

COMET実験用読み出し DAQシステム

大阪大学 修士2年
林 達也

目次

- COMET実験概要
- ROESTI（読み出し回路）
- ROESTIプロトタイプ
- 最後に

COMET実験概要

μ -e転換現象： $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$

標準理論

観測不可能：分岐比 $< 10^{-54}$

標準理論を超える理論

(超対称性大統一理論など)

観測可能と予測：分岐比 $\leq 10^{-16}$

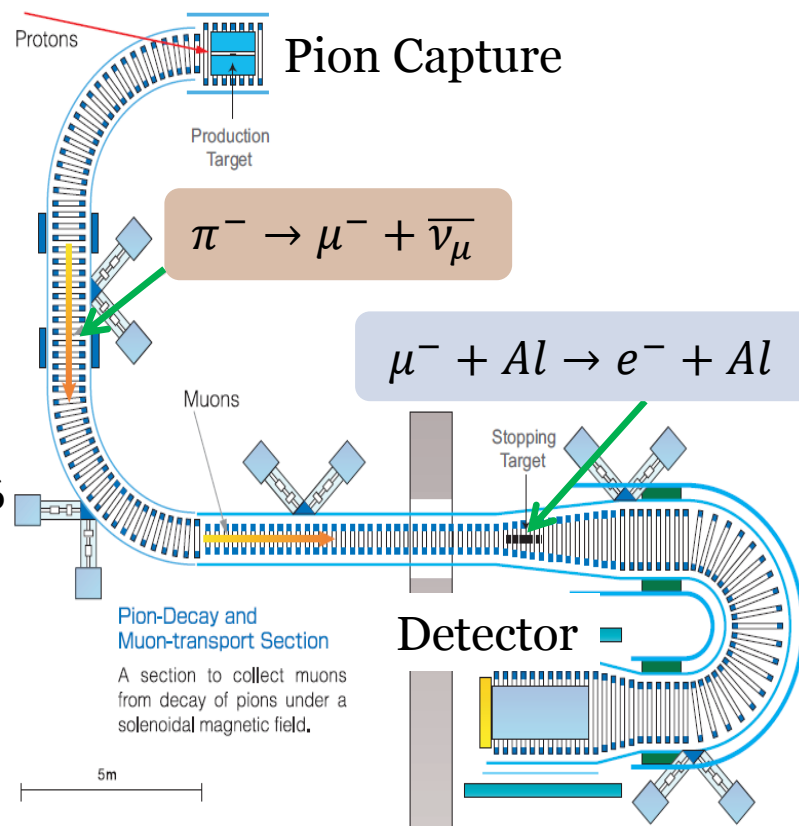


μ -e転換現象が見つければ
新しい物理につながる

COMET実験： μ -e転換現象の探索

- μ -e転換由来の105MeV/c付近の電子のみを検出
- 10^{-16} より良い感度での実験を目指す

