

現代物理学の挑戦

上田 正仁

現代文明に与えた物理学のインパクト

- 一般相対論 → GPS
- 量子論 → トランジスター、レーザー
- データ転送 → インターネット

物理学

「役に立たない」基礎研究が長期的には
人類に巨大な恩恵を与える典型的学問

物理学

「役に立たない」基礎研究が長期的には
人類に巨大な恩恵を与える典型的学問

物理学は新原理の発見を目指す

新原理は新しいデバイス原理の基礎

「ニュートリノ研究は役に立たないし、儲かりもしないよ」（小柴昌俊教授）



梶田隆章 小柴昌俊
2015年 2002年

初期宇宙、地球内部を見る「望遠鏡」

現代物理学の挑戦：2つのトピックス

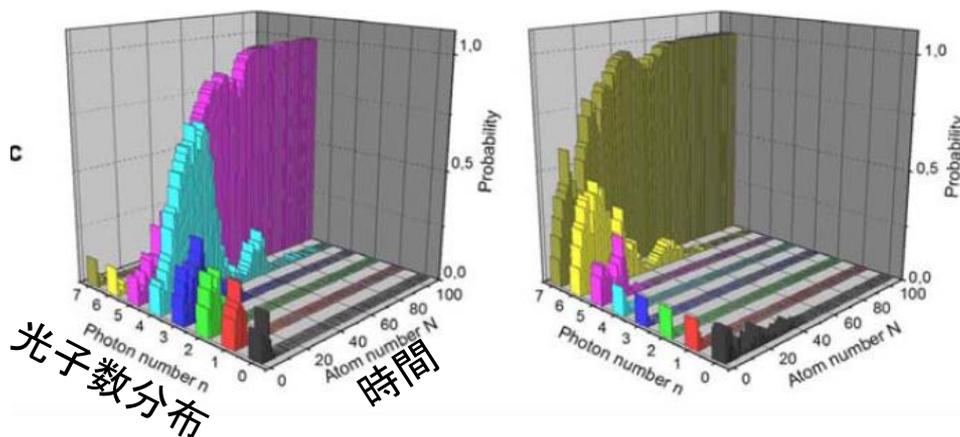
非平衡開放系の量子力学

非エルミート量子力学

量子力学はシュレーディンガー方程式など決定論的方程式で記述

ミクロな系: 観測による波束の収縮の効果が無視できなくなる

光子の波束の連続測定の実験

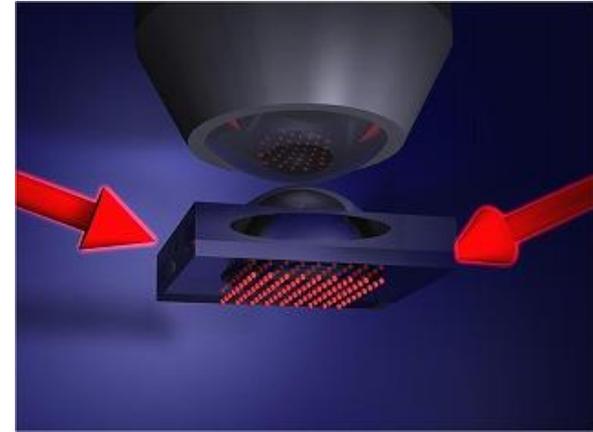
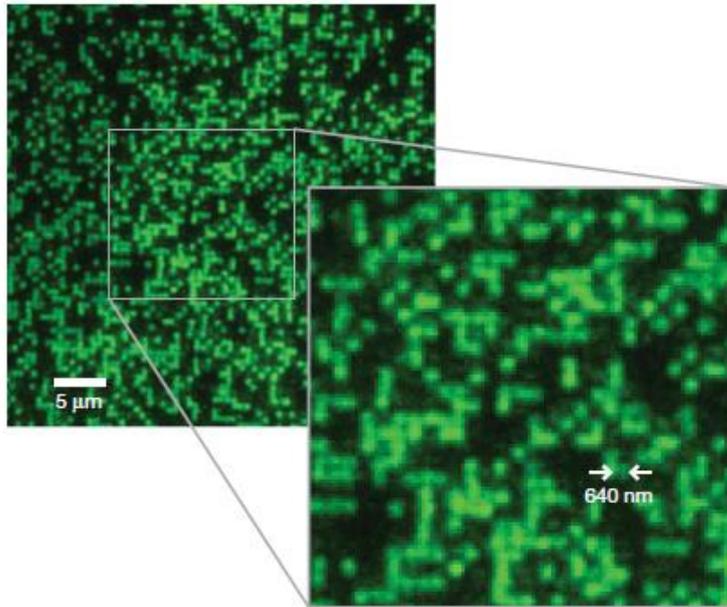


Nobel Prize (2012)

Guerlin *et al.*, *Nature* **448**, 889 (2007)

観測による波束の収縮の効果を活用することで、新奇な量子力学的状態を作り出す可能性が拓けつつある。

原子気体顕微鏡：1原子レベルの分解能



Greiner *et al.*, Nature **462**, 74-77 (2009)

原子集団を1原子のレベルで観測

ハイゼンベルグの不確定性原理：位置を精度よく測定すると、測定の反作用によって運動量が不確定になる

原子集団の統計的性質を記述する学問：統計力学
測定の反作用の効果を取り入れた新しい統計力学の構築が課題

熱力学第二法則を量子力学から導出

熱力学は通常は温度が一定の熱源を用いて定式化される

冷却原子集団は孤立量子系—しかし、熱力学の法則に従う！

これは、熱力学が量子力学から導けることを強く示唆している。



フォンノイマンが
1929年に問題提起

物理学とAIを融合する

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

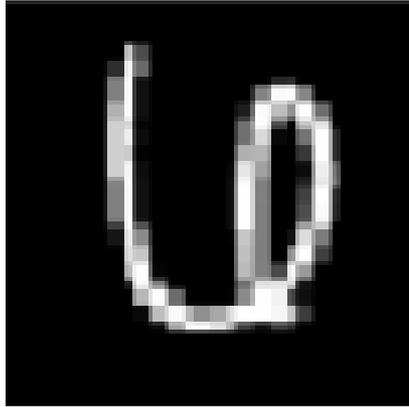


Credit: Fox 25 Boston

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)

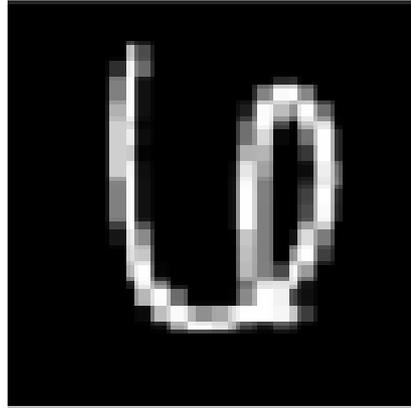
通常のAIの研究は、ウェブ上の情報、自然言語、音声など、人間の脳が生み出すビッグデータを対象

文化的・社会的・進化論的な強い制約を受ける



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

情報処理を行う脳自体が進化論的・文化的な
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非因果性が内在

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

物理学とAIの融合

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

The best time is yet to come.

物理学のフロンティアを開拓したいと考える意欲
ある皆さんを歓迎します！