

Development of Electronics to study the Forward Calorimeter (FoCal) prototype for the LHC-ALICE experiment

21 March, 2015.

Motoi INABA

for the ALICE FoCal collaboration



Tsukuba University of Technology, Faculty of Industrial Technology.
National University Corporation for the hearing impaired and visually impaired in Japan.

LHC-ALICE 実験のための 前方光子検出器 (FoCal) プロトタイプ評価用 電子回路の開発

筑波技術大学

2015年3月21日

稲葉 基

for the ALICE FoCal collaboration



発表の流れ

- ・ 研究背景
- ・ FoCal-E 検出器
- ・ 研究目的
- ・ CERN-PS ビーム実験に向けて開発した電子回路
- ・ CERN-PS ビーム実験で直面した問題と解決案
- ・ CERN-SPS ビーム実験に向けて開発した電子回路
- ・ まとめ

研究背景

LHC-ALICE実験において、高エネルギー重イオン衝突の初期状態を解明するために、ビーム軸に対して衝突点の前方向に電磁カロリメータ (FoCal-E) とハドロンカロリメータ (FoCal-H) を組み合わせた前方光子検出器 (FoCal) を新たに導入する計画の準備を進めている。

FoCal-E の構成

FoCal-E PAD モジュール

シリコンPDアレイを使用し、**高速信号読み出し**と**広い検出範囲**。
(筑波大, 筑波技術大, ORNL等)

FoCal-E MAPS モジュール

多チャンネル, 高い位置分解能。
(Utrecht University)

