



サイエンス・インフォマティクス研究会 SS研HPCフォーラム2023
「自然言語処理と高性能計算～シナジーを探る～」

生成AIが投げかけるもの ～生成AI時代の行く末～

2023年8月21日

富士通株式会社 富士通研究所

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所

穴井 宏和



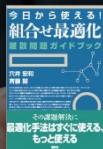
FUJITSU

穴井 宏和

博士 [情報理工学]



執筆



富士通研究所

プリンシパル・リサーチ
ディレクター

FUJITSU



九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 客員教授



東京工業大学 環境・社会理工学院 / 工学院 非常勤講師

科学技術振興機構 CREST 領域アドバイザー (研究総括: 上田 修功)

「数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開」



科学技術振興機構 ACT-X 領域アドバイザー (研究総括: 河原林 健一)

「数理・情報のフロンティア」

科学技術振興機構 ACT-X 領域アドバイザー (研究総括: 原 隆浩)

「次世代AIを築く数理・情報科学の革新」

主な研究テーマ

人工知能・数理最適化・システム制御・計算代数
数理に基づく社会問題解決 (ソーシャル数理)

1991

富士通研究所
国際情報社会科学研究所
入 社

4/212

1999-2000

パッサウ大学 (ドイツ)
情報科学・数学
客員研究員

2003-2009

科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業
研究代表者

2021-2023

富士通研究所
人工知能研究所
所 長

© 2023 Fujitsu Limited

Agenda

1. 富士通のR&D
2. 深層学習の進展
3. 生成AIの動向
4. 富士通の生成AIへの取組み
5. 生成AIの時代の行く末

1

富士通のR&D



グローバル研究機関を拡大

FUJITSU

世界8カ国に約920人

Fujitsu Research of Europe

AI倫理研究と応用研究の推進



Israel (Europe 分室)

セキュリティ研究をリード



Fujitsu R&D Center

先進的な実証実験の場



Fujitsu Research of India

優秀な理数系人材の獲得拠点



富士通研究所

富士通のR&Dの中核



Fujitsu Research of America

最先端動向を取り入れた基礎研究



世界最先端の研究機関と協業



富士通スモールリサーチラボ

各大学との連携を深め社会課題解決に繋がる革新的な研究成果の創出やイノベーション、ハイレベルな人材の育成を目指します。

FUJITSU



大阪大学

富士通量子コンピューティング
共同研究部門

誤り耐性量子コンピュータの実現に向けた技術開発



京都大学

大規模医学AI講座（富士通リサーチラボ）

大規模医学データを統合分析し予測・発見するAI技術の研究



北海道大学

富士通北大リサーチラボ部門

認知フィードバック等の認知科学・心理学知見とIT融合による行動の習慣化に関する研究



東北大学

富士通×東北大学 発見知能共創
研究所

因果発見×数値技術で社会課題解決に貢献する発見知能の研究開発



筑波大学

富士通データコンピューティ
ング基盤共同研究拠点

スケーラブルなデータストア及び高速データ処理に関する共同研究



広島大学

富士通次世代コンピューティ
ング共同研究講座

次世代コンピューティング技術の研究



お茶の水女子大学

富士通×お茶の水女子大学 AI倫
理社会連携講座

AIを活用した定量的かつ客観的なジェンダー平等施策を可能にする研究の推進



東京工業大学

富士通次世代コンピューティ
ング基盤協働研究拠点

AI並びにHPCアプリケーション高速化に向けた次世代コンピューティング基盤に関する研究



九州大学

富士通意思決定数値モデリング
共同研究部門

意思決定のための社会モデリングおよび解析に関する研究



慶應義塾大学

トラステッド・インターネット・アーキテクチャ・ラボ

信頼に基づくデータのやり取りで安心安全なデジタル社会を実現する、新たなインターネットアーキテクチャの構築



横浜国立大学

富士通-横浜国立大学国際リサーチ・ラボ共同研究講座

AIとHPCを活用した台風メカニズムの解明

富士通のテクノロジー

Our purpose

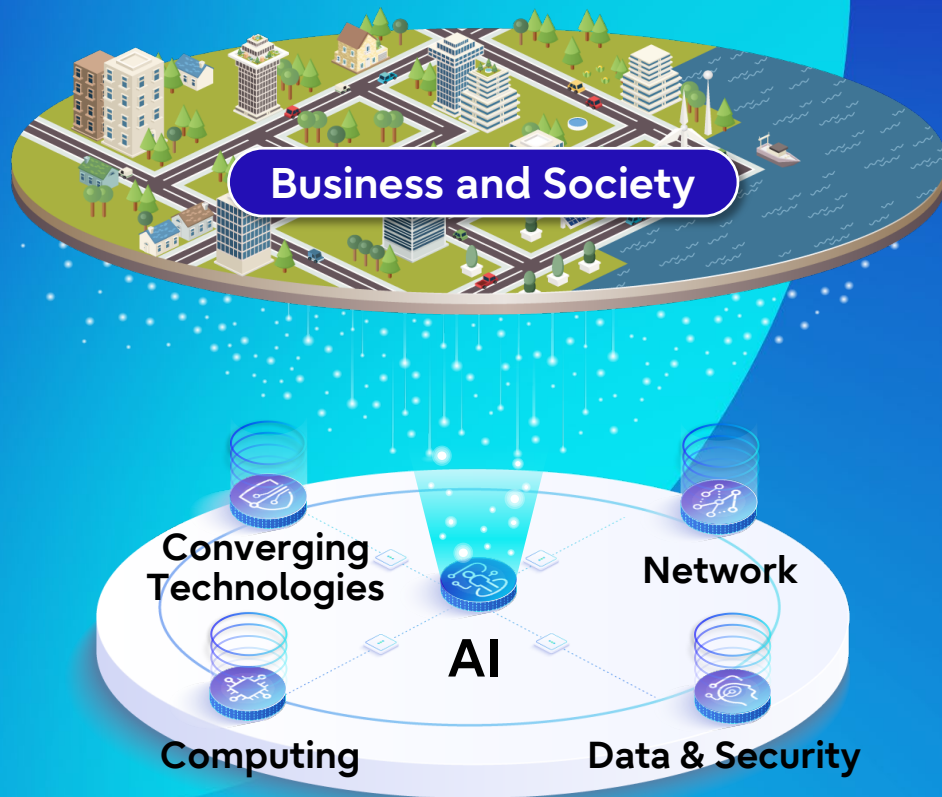
イノベーションによって社会に
信頼をもたらし、
世界をより持続可能にしてい

Fujitsu Uvance

ビジネスを加速し、
社会課題に挑むソリューション

5 Key Technologies

5つの重点技術領域の研究開発に
リソースを集中すると共に、幅広い
パートナーとコラボレーション



テクノロジーを起点とした付加価値の創出

AIを核にコアテクノロジーを強化し、サービスビジネスの付加価値として創出

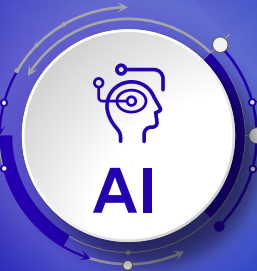
Converging

高精度なシミュレーション



Data & Security

自律分散型の社会システム



Network

大規模ネットワークを制御



Computing

圧倒的なスピードを
省電力で提供



AIイノベーション

AIによる新しい価値の創出

Human
Sensing

説明可能な
AI

因果発見

生成AI

AIトラスト

信頼されるAIの提供

AI倫理

品質

セキュリティ

AI Technology : 富士通研究所 人工知能研究所、AIトラスト研究センター
AIガバナンス : AI倫理ガバナンス室



AIによる社会変革・ビジネス変革
信頼と新しい価値の創出で人と協調するAIへ

富士通が有する強いAI技術

6,000 件以上の実績 **FUJITSU**
(2019年度以降の累積件数)

Human Sensing

人の振る舞いや 表情を認識するAI

- ヒューマントラッキング技術
精度 世界No.1達成 (2023)

基本動作認識精度ベンチマーク
NTU RGB+D 世界一を達成 (2020)



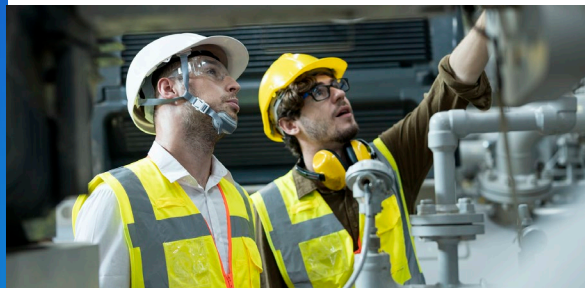
実績：店舗計画、防犯、製造管理

説明可能なAI

人とAIの協働を 実現するAI

- ICLR workshop / ベンチマーク
世界一を達成 (2021)

世界初、判断結果の説明だけでなく
最適なアクションも提示する説明可能なAI



実績：製品検査、介護予防、ローン審査

因果発見

因果関係を見出し 新発見へ導くAI

- 富岳で培ったHPCを用いた世界最大の因果探索で個別条件下の重要因果抽出

カーボンフリー・アンモニア生成の触媒探索
世界初、触媒候補の探索期間を半減以下



実績：ゲノム医療、材料開発、不正検知

AIトラスト実現に向けた取り組み

倫理



AIの安心安全な利用を実現する技術と活動

- 欧州最大の倫理団体AI4Peopleへ設立から参画、政策提言に貢献。主要ポジションに就任し、実践・標準化を牽引
- AI倫理リスクを網羅的に抽出するリスクベースの評価技術を開発、世界に無償公開

グローバル
な共同研究

オックス
フォード大学

ミュンヘン
工科大学

品質



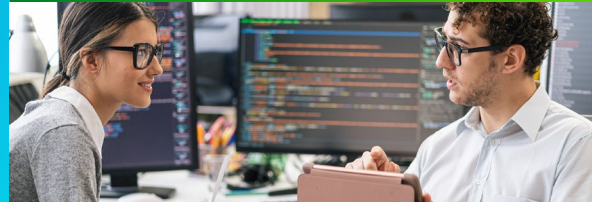
国際標準に沿ったAI品質評価技術と社内適用

- 国際標準化団体ISO/IECにおいて、安心安全なAIの利活用に向けて標準化提案・策定をリーダーとして主導
- 国際標準に準拠した社内標準ガイドライン作成、全社品質統制プロセス適用

グローバル
な取り組み

ISO/IEC JTC 1/SC 42

セキュリティ



AIへのサイバー攻撃の自動監視技術の展開

- パッチ攻撃による不正の検知技術実現
北米NRFに出展、リテール領域で展開
- AIモデルの再学習不要で攻撃者のパッチ更新にも追従する独自技術
(ベングリオン大 共同研究)

グローバル
な共同研究

ベングリオン大学



AIイノベーションコンポーネントを
次々に作り出すプラットフォーム

Fujitsu Kozuchi (code name) - Fujitsu AI Platform

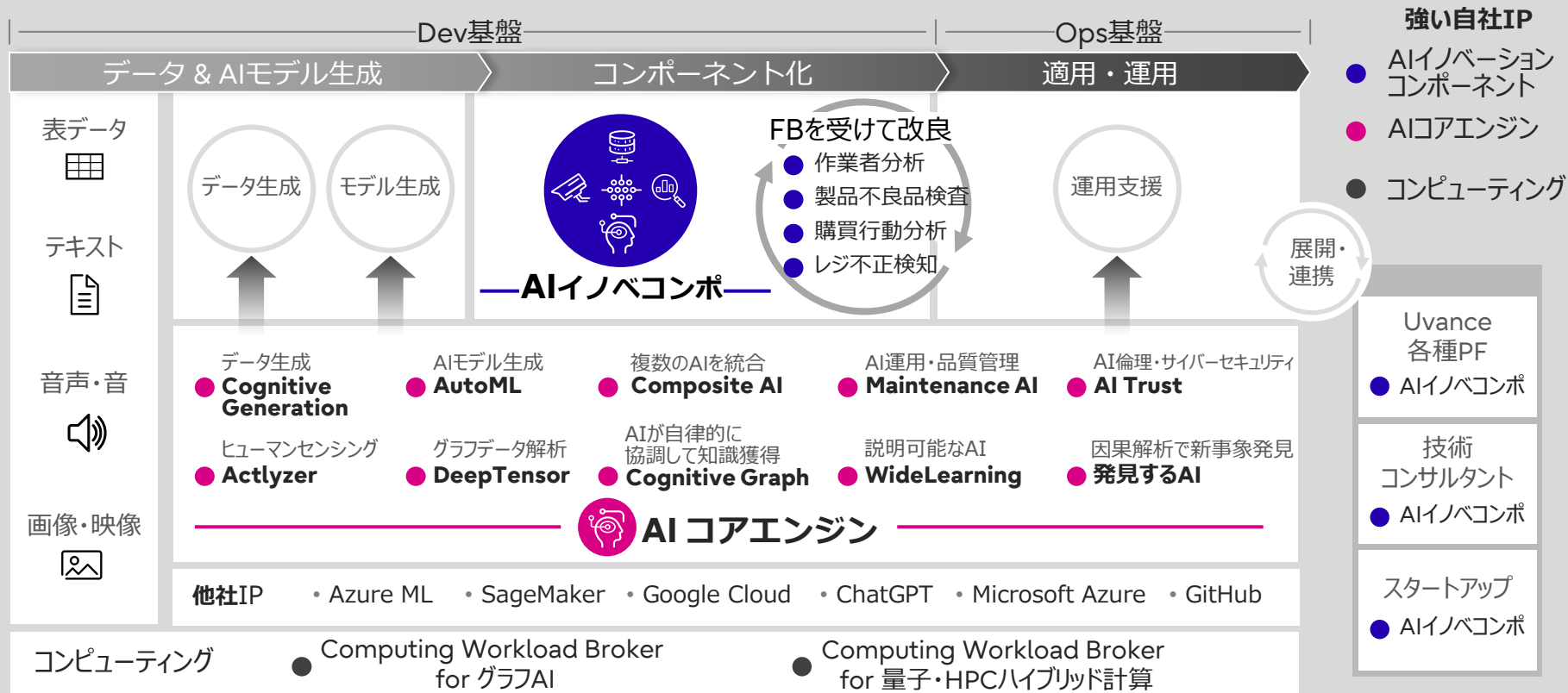
振ることで欲しいものが次々と出てくる「打ち出の小槌」のようにお客様に価値を提供する AIイノベーションコンポーネントを次々に作り出すプラットフォーム

(code name)

Fujitsu Kozuchi - Fujitsu AI Platform構成



スピード・進化・展開容易性を特徴とするクラウドベースのAIプラットフォーム



AIイノベーションコンポーネント・AIコアエンジン (2023年6月時点)



