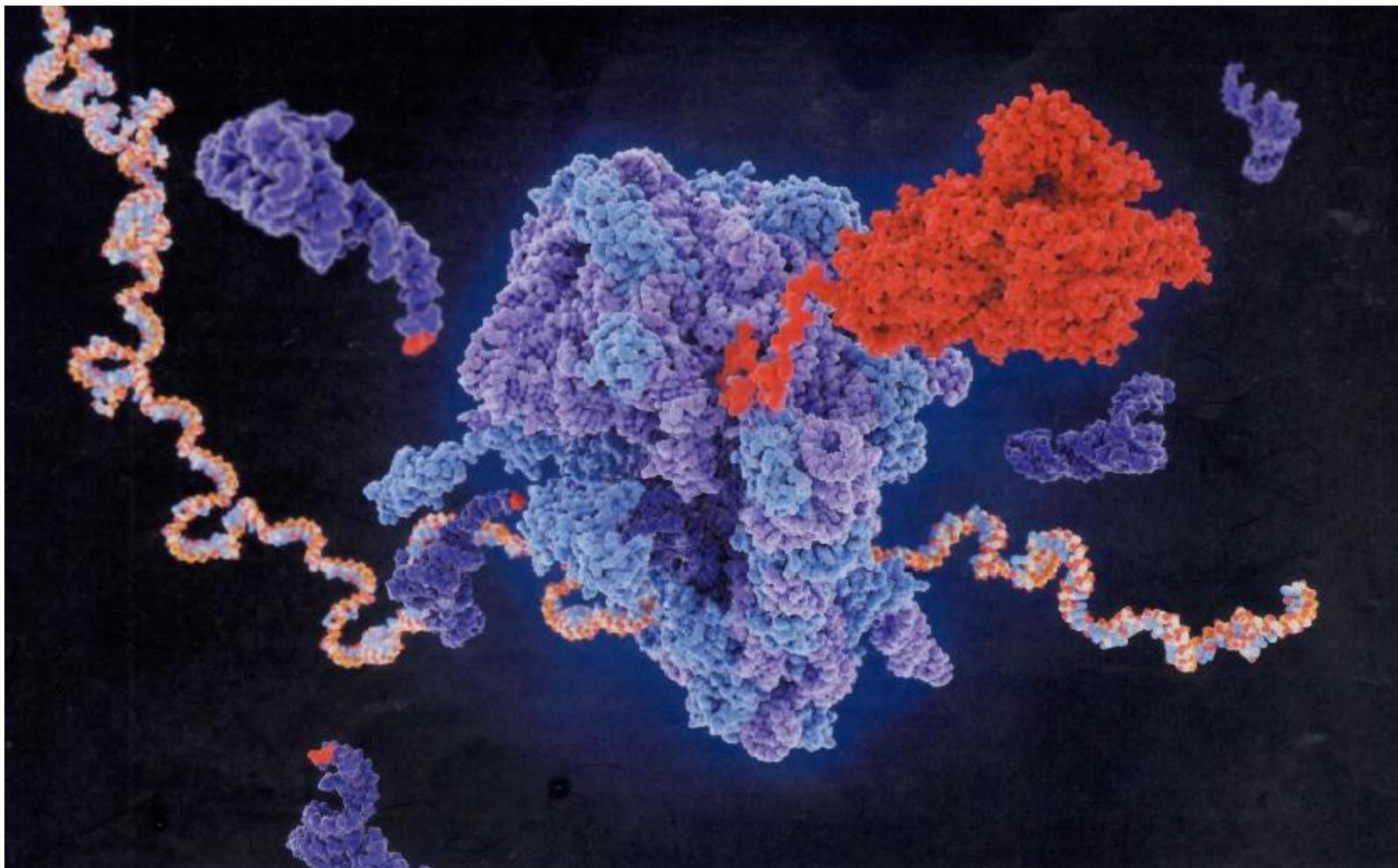
- 遺伝情報は「DNA⇒mRNA⇒たんぱく質」の順に伝達される。
- DNAという設計図からRNAという再生リストが構成され、そこからアミノ酸を経てたんぱく質という三次元巨大分子が作りだされるプロセス。



RNAからタンパク質が作られる

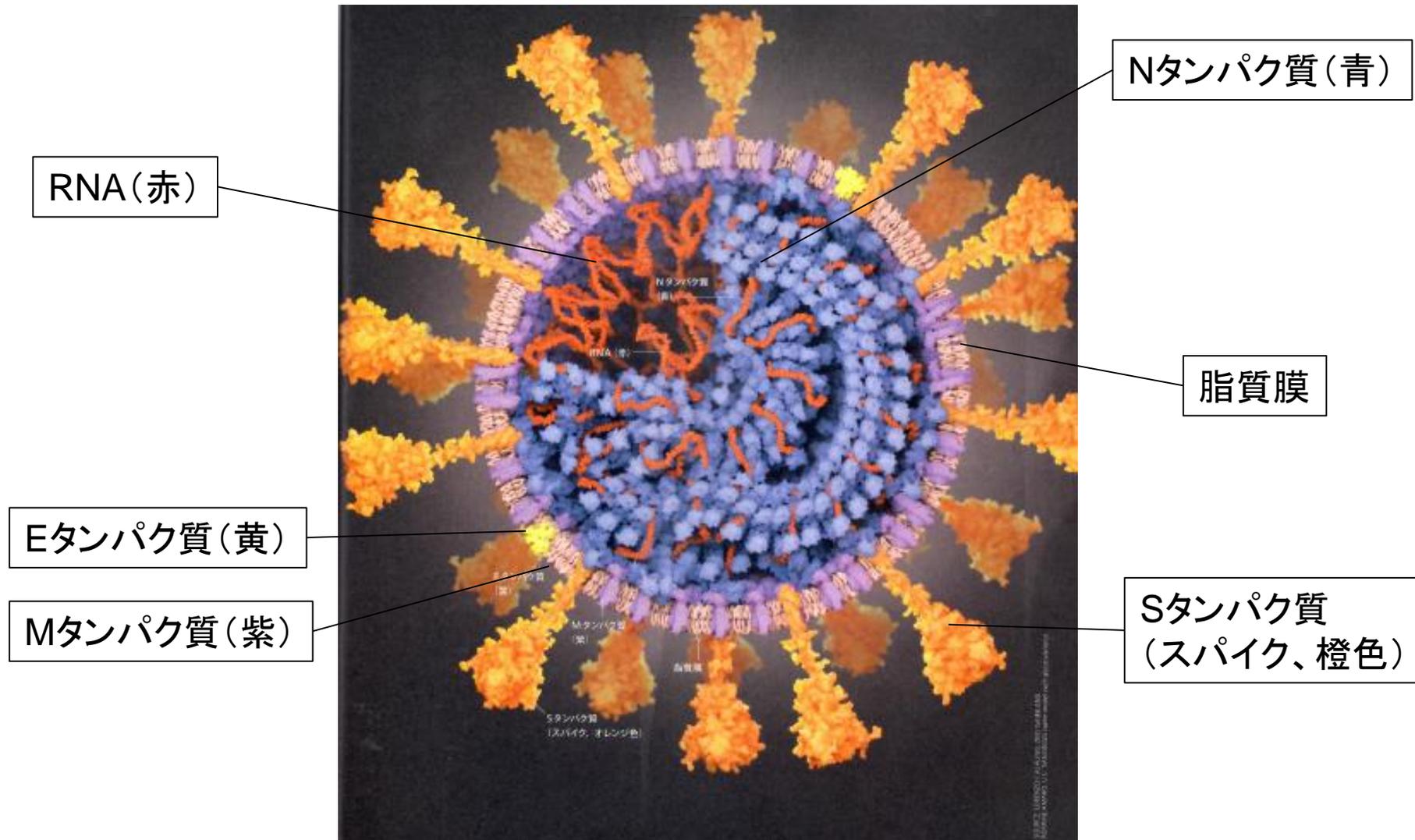


mRNAワクチンが体内で
スパイクたんぱく質を生成する。 ➡免疫反応が発動される



(MODERNA)

新型コロナウイルスの構造(直径100nm)



新型コロナウイルスによる疾病対策に関する 科学の進歩(2020年1月ー12月)

- ウィルスの全遺伝子配列の解明 (1月)
- ウィルスの重要たんぱく質の構造解明 (2-4月)
- ウィルスに対抗する人間の免疫反応の主要プロセスの解明 (4月～)
- 治療・予防に役立つ抗体の同定 (6月～)
- 実用化が有望なワクチン(2ー3種)の開発 (12月)
- その他PCR検査の迅速化、簡素化

カタリン・カリコ博士 (mRNAワクチンの開発)



・2005年

mRNAは細胞に到達してもRNAを検出するセンサーによってすぐに分解されてしまうが、mRNAを構成する塩基の1つであるウラシルを人工的な塩基に置き換えることにより、分解されなくなった。

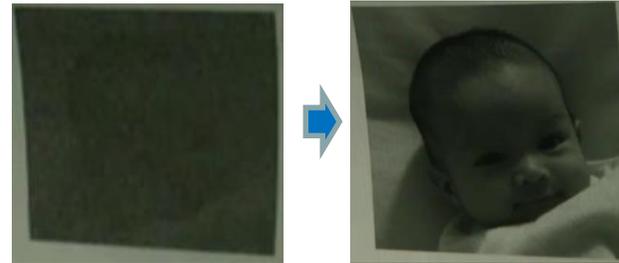
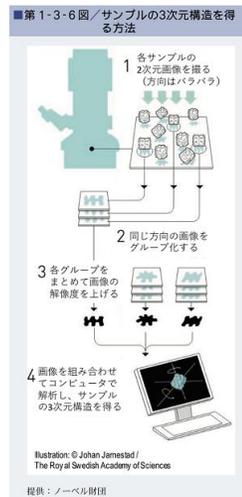
・2011年

投与する前のmRNAに混ざっていた二重鎖RNAを取り除くと細胞内で作られるたんぱく質の量が増える。

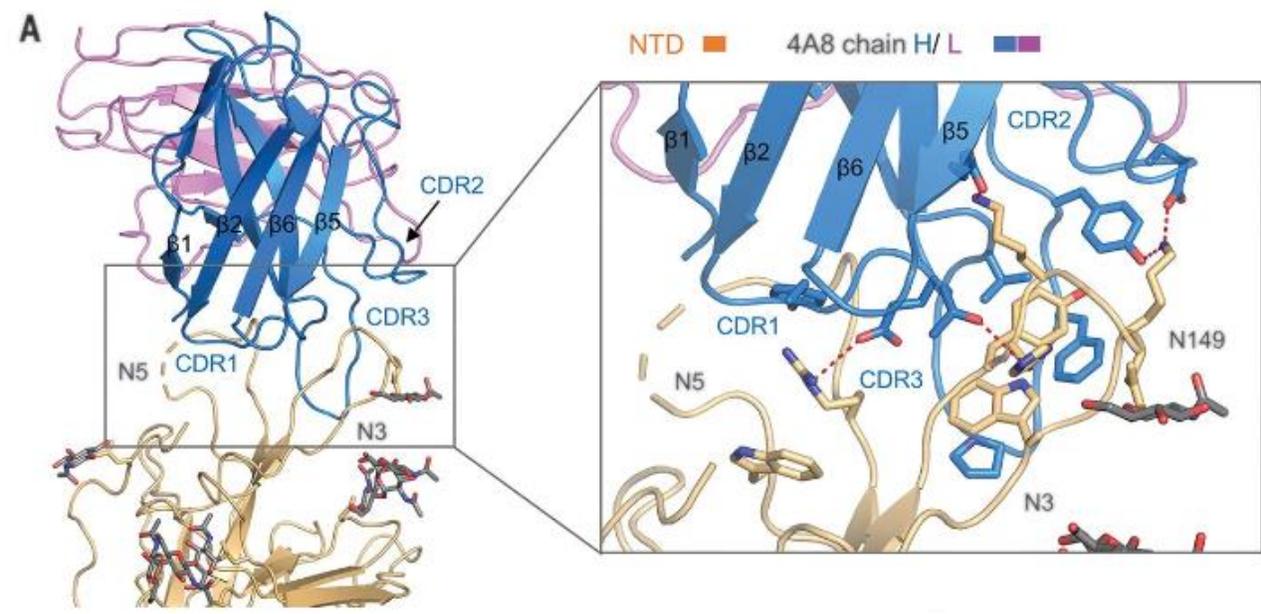
・RNAワクチンは将来「がん発生防止ワクチン(汎用)」として活用する研究が進められている。

低温(クライオ)電子顕微鏡法 (2017年ノーベル化学賞)

- 生物試料を染色せず、凍結することで固定し水分を蒸発させずに、試料を透過型電子顕微鏡で観察する。
- 観察で得られる数千～数万枚の画像データを画像処理アルゴリズムにかけ、画像の相関を解析し、生体内の分子構造の情報が得られる。