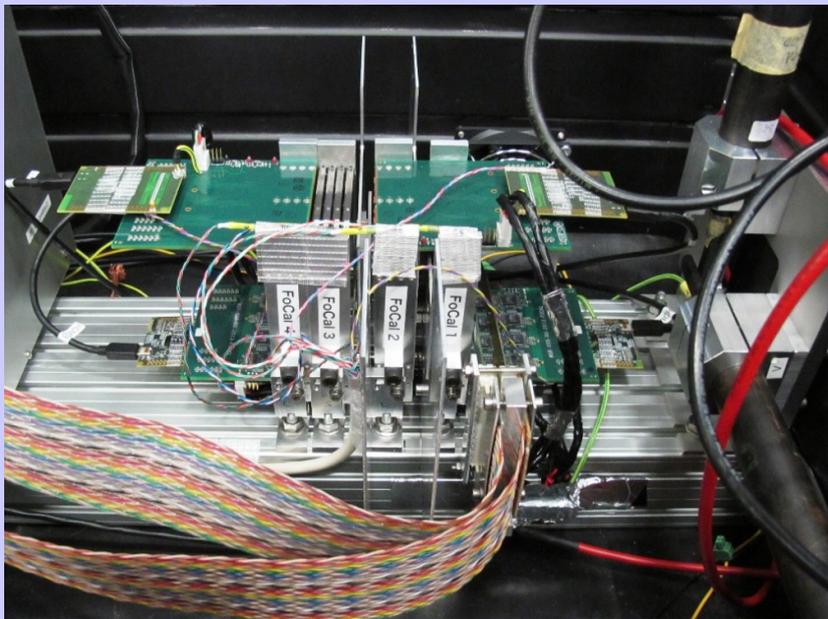


LHC-ALICE実験の外観

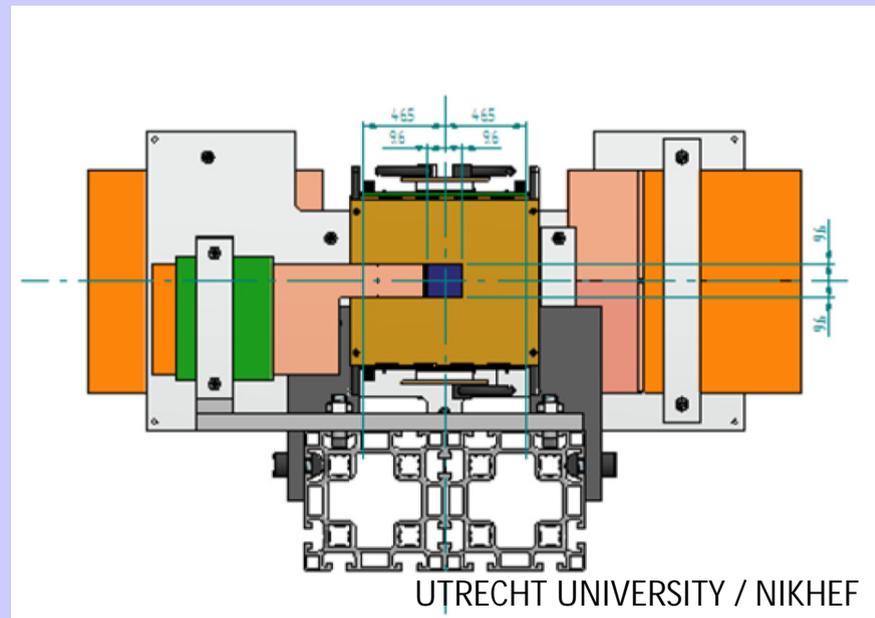
FoCal-E 検出器

FoCal-E PAD 検出器 … Low granularity layers

およそ100mm角のタングステン板と 8×8 のマトリックス状シリコンPDアレイのペアで構成され、同じ位置関係にある4つのPDの信号を重ね合わせて読み出している。



ビーム軸に対して横方向から見た様子



ビーム軸と同じ方向から見た図面

FoCal-E MAPS 検出器 … High granularity layers

研究目的

2014年9月の後半に、CERN-PS (T9) テストビームライン (2 ~ 10GeV) にて、FoCal-E PAD と FoCal-E MAPS を一体化させた状態での初めてのビーム実験をおこなった。

➡ 実験結果については、後続の講演をお楽しみに！

FoCal-E PAD の信号の読み出しには、**Summing Board + APV25 Hybrid + SRS + mmDAQ** を使用し、さらに以下の周辺電子回路が必要となった。

温度監視回路 … シリコンPDアレイおよび APV25 Hybrid 上の ASIC の温度を測定・記録し、警報を出す。

トリガー信号処理回路 … FoCal-E PAD の実験データを MAPS の実験データと統合するための信号を作る。

これらの回路を開発し、FoCal-E プロトタイプを評価する。

温度監視回路

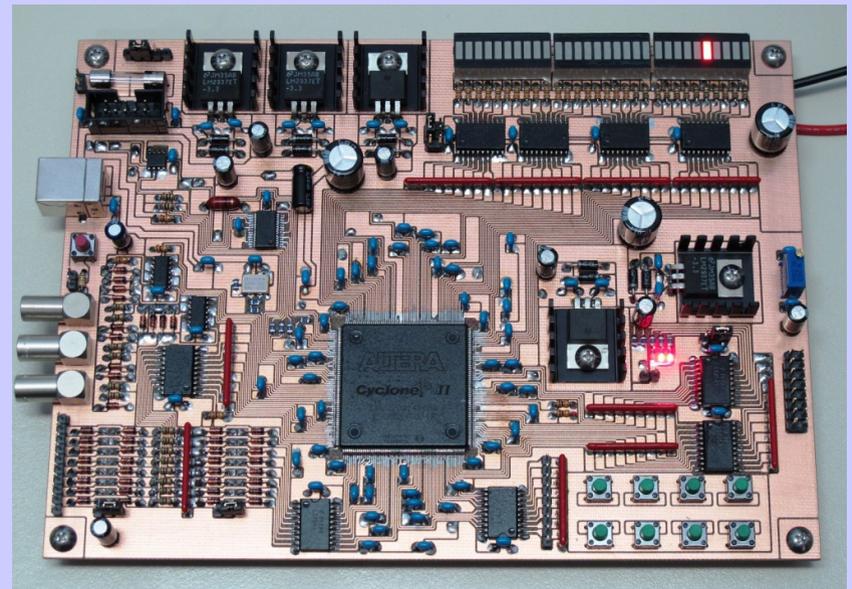
高精度デジタル温度センサー (0.0625 / LSB) のための1ワイヤードバス[©]を8系統搭載し, 最大160ヶ所の同時温度計測が可能。(ビーム実験では, 8ヶ所のみ計測。)

