

より柔軟で人間的な思考ができる 次世代AIの実現

～ 進化型知能による人工脳の開発 ～

横浜国立大学 総合学術高等研究院
革新と共創のための人工知能研究ユニット
上席特別教授 (特任教授)

YNU人工知能研究拠点長・(株)マシンインテリジェンス取締役CTO
NEDO 共進化AI事業(2020～2024)採択プロジェクト研究代表者

長尾 智晴

総合学術高等研究院 (IMS) : <https://ims.ynu.ac.jp/>

電子メール : nagao@ynu.ac.jp

YNU人工知能研究拠点 : <https://ai.ynu.ac.jp/>

(株)マシンインテリジェンス : <http://machine-intelligence.co.jp/>

人工知能(AI)の現状と展望

- [1] EBL : Explanation Based Learning (説明に基づく学習)
 [2] IBL : Instance Based Learning (事例に基づく学習)

● 機械学習の方法

現状

- 本来のEBL^[1]ではなくIBL^[2]がほとんど.
- 大量のデータを学習し, 新たな入力に対しては類似の過去データを参考にして応答.
- 未学習入力に対する出力の信頼性は低い.
- 応答(入出力)は妥当であったとしても, 原理を正しく理解しているわけではない.
- 画像やテキストの処理では優れた成果.
- 平均的で無難な解を1つ出すことは得意だが, **考え方が異なる応答は不得意**.

展望

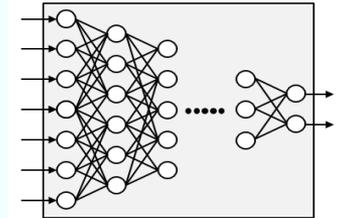
- 少ないデータをEBLで学習するべき.
- 深い推論や思考ができるより高度で人間的な判断を行えるAIが必要.
- 人の専門家の職人芸・知識・スキルなどの独自性が高い知能のAI化が必要.
- XAIをベースに 複数のAI・異なるAIで総合的に判断する安心・信頼できるAI.

● 実現方法 (機械学習のモデル)

現状

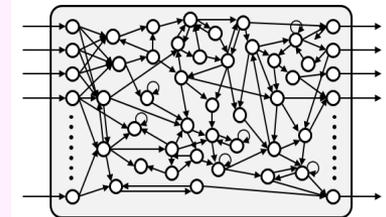
NN: Neural Networks

- 深層回路(DNN), トランスフォーマ(TF)などほとんどが前向き結合の階層型NN.
- 入力に対して1つの同じ出力をする条件反射的な応答しかできない.
- 機序・判断根拠を人に説明することができず, **説明性が低いため, 利用に当たっては説明可能AI(XAI)^[3]が必要不可欠**.



展望

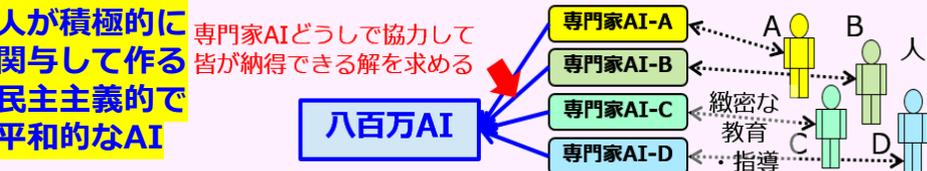
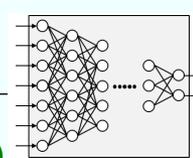
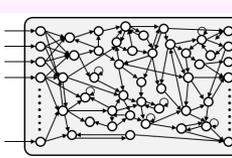
- 多機能で階層的な汎用性が高いNNが必要.
- 階層型+相互結合型の任意構造のNNで実現.
- 進化計算法でなければ学習・最適化することができない.
- 人の専門家によるAIの評価・教育も重要.



[3] 説明可能AI(XAI) : eXplainable AI (参考資料 1 参照)

[4] 進化計算法 (参考資料 2 参照)

八百万AI (Yaoyorozu-AI) : 長尾が提唱する次世代のAI

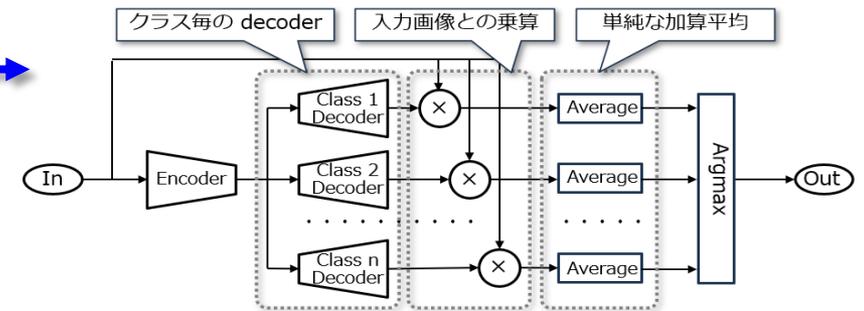
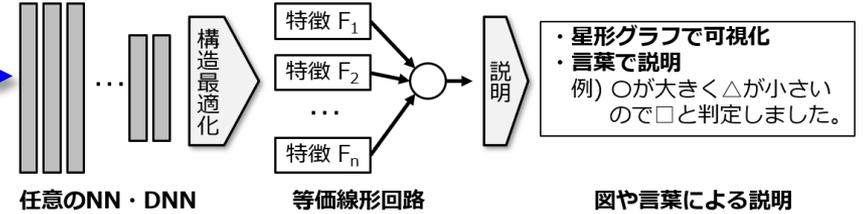
	現世代 AI	相補的な利用が望まれる	提案する次世代 AI (八百万AI)
基本コンセプト	人間は大量データの奴隷 		人が積極的に 関与して作る 民主主義的で 平和的なAI 
ニューラルネットモデル	前向き結合型の階層型NN Feedforward Layered NN 		任意の構造を内包することができる汎用NN General Purpose Neural Network 
実現できる処理	条件反射的な応答のみ (入力に対して1つの応答を出力)		連想・記憶などの高度な思考, 暗黙知や職人芸 (同一入力にも状況次第で出力が柔軟に変化)
学習の方法	回路構造を人が決め, 確率的勾配降下法で学習事例を正解として誤差を減らすように最適化		構造と結合荷重を進化計算法等で同時に最適化し, 専門家や人が積極的に関与してAIを教育・育成する. ルールベースも併用する.
学習のタイプ	事例ベース学習 IBL (Instance Based Learning)		説明ベース学習 EBL (Explanation Based Learning)
学習データ量	NNの学習に膨大な事例データが必要		少ない事例データでも人とNNの対話・ルール記述などで構築
担うべき仕事	定型パターンの入出力応答で十分な処理		臨機応変な応答が必要な処理. 深い思考が必要な処理. 意思決定.
AIの数	最強のものが1つだけあれば良い (中央集権的・一極集中的な発想)		考え方の異なる多数の専門家AIが居て良い. 皆で最終的に皆が納得できる解を見出す. (民主主義的な発想)
異論に対して	認めない. 異論は排除する		認めるとともに許容し, 共感もする.
ロボットの捉え方	機械は人の友人ではなく敵 (例: 映画「ターミネーター」)		機械は人の友人やパートナーになり得る (例: 鉄腕アトム, ドラえもんなど)
基本思想	強力な唯一神を崇拝する西洋の考え方		八百万の神を認め, 多様で異なる考え方や相手を常に尊重する日本古来の考え方
人への説明	不要. 人はAIに服従していれば良い.		必要不可欠. 人に納得・信頼してもらった上で, AIを安心・安全に利用すべきである

