

3-4 制御

1. 新フレームワーク MADOCA II メッセージ通信

MADOCA-DX プロジェクトにより機能拡張された新 MADOCA と、これまでの MADOCA を区別するために、MADOCA-DX にて開発されたプロダクトを「MADOCA II」と称する事にした。以下に、拡張された機能に関して報告する。

1-1 メッセージ通信機能向上

SVOC 制御メッセージ通信機能向上は、2012 年度までに基本機能の実装及び動作確認が完了している。2013 年度は SPring-8 及び SACLA の実環境への導入を行った。

1-2 SALCA 実験制御系への導入

SACLA 実験制御系は MADOCA 環境で構築されていたが、実験ステーション制御系とビームライン及び加速器制御系が分離されているため、本来 MADOCA では想定していない、上位制御系端末 (GUI 等ユーザー操作に使われる制御端末) 間の通信が必要であった。これは分光器の波長変更など、実験ユーザーに必要な操作のみを実験ステーション制御系から行うことができるようにし、実験ユーザーの誤操作などから施設の基幹制御部分を守るためである。このために、単純なソケット通信プログラムを作成し、実験ステーション制御系とビームライン制御系の接続を実現していた。ところが、このプロトコルは通信エラーや VME の異常停止等の障害に弱く、トラブルの原因究明と復旧に手間がかかるという問題を抱えていた。

MADOCA II メッセージ機能は ZeroMQ で実装されており、上位制御端末間の通信もサポートしている。ZeroMQ は、単純なソケット通信に比べて信頼性も高く、通信トラブルを大幅に減少させられることが期待できる。そこで、2013 年度初頭より SACLA 実験ステーション制御系の制御端末上で動作しているソフトウェアを、MADOCA II 対応に変更する作業を開始し、夏期点検調整期間前に動作試験を完了した。夏期点検調整期間中に全実験制御端末のソフトウェアの変更を行った。夏期点検調整期間明け以降 SACLA 実験ステーション制御端末及びビームライン制御系は MADOCA II で運転されており、通信障害によるトラブルは激減した。

1-3 SPring-8 加速器・ビームライン制御系への導入

SACLA 実験ステーション制御系に続いて、SPring-8 加速器及びビームライン制御端末への導入を行った。2013

年度は熱源改修工事のため年度末に 3 ヶ月程度の点検調整期間があったため、この間に全ソフトウェアを入れ替え、制御端末の MADOCA II 設定変更、動作確認を行うようスケジュールした。2013B 期の運転期間中及び短期点検調整期間に可能な限りソフトウェアの動作試験を行った結果、大きな問題は見つからなかった。2014A 期からはニュースバルを除く全加速器及びビームライン制御の上位系は MADOCA II で運転を行う予定である。また、加速器真空制御用 VME 等一部のフロントエンド制御計算機系 (下位系) にも MADOCA II を導入して試験を行い、特に問題はなかったため、試験動作実績のあるフロントエンド計算機も 2014A 期からは MADOCA II で運転を行う予定である。

1-4 LabVIEW 対応

MADOCA II の特徴の一つとして Windows 環境でも動作可能な点が挙げられる。この点を活かして LabVIEW で構築された NI 社製 PXI 5922 高精度デジタイザによる Beam Position Monitor データ読み出しシステムのソフトウェア部分を、MADOCA II 対応に改修した。これにより、任意の制御端末の MADOCA II 環境から最大 5000 点/秒/4 ch のデータを取りこぼすことなく取得、表示できるようになった。

また、この LabVIEW ソフトウェア改修では、図 1 に示すように MADOCA II インターフェース部分 (MADOCA II-LabVIEW インターフェース) とアプリケーション部分を異なるブロックとした。これにより、他の LabVIEW アプ

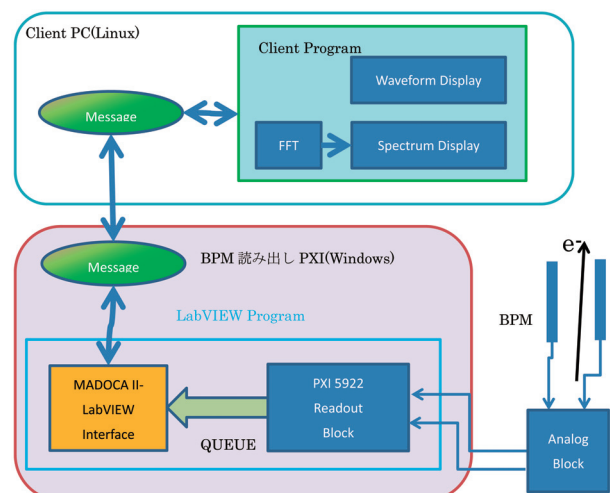


図 1 MADOCA II-LabVIEW インターフェースを用いた BPM 読み出しシステム

リケーションにも容易に適用できるようになっている。LabVIEWは広く実験ステーション制御に用いられていることから、MADOCA II化により実験ステーションとビームライン制御系の連携強化が期待できる。2014年度以降、実験ステーション制御系、特にカメラ画像等の実験データ収集に適用する予定である。

MADOCA II メッセージング機能に関しては2014年度以降、VME等のフロントエンド計算機への適用及びWindows/LabVIEWを含む実験制御系への適用を進める予定である。

2. 新フレームワークMADOCA II データベース

MADOCA II に導入予定のNoSQL型データベース(Redis + Cassandra)とデータ収集系に関して、2012年度にテストベンチで性能試験を実施し、現在及び将来においても十分な性能が得られることを確認した。これによって、SQL型リレーショナルデータベース(RDBMS)で管理している時系列の機器ログデータを、NoSQL型のKey Value Store型データベースで置き換えて管理することが可能となる。加えて、高い冗長性を有するシステム構成とすることもできるので、安定運用につながる。

