

富山高校講演会

# イノベーションとSTEAM

2025年3月13日

公益社団法人 日本オペレーションズ・リサーチ学会 会長

東京ガス 社友

山上 伸

# アジェンダ

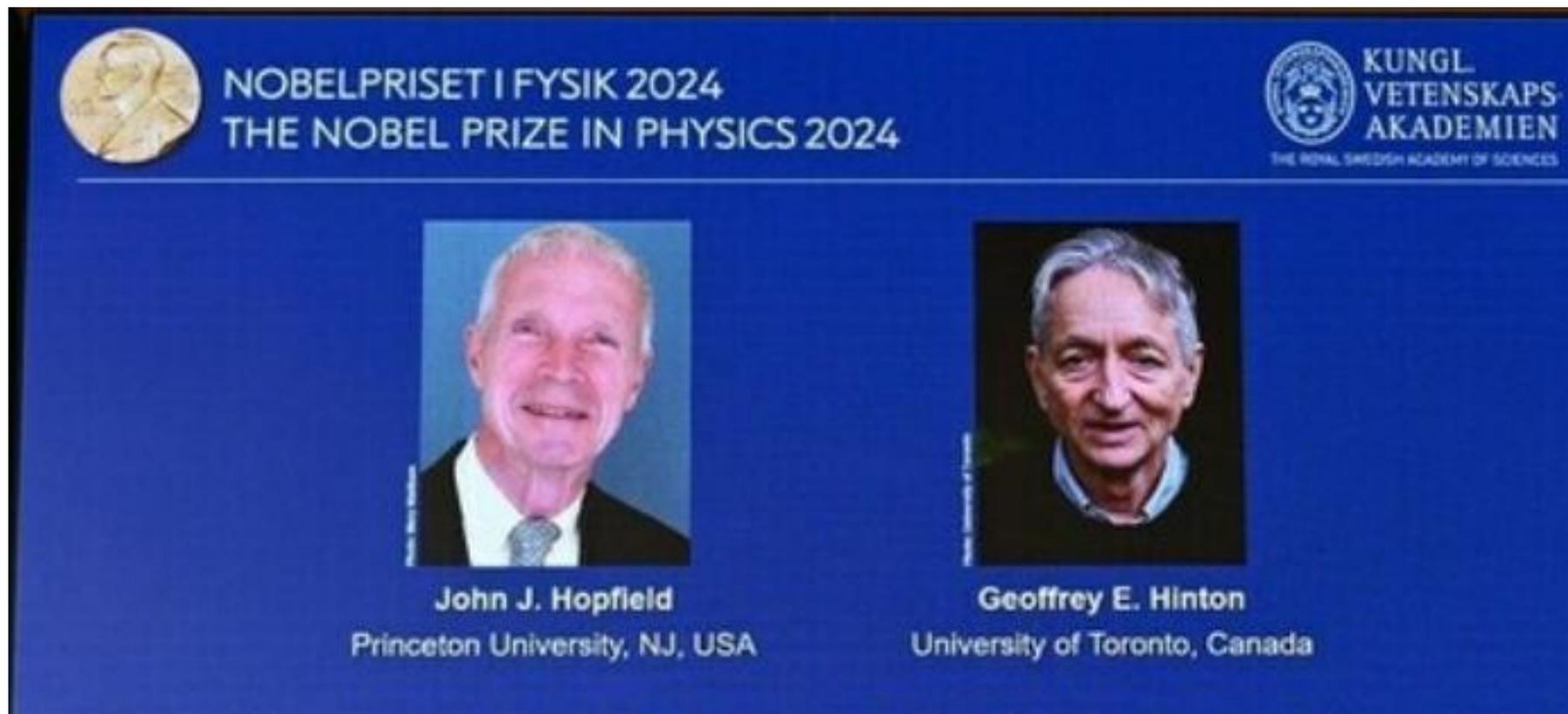
1. ノーベル賞2024
2. 指数関数的速度で進化するAI技術
3. 指数関数的進化とは
4. ITとその周辺技術
5. 化学 & 物理学的技術も指数関数的に進化
6. 指数関数的技術の破壊力
7. イノベーション創出の要件
8. 現代日本の課題と皆さんに期待すること

# 1. 指数関数的テクノロジー(ExTech)

## (1) ノーベル賞2024

物理学賞 John J Hopfield博士

Geoffrey E Hinton博士



化学賞 David Baker博士  
Demis Hassabis博士 · John M. Jumper博士



The image is a blue banner for the Nobel Prize in Chemistry 2024. At the top left is a gold Nobel medal. To its right, the text reads "NOBELPRISET I KEMI 2024" and "THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2024". At the top right is the logo of the Royal Swedish Academy of Sciences, "KUNGL. VETENSKAPS AKADEMIEN". Below this, three portraits of the laureates are shown. Each portrait has a small vertical credit on its left side: "Photo: University of Washington" for David Baker, "Photo: The Broad Institute" for Demis Hassabis, and "Photo: MIT Technology Review" for John M. Jumper.

