

電子情報通信学会 ジュニアウエビナー 講義資料

人工知能“AI”技術

～人工知能技術の変遷と仕組みの概要を知る、課題を考える。～

2025.10
Naoki Kawamura
NTT DATA Intellilink

ジュニアウェビナーにて5回シリーズで人工知能技術についてお話をさせていただきました。このウェビナーは、これまでの5回の総集編と位置づけ、各回を今一度見直しを行い、全体的にお話の筋が通るように調整を行い、1本の動画にまとめたものです。すでに5回を通して視聴いただいた方は、今一度、知識の整理にご活用ください。また初めてご視聴される方は、本編をご視聴いただいた後に、気になる回をご覧ください、ご活用ください。

- ▶ # 1 人工知能技術とは？
- ▶ # 2 人工知能技術の活用と課題
- ▶ # 3 進展する人工知能技術
- ▶ # 4 生成AIへの道のりとその仕組み
- ▶ # 5 生成AIの課題と克服に向けて ～みんなで考えよう～

デジタル時代。データ社会。

大量のデジタルデータで推測し、様々な価値を見出す

実は、何も今に始まったことではない。

統計分析手法

集計データを読み解くことで
ビジネス価値（BI）を得る

経営データ

売れ筋データ

少額決済データ

病理データ

世論調査データ

国勢調査

天気データ



ビッグデータ

ネットでデジタルデータが
簡単に大量収集

位置移動データ

監視カメラデータ

音声データ

文字データ

DX : Digital Transfotmation

超大量のデータ蓄積基盤
(クラウドセンタ)

5G・IOWN

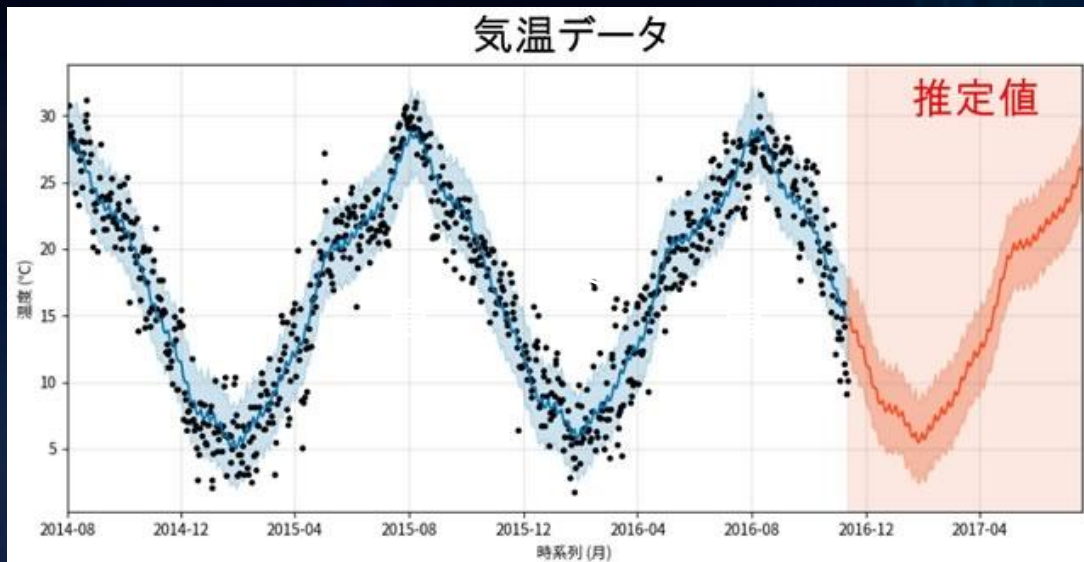
即時の大量データ
コグニティブデータ

スーパーコンピュータ
GPU、富岳、量子

人工知能 AI

さらに高度なデータ分析へ

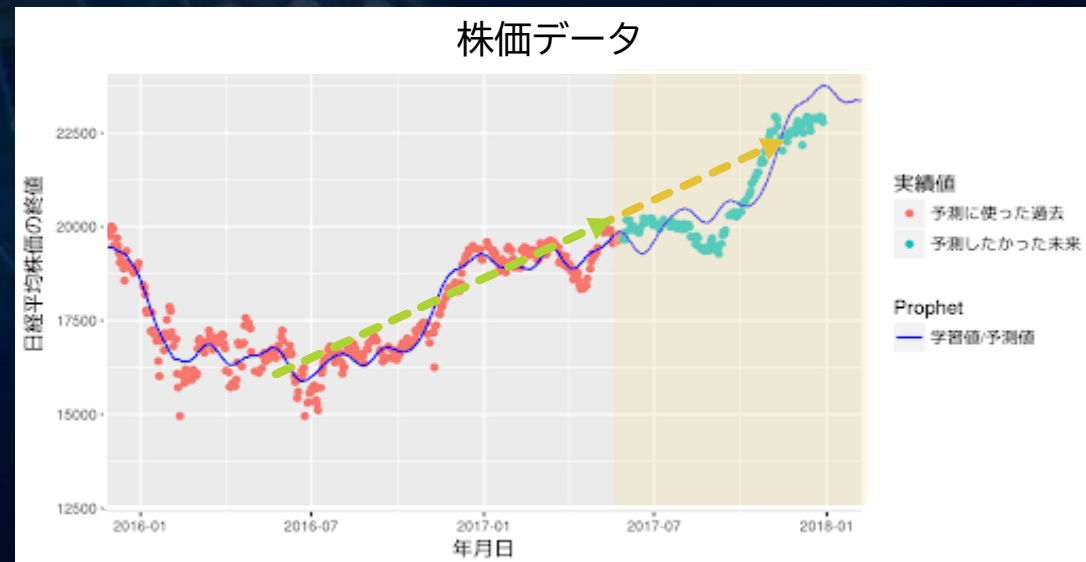
デジタル化を進め、活用しよう！
単に情報のやり取りだけでなく、データで**未来を予測**！



ここまでのデータで

気温データだと、推定は簡単！

ここを推定



未来の株価を予測し、売り買いの戦略を立てる

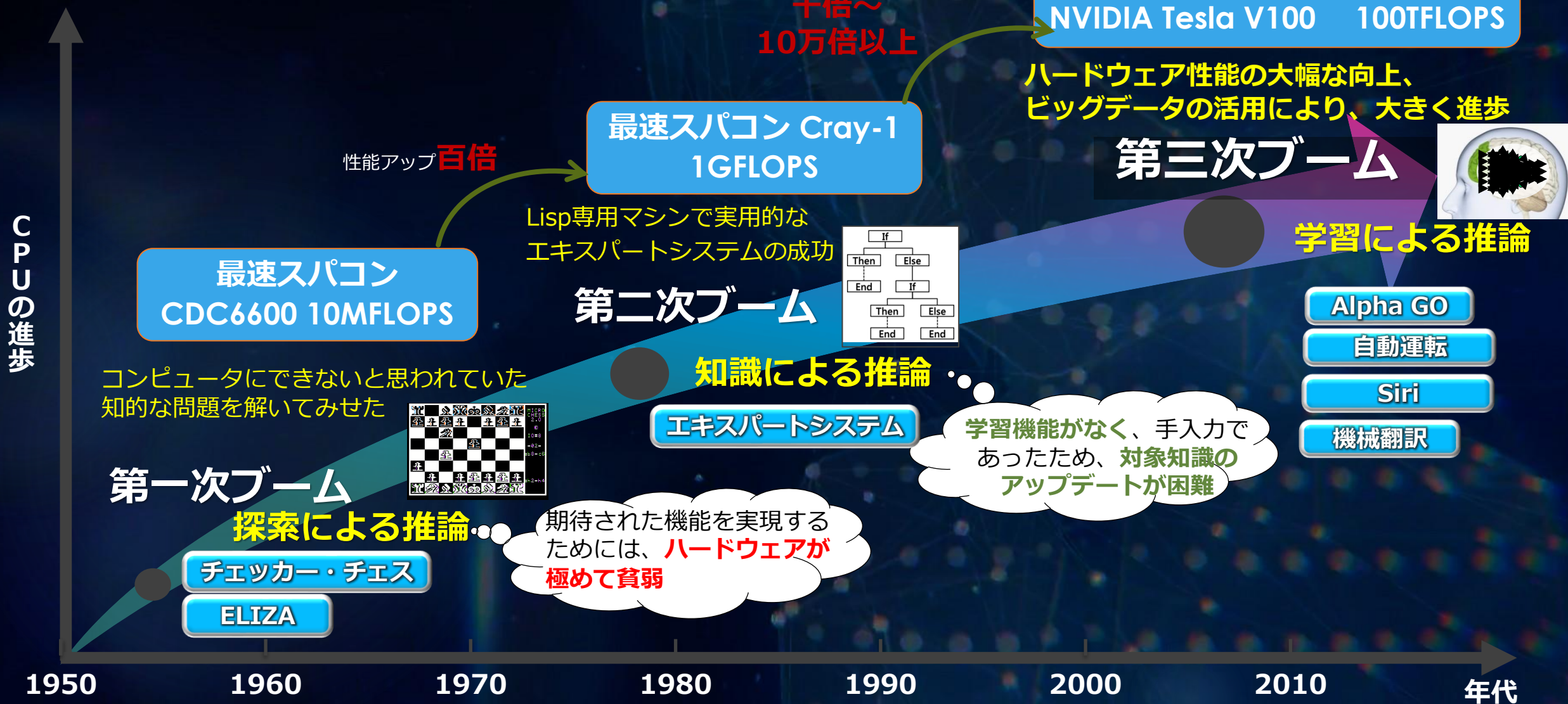
こんなに単純じゃないけど…

⇒ 天気や社会的な情勢など、様々なデータを活用！

人工知能 “AI” 技術の歴史

～ ディープラーニングの登場 ～

AIの歴史



人工知能 Artificial Intelligence の始まり

1956年 ダートマス会議（ワークショップ）：米国東海岸（ボストン北部）

The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence

初めて人工知能(AI)という言葉が使われた。1か月間のブレインストーミング。

会議提案書より：機械が言語を使うことができるようにする方法の探究、機械上での抽象化と概念の形成、今は人間にしか解けない問題を機械で解くこと、機械が自分自身を改善する方法などの探究の試みがなされるだろう。我々は、注意深く選ばれた科学者のグループがひと夏集まれば、それらの問題のうちいくつかで大きな進展が得られると考えている。