2-1 導入試験

旧来のRDBMSデータ収集蓄積系の置き換えを目指して、最終的な実負荷における動作検証を実施した。実際の環境にシステムを構築して、旧来のデータ収集蓄積系と並行してMADOCA IIデータ収集蓄積系を動作させ、長期安定性を確認するとともに、周辺環境の整備を行った。そのために以下のことを実施した。

1. アーカイブデータをCassandraデータベースへコピー

RDBMSに蓄積されていた1997年のコミッションング以来のアーカイブデータをCassandraデータベースにコピーした。

2. 実環境での全データ収集を開始

2つの方法で行った。1つは組み込みコンピュータ内で旧来のプロセスと並行して動作し、データをデータ収集系に送るもの。もう1つは組み込みコンピュータからのデータをまとめるワークステーションからの出力を利用して、それを変換してデータをデータ収集系に送るものである。

3. 制御用アプリケーションからデータを利用するためのライブラリー開発

制御用アプリケーションの改変を最低限にするため、旧来のライブラリーと同じ名前、形式でアクセスできるようにした。

4. 周辺アプリケーションの開発

MADOCAアラームでは、リアルタイムのデータ、閾値などの管理データ、アラームの記録などすべてのデー

タをRDBMSで管理していた。MADOCA IIではリアルタイムデータのみを非RDBMSであるRedisから読むこととし、その他のデータはRDBMSで管理するSQL型+NoSQL型のハイブリッド形式とした。そのための監視アプリケーションを開発した。またWebによるデータ監視も新データ収集蓄積系にあわせて開発中である。

2-2 機器信号データ登録法の検討

MADOCA IIデータ収集蓄積系では、データ登録の簡便化も開発目標である。旧来のシステムでは、組み込みコンピュータでの設定ファイルと、データベース登録ファイルが分離しており、これがデータ登録の簡便化にとって障害となっていた。MADOCA IIではこれを一本化し簡便化と誤りの減少を図った。

2-3 新タイプのデータ収集

MADOCA IIでは旧来のシステムでは難しかったデータ収集も可能にした。例えばCOD(Closed Orbit Distortion)測定は高度化に伴い1/10 Hzであったデータ収集周期を10 Hzに向上させた。ところが旧来のシステムではRDBMSの性能が不足し、この速度でのデータ蓄積ができなかった。MADOCA IIでは性能に十分余裕がありこの速度でのデータ蓄積が可能であることを予備実験で示した。またステアリング電源では老朽化に伴いトラブルが散発的に起っていた。電源故障の前にはスパイク状のノイズが観測されることがわかっており、このノイズを確実に捕捉することにより、電源の故障の予知ができる。しかし周期的なデータ収集では突発的に発生するノイズの確実な捕捉は難しかった。MADOCA IIのデータ収集の柔軟性により、突発的なデータも周期的なデータと同様に収集、蓄積ができるようになったことでトラブル防止に寄与することができるようになった。

2013年度は以上のことを実施しMADOCA IIデータ収集蓄積系は安定に連続稼動することが確認された。2014年度の最終的なMADOCA置き換えを目標としている。

3. DDH (Digital Data Handling)プロジェクト

検出器を始めとする実験計測システムから生成される大容量のデジタルデータを高速に処理することを目指し、2011年度にDDHプロジェクトがスタートした。DDHでは、これまでのネットワーク分散制御／データ収集(DAQ)システムのさらなる広帯域化を目指し、従来のレベルを超える大容量データのハンドリング方法を規格化することで、広帯域且つリアルタイムな制御／DAQシステムを汎用的に構築することを目指している。

2011年度は要素技術を調査・選定し、評価用システムを構築して、要求性能を満たすことを証明した^[1]。2012年度は本技術の応用展開を進めた。SACLAを中心に開発が進め

られているSOI技術を用いた2次元検出器(SOPHIAS)と接続するためのインターフェース基板を含むプロトタイプDAQシステムを新規開発し、放射光実験で要求される帯域(460 MB/sec)を満たすことを確認した^[2]。

2013年度は、放射光実験供用実運用化を目指したシステム統合と次世代バックプレーンシステムの調査・検討を実施した。

3-1 放射光実験供用のためのシステム統合

利用実験運用に導入するためにプロトタイプシステムをモジュール化(インターフェースモジュール開発。図2)し、実験に必要な機能(トリガー信号制御、イベント再構築情報制御、データエラー検出、データ収集パラメータ表示、異常状態監視とアラーム表示機能等)を処理回路に追加した。さらに、インターフェースモジュールと実験供用計算機を組合せて評価計測システムを構築し、データ伝送帯域や安定性などの評価で良好な結果を得た。



図2 新規開発したインターフェースモジュール

3-2 次世代バックプレーンシステム調査・検討

将来のセンサー数増加に対応するために、現在のボックスタイプモジュールと汎用計算機の組合せから、バックプレーンタイプのプラットフォームへの移行の検討を開始した。バックプレーン技術を選定し、それを基にセンサー数の段階的な増加に対応するためのシステム・デザインと移行プランを作成した。さらに、2014年度のプロトタイプシステム構築準備として必要な機材の選定と手配を完了した。

参考文献

- [1] C. Saji, et al.: Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A(2013), DOI: 10.1016/j.nima.2013.05.019.
- [2] C. Saji, et al.: Proceedings of ICALEPCS, San Francisco, CA, USA, 2013, WECOCB03.

