

## 2-4 制御

### 1. 制御フレームワーク

#### 1-1 制御フレームワーク整備

加速器及びビームラインをMADCOCA IIフレームワークを用いて運用してきた経験から得られた知見をフレームワークへ反映させた。クライアントライブラリに関しては使用するリソースの削減や異常終了するバグなどの問題を修正した。MADCOCA IIデータ収集フレームワークについては、イベント駆動型データ収集機能の追加、可変長データ収集機能の追加、間引きオプションの追加を行った。また、Equipment Managerに管理オブジェクトを追加し、初期化エラー等の問題発見の容易化や設定のリロード等に対応した。

#### 1-2 データ収集管理GUI

全系のデータ収集系の状態を一括監視、操作するためのユーザインターフェイスを作成し、実運用に提供した。これにより加速器の立ち上げ時や停電後のデータ収集系の一括再起動やトラブル後の復旧作業が容易になった。

#### 1-3 演算型データ収集への対応

例えば、蓄積電流値から演算によって蓄積ビーム寿命を求めているが、このようにデータベース上の1次データを読んで演算して得られる2次データをさらにデータベースに記録する為の汎用的なソフトウェアを整備した。そしてこのデータ収集ソフトウェアを、ビーム寿命の記録や入射に同期したビーム位置データの抽出などに適用した。

#### 1-4 信号登録用Webインターフェイス

データ収集を行う信号については、その収集リストを機器担当者が表計算ソフトを用いて作成し、データベース担当者が整合性等のチェックを行った上でデータベースに反映した後、機器担当者がデータ収集系を立ち上げ、内容の確認を行っている。整合性などに問題があった場合、データベース担当者と機器担当者間で内容の修正、再チェックを行う必要があり手間がかかっていた。このため長期点検調整期間でないと多くの信号登録を行う事は難しかった。

そこで機器担当者が事前にチェックまで行うことができるよう信号登録用Webユーザインターフェイスを作成し、データ収集の信号登録の簡素化・自動化を図った。このシステムでは、現在の信号登録との整合性を確認し

つつ、信号登録ができるようになっており、3月末に導入試験を完了した。

### 2. 加速器制御系

#### 2-1 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、オペレータ端末ならびに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。

##### 2-1-1 データベースシステムの維持管理・高度化

SPring-8制御系データベースシステムの動作不具合に対し修正を実施した。このシステムはオンラインデータ参照及びデータ蓄積にKey-Value型NoSQL分散データベースのRedisとApache Cassandraを使用する。RedisとApache Cassandraシステムは共に複数の計算機ノードで冗長構成され、単一障害点を持たないことが特徴で、構成するハードウェアに故障があっても基本的に運用を止めることなく対処・修復できる。

Redis計算機の不具合として、オペレーティングシステムのシステムライブラリのバグにより計算機の1台が動作を停止した件、データ中継プロセスの1つが不正な信号名を扱った際に異常終了した件があった。上記のとおりRedis計算機は冗長構成のため、いずれも加速器運転に支障はなかった。前者はライブラリを最新版に更新し、後者はプログラム修正を行なって不具合を解消した。

Apache Cassandraシステムでは、計算機の3台が同時に約15分間停止し、その間一部のデータが蓄積できなくなるトラブルが発生した。原因は、10 Hzで収集している特定のデータの蓄積サイズが巨大となり、Apache Cassandraサーバが定期的に行うデータ整理プロセスの負荷が上昇したためと判明した。対策として、通常一日毎のデータをまとめてデータセットとして記録する構造を、当該信号については1分毎のデータセットに変更し、データサイズが巨大にならないようにした。

また、SACLAをSPring-8への入射器として利用する計画に対応するため、SACLAとSPring-8の制御システムを統合する準備作業を開始した。現在は両者が異なるデータベースシステムで運用されており、制御系統合のためにはデータベースシステムも統一する必要がある。2016年度は両システムの調査とシステム統合にむけた要

件・仕様の検討を実施した。

### 2-1-2 制御プログラム開発用ファイルサーバ更新

SPring-8制御中立系ネットワーク上にあるSPring-8/SACLA加速器制御プログラムのソースコードや、コンパイルした実行形式等を保存する制御プログラム開発用ファイルサーバの老朽更新を行った。