**NOBELPRISET I KEMI 2024**  
**THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2024**

**KUNGL. VETENSKAPS AKADEMIEN**  
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

**David Baker**  
University of Washington  
USA

**Demis Hassabis**  
Google DeepMind  
United Kingdom

**John M. Jumper**  
Google DeepMind  
United Kingdom

## (2) 指数関数的速度で進化するAI技術

深層学習（Hinton博士のチーム）



AlphaGo



ChatGPT



近い将来AGI



出典：<https://wired.jp/special/2016/alphago-vs-sedol/>



出典：Reuters

# ノーベル賞からの示唆

成果の公表から受賞まで（生理学・医学、物理学、化学）

過去の傾向：25年超

Hinton博士はコンテストの優勝から12年

Hassabisは4年

→ 実用化が超高速で進んでいる証左

# その他の技術も指数関数的速度で進化

AI以外でも、Doudna博士ら（2020年ノーベル化学賞受賞）は、  
CRISPR-cas9の発表から8年

サグラダファミリアの竣工



出典：Wikipedia

### (3) 指数関数的進化とは

指数関数： $y = a^x$ ，定数 $a > 0$ ，変数 $x$ はpower

指数関数的技術とは

“パフォーマンスが一定期間毎に倍々に進化する技術”

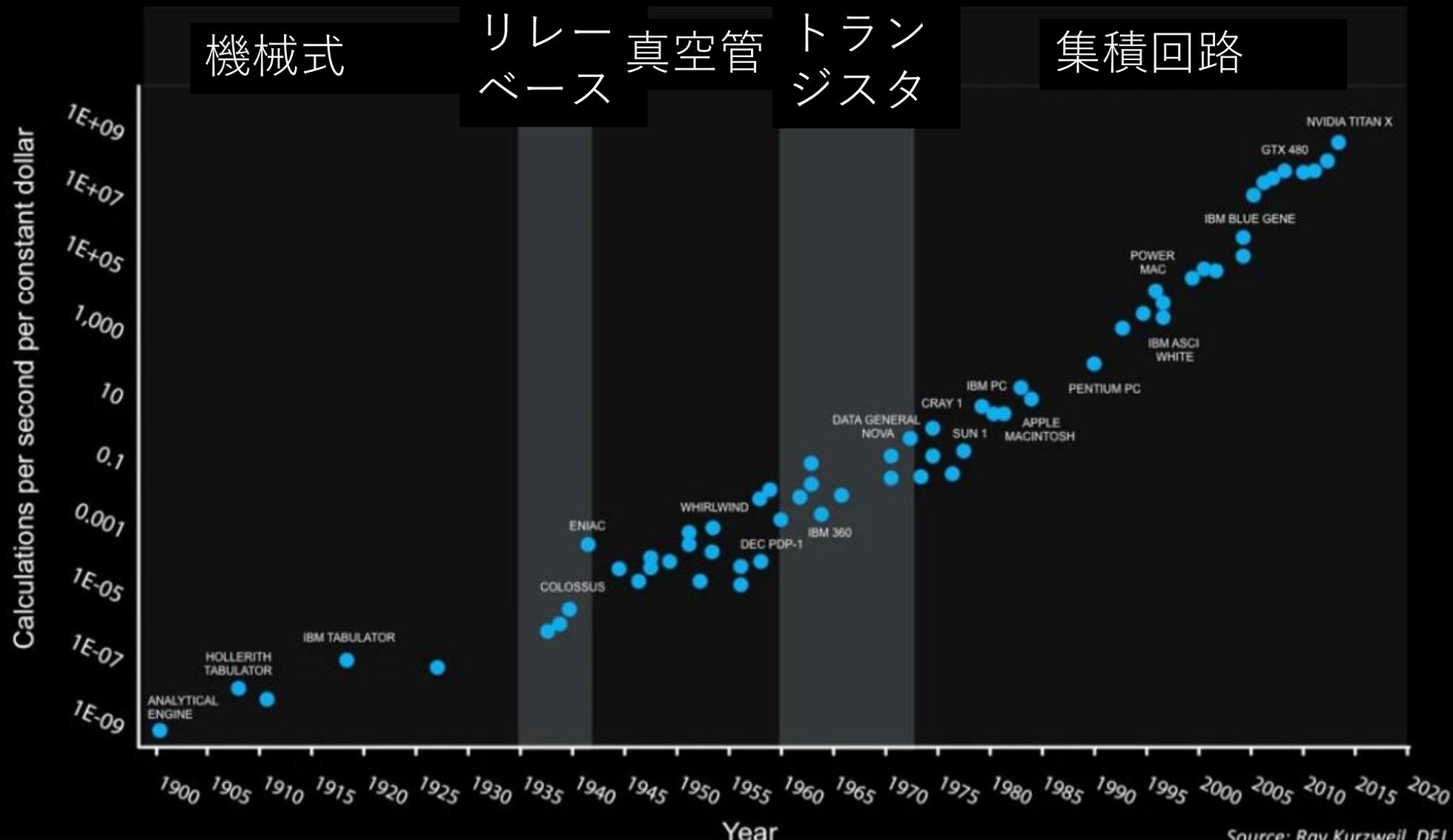
具体例：ムーアの法則と計算速度

「ICチップに搭載されるトランジスタの集積率が18ヶ月毎に2倍になる」という経験則