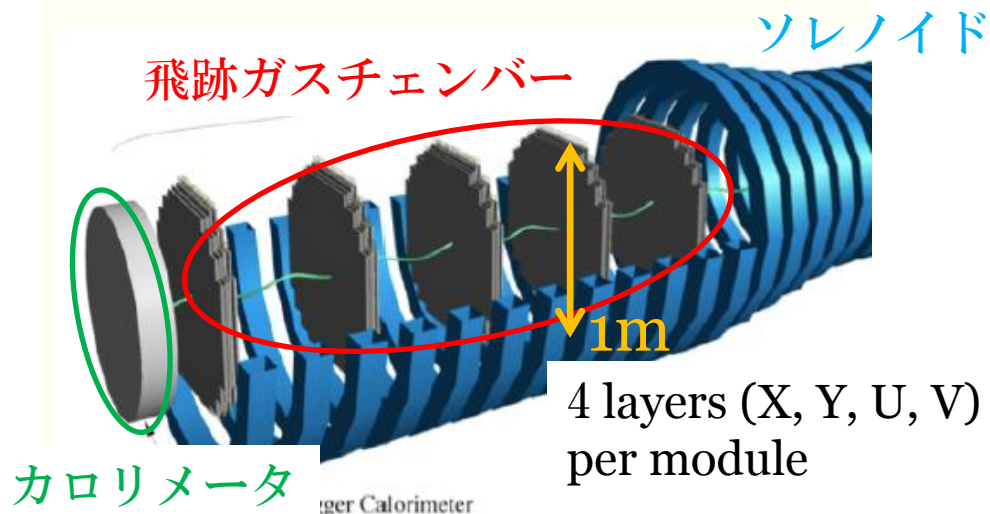
COMET実験装置レイアウト図



J-parc ハドロンホール
にて実験予定

COMET実験検出器

- 飛跡検出器
 - 円筒状のガスチェンバー
 - 1層あたり208本×20層
 - 飛跡からの運動量測定
- カロリメータ
 - イベントトリガー



実験仕様・環境

高計数率計測

チャンネル数が4000ch以上

位置分解能：100～200 μ m

想定最低電荷量（16fC）

ガスマニホールド内での操作

ガス検出器読み出し回路への要求

パイルアップ処理

真空フィードスルー数の最少化

時間分解能：2nsec程度

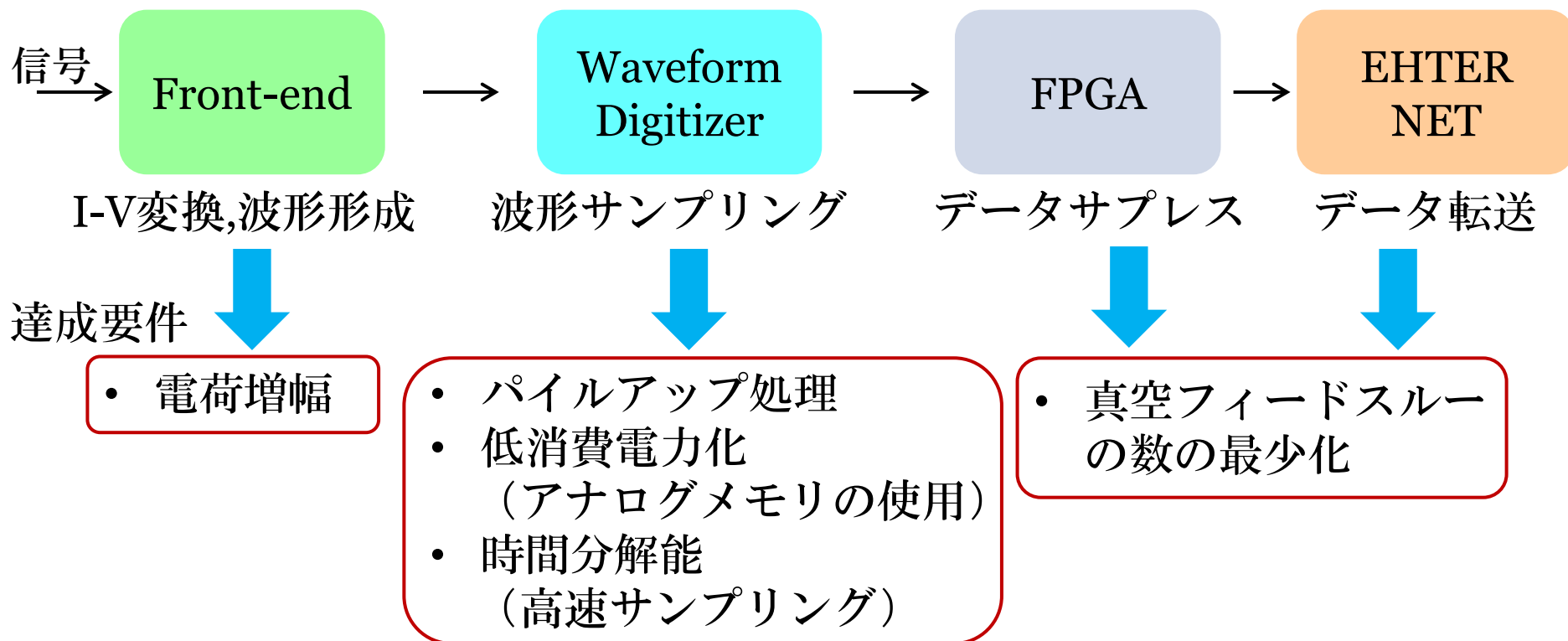
電荷増幅

低消費電力（240～480mW/ch）

ROESTI (Read-Out Electronics for Straw Tube Instrument)