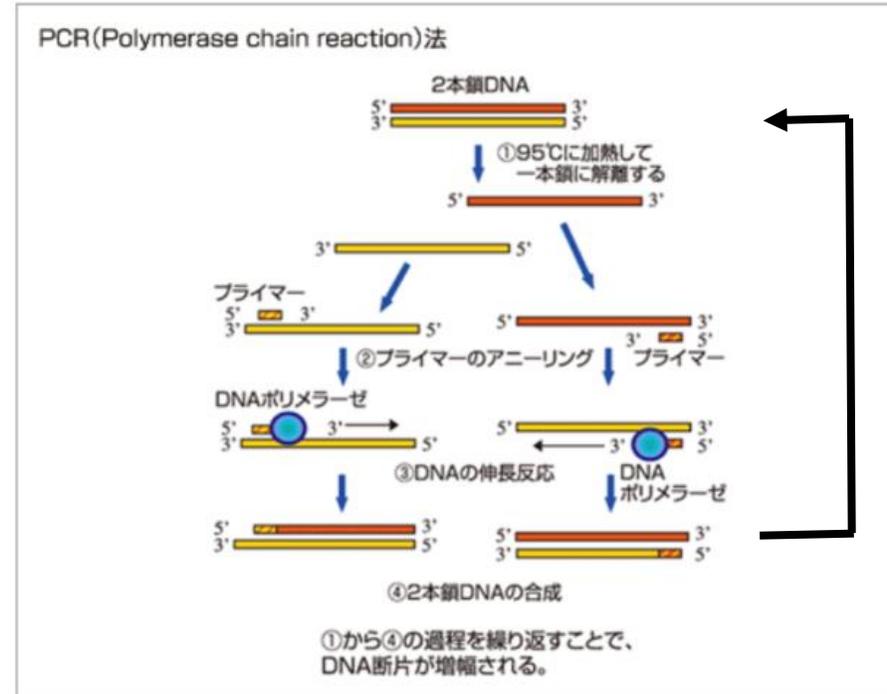
コロナウィルスのスパイクたんぱく質に抗体が結合する仕組み(低温電子顕微鏡法)



NTD(ウィルスのスパイクプロテインの一領域)が4A8(抗体)と結合している。

PCR (1993年ノーベル化学賞) (DNAポリメラーゼ連鎖反応増幅法)

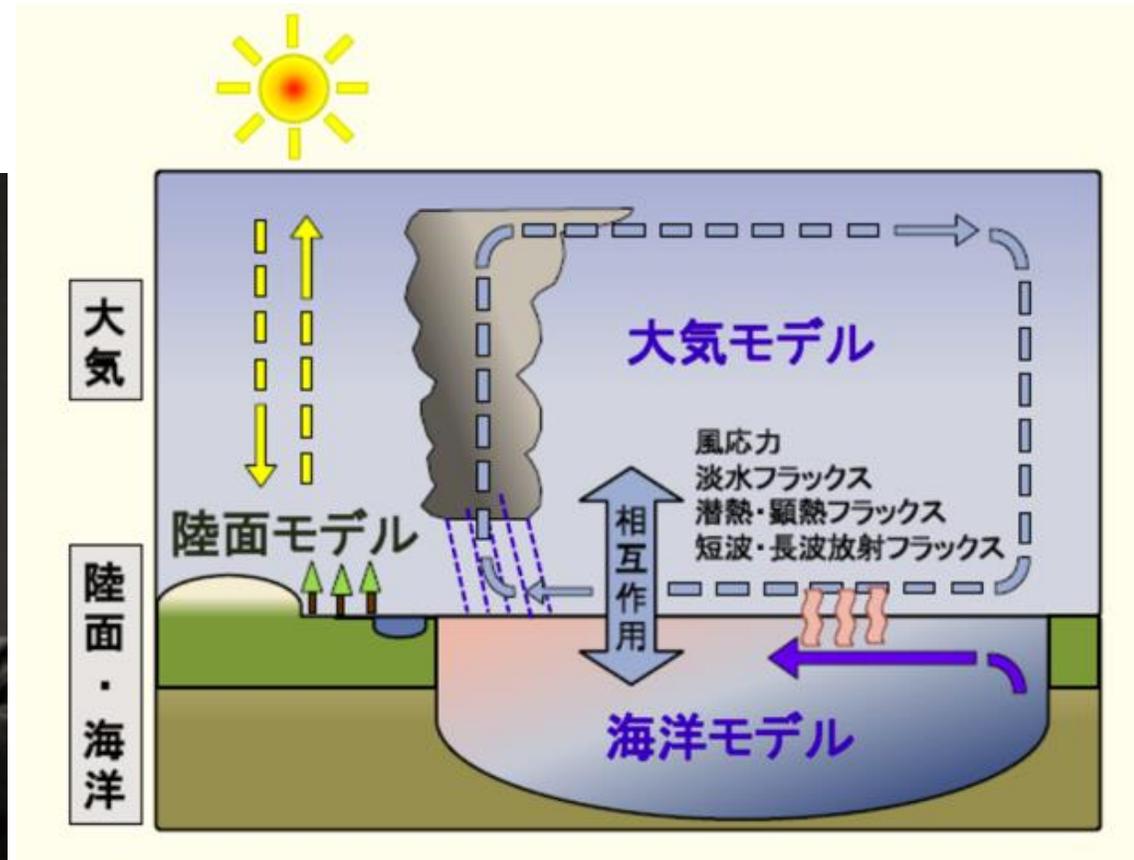
- 1985年、ケリー・マリス(米)によって鋳型となるDNAと必要な試薬を混ぜて装置にかけるだけで、文書をコピー機で複写するように、ある特定のDNA領域を短時間に増やす(増幅する)ことができる手法が発表された。
- PCR法の開発による功績でマリスは1993年にノーベル賞を受賞。
- PCR法は、今では感染症の検査や農水産物などの品種識別をはじめとして、犯罪捜査における犯人の特定(DNA鑑定)にも使われている。



2021年ノーベル物理学賞

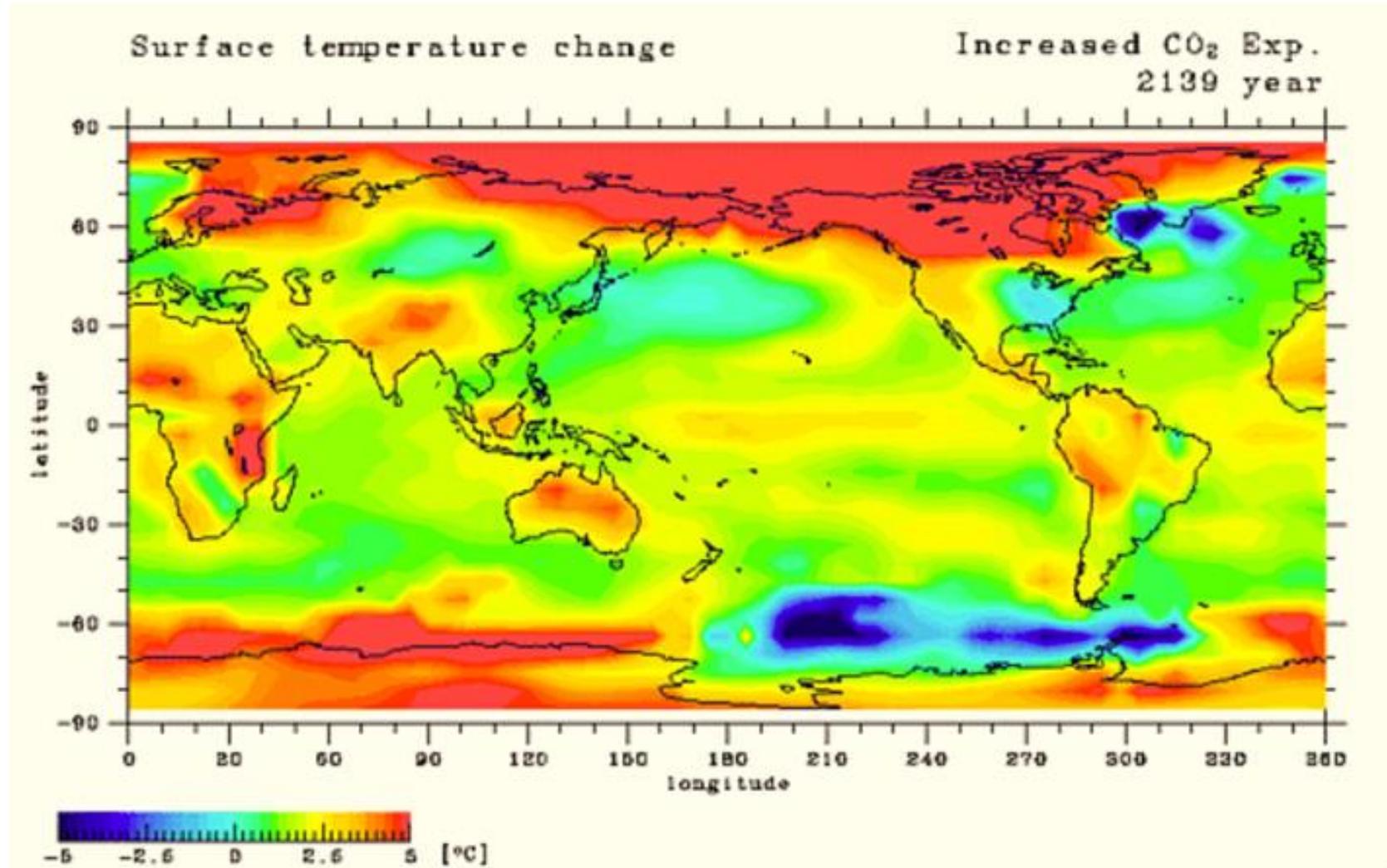


真鍋叔郎博士



真鍋博士が開発した大気海洋結合モデル

大気海洋結合モデルによる気温・海面温度上昇予測(2139年)

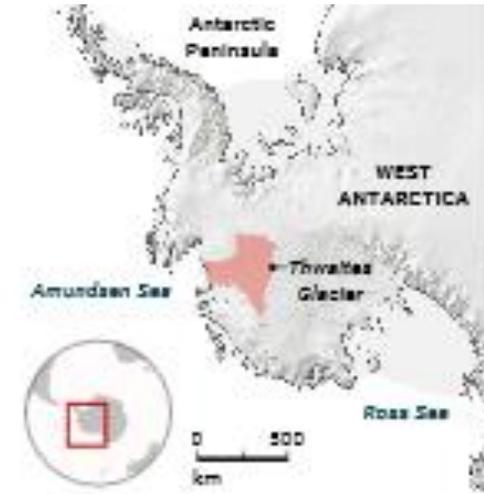


グリーンランド・ヘルハイム氷河
2002年以降7 km後退し、薄くなりつつある。
融解水の池が現われ、バスタブリングがくっきりと見える。



Bathtub Ring

南極Thwaites氷河の融解 (衛星からの観測)



45kmの氷床が割れ始めている
→ 65cmの海面上昇が起こる

永久凍土の融解により建物の土台が崩壊 (ロシア・ヤクーツク)



海面上昇により放置されたモスク
(インドネシア・ジャカルタ)



シベリアで発生した大規模な森林火災（2020年）



In 2020, wildfires raged in Siberia's vast forests, one of many effects of record high temperatures.

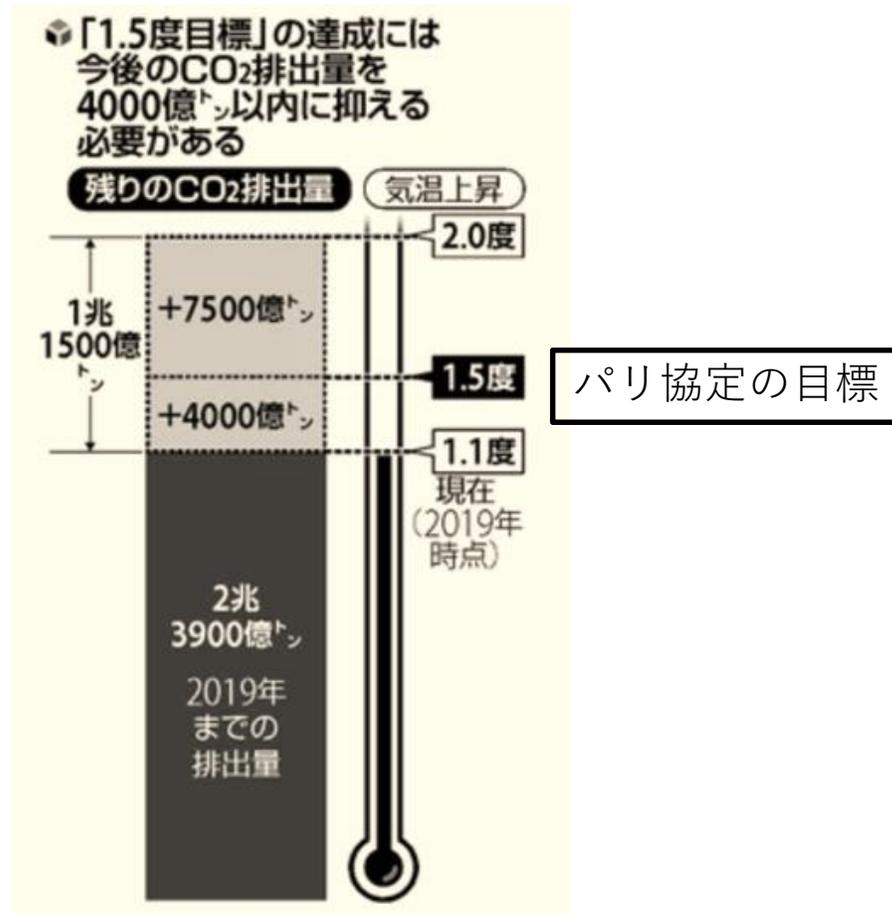
オーストラリアで発生した大規模な森林火災 (ニューサウスウェルズ州、2019-2020年)



