

3-3 制御・情報

SPring-8全系制御システムの維持・管理を行う一方で、加速器運転の高度化、利用実験の高度化に合わせて、制御システムの高度化を絶え間なく実施している。以下に報告する項目は、今年度に行われた制御系全般にわたる維持・管理、研究開発である。これらの開発にあたっては、SPring-8施設内に建設中のX線自由電子レーザー施設(XFEL)制御のための要素技術も想定されている。

1. 制御

1-1 計算機制御系

(1) Linuxワークステーションの導入

SPring-8では中央制御室での加速器及びビームライン制御用オペレータコンソールとして、ヒューレット・パッカード社製のHP-PAアーキテクチャーベースのワークステーションとHP-UXオペレーティングシステム(OS)を使用してきた。近年、IntelアーキテクチャーのCPUの性能が向上し、その上で動作するOSとしてLinuxを利用すれば、高性能かつ低価格なオペレータコンソールが構築可能である。そして、前記の旧型ワークステーションと比較して、はるかに多彩でローコストな周辺機器が利用できるようになる。特に大画面の液晶ディスプレイを複数台接続することによって、制御アプリケーションの操作性を大幅に向上させられる。

SPring-8制御グループでは、以前からMADCOA(Message and Database Oriented Control Architecture)システムのLinux化を手掛けており、広島大学のHiSORやSCSS試験加速器の制御もLinuxを使用してきた。今回は、その総仕上げともいべき中央制御室ワークステーションのLinux化を行った。

Linux化作業のほとんどは、ヒューレット・パッカード社製ワークステーションのために書かれていた制御用アプリケーションをLinux用に書き換え、動作を確認することである。SPring-8の建設当初より、制御用アプリケーションはごく標準的なC言語で書くことが求められていたため、ほとんどのアプリケーションは問題なくLinux上で動作した。必要となった書き換えのほとんどは、HP-UXの標準CコンパイラとLinuxで使用されているgccコンパイラとの動作の違いに起因するものであった。これはgccのほうが文法に厳格に準拠していることによる。結果として書き換えはプログラムの品質向上にもつながった。

中央制御室では、静粛化のため、キーボード、マウス、ディスプレイとワークステーション本体は分離して設置さ

れているが、デジタル伝送の延長器を使用することで画像の劣化を防いだ。

Linux化した結果、運転の支障となる問題は特に無く、順調に稼動している。また大画面(24インチ)の2画面ディスプレイも運転の利便性を向上させている。

(2) 超高解像度大画面ディスプレイウォールの開発

中央制御室正面で使用する大型ディスプレイの基礎研究を行っている。現在中央制御室では、50インチのプラズマディスプレイ4台を正面に設置してアラーム画面等を表示している。XFELの運転もこの中央制御室から行うことが予定されているので、それに備えて、これをより大画面、高解像度のものに置き換えて情報表示能力を飛躍的に増加させ、かつ各ワークステーションの画面の共有や詳細情報の共有を行うことを計画した。現在市販されている大画面表示器は、解像度に欠けるためこの用途には向かないと判断し、SPring-8で既存の技術を組み合わせるための研究を開始した。

基礎研究として1600×1200の解像度をもつ21インチ液晶ディスプレイを24台(縦3台×横8台)並べ、それをあたかも12800×3600(4600万画素)の1台のX-windowサーバーディスプレイとして扱うことに成功した。この試作機は現行のハイビジョン放送の22倍もの画素数である。これを制御するのは7台のパーソナルコンピュータからなるLinuxクラスターで、1台がクラスター制御用、残りの6台は各4枚のディスプレイに接続され表示を行う。表示用のディスプレイを増設すれば、理論的には無限の広さのディスプレイが製作できる。図1に稼動の様子を示す。これで大画面表示の基礎ができたので、高速化等の研究を引き続き行って、2009年度には実機の製作を行う予定である。

1-2 機器制御系

(1) 光伝送ボード 新通信ロジックの適用

VMEシステムで動作する光伝送ボードは、線型加速器制御系を中心に、加速器及びビームライン制御系で広く使用されている光リンクリモートI/Oシステムである。昨年度、光伝送ボードの信頼性をより向上させ、障害発生時の解析を容易にするための新しい通信プロトコル(OPT-Protocol 2006)の開発を行い、テストベンチにおいて良好な結果が得られた。そこで本年度夏期長期停止期間中に、SPring-8制御系で使用している全ての光伝送ボード(約500枚)の通信プロトコルをOPT-Protocol 2006に入れ替え



図1 21インチ液晶ディスプレイ
24台から構成されるディスプレイウォール試作機の稼働の様子

た。交換後に数枚のOPT-RMT COMBOボードにおいてDAC出力が異常値になってしまう制御ロジックの不具合があったが、冬期長期停止期間までには不具合を修正した。

新しい通信プロトコルは非常に安定しており、光伝送ボードのマスター／スレーブ間の通信に関するトラブルは全く発生していない。プロトコルが旧来のオンデマンド型からサイクリック型に変更になり、光ケーブルを接続した瞬間に機器制御用アプリケーションプログラムとは無関係にマスター／スレーブ間の通信が開始するため、現場での接続確認も容易に行えるなど使い勝手についても期待通りに向上している。

