



# 環境とAI

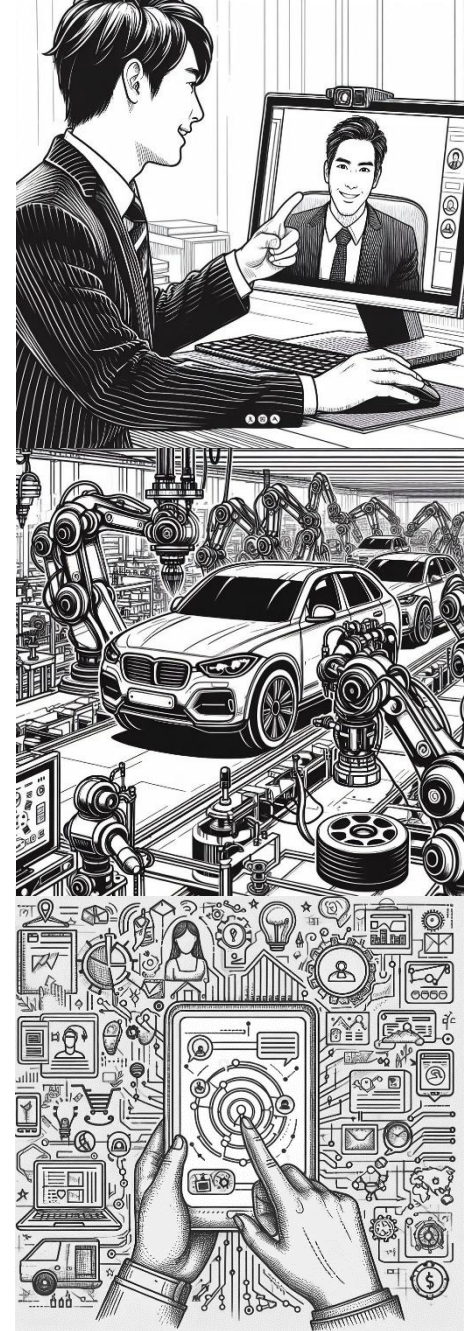
2024年6月15日（土） 福代和宏（山口大学）

# 本日の話題

---

- ▶ AIの急速な発展に伴い、電力消費量の増加と地球環境への影響が懸念されています
- ▶ その一方で、AIが環境問題解決に貢献する可能性もあります
- ▶ 本日はこの両方の視点から環境とAIについてお話しします

# 生成AIのひろがり



# 生成 AI (Generative AI) とは何か？

---

- ▶ **生成AI (Generative AI)** は人工知能の一種です。
- ▶ 既存のデータを単に処理して整理するのではなく、優先的にオリジナルのデータを作成します。
- ▶ 生成AI は、医療、教育、観光、金融などのさまざまな業界で使用されています。

# 代表的な生成AI

---

- ▶ いくつかの生成AIを紹介します：
- ▶ Gemini (旧Bard)
  - ▶ 指定された役割(キャラクター)を演じ、一貫した対話を実施します。
- ▶ GPT-4
  - ▶ 記事, 物語, 詩など, 人間のようテキストを生成できます。
- ▶ Jasper
  - ▶ ユーザーの好みに基づいて, パーソナライズされた音楽トラックを作成できます。
- ▶ DALL-E
  - ▶ 文章にもとづいて画像を作成できます。
- ▶ MidJourney
  - ▶ 家具, 車, その他のモノ(オブジェクト)の三次元モデルを作成できます。

# “Gemini”との会話例

私が書いた質問はプロンプト“**prompt**”と呼ばれます。



How about the weather in Vientiane in February?

View other drafts



February in Vientiane is generally considered to be the dry season, with pleasant, moderate temperatures. The average high temperature is around 24°C (75°F), and the average low temperature is around 18°C (64°F). There is occasional rainfall, but it is much less frequent than in the wet season (May to October).

Listen



“Gemini”からの回答



Can you create an image of a young Asian business woman communicating with a business person through a computer screen by using a videotelephony application in a black-and-white line drawing style?

✓ 回答を生成しています...

Here is the image of a young Asian business woman communicating with a business person through a computer screen by using a videotelephony application in a black-and-white line drawing style. I hope you like it! 😊



7 / 30 ●



# AIの歴史

---

- ▶ AIの研究は「ブーム」と「冬の時代」を繰り返している。
  - ▶ 現在は3回目のブームと言われる。
- ▶ 第1次（1956年～）
  - ▶ AIの歴史がアメリカを中心に始まった
    - ▶ コンピュータが出回り始めた時期
    - ▶ 日本でも1957～58年頃から研究が始まる。
- ▶ 第2次（1980年代）
  - ▶ 脳神経の学習モデルを応用して、知識をコンピュータに蓄積する試みが始まる。
    - ▶ 日本では通産省（現経産省）を中心に、第五世代コンピュータの開発が十年計画で始まる。
    - ▶ 実社会に役立つ結果はなかった。
- ▶ 第3次（2000年代）
  - ▶ 学習プログラムの抜本的な進化→深層学習（ディープラーニング）の登場
    - ▶ ビッグデータの処理も可能に
    - ▶ ようやくAIが実用に耐えるようになった。

参考：

長尾真「AIと人間の共存・共栄を考える」『學士會会報』No.939(2019), pp.4 - 11  
長谷山美紀「AIの実社会応用と次世代インフラ維持管理」『學士會会報』No.952(2022), pp.78 - 83



# 第3次AIブームの特徴

---

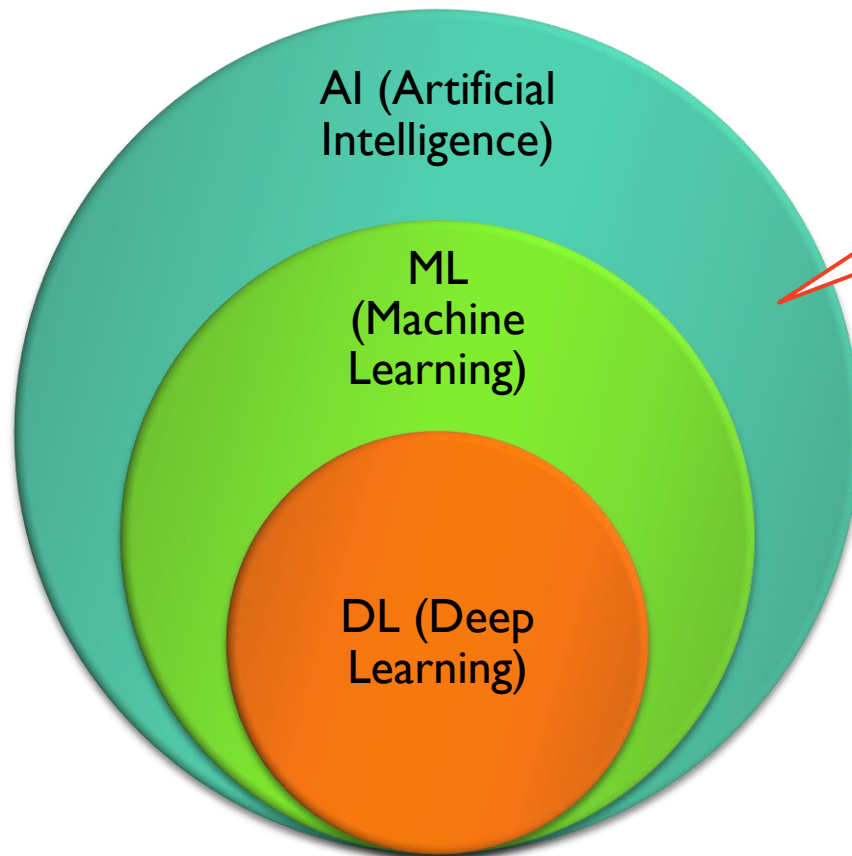
- ▶ ビッグデータ時代：
  - ▶ 大量のデータからパターンやルールを発見し、新しく観測されたデータに関する識別や予測を可能とする機械学習が実用化
- ▶ 深層学習
  - ▶ パターンやルールを発見するための特徴探し自体も、AIが自ら行うという深層学習（ディープラーニング）が実現

