

# 人工知能（AI）技術分野における 大局的な研究開発のアクションプラン （AIアクションプラン）

2021年6月14日

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」について



## 我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術開発の方向性を提起

- 政府は2017年に「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」で、AIの研究開発から実装まで、取り組むべき重点分野を取りまとめて以降、2019年の「AI戦略2019」では実行すべき施策を示し、また科学技術・イノベーション基本計画や統合イノベーション戦略でもAIに多数言及しており、AIの研究・実装を積極的に推進している。
- その一方で、海外では、アメリカは2026年までに320億ドル（約3兆5,000億円）を各分野のAI技術開発に投じ、中国も最新の5カ年計画に向けて新世代のAI開発を標榜。GAFA（Google、Amazon、Facebook、Apple）は画像認識や自然言語処理などに持てる膨大なデータと巨費を投じており、各国政府や巨大企業がこれまで以上にAIに注力している。加えて、中国はAI関連技術に輸出制限を課し、EUはAIの利用についての包括的な規制案を発表するなど、規制・管理面の取り組みも活発化している。
- 我が国においては、デジタル庁の創設をはじめ、自動運転や企業におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）に関わる分野などにおいてAIの実装が進んでいる。
- こうした情勢を踏まえ、NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」（以下、AIアクションプラン）を策定・公表した。

## AIアクションプランとして、12の取り組むべきAI技術開発を抽出

- AIアクションプラン策定委員会（委員会）では、「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」、「人工知能技術戦略」、「科学技術・イノベーション基本計画」や文部科学省による「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」をはじめとする各省庁の将来予測調査に加えて、20の分野における、将来期待される社会像とそれにむけた取り組み、またAI技術の関わりを整理し、議論した。
- 各分野における取り組みについて、委員会では今後10年程度の期間を見据えて、我が国における社会的意義や経済的なインパクトを加味し、またすでに民間企業が十分な実績を上げていたり、基礎研究としてさらなる時間を要したりするものではなく、社会実装に向けた施策が必要な課題を重視し、その詳細を検討する議論を重ねた。
- その結果、AIを積極的に活用すべき分野として、農業などの第一次産業も含めた「ものづくり（生産）」、「生活・都市」、「モビリティ」、「教育」、「健康（ウェルビーイング）」などを掲げ、「期待される社会像」を描いた上で「社会像に向けた取り組み」を整理し、期待される社会像に向けて12の「取り組むべきAI技術開発」を抽出したのが、AIアクションプランである。
- 委員からも、AIアクションプラン策定後、これらがどのように実行されていくかが最も重要という指摘があったように、NEDOは、今後、ここから他分野への展開も含めて取り組む事業を選定し、事業化に向けた検討を進めていく。今後のプロジェクト化や実装においては、多様な分野への発展が期待できる。

## AI技術および関連分野における有識者が委員に就任

- 委員長：** 中島 秀之 公立大学法人札幌市立大学 学長
- 委員：** 稲見 昌彦 国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授  
牛久 祥孝 株式会社Ridge-i 取締役 Chief Research Officer  
オムロンサイニックエックス株式会社 Principal Investigator  
川上 登福 株式会社経営共創基盤 共同経営者（パートナー） マネージングディレクター  
松尾 豊 国立大学法人東京大学 教授  
丸山 宏 花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー  
国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター特任教授  
株式会社Preferred Networks PFNフェロー
- 村川 正宏 国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
人工知能研究センター 副研究センター長  
（兼務）人工知能研究戦略部研究企画室長
- （委員は五十音順、敬称略）

