

ATLAS実験IBL検出器の導入に向けたセンサー・モジュールの性能評価試験の現状報告

'12 9/11 田窪洋介(KEK)

池上陽一、海野義信、寺田進、三井真吾(KEK)

J. Bilbao, A. La Rosa, D. Ferrere (ジュネーブ大)

M. Kocian (SLAC)

他、ATLAS-IBLコラボレーション

講演内容

- ATLAS-IBL検出器
- センサー・モジュールとステーブ
- ステーブ・プロトタイプの実験結果
- まとめ

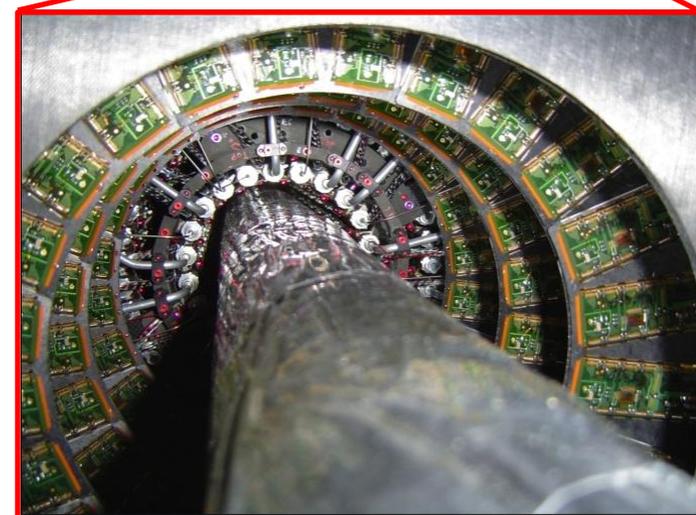
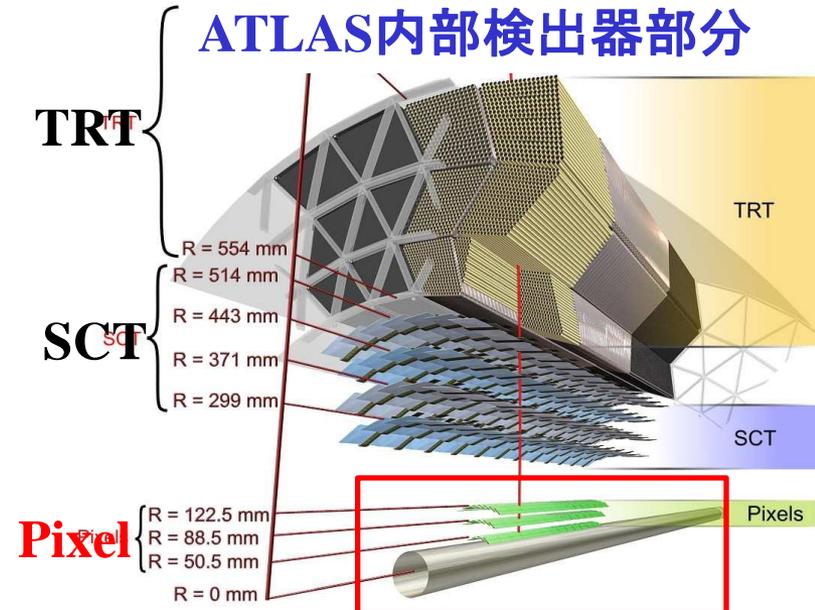
ATLASピクセル検出器

- プラナー型ピクセル検出器
- ピクセル・サイズ: $50 \times 400 \text{ um}^2$
- 総ピクセル数: 80M
- バレルの最も内側に置かれ、3層ある
 - 半径: 50.5mm, 88.5mm, 122.5mm
- エンドキャップ: 前後に3層

LHCは2013年に14TeVへ改良するため
2年間止まる



IBL検出器を新たに導入する
ことになった



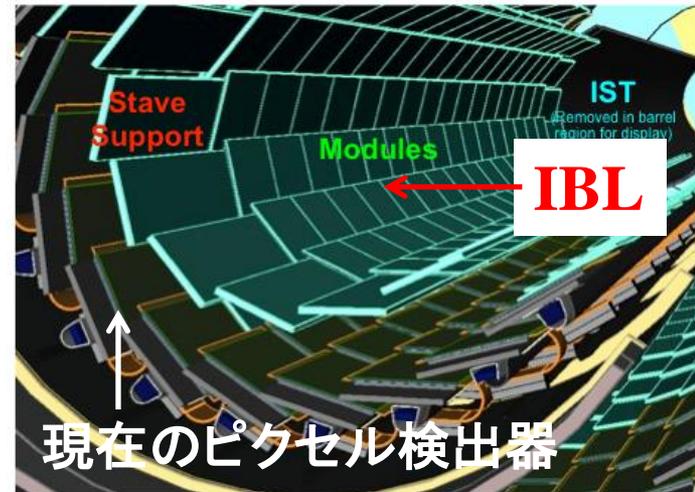
IBL(Insertable B-Layer)