参考：

長尾真「AIと人間の共存・共栄を考える」『學士會会報』No.939(2019), pp.4 - 11  
長谷山美紀「AIの実社会応用と次世代インフラ維持管理」『學士會会報』No.952(2022), pp.78 - 83

# AI, ML, and DL

機械学習: Machine learning (ML)は, 大量のデータからパターンや法則を発見し, 新たに観測されたデータの特定や予測を可能にします。



機械学習を使わないAIもある

深層学習: Deep learning (DL)は, AI自身が特徴の探索を行い, パターンや法則を発見する機械学習の一種です。

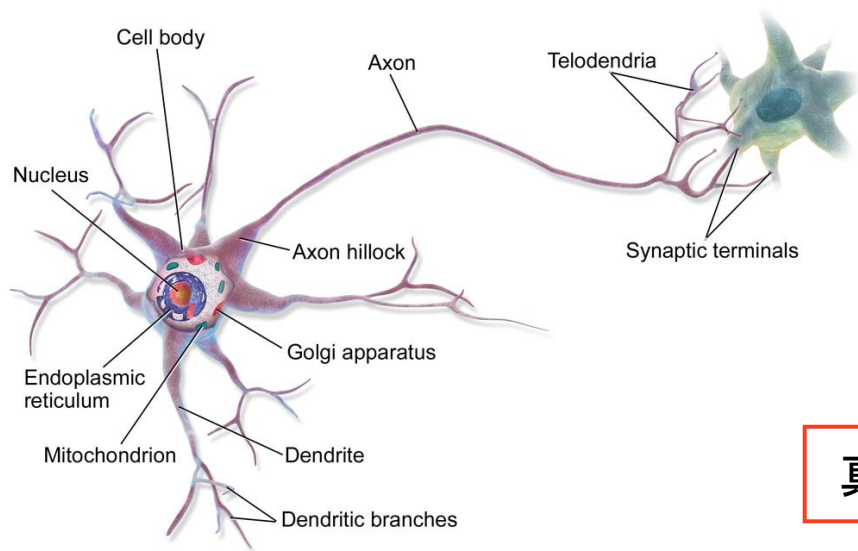
# 機械学習のより細かな分類

| 分類                                 | 主な計算技法   |
|------------------------------------|--|
| 教師あり学習<br>(分類, 回帰)                 | ニューラルネットワーク(NN), ランダムフォレスト, ブースティング, サポートベクターマシン(SVM), 線形回帰, ロジスティック回帰(, クラスタリングも活用) |
| 教師なし学習<br>(クラスタリング, 次元削減)          | 階層型クラスタリング, k平均法, 主成分分析(, ニューラルネットワークも活用)  |
| 半教師あり学習                            | 協調フィルタリング(, ニューラルネットワークも活用)  |
| 強化学習<br>(単独の行動ではなく, 一連の行動の最適化をめざす) | SARSA法, Q学習, モンテカルロ法(, ニューラルネットワークも活用)   |

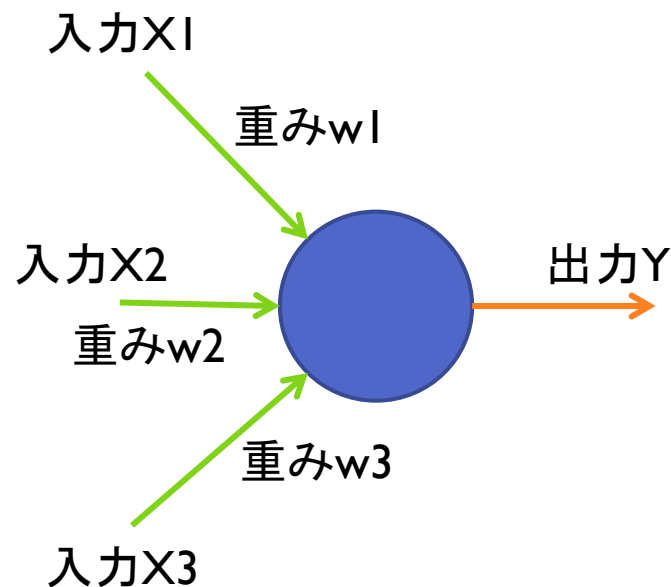
参考: 浅岡伴夫, 松田雄馬, 中松正樹 『AIリテラシーの教科書』(東京電機大学出版局, 2020年)

