

AI・シミュレーション融合研究の展望と戦略

開催趣旨：機械学習技術の発展が現在のAIブームを牽引し、様々な応用が広がりましたが、徐々に課題も認識されつつあります。その大きな要因の一つは、機械学習が帰納型だということに起因する限界です。そこで、帰納・演繹融合が次世代AIの方向性として注目され、特に機械学習（帰納型）とシミュレーション（演繹型）の融合研究は、実用面からの期待も高まっています。本セッションは、JSTとNEDOが共同で企画したもので、主に国のファンドによって推進されているAI・シミュレーション融合研究の事例と、関連する戦略提言について紹介します。

プログラム：AI・シミュレーション融合研究に関して、以下の5つの講演を行います。

動向・戦略紹介 1	福島 俊一（JST CRDS）：AI研究の潮流の観点から	15分
動向・戦略紹介 2	御代川 知加大（NEDO ロボット・AI部）：AIアクションプランの観点から	15分
研究紹介 1	鷲尾 隆（阪大）：JST未来社会創造事業におけるサイバー・フィジカル融合研究	20分
研究紹介 2	森永 聡（NEC-産総研 人工知能連携研究室）：産総研とNECの連携ラボにおける取り組み	20分
研究紹介 3	栗原 聡（慶大）：内閣官房COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクトから	20分

関連情報： https://www.jst.go.jp/crds/sympo/20220615_JSAI/index.html



2022年度 人工知能学会全国大会（第36回）企画セッションKS-03

AI・シミュレーション融合研究の展望と戦略

イントロダクション＋動向・戦略紹介1

AI研究の潮流の観点から

2021年6月15日

科学技術振興機構(JST) 研究開発戦略センター(CRDS)
システム・情報科学技術ユニット 福島 俊一
toshikazu.fukushima@jst.go.jp
https://researchmap.jp/toshikazu_fukushima



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

JST CRDSから発信したAI関連の報告書

いずれも全文PDFをダウンロード可能です。
冊子版も送付先を連絡いただければ送付可能です。

分野俯瞰・提言総括

- 人工知能研究の新潮流 ～日本の勝ち筋～ (2021年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-RR-01.html>
- 研究開発の俯瞰報告書：システム・情報科学技術分野 (2021年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-FR-02.html>
- 俯瞰ワークショップ報告書：エージェント技術 (2022年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-WR-11.html>



戦略提言(1) AIソフトウェア工学 JSAI2019-KS

- 戦略プロポーザル：AI応用システムの安全性・信頼性を確保する新世代ソフトウェア工学の確立 (2018年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2018-SP-03.html>
- 科学技術未来戦略ワークショップ報告書：機械学習型システム開発へのパラダイム転換 (2018年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2017-WR-11.html>

戦略提言(2) 意思決定・合意形成支援 JSAI2018～2020-OS

- 戦略プロポーザル：複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術 (2018年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2017-SP-03.html>
- 科学技術未来戦略ワークショップ報告書：複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術 (2017年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2017-WR-05.html>
- 公開ワークショップ報告書：意思決定のための情報科学～情報氾濫・フェイク・分断に立ち向かうことは可能か～ (2020年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2019-WR-02.html>

戦略提言(3) 第4世代AI JSAI2020-KS JSAI2022-KS

- 戦略プロポーザル：第4世代AIの研究開発—深層学習と知識・記号推論の融合— (2020年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2019-SP-08.html>
- 科学技術未来戦略ワークショップ報告書：深層学習と知識・記号推論の融合によるAI基盤技術の発展 (2020年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2019-WR-08.html>
- JSAI2020企画セッション報告書：次世代AI研究開発—さらなる進化に向けて— (2020年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-XR-02.html>

戦略提言(4) AI駆動科学 JSAI2021-KS

- 戦略プロポーザル：人工知能と科学 ～AI・データ駆動科学による発見と理解～ (2021年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-SP-03.html>
- 俯瞰セミナーシリーズ報告書：機械学習と科学 (2021年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-WR-13.html>
- 科学技術未来戦略ワークショップ報告書：人工知能と科学 (2021年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-WR-01.html>
- 調査報告書：AI×バイオ DX時代のライフサイエンス・バイオメディカル研究 (2020年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-RR-03.html>
- 計測横断チーム調査報告書 計測の俯瞰と新潮流 (2018年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2018-RR-03.html>

