

3.7 制御

3.7.1 概算見積り

一般的に加速器の制御システムに要するコストの概算は、加速器本体価格の15~20%と言われて来た。この価格にはハードウェアとソフトウェア両方が含まれている。近年ハードウェアの価格は、大雑把に言って10年間に約3分の1程度に下がって来ているが、逆にソフトウェアの価格が数倍になっている。従ってプラス・マイナスがキャンセルしてほぼ同じ比率が保たれていると考えられる。

3.7.2 制御システムに含まれる範囲

最近のハードウェア機器の制御システムでは、従来はハードウェアのみで行われていたインターロック関係の処理についても、インテリジェンスをもったPLC (Programmable Logic Controller) などを用いて行われることが多い。従って、従来はいわゆる制御システムが行っていた機器との直接のインタフェース (アナログやデジタル) もこれらPLCを介して行われるようになっていく。今回のERLの制御システムにおいてもこの方法が採られるものと考えられる。こうなると、制御システムには、全体に亘るネットワーク・システムやPLCなどとのインタフェース、さらにマン・マシン・インタフェースを用意することが要求される。これらの関係を図3.59に示す。この図に示されているものは、いわゆる加速器制御に於ける標準モデルに基づくもので、3階層で構成されている。第1番目の層はプレゼンテーション層でマン・マシン・インタフェースを受け持ち、第二層はプロセス制御層でフロント・エンド計算機 (IOC) とそこから出されるフィールド・バス制御インタフェースによって構成される。最下層は機器インタフェース層で、制御される機器とのインタフェースを司る。

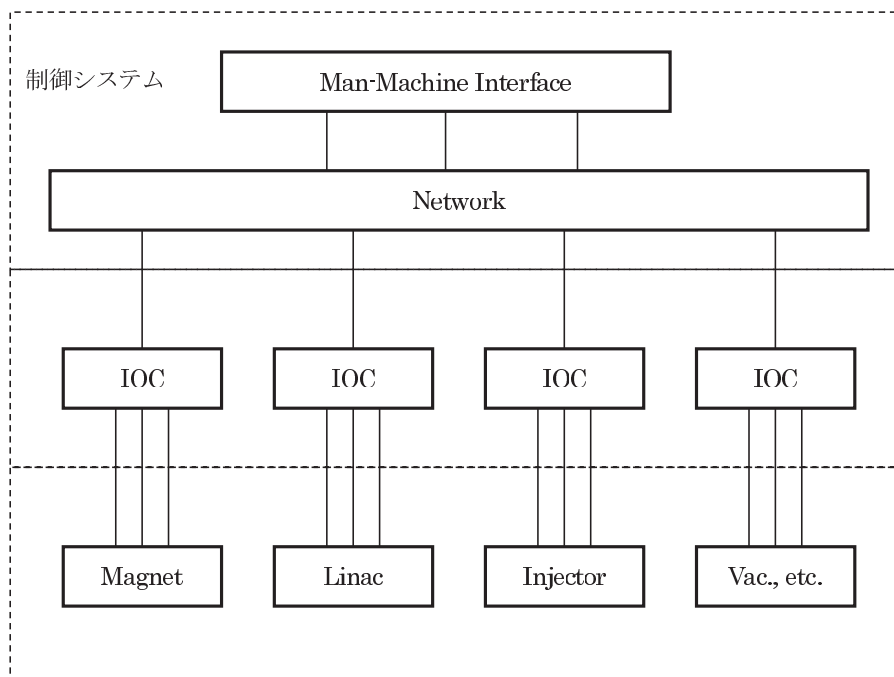


図 3.59: 制御機器システムの全体構成

3.7.3 制御システムの構成機器

制御システムは全体としては図 3.59 のように表されるが、その構成要素を示すと表 3.12 の通りとなる。

表 3.12: 制御システム構成機器の一覧

構成機器	機能
ネットワーク	システムの最も重要な要素で、全ての情報の通り道。 使用目的により、階層化も考える。 幹線系：GbE（ギガ・ビットまたは 10 GbE） 一般系：10/100 Base T/TX 無線 LAN についても考慮する。
サーバ計算機	UNIX 系のサーバ計算機 複数の計算機をクラスタ構成にして用いる。 ソフトウェアの開発、軌道計算や総合的なフィードバックなどにも利用する。また、ソフトウェア資源やデータベースの管理を行う。
マンマシン計算機	ローカルなインテリジェンスをもった PC などの計算機を用い、主にオペレーション用入力やグラフィック表示などを行う。
ローカル制御計算機	1 グループの機器との入出力を司るもので、グループの大きさはその計算機の能力と制御する機器の数および必要とする処理速度によって決まる。例えば、RF などは複数の計算機が必要かも知れないし、真空などは 1 台で間に合うかも知れない。
制御用ソフトウェア	加速器制御システムにおいて最も重要なものが、ソフトウェア環境である。ここでは EPICS を用いることを推奨する。これまでの KEK での実績や、国際的な動向を考えると、これ以外の解は存在しない。
応用プログラム	加速器の設計や建設に用いられるソフトウェアは建設後のコミッションングや運転に有効に利用できることが要求される。従って、KEKB 加速器の場合のように SAD など実績のあるツールが用いられることを推奨する。また、加速器のテストや運転用には逐次翻訳型の言語を用いることがその効率を高くするので、Python などの Interpretive Language を使うことも推奨する。
PLC や計測器など	PLC やオシロスコープなどの測定器はシリアル通信などではなく、直接ネットワークに接続して使えるようにすることを推奨する。即ち、10/100 Base の Ethernet で接続する。このことによって、機器の絶縁の問題やソフトウェアの均一性など、ハードウェアとソフトウェアの両面に亘って物事がシンプルになることが期待される。