温度表示, 警報ブザー, 外部トリガー信号入力にも対応。

筑波技術大学のプリント基板製作設備を活用して開発。

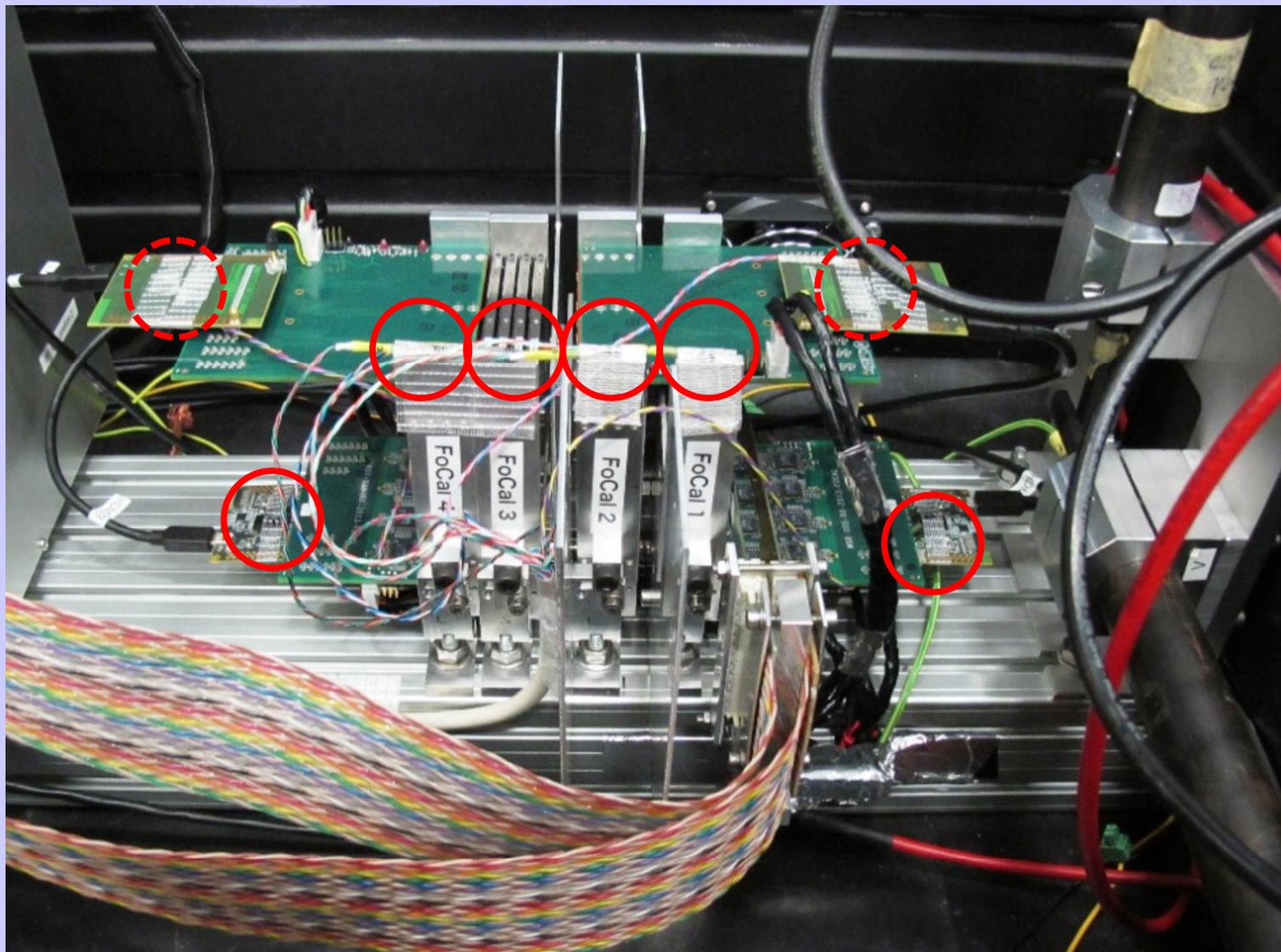


温度監視回路の外観



内部の部品実装済みプリント基板の様子

デジタル温度センサーの設置箇所



ビーム軸に垂直な方向から撮影した写真

温度監視回路の動作確認結果

以下2つの動作モードで、設計通りの動作を確認できた。

【リモートコントロール】

GUI上で指定した時間間隔で温度を同時測定し、その値が指定範囲内におさまっているかどうかを判断するとともに、PCへデータを送信し、ファイルに保存する。ファイル名は、12時間ごとに自動的に更新される。