戦略提言(5) デジタル社会のトラスト

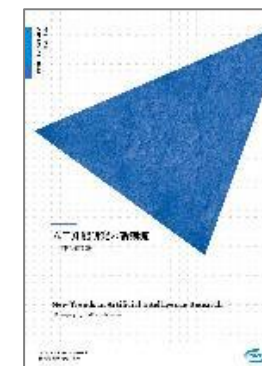
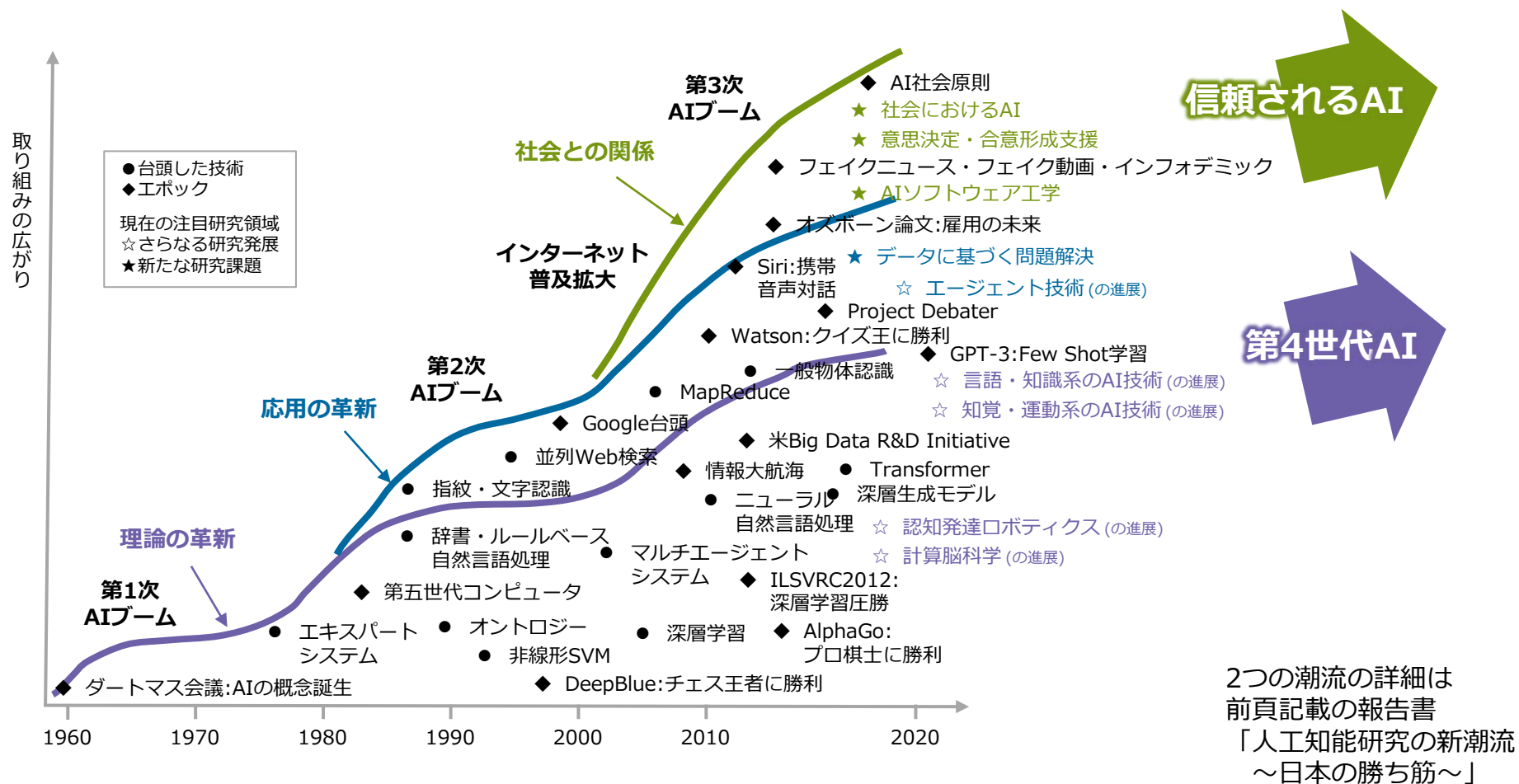
- 俯瞰セミナー＆ワークショップ報告書：トラスト研究の潮流～人文・社会科学から人工知能、医療まで～ (2022年)
<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-WR-05.html>
- (科学技術未来戦略ワークショップ報告書および戦略プロポーザル：8-9月頃に公開予定)