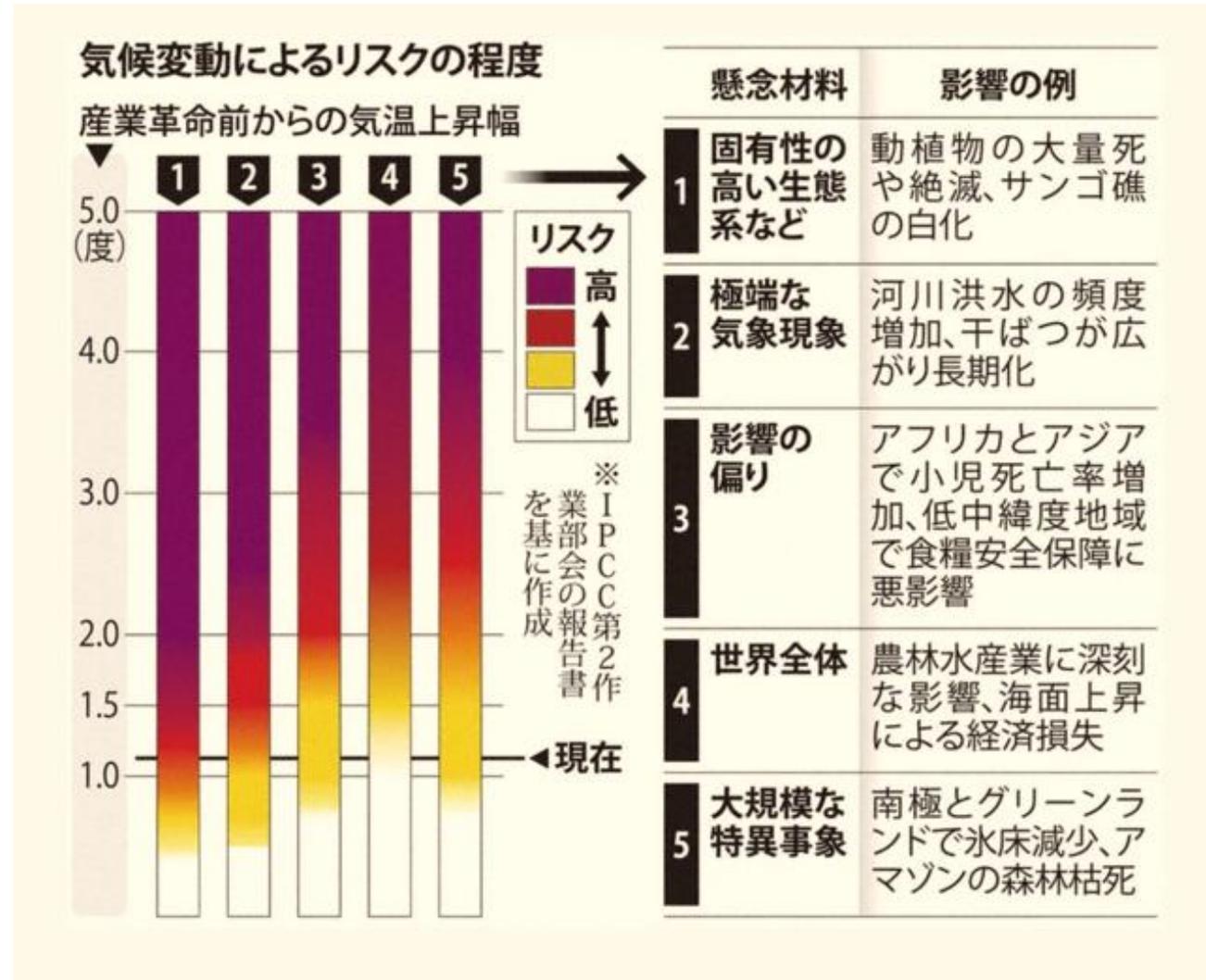
アマゾンの熱帯雨林の大豆畑化



1.5°C目標達成のためには、あと4000億tonしかCO₂を排出できない



IPCC第2作業部会報告書（2022年2月）

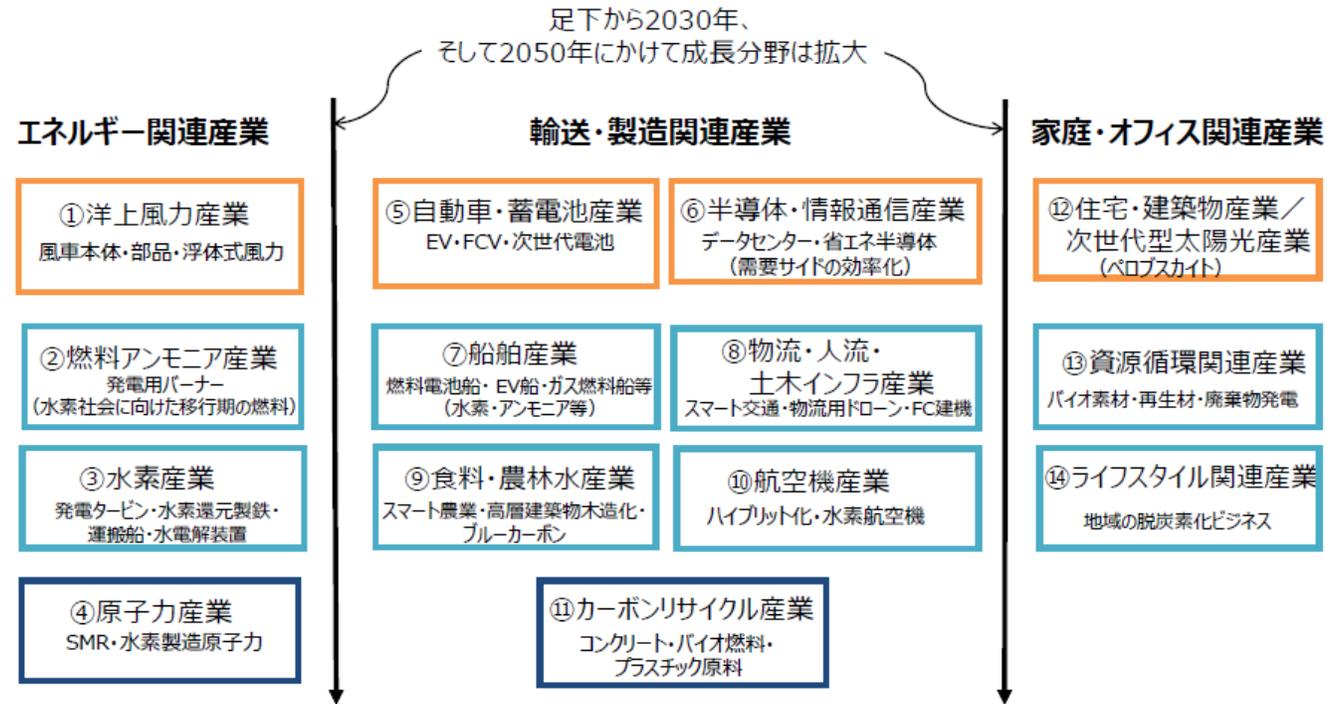


2050年における都市の気候変化

(Thomas Crowther etc.)

2019		2050
• シアトル (米) (北緯47度)	⇒	サンフランシスコ (米) (北緯38度)
• ニューヨーク (米) (北緯41度)	⇒	バージニアビーチ (米) (北緯36度)
• マルセイユ (仏) (北緯43度)	⇒	アルジェー (アルジェリア) (北緯37度)
• カトマンズ (ネパール) (北緯27度)	⇒	深圳 (中国) (北緯23度)
• ストックホルム (スウェーデン) (北緯59度)	⇒	ブタペスト (ハンガリー) (北緯47度)

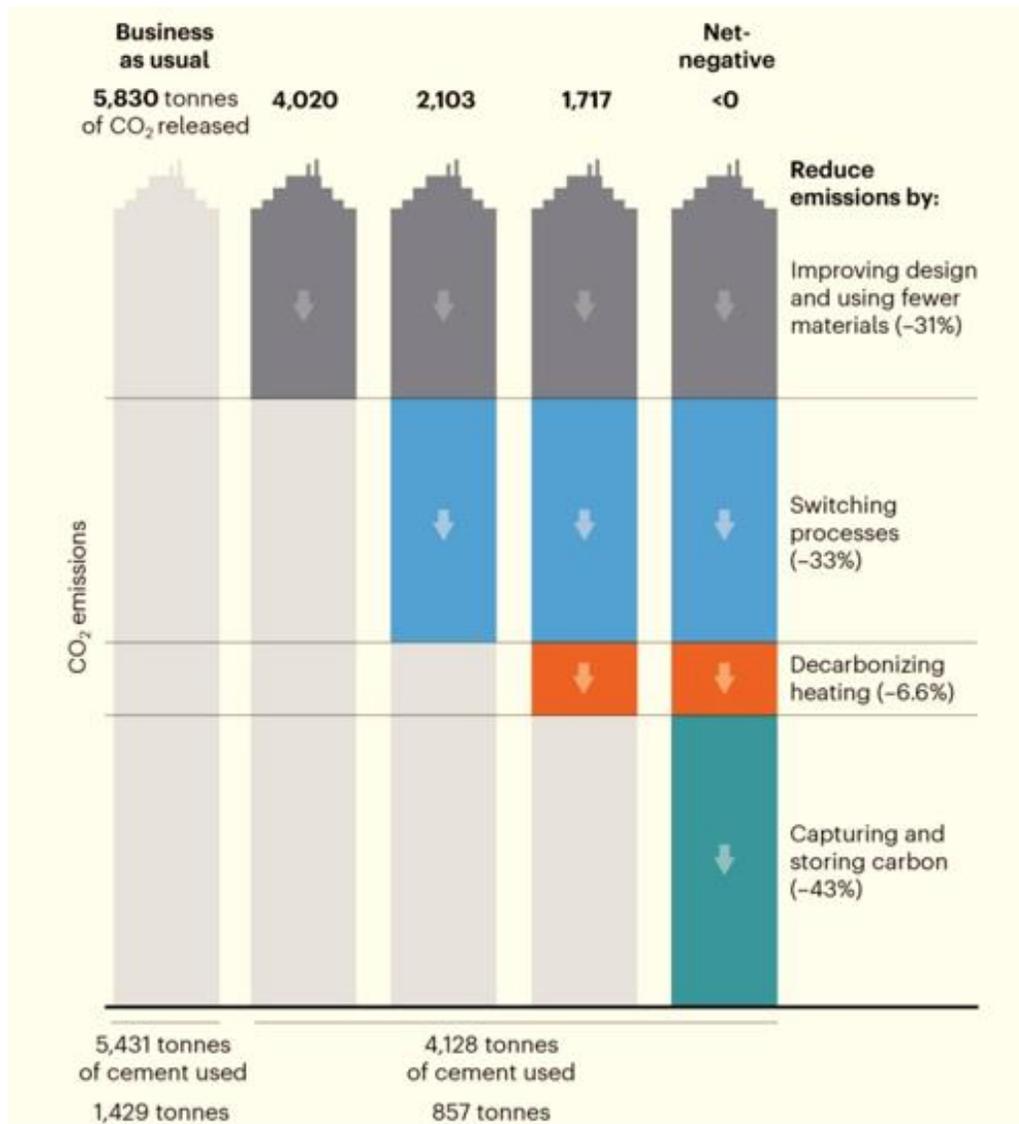
グリーン成長戦略実行計画 (2020年12月)



岸田首相所信表明 (10月8日)

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、温暖化対策を成長につなげる、クリーンエネルギー戦略を策定し、強かに推進いたします。

鉄鋼とセメントのカーボンニュートラルを達成するために (全地球CO2排出量のそれぞれ7%と6.5%)



使用量を削減する設計改善 (-31%)

生産プロセスの変更 (-33%)

脱炭素熱源の使用 (脱化石燃料) (-6.6%)

排出炭素の吸着・貯蔵 (-43%)

- AIが活躍する社会

超スマート社会

- 「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことのできる社会」

科学技術未来予測(2040年の社会のイメージ)

無形／個人

有形／個人



2040年科学技術予測(個人生活)

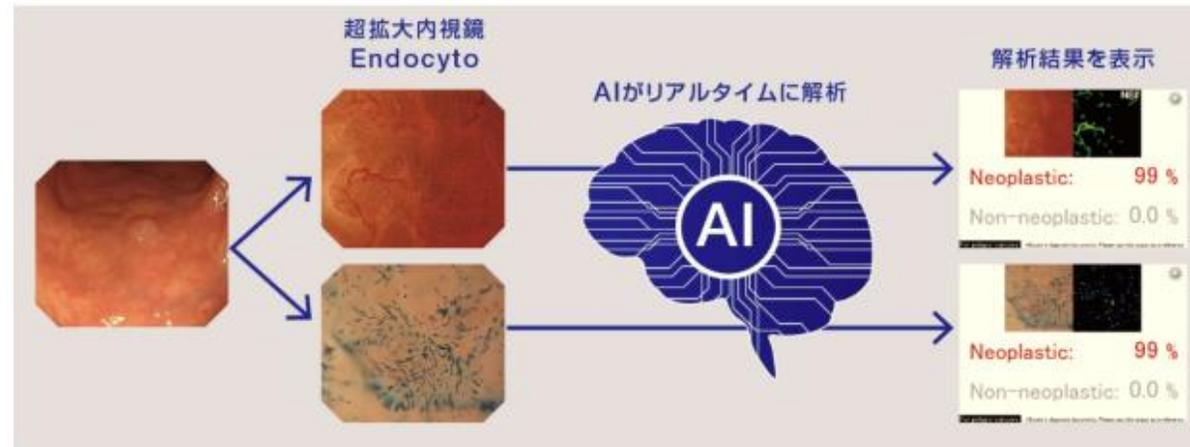


2040年までに個人生活に実現する科学技術の成果 (有形)

番号	解説	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	主な SDGs
C4	移植が可能な臓器の3Dプリント	3Dプリント技術を用いた再生組織・臓器の製造（バイオファブリケーション）	2031	2034	3 
C5	生体に完全に融合し、自由なく生活できる義体	全ての皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手	2032	2036	10 
		ナノテクノロジーによる生体人工物界面制御の精密化に基づく、高機能インプラント機器やドラッグデリバリーシステム（DDS）技術を可能とする高度な生体適合性材料	2029	2032	3 
C6	薬物動態・がんマーカー・感染・血液成分をモニタリングするウェアラブルデバイス	体内情報をモニタリングするウェアラブルデバイス	2028	2031	3 
C7	アーカイブされた職人技を教えてくれる農業ロボット	匠（熟練技能者など）の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム	2026	2029	8 
		初心者でも使える機械学習活用基盤の普及	2024	2025	8 
C8	身体の負担度が高く高度な育成・収穫技術を代替する自立型農業ロボット	人間を代替する農業ロボット	2026	2029	2 

資料：科学技術・学術政策研究所「第11回科学技術予測調査」を基に文部科学省作成

AIの医学利用 (大腸内視鏡診断支援システム)



NBI (Narrow Band Imaging) 観察と染色観察の2種類の観察モードで、毛細血管像や細胞核の異常を検出。正診率98%。

ロボットが実験を行うクラウド研究室（エメラルドクラウドラボ、米）
細胞培養、DNA合成、クロマトグラフィー、質量分析、核磁気共鳴等の
装置を備えており、数年かかる実験が最短で1週間でできる。



The automated laboratory facility at Emerald Cloud Lab in South San Francisco, California.