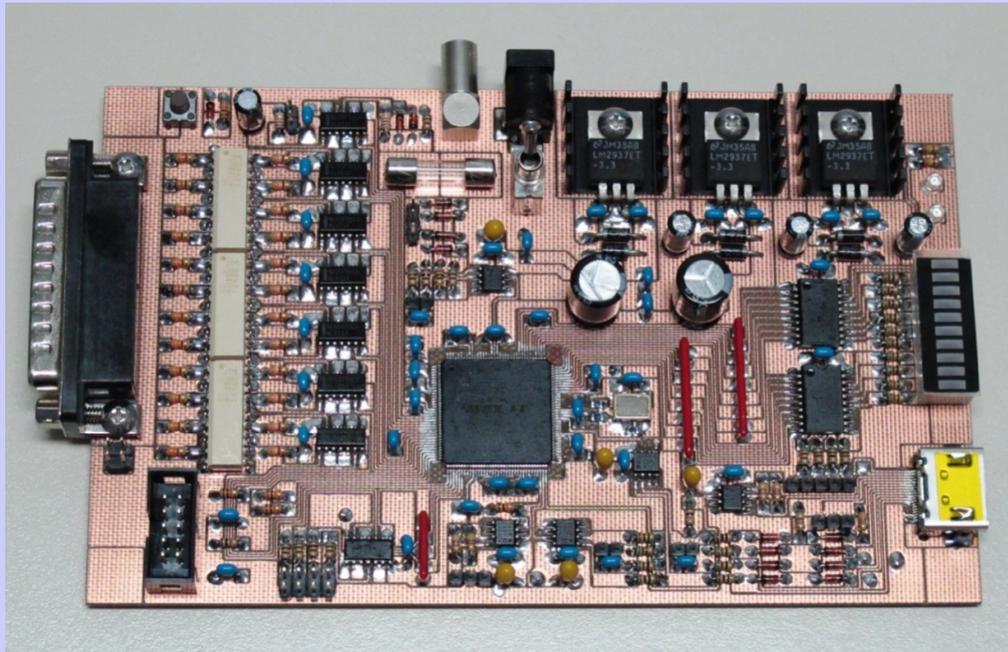
【ローカル】

30秒に1回、温度の同時計測ならびに検証をおこなって、LCDに表示する。

今後の改良予定 …… 温度監視回路本体から離れたところに居ると、警報ブザーに気が付かない可能性があるため、実験制御室内まで情報を伝達する機能を追加するとともに自動的に検出器等の電源が落ちるように改良を加える。

トリガー信号処理回路 (Ver.1)

3つのシンチレーションカウンタで生成したトリガー信号を10ビットパラレルデータとして光結合で受け取り、タイミング信号等を加えて、HDMIコネクタからSRSのアナログ入力ポートに送信する電子回路を製作した。



トリガー信号処理回路の外観

外部の何かとショートを起こし、CERNでは修理不能に・・・

- (1) FoCal-E PAD と MAPS の実験データを統合することができなかった。また、データ収集システムがトリガー信号を取りこぼす可能性があることが分かった。

