

## KLYSTRON CONTROL SYSTEM FOR THE XFEL/SPring-8 LINAC

Katsutoshi Shirasawa<sup>1,A)</sup>, Kazuhisa Maekawa<sup>A)</sup>, Toru Fukui<sup>A)</sup>, Masanobu Kitamura<sup>A)</sup>, Yuji Otake<sup>A)</sup>,  
Takahiro Inagaki<sup>A)</sup>, Tsumoru Shintake<sup>A)</sup>, Hideo Kitamura<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> SPring-8 Joint-Project for XFEL/RIKEN, 1-1-1, Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5148

### Abstract

The C-band (5712 MHz) accelerating system will be used as the main accelerator for the XFEL/SPring-8 project. In order to accelerate the electrons up to 8 GeV, 128 C-band accelerating structures and 64 klystrons will be installed. We have designed a klystron control system based on PLCs. The system will be controlled by the control framework, MADOCA, which was originally developed for SPring-8. FL-net, DeviceNet and Fiber-optic FA link, three types of the fieldbus, are adapted to minimize problems such as cabling works, costs and maintenance.

## XFEL/SPring-8におけるクライストロン制御システム

### 1. 序論

X線自由電子レーザーの実現を目指すXFEL/SPring-8計画の加速器建設が、2007年6月よりSPring-8のサイト内で始まっている。電子ビームを8 GeVまで加速するCバンド主加速器は、1台の50 MWクライストロンで2本の加速管に大電力RFを供給するユニットを64ユニット使用する。クライストロンを動作させるためのモジュレータ電源、インバータ電源、RFアンプ、真空機器などはPLC(Programmable Logic Controller)を基本としたシステムで制御される。上位の計算機(VME)とはFL-netを介して通信を行い、SPring-8で開発されている制御システムMADOCA(Message And Database Oriented Control Architecture)[1]から制御する事が可能となる。XFEL/SPring-8は、50 MWクライストロン64本、1.8 mのCバンド加速管を128本使用する大規模な加速器[2]となるので、低コスト、省配線、立上げの迅速化・メンテナンスの簡略化を目的として制御システムの設計を行った。

### 2. Cバンド主加速器

XFEL/SPring-8に使用されるCバンド主加速器1ユニットの構成を図1に示す。50 MWクライストロンで発生した大電力RFをパルスコンプレッサー(SLED)で圧縮し2本のCバンドチョークモード型加速管[3]に供給する。クライストロンを運転するための高電圧パルス電源にはオイル密閉型モジュレータ電源とインバータ電源が使用される。Cバンドチョークモード型加速管で電子ビームを8 GeVまで加速するのに必要とされる加速電界は35 MV/mである。この加速電界は既にSCSS試験加速器におけるビーム試験で達成されている[4]。SCSS試験加速器におけるクライストロン周りの電源を図2に示す。クライストロンを中心に各種電源が設置されている。XFEL/SPring-8では同様の機器構成で64セットを主加速器として使用する。