EMERALD CLOUD LAB

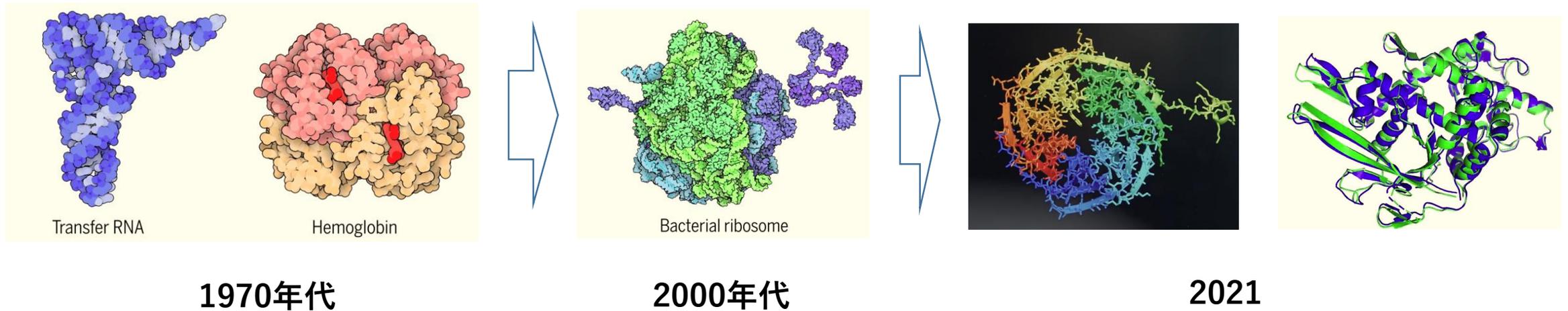
AIを活用したサービスプラットフォーム



2021年の 3つの重要な科学成果

1. AIによるたんぱく構造解析
2. JAMES WEBB 宇宙望遠鏡
3. 大気海洋結合モデルによる新たな地球温暖化予測
(IPCC第6次報告書)

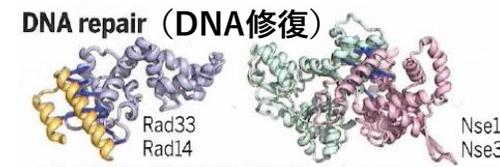
AIによるタンパク構造の解明 (2021年Breakthrough of the Year)



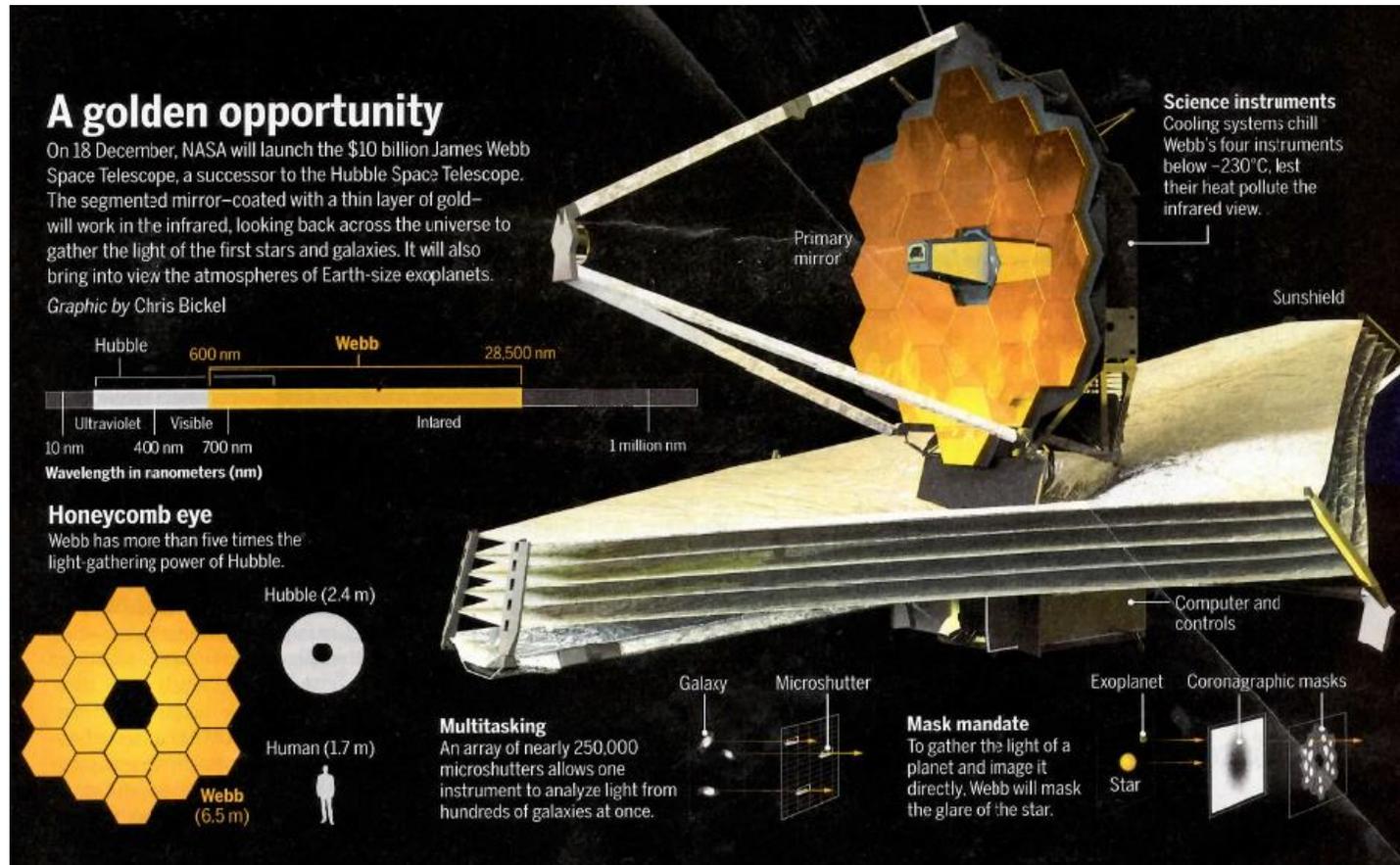
- ・ DeepMind社のAlphaFold2が92.4%の正確性で人体内の35万種類のたんぱく質（すべてのヒトたんぱく質の44%）の構造を予測



- DNA損傷や遺伝子発現など人体内のたんぱく質に関する反応の解明
- 新たな薬品の開発
- オミクロン株のスパイクたんぱく質に対する抗体の解明



James Webb望遠鏡 (2021年12月打ち上げ)



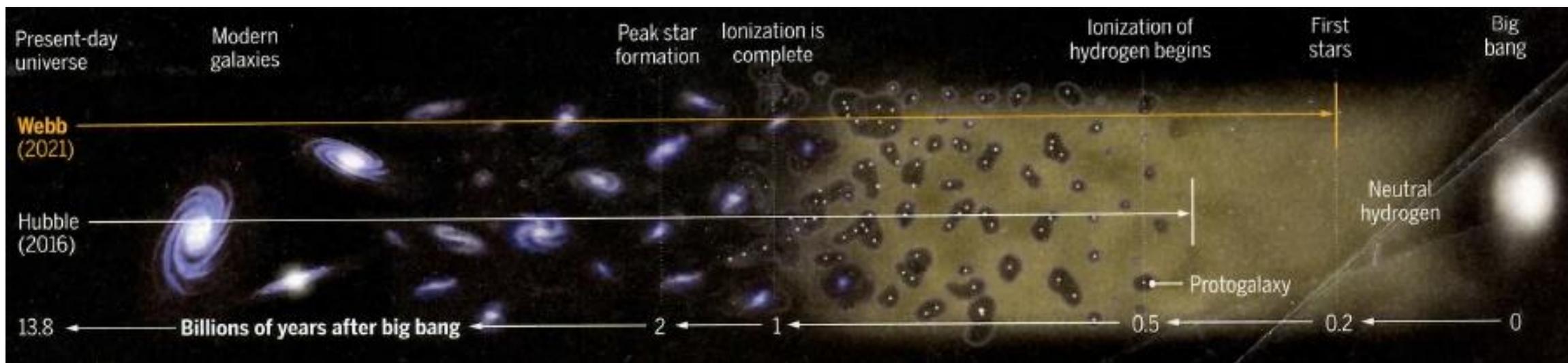
100の銀河を同時観測できる。

総額：100億ドル

1. 赤外線を観測でき、宇宙誕生初期の星や銀河を観測できる。
2. 地球サイズの太陽系外惑星の大気を観測できる。 → 地球外生命の探索

James Webb 望遠鏡による原子宇宙の探索

現在 銀河の形成 星の形成 イオン化終了 水素イオン化 最初の星



138億年

10億年

5億年

ビッグバン

- ・ 地上望遠鏡では60-70億年前までしか探索できない。

James Webb望遠鏡から送られてきた最初の映像(2022年7月12日)
-ビッグバン後約3億年の宇宙の姿が見える-



A I やスパコンによる科学研究の加速

●バイオテクノロジー

●宇宙物理学

●気候変動研究



- A I の利用
- スパコンの活用



研究の
飛躍的加速

AI戦略(人材育成)(平成31年3月)



アインシュタインの妹と妻の言葉

- 「天才の兄を持つには、頑丈な頭蓋骨も必要です。」
- 「夫の不作法は天才だからとみなされますが、私の不作法は無教養だとみなされます。」

アインシュタインはノーベル賞を取ったか？

1. アインシュタインはノーベル賞を取らなかった。
2. アインシュタインはノーベル賞を取ったが、賞金はすべて離婚の慰謝料に使った。
3. アインシュタインはノーベル賞を取り、3軒の家を建てた。

(日本への原爆投下を知り)

「こんなことになるのなら、私はパイプ工になるんだった！」
($E=mc^2$)

(量子論について)

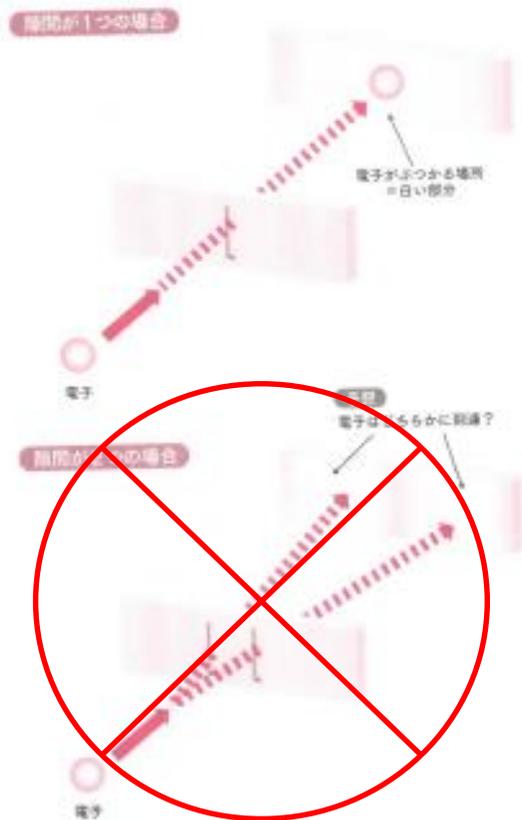
「神はサイコロをふらない。」

「量子論に矛盾がないのは認めます。しかし・・・私の中のうちなる声が、『量子論は何かが欠けている』と、ささやくのです。」

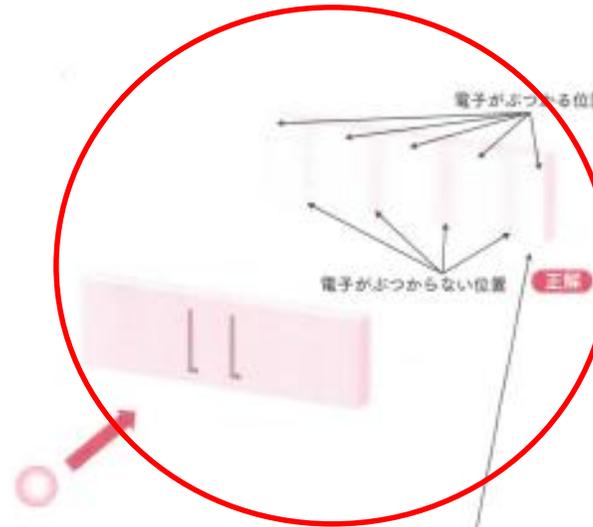


- 量子コンピューター =
量子（電子・光子・原子など）の波を入れ替えたり、タイミングをずらしたり、干渉させたりして答えを出す「波を使った計算機」
- 現在のコンピューターに比べて速く解ける問題に利用される。
 - 新素材・薬の開発
 - 最適化問題（大量なデータベースの検索）
 - 複雑な暗号の解読