John McCarthy
1927-2011



Marvin Minsky
1927-2016



Allen Newell
1927-1992



Herbert Simon
1916-2001

Artificial Intelligence 人工知能 第3次ブーム

- **2012**年 ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) にて、Toronto 大学 Geoffrey Hinton 教授が他者と桁違いの大差の認識率で優勝！



ーある画像に写っているのが、ヨット？花？動物？ネコ？を当てるコンテストー
1000万枚の解答有り画像で学習し、15万枚の試験画像で正答率を競う
(エラー率が他者の26%台に対し、Toronto大学は15%！)



ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks

Alex Krizhevsky
University of Toronto
alex.krizhevsky@utoronto.ca

Ilya Sutskever
University of Toronto
sutskever@cs.toronto.edu

Geoffrey E. Hinton
University of Toronto
hinton@cs.toronto.edu

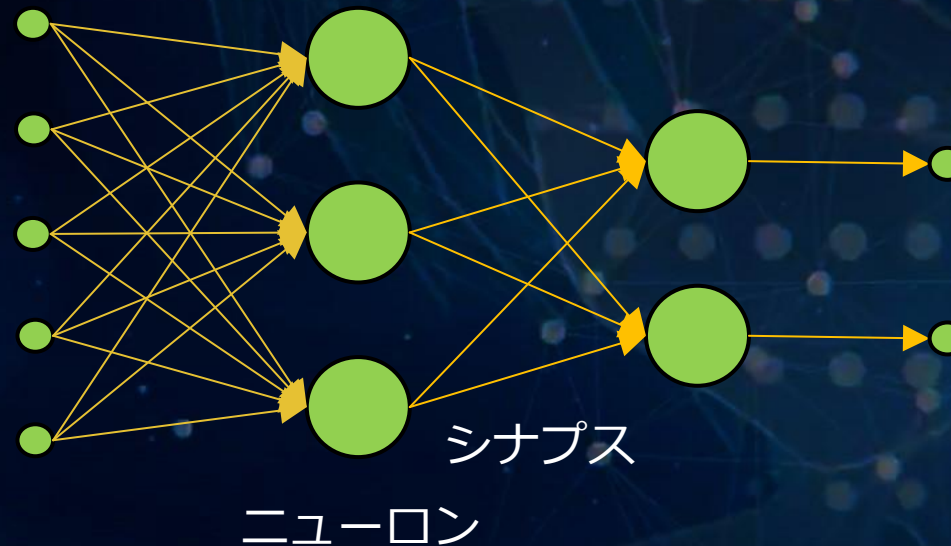
Abstract

We trained a large, deep convolutional neural network to classify the 1.2 million high-resolution images in the ImageNet ILSVRC-2012 contest into the 1000 different classes. On the test data, we achieved top-1 and top-5 error rates of 37.5% and 17.0% which is considerably better than the previous state-of-the-art. The overall network, which has 65 million parameters and 650,000 neurons, consists of five convolutional layers, some of which are followed by max-over-time/pooling layers, and three fully-connected layers with a final 1000-way softmax. To make training feasible, we used several techniques: data augmentation, pre-training, and a very efficient GPU implementation of the convolution operation. To reduce overfitting in the fully-connected layers we employed a newly-developed regularization method called "dropout" that proved to be very effective. We also released a version of the model to the ILSVRC-2012 competition and achieved a winning top-5 test error rate of 15.3%, compared to 26.2% achieved by the second best entry.

- ここで試みた新しい学習方法 ⇒ **Deep Learning (深層学習)**

Deep Learning 深層学習 とは

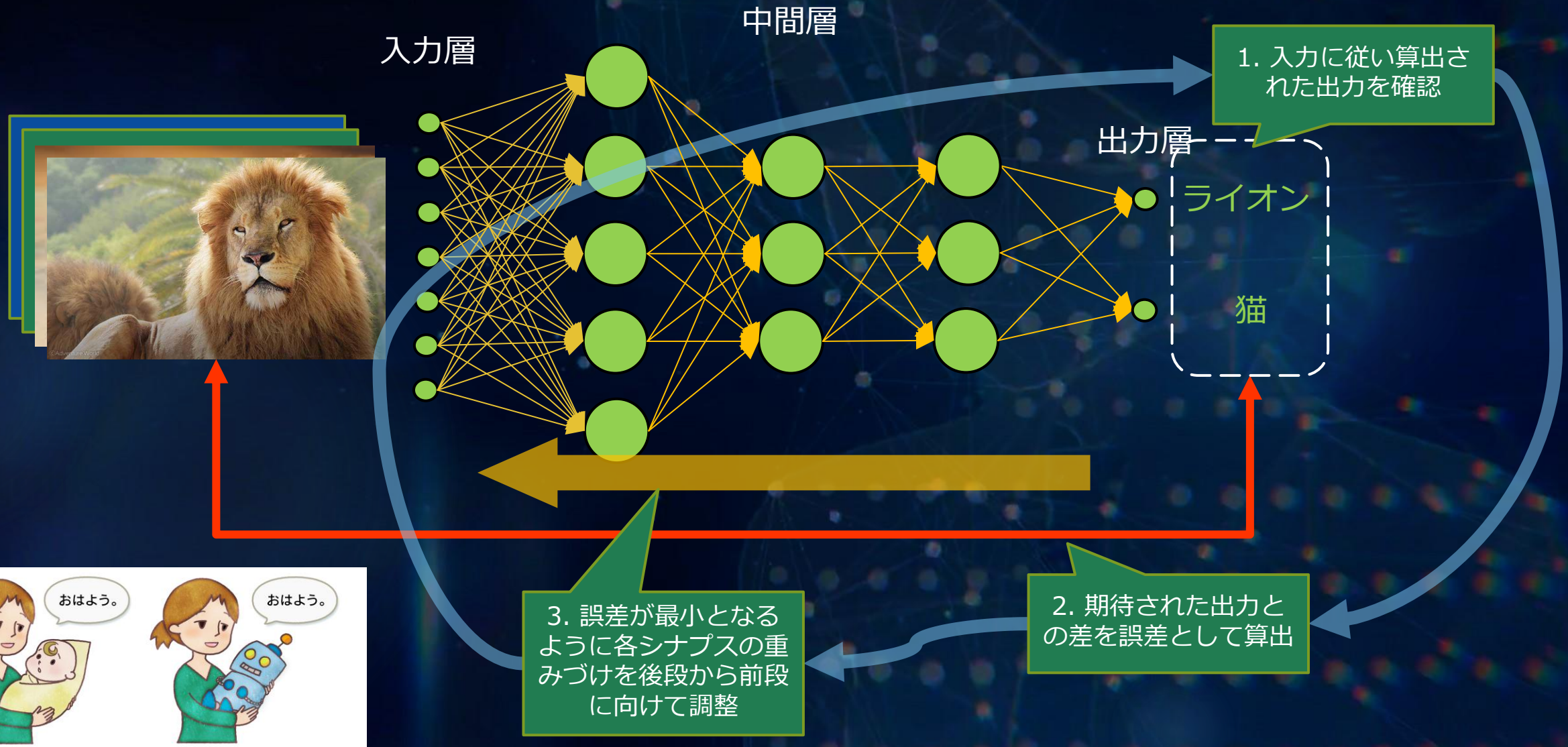
- ▶ ニューラルネットワーク（神経回路網：脳機能の数学モデル）が基本



- ニューロンに入ってきた信号を、シナプスを通して、次層のニューロンに伝える。この時、シナプスは信号に重みづけを与えることができる。
- この重みづけについて、信号を何度もこのネットワークを通す（＝経験すること）で、期待される出力となるように調整していくことが「学習」となる。