(2) 光伝送ボード マルチプレクサボードの開発

光伝送ボードは、元々マスター／スレーブボード間的高速通信（50 μ 秒程度）を実現するために開発されたボードである。そのため、マスターボードの各々の光リンクポートには1枚のスレーブボードのみ接続するよう設計されている。すなわち1枚のマスターボードで4枚のスレーブボードしか接続できないため、必然的に接続チャンネル密度が低くなってしまふ。また通信の高速性は、高速な応答性やデータ転送を必要とするアプリケーションにとっては重要であるが、より多くの制御機器への応用を想定すると、例えば電磁石電源の制御や真空ゲージのデータの読み出しなどにとってはオーバースペックである。また、1つのポートに対して1枚のスレーブボードの接続しかできないため、マスターボード側のケーブル密度が高くなってしまふという制限もある。そして、マスター／スレーブボード間の距離が長くなると、光ケーブルやその敷設に掛かる費用

も無視できなくなる。

そこで、これらの要求を満足するものとして、マスター／スレーブボード間に設置してマルチプレクサの様に機能するボード（OPT-CC）の開発を行った（図2）。OPT-CCは1つのアップリンクポートと11個のダウンリンクポートを持つ。アップリンク側とダウンリンク側はそれぞれ独立にサイクリック転送を行う。上位マスターボードから、OPT-CCボードの所定のアドレスにデータを送ることによって、対応するダウンリンク側のスレーブボードにデータを送信する。ボード間にOPT-CCが入ることによって、データの転送速度は200 μ 秒程度に落ちてしまふが、大半の機器の制御には十分な速度である。マスターボードの1ポートに最大11枚のスレーブボードを接続できることになるため、接続チャンネルの密度を高め、逆にマスター側のケーブル密度を下げるができる。

OPT-CCは、ディップスイッチを切り替えることによって12ポートのマスターボードとしても機能するよう設計し



図2 開発したOPT-CCボード

ている。これによって、1枚のOPT-CCマスターボードから最大132枚のスレーブボードを制御できるようになる。

(3) 光伝送ボード NIOシステム後継ボードの開発

現在ブースターシンクロトン補正電磁石電源制御系で使用しているニチゾウ電子制御製NIOシステムは、1対1に電源を制御するための3Uサイズのスレーブボード(NIO-S)と、32枚までのNIO-Sボードの制御を行うためのVMEマスターボード(NIO-M)、接続を分岐するためのNIOブランチボードから構成される光リンクリモートI/Oシステムであるが、部品の入手の問題で既に新規購入ができない状況になっている。そこで、SPring-8で開発を行い長期間に渡って安定的に使用することが期待できる光伝送ボードをベースに、NIO-S後継ボード(OPT-RMT COMBOdaoボード)の開発を行った(図3)。

OPT-RMT COMBOdaoボードは、既存の信号ケーブルの配線をほぼそのまま使用できるよう、NIO-Sと同じ基板サイズで設計を行った。そして、NIO-Sの機能に加えて10kHzまでの外部クロックに同期してパターン出力が行えるよう設計を行った。

NIO-Sボードは、蓄積リングの補正電磁石電源の制御に使用している三菱電機製のRIOシステムType-Aスレーブカードと同じ基板サイズで、かつほぼ同じI/Oを持っている。主な違いはNIO-Sがパターン出力をしていることである。そこで、OPT-RMT COMBOdaoボードが実装するFPGAの制御ロジックを変更することで、RIO Type-A代替ボード(OPT-RMT COMBOminiボード)としても機能するようなロジック開発も併せて行った。



図3 開発したOPT-RMT COMBOdao ボード。FPGAを交換することでOPT-RMT COMBOminiボードとしても機能ようになる。

(4) VME汎用アナログ入力ボードの置き換え

昨年度に開発を行ったVME汎用アナログ入力ボードについて、本年度はその性能評価を実施し、実機へのインストールを開始した。インストール作業を容易にするために、信号ピン互換性を持ったボードを設計したので、既設のケ

ブル配線を変更することなくボードを置き換えることができた。そして実機での使用においても、期待通りの性能が得られていることが確認できた。さらに来年度から本格的な置き換えを進めていく予定である。

(5) VME Solaris化

加速器制御系で使用している旧型のVME計算機用CPUボードHP9000/743rtとOSの交換作業を本年度も実施した。新規のCPUボードにはサンリットオートメーション社製SVA031(Intel Pentium III 700MHz)及びSVA041(Intel PentiumM 1.1GHz)を用い、そのOSにはSolaris9を用いた。OSの変更に伴って、VME計算機上の制御ソフトウェアの移植作業も併せて行った。交換後のシステムは問題なく動作している。本年度交換を実施したVME計算機は9台であった。交換対象のVME計算機は残り2式で、来年度中には全交換を実現する予定である。

1-3 インターロック系

インターロックシステムは、故障すると施設の運転の停止に直結するため非常に重要である。システム全体としての統一性、拡張性、安定性の向上を目指している。

(1) 加速器安全インターロック

加速器安全インターロックは、運転の安定化や、将来のXFELとの連動に備え、大幅な改修を検討している。本年度は、この改修に必要な加速器インターロックシステムの整備を重点的に行った。加速器安全インターロックは、加速器の拡張に伴って増設されてきたため、全システムに関する情報を系統的にまとめる必要があった。インターロック制御盤内に対して、整線、マークチューブ取り付けや、インターロックのラダープログラムの整理を行い、それに伴う書籍を整備した。また、加速器安全インターロックシステムは運用開始から約10年経過しているため、PLC(Programmable Logic Controller)などの部品劣化によるトラブルが発生し、生産中止による交換部品の入手が困難な状況になっていた。そこで、リニアック-ブースターシンクロトン、蓄積リングの両インターロックシステムを最新のPLCに交換し、運用の継続性を図った。また、PLC用光ネットワークの予備線が未整備の箇所があったため、新規に予備線の敷設を行った。これにより、当該部分の光ネットワーク線に不具合が発生した場合でも、速やかにシステムの復旧が行えるようになった。