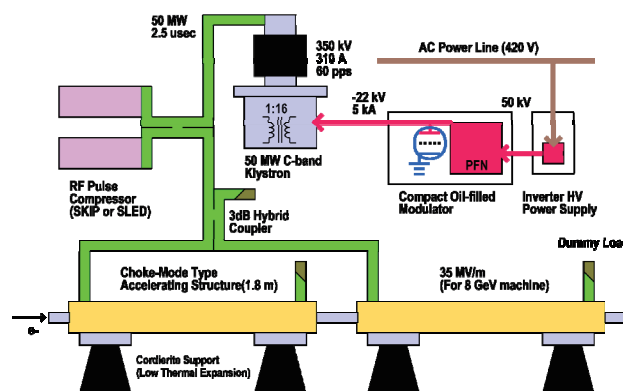


図1：Cバンド主加速器1ユニットの構成図。クライストロンに付随する各種電源もユニット毎にまとめられている。

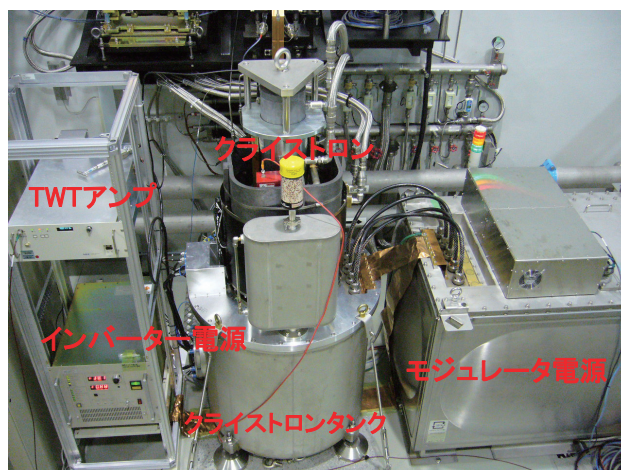


図2：SCSS試験加速器におけるCバンドクライストロンとそれに付随する電源(SCSS試験加速器)。ここではRFプリアンプとしてTWTアンプが使用されているが、XFEL/SPring-8では半導体アンプを使用する。

<sup>1</sup> E-mail: kshira@spring8.or.jp

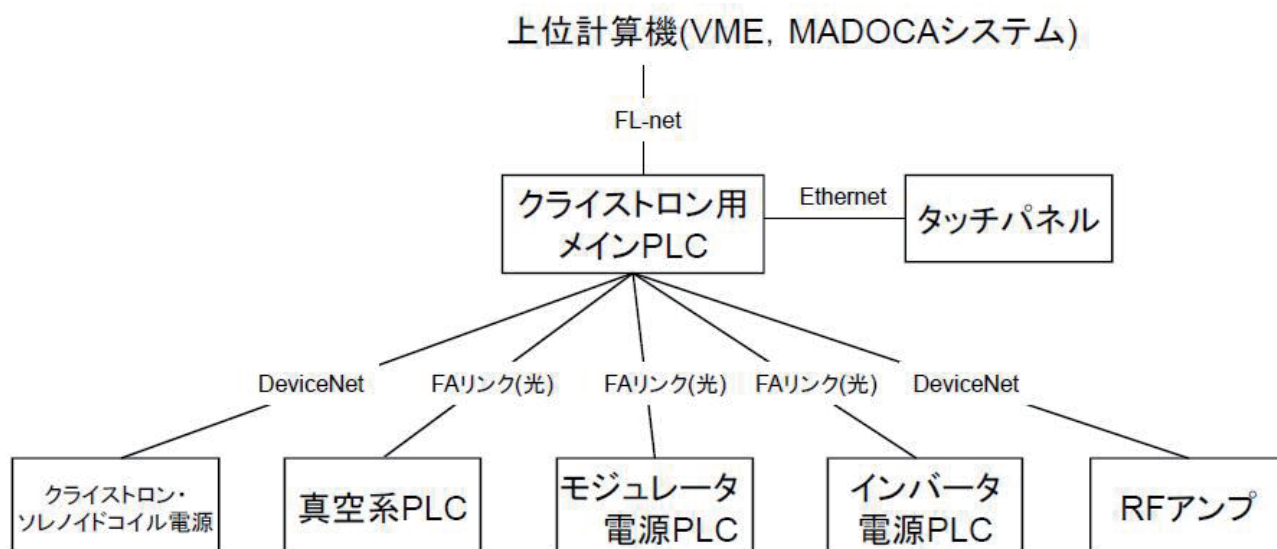


図3：クライストロン制御システムの構成。

### 3. クライストロン制御システム

XFEL/SPring-8では制御用ソフトウェアフレームワークとして、MADOCAを採用する。MADOCAはSPring-8で開発した、データベースを内包したクライアント・サーバー型制御フレームワークであり、SPring-8における加速器およびビームライン制御システムを始めとして、NewSUBARUやHiSORなどの制御システムとして採用されている。XFEL/SPring-8と同様の機器構成であるSCSS試験加速器でもMADOCAを使用して加速器の運転を行っている。

