



研究開発ノート

VME-CAMAC データ収集系の構築

板倉 昭慶, 杉山 昭彦, 中嶋 洋輔, 間瀬 淳

(筑波大学プラズマ研究センター)

横峰 誠

(株式会社東陽テクニカ)

Establishment of VME-CAMAC Data Acquisition System

ITAKURA Akiyosi, SUGIYAMA Akihiko, NAKASHIMA Yousuke, MASE Atsushi
and YOKOMINE Makoto¹⁾

Plasma Research Center, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8577 Japan

¹⁾ *Toyo Corporation, Yushima 113-8514 Japan*

(Received 20 March 1998)

Abstract

A CAMAC serial highway is configured and controlled via the VME bus by UNIX workstation. CAMAC commands are executed sequentially ordered by sequence list edited by windows system. Q-repeat mode for block transfer is supported, so the maximum clock rate of 5 MHz for optical link of serial highway is realized.

Keywords:

CAMAC (Computer Automated Measurement And Control), serial highway,
VME (Versa Module Europe), data acquisition, transfer rate

1. はじめに

筑波大学プラズマ研究センターではタンデムミラーガンマ10建設以来10年以上にわたりデータ収集装置としてミニコンピュータとCAMAC *シリアルハイウェイの組合せを使用してきた[1,2]. これまでにも実験の進展および計測技術の進歩にともない何度か拡張を行ってきたが, 建設当時は最新鋭だったミニコンピュータもすでに廃止機種となり, これ以上データ収集量を増加させ処理方法を改良するのは實際上非常に困難であるばかりでなく, 保守にも支障をきたすようになった.

このミニコンピュータは現在広く使われているイーサネットに対応していないのでGP-IB インターフェースを付加してUNIX ワークステーションと接続し, ショ

ットごとにデータをワークステーションへ転送してネットワークから利用できるようにしている.

今回, データ収集システムの拡張のため, UNIX ワークステーションで直接データを収集することとしたが, 検討を開始した時は本誌講座[3]にも述べられているように, 広く使われているSPARCstationで直接CAMACハイウェイに接続することはできなかった. そこで日本原子力研究所那珂研究所のシステムに倣いSPARCstationのSバスからいったんVME *バスに変換, VMEのシリアルハイウェイドライバを使用するシステムを構築した.

これにより収集したデータを直接ネットワークを通して利用し, 処理することが可能となり, 操作性, 拡張性も格段に向上した.

*CAMAC, VME, 後出のGP-IB各インターフェースについては文献[3]に解説されている.

corresponding author's e-mail: itakura@prc.tsukuba.ac.jp

データ収集装置は対象となる実験装置ごとに異なった設計をしなくてはならないが、システムを構成する部分部分は共通でありこの VME-CAMAC 系も今後の参考になるものとする。

2. ハードウェア

ガンマ10データ処理系の全体像を Fig. 1 に示す。ここで破線で囲まれた部分が今回構築した VME-CAMAC 収集系である。ワークステーションには SPARCstation を使用し、その S バスをいったん VME バスに変換し、VME を通して制御している。シリアルドライバ以降は従来使用しているミニコンピュータ用のシリアルハイウェイとまったく同様であり、互換性もある。

この部分の詳細を Fig. 2 に示す。CAMAC クレートコントローラを VME クレートのシリアルハイウェイドライバに接続、VME は S バスカードにより SPARCstation に接続する。これにより VME を経由してソフト的には直接 CAMAC 制御を行うことができる。従来のミニコンピュータのシステムと同様に実験室-データ処理室間、実験室内各クレート間を絶縁しグラウンドループ

を切るために U ポートアダプタを通して光ケーブルで接続している。シリアルドライバのすぐ近くに小型のクレートを設置し、光ケーブルはそこから出発している。また、そのクレートにはデジタル入力モジュールを挿入し、ガンマ10全体の運転を制御している統轄計算機から発せられる「10秒前」信号を受けてデジタイザの動作開始のトリガとする。