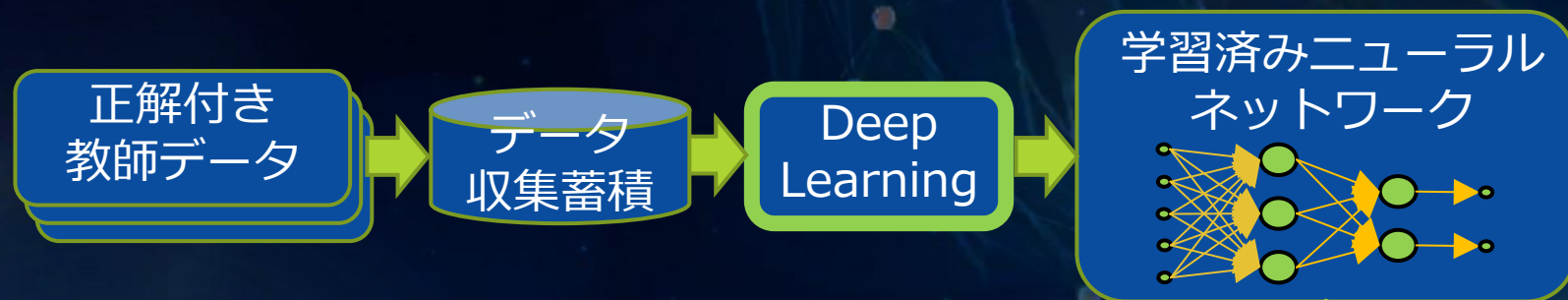
⇒ **この「ニューロン層」を何層も深くしたネットワークで「学習」すること**

どうやって人工知能は学習するか？ ～バックプロパゲーション（誤差逆伝搬）による重みづけ調整～

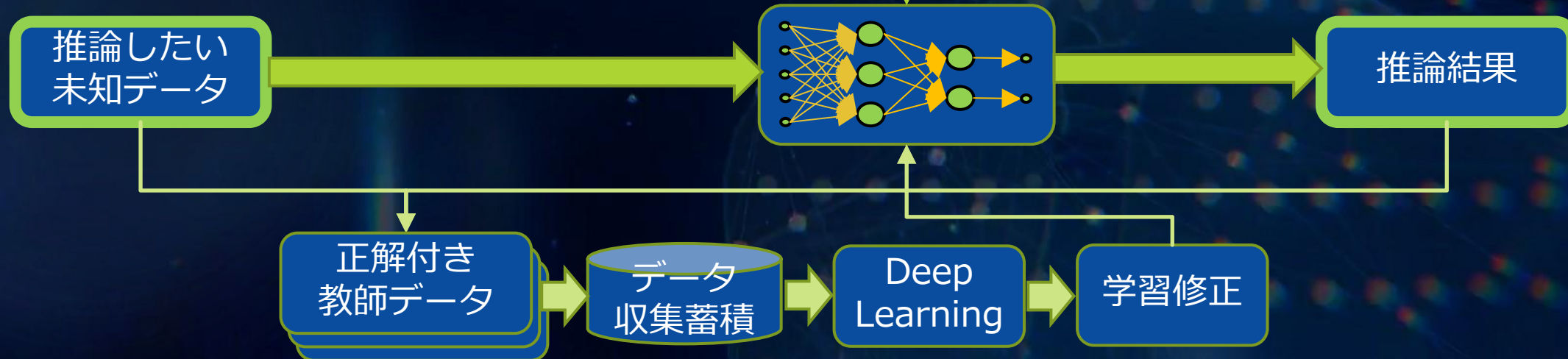


活用のための2つのフェーズ

学習 (Training)



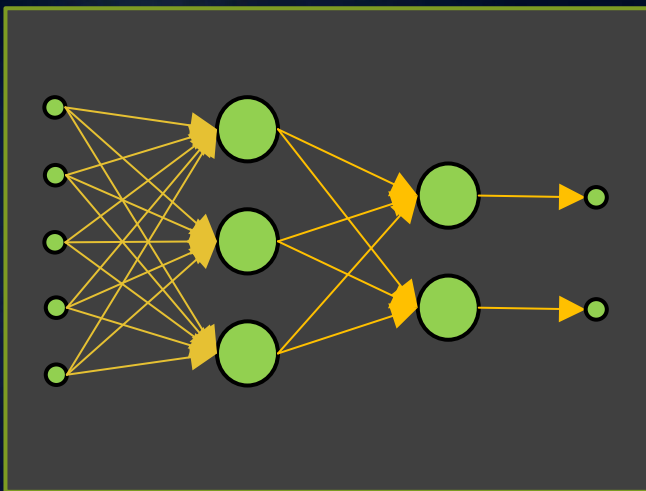
推論 (Inference)



大量のデジタルデータから学習済みニューラルネット を作成するためには、GPU (Graphic Processing Unit)を使う

ディープラーニング

行列演算の塊、処理速度が学習速度

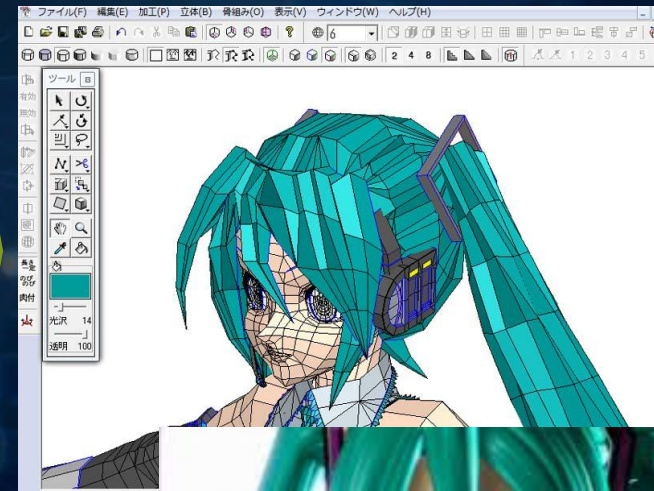


GPUは高速行列演算が得意



3D画像の動画処理

行列演算の高速処理でリアルさを追求



CPU本体、サーバーマシン

様々なデータを学習し、推論する

あらためて、学習とは？ ⇒ 大量のデータから“特徴”をつかみ取る。

これまでは、人間(職人)が経験とカンでつかみ取ってきた“特徴”を Deep Learning
深層学習により計算機が自動的につかみ取ることができるようになった！

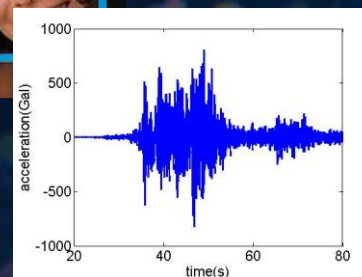
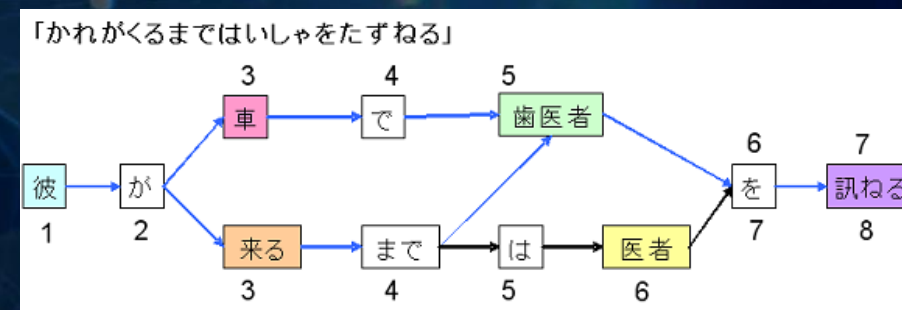
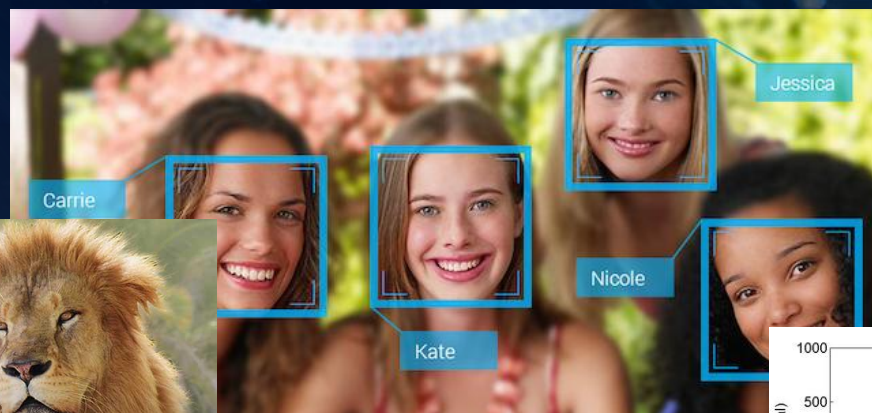


画像認識

画像内位置検知
どこに映ってる？

何が映ってる？

何が書いてある？ 誰が映ってる？



文書理解
どんなこと言ってる？

言語認識

なんて言ってる？

AIを“自動運転”に。

- ▶ 画像処理等による周囲の状況認識が基本。
→ 車道はどこか？あるいは障害物（他車、歩行者）はどこか？
- ▶ この状況認識の結果に基づいて、安全な走行路を常に割り出しながら進めば（止まれば）、目的地まで到達できる。
- ▶ 様々な時間帯（昼夜）や天候（晴れ雨等）での車載カメラの画像に、車道、歩道、建築物、植栽、空や、車、人物、などの区分けを深層学習させると、どのような状態でも画像の区分けを行うことができるようになり、進むべき車道を見出すことができる。ここをドライブする。