# ニューラルネットワーク

一般的に、深層学習は多層ニューラルネットワーク(多層パーセプトロン)と結び付けられて論じられている

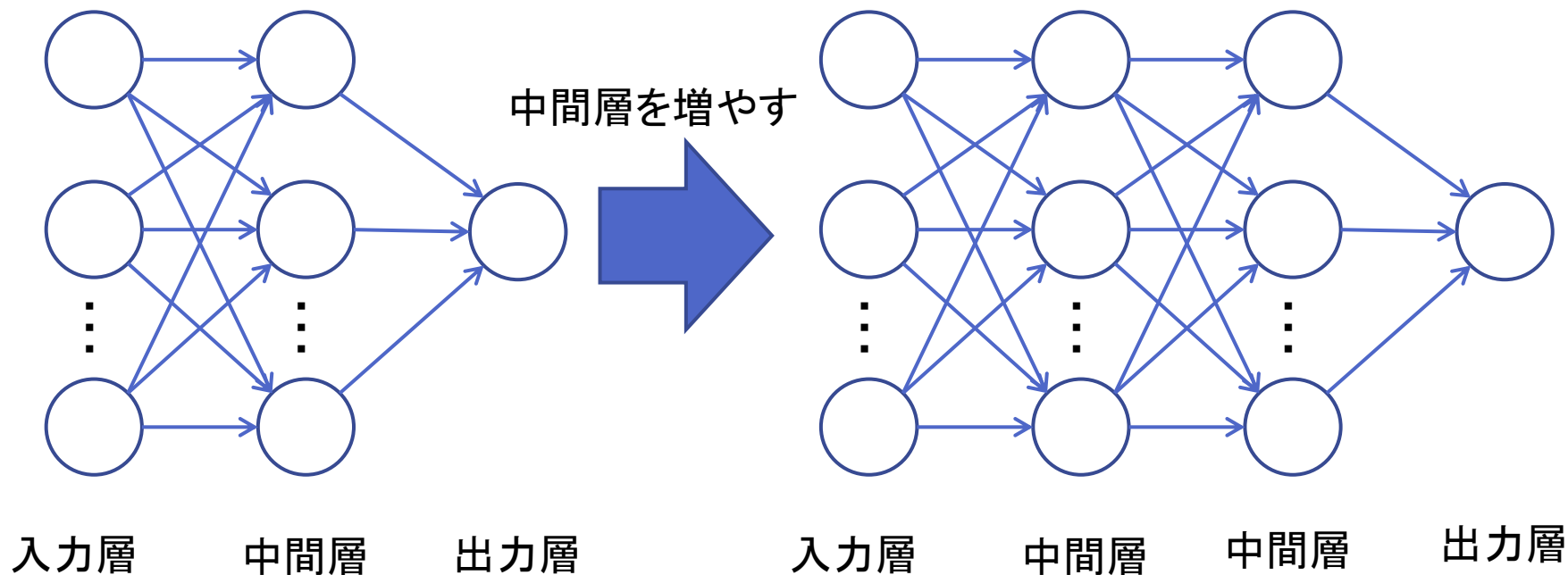


生物のニューロン(神経系を構成する細胞)  
出典: Wikipedia



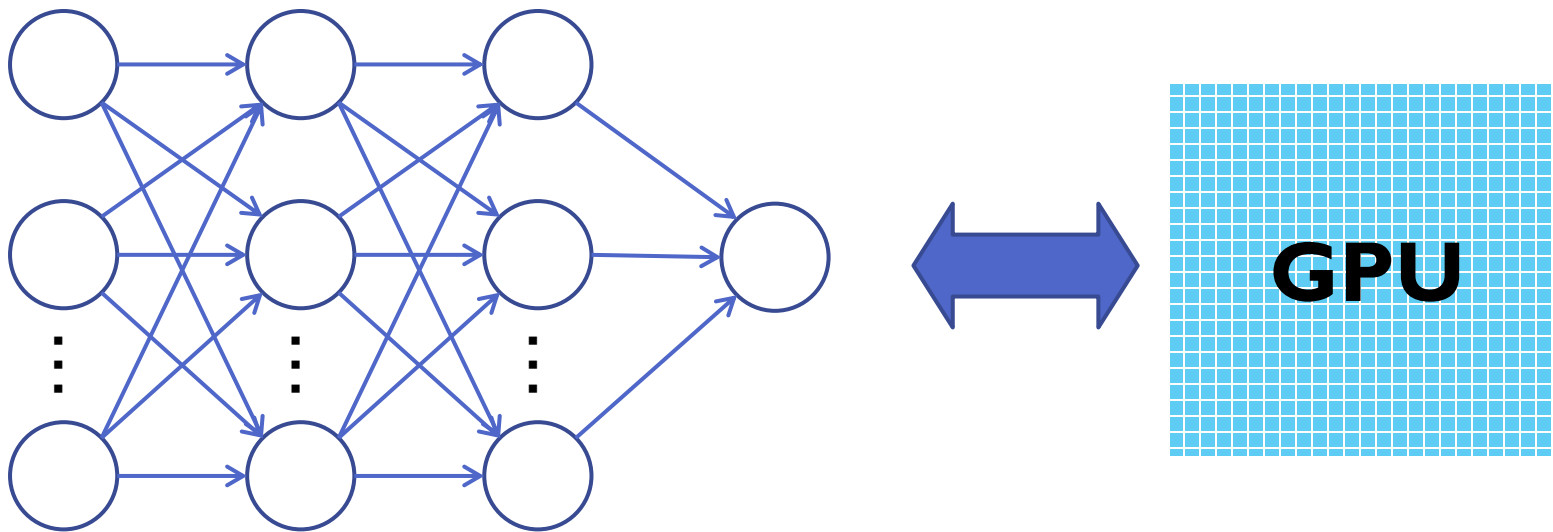
人工ニューロン  
(形式ニューロン)

# 多層パーセプトロン（順伝播型ニューラルネットワーク）



多層化を進めれば、より複雑な問題に対応可能  
ただし、重みを決定するための学習量（計算量）が増加

# ニューラルネットワークとGPU



入力層      中間層      中間層      出力層

- ネットワークは複雑だが、人工ニューロン一つ一つの計算は単純なので、GPUに任せると大規模で早い処理ができる
- NVIDIAというGPUの企業が急成長した理由



# ChatGPTの原理

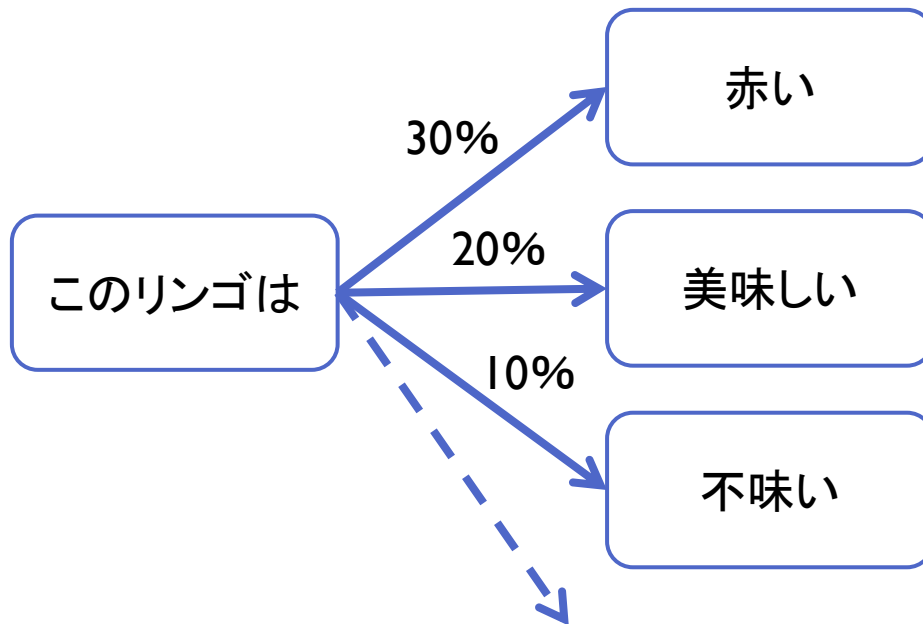
---

- ▶ 二段階報酬予測モデルによる強化学習（機械学習の一種）
  - ▶ 「AIに人の作成したテキストを途中まで読ませ、それに続く文章を予測させ、いい答えが出たら褒める。これを大量に繰り返すと、いい答えが増えてきます。」
  - ▶ 「GPTの原理は、人が作成したテキストの途中から先を予測する問題を解いているだけです。」

