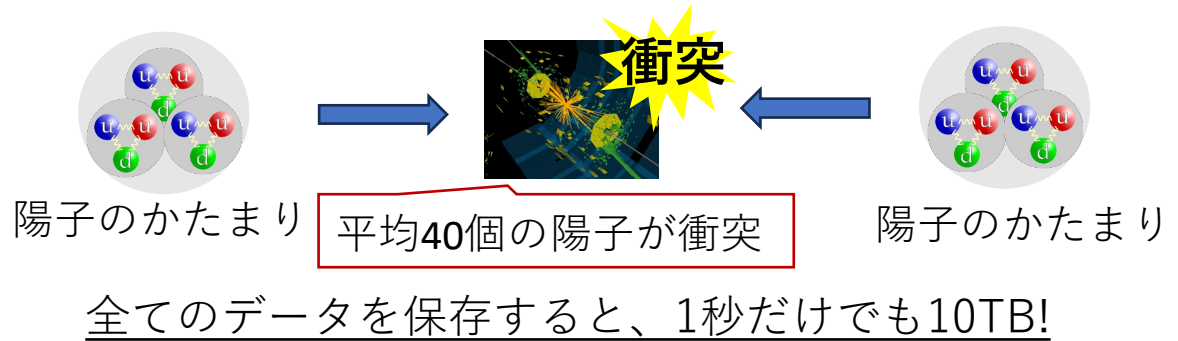
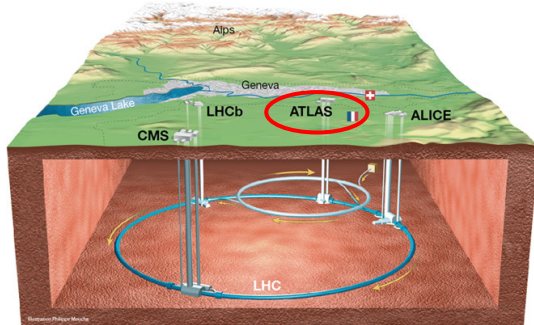


LHC-ATLAS実験 オンライントラッキング改良のための ヘテロジニアスコンピューティングの研究



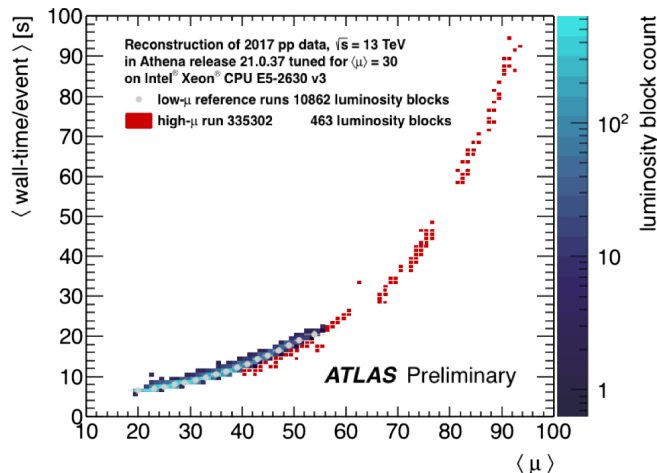
神戸大学M1 村田優衣

LHC-ATLAS実験@CERN



➡ データ量が膨大なため、物理事象の選別を行うトリガーシステムが必要不可欠

HL-LHC

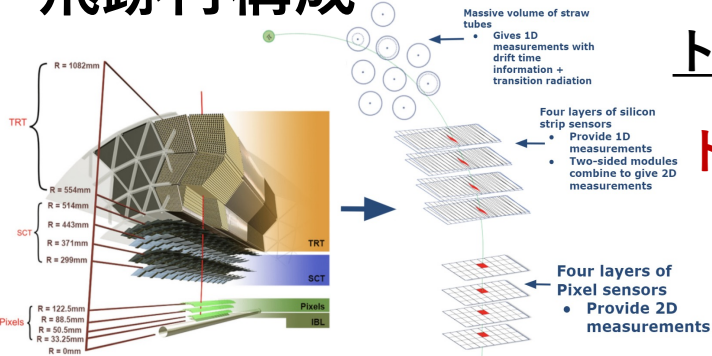


LHCを高輝度化(HL-LHC)し、衝突頻度を上げることが計画されている

HL-LHCで予想されるイベントに対し、トリガーシステムではより多くの演算能力が必要になる

- [課題]
- ・ 計算時間
 - ・ 消費電力量
 - ・ 計算機台数
 - ・ 精度の低下

飛跡再構成



トリガーシステムにおいて、粒子の飛跡情報は重要！

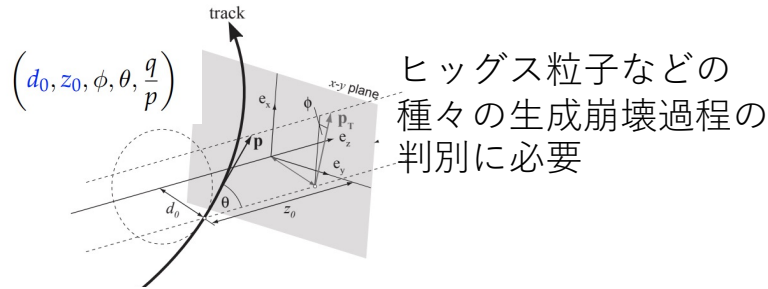
トリガーシステムの演算の大部分を飛跡再構成が占める

[課題]