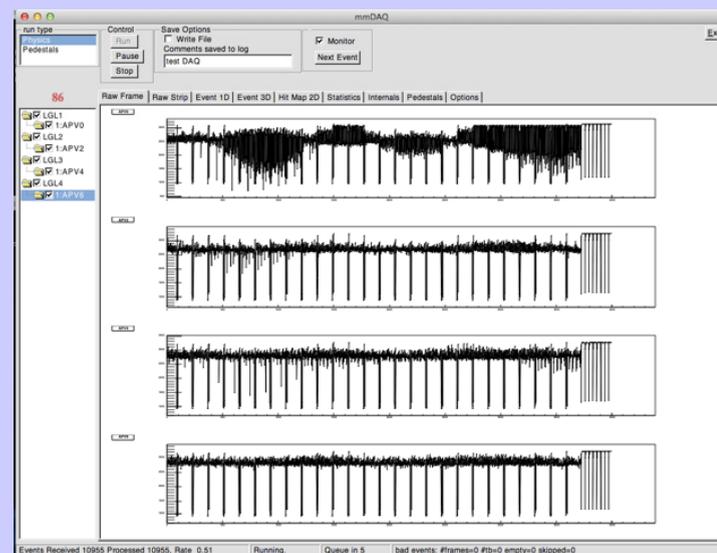
対策 ➡ 新たなトリガー信号処理回路を開発する。

- (2) FoCal-E PAD の信号に大きな電気的ノイズが混入し、前段回路が高温になっていた。

対策 ➡ 固定具の材質を絶縁性材料に変え、専用の電源回路を用意する。

- (3) FoCal-E PAD の DAQ レートが上がらなかった。

対策 ➡ 性能の良いIPCを用意する。



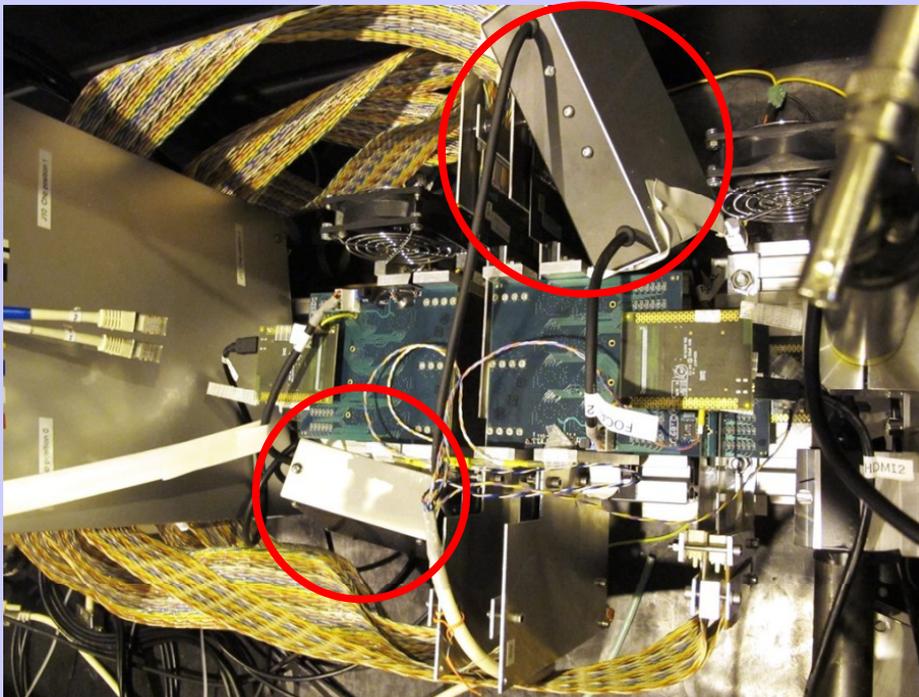
出力信号に混入した電気的ノイズの例

CERN-SPS実験 (PS実験の2ヶ月後)

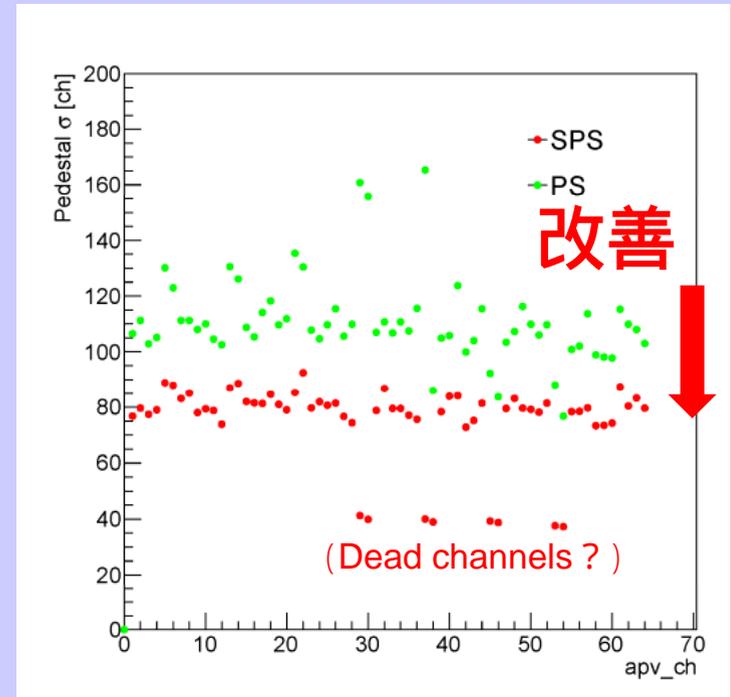
2014年11月の中旬に, CERN-SPS T4-H8 テストビームライン(30 ~ 200GeV)で2回目のビーム実験をおこなった。

➡ この実験結果についても, 後続の講演をお楽しみに!

