



人工知能の定義

人工知能の定義

- ・人工知能（Artificial Intelligence、AI）

推論、認識、判断など人間のような知的な振る舞いをする

人工的に作られた機械のこと（計算機科学の一分野）

→ジョン・マッカーシーがダートマス会議で使った言葉（1956年）

→「知的」の解釈は研究者によって大きく異なるため

「知的なふるまい」の解釈も研究者によって異なっている

人工知能の定義

- 人工知能（Artificial Intelligence、AI）

ある研究者が人工知能と呼ぶものでも

別の研究者はそれを人工知能と叫ばないケースも存在する

→各研究者によって人工知能に対する定義は少し異なる

→テキストなどに書かれている人工知能の定義を

全て暗記するのではなく重要度の高いものだけを中心に理解する

人工知能の定義

- 人工知能（Artificial Intelligence、AI）

- 松尾豊（東京大学大学院）

人工的に作られた人間のような知能、ないしはそれを作る技術

- 山口高平（慶應義塾大学）

人の知的な振る舞いを模倣、支援、超越するための
構成的なシステム

人工知能の定義

- 人工知能（Artificial Intelligence、AI）

- 浅田稔（大阪大学）

知能の定義が明確でないので、人工知能を明確に定義できない

- 松原仁（東京大学大学院）

究極には人間と区別がつかない人工的な知能のこと



人工知能の大まかな分類

人工知能の大まかな分類

自らの判断で自律的に振る舞う**エージェント**に基づき分類

→エージェント：環境を分析し最適な行動を行うシステム

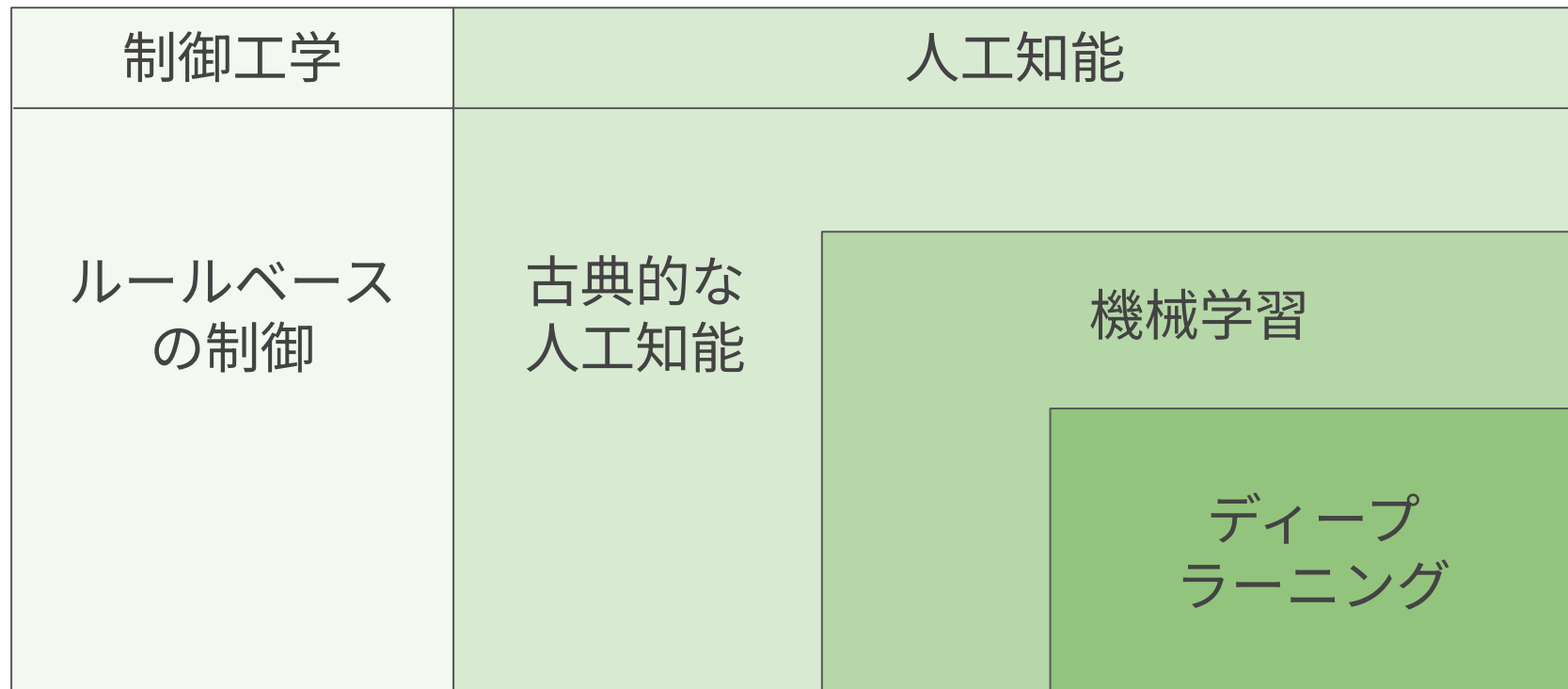
1. ルールベースの制御

2. 古典的な人工知能

3. 機械学習を取り入れた人工知能

4. ディープラーニングを取り入れた人工知能

人工知能の大まかな分類



人工知能の大まかな分類

- ・ルールベースの制御（単純な制御プログラム）

あらかじめ決められた設定に基づいてふるまう

→冷蔵庫、エアコン、炊飯器 など

- ・古典的な人工知能

複数の入力を組み合わせ、推論・探索・知識データを活用し、
状況に応じて複雑なふるまいを行なう