NEDO人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業での成果概要 (2020~2024年度)

長尾PRJ

説明可能 AI (XAI:eXplainable AI) 基盤技術開発

- ・深層回路を線形回路で説明 (DNN2EME).
- ・画像の判断根拠領域を可視化 (GCM).
- ・浸透学習法^[5]を利用して入力変数を極限まで最小化する手法 (PLM).



- ・浸透学習法による未来情報を学習できる変動予測法 (PLM-f). などを開発.

長尾PRJ

特許出願

- ・関連特許を10件取得済み。NEDO研究期間中に11件の特許を出願して既に7件を取得済み。

論文発表・招待講演など

- ・積極的に研究成果を発表中。
- ・AI・人工知能EXPO (2025年10月) で研究成果の一部を出展予定。

長尾PRJ

社会実装

医療・ヘルスケア応用

- ✓ 共同研究機関であるキューピー(株) 他により、血液中のマイクロRNAからがんリスクを判定して健康推進をする事業として展開予定。検査すべきmiRNAをXAIで決定。

製造業などへの応用

- ✓ 横浜国立大学発ベンチャー (株)マシンインテリジェンス (長尾: CTO) から上記緑色のXAIソフトを販売予定。



[5] 浸透学習法 PLM : Percolative Learning Method

長尾が開発した学習時のみ利用可能な情報を学習できる世界初の深層学習法。日米特許取得済み (参考資料1参照)

技術課題に関する国の戦略

- 日本では、AIに対して過度に高い品質を期待する傾向が強いため、AIが導入されにくいとの見方がある。
- このため、AIの透明性や説明性の確保など、AIのブラックボックス性を打破できる技術開発の加速や、そもそも信頼性の高いAIの実現、ELSIに関する取組が期待される。

目標 **AIの信頼性の向上**

目標	主な取組
<p>● 「説明可能なAI」など「責任あるAI」の実現に向けた取組</p> <p>「強靱かつ責任あるAI」でのリーダーシップの確立 (強靱な基盤づくり)</p> <p>● 信頼性の向上につながる、サイバーセキュリティとAIの融合領域の技術開発等を推進</p>	<p>● 気象、地震動、洪水・土砂災害の予測システム等の構築に向けた研究開発を推進 (文)</p> <p>● 説明可能AIによるセキュリティ技術確立に向けた研究開発を推進 (文)</p> <p>● AI技術の材料科学分野での活用のための研究開発を推進 (文)</p> <p>● AI駆動の医療診断システム、さらには診断の信頼性評価システムの開発に向けた研究開発を推進 (文)</p> <p>● 人と共に進化する説明可能なAIシステムの研究開発 (経)</p> <p>● AIの品質評価・管理手法の確立に向けた「機械学習品質マネジメントガイドライン」の高度化、測定テストヘッドの構築 (経)</p> <p>● サイバーセキュリティインシデントやマルウェア等に関する最新情報の国内での理解・受容を加速する自然言語処理技術の開発 (総)</p>

- **AI戦略2022** (令和4年4月22日 統合イノベーション戦略推進会議決定)
 - p.24 **AIの信頼性の向上**
「説明可能なAI (Explainable AI) など、責任あるAI (Responsible AI) の実現に向けた取組」に該当。

- **AI戦略会議・AI制度研究会の中間とりまとめ**
(2025年2月4日)

- p.14
①AIライフサイクル全体を通じた透明性と適正性の確保などにおいて、**AIの透明性と適正性の確保が重要視されている。**

- **AI事業者ガイドライン** (第1.01版) (2024年11月22日 総務省 経済産業省)

- **事業活動におけるAI開発、提供、利用にあたっての考え方**を示す等、関係府省庁が連携して検討し対応している。

技術開発の必要性・概要・研究開発要素

1. 説明可能AI(XAI)の改良と拡充

- ・ 深層学習に対するXAIの改良
- ・ トランスフォーマー・LLMに対するXAIの開発

2. 人がAIを緻密に教育するシステムの開発

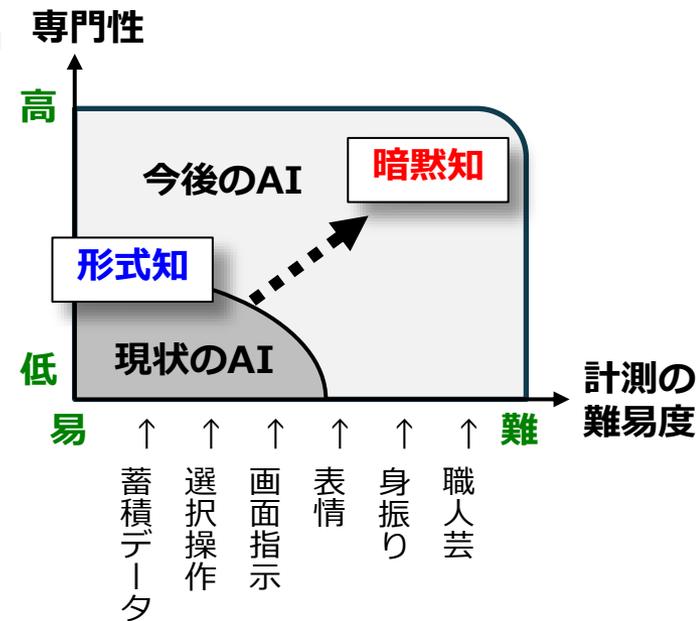
- ・ 形式知から暗黙知の学習へ。
- ・ ものづくりや作りこみが得意な我が国は**暗黙知**にこそ、他国より優れた価値がある。

3. 複数のAIと人による合意形成システムの開発

- ・ 1つのAIに頼るのは危険。複数のAIをファシリテートAIによって合意形成へと導く**安心・安全なシステム**が必須。
- ・ その際は、**AIの信用確保**のために**XAIが前提**である。
- ・ その際の決定が**人々・組織に与える影響**、**責任の所在**や**リスク管理**などに関する**社会科学的・法学的な検討**も併せて行う必要がある。