ハードウェア的にはとくに困難な点はないが特徴的なのは次項のソフトウェアとの関連で、制御プログラムの編集用に Windows 95 で動作するパーソナルコンピュータをイーサネットを通して接続していることである。そしてパーソナルコンピュータで広く使用されているソフトウェア Microsoft Excel のファイルを CAMAC 制御ワークステーション上に NFS (Network File System) を用いてマウントしている。これによりパーソナルコンピュータ上で簡単に制御ソフトウェアを編集することができる。

ガンマ10の実験は標準的には12分に1回、0.3~0.5秒間磁場コイルに通電して準定常磁場を形成し、その間にプラズマを生成し、データの収集が行われる。

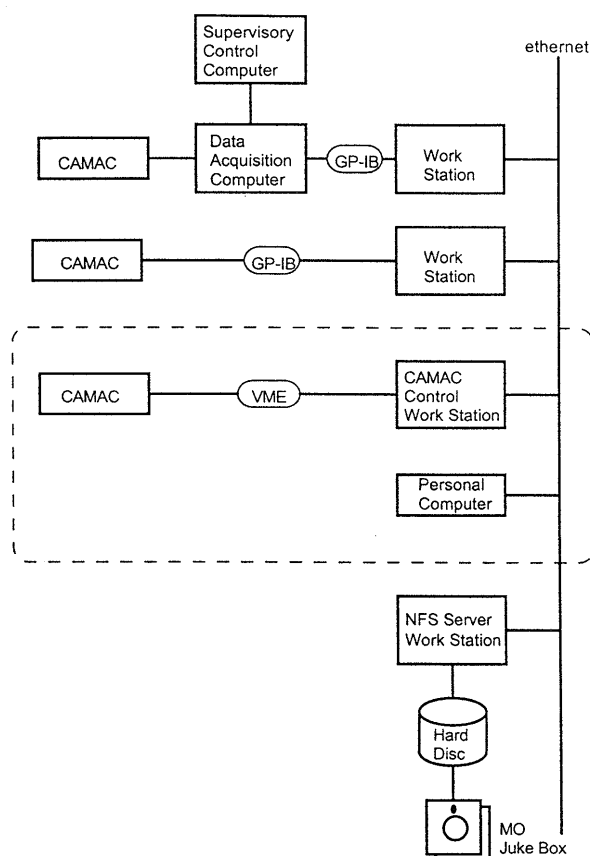


Fig. 1 Data acquisition system of GAMMA 10.

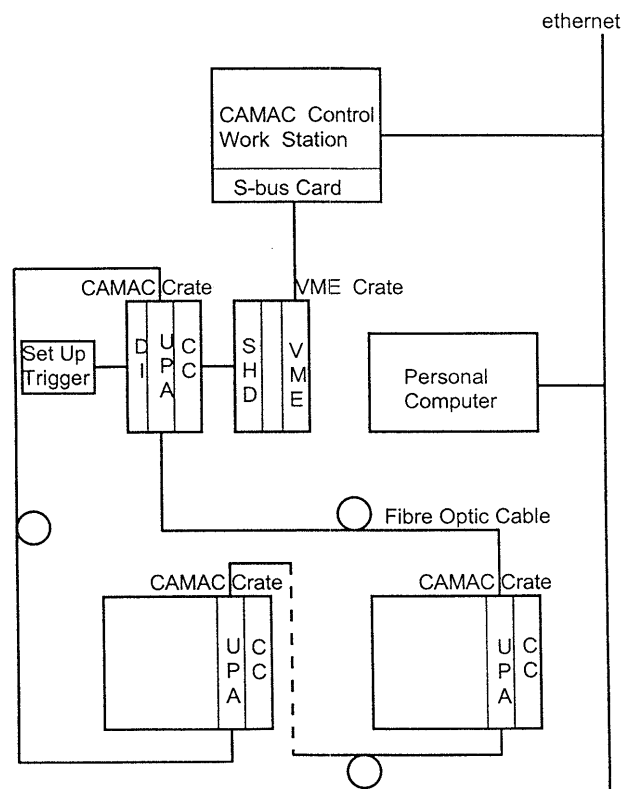


Fig. 2 VME-CAMAC serial highway system.
SHD: serial highway driver, CC: crate controller,
UPA: U-port adapter, DI: digital input module.