4. 加速器制御

4-1 計算機制御系

計算機制御系では、加速器及びビームライン制御に関わるサーバ計算機、オペレータ端末及びデータベースシステムについて、以下のとおり維持・管理及び高度化研究を行った。

4-1-1 データベースシステムの高度化

加速器及びビームラインにおいてデータ収集を行っている信号点数は年々増加しており、2013年度は1,517点の信号追加があった。2013年度末時点でデータ収集に利用している信号点数は29,123点であり、RDBMSに蓄積しているデータ量は3.5 TBとなった。本システムは、定周期でのデータ収集の他、Linacの同期データ収集にも対応している。2013年度は、同一ショットの事象として同時に収集する約800点のLinac同期データについて、複数の信号のデータ相関が閲覧できるウェブインターフェースを構築した。また、NewSUBARUとSynchrotronの振り分け入射の際のフィードバック処理に対応するため、最新10ショット分のデータ取得ができるデータベース関数も整備した。

アラーム監視システムにおいては、アラーム判定の際に比較参照する信号に対する制限を解消し、任意の信号を参照値に利用できるようにした。この機能拡張により、ビームラインにおいてビーム電流(DCCT)監視の健全性の確認ができるようになった。

また、ビームアボートが発生した際にSPRING-8スタッフ及び実験ユーザーにメール通知を行うシステムについて改善を行った。以前は個別に登録されたメールアドレスに通知していたが、メールアドレス管理の利便性とユーザー増加への対応を考慮し、メーリングリストを用いたシステムとして整備し、2014年3月より運用を開始した。

4-1-2 加速器制御系ファイルサーバのバックアップ環境の強化

加速器制御系プログラムを保存しているファイルサーバのバックアップ環境を強化した。バックアップデータを安価なNASシステムに保存する方式をやめ、メインファイルサーバ機と同等スペックを持つ機器を導入し、これにバックアップを取ることで、速度性能・信頼性・容量を向上させた。保持可能なバックアップ世代数が増加したほか、万一メインファイルサーバ機に重大な障害が発生し運用が困難となった場合でも、バックアップ機をメイン機に昇格させて安定したサービスの継続が可能となり、冗長性、可用性が向上した。またサーバ間のデータ同期に専用ツールを使用することにより、バックアッププロセスにかかる手順の簡略化と時間短縮を実現した。

4-1-3 収納部監視カメラシステム更新

収納部内を遠隔監視するカメラシステムが稼働している

計算機を、老朽化のため更新した。オペレーティングシステムも更新したほか、本システムを導入した2006年度以降に増設されたカメラを本監視システムに追加登録し、監視画面上のカメラ表示位置と実際のカメラ設置位置との不整合性を解消した。

4-1-4 仮想計算機環境の高度化

制御ネットワーク上のプログラム開発サーバやWebサーバ、監視サーバは、2008年度から仮想計算機として運用している。2013年度はMADOCA II開発環境など新たに4つの仮想計算機を立ち上げ、1台のホストサーバを増設した。また、仮想計算機の使用状況の調査を行い、使用されていない仮想計算機4台を廃止した。ローカルデータの増加により仮想計算機としての運用が不向きになったもの2台については物理計算機に置き換えた。この結果、2013年度末時点で30台の仮想計算機を6台のホストサーバ上で動作させ、省電力、省スペースを実現している。

仮想化に使用するソフトウェアは、2011年度に導入したkvm仮想と古いVMware仮想が混在している。管理性の向上のため、kvm仮想への統一を進めており、2013年度はVMware上の仮想計算機1台をkvm仮想へ移行した。

またトラブル対策として、仮想計算機を別のホストサーバへ移転させるマイグレーション機能を実装した。これによりホストサーバのトラブル時に仮想計算機を無停止で回避させることができるようになり、ダウンタイムをゼロにすることが可能となった。2013年度は手動でマイグレーションを行ったが、2014年度にはホストサーバのトラブルを検知し自動でマイグレーションを行う機能を持たせる予定である。

4-1-5 システムログ収集・閲覧・解析環境の整備

加速器やビームラインの制御用計算機は、システム状態やプログラムの動作結果を逐一システムログサーバに送信し、故障やトラブルがあった際の原因究明に役立っている。2012年度にSPRing-8制御系においてログシステムの更新を行い、追加したログサーバでログ収集を行っている。2013年度は、ログ収集の次段階として、大量のログから得られる

情報を統計としてWebに表示、特定のエラーログが検知された際に機器担当者にメールを発信するなど、収集したログを利用する環境の整備を開始した。各種ログソフトウェアを検討した結果、様々なフォーマットのログを手軽に取り込めるfluentdソフトウェアの利用試験を開始した。2014年度にはログ統計解析に幅広く利用できる見込みである。

4-2 機器制御系

4-2-1 機器制御系 MADOCA II 移行作業

上位計算機系のMADOCA II化作業に合わせて、加速器機器制御系についてもMADOCA II移行作業を行った。2013年度は、移行のための環境整備を中心に行い、一部の機器制御系についてMADOCA IIへ移行した。環境整備として、まずSolaris8で動作している機器制御用計算機約20台をSolaris10に移行した。これはMADOCA IIの新メッセージングフレームワーク^[1]が、Solaris8には対応していないためである。これらの計算機は実導入から約10年が経過し老朽化していたため、併せてCPUボードを更新した。そして、Equipment Manager (EM) 及びEquipment Manager Agent (EMA) といった機器制御用ソフトウェアをビルドするMakefileを3つのファイルに分割し、ホスト毎の違いを1つのMakefileに吸収する構成とした。これにより、管理が容易となり移行作業がスムーズに行えるようになった。これらの準備を行った上で、実際に蓄積リング真空系の10台のホストのEM及びEMAをMADOCA IIフレームワークへ移行した。移行したホストにはVME計算機及びPCのSolaris9、10の他に、横河電機社製e-RT3 Linux PLC^[2]も含まれている。いずれも安定に加速器制御系で使用できている。

