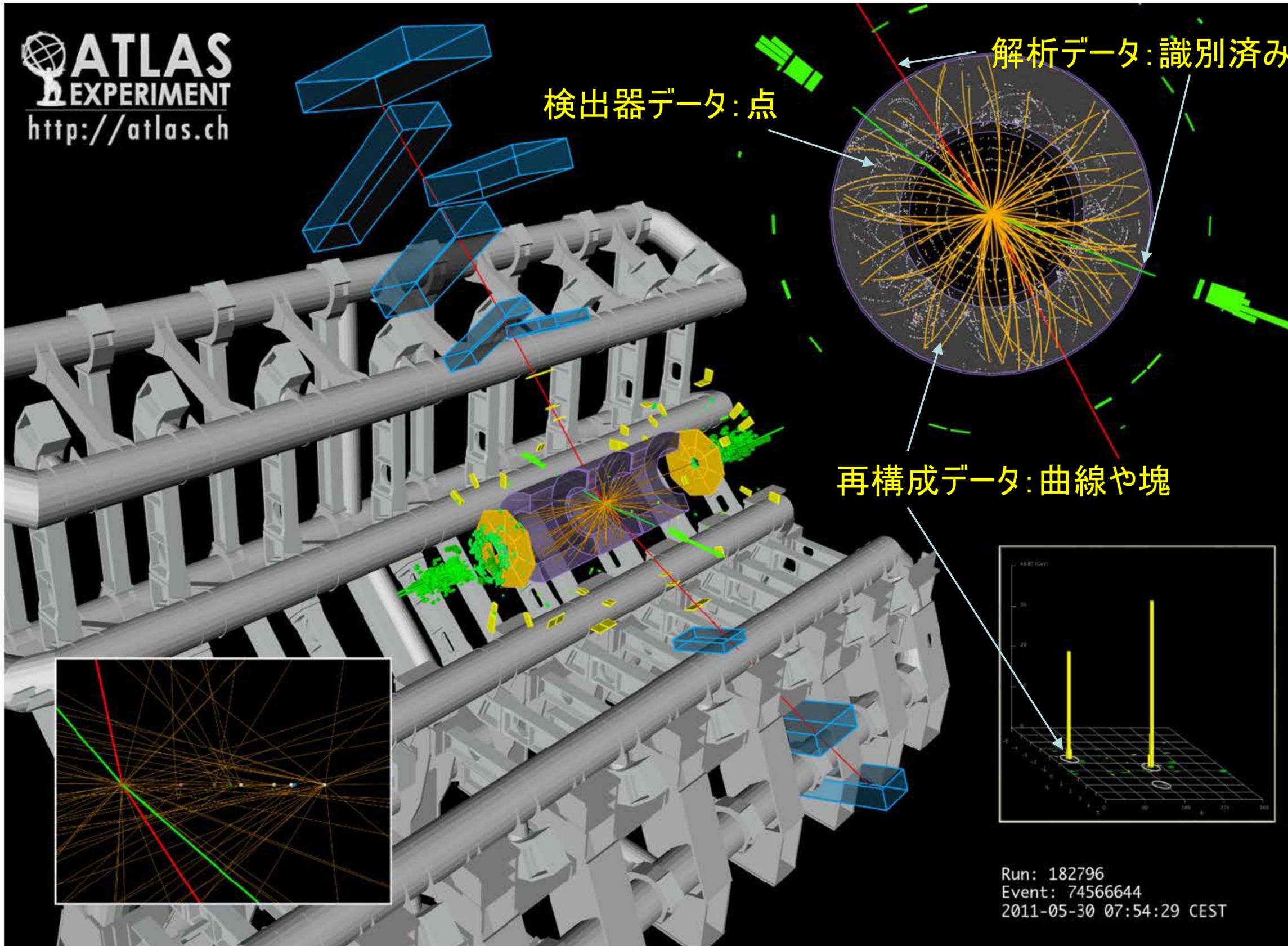


# 量子コンピュータ・AI研究紹介

---

素粒子物理国際研究センター

田中 純一・寺師 弘二



あらゆる場面で「機械学習・深層学習」は導入されている

検出器データ



再構成

再構成データ



粒子識別

解析データ

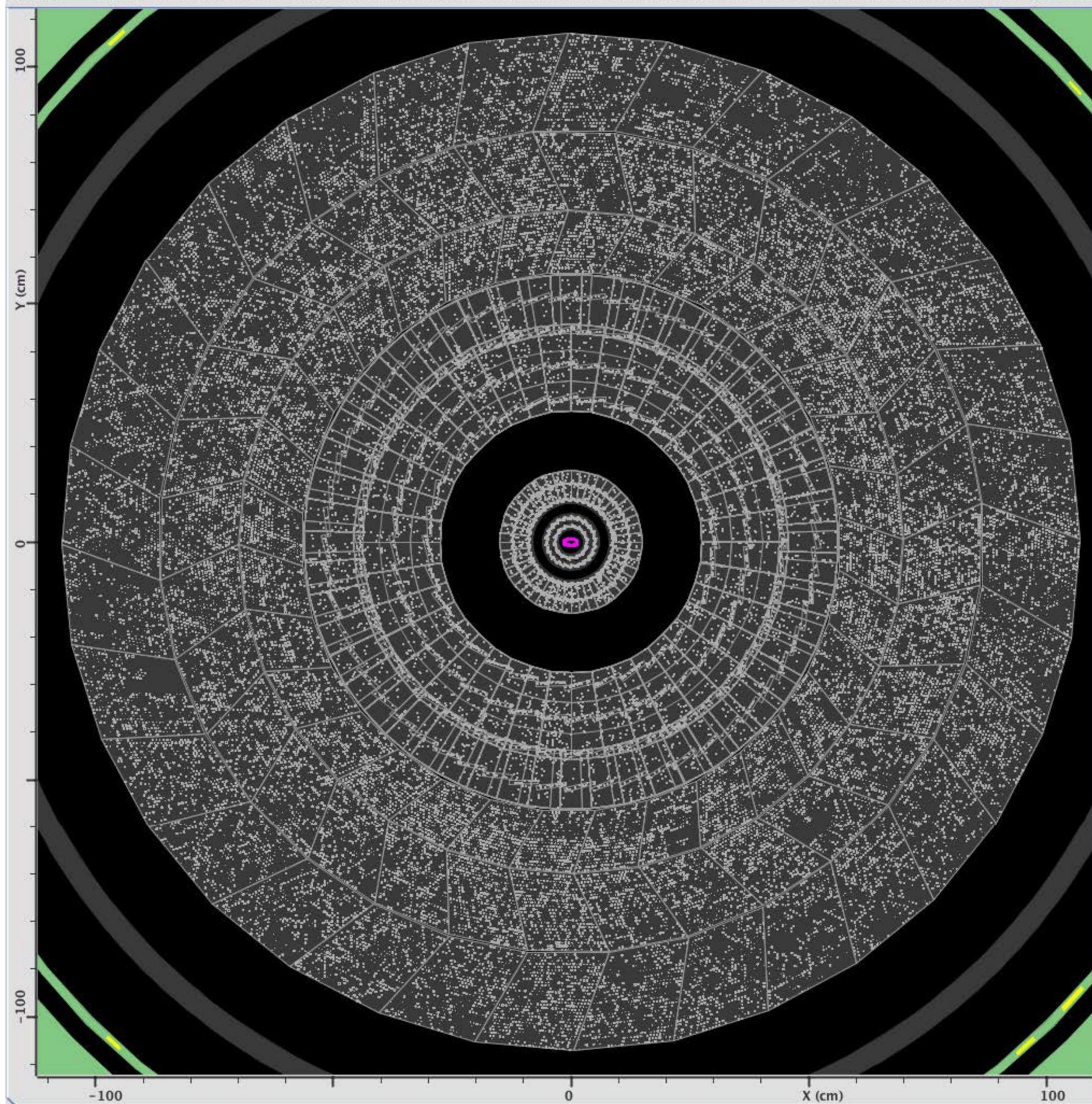


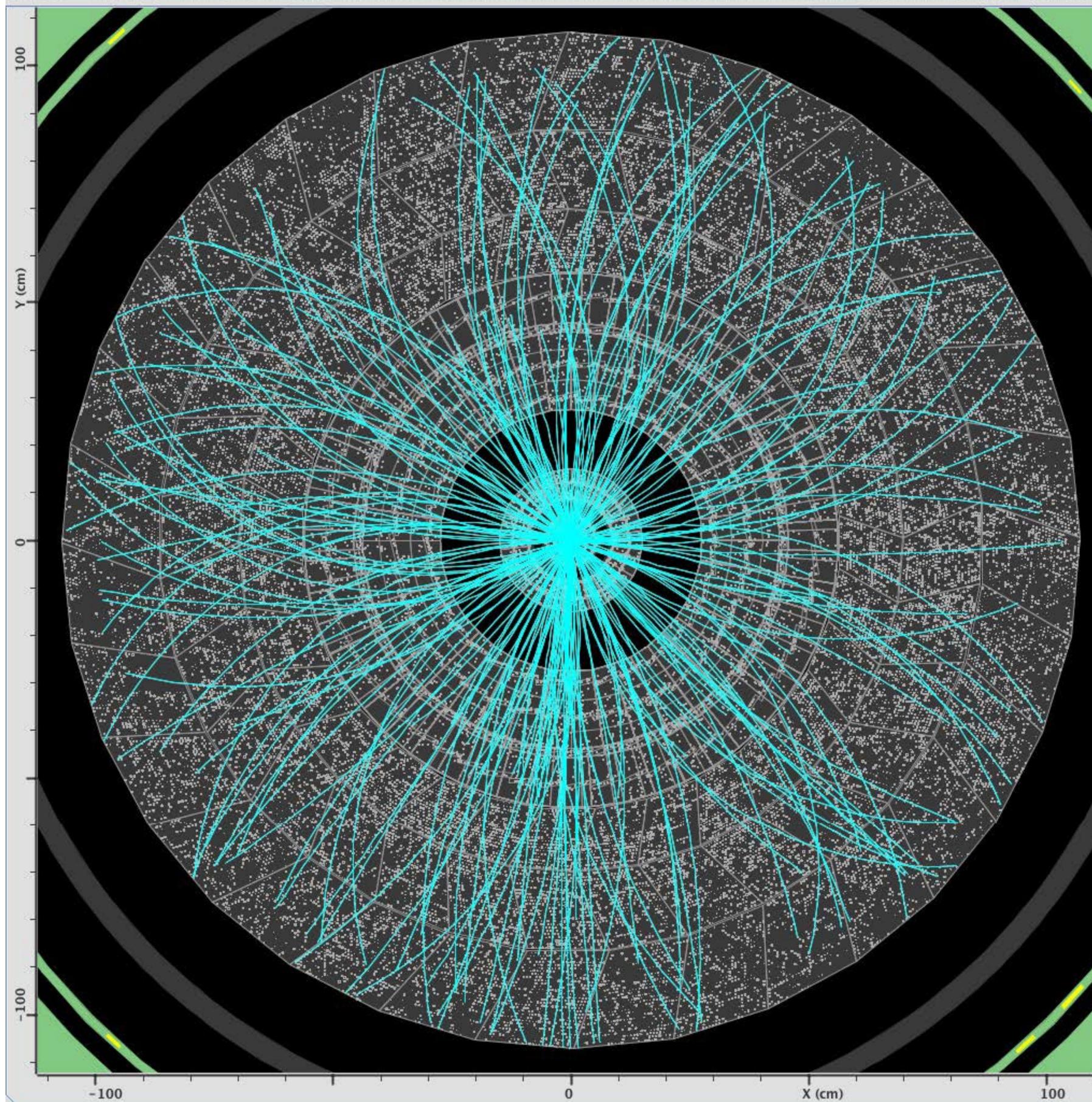
解析・検定

学術データ



問題設定：  
荷電粒子を見つけること  
→ 点から曲線へ





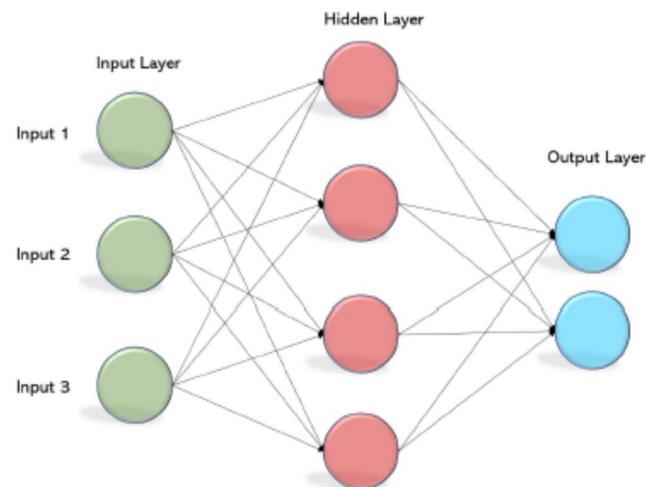
画像系の機械学習？

