

データ転送技術「SiTCP」の紹介

2013/09/09

内田智久

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所
エレクトロニクスシステムグループ

SiTCPとは？

ハードウェアベースのTCP/IP/Ethernetプロセッサ

- ◎ ハードウェアでネットワーク・プロトコルを処理
 - TCP, UDP, IP, ICMP, ARP, Ethernet
- ◎ 回路規模が小さい
 - FPGAなどに搭載可能
- ◎ 高速データ転送
 - GbEのバンド幅を100%使用したTCP通信可能

SiTCP実装例

すばる望遠鏡 主焦点カメラ用に
開発したCCD読み出しボード

SFP (GbE I/F)

FPGA



SiTCPが
実装されている

光I/FはFPGAに直接接続可能

開発背景

高エネルギー物理実験の検出器システムのために開発

検出器システムI/Fの問題点

- ◎ 検出信号処理回路とPC間I/Fの不統一
 - あまりにも多くのI/F種類が存在
 - 独自規格も存在、長期間の保守管理が不利
- ◎ 検出信号処理回路に課せられる制限が強い
 - 大きさ、消費電力、コストの制限、高速データ転送
 - 技術的に困難、市販組み込みCPUボードでは不可

開発背景

高エネルギー物理実験の検出器システムのために開発

検出器システムI/Fの問題点

- ◎ 検出信号処理回路とPC間I/Fの不統一

- > あまりに特殊なI/F
- > 検出器独自のI/F



広く使用されている
TCP + Ethernetで統一

- ◎ 検出信号処理回路に課せられる制限が強い

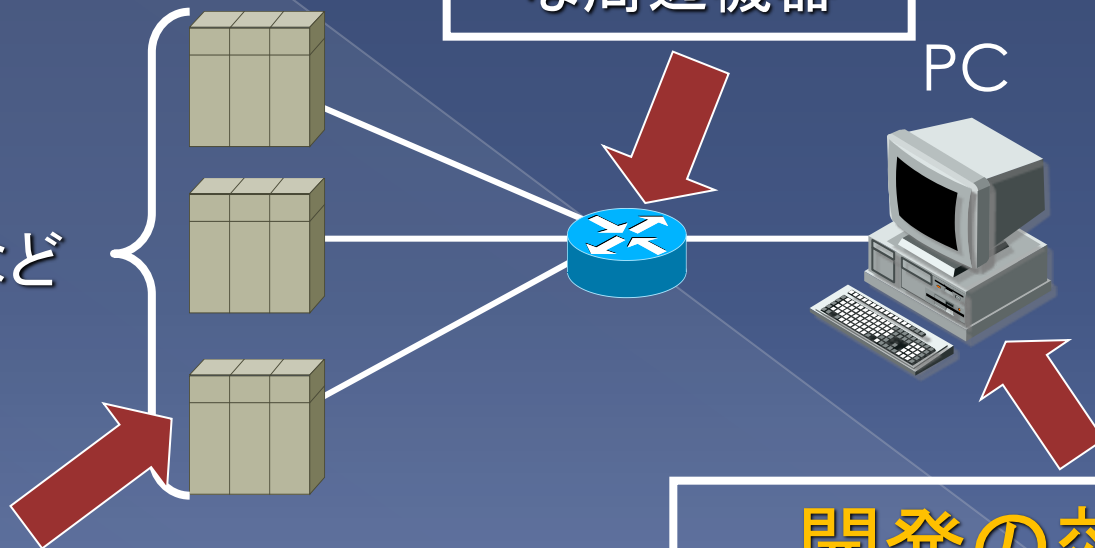
- > 大きさ、消費電力、コストの制限、高速データ転送
- > 技術的に困難、市販組み込みCPUボードでは不可

Ethernetで接続すると

PCへのデータ転送、
拡張性を解決するだけでなく

安価で豊富な
周辺機器

センサーなど



メンテナンス、開発の効率化

直接PCを接続してメンテナンス、開発

開発の効率化

ソケットプログラミング(標準OS)