IBL検出器

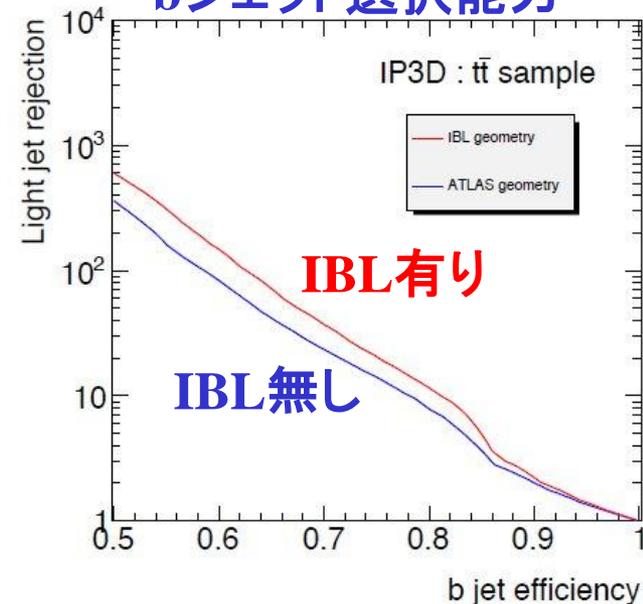
- 2013-14年に新たに最内層に設置されるピクセル検出器
- 半径33mmの所に設置

設置目的

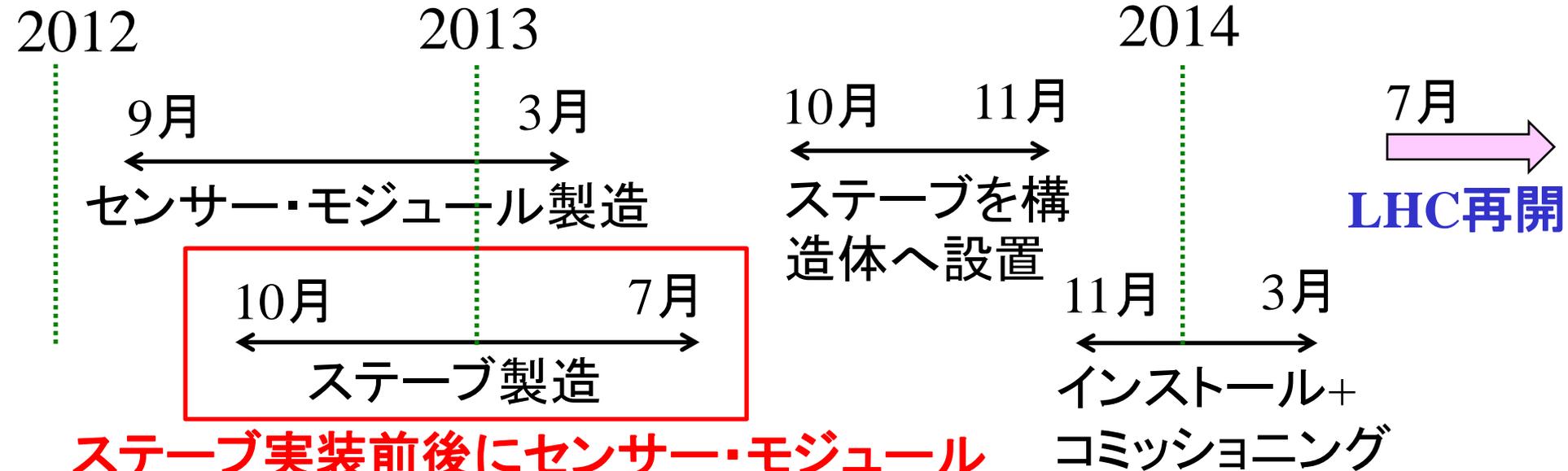
- ピクセル検出器の放射線による性能劣化を補う
 - 現行ピクセルは $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のピーク・ルミノシティに耐えるように設計
 - 2018年には $2 \times 10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ に到達
- トラッキングの性能向上
 - 特にbタグの性能が改善する



bジェット選択能力



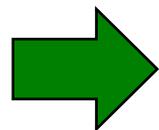
IBLのインストール計画



ステーブ実装前後にセンサー・モジュールの動作確認が必要

不安要因

- モジュール運搬中のバンプ・ボンドやワイヤーボンドの剥離や損傷
- ステーブへの実装中におけるワイヤーボンディングの失敗
- その他、不慮の不具合の発生



KEKとジュネーブ大が試験を担当することになった

IBLセンサー・モジュール

センサー

- プラナーを75%、3Dを25%使用
- ピクセル・サイズ: $50 \times 250 \mu\text{m}^2$
- 厚み: $200 \mu\text{m}$
- 放射線耐性: $5 \times 10^{15} \text{ n}_{\text{eq}} \text{cm}^{-2}$
 - ピーク・ルミノシティ: $3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - 積分ルミノシティ: 550 fb^{-1}