リアルタイムでの区分け作業をし続け、人物や他車と接触せずに車道を走るようハンドル操作を行う。もちろん車道が詰まっていればブレーキ操作で止まる。



ディープラーニングの大きな課題

ここまで話をしてきたディープラーニングだが、使用する上で課題が3つ。

- (1) “出てくる答えは「%」” どこまで計算しても100%は無い
- (2) “学習データに偏りがあると、結果も偏る” (Bias (Frame) 問題)
- (3) “現時点では、結果を導いた理由が分からない” (BlackBox問題)

⇒ これらの特徴を踏まえた上での活用方法を考えていくことが必要となる。

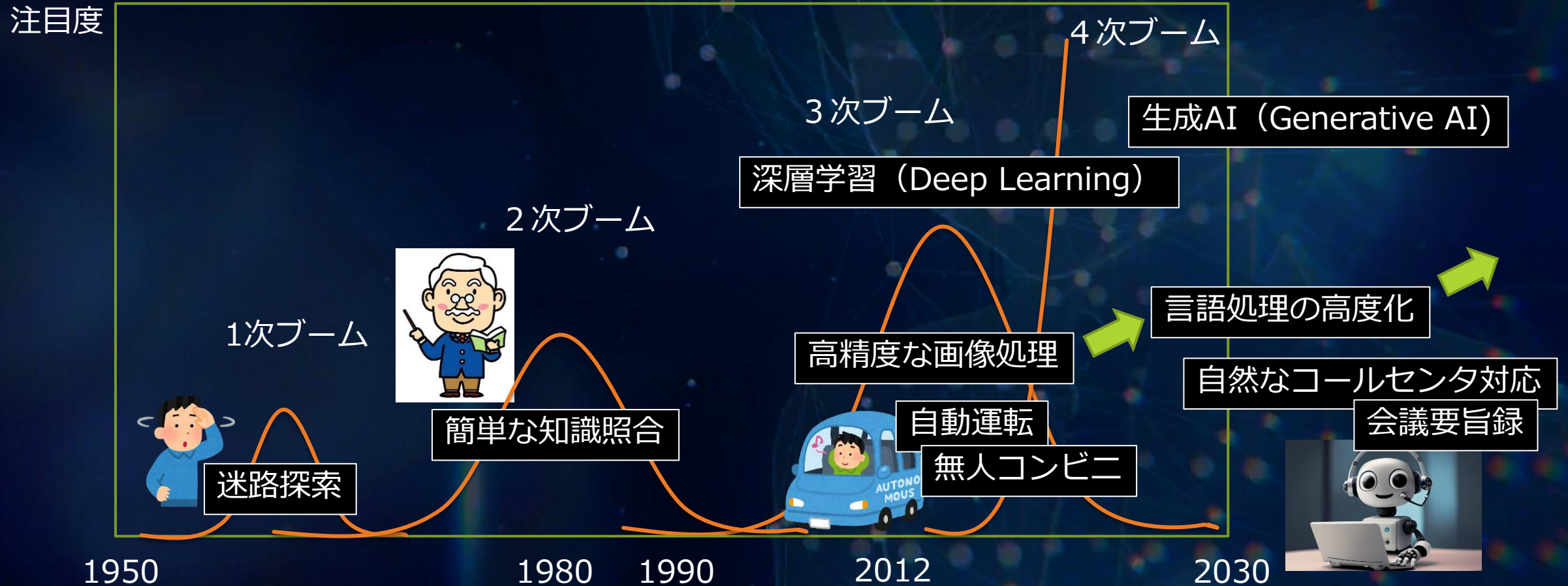
人工知能技術の加速度的な進展

生成AIの登場（2018年～）

画像処理だけでなく言語処理、更には生成へ

人工知能への期待

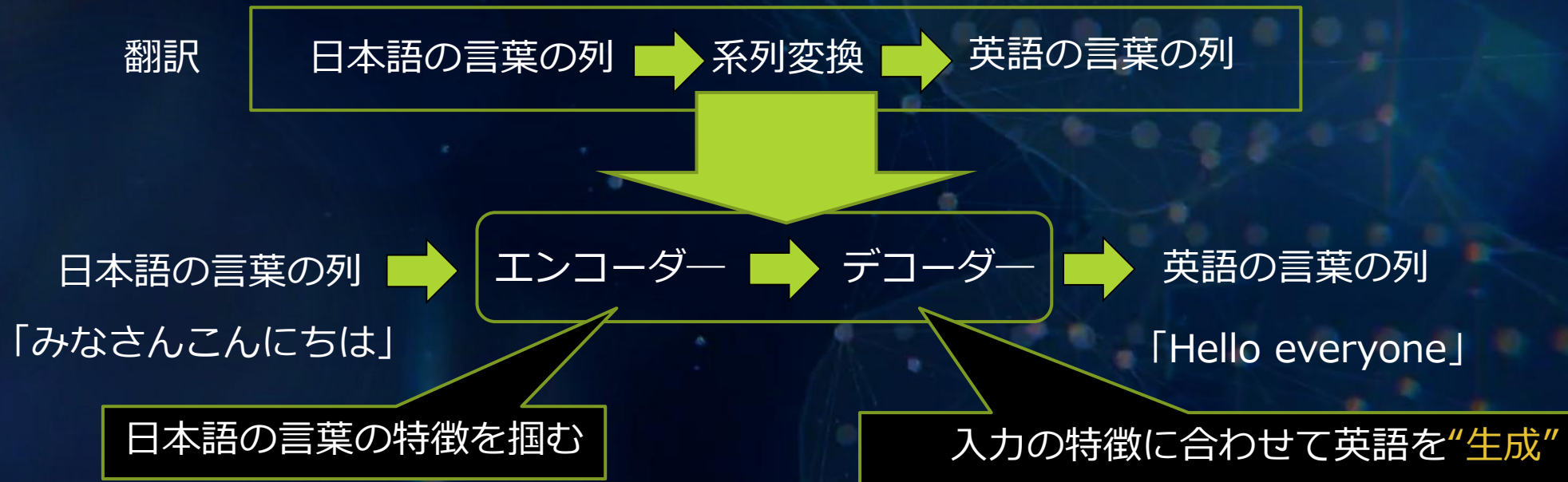
人工知能 (Artificial Intelligence)の期待が何度も高まる
生成AIはDeep Learningに続く第4次ブーム！？



BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) の登場

2018年10月にGoogle社のJacob Devlin氏らが発表
～Transformerによる双方向のエンコード表現～

Transformer : 系列変換

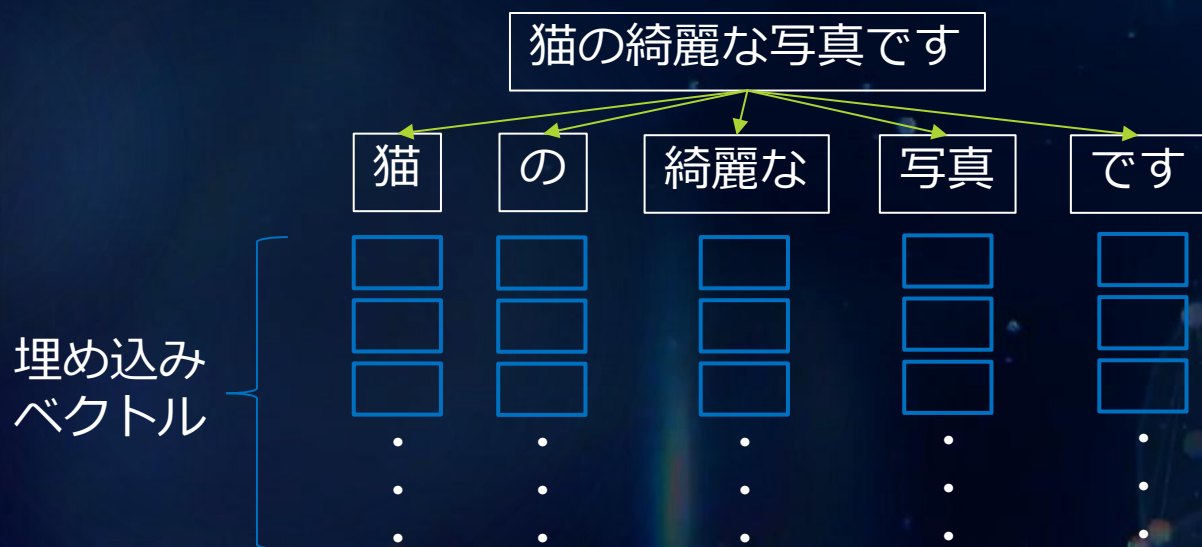


元となる論文: 同Googleチームによる
“Attention Is All You Need.”, 31st Conference on Neural Information Processing System, Dec. 6, 2017

エンコーダの働き（ベクトル化）

まず、言葉（単語の列）をコンピュータに取り込むには。言葉を数字に置き換える必要がある。

どうするか？⇒まずは、言葉を最小単位（単語：トークン）に分解し、数字列（ベクトル）で表す。
数字列が長いほど単語の意味・特徴を正確にとらえることができる。



“猫”という単語を数字列で表してみよう。

単語	猫	犬	毛布
名詞	1.0	1.0	1.0
生き物	1.0	1.0	0.0
もふもふ度	1.0	0.3	0.8
忠実度	0.2	1.0	0.0
あったかさ	0.8	0.8	1.0