Fujitsu Kozuchiでは 各領域で世界的に評価を受けているAI技術を活用いただけます

AIイノベーションコンポーネント

Human Sensing

世界デファクトのベンチマークで**No.1**の認識精度達成

AI Innovation Component

作業分析



AI Innovation Component

購買行動分析



AI Innovation Component

不審行動検知



AI Innovation Component

不良品検出



AI品質技術

世界初のAI精度自動修復技術

AIコアエンジン

機械学習自動化技術

他社と比較し**33**のベンチマークで
最高レベル精度・高速な**AutoML**技術

AI Core Engine

Fujitsu
AutoML
機械学習自動化技術

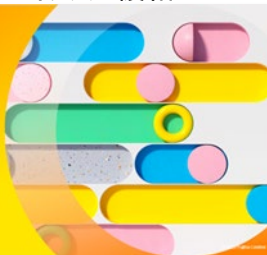


AI倫理技術

世界初、人種・性別等の組合せによる
多様なバイアスを緩和

AI Core Engine

Fujitsu
AI Ethics for
Fairness
AI倫理



因果発見技術

世界初、**2万**変数を超える因果関係を1
日で探索 (従来**4000**年)

AI Core Engine

因果発見
大規模因果探索



NEW! 対話型生成AI

安全に対話型生成AIを試せる
Sandbox型環境

AI Core Engine

対話型生成AI

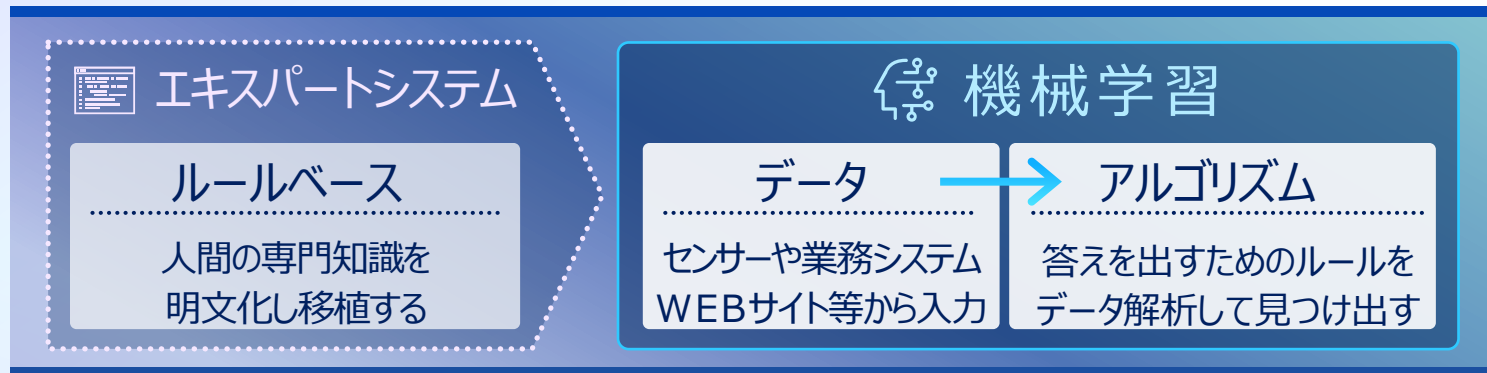


2

深層学習の進展

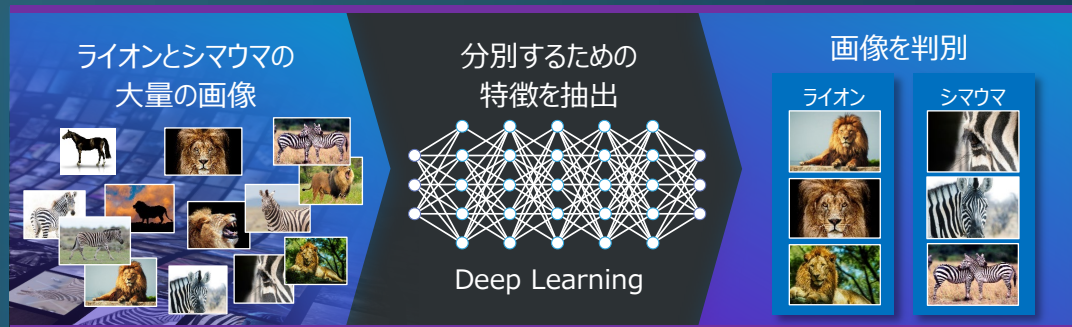
第3次AI: 機械学習・深層学習の時代

人工知能の作り方：データから知識を見つけ出す <帰納的手法>



Deep Learning

ニューラルネットワークを発展させ膨大なデータから
特徴を自動的に抽出し学習できる技術



Deep Learning の登場

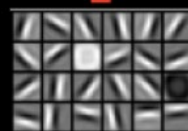
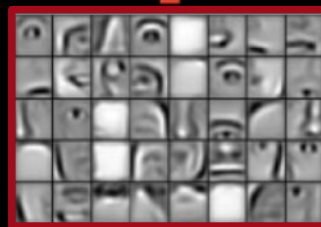
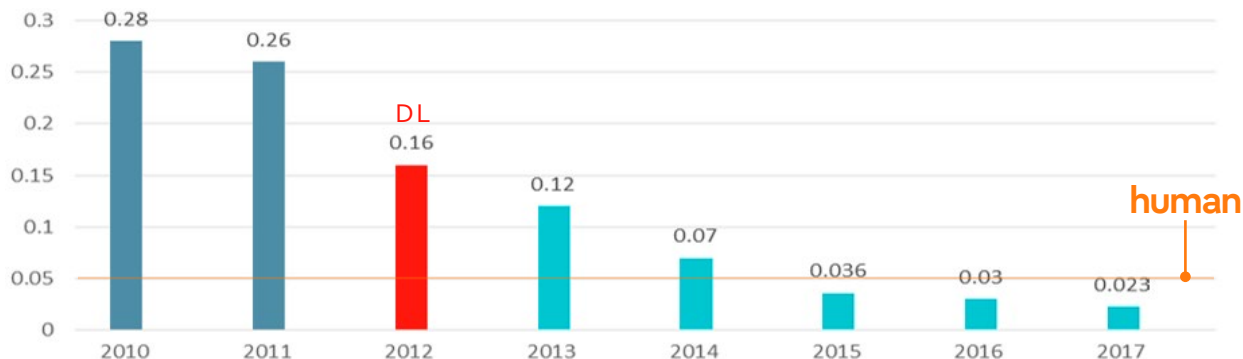
ヒトの脳を模した Neural Networkの最新技術

- 特徴点を自動抽出し、様々なパターン認識のコンペティションで、桁違いの精度。
(画像認識・音声認識 など)

ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)

- 2012年、トロント大が **Deep Learning** を利用して圧勝
- 以後、全チームがDLを利用し、2017年 **2.3%**のエラー率

画像認識エラー率



顔の認識に必要な特徴を
自動的に学習している

Deep Learning 技術の進化と拡がり



アーキテクチャ/モデルの進化

DLアーキテクチャの急激な発展

・AlexNet、VGG、GoogLeNet、ResNetなど次々に提案、認識性能が大幅に向上

自然言語処理モデルのブレイクスルー

・2017年に提案されたTransformerアーキテクチャは、自然言語処理における新たな基準となった
・BERT、GPT-2、T5など、大規模なTransformerモデルが言語生成・理解タスクで驚異的な成果を収める

生成モデルの隆盛

・Generative Adversarial Networks (GANs) の登場

モデルの効率化と軽量化

・モデル軽量化技術進化：モデル圧縮、蒸留、プルーニング、量子化等の手法によりエッジデバイスでのデプロイメントが向上

学習手法の革新

基盤モデル+ドメイン適応と転移学習の進化

・Pretrainedモデルを他のタスクに転移学習する手法が広く用いられるようになった
・BERT、GPTシリーズなどのモデルが、自然言語処理タスクで高い性能を発揮、転移学習の重要性が浸透

自己教師あり学習 (Self-Supervised Learning)

・ラベルの付いていないデータを活用する手法が注目され、自己教師あり学習が進化

Attention Mechanismの重要性

・Transformerモデルの登場により、Attentionの効果が強調された
・Attention機構が自然言語処理や画像生成などのさまざまなタスクで重要な役割を果たすことが示された

学習データの拡大

対象データの拡がり

・「画像」「音声」「テキスト」から、「時系列」「グラフ」データの学習まで可能に

コンピュータビジョンと自然言語処理の融合

・Vision and Languageタスクが注目、画像とテキストを組み合わせたタスク（例：イメージキャプション、ビジュアルQA）に関する研究が増加

マルチモーダル学習の進展

・単一のモダリティだけでなく、複数のモダリティを組み合わせることで様々なタスクに適用
・テキストと画像を組み合わせることで画像のキャプション生成やテキストの感情分析を行うなど、多様な応用が進展

社会実装の進展

応用領域へのAI技術の浸透

・AutoMLの進化：ハイパーパラメータチューニングやネットワーク設計の自動化

実社会実装の拡大

・自動運転、物体認識、行動認識、自然言語処理、医療診断など、ディープラーニングは実世界のさまざまな領域で活用

信頼性の課題の顕在化

DLのブラックボックス性の弊害

・AIの説明性・透明性の欠如が顕在化、説明可能なAIの発展

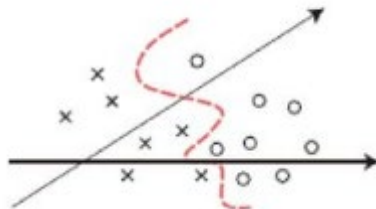
倫理、品質、セキュリティの課題

・AIの進化と共に、倫理的な課題やバイアスの問題が浮き彫り、公平性や透明性の確保の技術や非技術的な活動の活発化

Deep Learning : 認識・識別から生成へ

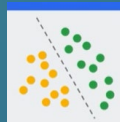
認識モデル

$$p(C|X)$$



正事例と負事例を区別するための境界線を訓練
データから直接求める

識別：データ X を入力し「 X がクラス C に属する確率」を出力

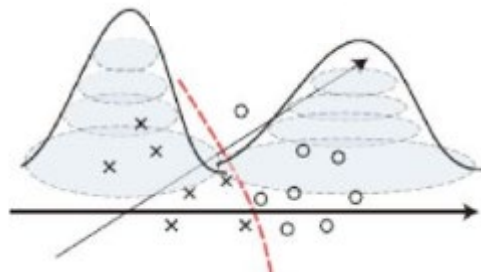


- Support Vector Machine (SVM)
- Perceptron
- Conditional Random Field (CRF)
- Deep Neural Network (DNN)

識別AI (Discriminative AI)

生成モデル

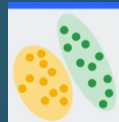
$$p(X)$$
$$p(X|C)$$



分類対象となるデータがどのような確率モデルから生成
されたかをモデル化し、そのモデルに基づいて分類を行う

密度推定：データ X を入力し「 X の生起確率」を出力

サンプリング：学習された確率分布に従って X を生成



- Generative Adversarial Network (GAN)
- Variational Auto-Encoder (VAE)
- Naïve Bayes
- Hidden Markov Model (HMM)
- Diffusion Model

生成AI (Generative AI)

3

生成AIの動向 Generative AI

2023

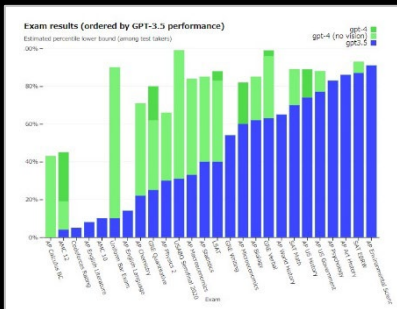
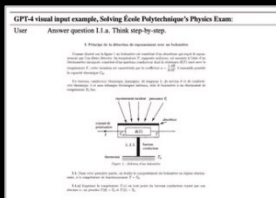
大規模言語モデル

GPT-4

難易度の高い大学入試や司法試験に
対して、人間を上回る回答

大学入試の物理問題を
論理的に回答

多くの試験で
トップクラスの成績



2022

画像生成AI

Dall-E2・StableDiffusion

入力文(プロンプト)に対応する
高品位な画像を生成

"Teddy bears mixing sparkling chemicals as
mad scientists, steampunk."

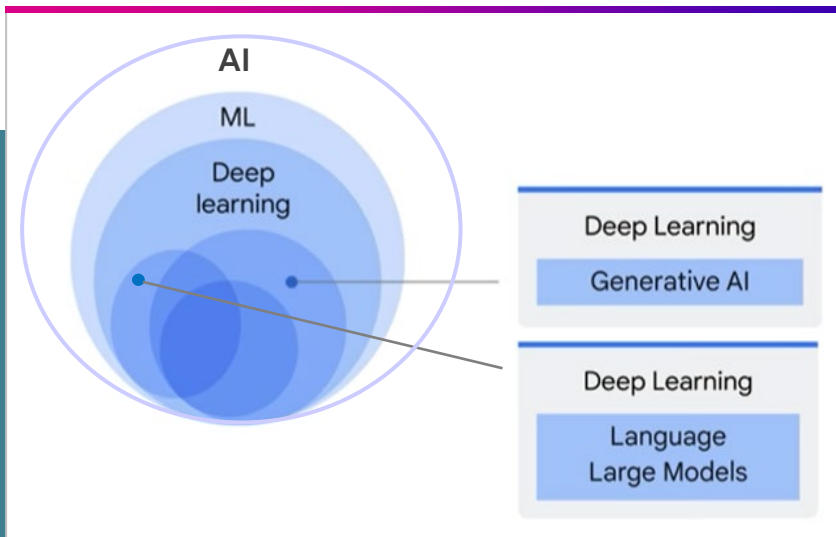


OpenAIより引用 <<https://openai.com>>

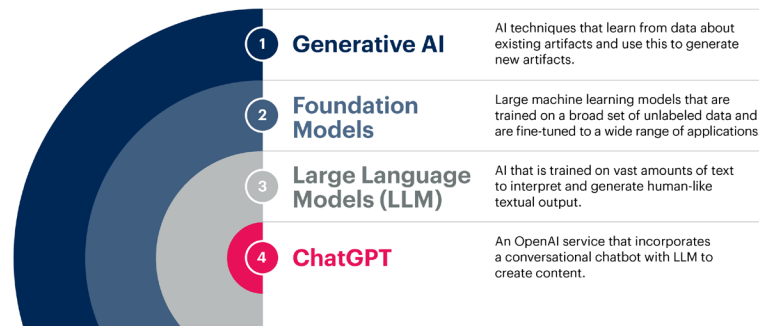
生成AI（Generative AI）とは

- 生成 AIは、画像・文章・音声・プログラムコードなど様々なコンテンツを生成する人工知能で、深層学習（Deep learning）の一種

AIと生成AIの関係図



What Is Generative AI?



Source: Gartner
© 2023 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. and its affiliates. 242958

Gartner.

