

ATLAS実験IBL検出器の インストールに関する最終報告

'14 9/20 田窪洋介(KEK)

池上陽一, 海野義信 (KEK)

陣内修, 本橋和貴 (東工大理)

生出秀行, K. Dette, D. Dobos (CERN)

J. Bilbao, D. Ferrere, F. Guescini (ジュネーブ大)

M. Kocian, M. Wittgen (SLAC), 他ATLAS-IBLコラボレーション

講演内容

- ATLAS-IBL検出器
- IBLの組み上げとインストール作業
- インストール直後の動作確認
- まとめ

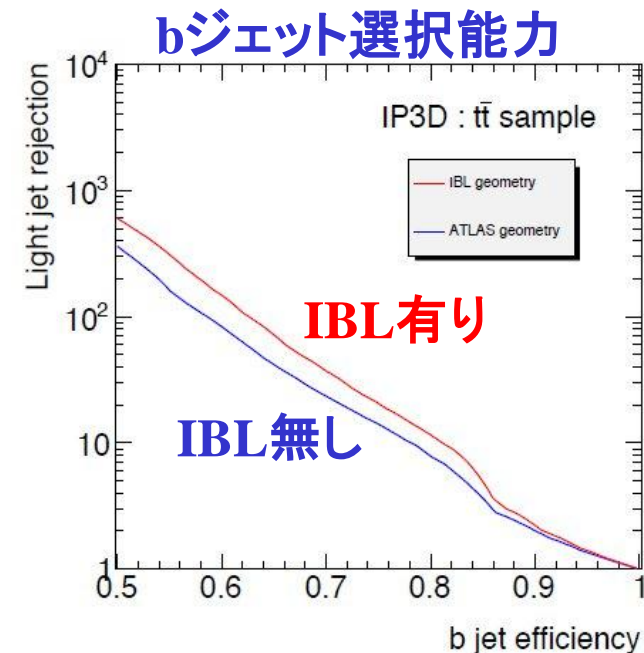
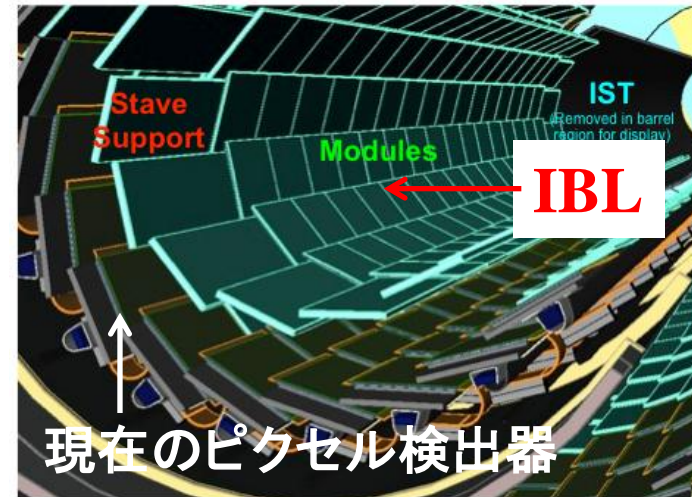
ATLAS-IBL(Insertable B-Layer)

