

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 3月31日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540312

研究課題名（和文） 並列シリアル転送による新しいデータ収集系の開発

研究課題名（英文） Development of new data acquisition system with parallelized serial transfer

研究代表者

味村 周平（AJIMURA SHUHEI）

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：10273575

研究成果の概要（和文）：現在の進行中もしくは実施される各物理実験では、検出器からの信号のパイプアップを避けるため検出器の大型化、細分割化のため多数のデータを並列に読み出す必要がある。そのため効率のよいデータ収集系が必要である。最新の工業規格を応用し、低コストで小規模から中規模実験に対応できるデータ収集系を開発した。シリアルデータ転送路を用いて多数のデータを並行して転送する。こういった次世代高速読み出しシステムを開発・構築し、実際の実験で実証を行う。

研究成果の概要（英文）：Recently, nuclear-physics experiments need for reading huge amount of data in parallel in order to avoid pile up of signals from the detector complex which is highly segmented and then has many channels. Data acquisition system (DAQ) with good efficiency is therefore required. We developed new DAQ that can be used in small and medium-sized experiments at low cost, with applying the latest industry standards. In the system, all the data is transferred by using parallelized serial data paths. We have developed and constructed such DAQ, and have performed the test in the actual physics experiment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：測定技術、データ収集系、実験核物理、MicroTCA

## 1. 研究開始当初の背景

(1) これまでの核物理実験でのデータ収集系  
現在の原子核実験では CAMAC, TKO, FASTBUS, VME などの共有データバスを用いた回路規格によりデータ収集を行っている。共有バスではデータ読み出しにおいて各モジュールの順番待ちにより時間を消費し、データ収集

の高速化のボトルネックとなっている。また、回路規格の制限（主に電源によるもの）のため、最新の回路素子を使うには適さない。さらに、主要回路メーカーの撤退により入手や既存回路の維持が困難な状態になっている。こういった状況に対応するための将来に向けた取り組みは定まっておらず、それぞれの

実験グループが独自開発するか、高エネルギー実験で使用されている回路群を流用しているのが現状である。いずれの方法でも、要求する性能に対してコスト高になることが問題となっている。

## (2) 産業界の動向

一方、産業界では PCI (PICMG 1.0) に始まり CompactPCI (PICMG 2.0) と規格が進化し、さらに、Advanced Telecom Computing Architecture (ATCA: PICMG 3.0) が現在普及しつつある。ATCA 規格は CompactPCI に代わる次世代の工業規格であり以下の特徴を持つ。各モジュールは HUB モジュールとその他に分けられ、HUB とその他全てのモジュールの間は一つ一つで結ばれている。これにより、各モジュールから同時に HUB モジュールへデータ転送を可能にし、データ転送の並列化をケーブルの結線などせずに実現できる。各モジュールの大きさは 8U の高さがあり、FASTBUS や VME-9U に匹敵し、回路の多チャンネル化にも対応が可能である。ATCA 規格を用いたデータ収集系は既に本課題研究者が開発し、神岡地下実験所における二重ベータ崩壊実験 (CANDLES) の初期システムとして稼働している。しかし、ATCA の特長でもあるサイズの大きさや消費電力の大きさのため、導入に係る初期投資コストは当初の目的に反して小さくない。

## 2. 研究の目的

ATCA の問題を克服しより柔軟なシステム構築を可能にするため、ATCA の次に規格化された MicroTCA に注目する。MicroTCA は、本来は ATCA モジュールに装着するメザンカードである AMC カードを直接収容するクレート及びバックプレーン規格である。このため MicroTCA でデータ収集系を開発した回路群はそのまま ATCA モジュールに装着してデータ収集系を構築できる。これは小規模から中規模実まで対応可能な初期投資コストを低くしたデータ収集系となる。

ATCA 規格によるデータ収集系の開発で得られた成果を発展し、より柔軟な構成に対応できる MicroTCA 規格を用いたデータ収集系の開発を行う。本課題では、データ収集系で最小限必要な以下の構成要素を開発する。

- (1) 検出器からのアナログ信号をデジタルデータに変換するフロントエンドカード
- (2) トリガーなどデータ収集の制御に必要な信号をフロントエンドカードに分配するトリガーモジュール
- (3) フロントエンドカードからのデータを収集し計算機に転送するリードアウトカード

シリアル転送路の最適化、シリアル転送プロトコルの開発および最適化をし、実用に耐える十分な性能を持つデータ収集システムを

開発・構築する。

## 3. 研究の方法

MicroTCA によるデータ収集系の構築に必要な回路要素である AMC カードは以下の 3 種類ある。

- (1) フロントエンドカード
- (2) トリガーカード
- (3) リードアウトカード

これらの AMC カードを設計・製作し、性能評価を行う。

トリガーカードは、既存の ATCA によるデータ収集系を構築した際に製作した回路を参考にする。MicroTCA に適合するため、バックプレーン上データ転送路の使い方の最適化を来年度設計するリードアウトカードも考慮に入れて行う。実装する SpaceWire プロトコルの最適化は人工衛星コミュニティとの連絡を密にし、最新の SpaceWire 規格の動向を見ながら行う。