計算速度：ICの集積率に比例して計算速度が上昇

1956年：1万FLOPS ⇒ 2015年：1000兆FLOPS

# 120 Years of Moore's Law



出典：  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Moore's\\_Law\\_over\\_120\\_Years.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Moore's_Law_over_120_Years.png)

# 人間は指数関数を理解できない インドの王様とチェスの寓話

昔々、チェスの面白さに感激したインドの国王⇒発明者に褒美を

発明者はチェスのボードの、1升目に麦一粒、2升目に倍の二粒、3升目にさらに倍の4粒

ずっと倍々を続け、チェスのボードを埋めてほしいと

チェスのボードは全部で64升、

半分の32升目で100トンを超え、

最後は4610億トン⇒エベレストの大きさに



出典：[Wheat and chessboard problem - Wikipedia](#)

# 線形関数と指数関数

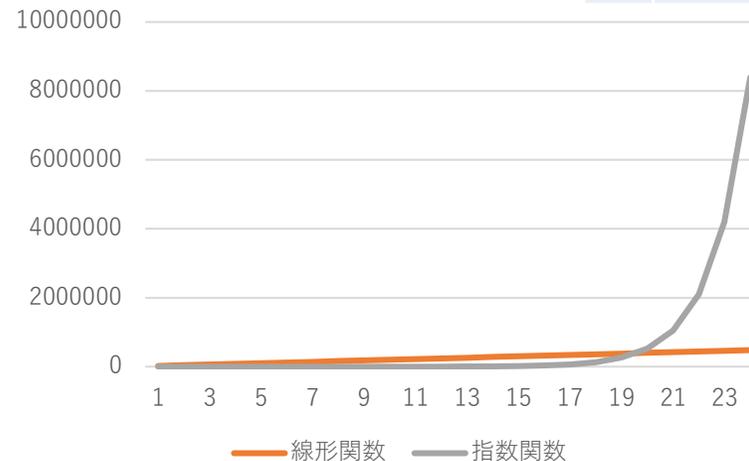
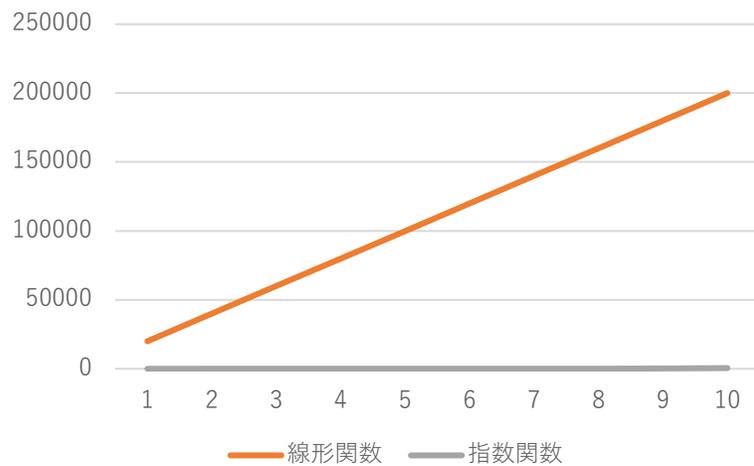
1マスに1kg : 線形関数

$$y = 20000 \times x$$

1マス毎に倍 : 指数関数

$$y = 2^{x-1}$$

X	線形関数	指数関数
1	20,000	1
2	40,000	2
3	60,000	4
4	80,000	8
5	100,000	16
6	120,000	32
7	140,000	64
8	160,000	128
18	360,000	131,072
19	380,000	262,144
20	400,000	524,288
21	420,000	1,048,576
64	1,280,000	9,223,372,036,854,775,808