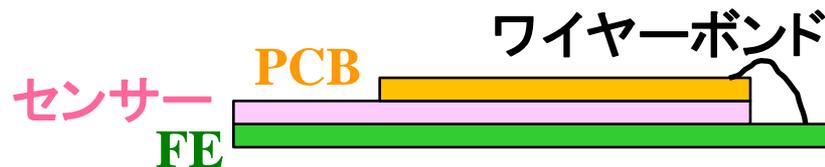
センサー・モジュール

- センサーとFEチップを bumps ボンドし、モジュールにする
- FEチップ (FE-I4) は高エネで使用されているチップで最大サイズ ($20.2 \times 19.0 \text{ mm}^2$)
- ピクセル数: 53760 (プラナー)、26880 (3D)

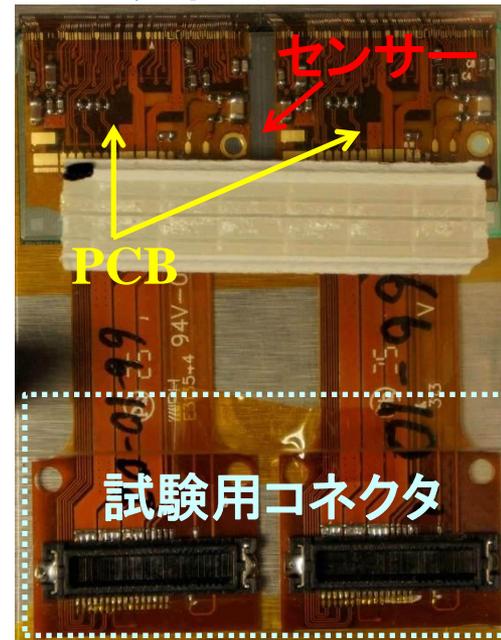
IBLステープのイメージ



モジュールの断面図



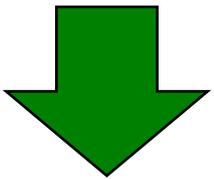
プロトタイプ・モジュール



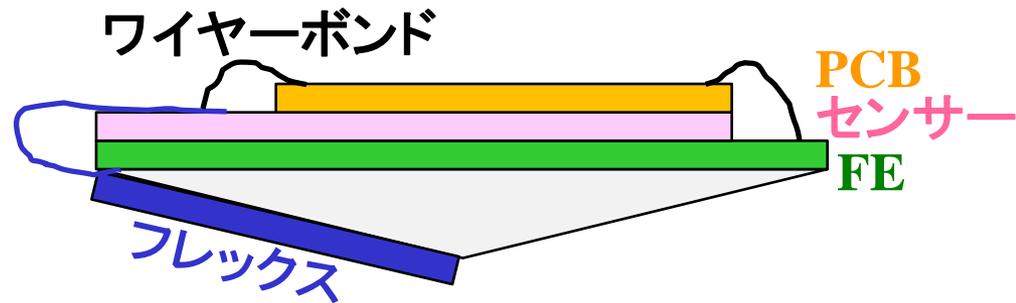
IBLステーブの製造

IBLステーブ