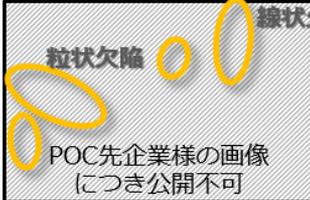
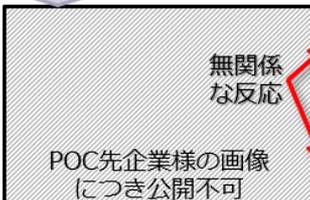
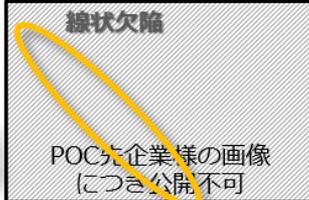
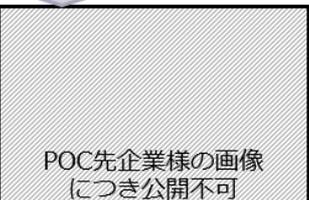
4. 産業分野での社会実装

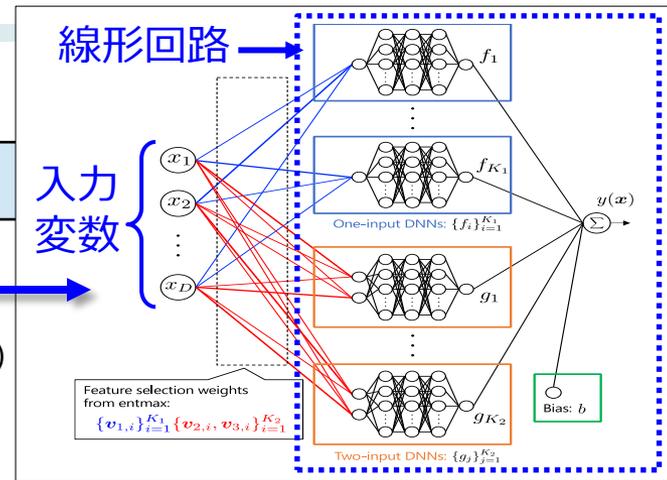
- ・ 各企業で必要なAIには類似するものも多いので、互いに競争し合いながらも知見やAIを**共通利用**できるような**フレームワーク**を整備することが必要である。



技術開発の優位性 (1) : 独自のXAI技術

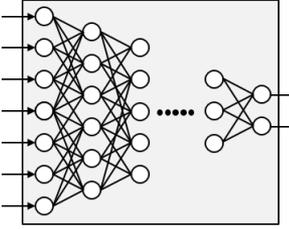
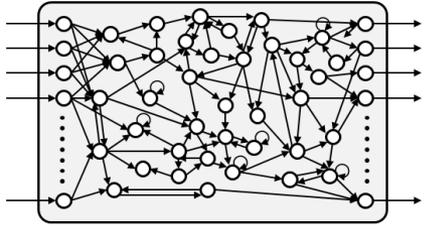
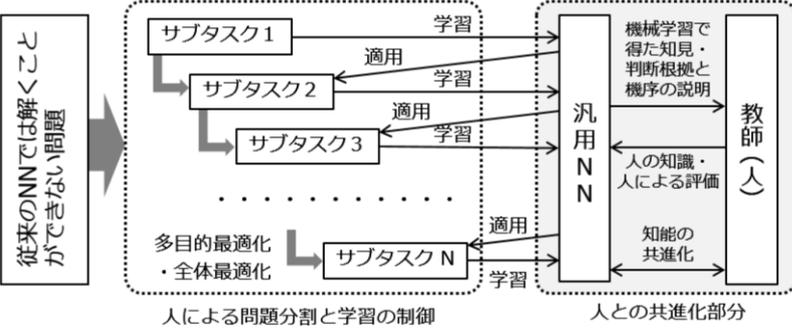
● 既存の説明可能AI(XAI)との比較

項目	既存技術との違い
<p>DNNの線形化</p>	<p>HintonらによるNAM (Neural Additive Models) ↓ 特徴選択型 NAM-FS (NAM with Feature Selection)</p> <ul style="list-style-type: none"> 入力変数の選択を同時に行うことで、より簡潔な構造になり説明度が向上.
<p>画像の判断根拠の可視化</p>	<ul style="list-style-type: none"> GCM は Grad-CAM より 正確な判断根拠の提示. 欠陥検査処理で特に有効. <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>GCM (提案手法)</p>  <p>画像 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>検出された判断根拠領域</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Grad-CAM (従来手法)</p>  <p>画像 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Grad-CAMの可視化結果</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>GCM (提案手法)</p>  <p>画像 2</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>検出された判断根拠領域</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Grad-CAM (従来手法)</p>  <p>画像 2</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Grad-CAMの可視化結果</p> </div> </div>
<p>入力変数最小化</p>	<p>既存のNAS(Neural Architecture Search)では、入力変数の削除は可能であるが、浸透学習法PLMでは補助入力(Aux)で学習時のみ学習することで運用時の入力変数(Main)を極限まで最小化できる。 世界トップクラスの性能をもつ。</p>



技術開発の優位性 (2) : NNの進化的最適化

機械学習モデルとしてのNNの比較

項目	従来のモデル (即応モデル)	提案モデル (汎化モデル)
構造	<ul style="list-style-type: none"> DNN・TFなどの多くのNNが前向き結合型の階層型NN. 入力 → 一定の出力の条件反射的応答のみ. 	<ul style="list-style-type: none"> 階層型 + 相互結合型 = 任意構造型 状況に応じて異なる出力. 
学習方法	<ul style="list-style-type: none"> 過去の大量データの入出力をモデル化. 出力誤差が少なくなるように確率的勾配降下法で学習する. 丸暗記しているのに近い学習法. テキスト系のトランスフォーマでは, <ul style="list-style-type: none"> ➢ Pre-training (機械が自律的に学習) ➢ Fine-tuning (人が出力を評価・修正) を併用して学習する. 優良データの枯渇問題が発生している. 	<ul style="list-style-type: none"> NNを出力誤差に加えて人が評価する. 扱える処理を増やしつつ 進化計算法^[4]を利用して段階的に発展させる. 
用途	<ul style="list-style-type: none"> 定型の応答で十分な場合に適している. 画像認識や自然言語処理 (翻訳・要約・検索ほか) などが得意. 高度な処理には向かない? 	<ul style="list-style-type: none"> 記憶・連想・推論・論理などの人の脳の高次の機能の実現を目指す. 専門家の形式知や暗黙知の表現. 当初はルールベースと併用が良い.