ストローガスチェンバーの読み出し回路として
Waveform Digitizerを採用

全体ブロック図



ROESTIプロトタイプボード Ver 2

プロトタイプの仕様

Front-end:ASD
(Belle実験用に開発)

- 1pC → 1.1V
- 8ch/1chip

アナログメモリ (波形のサンプリング) : DRS 4

- 1024個のスイッチキャパシタが並列接続
- 700MGPS~5GSPSのサンプリングスピード
- 8ch/1chip

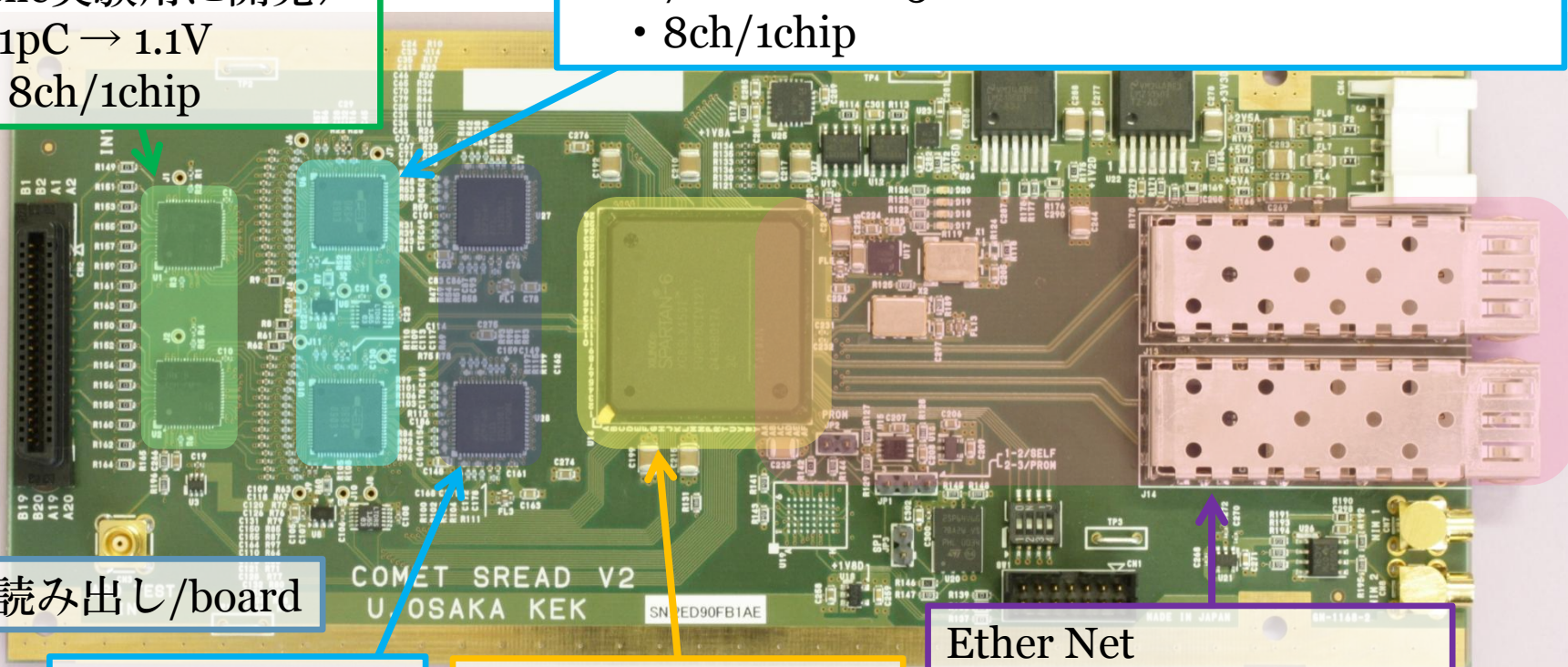
16ch読み出し/board

ADC (AD9222)
• 分解能12bit
• 8ch/1chip

FPGA
• Spartan-6
(LX150T-2fgg676)