戦略提言(1)(2)(3)が文部科学省2020年度戦略目標「信頼されるAI」やそれを受けたJST事業(CREST/さがけ等)に活用された等、国の科学技術政策検討の参考にされている

AI研究の2つの潮流

- JST CRDSでは「第4世代AI」「信頼されるAI」をAI研究の潮流ととらえて戦略提言
- 本企画セッションの内容は「第4世代AI」の潮流に位置付けられる取り組み



深層学習を中心とするAI技術が躍進

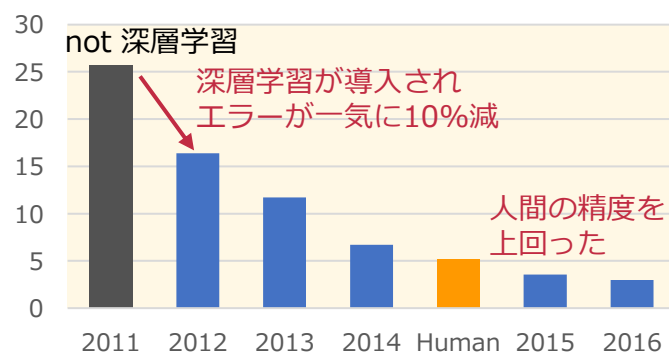
- 様々な特定用途で 人間を上回る精度・性能 を次々達成、さらなる技術発展も続く
- 自動化による効率化／人の負荷軽減、人が気づかなかった選択肢発見・可能性拡大

画像・音声等のパターン認識で人間の精度を上回った

深層学習

多層ニューラルネット、
特徴設計まで自動化

ILSVRC一般物体認識トップチームのエラー率の推移



<https://image-net.org/challenges/LSVRC/> をもとに作成

文書読解テストでも人間の精度を上回った

Rank	Model	EM	F1
	Human Performance Stanford University (Rajpurkar & Jia et al. '18)	86.831	89.452
1	IE-Net (ensemble) RICOH_SRCB_DML Jun 04, 2021	90.939	93.214
2	FPNet (ensemble) Ant Service Intelligence Team Feb 21, 2021	90.871	93.183
3	IE-NetV2 (ensemble) RICOH_SRCB_DML May 16, 2021	90.860	93.100
4	SA-Net on Albert (ensemble) QIANXIN Apr 06, 2020	90.724	93.011
5	SA-Net-V2 (ensemble) QIANXIN May 05, 2020	90.679	92.948

SQuAD 2.0のリーダーボード
<https://rajpurkar.github.io/SQuAD-explorer/>

自己教師あり学習

データの一部を隠して
その隠した部分の当て方を学習

深層強化学習

膨大な回数の試行錯誤から
より良い行動決定方を学習

ゲームでも人間に勝つシステムが続々と

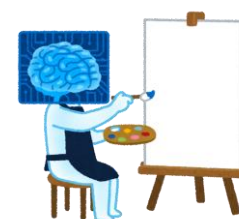


- 囲碁ではGoogle DeepMindのAlphaGo (2015-2017)
- StarCraft IIではGoogle DeepMindのAlphaStar (2019)
- 6人制ポーカーではFacebookのPluribus (2019)

識別モデルだけでなく生成モデルも著しく進展し、生成系応用が高品質化

深層生成モデル

敵対的生成ネットワーク(GAN)や
変分自己符号化器(VAE)等、
生成の仕方まで学習



- 自動着色、画風変換
- 文章からの画像生成
- ラフスケッチから写実画への変換
- 架空の人物写真生成
- 自動作曲など



その一方、現状の深層学習が抱える問題が顕在化

①学習に大量の教師データや計算資源が必要



- 学習モデルは超巨大化し、学習データ規模も増大の一途



<https://ichi.pro/openai-gpt-3-gengo-moderu-wa-hotondo-shotto-no-gakushusha-de-wa-arimasen-143293450891554>

- 最新アルゴリズムの実行には膨大な費用

自然言語処理における言語モデル学習

- BERT (2018年) US\$ 6.9K/回
- XLNet (2019年) US\$ 61K/回

<https://syncedreview.com/2019/06/27/the-staggering-cost-of-training-sota-ai-models/>