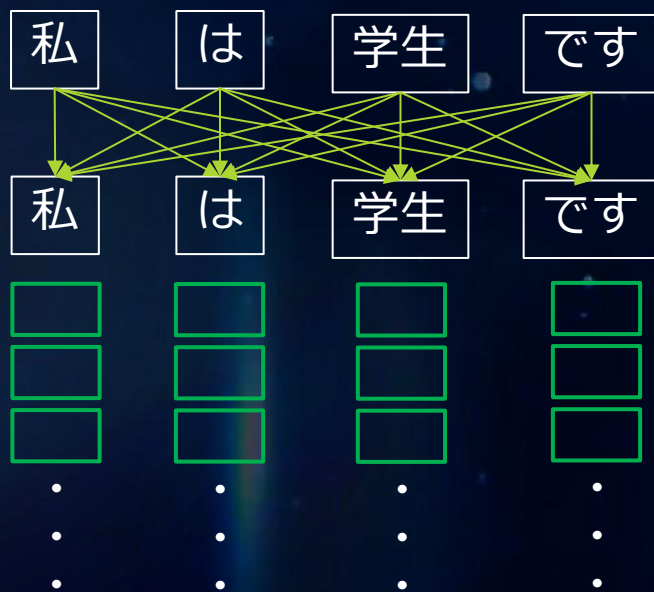
<https://qiita.com/satken2/items/d8b3e687e0ac4e55bcec>に追記

エンコーダの働き

形態要素解析で文章を単語（トークン）に分解し、それぞれの単語の様々な特徴を数値に置き換える。

埋め込み
ベクトル

数字の列。列の長さが長いほど、精度高くトークンの特徴を表すことが出来る



埋め込み
ベクトル

このベクトルは、単語の、特徴だけでなく、文中での役割を含む数字の列となる

埋め込みベクトルを利用して“**自己注意機構（Self Attention）**”により、単語の関係性を検出分析する。どの単語同士の関係が強いかわかる。をベクトルで表し、もとの埋め込みベクトルに掛け合わせて、文としての特徴を付加したベクトルを作る。

デコーダーの働き



エンコーダ出力を用いて、関係を注意機構で参照解析しながら、トークンを一つ一つ生成する。出来上がったトークン列として次のトークンの生成を行うことを繰り返し、トークン列、すなわち文として生成する。

自己注意機構は生成されたトークン列の全体の特徴をとらえて、次のトークンの生成に活かしている。

自然言語処理 (Neural Language Process) を、大量の学習データや大規模ニューラルネットで、更に高度に賢く！

Chat-GPT Generative Pre-trained Transformer



<https://towardsdatascience.com/gpt-3-the-new-mighty-language-model-from-openai-a74ff35346fc>

シナプス数（パラメーター数）はGPT-4（2023.3）は兆単位。GPT-3.5の文字数上限は英語ベースで3,000語程度（日本語1,000～2,000語程度）GPT-4はGPT-3.5の約8倍。本でいうと30ページ以上の文量を一度に生成できるほどの単語量。⇒より長文でのテキスト生成や複雑な指示への回答が可能。

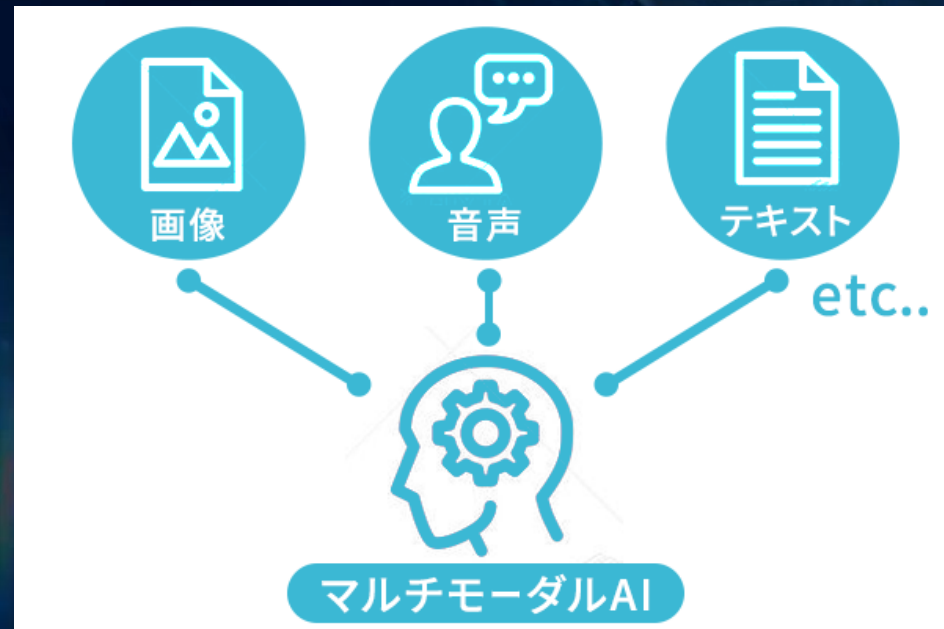
生成AIの能力の拡張、実用性の進化の流れ

マルチモーダル ⇒ RAG ⇒ MCP ⇒ AI エージェント

ついに人工知能は自律する

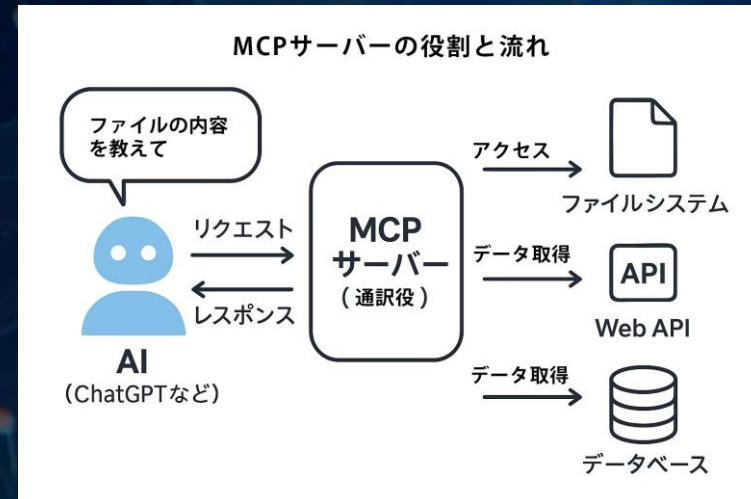
“生成AI”は、言葉や画像を扱える技術に マルチモーダルAIへ

デジタルデータでの系列変換を考えると、単に翻訳だけではなく、変換意図に従って様々な変換が可能になると考えられます。例えば、質問に答えるとか、あるいは画像データもデジタルデータの集まりと考えれば、変換が可能になります。言語データを画像データに変換することも可能になると考えられます。⇒ マルチモーダルAIへ



生成AIをうまく使いこなす技術 RAG、MCP

- Retrieval-Augmented Generation（検索拡張生成）：主にテキスト検索
 - Model Context Protocol（MCP）：更に汎用性を持ち、動的に外部活用
- ▶ これらをうまく使いこなすことにより、生成AIの拡張性が広がります。



そして、AIエージェントへ

AIエージェントって？（翻訳⇒要約⇒...）

単に質問に答えることや、命令に反応するだけでなく、出した答えを元に、次の反応を示す働きを行い、あたかも**AI自身が独自に自律的に考え続けて答えを出す**ような状態を実現したもの。

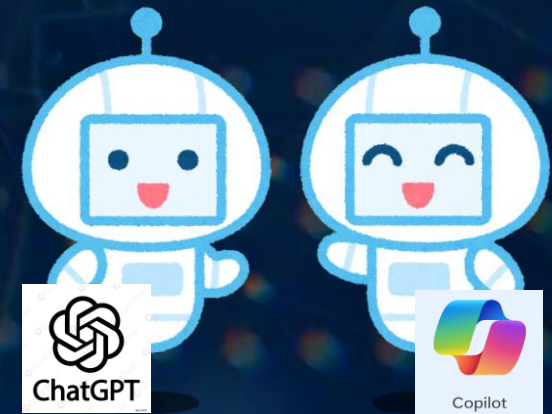
何かの質問や命令に対する検索結果を導き出し、それを入力として更なる答えを出す仕組み。

旅行などの計画を練る際に、希望する日時と場所をAIエージェントに入力すると、交通機関や宿泊施設の検索結果を出し、入力と出力を対比させながら、何度も調整し、最終的に整合性のある旅行計画を作り上げることなどが、分かりやすい例。