制御用タイミング信号, ショット番号は統轄計算機(ミニコンピュータ使用) から従来のデータ処理系(同じくミニコンピュータ使用) へ専用のデータリンクを通して送られ, 補助の UNIX ワークステーションへ GP-IB を通して転送される. 新しいデータ処理系もショット番号は補助ワークステーションからイーサネットを通して取得する. 従来の CAMAC データも, 今回構築した VME 系による CAMAC データもイーサネットを通して NFS サーバとなっているワークステーションのハードディスクの同じディレクトリに格納され, 一般利用者からは区別がつかないようにしている. これらのデータはさらに光磁気ディスクを使用したジュークボックスによる大容量ファイル装置に保存される.

このシステムに用いた計算機等の仕様のうち主要なものを Table 1 に示す. (1)のミニコンピュータとは前述の当初から使用しているシステムを, (2)のワークステーションとは今回構築したシステムを指す.

また, このシステムを構築する前年に, ワークステー

ションから GP-IB を通して CAMAC クレートを制御するシステムを一部に導入した. その結果を今回のシステムによる結果と同様に Table 2 に示す. データ転送量がチャンネル数の割に小さいためにファイル生成等の動作が相対的に多くなり実効転送速度が遅くなっているが, データ量を増やせばミニコンピュータによるシステムと同程度にはなるものと考えられる. しかし, さらに転送速度を速くしたいこと, 拡張性から実験の主体となるデータ収集システムとしては VME-CAMAC 系を採用した.

3. ソフトウェア

基本となるドライバソフトは日本原子力研究所青柳氏より提供を受けたが, それとガンマ10システムとのインターフェースソフトを新たに開発した.

ソフトウェア群のうち, 主要なものの相互関係を Fig. 3 に示す.

3.1 ソフトウェアの構成

Fig. 3 に示すようにこのデータ収集系のソフトウェアは

- (1)統合管理プログラム
- (2)リストシーケンサ
- (3)シーケンスリスト (ソースプログラム)
- (4)シーケンスリスト (オブジェクトプログラム)
- (5)リストコンパイラ
- (6)CAMAC ハンドラ
- (7)CAMAC デバイスドライバ

からなっている.

(1)統合管理プログラムは VME-CAMAC データ収集系

Table 1 Specification of computer systems.

	(1)	(2)
	minicomputer	workstation
main memory	1 MB	32 MB
hard disk	30 MB	4 GB
maximum number of data per block transfer	8 kW	4 MW
maximum number of data per channel	16 kB	8 MB
maximum number of data at a shot	5 MB	unlimited
clock rate of serial highway	1 MHz	5 MHz

(B: Byte, W: word)

Table 2 Data transfer rate.

data (MB)	(1)		(2)		(3)	
	minicomputer		VME-workstation		GP-IB-workstation	
	time (s)	transfer rate (kB/s)	time (s)	transfer rate (kB/s)	time (s)	transfer rate (kB/s)
0.10					9	11
0.29					16	18
0.78	28	28				
0.88			9	98		
1.7	56	30				
1.8			12	150		
2.6			19	140		
2.9	91	32				
4.2			26	160		