②学習範囲外の状況に弱く、実世界状況への臨機応変な対応ができない



- 学習範囲外ではどのような結果になるかわからない
(学習データと傾向が変わらぬ環境で動くことが前提)
- 誤認識を誘発する攻撃が可能



<https://arxiv.org/pdf/1707.08945.pdf>

Adversarial Examplesに対する脆弱性
(深層学習が停止標識と認識できていたものを、人間は気につかない程度の小さな表示加工によって、速度制限標識と騙すことができてしまう)

③パターン処理は強いが、意味理解・説明等の高次処理はできていない



- 文書読解問題は意味を理解せずに傾向を当てているのが現状



- 高い判定精度が得られたとしても、その判定理由は説明されない
- 社会的ルールに反する振る舞いを学習してしまう可能性がある

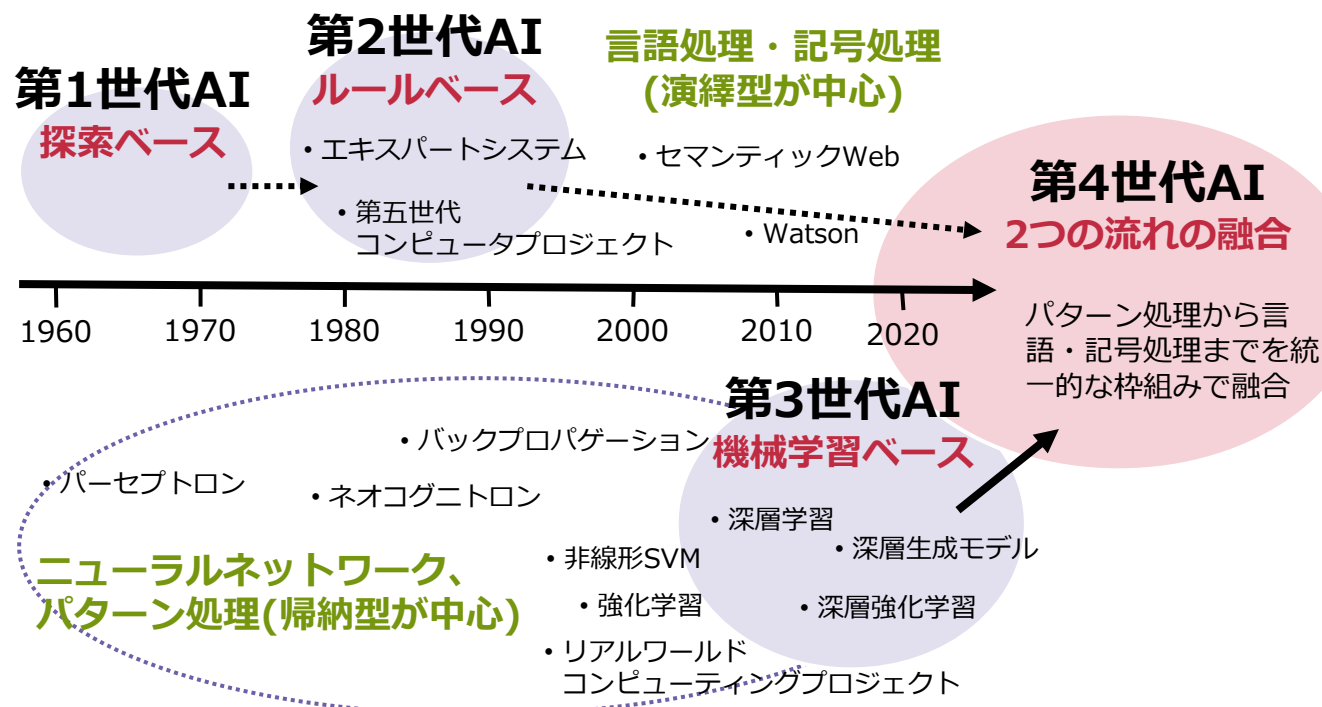


自動交渉エージェントに機械学習をさせた結果、「談合」を学習してしまった

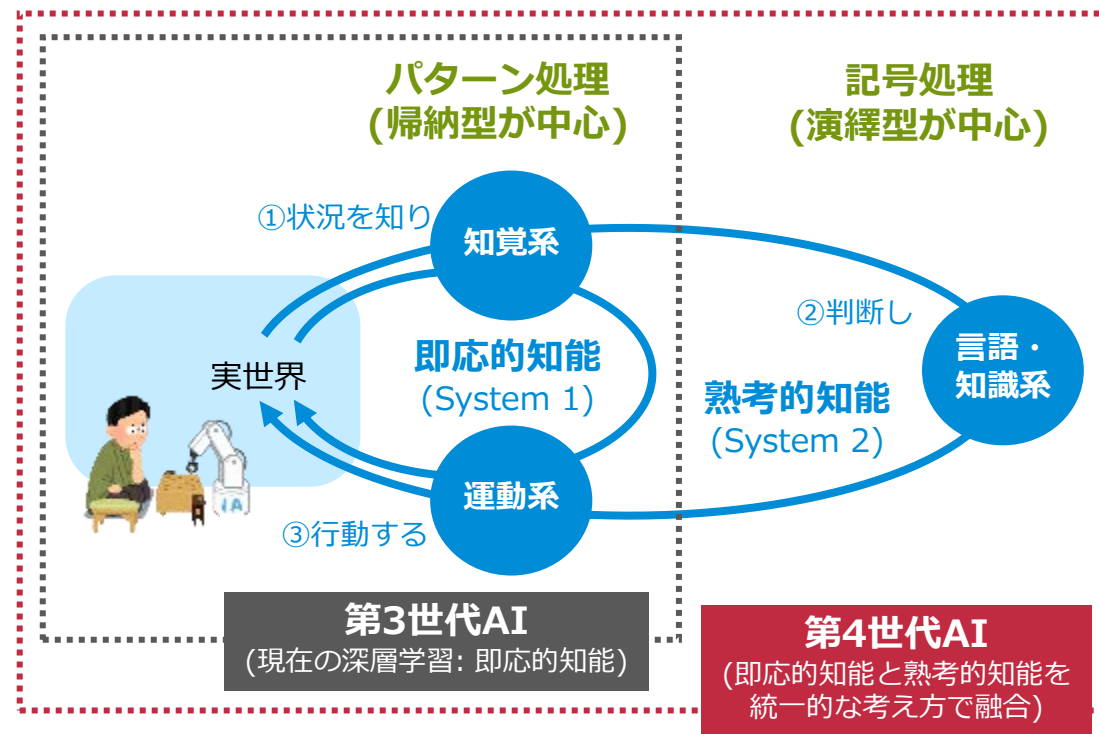
現在の深層学習の問題を克服する「第4世代AI」へ

- 前頁の問題は基本的に機械学習が帰納型であることに起因する限界