**事務局：** 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）ロボット・AI部  
株式会社角川アスキー総合研究所

**開催実績：** 第1回 2月9日      第2回 2月26日      第3回 3月30日  
第4回 4月27日      第5回 5月18日      第6回 6月1日

※計6回の委員会以外にも、委員長および各委員との個別会合を複数回実施

# 人とAIの共進化に向けた今後10年間のAIアクションプラン



AIの技術開発の方向性

深層学習

シミュレーション

部分最適化

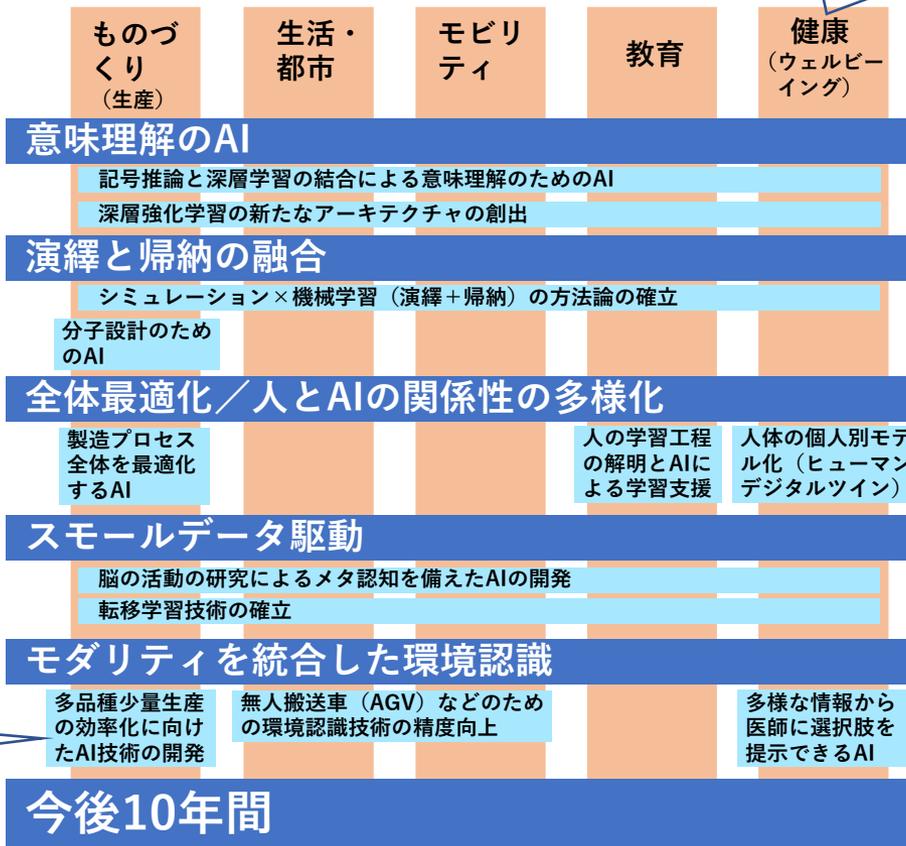
ビッグデータ依存

画像・音声など、個別の認識精度の向上

これまで

取り組むべきAI技術開発

AIを積極的に活用すべき分野



AIを使うだけでなく、人とAIの共進化に向けて、取り組むべきAI技術の課題をAIアクションプランとして選定した。次ページ以降、個々の「取り組むべきAI技術開発」と、その社会実装例としての「期待される社会像」、「社会像に向けた取り組み」を解説する。

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 人間とAIが、言語でより高度なコミュニケーションを取れる

AIによる環境認識（身体性を含む）と言語理解の向上によって、より高度で自然なコミュニケーションがとれるようになる。

## 社会像に向けた取り組み

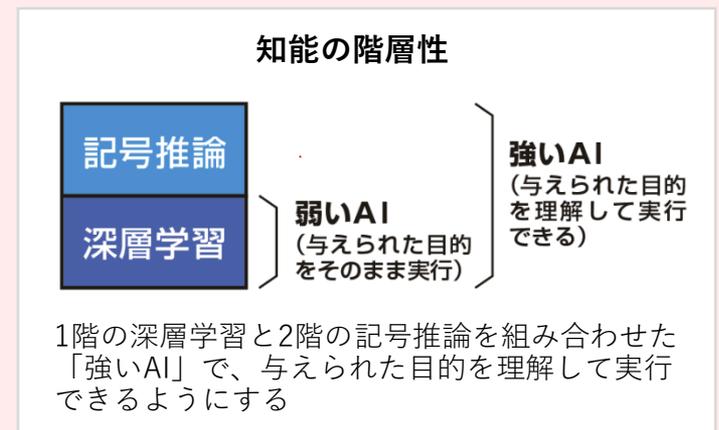
### 日本の強みを活かしたAI技術の開発

ロボット技術や、人工知能を目指した第五世代コンピュータ（1982年～1992年）プロジェクトの記号推論に関する技術蓄積を活用するなど、他国とは異なるアプローチで、我が国の強みを活かしたAI技術を創出する。