物理法則を知らない？

# 挑戦1

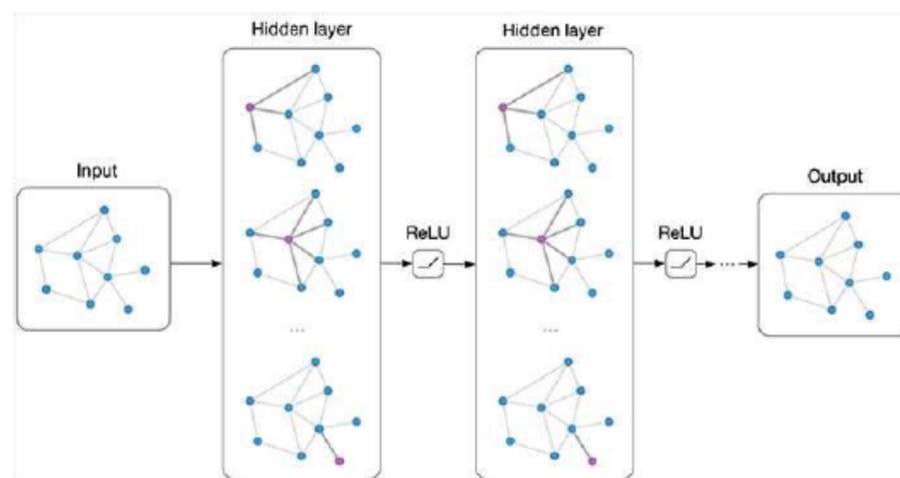
# いろいろな提案 → 素粒子物理への応用

## Multi-layer perceptron (MLP)



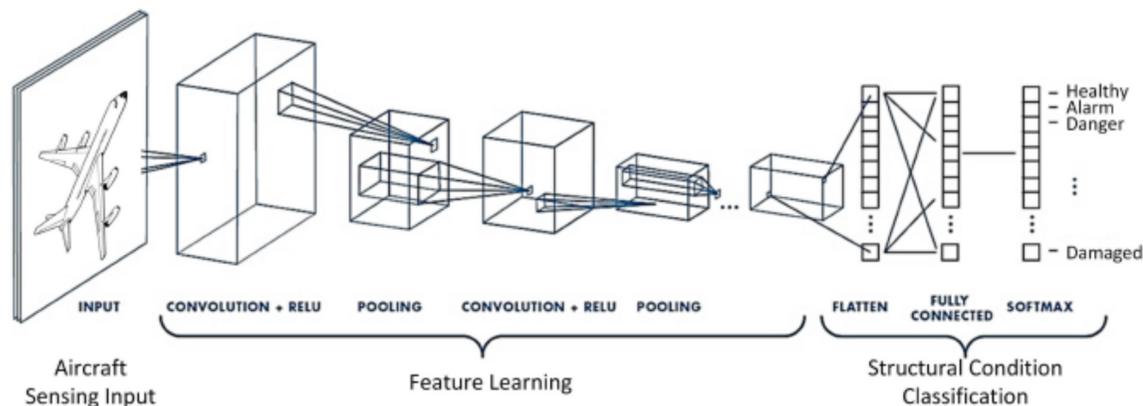
From: <https://becominghuman.ai/multi-layer-perceptron-mlp-models-on-real-world-banking-data-f6dd3d7e998f>

## Graph neural networks (GNNs)



From: [https://theaisummer.com/Graph\\_Neural\\_Networks/](https://theaisummer.com/Graph_Neural_Networks/)

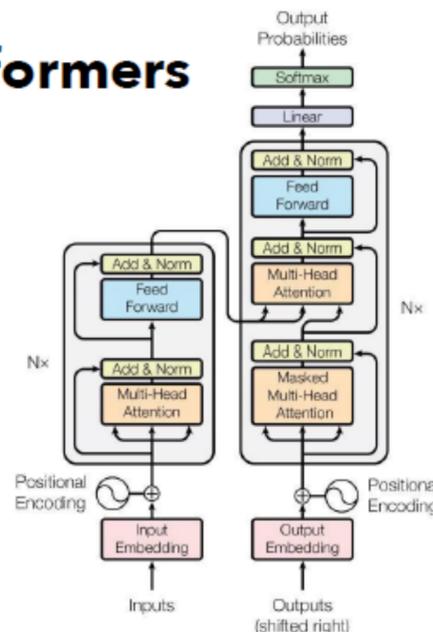
## Convolutional neural networks (CNNs)



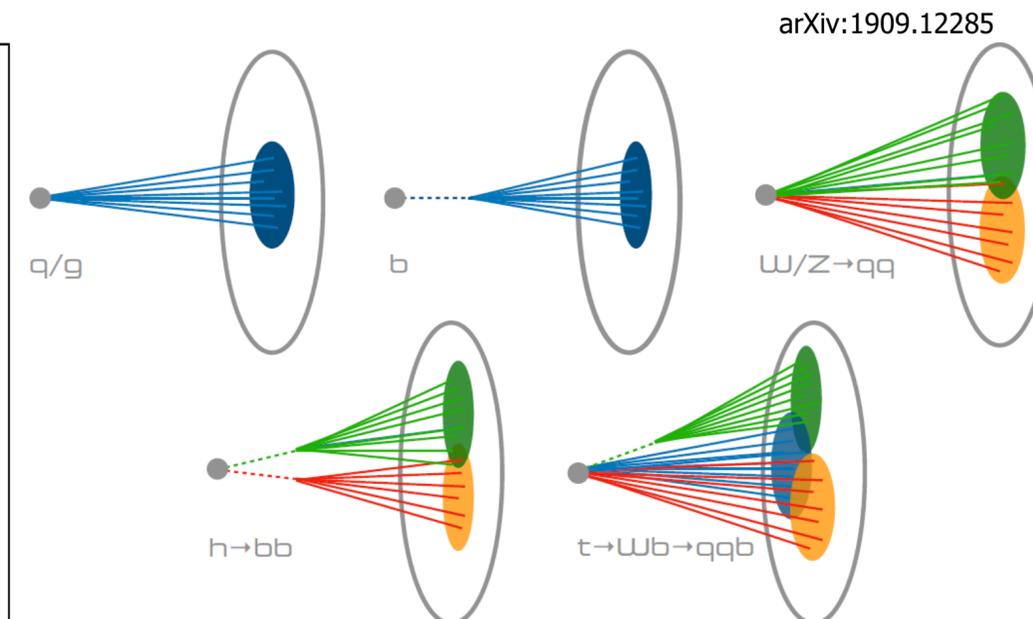
From: [Tabian et al., "A Convolutional Neural Network for Impact Detection and Characterization of Complex Composite Structures," Sensors 19(22), 2019]