- それらの問題を克服し、より幅広いタスクに対応できる汎用性、人間との親和性・安全性の確保に向けて、帰納・演繹融合AIが次世代AIの発展方向として期待される

これまでのAI研究の発展の流れ



人間の知能の2側面との対応



「第4世代AI」へのムーブメント

東大公開シンポジウム「深層学習の先にあるものー記号推論との融合を目指してー」

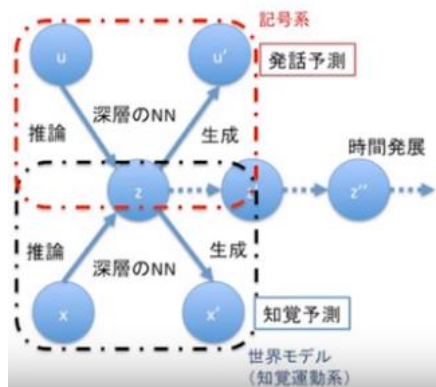
第1回: 2018年1月22日 第2回: 2019年3月5日

- 国内では、2018年初頭に開催された公開シンポジウムにて、ボトムアップの機械学習とトップダウンの推論システムの融合が次の方向性だと示された

講演者: 中島秀之、松尾豊、麻生英樹、尾形哲也、山川宏、國吉康夫、谷口忠大、浅井政太郎

第2回の講演動画(東大TV):

https://today.tv/contents-list/2018FY/beyond_deep_learning



知能の2階建てモデル
(東大 松尾豊教授)

NeurIPS 2019でのYoshua Bengioの基調講演 From System 1 Deep Learning to System 2 Deep Learning