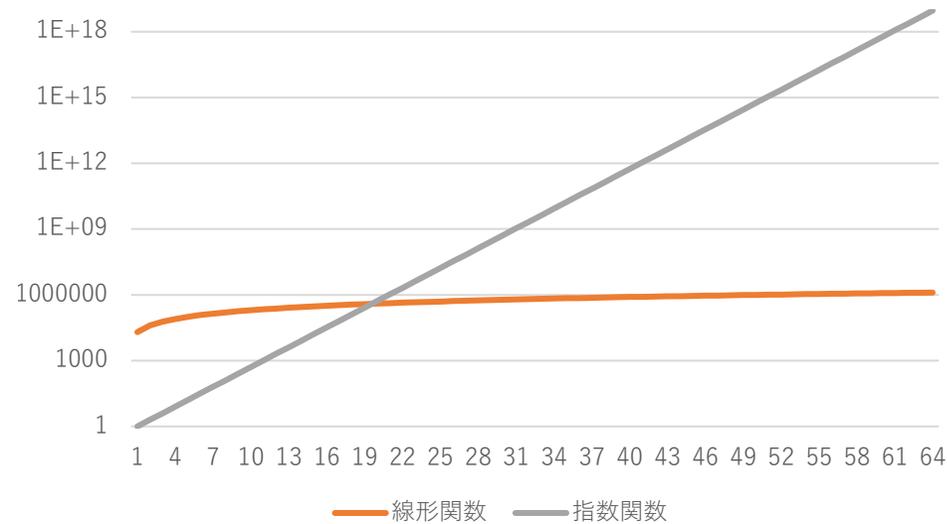


# 対数目盛での表現

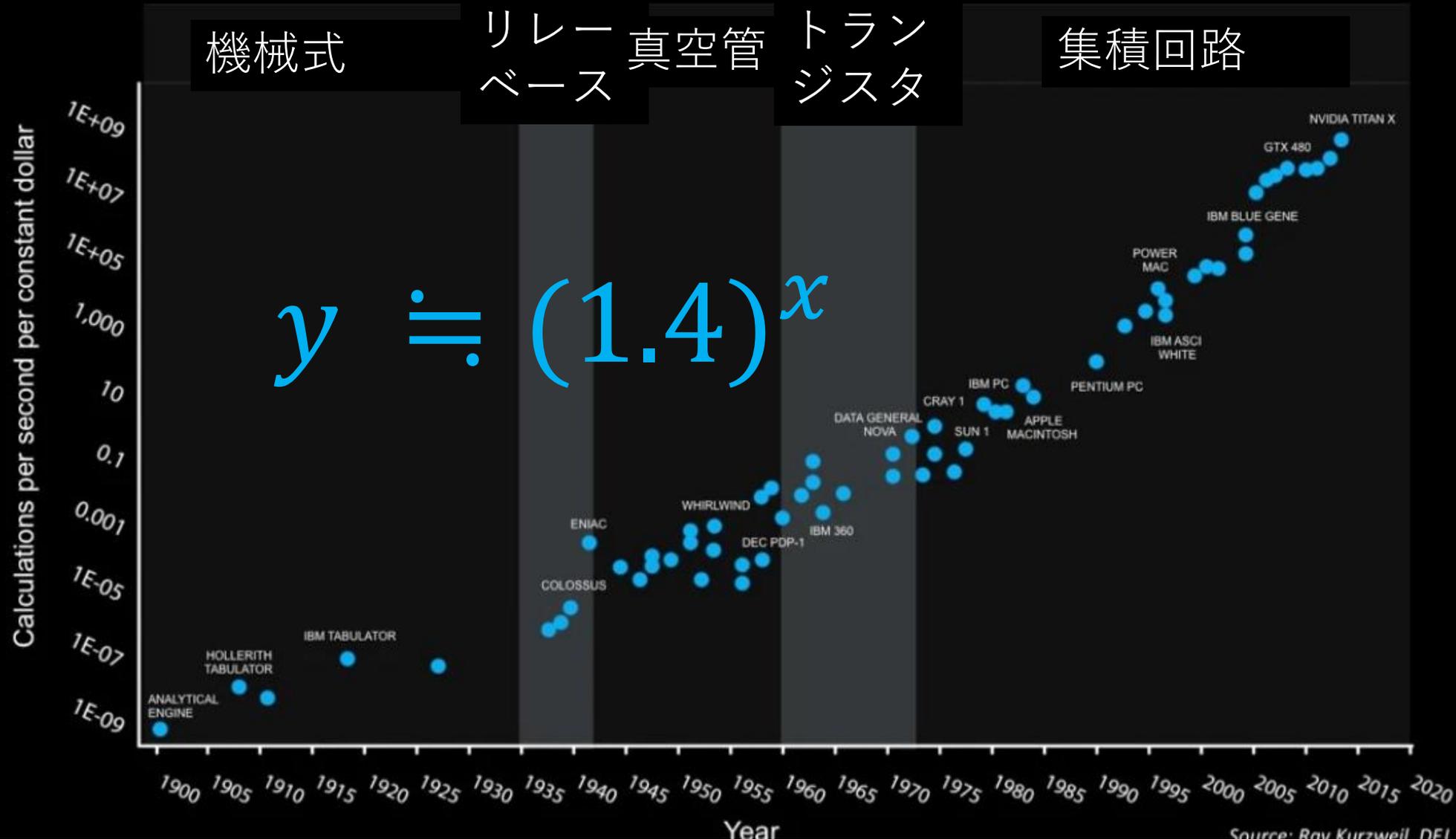
1マスに1kg  
倍々モデル

線形関数： $y = 20000 \times x$

指数関数： $y = 2^{x-1}$



# 120 Years of Moore's Law



出典：  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Moore's\\_Law\\_over\\_120\\_Years.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Moore's_Law_over_120_Years.png)

# 人間は指数関数を理解できない

その結果、往々にして判断を間違える

実例：ヒトゲノムプロジェクト

ヒトゲノム計画：60億ドル、15年プロジェクト  
7年でたった1%、残りを解読するのに何年？

## (4) IT技術と周辺のExTech

情報を基盤とした環境への移行⇒技術進化が指数関数的に加速

- ① AI
- ② Network (5G,Balloon,Sattelite/Sensor)
- ③ ロボット
- ④ VR
- ⑤ AR
- ⑥ 3Dprinting
- ⑦ ブロックチェーン
- ⑧ 材料科学/ナノテクノロジー
- ⑨ バイオテクノロジー
- ⑩ 量子コンピューター