Ether Net

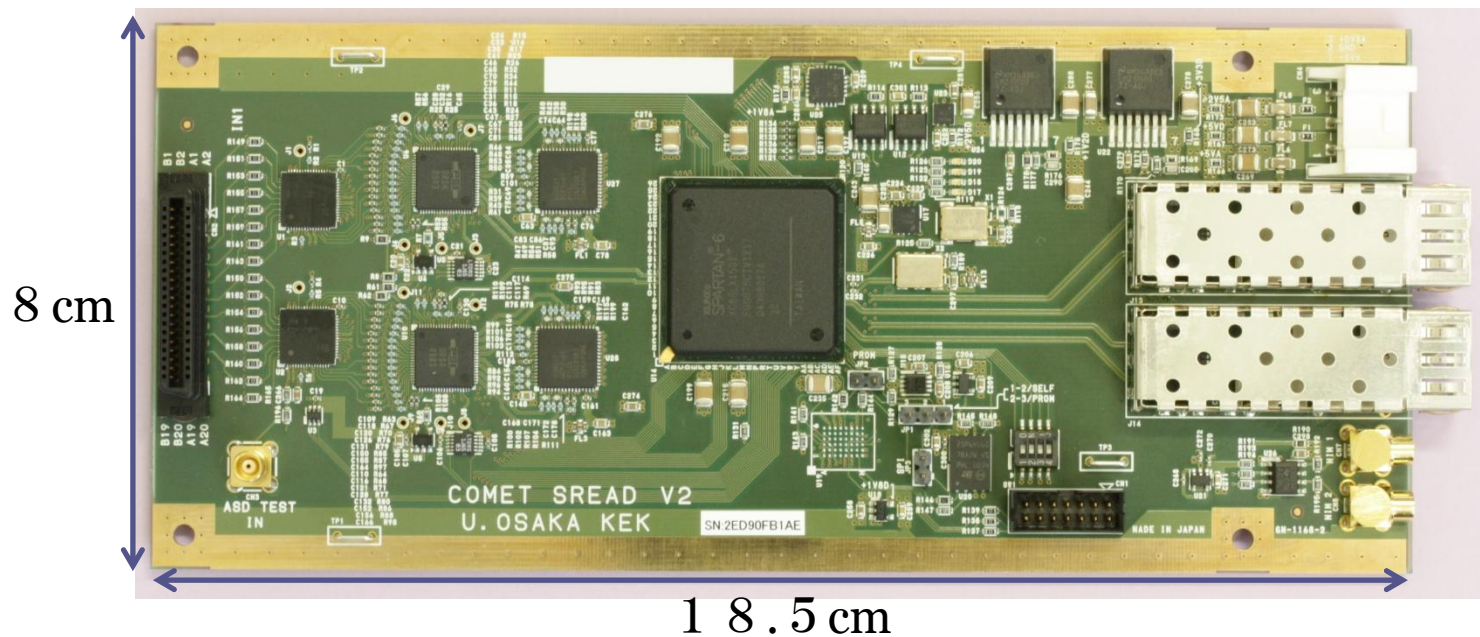
- SFPコネクタ (光)
- 1G bit/sec
- SiTCP(FPGAに実装)



ROESTIプロトタイプボード Ver 2

• 主要な機能

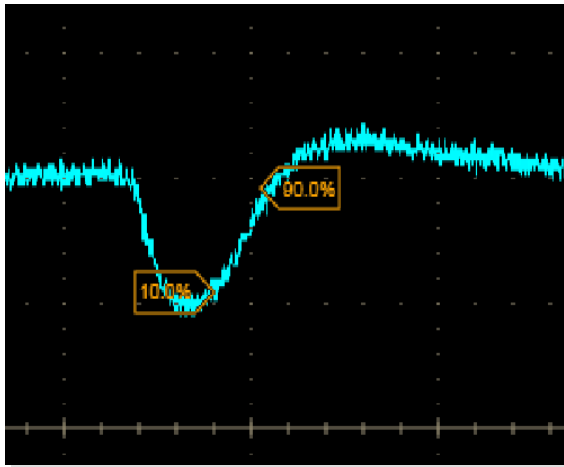
- 波形サンプリング
- デイジーチェーン接続通信
- 専用ケーブルを用いないFPGA
コンフィギュレーションファイルの書き込み