Deep Learning : 生成モデル

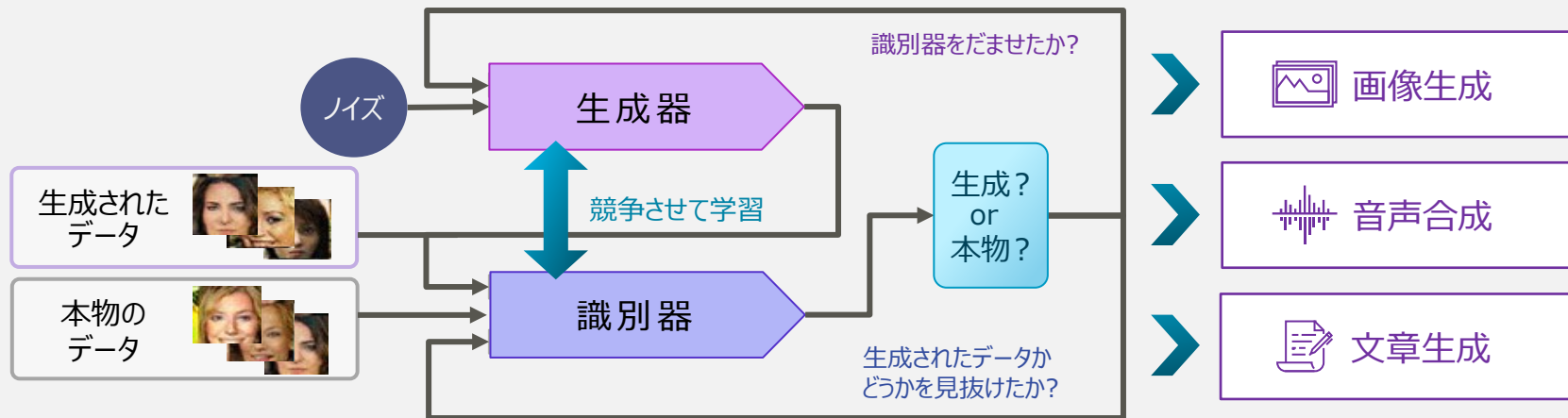
GAN: 識別器と生成器を競争させ、本物のデータと区別ができないデータを生成

GAN (Generative Adversarial Network)

2014

識別器 : 本物のデータと生成器が生成したデータを識別

生成器 : 識別器が本物のデータと識別できないようなデータを生成



顔画像を自動生成

著作権フリーの10万枚の顔画像が公開

2018



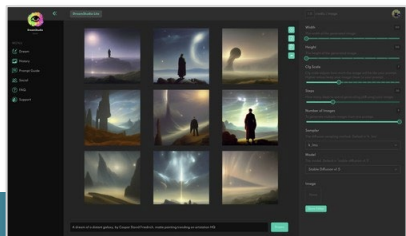
NVIDIA: A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks

文章から画像を生成するAI

- MidJourney、Dalle-E2、Stable-Diffusion など、入力した文章に対応した高品位な画像を生成するA I 技術の台頭

Stable-Diffusion

2022



<https://beta.dreamstudio.ai/home>

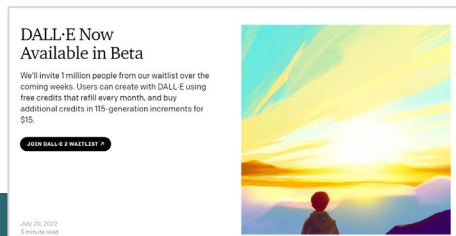


「フォービズム風の3匹の子豚」

<https://signal.diamond.jp/articles/-/1407>

Dall-E2

2022



<https://openai.com>



フェルメールの『真珠の耳飾りの少女』(左図)の背景をDall-E2に作画された例(右図)のデモ

<https://openai.com>

MidJourney

2022



アール・ヌーヴォー調の花の下に座る女性

<https://ja.wikipedia.org/wiki/Midjourney>



機械仕掛けの鳩

- フェルメールの「牛乳を注ぐ女」(右)に近い絵を生成するために3名が入力文章をトライ＆エラー



中世オランダ、台所で黄色い服と青いエプロンを身に付けた太めの女性がつぼからテーブルの上にある鍋に牛乳を注いでいる。バロック絵画みたいな写実主義の絵



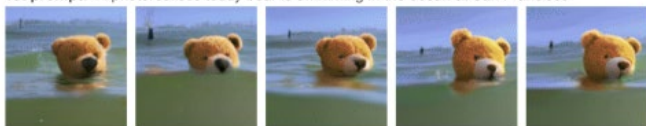
The painting looks like a baroque painting. In a white room, a woman is pouring milk from a jar onto a plate. The woman is dressed in yellow and wears a white headdress. On a blue table are bread and fruit.]



中世ヨーロッパ時代の部屋に、黄色い上着を着た女性が立っている。女性の前に青色の机がある。その机の上に陶器の皿がある。女性は大きなつぼを持っていて、そのつぼの中に入っている牛乳を、机の上の皿に注いで移し替えている

- テキスト入力でプロが作ったような高品位な絵や動画像を生成するAIの研究成果が次々と発表
- 2030年に向けてエンターテインメントに留まらず、ものづくりなど設計の自動化にも適用されていく可能性
＜例＞ブランドイメージを維持したままで新しいデザインを作る等、新たな活用方法も期待

1st prompt: "A photorealistic teddy bear is swimming in the ocean at San Francisco"



2nd prompt: "The teddy bear goes under water"



3rd prompt: "The teddy bear keeps swimming under the water with colorful fishes"



4rd prompt: "A panda bear is swimming under water"



2022年に入り相次いで発表、解決すべき課題も多い

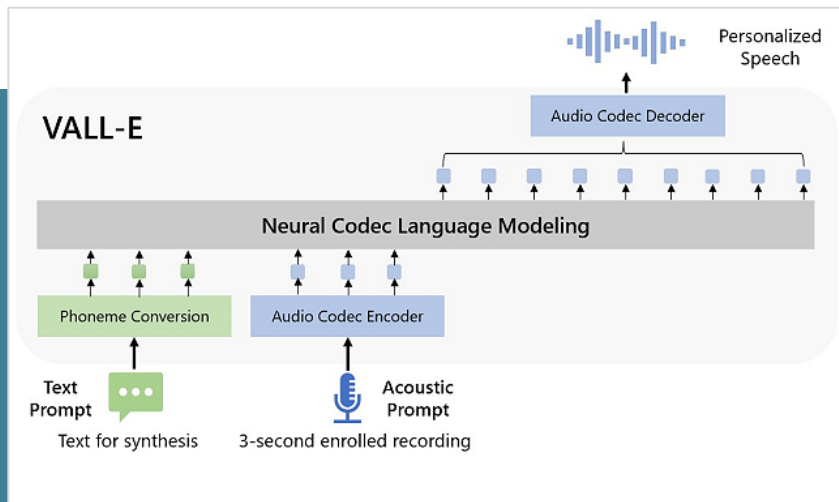
- **画像生成での課題**：レベルの高い画像生成が可能に。しかし、制作者の意図やニュアンスの反映が難しく、画風や同一性の担保が課題
- **動画生成での課題**：今年6月以降からGoogleなどから研究成果が相次いで発表。制作者の意図の反映、作風・同一性、連続性のコンシステンシーの担保が課題

名称	研究開発元	発表時期
CogVideo	中国 清華大学,北京人工知能学院	2022年6月
Make-A-Video	Meta	2022年9月
Imagen Video	Google Research	2022年10月
Phenaki	Google Brain Team (Google ResearchのAI専門チーム)	2022年10月

- 生成AIは文章や静止画像の生成だけでなく、音声・動画などに応用が広がりつつある

VALL-E(Microsoft)

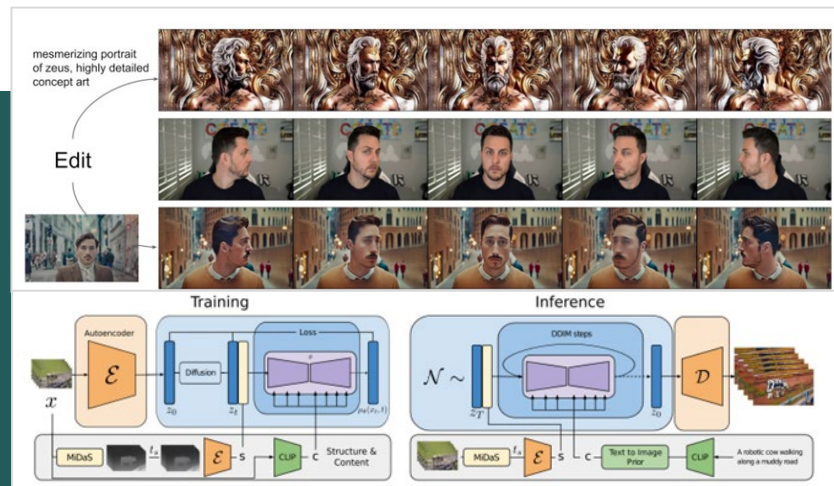
ある人の3秒の音声データを入力すると、その人の声でテキストを読み上げることが可能に。



Neural Codec Language Models are Zero-Shot Text to Speech Synthesizers
<https://arxiv.org/pdf/2301.02111.pdf>

Gen-1 (Runway)

ある動画と、変換したいスタイルのテキストや写真を入力するとスタイルにあった動画を生成



Structure and Content-Guided Video Synthesis with Diffusion Models
<https://arxiv.org/pdf/2302.03011.pdf>

● ソフトウェア生成AI

計算したいことを指示するとソフトを作成

GitHub Copilot (GitHub)

sentiments.ts write_sql.go parse_expenses.py addresses.rb

```
1 import datetime
2
3 def parse_expenses(expenses_string):
4     """Parse the list of expenses and return the list of tuples (date, amount, currency)
5     Ignore lines starting with #.
6     Parse the date using datetime.
7     Example expenses_string:
8         2016-01-02 -34.01 USD
9         2016-01-03 2.59 DKK
10        2016-01-03 -2.72 EUR
11    """
12
13
14
15
16
17
18
19
20
```

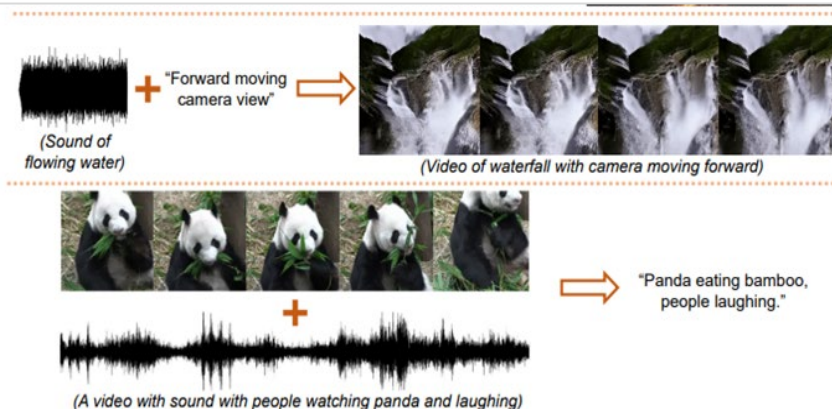
・日付、金額、通貨が書いたファイルから、データをPCに取り込む
・ファイルの先頭が“#”で始まる行は無視という処理の定義を記載

上記の仕様を満たすソフトを自動的に生成

● マルチモーダル生成AI

音声、テキスト、静止画、動画の任意の組み合わせをプロンプトと出力に指定可能

CoDi (Microsoft)



Any-to-Any Generation via Composable Diffusion (<https://arxiv.org/pdf/2305.11846.pdf>)

ChatGPT

FUJITSU

大規模言語モデルの進展

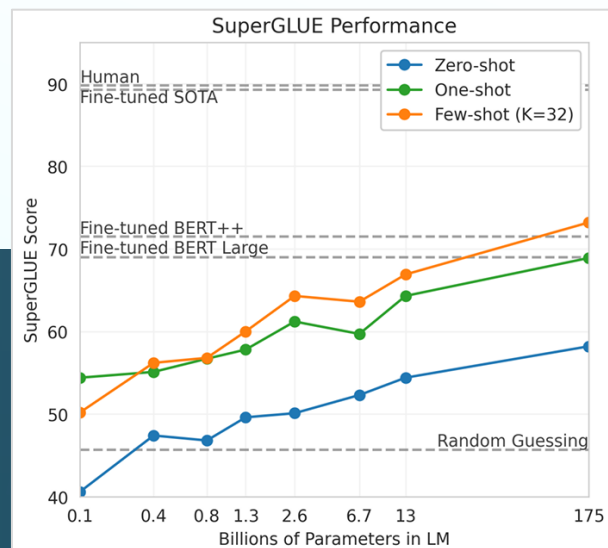
ChatGPTの登場

大規模言語モデル：GPT-3

GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3)

2020

- 2020年7月にOpenAIが発表した事前にトレーニングされた大規模言語モデル（1750億個のパラメータ）
 - OpenAIは、Transformer(2017年)を用いた言語モデルGPT(2018年)、GPT-2(2019年)を発表、GPT-3はその後継の言語モデル
-
- 少数の数ショットの学習と一般化可能性を備えた独自の機能により、特定のタスクのための追加のトレーニングなしで多くの自然なタスクに役立つ
 - モデルのパラメーター数を増やすことで、少ないデータの転移学習でも性能を出せるように
 - 文章の生成、文章の要約、質問への回答、翻訳などに活用できる



・「Language Models are Few-Shot Learners」(<https://arxiv.org/abs/2005.14165>)
・SuperGLUE Benchmark：英語で自然言語処理モデルの性能を評価するための標準ベンチマーク

文章自動生成・プログラム自動生成

1750億個のパラメータを使用した 生成型 Deep Learning

OpenAI GPT-3

2020

文章自動生成

多くの言語タスクで最高性能を達成

OpenAI's GPT-3 may be the
biggest thing since bitcoin

JUL 18, 2020



OpenAI, a non-profit artificial intelligence research company backed by Peter Thiel, Elon Musk, Reid Hoffman, Marc Benioff, Sam Altman and others, released its third generation of language prediction model (GPT-3) into the open-source wild. Language models allow computers to produce random-ish sentences of approximately the same length and grammatical structure as those in a given body of text.

In my early experiments with GPT-3 I found that GPT-3's predicted sentences, when published on the bitcoinalk.org forum, attracted lots of positive attention from posters

<https://maraoz.com/2020/07/18/openai-gpt3/>

プログラム自動生成

話し言葉でプログラミングまでこなすAI

debuild.co

Describe your app.