制御プログラム開発用ファイルサーバは、物理ディスク容量9.6 Tbyte（使用可能容量約8 Tbyte）の内5 TByte以上を使用しており、特に制御プログラム開発用仮想計算機のイメージファイル領域と、プログラム開発者の作業領域の使用率が90%前後に達していた。今後、新たな制御系フレームワークへの対応のために、制御プログラム開発用仮想計算機のイメージや、プロトタイプを含めた実行形式ファイルの量が大幅に増える事が予定されているため、使用可能領域を大幅に増やす必要があった。

今回の更新に当たっては実装するディスクの単体容量の増加など構成を見直し、従来の2筐体、ラック占有5U構成から、1筐体4U構成とした。データ使用可能領域を約3倍の30 TB以上確保しつつ機器構成を単純化し、ディスク本数を削減することによって、導入コストとランニングコストは削減している。

また機器構成の単純化のため、高価な高回転ディスクは使用せず、仮想計算機のイメージファイル等への高速アクセスは大容量キャッシュメモリによって性能を確保している。

## 2-2 機器制御系

### 2-2-1 光伝送ボードスレーブシャーシ老朽化対策

電源及び空冷ファンの老朽化対策、保守性及び管理性の向上のため、2012-2013年度に開発した新型光伝送ボードスレーブシャーシへの更新を行った。2016年度は21台を更新し、これで全64台中57台のシャーシ交換が完了した。残り7台は2017年度に実施する予定である。

### 2-2-2 VME 計算機老朽化対策

経年劣化が著しい2台のVME 計算機 (vaceq\_11、montune) について、電源やファンの交換が活線で容易に行える新型VMEシャーシに交換した。点検調整期間中に実施した定期点検において不具合が見つかったVME 計算機 (srmonloss-c-01) のシャーシ用電源を予備品と交換した。

### 2-2-3 Motor Control Unit (MCU) 用Graphic Operation Terminal (GOT) 老朽化対策

MCUは導入からすでに13年が経過し、本体に取り付けられているGOTの老朽化が著しく、画面が見辛い、バックライトが消えている等、現場操作に支障が出ていた

ため、全22台のMCUのGOTを交換した。従来品はすでに生産中止になっていたため、画面ソフトウェアを拡大するなどの作業を行って後継GOTを採用した。

### 2-2-4 加速器収納部監視システムの老朽化対策

加速器収納部監視システムは入射器と蓄積リングを合わせて38台のカメラを使用しているが、放射線等の影響で例年35台前後のカメラを交換している。2016年度も故障したカメラ31台の交換を行ったが、使用中のカメラが廃番となって新規購入が出来なかったため、監視システムソフトウェアの必要最低限の改修を施して後継カメラを新たに導入した。

### 2-2-5 線型加速器ビーム位置モニタ6電極化に伴う制御系更新

線型加速器のビームモニタ6台の6電極化に伴い、64+4 bit デジタル入力光伝送ボード (OPT-RMT DIボード) から128+8 bit デジタル入力光伝送ボード (OPT-RMT DI128ボード) に交換 (6枚) し、同期データ収集ソフトウェアの更新も行った。

### 2-2-6 ブースター・シンクロトロン補正電磁石電源制御ボードファームウェア改修

ブースター・シンクロトロン補正電磁石電源制御に使用しているOPT-RMT COMBOdaoボードは電源の偏差異常を監視し、異常が発生すると出力を0Vにして電源をOFFにする機能を有する。2015年度に電磁石電源本体の更新を行った際に、この機能があることで電磁石電源の調整が滞る事態が発生した。そのため、偏差異常が発生しても電磁石電源をOFFにしないように設定できる機能をファームウェアに追加し実機に適用した。

### 2-2-7 蓄積リング六極電磁石電源制御の高度化と制御ボードの老朽化対策

2015年度に蓄積リング六極電磁石電源SP2に高度化と制御ボードの老朽化対策を目的としてOPT-RMT DIO Type-B Plus ボードを適用した。新規ステータス信号の取り込み (8点)、出力電圧値 (16 bit) の取り込みに加えて、電流設定値の20 bit 化、電流モニタ値の24bit 化の拡張を行い、安定に動作を継続している。2016年度はSP2以外の六極電磁石電源6台についても新電源を導入したため、これに伴い制御ボードも全てOPT-RMT DIO Type-B Plus ボードに更新し、SP2と同様の拡張を行った。