(2) 入退室管理システム

放射線管理区域への人の立入りを管理する入退室管理システムの全体の更新を行った。従来は磁気カード式のシステムであり、およそ10年間運用してきたが、「認証トラブル」「老朽化とメーカー保守の打ち切り」「施設拡張毎にシ

システムを増設したことによる複雑化」など様々な問題を抱えていた。そこで、次期システムについて十分な検討を行い、システムの更新を実施した。新入退管理システムの大きな特徴としては、個人認証媒体に非接触式ICタグ(FeliCa)を採用したことが挙げられる。FeliCaは国内で非接触認証技術の主流になりつつあり、十分なセキュリティ機構を備えている。FeliCaチップは小型のため、被曝線量計に内蔵することにした。これにより、被曝線量計を着用せずに管理区域内に入ることを防いでいる。また、加速器収納部内への立ち入りに必要なパーソナルキーボックスについても更新を行った。同時に、入退管理システムと連動している加速器安全インターロックについても当該部分の改修を行った。更新後のシステムは、拡張性、独立性、応答性、耐障害性に優れており、来年度以降、SPRING-8サイト内の他施設(SCSS、XFELなど)の入退室管理システムを統合し、一体管理する予定である。

(3) ビームライン・インターロック

ビームライン・インターロックシステムに対し、ハードウェアのメンテナンス(59式)とソフトウェア・メンテナンス(20式)を実施した。今年度のハードウェア・メンテナンスは、メンテナンスフリー化及び安定化を目標に、劣化が著しい回転式表示灯を長寿命なLED式表示灯に変更した。そして、ブザーの交換、制御盤内信号ケーブルの接続端子部の増し締め等を全てのビームラインに対して実施した。

ソフトウェア・メンテナンスでは、昨年度に引き続き老朽化対策として6式のビームラインPLCの交換を実施し

た。内2式においては、TCコンポーネントの変更による改造を実施した。

2. ビームライン制御

2-1 全般

ビームライン制御システムは、昨年度に引き続きビームライン制御計算機の統合を進め、すべてのビームライン制御計算機を仮想マシンとし、数台のサーバー計算機に集約した。これにより保守すべき計算機ハードウェアの台数が大幅に削減され、今後の管理運用コストの低減を図ることができた。また新設ビームラインBL14B2の運用が開始され、H19年度末現在102台のVMEと4台のビームライン制御計算機を運用し、夏冬の長期停止期間にはハードウェアの点検・保守を行っている。

さらに中央制御室の計算機群の更新に伴い、中央制御室で使われているソフトウェアを従来のHP-UX用のものからLinux OS用へ移植作業を行い、移植手順の問題点の洗い出し、移植手順の確立を行った。

このほか後述するように、ノイズ対策などの安定性や保守性の向上、実験ステーション制御・データ収集システム、検出器システムの高度化に取り組んでいる。

2-2 安定化、保守性向上

(1) ビームライン制御用計算機の統合

2005年度に開始した仮想化技術によるビームライン制御用計算機の統合は、2007年度夏期長期停止期間に完了した。この統合により、従来49台のワークステーションで構成していたシステムを、高可用サーバー計算機4台にまで削減

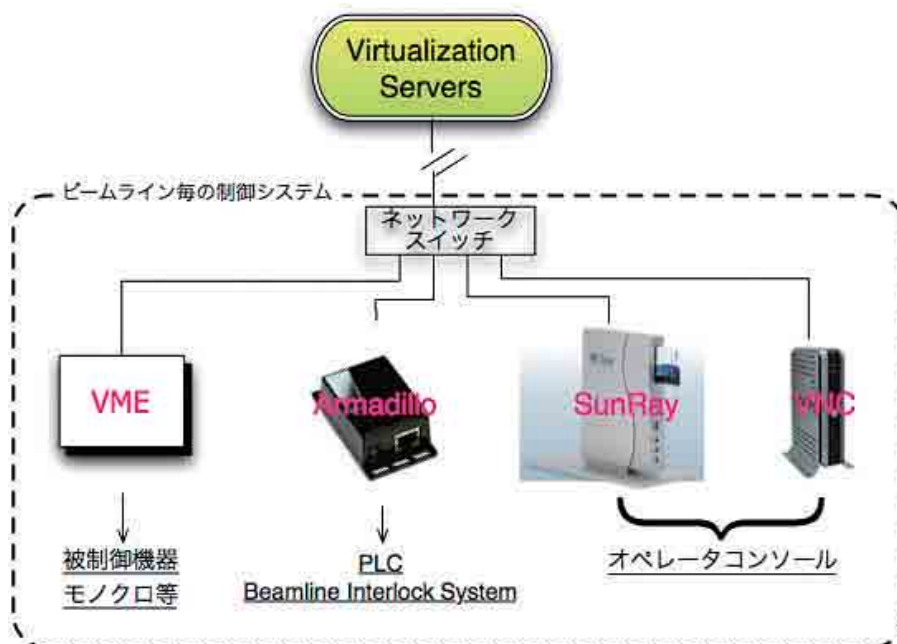


図4 仮想化ビームライン制御用計算機を中心としたビームライン制御システムの全体像

し、計算機の増加による管理性の問題を大幅に改善することができた。図4に仮想化ビームライン制御用計算機を中心としたビームライン制御システムの全体像を示す。1台の仮想化用計算機が約16本のビームラインを管理することで、4台の計算機により全てのビームラインの制御システムを構成している。仮想化用計算機のシステム障害に備え、1台の計算機をホットスタンバイとし、障害発生時の迅速な復旧を可能とした。仮想化システムでは、データが極集中するストレージ環境の信頼性確保が特に重要であるので、データの損失およびサービス停止の危険性が極めて低いクラスタストレージシステムを採用することで、システム全体の高可用性を実現した。