Clear

Generate

IT WORKS

Save todo

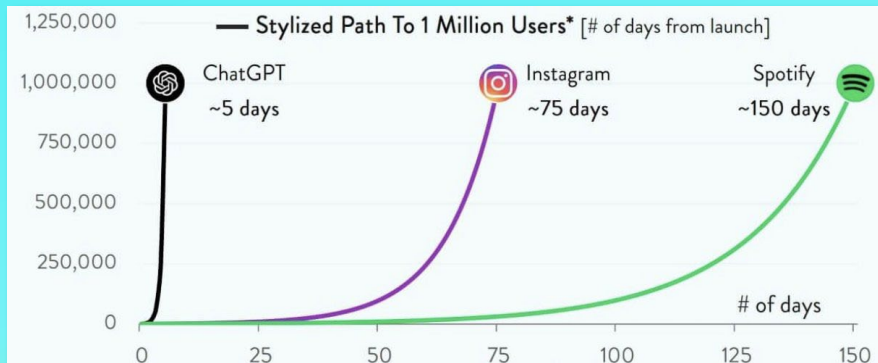
learn about ai
WHAT

an input that says "Enter a todo" and a
button that says "Save todo". then show
me all my todos

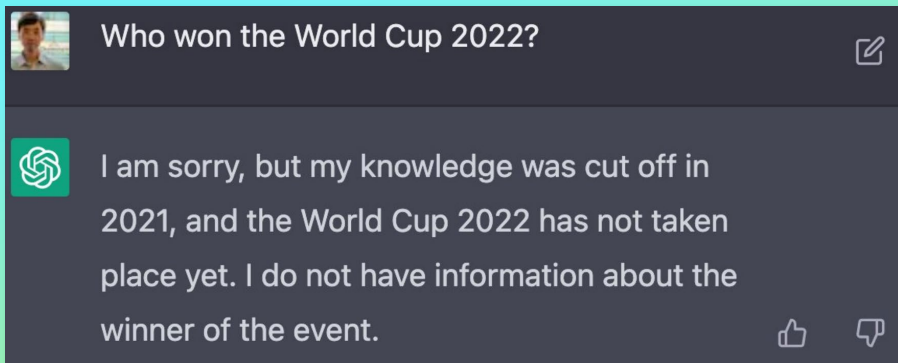
```
// an input that says "Enter a todo"  
and a button that says "Save todo".  
then show me all my todos  
class App extends React.Component {  
  
  constructor(props) {  
    super(props)
```

<https://debuild.co/>

- **GPT-3**出現以降、タスクやドメインごとにモデル・手法を工夫するかわりに、**プロンプト**としてどのように指示を与えるか、言語モデルとどのようにやりとりするか、という点に焦点が移る
 - **ChatGPT**では、人間による評価と強化学習の技術を使い、言語モデルを人間の指示・嗜好にアラインメントさせる「**人間によるフィードバックを用いた強化学習**」が重要な役割を果たしている
- **ChatGPT**は、対話の自然さ、指示に従う能力、様々なアプリケーションの可能性などから、またたく間に世界中で話題になり、リリースから5日間で**100万ユーザー**を達成
- 事実関係を間違えたりと、従来の言語モデルによく見られるような問題が依然として存在
 - 例えば、**2021年9月**までのデータしか持っていないので**ワールドカップ2022**の優勝国はわからない



<https://gpt3demo.com/apps/chatgpt>



<https://twitter.com/gijigae/status/1614581633130311680>

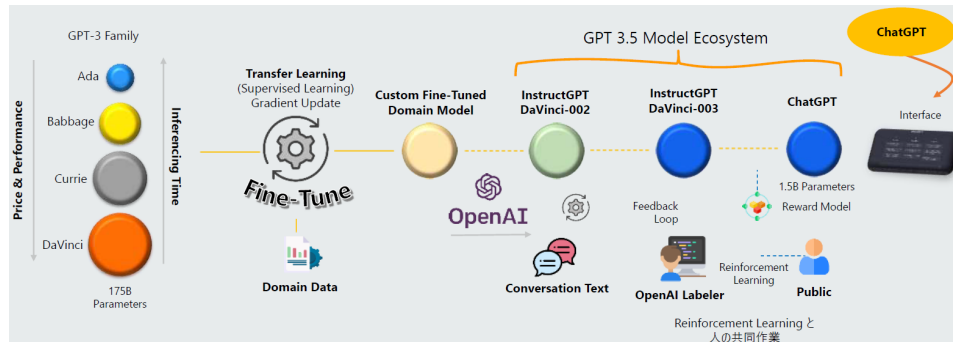
ChatGPT : Technical overview



ChatGPT :

- GPT-3.5ベース
- 厳しいガードレールの中で動作し、多くのルールを遵守させることで、AIと人間の価値観を一致させる初期プロトタイプ

出典 : OpenAI (<https://openai.com/blog/chatgpt>)



2020-05

GPT

単一モデルでの対応力が抜群に高い

生成

Q & A

分類

Chat

変換

Completion

Alignment

2022-05

InstructGPT

人の介入による望ましい結果への対応

教師ありFine tuning

Reward Modelの学習

RLHF^(*)に基づくモデル学習

Chat UX

2022-11

ChatGPT

Chatに特化

InstructGPTと
ほぼ同じ

(*) RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback)

ChatGPT : Use Cases

業界ごと

業界	ユースケース
芸術とデザイン業界	<ul style="list-style-type: none">- イメージ生成: 生成AIは、絵画、写真、デジタルアートなどのイメージを自動的に生成するために使用されます。例えば、スタイル変換や画風の変更などが含まれます。- クリエイティブアシスト: デザイナーやアーティストは、生成AIを使用してアイデアの発想やコンセプトの提案を得ることができます。
エンターテインメント業界	<ul style="list-style-type: none">- 映画・テレビ番組制作: 生成AIは特殊効果やバックグラウンドの生成に使用され、映像の制作プロセスを効率化します。また、脚本の執筆やキャラクターの開発にも活用されます。- 音楽制作: 音楽の作曲やリミックスに生成AIを応用し、新しい音楽の創造や音楽プロデュースを支援します。
製品開発と製造業界	<ul style="list-style-type: none">- プロトタイプ設計: 生成AIは、製品の3DモデルやCADデザインを自動生成し、プロトタイプ開発の効率を向上させます。- 材料探索: 新しい材料の特性や組み合わせを予測し、素材の研究開発を支援します。
医療業界	<ul style="list-style-type: none">- 画像生成: 生成AIは、医療画像から新たな視覚的情報を生成し、病状の診断や解釈の支援に役立ちます。- 薬剤デザイン: 新しい医薬品の設計や分子の生成において、生成AIは有望な化合物を予測するのに活用されます。
言語処理とコミュニケーション業界	<ul style="list-style-type: none">- 文章生成: 生成AIは、記事、小説、詩などの文章を自動生成し、執筆プロセスを支援します。- 翻訳: 多言語翻訳において、生成AIは高品質な翻訳文を生成するのに活用されます。
ビジネス業界	<ul style="list-style-type: none">- マーケティングコンテンツ: 広告キャンペーンやソーシャルメディアの投稿など、マーケティングコンテンツの生成に生成AIが使用されます。- レポート生成: データをもとにレポートや分析を自動生成し、ビジネス意思決定をサポートします。
農業業界	<ul style="list-style-type: none">- 作物予測: 生成AIは気象データや土壌情報を元に、作物の収穫量や成長予測を行うのに活用されます。- 病害虫予防: 昆虫や病原体の拡散予測に生成AIを用いて、農作物の病害管理を行います。
交通・運輸業界	<ul style="list-style-type: none">- 自動運転: 生成AIはシミュレーションや予測モデルの生成に使用され、自動運転技術の開発や改善に寄与します。- 交通流最適化: 交通システムの混雑状況を予測し、効率的な交通流を設計する際に生成AIが活用されます。
環境保護業界	<ul style="list-style-type: none">- 自然環境モデリング: 生成AIは気候変動や環境変化のモデリングに使用され、環境保護策の立案に寄与します。- 生態系シミュレーション: 生態系の変化や影響を予測するために生成AIが応用されます。
教育業界	<ul style="list-style-type: none">- 個別指導: 生徒の学習スタイルに合わせたカスタマイズされた教材や問題を生成するために生成AIが活用されます。- 言語学習: 言語学習アプリやプラットフォームで、生成AIがリアルな会話や文章の生成を通じて言語学習を支援します。
宇宙航空業界	<ul style="list-style-type: none">- 宇宙探査シミュレーション: 生成AIは宇宙船の動作や星間物体の挙動のシミュレーションに応用され、宇宙探査の計画や予測に役立ちます。- 宇宙イメージ生成: 宇宙の美しい画像や宇宙船のデザインコンセプトを生成するのに生成AIが使用されます。

(generated by ) 

共通業務

共通業務	ユースケース
データ生成	<ul style="list-style-type: none">- 仮想データの生成: シミュレーションやテスト環境構築のために、生成AIが仮想的なデータを生成します。
- 拡張データセットの作成: モデルのトレーニングに使用するため、生成AIは既存のデータセットを拡張し、多様性を持たせることができます。- ノイズの追加と除去: データセットにノイズを追加して汎化性能を向上させるために、またノイズを除去してデータ品質を向上させるために生成AIが活用されます。
- データバリエーションの作成: モデルの堅牢性を高めるため、生成AIはデータのバリエーションを作成します。
クリエイティブサポート	<ul style="list-style-type: none">- アイデアの提案: さまざまなコンテキストでアイデアを生成し、クリエイターやデザイナーをサポートします。- コンテンツ生成の補助: コピー、キャッチフレーズ、キーワードなどのコンテンツを生成する際に活用されます。- 自動テキスト生成: タイトル、キャプション、広告文などの自動生成を通じて、文章のクリエイティブなサポートを提供します。- アートやデザインの助言: アート作品やデザインの改善点やアイデアを生成AIが提案します。
予測モデリング	<ul style="list-style-type: none">- 予測モデルの生成: 時系列データやパターンをもとに、将来の動向や挙動を予測するモデルを生成します。- データの補完と補間: 欠損データを補完し、データセットを補間するために生成AIが使用されます。- レコメンデーションシステム: 顧客の過去の行動や嗜好をもとに、製品やコンテンツの推薦を行うモデルを生成します。- 顧客動向予測: 購買履歴や行動データから、顧客の将来の行動や需要を予測するために活用されます。
アプリケーション拡張	<ul style="list-style-type: none">- 会話ボットの設計: 生成AIを活用して自然言語処理の精度を向上させ、より人間らしい会話を行う会話ボットを構築します。- 自動化されたドキュメント生成: レポートや契約書などの自動生成に生成AIを用いて効率化します。

GPT-4



Roby Chen

ChatGPT の進化

大規模言語モデル：GPT-4

GPT-4 (Generative Pre-trained Transformer 4)

2023.03

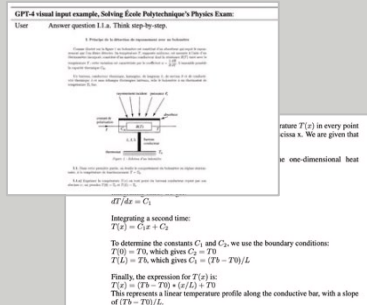
- OpenAIが 2023年3月14日に公開したマルチモーダルな大規模言語モデル
- 大きな性能向上、テキストだけでなく、画像の入出力も可能
- マイクロソフトBingに搭載
- 技術詳細については非公開、100兆個のパラメータを持つと報じられた

「GPT-4 Technical Report」(<https://arxiv.org/abs/2303.08774>)

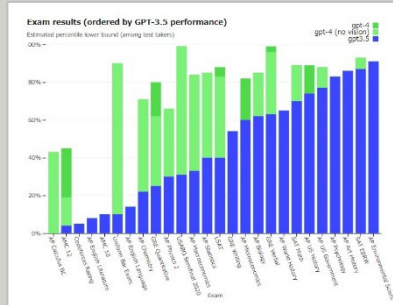


難易度の高い大学入試や司法試験、人を上回る回答

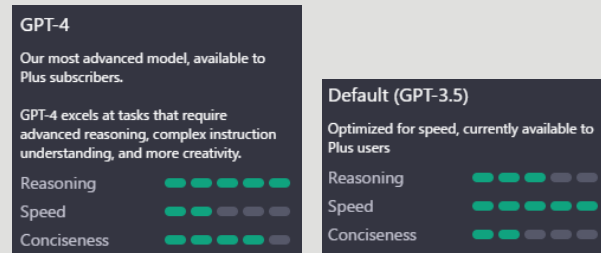
人間や専用モデルを凌ぐ性能に



大学入試の物理問題、論理的に回答



多くの試験でトップクラスの成績



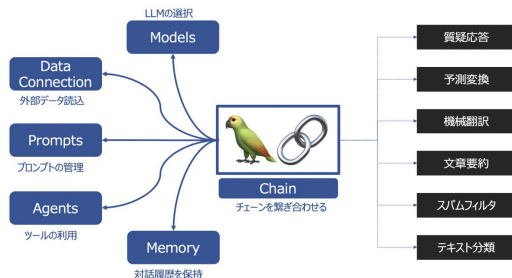
ChatGPT上で表示されるチャート

ChatGPT

LangChain

LLM使用アプリの開発フレームワーク

Prompt管理、ユーティリティ機能提供
要望に対する手段・順序を決定

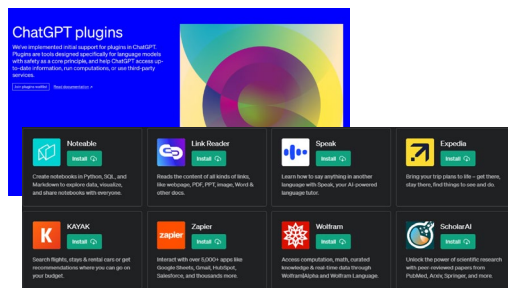


<https://generativeinfo365.com/?p=192>
<https://www.langchain.com/>

plugins

機能を拡張するための追加モジュール

最新の情報・知識ベースの情報の取得
特定のアクションや計算/分析を実行

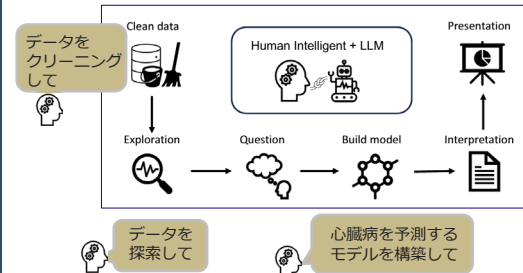


<https://openai.com/blog/chatgpt-plugins>

Code Interpreter

自然言語を使ったデータ分析環境

自然言語でPythonコード実行
画像やCSV等をuploadし分析
(計算・分析・グラフプレゼン資料作成まで)



What Should Data Science Education Do with Large Language Models?
(<https://arxiv.org/pdf/2307.02792>)



技術

生成AIのテクノロジー

なぜ驚異的な進化が起きたのか

ポイント：生成AIのテクノロジー



驚異的な進化が 起きた背景

- 生成モデルの汎用性
 - 事前学習を超える汎用性：Fine-Tuning, in-context learning など
- 自己教師学習×大規模化でどんどん良くなる性能・創発性
 - 計算量・パラメータ・データの関係：高性能モデル開発に必要な知見
- 人のフィードバックによる強化学習
 - アライメント：人間の価値基準に沿うようにチューニング



生成モデルの 理論解析

- なぜこんなことが可能なのか、なぜここまでうまくいくのか
解明へのチャレンジ
 - Transformer、Diffusion modelの理論研究の隆盛
 - 富岳LLMの取組み

生成モデルの重要な性質

事前学習で学んだこと以外も実現できる汎用性を有する



- 自己教師あり学習で作成した汎用の大規模事前学習モデルを特定タスクの小規模な教師データで調整 <Fine-tuning>
- 問合せ時にタスクや例を指定し、新たなタスクをZero-shot, Few-shotで実現可能 <In-Context Learning>
- 事前学習時には知らない新たな制御方法も後で追加可能