また、MADOCA IIデータベースの試験のため、既存のPoller/Collectorデータ収集系で使用している機器制御計算機上の共有メモリからデータを読み出し、MADOCA IIデータベースへデータを送信するソフトウェアを作成した(図3)。加速器制御系で使用している約210のホスト上で安定に動作し、移行に備えた大規模な試験の実施に貢献している。このソフトウェアはMADOCA IIデータベースへの移行期にも使用される予定である。

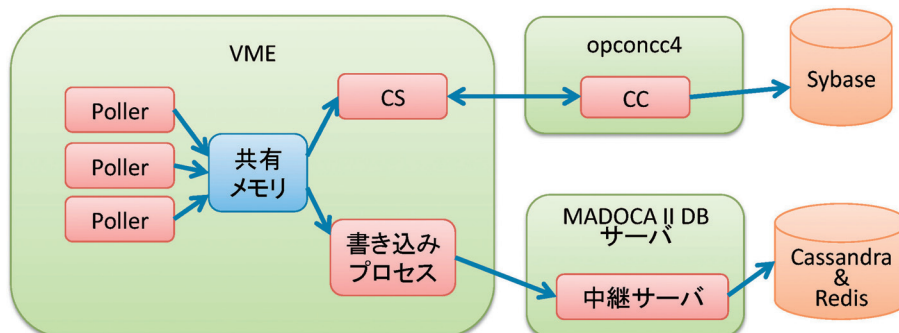


図3 MADOCA II用データ収集系試験ソフトウェア整備

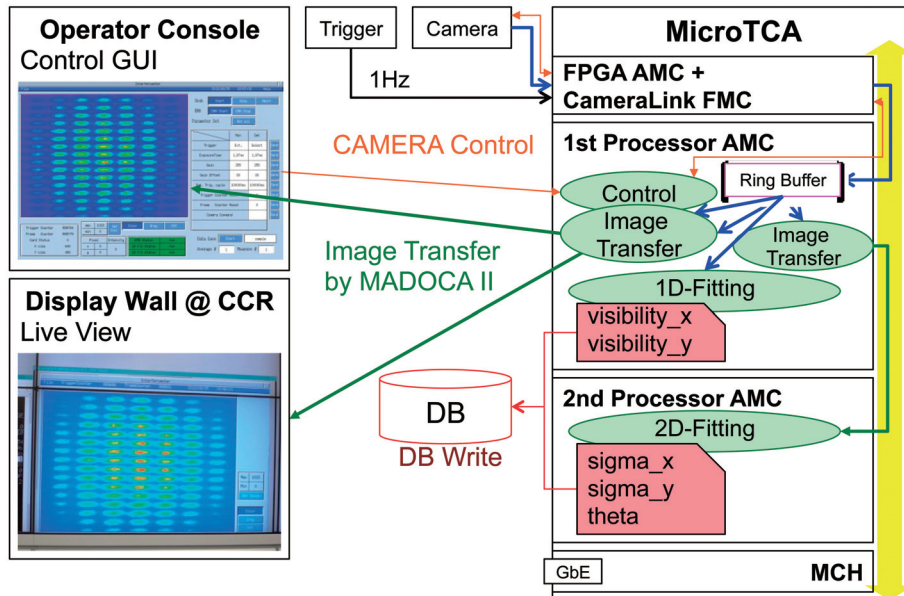


図4 2次元放射光干渉計新制御システム構成

4-2-2 2次元放射光干渉計画像処理システム更新

老朽化したPCベースの画像処理システムの更新と、新たに2次元フィッティング処理によるビームの長軸・短軸方向のビームサイズならびにビーム軸の傾き角を1 Hzで常時計測することを目的として、2次元放射光干渉計^[3]の画像処理システムを更新した。新システムには、2012年度に開発したMicroTCA画像処理システム^[4]を用いた。従来システムで提供していた水平・垂直方向のビジビリティ・ビームサイズの1 Hzでの常時計測と、中央制御室でのライブビュー機能を新システムでも提供できるよう、2次元フィッティング処理専用の2ndプロセッサモジュールを用意した。ソフトウェアはMADOCA IIを用いて構築し、強化されたメッセージング機能を利用することで、取得した画像データをライブビューGUIやカメラ制御GUI、2次元フィッティング処理などのソフトウェアへ容易に転送できた(図4)。

新たにビーム軸の傾き角を常時計測できるようになったことで、ユーザー運転中のXYエミッタンス結合比の変動を、今までより高感度で取得できるようになった。例えば、図5に示すようにID07磁極ギャップとの間に強い相関があることが見て取れる。

4-2-3 Linac同期データ収集系拡張

既存のビーム位置モニター(BPM)用同期データ収集系を拡張し、ビーム電流モニター、電子銃、RF系、電磁石電源等のデータの一部を、電子ビームに同期して取得し解析できるよう、ハードウェア及びソフトウェアを整備した^[5]。新たに3台のVME計算機を同期収集系に加え、約90点の信号を追加した。拡張のために、リフレクティブメモリネットワーク用の光ファイバの敷設、データベーステーブルの改造やAPI関数の整備、Web閲覧ページの整備