ビームライン制御用計算機の仮想化と併せて、オペレータコンソールとPLCデータ収集用計算機に対して、組み込み技術を応用した高信頼性機器の導入を行った。オペレータコンソールではSunRay Thin ClientシステムとSPring-8で開発したVNCシンクライアント環境を採用した。これらはハードディスクや冷却ファンなどの故障頻度の高い部品を使用せず、長期にわたる安定運用を可能としている。PLCデータ収集用計算機は、超小型組み込みCPU (Armadillo-210) を搭載したシリアル⇄Ethernet変換器を採用した。制御システム全体を通して、高信頼の機器によるモジュールアーキテクチャとすることで、耐障害性を向上させるとともに高い可用性を実現した。

(2) ノイズ調査

数年前からビームラインコンポーネントの真空内に設置されているモーターが不意に自走したり、制御機器が破損する等のトラブルが報告されている。当初は放射光により生成された光電子によるチャージアップに起因するノイズと考えられ、昨年度にシグナルグラウンドラインの修正により問題が解消したかに思えた。しかしその後、放射光の強度や位置の安定性を精密にモニタすることで、ノイズによる誤動作が完全には解消できていないことが判明した。2007年度にはこの問題を引き起こしている原因の系統的な調査を行った。その結果、モーター制御回路内にグラウンドラインの修正だけでは対処できない電氣的ノイズが発生していることが判明した。2008年度にはフェライトコアを用いたノイズ低減対策を行い、障害の完全な解決を目指す。

(3) 小型組み込み計測器用CPUモジュールの開発

ビームライン機器制御系は、VMEbusシステムを中核として構成しており、ビームライン毎に分散設置している。VMEbusシステムはモジュールの組み替えにより、用途に合わせたシステムを構築することができる。一方で、例えば数点の入出力や数軸のモーター制御しか必要としない場合など、VMEシャーシを設置するための場所の確保、設置の手間、費用を考慮すると、VMEが最良の選択とは言

い難い場合もある。そこで、より簡便に導入できる小型制御システムとして、Power over Ethernet (PoE) 対応のPC/104-Plus CPUモジュール (ND-PC104P-SH4) を開発した (図5)。PC/104-Plusは、ISAバス (PC/104バス) とPCIバス (PC/104-Plusバス) を持った組み込みコンピュータの仕様で、フォームファクタサイズは90.17mm×95.89mmである。VMEのようなバックプレーンを持たないかわりに、複数のモジュールをスタックさせて組み込みシステムを構築する。CPUモジュール以外に、最大4枚のモジュールをスタックさせることができるので、用途に合わせた汎用的な小型組み込み計測器を構築することができる。ND-PC104P-SH4は、専用のPoEパワーモジュール (ND-PC104P-POE) をスタックすることにより、PoEで動作する。CPUは、消費電力の小さいネサステクノロジーのSH-4を採用した。また、ND-PC104P-SH4にはLinux 2.6.16を移植した。今後は、実験ステーションでの利用を目指し、アナログ信号計測やモーター制御などを組み込んだ汎用的な組み込み計測器を構築する予定である。



図5 ND-PC104P-SH4 (上側) とND-PC104P-POE (下側)

(4) 汎用ロジックボード

汎用ロジックボードは、フィードバック制御やパターン駆動など複雑なシーケンスや計算を、高速かつリアルタイムに制御するためのVMEボードである。シーケンスロジックはFPGAで実行され、ボード使用者は必要に応じてロジックを書き換えることができる。このため、シーケンスを試行錯誤しながら制御方法を最適化することもできる。今年度はロジックボードを使いやすくするためのツールを開発した。ロジックボード内での計算に使われるパラメータや演算結果をWebブラウザによって書き換えられるようCGIプログラムを開発した。このCGIにより、図6のようにWebブラウザを用いてロジックボードの設定を簡単に行うことができる。また、AD/DAやDIOモジュール用のコネクターボックスも整備した。