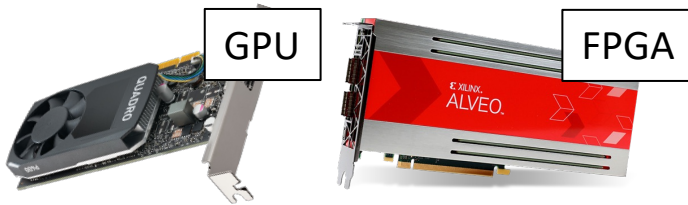
- 計算時間
- 消費電力量
- 計算機台数
- 精度の低下



- 効率の良いアルゴリズム
 - 代替処理アーキテクチャ
- の採用を検討

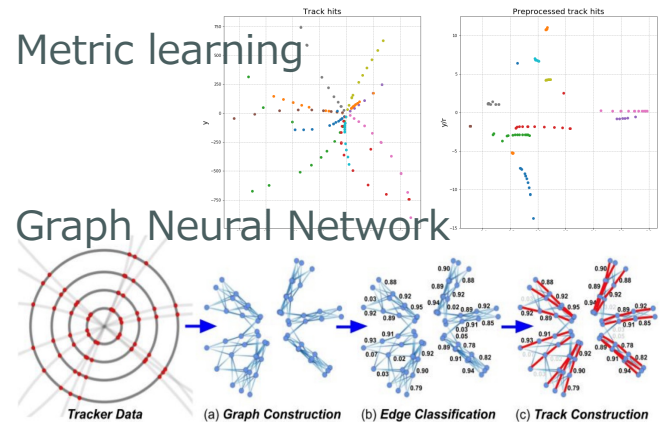


ヘテロジニアスコンピューティング



- ✓ 並列計算が得意で高速
- ✓ 機械学習との相性がいい
- ✓ 一般的に消費電力量が少ない

機械学習を用いた飛跡再構成



トリガーシステムへの導入に向けて、様々なデバイスで推論時間・消費電力を測定！

LHC-ATLAS実験における

飛跡消失トリガーを利用した新物理探索

H. ZHUANG, 30th ICEPP symposium - Nagano

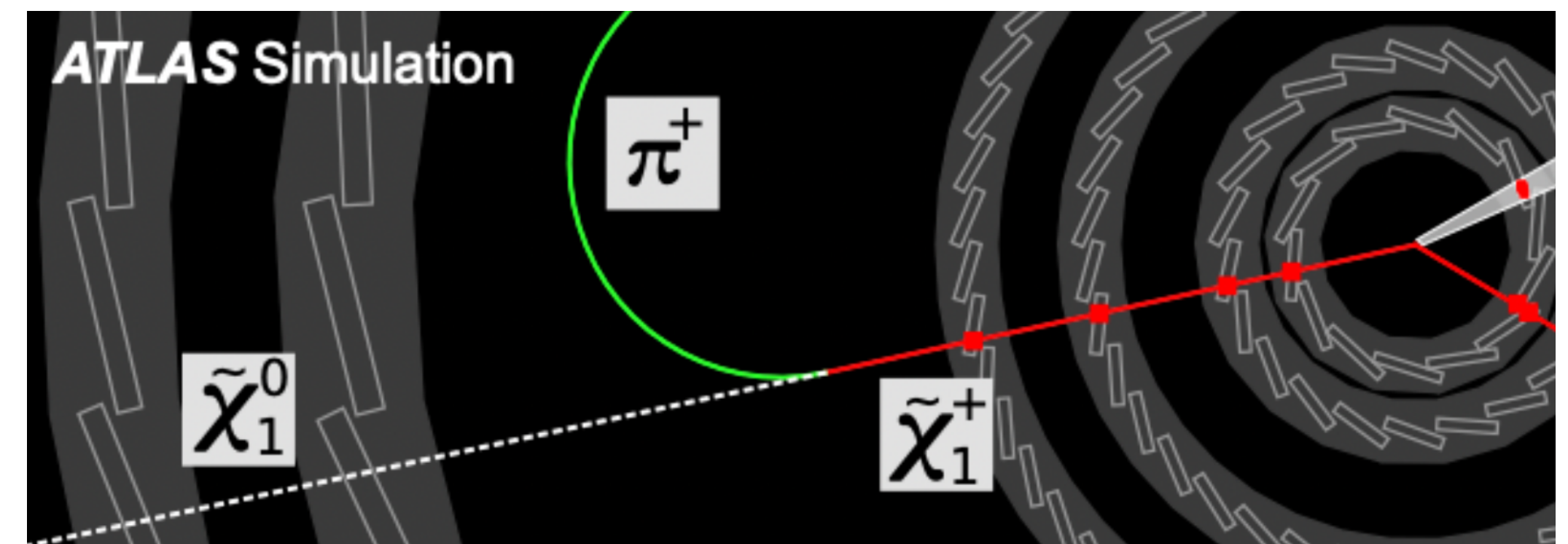
超対称性粒子探索

- 強い相互作用を介して生じる粒子：グルイーノ & スクォークの探索
 - ニュートラリーノによる E_T^{miss} & クォークによる jet
- 電弱相互作用を介して生じる粒子：チャージーノの探索
 - E_T^{miss} とレプトンの飛跡からイベントを絞り込んでいる

Introduction

チャージーノの探索

- チャージーノとニュートラリーノの質量が縮退している領域
 - ニュートラリーノとパイオンに崩壊
 - ニュートラリーノ：検出器に観測されない
 - パイオン：低運動量となり磁場により大きく曲げられる
- ➡ チャージーノの飛跡は途中で消えたように見える
- ➡ 飛跡消失と見える



LHC-ATLAS実験における

飛跡消失トリガーを利用した新物理探索

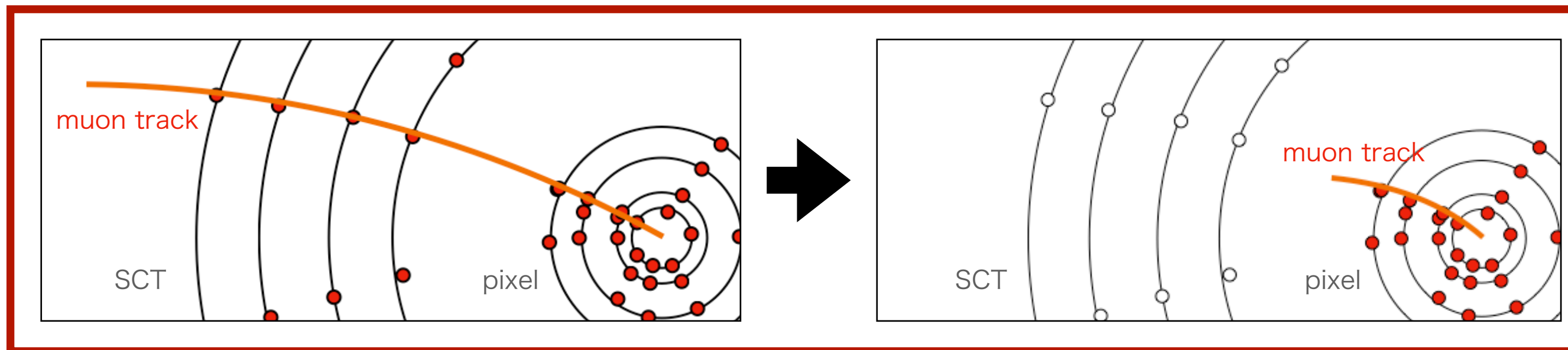
H. ZHUANG, 30th ICEPP symposium - Nagano

Approach

ミュオンリトラッキング： Muon飛跡のSCTヒットを削除

➡ それをチャージーノのように見せかける...

1. $Z \rightarrow \mu\mu$ (Zmumu) イベントセットを実データとMCを用意
2. 一段階目トリガー：ピクセルヒットのみを使用して短い飛跡を再構成
3. 二段階目トリガー：チャージーノ様の短い飛跡を選択
4. 実データとMCの結果を比較



Long-Lived Stop & Glunio：

両方とも charged R-hadronなので

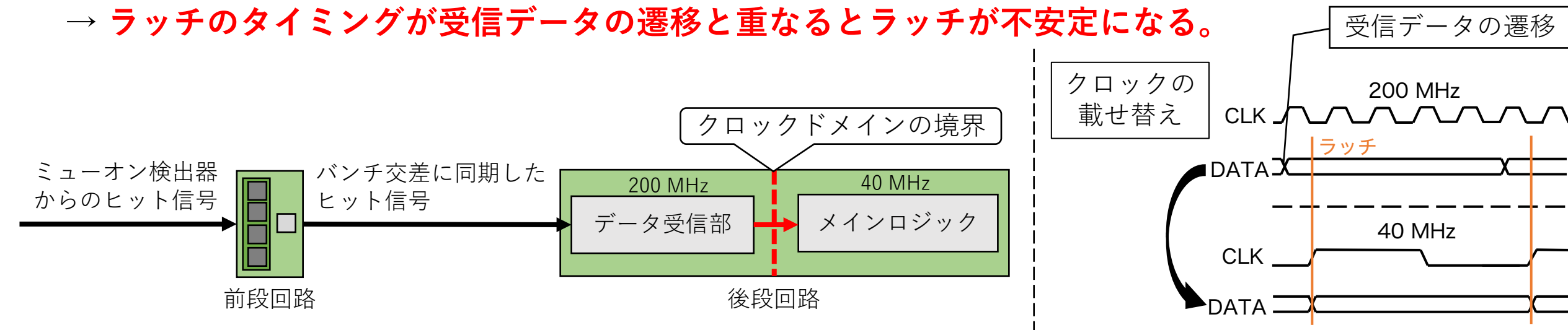
- 信号：MET + Disappearing Track + dE/dx
➡ DTTを生かしてさらに low MET を使う
- 背景：Disappearing Track & Displaced Track Match
➡ BGを減らす