デバイスドライバ開発、
プロトコル処理はOSがサポート

Ethernetがネットワークの覇者か？

日経エレクトロニクス最新号



<http://techon.nikkeibp.co.jp/NED/pc/>より

特集

すべてがEthernet一色に
制御系ネットワークの新標準



【第1部：総論】
いざリアルタイムの世界へ
自動車や鉄道、工場に広がる

【第2部：自動車編】
コスト削減が普及を後押し
1Gビット/秒やPoEも視野

【第3部：鉄道編】
標準化作業が最終段階に
欧州や日本で採用拡大へ

【第4部：工場編】
製造装置にもEthernet
高速応答に知恵を絞る

【第5部：セキュリティ編】
常態化する工場への攻撃
外部とつながる自動車も懸念

▲ ページTOPへ

開発背景

高エネルギー物理実験の検出器システムのために開発

検出器システムI/Fの問題点

- ◎ 検出信号処理回路とPC間I/Fの不統一

- > あまりに特殊なI/F
 - > 独自のI/F
- 広く使用されている
TCP + Ethernetで統一**

- ◎ 検出信号処理回路に課せられる制限が強い

- > 大きさ、消費電力、コストの制限、高速データ転送
- > 技術的に困難、市販組み込みCPUボードでは不可

開発背景

高エネルギー物理実験の検出器システムのために開発

検出器システムI/Fの問題点

- ◎ 検出信号処理回路とPC間I/Fの不統一

- > あまりに特殊なI/F
 - > 独自規格
- 広く使用されている
TCP + Ethernetで統一

- ◎ 検出信号処理回路に課せられる制限が強い

- > 大きさ、消費電力
 - > 冷却、電源
- ハードウェア化により
小型化、高速化を同時に実現

小型化

FPGA内に全回路実装可能

MACアドレスなどを格納する外部ROMは必要

SFP (GbE I/F)

FPGA



SiTCPが
実装されている

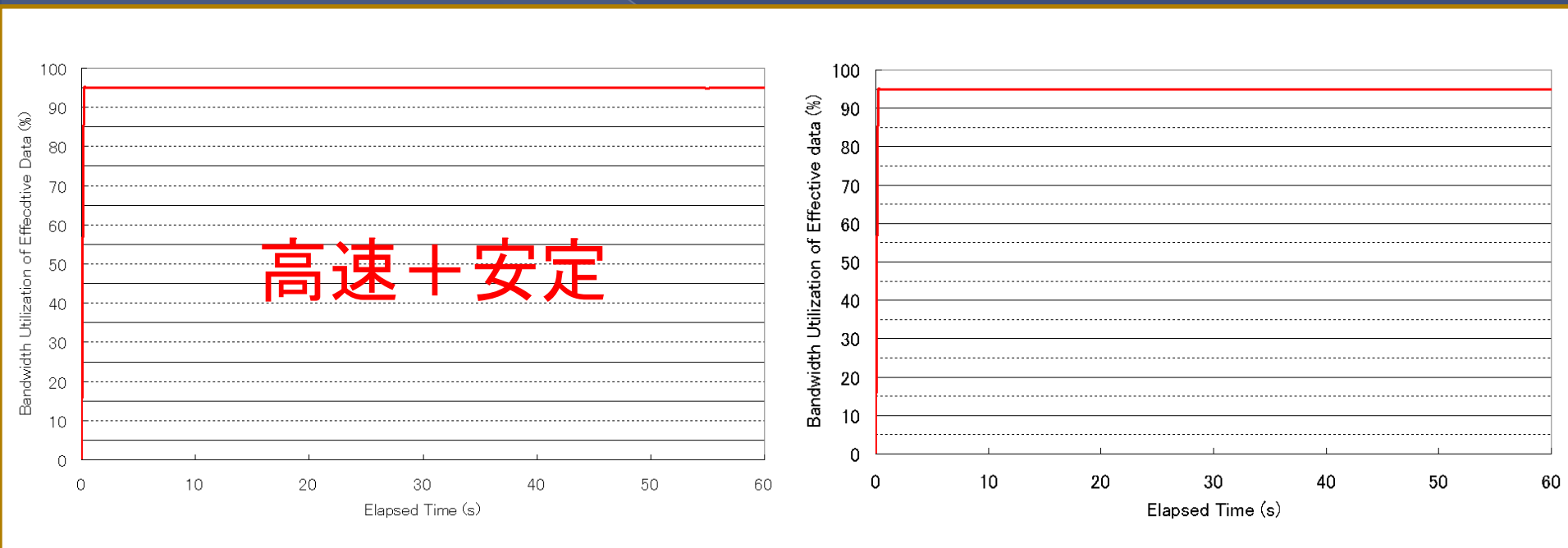
Xilinx FPGAでは約2000 Slice

転送レート測定結果

理論限界値

Avg. Utilization ~ 95% (950 Mbps)

