



## 2. 原研タンデム加速器施設分散型制御システムの開発

Development of a distributed control system for the JAERI tandem accelerator facility

花島 進

日本原子力研究所 加速器管理室

Susumu Hanashima

Accelerators Division, Japan Atomic Energy Research Institute

### Abstract:

In the JAERI tandem accelerator facility, we are building accelerator complex aiming generation and acceleration of radio nuclear beam. Several accelerators, ion sources and a charge breeder are installed in the facility. We are developing a distributed control system enabling smooth operation of the facility. We report basic concepts of the control system in this article. We also describe about a control hardware using plastic optical fiber, which is developed for the control system.

### 分散型制御システムが望まれる理由：

原研タンデム加速器施設では、原研タンデム加速器の他に、超伝導後段加速ブースターがあり、さらに現在、放射性核種の加速を目的とする RNB 加速実験装置の設置・テスト作業が行われている。RNB 加速実験装置は、タンデム加速器からの粒子ビームをウラン標的に当てて放射性核種を生成しイオンとして引き出し分離する ISOL、分離されたイオンの電荷を大きくするチャージブリーダ、それを加速する RFQ 加速器およびインターデジタル型加速器などからなる。これらはそれぞれ独立に運転されたり、あるいは連携して運転される。さらに装置の開発・整備独立に行われるという事情がある。したがって、各加速器類の制御システムは個別の運転、整備、保守と加速期間の連携運転を自在に選ぶことが望ましい。この状況の中で、加速器施設として効率よく開発、保守、運転を行うため、分散型の制御システムを開発することとした。

### タンデム加速器制御との整合：

原研タンデム加速器は、通称 Accell と呼ぶ並行処理制御システムで制御されている。これは集中管理型のシステムであるが、複数のパーソナルコンピュータ (PC) と並行処理用の多数のマイクロプロセッサから構成されるシステムである。そこでは各プロセッサ間をメッセージ通信で結んでおり、2つの加速器制御コンソールをすでに持っている、分散制御システムに変更することは難しくない。特に、Accell のなかの主な通信は加速器制御の各データ点に全て名前をつけ、名前と論理的な値で制御するメカニズムを使っている。この通信のあり方を外部のシステムとの通信に拡張することで容易に分散型制御の環境を作ることが出来る。

### 分散型制御システム構築の基本方針：

我々は、制御システムを構築するためいくつかの基本方針を決めた。

①個々に運転保守が可能なサブシステムの集まりとして制御システムを構成する。サブシステム間で相互にデータ点の監視や制御を可能にする。

②サブシステム内の構造、実現手法は自由であるが、相互に通信制御するため、プロトコル、データ点の名前のつけ方、値の表現法など統一の規約を設定する。

③制御対象のデータ点全てに名前をつける。名前は全システム領域内でユニークなものにする。

④値の表現は末端装置の物理的な量の単位で表現し、制御系の DAC,ADC などの生データを使用しない。

⑤各サブシステムにどのようなデータ点があり、どのように制御されるかをそれぞれデータベースとして持つものとする。サブシステムの外側から共通の見方でそのデータベースを見れるように、共通のビュー形式をもつ。そのビューにはデータ点名、データ点の値の単位、値の上限、下限などが記述されるものとする。

⑥データ点を保持しているサブシステムは、他のサブシステムがそこからデータ点にアクセスするためのマンマシンインターフェイスを容易に構成できるように、標準の制御ページを他のサブシステムに公開する。その基本構成は原研タンデム加速器で使われている CRT ページを使うものとする。

A 分散制御システムの基本構造：

図 1 にサブシステムの集合体としての分散型制御システムの構成を示す。サブシステム相互の通信ハードウェアには最も安価で性能も高いインターネットの通信技術を使用する。各サブシステムは通信機能の他に共通コンソール機能、コントロールセンター機能、あるいはデータベース機能のいずれかを持つ。同時に全てを持っていても良い。

コントロールセンター機能はそのサブシステムが直接の制御対象として持っている加速器側ハードウェアへのコントロールセンターである。

分散型制御環境下のデータ点は必ずどこか一つのサブシステムのコントロールセンターの管理下に置かれる。コントロールセンターは細かいハードウェアへの制御手順やデータ形式の変換を管理し、外部からのデータ点アクセスは分散型制御の基本方針に従ったアクセスプロトコルで受け付ける。

共通コンソール機能は通常の PC のウィンドウシステム上に実現されるマンマシンインターフェイスで各サブシステムが公開するページデータを使ってそのサブシステムへのマンマシンインターフェイスを実現するほか、独自に制御ページを作ることも可能にする。

データベース機能は加速器の制御機能を維持するために必要なデータを保持する。各コントロールセンターごとにデータベースを持つが、その置き場所、データベース管理システム