電子スリット実験



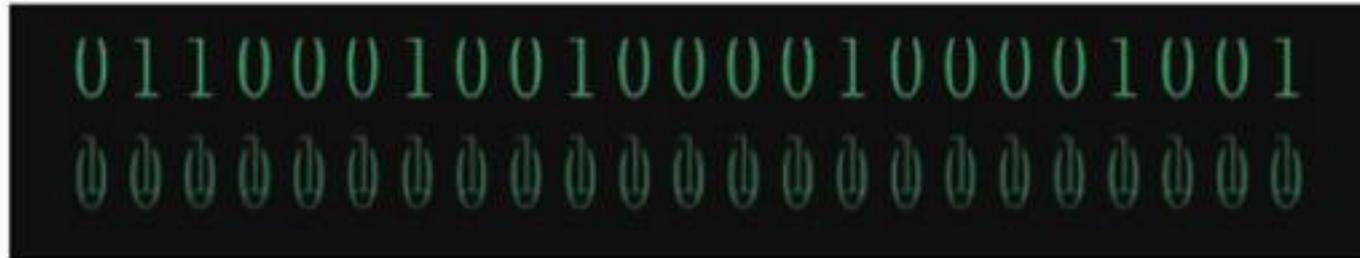
量子現象(粒でもあり波でもある)



電子で2重スリット実験を行った場合の実際の結果



量子コンピュータで使用するビットのイメージ



資料：文部科学省作成

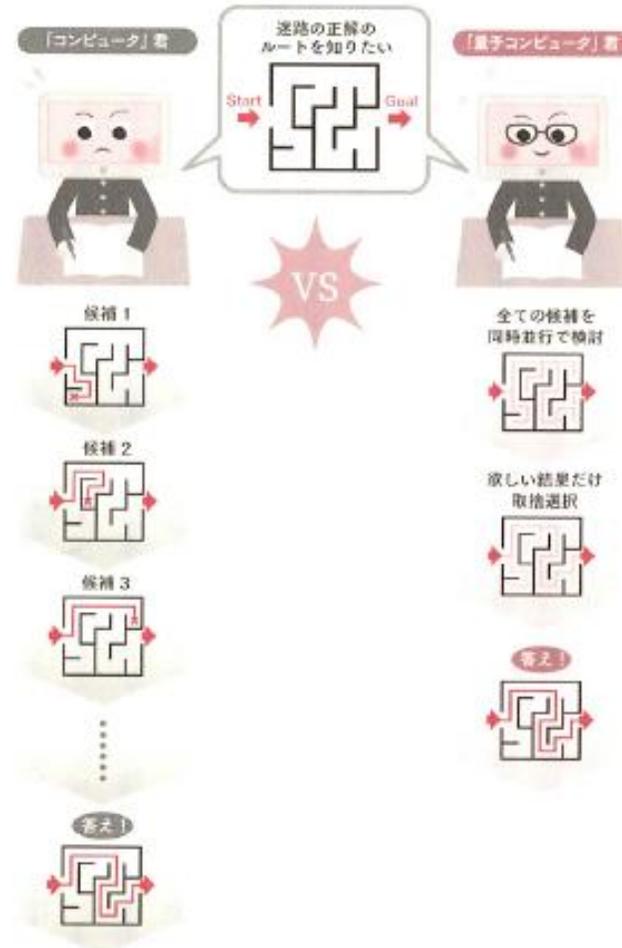
上：これまでのコンピュータにおける数の処理イメージ

下：量子コンピュータにおける数の処理イメージ

23量子ビットであれば約800万通りの状態を一度に扱うことができる。⇒ 高速計算が可能

量子コンピューターで問題を解くイメージ

図4 量子コンピュータで問題を速く解くイメージ



量子コンピューターが得意な問題

図9 量子コンピューターが得意な問題の具体例

	例1：グローバーの解法	例2：ミクロな化学計算の解法
問題のイメージ		
計算高速化のポイント	重ね合わせて並列処理 +干渉で絞り込み	量子コンピューターは 電子が従う量子力学の ルールを自然に表現できる
応用分野の例	データベース検索・ 組合せ最適化問題	機能性材料や薬の開発
	例3：ショアの解法	例4：連立一次方程式の解法
問題のイメージ	素因数分解 $31579 = \boxed{?} \times \boxed{?}$	$\begin{cases} 3x + 2y - z = 2 \\ -x + y + 2z = 6 \\ 2x - 4y - 3z = -5 \end{cases}$ $(x, y, z) = (2, 2, 2)$
計算高速化のポイント	重ね合わせと干渉を使った 量子フーリエ変換で 周期を高速に見つける	数の足し引きを 波の足し引きに 置き換えて計算させる
応用分野の例	暗号解読	シミュレーション・制御・ 機械学習・データ分析・ 画像処理

量子コンピューター的方式

図7 量子コンピュータの代表的な方式の比較

	超伝導回路方式	イオン方式
量子ビットの「0」と「1」の表し方	超伝導状態の電気回路の2通りの状態	イオン1個中での電子の軌道への2通りの入り方
利点	<ul style="list-style-type: none"> ○エラー率1%以下 ○集積化可能 	<ul style="list-style-type: none"> ○エラー率1%以下 ○量子ビットが安定
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ×量子ビットが不安定 ×冷凍機が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ×一部の演算が低速 ×真空容器が必要

	半導体方式	光方式
量子ビットの「0」と「1」の表し方	半導体基板中に閉じ込めた電子1個が持つ磁石の2通りの向き	光子1個の2通りの波の振動方向
利点	<ul style="list-style-type: none"> ○高密度に集積化可能 	<ul style="list-style-type: none"> ○室温・大気中で動作 ○演算が高速
欠点	<ul style="list-style-type: none"> ×エラー率がまだ高い ×冷凍機が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ×エラー率がまだ高い ×一部の演算が確率的

Google や IBM が取り組み
現在最も主流

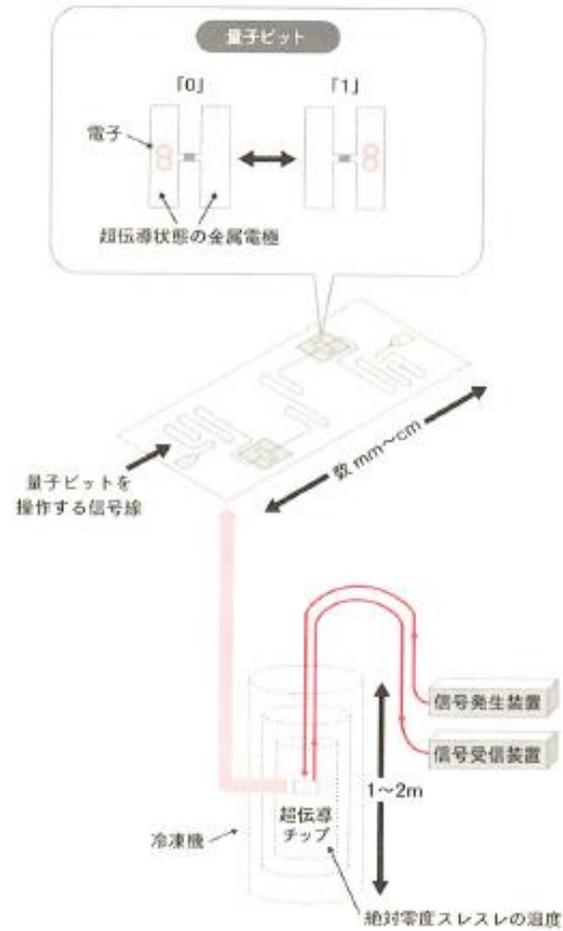
超伝導方式と規模は五角
演算精度はナンバーワン

また規模は小さいが
集積化へ Intel も期待

他にはない利点を持ち
通信もできる注目株

超伝導回路方式量子コンピューター

図9 超伝導回路方式の量子コンピュータ



超伝導量子コンピューター (IBM)

図10 IBMの超伝導量子コンピューターの外観。中央の大きい容器が冷凍機 (画像提供: 日本IBM)

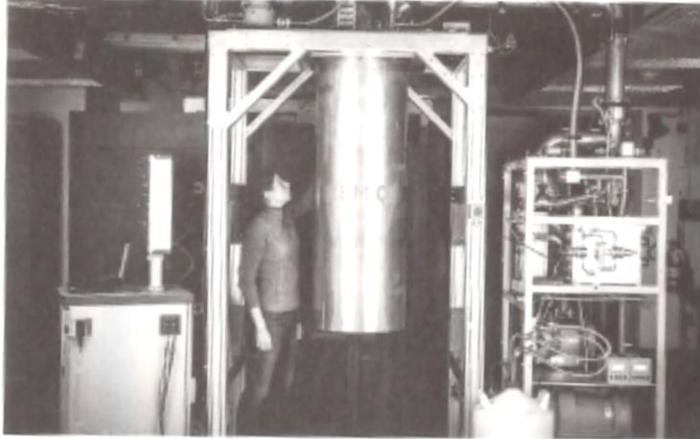
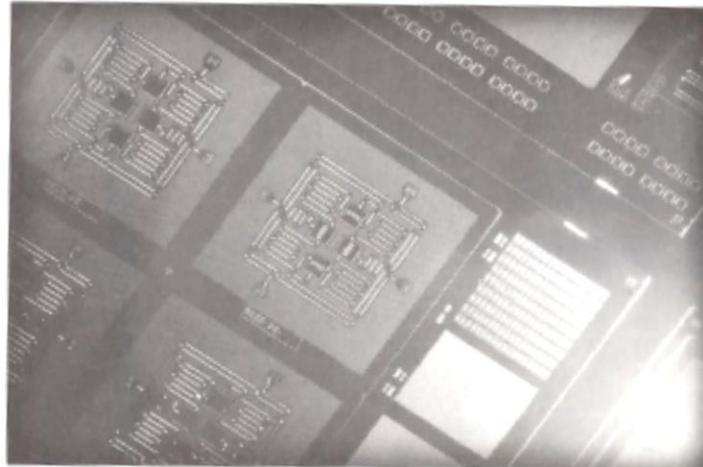


図11 IBMの量子コンピュータのチップ (画像提供: 日本IBM)

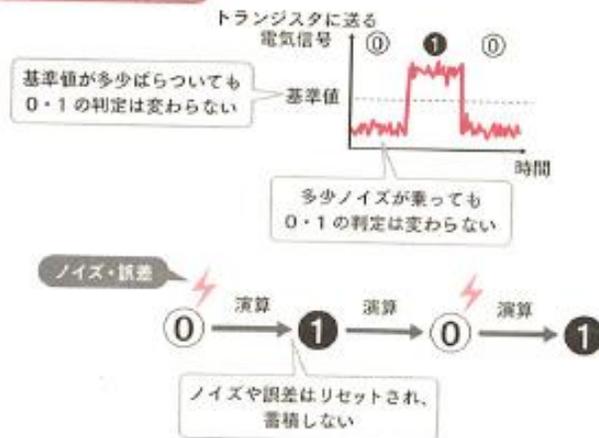


2021年7月日本に設置された
27ビットの量子コンピューター

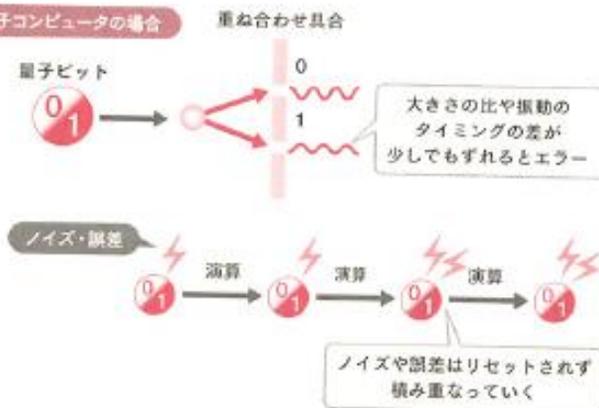
量子コンピューターはノイズに弱い

図3 現代のコンピュータに比べて量子コンピューターがノイズや誤差に弱い理由

現代のコンピュータの場合

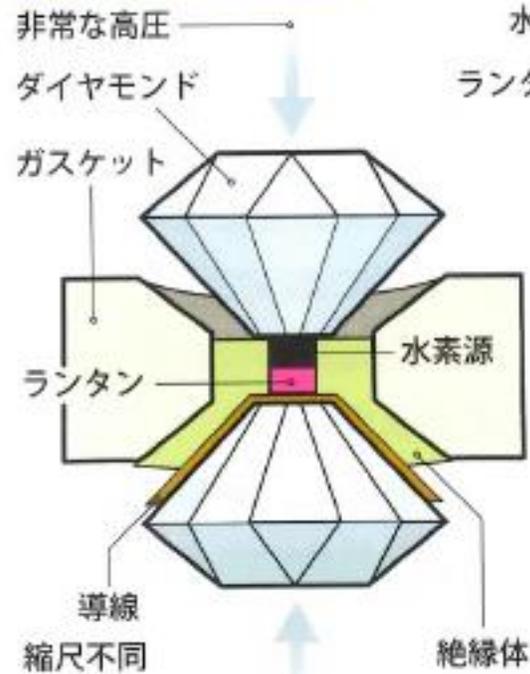


量子コンピューターの場合

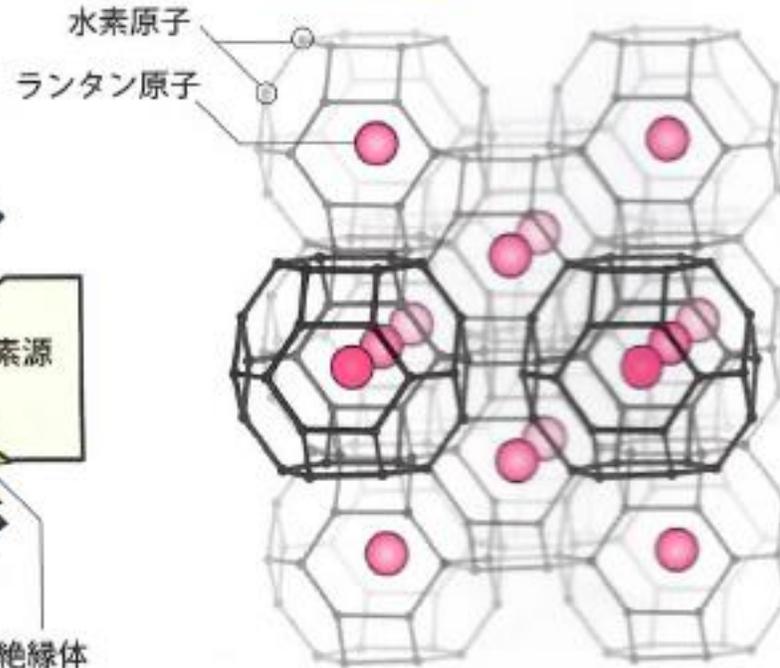


量子個体(ランタン水素化物)による室温超伝導 ($-20 \sim -10^{\circ}\text{C}$)

