

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24年 6月 8日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540309

研究課題名（和文） データ収集ミドルウェアを使ったワークフローシステムの研究開発

研究課題名（英文） Research and Development of Workflow System Software using the DAQ-Middleware Framework

研究代表者

井上 栄二（INOUE EIJI）

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器科学支援センター・シニアフェロー

研究者番号：10391723

研究成果の概要（和文）：DAQ（Data Acquisition）ミドルウェアを使った CC/NET 用データ収集システムにワークフローの技術を導入した枠組みを作った。DAQ ミドルウェアは RT（Robot Technology）ミドルウェアという国際規格のロボット技術をベースにしたネットワーク分散型のデータ収集システムのフレームワークである。DAQ ミドルウェアと DAQ ワークフロー処理を一つ GUI 上で操作ができるようにしたことで、分散型 DAQ の利点を活かすことが可能になった。

研究成果の概要（英文）：We have developed a framework for DAQ-workflow system. Under the system, the workflow technology was introduced for a CC/NET read-out DAQ system using DAQ-Middleware. DAQ-Middleware is a framework for distributed data acquisition system based on an internationally-standardized robot technology which called Robot Technology Middleware. DAQ-workflow system has made it possible for us to be able to get the advantages of a distributed data acquisition system by manipulating DAQ and Workflow on the GUI.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：データ収集

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：粒子測定技術

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究は、ワークフローの技術をデータ収集（DAQ）システムに導入することにより、DAQ の自動化を目指し、さらに分散 DAQ システムの高効率化を図る斬新なものである。

従来は、ネットワーク分散処理を DAQ シス

テムに取り入れることは行われておらず、且つ、DAQ のフロー制御を行うことも考慮されていなかった。本研究では、CC/NET 用 DAQ システムにワークフローの技術を導入することで、DAQ ワークフローシステムのフレームワークを構築した。このことにより、ワークフローの利点を活かし、さらには分散 DAQ の高効率化を実現することが可能となった。

データ収集システムにロボット技術を取り入れたものは、国内・国外においても見当たらない。本研究の研究代表者は、平成19年度～20年度の科研費基盤研究(C)(一般)“CC/NETを使ったXMLベースのオールインワンDAQの研究開発”の研究を行った。これは、ロボット技術を使ったDAQミドルウェアを、CC/NET読み出しに応用した、データ収集システム構築に関する研究である。この研究成果の上に立って行われる本研究は、更なる拡張を目指しており、これまでに類のない斬新なものである。本研究は、上で述べた研究成果物をさらに発展させて、CC/NET用のデータ収集システムの中にDAQワークフローシステムを組み込むことで、オンラインデータ解析のネットワーク分散化、DAQフローの自動化を目指すことを目的としている。

(2) CC/NET用DAQシステムで使用しているCC/NETというのは、我々が企業との共同研究により開発したCAMAC規格のコントローラである。CAMACの読み出しスピードはコントローラの仕様で決まる。我々は企業との共同研究によって、新しいCAMACコントローラ、CC/NETを開発した(図.1参照)。

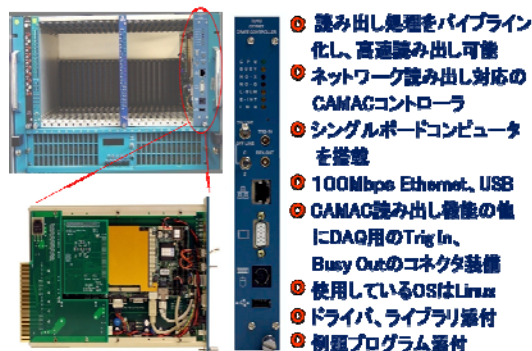


図 1. CC/NET の概観図

CC/NETは、CAMACコントローラにパイプライン技術を適用したことでCAMAC規格限界の速度でデータを読み出すことに成功した。また、CC/NETはシングルボードコンピュータを内蔵しており、この上でLinuxオペレーティングシステムが動作している。これにより、ネットワークを通しての読み出しを基本動作とすることができた。CC/NETは、ネットワーク分散処理にとっても良い親和性がある。さらに、DAQミドルウェアと相性が良いと言える。

