



知の物理学 研究
センター
Institute for Physics of Intelligence

知の物理学研究センターが 目指すところ

上田 正仁

東京大学大学院理学系研究科 知の物理学研究センター
物理学専攻



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

内容

1. なぜ物理学とAIの融合か？
2. 物理原理で説明可能なAI構築
3. サイエンスするAI
4. まとめ

なぜ物理学とAIの融合か？

自然現象は、物理法則が生み出す膨大な情報
(ビッグデータ)が複雑に絡み合っ織りなす認識
のモザイクであり、現実には多様に認識される



Credit: Fox 25 Boston

この認識のモザイクから再現性のある特徴を抽出
することで物理法則が発見(再現性が必須条件)

物理法則は自然現象のビックデータから再現性のある特徴(一般に確率分布)を抽出することで発見

「自然現象」という制約を取り除けば、機械学習のタスクと同じ！

物理学とAIは本来的に相性が良い—ともに、人間が認識できるものごとの特徴抽出を行うと同時に、認識が困難な大自由度系も記述できる

物理学者は、従来、このような「機械学習」をアナログ的に実行

この作業をAIを活用することで、システムティックかつアンバイアスに実行する手法の確立すること、それが、物理とAIを融合させる第一の目的

AI for Physics

例：マテリアルズインフォマティクス、天文学

「自然現象」はAIにとって制約でしかないのか？

実は、ここにAIを様々な方向に進化させる、つまり、

Physics for AI

の鍵がある

物理原理で説明可能なAIを構築

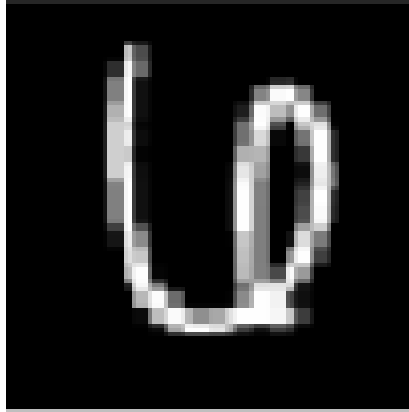
通常のAIの研究は、ウェブ上の情報、自然言語、音声など、人間の脳が生み出すビックデータを対象

文化的・社会的・進化論的な強い制約を受ける



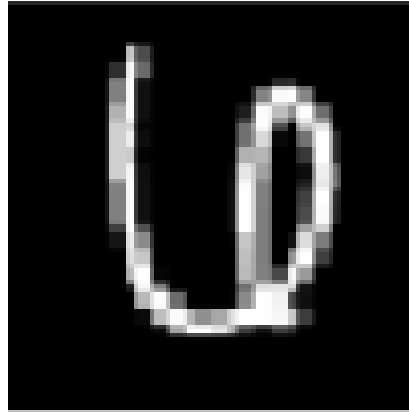
日本

国により全く異なった画像として認識される



MNIST testing set

6 or 4?



MNIST testing set

同じデータであっても、人間の脳は国や地域、
知識背景によって全く異なった解釈をする

情報処理を行う脳は進化論的な強い制約

人間の脳が生成するデータからは、相関関係は得られても、因果関係を特定することは困難
(∴) 脳機能の解明が必要

説明可能なAIを作るうえで根本的な制約

AIの中身がブラックボックスなだけでなく、
処理したいデータそのものに本質的な不確定性が内在

物理学のビックデータは物理法則が生成

- データの再現性・信頼性が保証されている
- 相関関係だけでなく因果関係の解明可能
- 結果から原因に遡れることが原理的に保証
- 説明可能なAIを構築する理想的な系

通常のAIが対象とするデータと物理学が対象とするデータは本質的に異なる

両者を統合的に研究することにより、AI研究のフロンティアの拡大が期待できる。

Physics for AI

サイエンスするAI

そもそもサイエンスするAIとは何か？

サイエンスするAIの3段階

1. 人間の発見の追体験
→ 発見のプロセスをAIに実装する方法の解明
2. 未知の現象や法則の発見の補助
3. AI自ら未知の現象の予言と法則を発見

サイエンスの発見は段階的かつ階層的

ティコ・ブラーエ 天文学のビックデータ

ケプラー ケプラーの法則(惑星の運動)

ガリレオ 慣性の法則 & 地動説の確立

ニュートン ニュートンの法則(普遍的運動)

アインシュタイン 相対性理論(時空のゆがみ)

この一連の発見をAIは追体験できるか？

AIは量子力学を理解・発見できるか？

- エンタングルメント (entanglement)
- 非局所性 (nonlocality)
- 文脈依存性 (contextuality)

古典論と整合しないが、量子情報処理で量子優越性を生む本質的な概念が存在

これらをAIにどう組み込んでいくか。

まとめ

1. 物理学とAIとの共通性

ビッグデータから再現性のある特徴を抽出
人間の認知能力を超えた計算が可能

2. 物理学のビッグデータ

再現性・信頼性・因果性が物理法則により保証
結果から原因へと帰納的に遡ることが可能
説明可能なAIをモデル化する理想的研究対象

3. サイエンスするAI

原因から結果に至る因果関係を演繹的にモデル化
究極的には知性が発現する数理構造の解明