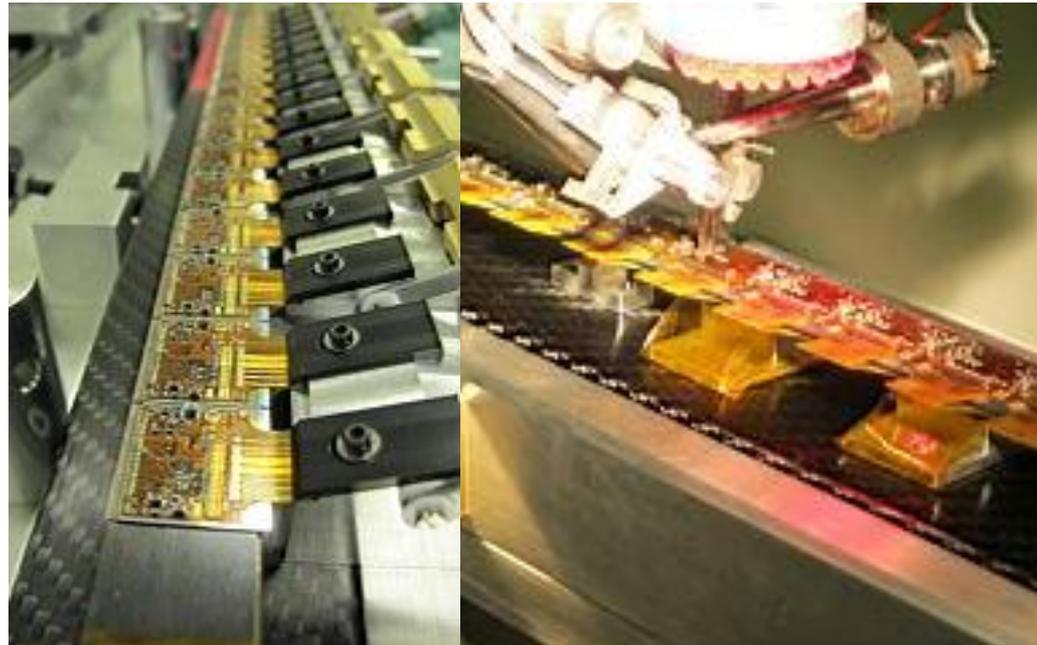
- サイズ: 2 x 66 cm²
- プラナー: 12個, 3D: 8個
- 14枚使用 (30枚程度作成)
- ジュネーブ大が製造を担当
- 4月にプロトタイプを作成



プロトタイプの性能評価について紹介します。



プロトタイプ・ステーブの製造の様子



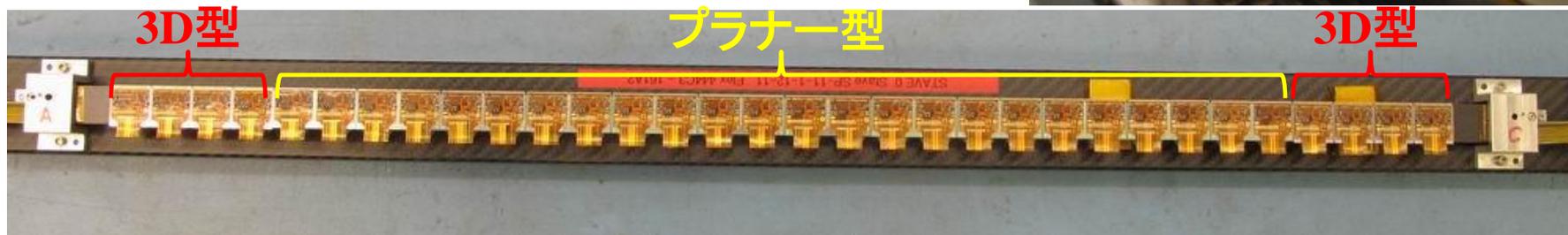
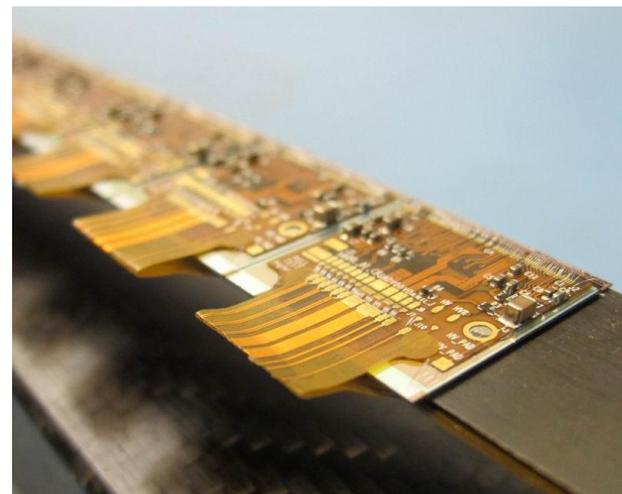
プロトタイプ試験の目的と試験項目

プロトタイプの試験目的

- モジュール単体試験とステープ実装後の試験手順の確認
- ステープへ実装する前後のモジュールの性能の変化を評価
- 試験によってバンプボンドなどの不具合が発見できるか確認する