## (5) 化学 & 物理学的技術も指数関数的に進化

ITのみならず、化学や物理学の世界でも指数関数的な進化

代表例はエネルギー分野における価格の下落

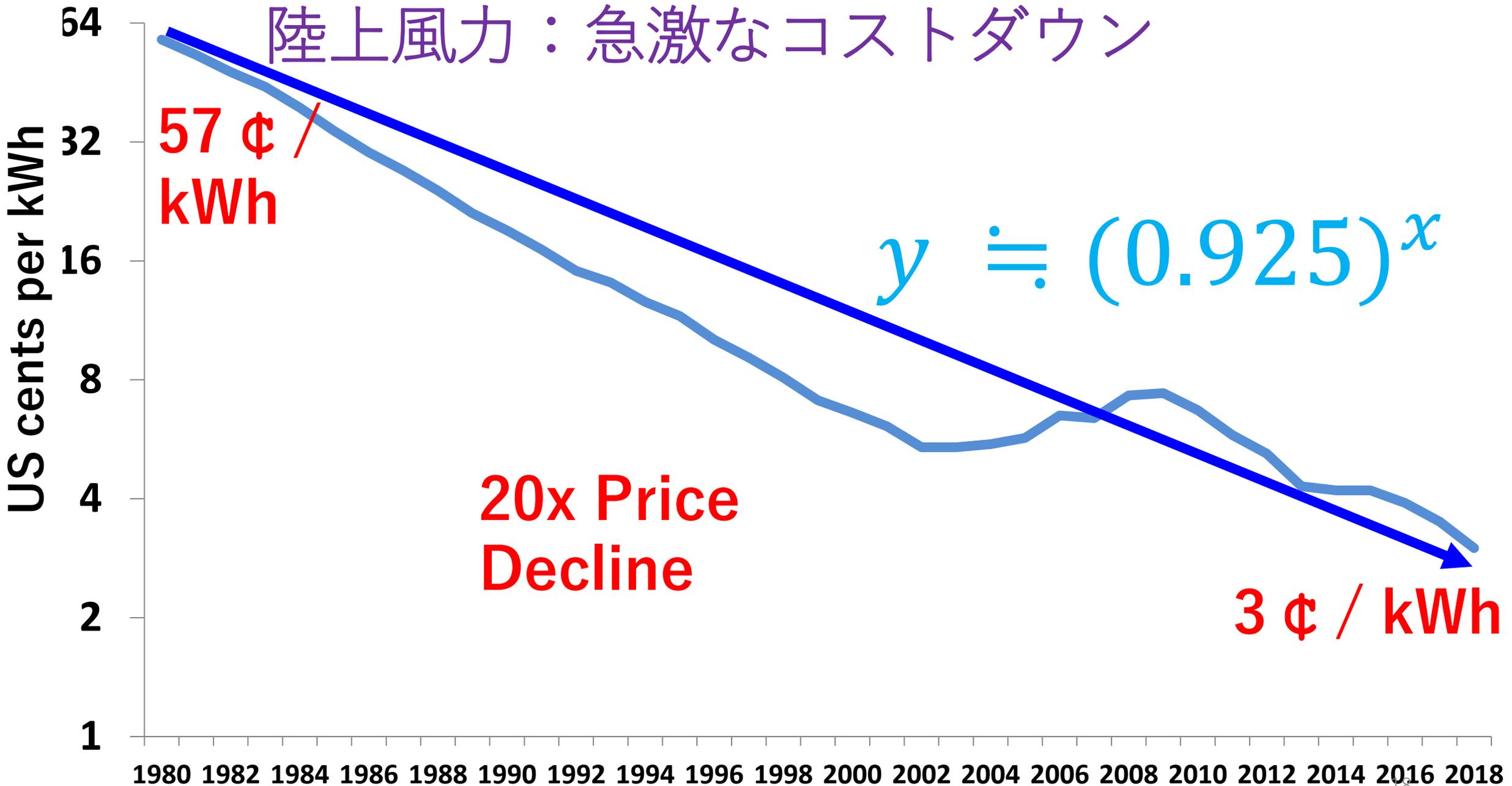
太陽光発電

風力発電

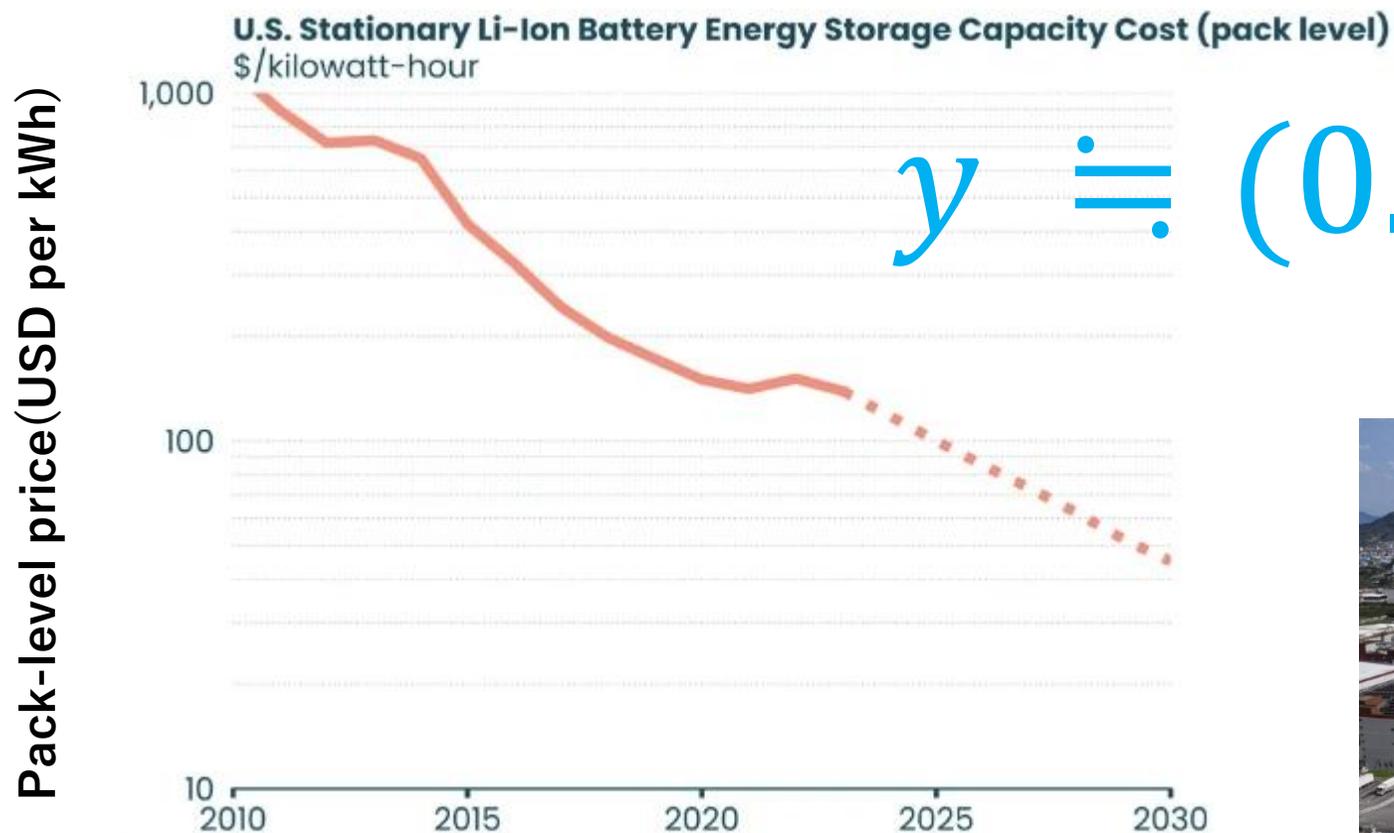
蓄電池

# 太陽光パネルのコスト





# バッテリー価格の下落予測（技術進化を織込む場合）



$$y = (0.835)^x$$

CATL



Source: BNEF, 2024. RethinkX projections 2024-2030.

## (6) 指数関数的技術の破壊力

複数のExTechの融合

→次々にビジネスを破壊するイノベーション

### ① デジカメとスマホ

デジカメが銀塩フィルムを破壊

時価総額310億ドルのコダックが

2012年に倒産

新コダック・モーメント

スマホが様々な電子機器を破壊



# Demonetization

~~iTunes~~

~~Record Stores~~