ChatGPT : In-Context Learning タスクをその場で学習する能力

Zero-shot (タスクを指定)

1	Translate English to French:	← task description
2	cheese =>	← prompt

One-shot (タスク+例)

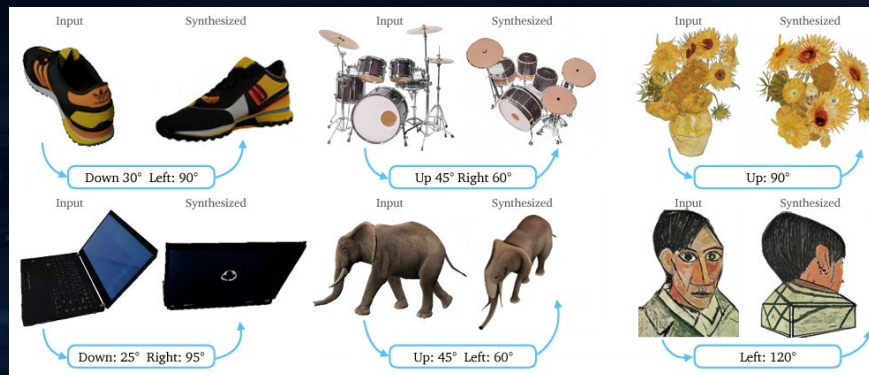
1	Translate English to French:	← task description
2	sea otter => loutre de mer	← example
3	cheese =>	← prompt

Language Models are Few-Shot Learners, (Brown et.al. 2020 /GPT-3)



Zero-1-to-3 後付けで別の条件付けも学べる能力

拡散モデルに、相対的なカメラの視点制御を学習したAIモデル



Zero-1-to-3: Zero-shot One Image to 3D Object, Liu et.al. 2023

データから自動で様々な問題を生成し学習する学習技術の登場



- ラベル無しデータを用いた教師なし学習の一つ、データから独自のラベルを機械的に作り学ばせるようなタスク
- 特に言語向けのTransformer や 画像向けの拡散モデル等で発展

言語 (Transformer)

大量文章から人手を介さず
様々な問題を作り自己学習

単語の穴埋め問題

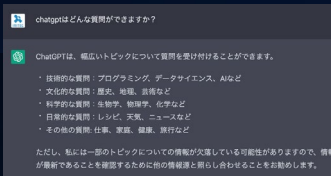
フランスの首都は です。

文を正しい
順番に並べる

- ・名前はまだない。
- ・吾輩は猫である。



GPT-4



DALL-E 2



画像 (拡散モデル)

大量画像から人手を介さず
様々な問題を作り自己学習

ぼかし画像から
元画像を予測



予測



一部切り取った
画像から元画像
を予測



予測



大規模言語モデルの性能：スケーリング側

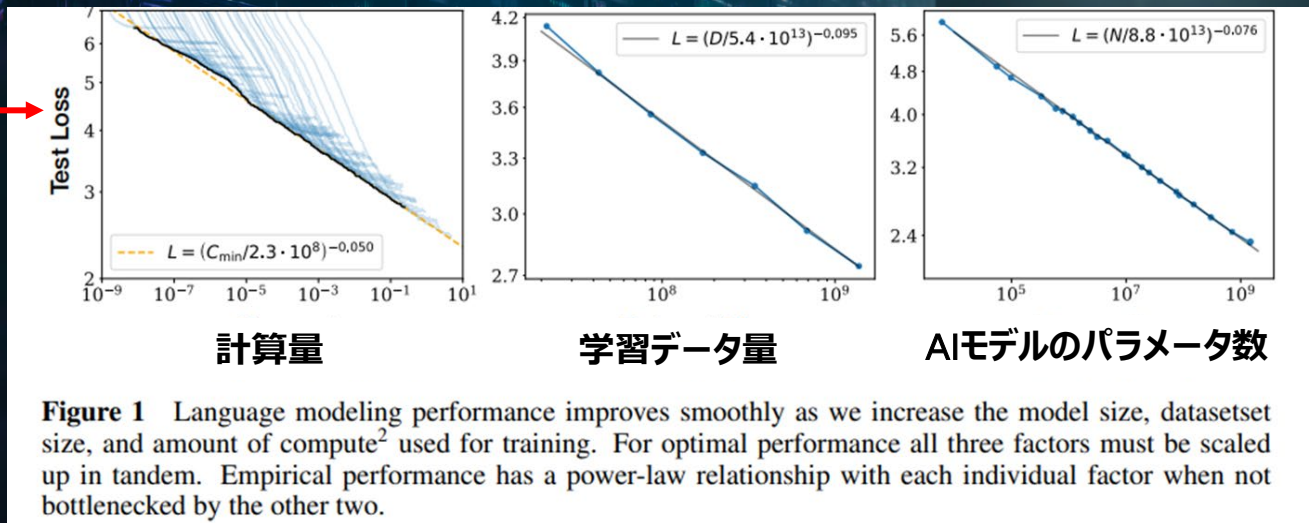
データ量や計算量、モデルパラメータ数を大きくすればするほど性能は高くなる



- 生成型AIにおいて、データ量や計算量、モデルパラメータ数を増やすと、緩やかだが確実に AIの予測性能が向上する事実の「発見」 <べき乗測>
- 量が質を変える現象。この発見により、安心して生成AIへの投資が可能になった側面も

AIの予測性能
(小さい方がいい)

べき乗測



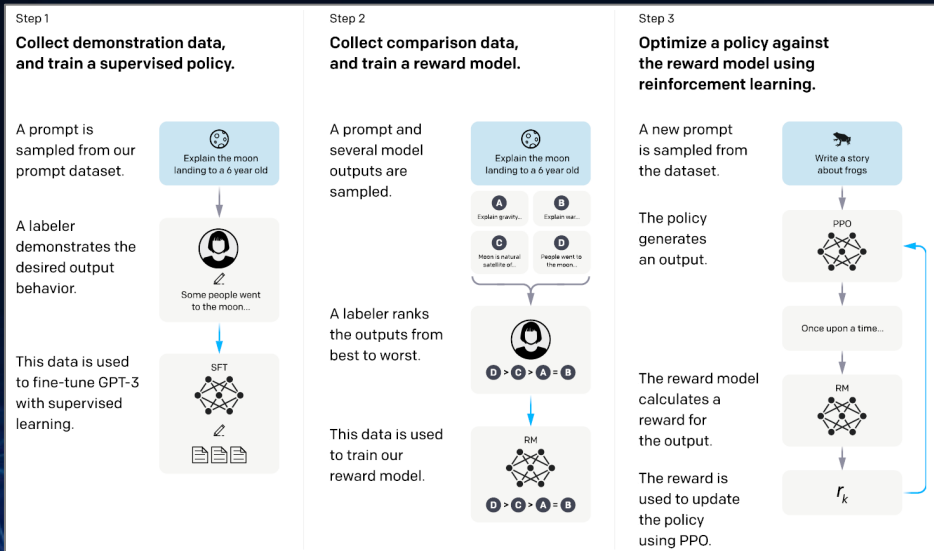
人のフィードバックによる強化学習

人間の価値基準に沿うように言語モデルを RLHF でチューニング



RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback)

- AIモデルの出力に「人間の価値基準（人間の好み）」が反映されるための学習プロセス
- 会話型AI（ex. ChatGPT）が人間の意図に沿いつつ無害(品行方正)な受け答えを実現できたの



Step1 : デモデータの収集とファインチューニング

Step2 : 比較データ収集と報酬予測モデル獲得

Step3 : 報酬が最大化するように強化学習

(Step1 ~ 3 は継続的に繰り返し)

Training language models to follow instructions with human feedback (Ouyang 2022)

社会実装に向けた課題

リスクや課題を正しく認識し、実証を通して広く社会に浸透

説明性の欠如

AIのアルゴリズムのブラックボックス性により、出力される結果の説明が困難。説明責任を果たせないリスク

バイアスの混入

データにバイアスが存在、政治や医療、法律など社会に重要な意思決定において、慎重な利用検討が必要

機密情報や個人情報の漏洩

ユーザが入力した内容をAIが学習データに利用する可能性があり、不特定多数に個人情報や機密情報の流出のリスク

犯罪の巧妙化・容易化

ディープフェイクを悪用した詐欺、マルウェア開発の容易化によるサイバー攻撃の増加・巧妙化への対策が必要

著作権侵害

生成AIの出力結果が他の著作物と同一・類似していた場合、著作権侵害になる可能性がある

ハルシネーション

生成AIは事実に基づかない内容であっても説得力があるように出力。間違った情報や偏った意見が拡散のリスク

追跡・監査証跡が困難

同じ入力でも異なる出力がされることもあり、再現性を担保できず、出力結果を事後に監査・追跡することが難しい

計算リソースの大量消費

GPU不足や地政学リスクによる安定的確保が課題。さらに、電力消費量の増大に伴う環境への負荷のリスク

4

富士通の 生成AIの取組み

信頼と新しい価値の創出で
人と協調するAIへ

FUJITSU



生成AIのビジネス活用

問題の複雑度 ↑

1



個人業務の効率化

- カスタマーサポート
- 広告デザイン
- 審査 (融資・契約等)
- 3Dモデリング
- ソフト開発

当該業務範囲に限定した

社内情報

2



組織業務の自動化

- マーケティング
- 予算/人員配置
- 新商品/サービス企画
- 出店計画
- 生産/調達計画

当該ビジネスに関係する

複数の社内情報

+

競合他社 情報

3



経営業務の支援

- 経営戦略
- ビジネスモデル創出
- 中・長期計画
- ポートフォリオ最適化
- 投資、M&A

すべての社内情報

+

一般 市場環境情報

自動化に必要なデータ範囲の拡大 →

ビジネス活用における生成AIの課題



業務適用方法や運用



建設会社 のお客様より

回答の精度をあげるために、読み込ませる外部情報の変更やプロンプトを変えるなど色々な手法があると思うが、**何が最適か分からない。**



計算リソース



リテール のお客様より

様々な応用があり魅力的であるが、実運用に含めた**コスト感がはっきりしない。**



情報セキュリティや プライバシー



不動産 のお客様より

ChatGPTの活用はまずは社内活用限定。
営業職員が一般コンシューマとの接点において利用するケースは、**著作権違反や正確性を判断できるか不明**なために時期尚早と考える。



事例

業務特化型生成AI

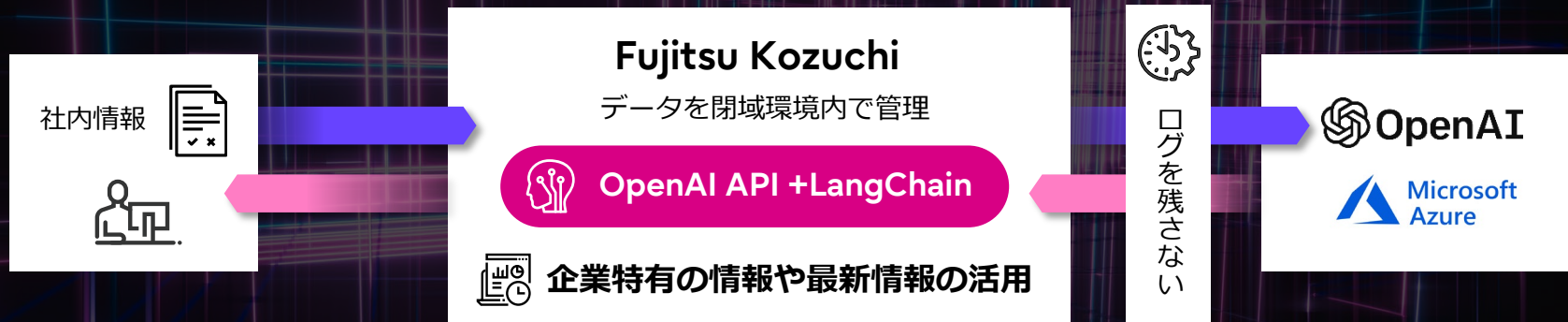
FUJITSU



クラウドサービス「Azure」上に専用環境を提供

6月開始

- マイクロソフトの「Azure OpenAI Service」に加え、LLMを使ったサービス開発に有効なライブラリー「LangChain」を併せて提供
- AI学習に利用されないクローズドな環境からChatGPTを利用できるようにすることで、顧客企業が独自データを活用したユースケースに対応
- 企業導入を支援する「生成系AIコンサルサービス」の提供開始 (Ridgelinez)





事例

業務特化型生成AI



みずほフィナンシャルグループ様と、システム開発・保守に生成AIを活用する共同実証実験を開始

「生成AIを活用したシステム開発・保守の高品質・効率化」

設計書レビュー支援 指定した観点に関する抜け漏れがある設計書の問題点を指摘

入力



ソフトウェア設計書

チェックする観点

入金機能に関する仕様の抜け漏れを以下の観点でチェックしてください。

1. 入力値範囲の妥当性

設計書レビュー支援



業務特化型生成AI

言語やリソースの課題を解決

結果

機能名：入金機能
入力引数：入金額（金額型）
入力条件：正の値であること
適用対象：銀行口座
説明：操作対象の銀行口座の残高に入金額を加える

設計書の抜け漏れ指摘

本仕様書の抜け漏れを以下にリストアップします。
入力引数の範囲と検証：金額が正の値であることは記載されていますが、

1. **上限値が設定されていないようです。**

生成AIを支える膨大な計算機リソース

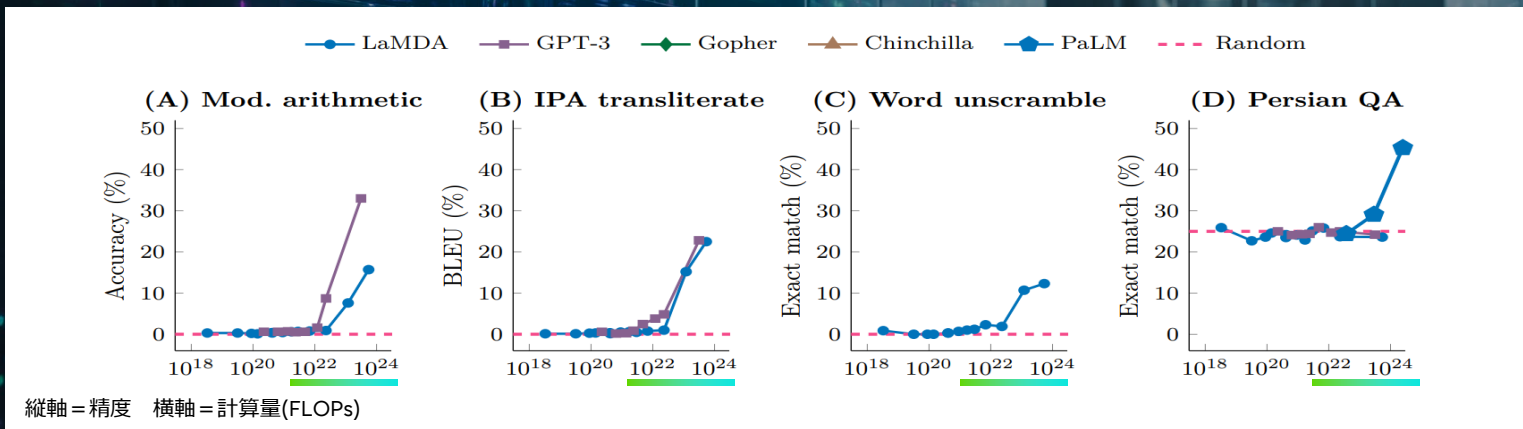
10²³ FLOPSの計算量の学習で創発性を観測



- これまでできていなかったことが突然できるようになる
- データ量と計算量を増やせばこの先も様々な能力を獲得していく
- LLMだけでなく他のモデルにおいても同様の規模で創発性が観測されている