## 取り組むべきAI技術開発

### 意味理解のためのAI（2階建て脳）

1階部分の深層学習と2階部分の記号推論システムの結合。あるいは従来型システムで、深層ニューラルネットワーク（DNN：Deep Neural Network）上に記号推論システムを実現。記号処理で人間の意図や価値を理解して、深層学習を方向付ける手法を開発する。



# 深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 既存のAIが抱える課題を解決して社会の利便性を向上

新たなAIアーキテクチャによって自然言語処理を高精度化することで、名前を置き換えたり、辞書を引いて回答するといったような、既存のAIが不得意な言語処理が可能になるなど、さまざまな利便性を向上させる。

## 社会像に向けた取り組み

### 画像あるいは世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出すAIの開発

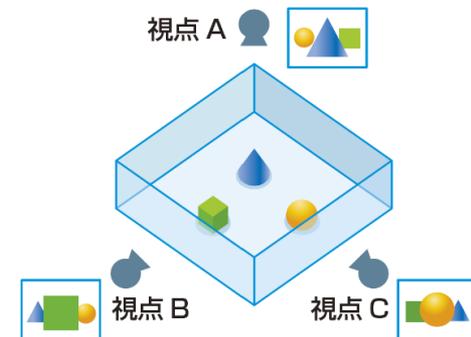
言語から画像あるいは実世界に紐づく世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出力するAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 時間方向に広がりをもった時空間の情報に関して適切な特徴量を抽出する深層強化学習

時空間の特徴量を自己教師あり学習で適切に取得することができ、フィードバックループを仮定した行動の学習ができる深層強化学習を開発する。

#### 世界モデルで他視点の画像の予測が可能



画像認識の例として、図の視点A、Bからの画像を多数学習して「世界モデル」を獲得すると、視点Cからの見え方を予測できる

# シミュレーション×機械学習（演繹+帰納）の方法論の確立



## 期待される社会像

## 社会実装例

### 効率的なシミュレーションによる材料探索・創薬、自動運転などの推進

機械学習を組み合わせたシミュレーションの分野・手法を整理・開発して多分野に展開し、上記分野などの技術開発を加速する。

## 社会像に向けた取り組み

### 分野と方法論の組み合わせを整理し、他分野への適用を図る

人間の知識に基づく演繹（前向き推論）と、データに基づく帰納（後ろ向き推論）を組み合わせ、双方のメリットを持つ予測・推論手法を開発。気象予測におけるデータ同化など、現状はいくつかの分野において個別に試みられているシミュレータ×機械学習の手法を整理し、総合的に開発。まだ着手されていない分野・手法を同定し、開発した手法をそこに適用していく。

## 取り組むべきAI技術開発

### 演繹と帰納、双方向の推論による手法を開発

演繹的手法としては、シミュレータを用いて機械学習の訓練データを生成。データが得られにくい事象をカバー。帰納的手法としては、機械学習を用いてシミュレータのパラメータを調整（データ同化）、高速化する。