IBL検出器

- 2014年に新たにATLASピクセル検出器の最内層に設置されたピクセル検出器
- 半径33mmの所に設置

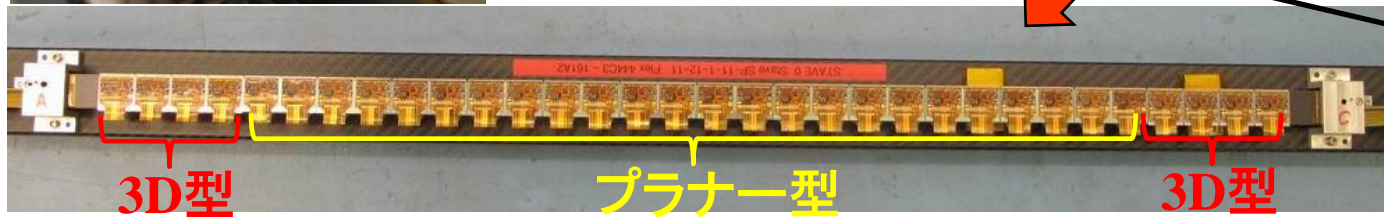
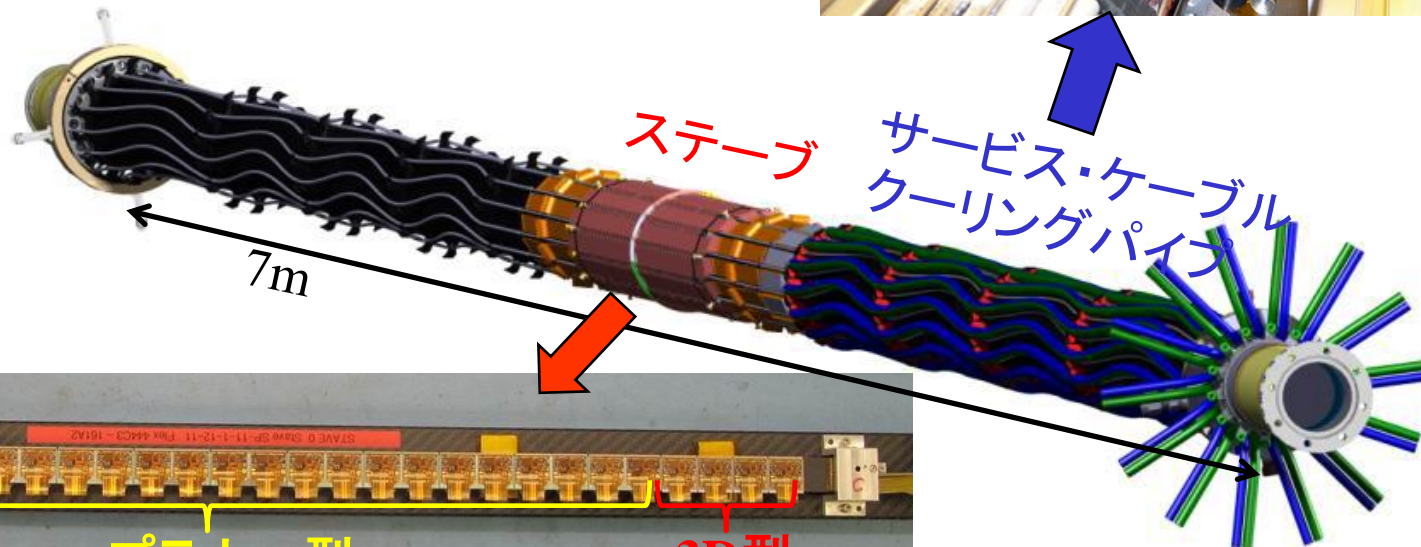
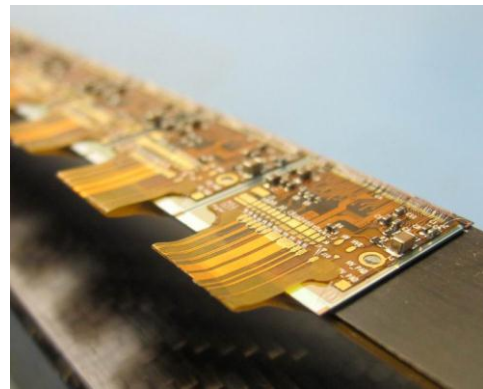
設置目的

- ピクセル検出器の検出効率の劣化を補う
 - 現行ピクセルは $1 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ のピーク・ルミノシティに耐えるようにバンド幅を設計
 - 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

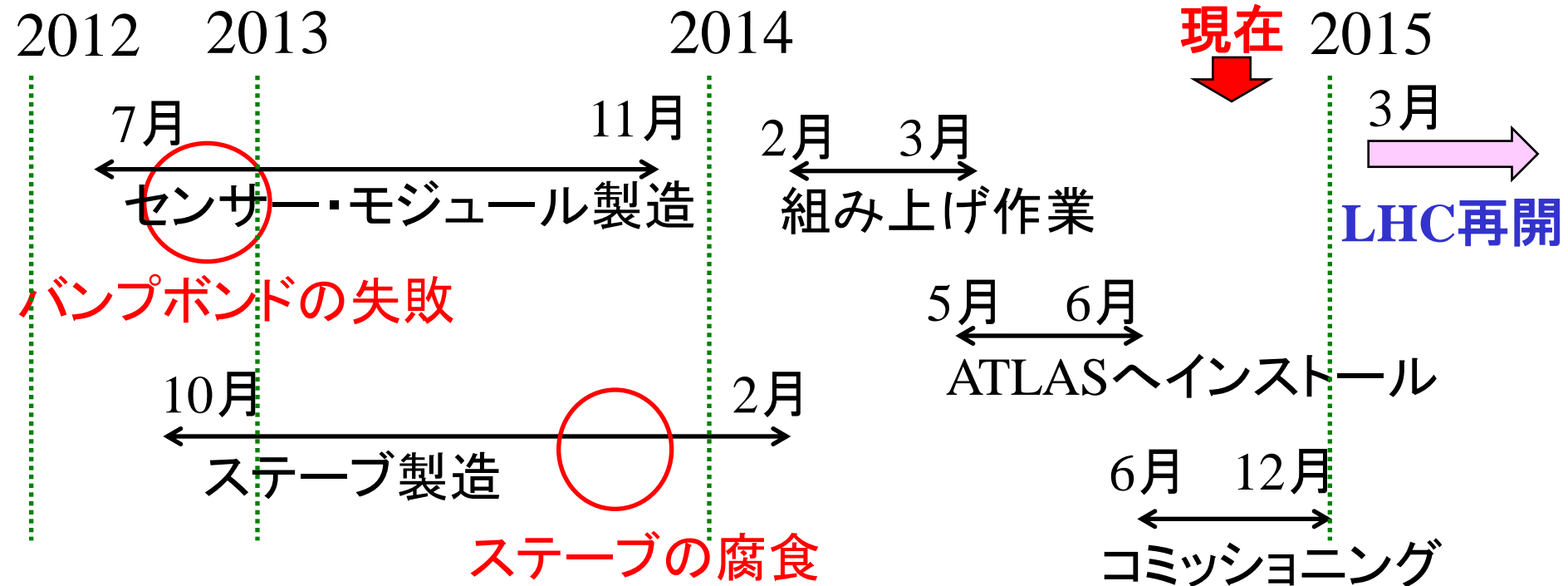


IBLの構成要素

- センサー: プラナー型(75%)と3D型(25%)
- ピクセル・サイズ: 50um x 250um
- モジュール当たりのピクセル数: 53,760
- ステーブ: 14枚 (ステーブ当たり20モジュール)
- サービス・ケーブル: 検出器と共に挿入
- クーリング・パイプ: 直径1.5mmのチタンパイプ