XFEL/SPring-8で使用するクライストロン制御システムの構成を図3に示す。クライストロン用メインPLC(以下メインPLC)が統合的にクライストロンを運転するのに必要な機器を制御する。また上位システムMADOCA(VME)とはFL-net[5,6]を使用して通信を行う。本システムの特徴と方針を以下に挙げる。

1. 光FAリンクを使用して必要なPLCを接続し、一般的に高価なCPUユニットを1つにすることでコスト削減。
2. PLCを持つ必要が無い機器についてもI/O接続の代わりにDeviceNet[7]を使用して省配線。
3. クライストロンを確実にかつ高速に停止させる必要があるインターロックはハードワイヤを用いて信号を取り込む。
4. 加速管などのRFプロセッシングを行うシーケンスプログラムはPLC上で動作し、上位からはプロセッシングのスタート/ストップ、パラメータの変更を行う。

図4にメインPLCのCPUで動作するラダープログラム(ソフトウェア)の構成を示す。ソフトウェアも各機器ごとにモジュール化する。このようなソフトウェアの構造をとる事で、メインPLCを用いて工場試験や動作確認を行うことが可能となり、機器を加

速器に組み込んだ時の立ち上げ時間を短縮することが出来る。

次に以上に述べたクライストロン制御システムで使用する通信規格について簡単に説明する。これらはSCSS試験加速器で既に使用されており、加速器の運転において安定に動作している。

#### DeviceNet

- CAN(Controller Area Network)技術をベースとしたフィールドバスである。
- I/O接続の代わりに用いることで、大量のデータを効率的に伝送することが可能。
- 機器との接続にはねじ込み式のDeviceNetコネクタを使用することで、制御装置との接続も簡単。

#### FL-net

- PLCや計算機などの異機種コントローラ間の相互接続を目的としたオープンなネットワーク規格
- ネットワークの物理層として、技術的に実績のあるEthernetを利用。
- 通信速度は10 Mbps。
- コモンメモリ方式。

#### 光FAリンク

- PLC間を光ファイバで接続することにより、サブユニット内のモジュールを、メインユニット内のモジュールと同様に取り扱うことが可能。
- 伝送路に光ファイバを使用しているため伝送路上でノイズの影響を受けない。
- デイジチェーン構成が可能。