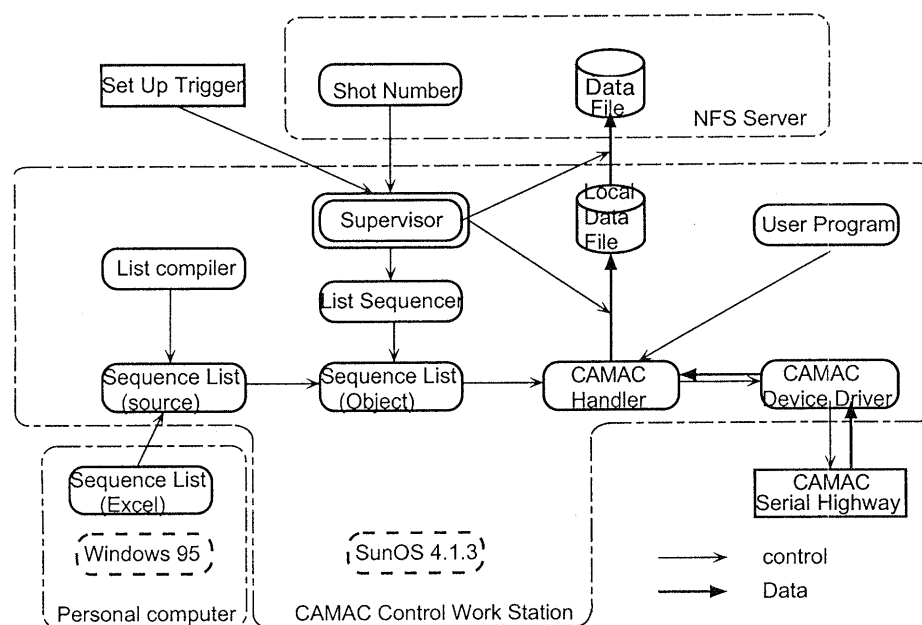


Fig. 3 Software of the VME-CAMAC system.

全体の制御を行い、リストシーケンサを通してシリアルハイウェイの制御を行う。

(2)リストシーケンサは統括管理プログラムからの指令に基づき通常使われる8個のシーケンスリスト(オブジェクトプログラム)を順番に実行する。本システムでは12分に1回の標準的なデータ収集のほかに共通データファイルに格納しない臨時のデータ収集やプラズマ生成をしない期間におけるデータ収集を行うことがあるので、常時シリアルハイウェイを占有することがないように、リストシーケンサによる一群の制御ごとにハイウェイを開放する方式をとっている。

(3)シーケンスリスト(ソースプログラム)は10種類あり、通常は前項に記したように8種類が使用される。それぞれには1行ごとに実行すべきCAMACコマンド、その対象のモジュールのクレート番号、スロット番号、ファンクションコード、サブアドレス(C, N, F, A), 実行回数等を書込んだテキストファイルである。これはCSV(Comma Separated Value)形式で作成されていて、Windows 95で動作しているパーソナルコンピュータ上のMicrosoft Excelファイルと共通になっている。したがって、Excelでマクロを活用してモジュールを指定したパラメータの設定が容易に編集できるように考慮されている。10種類用意されているシーケンスリストは、それぞれ下記のようにになっている。

(i)初期化 1種類 起動時に自動的に実行、またはハー

ド的な操作を行った時などに手でハイウェイの初期化を行う。

(ii)データ収集準備 2種類 サンプルング時間、ポストトリガサンプル数等あらかじめ指定する必要のあるパラメータの設定。

(iii)ストップトリガ 1種類 通常の実験では統括計算機から出力されるマスタートリガ信号を受けた遅延パルス発生器により各モジュールに適切なトリガ信号を送るが、この信号を受けるのが不適当な場合にはこのデータ処理計算機からトリガ信号を発生させる。

(iv)LAM発生待ち 1種類 モジュールのデータ収集の完了を示すLAM(Look-At-Me)信号が発生したかどうかを調べる。

(v)データ収集 3種類 各モジュールが収集したデータを計算機に取り込む。

残り2種類は予備として現在は使用していない。

(4)シーケンスリスト(オブジェクトプログラム)は前項のソースプログラム実行するにあたり高速化をはかるために次項のリストコンパイラを用いてオブジェクトプログラムに変換したものである。各ソースプログラムに対応して10種類ある。

(5)リストコンパイラは前項で述べたようにCSV形式で書かれたソースプログラムをオブジェクト形式に変換するためのものである。

(6)CAMACハンドラはリストシーケンサからの指令に

従ってシーケンスリスト（オブジェクトプログラム）から受け取った制御パラメータを CAMAC ドライバへ引き渡す。また、リストシーケンサによる制御とは別に、任意のプログラムを fortran または C 言語で作成した場合もこのハンドラ中のサブルーチンを呼び出せばよい。