(3) CC/NET用DAQシステムでは、DAQミドルウェアを使用している。DAQミドルウェアは、RTミドルウェアをベースにした分散DAQのフレームワークであり、KEKおよび複数の大学、研究機関が共同で開発を進めている。RTミドルウェアは、産総研が中心になって開発した

ロボット技術のコンポーネントに関する国際規格であり、OMGにより認定されている。RTミドルウェアが目指すのは、RTコンポーネントと呼ばれる様々なロボット要素を、ネットワークを介して自由に組み合わせることで、多様なネットワーク・ロボットシステムの構築を可能にしている。ここでいうロボットシステムとは、必ずしも移動ロボットやヒューマノイドロボットといった単体のロボットのみを想定している訳ではなく、「ロボット技術を活用した、実世界に働きかける機能を持つネットワーク化された知能化システム」の総体としてのロボットシステムを指している。この規格では、システム各部の機能毎にコンポーネント化している。そして、各コンポーネント間の情報交換は全体を統合するコントロール部が行う仕組みである。RTミドルウェアの流れを受け継ぐDAQミドルウェアは、分散DAQシステムの基盤ともいえるものである。

CC/NET用DAQシステムに、DAQミドルウェアを使用することにより、ソフトウェアの再利用が有効に行える。また、機能の変更に伴うソフトウェアの修正は、コンポーネントを入れ替えることで簡単に行える。さらに機能の拡張を行うことも容易である。ベースとなるRTミドルウェアは国際規格化されているので基準が明確で融通性がある。DAQミドルウェア中の各コンポーネントは1台のマシン上に全て配置して動作させることも可能であるし、ネットワーク上の複数のマシンに分散配置して実行させることも可能である。従って、構成の仕方によっては、小さなDAQシステムを構築することも、大きなDAQシステムを構築することも自在にできる。

(4) CC/NET用DAQシステムに、ワークフローを導入することにより、処理すべき情報や業務の管理が確実になる。データの入力から出力までの管理およびコントロールが確実になる。ワークフローで処理すべきプロセスの中で、タスクの役割、権限、運用規則の統合化が容易になる。さらに、反復作業の自動化に効果的である。ワークフローのこれらの基本的な長所をDAQに活かすことで、ネットワーク分散処理の高効率化が可能となる。また、DAQミドルウェア以外のソフトウェアツールを利用する際のフローコントロールにも有効である。

(5) 今回、構築したCC/NET用DAQワークフローシステムでは、GUI Clientというアプリケーションを使って、CC/NETの読み出し部と、DAQワークフローコントロールの両方を制御している。CC/NETの読み出しの部分にDAQミドルウェアを使ったことで、分散DAQシステ

ムを構築できる。また、ネットワーク分散処理のフローコントロールに DAQ ワークフローを使うことで、DAQ の自動化が可能となる。従来のデータ収集 (DAQ) システムでは、ワークフローの技術を取り入れたものは皆無であった。ワークフローの技術を CC/NET 用 DAQ システムに導入することにより、ネットワーク分散処理の高効率化を図ることが可能となった。

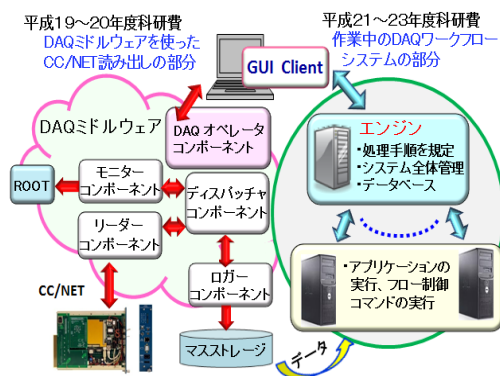


図 2. CC/NET 用 DAQ システムおよび DAQ ワークフローシステムの全体図

2. 研究の目的

(1) 本研究では、ワークフローの技術をデータ収集 (DAQ) システムに導入することにより、DAQ の自動化を目指し、さらに分散 DAQ システムの高効率化を目指した。この目標を達成するために、具体化への検討およびテストを行った。図. 2 に本システムの全体図を示す。