高輝度LHC-ATLAS実験TGC後段回路における 固定位相・同一陽子バンチ交差でのデータ受信機構の実装

東京大学 奥村研究室 M1 近藤翔太

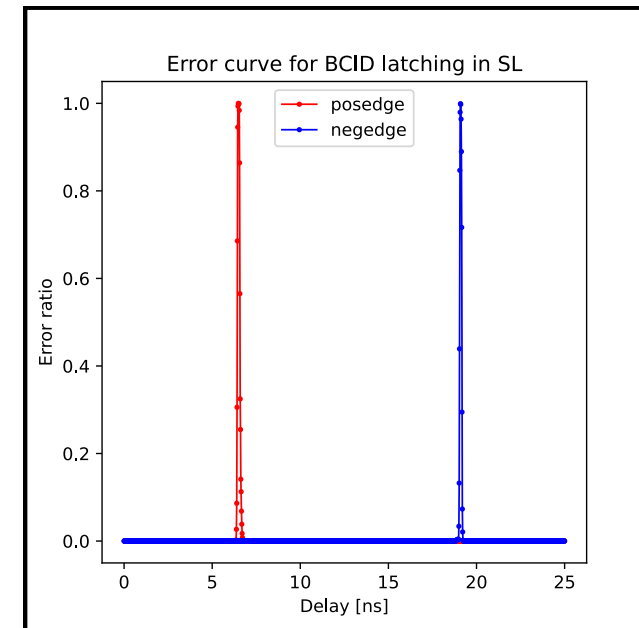
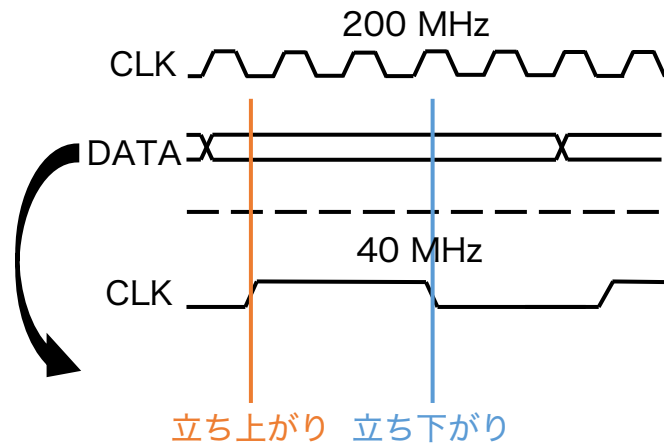
研究背景

- ATLAS検出器のエンドキャップミュオントリガーエレクトロニクスでは、前段回路から後段回路にヒット信号を送り、後段回路において固定レイテンシーでトリガー演算を行う。
- 後段回路のデータ受信部とメインロジックはクロックドメインが異なるので、その境界で**クロックの載せ替えが必要**。
- 載せ替えは受信データを40 MHz CLKでラッチすることで行う。
→ **ラッチのタイミングが受信データの遷移と重なるとラッチが不安定になる。**



研究内容

- クロックの載せ替えをするときに、ラッチが安定しているかモニターする機構をファームウェアに実装。
- クロックの立ち上がりでラッチした場合と立ち下がりでラッチした場合の両方について、2つのクロックドメインの位相関係に対するラッチのエラー率の変化を調べた。
 - 立ち上がりでのラッチと立ち下がりでのラッチが相補関係であることを確認
 - **適切にエッジ選択をすることで、安定したラッチを維持できる！**



LHC-ATLAS実験2024年運転に向けた高速再構成SA

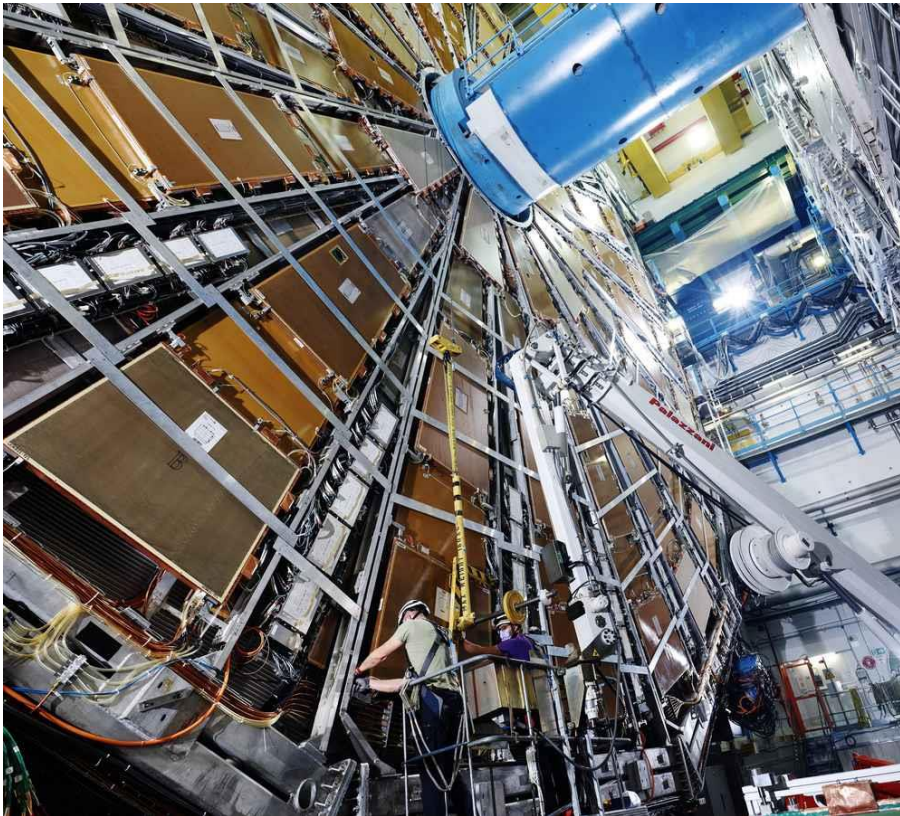
東京工業大学 久世研究室 修士1年 石川諒

LHC-ATLAS実験

- ・ 世界最大の素粒子物理学実験
- ・ 陽子同士を13.6 TeVで衝突

トリガー

- ・ ATLASでは25 nsごとに衝突が発生
- ・ 衝突事象につき16 MBのデータサイズ
- ⇒ **新粒子生成の可能性を持つ事象を選択し
1/40000まで記録する衝突事象を削減する**
- ⇒ **ソフトウェアミュオントリガーアルゴリズム“高速再構成SA”ではミュオン検出器の情報のみを使って再構成を行う**