(7) CAMAC デバイスドライバは CAMAC ハンドラからの指令を受けてシリアルハイウェイドライバモジュールである Kinetic 2140 を制御するためのソフトウェアであり、C 言語で書かれている。

3.2 収集手順

Fig. 4 にこのプログラムを実行中の画面の例を示す。「VME-CAMAC リストシーケンサスーパーバイザ」ウィンドウ中の左側の列の表示に従って自動的に実行される。

OFF/ON スwitchの付いているものが前項で述べたシーケンスリストに対応し、ボタンが OFF になっているものは自動的に実行されない。ただし、その名前の上をマウスでクリックすれば任意に実行できる。また、最下行およびその上の行のリストコンパイラとプログラム終了もそこを直接マウスで指定しなければ実行されない。

統合管理プログラムが起動されるとまずシリアルハイウェイ、各クレートに対する「初期化」が実行され、

「10秒前」信号が検知されるのを待つ。これは統轄計算機より出力される磁場通電10秒前を示す信号を直近のクレートに挿入したデジタル入力モジュールに接続しており、2秒ごとにこの回路が ON になっていないか監視している。「10秒前」信号が ON となると前回収集したショット番号を基に暫定ショット番号のディレクトリをローカルデータファイル内に作成する。ついで、各 CAMAC モジュールにサンプリング周波数やポストトリガサンプル数等のデータ収集条件の設定を行いサンプリング開始を指令するために「データ収集準備」が起動される。トリガ信号は統轄計算機から出力されるマスタートリガを基にして遅延パルス発生器で適宜遅延時間を与えられて各モジュールに入力される。単独の収集試験の時などトリガ信号の入力のできない場合にはここでデータ処理計算機からソフトウェア的に発することもできる。

その後 LAM 発生検知を行ってデータ転送に移るのであるが現在は10~15秒経過してからデータ転送を行っているので必ずデータ収集が完了しているものとして「LAM 発生待ち」は実行していない。

マスタートリガが発生し、10~15秒の「時間待ち2」

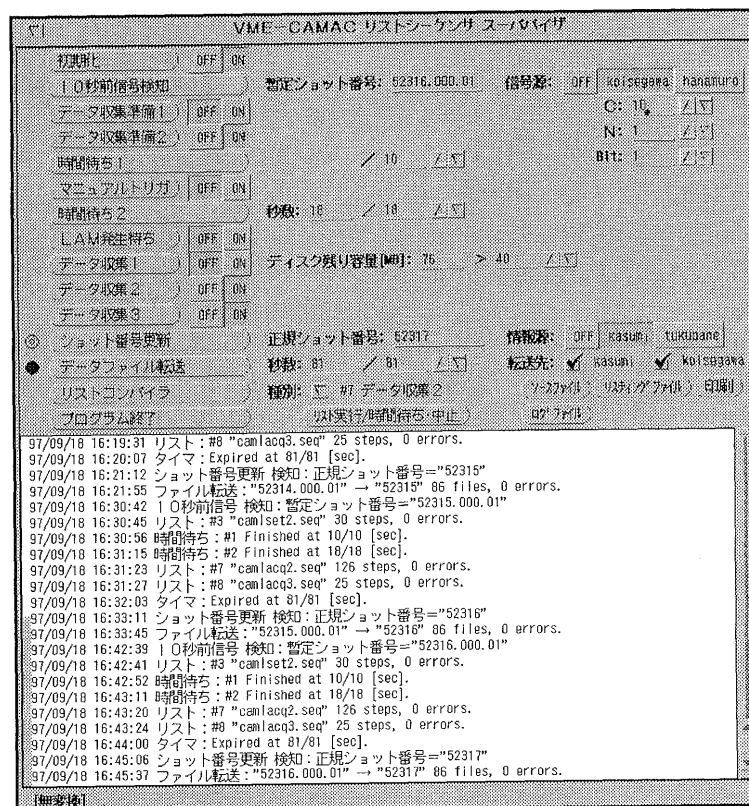


Fig. 4 Snapshot of the VME-CAMAC window.