安定化低電圧供給回路と絶縁型高電圧発生回路を開発。



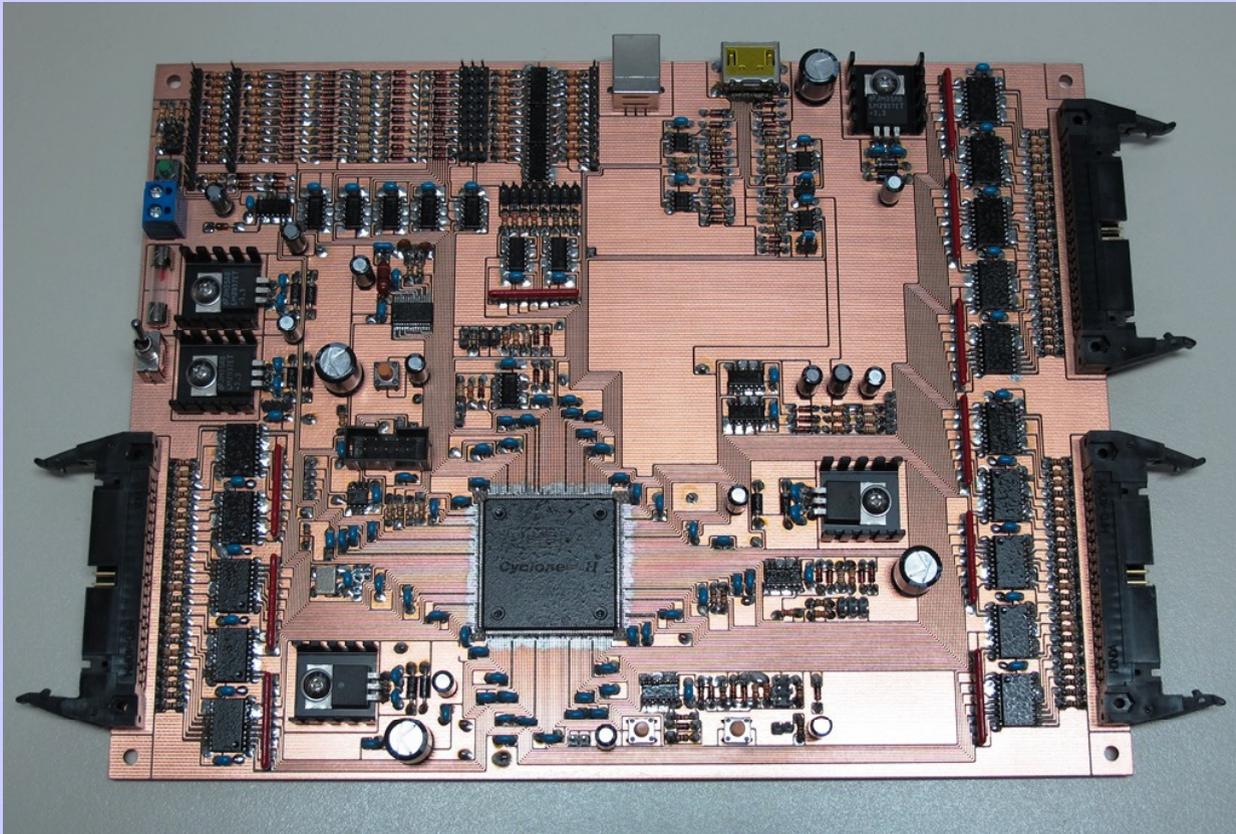
新しい電源回路(感電防止のアルミケース)



改善されたADCペDESTALの幅

トリガー信号処理回路 (Ver.2)

新たなトリガー信号処理回路が、プログラムを含めてほぼ完成し、今年のテストビーム実験で使用する予定である。トリガー信号を数える8桁のカウンタを3系統持っている。



新しく開発したトリガー信号処理回路の外観

まとめ

CERN-PS テストビームラインで, LHC-ALICE実験のための FoCal-E プロトタイプの評価に必要な

- ・ **温度監視回路**
- ・ **トリガー信号処理回路** (Ver.1, 破損素子を特定済み)