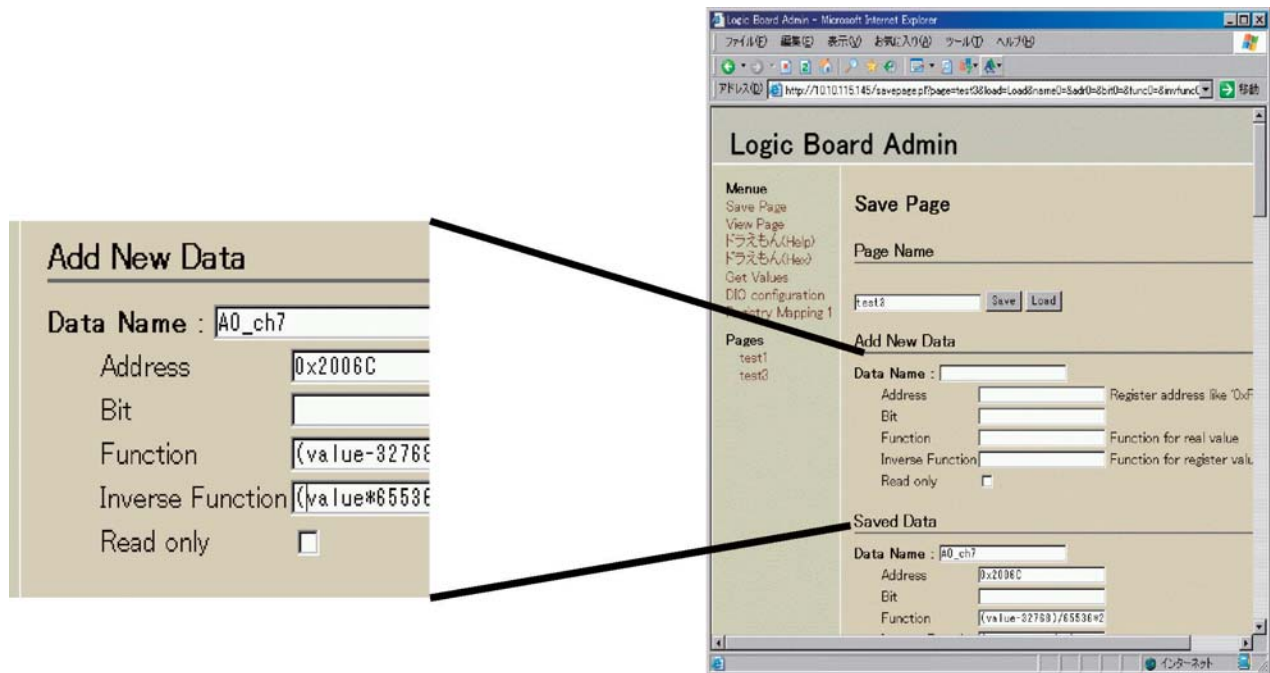


図6 汎用ロジックボードの設定を行うためのCGIプログラム

2-3 実験ステーション計測・制御

(1) MyDAQ2

SPring-8で開発されているデータロギングアプリケーションMyDAQ2は、データをクライアント計算機からTCP/IP経由で送ると、データベースにデータを保存でき、Webブラウザでグラフとして閲覧できるアプリケーションである。パルスモーターのパルス値や実験装置の温度などのロギングに使用できる。本年度はMyDAQ2をビームラインの制御システムへ導入し運用を行った。また、さまざまなPCで使用できるようにインストーラーの整備やデータカラム名に日本語を設定できるようにするなどいくつかの機能を追加し、利用者の利便性を向上させた。

(2) リアルタイム制御

数ミリ秒程度の精度で測定シーケンスを実行し、高速測定や時分割実験を行いたいという要求が多々ある。従来の汎用OS上に構築された制御系では、数10ミリ秒程度のタイムジッターが生じることが避けられず、なかなかこれらの要求をソフトウェアで実現することは困難であった。そのためリアルタイムOSを利用したり、専用のハードウェアを開発するなどの対応を行っているが、保守性や実験条件の変更への対応などの柔軟性の点で問題が多かった。

近年のOSではリアルタイム処理を行うためのメカニズムが組み込まれ、簡単な方法でミリ秒精度の制御性が得られるようになってきている。そこで、Linux OS上でMADCOAフレームワークを用いて、どの程度のリアルタイム性能が得られるか評価を行った。Command Interpreter (CI) から

制御メッセージを送り、Message Server (MS) を経由して、Equipment Manager (EM) により機器を制御する1ミリ秒のループの処理時間のばらつきを測定した。Linux上で上記の3つのプログラムを通常プロセスで動作させた場合は大きなばらつきがあり、本来1ミリ秒で完了すべき処理が最大20ミリ秒以上かかるケースが見られた。しかし、これらのプログラムをリアルタイムクラスに設定するだけで、1ミリ秒に対し ± 0.15 ミリ秒以内の誤差でループを実行することができることが分かった。この結果をもとに、来年度以降リアルタイム実験制御系を構築していく。

(3) 2次元ピクセル検出器

Swiss Light Sourceとの共同開発研究で開発した放射光で世界初のシングルフォトンカンテイング型ピクセル検出器の実用機であるPILATUS-100K (ピクセルサイズ $172\mu\text{m}$ 、ピクセル数 487×195 、有感面積 $83.8 \times 33.5\text{mm}^2$) は、2006年度より本格的な利用フェーズに入り多くのビームラインで利用に供しており、2007Aからは更に多くのニーズに応ずるために第二号機を稼働させて2台体制を整備した。また、各ビームラインの実験ステーションで広く用いられている制御ソフトのLabVIEWとSPECからの制御環境を開発し、ユーザにとってより使いやすい環境を構築した。検出器の仕様、利用スケジュール、各種ツール、ユーザからのFAQ等は、ホームページ (<http://detector.spring8.or.jp/pixel/>) に公開して情報の共有化を進めている。ビームタイムに当たっては、検出器開発担当者がセットアップから実験条件に最適な検出器パラメータの設定、実験データの

解析、データバックアップ等の支援を行っており、必ずしも検出器技術に精通していない一般ユーザにも最先端の技術を提供できる支援体制をとっている。

PILATUS検出器利用の典型例は、従来のシンチレーションカウンタ、或いは、SSDを用いたスキャン測定 of 迅速化である。2007AにBL02B1で行われた長期利用課題の例(課題番号:2007A0010)では、従来のシンチレーションカウンタを用いた方法では1つのブラッグ反射の移動の様子を詳細に調べるのに1シフト程度の時間を要していた測定が、PILATUS-100Kを用いる事によって1時間以内で行えるようになった。