TCPセグメントの正味の転送レート



Server → Client

Client → Server

200msec毎の平均転送レート

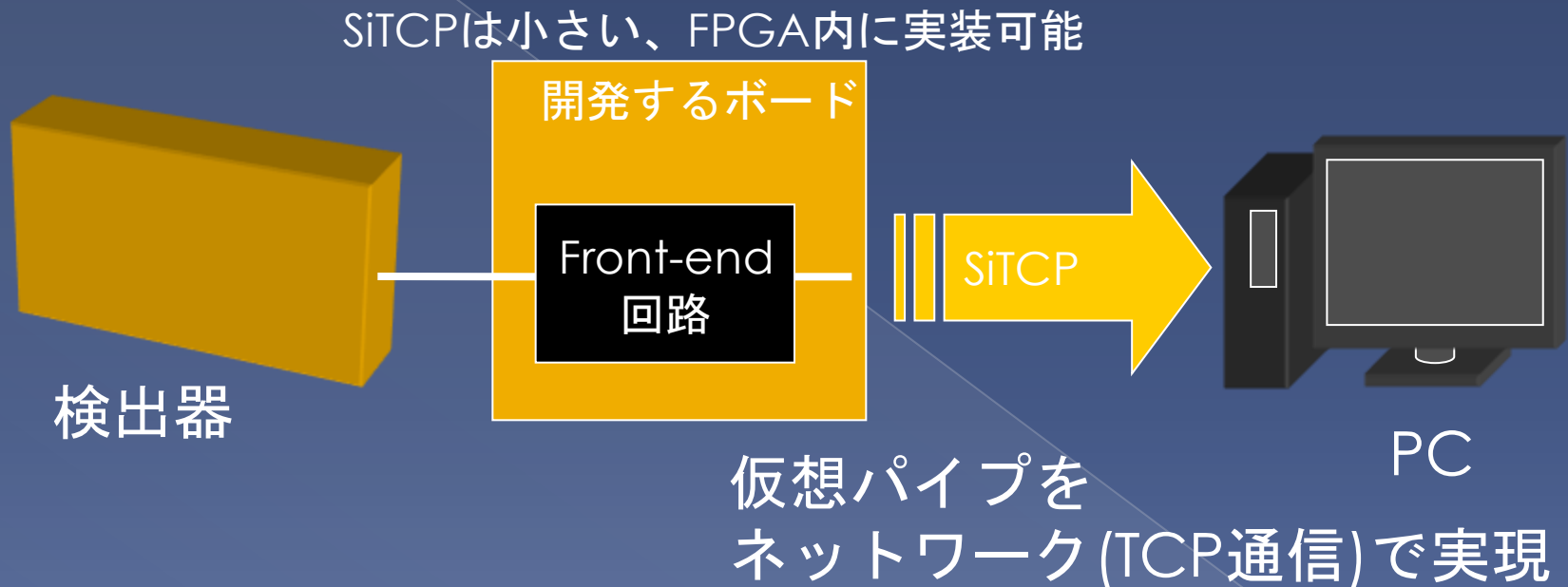
データ収集技術講演会@HT

SiTCPの特徴

- ◎ ハードウェアによるTCP/IP/Ethernet通信
 - > 10Mbps~1Gbps Ethernet
 - > Ethernetのバンド幅の**上限値**で**安定した**TCPデータ通信
 - > Slow control機能（UDP使用）
- ◎ 容易な実装
 - > 小さい回路規模
 - > FPGAライブラリ (Xilinx)として配布
 - > 使いやすい容易なユーザI/F