#### 様々なシミュレーション手法

##### マルチエージェント



##### 有限要素法



多数の要素を実際に動かしてみるマルチエージェント、メッシュに分解して個々の状態を見る有限要素法など、様々な手法がある

# 脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発

## 期待される社会像

## 社会実装例

熟練工や伝統的な匠の職人技を、AIによって他者に短時間で学習させることによるものづくりの継承

継承が困難なスキルを、AIを介して短期間で学習することで次代に残す。

## 社会像に向けた取り組み

熟達者の脳の活動パターンやスキルに関わる神経活動を効率的に学習できるAIの開発

熟達者の脳の活動パターンを、AIで効率的に学習。学ぶ初心者の神経活動を熟達者のそれを再現するよう同調させることで、より短時間での習熟につなげる。

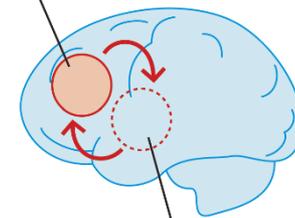
## 取り組むべきAI技術開発

メタ認知機能による少数サンプルでの学習

人間の脳では大脳基底核が強化学習を、背外側前頭前野がメタ認知を司っており、そのメタ認知によって複雑な問題を単純化して効率的な学習を行っている。この構造に習い、メタ認知機能を備えて少数サンプルでの効率的な学習が可能なAIアーキテクチャを開発する。

### 脳の活動を模したAI技術の開発

背外側前頭前野（メタ認知）



大脳基底核（強化学習）

脳は背外側前頭前野（メタ認知）と大脳基底核（強化学習）のやり取りで効率的に学習しており、これを模したAIで少数サンプルでの学習を可能にする

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 新たな材料開発によるカーボンニュートラルへの貢献

AIによる材料探索によって、低コスト高効率な新たな材料を開発し、クリーンエネルギーの普及を図る。

## 社会像に向けた取り組み

### より高効率な太陽光発電やバッテリーなどの開発に向けたAIによる材料探索技術の開発

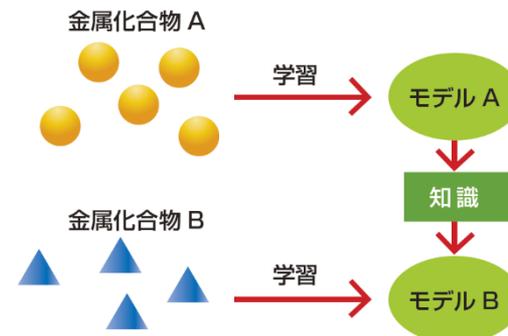
有機化学やバイオの材料開発の手法ではうまくいかない重い原子を扱える、相対論的な効果も踏まえたAIによる材料探索技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### スモールデータを的確に扱える転移学習技術

少ない試行回数しか得られない実験データ、あるいは人口の少ない地域の風習など、スモールデータからの学習に際して、類似する他のデータの学習で得られた知識を転用することで、精度良く学習できる転移学習技術を開発する。

#### スモールデータに転移学習で対応



例えば目的とする金属加工物の実験データが少なくとも、違う加工物を学習した知識を転移することで、効果的な対応が可能

# 製造プロセス全体を最適化するAI

## 期待される社会像

## 社会実装例

### AIを活用したプロセス最適化による産業競争力の向上

材料・設計探索から製造プロセス全体をデータ駆動型として最適化。製品開発の効率化と産業競争力向上を図る。

## 社会像に向けた取り組み

### 無機化学の領域で活用できる共通基盤としてのAI技術開発

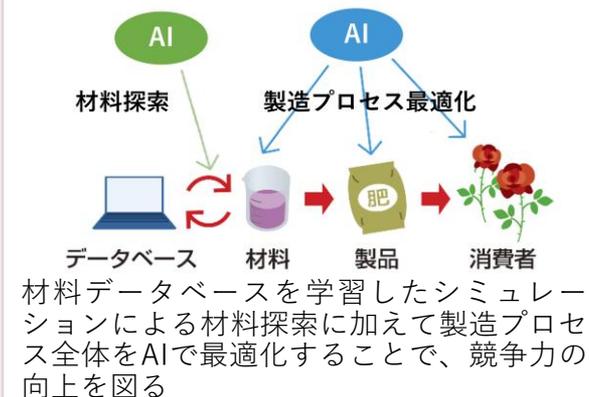
有機化学や創薬ではAIはすでにより活用されているが、無機化学などでも同様に材料探索に活用できるAIを開発。材料探索の際、最終製品を踏まえた評価が必要となるため、材料探索だけでなくプロセス全体をAIによって最適化する。