イントールの予定表

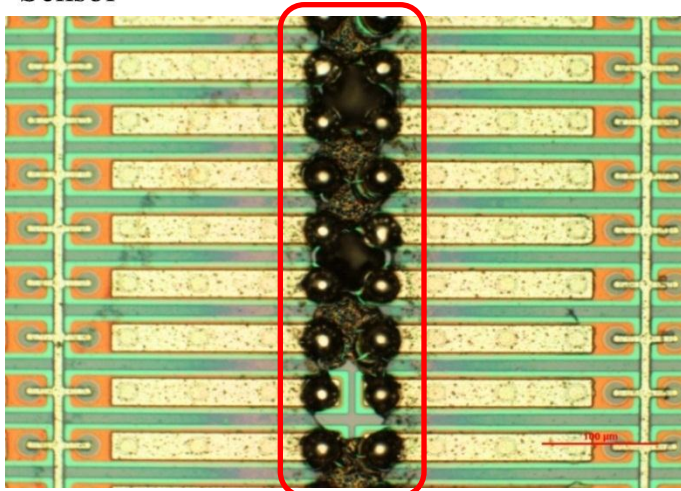
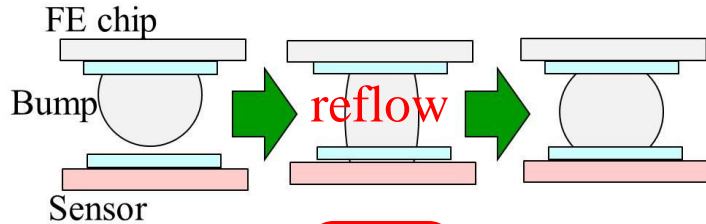


- 当初の予定では2014年の1月にはインストール予定だった。
- 数々の危機的な不具合を乗り越えて2014年5月に無事インストール

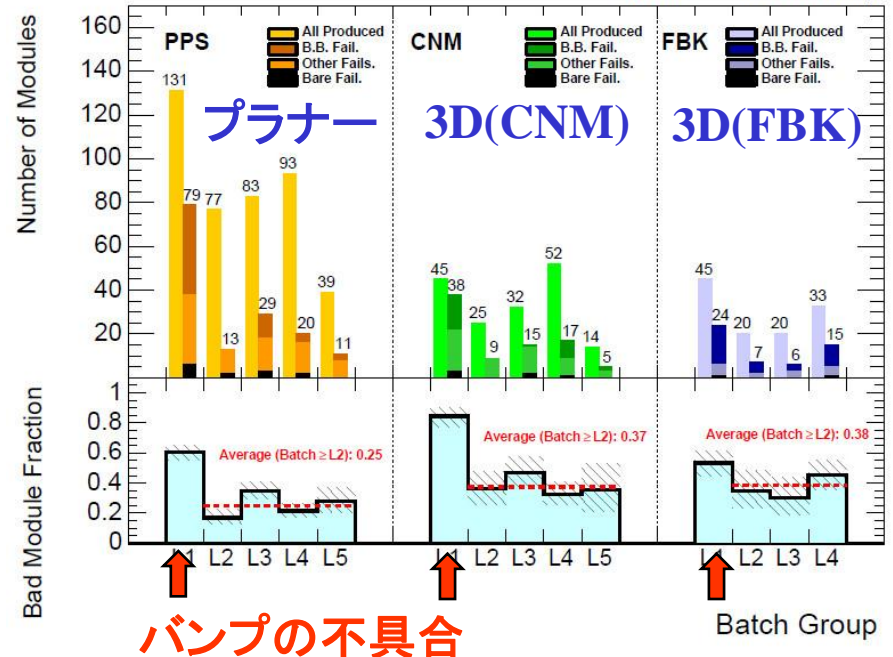
IBL検出器のインストール作業と最終試験の結果について紹介します。

モジュール製造成績

- モジュール製造は2012年7月から2年間で完了
- 最初の製造バッチでバンプボンドに不具合が見つかり、製造中断
 - 溶接の際にハンダ・フラックスを多く使い過ぎたのが主な原因
- バンプボンドの不具合を解決した後は歩留りが改善
 - 最終的な歩留り: 75% (プラナー), 62% (3D)