最近のめざましい IT 技術の進歩は、誰もが認めるところである。IT 技術の中で、Web 技術は特に進歩が著しい分野である。Web 技術を中心とする DAQ ソフトウェア体系を構築することで、最新の IT 技術の恩恵を存分に受けることができる。DAQ ワークフローシステムでは Web 技術を十分に活かしている。

(2) Extensible Markup Language (XML) は IT 技術の核となる言語の 1 つである。本システムで使用している DAQ ミドルウェアでは、情報記述の基本を XML にし、DAQ オペレーションの制御、情報表示などを Web で行うようにしている。これは、DAQ システムの拡張の面でも有利になる。XML パーサにはオープンソースの XERCES を利用している。システム・コンフィグレーション・データファイルの XML 記述を書き換えることでさまざまな実験に適合できる柔軟なシステム構築を目指している。これは、実験毎に再利用可能な DAQ システムにできるばかりでなく、DAQ システムの拡張の面でも有利になる。本研究の目的

は、DAQ ミドルウェアを使い、さらに、ワークフローの技術を導入することにより、最新の Web 技術を取り入れた、CC/NET 用の新しいネットワーク分散型 DAQ システムの枠組みを構築することである。

(3) 本研究の特徴は、DAQ ミドルウェアを CC/NET と統合し、オールインワンの DAQ システムを構築し、さらにワークフローの技術を DAQ システムと統合した点にある。これにより、ネットワークベースの分散 DAQ の促進を図り、DAQ の自動化のフレームワークが構築できた。Web を通じて DAQ オペレータを制御しネットワーク上に分散した DAQ 機能を使ってデータの取得、表示、蓄積を行う。これらのソフトウェアが 1 パッケージとして構成される。基本構成はネットワークをベースとした DAQ システムなので、さまざまな拡張性が考えられる。本研究はデータ収集ミドルウェアのシステム構築へ向けての拡張を念頭に置いたもので、そのための基礎となる研究である。ここでは、XML を始めとして最新の Web 技術を取り込み、より柔軟性のある DAQ システム構築がされることにより、将来の DAQ システムへの拡張が可能となる。本研究により、データ収集ソフトウェアのパッケージ化が促進され、分散データ収集システムへの応用に役立ち、データ収集ミドルウェアおよび DAQ ワークフローの新たな展開に貢献するものである。

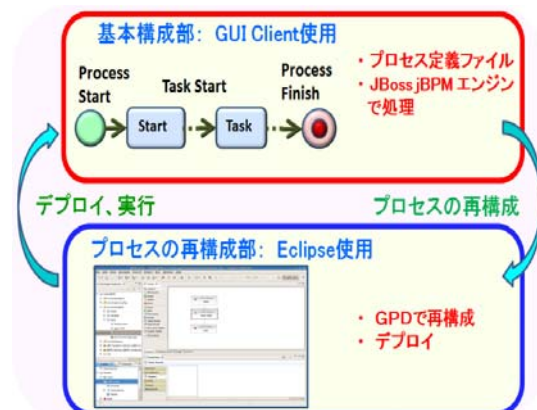


図 3. DAQ ワークフローシステムの構成

3. 研究の方法

DAQ ワークフローシステムとして構築すべきものを図. 3 に示す。ワークフローを実行する基本的な部分、およびプロセス処理の再構成の部分のセットである。これらを総合して機能するものとして、DAQ ワークフローシステムを構築する。これを実現するために、3 年度に渡って作業を分割した。以下に、年度毎の研究の方法を示す。

(1) 平成 21 年度には、ワークフローエンジ

ンの検討、および DAQ ワークフローシステムの全体の構成の検討を行った。

検討の結果、ワークフローエンジンには、jBossjBPM を使用することにした。jBossjBPM は、Java ベースのオープンソースのワークフローエンジンである。このエンジンは、広く使われていて、使い易く、更新も継続的にこなわれているので採用することにした。

全体の構成は、CC/NET 読み出しの部分と、DAQ ワークフローの部分とを配置し、それぞれを GUI Client でコントロールする構成とすることにした。その内、DAQ ワークフローの部分とを構築するための基礎的な調査研究が、平成 21 年度に行ったことである。