~~Long Distance~~

~~amazon.com~~

~~Book Stores~~

~~Google™~~

~~Research/Libraries~~

~~craigslist~~

~~Classifieds~~

~~ebay™~~

~~Local Stores~~

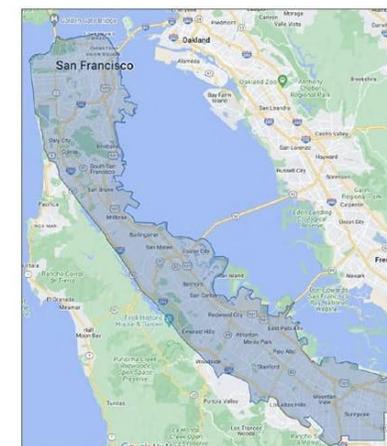
# 破壊的イノベーション

## ②EVロボットタクシー



出典：<https://au.pcmag.com/cars-auto/97411/waymo-given-green-light-to-provide-driverless-rides-in-san-francisco>

# Waymo 乗車体験 in San Francisco



24/7/365

# 破壊的イノベーション

## ③空飛ぶ自動車

ANAホールディングス、  
東京で空飛ぶクルマ商用運航  
2027年度に成田空港

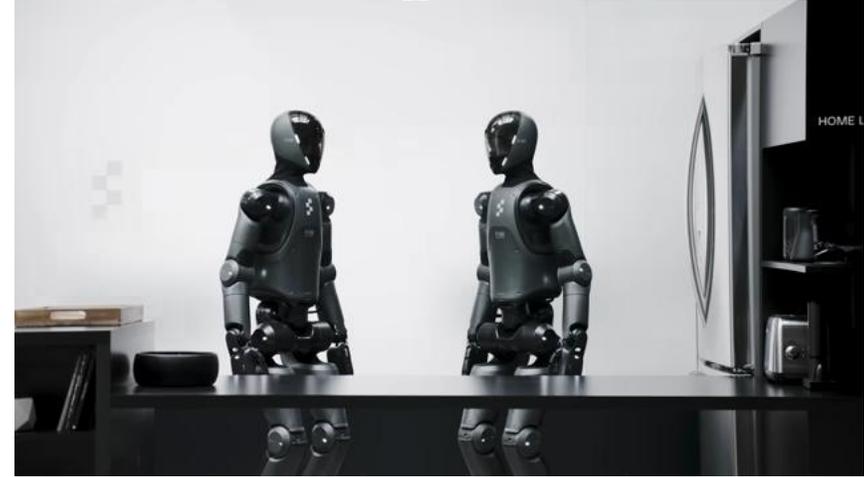


# 破壊的イノベーション：ヒューマノイドロボット

Optimus



Figure



Atlas



NEO



# 破壊的イノベーションの表と裏

人類に大きな利益をもたらす

EVロボタクシーの効用

- ・ 超低価格の輸送サービスを提供
- ・ 無事故を実現し、過疎地の老人を救済
- ・ 車を所有から共有へ
- ・ ガソリン需要の消滅→脱炭素

一方、既存のビジネスを破壊

EVロボタクシーの副作用

- ・ 運転手の失業
- ・ 自動車産業の破壊
- ・ 自動車保険などの周辺産業を破壊

# 様々な分野でも破壊的イノベーション

農業

教育

医療

金融

エンターテインメント…

すべてのビジネスが破壊される運命

# 世界の時価総額ランキング

平成元年				令和元年			
		時価総額 (億ドル)	ランク			時価総額 (億ドル)	
NTT		1,638	1	アップル		9,613	
日本興行銀行		715	2	マイクロソフト		9,465	
住友銀行		695	3	アマゾン		9,161	
富士銀行		670	4	アルファベット (グーグル)		8,632	