10²³ FLOPSで精度が大きく改善

<https://arxiv.org/abs/2206.07682>



 LLMで先行するのは、膨大な計算資源を持つ一部の企業のみ

- 日本語特有の課題
- 莫大な計算コストがかかる

 富岳を活用した大規模言語モデル分散並列学習手法の開発を開始

- 日本語特有の課題解決、開発した生成AIモデル（富岳LLM）はGitHub等で公開
- 業務向けにファインチューニングした特化モデル開発、消費電力効率を考慮した軽量化



富岳LLM

開発



公開



Hugging Face

GitHub

Fujitsu
Kozuchi

活用

培ったノウハウを活用



業務特化型生成AI

・業務特化モデル・省電力



セキュアな生成AI: ガバナンス・攻撃対策・信頼性



AI倫理・AI品質・AIセキュリティの3技術を生成AIに適用、 セキュアな生成AI技術を開発

生成AIガバナンス技術

ハルシネーション対策技術、倫理的に正しいとされる回答を得るガバナンス技術

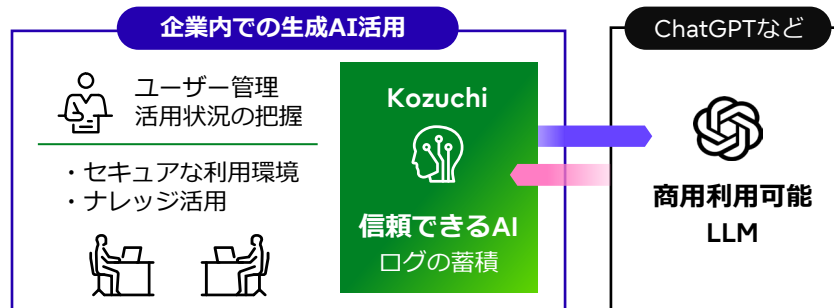
生成AI攻撃対策

プロンプトインジェクションやLLMへのポイズニング等の攻撃を検知・回避するセキュリティ技術

データの信頼性保持

コネクションチェーン技術、透過的トラスト技術、ディスインフォメーション対策、Chain Data Lineage技術

B2B領域でのプレスト・壁打ちへの適用を検討



・技術利活用を支援する「AIガバナンス体制構築支援サービス」の提供開始 (Ridgelinez)



イスラエル研究拠点で最先端かつ実践的な技術開発



Ben-Gurion University
ベングリオン大学

AIサイバーセキュリティ
研究活動強化、体制の確立

信頼性とセキュリティ

LLM活用した攻撃対策

プライバシー著作権保護



事例

欧州の実践をととしたセキュアな生成AI技術の構築



欧州各国での規制サンドボックス実証にセキュアな生成AI技術を提供し評価、EU AI法(AI Act)における規則にいち早く対応する

各国サンドボックス実証の取り組みに参加し、技術を磨きトップダウンに技術展開

セキュアな
生成AI技術開発



欧州各国の規制
サンドボックスで試行



EU AI Actの
施行



欧州各国へ
素早く展開



欧州以外へも
展開

コンプライアンス対応 コンポーネント

トラステッド 生成AIコアエンジン

AI4Peopleにアクティブに貢献することで法制化に影響を与え、いち早く動向を把握



これまで富士通が培った知見

- 2018年の設立当初から参画
- ベストプラクティスを作成



今年度の施策

- 科学委員会のCo Chair就任、政策委員会参加
- リスク査定と国際認証制度にむけた積極活動

5

生成AIの 時代に行く末 ～ 人とAIの共創



FUJITSU

あれから10年



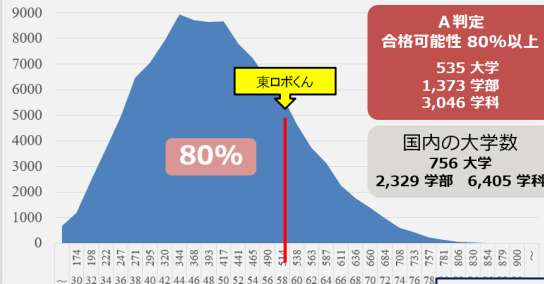
東ロボ

東ロボくん 今回の模試成績



得点:525点 偏差値(※1):57.1 順位(※1):28,430位

※1 「2016年度進研模試 総合学力マーク模試(6月)」の全受験者のうち、東ロボくんの受験教科・科目から5教科8科目(国、数2科目、英筆記及びリスニング、地歴2科目、理1科目)での受験者数(12.1万人)で算出した偏差値、順位



A判定
合格可能性 80%以上
535 大学
1,373 学部
3,046 学科

国内の大学数
756 大学
2,329 学部 6,405 学科

センター試験
(5教科7科目)
偏差値: **57.1**

数学

数学: 2016年 模試の結果 (偏差値)

センター試験

65

東大 2次試験

76

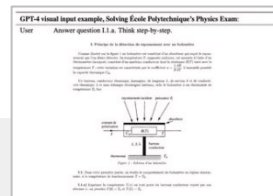


ChatGPT

難易度の高い大学入試や司法試験に
対して、人間を上回る回答

大学入試の物理問題を
論理的に回答

多くの試験で
トップクラスの成績



here $T(x)$ is every point
on x . We are given that

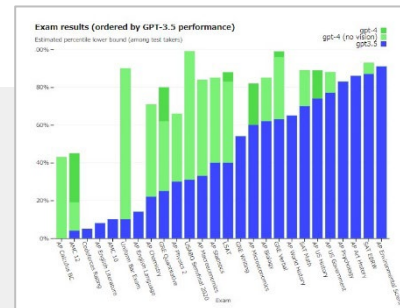
For a stationary regime, the heat equation for the one-dimensional heat conduction in the bar is:
$$\frac{dT}{dx} = 0$$

Integrating once, we get:
$$T(x) = C_1 x + C_2$$

Integrating a second time:
$$T(x) = C_1 x + C_2$$

To determine the constants C_1 and C_2 , we use the boundary conditions:
 $T(0) = T_H$, which gives $C_2 = T_H$
 $T(L) = T_C$, which gives $C_1 = (T_C - T_H)/L$
Finally, the expression for $T(x)$ is:
$$T(x) = T_H + (T_C - T_H) \frac{x}{L}$$

This represents a linear temperature profile along the conductive bar, with a slope of $(T_C - T_H)/L$.



人工頭脳プロジェクト『ロボットは東大に入れるか』



プロジェクトディレクタ：

国立情報学研究所（NII）

新井紀子 教授

2011-2016

● 概要：

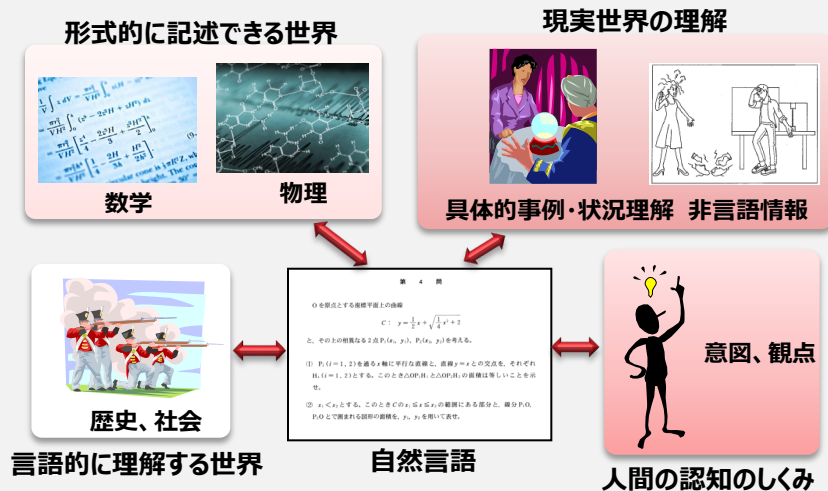
- NIIを中心に、1980年以降細分化された人工知能分野を再統合することで新たな地平を切り拓くことを目的に、若い人たちに夢を与えるプロジェクトとして2011年に発足。
- これまで蓄積された人工知能の各要素技術の精度を高め、情報技術分野の未来価値創成につなげることを志向し、人間の思考に関する包括的な理解を深めることを目指す。
- 国内外の研究者とのコラボを想定したオープンプロジェクト。

● 目標：

- 2016年までに大学入試センター試験で高得点をマーク 5教科7科目
- 2021年に東京大学入試を突破

- Web: <http://21robot.org/>

「試験問題を解くこと」とは



数学

高度な数学の設問の意味を理解し解答する
当社独自の数式処理を用いた「QE推論技術」

国立情報学研究所の「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトの数学チームに参画



東大入試プレで偏差値 **76.2** を獲得！〔2016年11月〕

1 入力

$$\frac{1}{2} \leq x \leq 1, \quad a \leq y \leq 2a$$

を満たすとき **試験問題**

$$F = \frac{y}{x} + \frac{x}{y} - xy$$

の最小値を求めよ。

2 東口ボQE推論



自動求解

Todai Robot Project

NII

3 出力

求的三字符串

 $\mathbb{Z}_{\text{gen}}(2)$

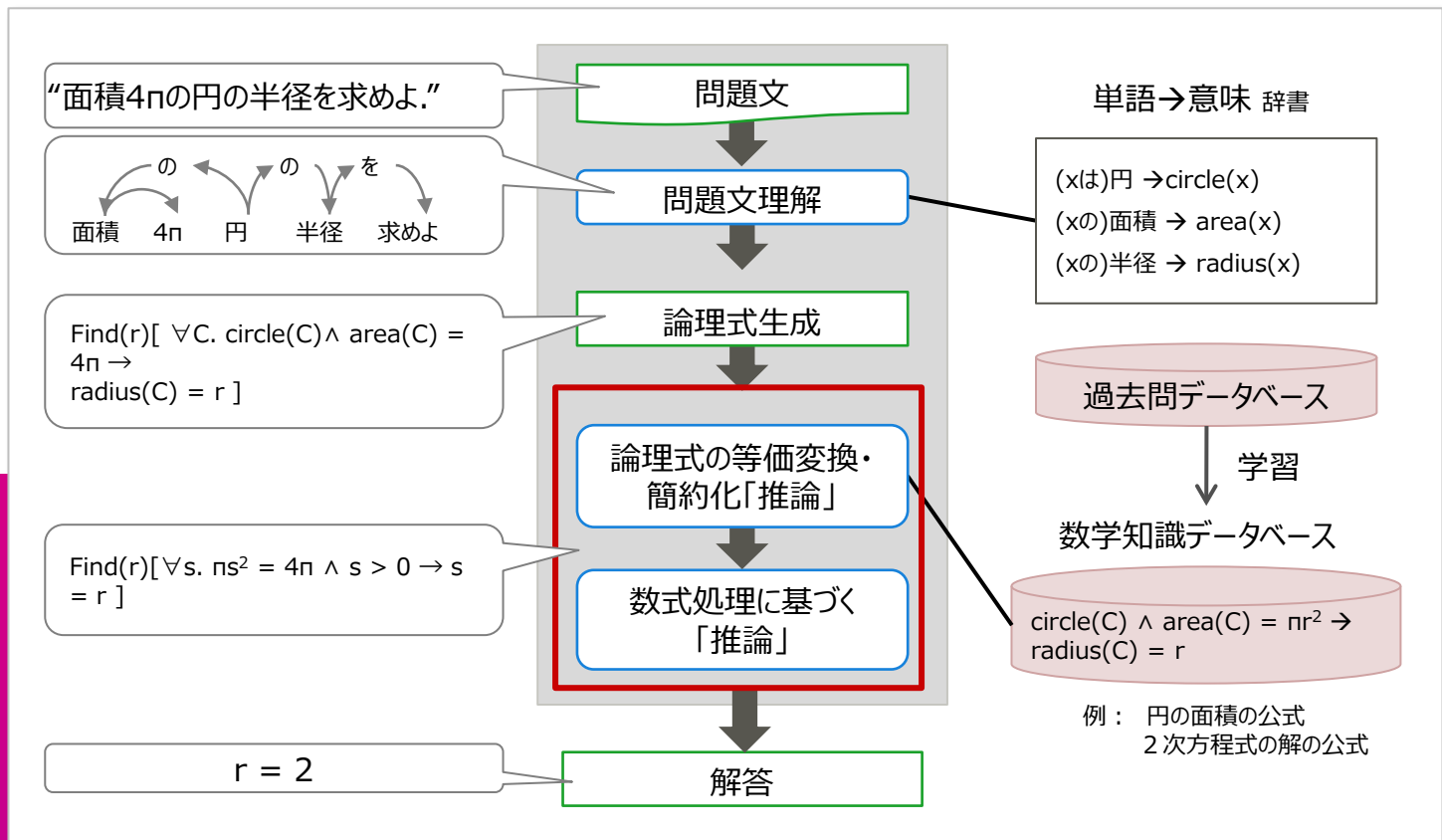
と置くと、問いの条件は次の一階論理式と同値になる

$$(0 < a \wedge a \leq y \wedge y \leq 2a \wedge \exists x_{\text{gen}12}(\exists y_{\text{gen}10}(a \leq y_{\text{gen}10} \wedge y_{\text{gen}10} \leq 2a \wedge y_{\text{gen}10}(-x_{\text{gen}10}) + \frac{2a}{x_{\text{gen}10}} + \frac{2a}{y_{\text{gen}10}} = x_{\text{gen}12}) \wedge \frac{1}{2} \leq x_{\text{gen}10} \wedge x_{\text{gen}10} \leq 1) \wedge 0 < a \wedge (\forall y_{\text{gen}10}(\forall x_{\text{gen}10}(\frac{1}{2} > x_{\text{gen}10} \vee x_{\text{gen}10} > 1 \vee x_{\text{gen}12} \leq y_{\text{gen}10}(-x_{\text{gen}10}) + \frac{2a}{x_{\text{gen}10}} + \frac{2a}{y_{\text{gen}10}}) \vee a > y_{\text{gen}10} \vee y_{\text{gen}10} > 2a) \vee 0 \geq a)$$