⇒ **考え続けて答えを出す！**

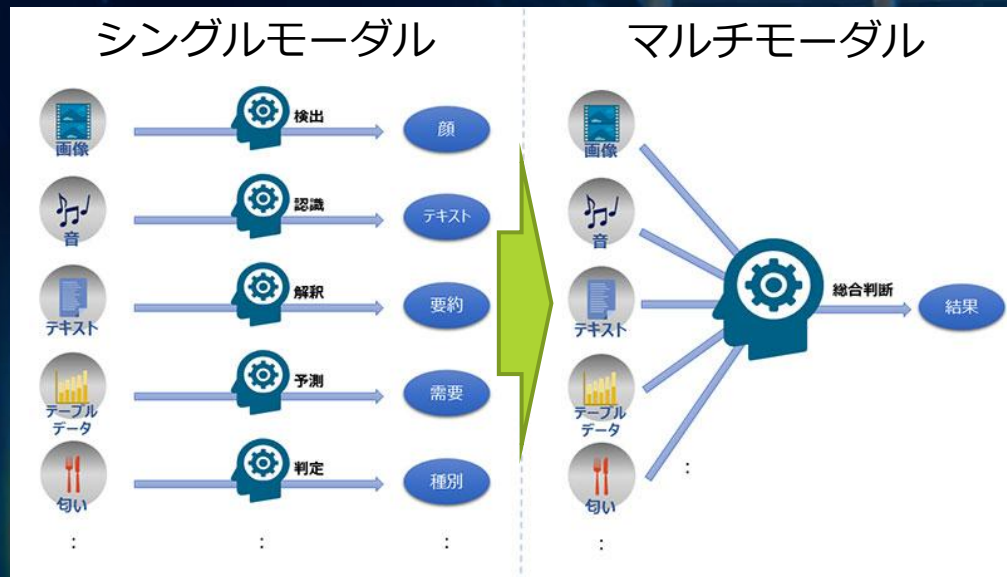
AIとAIが議論しながら答えを出す。＞ マルチエージェント
Chat-GPTとCo-Pilotで議論させてみると？

⇒ **知能爆発 Intelligence Explosion !**



更にデジタルデータだけでなく、身の回りの世界の把握と行動にもつなげていく⇒ Physical AI へ

- ▶ 人間の赤ちゃんは、やがて歩き出したり、ご飯を食べたり、体を使う様々なことをしだす。体を動かすことで、体験を積み重ねる。
- ▶ もちろん、五感（視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚）も加えて、様々な学習を積み重ねて行く。



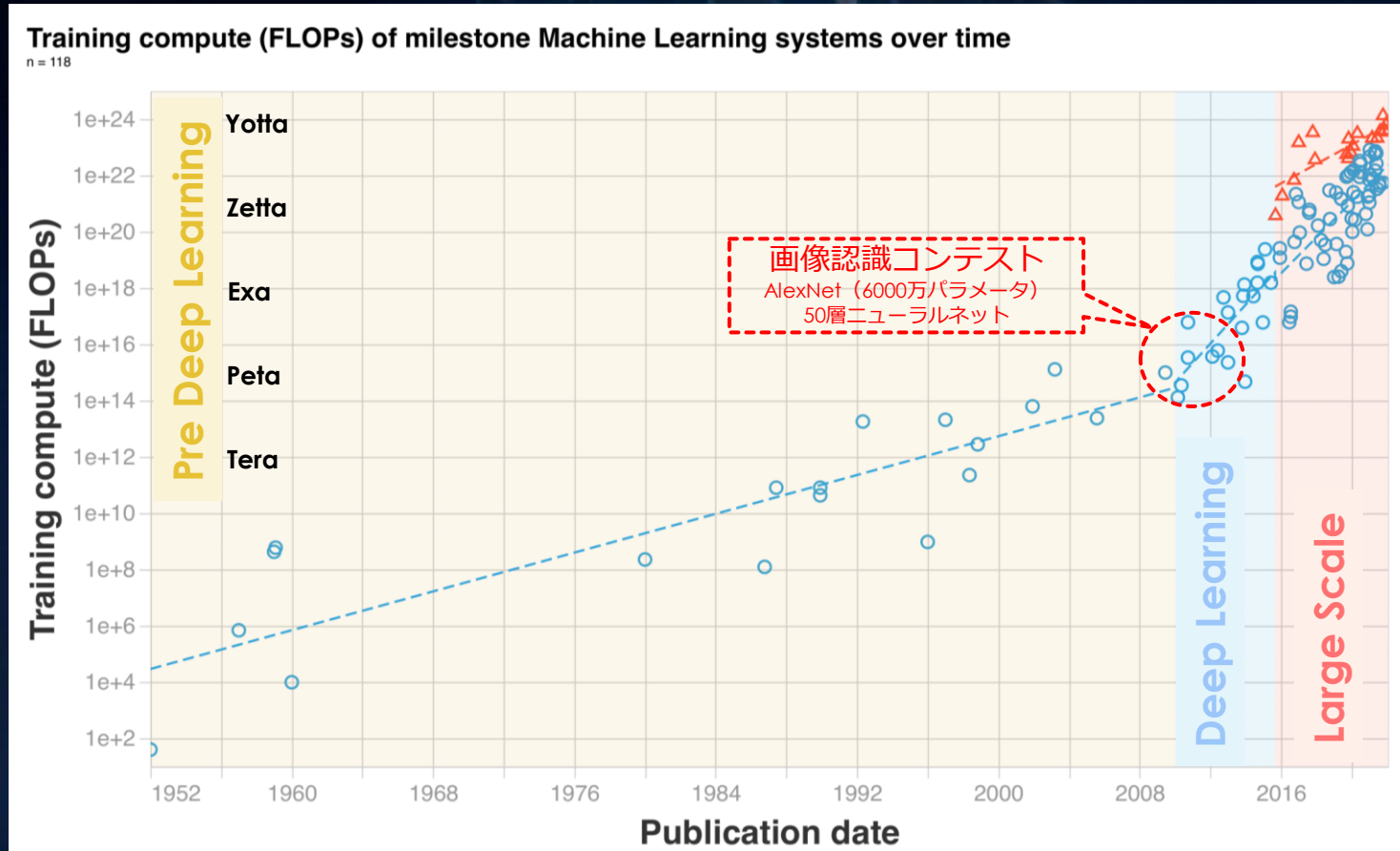
⇒これってロボット！



生成AIの課題 1

大量計算処理の実現と、消費電力問題

画像認識がAI時代のスタート、生成AIでさらに。



出展：WhitePaper "Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning", Lennart Heim, a Research Scholar at the Centre for the Governance of AI and Research Fellow at Epoch.

進化を続ける GPU、スパコン

⇒10の23乗FLOP s の学習で人工知能の“創発性”を観測か？

- ▶ nVIDIA の GPU は数年ごとに新たな製品発表
- ▶ 富岳 深層学習の性能ベンチマーク「HPL-MxP」（旧名称「HPL-AI」）において世界第4位。



理化学研究所

注目はデータセンター建設ラッシュ

新データセンターの概要

京阪奈エリアに30MW規模のデータセンターの建設を計画



【概要】

建設予定地 : 京都府相楽郡
階数 : 地上4階 免震構造
サーバ室面積 : 10,900㎡
(4,800ラック相当)
IT電力容量 : 30MW予定 (終局)
竣工予定 : 2025年度
下半期予定 (初期)