試験項目

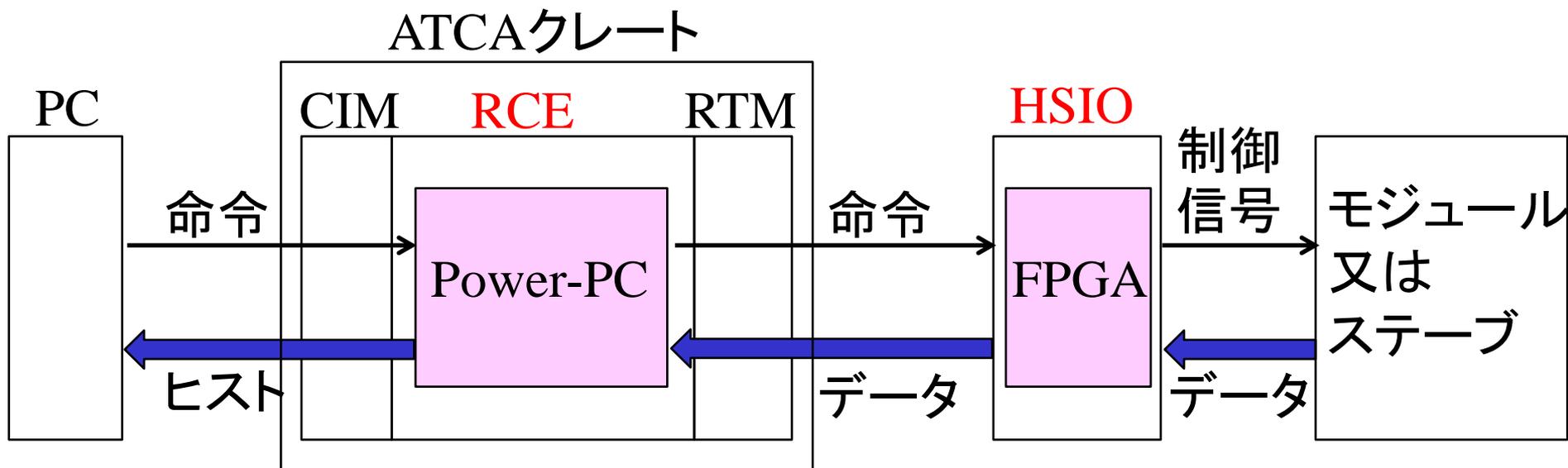
- FEチップの動作試験
 - バンプボンドの接続確認
 - ノイズの評価
- 試験結果を紹介します



試験用DAQシステムの概略

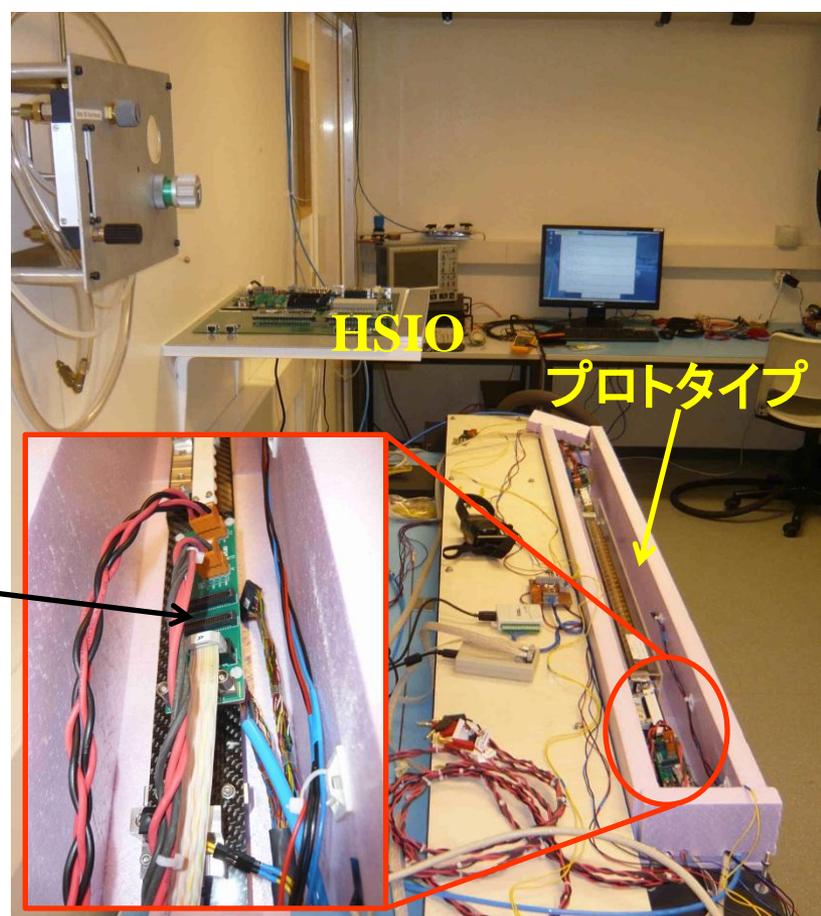
試験システムとしてRCEシステムを使用する

- SLACが開発 (Martin Kocian氏)
- RCEボード1枚で半分のステーブが読み出せる
 - Power-PCを搭載し、ボード上でヒスト作成までやる
 - ATCAクレートを使用
- モジュールとステーブを制御するのにHSIOボードを使用