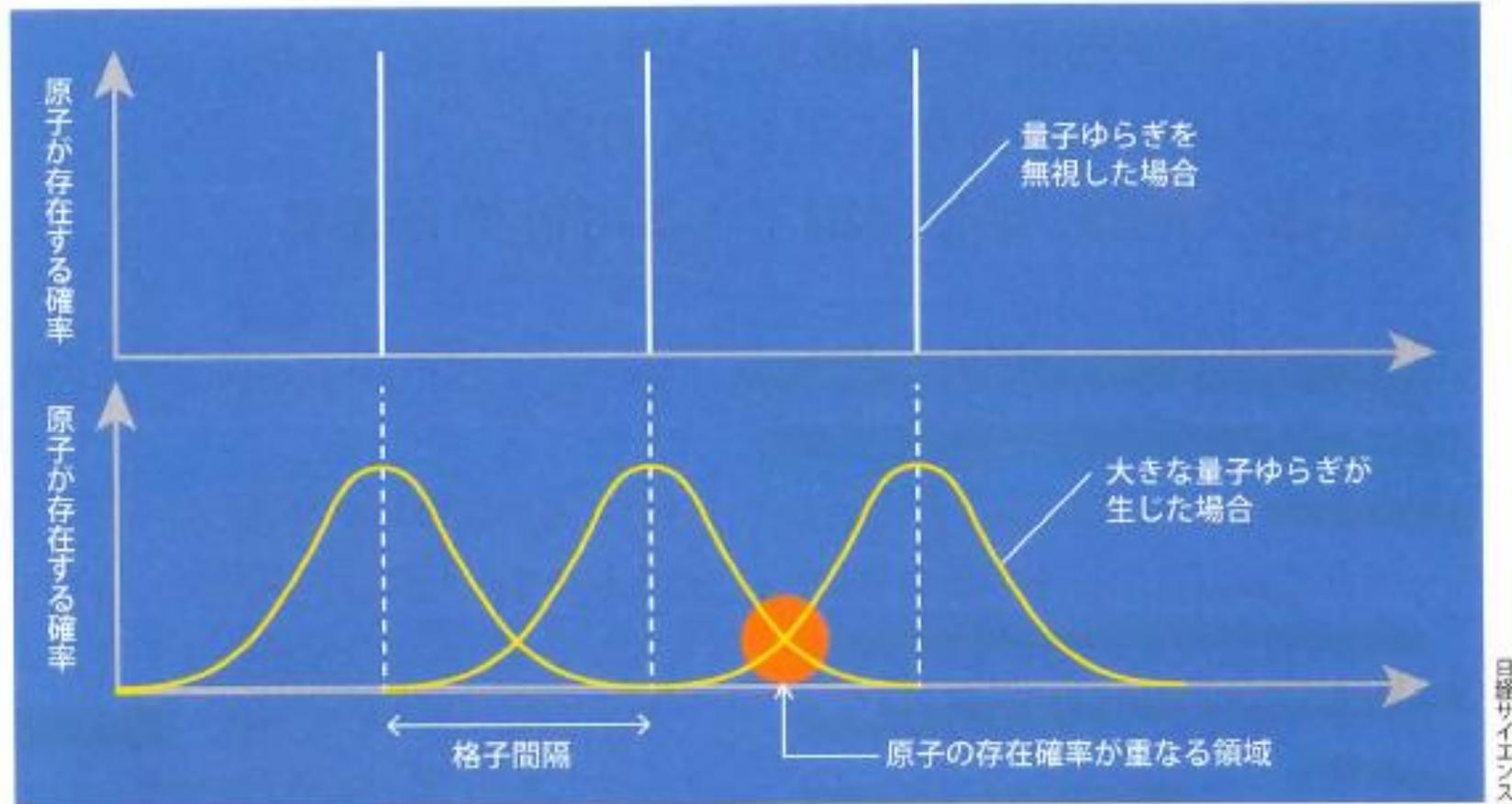
ダイヤモンド・アンビルセル



LaH₁₀の構造



量子固体での量子ゆらぎ



量子ゆらぎにより隣り合う原子どうしが重なり合い入れ替わる。→ 超伝導現象が起こる。

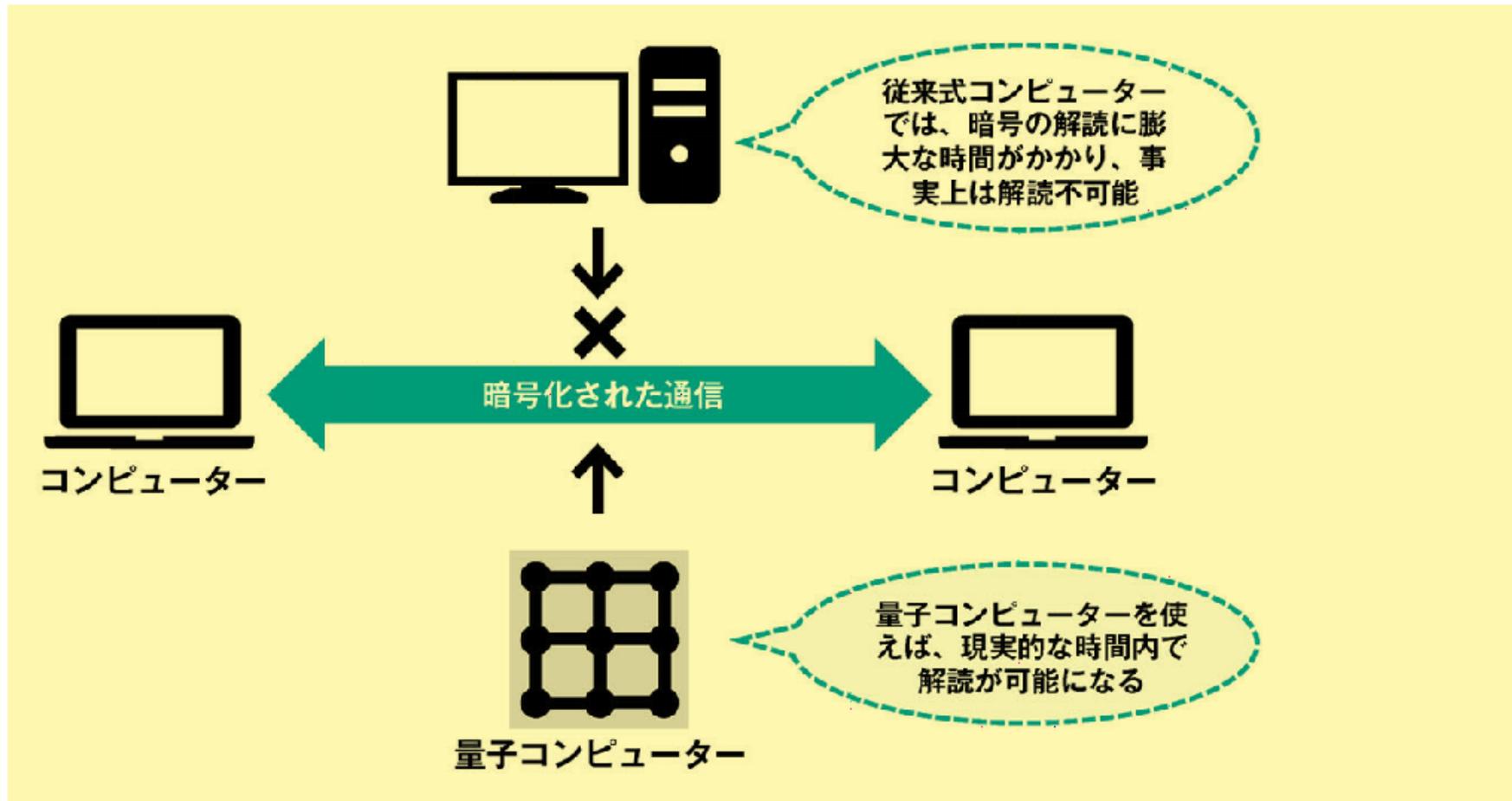
物理学者ファインマン (1965年ノーベル物理学賞)

- 自然は古典力学で動いているわけではない。
- 自然をシミュレートするのなら、量子力学の原理で計算するコンピュータを作るべきだ。
- それはすごく面白いに違いない。なぜならそう簡単ではなさそうだから。

素因数分解と暗号通信

- 9991は素数か？
 - $103 \times 97 = (100 + 3) \times (100 - 3)$
- 6265590688501は素数か？
 - 12978337×482773
 - 現在のコンピューターでは40227回割り算する必要がある。
 - この原理を現在の暗号通信に用いている。