### 2-2-8 施設監視系からのフロントエンド冷却水関係のデータ収集整備

2016年5月に発生したフロントエンド冷却水のトラブル

ルに際し、トラブル対処を的確かつ迅速に行えるよう加速器データベースにこれらのデータを蓄積する必要が生じた。加速器制御系にデータを受け渡す施設側PLCのラダープログラムの改修を理研に依頼し、データ収集ソフトウェアの改修を実施して、2016年8月からフロントエンド冷却水関係のデータ収集を開始した。

### 2-2-9 SSBTストリップライン、Top-up 電荷積算計のビーム入射同期収集対応

SSBTストリップラインとTop-up 電荷積算計のデータの収集については、入射の有無に関わらず1 Hzでデータを取得しており、データ確認に手間が掛かっていた。加速器部門からの要望により、データベースに蓄積されたこれらのデータからビーム入射時のデータのみを抽出して、データベースに書き込むソフトウェアを整備した。

### 2-2-10 蓄積リングビーム寿命のデータベースへの書き込み

従来は2次処理をしたプロセスデータについてはデータベースに書き込まないという方針があり、蓄積リングのビーム寿命は利用者各自で計算をして利用していた。しかしながらビーム寿命は加速器の重要なパラメータの一つであり、挿入光源のギャップ等との関連を直ぐに調べられるようデータベースに蓄積したいという要望が加速器運転員、及び加速器部門からあった。データベースに蓄積された蓄積電流データを読み出してビーム寿命を計算し、データベースに書き込むソフトウェアを整備した。

### 2-2-11 蓄積リングRFクライストロン電源更新に伴う制御系整備

2015年度に引き続き、2016年度は蓄積リングAステーション及びBステーションのRFクライストロン電源を更新した。それに伴ってFL-netを用いた制御系への更新を行った。新クライストロン電源内に設置されたPLCを2015年度に整備したFL-netネットワークに接続し、制御ソフトウェアを整備した。

### 2-2-12 Solaris OS に起因する24日問題への対策

マルチコアCPUとSolaris OS (32bit版) の組み合わせに起因する問題として、起動から24日後に全てのプロセスの実行が一時的にフリーズする現象がある。これに対する恒久対策として、Solaris OSを64 bit化する作業を行った。合計13種類のデバイスドライバと28ホストの64 bit化作業が完了した。64 bit化が実施できなかったマルチコアCPUホストについてはシステムのHZ値を1000から500に変更する対策を実施した。

### 2-2-13 ローエンド機器制御プラットフォーム整備

規格が制定されてからすでに30年が経過したVME計算機のローエンド代替プラットフォームとしてLinux PLCを検討している。2016年度はOPT-RMT DI/DOボード用のAPI関数の移植整備を行い、PLC版光伝送マスターモジュールからSSBT電磁石電源等の制御が可能となった。

### 2-2-14 データ解析ソフトウェアMADCOCA連携

数値解析ソフトウェアであるGNU Octave/MATLABをMADCOCA制御系で直接利用出来るよう、機器やデータベースへのアクセスするためのMEX形式及びOct形式のWrapper関数を整備した。またGNU Octaveをオペレータコンソールにインストールし、MADCOCAのクライアントとして利用出来るよう整備した(図1)。

### 2-2-15 MADCOCA Ready Deviceの拡充整備

ビーム位置モニタ用信号処理システムであるLibera Brilliance+などのEPICS Ready DeviceをMADCOCA制御系から簡便に利用できるように、MADCOCA-to-EPICS Gatewayを整備した(図2)。EPICSチャンネルアクセスに対応した汎用EM関数を整備し、プログラミングすることなくコンフィギュレーションファイルの設定のみでEPICS Ready Deviceの制御が出来るようになった。また従来1レコードあたり30ms程度要していたチャンネルアクセスの処理を1ms以下に改善するなど大幅なスループットの向上を実現した。これを蓄積リング34セルに設置のLibera Brilliance+、SSBT既設のLibera Brillianceや、数台の新設のLibera SPARKなど、異なるプラットフォームのdeviceに適用した。34セル設置のLibera Brilliance+用に整備したソフトウェアの構成を図3に示す。また同期