ソケットプログラミングによりPCインタフェースが簡単！！

ユーザーから見たSiTCP

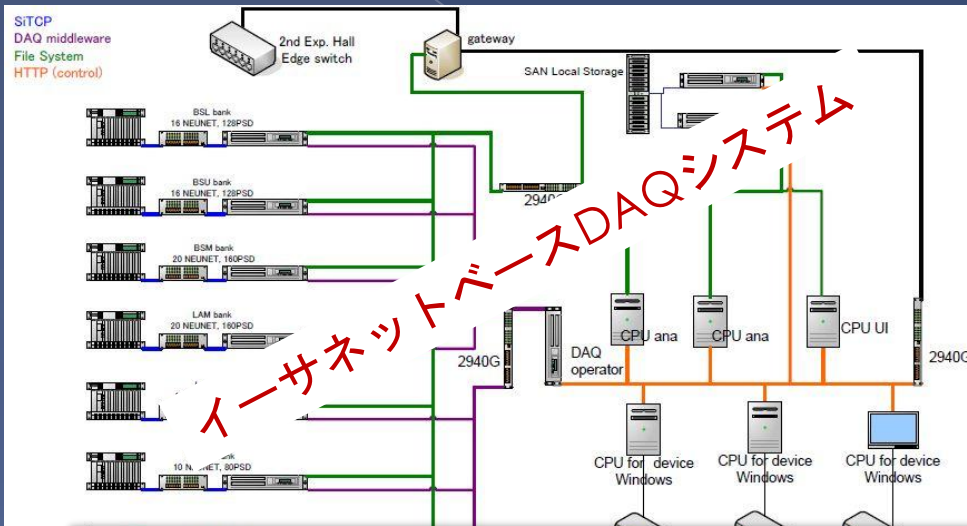


SiTCPに書き込めば、PCへデータを転送できる
OSの標準ソケットプログラミングでOK

SiTCPの採用例

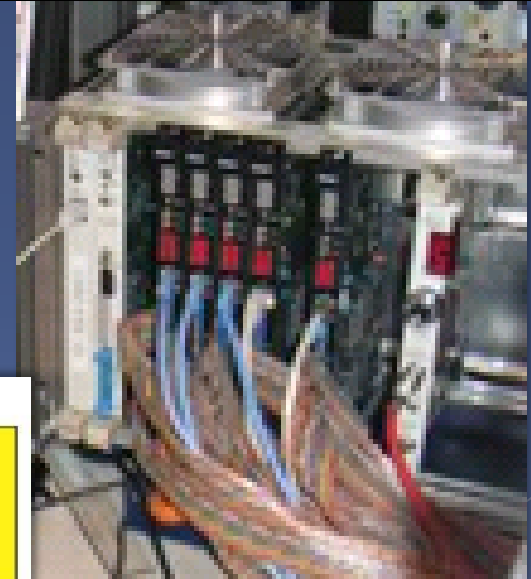
1. 物性：パルス中性子実験
JPARC-MLF
2. 素粒子（宇宙線）
東京大学宇宙線研究所 Super Kamiokande
3. 宇宙、天文：可視光望遠鏡
国立天文台（Hyper Suprime-Cam）
4. 火山：Cosmic-muon Radiography
東京大学地震研究所

物性：パルス中性子実験 JPARC-MLF



Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 600 (2009) 103–106

NEUNET:
SiTCP+佐藤回路をFPGAに実装



Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Instruments and Methods in
Physics Research A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima



Development of a readout system employing high-speed network for J-PARC

S. Satoh^{a,*}, S. Muto^a, N. Kaneko^a, T. Uchida^b, M. Tanaka^a, Y. Yasu^a, K. Nakayoshi^a, E. Inoue^a, H. Sendai^a,
T. Nakatani^c, T. Otomo^a