[4] 進化計算法 : EC, Evolutionary Computation (参考資料2 参照)

技術開発の優位性 (3) : 個別的なAI専門家集団の構築

● AIの集団を利用する考え方の比較

項目	現状のAI集団	提案するAI集団 (八百万AI)
構成	<ul style="list-style-type: none"> 集合知 (Collective Intelligence) や MoE (Mixtures of Experts) など, 別データで学習した用途が異なる複数のAIの有効利用の考え方. 	<ul style="list-style-type: none"> 同様なデータを別の専門家が訓練・教育した, 独自性・個別性の高い判断を行う専門家AIの集団である
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 問題毎に適切なAIが問題解決を行う. 導出される結論は1つであることは, 1つの強大なAIを使うときと同じ. 	<ul style="list-style-type: none"> 問題に対して様々な観点からの分析・指摘・判断を行う. それらを統合して結論を導くシステムが別途必要.
用途	<ul style="list-style-type: none"> 性質が異なる問題を総合的に扱うことができる1つの強力なAI (集団) を目指している. オールマイティなエキスパートシステム (聞けばどんなことでも答えてくれるコンピュータ) を指向している? 	<ul style="list-style-type: none"> 人によって意見が異なる問題 (これまでAI利用が進んでこなかった問題) に対する判断材料を人に提供できる. 具体例 : <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設計 : 製品の仕様の決定など. ➤ 調達 : 原材料の価格変動予測など. ➤ 予測 : 時系列信号の変動予測など. ➤ 人事 : 採用・人材配置など. ➤ 事故回避 : 原因究明と対策など. ➤ 投資 : 利益とリスクの判断など. <p style="text-align: right;">(次頁に例を示す)</p>

技術開発の優位性 (4) : 八百万AIによる問題解決のイメージ

● 社内での意思決定 : 経営不振時, 重要特許を売却するか, 部品供給するか?

	現世代 AI	八百万AI
事前学習内容(1)	-	部品研磨の職人芸を担うAI・ロボットを 人による緻密なAI教育 で構築済み。
事前学習内容(2)	-	大企業への部品供給は社長の永年の「 夢 」・「 プライド 」である。
事前学習内容(3)	一般に, 部品供給は品質管理・保証などが大変であり, 製造側の苦勞が多い。	
事前学習内容(4)	企業を存続させるためには赤字は減らさねばならない。	
最終的にAIが行なうと考えられる行動	<ul style="list-style-type: none"> ・(3),(4)から特許を売却すべきである。迷う余地など全くない。 ・他の解はない。 ・実際にはNNで判断。 	<ul style="list-style-type: none"> ・AI-1 : リスク軽減のためには特許を売却するべきである。 ・AI-2 : 社長の夢にかけてみたい。 ・AI-3 : 部品供給を実現できれば会社の「プライド」になる。 ・人1 : 会社がつぶれなければ自分としてはどうでもいい。 などの 異なる意見・判断を参考にして人が決定し, 結局部品供給を選択する。
備考	経済的理由だけからなら現世代AIの判断が正しいかも知れないが, 社員の労働意欲やプライドを高めるためには, 八百万AIによる判断が結局は会社を発展させるかも知れない。	

● 機械の故障予測 : 運転中の機械システムのどこがいつ故障するかを予測する

	現世代 AI	八百万AI
最終的にAIが行なうと考えられる行動	予測対象の信号に対して NN で予測 (説明性が低い)	<ul style="list-style-type: none"> ・AI-1 : 事故記録データからここで故障が起きそう (過去データ重視) ・AI-2 : DNNによればここで故障が起きる (XAIによる説明が必要) ・人1 : このプロセスが複雑で問題がある (プロセスに関する形式知) ・人2 : 理由は不明だがここで問題が発生することが多い (暗黙知寄りの意見) などの 考えが異なるAI群の意見を参考にして, 最終的には人が決定する。
備考	こちらについては予測が当たったかどうかで定量的な評価が可能。	

AIの決定・出力を鵜呑みにするのではなく, AIの機序・判断根拠を理解した上で人が最終判断できることは, **安心・安全なAI利用のために必須。**

技術成熟度レベル (TRL)

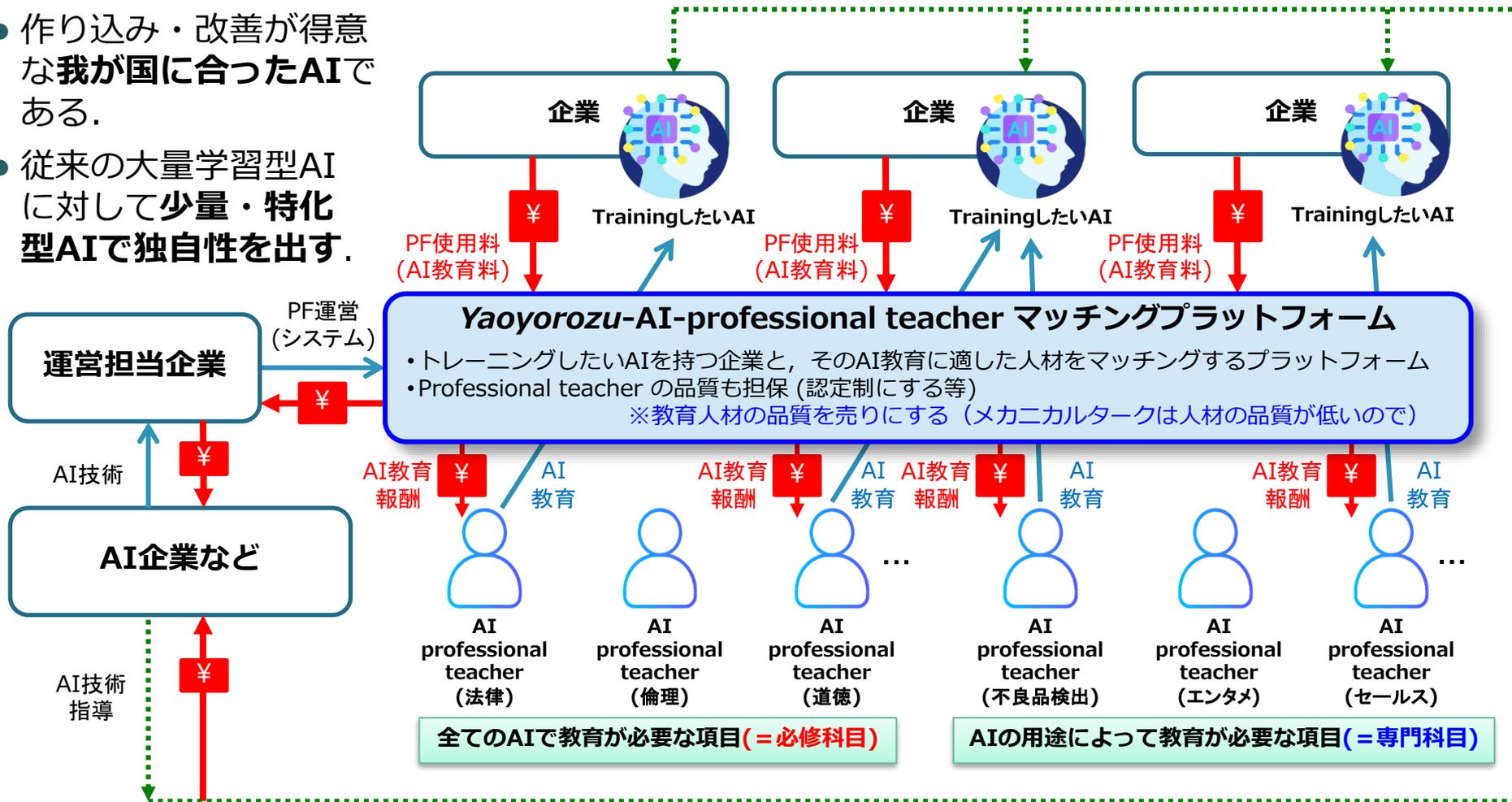
研究項目	TRL	判断根拠
1. 説明可能 AI(XAI)	3~4	深層学習部分は有効性確認済み。TF部分は研究中。
2. AI教育システム	3	<p>欠陥検出処理などを構築中。職人芸の計測も実験済み。</p> <div data-bbox="602 416 1796 868" data-label="Diagram"> <p>COM : A, B, C が欠陥だと思う COM : computer ののですがどうですか？ 人 : Aは欠陥だけど, BとCはムラだよ。 COM : 「ムラ」とは何ですか？ 人 : ああ, 欠陥ではない画像の変化のことで, 抽出対象外だよ。 COM : 理解しました。Aの位置は正しいですか？ 人 : 本来はもっと大きい欠陥だね。下方部分が抽出できていないみたいだよ。 COM : そうですか。では, 抽出の閾値を変えて実行し直すので少しお待ち下さい。… 省略 … 今度はどうでしょうか？ 人 : 完璧だよ！ COM : ありがとうございます。</p> <p style="text-align: center;">AI教育における人とコンピュータとの対話</p> </div>
3. AI人合議システム	2	現在検討中。
4. 社会実装準備	2	現在検討中 (次頁に例を示す)