自らイノベーションを起こすか、  
破壊されるか

東京電力		545	9	JPセルカン・チエース		3,085	
ロイヤルダッチ・シェル		544	10	ジョンソン・エンド・ジョンソン		3,662	
上位10社時価総額： 7,256				64,031			

# 7. イノベーション創出のキーポイント

- 大学院それも博士課程の層の厚さ
- STEAMや論理思考

Science : 科学

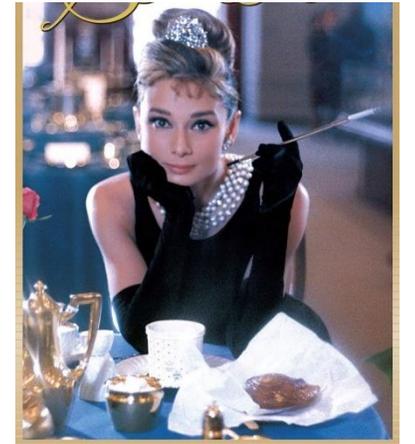
Technology : 技術

Engineering : 工学

Art : 芸術

Mathematics : 数学

$$\text{黄金比} = 1 : \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \doteq 1 : 1.618$$



- チャレンジ精神と失敗を評価する風土

# 8. 現代日本の課題と皆さんに期待すること

世界大学ランキング 日本の大学教育の凋落

順位	大学名	国・地域名	順位	大学名	国・地域名
1	オックスフォード大学	イギリス	16	ジョンズ・ホプキンス大学	アメリカ
2	マサチューセッツ工科大学	アメリカ	17	シンガポール国立大学	シンガポール
3	ハーバード大学	アメリカ	18	コロンビア大学	アメリカ
4	プリンストン大学	アメリカ	18	カリフォルニア大学ロサンゼルス	アメリカ
5	ケンブリッジ大学	イギリス	20	コーネル大学	アメリカ
6	スタンフォード大学	アメリカ	21	トロント大学	カナダ
7	カリフォルニア工科大学	アメリカ	22	ユニヴァーシティ・カレッジ・ロンドン	イギリス
8	カリフォルニア大学バークレー	アメリカ	22	ミシガン大学アナーバー校	アメリカ
9	インペリアル・カレッジ・ロンドン	イギリス	24	カーネギーメロン大学	アメリカ
10	イエール大学	アメリカ	25	ワシントン大学	アメリカ
11	チューリッヒ工科大学	スイス	26	ミュンヘン工科大学	ドイツ
12	清華大学	中国	27	デューク大学	アメリカ
13	北京大学	中国	28	東京大学	日本
14	シカゴ大学	アメリカ	29	エディンバラ大学	イギリス
14	ペンシルベニア大学	アメリカ	30	南洋理工大學	シンガポール

# 8. 現代日本の課題と皆さんに期待すること

- 大学での勉学

サークル活動やアルバイト？

- 世界に関心をもつ

# いくつかのクイズ by Hans Rosling

出典：Hans Rosling [Test - Factfulness Quiz](#)

1. 現在、世界中の低所得国で、何%の女子が小学校を卒業しているか？  
A.20%      B.40%      C.60%
2. この20年間で、世界人口のうち極度の貧困状態にある人の割合  
A. 倍増      B.変わらず      C.半減
3. 現在の世界の平均寿命は？  
A. 50歳      B. 60歳      C. 70歳
4. 過去100年間で、自然災害による年間死者数は？  
A. 倍増      B.変わらず      C.半減以下
5. 世界で電気を使える人の割合は？  
A.20%      B.50%      C.80%
6. 現在、世界の1歳児の何%が何らかの病気の予防接種を受けているか？  
A.20%      B.50%      C.80%

# 8. 現代日本の課題と皆さんに期待すること

- 大学での勉学  
サークル活動やアルバイト？
- 世界に関心をもつ
- 失敗を肥やしとすること  
失敗は終わりではなく、成功へのプロセス

期待しています

ご清聴ありがとうございました