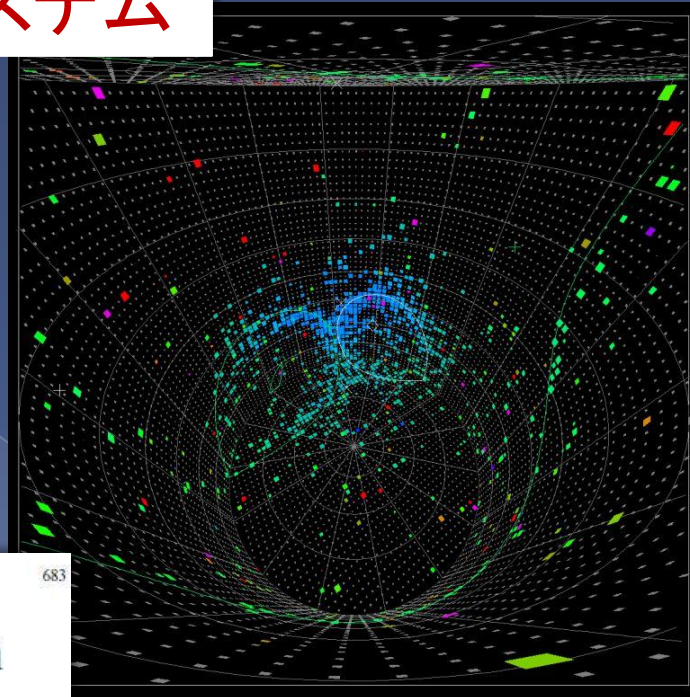
素粒子（宇宙線）

東京大学宇宙線研究所 Super Kamiokande

イーサネットベースDAQシステム



- 2006年春SiTCPを最初に採用
- SiTCP開発はSKグループの貢献が非常に大きい（デバック時の多大な貢献）
- 2008年9月神岡にインストールされた
 - 約500モジュール使用



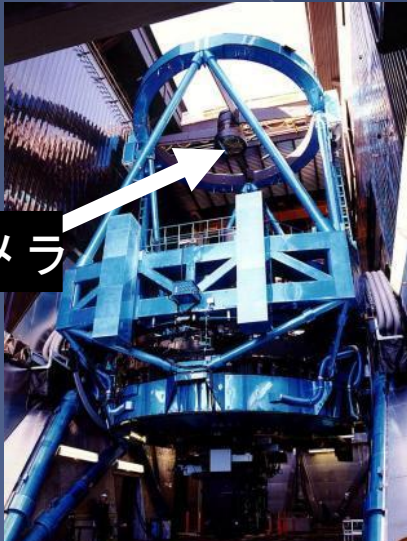
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 55, NO. 2, APRIL 2008

683

The Development of the New Data Acquisition System Without Hardware Trigger for the Super-Kamiokande Experiment

Satoru Yamada, Yoshinari Hayato, Yoshihisa Obayashi, and Masato Shiozawa

宇宙、天文：可視光望遠鏡 国立天文台（Hyper Suprime-Cam）



主焦点カメラ

（すばる望遠鏡 次世代主焦点カメラ）

イーサネットベースDAQシステム

- ◎ 110枚CCD読みだし
 - > 2GByte/1画像
- ◎ 主焦点カメラに組み込む



CCD読みだしモジュール（東大 相原研）

IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 59, NO. 4, AUGUST 2012

1767

Back-End Readout Electronics for Hyper Suprime-Cam

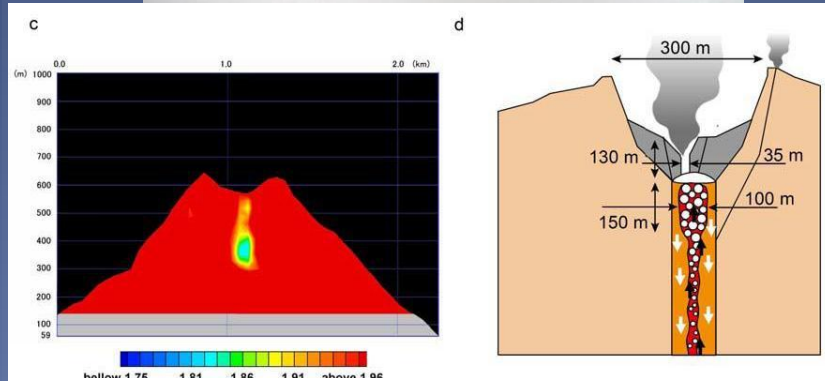
Hironao Miyatake, Hiroki Fujimori, Hiroaki Aihara, Sogo Mineo, Satoshi Miyazaki, Hidehiko Nakaya, and Tomohisa Uchida, *Member, IEEE*

火山：Cosmic-muon Radiography 東京大学地震研究所



- ◎ モジュール1枚で読みだし可
- ◎ Webブラウザによるデータ読みだし
- ◎ 各地の火山を観測
 - > 薩摩硫黄島硫黄岳
 - > 浅間山
 - > 桜島...