### 4. 構成機器

メインPLCから制御される構成機器を以下に挙げ

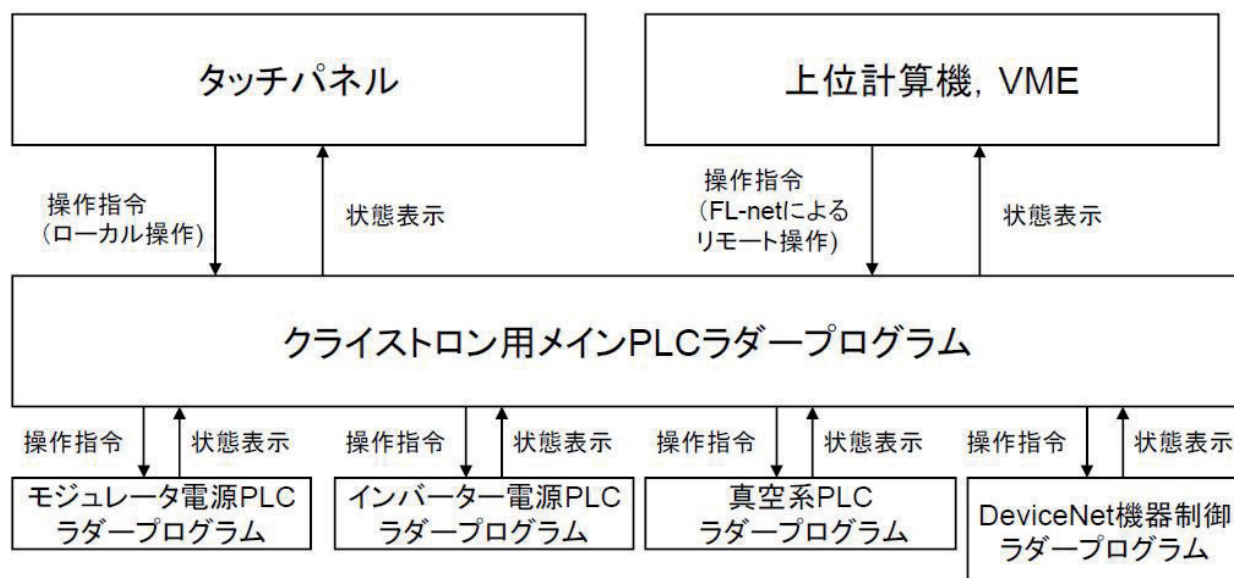


図4：クライストロン用メインPLCのソフトウェア構成。

る。メインPLCは以下の機器を統合的に制御し、上位からは最低限の指令でクライストロンを動作させる。また各機器のステータス等は全てメインPLCからMADOCAのデータベースに記録される。

#### インバータ電源

インバータ電源はモジュレータ電源のPFN回路に充電を行うための電源である。充電電圧は最大50 kVである。PLCを内蔵しメインPLCとは光FAリンクで接続される。

#### モジュレータ電源

クライストロンに-350 kVのパルス高電圧を供給するための変調器電源である。XFEL/SPring-8で使用するモジュレータ電源はクライストロンのカソードヒータ電源、パルストランスのコアバイアス電源を内蔵する予定である。PLCを内蔵しメインPLCとは光FAリンクで接続される。

#### RFアンプ

クライストロンへの入力RFを発生する定格出力500 W程度の半導体アンプである。DeviceNetのI/Oボードを備える。

#### クライストロンソレノイド電源

クライストロン中の電子ビームを集束するソレノイドコイルに電流を流すための定電流電源である。電源の最大定格は40 A/250 V。DeviceNetのI/Oボードを備える。

#### 真空

Cバンド主加速器1ユニットあたり、5台のイオンポンプが設置され、導波管、加速管、パルスコンプレッサーなどの真空を保つ。またイオンポンプの近くには真空度を測定するためのCCGも設置される。

真空PLCはそれらのコントローラから真空度などの情報を取得する。メインPLCとは光FAリンクで接続される。

## 5. まとめ

現在建設中のXFEL/SPring-8の主加速器の制御システムとしてPLCを中心としたシステムを設計している。FL-net, DeviceNet, PLC間の光FAリンクを使用することで省配線、低コストを目標としている。現在、XFEL/SPring-8で使用するCバンド主加速器1ユニットと同じ構成のテストベンチ建設を進めており、本クライストロン制御システムの開発・動作確認を行う予定である。

## 参考文献

- [1] R. Tanaka, et al., "The first operation of control system at the SPring-8 storage ring", Proceedings of ICALEPCS'97, Beijing, China, 1997, p1
- [2] 稲垣隆宏 他, "XFEL/SPring-8 Cバンド主加速器部の計画と現況", 本会ポスター発表
- [3] T. Shintake, et. al, "HOM-Free Linear Accelerating Structure for e+e- Linear Collider at Cband", PAC'95, KEK-Preprint, 95-48, (1995)
- [4] K. Shirasawa, et al., "HIGH POWER TEST OF C-BAND ACCELERATING SYSTEM FOR JAPANESE XFEL PROJECT", APAC'07, to be published
- [5] T. Fukui et al., "Development of a communication with PLC by using the FL-net as open standard PLC link", Proceedings of PCaPAC2005 Hayama, Japan, 2005
- [6] FL-net (社団法人 日本電機工業会) <http://www.jemanet.or.jp/Japanese/hyojun/opcn/opcn05.htm>
- [7] DeviceNet(ODVA) <http://securesite.jp/ODVA/devicenet/>