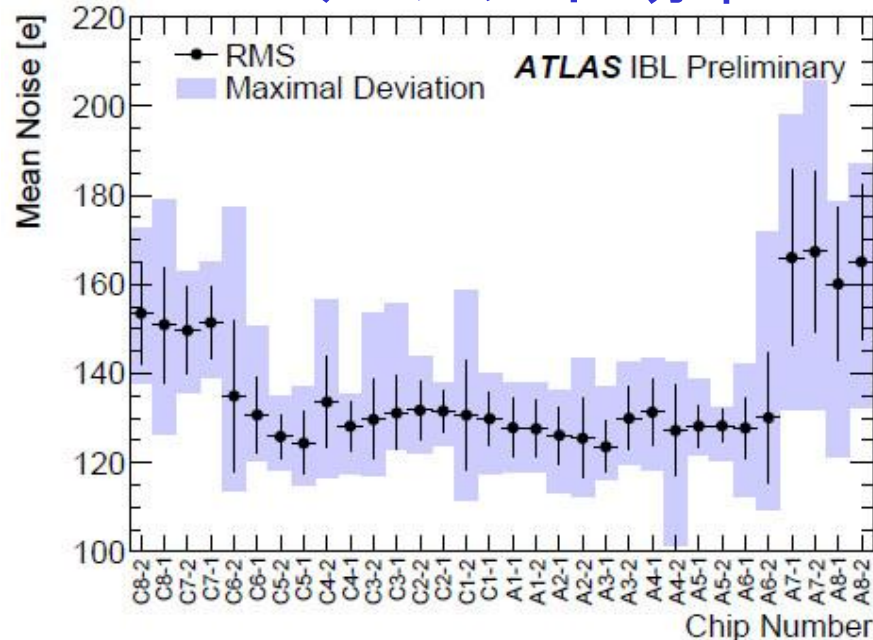
製造モジュール数と不良モジュールの割合



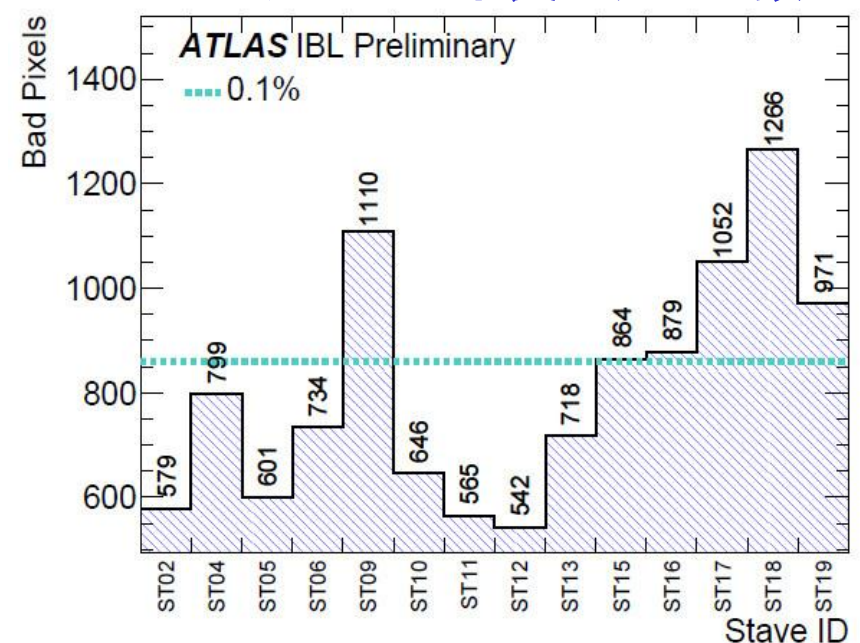
ステーブの製造成績

- ステーブの製造は2014年2月に完了
- 2013年9月に13枚のステーブにボンディング・ワイヤーの腐食が見つかるが、2014年2月までに全て修理した
- ほぼ全てのモジュールで、ノイズは200eより十分低い
- IBLに用いた全てのステーブで不良ピクセルの割合は1%以下

14ステーブのノイズ分布



14ステーブの不良ピクセル数



IBLの組み上げ作業

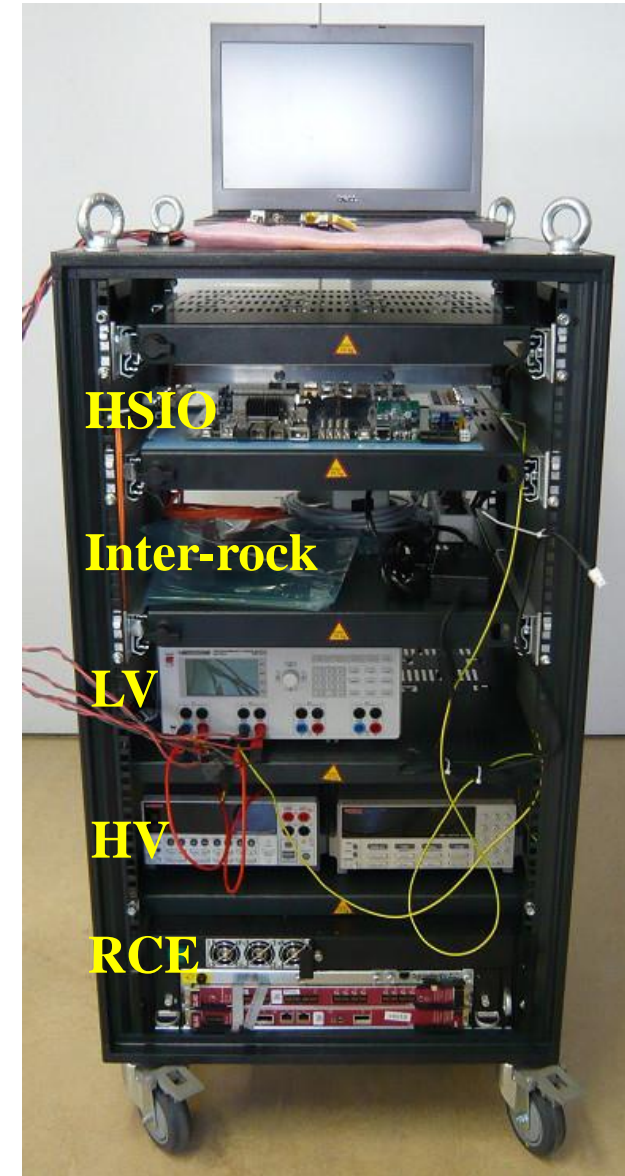
- 1.冷却パイプを検出器領域外まで引き出すために、冷却パイプを溶接して全長7mに延長
- 2.構造体にステーブを設置
- 3.サービス・ケーブルの接続
- 4.読み出し試験