TRL: Technology Readiness Level

- TRL 1: 科学的な基本原理・現象の発見・確認
- TRL 2: 原理・現象の定式化、応用可能性の確認、応用的な研究
- TRL 3: 技術コンセプトの確認、要素技術の構想 (創案・調査・予備実験・設計など)
- TRL 4: 各開発要素の製作と性能確認、応用的な開発 (要素レベル)
- TRL 5: 全てを統合した実証システム (試作品) の製作 (要素レベル)
- TRL 6: 実証システム (試作品) の導入環境に近い環境での実証 (システムレベル)
- TRL 7: 製品候補の製作と導入環境での実証 (システムレベル)
- TRL 8: 製品の製作と販売 (パイロットライン)
- TRL 9: 商品化、大量生産

目指すべき社会像・波及効果など

- Yaoyorozu-AI を作りたい／利用したい企業を主要なターゲットとする。
- 各社のAI教育ニーズに合わせた**人による教師** (AI professional teacher) をマッチングさせて、専用プラットフォーム上でAIを学習させる (Mturk などの既存サービスより専門家指向)。
- 作成したAIは、コンソーシアムに属する企業は無償／安価で利用可能にする。
- 作り込み・改善が得意な**我が国に合ったAI**である。
- 従来の大量学習型AIに対して**少量・特化型AI**で独自性を出す。



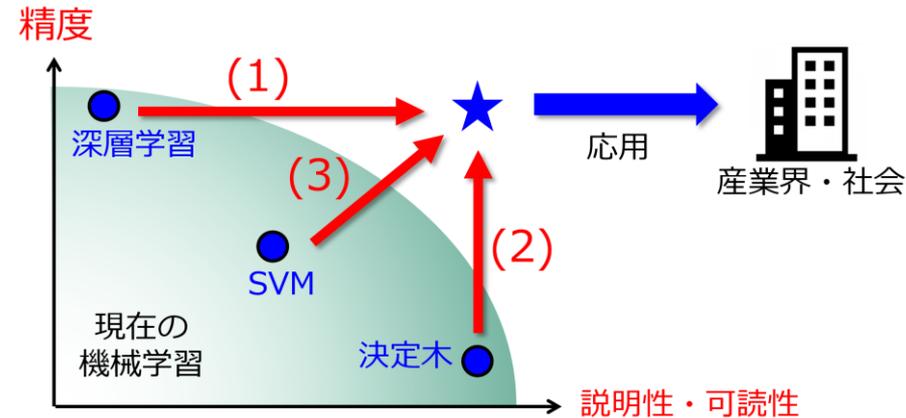
Q&A・ディスカッション

- ご清聴ありがとうございます。
- ご質問・ご意見などございましたらお願いいたします。

参考資料1： XAI・浸透学習

現状の機械学習の説明性・精度（説明可能AI(XAI)の必要性)

- (1) 深層学習などの
ブラックボックスの説明性向上
- (2) 決定木などの
ホワイトボックスの精度向上
- (3) SVMなどの
グレーボックスの説明性・精度向上

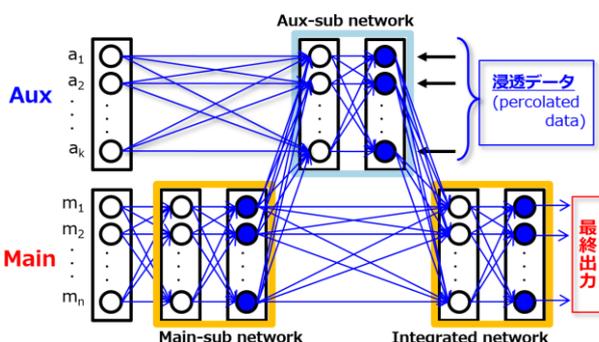
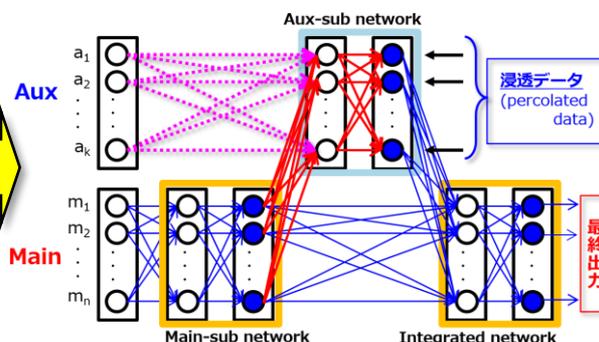
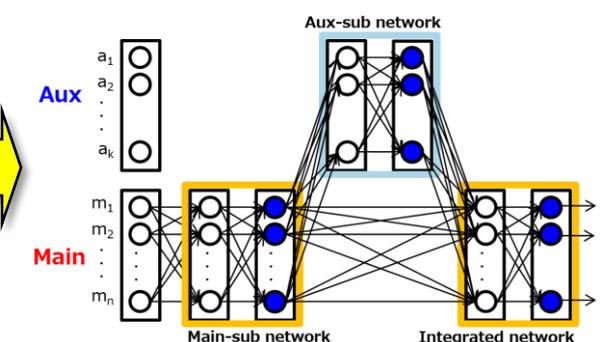