検出器の高度化として、マルチモジュールによるPILATUS検出器の面積化を進めている。最終的には3×8モジュールによる有感面積254mm×289mmを目指しているが、2006年度に3×2、2007年度に3×4を実現している。2008年度には3×8モジュールへと順次拡大する計画である。本年度は、BL40B2でのインハウス課題(課題番号:2007B1978)にて、3×2モジュールを用いた評価実験を行い、その後に行われた同ビームラインでの一般課題へ利用された。評価実験では、小角領域において等方的及び非等方的な散乱が観測される試料を用いて、カメラ長2.1m、波長1.0Åの条件でPILATUS-2M及びR-AXISを検出器として小角X線散乱測定を行った。等方的な散乱が観測される希薄なタンパク質溶液の測定では、R-AXISと同様に精度の良い散乱プロファイルが得られており、またread out timeが観測時間に比べてほぼ0であり、R-AXISに比べて非常に効率の良い測定が可能である事が実証された。一方で、非等方的な散乱で、かつ、観測する角度領域が狭い場合には、モジュール間の検出不能エリアが問題となることが指摘され、今後の課題となった。

3. 情報・ネットワーク

3-1 ネットワーク

Spring-8のネットワークシステムは大きく分けて3つのネットワークで構成している。それぞれ、OA系ネットワーク(OA-LAN)、利用実験ユーザ用ネットワーク(BL-USER-LAN)及び制御用ネットワーク(制御LAN)である。ネットワーク機器や接続ノード数が多数になることから、保守の高効率化が最重要課題となった。そこで2007年度の後半は、これらのネットワーク構成の状態把握のための調査を行い、老朽化した機器の交換、利用状況にあわせて帯域の増強及び過度に冗長な機器構成の整理を行った。また、次期ネットワークシステムの高度化案を策定した。2008年度以降は、ここで検討した高度化計画に則ってネットワークシステムの機器更新等を行う予定である。これらに加え、従来からのネットワーク機器の高度化計画に沿って、制御LANおよびBL-USER-LANのネットワーク機器の更新を行っている。

(1) 制御LANの更新

利用実験の高度化と相まって制御システムで必要とされるネットワーク性能の要求も高まっており、計画的な高度化作業としてネットワークの広帯域化や拡大を行っている。同様に、生産停止等により保守が困難な旧型機器の更新などのライフサイクルの管理を行うことで、安定したネットワークシステムを実現している。今年度は蓄積リングとブースターシンクロトロンで使用しているエッジスイッチの更新を行い、経路全域のギガビットイーサネット化を実現した。特にNewSUBARUにおいては、これまで使用してきた3Com社製LANPlex2500 FDDIノードをヒューレット・パッカー社製ProCurve5406zlに置き換え、旧式のネットワーク規格であるFDDIを全廃することができた。また、ブースターシンクロトロンの機器制御システムで利用されていた10BASE-FLを光ギガビットイーサネット化することで、システムの安定運用と広帯域化を両立させている。

同時にネットワーク経路を整理統合することで、ネットワークシステムの簡素化を行った。制御系ネットワークは、複数の異なるセグメントをVLANにより分離したスイッチドネットワークとして、できる限り単純なツリー型トポロジーとして構成している。しかし、蓄積リングネットワーク(SR-LAN)とITVネットワーク(ITV-LAN)は歴史的な理由によりツリー構造を形成せず、部分的にネットワークスイッチを共有する複雑な接続としていたため、利用と保守の面で混乱をきたしやすい構成になっていた。そこで2008年1月に、保守通路のITVラック12カ所にITV-LAN用としてヒューレット・パッカー社製ProCurve2600-8-PWRを導入し、SR-LAN、ITV-LANを分離して完全なツリー構造を構築した。

(2) ビームラインユーザ用広帯域ネットワークの整備

BL-USER-LANはビームライン毎に100Mbpsの帯域を提供しているが、一部のビームラインでは、OA-LAN上のファイルサーバに100Mbpsを超えるデータ転送を必要としており、既存のネットワーク帯域では不十分な状況にあった。これを踏まえ、2006年度にユーザ実験用ネットワークとしてギガビットイーサネットを基幹とする広帯域ネットワークを構築した。今年度は、5本のビームラインに対して、基幹の収納部上部光成端箱から各ビームラインまでシングルモード光ファイバを4芯敷設し、1Gbpsネットワークを整備した。広帯域ネットワークの整備に合わせて、旧型ノードスイッチの更新を行っている。BL-USER-LANの基幹ネットワークシステムは、CVCF室に設置されているコアスイッチをツリー型の頂点として、各ゾーンにノードスイッチを設置し、ノードスイッチからさらに副電気室や蓄積リング棟廊下HUB BOXにエッジスイッチを配置した構成となっている。これまで各ゾーンのノードスイッチは、

2000年に導入した3Com社製CoreBuilder3500で運用してきたが、広帯域化に伴うギガビットイーサネットインターフェースの需要増加により、2007年8月に実験ホールB、Cゾーンのノードスイッチをポート収容密度の高いヒューレット・パッカード社製ProCurve5406zlに更新した。A、Dゾーンのノードスイッチの更新は、来年度行う予定である。

(3) 研究交流施設ネットワークの高度化

SPring-8の利用者が宿泊する「研究交流施設」は、従来CVCF室にある基幹スイッチより100Mbpsの回線速度で接続されていた。より高速な回線速度の提供とネットワーク冗長化を行う為、基幹ネットワークスイッチから研究交流施設管理棟へ至るネットワークをギガビットイーサネット2回線の冗長化接続に更新した。これにより2Gbpsの高帯域ネットワークを実現した。またネットワーク経路の広帯域化に併せて、無線LAN及び研究交流施設からのネットワーク接続に使用しているユーザ認証装置の更新を行い、トータルのネットワークスループットを300Mbpsから1Gbpsへ向上させた。来年度には、研究交流施設の全部屋において無線LANが利用できるようにインフラストラクチャ及びシステムの整備を進める予定である。