LHC-ATLAS実験2024年運転に向けた高速再構成SA

ミューオン検出器と2023年までの問題点



ミューオン検出器の内、足がある部分は異なる構造を持つ

→内側の検出器が二枚に分割

→特別なアルゴリズムが実装

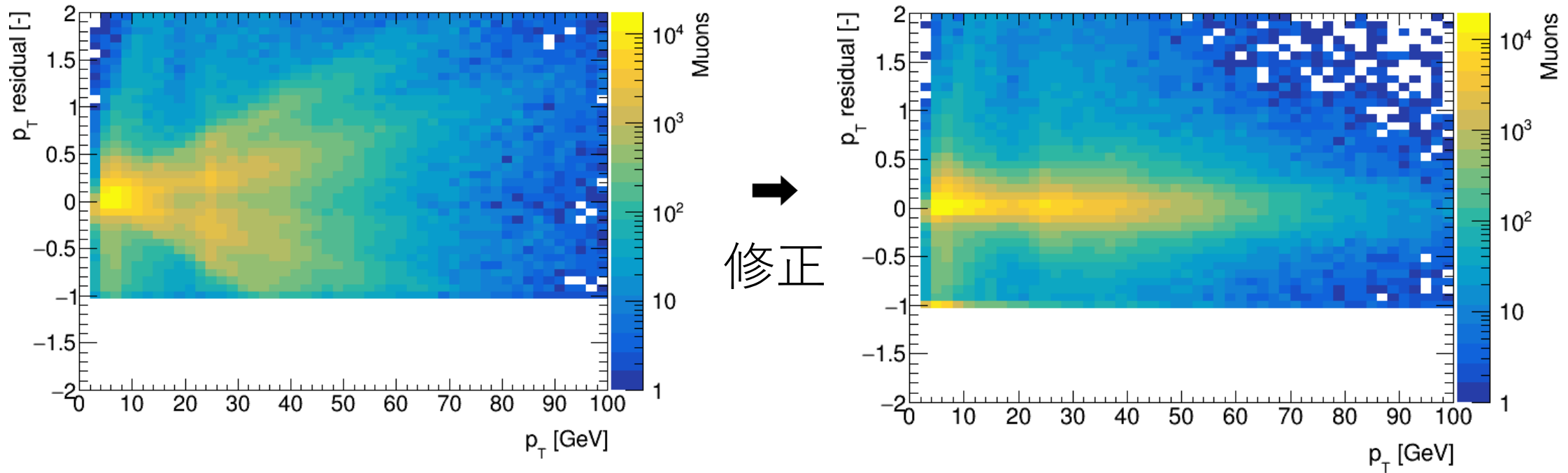
→高速再構成SAでこの部分の運動量の計算に問題があった

足

LHC-ATLAS実験2024年運転に向けた高速再構成SA

p_T と p_T residualの分布

$$p_{T\text{ residual}} = \frac{p_{T\text{ offline}}}{p_{T\text{ SA}}} - 1$$



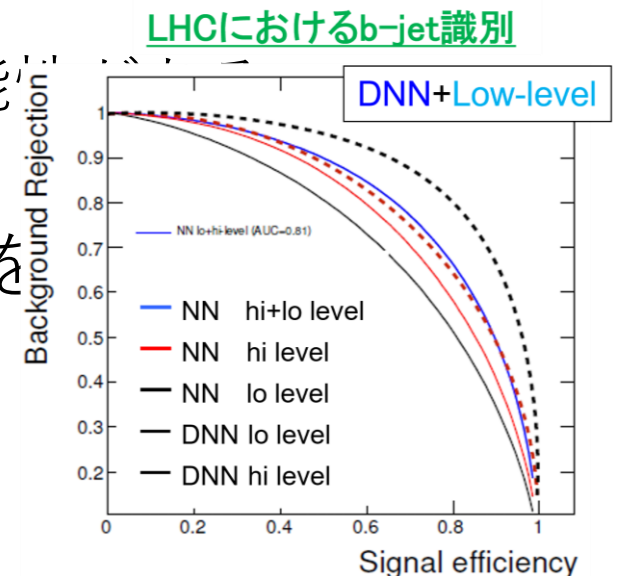
➡修正によって高速再構成SAで p_T が正しく計算されるように！！

TOPクォークとQCDの識別

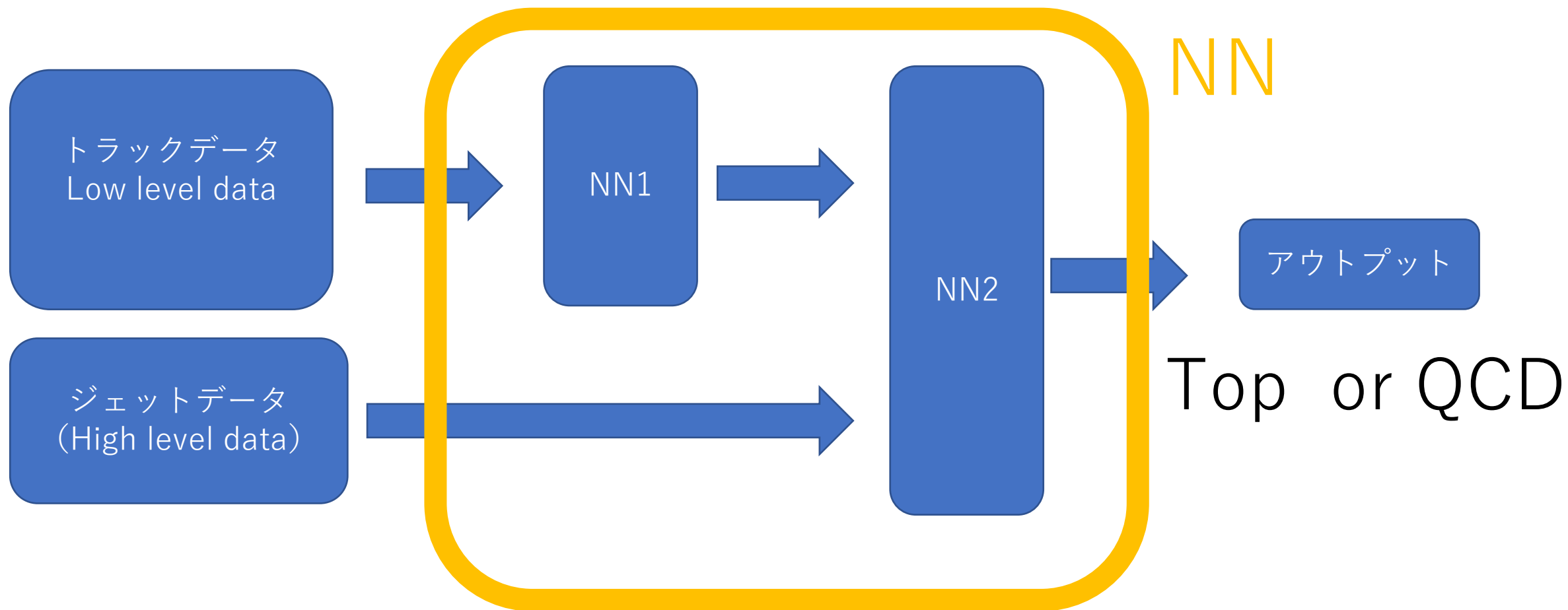
大阪公立大学理学研究科 宇宙・素粒子実験物理学研究室 M1 大木賢祥 2024年 2月19日

- 20年ほど前から高エネルギー実験では、機械学習を用いた信号識別が行われてきた
- それらの機械学習では、特徴量（特徴を示す物理量）が用いられてきた。
 - 特徴量を計算することで、情報を失う可能性がある
 - データが持つ潜在的な能力をすべて活用できない可能性

→Low-level-data（測定により得られる生データ、に近いデータ：低特徴データ）を用いた機械学習をよい識別性能を示すことが期待される。



- NNをもう少し詳細に述べる。



MEG II実験における輻射崩壊同定のためのDLC-RPCの電極構造の開発

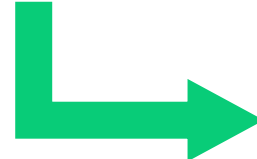
神戸大学 粒子物理学研究室
鈴木 大夢

MEG II実験: $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊探索実験

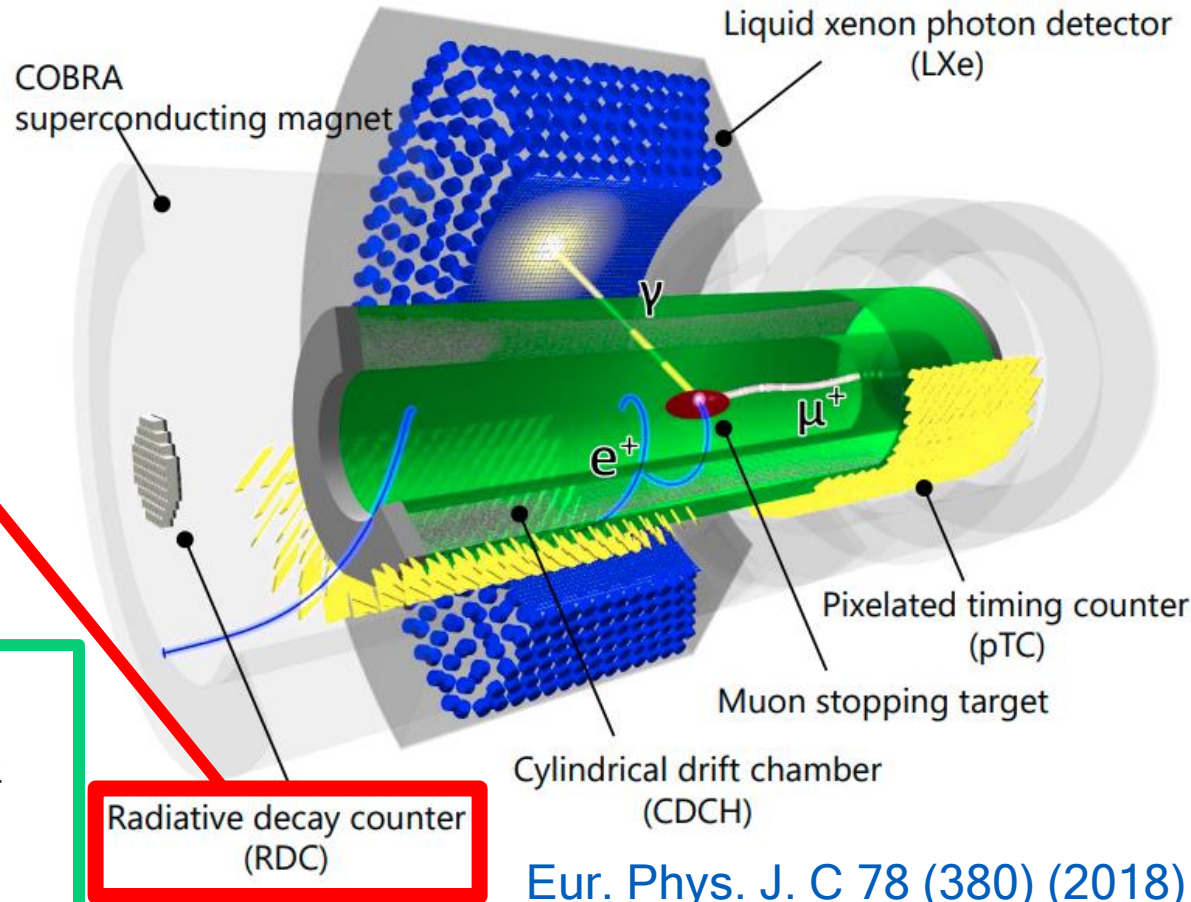
- ◆ 荷電レプトンフレーバーの破れ(cLFV)を伴う崩壊
- ◆ 素粒子標準理論では禁止
- ◆ 新物理の明確な証拠
- ◆ 前身のMEG実験での 5.3×10^{-13} の探索感度から 6×10^{-14} の探索感度へのアップグレード