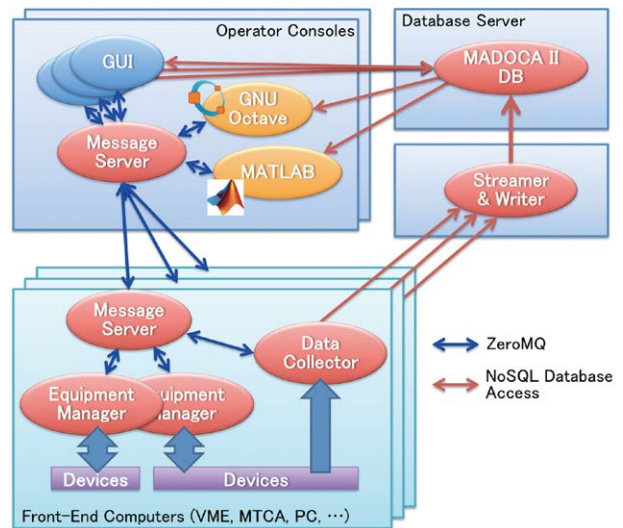


図1 MADCOCA制御システムでGNU Octave/MATLABをMADCOCA制御システムのクライアントとして利用

データ収集系にも適用できるよう、EMからIOCへのチャンネルアクセス操作をコールバック関数で実装するためのプロトタイプ実装を行った。

### 2-3 インターロック

#### 2-3-1 加速器安全インターロック

2016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1回の定期点検と年2回の自主検査を実施した。自動表示装置の劣化対策を行った。具体期には装置内部のLED表示灯と直流電源を20式交換し、これにより線型加速器、シンクロトロン、蓄積リング、L3BTエリアの劣化対策が完了した。

ビームインターロックモジュール (BIM) の劣化対策を行った。2016年度は7式のモジュール交換を実施し、全BIMの劣化対策を完了させた。

第39次変更許可申請において、シンクロトロン蓄積エネルギー超過を今後監視しないことが決定された。これに対応しインターロックシステムの改造を行った。

#### 2-3-2 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2016年度も安定に稼働した。年1回の定期点検を実施した。システムの健全性表示機能の一部に不具合が見つかり、正常であるにもかかわらず異常を示す事象がみられた。これはシステム間

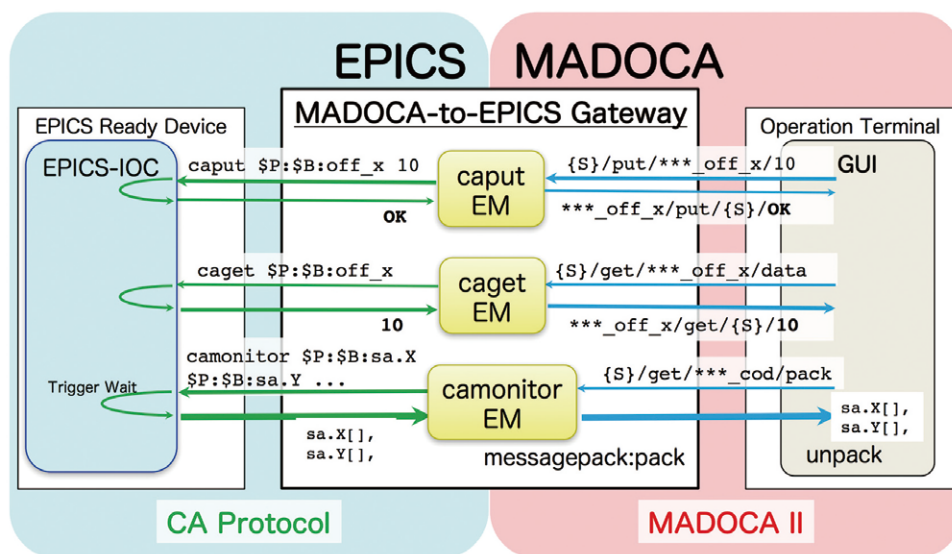
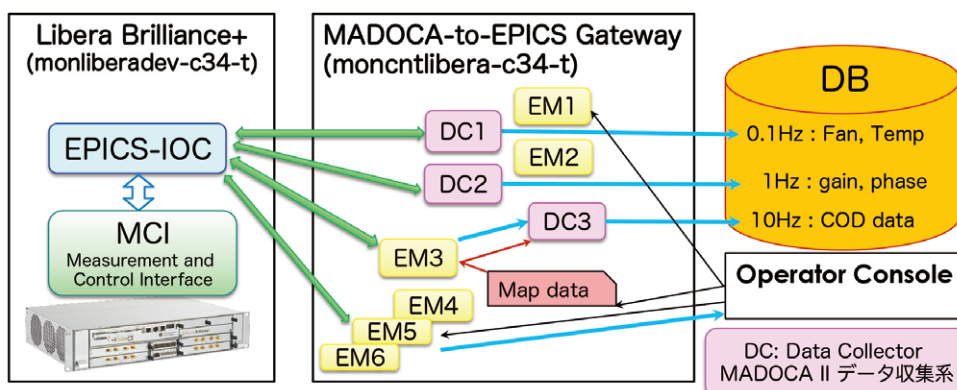