参考:

川村秀憲「チャットGPTのインパクト」『學士會会報』No.965(2024), pp.49 - 57

# 生成AIの文章生成のしくみ



「GPTの原理は、人が作成したテキストの途中から先を予測する問題を解いているだけです。」

参考:

川村秀憲「チャットGPTのインパクト」  
『學士會会報』No.965(2024), pp.49 - 57

- 「このリンゴは」の語句のあとに続く語句を確率的に予想しているだけ
- 確率は莫大なデータ(文例, コーパス)をもとに決定
- 意味がわかって文章を生成しているわけではない → 厳密な計算などは苦手

# 生成AIを使う場合の工夫と留意点

---

- ▶ 質問の仕方によってAIの答えは変わります。
- ▶ 具体的な質問をするとAIが具体的に答えてくれます。
- ▶ AIの回答が正しいかどうかを確認することも重要です。
- ▶ AIが学習したデータに基づいて、正しくない答えを本当らしく答える「幻覚」“hallucination” と呼ばれる現象があります。

# AIツールの留意点（リスク）

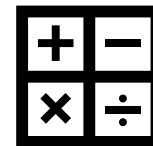
---

## ▶ リスク

- ▶ 個人情報や機密情報を入力し、漏洩するリスク
  - ▶ 入力された情報がAIの学習に使用され、第三者への回答に利用される可能性
- ▶ 知的財産権、著作権侵害のリスク
  - ▶ AIが知的財産権、著作権侵害の可能性を考えずに様々な文章、アイデア、画像などを収集し利用している可能性

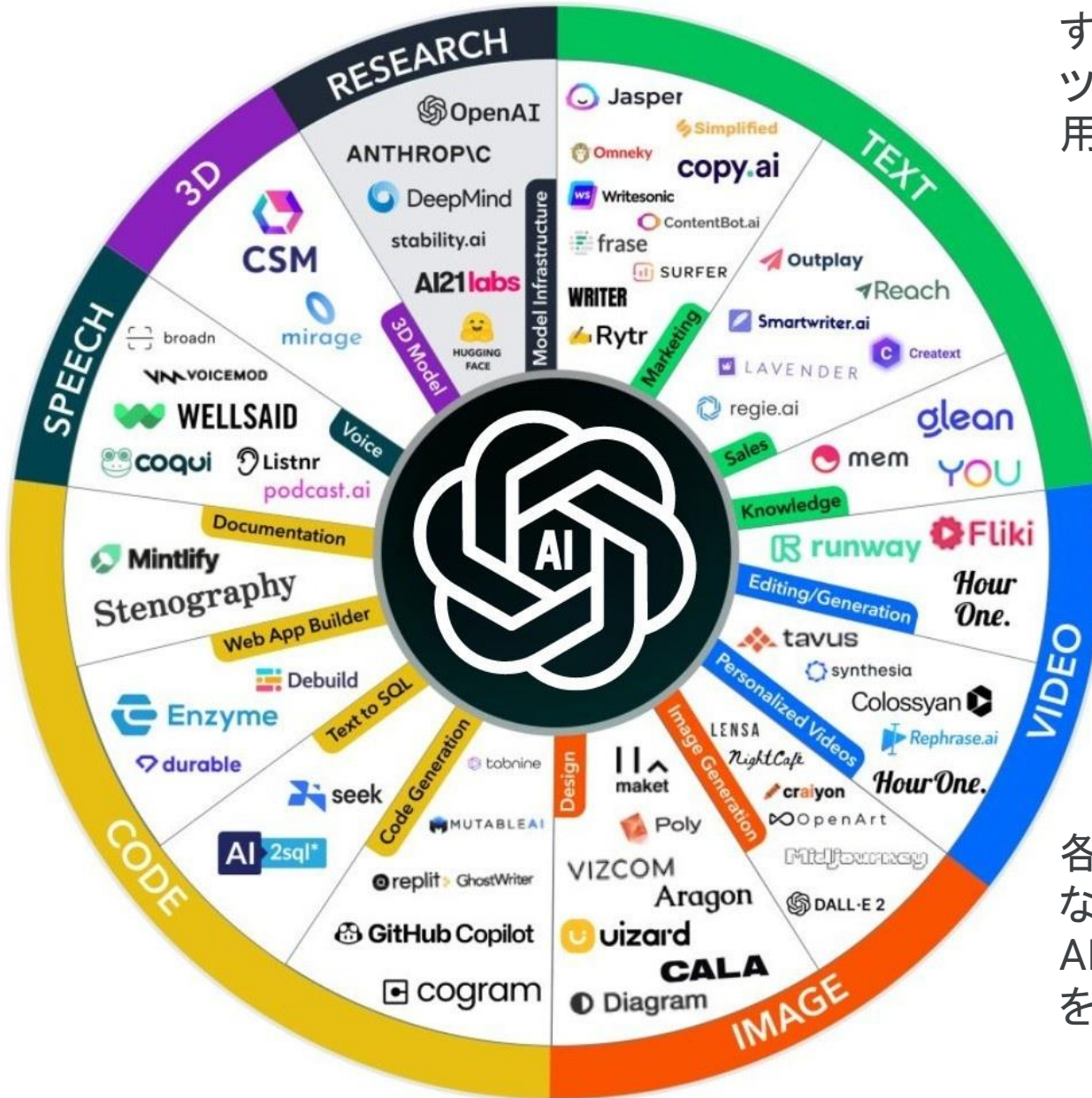
## ▶ 限界

- ▶ 公開情報に基づく回答
  - ▶ ネット上に無い情報を扱えない
- ▶ 生成AIは数値を扱うのが苦手
  - ▶ 確率に基づいて文章を生成するしくみに由来



# さまざまな用途に使えるAIツール

すでに膨大な数のAIツールが登場し、利用者も増えています。



各 AI ツールには得意な専門分野があります。AIツールの多くは英語を使用しています。

# 便利なAIツールの例

便利なAIツールが次々に登場しています。  
AIと連携して仕事を行うことが必要になっています。

Gamma: Supporting to make business documents  
<https://gamma.app/?lng=en>

Creative Reality™ Studio  
Use generative AI to create future-facing videos  
Start now — It's free >  
Creative Reality Studio: Creating avatars

信じられないほど、素晴らしく

Canvaなら、プロ品質のデザインを誰でも作成、共有、印刷できます！

Canva: プロ並みのデザインを提供  
[https://www.canva.com/ja\\_jp/](https://www.canva.com/ja_jp/)