→医療診断プログラム、掃除ロボット など

人工知能の大まかな分類

- ・機械学習を取り入れた人工知能

ビッグデータ(大量のデータ)からルール・関係性などを学習する
→検索エンジン、スパムメールの判定 など

ビッグデータとは様々な形式の大量のデータのこと
→ **3V**(量:Volume・速度:Velocity・多様性:Variety)が価値を決める
正確性:Veracityを加えて **4V**とも呼ばれている

人工知能の大まかな分類

- 4Vとは

量 : データの量のこと、データ量は基本的に多い方がよい

速度 : データの収集から分析までの速度 (リアルタイム)

多様性 : 動画や音声などの様々な形式のデータの収集

正確性 : データの矛盾が少ない、データが正確であること

→ 4Vを満たす**ビッグデータ**が価値が高いとされる

人工知能の大まかな分類

- ・ディープラーニングを取り入れた人工知能

- 何に注目すればいいか（特徴量）を自らで判断し学習する
→画像認識、音声認識、自動翻訳、自動運転 など
- 特徴量とは対象となるデータの特徴を定量的に表したものの
家賃を予測するモデルを作る場合、駅からの距離、床面積、
築年数などが家賃に影響を与えると考えられる（特徴量）

人工知能の大まかな分類

- ・機械学習（家賃）

何に注目すべきか（特徴量）を教える必要がある

→駅からの距離、築年数などの特徴を**専門家**が設定し、

大量のデータを与えて最適な値を見つけ出すのが機械学習

→駅から1km離れたら基本的に4,100円安くなり、

築年数が1年長くなるごとに980円安くなっていく など

人工知能の大まかな分類

・ディープラーニング（家賃）

特徴を入力せずにデータを入れて、AI自らが特徴を見つけ出す
→基本的に人間はAIが何を特徴にしたのかよく分からない

→大量の住宅データと家賃のデータを渡し基準は学習で決定

人が影響を与えないと思っていたものが影響を与える可能性

→半径100m以内に築50年以上の民家があると家賃が下がる など

人工知能の大まかな分類

- レベルによる違い
 - レベル1：ルールベースの制御
 - レベル2：古典的な人工知能
 - レベル3：機械学習を取り入れた人工知能
 - レベル4：ディープラーニングを取り入れた人工知能