量子コンピューターで簡単に暗号解読ができる

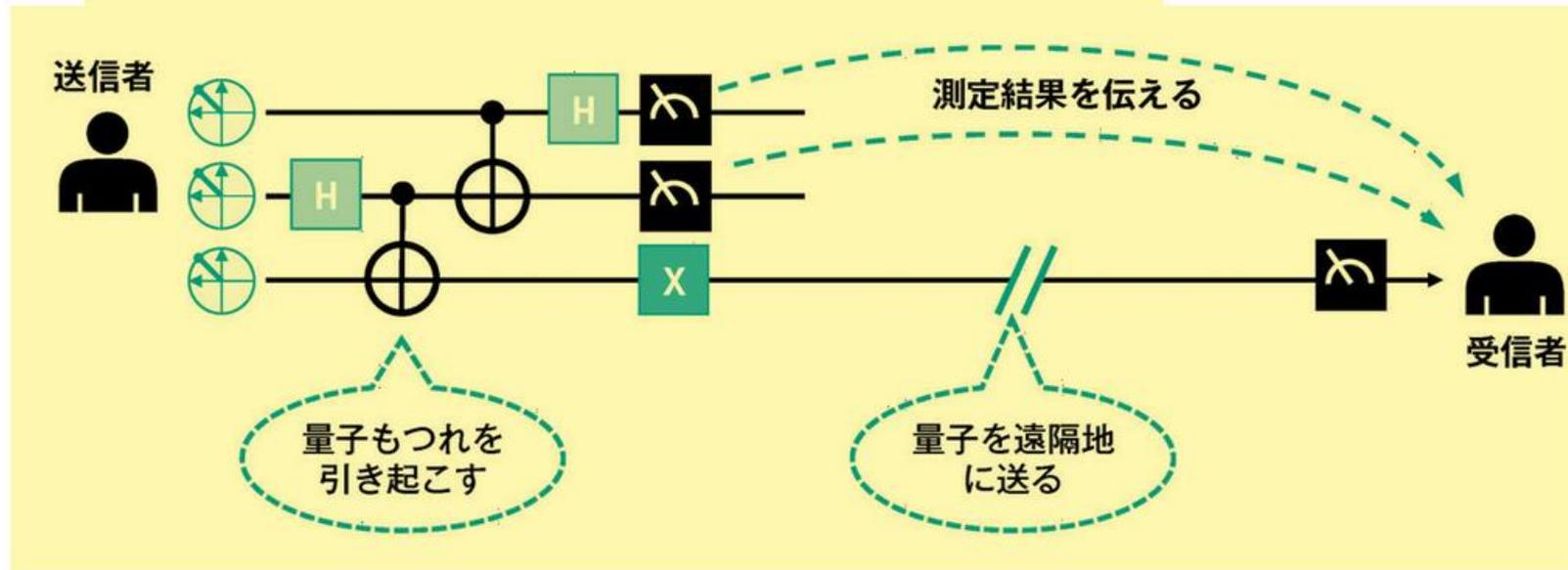


量子コンピューターによって「計算が不可能」という前提が揺らいでいる

量子状態を伝送することにより 盗聴されなくなる

もつれ状態にある量子の一方を遠隔地に送り、手元にある量子の測定結果を別の手段で送ると、それらを利用して量子状態を復元することができる

▶ 量子テレポーテーションによる通信 図表 39-1



量子暗号通信

「鍵」を量子の一種「光子」に載せて送信

ハッカー

ハッキングされると光子の状態が変化し、鍵が壊れることで解読を防ぐ

国内で今年度実用化発表

35年度実用上

東芝量子暗号通信「5000億円」目標

25年度までに、山田博樹

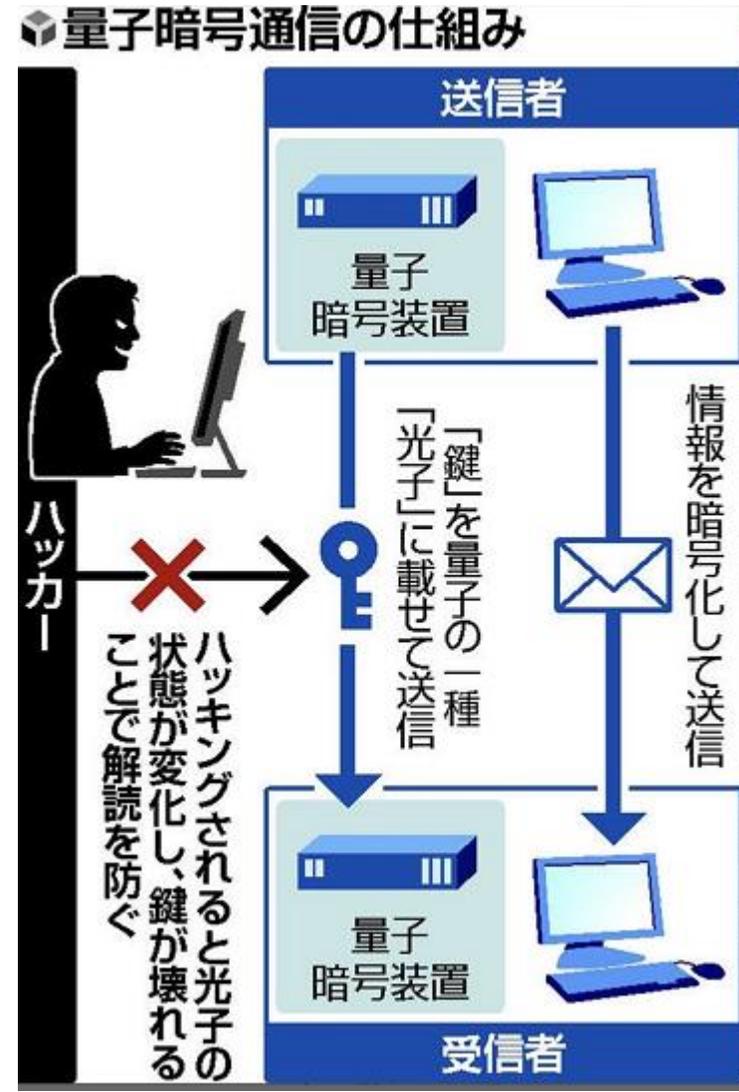
量子暗号通信の仕組み

量子暗号通信は、送信者と受信者の間で「鍵」を共有し、この鍵を使って情報を暗号化して送信する。この鍵は量子の一種「光子」に載せて送信される。光子は量子の一種であり、観測されると状態が変化するため、ハッカーが盗聴しようとしても鍵が壊れることで解読を防ぐことができる。

東芝は、量子暗号通信の国内実用化に向けて、今年度中に実用化を発表する。これは、量子暗号通信の国内実用化に向けた大きな一歩である。東芝は、量子暗号通信の国内実用化に向けて、今年度中に実用化を発表する。これは、量子暗号通信の国内実用化に向けた大きな一歩である。

量子暗号通信は、送信者と受信者の間で「鍵」を共有し、この鍵を使って情報を暗号化して送信する。この鍵は量子の一種「光子」に載せて送信される。光子は量子の一種であり、観測されると状態が変化するため、ハッカーが盗聴しようとしても鍵が壊れることで解読を防ぐことができる。

東芝は、量子暗号通信の国内実用化に向けて、今年度中に実用化を発表する。これは、量子暗号通信の国内実用化に向けた大きな一歩である。東芝は、量子暗号通信の国内実用化に向けて、今年度中に実用化を発表する。これは、量子暗号通信の国内実用化に向けた大きな一歩である。



(2020年10月19日 読売新聞)

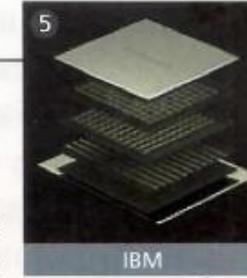
量子コンピューター開発のこれまでと今後

量子コンピューターのロードマップ

現在までに開発された量子コンピューターチップに集積された量子ビットの数を示す。順調に伸びているが、誤り耐性量子コンピューターの実現には4桁の開きがある。



- ① グーグルのマルチニスらが作った 9 ビットのチップ
- ② IBM が最初のクラウドサービスに用いた 5 ビットのチップ
- ③ グーグルが量子超越を実現した 53 ビットのチップ
- ④ IonQ が作ったイオンの列で計算する 32 ビットのチップ
- ⑤ IBM が開発した 127 ビットのチップ



問題の規模が大きくなると計算の手間が爆発的に増え、現在のスパコンでは解くのが難しい問題が山ほどある。— 化学計算(電子の軌道への入り方)、データベース検索、最適化問題等

主要国の量子科学技術開発

国名	日本	アメリカ	EU	イギリス	中国
政府文書等における位置づけ	量子科学技術は、 ・21世紀のあらゆる分野の科学技術進展 ・国際競争力の強化の根源およびプラットフォームとなりうる	量子科学技術は、 ・情報の処理、通信等に質的・量的に莫大な飛躍をもたらす技術 ・アメリカの科学的リーダーシップや国家安全保障などを構成する重要な技術として、投資の優先事項に決定	量子科学技術は長期にわたる富の創出と安全保障に貢献する競争力の高い産業を創出する	量子科学技術への投資によって、新たに勃興してくる数十億ポンド規模の市場においてイギリスが世界をリードする	・量子通信と量子コンピューターを「重大科学技術プロジェクト」に位置づけ ・量子制御と量子情報を「基礎研究の強化」に位置づけ ・先端技術分野の一つとしてレーザー技術をあげる
取り組み状況	・2018年度より経済産業省が「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業」(初年度予算100億円)を開始 ・2018年度から10年間の計画で、文部科学省が「光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)」を開始。初年度予算22億円。	・2018年12月、量子技術分野においてアメリカが持続的なリーダーシップを確保することを目的とする「国家量子イニシアティブ法」が成立。2019年からの5年間で、最大13億ドル(約1,400億円)規模の投資 ・“Science First”の方針のもと、研究開発や人材育成の長期戦略を推進	・2018年から10億ユーロ(約1250億円)規模のプロジェクト「Quantum Technology Flagship」を開始 ・ヨーロッパ各国が独自の国家プロジェクトを並行で推進	・2014年2月から、量子技術分野の研究開発プログラム「UK National Quantum Technologies programme」を実施、5年間で約2億7000万ポンド(約380億円)を投資。またこのプログラムは2024年まで延長され、新たに3億1500万ポンド(約440億円)が投資される	・量子技術の中心的研究拠点として、「量子情報科学国家実験室」を約70億元(約1,200億円)かけて建設中 ・衛星量子暗号を世界ではじめて実証するなど、暗号・通信分野でも躍進
重視する技術領域	・量子情報処理 ・極短パルスレーザー ・量子計測・センシング ・次世代レーザー加工	・量子センサー ・量子通信 ・量子シミュレーター ・量子コンピューター	・量子通信 ・量子コンピューター ・量子シミュレーター ・量子センサー・計測	・量子センサー・計測 ・量子イメージング ・量子情報技術 ・量子通信	・量子通信 ・量子コンピューター ・量子制御 ・量子情報 ・レーザー技術
その他			レーザー領域については、別途研究開発を実施		

政府の量子未来社会戦略 (2022年5月)

- 国産量子コンピューターの初号機を今年度中に整備
- 2030年に国内の量子技術の利用者を1000万人に増やし、生産額50兆円規模を目指す
- 東北大や沖縄科学技術大学院大など4か所に研究・支援拠点を整備
- 金融、医療、運輸、航空など社会経済システム全体で活用
- 量子技術を活用した産業を創出し、新興企業を育成

国際級研究人材 アンケート対象者(102人)

- 国際賞の受賞者
- 国際的に権威のある学会の会員
- 重要な論文の著者

質問事項(小学生—高校生時代)

- あなたが研究者をめざす上で、動機・きっかけを与えたもの、あるいは影響を受けたもの等について、記入して下さい。
- 現在の学校教育や家庭教育をはじめとした教育のあり方について、御提言があれば記入して下さい。

研究者を目指すきっかけ・動機 (高校生時代まで)

- 先生 (含家庭教師) の影響で科学への興味や研究者への憧れをもった。(14名)
- 小学生時代に親族に研究者 (医者、技術者含む) がおり影響を受けた。(15名)
- 親が科学に理解、関心を持っていた。(3名)
- 自然に親しみ、触れる機会が多かった。自然に美を感じた。自然の中で困難を克服し精神力がついた。(23名)
- ものを作ったり、試したり、分解したり、組み立てたり、原理を考えたりする経験が良かった。(11名)

研究者を目指すきっかけ・動機 (高校生時代まで)(続き)

- 本、特に伝記類、文学作品をよく読んだ。(13名)
- SF系の漫画・小説、科学番組などの影響を強く受けた。(4名)
- 数学、物理、化学、生物等が面白かった。(15名)
- 高2の時1週間で教科書をやり終えた。独力で先を勉強。(3名)
- 中学、高校時代に趣味に没頭できた。(4名)

自然への関心、読書、趣味

- 野外や家の片隅で一人で遊ぶことが多かった。勉強がすきで好奇心が強い子供であったと思う。昆虫や魚、カエルなどをとって来て、いたづらしてあれこれと、実験のようなことをしたり、簡単な玩具を自分で作って、その性能をテストしたりした。仕事についても、何故そうなるのだろうかと考え込むことが多かった。考えることが楽しかったという気がする。
- たまたま父が文科系の大学教授をしていた関係で、家には結構多くの哲学・宗教関係の本があって、いつからか、本を読むのが好きになりました。特に小学校 3、4 年の担任の先生が、学級文庫という、生徒が本を持寄ってクラスの本箱に集め、皆で貸しあう方式をされたので、多くの本を読むことができました。

まわりの大人からの刺激

- 私の家庭は父が大学教授をしていたこと、また親類縁者に医師が多かったことを加えてかなり知的な雰囲気や書物や芸術作品等が近辺にあるという環境であり、研究や医師の仕事には極めて自然に動機付けが行われた。
- 旧制〇〇中学の先生のなかには、東大機械科出身の先生（後に信大教授）の物理の授業は有益だった。地理は暗記の学問でないことを主張した東京文理大出の先生の授業は啓発的だった。博物の先生のお供で信州の山を歩いた。
- 高校の時、家庭教師が数学の大学院生（現立教大教授）だったのが数学に進んだきっかけ。

大学生になったら

- 自分の引き出し(興味が持てる分野)をたくさん持ち、研究も動向をフォローしておく。
- 3-4人の先生に教えを乞い、その人たちの研究スタイルのいいところをマネする。

研究することの目的

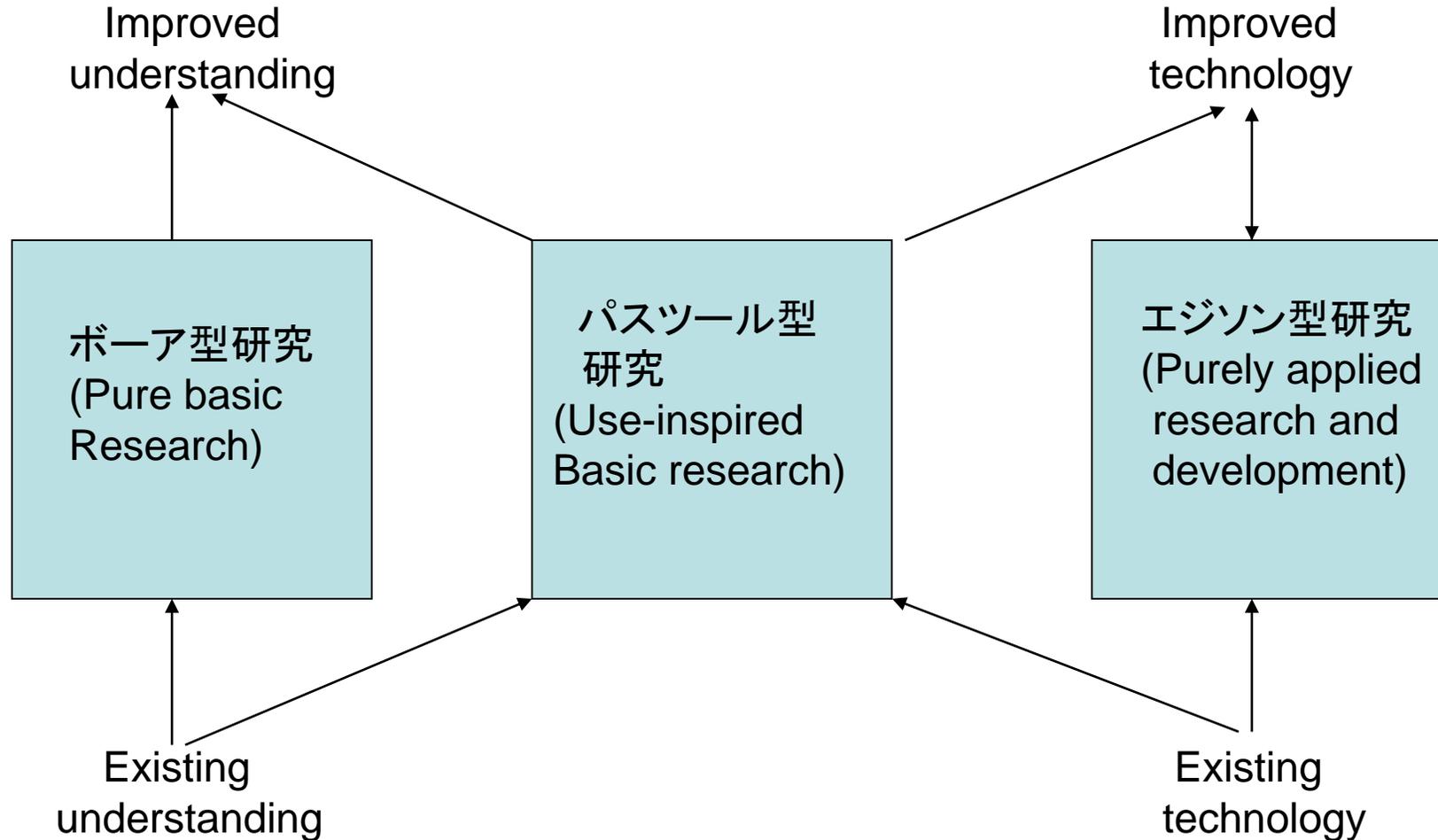
社会に役立つことを目的にしていますか？

真理の探究が
目的ですか？

	No	Yes
Yes	ボーア型研究 (自然や生物の原理と原則を解明する研究)	パスツール型研究 (原理の解明により、社会で使用されることが期待される研究)
No	ペーターソン型研究 (データをしっかりそろえていく研究)	エジソン型研究 (実用に供されることがすぐに期待される研究)

