



Introduction

LHC-ALICE 実験

- ✓ CERN-LHC加速器を利用した重イオン衝突に特化した加速器実験。
- ✓ ビッグバン直後の状態と言われている、クォーク・グルオンプラズマ(QGP)を実験的に生成し、高密度クォーク物性の解明を目的とする。

FoCal(Forward Calorimeter) プロジェクト

- ✓ LHC-ALICE実験高度化計画の1つとして、現在進行中のプロジェクト。
- ✓ Long Shutdown3(2024年)に導入計画。
- ✓ 衝突初期情報の重要なプローブである、**前方の直接光子**を検出する。カラーガラス凝縮の検証など、**高エネルギー重イオン衝突における衝突初期の原子核・核子構造の解明**を目指す。 ALICE検出器へのFoCal設置案

光子識別

- ✓ 大きなバックグラウンドとして、 $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ による崩壊光子がある。
- **直接光子/崩壊光子の識別**が必須。

500GeV直接光子(左)と崩壊光子(右)(シミュレーション)

FoCal-E Prototype

FoCal-E 試作機デザイン

- ✓ サンプル型電磁カロリメータ
 - 吸収層: タングステン(W)
 - 検出層: シリコン(Si)
- ✓ LGLとHGLという異なる粒度のSiセンサーを持つ検出器の統合型として構成される。

LGL (Low-Granularity Layers)

- ✓ 電磁シャワーを発生させ、光子・電子のエネルギーを測定する。
- ✓ 約1×1cm²のSi PADが8×8格子状に配置され、64個の読み出しチャンネルを有する。
- ✓ W+Si層(1層約1X₀厚)のシグナルをSumming Boardにより4層分加算して読み出す。

HGL (High-Granularity Layers)

- ✓ 30×30 μm²のSi Pixel検出器(MAPS)。
- 各pixelがヒットの有無の情報を持つ。
- ✓ 1.92×1.92 cm²のチップ4つを組み合わせ、3.84×3.84 cm²の1モジュールを形成する。
- ✓ 電磁シャワーの**粒子数**、**クラスター**を測定。
- **光子識別**に重要な役割を持つ。

前方の直接光子の検出

LGL (筑波大学 / オークリッジ国立研究所) HGL (蘭・ユトレヒト大学)

Test Beam Experiment @ CERN-SPS

目的

- ◆ **LGLにおける高エネルギービームの測定**
 - 先行研究: 50GeVより高エネルギーのビームシグナルが飽和していた。
 - 新たなSumming Boardを導入し、高エネルギービームデータを取得する。
- ◆ **試作機デザインにおけるHGLの性能評価**
 - HGLの2層におけるヒット情報を用い、FoCal-E統合型試作機としてHGLの有する性能を評価する。
- ◆ **LGLとHGLのビームトリガー情報の共有**
 - LGLとHGLは異なるDAQを持ち、読み出しシステムが異なる。
 - ビームトリガー情報を両検出器に共有させ同一のビームイベントをIDする。

テストビーム実験

FoCal-E統合型試作機のセットアップ

日程: 2016年 9月 7 ~ 12日
 場所: CERN-SPS加速器 H6ビームライン
 ビーム成分: 50 ~ 130 GeV, e⁺ + hadron

セットアップ概念図

Results

◆ LGLにおける高エネルギービームの測定

- ✓ Summing Boardによって読み出し部に入る前にシグナルの波高を減衰させ、信号の飽和を防ぐことを試みた。
- ✓ LGL4(最後方のlayer)にビームの中心位置に不感領域が存在していたことにより波高が減少。

縦方向のシャワープロファイル

- ✓ シャワー発展のプロセスがシミュレーションと一致。(ADC↔Energyの変換factorは概算による見積り)

エネルギー分布/依存性

- ✓ 110, 130GeVのエネルギーにおいてシグナルのピークを観測。
- ✓ 線形性を仮定してフィット。

エネルギー分解能 ΔE/E

- 110GeV → 16.3 %
- 130GeV → 14.9 %

◆ 試作機デザインにおけるHGLの性能評価

電磁シャワーのヒットマップ

- ✓ 各pixelのヒットの有無の情報からヒット分布を再構成。
- ✓ ヒット数や広がり、重心から電磁シャワーをIDする。

エネルギー依存性

- ✓ 電磁シャワーの生成粒子数は入射粒子のエネルギーに比例。
- ✓ 入射粒子のエネルギーに対するカロリメータの線形的な応答が見られる。

シャワーの重心の位置分解能

- ✓ HGLにおける2層の重心位置の差分の分布の揺らぎから位置分解能を計算。
- ✓ x, y両方向で σ ~ 3.5/√E (mm/GeV.)
- 光子識別に有意な性能を持つ。

Summary & Outlook

- ◆ 新型Summing Boardの導入により130GeVまでの高エネルギービームの取得に成功。
- ◆ HGLのエネルギーに対する線形性や高い位置分解能を確認。
- ◆ ビームトリガーの共有により、同一のビームイベントをIDすることに成功。
- ◆ 試作機から実機へ、最終的なデザインの検討・開発。
- ◆ 新型のLGLを製作し、2017年秋にテストビーム実験(東北大・ELPH)を計画中。