(4) ネットワーク監視系強化

キャンパス内の隅々まで広がった全てのLANを効率よく管理するために、(a) 接続ノード監視、(b) ネットワーク機

器管理を目的としたネットワーク監視系の整備を行った。

(a) 接続ノード監視

OA-LAN、BL-USER-LAN、制御LANの各LANに接続されたネットワーク機器及び制御機器の状態可視化のため、HP OpenView (Network Node Manager, Enterprise Discovery) を用いたSNMP (Simple Network Management Protocol) ベースの監視システムをすべてのLANに導入した。OpenViewのアラーム機能を利用し、不正IPアドレスやネットワーク機器故障など、異常検出イベントのメール通知システムを整備した。本通知システムにより、ネットワーク障害の迅速な把握と対策が可能となった。通知システムはPerl言語で構築されているため機能拡張が比較的容易であり、イベント解析や制御機器の障害検出などの整備を進めている。

(b) ネットワーク機器管理

SPring-8の各LANを構成するネットワークスイッチはおよそ400台にのぼる。機器設定情報の一元管理と、障害発生時の迅速な復旧・交換を行うため、ネットワーク機器管理システムProCurve Manager+ (PCM+) の導入を行った。本システムはネットワークスイッチの遠隔設定や設定履歴管理だけでなく、IEEE802.1ab (LLDP) 規格に基づいた機器相互接続状態の管理、RFC3176 (sFlow) 技術ベースのトラフィックサンプリングを提供する。LLDP及びsFlowはネットワーク運用状況の可視化による安定運用の向上に寄与している (図7)。

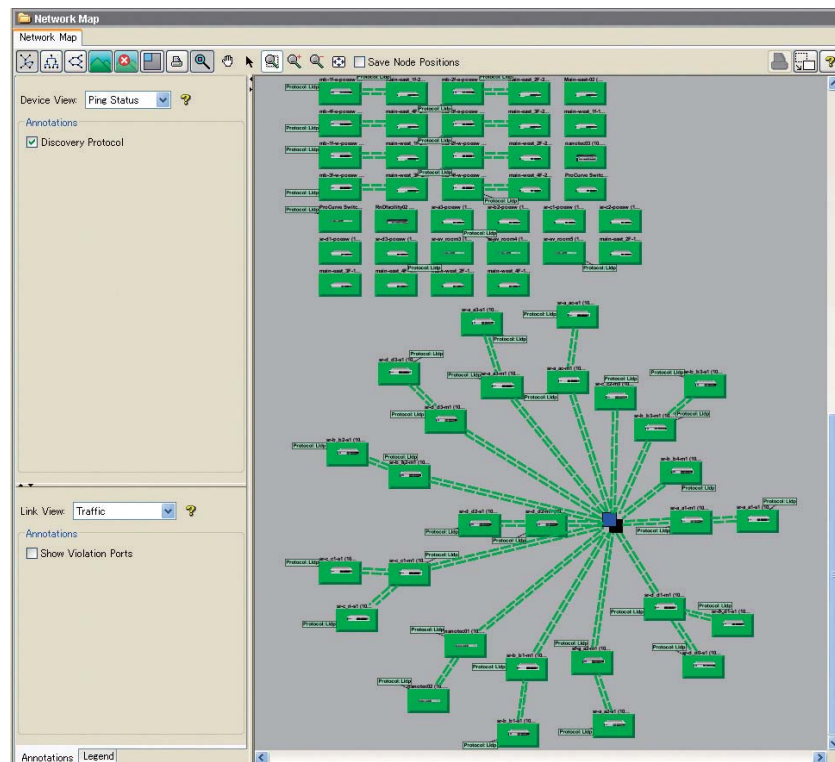


図7 PCM+によるネットワークスイッチの管理画面の例。接続トポロジーや回線速度及び動作状態などが一望できる。

(5) 高速共通ストレージの整備

ビームライン利用実験のプライマリ/セカンダリストレージの整備を目的として、高速な汎用ストレージによる共通ストレージ環境の構築を行った。WindowsやLinuxなどで構成されている計測装置から生成されるデータを高速に蓄積し、実験/計測システムの高効率化を目指している。ストレージシステムとしては、インフィニバンド・クラスタ上のRAIDストレージとして構成されるIsilon IQ-1920を採用した。今回の初期導入システムとして、2TBの筐体3台を導入し、実容量4TB、総ネットワーク帯域6Gbpsで接続している。また、本システムは筐体の追加により192TBまでディスク容量が拡大でき、且つ筐体の台数に比例した広帯域化が実現可能である。現在は2次元検出器から吐き出される大容量データのプライマリストレージとしての

R&Dを行っており、2008年度の投入を予定している。

3-2 共通情報

(1) SPring-8 公式WWW表示速度の改善

SPring-8における研究成果など、広報、情報発信の役目を担う公式WWWサーバーには、コンテンツ管理機能と検索機能に優れたZope/Ploneシステムを採用している。このシステムは、閲覧者からのリクエストに応じて都度サーバー上でページを生成するため、一般的なWebページの閲覧に比較して表示に時間が掛かる欠点があった。従来から同じ内容の閲覧リクエストに対しては、保存しておいた生成済みのページを返して高速化するキャッシュサーバーや、ページ生成処理を行うPloneサーバーの負荷分散構成を採っていたが、高速化の効果は十分ではなかった。