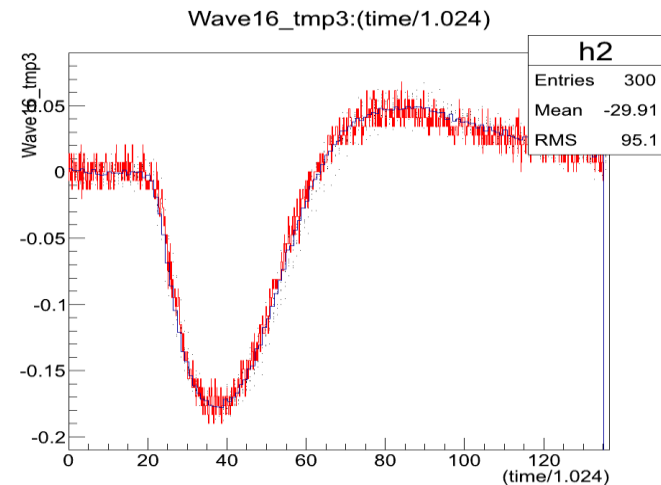
ROESTIプロトタイプボード Ver 2

• 波形サンプリング

- プロトタイプVer 2 ではまだサンプリング機能を
確認していない
- プロトタイプVer 1 の結果で許していただきたい



DRS 4 に入った信号をオシロスコープで
確認した波形（帯域：2.5 GHz）



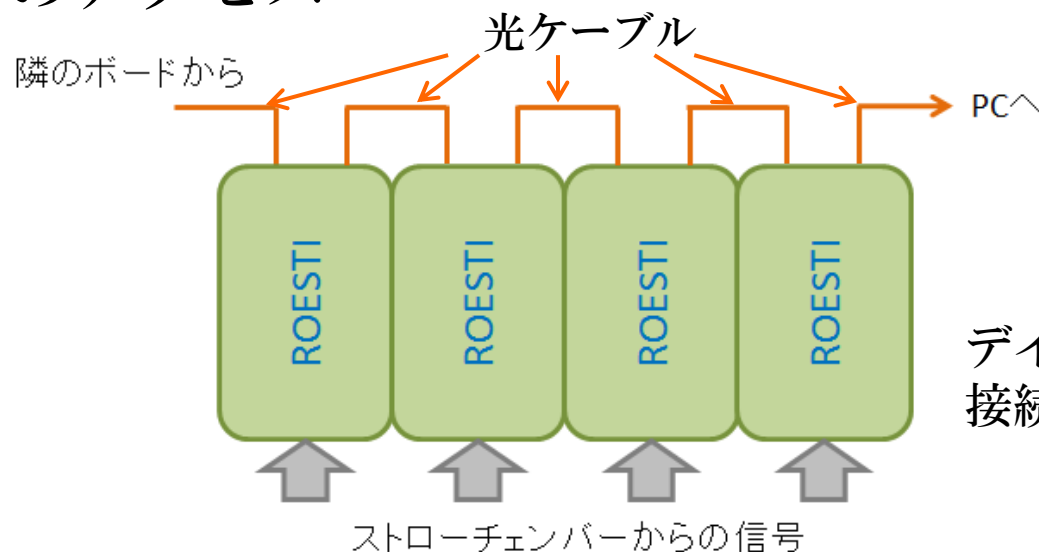
サンプリングスピードを約 1 GSPSにして
実際に取得した波形

定性的に相似形であることを確認

ROESTIプロトタイプボード Ver 2

• デイジーチェーン接続

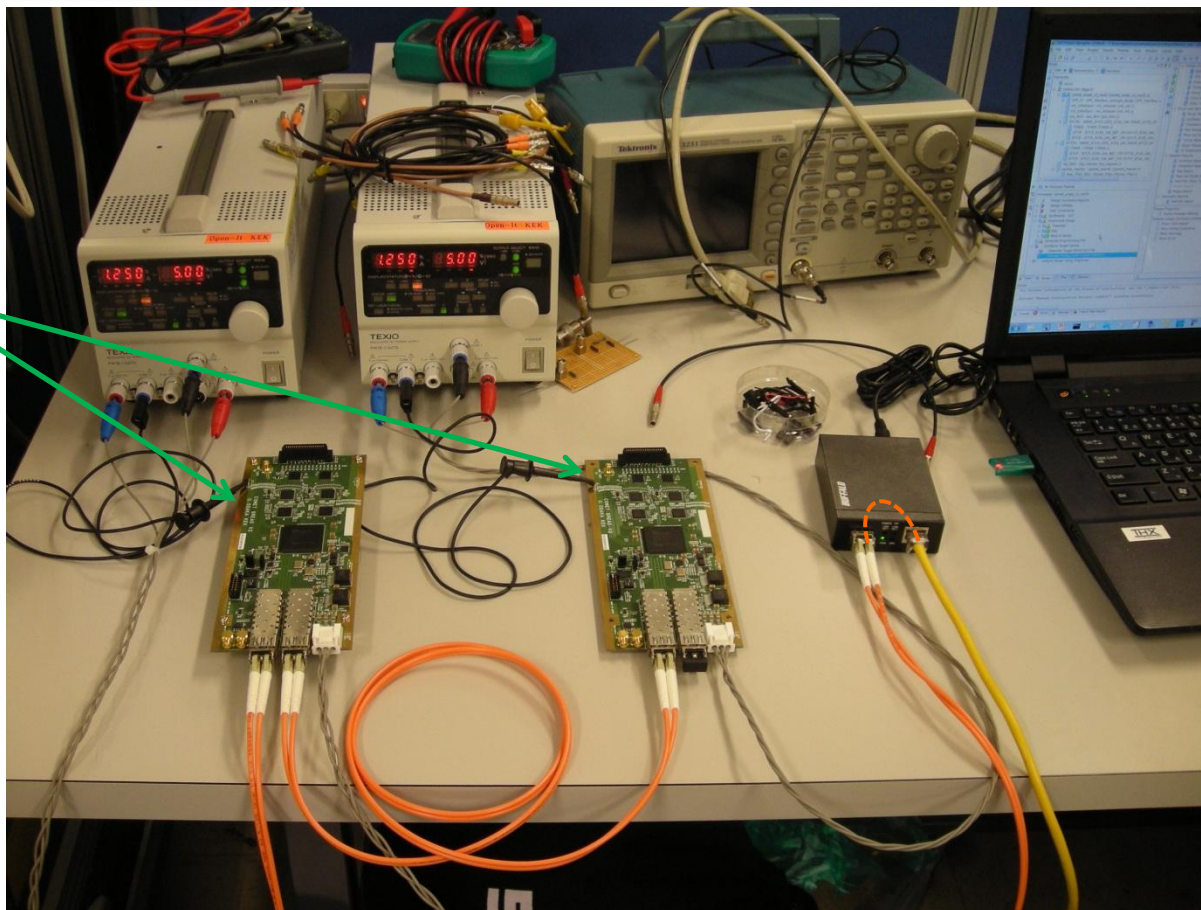
- ボードをチェーン状に接続してUDP通信による各ボードへのアクセス、TCP通信によるデータ転送を**1本のライン**で行う
- 複数枚ボードを読み出すのにPCにつなぐケーブルが**1本**でよい
- **両側**からのアクセス