この式は実閉体の体系 RCl であることと Tarski-Seidenberg の定理により、この式と同値で量化子を使わずに与えられることができる。Tarski の離化子除去アルゴリズムに従って上記の式を書き換えた結果が以下の式である (変形の過程が長いので、計算紙で別途提出する) :

$$\begin{aligned} & \left((0 < \alpha \wedge \alpha \leq \frac{1}{2\sqrt{3}} \wedge \frac{12\alpha^2+1}{6\alpha} \leq x_{\text{gen}12} \wedge x_{\text{gen}12} \leq \frac{1}{\alpha}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{3}} < \right. \\ & \alpha \wedge \alpha \leq \frac{1}{2\sqrt{3}} \wedge \sqrt{4-16\alpha^2} \leq x_{\text{gen}12} \wedge x_{\text{gen}12} \leq \frac{1}{\alpha}) \vee (\frac{1}{2\sqrt{3}} < \alpha \wedge \alpha \leq \\ & \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2\alpha} \leq x_{\text{gen}12} \wedge x_{\text{gen}12} \leq \frac{1}{\alpha}) \vee (\alpha > \frac{1}{2} \wedge \frac{1}{2\alpha} \leq x_{\text{gen}12} \wedge x_{\text{gen}12} \leq \\ & \left. \frac{12\alpha^2+1}{6\alpha}) \right) \wedge 0 < \alpha \wedge \alpha \leq \beta \wedge \beta \leq 2\alpha \wedge 0 < \alpha \wedge \alpha < 0 \vee (0 < \alpha \wedge \alpha \leq \end{aligned}$$

東ロボくんによる入試問題の求解



東ロボくんの意味解析

データドリブン・機械学習ではない・Transformerではない従来型アプローチ

Input: words + math expressions

the vertices of C1 and C2

Output: semantic representation

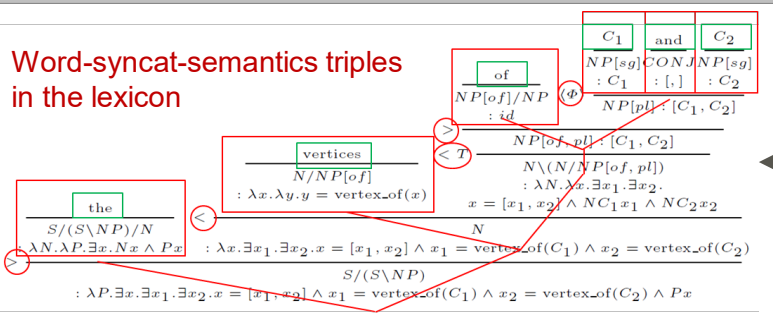
$$: \lambda P. \exists x. \exists x_1. \exists x_2. x = [x_1, x_2] \wedge x_1 = \text{vertex_of}(C_1) \wedge x_2 = \text{vertex_of}(C_2) \wedge Px$$

形態素解析

構文解析

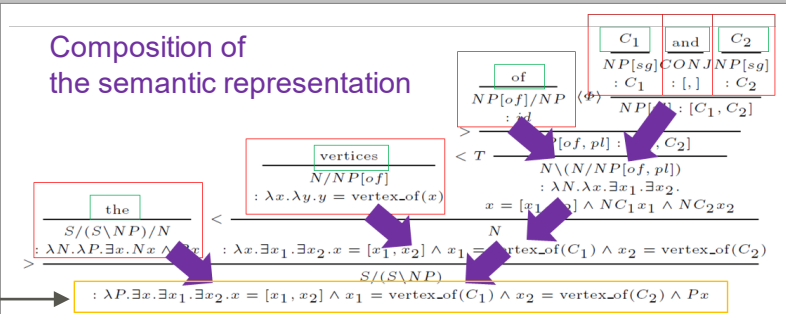
意味解析

Word-syntac-semantics triples
in the lexicon



組合せ範疇文法(CCG)

Composition of
the semantic representation



談話表現構造(DRS)

References

Book



Bulletin



特集 = AIの常識と未解決問題 2020.08

AIと数理 — 事始め、そしてこれから……甘利俊一

機械学習から見たAIの原理 ……鈴木大慈

数式・記号処理から見たAIの原理 ……穴井宏和

Paper

Can an A.I. win a medal in the mathematical olympiad? - Benchmarking mechanized mathematics on pre-university problems.

Takuya Matsuzaki, Hidenao Iwane, Munehiro Kobayashi, Yiyang Zhan, Ryoya Fukasaku, Jumma Kudo, Hirokazu Anai, Noriko H. Arai
AI Commun. 31(3): 251-266 (2018)

The Most Uncreative Examinee: A First Step toward Wide Coverage Natural Language Math Problem Solving.

Takuya Matsuzaki, Hidenao Iwane, Hirokazu Anai, Noriko H. Arai
AAAI 2014: 1098-1104 (2014)

Mathematics by machine.

Noriko H. Arai, Takuya Matsuzaki, Hidenao Iwane, Hirokazu Anai:
ISSAC 2014: 1-8 (2014)

自然言語処理の壁

センター模試

第2問 (配点 30)

a を実数とし、 x の3次関数 $f(x) = x^3 + x^2 - x + a$ について、曲線 $y = f(x)$ を C_1 とする。 $f(x)$ の導関数 $f'(x)$ は

$$f'(x) = \boxed{\text{ア}} x^2 + \boxed{\text{イ}} x - \boxed{\text{ウ}}$$

であるから、 $f(x)$ は $x = \boxed{\text{エオ}}$ で極大になり、 $x = \boxed{\frac{\text{カ}}{\text{キ}}}$ で極小になる。

特に、極大値が2となるのは $a = \boxed{\text{ク}}$ のときであり、このときの極小値は

$$\boxed{\frac{\text{ケコ}}{\text{サシ}}}$$

以下、 $a = \boxed{\text{ク}}$ とする。

C_1 上の点 $P(t, t^3 + t^2 - t + \boxed{\text{ク}})$ における C_1 の接線 l の方程式は

$$y = (\boxed{\text{ア}} t^2 + \boxed{\text{イ}} t - \boxed{\text{ウ}})x - \boxed{\text{ス}} t^3 - t^2 + \boxed{\text{セ}} \dots\dots ①$$

である。 l が点 $(\frac{1}{2}, 0)$ を通るとすると、①に代入して、さらに係数が整数になるように整理すると

$$(t - \boxed{\text{ソ}})(\boxed{\text{タ}} t^2 + \boxed{\text{チ}} t + 1) = 0$$

が成り立つ。 t は実数であるから、 $t = \boxed{\text{ソ}}$ とわかる。このときの l の方程式は

$$y = \boxed{\text{ツ}} x - \boxed{\text{テ}} \dots\dots ②$$

となる。

東大プレ

第4問

xyz 空間に次の4個の不等式で表される立体 K がある。

$$\begin{cases} 1 \leq x \leq 2, 1 \leq y \leq 2, 1 \leq z \leq 2 \\ xyz \geq \frac{3}{2} \end{cases}$$

(1) $1 \leq k \leq 2$ を満たす実数 k に対して、平面 $z = k$ による K の切り口の面積を $S(k)$ とする。 $S(k)$ を求めよ。

(2) K の体積を求めよ。

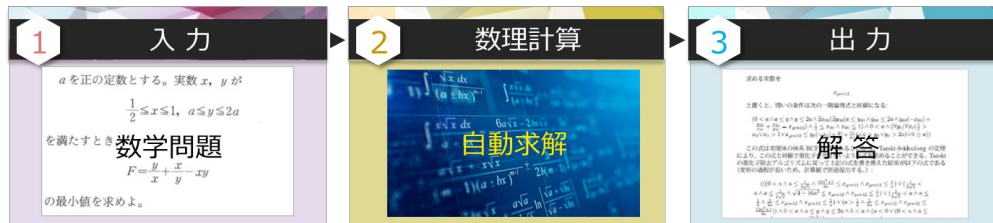
課題

(2015)

センター試験：文章が長く複雑、より深い意味解釈が必要

- 途中でちょっと躓くとだめになったり・・・
- たくさんの文と文の関係をきちんと理解しないとイケない・・・
- 解き方をガイドする問題文 ⇒ 単に解く以上のことが求められている・・・

数学問題

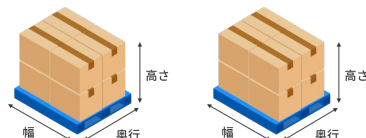


数理の民主化

自然文で記述された現実問題

現場の課題

パレットへの貨物の効率的な詰め込み方法を求めたい。
複数の貨物を効率よくパレットに詰め込んで
何個のパレットが必要か？



解決プロセス

数理・データサイエンス・AI

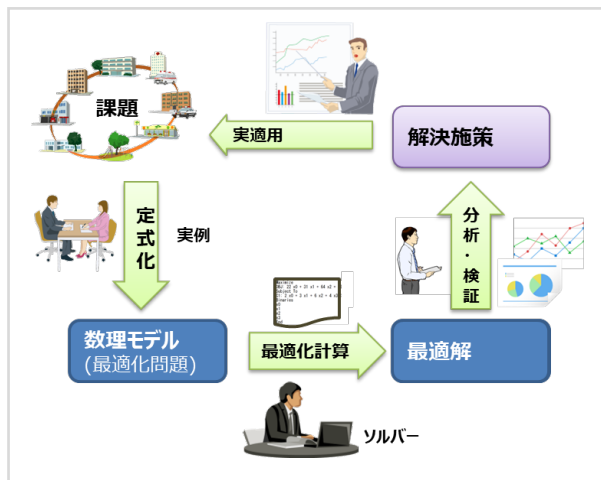
自然文での解(解決策)の説明

実行解

全ての貨物を詰め込む最小のパレット数と
貨物の各パレットへの詰め込み方



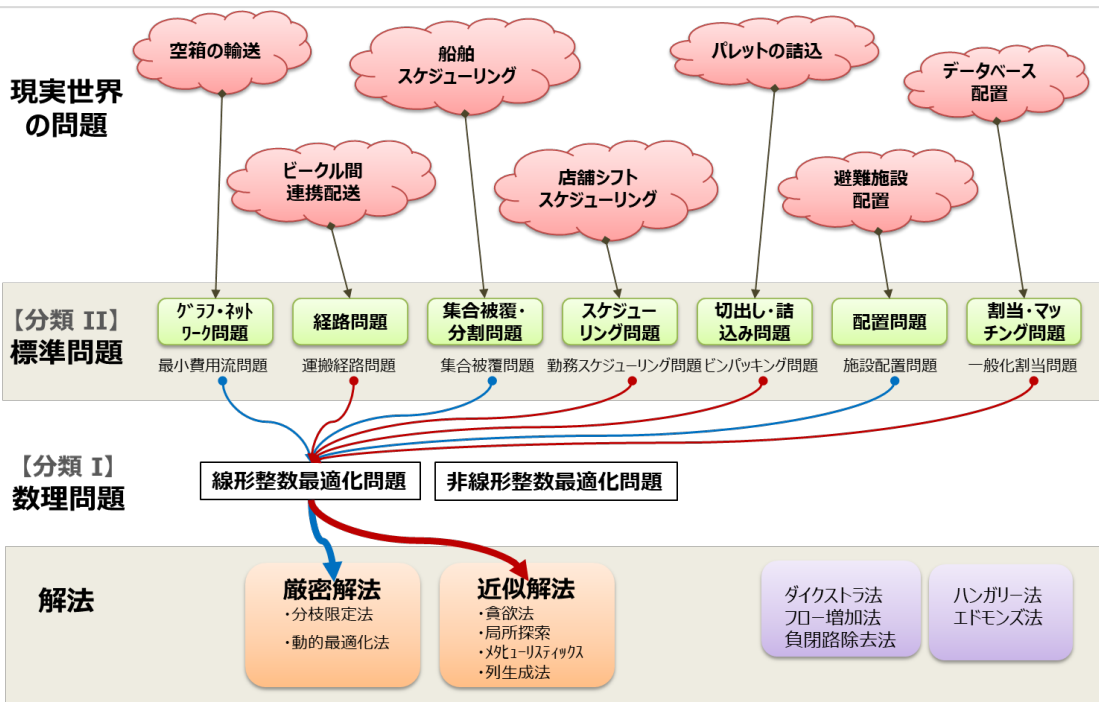
課題解決プロセス



出典：「数理最適化の実践ガイド」（2013）
「今日から使える！組合せ最適化 離散問題ガイドブック」（2015）



現場の課題 ⇔ 定式化 ⇔ 解法



ChatGPTが自ら判断し外部APIを呼出し、得た情報からまたさらに生成をする

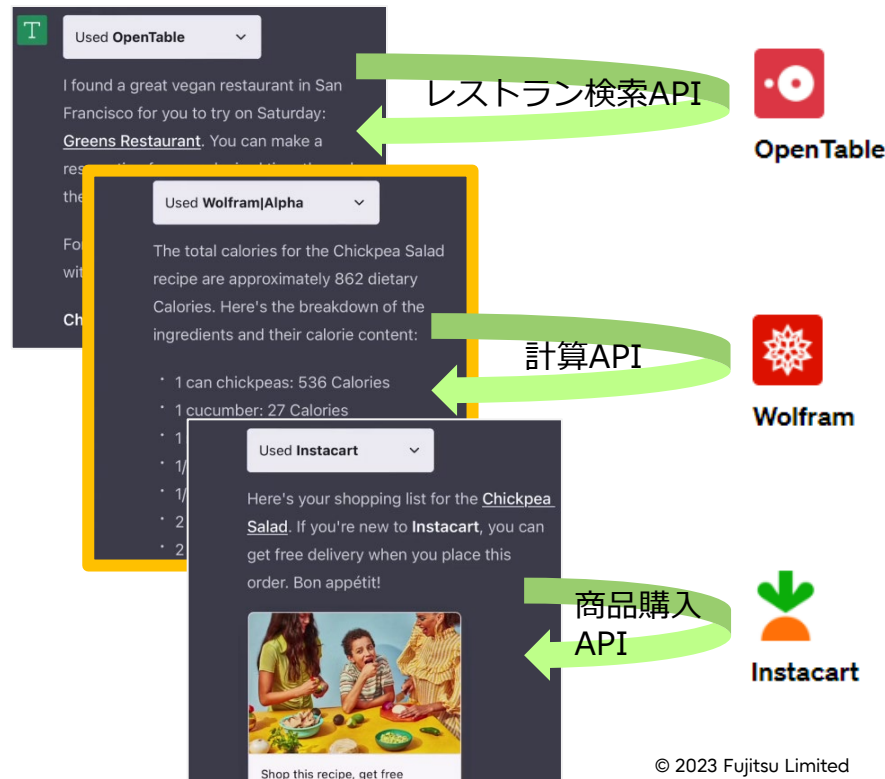
2023-03

- ChatGPTの弱点に対して外部APIを使い補強する
 - 例1: 学習データに含まれない情報を外部DBから得る
 - 例2: 苦手とする計算処理を外部計算エンジンに投げる

CH Looking to eat vegan food in San Francisco this weekend. Could you get me one great restaurant suggestion for Saturday and a simple recipe for Sunday (just the ingredients)? Please calculate the calories for the recipe using WolframAlpha. Finally order the ingredients on Instacart.