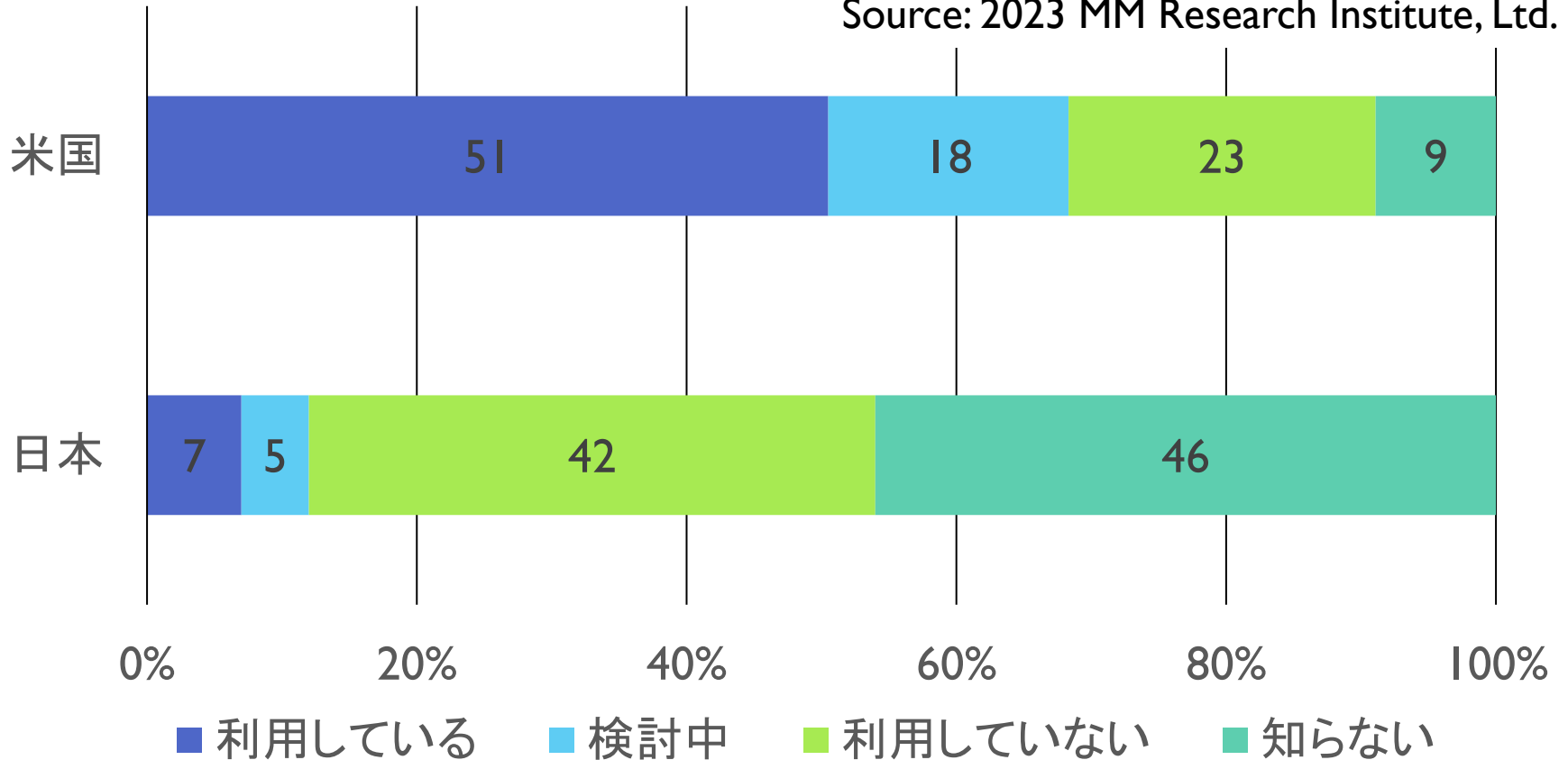
AIGC Digital Platform for Marketing Content Creation  
Free trial  
Kreado AI: Creating marketing contents  
<https://kreadoai.com/>



# 日本ではAIは未活用（NHK報道）

## ビジネスでのAI活用

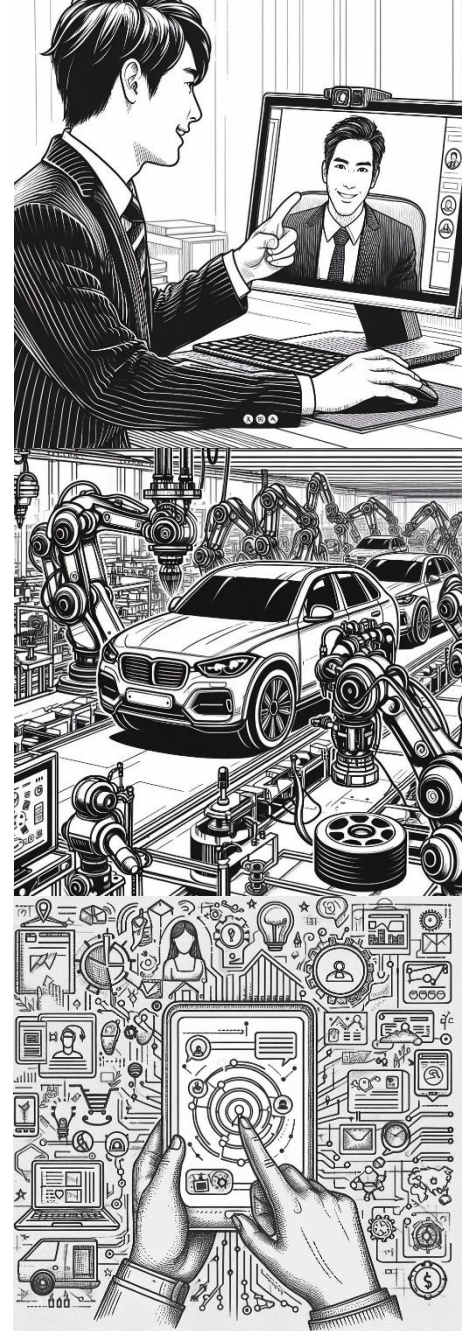
Source: 2023 MM Research Institute, Ltd.



NHK報道 : <https://www3.nhk.or.jp/news/special/sakusakukeizai/20231206/622/>

# AIと電力消費

AIの利用拡大と電力消費の増大  
環境負荷の増大



# 電力消費量の増加

AIによる電力消費量や環境影響についてGeminiに質問してみると...

和宏 AIと電力消費と環境影響に関して教えてください。

◆ AIと電力消費、環境への影響

AIの急速な発展に伴い、電力消費量と環境への影響が懸念されています。

## 電力消費量

- 最新のAIモデルは、高度な計算機システムとグラフィックス処理ユニット（GPU）を必要とし、膨大な電力を消費します。
- 1つのAIサーバーは、英国の12世帯分の電力と同量を消費する可能性があります。
- OpenAIのチャットボット「ChatGPT」は、1日50万キロワット時の電力を消費して  
...