→レベルが高い人工知能が必ずしも課題解決に最適なわけではない



ロボットとAI効果

ロボットとAI効果

・ロボットと人工知能の違い

ロボットは予め**決められた動作**を行うものである

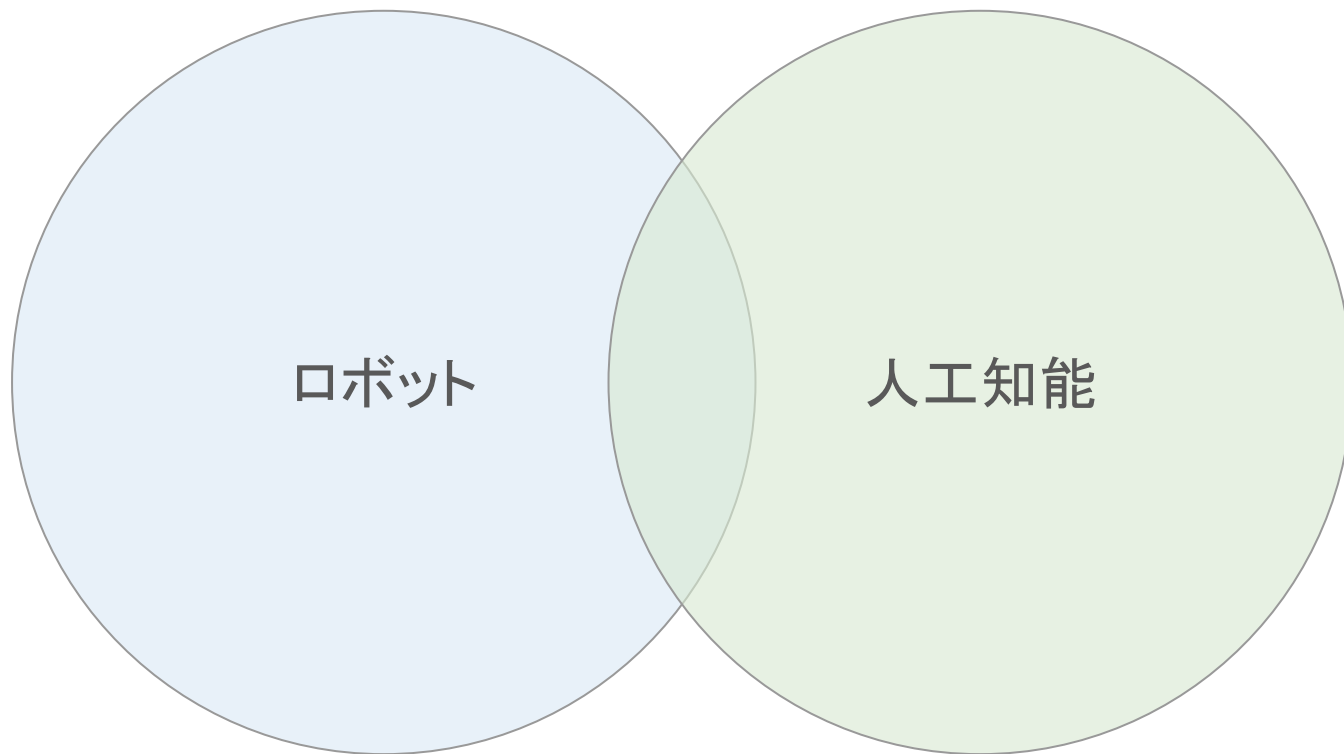
→産業用のロボット、運搬ロボット などの装置・機器（体）

人工知能は、推論、認識、判断など

人間のような**知的なふるまい**をするものである（脳、心）

→定義が曖昧なため、はっきりと区別することは難しい

ロボットとAI効果



｜ ロボットとAI効果

- ・ 汎用型人工知能（汎用型AI）

人間と同じような、あるいは人間以上の**知能**があり、
意識を持って行動する人工知能（ドラえもん、鉄腕アトムなど）

- ・ 特化型人工知能（特化型AI）

特定の問題を解決することに特化した人工知能
→画像認識、言語翻訳、将棋・囲碁 など

ロボットとAI効果

- AI効果

人工知能とみなされていた技術で課題が解決されると

それは**ただの自動化**であって人工知能ではないと

考えようとする心理効果のこと

→人間は機械にできることを知能として認めたくない

→掃除ロボットは凄いけど、人工知能ではないよね など



人工知能研究の歴史

人工知能研究の歴史

- ・ 世界初の汎用コンピュータ

アメリカで世界初の汎用コンピュータ

エニアック（ENIAC）をペンシルバニア大学が開発

→1万8000本近い真空管を使った大型の機械（1946年）

→毎秒5,000回ほどの加減算が可能（150kW）

現在のパソコンは毎秒3,000億以上の加減算が可能（100W）

人工知能研究の歴史

・ダートマス会議

初めて人工知能という言葉が使われた会議（研究発表会）

→1956年アメリカのダートマス大学で開催された

→初めての人工知能プログラムとされる**ロジック・セオリスト**の
デモストレーションが行われた（ニューウェル、サイモン）

→数学の定理を証明するプログラムだった

人工知能研究の歴史

- 人工知能研究のブームと冬の時代

人工知能研究は、「ブーム」と「冬の時代」が繰り返されている

- 第1次人工知能ブーム：1950年代後半～1960年代
- 第2次人工知能ブーム：1980年代
- 第3次人工知能ブーム：2000年代～
- 第4次人工知能ブーム：2020年代～