## 取り組むべきAI技術開発

### 材料探索に加えて製造プロセス全体を最適化するAI

材料探索へのAI活用に加えて、需要の変化が生産、ひいては設計や材料探索に反映されるまでのリードタイムを最小化するとともに、プロセス全体をコスト・品質・環境負荷・レジリエンス（復元力）など、多目的に最適化するAI共通基盤を開発する。

#### 材料探索とプロセス全体をAIで最適化



# 多品種少量生産の効率化に向けたAI技術の開発

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 機械化・AI化されていない生産現場へのAI導入による生産性向上

高速・高信頼なロボットによる大規模で効率的なライン生産の維持・発展と並行して、人手によるセル生産が主体の多品種少量生産においても、AI・ロボットの導入によって生産性を向上させる。

## 社会像に向けた取り組み

### AI・ロボットによるデータ駆動型の生産工程の確立

画像データを蓄積していくことで作業工程のミスを減らし、歩留まりの向上を図る、またデータに基づいて故障する部品を予測するといった、データ駆動型の生産工程手法の確立。

## 取り組むべきAI技術開発

### 複数のモダリティを統合した環境認識による多品種少量生産工程のチェック

組み立て手順の確認や検品に際して、画像だけでなく音波などの多様なモダリティを統合して認識し、生産工程を適切にチェックできるAI技術を開発する。

#### セル生産においてもAIで生産性向上

補助ロボット

画像認識 AI



多品種少量生産に適した工程チェックや検品用の画像認識ほかの環境認識技術、多様な生産物に対応可能なロボットを制御するAI技術の開発で、セル生産も省力化できる

# 分子設計のためのAI

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 新たな感染症に対応できるバイオ医薬品の迅速な開発プラットフォーム

生体分子設計などの分野において、開発プラットフォームの整備によって新規の感染症に対するワクチンやバイオ医薬品開発の迅速化。

## 社会像に向けた取り組み

### 多ノイズでデータが少ないなど、機械学習や高精度なシミュレーションが難しい分野での開発基盤整備

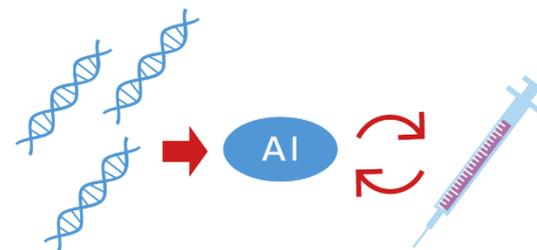
ノイズが多い場合の機械学習手法や、量子計算シミュレーションが活用できない場合のシミュレーション技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 分子などの設計のためのAI

生体分子を扱う領域の設計に際しては、現状は分子構造を「Transformer」などの大規模言語モデルを活用して、文字列として扱っている。分子構造自体を扱えるなど、データ駆動型の研究開発の基盤となるAI技術を開発する。

#### ウイルス遺伝子を学習してワクチン開発



ウイルスの  
遺伝子データベース

ワクチン

ウイルスの遺伝子を学習してワクチンを作成、治験結果からさらに品質の高いワクチンをといた開発基盤の平時からの整備

# 無人搬送車 (AGV) などのための環境認識技術の精度向上

期待される社会像

社会実装例

## 宅配、拠点内の物流の自動化

物流拠点から配送先への荷物の配送、あるいは商業施設や病院といった建物内の物資の輸送を自動化。

社会像に向けた取り組み

## 自律駆動する配送ロボットなど、AGVの実用化

歩道やビルの廊下、エレベータなど、複雑な環境に対応できるAGV (Automatic Guided Vehicle) の開発。

取り組むべきAI技術開発

## 多様な環境認識技術の開発と精度の向上

画像だけでなく、音や路面状況（車輪の振動）など、多様なモダリティを統合した環境認識技術の開発。それと同時に、例えば静止画の集合ではなく動画を動画として認識する手法の確立など、個々のモダリティも、より効率的・高精度に解析できる技術を開発する。