AlexNet (2012) by Hinton's team

## Transformers

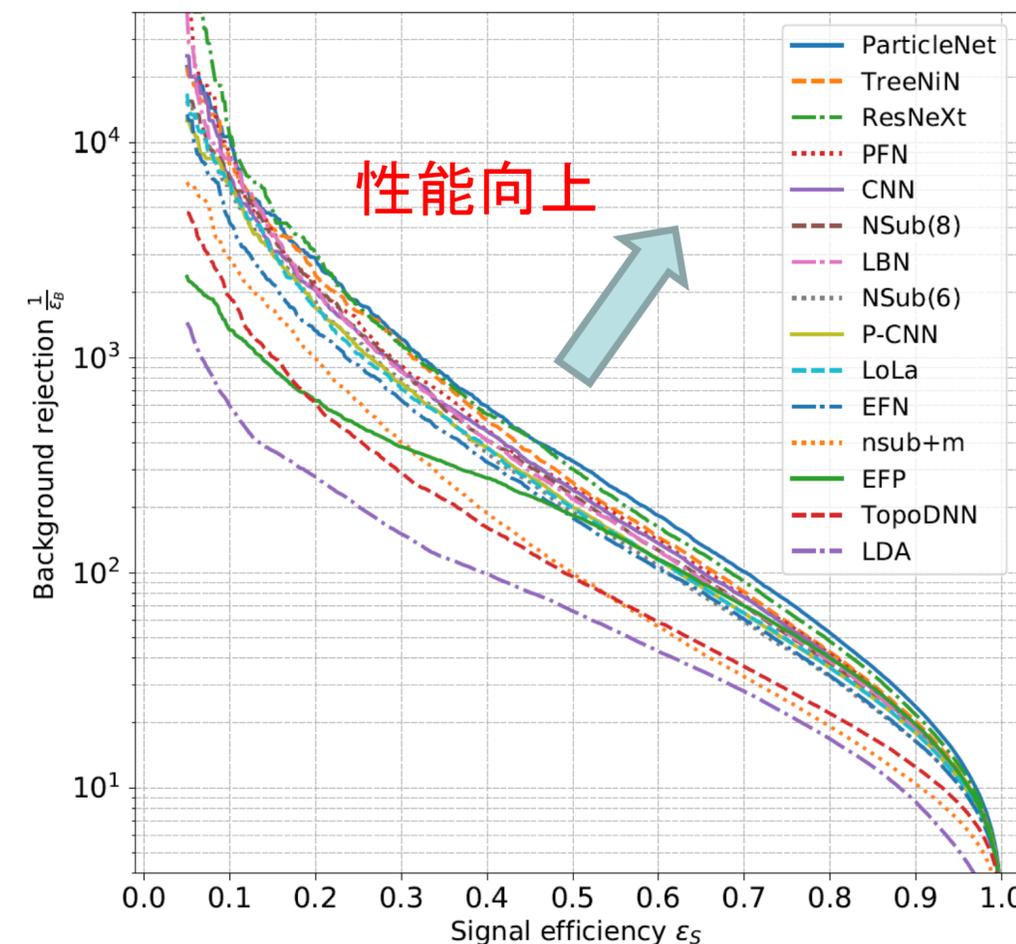


From: [https://pytorch.org/tutorials/beginner/transformer\\_tutorial.html](https://pytorch.org/tutorials/beginner/transformer_tutorial.html)