人工知能研究の歴史

・第1次人工知能ブーム（推論・探索の時代）

コンピュータによる「推論」や「探索」が可能になった

- ・推論：知っている情報から未知の事柄を予測すること
- ・探索：様々な情報から必要な情報を見つけ出すこと

→迷路の謎解きなど簡単な問題（**トイ・プロブレム**）は解けるが
現実世界の複雑な問題を解くことができず「冬の時代」へ

人工知能研究の歴史

- ・ 第1次人工知能ブーム（推論・探索の時代）

- ・ 複雑な問題と組み合わせ

複雑な問題になればなるほど組み合わせ（選択肢）は増加し、
人が待てる時間内に最適な解を見つけることが不可能

→30通りある選択肢A、50通りある選択肢Bがある場合
組み合わせの数は1,500通りになる

人工知能研究の歴史

- ・ 第2次人工知能ブーム（知識の時代）

コンピュータに「知識」を与える研究が進められた

→特定の専門分野の知識をもとに、専門家のように

様々な推論・判断を行うシステム（**エキスパートシステム**）

→1982年から1992年にかけて日本では政府によって

「**第五世代コンピュータ**」と呼ばれる大型プロジェクトが推進

人工知能研究の歴史

・第2次人工知能ブーム（知識の時代）

大量の知識を与えるコスト・管理するコストが大きかった

→知識を明確に**カテゴリー分け**することも難しかった

経験を通して学ぶ知識、常識を言語化することも難しい

→人が話す言葉は**曖昧**で、知識に**矛盾**が発生することも多かった

例外が少ない特定の問題にしか対応できず「冬の時代」へ

人工知能研究の歴史

- ・ 第3次人工知能ブーム（機械学習・特徴表現学習の時代）

大量のデータ（ビッグデータ）を用いることで

人工知能が自ら知識を獲得する**機械学習**が実用化された

→データの特徴を定量的に表したもの（**特徴量**）を

人工知能が自ら学習する**ディープラーニング**も登場した

→**特徴表現学習**：特徴を自動的に抽出して学習すること

人工知能研究の歴史

- ・ 第3次人工知能ブーム（機械学習・特徴表現学習の時代）

ディープラーニングのアイデア自体は存在したが
様々な理由で実用的な技術ではなかった

- ・ 学習させるためのデータ量が少ない
- ・ 学習やデータ収集に時間やコストがかかる など

人工知能研究の歴史

- ・ 第3次人工知能ブーム（機械学習・特徴表現学習の時代）

- ・ インターネットの普及によりデータ量が増加した
→ デジタルデータが大量にあることで**収集コスト**が低下
カメラなどが安くなったことで**収集コスト**が低下

- ・ デジタルデータを**保存するコスト**が低くなった
→ クラウド上にデータを保存・処理することが可能になった

人工知能研究の歴史

- ・ 第3次人工知能ブーム（機械学習・特徴表現学習の時代）

- ・ GPUなどのハードウェアの性能が向上したことで、
学習時間や学習のための費用が低下

- ・ 様々な効果的なアルゴリズムが開発された

→以上の様々な要因からディープラーニングの研究が進んだ

人工知能研究の歴史

・第4次人工知能ブーム（生成AIの時代）

- ディープラーニング技術を使用したサービスが数多く登場
- 学習データをもとに新しい創造的なテキスト（文章）、画像、動画、音楽などのコンテンツを生成するAI（**生成AI**）が登場
- 問題は存在するものの、人間が創造したものかどうか分からないほどの創造物も作れるようになってきた

人工知能研究の歴史

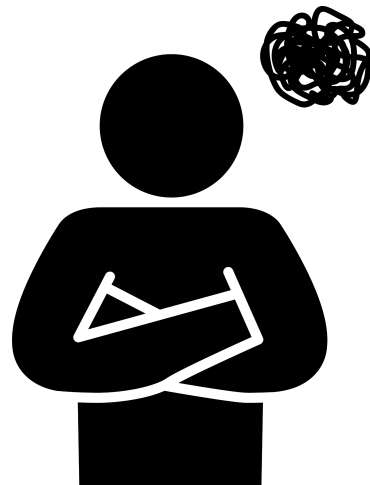
- ・ 第4次人工知能ブーム（生成AIの時代）

大量の言語データとディープラーニング技術を使用して構築されたLLM（大規模言語モデル）が多くの人々に影響を与えている

→アメリカの非営利研究機関であるOpenAIが発表したChatGPTは公開して2ヶ月で1億ユーザーを獲得

人工知能研究の歴史

- 第4次人工知能ブーム（生成AIの時代）
 - 生成AIの活用例
 - 文章の誤字脱字をチェックするとき
 - コード（プログラム）を書くとき
 - 翻訳（英語から日本語に翻訳）
 - 文章を要約するとき
 - 文章に特定の人物向けに書き換えるとき