## Geminiによるお答え（詳細）

- ▶ 最新のAIモデルは、高度な計算機システムとグラフィックス処理ユニット（GPU）を必要とし、膨大な電力を消費します。1つのAIサーバーは、英国の12世帯分の電力と同量を消費する可能性があります。
- ▶ OpenAIのチャットボット「ChatGPT」は、1日50万キロワット時の電力を消費していると推定されています。これは、米国の平均的な家庭が1日あたりに使用する電力の約29キロワット時を大きく上回ります。
- ▶ 2027年までに、AIの電力消費量は世界の電力消費量の5%に達する可能性があるかと予測されています。



鵜呑みにしないで、人力で調べてみます

# Luccioniらの研究結果（1760億パラメータのAIが対象）

## ▶ 条件

- ▶ 1760億パラメータの大規模言語モデル（生成AI）：BLOOMを訓練する
- ▶ 使用したGPU: NVIDIA A100 80GB
- ▶ 1.6テラバイト, 46言語, 13プログラミング言語のデータを使って, 2021年5月～2022年5月に, 118日5時間41分の訓練を実施

## ▶ 結果

- ▶ 電力消費量: 433.2MWh
- ▶ 二酸化炭素排出原単位(フランス): 57gCO<sub>2</sub>/kWh
- ▶ 二酸化炭素排出量: 24.7トン

日本(令和3年)の一世帯当たり年間電力消費量: 4,175kWhで換算すると, 103世帯分

フランスなので低い。日本だと439kgCO<sub>2</sub>/kWh

Source: A. Luccioni, S. Viguier, A.L. Ligozat: ESTIMATING THE CARBON FOOTPRINT OF BLOOM, A 176B PARAMETER LANGUAGE MODEL, <https://arxiv.org/pdf/2211.02001>

# 他のAIとの比較

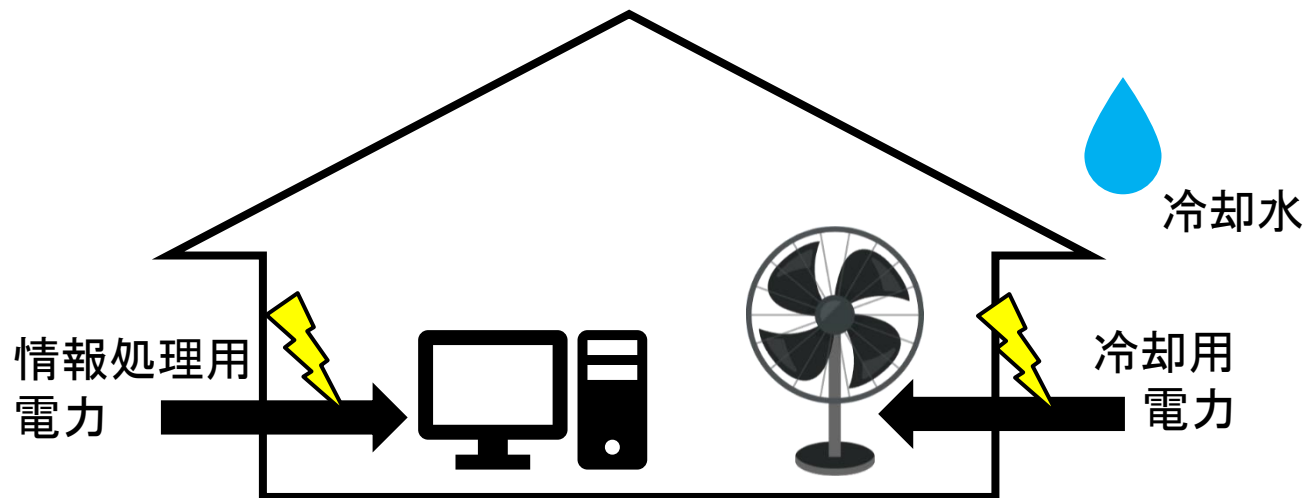
| 言語モデル  | パラメータ数 | 排出原単位<br>[gCO <sub>2</sub> / kWh] | 電力消費量<br>[MWh] | 二酸化炭素排出量<br>[t] | データセンター係数 (PUE) | データセンター考慮 [t] |
|--------|--------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| GPT-3  | 1750億  | 429                               | 1,287          | 502             | 1.1             | 552           |
| Gopher | 2800億  | 330                               | 1,066          | 352             | 1.08            | 380           |
| OPT    | 1750億  | 231                               | 324            | 70              | 1.09            | 76            |
| BLOOM  | 1760億  | 57                                | 433            | 25              | 1.2             | 30            |

Source: A. Luccioni, S. Viguier, A.L. Ligozat: ESTIMATING THE CARBON FOOTPRINT OF BLOOM, A 176B PARAMETER LANGUAGE MODEL, <https://arxiv.org/pdf/2211.02001>



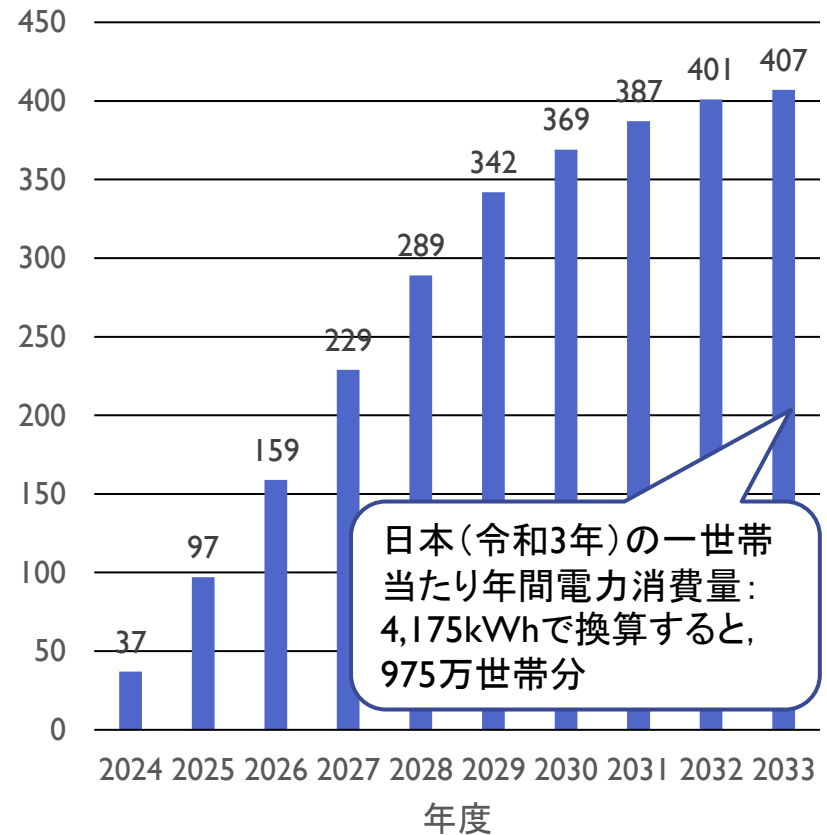
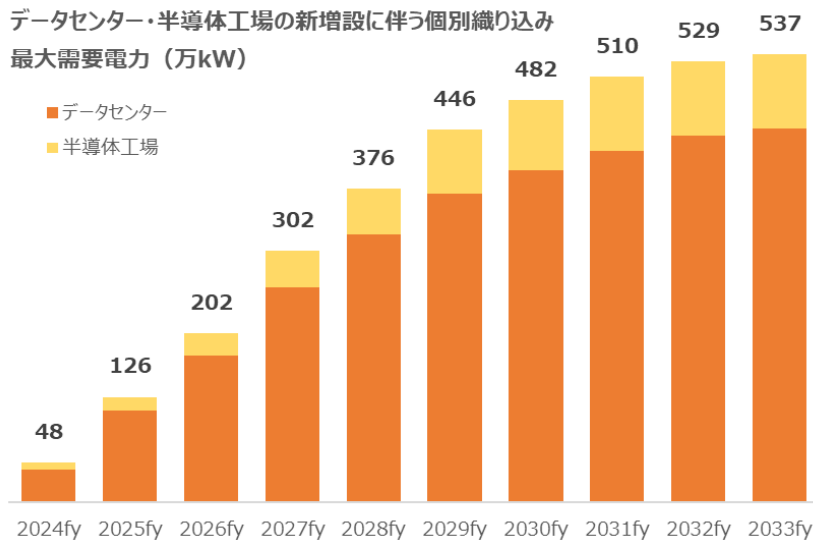
# AIとデータセンター