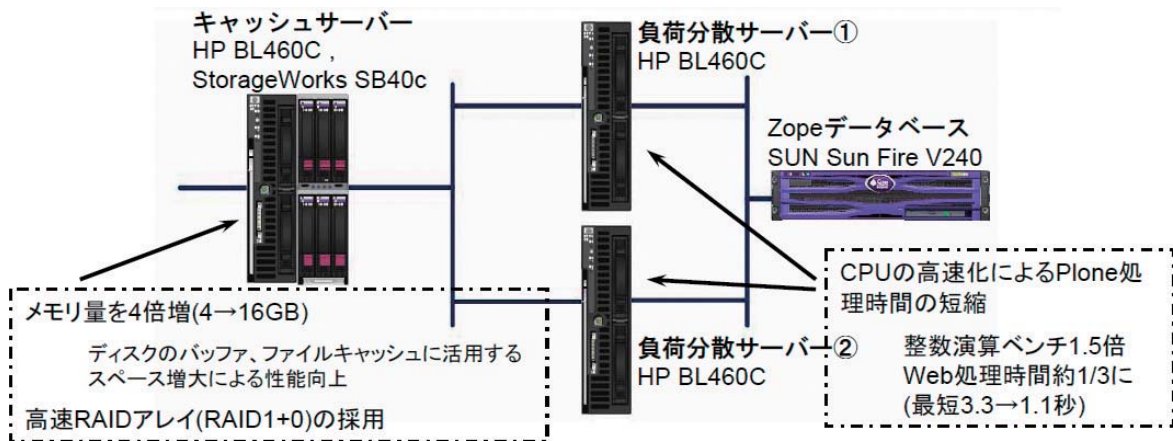


図8 改善後のSPring-8公式wwwサーバーの構成

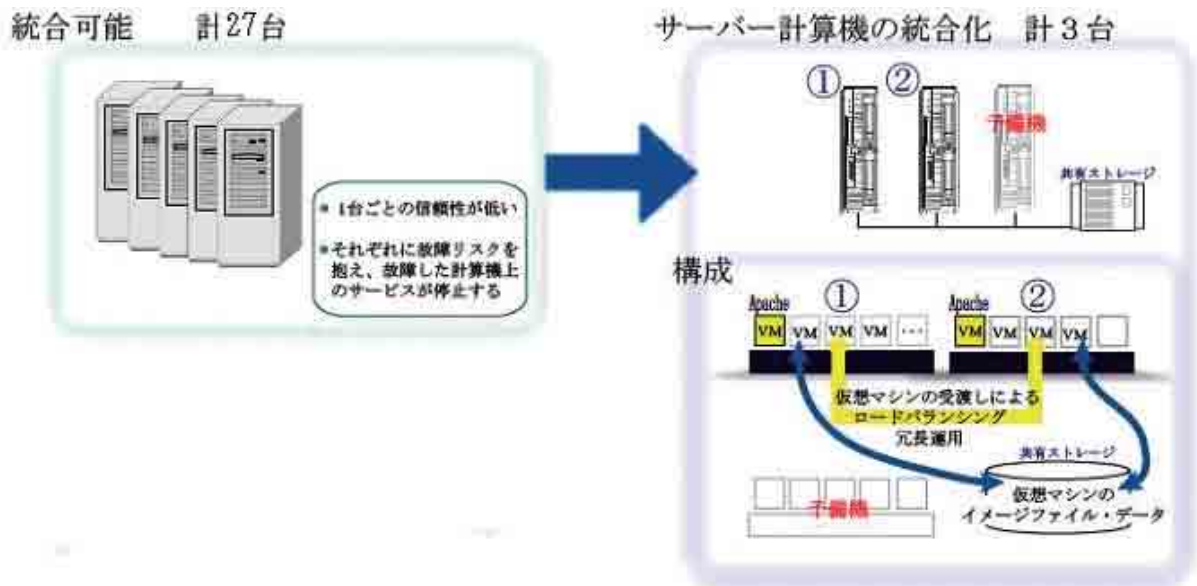


図9 改善後のSPring-8公式wwwサーバーの構成

そこで公式WWWサーバーを構成する各計算機でボトルネック解析を行い、メモリが慢性的に不足していたキャッシュサーバーは、ファイル操作を高速化するためメモリを4倍に増強し、ページ生成処理によるCPU占有が生じていたPlone負荷分散サーバーは、CPU演算性能の向上と、マルチコア化で他のプロセスがCPU待ちにならない構成に改善した(図8)。

以上のハードウェアに対する改善とキャッシュ有効期限などのチューニングによって、キャッシュがヒットして1秒以内にブラウザ表示を完了するケースを大幅に増やし、またキャッシュにヒットしない場合でも処理時間を従来の約3秒から2秒以内に改善することに成功した。

(2) 情報計算機サーバーの仮想化統合

情報計算機室には所内向けサーバー、管理を依頼されている各部門用サーバーが多数設置されているが、そのほとんどが電源やディスク、冷却ファンなどに冗長性を持たないローエンドサーバーである。したがってハードウェア障害が発生した場合は、その上で稼動しているサービス・業務が中断する。

ハードウェア障害による業務の中断を最小限とすることを目指しながら、管理するシステムハードウェアの台数を削減するため、計算機仮想化技術を応用したサーバー・ハードウェアの統合を開始した(図9)。2007年度は、仮想サーバーを運用する信頼性の高いベースサーバーとストレージの構築、仮想化用OSと動作環境の構築、および性能の検証を行った。これにより、冗長性を持たない計27台のサーバーを、信頼性の高い3台のサーバー計算機上で稼動する仮想サーバーに移行する目処が付き、2008年度より移行作業(マイグレーション)を開始することが決定した。

制御・情報部門 田中良太郎