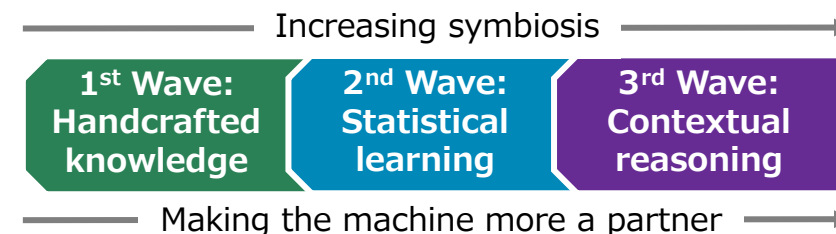
<https://youtu.be/T3sxeTgT4qc>

- 現在の深層学習は System 1に相当し、将来の方向性は System 2の深層学習

Daniel Kahneman 「ファスト&スロー」	
System1: 即応的	System2: 熟考的
高速、無意識的、直感的、非言語的、習慣的	低速、意識的、論理的、言語的、計画・推論

DARPAによるAI Next Campaign

- DARPAが2018年9月に発表、次世代AI研究(AIの第3の波)に20億ドル以上の大型投資を実施



<https://www.darpa.mil/work-with-us/ai-next-campaign>



JST CRDS 戦略プロポーザル

「第4世代AIの研究開発」

ー深層学習と知識・記号推論の融合ー (2020年3月)

<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2019-SP-08.html>

帰納・演繹融合AIへの取り組み例(1)

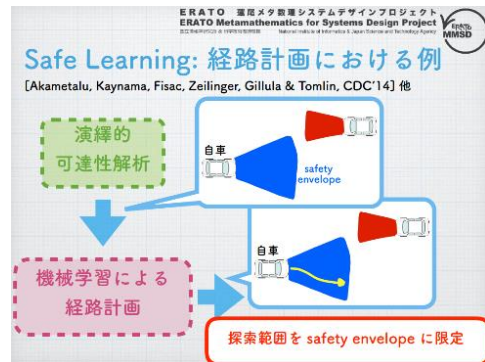
戦略プロポーザル「第4世代AIの研究開発
—深層学習と知識・記号推論の融合—」からの抜粋
<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/SP/CRDS-FY2019-SP-08.pdf>

① 帰納・演繹の疎な組み合わせ

- 演繹的に作られたシステムの枠内で、機械学習によって探索やスコアリングを最適化
- あるいは、機械学習モジュールの振る舞いを演繹的に検証

- DeepMind AlphaGo、統計的機械翻訳、Safe Learning等

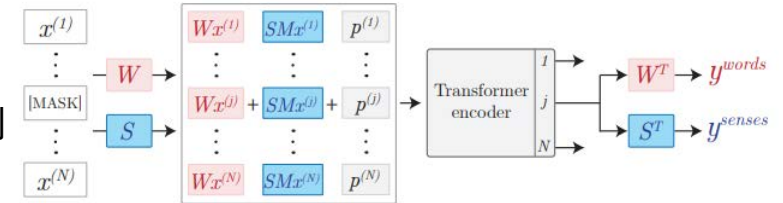
<http://group-mmm.org/~ichiro/talks/20180924okayama.pdf>



② 深層学習への知識の組み込み

SenseBERT(AI21 Labs)

- BERTに、WordNetを組み込み、コンテキストから単語の意味予測を可能に

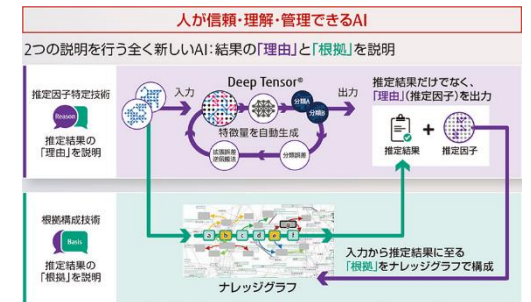


<https://arxiv.org/pdf/1908.05646.pdf>

Deep Tensor+ナレッジグラフ(富士通研)

- 深層学習により推定結果を出力するとともに、推定に強く影響した因子をもとにナレッジグラフを参照して推定根拠を出力し、説明可能性を向上

<https://blog.global.fujitsu.com/jp/2018-12-27/01/>



③ 演繹世界への変換

科学的法則式発見(阪大)

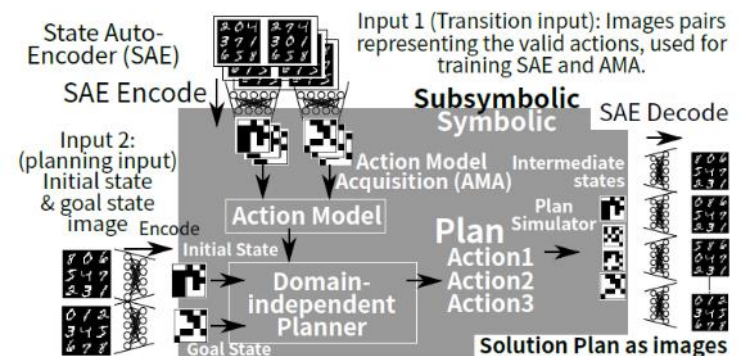
- 能動的観測を通して客観性・普遍性・再現性・健全性・簡潔性・数学的許容性を検証することで、帰納的な実験式を法則式へ