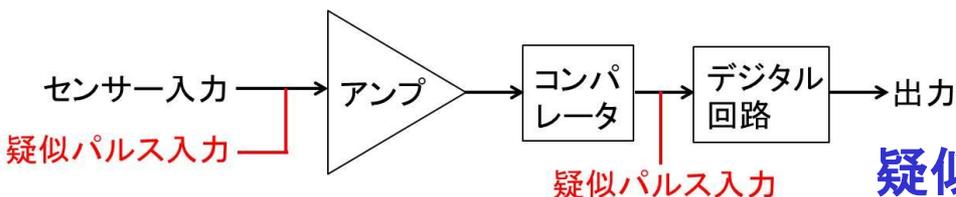
試験セットアップ

- 場所: ジュネーブ大学
- DAQシステム: RCEシステム
- ステーブへの電源供給や信号の引き回しは試験用コネクタ・ボードを使用
- HV: 60V(プラナー), 20V(3D)
- 冷却
 - モジュール試験: 室温
 - ステーブ試験: 10度
- ステーブ試験ではドライエアーを使用

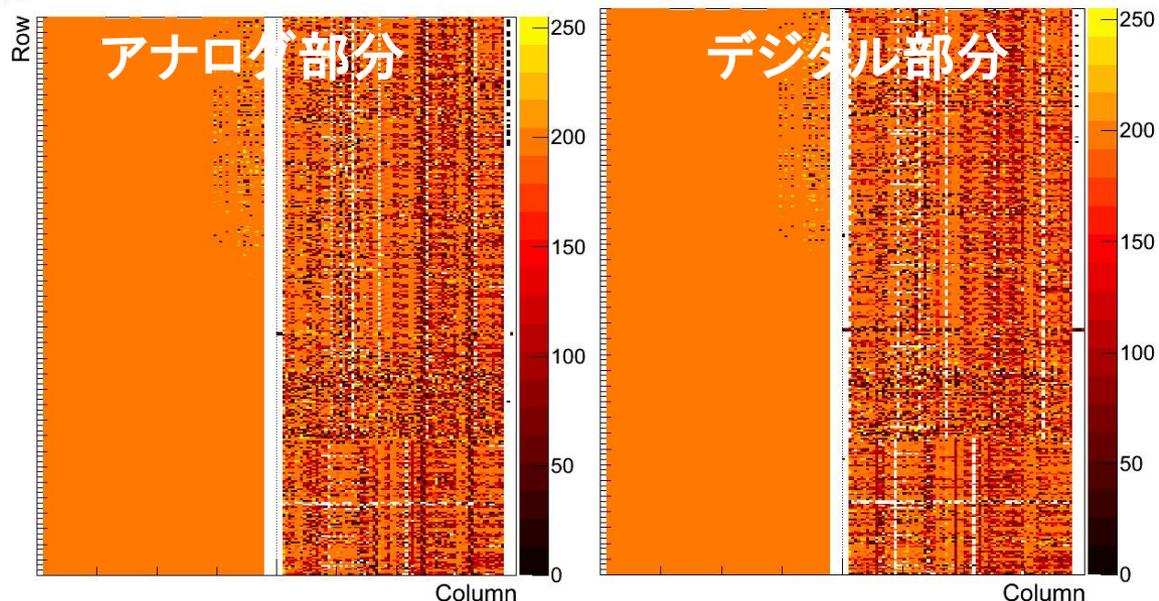


FEチップの動作確認

- FEチップの各ピクセルに疑似パルスを入力して動作を確認。
 - アナログ部分とデジタル部分に信号を入力
- モジュール試験で1つのプラナー型モジュールで不具合を発見
 - 予備のモジュールがないので、そのままステーブに実装した。



