

「人工知能」を用いた研究の紹介

東京大学 素粒子物理国際研究センター

田中 純一

ICEPP大学院進学ガイダンス 2024年5月25日

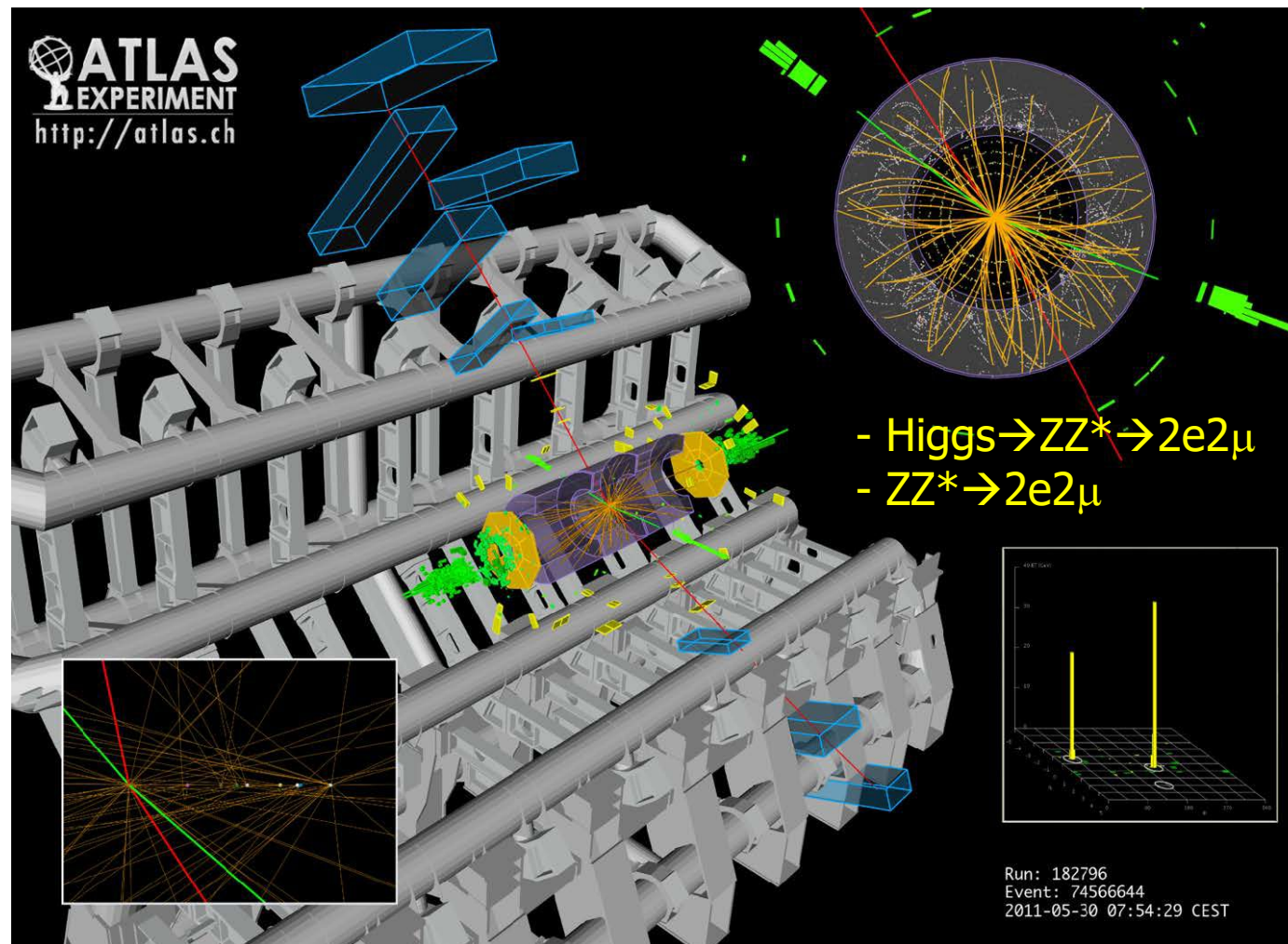
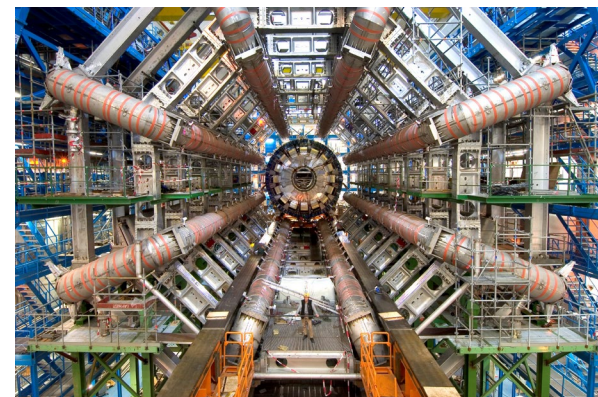
素粒子実験と人工知能