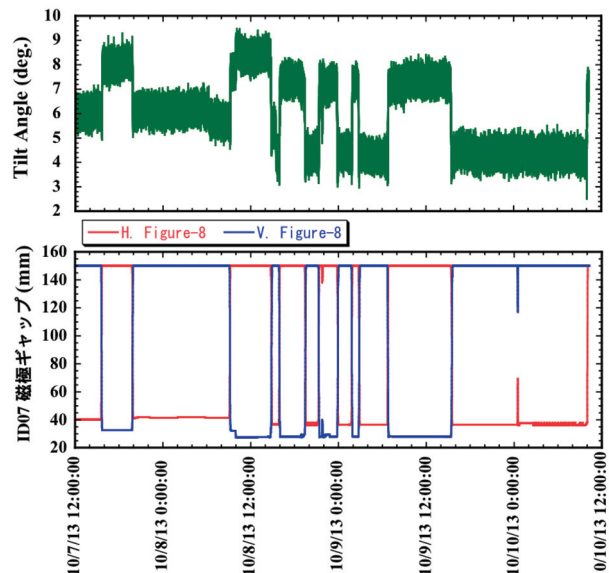


図5 ビーム軸の傾き角(青)とID07磁極ギャップの相関

なども併せて行った。拡張した同期データ収集系は、例えば、Linac内で時々起こる、電子ビームの全損と機器異常との相関調査など、実際の運転で役立っている。2014年度には、さらに電磁石電源系の残りやタイミング系、L3及びL4ビーム輸送ラインにも拡張する予定である。

4-2-4 光伝送リモートボード用シャーシ整備

2011年度に光伝送ボード用リモートシャーシの空冷用ファンが故障し、ボードが正しいデータを取得できないほどシャーシ内が高温になる事象が発生した。他にも空冷用ファンが停止しているシャーシが数多く見つかったが、シャーシはファンや電源といった消耗品の故障を示すインジケータが無く、直ぐに故障と判断することが難しいという

問題があった。また、これら消耗品の交換が容易に行えない構造となっていて、加速器の運転中に故障を起こした場合にはボード類の移設や信号ケーブルの取り外し・取り付けを含め、シャーシの交換に2時間程度も掛かってしまう。これらの問題点を解決するため、新たな光伝送ボード用シャーシ（2U 4スロットタイプと4U 8スロットタイプ）を2012年度から2013年度にわたって開発した。基本設計と製作は2012年度に行い、空冷用ファンや電源のユニット化による故障時の交換の簡便化、電源やファンの状態を示すインジケータのシャーシフロント部への取り付け、60℃以上になると接点がメイクする温度監視機能の付加を行った。また、PoEで動作する小型組み込み機器Armadilloをシャーシ背面に実装し、電源・ファン・温度の異常状態を遠隔から常時監視できるようにした。2013年度には空冷用ファンの高回転化、圧力損失の少ないエアフィルタへの交換、電源ユニットの構造の見直しを行い、廃熱効率の悪い19インチラックに実装しても電源ユニット上部の温度が環境温度+10℃程度以内に収まるよう改良した。2013年度より一部適用を開始し、2014年度より本格的に実機への適用を実施する予定である。

4-2-5 Linux PLCの活用

2012年度に、蓄積リング真空・電磁石機器保護インターロックシステムの情報読み出し系に、横河電機製e-RT3 Linux PLCを適用した。2013年度には、蓄積リング48セルのスクレーパーと、21セルのペローズチェンバの温度監視のために、新たに2台のLinux PLCを導入した。実運用上システムに必要な、NIS、rsyslog、自動起動のサービス登録、NFSマウント先などの各種設定ファイルをセットアップしたSPRING-8標準ブートイメージを作成し、CompactFlash用のイメージとして整備した。またMADDOCA IIの移植作業も行い、EM、MSなどのフレームワークがe-RT3上で動作することを確認している。2013年度末の時点で、実導入している4台のLinux PLCのうちの3台にMADDOCA II環境を導入し、安定に運用している。

参考文献

- [1] T. Matsumoto, et al.: “Development of New Control Framework MADDOCA II at SPRING-8”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, Aug. 2013, 14.
- [2] <http://www.e-RT3.com>
- [3] M. Masaki and S. Takano: “Two-dimensional visible synchrotron light interferometry for transverse beam-profile measurement at the SPRING-8 storage ring”, Journal of Synchrotron Radiation (2003) 10, pp.295.
- [4] A. Kiyomichi et al.: “Development of MicroTCA-based Image Processing System for the Two-dimensional Synchrotron Radiation Interferometer at the SPRING-8 Storage Ring”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, Aug. 2013, 14.
- [5] T. Masuda et al.: “Upgrade of the Event-synchronized Data Acquisition System for the SPRING-8 Linac BPMs”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, Aug. 2013, 14.