[Webページ](#)



448

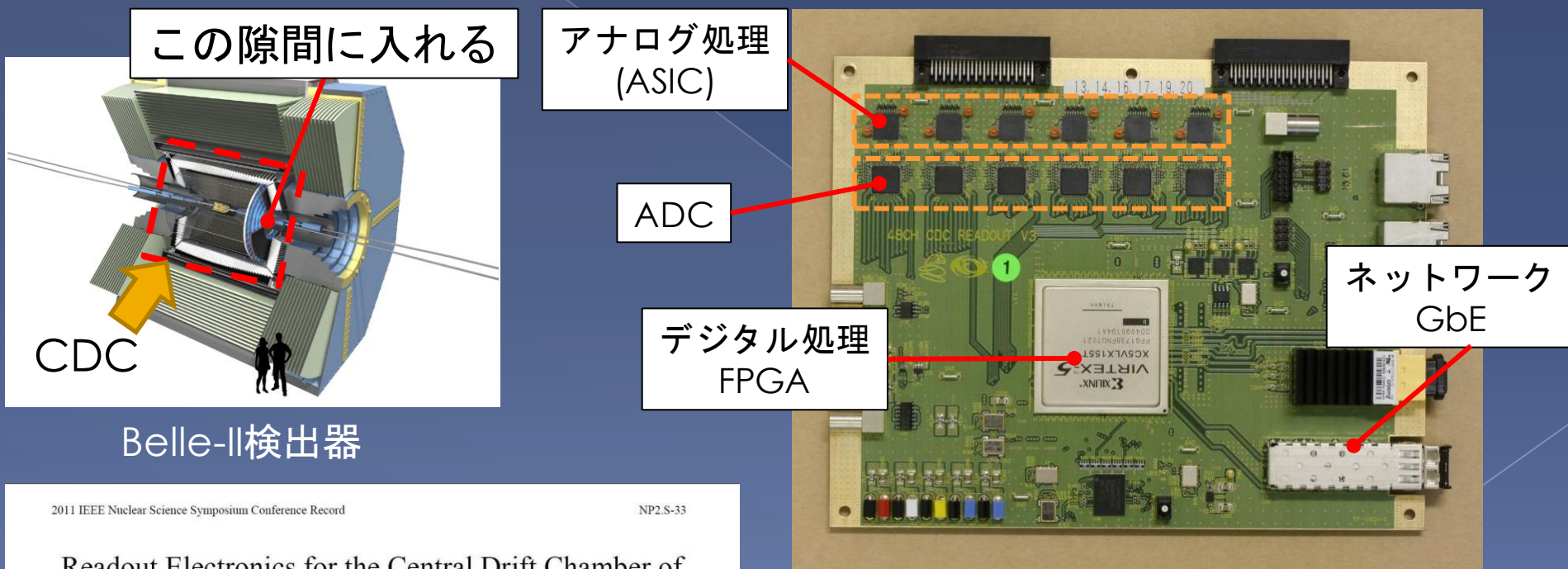
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 56, NO. 2, APRIL 2009

Space Saving and Power Efficient Readout System for Cosmic-Ray Muon Radiography

Tomohisa Uchida, *Member, IEEE*, Hiroyuki K. M. Tanaka, and Manobu Tanaka, *Member, IEEE*

高エネルギー： KEK Belle-II CDC読み出し

ドリフトチェンバー用読み出しモジュール



2011 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record

NP2.S-33

Readout Electronics for the Central Drift Chamber of the Belle II Detector

Tomohisa Uchida, Member, IEEE, Masahiro Ikeno, Yoshihito Iwasaki, Masatoshi Saito, Shoichi Shimazaki,
Manobu Tanaka, Nanae Taniguchi, and Shoji Uno

フロントエンドに必要な全ての機能を搭載

Webページ

まとめ

- ◎ SiTCPはハードウェアベースのネットワークプロセッサ
 - TCP/IP/Ethernet
- ◎ 特徴
 - 回路規模が小さい（約2000 Slice）
 - Ethernetのバンド幅上限でTCPデータ転送可能
 - 大規模データ転送アプリケーションに適している