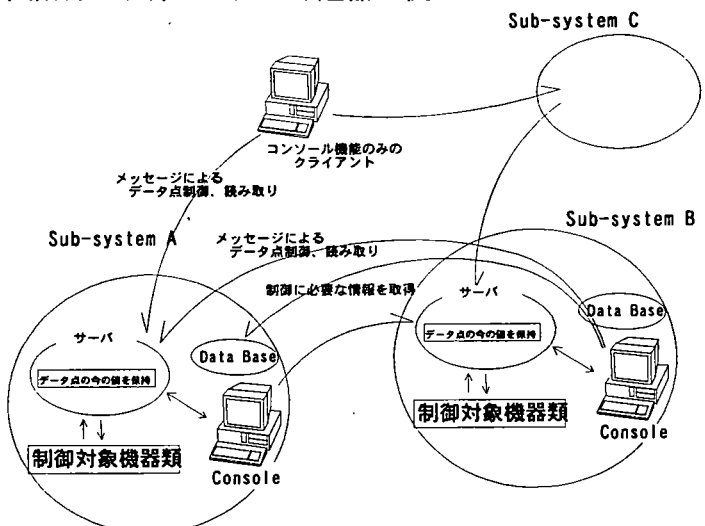
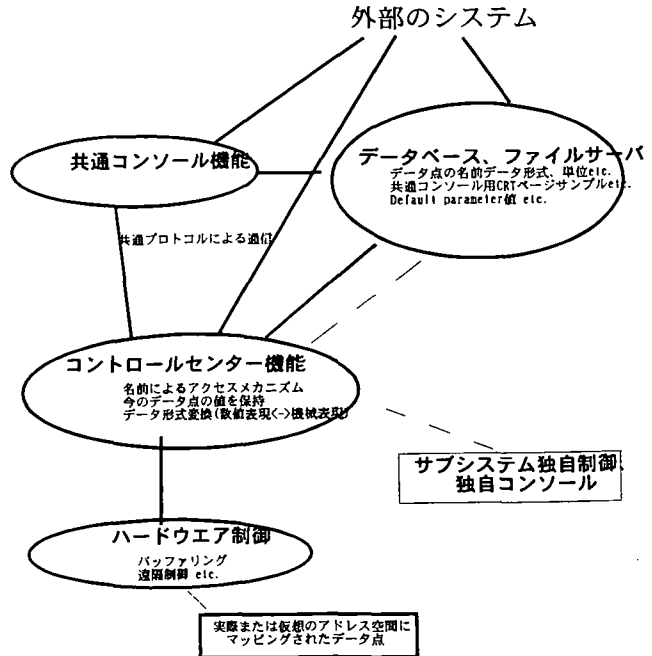


図 1：サブシステムの統合体としての制御システム

の起き場所は必ずしもコントロールセンターを置くサブシステムの中である必要はない。一つのデータベース管理用のマシンに複数のコントロールセンター用のデータベースをおくこともある。

図2に制御対象のデータ点を持つサブシステムの構成を示す。このなかでハードウェア制御の部分は各サブシステムが持つIOインターフェイスにあわせて作られるが、コントロールセンター機能、共通コンソール機能については分散型制御システムの標準プログラムで実現する。標準コンソールではなく、サブシステム独自のマンマシンインターフェイスを組み込むことも許される。



**B 光ファイバーによる末端電源類の制御方式の開発**

図2: Subsystem の論理構成

分散型制御システムの構築に向けて制御用のハードウェアも幾種類か開発を進めている。そのなかの一つに光ファイバーによる末端電源類の制御方式の開発がある。光ファイバーは経由の通信は通常の有線通信と異なり、自然に電気絶縁ができています。そのためイオン源の制御などで必要なグラウンド電位と異なる電位上にある装置との通信に適している。制御信号ラインから放電ノイズなどを拾いこむ可能性の低くなる。原研タンデムではこれまでも光ファイバーによる通信を使用している。一つは制御システムの中核のプロセッサ間の通信路にガラスファイバーによる 10MPBS の通信で、もう一つはイオン源周りの電源類を絶縁制御するプラスチック光ファイバー (POF) を使ったものである。後者は光の点滅周波数で信号を伝達するもので、電圧と周波数の変換技術を使用している。点滅周波数を電圧に対応させる手法は、計算機側インターフェイスに PLL 周波数合成技術やパルス計数技術を導入し改善して使われているが、①一つの信号線に一つの信号しか通せない、②大幅な精度・分解能の向上は難しいという難点がある。そこで我々は POF の簡便さを使いながら、その二つの難点を解消する方法を開発することにした。技術の要点は、a) パルスコードで通信する、b) 送信受信側ともにマイクロプロセッサを組み込み通信と制御に使用する、の2点である。汎用制御子機モジュール、パーソナルコンピュータ(PC)から制御するための USB 親機、CAMAC システムから制御するための CAMAC 親機の開発を進めている。図3にシステム構成の概念図を示す。