arXiv:1909.12285

## トップワークの識別性能



arXiv:1902.09914

## 「人工知能」の未来



未知の領域へ  
シンギュラリティ？

AIって：  
- Artificial intelligence？  
- Assistant intelligence？

ビッグデータから新粒子を発見できるのか？

挑戦2

- 異常検知

科学するAI？

挑戦3

挑戦4

挑戦5

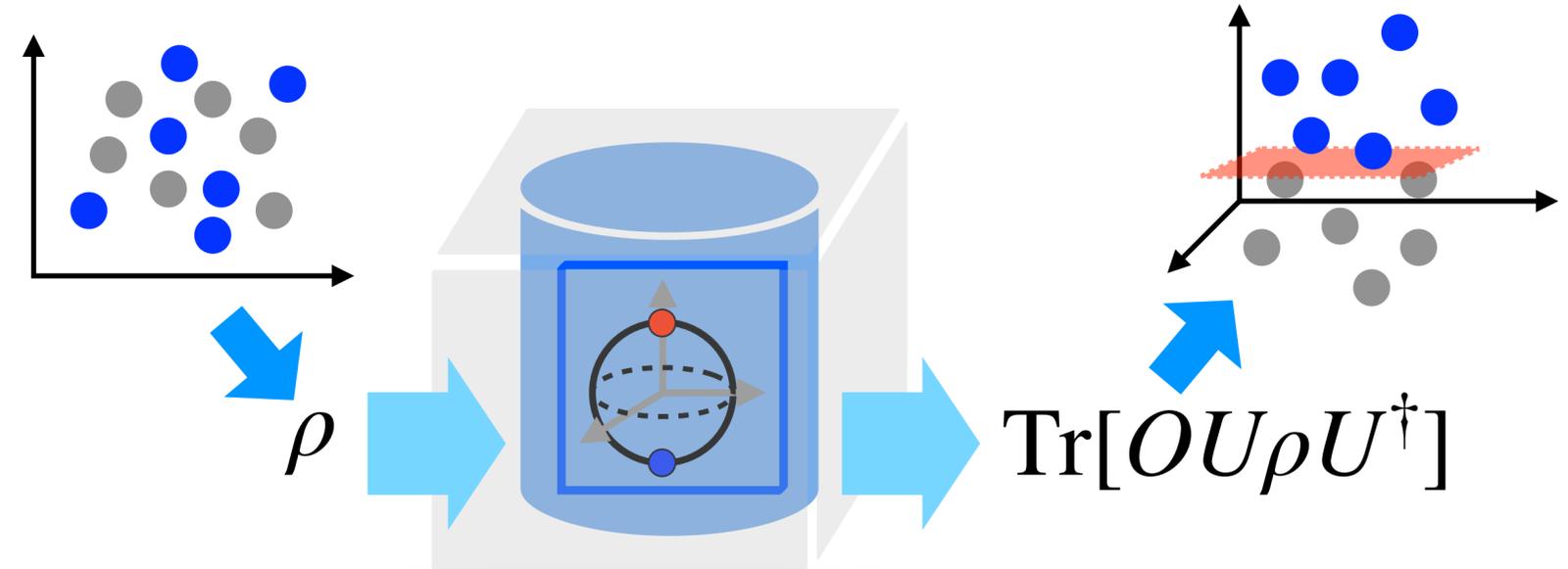
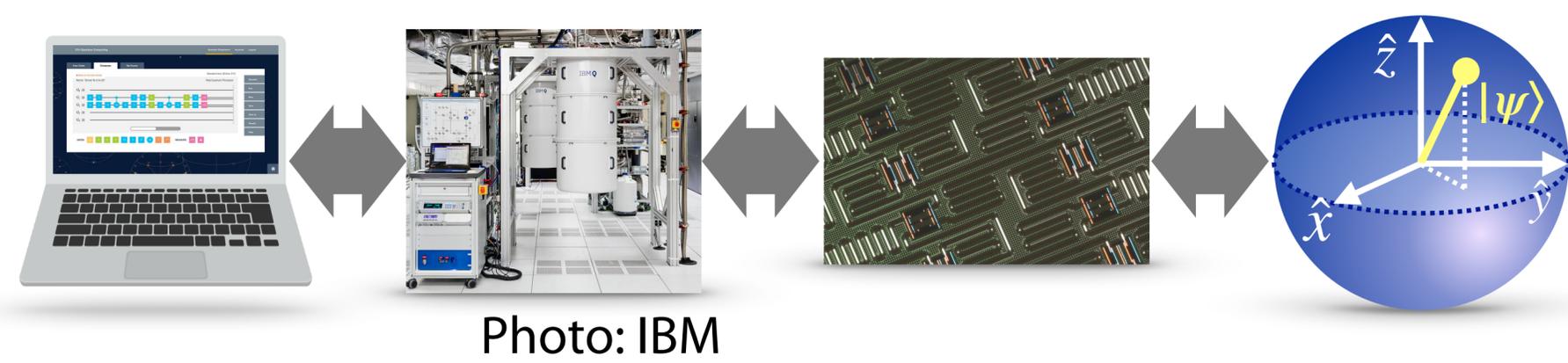
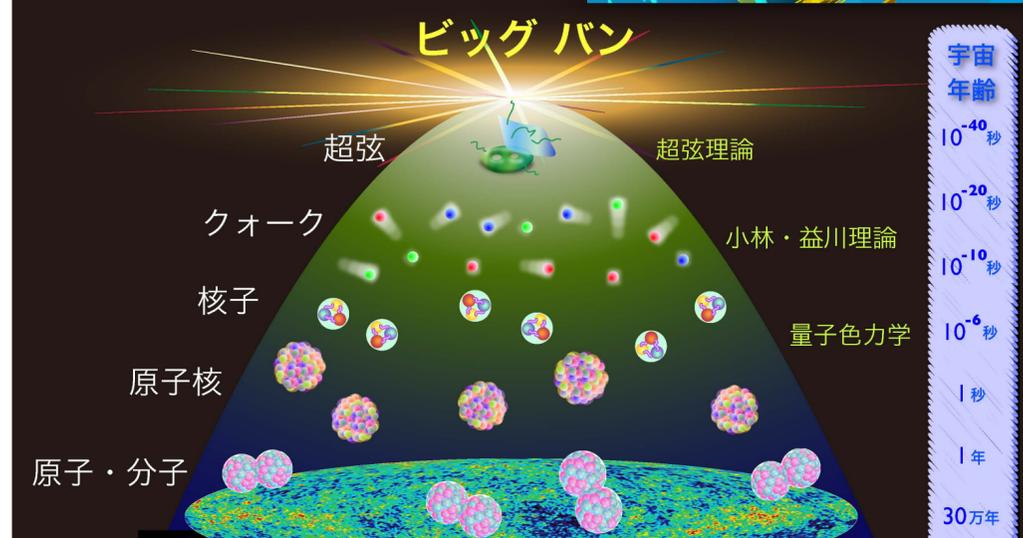
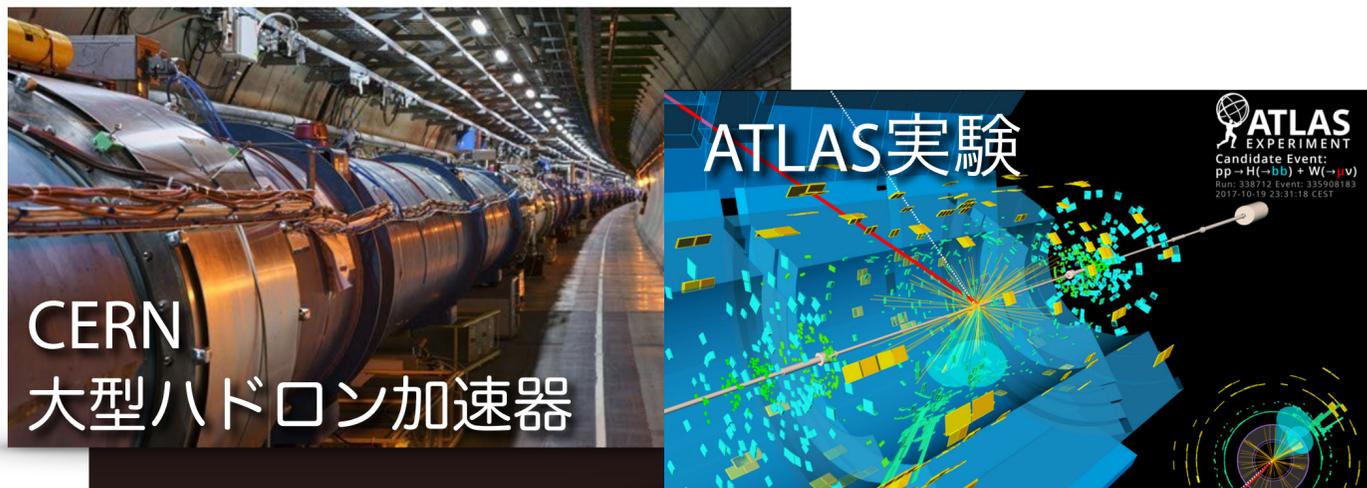
挑戦X