SiTCPの情報

詳細は下のWebページをご覧ください

- ◎ SiTCPのWebページ

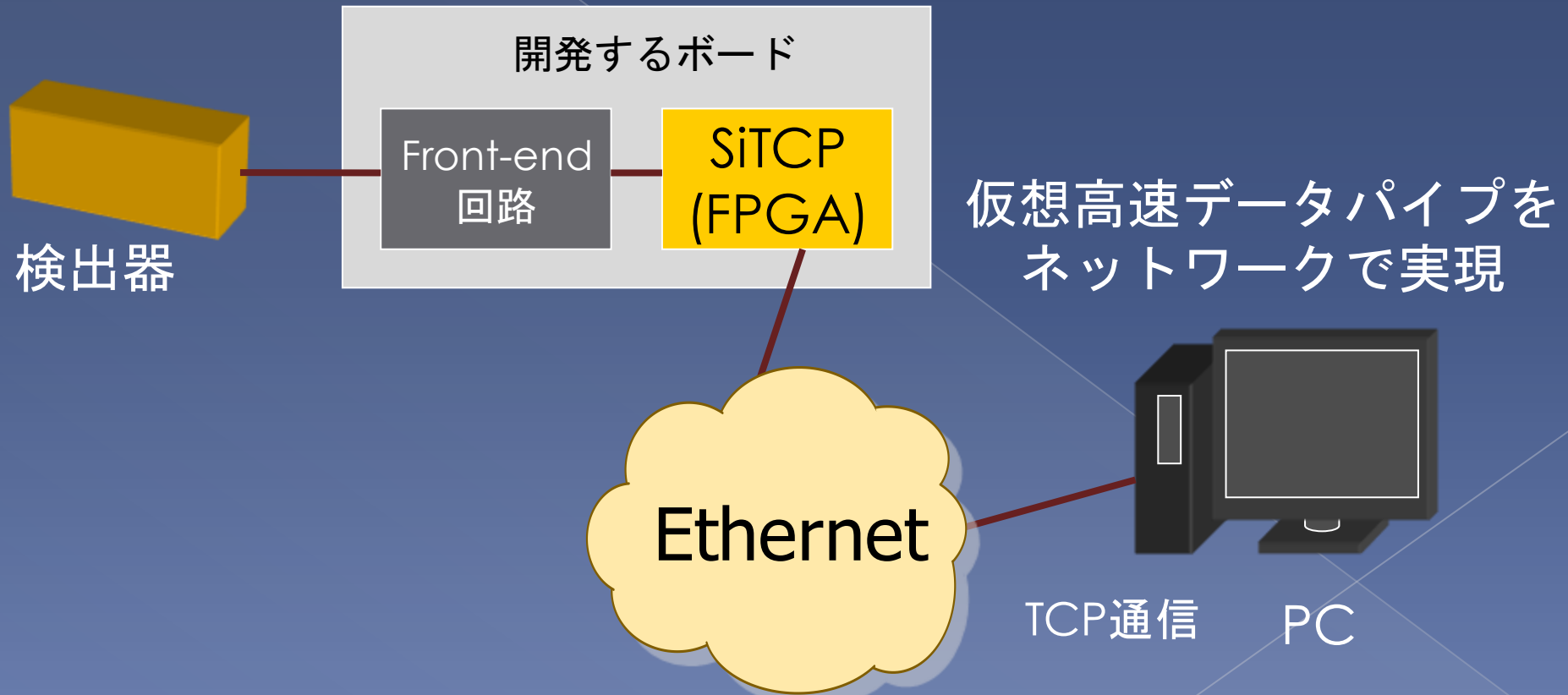
- > <http://e-sys.kek.jp/tech/sitcp/>

ありがとうございました。

付録

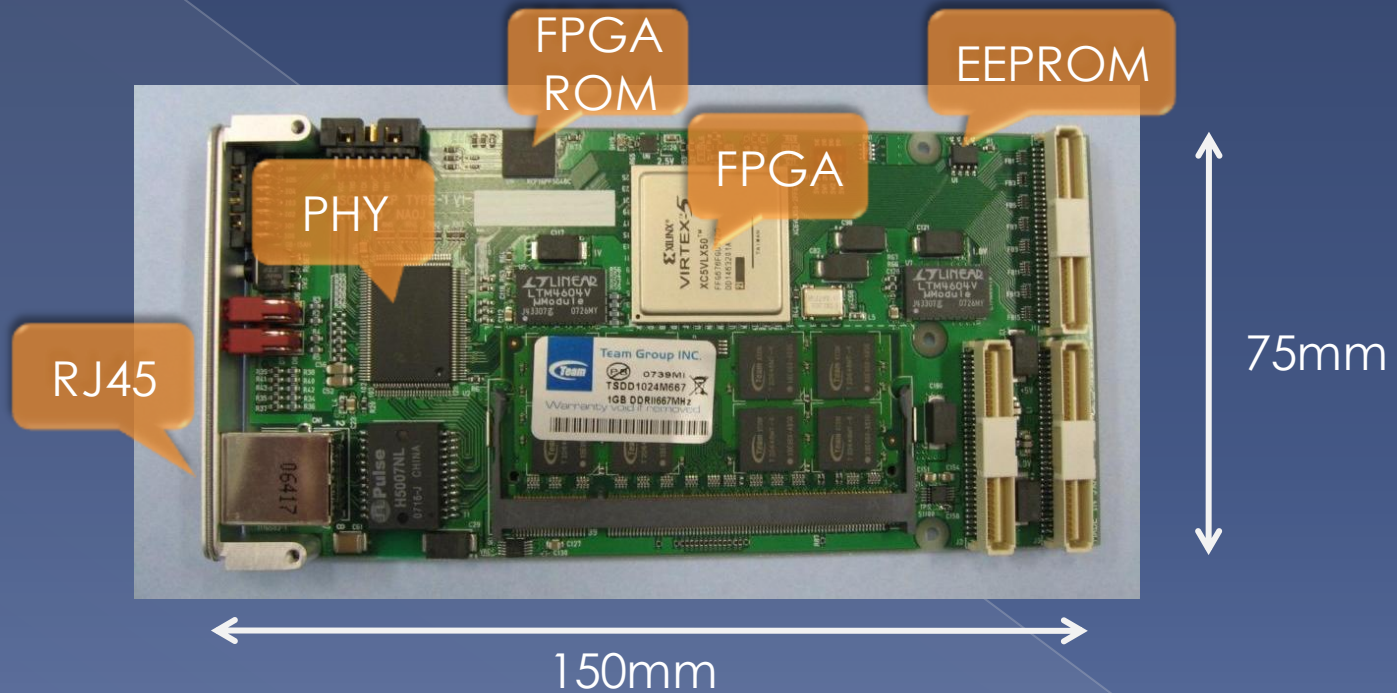