図2 MADOCA-to-EPICS gatewayの構成



- em1, dc1 : poller1 0.1Hz (status, clock), parameter set
- em2, dc2 : poller2 1Hz (maxadc, gain, phase)
- em3, dc3 : poller3 10Hz (COD mode data acquisition)
- em4 : SP mode data acquisition
- em5 : Fast acquisition 10kHz。10秒分のデータをEMでまとめて取得。
- em6 : ADC, TBT\_Window, PM data

図3 蓄積リング34セルに設置したLibera Brilliance+用の制御ソフトウェア

ネットワーク通信時間のゆらぎに起因するものと判明した。既に対策を完了し、現在は正常動作している。

### 2-3-3 入退室管理システム

現行システムを導入し10年間、機器製造販売メーカーが指定する保守方法を採用し保守を実施してきたが、保守点検状況、使用状況、修理状況等を評価し保守計画及び点検の内容の見直しを実施した。その結果、保守費用の削減を行うことができた。また、ソフトウェアについても安定利用を継続させるために改修を検討した。2017年度詳細設計を行いシステムの改修を実施する予定である。

### 2-3-4 ビームライン・インターロック

インターロックシステムのソフトウェア及びハードウェアに対して計画的にメンテナンスを実施し59ビームラインを安定稼働させることができた。高度化としては、保守が容易に行える事を目的にオペレーション端末に履歴機能と時刻同期機能を導入した。

また、多くの電子部品が生産終了となり、保守が困難になりつつある。それに加え近年電子部品がICチップを搭載する等高機能化を果たしている。しかし、高機能部品は、放射線環境下において脆弱になったという一面を持つため、これまで以上に機器の選定、設置位置・放射線遮蔽などの検討を重ねていく。

### 2-3-5 ニュースバル 入退室管理システム・加速器安全インターロックシステム・BL01Aインターロックシステム・放射線モニタデータ収集システム

ニュースバル入退室管理システム、ニュースバル加速器安全インターロックシステム及びBL01Aインターロックシステムは2016年度も大きなトラブルもなく順調に稼働した。ニュースバル入退室管理システムは管理サーバが老朽化していたため、後継機に更新した。

ニュースバル放射線モニタリングシステムの老朽化により更新が予定されているが、後継機には放射線量積算機能が実装されていないため、線量積算・データ収集機能を持つニュースバル放射線モニタデータ収集システムを開発し仮運用に入った。2017年度中に本運用を行う予定である。

## 2-4 ネットワーク

### 2-4-1 SPring-8高性能化への対応

蓄積リングA及びBステーションのクライストロン電源更新に伴うFL-net制御導入に対応するためのネットワークを整備した。また、蓄積リングRFテストスタンド室の運転のため、テストスタンドネットワークを整備した。

### 2-4-2 制御ネットワークの老朽化対策

ネットワークシステムの老朽化対策のため、蓄積リングノードスイッチ3台、制御計算機室4台、機器ラック19台のネットワークスイッチを更新した。放射線による故障・劣化が進んでいた蓄積リング収納部のメンテナンス用無線LANシステムについて、基地局本体を収納部外に設置できる漏洩同軸アンテナ方式の機器を2台、170mの区間に導入した。

### 2-4-3 その他

2015年度に導入したOA-LAN用及び制御LAN用に引き続き、BL-USER-LAN用及び入退LAN用のネットワーク機器死活監視システムを、オープンソースの死活監視システム (Zabbix) 及びコンフィグ収集システム (Oxidized) に代替した。

## 3. ビームライン及び実験ステーション制御

### 3-1 点検保守、障害対応

#### ・電源障害対応

2016年7月4日4:45頃 ID45制御用VMEの電源故障が発生した。ID及びBL制御用VMEは3台の冗長化電源を採用しており、1台故障しても2台で運用が継続できるようになっているが、今回の故障では1次側の故障のため、ヒューズが溶断して電源が落ちた。3台の電源全て及びヒューズの交換で復帰した。