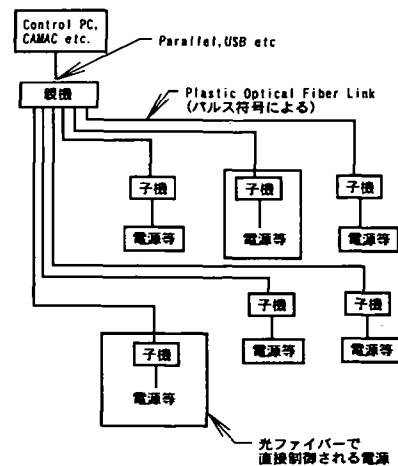


図3: パルス符号による新しい制御方式

汎用制御子機モジュール、パーソナルコンピュータ(PC)から制御するための USB 親機、CAMAC システムから制御するための CAMAC 親機の開発を進めている。図3にシステム構成の概念図を示す。

パルスコード通信を使えば、アナログ電圧制御の確度・分解能は、使用するADC、DACの性能に依存し、通信路が制約することはない。汎用子機は、加速器施設で使用する典型的なQレンズ、XYステイアラーあるいは偏向電磁石を1台で制御できるように入出力の構成を決めた。図4に汎用子機のブロック図を示す。一つのモジュールにそれぞれ適切な数のアナログ出力、アナログ入力、デジタル出力、デジタル入力を設けてシステムの構成・配線計画を単純にすることを意図している。アナログ出力は2つの20ビットDAC出力をミキサー経由で4つのアナログ出力にだす。ミキサーは出力のスパン、レンジ、極性などを設定するために使用するほか、特殊な静電ステイアラーの制御に対応できるように設けられている。アナログ入力は8つのアナログ電圧を2つのマルチプレクサ経由で2つの22ビットADCに取り込む。ステータス制御はAC115Vまで直接制御可能な接点出力を2個用意している。ステータス入力は4つ持っている。モジュール自体の電源はスイッチング方式でACまたはDCの90Vから130Vまで動作する。

USB親機はありふれたPCから容易にPOF制御を可能にするために開発された。図5のブロック図に示されるようにUSBインターフェイス、制御プロセッサ、マルチプレクサおよび光リンクで構成される。CAMAC親機の構成を図6に示す。CAMAC親機はUSB親機のUSBの代わりにCAMACデータウェイから制御するためのものである。制御データの中継用にデュアルポートメモリを使用している。

まとめ  
原研タンデム施設で開発を進めている分散型制御システムの基本構造とそこで使うために開発中のプラスチック光ファイバーによる制御のハードウェアについて報告した。システムの開発はモデルシステムが動作している段階で、これから各装置の制御に使えるように移植を進めてく。RNB加速実験装置を含めた、原研タンデム加速器施設の制御として、分散型制御は最も自然な方法である。

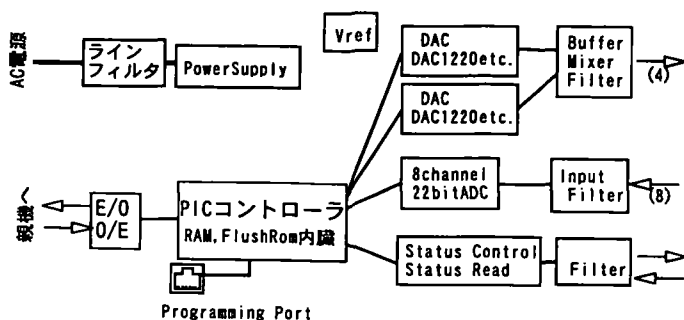


図4：汎用子機(4重極電源制御などを想定)  
[アナログ出力4チャンネル、アナログ入力8チャンネルを設ける。デルタシグマADC、DACを使用し高い分解能を実現する。]

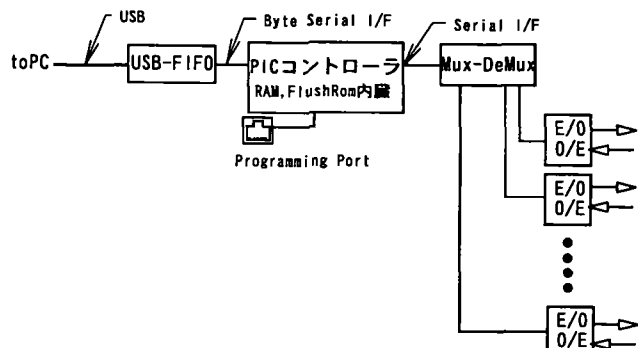


図5：PC用USB I/F親機の例  
[今日の多くのコンピュータでUSBインターフェイスを使うことができる。ただし適切なドライバーが必要である。]

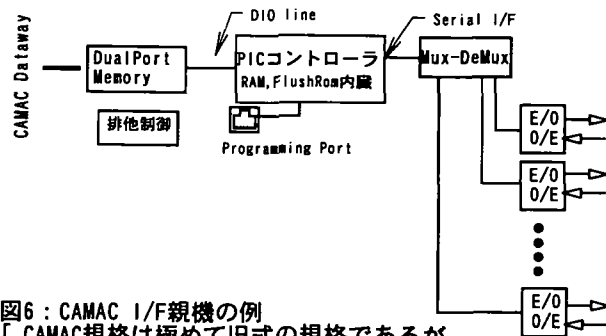


図6：CAMAC I/F親機の例  
[CAMAC規格は極めて旧式の規格であるが、規格が単純であることなどのメリットもある。]