2か月で組み上げ完了(2014年3月27日)



組み上げ後の動作試験

- 新たなステーブを構造体に設置すると、直後に読み出し試験を行った。
- 専用の試験システムを開発
 - ATCA-RCEシステムを使用(SLACが開発)
- 一台で1/2ステーブの読み出しが可能

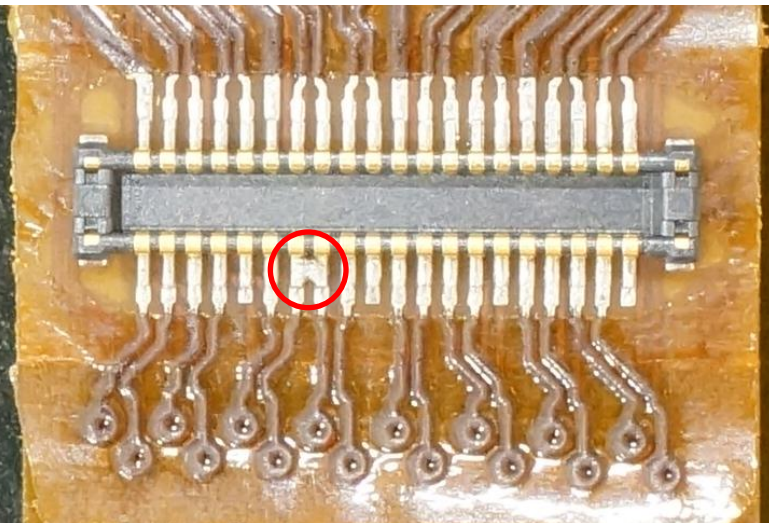


動作試験で見つかった不具合

試験中にサービス・ケーブルの不良箇所を発見

- ステータとサービス・ケーブルの仲介用フレックスのコネクタでCMDラインのハンダがショートしていた
- サービス・ケーブルのCLKラインが断線
 - 仲介用フレックスとサービス・ケーブルを交換
- サービス・ケーブル上の温度モニターが故障 → そのまま放置