多様な認識技術の開発と個々の精度向上

静止画の集合として認識



動画として認識

認識技術の精度向上に際して、例えば動画認識の場合、静止画のかたまりとしてではなく、動画そのものとして認識するなど、新たな手法を開発する

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 従来とは異なる個人により最適化されたカリキュラムでの効率的な学習

個々人に、より最適なカリキュラムや学習方法を提示することで、これまで以上に最短での学習を可能にする。

## 社会像に向けた取り組み

## 人が生み出せなかった学習プロセスを解明・提案できるAIの開発

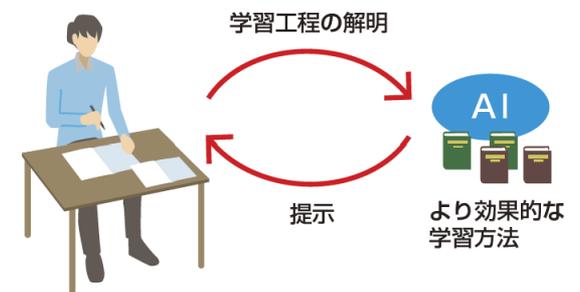
人の学習状況を把握するだけでなく、学習する工程をAIによって解明。これによって人間には気づけなかった効率的な学習法を探索する。それに加えて、正解と試行とのずれを判定し、フィードバックできるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人の学習工程のモデル化、AIによる学習支援

個人が学習する（あるいは失敗する）工程そのものをAIで把握してモデル化。学習の過程を解明するとともに、そのモデルでより効率的に学習できるであろう工程を探索して、提示できる技術を開発する。

## 学習工程の解明から効果的手法の探索



人の学習工程を解明し、それに習ったAI無数の学習例から抽出することで、その人に適したより効果的な、あるいは大きくショートカットできる学習手法を得る

# 多様な情報から医師に選択肢を提示できるAI

## 期待される社会像

## 社会実装例

**“小さな主治医”としてAIが人間を常時診断し、異変時には人間の医師が“大きな主治医”として診断する医療**

対象者個人に最適化された学習モデルを持つAIが医師との介在役となり、健康の維持に貢献する。

## 社会像に向けた取り組み

**病歴その他の背景情報を学習して、医師に選択肢を提示できるAIの開発**

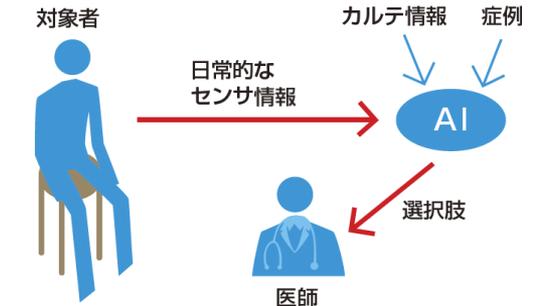
医師と合議するための、医療向け語彙を含む高度な自然言語処理技術の開発を背景に、医師に選択肢を提示でき、患者の診断や治療順位を医師に助言、あるいは判定できるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

**多様なセンサ情報などから患者を診断し、医師に選択肢を提示できるAI技術**

脈拍や体温、血糖値などといった各種のセンサ情報と、病歴などのカルテ情報、症例といった多様なモダリティを統合して学習・分析して診断し、症状を判定する技術を開発する。

### 多数のモダリティから症例を判定



体温、血圧といった日常的なセンサ情報に加えて、カルテ情報、症例など、多数のモダリティを学習して医師に助言する

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 個人に最適化された医療やリハビリテーション

投薬やリハビリの最適な計画を策定し、より短期での回復や社会復帰を実現。

## 社会像に向けた取り組み

## 個々人に応じた投薬による治療計画や、リハビリテーション計画に向けた学習を可能にするヒューマンデジタルツイン

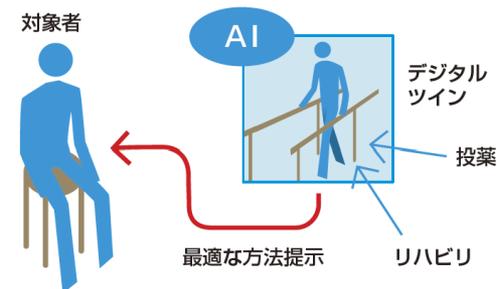
治療・投薬や、個人差が大きいリハビリテーションに際して、一人一人の特徴や症状を「ヒューマンデジタルツイン」として組み込んで作り、それを基に学習を行なう。さらには、得られた知見をハプティクスなどでの確にフィードバックする技術の開発も踏まえ、人間の側もAIとの共進化に向けた行動様式を模索する。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン）