[鷲尾・元田2000]「スケールタイプ制約に基づく科学的法則式の発見」(人工知能15-4) 他

一階述語論理変換(IBM)

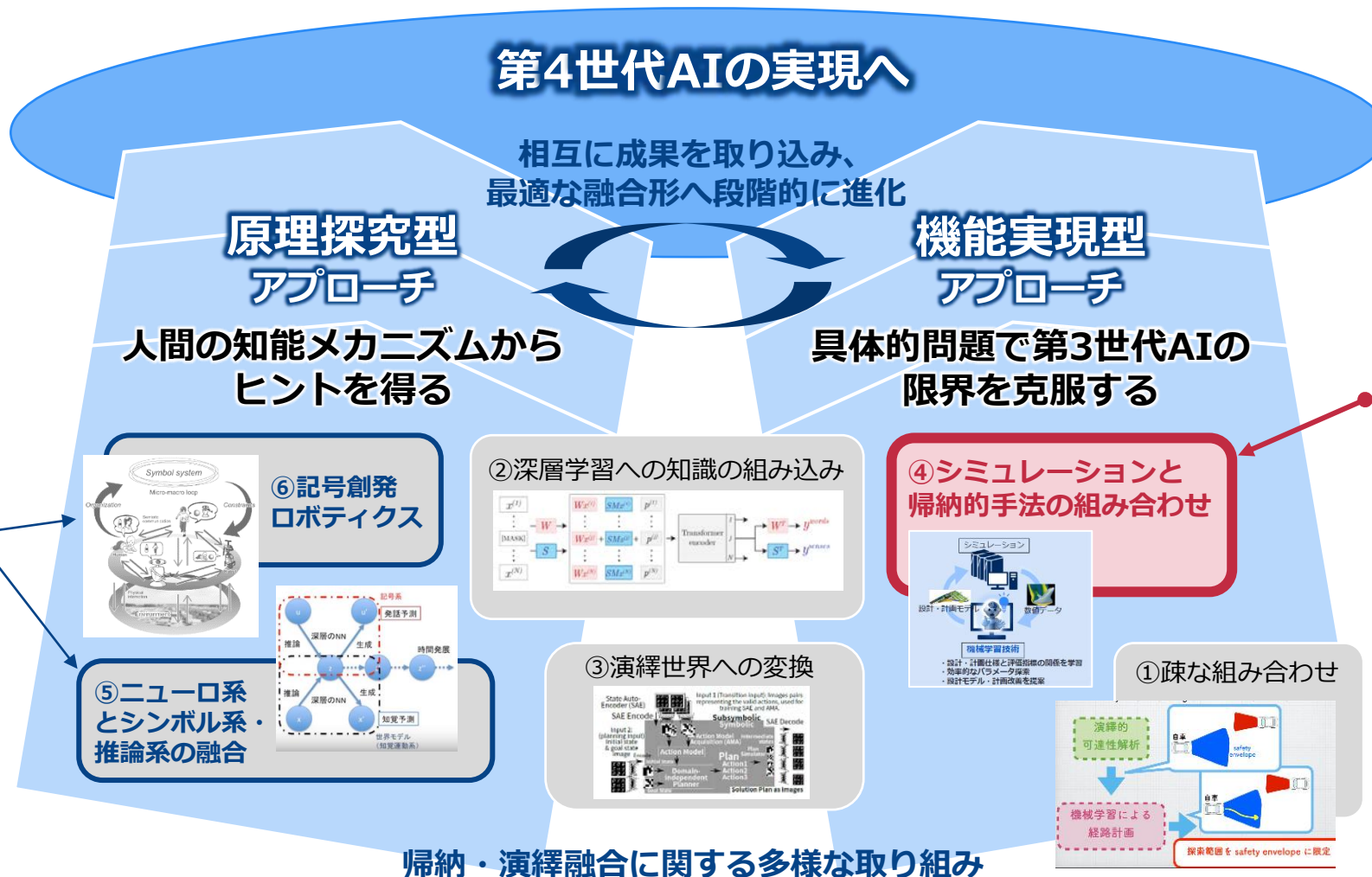
- 画像をオートエンコーダで一階述語論理に変換し、初期状態からゴール状態に至る計画を既存ソルバを用いて生成
- 初期状態とゴール状態も画像で与える