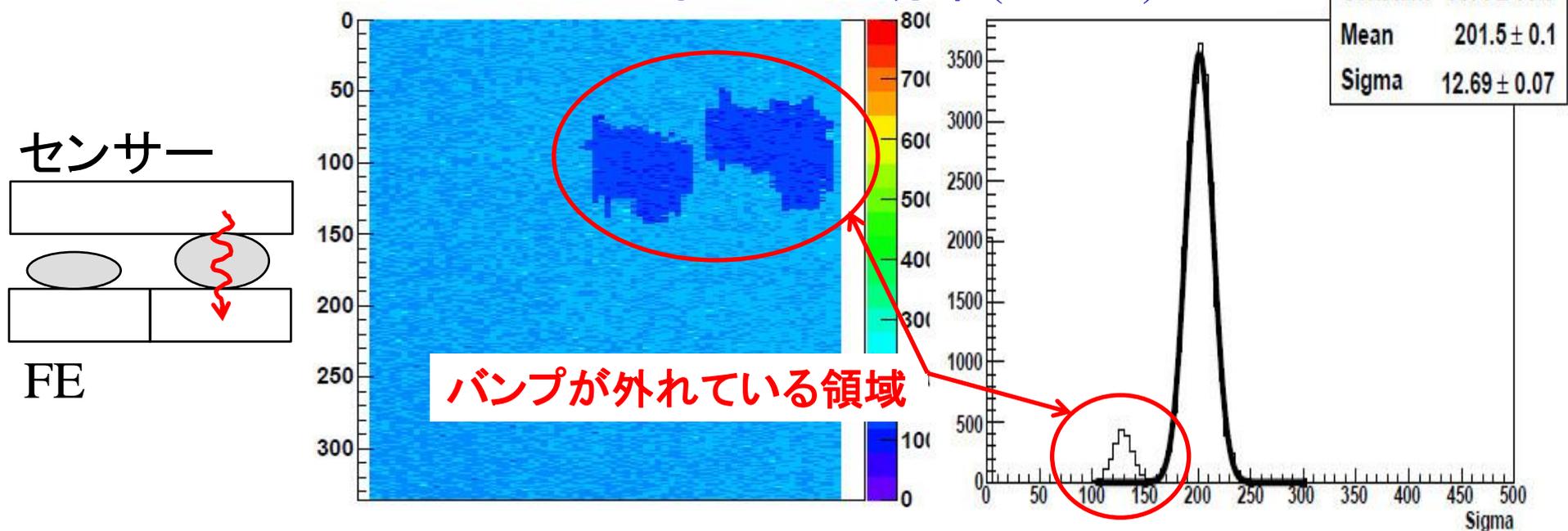
疑似パルスに対するヒット分布(65-10-02)



バンプボンドの接続の確認 (1)

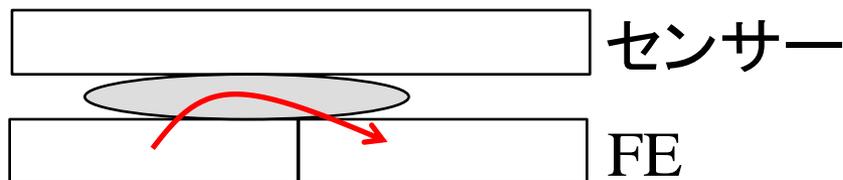
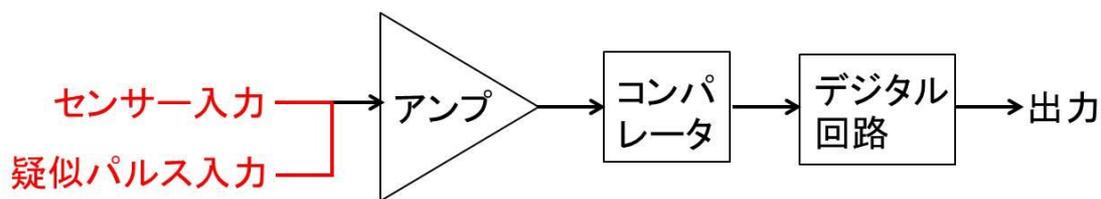
- センサーに電圧をかけずにノイズを評価
- バンプボンドが外れていればセンサーからのノイズが寄与しないのでノイズが小さくなる。
- 1つのモジュールで低ノイズの領域を発見
→ **バンプが外れている領域を確認できた。**

HVなしのノイズ分布 (17-2-18)