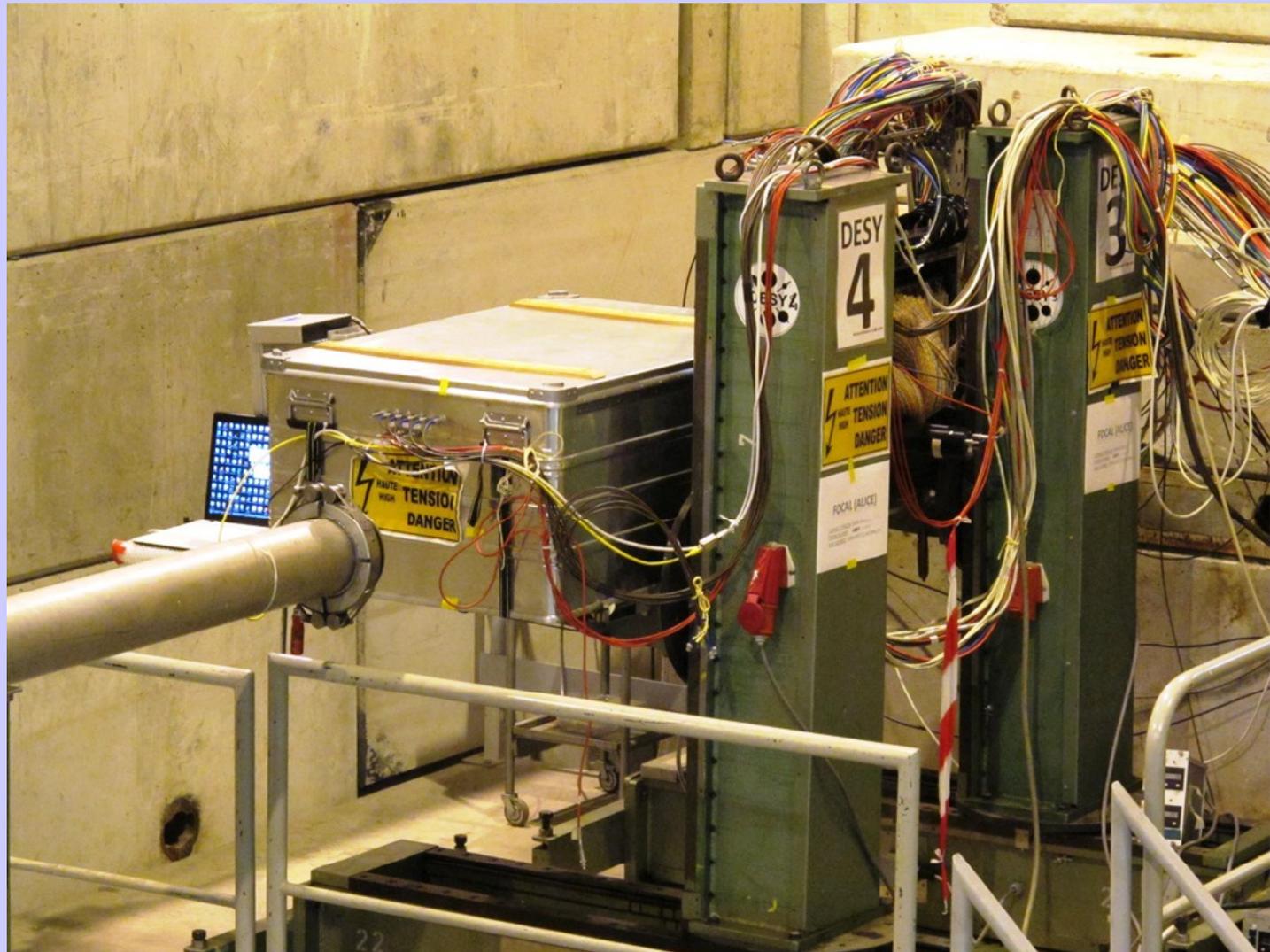
を開発して, 問題点などを洗い出し, その後, CERN-SPS テストビームラインでの実験に向けて,

- ・ **安定化電源供給回路**
- ・ **絶縁型高電圧発生回路**

を開発して, 電氣的ノイズの影響を小さく抑えた。

また, **新たなトリガー信号処理回路** (Ver.2, トリガー信号の回数を数える機能あり) を製作し, 今年のビーム実験に向けた準備を進めている。

ご清聴ありがとうございました。



Beam test setup of the FoCal-E prototype at CERN-SPS test beam line (30 - 200GeV).