- ▶ AIはサーバ(コンピュータ)上で動くソフトウェアです。
- ▶ サーバは単体で存在するわけではなく、データセンターという建物の中で管理されます。
- ▶ AIを稼働させるためには、AIによる情報処理を行うサーバの電力に加えて、サーバの冷却など、データセンターが温度管理に使う電力や冷却水が必要になります。



# データセンター向け電力増加の見込み

## データセンター＋半導体工場の 新增設に伴う電力量 [億kWh]



出典: 電力広域的運営推進機構(OCCTO)「全国及び供給区域ごとの需要想定」, 2024年1月24日

## 環境への影響（まとめ）

- ▶ 電力消費量の増加は、温室効果ガスの排出量増加と気候変動につながります。
- ▶ AIの訓練と実行には大量のデータが必要であり、そのデータセンターの運営もまた電力消費量を増加させます。
- ▶ データセンターは、冷却システムに多くの電力と水を必要とするため、さらに環境への影響が大きくなります。

“Google Environmental Report 2023”によれば、Googleは2022年、データセンター用に52億ガロン（1968万トン）の水を消費。これは2021年に比べて20%増。

# 環境対策

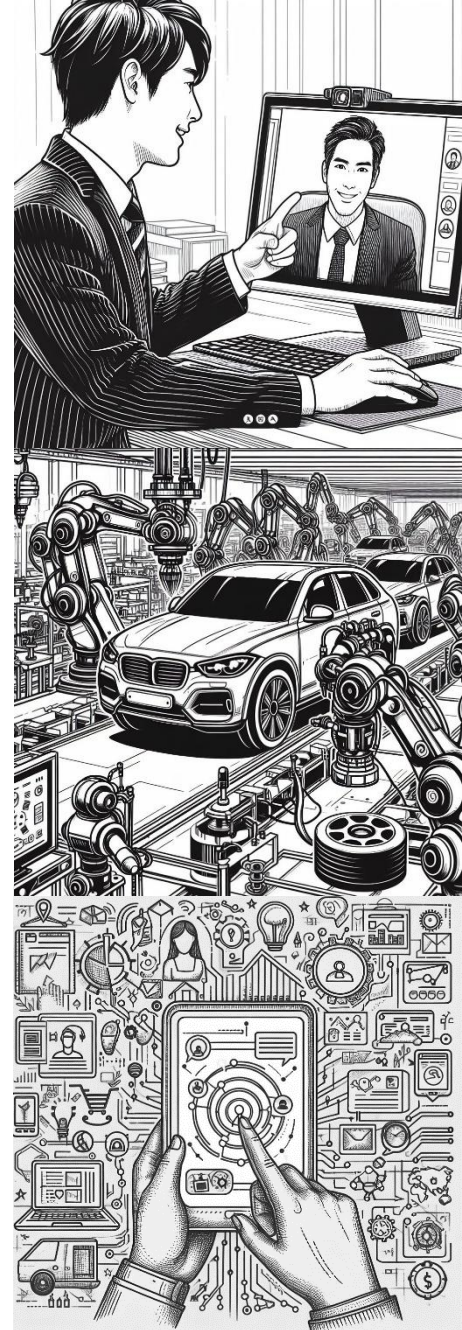
- ▶ AIの電力消費量を削減するための取り組みが進められています。
  - ▶ より効率的なAIアルゴリズムの開発
  - ▶ 省電力型のハードウェアの開発
  - ▶ 再生可能エネルギーの使用
  - ▶ データセンターの冷却効率の向上



Google's data center in St. Ghislain, Belgium  
Source: Google Environmental Report 2023