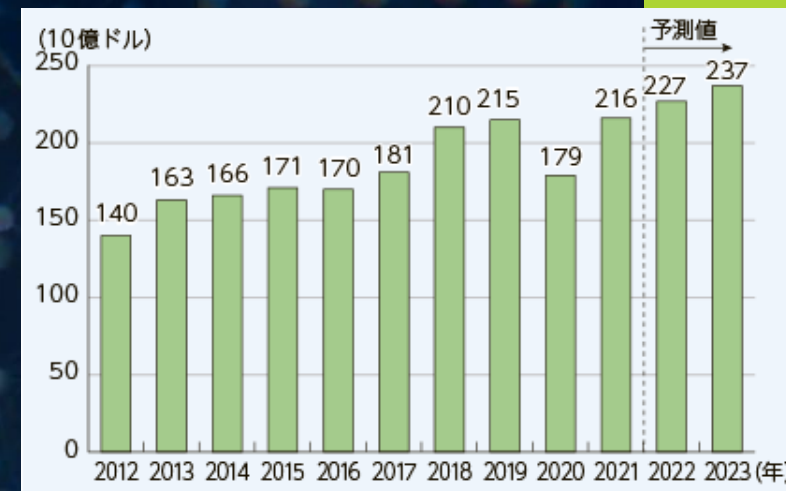
【特長】

- ・ 災害リスクの少ないBCPにも最適な立地
- ・ 高効率かつ冗長化による信頼性の高い設備
- ・ 再生可能エネルギーの提供
- ・ 優れたネットワーク環境

Copyright 2022 NTT CORPORATION

4

日本には8,000拠点が存在する。
NTTはグローバルに第3位 (Equinix、Digital Realityに次ぐ)。



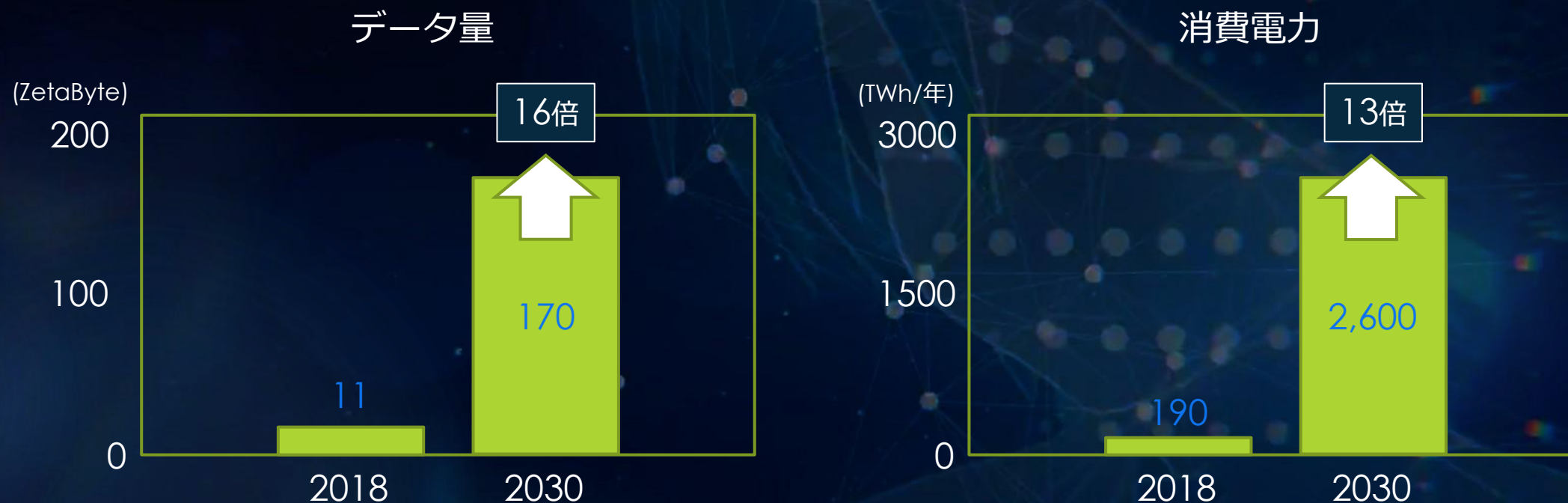
世界のデータセンターシステム市場規模（支出額）の推移
出展：総務省情報通信白書令和4年版

グローバルデータセンターの新規DC拡大予定



数値は、計画中のものを示します。上記数字は変更になる場合があります。

世界のデータセンタのデータ量・消費電力



出展：国立研究開発法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター

仮想化技術などの進展で、当初は消費電力を押さえられたが、人工知能の登場で、一気に増える。単にデジタルデータをストックするだけではなく、高度な演算処理を行う拠点となりつつある。

データセンタファシリティの省電力化の試み

・冷却

建設地の選定 間接外気冷房型の空調システム

水冷システムの標準化

空調装置の最適設置/制御

・電源効率化

サーバー仮想化による台数削減

直流電源の活用

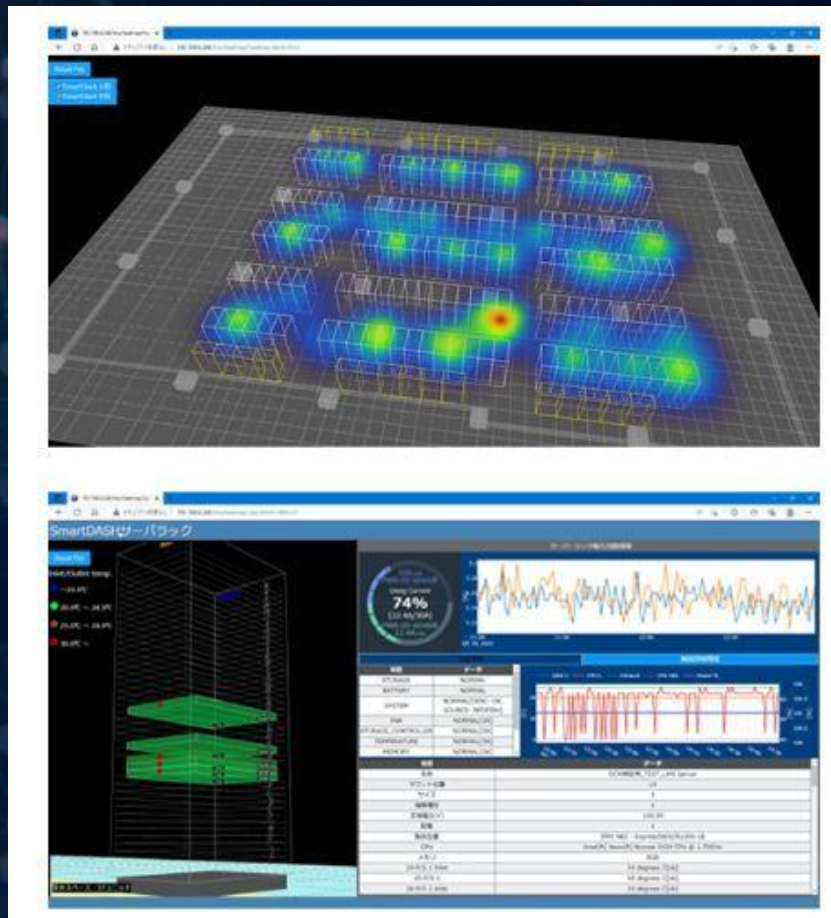
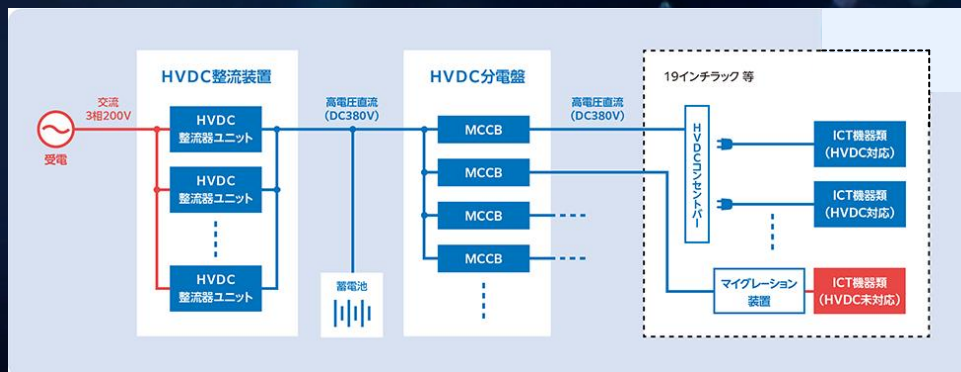


さくらインターネット石狩データセンタ PUE=1.116
(PUE=データセンター全体の消費電力÷IT機器による消費電力)



東工大スパコン TUBAME
水冷システム

NTTファシリティーズ
HVDC給電システム



NTTデータ「Green DC energy management」
可視化技術（温度湿度のみならず、サーバ内蔵センサを活用）

データセンタの地域分散と IOWN構想 APNサービス接続

Innovative Optical and Wireless Network, All-Photonics Network

データセンター（DC）をAPNで接続することで、機能分散や高可用性が可能
地域の中小データセンター活用促進により再生可能エネルギーの利用促進



IOWN APN(全光ネットワーク)、光電融合デバイスへの期待

低消費電力

電力効率100倍※1

伝送媒体

光ファイバケーブル

伝送装置

光(波長)スルー

情報処理基盤

光電融合素子

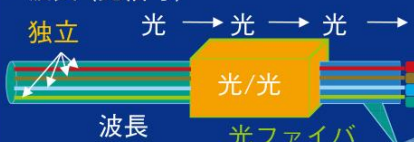


※1 フォトニクス技術適用部分の電力効率の目標値

大容量・高品質

伝送容量125倍※2

・波長(光信号)



※2 光ファイバ1本当りの通信容量の目標値

低遅延

エンドエンド遅延
1/200※3

- ・波長単位で伝送
- ・待ち合わせ処理不要
- ・データの圧縮不要

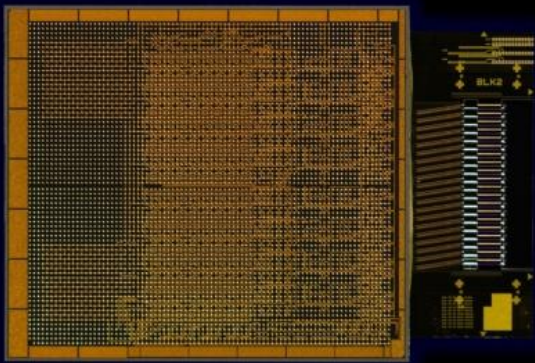
波長A 大容量動画(非圧縮)