- 説明責任 (Explainable AI), 解釈可能 (Interpretability)
- 学術的に評価できる結果
- 対称性などの抽出
- 素粒子実験の一連の流れを(半)自動化するようなシステム: 人と人の連携 → AIとAIの連携

東大とソフトバンクさんとの連携事業BeyondAI (<https://beyondai.jp>)  
我々の研究テーマ: 「複合AIによる問題解決手法」

**素粒子物理も人工知能(データサイエンス)も研究したい方、大歓迎！**

# なぜ量子コンピュータを考えるのか？



## 素粒子・宇宙への量子コンピューティングの応用

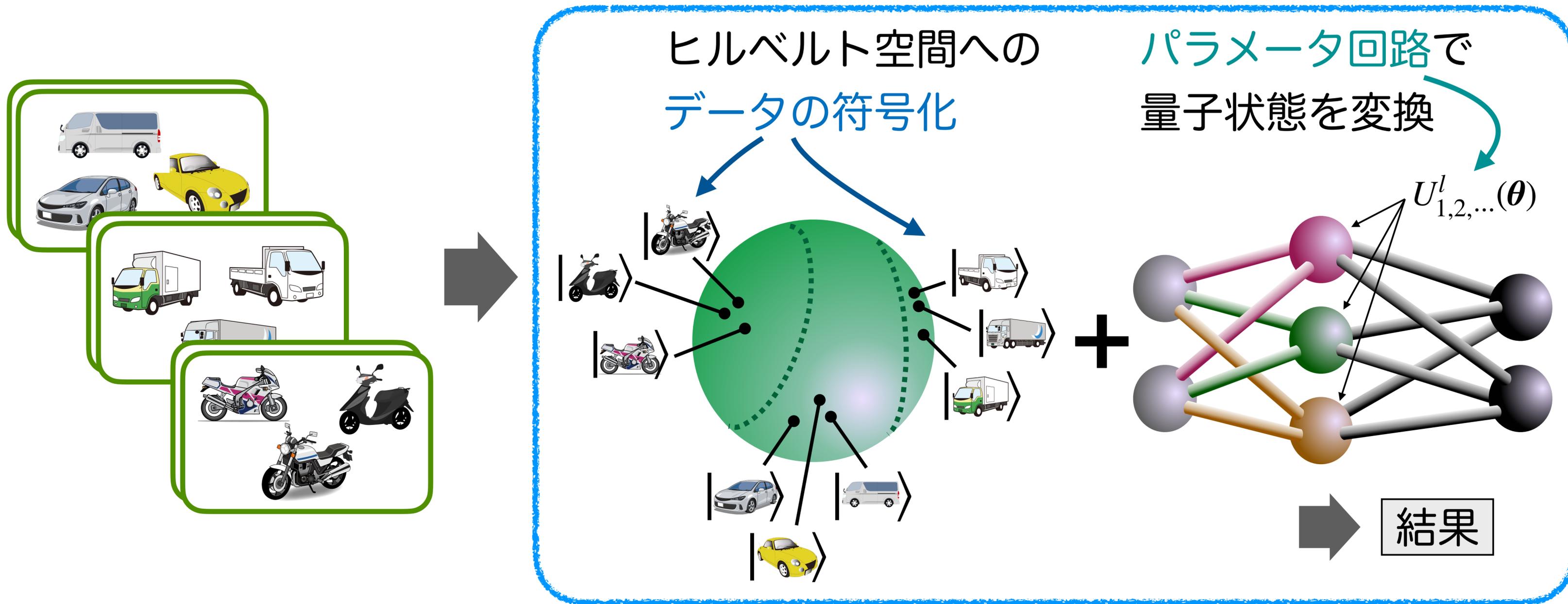
- ▶ 素粒子と量子は仲が良いはず
- ▶ ビッグデータを使うので、計算機科学はとても大事