多様なセンサ情報、カルテなどの医療情報から、人間には知覚不能なモダリティのデータも扱って、症状や回復に向けた方策を学習・シミュレーションするための、高精度なデジタルツインの作成技術を開発する。

## ヒューマンデジタルツインでの試行



その人をモデル化したヒューマンデジタルツインで、実際には不可能な多様な投薬やリハビリを試行して、最適解を得る

## ヒューマン・AIインタラクション

- 人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定とフィードバック
- 人間の運転手と自動運転車など、人とAIとの言語・非言語によるコミュニケーション手法の確立

## データセット、データベース

- 不整合、不完全なデータを扱えるエビデンスベースのデータベース技術
- 都市を構成する人・組織・物流その他のデジタルツイン化に必要な物理データ
- 収集自体が困難なデータの生成（シミュレーション技術活用も含む）に関する研究

## 連合学習関連

- 個人情報など、公開が困難で複数箇所にまたがるデータを学習し、知能側で統合する（連合・分断学習）技術確立
- データフォーマットの統一、相互運用性の確保

## 自動運転関連

- マシンリーダブルな標識など環境側の対応
- スマート標識への劣化状況などをAIの目でメンテナンスできる仕組みづくり

## 人の知性の限界や価値共有

- 人間の知性の限界・認知バイアスを明らかにする研究
- 人間も含めたAI間の認識や価値共有に関する研究

## 安全・安心

- GAN的発想でAIセキュリティを考える技術・構想の発展
- AI技術を用いるシステムの認証機関

## 実験環境の整備

- 誰でもアクセス・実験できる中央実験設備など高スループットな実験がしやすい設備の検討

## インフォマティクス

情報学のことだが、AIに関連して言及される場合は「マテリアルズ・インフォマティクス」や「バイオ・インフォマティクス」など、新たな材料などの探索を、膨大なデータを基にした機械学習、それを踏まえた実験と結果のフィードバックといった形で、より高効率で行なうことを指す。

## 演繹（えんえき）と帰納（きのう）

演繹とは、普遍的な原則から個別の事象を推論する手法。帰納はその逆で、さまざまな事象から結論を導き出す手法。

## GAN

GAN (Generative Adversarial Networks) とは、敵対的生成ネットワークとも呼ばれるが、生成と識別の2つのネットワークで構成され、生成側が出力した内容を識別側が判定。識別側は実際のデータと比較して判定するので、生成側は識別側が判定できないくらい実際のデータに近いものを出力しようと学習していく。

## 機械学習

コンピュータプログラムが訓練データもしくは学習データから学習して、実施するタスクの性能が改善されるものを、機械学習と呼ぶ。例題をもとに学ぶ「教師あり学習」と、例題のない「教師なし学習」、そして強化学習の大きく3つに分類される。

## 強化学習

機械学習の課題設定の一種で、環境中で報酬（罰も含む）を得ながら試行錯誤を繰り返すことを通じて、未来にわたる報酬の期待値を最大化するような行動戦略を学習する課題。例えば、掃除などの作業が素早く終わるように、試行錯誤しながら適切な動き方を学ぶこと。

## 高スループット（ハイスループット）

ロボットを用いて自動的に実験を行なうなど、人の手による職人技ではなく、AIやロボットを活用して多数の材料の探索を効率よく行なうことを、ハイスループットスクリーニングという。