故障した電源を回収して調査したところ、1次側の平滑用電解コンデンサが破裂していた。当該電源は動作中の温度が60°C程度と比較的高い状態にあるため、コンデンサの経年劣化と考えられる。

同時期に導入したVME電源に関しては同様に経年劣化を起こしている可能性が高いため、運転停止後の夏期点検調整期間に挿入光源及びBL制御用VMEの全電源約300台について平滑化コンデンサに異常がないか目視点検を実施した。結果として全数異常なしであったが、これは故障が前兆なく起こる可能性が高いことを示しているため、特に10年以上稼働している挿入光源制御用VMEの約半数の電源について予備的交換を行った。

#### ・定期保守作業

夏期点検調整期間において挿入光源及びBL制御機器に関して、ハードウェアメンテナンスを実施した。リップル測定等で異常の見つかったVME電源1台、回転異常、回転音異常のあった空冷ファン7台を交換した。

### 3-2 FE/TC 制御VMEのMADCOCA IIへ移行

2016年度、劣化対策のためCPUボードを交換した20BLの制御用VMEに関しては、OSをSolaris9から

Solaris10にバージョンアップするとともにMADDOCA IIへの移行を行った。CPU交換を行わなかったVMEに関してはSolaris9のままであり、MADDOCA IIの動作が未検証であったためMADDOCAのまま運用していた。夏期点検調整期間中にSolaris9での動作検証を行い、問題がなかったためSolaris9で動作しているVMEに関してもMADDOCA II移行作業を完了した。

### 3-3 ビームライン変更、改造対応

#### ・BL05SS改造対応

BL05SSに小角散乱ステーションを整備するため、光学系にX線ミラー2台とスリット1台が増設された。これに対応するためBL05SS制御VMEに2枚のパルスモータコントローラボードを追加した上で、制御ソフトウェアにミラー、スリットを追加した。また挿入光源も加速器診断用から通常の放射光実験用のものに変更されたため、制御用ハードウェア及びソフトウェアの更新を行った。

#### ・XBPM データ収集へビーム位置情報の追加

XBPMは2つ（偏向電磁石ビームライン）もしくは4つの電極（挿入光源ビームライン）によりX線ビームの裾野が誘起する光電流を測定することにより、計算によりビーム位置を求めるものである。これまでデータ収集系では個別の電極の出力値のみをデータベースに記録していたが、データベース利用者の利便性向上のため計算により求められるビーム位置も記録するよう機能向上を行った。

#### ・その他

BL32B2の改造対応（ミラー追加及びコンポーネント入れ替え）、BL32XUへのミラー追加、BL20XUの分光器更新、BL41XUスリット追加に対応して、VME及び制御計算機のソフトウェア更新を行った。

### 3-4 実験ステーション制御

#### ・汎用データ収集用ソフトウェア

BL14等で利用されている遠隔実験システムの実験データリポジトリシステム等を拡充し、要請があったビームラインへの適用を拡大している。BLの間でシステムが汎用化・共通化されることで各種データ連携を推進できる。この四半期では遠隔制御用カメラストリーミングのフレームワーク化を行った。また、利用研究促進部門と連携して、MADDOCA IIを利用したカメラデータ収集系の整備を進め、模擬EMによる動作確認まで完了した。

### 3-5 その他

Eiger検出器のテストのためBL26B1のタンパク質結晶回折ステーション制御用汎用計測制御用コンピュータ

(Blanc4)のセットアップを実施した。またBL04B2の回折計リプレース対応のため、ステーション制御用PC及びVMEの設定変更、ソフトウェア更新を行った。

### 3-6 検出開発（2次元型CdTe検出器）

本開発では、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確保するとともに、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次元検出器の高性能化を行っている。2015年度までに2 cm×2 cmのCdTeセンサーにSP8-04F10K ASICを1素子接合したシングルモジュール型検出器及びシングル用ボードを2×2枚並べたマルチボード型検出器を完成させている。2016年度は4 cm×4 cmセンサーにASICを4チップ搭載した大面積型検出器（図4）を製作し、QST極限量子ダイナミクスIIビームライン（BL14B1）を用いて高エネルギー白色ラウエ実験に対する評価実験を行った。センサーサイズは4 cm×4 cmを最終仕様とし、今後はこのセンサーをタイル状に複数並べることでより更なる面積の拡大を計画している。



図4 4 cm×4 cm大面積型検出器。右上にX線検出部がある。

制御・情報部門  
松下 智裕