素粒子実験: 新粒子・新現象の発見や物理検証

2つの電子 2つのミュオン粒子

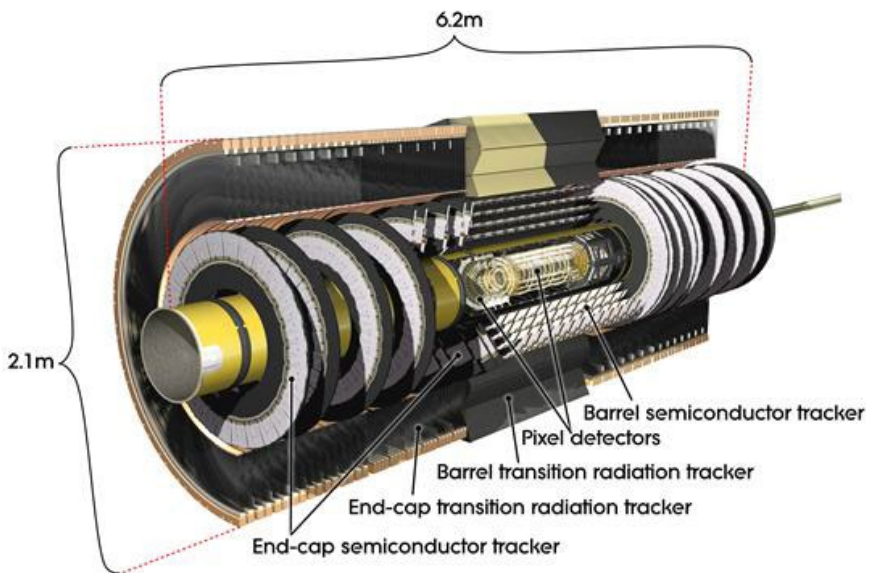
- 何をしているのか？
 - 「事象」(イベント) → これは何？
 - 「オブジェクト」 → これは何？
 - 「オブジェクト」 → より正しく再構成しよう！