ROESTIプロトタイプボード Ver 2

- 実際の接続様子

ボード



PCへ接続

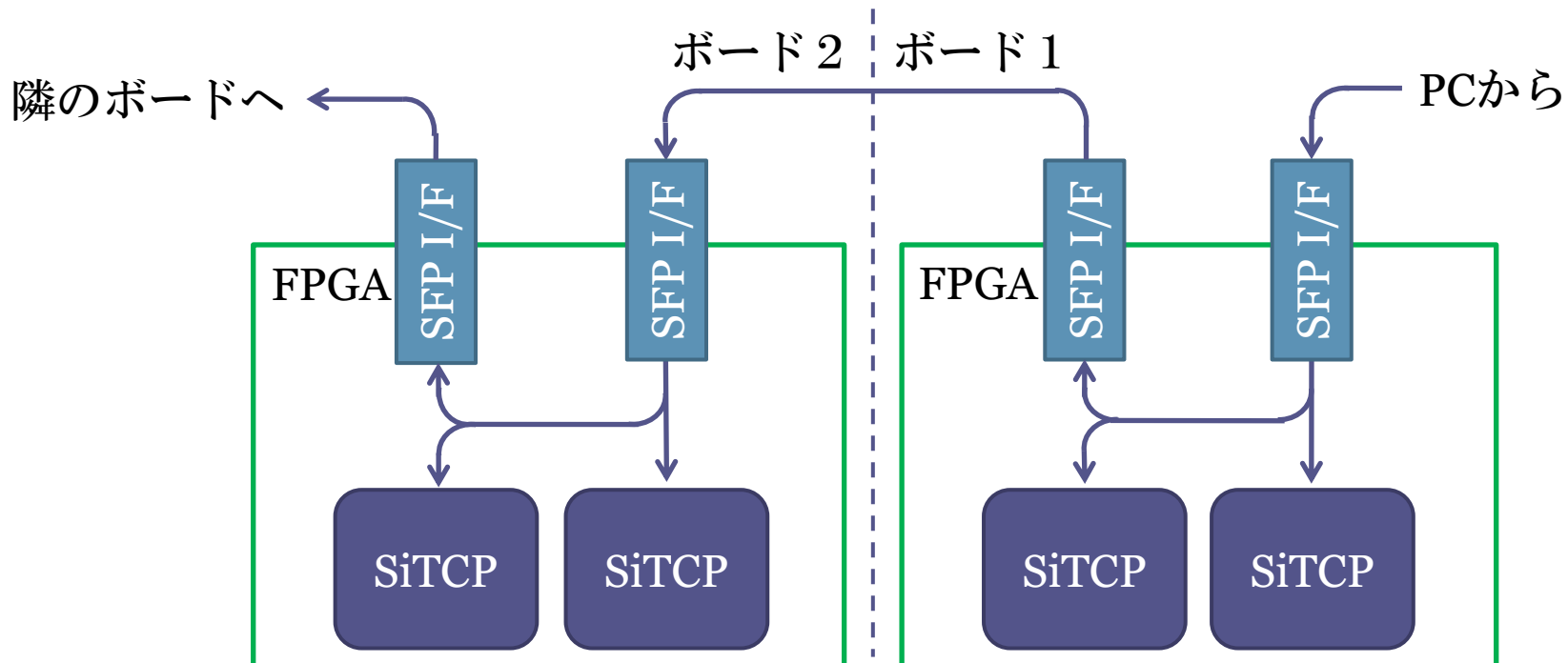
補足：SiTCPについて

- SiTCP

- KEKの内田智久氏が開発したFPGA－PC間をTCP/IP通信出来るようにするFPGA実装モジュール
- SiTCPの機能として
 - TCPを用いた高速転送（データ転送）