(2) 平成 22 年度には、ワークフローを実行する基本的な部分の研究開発を行った。

ワークフローの基本部分を実行するにはプロセス定義ファイルが必要となる。例題としての基本部のプロセス定義ファイルには、ワークフローエンジンで実行可能なアクティビティを全て網羅したプロセス定義の例題を作成した。また、プロセスのタスク中から、ネットワーク上の任意のマシンのスクリプトを実行できるようにした。タスク中から DAQ ミドルウェアの実行、および ROOT アプリケーションの実行を行う例題としてのプロセス定義ファイルを作成し、ワークフローが正常に実行できることを確認した。平成 22 年度に行ったことは、DAQ ワークフローの基本部分の実行に必要なソフトウェア構築の研究開発である。

(3) 平成 23 年度には、プロセス処理の再構成の部分の研究開発を行った。

利用者が、実際に使う場合には、自分の環境に合わせた作業を再構成する必要がある。再構成を行うためのツールとして、Eclipse を使用する。Eclipse 上では、BPMN エディタを使ってグラフィカルに再構築を行い、デプロイする。デプロイしたプロセス定義ファイルをワークフローエンジンを使って再実行できるようにする。それを実現するのが、プロセス処理の再構成である。再構成の機能を実現するための研究開発を平成 23 年度に行った。

4. 研究成果

(1) DAQ ミドルウェアを使った CC/NET 用データ収集システムに、ワークフローの技術を導入して、DAQ ワークフローの枠組みを作った。

本研究構想は、従来のデータ収集システムにはない斬新なものである。ワークフローの技術を CC/NET 用 DAQ システムに導入することにより、DAQ の自動化を行うことが可能となり、さらに、ネットワーク分散処理の高効率化を図ることが可能となった。

本システムの全体を、GUI Client アプリケーションで制御するようにした。これにより、CC/NET 読み出しの DAQ 処理を行いながら、ワークフローエンジンを制御し DAQ フローコントロールおよびタスク処理が可能となった。タスク処理では、ネットワーク上の任意のマシン上のスクリプトを実行できるので、ネットワーク分散処理が可能となる。

ワークフローの実行には、JBossjBPM エンジンを使用した。ワークフローエンジンにプロセス定義ファイルを実行させることで一つのプロセス処理を行う。プロセス定義ファイルは、Eclipse を使って自由に再構成し、デプロイできる。デプロイしたプロセス定義ファイルはワークフローエンジンに反映される。つまり、本システムの利用者は、自分の DAQ システムに合わせたプロセス処理を自由に作成、変更しながら本システムを運用することができる。

基本構成部のプロセス定義図

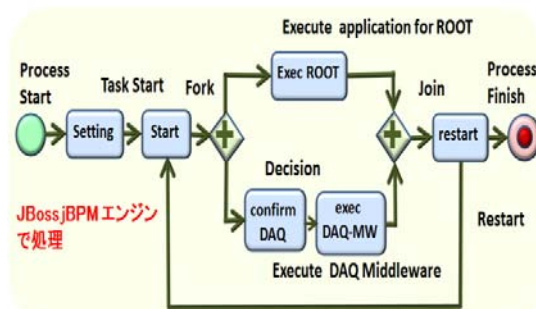


図 4. DAQ ワークフローシステムの基本部

本研究で開発した DAQ ワークフローシステムの基本部のプロセス定義図を図 4 に示す。この例題用プロセス定義図では、一般のワークフローエンジンが持つほとんどのアクティビティを網羅するように構成した。利用者はこの例題プロセス定義図を参考にする事で、自分が実行したいプロセス処理を記述できるように構成されている。

本研究の開発で使用したマシンは、DAQ ワークフローシステム実行用として 1 台、タスク中からの例題スクリプト実行として 2 台、プロセス定義修正後の追加の例題スクリプト実行として 1 台、合計 4 台のマシンをネットワーク上で使用している。この構成は、ネットワーク分散処理のテストを兼ねている。