人がやっていることは
多くの場合人工知能に置き換えられる

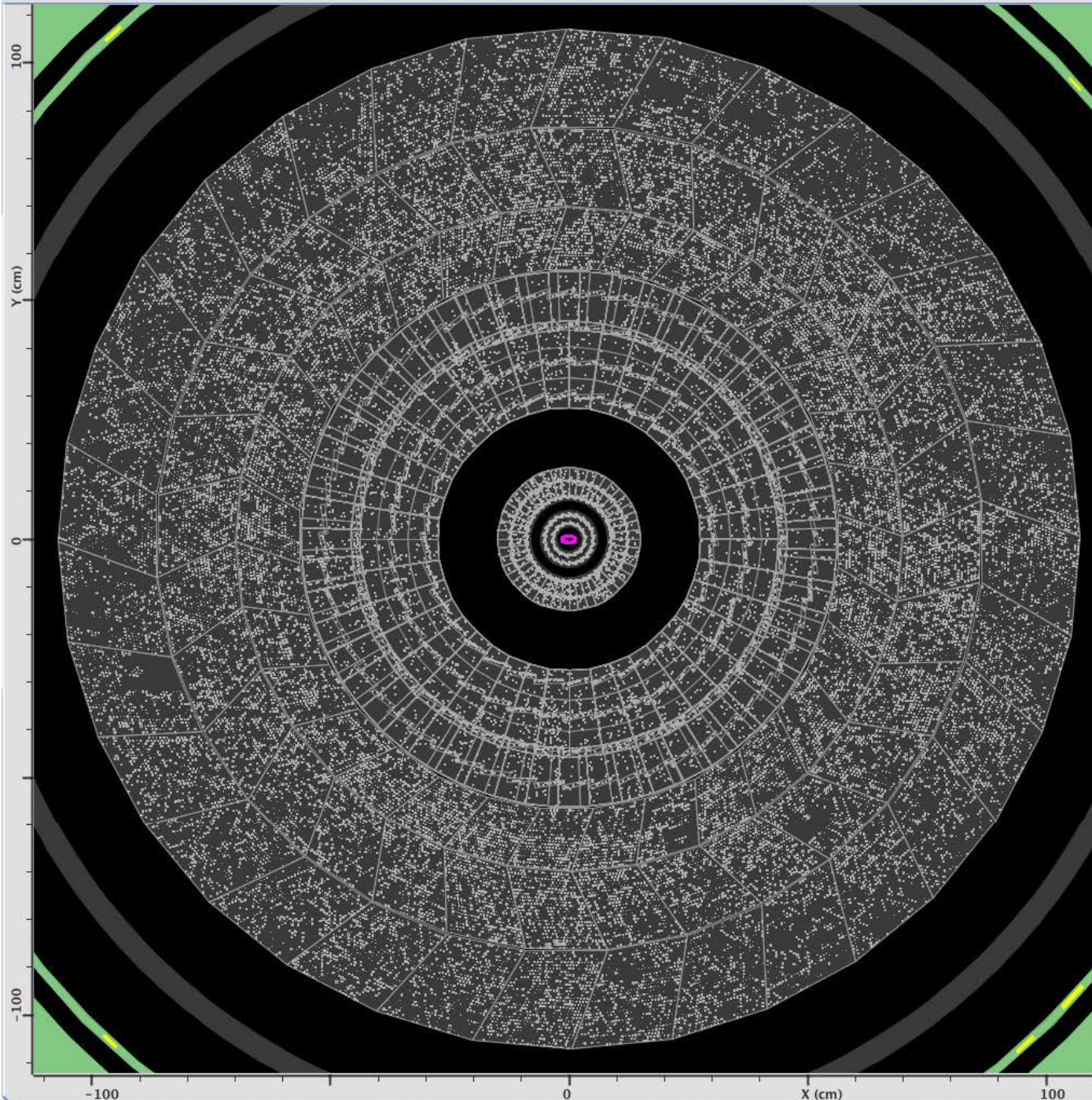


荷電粒子の再構成

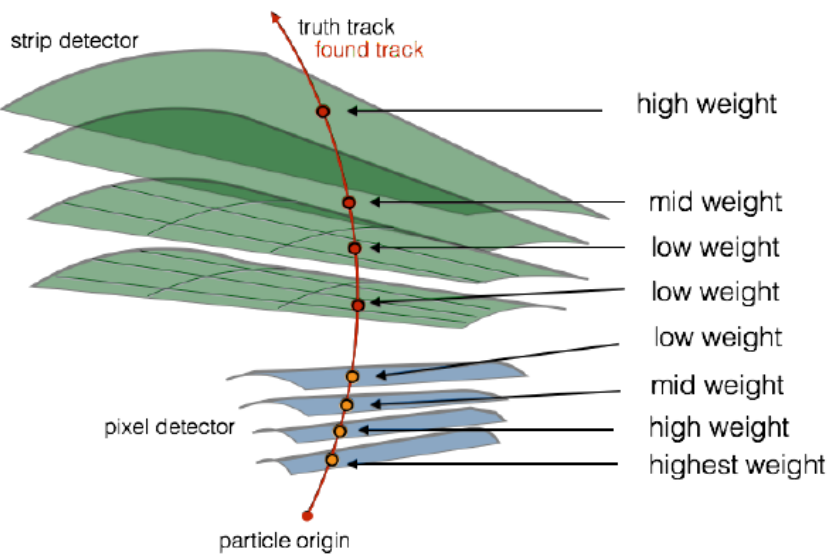
ATLAS内部飛跡検出器