仲介用フレックスのハンダのショート



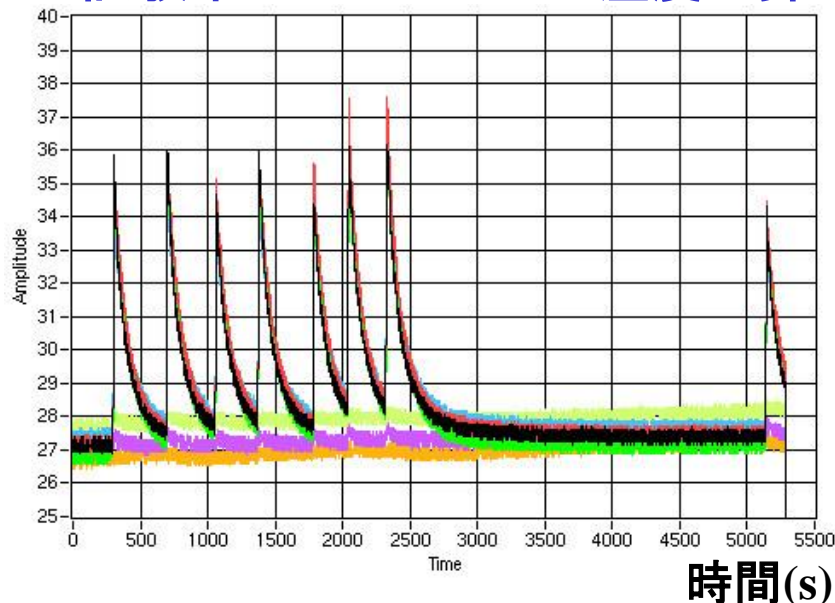
サービス・ケーブルの断線



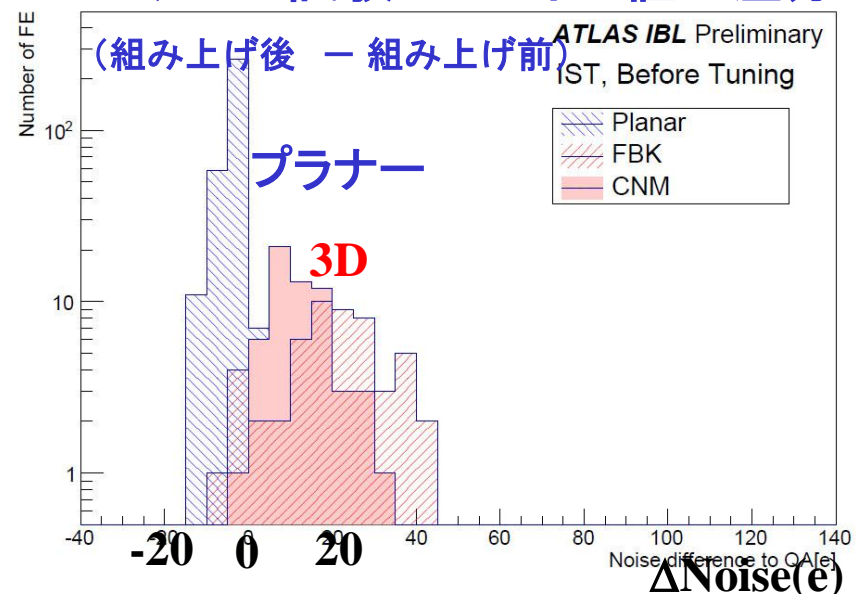
組み上げ後の性能評価

- 冷却が使えないので、モジュールの温度上昇を考えて各スキャンは電源のオン・オフも含めて10秒以内に完了
 - 一秒につき、約1度の温度上昇
- 3Dモジュールは温度に敏感なので、冷却を使ったステーブ試験に比べてノイズがやや大きく出ている
- 全てのステーブは構造体への設置前の性能を維持していた

試験中のモジュールの温度上昇



ステーブ試験とのノイズ値の差分

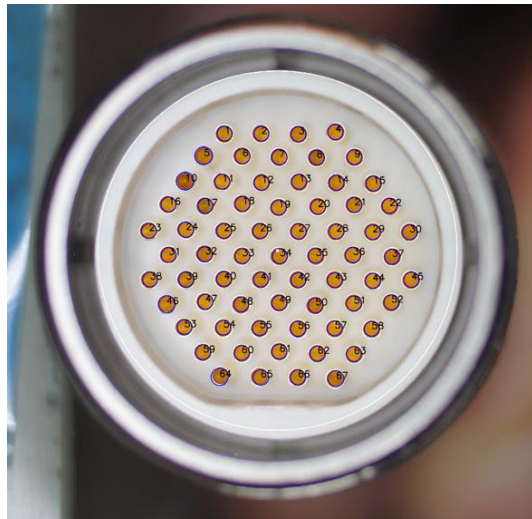


インストール作業

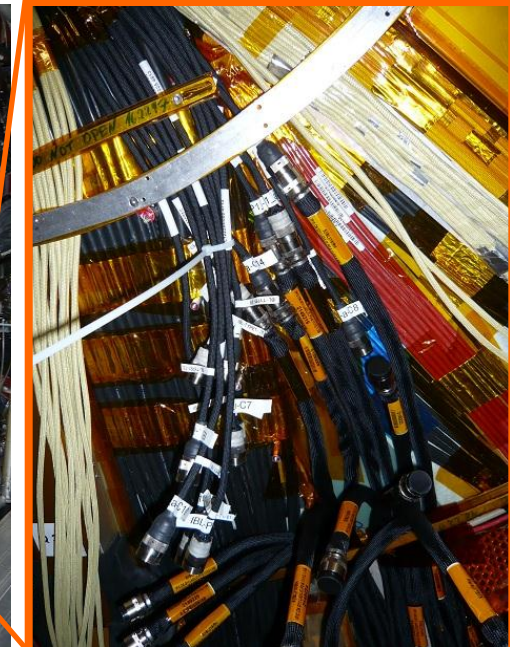
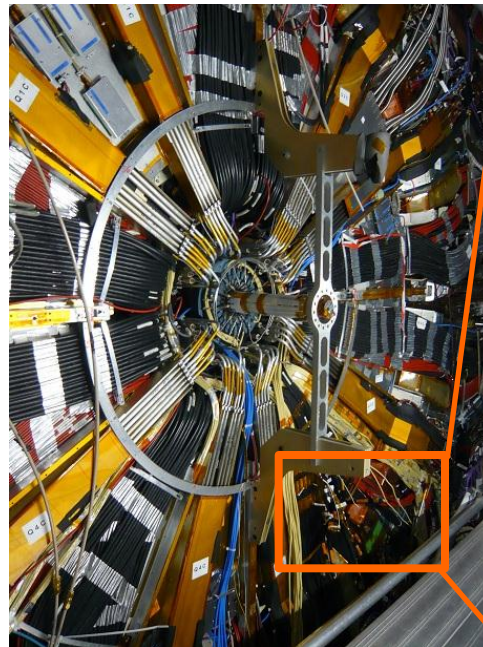
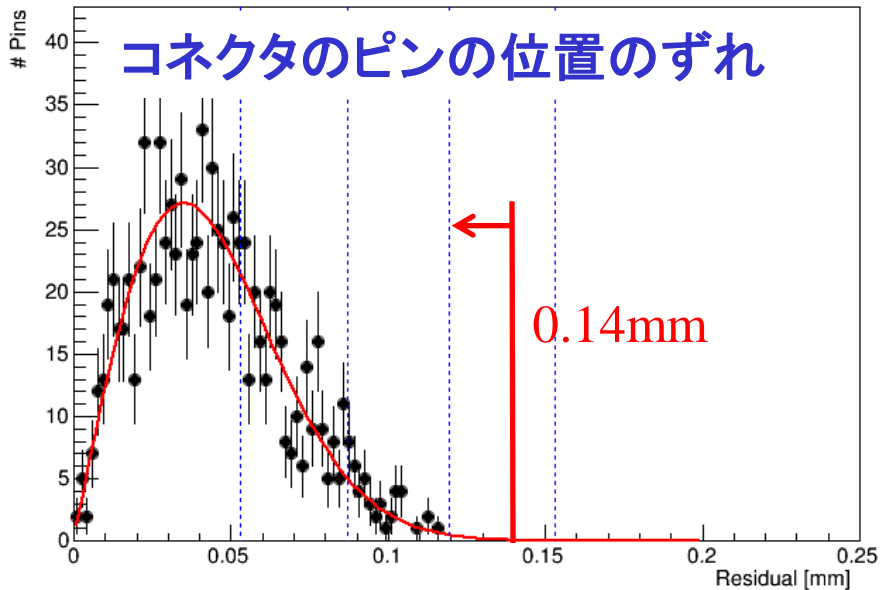
- サービス・ケーブル等をパッキング
- 5月5日、IBLを地上のクリーン・ルームからATLAS実験ホールに輸送
 - クレーンを使ってATLAS検出器のある地下90mに移動
- 5月7日、ATLASピクセル検出器の内部に挿入
- ケーブルの引き回しと冷却パイプの接続