SiTCP使用例

FPGAをネットワークに接続する技術
しかも、TCP/IP高速転送可能！



実装例：UTP

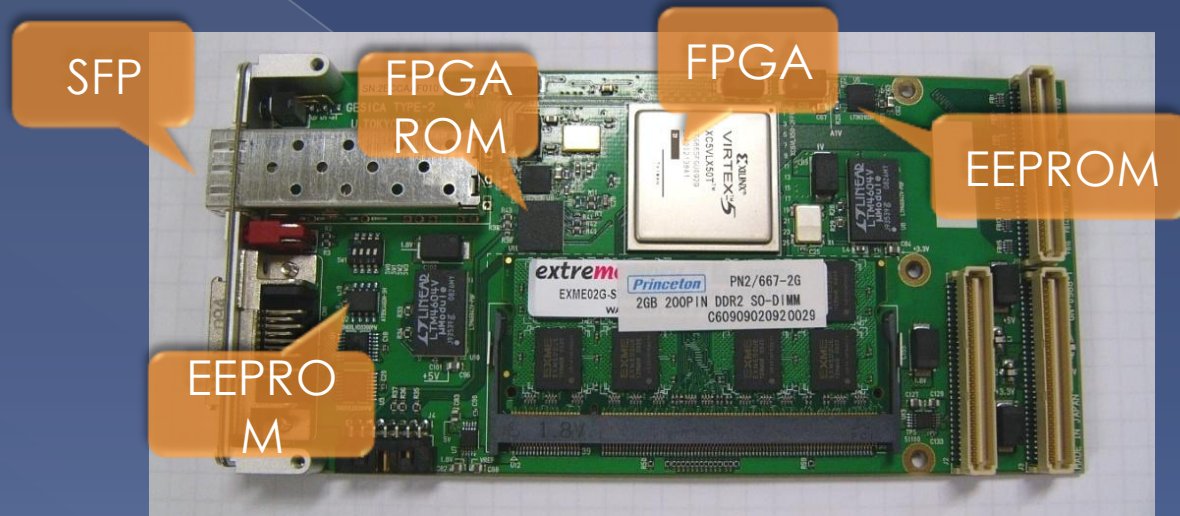
2GBの画像データを処理するカード



外付け部品が少ない！

実装例：光I/F

光I/FはFPGAに直接接続可能



外付け部品は無いも同然！

SiTCPと周辺部品