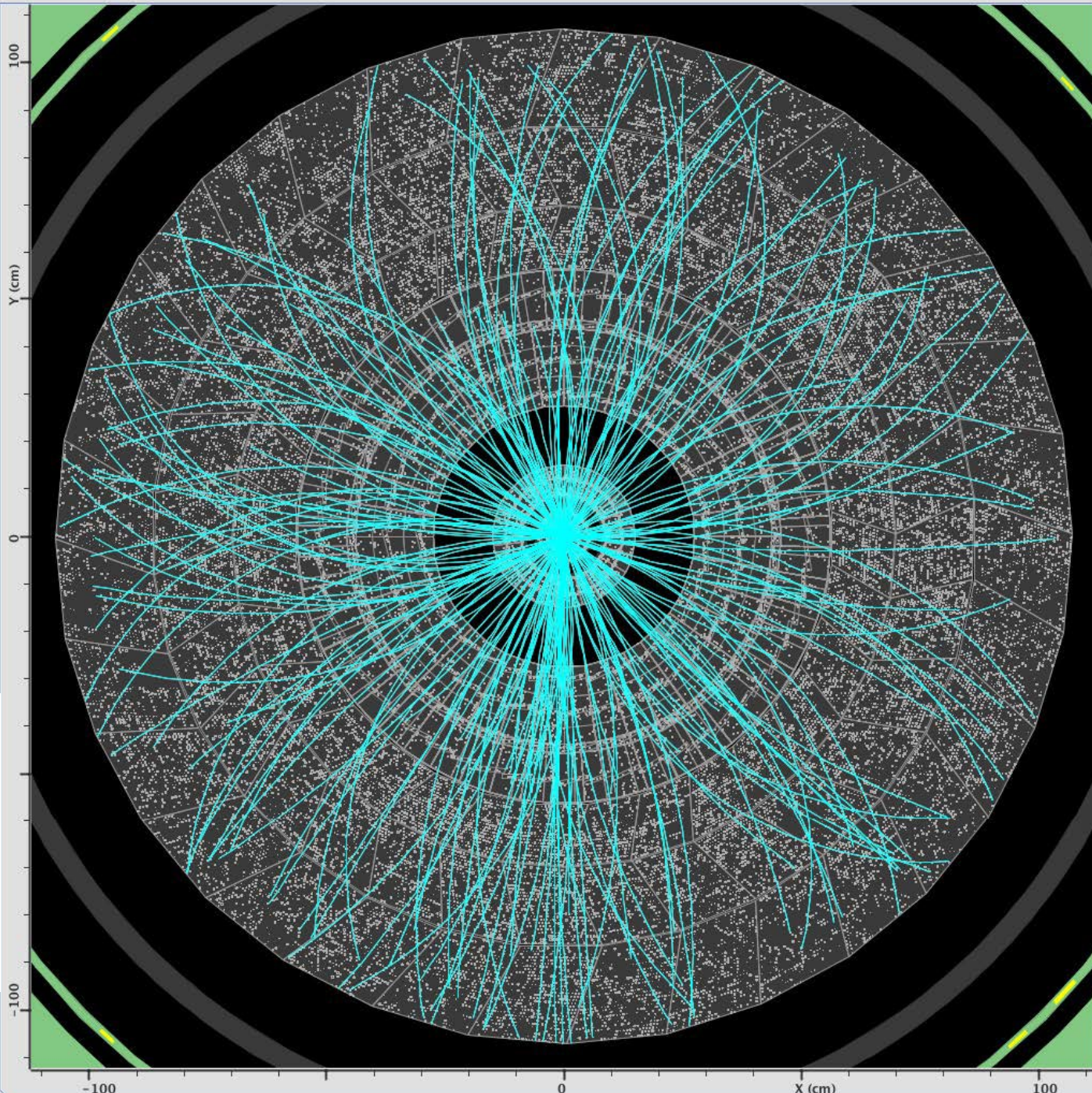
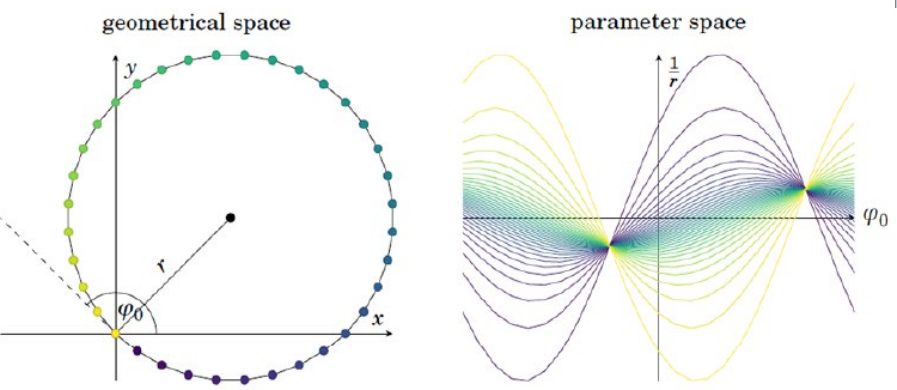
- 電荷を持った粒子が「点」を残していく.
- 磁場のため、粒子は曲がる.
- 物理法則を知っているので
その知識を使って再構成できる。