4-3 インターロック

4-3-1 加速器安全インターロック

2013年度の運用状況は大きなトラブルも無く順調であった。年2回の定期点検と自主検査を実施した。改造案件として、以下に示す加速器安全インターロックのエリア追加工事等を実施した。

4-3-2 SPRING-8加速器とSACLA加速器統合のためのアップグレード

2013年度は、SACLA加速器で生成・加速された電子ビームを、SPRING-8に輸送するためのアップグレードが行われた。具体的には、2つの加速器間をビーム輸送するXSBTエリアを追加し、既存のSyエリア、SRエリアにSACLAを接続した。アップグレード後は、全6エリアの加速器（Li, Sy, L3BT, NS, XSBT, SACLA）が連動して安全を担保している。本施工後、安全審査を行い、実際にXSBTを介したビーム輸送調整が行われた。

4-3-3 運転表示灯統一整備

加速器トンネル内の運転表示灯の点灯動作が完全に統一できていないため、順次改修をしてきた。2013年度はSRエリアの施工を完了した。これで全エリアの運転表示灯が同じ動作となったため認識性が向上し、さらなる安定運用が可能となった。

4-3-4 放射線データ収集システム

放射線データ収集システムは2013年度も安定に稼働した。しかし、制御盤内で複数のシステムが混在かつ複雑化しているため、運用性に難がある。このため複数年度にわたって盤内整備を実施している。2013年度は、全体の一部であるC区域とD区域について整備完了した。今後も運用性と可用性の向上のために残りのシステム整備を継続する。

4-3-5 入退室管理システム

2013年度は大きなトラブルは無く順調に稼働した。

しかし、カードリーダーの認証遅延や自動再起動などいくつか修正すべき点が見つかったため、これら現象について原因の調査を行い今後の対応を検討した。2014年度に抜本的対策を行う予定である。

4-3-6 ビームライン・インターロック

ビームラインのインターロックシステムでは、劣化機器（シーケンサ、高速ビーム停止モジュール、状態表示盤、グラフィックパネル等の電子機器）の交換を中心にメンテナンスを施した。また、BL25SUにおいてのビームライン再構築にともないビームラインのインターロックシステムも再構築した。

4-3-7 ニュースバル入退室管理システム・インターロックシステム

ニュースバル入退室管理システム及び、ニュースバル加速器安全インターロックシステムは、2013年度も順調に稼働した。またニュースバルBL01AではMBS閉リミットスイッチのチャタリング対策を行い安定性の向上を図った。大きなトラブルも無く順調に稼働した。

4-4 ビームライン及び実験ステーション制御

4-4-1 全般

2013年度は共用ビームラインBL25SUの全面改修（スクラップアンドビルド）が行われ、ビームライン制御系も新しいコンポーネントに合わせて全面的に作り直しを行い、2014A期からの立ち上げに備えた。また、他の3つのビームラインでの分光器の更新に伴うソフトウェア変更、前述のMADCOA II化に対応した全ビームラインのソフトウェア更新を実施した。2013年度末現在、124台のVMEと5台のビームライン制御計算機（1台の待機用計算機を含む）の安定な運用を実現している。

保守点検作業としては、例年通り安定且つ継続的なビームラインの運転を維持するため、各ビームライン制御及び挿入光源制御用機器のハードウェアメンテナンスを夏期・年度末の長期点検調整期間中に実施した。また2013年度は、VME-SRAMボードの内蔵電池の交換も実施した。内蔵電池はSRAMボードの記憶内容を停電時に保持するものであるが、一定年限で寿命を迎え機能を失うため定期的な交換が必要なものである。

機能向上として、2012年度に基本部分の整備を行った高速時分割制御システム用「ゼロ番バケット信号」を、各ビームラインへ供給増設できるよう、光ファイバーモジュール10台の追加整備を行った。また小型汎用計測装置Blanc8を用いたタンパク質結晶構造解析ステーション制御系の改良を行い、3軸並進+結晶軸制御を3ミリ秒の時間精度で同期可能なシステムを構築し、BL32XU、BL41XUへ導入した。

4-5 ビームライン制御

4-5-1 挿入光源制御盤瞬時電圧低下保護装置導入

挿入光源制御盤に設置しているネットワークスイッチ（PoE対応）は、瞬時電圧低下などの電源変動によって停止することが確認され、この障害が発生した場合、システムの復旧に多大な時間を要することがあり、SPRING-8運用上のダウンタイムとなる。昨今の電源事情に鑑み、制御系機器の電源系統を保護する「瞬時電圧低下保護装置」（京都電機器社製KDP-B-1S0R8）の導入を2013年度冬期点検調整期間より順次行い、制御系の安定化を図った。

4-5-2 ID08 位相サブエンコーダ設置対応

従来、ID08の位相にはメインエンコーダ（4軸）しか設置されておらず、これが放射線の影響と思われる原因で故障することがあった。故障時に、位相の移動が無いことを監視・確認する手段として、位相サブエンコーダ（4軸）を2013年度冬期点検調整期間に増設した。Magnescale社製の「GE-015ER」を4組と表示ユニット「LY72」を2台で構成され、データ収集の為、上位制御系との仲介を2台のアットマークテクノ製armadillo-220で行っている。

4-5-3 ID VME CPU ボード高速化

挿入光源制御で使用しているVME-CPUボードは、2001年度に選定したもので、ギャップ位置変更時のステアリング電磁石のフィードフォワード制御速度が遅く、ギャップ駆動時の軌道変動が顕在化してきている。そこでCPUボードのマルチコア化と、処理速度の高速化及び、ドライバソフトウェアの高速化を行う事により、約一桁のフィードフォワード制御の高速化を行った。この結果を得て、ビーム軌道への影響の最小化と安定化を目指し、CPUボードの交換を行った。2012年度から順次更新を行い、2013年度夏期点検調整期間までに全ての挿入光源制御用CPUボードの交換を完了した。

4-5-4 新型Thin Client評価テスト

BL-WS用表示端末に使用しているSunRay端末は新しいBL-WS用OS（SuSE11）に対応できないため、新型Thin Client(HP t5565)の評価テストを行った。また、現在使用している、ユーザー操作端末（HP t5545、t5325）のリプレース機として使用できるかについても合わせて調査を行い、良好な動作性能やカスタマイズ性能が確認できた。2014年度夏期点検調整期間に全BL(56箇所)に設置を完了する予定である。