説明性	精度	ブラック or ホワイト	代表的な手法	長 所	短 所
×	◎	ブラックボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・階層型N.N. ・深層学習 ・Bag-of-key-points など	<ul style="list-style-type: none"> ・精度が非常に高い. ・適用範囲が広い. 	<ul style="list-style-type: none"> ・処理内容が解からない. ・判断根拠が説明不可. ・学習に時間がかかる. ・大量な学習が必要
△	○	グレーボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・SVM ・ランダムフォレスト ・主成分分析 など	<ul style="list-style-type: none"> ・特徴空間の考え方は馴染みがある. ・決定木は解るのでランダムフォレストも解る. 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な特徴量を設定する必要がある. ・特徴空間が複雑過ぎると理解できない.
○	△	ホワイトボックス	<ul style="list-style-type: none"> ・決定木 ・ファジー決定木 ・論理式 ・ルールベース など	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータの思考過程や判断根拠を人が明確に理解できる. ・少ない学習データでも作ることができる. 	<ul style="list-style-type: none"> ・精度が深層学習に及ばない場合が多い. ・精度を上げると構造が複雑になり過ぎる.

浸透学習法 (PLM : Percolative Learning Method)

学習時のみ利用できる情報(Aux)を, 常時利用できる情報(Main)に "浸透" させて学習できる世界初の深層学習法.

発明者: 長尾智晴・柳元美玖
 実施権者: 横浜国立大学
 特許取得済: 日本特許 第7,044,398号
 米国特許 No.11,604,983

Pretraining (事前学習)	Percolative training (浸透学習)	Testing (運用)
<p>最終出力をターゲットとして出力誤差を確率的勾配降下法で減らして青い結合荷重を全て決定する (通常の深層学習と同じ) .</p>	<p>青い結合荷重を固定し, 浸透データ部分をターゲットし, ピンク色の結合荷重を強制的に減らしながら赤色の結合荷重を調整する.</p>	<p>学習時にAuxを考慮したがAux入力を必要としない回路が作られるので, 運用時はMainだけを用いるがAuxを利用したかのような効果を発揮.</p>
<p>回路構造:</p> 	<p>回路構造:</p> 	<p>回路構造:</p> 

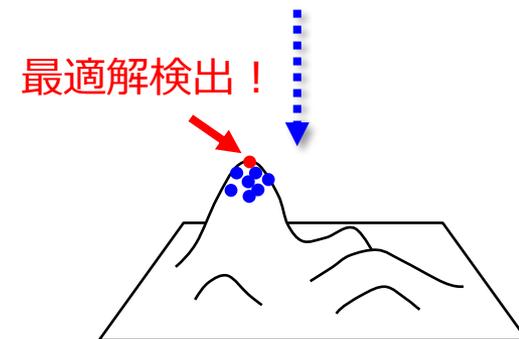
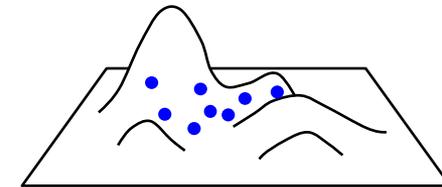
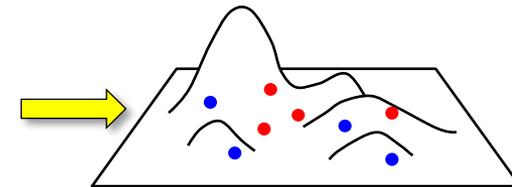
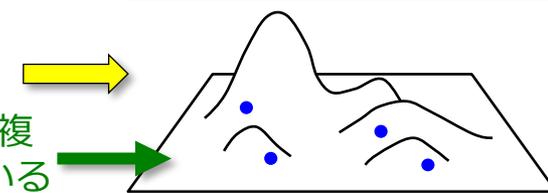
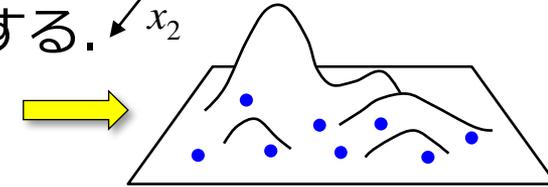
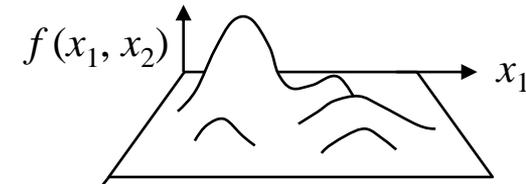
●特徴:

1. Aux (補助入力・潜在変数)は学習のときだけ用いれば良く, 運用時は不要になる.
2. Aux として, 運用時に使えなくなる情報 (未来情報など), あるいは運用時に使おうと思えば使えるが入力するには人的・時間的・経済的コストがかかる情報を用いることができる.
3. 究極の入力変数最小化を実現できる (センサの代替も可能). 現状の技術で (Main) 入力のうち不要なものを選別して削除することはできるが, 当然ながらそれでは運用時にその情報を利用できないが, 浸透学習法なら利用できる.

参考資料2： 進化計算法

進化計算法の処理手順

関数 $f(x_1, x_2)$ の
最大値探索問題



1. 初期化

- ランダムな個体(探索空間中の探索点)を N 個生成する。

2. 自然淘汰・適者生存

- 評価が高い個体ほど生き残る確率が高くなるようにして次世代の N 個の解を選択する。

3. 組み換え操作

- 生き残った個体を組み合わせて新しい個体を作る。交叉・突然変異と呼ばれる操作も行われる。

注) 優れた個体が重複して選択されている

4. 集団の評価

- 現状の最良個体が充分優れているなら終了。不十分なら処理 2. に戻って世代交代を繰り返す。

長い世代交代

5. 終了

探索空間を全探索する場合に比べて圧倒的に少ない探索数で優れた解を発見できる

【参考】長尾の進化計算関連の初期の頃の新聞記事・著書

- 画像から顔だけ抽出 **日本経済新聞** 1995年9月4日(月) 朝刊 (1995)
- Software can pick out face from a crowd **The Nikkei Weekly**, Oct.30,1995 (月) (1995)
- 画像からの顔領域の自動抽出 **東京工大クロニクル** No.297 (1996)
- 主人公の顔のすり替えにご用心 **HBF Newspaper** 1998年4月10日 (金) (1998)
- 金融商品に人工知能活用 **日本経済新聞** 1998年12月7日(月) 朝刊 (1998)
- 技術革新の潮流：金融商品に最新数学手法 ～学習機能でソフト・市場予測正確に～
日経産業新聞 1999年1月14日(木) 朝刊 (1999)
- 株価変動予測プログラム, 人工知能使い精度向上 **日本経済新聞** 1999年4月24日(土) 朝刊 (1999)
- 見本まねて画像を自動処理 ～東工大が汎用ソフト～ 医療や印刷分野に
日経産業新聞 1999年7月1日(木) 朝刊 (1999)
- 画像認識の究極は人工知能 ～21世紀の担い手たち No.11～ **日経サイエンス** 1999年11月号 (1999)
- 株式市場 仮想投資家が売買 東工大が開発 **日本経済新聞** 2000年5月8日(月) 朝刊 (2000)
- 複数のロボット 自動で仕事分担 東工大が制御プログラム技術
日経産業新聞 2000年6月28日(水) 朝刊 (2000)