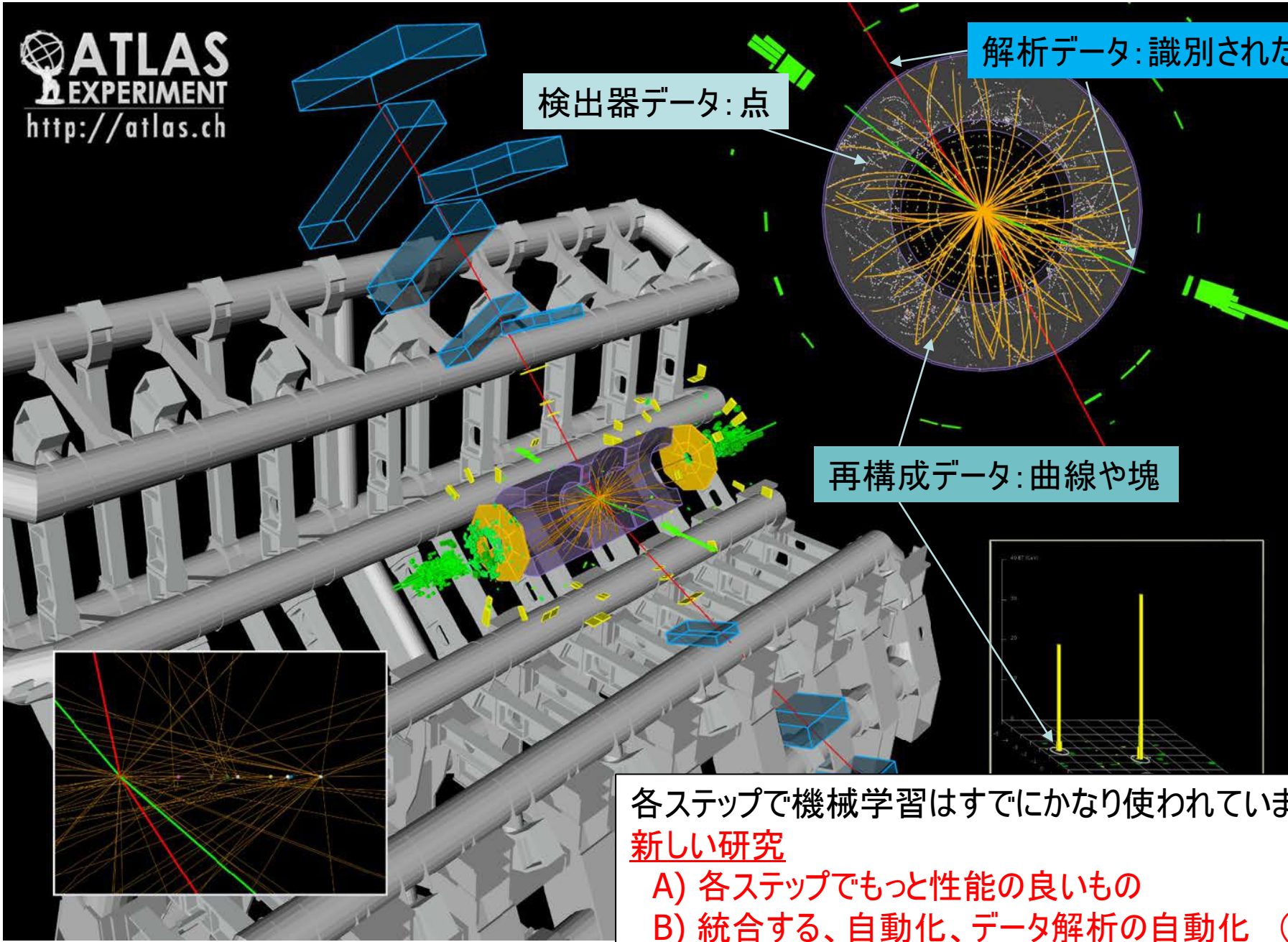


荷電粒子の再構成



Hough変換





検出器データ



再構成

再構成データ



粒子識別

解析データ



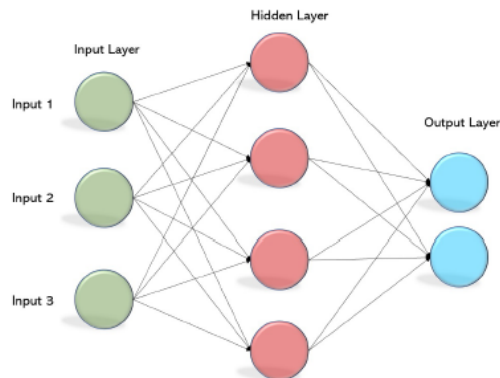
解析・検定

論文+学術データ



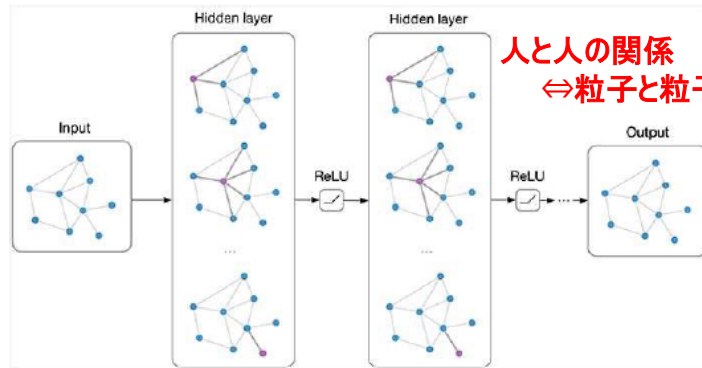
各ステップで機械学習はすでにかなり使われています
新しい研究