4-6 実験ステーション制御

4-6-1 遠隔実験システム

2011年度から産業利用XAFSビームラインへの遠隔実験システム適用のための作業を進めている。XAFS用遠隔実

験では、Web ブラウザを用いた遠隔実験用ソフトウェアを開発する事を決定し、2011 年度には基本設計、機能確認を完了した。特に WebSocket と呼ばれる新しい技術を導入することによって、操作性の良い遠隔ユーザー環境を提供するため、遠隔実験用 WebSocket サーバを用いているが、2013 年度はこのサーバに Secure Socket Layer (SSL) による双方向認証を組み込み、実験ユーザー以外の第三者がアクセスできない仕組みを備えることができ、この動作確認を行った。

SPring-8 側で実験課題番号を含んだ認証ファイル（これは SPring-8 以外では変更できない）を作成し、ユーザーはこの認証ファイルをブラウザに与えて遠隔実験用 Web サーバにアクセスする。Web サーバでは、SPring-8 で作成された正しい認証ファイルであることを確認した上で、課題番号を抽出し、課題番号から課題情報データベースを利用して、実験者がアクセスすべきビームラインを特定する。これによってユーザーが誤ったビームラインへアクセスすることが無く、またアクセス権の無い第三者が接続することもないようにすることが可能となった。2014 年度には最終試験を経て実際に XAFS 遠隔実験を実施する予定である。

4-6-2 MOSTAB 高度化

実験ステーションにおけるビーム安定化装置：MOnochromator STABilizer (MOSTAB) の高度化を行った。MOSTAB は、モノクロメータに起因するビーム強度または位置変動を、xBPM からの信号を基に、モノクロメータのブラック反射角度にフィードバックをかけて、ビームの安定化を実現する。もともとは、2003 年度にビーム強度の安定化技術として開発したものであったが、後年、位置検出器と組み合わせることで、ビーム位置安定化技術としても使用されている。2013 年度は、安定化周波数領域のワイドレンジ化、自動調整機構の導入及び安定した装置の確保を目的として高度化を行った。

ターゲットとする安定化周波数領域は、長周期の温度ドリフトから真空装置や冷却水からのメカニカルな振動までの広い周波数範囲をカバーするために 0.01 Hz から 100 kHz とした。また、これまでの複雑な調整手続きを大幅に見直し、PID パラメータの自動調整機構の導入や、LabVIEW による設定ツールを整備し、利便性の向上を図った。

これまで外付けのロックインアンプとオシロスコープによる複雑な調整が必要だったロックインサンプリングによるフィードバックモードの統合も、改善点の一つである。加えて、将来のより高度なフィードバックアルゴリズムの導入や、モノクロメータ以外のコンポーネントをフィードバック対象として組込むことなどを想定して、高速なプログラマブルデバイスである FPGA を採用しフィードバックアルゴリズムの実装を行った。

新たに開発した MOSTAB は、ビームラインにおける評価を行い、良好な結果を得た。現在長期的ドリフトに対する安定性の評価を継続して行っている。今後、高分解のビーム位置モニターなどのさらなる高度化により、ナノ集光ビームやコヒーレントビームへの対応が期待できる。

4-6-3 実験データリポジトリ

2011 年度より開発を進めてきた実験データリポジトリは、2013A 期にビームラインにおける運用評価を行い、2013B 期から実運用のフェーズに入った。実運用と並行してデータ登録を容易にするためのデータ投入クライアントのアプリアランス製作と、登録データを閲覧するための Web アプリケーションの高度化改修を行った。SPring-8 の統合認証基盤を利用したシングルサインオンの環境を構築し、ビームライン横断的な実験データの検索を可能とした (図 6)。また、実験データなどの「大きなファイル」を所外に転送したいという要求を受けて、実験データ配送機能を統合し、SPring-8 の公式なデータ配送サービスとして整備を行った。

No.	Accession Number	Registration Date	Accession Name	Sample	Accession Date	Action
1	2013T4320-000004	20130226 16:01	ユーザマニュアル_データ登録	-	2013-10-18T08:43:43Z	Download
2	2013T4320-000005	20130227 14:50	システム構築手順書_データ登録	-	2013-10-18T08:36:11Z	Download
3	2013T4320-000006	20130228 10:37	ユーザマニュアル_管理画面 doc	-	2013-10-18T08:44:12Z	Download
4	2013T4320-000007	20130228 16:40	ユーザマニュアル_利用画面 doc	-	2013-10-18T08:44:47Z	Download
5	2013T4320-000008	20130717 14:40	DC構成.xls	-	2013-10-18T08:45:46Z	Download
6	2013T4320-000009	20130826 13:07	システム構築手順書_実験データ	-	2013-10-18T08:43:16Z	Download
7	2013T4320-000010	20131017 09:48	XSL-AdminForm.xml	-	2013-10-18T08:46:17Z	Download
8	2013T4320-000011	20131017 09:54	SPring-8実験データ(2013)の取り扱い	-	2013-10-21T08:10:07Z	Download
9	2013T4320-000012	20131017 09:54	SPring-8実験データ(2013)の取り扱い	-	2013-10-30T07:58:36Z	Download
10	2013T4320-000013	20131018 17:34	システム運用マニュアル	-	2013-10-18T08:45:16Z	Download