3.7.4 システム規模の推定

システムの規模がどの程度になるかは、接続される加速器の構成要素の数や物理的な配置の広がりなどに依存する。そこで、これまでに持っている情報からこれらを推定することが必要である。

3.7.4.1 ネットワーク

直径 500m の範囲の中に機器が配置されるものとし、そのノードの数を

- ローカル制御ノード 8 箇所

と想定する。これら 8 箇所と中央制御室との間に GbE または数 GbE の光リンクを張る。ケーブル敷設やネットワーク機器の価格を以下の表 3.13 に示す。

3.7.4.2 サーバ計算機

UNIX をオペレーティング・システムとするサーバ計算機で、計算サーバ、データベース・サーバ、記録サーバ、コンソール・サーバなどから構成される。サーバの台数や RAID ディスク装置の容量などは建設完了時において表 3.14 の通りと想定される。

3.7.4.3 加速器構成機器とのインタフェース

制御システムと加速器の構成機器との接続を考え、それぞれに割り当てる計算機の数を出してみる。

計算機として KEKB と同様に VME 計算機を用いるとすると、一台あたりの単価は 200 万円程度となり、合計で 1 億 7000 万円位が必要である。

上記の計算では、加速器構成機器とのインタフェースがネットワークに接続された PLC や計測器を用いて行われるとしている。もし、それ以上に CAMAC や VXI を用いた回路や機器が必要な場合には追加することが必要である。

このモデルでは、計算機は制御する機器からの情報を取り込んで EPICS データベースの更新を行い、あるいはコンソールからの指示に基づいて機器を制御する。また、各種機器との接続は、計算機から出るバスあるいはネットワークを介して行われる。この様にすることによって、計算機の信頼性を高く保つことができ、同時に入出力信号の品質をも高く保つことが可能となる。

3.7.4.4 タイミングシステム

タイミング制御システムはそれだけで独立して機能する。また、加速器全体に亘ってイベント信号や標準信号を配らなければならない。ケーブルについても温度による条長の変化が少ない特殊なケーブルが必要であり、周波数を安定化するための特殊な回路も必要となる。今回はこの部分についての見積りは行っていない。

3.7.4.5 安全システム

加速器室への入出管理や、放射線レベルの監視・警報発生など、安全管理についても十分な注意が払われなければならない。この部分も今回の見積りからは除いている。

3.7.4.6 通信システム

加速器制御システムにおいて、加速器運転関係者はもちろん、ビーム・ラインのユーザに対しても連絡を確実に行えるよう整備することも重要である。これらは画像情報や音声情報による。実現方法としては計算機用のネットワークに載せて実現するのが簡便ではなかろうか。但し、非常

表 3.13: ネットワーク機器の見積り

	員数	単価 (円)	値段 (円)
ケーブル敷設	500 m × 8 箇所	2,000/m	8,000 k
ネットワーク機器	8 箇所	3,000 k	24,000 k
		合計	32,000 k

に際しての情報伝達とは別である。これも見積りからは省いた。

3.7.4.7 コンソール

加速器の制御はコンソールに向かっているオペレータによって行われる。従って、オペレータや加速器スタディーを行う人達にとって操作性の良いコンソールを設計・構築することが求められる。現時点においても KEKB 加速器のコンソールは十分に柔軟性に富んでおり、将来さらなる電子技術の進展があればより満足のできるコンソール構築が可能となると考えられる。

コンソール装置としては一式あたり、PC 1 台、キーボード 1 台、マウス 1 台、スクリーン 4 台位が順当と考えられる。必要な数量を、コンソール 10 式として、表 3.16 を基本とすると、大型ディスプレイ装置、TV Monitor や什器備品等が必要である。これらのために約 8,000 k 円を見積もって、総計 21,000 k 円となる。

3.7.4.8 まとめ

上記の各項を集計すると表 3.17 の通りとなる。

加藤直彦 (KEK・加速器)

表 3.14: サーバ計算機の見積り

	員数	単価	値段 (円)
計算サーバ	2 台	10,000 k	20,000 k
データベース・サーバ	2 台	3,000 k	6,000 k
記録サーバ	2 台	3,000 k	6,000 k
コンソール・サーバ	5 台	3,000 k	15,000 k
RAID ディスク装置	2 式	20,000 k	40,000 k
		合計	87,000 k

表 3.15: インタフェースの見積り

構成要素	数量	計算機	単価 (円)	値段 (円)
A. Gun + Injector	2 式	1 台	2,000 k	2,000 k
B. Linac	1 式	10 台	2,000 k	20,000 k
C. ERL Magnets	1,300 台	4 台	2,000 k	8,000 k
D. ERL Vacuum	240 式	4 台	2,000 k	8,000 k
E. ERL Beam Monitors	300 式	10 台	2,000 k	20,000 k
F. ERL Undulators	4 式	4 台	2,000 k	8,000 k
G. ERL Beam Lines	37 式	37 台	2,000 k	74,000 k
H. Safety	1 式	2 台	2,000 k	4,000 k
I. Communication	1 式	2 台	2,000 k	4,000 k
J. Consoles	10 式	10 台	2,000 k	20,000 k
K. Timing	1 式	2 台	2,000 k	4,000 k
	合計	86 台	172,000 k	

表 3.16: コンソールの見積り

構成要素	数量	単価 (円)	値段 (円)
PC	10 台	500 k	5,000 k
LCD	40 台	200 k	8,000 k
	合計		13,000 k

表 3.17: 制御システム全体の見積り

項目	金額 (円)
ネットワーク	32,000k
サーバ計算機	87,000k
ローカル計算機	172,000k
タイミング	—
安全	—
通信	—
コンソール	21,000k
合計	362,000k