 A) 各ステップでもっと性能の良いもの
 B) 統合する、自動化、データ解析の自動化 (夢?)

Multi-layer perceptron (MLP)



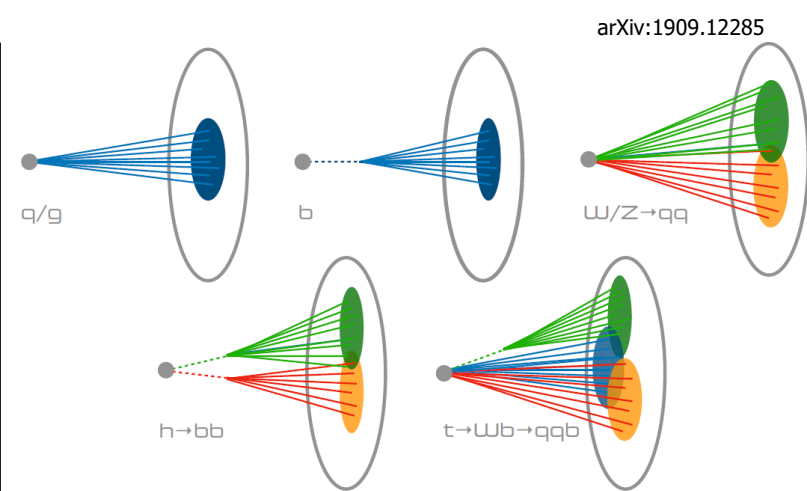
From: <https://becominghuman.ai/multi-layer-perceptron-mlp-models-on-real-world-banking-data-f6dd3d7e998f>

Graph neural networks (GNNs)