長尾：東工大に在職

- 値動きリアルな仮想市場 横浜国大教授らが構築 投資戦略のテストに活用
日本経済新聞 2002年1月18日(金) 朝刊 (2002)
- 異物識別 簡単に 判定プログラム自動作成 X線検査向け 横浜国大開発
日本経済新聞 2003年4月25日(金) 朝刊 (2003)
- 画像処理 簡単に 不審者検知・がん断層撮影… 横浜国大が作製ソフト
日経産業新聞 2005年8月17日(水) 朝刊 (2005)
- 機械の色識別人間並みに 横国大・東工大が技術開発 照明の影響受けず製品仕分け誤動作防ぐ
日経産業新聞 2005年8月29日(月) 朝刊 (2005)
- こちらラボ 横浜国立大学工学部長尾研究室 進化的画像処理 コンピュータを教育
フジサンケイ ビジネスアイ 2007年6月23日(土) 朝刊 (2007)
- かび臭発生生物を自動計測 横浜市水道局と横浜国大の共同研究
水道産業新聞 2009年3月19日(木) 第4475号(2009)
- 【大学発ベンチャー】横浜国立大学→マシンインテリジェンス 自律的学習 画像処理に汎用性
フジサンケイビジネスアイ 2009年6月29日(月) 朝刊(2009) など.

長尾：横浜国大に在職



進化計算法のまとめ

- ほとんどの最適化問題に適用でき、非常に性能が高い最適化・探索法。
- 確率的な探索手法であるが、そのメカニズムはよく考えられている。

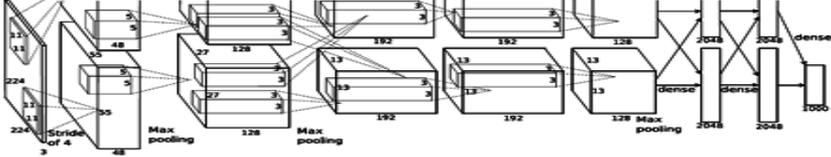
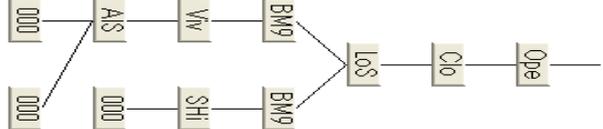
- ①適者生存：探索点の集合の多様性を保ちながら優れたものを選択する。
- ②解の組み換え操作：大局的な探索から局所的な探索への自然な移行。



進化計算法が強いのは理由がある（ランダムサーチ+ α というのは誤解）

- 古典的な手法として次の手法が有名であるが現在も進化途中である：
 - ①遺伝的アルゴリズム（GA）：ビット列・記号列・数字列の最適化。
適用対象は、数値最適化・組合せ最適化など。
 - ②遺伝的プログラミング（GP）：木構造に対する最適化。
適用対象は、プログラム・関数の最適化など。
- 産業界における進化計算法の応用について：
 - 確率的な手法であることもあって、現在は一時期のニューラルネットのように、あまり知られていない／信用されていない／応用が進んでいない。
 - 今後は益々利用されるようになると考えられる。
cf. 進化的機械学習 by 横浜国大・長尾らによる人工知能・機械学習の最適化。

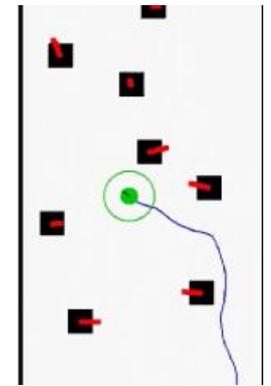
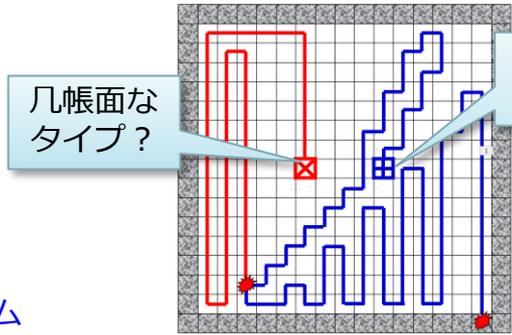
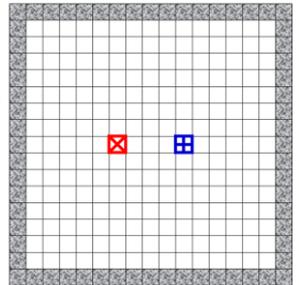
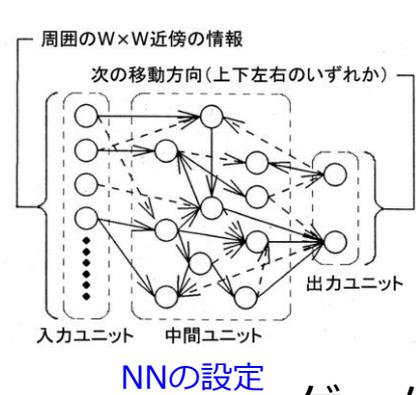
深層学習 VS 横浜国大長尾らによる 進化的機械学習

	深層学習 (ディープラーニング)	進化的機械学習
原理	<ul style="list-style-type: none"> 単純な素子を多数使った複雑な回路 	<ul style="list-style-type: none"> 高機能な単位処理ユニットを使ったモデル
構造例		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 特徴量などを考える必要はない 非常に広範囲な入出力を表現可能 	<ul style="list-style-type: none"> 特徴量などを考える必要はない 作れる処理は深層学習よりは限定的
処理	<ul style="list-style-type: none"> ブラックボックスになり、説明できない 人が処理内容を理解することができない 	<ul style="list-style-type: none"> 非常に明確で可読性が高い 人が処理内容を理解することができる
学習	<ul style="list-style-type: none"> 最適化には膨大な教師データが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 少ない教師データからでも構築可能
実用化	<ul style="list-style-type: none"> 少しずつ利用されているが処理過程が「説明できない」ことが問題となっている 	<ul style="list-style-type: none"> 富士通のZINRAIシステム、リコー、イシダなど複数の企業で実用化済み
回路化	<ul style="list-style-type: none"> 膨大な回路のため専用チップが必須？ 圧縮してもせいぜい1/100程度 	<ul style="list-style-type: none"> 単純な構造のため小規模な回路で実現可 深層学習より圧倒的に小さい回路構成が可
特許化	<ul style="list-style-type: none"> 処理が説明できないので難しい 	<ul style="list-style-type: none"> 処理が説明できるので特許化も可能
新規性	<ul style="list-style-type: none"> 全世界で利用されており、もはや新規性なし 	<ul style="list-style-type: none"> まだ「伸びしろ」が充分にある