今週末にサンフランシスコでビーガン料理を食べたいと考えています。土曜日には素敵なレストランを、日曜日には簡単なレシピを紹介していただけませんか。レシピのカロリーはWolframAlphaで計算してください。最後にInstacartで食材を注文してください。

生成



何をしなければいけないか考え・各サービスを利用する・その過程で試行が必要な作業を行う



- LLMを使ったアプリ開発のためのOSS Pythonライブラリ
 - JavaScript/Type Script版モジュールも提供
- 提供されている主なモジュール
 - **Models** : 様々なLLMのサポート、Chat Model、Text Embedding Model
 - **Prompts** : LLM、Chat Modelにプロンプトを入力する際のテンプレートなど
 - **Indexes** : ドキュメントの構造化に向けたツール
 - **Memory** : ステートフルな動作を実現
 - **Chains** : 複数のLLMやツール(Google検索、IFTTT Webhook等)組み合わせて利用
 - **Agent** : Chainsがツールの組み合わせを事前に決めておくのに対し、Agentsではユーザーの入力後に何のツールをどの順序で使うかを決められる
- ユースケース例
 - パーソナルアシスタント、チャットボット
 - 表形式データのクエリ、ソースコード解析・生成
 - AutoGPT、BabyAGIなどの自律型エージェントを模した構築例も

Zapier Natural Language Actions との組み合わせ例



- ① ユーザーがプロンプトで指示
「XXさんのメールの要約をSlackへ投稿」
- ② LangChainがタスクに分解し、実行
- ③ Zapier NLAに自然言語で指示を出し、メールを検索
- ④ LLMをAPI呼び出し、メールを要約
- ⑤ Zapier NLAに自然言語で指示を出し、Slackに投稿

※ Zapier NLAとは自然言語でのAPI呼び出しで、連携サービスの操作を自動化するサービス

図は[DevelopersIOの記事](#)を参考に作成
概要出典: [LangChain](#)

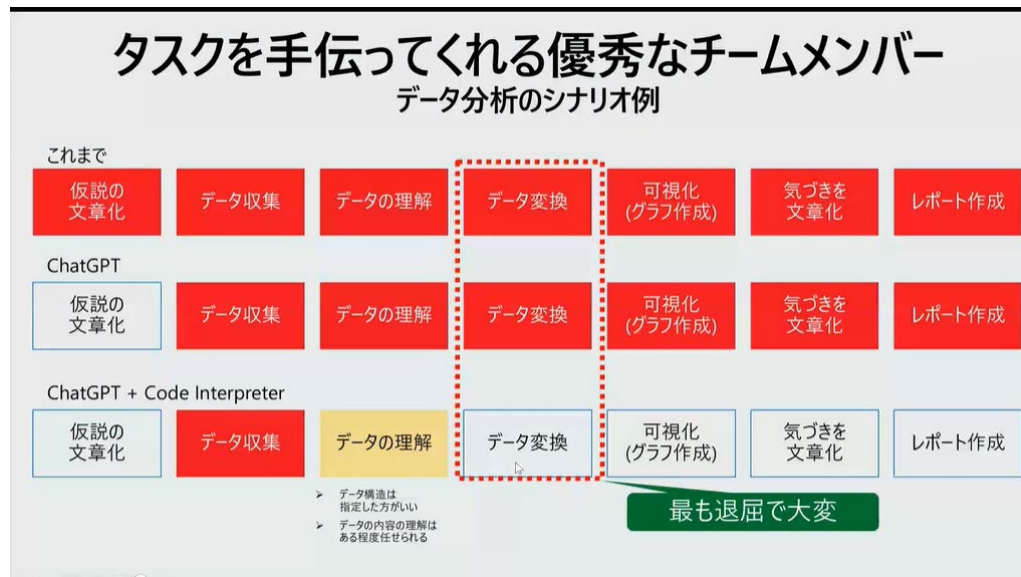
自然言語で指示を出すとPythonのコードを実行できる仕組み

2023-07

- 画像やCSVファイル、音声データ等の読み込み
- Pythonコードを生成し、そのまま実行（グラフ作成や正確な計算、分析など）

Code Interpreter機能の活用事例

- ✓ **スライド作成** : python pptxを使用することで、ChatGPTにパワーポイントのスライド資料を作成させられます。
- ✓ **コードの理解と生成** : Code Interpreterはプログラムコードを理解し、新たなコードを生成することができます。
- ✓ **データ分析** : Code Interpreterはデータ分析を行うことができます。ユーザーはデータをアップロードし、そのデータについての分析を依頼することが可能です。
- ✓ **グラフの作成** : データ分析の結果を視覚化するために、Code Interpreterはグラフを作成することができます。
- ✓ **ファイルの編集** : Code Interpreterはアップロードされたファイルの編集も行うことができます。
- ✓ **計算の実行** : Code Interpreterは特定の計算を実行することも可能です。
- ✓ **Pythonコードの実行** : Code InterpreterはPythonコードの実行が可能で、その結果をユーザーに提供します。
- ✓ **学習ツールとしての利用** : Code Interpreterが生成するPythonコードはコメント付きで表示され、ユーザーがコードを学習するのに役立ちます。
- ✓ **QRコード生成** : プラグインでも既に生成可能ではありますが、簡単にQRコードを生成できます。
- ✓ **長期記憶** : プロンプトや回答の履歴をテキストファイルとして保持する指示を出すことで、以降そのファイルを読み込ませれば長文の情報処理が可能になります。
- ✓ **画像処理** : 読み込ませた画像ファイルを、サイズ調整や拡張子の変換など簡単な処理や編集であれば実行してくれます。



Process-Supervised Reward Modeling (PRM)

Problem

Let $x^8 + 3x^4 - 4 = p_1(x)p_2(x) \cdots p_k(x)$, where each non-constant polynomial $p_i(x)$ is monic with integer coefficients, and cannot be factored further over the integers. Compute $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1)$.

正答

Here, GPT-4 successfully performs a complex series of polynomial factorizations. The use of the Sophie-Germain identity in step 5 is an important step that could be considered insightful.

- 1 I notice that the given polynomial has even degree and only even powers of x , so I can try to make a substitution to simplify it.
- 2 Let $y = x^4$, then the polynomial becomes $y^2 + 3y - 4$, which is a quadratic equation.
- 3 I can factor this quadratic equation as $(y + 4)(y - 1)$, so the original polynomial is $(x^4 + 4)(x^4 - 1)$.
- 4 Now I need to factor each of these factors further, if possible, over the integers.
- 5 For the first factor, $x^4 + 4$, I recall the Sophie Germain identity, which says that $a^4 + 4b^4 = (a^2 + 2b^2 + 2ab)(a^2 + 2b^2 - 2ab)$.
- 6 Applying this identity with $a = x$ and $b = 1$, I get $x^4 + 4 = (x^2 + 2x + 2)(x^2 - 2x + 2)$.
- 7 For the second factor, $x^4 - 1$, I can use the difference of squares formula, which says that $a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$.
- 8 Applying this formula with $a = x^2$ and $b = 1$, I get $x^4 - 1 = (x^2 + 1)(x^2 - 1)$.
- 9 Then I can apply the difference of squares formula again with $a = x$ and $b = 1$, to get $x^2 - 1 = (x + 1)(x - 1)$.
- 10 So the original polynomial is $(x^4 + 4)(x^4 - 1) = (x^2 + 2x + 2)(x^2 - 2x + 2)(x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$.
- 11 These are all the irreducible factors over the integers, so $p_1(x) = x^2 + 2x + 2$, $p_2(x) = x^2 - 2x + 2$, $p_3(x) = x^2 + 1$, $p_4(x) = x + 1$, and $p_5(x) = x - 1$.
- 12 To find the sum of their values at $x = 1$, I just need to plug in $x = 1$ into each factor and add them up.
- 13 I get $p_1(1) = 1^2 + 2 \cdot 1 + 2 = 5$, $p_2(1) = 1^2 - 2 \cdot 1 + 2 = 1$, $p_3(1) = 1^2 + 1 = 2$, $p_4(1) = 1 + 1 = 2$, and $p_5(1) = 1 - 1 = 0$.
- 14 So the final answer is $5 + 1 + 2 + 2 + 0 = 10$.
- 15 Answer: 10

high PRM score

low PRM score

誤答

2023-05

GPT-4 attempts to use the difference of squares formula in step 12 on an expression that isn't in fact a difference of squares. The reward model catches this mistake.

- 1 This problem is about factoring a polynomial over the integers, which can be a tricky task.
- 2 One possible strategy is to look for rational roots of the polynomial, using the rational root theorem.
- 3 However, that would involve checking a lot of possible factors of -4 , and there is no guarantee that the polynomial has any rational roots at all.
- 4 Another possible strategy is to use some algebraic tricks to simplify the polynomial or reduce its degree.
- 5 I notice that the polynomial has only even powers of x , so I can try to substitute $y = x^2$ and see what happens.
- 6 Then the polynomial becomes $y^4 + 3y^2 - 4$, which is a quadratic equation in y^2 .
- 7 I can try to factor this quadratic equation by looking for two numbers that multiply to -4 and add to 3 .
- 8 Those numbers are 4 and -1 , so I can write $y^4 + 3y^2 - 4 = (y^2 + 4)(y^2 - 1)$.
- 9 Now I can substitute back $x^2 = y$ and get $x^8 + 3x^4 - 4 = (x^4 + 4)(x^4 - 1)$.
- 10 This looks promising, because I have reduced the degree of the factors from 8 to 4 .
- 11 I can try to factor each of these factors further, using the difference of squares formula.
- 12 I get $x^8 + 3x^4 - 4 = (x^2 + 2)(x^2 - 2)(x^2 + 1)(x^2 - 1)$.
- 13 I can apply the difference of squares formula again to the last factor and get $x^8 + 3x^4 - 4 = (x^2 + 2)(x^2 - 2)(x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$.
- 14 Now I have factored the polynomial completely into monic linear and quadratic factors with integer coefficients.
- 15 These are the $p_i(x)$'s that the problem is asking for.
- 16 To find the sum of their values at $x = 1$, I just need to plug in $x = 1$ into each factor and add them up.
- 17 I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = (1^2 + 2)(1^2 - 2)(1^2 + 1)(1 + 1)(1 - 1)$.
- 18 Simplifying, I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = (3)(-1)(2)(2)(0)$.
- 19 Multiplying, I get $p_1(1) + p_2(1) + \cdots + p_k(1) = 0$.
- 20 Answer: 0



Improving
mathematical
reasoning with
process-supervision
reward model

キーとなるテクノロジー



定式化 数理モデリング

- 自然言語による課題の表現から立式したり必要な数理モデリングを行う

ChatGPT



数学問題 求解

- 大規模言語モデルが解く（限界は？）
- 数学ソルバーに解かせる

ChatGPT

plugins

PRM



分析プロセス 自動化

- 画像やCSVファイル、音声データ等の読み込み
- Pythonコードを生成しそのまま実行（グラフ作成や正確な計算、分析など）

Code Interpreter

LangChain



メタな思考 操作

- 何をしなければいけないか考えその過程で必要な作業を行う
- 要望に基づいて外部サービス・知識を活用する

ChatGPT

plugins

LangChain

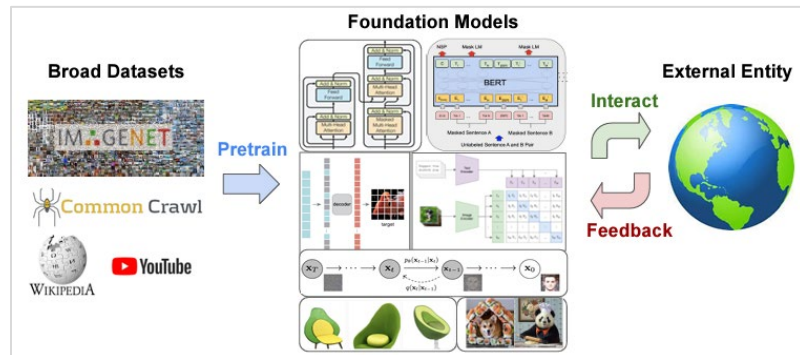
Code Interpreter

● 数理・データサイエンス・AIによる課題解決・意思決定の革新

自動化のレベル高度化、対話的な意思決定も可能、人との共創の新たな形へ

● 複雑化する社会・ビジネス課題の Composite AIによる解決の普及

様々なAI技術を組み合わせ、一つのAIモデルだけでは対処できない大規模で複雑な課題を解決



Overview of foundation models for decision making.

Foundation models pretrained on broad data are adapted to accomplish specific tasks by interacting with external entities and receiving feedback.

- 生成AIにより、様々なデータから基盤モデル（実世界モデル）の獲得が進展
- 実世界モデルの中で、様々なAI/数理技術を組み合わせ課題の解決を可能とするAI(Composite AI)の登場

富士通の取組み

富士通の生成AIの新技术：生成AIを拡張

膨大な計算リソースが必要となる課題を解決することで、テキスト・画像・音声だけでなく、時系列データやグラフデータなども含む日々刻々と変化する企業内データを取り扱える生成AIを開発

生成AIによる意思決定の革新



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

九州大学

富士通意思決定数値モデリング
共同研究部門

意思決定のための社会モデリングおよび解析に関する研究

意思決定のための社会
モデリングおよび解析に関
する研究を推進

FUJITSU

複雑な事業課題を解決



● 活用して思うこと

- **人とAIの協働・共創のデザイン**：進化し続けるテクノロジーをよく知り共創をデザイン。効率化だけでなくエンパワー、切磋琢磨によりさらなる高みへ。
- **言葉によるUI・対話型のインパクト**：一気通貫の自動化に対して、対話的なインタラクションで目標達成に向かうため、特徴は、説明性・納得性の観点からも有効い。
- **文章力・読解力・言語化力・質問力・コミュニケーション力**：人は対話的にAIを活用するため「ことば」が大事、伝わる文章・説明。
- **段取り力**：目的達成のためにタスク分解等の段取りあってこそ、対話的に生成AIの能力を引き出し互いに高めあう。



● 人に求められること

- どういう**問い**をたてるか、そしてそれを**形式化・言語化**する
- AIと協働し、より**高度な意思決定・新たな価値提供**を共創することフォーカス
- 進化しつづける識別AIと生成AIの結果を取り込み、**既知の解の限界を突破する新たな施策・解決策**を生み出す
- 生成AI時代で急激に変化する働き方の下、**人のこころ・感情などをケアし成果達成にむけて人の適切なマネジメント**を担う



The background of the image shows a modern office environment. Three people are present: a man in a red shirt is leaning over a desk, holding a laptop and giving a high-five to a woman in a black shirt who is sitting at the desk. Another man in a white shirt is sitting behind the woman, smiling. The desk is cluttered with various items like water bottles, glasses, and papers. A large window in the background provides natural light. On the left wall, there is a clock and a board with many colorful sticky notes.

Thank you

爆発的に進化する
テクノロジーとの共存