人工知能研究の歴史

- ・ 第4次人工知能ブーム（生成AIの時代）

一部の専門家は、特に「**ChatGPT3**」が公開された2022年から
第4次人工知能ブームが始まったと考えている

→「ChatGPT3」は第3次人工知能ブームに含まれるもので、
第4次人工知能ブームは到来していないと考えている人も存在

人工知能研究の歴史

- ・ 第4次人工知能ブーム（生成AIの時代）

各ブームは独立した存在ではない

→前のブームは次のブームに影響を与えている

→第1次人工知能ブームの火付け役になった**探索・推論**は

現在でも継続して研究されている

→**知識表現**なども継続して研究されている

人工知能研究の歴史

・ディープ・ブルー

IBMが開発したチェス専用のコンピュータ（1997年）

→チェスの世界チャンピオンに勝利した

機械学習の手法はまだ使われていなかった

→第2次人工知能ブームが終わり、

第3次人工知能ブームが始まる前の出来事である

A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. In front of the iMac, a white keyboard and a white mouse are on the desk. To the right of the mouse, a black smartphone lies on the desk. To the left of the keyboard, there is a small, round, light-colored wooden coaster and a black mesh pen holder containing a few pens. The background shows a window with green foliage outside. The overall lighting is soft and natural.

人工知能分野の問題①

人工知能分野の問題

人工知能分野には様々な問題や課題がある

→ トイ・プロブレム、フレーム問題、身体性 など

この章では人工知能分野における問題や課題について解説

- ・ 今回紹介する内容

- ・ トイ・プロブレム
- ・ フレーム問題

人工知能分野の問題

・トイ・プロブレム

迷路などといったルールが決まっている**簡単な問題**のこと

→転じてルールがシンプルな問題しか解けず

複雑な問題（現実の問題）を解くことができないことを意味する

→第1次人工知能ブームが終了したきっかけになった

現在においても**AIが解決できる問題はまだ一部**である

人工知能分野の問題

・フレーム問題

人工知能における重要な問題の1つで現在も解決されていない
→処理能力が限られている人工知能では、

現実に関わりうる全ての問題に対応できないという問題のこと
→問題を対処するために必要な事象のみを選択するのは難しい

→ジョン・マッカーシーとパトリック・ヘイズが提示した問題

人工知能分野の問題

・フレーム問題

フレーム問題の説明として**ダニエル・デネット**が提案した
ロボットと時限爆弾とバッテリーが有名である

→洞窟の中にバッテリーと時限爆弾がある

バッテリーの上に時限爆弾があるという状況で

ロボットにバッテリーのみを取るように指示を出す

人工知能分野の問題

・フレーム問題

- ロボットAにバッテリーを取ってくるように指示
- ロボットAはバッテリーと時限爆弾を持ってきてしまい
- 時限爆弾が爆発してロボットは壊れてしまった
- 与えられた指示だけを行ってしまった
- 自分の行動から副次的に発生してしまう問題を考慮

人工知能分野の問題

・フレーム問題

自分の行動から副次的に発生する問題を考慮したロボットを開発

→「時限爆弾を動かすと壁の色が変わらないか」

「時限爆弾を動かすと天井は落ちてこないか」など

考える必要がないことも考えてしまい無限に思考し続けた

→時間オーバーになり、時限爆弾が爆発してしまった

人工知能分野の問題

・フレーム問題

全て処理したため爆弾が爆発してしまったので、

目的遂行上、無関係なことは考慮しないロボットを開発

→洞窟に入る前に目的を遂行するにあたって

無関係なものは何かを計算し続けて時限爆弾が爆発

→「天井は落ちること」は無関係なのかどうか など

人工知能分野の問題

・フレーム問題

- 問題に対処するために必要な事象のみを選択するのは難しい
 - 現在のAIはタスクを細かくすることで
 - 処理すべき事象を減らしてフレーム問題を回避している
 - 画像認識ならば画像認識に関する事象だけ処理をしている
 - 汎用型AI**を開発するためにはフレーム問題を解決

A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. In front of the iMac, a white smartphone lies on the desk. To the left of the keyboard, there is a small, round, light-colored wooden coaster and a black mesh pen holder containing a few pens. The background shows a window with green foliage outside. The overall lighting is soft and natural.

人工知能分野の問題②

人工知能分野の問題

人工知能分野には様々な問題や課題がある

→ トイ・プロブレム、フレーム問題、身体性 など

・今回紹介する内容

- ・チューリングテスト
- ・中国語の部屋

人工知能分野の問題

・チューリングテスト

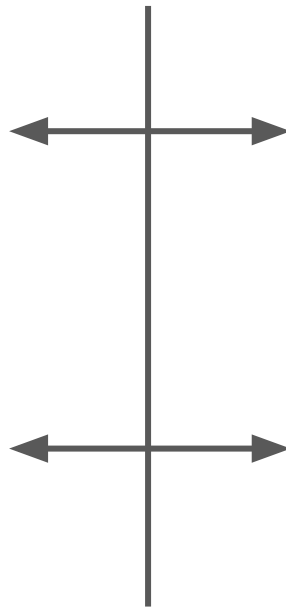
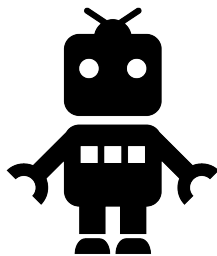
人工知能は思考できるのかという目的から行われるテスト
→アラン・チューリングが提案したもの