サービス・ケーブルの接続

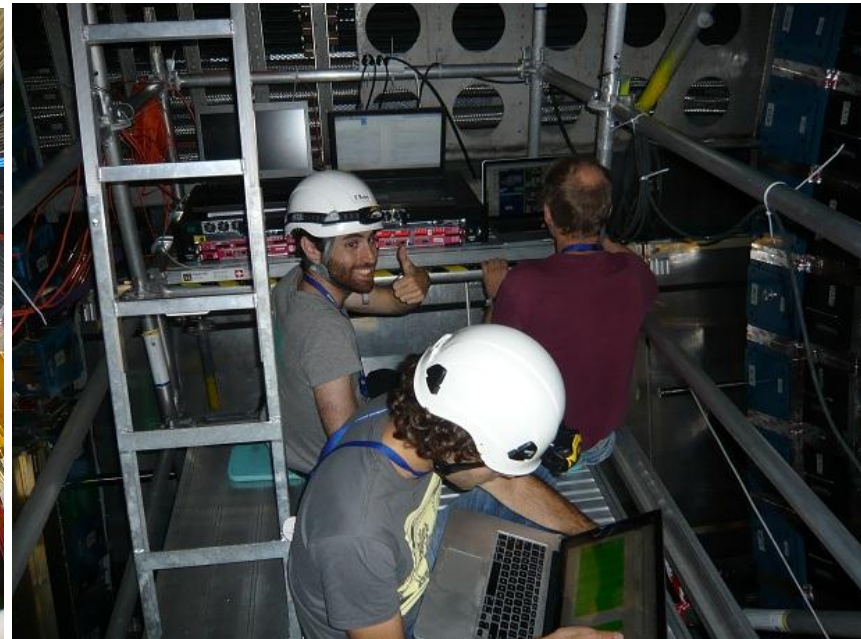
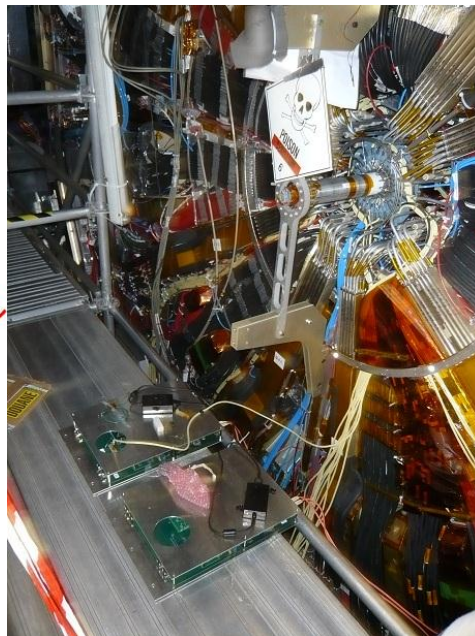
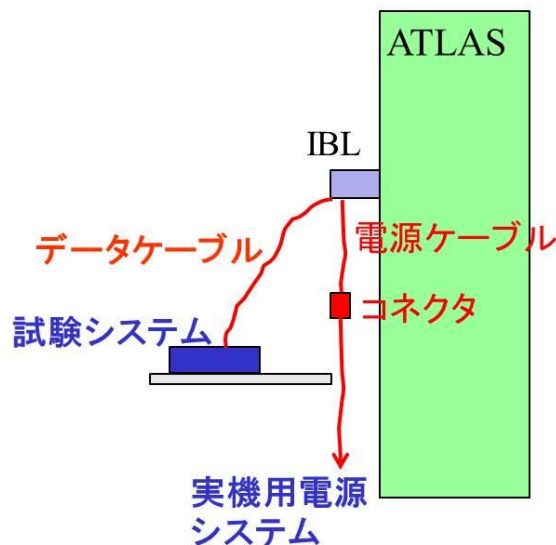


- 電源供給用のコネクタが接続の際に壊れやすい構造になっていた (コネクタは特注品)
- もしコネクタを壊すと、1/2ステーブが使えなくなる
- **ピンの位置のずれを解析するための画像解析プログラムを開発 (CERN、ジュネーブ大)**
- 無事、ピンを破壊することなく接続完了