処理遅延なし

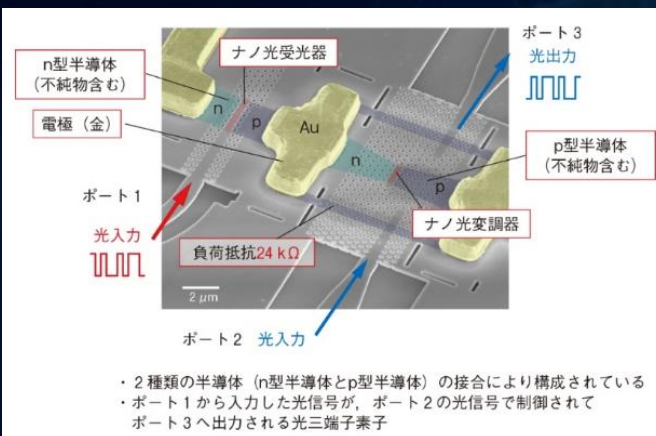
波長B 音声

※3 同一県内で圧縮処理が不要となる映像トラフィックでの遅延の目標値

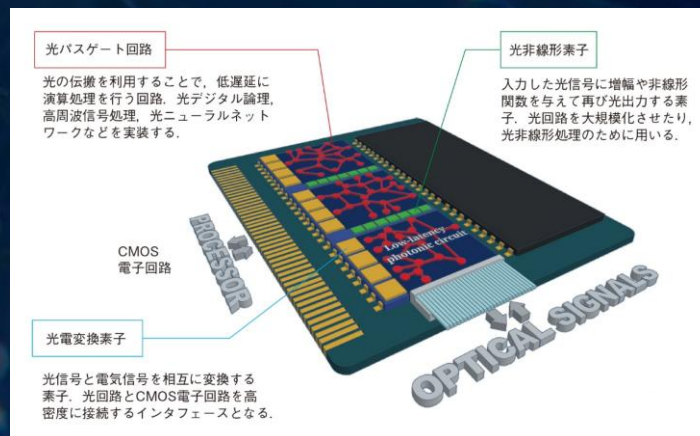
Intel 光電融合チップレット



NTT物性科学基礎研究所 ナノフォトニクスセンタ



光トランジスタの電子顕微鏡写真



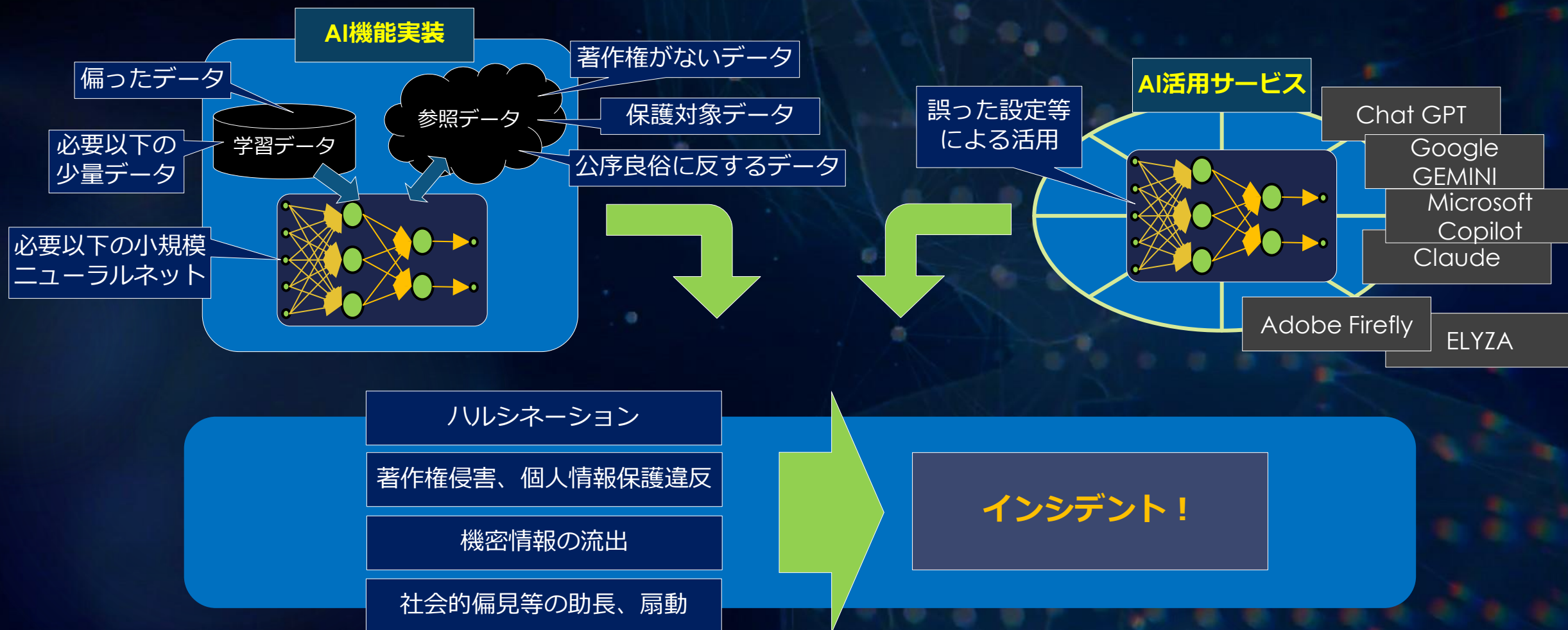
光電融合アクセラレータの概要図

生成AIの課題 2

人工知能技術の倫理問題

倫理問題に起因するAIインシデントの分類

“AI機能実装”・“AI活用サービス”から問題が生じる。非常に広範囲に及ぶ。



このような人工知能は、これから社会で使われ始めると、 どんな倫理的な問題が想定されるのでしょうか？

(1) 差別と偏見：

AIシステムは、学習データや計算手順での偏りを反映する可能性があり、性別、人種、宗教などの属性に基づいて差別的な意思決定を行うことがあります。

(2) プライバシー：

AIは個人情報を学習データとして処理し、それが不正に利用される可能性があるため、プライバシーの侵害が懸念されます。

(3) フェイクによるデマ：

AIは、あたかも本物のような文章、画像を作り出し、それに意に反するフェイクとして表示することができ、デマの流布であったり、個人の否定につながることを懸念されます。

(4) 透明性と説明責任：

ディープラーニングなど一部のAI計算手順はブラックボックスであり、その意思決定プロセスが説明困難であるため、責任の所在が問題となります。

(5) 雇用と経済影響：

AIの普及が進むと、一部の職種が自動化され、労働市場に変化が生じ、雇用の喪失が懸念されます。

どう人工知能と付き合っていけばよいのでしょうか？

AIの課題として、内閣府の「人工知能と人間社会に関する懇談会」報告書（2017年）では、6個の論点を挙げています。倫理、法、経済、教育、社会及び研究開発です。特に重要と考えられるのが、人権概念を含む倫理的な課題です。

人間性の保持やプライバシーの保護、平等、安全性の確保などといった人類が長い歴史のなかで営々と築き上げてきた大事な価値観です。伝統的に存在してきた差別やバイアスを反映したデータ・セットをAIが学習することで、これらがアルゴリズムのなかに承継されてしまうこと（バイアスの承継問題）や、バイアスを含む不公正なプロファイリングによって信用スコアなどを低く見積られても、アルゴリズムのブラックボックス化によりバイアスの存在が不可視化し、その評価を覆すことが極めて困難になる問題などを挙げています。

このような課題を解決するためには、法令遵守、プライバシーや人権、倫理、社会受容性への配慮、さらにはAIを開発、提供する企業だけが課題解決の検討を行えばよいのではなく、AIを利用しサービスを提供する個人や団体など、全体を通じてAIの課題を正確に理解し、対応することが求められます。

広島 AI プロセス

Hiroshima AI Process

総務省 2023年 5月

AI SAFETY
SUMMIT

HOSTED BY THE UK
1-2 NOVEMBER 2023

どう人工知能と付き合っていけばよいのでしょうか？

● 法規制

近年、個人情報、プライバシー保護の観点から、急速に立法化が進められています。

● 政府、学会などの指針（ガイドラインなど）

さまざまな国の政府機関、学会、団体などがAIと倫理に関する指針を公表しています。例えば、EUのHigh-Level Expert Group on AIによる「Ethics Guidelines for Trustworthy AI」やOECDの「OECD Principles on Artificial Intelligence」、IEEEの「Ethically Aligned Design」などがあります。日本では、2019年3月に内閣府が「人間中心のAI社会原則」を、同8月には総務省が「AI利活用ガイドライン」をそれぞれ公表しました。いずれも、公平性、透明性、個人の尊厳・自律、アカウントビリティ、プライバシー保護などに関して言及しています。

● 企業の取り組み

AIに関する法規制や政府、学会などの指針について、企業からは、個別事業の適法性や適正性の判断にあたりどの程度の取り組みが求められているのか分かりづらいといった指摘もなされています。このような状況から、AI技術を有するテクノロジー企業を中心に自主的なルールを策定する動きがあります。マイクロソフト社やグーグル社など、米国巨大IT企業に始まり、日本企業にも広がっています。

おわりに

人工知能について解説しました。
これまでの話から、人工知能の仕組みのアウトラインを理解できましたか？
また、最新の動向となるAIエージェントについても触れました。

よく、「人工知能はなんでもできる。今にシンギュラリティが起こるのでは？」と言われます。仕組みを知ったところで、みなさんはどう思いますか？

生成AIは今後の社会を大きく変革する技術であり、その動向はデジタルトランスフォーメーションDXの実現とともに、注目し続ける必要があります。とくにDX実現のカギとなるデータセンタ（というか、生成AIセンタ）の建設ラッシュとともに、電力エネルギー問題が人類の大きな課題となるのは必至です。今後、材料、デバイス、回路、アーキテクチャ、それぞれの領域での技術開発が待たれるところです。

また、生成AIの倫理問題についても対処が必要です。技術の発展とその活用問題については、原子力技術を先例として、ルール作りだけではなく、技術者一人一人の倫理観が大変重要になってきます。

ぜひ、まわりのみなさんと考えてみてください。