Radiative decay counter (RDC)

- ◆ ミューオン輻射崩壊からの背景ガンマ線の同定
- ◆ 背景事象削減のため、新たなRDCを設置する
- ◆ 厳しい開発要請が課せられる



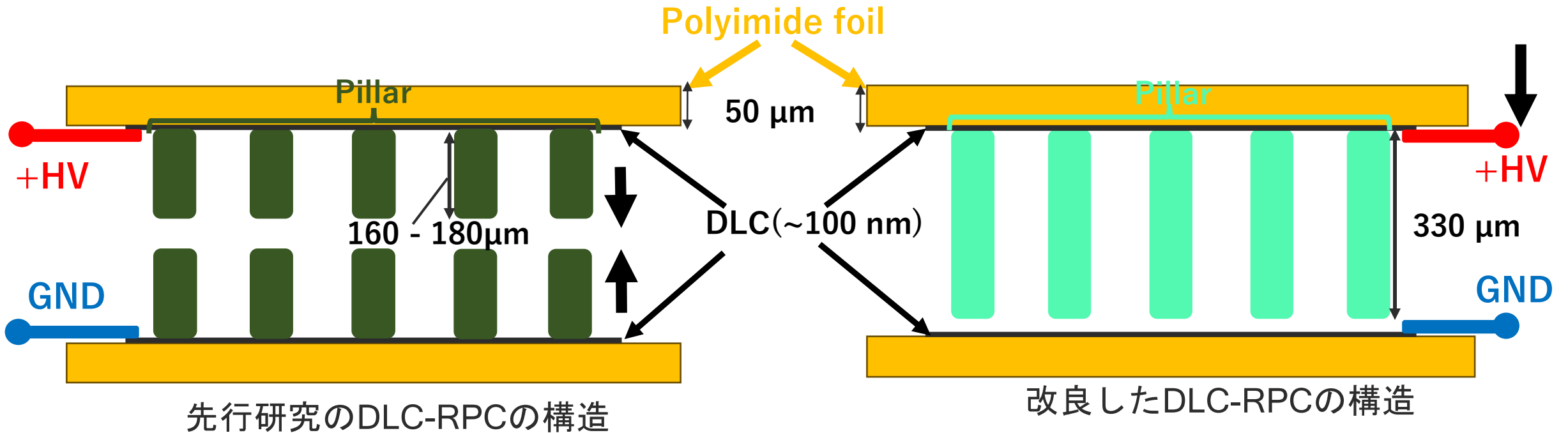
- 放射長の0.1%以下の低物質質量
- 2.9 MHz/cm²の高レート耐性
- 20週間で約100 C/cm²の放射線耐性
- 90%以上の検出効率
- 1 nsの時間分解能
- 直径20 cmの検出器サイズ



[Eur. Phys. J. C 78 \(380\) \(2018\)](#)

研究内容

上流側RDCとして、Diamond-Like Carbon を高抵抗電極に用いた Resistive Plate Chamber(DLC-RPC)を開発中

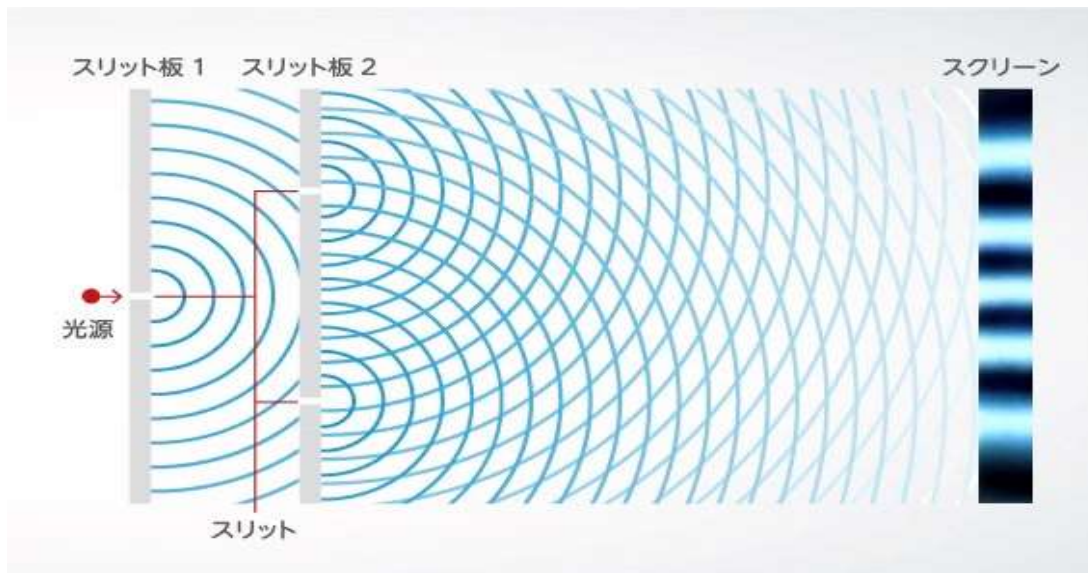


- ◆ 従来の構造では電極のギャップが不均一になり、一様な電場が印加されず動作の不安定性が問題となっていた
- ◆ ピラーを設置する構造を改善した新型電極によって動作試験を行った

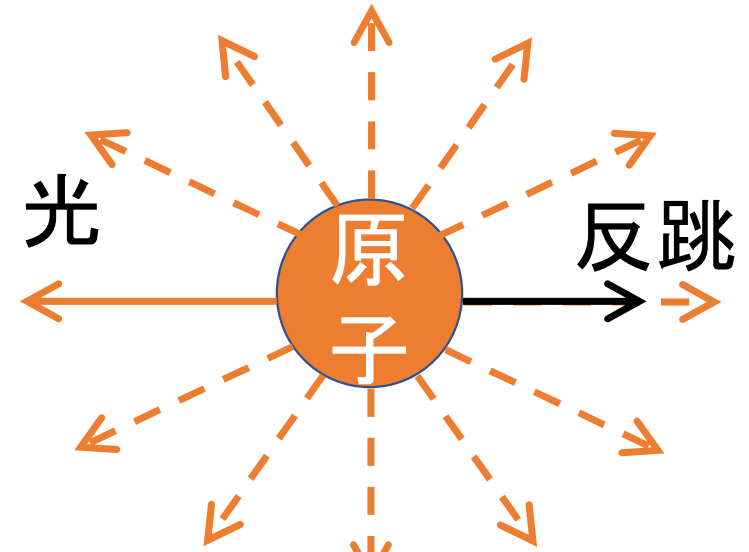
自然放射光を用いた一光子レベルにおける 量子干渉実験

岡山大学 環境生命自然科学研究科 能星朝香

ヤングの二重スリット実験
光の干渉から**波動的性質**



自然放出光
反跳の発生により
粒子的性質



浜松ホトニクス、2024、「フォトン（光子）の二重性」、
浜松ホトニクスphoton てらす、（2024年2月17日取得、
<https://photonterrace.net/ja/photon/duality/>）