インストール直後の動作試験 (1)

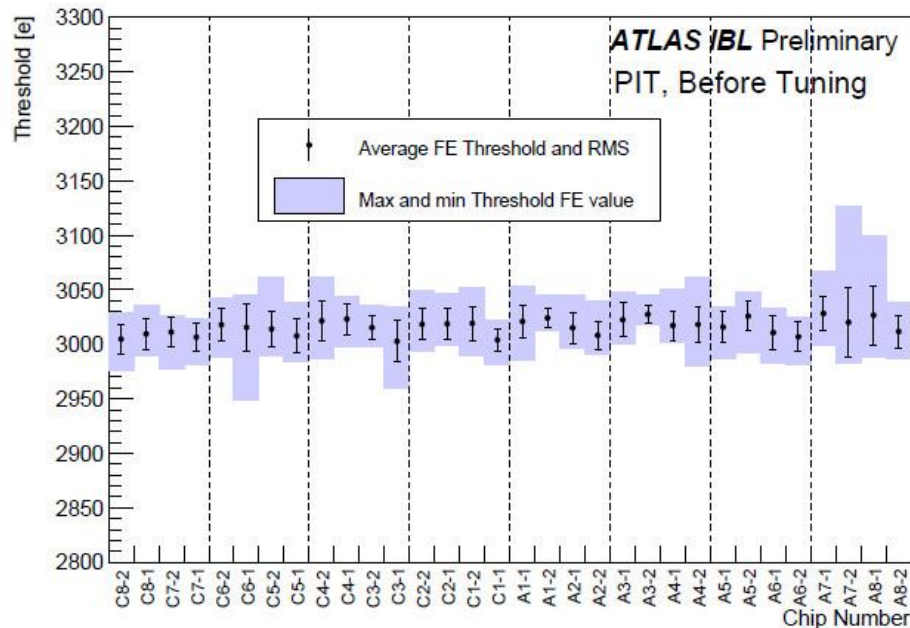
- サービス・ケーブルを接続後に読み出し試験を行った
- 試験システムをIBLのデータ・ケーブルに直接接続 (RCE + HSIO)
- 電源は実機のシステムで制御
- この段階では冷却が使えなかったため、モジュールの温度を確認しながら読み出し試験を行った
 - 10秒以内に電源を入れて、スキャンを完了しなければならない



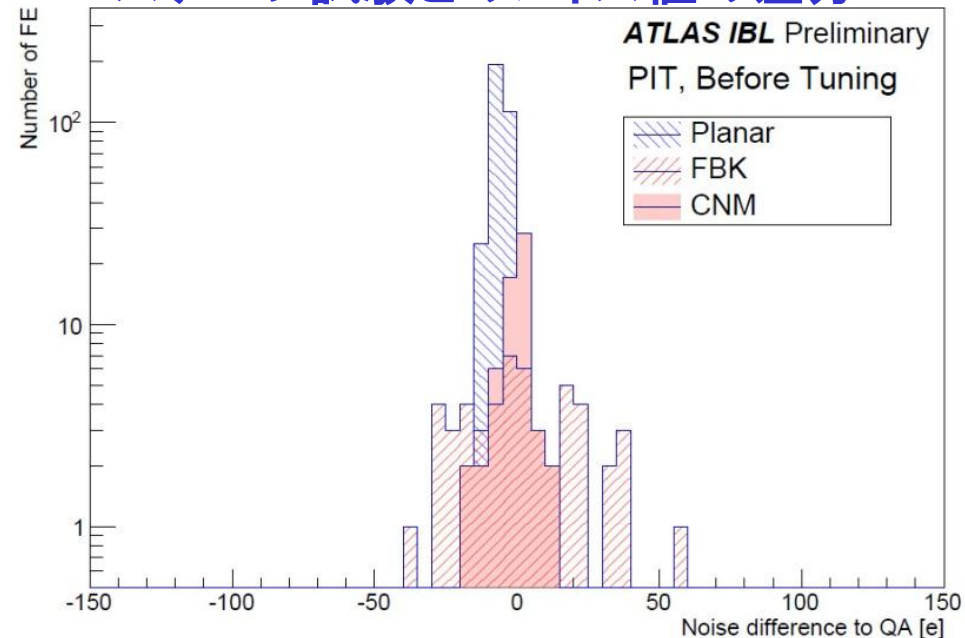
インストール直後の動作試験 (2)

- 読み出し試験ではセンサーのIV測定やFEの基本動作確認を行った
 - 全ての電源ラインとデータラインが接続されていることを確認
 - 降伏電圧やノイズ値などの基本性能はインストール前と同様
- インストール作業中に故障することなく、全てのセンサーとFEが完璧に動作していることが分かった

閾値分布 (ステーブ試験で3keに調整後)



ステーブ試験とのノイズ値の差分



まとめ

- IBL検出器は高ルミノシティにおいてピクセル検出器の検出効率を維持するために2011年から開発を開始した
- 開発当初から数々の問題に直面してきたが、3月に無事に検出器を組み上げ完了
- ステーブ上の不良ピクセルの割合は十分に1%以下だった
- 5月にATLAS検出器にインストール完了
- インストール直後の動作試験で、全てのモジュールが問題なく動作し、インストール前の性能を維持していることが分かった
- 現在は実機DAQを用いた読み出し試験を開始したところ