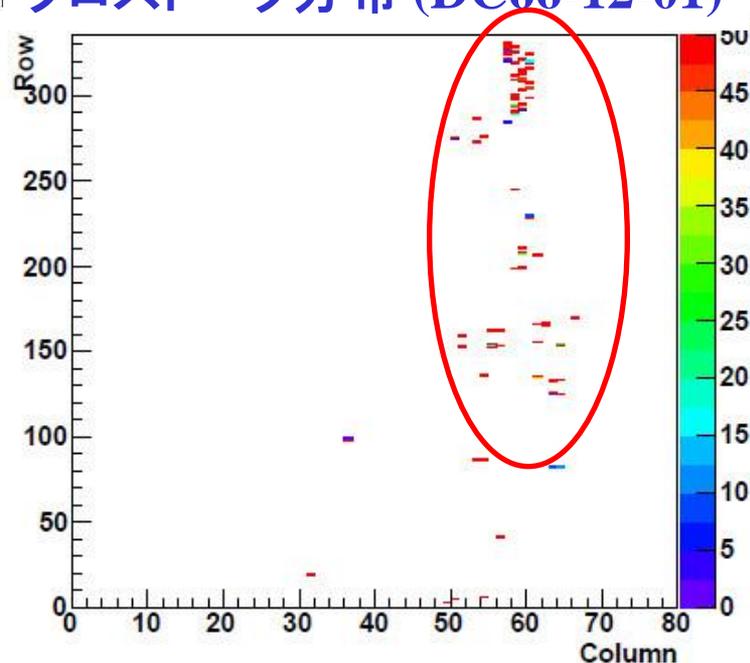


バンプボンドの接続の確認 (2)

- バンプボンドが隣のピクセルにはみ出していないか確認。
 - 隣のピクセルに疑似パルスを入力して、クロストークを確認
 - FEの疑似パルスの入力がセンサー入力につながっている
- **バンプが隣にはみ出しているらしきピクセルを確認**
 - ➔ **バンプ・ボンドの不具合の許容範囲を検討しないといけない**



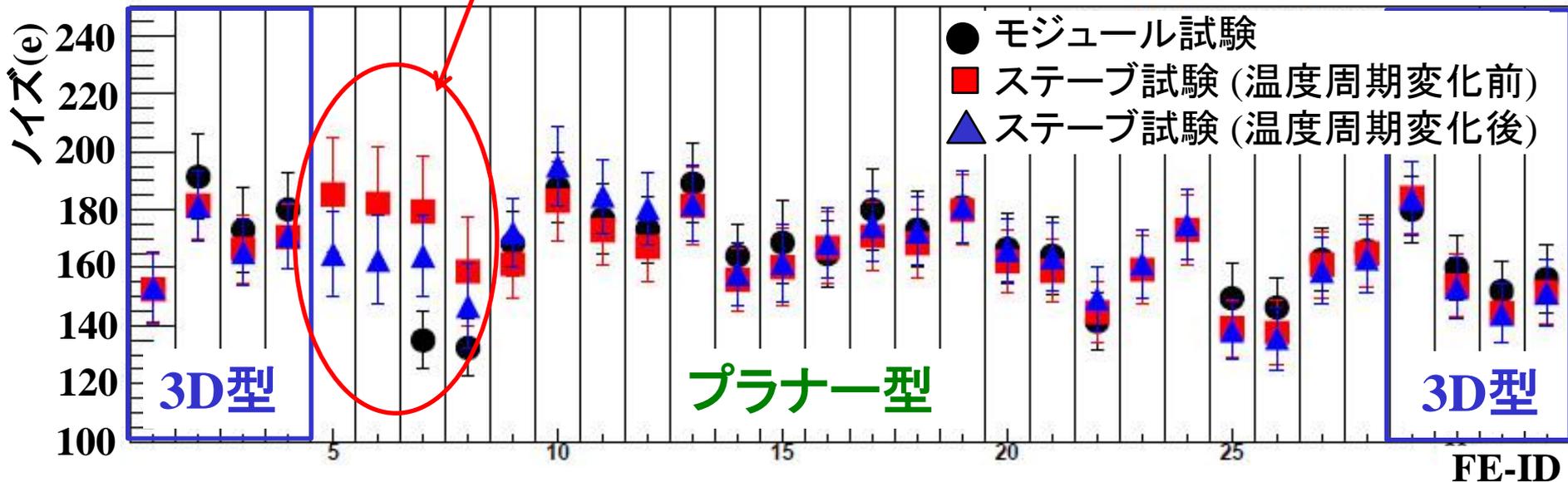
クロストーク分布 (DC66-12-01)



ノイズの評価

ノイズをモジュール実装前後と温度周期変化後で比較した。

- 温度周期変化: -40~40度を1日かけて10回
 - ▶ 不慮の事故による温度の上下に対する耐性を調べる目的
- どの測定でもノイズは200e以下 → 期待通り
- 動作不良のモジュールを使用した領域では20e程度の上下を確認
→ 良好なモジュールではノイズの有意な変化はないと結論。



まとめ

- 2013年から2年間かけて最内層のピクセル検出器としてIBL検出器を導入する。
- 我々はステーブに実装前後のセンサーモジュールの性能評価を担当。
- プロトタイプ・ステーブを用いて、試験項目の確認と性能評価を行った。
- 試験の有効性を確認し、ステーブに実装する段階でモジュールの性能への影響はないと結論できた。
 - 性能の可否の評価基準を決めないといけない。
- 10月から実機の製造を開始する予定。