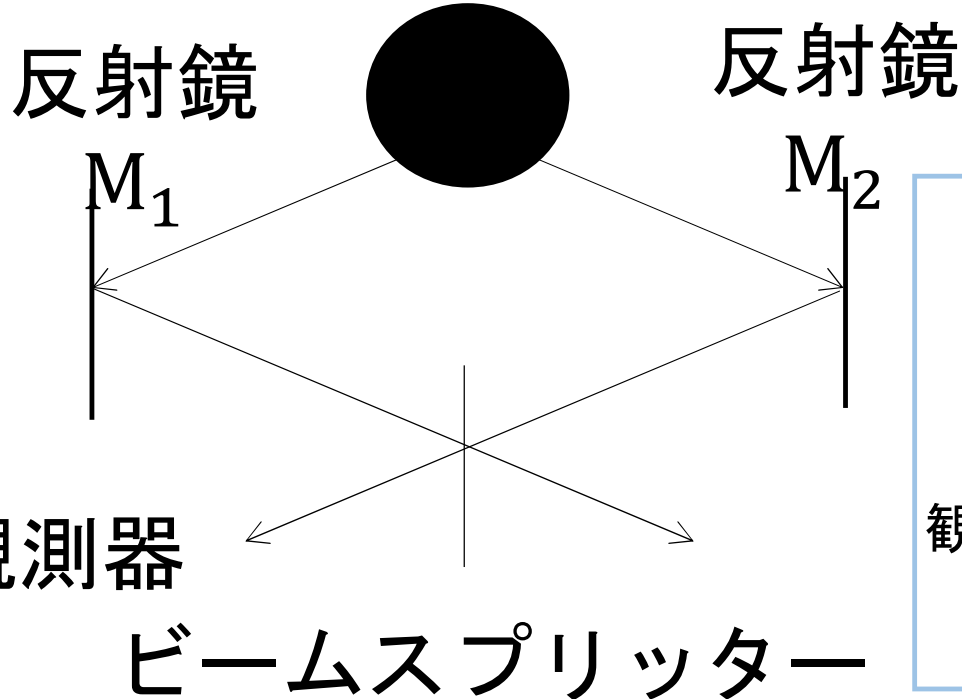
多数回の観測では等方的
一回の放出では**一方向**

自然放射光を用いた一光子レベルにおける 量子干渉実験

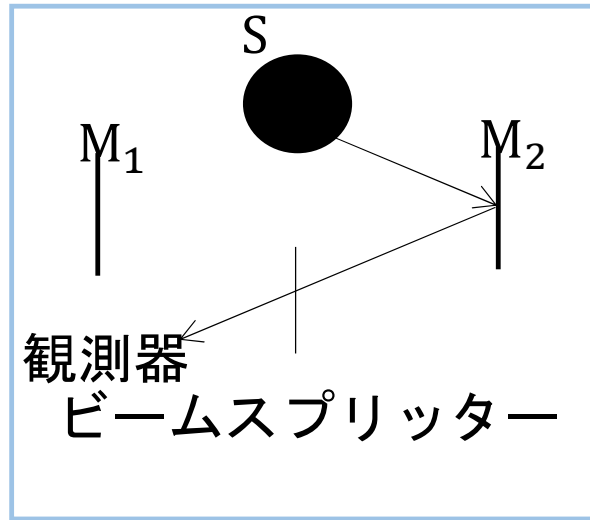
岡山大学 環境生命自然科学研究科 能星朝香

球面波にならないような光は二つの反射鏡を通過してビームスプリッターに到達するこの時干渉する？しない？

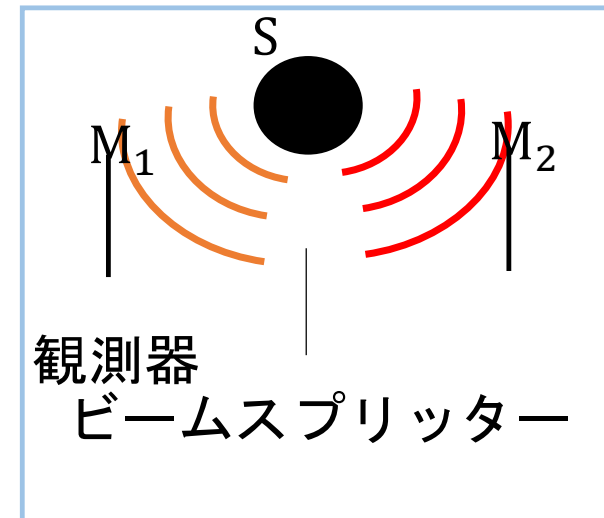
光源S



粒子モデル



波動モデル

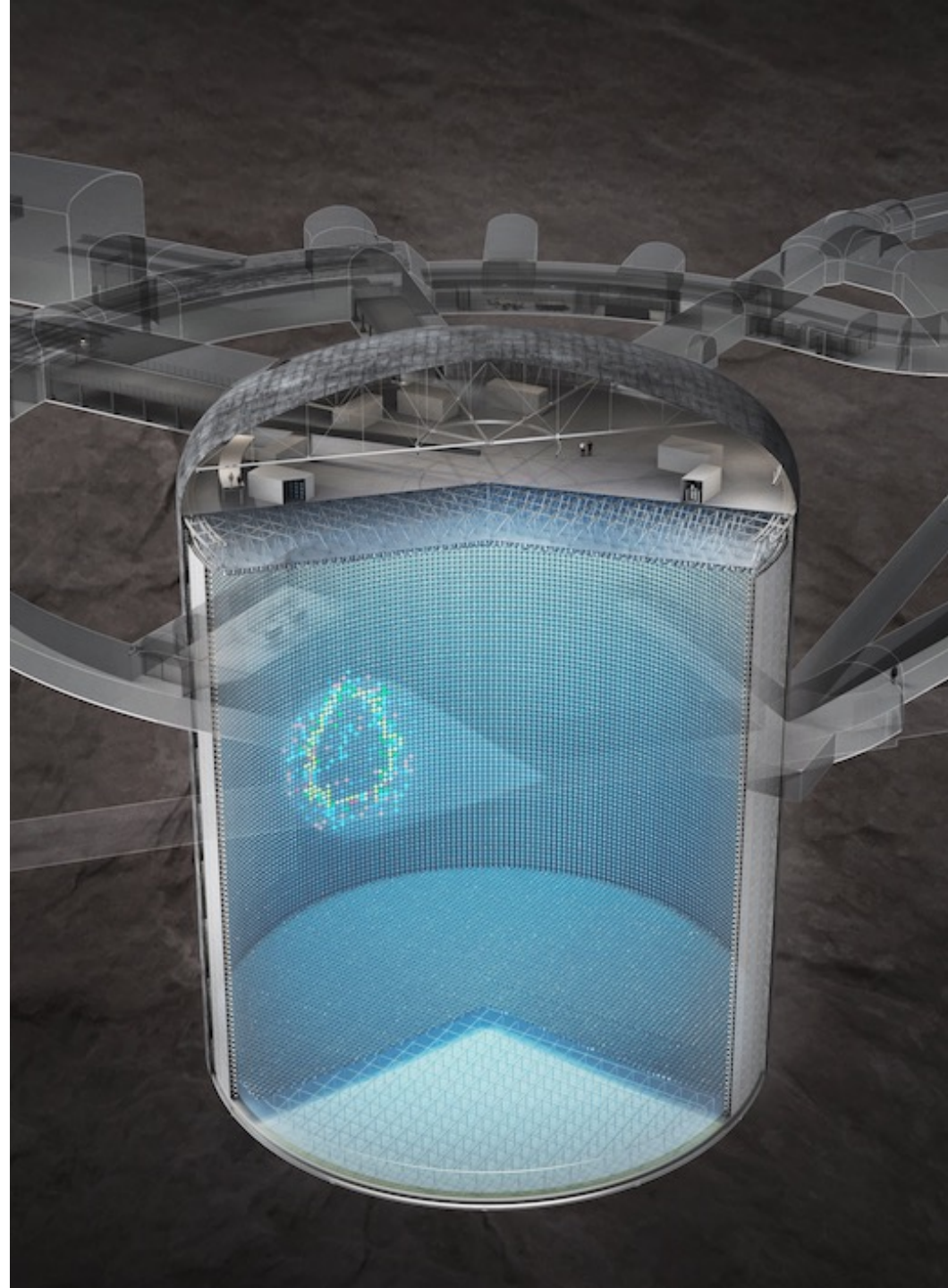


ハイパーカミオカンデ実験に用いる50 cm PMTの長期的な安定性の検証

(東京大学横山-中島研究室 後藤三四朗)