 - UDPを用いたスローコントロール（レジスタアクセスなど）が可能
- デイジーチェーン接続機能はSiTCPをベースに開発を進めている

ROESTIプロトタイプボード Ver 2

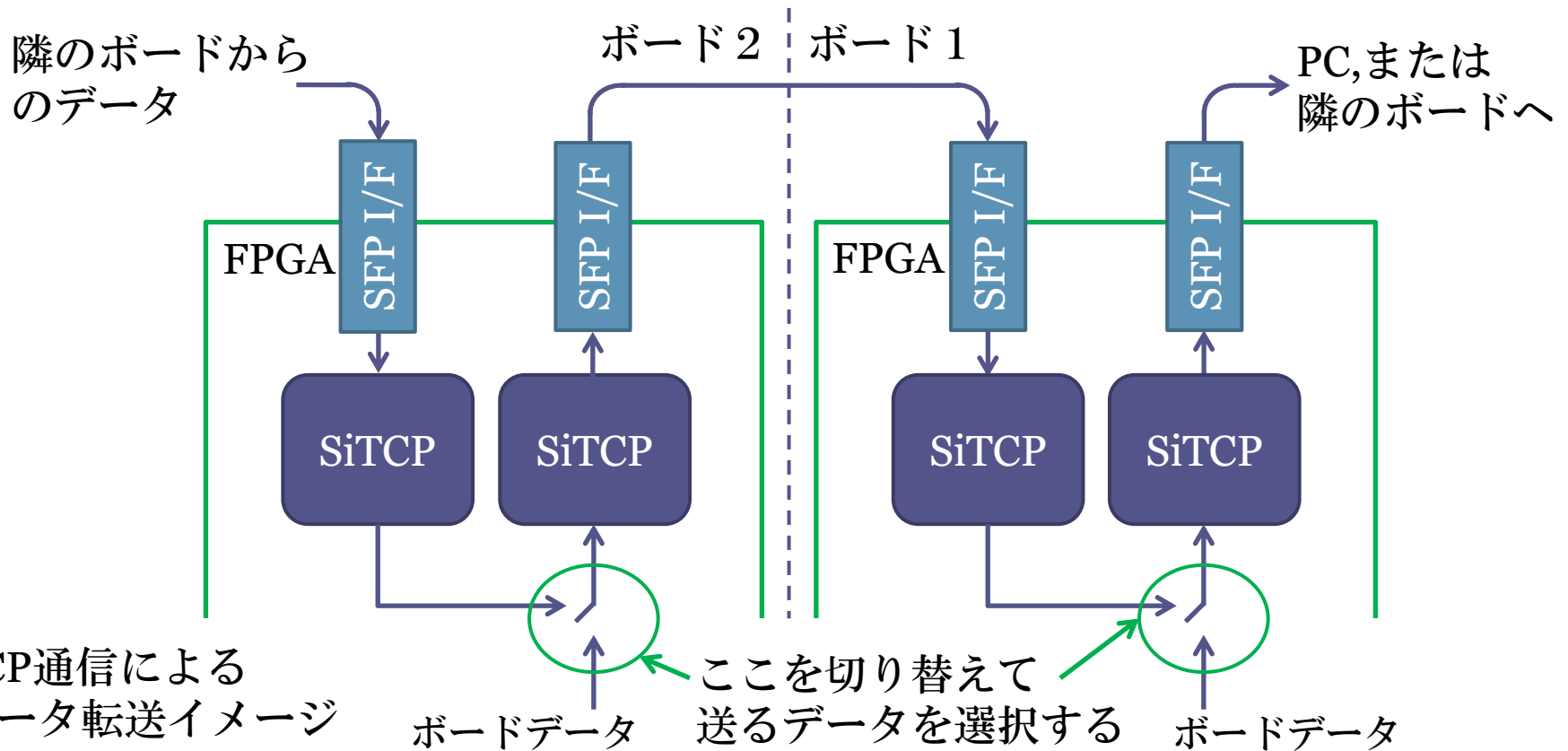
- デイジーチェーン接続（UDP通信）
 - 各ポートにSiTCPのフローコントロールでアクセス