→人間が審査員となり、人工知能もしくは人間と会話を行い
どちらと会話したのかを当てるというテスト

→人工知能は人間のように振る舞うように設定されている

人工知能分野の問題

- チューリングテスト



人？人工知能？



人工知能分野の問題

毎年、最も人間に近い人工知能を決める

チューリングテスト形式のコンテストが行われている

→**ローブナーコンテスト**と呼ばれるコンテストが有名である

→ローブナーコンテストでは、AIの自然言語処理や応答生成の能力を評価し、より人間に近い対話体験を提供するための研究や開発を促進する場となっている

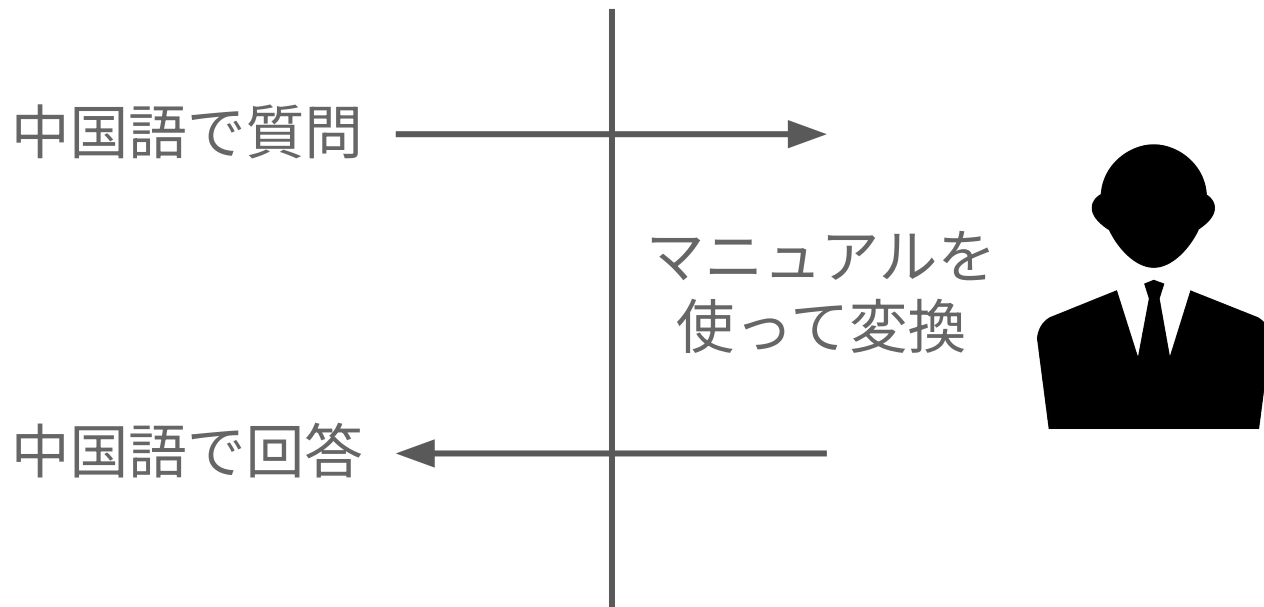
人工知能分野の問題

ジョン・サールはチューリングテストで、
「人間らしさが分かるのか」と反論した
→反論するために「**中国語の部屋**」という思考実験を提案した

ある部屋に英語しか分からない人を閉じ込める
→閉じ込めた人に中国語で質問が書かれた文章を渡す
閉じ込められた人はマニュアルに従って質問に答える文章を作成

人工知能分野の問題

- 中国語の部屋



人工知能分野の問題

- 中国語の部屋

一見、中国語を理解しているように見えるが、
マニュアルを使って意味を理解せず変換しているにすぎない

→これを効率的に行ったとしても人間ようなふるまいと
言うことができるのだろうか

→チューリングテストで人間らしさをはかることはできるのか

人工知能分野の問題

ジョン・サールは弱いAIは可能だが強いAIは不可能であると主張

- ・強いAI（汎用型AIと同じ）

人間のようなふるまい（思考・判断・意識など）をするAI

- ・弱いAI（特化型AIと同じ）

知能を持たず、特定の問題を解決するAIのこと

人工知能分野の問題

- ・ 強いAIと弱いAI

強いAIが実現可能かどうかという議論は、

人工知能を研究してる学者以外でも行われている

→ロジャー・ペンローズは『**皇帝の新しい心**』という著書の中で
強いAIは実現できないと主張している

→現状、強いAIは登場していない（弱いAIの性能は向上している）

A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. A black mesh pen holder sits on the desk, and a small, round, light-colored wooden coaster is nearby. A smartphone lies on the desk to the right of the keyboard. The background shows a window with green foliage outside. The entire image has a soft, muted color palette.