ハイパーカミオカンデ(HK)

- 現行のスーパーカミオカンデ(SK)の7倍の有効体積を持つ巨大な水チェレンコフ観測装置。2027年稼働予定。
- チェレンコフ光を捉えるため、約2万本の50cmPMTを設置予定
- SKで用いられているPMTから様々な変更点(分解能や検出効率などが向上)



本研究の目的・概要

- HK内に設置されたPMTは年単位で稼働
→本研究はHK用50cmPMTの長期的安定性の検証が目的
- 神岡地下に設置された16本のPMTを測定中



高精細・二重読み出しカロリメータ技術の開発 -ストリップ型シンチレータ検出器-

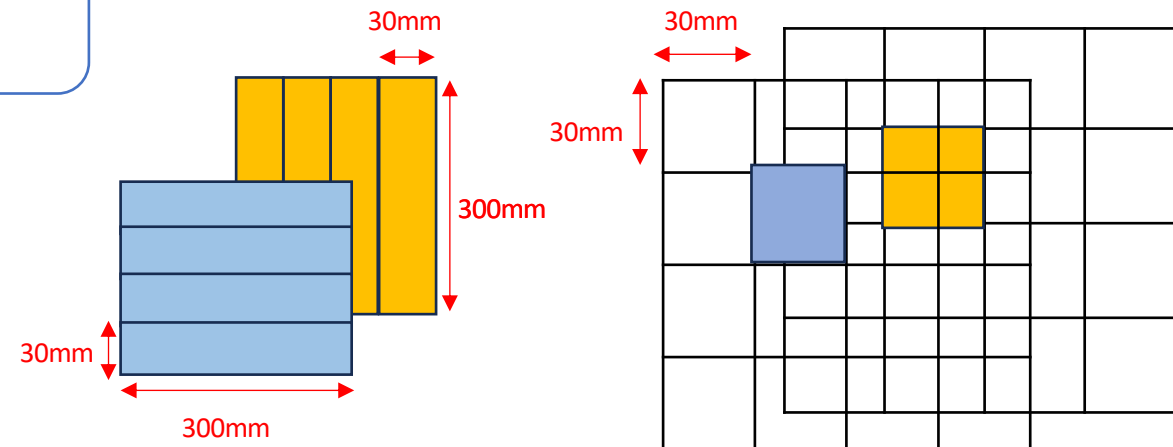
High-granularity

Dual-Readout

Psec-timing

Next generation calorimeter

Strip-based high granularity scintillation detector



- Aligned alternately in horizontal and vertical
 - High-granularity with effective segmentation with square cells
- reduce readout channels

Cherenkov detector

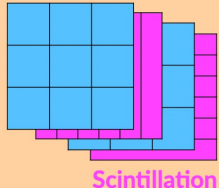
Cherenkov radiator + UV-GasPM

- High-granularity readout
- psec timing
- Low-cost



Dual-readout

Cherenkov



Scintillation

Scintillation detector

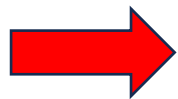
SiPM-on-strip technology

- High-granularity
- low-cost



design

- material
- SiPM position
- readout method

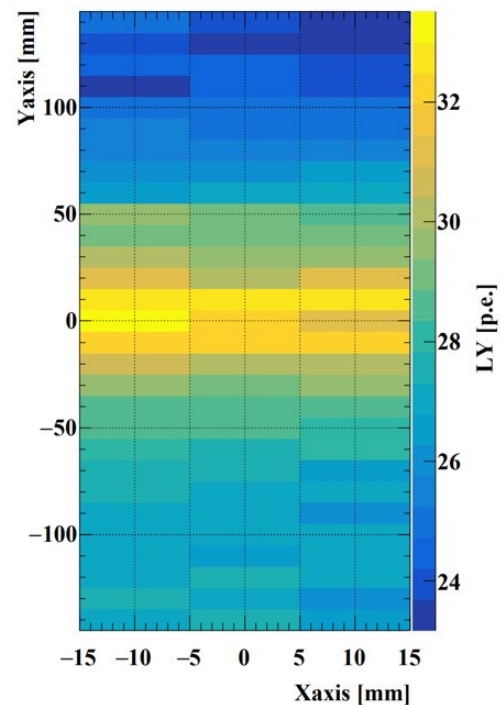


Scintillation detector performance

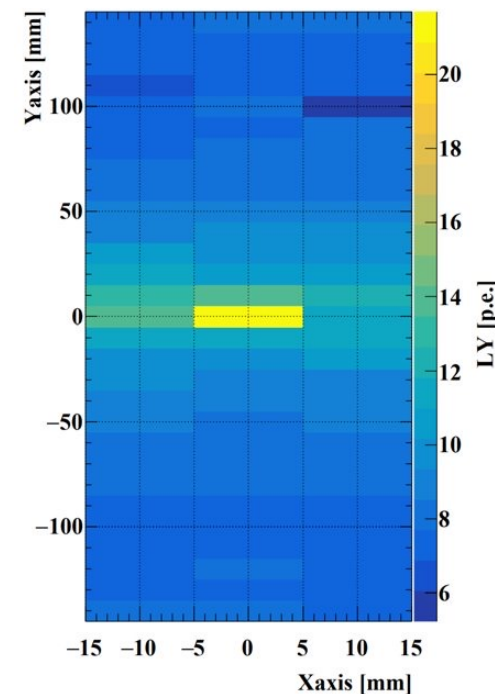
- light yield
- uniformity
- time resolution