# AIの発展と環境保護

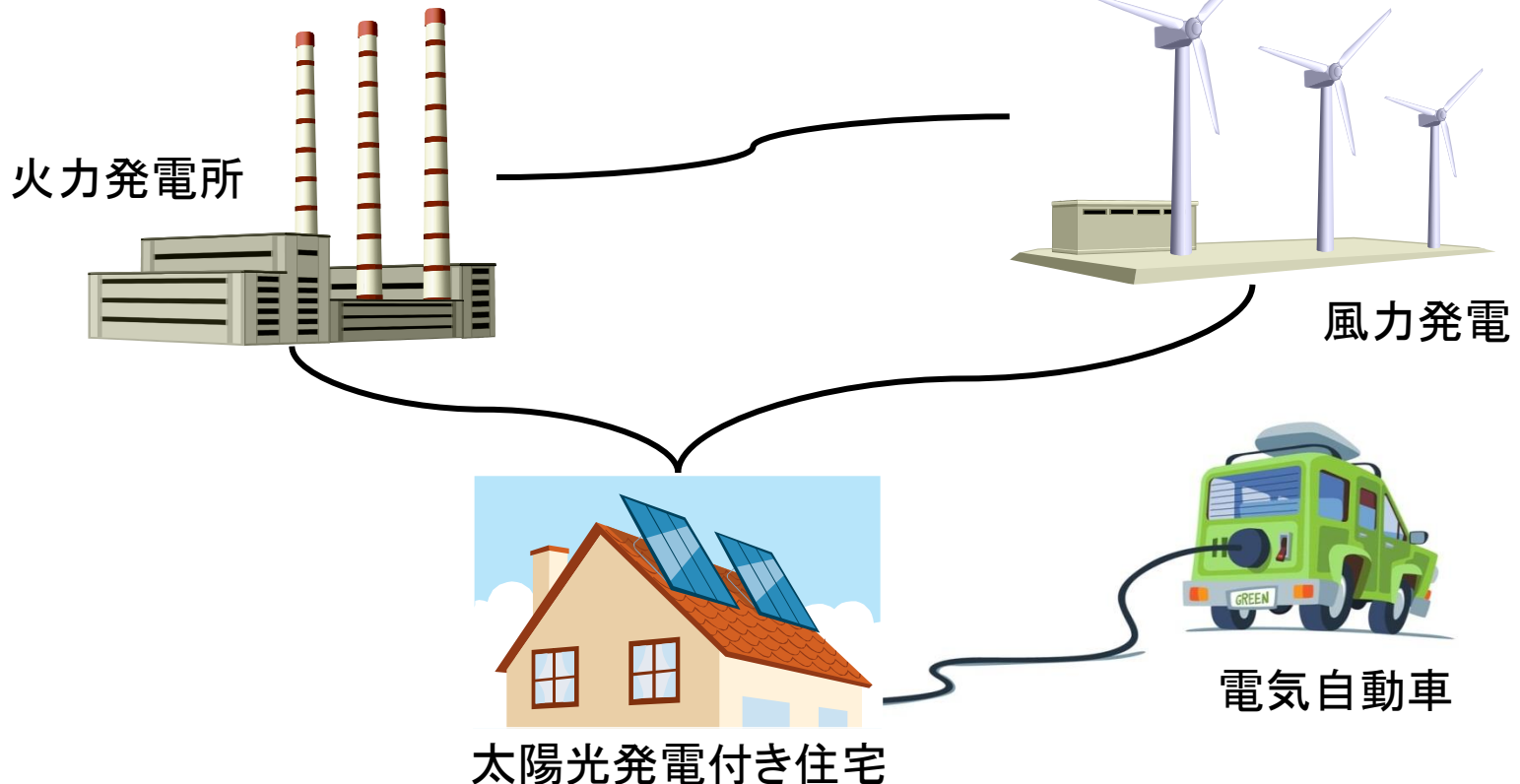
相反する問題ではない



# エネルギー効率の向上

## ▶ スマートグリッドの構築

- ▶ AIを用いて電力網を最適化することで、送電ロスを削減し、再生可能エネルギーの効率的な運用を可能にします。



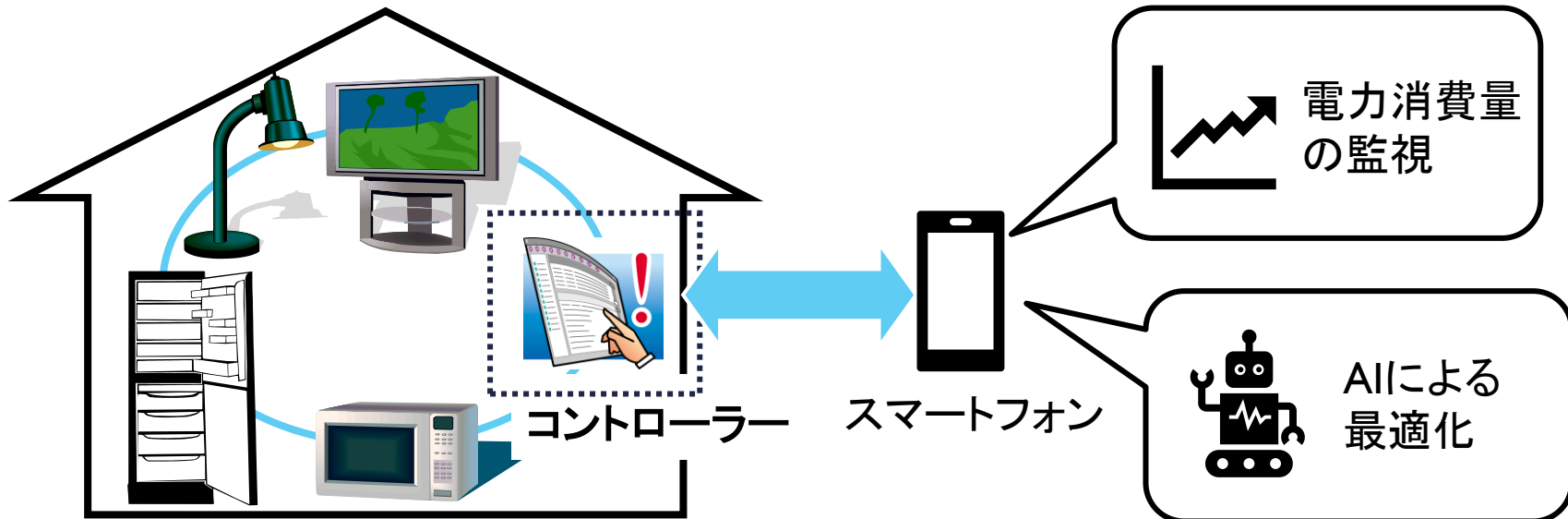
# エネルギー効率の向上

## ▶ スマートビルディング

- ▶ AIを用いて建物のエネルギー消費を監視・制御することで、暖房や冷房にかかるエネルギーを大幅に削減できます。

## ▶ 省エネ家電の開発

- ▶ AIを用いて家電製品の動作を分析・最適化することで、消費電力を大幅に削減できます。





# 再生可能エネルギーの普及を手助け

- ▶ 太陽光発電・風力発電の最適化
  - ▶ AIを用いて発電量を予測・制御することで、再生可能エネルギーの有効活用を促進できます。
- ▶ 電力貯蔵技術の開発
  - ▶ AIを用いて電力貯蔵システムを最適化することで、再生可能エネルギーの余剰電力を効率的に貯蔵できます
  - ▶ 次世代電池の開発
    - ▶ AIを用いて新素材や新しい電池設計を探索することで、より安価で高性能な電池開発を加速できます。



# 環境問題の解決を手助け

## ▶ 気候変動対策

- ▶ AIを用いて気象データや海面上昇データなどを分析することで、より効果的な気候変動対策を立案できます。

## ▶ 大気汚染の測定・分析

- ▶ AIを用いて大気汚染物質を測定・分析することで汚染源を特定し、対策を講じることができます。

## ▶ 森林や農場の管理

- ▶ AIを用いて衛星画像を解析し、森林や農場を効果的に管理できます。



BASFのAI活用ビジネス xarvio®(ザルビオ®)  
フィールドマネージャー | 衛星データ×AIで最先端の栽培管理

Yamaguchi University, Fukuyo, 2024

# 持続可能な社会の実現



- ▶ **持続可能な都市開発**
  - ▶ AIを用いて都市交通やエネルギーシステムを最適化することで、より持続可能な都市開発を推進できます。
- ▶ **循環型経済の実現**
  - ▶ AIを用いて廃棄物処理や資源管理を最適化することで、循環型経済の実現を加速できます。
- ▶ **環境に配慮した製品開発**
  - ▶ AIを用いて環境負荷の少ない製品開発を促進することで、持続可能な社会の実現に貢献できます。

# まとめ

---

- ▶ AIは今後ますます利用されるようになるでしょう。
- ▶ それに伴って、データセンターの電力需要が増大するでしょう。
  - ▶ 従来通りの電力供給を続ける限り二酸化炭素排出量が増大し、環境に負荷がかかります。
  - ▶ 再生可能エネルギーの必要性がさらに高まります。
- ▶ AIを活用すれば、再生可能エネルギーの効率的な活用、蓄エネ技術や低環境負荷商品の開発が可能になります。
- ▶ 気候変動対策や森林保護などにもAIが活用できます。
- ▶ うまくAIと付き合いましょう。