図6 実験データリポジトリ操作画面の例

4-7 検出器開発

4-7-1 2次元型CdTe検出器

X線受光センサーとASIC(読み出し集積回路)を一体化し、各ピクセルに独立したアナログ・デジタル混合回路系を搭載した検出器を、ピクセルアレイ検出器、或いはピクセル検出器と総称する。各種の形態のうち、サブミクロンのCMOSプロセスで製作されたASICと、アレイ状に微細電極加工された半導体センサーを接合したハイブリッド型ピクセル検出器は、センサー及び回路を、アプリケーションに最適化させて、独立に開発することができる利点がある。この技術は、高エネルギーX線を利用する放射光・医療分野で特に期待が高く、SPRing-8では、X線受光センサーにCdTeを採用することで、20～150 keVに渡る広いエネルギーレンジで高検出効率を有する。ASICには、窓型コンパレータによりエネルギー弁別されたX線光子数をカウントする回路系を搭載し、各ピクセルが独立したフォトンカウンティング型検出器として動作する、放射光実験用の2次元検出器開発を行っている。シリコンセンサーを用いたPILATUS検出器では検出効率が20 keVで約30%、30 keVでは約10%であるのに対し、本検出器では30 keV領域での検出効率をほぼ100%に向上させ、更には100 keVを超える高エネルギー領域でも50%以上の検出効率で行えるように高感度化する。また、PILATUS検出器のASICのコンパレータがX線の下限値のみを制限する回路であるのに対し、本検出器のASICは下限と上限の両方を制限する回路に高機能化されており、高エネルギー成分のバックグラウンドも除去できるようになる。

2012年度は各ピクセルのアナログ回路のオフセット電圧の均一化、グラウンド及び電源ラインの強化等の改良を行ったSP8-02B型ASIC(ピクセルサイズ200 μm ×200 μm 、ピクセル数20×50)を製作し、等価雑音電圧が360電子から166電子へと性能向上するなどの回路レベルでの評価を完了した。2013年度は受光面積4 mm×10 mmの小型CdTeセンサーをSP8-02B型ASICに接合した評価用検出器を製作し、ビームラインでの性能試験を行った。フィルターにより強度を変化させて行ったダイレクトビーム照射試験では、上限値 3×10^5 cps/pixelまでの広い強度範囲で良好な線形性が得られた。また、上記の最大許容強度条件で繰り返し露光を1時間行った時間安定性試験では、ビーム強度モニター(イオンチェンバー)の値との差が3%以内に保たれていることが示された。

評価用検出器での上記の成果を受け、次のステップとしてSP8-02B型ASICによる実機となる大面積型検出器開発へと進んだ。SP8-02B型ASICは3面バッタブルの形状により1枚のセンサーに隙間なく並べられるように設計されている。2013年度は8 mm×40 mmのCdTeセンサーに2×4個のASICを実装したオクタルチップ型検出器の初号機を製作した(図7)。現状のデータ収集系にはNI社製の汎用FPGAボードを用いており、UDP通信によりSPEC及びLabVIEW-PC

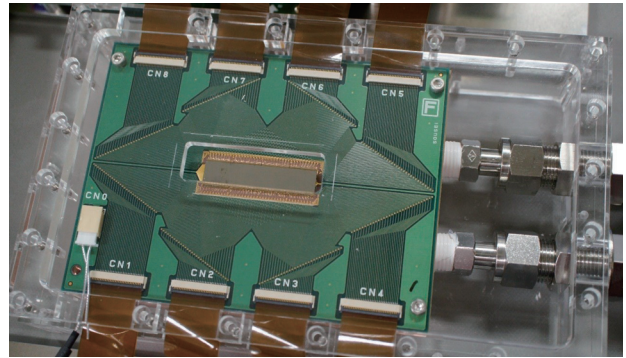


図7 CdTeセンサーに2×4個のASICを実装したオクタルチップ型検出器初号機

から外部制御することができる。2014A期よりビームラインでの評価を開始し、2014B期からの実運用を目指す。

4-7-2 1次元型CdTe検出器

産業利用ビームラインの支援として、2012年度、6連MYTHEN検出器を製作し、BL19B2及びBL46XUに於いて、時分割X線回折測定用検出器としてユーザー実験を開始した。MYTHENはSwiss Light Sourceで開発された1次元型のフォトンカウンティング型検出器で、受光媒体にシリコンセンサーが用いられている。6連MYTHEN検出器はその場合金属組織分析の新しい手法として威力を発揮しているが、一方で検出効率の改善も求められており、MYTHEN用のCdTeセンサーの開発を行っている。

1次元型センサーを開発する上で克服しなければならない課題は、センサーと読み出しASICの各チャンネルを如何に接合するかにある。シリコンセンサーの場合は、ワイヤーボンディングにより直接結線することができるが、CdTeはもろく割れやすいために、この方法を用いることができない。本開発ではCdTeセンサーと読み出しASICの間にインターポーザを挟み、センサーとインターポーザをIn/Auスタッドボンディングで接合した後、インターポーザとASICとのワイヤーボンディングで結線する方法で製作している。

2012年度までに、100 μm ピッチ×64ストリップ形状の小型センサーを実装した評価機により、30 keVに於いて、シリコンセンサーとの比較で、10倍効率が増すことが示された。2013年度は、50 μm ピッチ×638ストリップ形状の大型センサーを2素子並べて、1枚のインターポーザに実装した実機を製作した。読み出しボードとの接合部はシリコンセンサーに準拠して設計されており、特別な改良なく検出器に組み立てることができる。BL19B2に新設される多目的回折計は、当初はシリコンセンサーによる標準型MYTHENでの運用を開始する計画だが、最終的にはCdTeセンサーに置き換えて効率化を図る計画である。

制御・情報部門
田中 良太郎