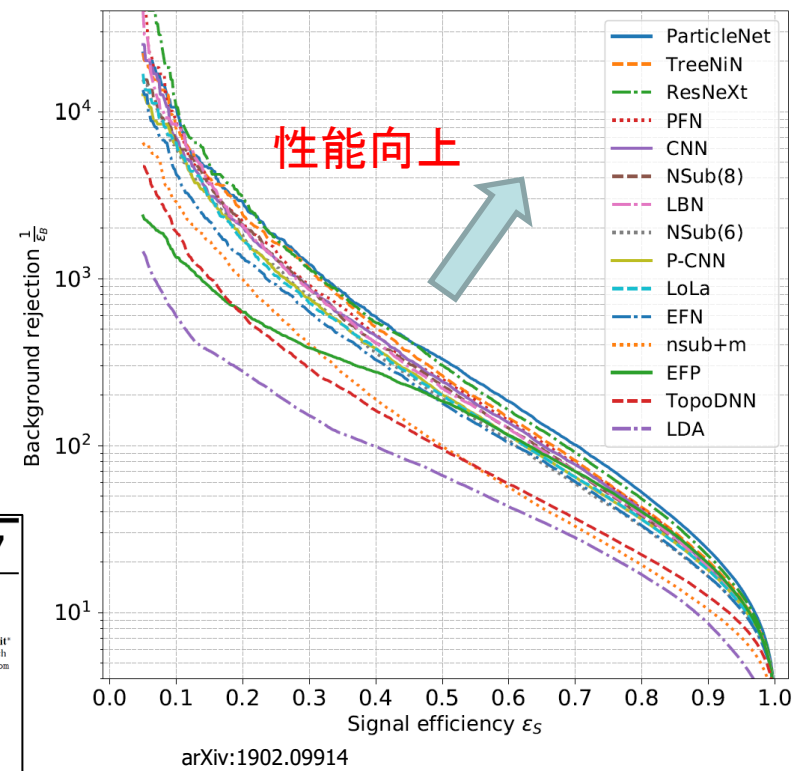


人と人の関係
⇔ 粒子と粒子の関係

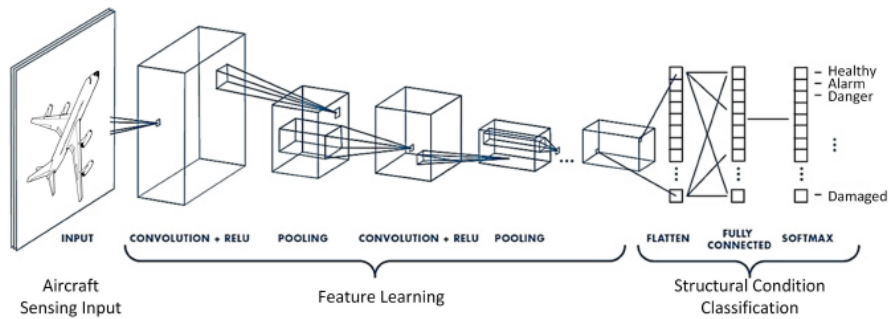
From: https://theaisummer.com/Graph_Neural_Networks/
 “Scaling law”に従う
 (パラメータ数、データセットサイズ、予算に対してべき乗則)



トップワークの識別性能



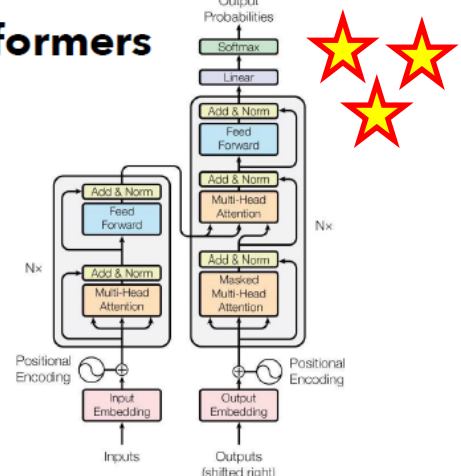
Convolutional neural networks (CNNs)



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>

Attention Is All You Need 2017

Ashish Vaswani* Google Brain avaswani@google.com	Noam Shazeer* Google Brain noam@google.com	Niki Parmar* Google Research nikip@google.com	Jakob Uszkoreit* Google Research uszj@google.com
Llion Jones* Google Research llion@google.com	Aidan N. Gomez* ¹ University of Toronto aidan@ca.toronto.edu	Lukasz Kaiser* Google Brain lukaszkaiser@google.com	
Illia Polosukhin* ¹ illia.polosukhin@gmail.com			

阪大IDS: 中島悠太先生のスライドから

2012年「ヒッグス発見」と「AIブーム再燃」
 2022年「生成AI元年」

粒子識別等の性能改善(識別問題)

- b-tagging, c-tagging, tau-ID, q/g tagger
- W/Z, Top, Higgs tagger
- (Low p_T) electron, (low p_T) muon etc.
- 信号事象と背景事象の分類
- Particle flow



“ChatGPT 3.5”の出現 (2022年11月)

シミュレーション

- 検出器シミュレータ (Geant4の代替→高速化)
- 物理現象のシミュレータ: ジェット生成

Foundation model

LLM (Large Language Model)

転移学習は使える？

ATLAS実験のデータ量は膨大

ビッグデータから新粒子を発見できるのか？

- 異常検知

科学するAI・オートメーション化(自動運転) etc.

- 説明責任 (Explainable AI), 解釈可能 (Interpretability)
- 物理法則、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
(→ **微分可能なプログラム**を作る)

どの研究室でも出来ます。

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！