人工知能分野の問題③

人工知能分野の問題

人工知能分野には様々な問題や課題がある

→ トイ・プロブレム、フレーム問題、身体性 など

- ・ 今回紹介する内容

- ・ 身体性
- ・ シンボルグラウンディング問題

人工知能分野の問題

・身体性

知能を獲得するためには、機械が環境と相互作用できる
身体を持つことが大切であるという考え方

→**ロルフ・ファイファー**が提案した概念である

→実際人は何か学ぶとき身体を通して付随的なことも学ぶ

雨の日の歩くとき滑りやすいので滑りにくい歩き方をするなど

人工知能分野の問題

・身体性

ガラスのコップ落とすと割れるという経験をするすることで
ガラスは丁寧に扱う必要があるという学習を行う

→以上の身体を使用して様々な情報を収集することで

ガラスという言葉から、「割れる」、「透明」などといった
概念を結びつけることができるのも人間の特徴である

→コンピュータは概念を複合的に理解することはできない

人工知能分野の問題

- ・モラベックのパラドックス

高度な推論よりも、1歳児レベルの感覚運動スキルを身に付けさせる方がはるかに難しいということ

→歩く、話すなどは高度な推論よりも難しい

→小学生レベルの感覚運動スキルを持っているAIは開発が困難

人工知能分野の問題

・シンボルグラウンディング問題

- コンピュータが文字などのシンボル（記号）と
現実世界の概念をどのように結びつけるかという問題のこと
→スティーブン・ハルナッドが提唱した問題である
- 人間は文字や言葉と現実世界の概念を紐付けて理解している
「ウマ」や「縞模様」とはどんなものか想像できる

人工知能分野の問題

・シンボルグラウンディング問題

人間は言葉から概念を想像することができる

→ウマと縞模様を知っていればシマウマの説明を受けたとき

なんとなくシマウマを想像することができる

→コンピュータの場合、ウマと縞模様を学習しても、

概念を理解していないためシマウマを想像することはできない

A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. In front of the iMac, a white keyboard and a white mouse are on the desk. To the right of the mouse, a black smartphone lies horizontally. Further right, another smartphone is partially visible. To the left of the keyboard, there is a small, round, light-colored wooden coaster and a black mesh pen holder containing a few pens. The background shows a window with green foliage outside. The overall lighting is soft and natural.