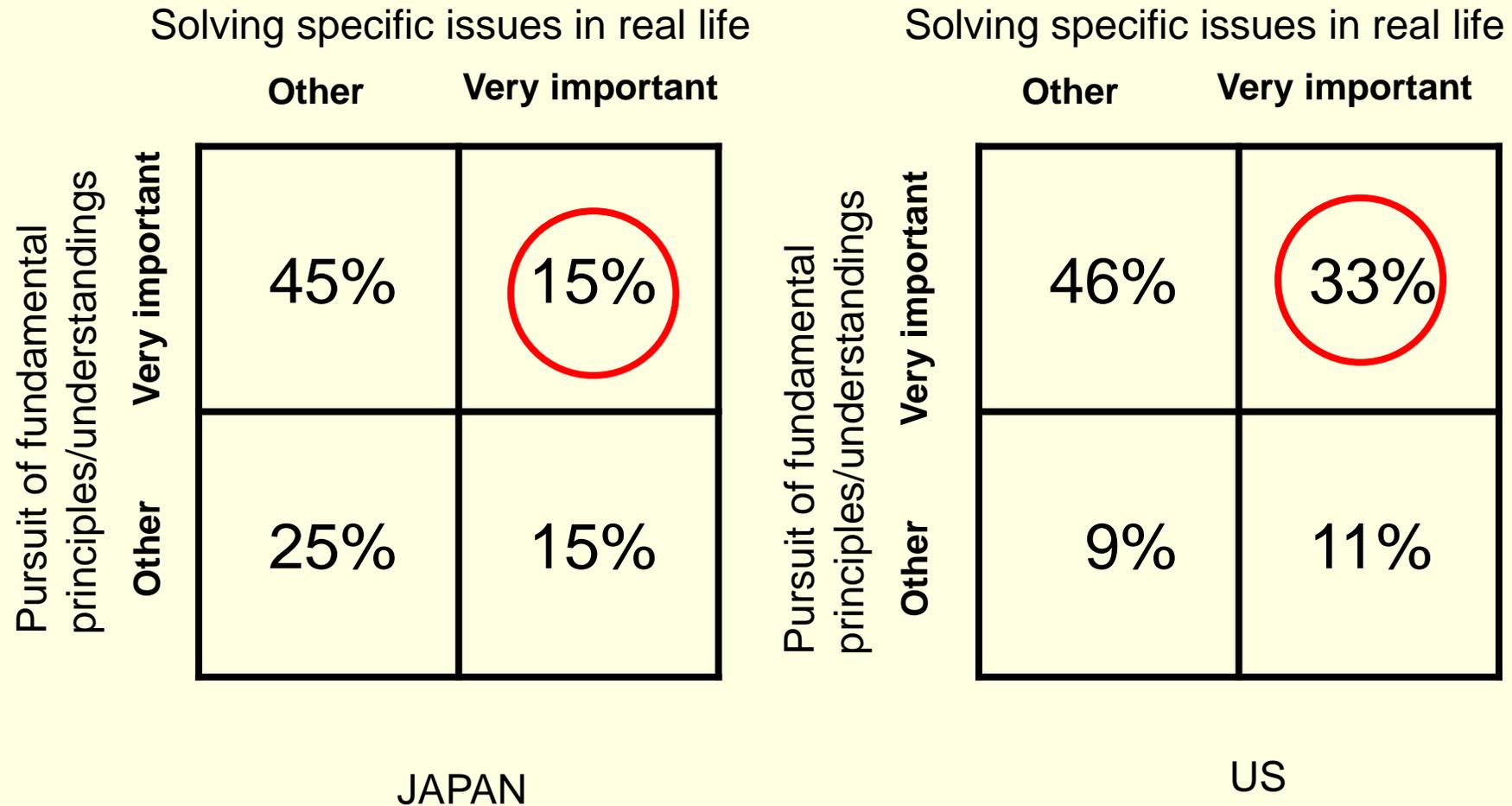
Research Dynamic Model (D. E. Stokes)

(パスツール型研究の重要性)



優秀な研究成果を生み出した研究の動機(日米比較)

Motivation for the projects which produced top 1% highly cited papers

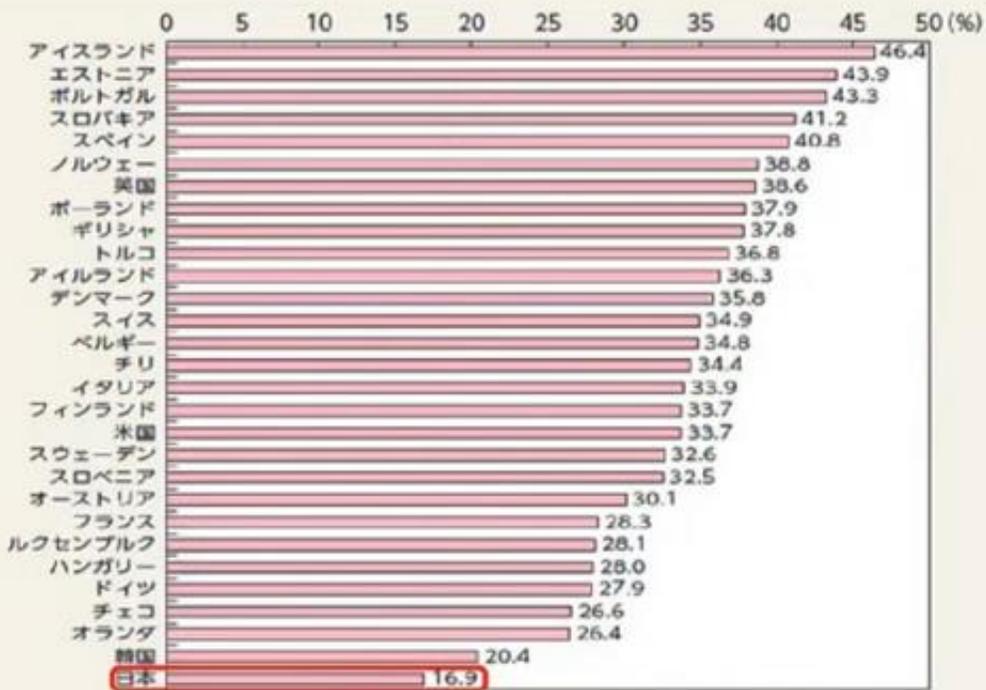


(Nagaoka, Hitotsubashi Univ.)

主要国の女性研究者割合

日本の16.9%は国際比較で最低水準、
教授割合も理学6.2%,工学3.7%,農学6.2%と極めて低い

1-5-7図 研究者に占める女性の割合 (国際比較)



- (備考) 1. 総務省「科学技術研究調査」(令和2年), OECD*Main Science and Technology Indicators*, 米国立科学財団 (National Science Foundation: NSF)*Science and Engineering Indicators*より作成。
 2. 日本の数値は, 令和2 (2020) 年3月31日現在の値。アイスランド, ギリシャ, アイルランド, デンマーク, スイス, ベルギー, 米国, スウェーデン, オーストリア, フランス, ルクセンブルク, ドイツ及びオランダは平成29 (2017) 年値, その他の国は, 平成30 (2018) 年値, 推定値及び暫定値を含む。
 3. 米国の数値は, 雇用されている科学者 (Scientists) における女性の割合 (人文科学の一部及び社会科学を含む), 技術者 (Engineers) を含んだ場合, 全体に占める女性科学者・技術者の割合は29.0%。

1-5-5図 大学等における専門分野別教員の女性の割合 (令和元 (2019) 年度)



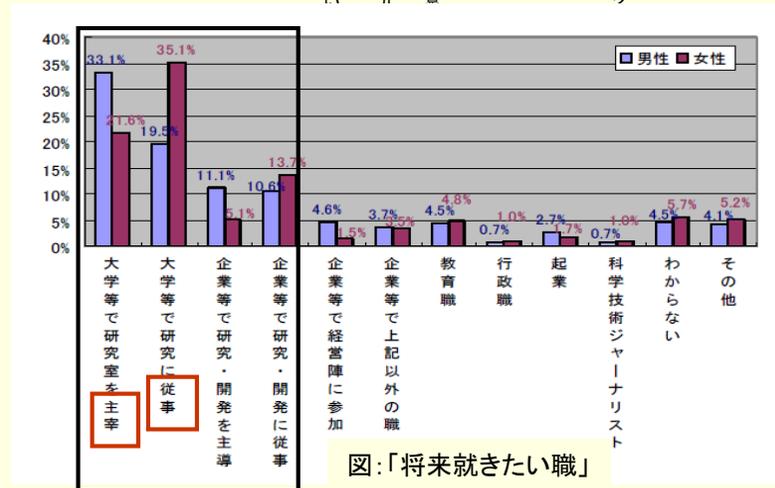
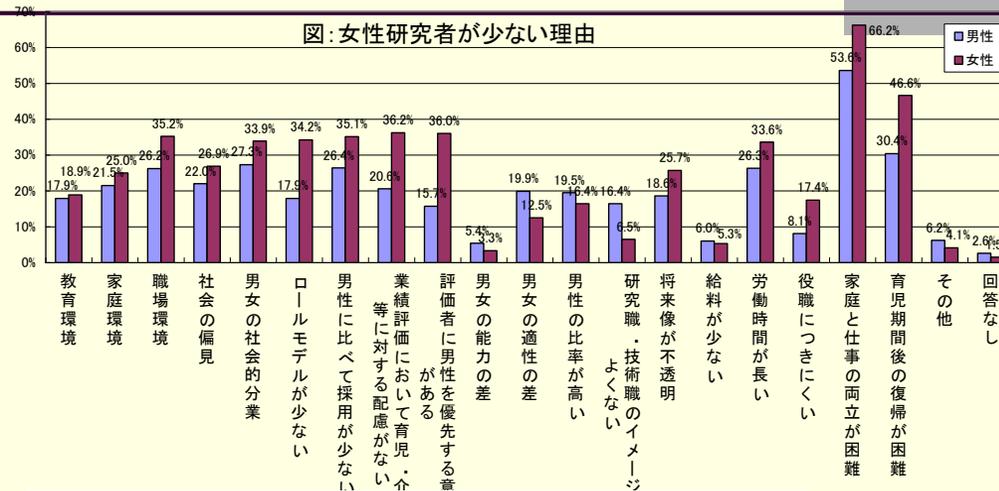
- (備考) 1. 文部科学省「学校教員統計」(令和元年度)の調査票をもとに内閣府男女共同参画局作成。
 2. 「大学等」は, 大学の学部, 大学院の研究科, 附置研究所 (国立のみ), 学内共同教育研究施設, 共同利用・共同研究拠点, 附属病院, 本部 (学長・副学長及び学部等に所属していない教員)。
 3. 「教授等」は, 「学長」, 「副学長」及び「教授」の合計。

(出典) 令和3年版男女共同参画白書

https://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/r03/zentai/html/zuhyo/zuhyo01-05-05.html

女性研究者が少ない理由

- 家庭・育児と仕事の両立が困難、育児期間後の復帰が困難との意見が多数。
- 男女間で就きたい職に対する意識も異なる。



新たな科学技術基本計画（令和3-7年度）

- 基盤分野—AI技術、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアル
- 応用分野—環境エネルギー、安全・安心、健康・医療、宇宙、海洋、食料・農林水産業
- 5年間で政府研究開発投資30兆円
 - 官民合わせた研究開発総額120兆円-

国際特許出願（PCT出願）世界TOP50に入る日本企業(2020年)

順位	企業名
3	三菱電機
9	ソニー
10	パナソニック
15	NTT
19	富士フィルム
20	NEC
22	デンソー
30	NTTドコモ
31	シャープ
33	ソニーセミコンダクタソリューションズ
34	村田製作所
37	京セラ
41	オムロン
41	日立オートモティブシステム
44	ホンダ

英語の学習

- 英語を話す人口 約20億人
 - 英語を母国語とする人 3億8千万人 (米、英、オーストラリア等)
 - 英語を母国語としない人 16億人
- 世界では、「シンプルで論理的かつ効果的に伝える英語」が主流になりつつある。 → **中学英語が重要**
- 子供が母国語を覚えるには1万時間以上必要。
- 日本の中学、高校での英語授業時間は6年間で1,000時間
- 日本語と英語は母音、子音の割合等構造が違い、習得に時間がかかる。
- 英語は学問ではなく、言葉
 - 間違えるのをおそれずに話すこと、
 - 毎日2-3時間以上の練習を3年間連続して続けると、誰でも普通にゆっくり話せるレベルまで到達できる。

国際的に通用する研究者 になるためには

- 学問的能力(特に基礎学力)
- 視野の広さ
- コミュニケーション能力(国語と英語)
- 心身の健康
- 正義感と品格

研究には楽しさがある。



カタリン・カリコ博士の言葉
「研究室にはたくさんの面白さがある。私の趣味は科学です。」



- 科学は面白い。
- 科学は人の役に立つ。
- 科学は自分の役にも立つ

ご清聴ありがとうございました。



<http://wadatomoaki.web.fc2.com/>をご覧ください。
質問のある人はtomwada@icloud.comに