UDP通信によるアクセスイメージ

ROESTIプロトタイプボード Ver 2

- デイジーチェーン接続 (TCP通信)
 - 波形データはTCP通信を利用して送信する
 - データは**イベント毎にボード順**でPCへ送られる



ROESTIプロトタイプボード Ver 2

- デイジーチェーン接続開発状況
 - 2枚のボードを接続してテスト中
 - **UDP通信は成功**
 - 確認方法（定性的）
 - LEDの点灯、Wiresharkによる確認
 - FPGAコンフィギュレーションファイルの書き込み
 - 切り替え部分のFPGAモジュールはデバッグ中
 - 一応ボード2枚接続でデータパケットを送ることは成功
- 詳しい結果、開発状況はOpen-Itのサイトに掲載していく予定

ROESTIプロトタイプボード Ver 2

- FPGAコンフィギュレーションファイルの書き込み
 - ファームウェアをFPGAに書き込む時は専用のプラットフォームケーブルを用いて行う
 - 気になる点として
 - PROMにダウンロードするのに**少し時間がかかる**
 - 実験装置に組み込んでしまうと書き換えができない
 - SiTCP経由（UDP通信）でシリアルPROMに直接コンフィギュレーションファイルを書き込み、自動でリブートできるように設計 → **成功**
 - PCに接続してあれば実験装置に組み込んだ後でもPROMへの書き込みが**専用ケーブルなしで可能**

ROESTIプロトタイプボード Ver 2

- FPGAコンフィギュレーションファイルの書き込み
 - SiTCP経由とプラットフォームケーブルの書き込み時間の比較
 - 使用機器
 - FPGA : Spartan 6
 - シリアルPROM : M25P64
 - 計測結果 (一例)
 - SiTCP経由 : **5分** (Linux)
 - プラットフォームケーブル : **9分30秒** (Windows)
 - (上記の結果はPC環境、ファイルサイズ等によるため目安程度に)
- 今後Open-Itのページに使い方、FPGAコード、書き込みプログラム、回路図 (関係部分) を掲載する予定

最後に

- COMET実験用のガスチェンバー読み出し回路を製作中、現在プロトタイプVer 2のデバッグ中
 - 他のガスチェンバーにも**転用できる可能性**がある
 - 波形サンプリングに加え、デジチェーン接続によるデータ転送、PC接続ラインの削減など**それなりに多機能**
 - SiTCP同士のTCP通信もあまり行われていないらしいので新しいといえば**新しい技術**もある
- まだ開発途中ですが自分は来年卒業するため、引き継いでくれる方募集中です