## シミュレーション

対象となる何かの動きを真似て試行すること。実際の何かの動きにどれくらい似せられるかによってその精度は異なるが、数学的なモデルに置き換えて試行することで、よりリアルな結果を出せたり、あるいは実現不可能なシチュエーション（大規模災害を発生させてみるなど）でも試行してみることができる。シミュレーションには、例えば避難する人など、1つ1つのエージェントが自律的に動作し、それら全体での最適な避難経路を試行するマルチエージェント、あるいは対象物をメッシュ（網の目）状の単純な領域に分割して、それぞれの領域ごとに計算する有限要素法など、さまざまな手法がある。

## スモールデータでの学習

少ない量のデータ（スモールデータ）から複雑な課題を学習すること。課題についての事前知識や、類似した課題の学習結果を利用する。

## 世界モデル

周辺環境（すなわち世界）のモデルを、限られた学習データからの学習によって構築すること。世界モデルを獲得すると、例えば観測できない／していない視点からの画像を予測できるなど、フレーム問題の解決につながると期待されている。

## セル生産方式

限られた工程を行なう多くの人やロボットをベルトコンベヤに並べ、流れ作業で大規模かつ大量に生産するライン生産方式とは異なり、1人が少数のチームで、ほぼすべての生産工程を担当する生産方式。多様な製品の生産への対応が可能。

## DX（デジタルトランスフォーメーション）

企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。

## DNN（Deep Neural Network）

ディープ（深層）ニューラルネットワークとも呼ばれるが、4層以上の多くの層で構成されるニューラルネットワーク（神経系を模したネットワーク構造で情報を処理するモデル）。ディープラーニングの基礎となる技術。

## ディープラーニング（深層学習）

層の数が多（深い）ニューラルネットワークを用いた機械学習手法。層の間のニューロンの結合の強さなどのパラメータの値を学習用のデータを使って調整し、望ましい振る舞い（入出力関係や情報の確率分布）を獲得させる。隠れ層に階層的な特徴表現を獲得することによって、一般物体認識などの課題で従来手法を大きく上回る性能を達成したため、研究や応用が進められている。

## デジタルツイン

デジタルの双子（ツイン）のように、コンピュータの内部やサイバー空間の中に、実際の人やモノなどを再現する取り組み。データだけでなく、その振る舞いも実際と同様にシミュレートすることで、仮想的にいろいろな検証や実験などを試すことができる。

## データ駆動型

データドリブンとも呼ばれるが、経験や勘、人間の感性ではなく、データとアルゴリズムに従って物事を進める考え方。

## データセット

AIが学習するための、サンプルの集合。データセットの内容や規模がAIの学習精度を大きく左右する。

## 2階建て脳

人間の脳を、直感のように素早く動物的な思考をする1階部分と、理性的にじっくり考える言語的な思考をする2階部分の、2階建てとして捉える考え方。各階をSystem1、System2と呼んだり、動物OSと言語アプリに分類したりと分類の仕方にもいくつかの種類があって、それぞれ定義も異なるが、AIの高度化に向けて概ね2つの階層で考えることでは一致している。

## ハプティクス

触覚提示技術のことで、ゲーム機のコントローラが、レースゲームで障害物にぶつくと振動するように、振動や力を加えることによる触覚で、利用者に情報を伝える技術。

## フィードバック

機械の制御などにおいて、出力された結果を入力側に戻すこと。これによって、例えば入力としてモータを駆動した結果、出力として歯車は何回転したかによって、モータをあとどのくらい駆動すればいいのかが制御できる。

## マシンリーダブル

この場合のマシンはコンピュータを意味しており、コンピュータが読み取れる、理解できるような形でデータやコンテンツを記述すること。

## マルチモーダル

画像（視覚）、音声（聴覚）、テキスト（言語）などの異なる種類（モダリティ）の情報を含んでいること。例えば、映画はマルチモーダルな情報である。

## メタ認知

自分の認知やその過程を客観視する能力。対象物がどういうものかを判断した際、それがどれくらい確からしいかを客観的に評価することで、AIのより効率的な学習へつながることが期待されている。

## レジリエンス

復元力や弾性を表す言葉で、個人では挫折や失望からの回復といった意味でも使われるが、ここでは災害に対する都市や企業の強靭さ・ねばり強さ、人的・経済的被害を最小限に抑える仕組みなどを指す。