<https://arxiv.org/pdf/1902.08093.pdf>



「第4世代AI」に向けた2タイプの融合アプローチ

- 中長期的な原理探究型アプローチと、具体的問題で改良・発展させる機能実現型アプローチの両面から、最適な融合メカニズム・基盤技術を探究



JSAI2020企画セッション
「次世代AI研究開発
—さらなる進化に向けて—」

松尾豊先生、谷口忠大先生、
中島秀之先生、福島

報告書：

<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-XR-02.html>

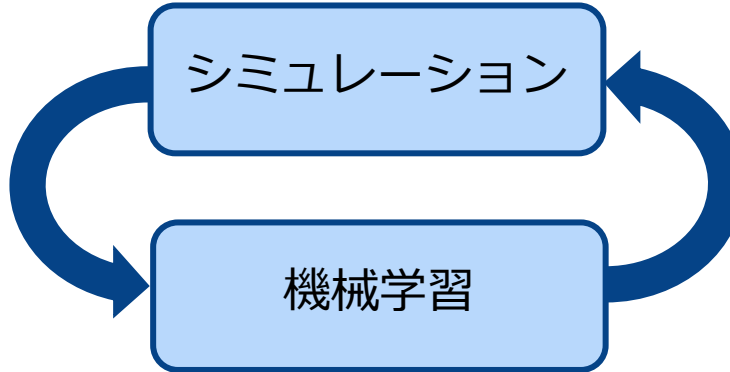
今回のJSAI2022
企画セッション

具体的な問題解決、
実用性の高い成果で
注目・期待大

AI・シミュレーション融合がもたらす価値

■ 機械学習(帰納型)とシミュレーション(演繹型)の課題を相互に補完

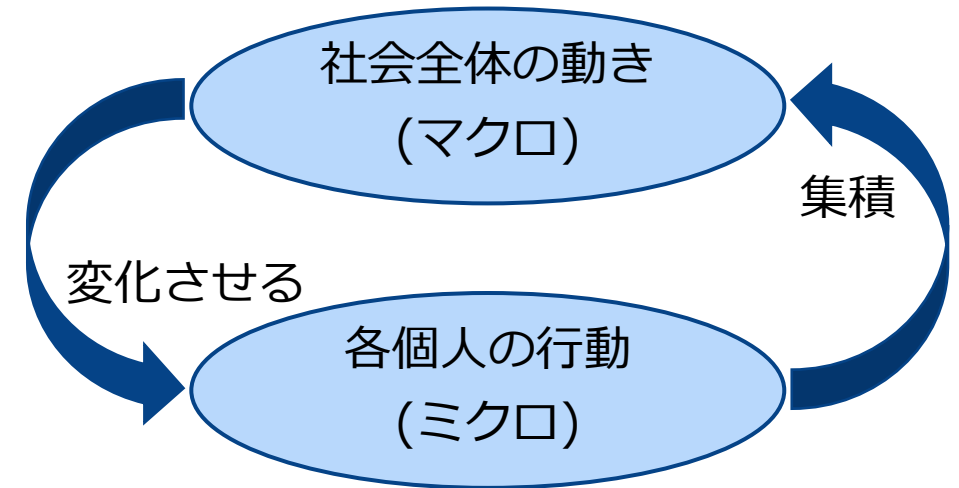
希少事象、特殊・極限状態、プライバシー制約事例など、データ取得が難しいケースも、モデル化の対象に広げることが可能になる



シミュレーションに用いるモデルを現実の事象・条件に適合化・調整容易化、シミュレーションの設計・実行プロセスの高速化・効率化

■ AI・シミュレーション融合は、社会活動・現象のミクロ・マクロループが引き起こすダイナミズムをとらえるためのアプローチ

- ✓ ある期間のビッグデータから機械学習を用いて規則性を見いだしたとしても、将来の動きはその規則性から外れていってしまう
- ✓ マルチエージェントシミュレーションでは、構成論的アプローチによって、ダイナミクスを捉え、多面的な理解・予測を可能にする



AI・シミュレーション融合がもたらす価値