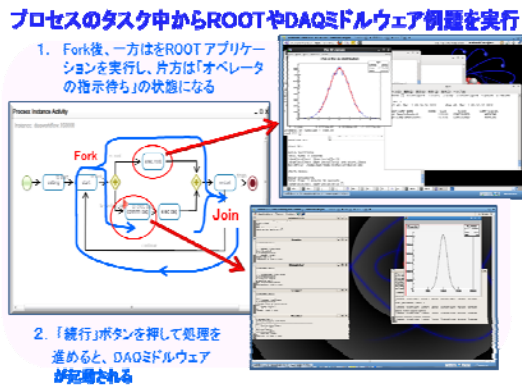


図5. DAQ ワークフローシステム基本部の実行例

実際に、DAQ ワークフローシステムを実行した時のスクリーン・ショットを図. 5および図. 6に示す。図. 5は、基本構成のプロセス定義を実行した時の様子を示したものである。基本構成部で行っていることは、ワークフローの起動、停止。そして基本的な処理機能として、fork、join、decision、およびタスクの実行を行っている。Decision では、オペレータの指示を仰ぐタスクと、指示を待たないでエンジン自身の判断で処理を進める機能の両方を組み込んである。タスクの中からは、ネットワーク上の複数のマシン上のスクリプトを実行しており、その結果をグラフで表示している様子を図. 5に示している。

プロセス定義を変更、その後、デプロイして再実行

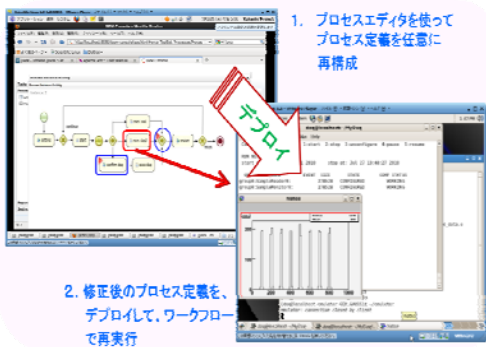


図6. プロセス定義を再構成後の実行例

図. 6は、プロセス定義を再構成し、デプロイした後で、ワークフローを再実行した時の様子を示したものである。

プロセス定義を再構成した部分が、正しく実行できている。以上、基本構成部での実行および再構成後の実行を確認できたことで、DAQ ワークフローのフレームワークの仕様は達成できた。

(2)我々は、CC/NET 用の DAQ システムにワークフローの技術を導入し、DAQ ワークフローシステムのフレームワークを作成した。確実

なフロー制御、反復の自動化等が、ワークフローの利点である。ネットワーク分散処理の効率化、DAQ の自動化が、DAQ ワークフローシステムの利点である。上記の利点を十分に活かした DAQ システムのフレームワークを構築することができた。

(3) このシステムで使用している、CC/NET は内部にシングルボードコンピュータ (SBC) を実装しており、オペレーティングシステムにはユーザが扱い慣れた Linux OS が動作している。CAMAC からのデータの読み出し速度は、CAMAC 規格の限界に近い速度を達成している。SBC には汎用のパソコンと全く同様の周辺機器用インターフェースを装備している。したがって、最新の Web 技術を採用込み、より柔軟性のある DAQ システム構築が可能となる。CC/NET はネットワーク・フレンドリーでユーザにとっては扱い易い CAMAC コントローラである。

また、CC/NET 読み出しに使用している DAQ ミドルウェアは、ネットワーク分散型のシステムである。CC/NET を DAQ ミドルウェアと組み合わせることで、両者の利点を十分に活かした DAQ システムを構築することが可能となる。これにより、最新の Web 技術、IT 技術の恩恵を最大限に得ることができる。CC/NET 用 DAQ システムの枠組みを構築している。

さらに、DAQ ワークフローシステムは、プロセス定義ファイルの記述を修正・変更することによって、DAQ ワークフローの使用者の状況に合わせたフローコントロールが可能である。CC/NET を DAQ ミドルウェア、および DAQ ワークフローと組み合わせることで、それぞれの利点を十分に活かした DAQ システムを構築することが可能となる。これにより、CAMAC 資源をネットワーク分散型のデータ収集システムとして、DAQ ワークフローの基で有効に活用することができるようになった。

(4) 研究成果としてソフトウェアのパッケージを作成し、公開の準備を進めている。CC/NET 利用者が広く利用できるように整備中である。

(5) 研究開発に際して得た成果に関わる知識や情報は、学会および国際会議で報告した。学会や国際会議の議事録は Web 上や出版物として、広く一般に周知するために公開されている。