人工知能分野の問題④

人工知能分野の問題

人工知能分野には様々な問題や課題がある

→ トイ・プロブレム、フレーム問題、身体性 など

・今回紹介する内容

- ・ 知識獲得のボトルネック
- ・ シンギュラリティ

人工知能分野の問題

- 知識獲得のボトルネック

コンピュータに人間の持つ大量の一般常識を
与えることは非常に難しいということ

→知識獲得のボトルネックの例として**機械翻訳**が挙げられる

- 機械翻訳

機械を用いてある自然言語から異なる自然言語へ翻訳すること

人工知能分野の問題

- ・ルールベース機械翻訳

1970年代後半に使われていた機械翻訳の手法

→辞書や様々なルールを使って文章を翻訳する手法

→人が辞書や大量の複雑なルールを作成するために

多くの時間が必要である一方で、精度が低いという特徴

人工知能分野の問題

- 統計的機械翻訳

1990年代から使われるようになった機械翻訳の手法

→ **コーパス**（構造化された大量の対訳データ）をもとに、

統計的に翻訳を行うことで、精度は一気に改善された

→ 単語の結びつきなどから最適な対訳をもとに翻訳文を作成

→ Google翻訳でも使用されたが、実務レベルの精度ではなかった

人工知能分野の問題

- ニューラル機械翻訳

ニューラルネットワークを活用した機械翻訳の手法

→2016年にGoogleがニューラル機械翻訳であるGNMTを発表した

→精度が一気に上がり、実務でも使われるようになってきた

TOEIC900点以上の人間と同じくらいの翻訳力を持つ

人工知能分野の問題

- ・シンギュラリティ（技術的特異点）

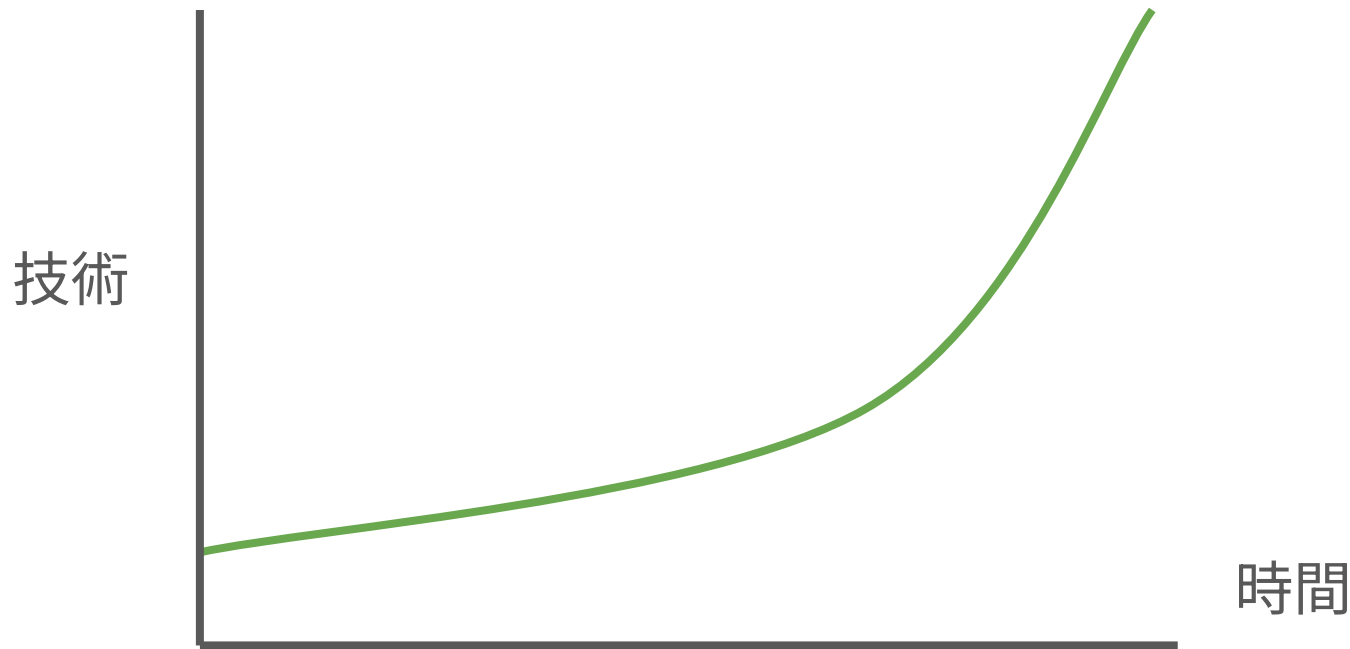
人工知能の進化により、人が想像できないような
様々な変革が起きる転換点のことである

→ヴァーナー・ヴィンジが提唱した概念である

→人工知能が自分よりも賢い人工知能を作れるようになることで
加速度的に人工知能の性能は飛躍すると予想

人工知能分野の問題

- ・シンギュラリティ（技術的特異点）



人工知能分野の問題

- ・シンギュラリティ（技術的特異点）

レイ・カーツワイルは2045年に技術的特異点が来ると予想

人工知能が人類よりも賢くなるのは**2029年**と予測されている

→人類よりも賢くなってもすぐに**社会変革**が起きるわけではない

→イーロン・マスク、ビル・ゲイツ、スティーブン・ホーキングは
人工知能は**脅威**であると考えている



人工能に関する 代表的な国際会議

人工知能に関する代表的な国際会議

- 代表的な国際会議
 - CVPR
 - NeurIPS
 - ICML
 - IJCAI

人工知能に関する代表的な国際会議

- **CVPR** (Conference on Computer Vision and Pattern Recognition)
→ アメリカで開催されるパターン認識に関する学術会議
- **NeurIPS** (Conference on Neural Information Processing Systems)
→ ニューラルネットワークに関する国際会議
- **ICML** (International Conference on Machine Learning)
→ 機械学習に関する国際会議

人工知能に関する代表的な国際会議

- ・ **IJCAI** (International Joint Conference on Artificial Intelligence)

→AAAIが主催する人工知能分野でトップの学術会議

国際人工知能学会とも呼ばれる

- ・ **AAAI** (Association for the Advancement of Artificial Intelligence)

→1979年に設立された人工知能に関する国際的な非営利学術団体

アメリカ人工知能学会とも呼ばれる