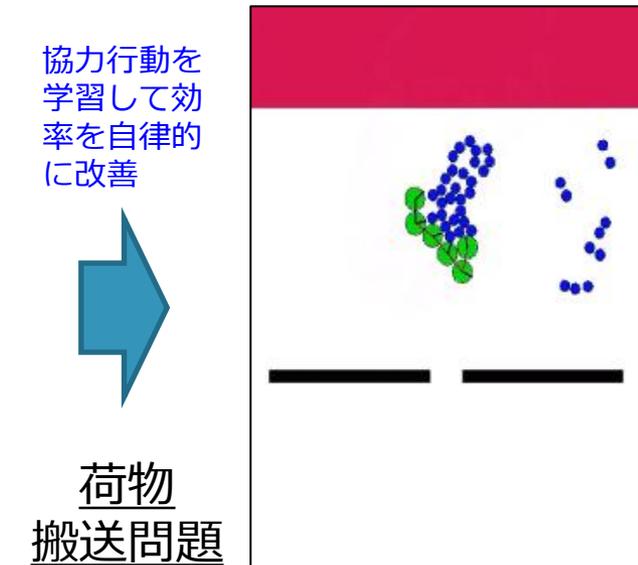
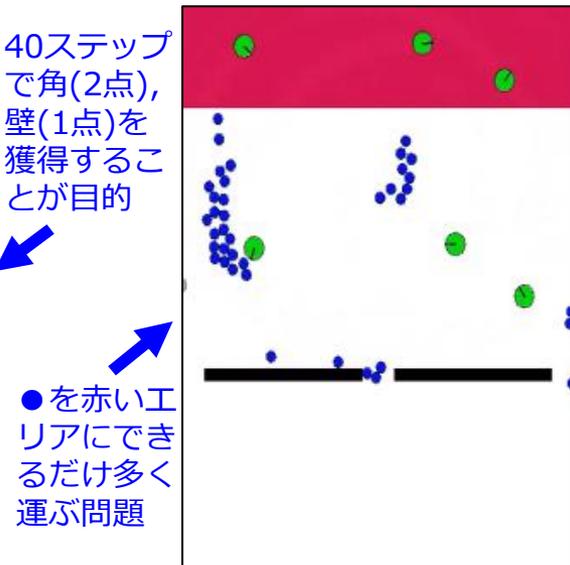
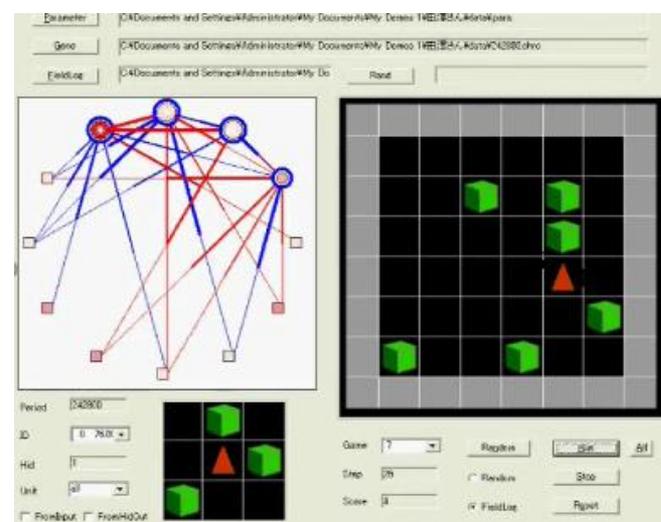
※多くの企業で**進化的機械学習**の導入が始まっている。

進化的機械学習の例：進化型NNの初期の最適化の例

- 理想構造が不明な問題に対して、**NNの行動を評価し、進化計算法でNNの遺伝子型 (= NNの接続状態や結合荷重) を最適化**することで、**目的の仕様を満たす任意構造型のNNを自動構築する**。今後のNN設計で中心的な役割を果たす。



ゲームのプレイヤーの移動制御問題



荷物プッシュ問題

進化的機械学習の製品例：進化的画像処理ソフト *CRAFT-IT* (クラフトイット)

少ない事例から任意の画像処理を全自動で構築することができる世界唯一のソフトウェア

The screenshot displays the CRAFT-IT software interface with several key components:

- Workflow Windows:** A series of image windows showing the transformation from the original image (原画像) to the target image (目標画像) through a weighted image (重み画像) to the final output image (出力画像).
- Evolution Graph:** A line graph titled "進化過程" (Evolution Process) showing the fitness value (評価値) on the y-axis (ranging from 0.800 to 1.000) against the number of generations (世代数) on the x-axis (ranging from 0 to 5000). The graph shows a steady increase in fitness over time.
- Decision Tree:** A tree structure representing the evolved image processing pipeline, with nodes labeled with filter names like Med, BM9, ReC, Mea, LAB, Gam, and BoP.
- Filter Settings Panel:** A panel titled "木構造状フィルタ設定" (Tree Structure Filter Settings) showing the configuration for the selected filter, including the filter file path and filter name.
- Best Tree Output:** A table at the bottom showing the best tree for each generation (各世代のベスト木 (S式表現)).

Annotations in blue callouts highlight these features:

- 各ノードは画像処理フィルタ (Each node is an image processing filter)
- 全自動構築された木構造状画像処理 (Fully automatically constructed tree structure image processing)
- 各世代のベスト木 (S式表現) (Best tree for each generation (S-style expression))

出力	世代	評価値	木構造
4256	0.990262	0.990262	MedSBBBM9ReCMedMealABBM9GamBoP (BoP (BDA000:000) (000:000)) (000:000)
4257	0.990262	0.990262	MedSBBBM9ReCMedMealABBM9GamBoP (BoP (BDA000:000) (000:000)) (000:000)
4258	0.990262	0.990262	MedSBBBM9ReCMedMealABBM9GamBoP (BoP (BDA000:000) (000:000)) (000:000)
4259	0.990262	0.990262	MedSBBBM9ReCMedMealABBM9GamBoP (BoP (BDA000:000) (000:000)) (000:000)
4260	0.990262	0.990262	MedBM9ReCMedMealABBM9GamBoP (BoP (BDA000:000) (000:000)) (000:000)

横浜国立大学発ベンチャー(株)マシンインテリジェンス (長尾：取締役CTO) より発売中