## 量子コンピューティングの進展

- ▶ 今の量子コンピュータ(NISQ)でも、徐々に応用へと近づいている (と期待)
- ▶ 特に量子機械学習の進展が目覚ましい

# 量子コンピュータ+AI = 量子AI

## 量子ニューラルネットワーク

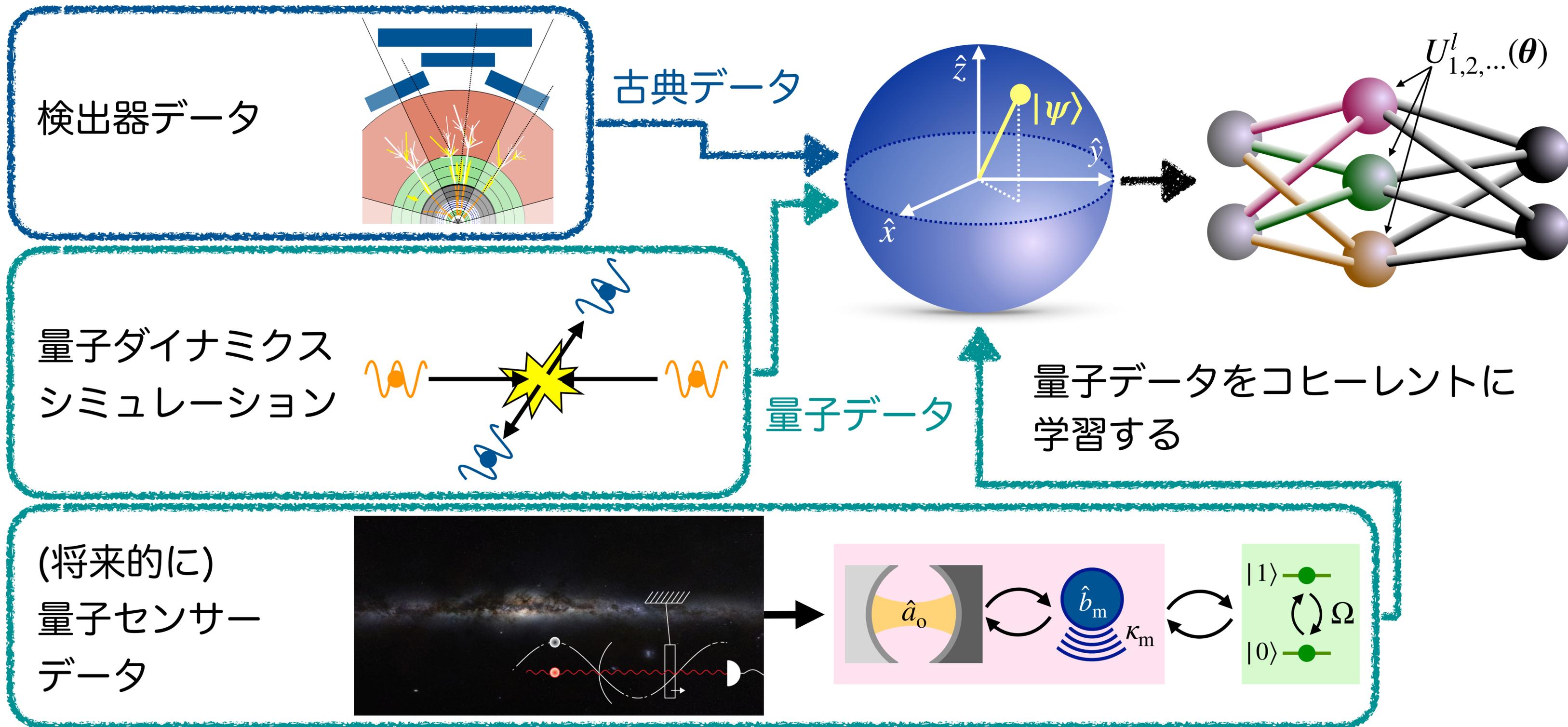


少量のデータ、少ないパラメータで高い学習性能を持つ可能性がある

➡ 量子AIの実現が目標

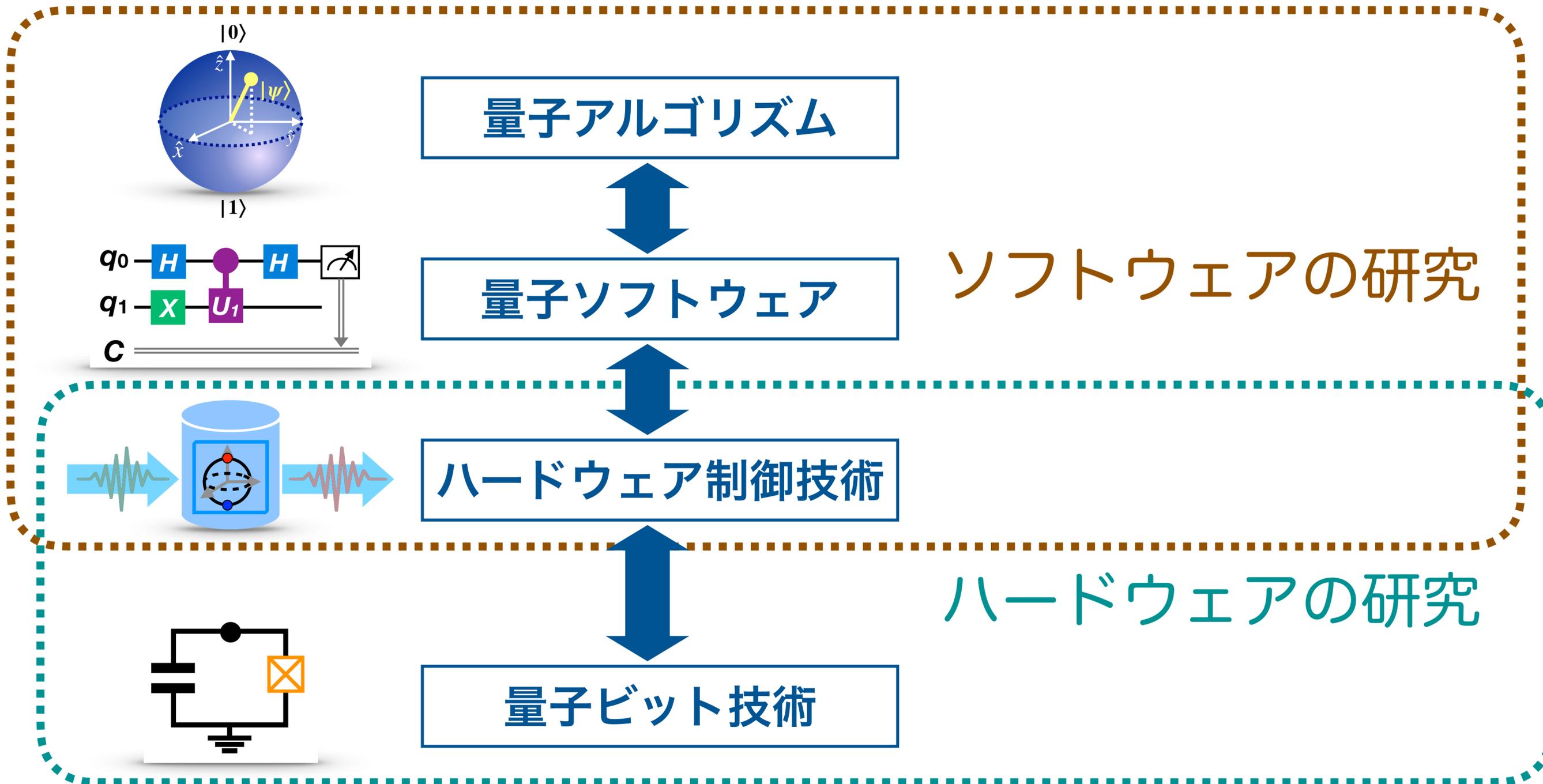
# 量子データの機械学習

通常の古典計算に対して、NISQが優位になる可能性 → 量子データの学習



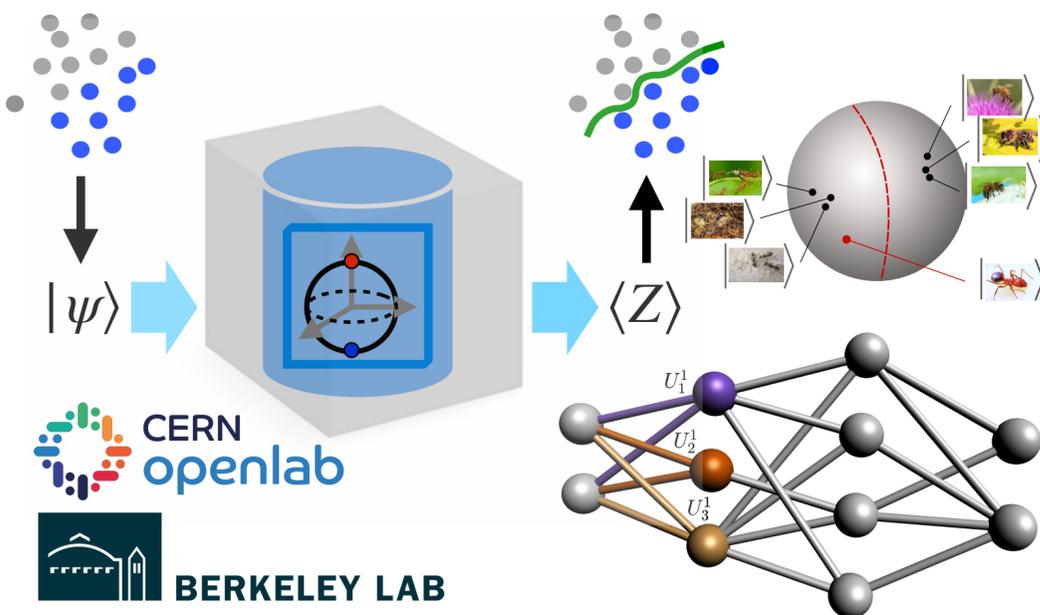
# 量子AIを実現するには

アルゴリズムだけでなく、実行するハードウェアとその実装技術もとても重要



全ての階層で、研究に取り組んでいます

## 量子アルゴリズム



### 量子機械学習アルゴリズムの開発

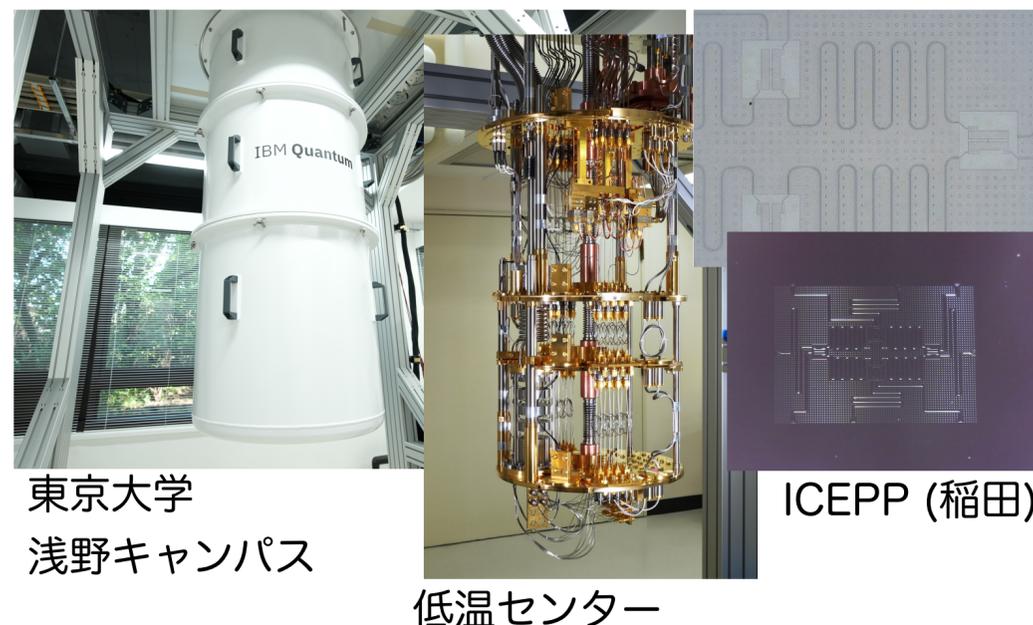
- ▶ 量子-古典ハイブリッド
- ▶ 量子データの学習

### 回路設計・実装の最適化

- ▶ AQCELソフトウェア
- ▶ パルス制御によるカスタムゲート
- ▶ 擬似量子メモリ

量子AIを使って古典を越える？

## 量子ハードウェア



東京大学  
浅野キャンパス

低温センター

ICEPP (稲田)

### IBM量子コンピュータ

- ▶ Multi-junction量子ビットの開発
- ▶ 高準位素子（量子トリット）の研究  
→ [ハードウェア・テストセンター](#)

### (将来的に)量子センサーへの展開

- ▶ 光量子系との接続
- ▶ 量子センサーを使った新物理探索

次世代の超伝導量子システムを作る

## 人材育成・共同研究



理学部1号館10階

### 量子ネイティブの育成 → [QNEC](#)

- ▶ 量子コンピューティング教材  
([実習用ワークブック](#))
- ▶ 学部生・大学院生の教育

### 量子コンピュータの共同研究

- ▶ 学術機関・IBM・民間企業との共同研究  
→ [IBM-東京大学コラボレーションセンター](#)

教育も手厚い!

とても新しい分野です。挑戦してみたい方、大歓迎!!