フロントエンドカードは既に設計した Flush ADC の試作を基に設計・製作する。実験条件に依存するアナログ入力部に関しては、その最適化を二重ベータ崩壊実験グループからのフィードバックにより行う。

製作した回路要素によりデータ収集系を構築し、性能評価を行う。このデータ収集系は、小規模実験でのデータ収集システムとして利用可能であり、更にフロントエンドカードの開発におけるテストベンチという役割を担う。そのため、トリガーカードの製作を優先して行い、早急にデータ収集系を構築する。フロントエンドカードからのデータ転送は、カードにデバッグ用の SpaceWire ポートを容易し、それを利用する。

構築したデータ収集系は二重ベータ崩壊実験のデータ収集系の一部として置き換え、性能評価を行う。

## 4. 研究成果

検出器からの信号をデジタル変換するフロントエンド回路モジュール、トリガー信号などデータ収集のコントロール信号を分配するトリガー回路モジュール、フロントエンドからのデータを収集し、計算機に転送するリードアウト回路モジュールといった、データ収集システムに最小限必要な回路要素の開発・製作を終了した。

本課題計画段階では、これら 3 種類の回路要素を個別に設計・製作する予定だった。しかし、MicroTCA 内データ転送路のトポロジーを最適化する過程で、トリガー回路モジュールとリードアウト回路モジュールは、その 2 つの機能を 1 つの回路要素に集約した方が MicroTCA クレーンのバックプレーンのデータ転送路を有効に活用できることが判明した。また、MicroTCA クレーン全体を制御・管

理する MCH モジュールのドーターカードとして一体化することで、回路点数が少なくよりコンパクトなデータ収集システムが構築できることを明らかにした。写真はフロントエンド回路モジュール、MCH モジュールに装着したトリガー／リードアウト回路モジュール、それらを 4 スロット MicroTCA クレイトに搭載した最小限のデータ収集システムの写真を以下に載せる。

写真 1 : フロントエンドカード (500MHz Flush ADC)

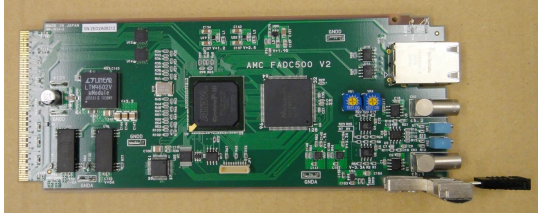


写真 2 : MCH 付きトリガー／リードアウトカード

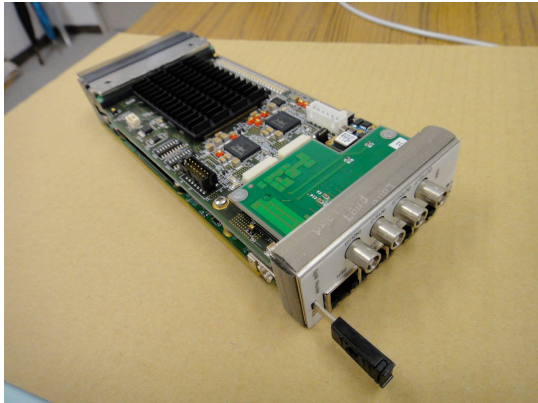


写真 3 : 最小限のデータ収集システムの外観



二重ベータ崩壊実験の一部を開発したデータ収集システムに置き換え、最適化と基本的な性能評価は終了し、実験に十分な性能を有することを確認した。本実験用としてのデータ収集システムの組み込みとその性能評価

は近く終了する予定である。MCH のドーターカードとしてのトリガー／リードアウト回路モジュールは衛星を使った観測実験グループと協議して行った。これにより、衛星コミュニティの要求を取り入れることにより、核物理実験だけではなく、他分野でも利用可能なシステムとなった。すでに、衛星に搭載するシステムの地上での論理レベルでの試験・検証に利用され始めた。また、開発したデータ収集システムで使われるデータ転送プロトコルや実装方法を基礎に、ATCA による更に大規模な実験に対応できるデータ収集システムの開発に展開する予定である。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 能町正治、International Spacewire Conference 2013、2013. 6. 10-14、スウェーデン (予定)
- ② 市村晃一、CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (71)-波形解析-、日本物理学会第 68 回年次大会、2013. 3. 29、広島大学
- ③ 前田翔平、CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (68)-CANDLES 用 DAQ-Middleware の開発 II、日本物理学会 2012 年秋季大会、京都産業大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 出願年月日：  
 国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
 発明者：  
 権利者：  
 種類：  
 番号：  
 取得年月日：  
 国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~ajimura/>  
(ソフトウェア管理のためアカウントを設定して公開している)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

味村 周平 (AJIMURA SHUHEI)

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：10273575

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

能町 正治 (NOMACHI MASAHARU)

大阪大学・核物理研究センター・教授

研究者番号：90208299