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4件)

- ① K. Nakayoshi, H. Sendai, Y. Yasu, E. Inoue, T. Kotoku, N. Ando, Y. Nagasaka, S. Ajimura, M. Wada
“DAQ-Middleware: Progress and status”,
Journal of Physics: Conference Series,
Manuscript number CHEP106R1, Volume
331, 2011, Article No. 022023,
査読有
- ② K. Nakayoshi, Y. Yasu, E. Inoue,
H. Sendai, M. Tanaka, S. Satoh, S. Muto,
J. Suzuki, T. Otomo, T. Nakatani,
T. Ito, Y. Inamura, M. Yonemura,
T. Hosoya, T. Uchida
“DAQ-Middleware for MLF/J-PARC”
Nuclear Instrumentations and Methods
in Physics Research, Section A,
Volume 623, 2011, Pages 537-539,
査読有
- ③ E. Inoue, Y. Yasu, K. Nakayoshi, H. Sendai
“A DAQ System for CAMAC Controller
CC/NET Using DAQ-Middleware “,
Journal of Physics: Conference Series,
Volume 219, 2010, Article No. 022036
査読有
- ④ K. Nakayoshi, Y. Yasu, E. Inoue, H. Sendai,
M. Tanaka, S. Satoh, S. Muto, N. Kaneko,
T. Otomo, T. Nakatani, T. Uchida
“Development of a Data Acquisition
Sub-System using DAQMiddleware”、
Nuclear Inst. and Methods in Physics
Research, A, Volume 600, 2009, Pages
173-175、査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 井上栄二、仲吉一男、
“DAQ ワークフローシステムの開発”、
Mar 24~27、2012 年日本物理学会年次大会、
関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス
- ② 井上栄二、仲吉一男、
“DAQ ワークフローシステムの構築”、
Sep 16~19、2011 年日本物理学会秋季大会、
弘前大学文京町キャンパス
- ③ 井上栄二、仲吉一男、
“DAQ ミドルウェアでのワークフロー基本
部構築”、 Mar 25~28、2011 年日本物
理学会年次大会、新潟大学五十嵐キャン
パス
- ④ K. Nakayoshi, H. Sendai, Y. Yasu,
E. Inoue, T. Kotoku, N. Ando,
Y. Nagasaka, S. Ajimura, M. Wada
“DAQ-Middleware: Progress and status”、
CHEP2010, Oct 18-22, 2010, Academia
Sinica, Taipei, Taiwan

- ⑤ 井上栄二、仲吉一男、
“DAQ ミドルウェアでのワークフローシス
テム”、 Sep 11~14、2010 年日本物理学
会秋季大会、九州工業大学戸畑キャンパ
ス
- ⑥ 井上栄二、安芳次、仲吉一男、千代浩司、
“DAQ ミドルウェア使ったワーク
フローシステム”、 Mar 20~23、2010 年
日本物理学会年次大会、岡山大学津島キ
ャンパス
- ⑦ 仲吉一男、安芳次、千代浩司
“モデル駆動アーキテクチャによるデー
タ収集ソフトウェア開発手法の研究”、
Mar 20~23、2010 年日本物理学会
年次大会、岡山大学津島キャンパス
- ⑧ 井上栄二、安芳次、仲吉一男、千代浩司、
“DAQ ミドルウェアを使った CC/NET 用
DAQ システム”、 Sep10~13、2009 年
日本物理学会秋季大会、甲南大学岡本キ
ャンパス
- ⑨ 仲吉一男、安芳次、井上栄二、千代浩司、
“DAQ ミドルウェアの現状”、 Sep10~13、
2009 年日本物理学会秋季大会、甲南大学
岡本キャンパス

[その他]

ホームページ等

<http://www-online.kek.jp/~inoue/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 栄二 (INOUE EIJI)

高エネルギー加速器研究機構・加速器科学
支援センター・シニアフェロー

研究者番号：10391723

(2) 研究分担者

仲吉 一男 (NAKAYOSHI KAZUO)

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・技師

研究者番号：80391746

(H22→H23：連携研究者)

(3) 連携研究者