Light Yield

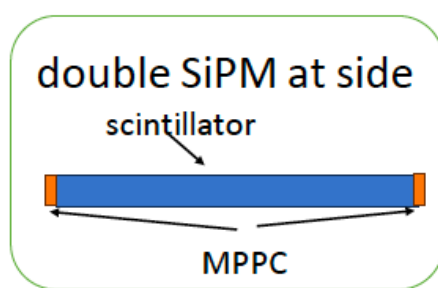
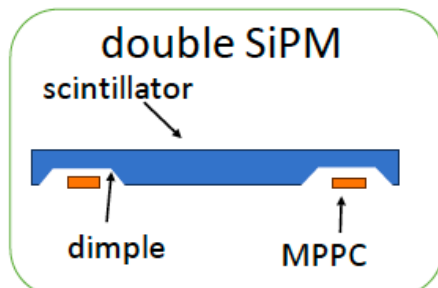
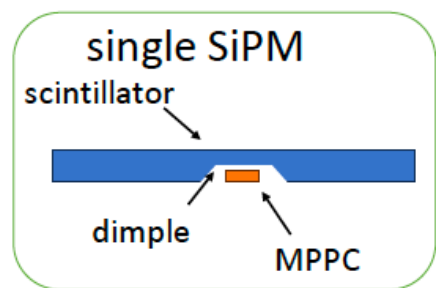
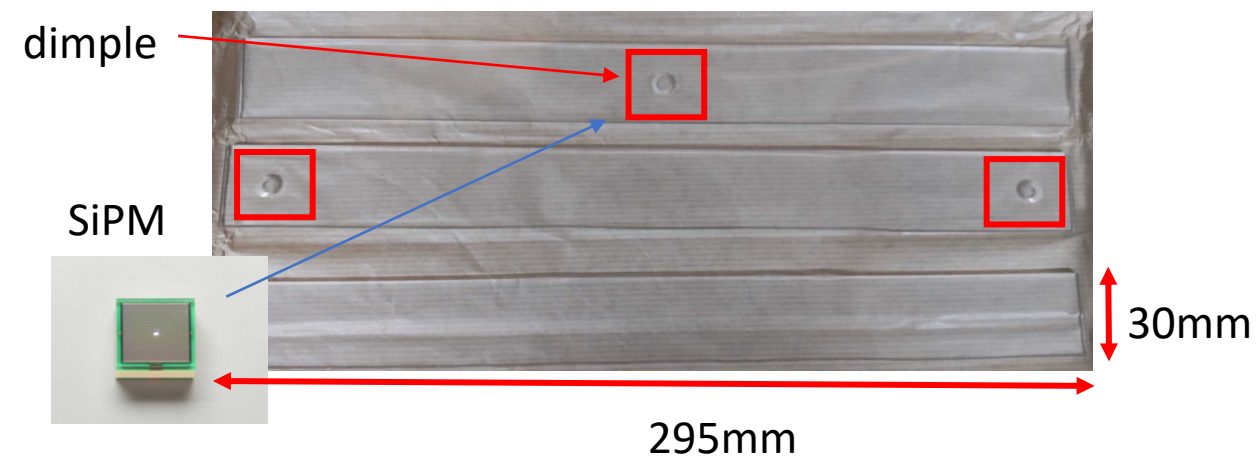
Light Yield 2D Map EJ-200



Light Yield 2D Map EJ232



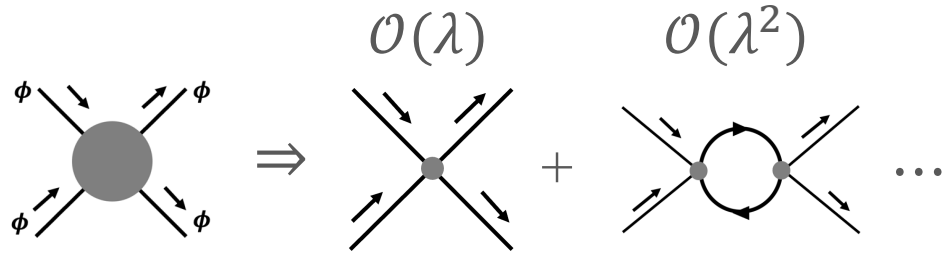
- Enough light yield
- Uniformity apart from SiPM



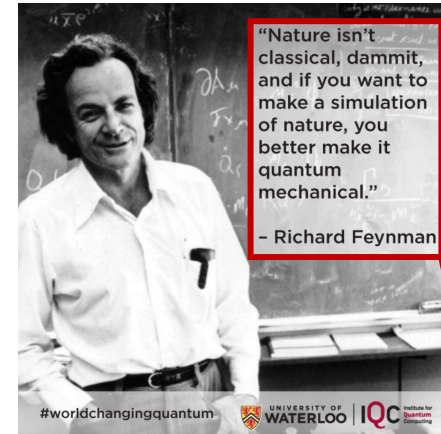
ϕ^4 相互作用を含む実スカラー場における散乱現象の 量子アルゴリズムによるシミュレーションの実装

東京大学理学系研究科 奥村研究室 M1 前野 伶太

摂動展開による散乱現象の計算 ▶ 全ての経路の計算が困難



高次項になるにつれて経路が
指数的に増大



“Nature isn’t classical, dammit, and if you want to make a simulation of nature, you better make it quantum mechanical.”

– Richard Feynman

“Nature isn’t classical, dammit, and if you want to make a simulation of nature, you better make it quantum mechanical.”

– Richard Feynman

量子計算機を用いると全ての経路を同時に計算可能 ▶ 量子論的に正確な計算が可能
Single-particle digitizationという手法に則って散乱現象をシミュレーションする
量子回路を設計・実装

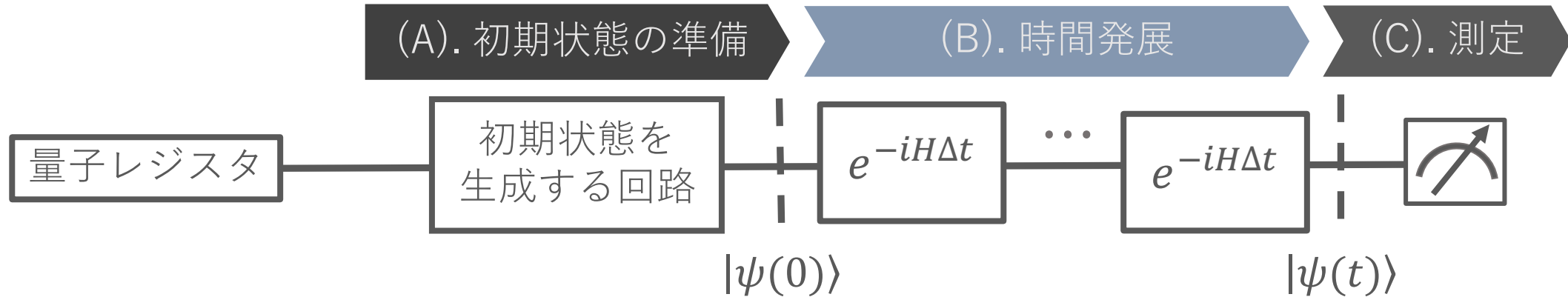
物理モデル：1+1次元の ϕ^4 相互作用を持つ実スカラー場

$$H = \int dx \left[\frac{\pi_x^2}{2} + \frac{1}{2} (\nabla \phi_x)^2 + \frac{m^2}{2} \phi_x^2 + \frac{\lambda}{4!} \phi_x^4 \right]$$

ϕ^4 相互作用を含む実スカラー場における散乱現象の 量子アルゴリズムによるシミュレーションの実装

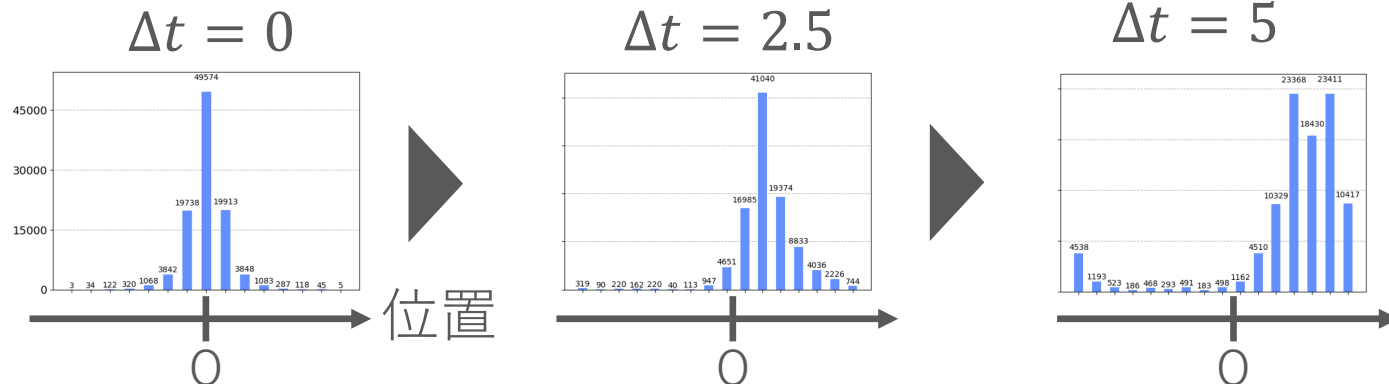
東京大学理学系研究科 奥村研究室 M1 前野 伶太

量子系の量子回路におけるシミュレーションの流れ：



量子計算機のシミュレータを用いて量子回路の正当性（フィデリティ）などの評価を行った

【一粒子の波束の時間発展】



【粒子数分布の測定】