が完了すると「データ収集1～3」が必要に応じて起動され、シーケンスリストに従いモジュールからローカルデータファイルへのデータ転送が行われる。これはその時の実験の目的に応じて簡単に切り替えられるように3種類用意し適宜 ON/OFF できるようになっている。

その後、従来の系統のデータ処理コンピュータから共通データファイルへのデータ転送が完了すると新しいショット番号が本データ処理ワークステーションへも通知され、暫定ショット番号が正規ショット番号へ変更されるとともに共通データファイルへの転送が行われ、一連のデータ収集の流れが完了する。

3.3 エラー処理

データ収集準備やデータ収集を行っている時にあるモジュールのあるチャンネルにエラーがあった場合、リトライを繰り返してもそのエラーが自動的に回復する可能性は小さいので本システムではリトライを1回しかしないようにした。さらに、そのような場合はそのモジュール自身が故障しているかトリガ信号が入力されていない可能性が大きいので、同一モジュールの残りのチャンネルへのアクセスはスキップする。

また、エラーのあった場合にはモジュールからのデータ転送および前項に述べた共通データファイルへのデータ転送の終わらないうちに次のプラズマ生成が始まって、新しいデータを収集できないおそれがある。それを防ぐために時間制限を設けて転送を打ち切るようにしてある。

3.4 データの保存

データは実験後約1週間はハードディスクに保存されているがその後は光磁気ディスクによるジュークボックスに移される。使用者はハードディスクにアクセスすると同様にショット番号を指定すれば自動的にそのデータを含むメディアがドライブに装填される。また、読み出しが終わればすぐ別のメディアの読み出し要求に自動的に応じられる。

4. 実行結果

このシステムで実行したデータ転送の所要時間を従来のミニコンピュータのシステムと比較した結果を Table 2 に示す。この転送時間はいずれも純粋な CAMAC シリアルハイウェイのデータ転送時間ではなく、各モジュールの各チャンネルごとにハードディスクにファイルを生成し、ヘッダ部を書き込む時間を含む現実的な転送所要時間である。当センターで従来使用してきたミニコンピュータのシステムはネットワークに対応していないの

で実際には GP-IB を通してワークステーションへの転送も同時に行っており、それを含めると(1)の場合、表の時間の約1.5倍の時間を要している。したがって使用者の実感としては VME 収集系では速度が一桁向上したように感じられる。

なお、(1)のミニコンピュータのシステムではアナログデジタル変換モジュール (LeCroy 8212A) がマルチプレクサを使用しており、チャンネルごとに読み出した場合には多数のデータを1命令で読み出すブロック転送では CAMAC シリアルハイウェイの定格クロック周波数に追従できない。そこで Table 1 に示すように定格の1/5の周波数に落してある。(2)のワークステーションによるシステムでは Q-REPEAT モードに対応しており、モジュール 8212A がデータを出力する用意ができたことを示す信号 Q が1になるまで読み出しを繰り返し実行するので定格クロック周波数に設定してもエラーなしにデータを転送することができている。

また、(1)のシステムでは Table 1 に示す主記憶容量、ハードディスクの容量による制限から1回のブロック転送で転送可能な点数が8192点 (16 kB) に、1回のデータ収集 (1ショット) における転送回数が511ステップに制限されている。(2)のシステムではそれらの制限が事実上なくなっている。収集条件の変更に際しても(1)のシステムではディスプレイ上のラインエディタ的なエディタから(2)のシステムでは OpenWindows のテキストエディタとなり編集が容易になった。

これらの改善によりクレートの増設、モジュールの増設等ハードウェアの変更に対応して容易にシステムが拡張できるようになった。

5. まとめ

従来使用してきた (現在もまだ使用しているが) CAMAC シリアルハイウェイを制御するミニコンピュータを更新する準備としてワークステーションによる制御系を構築した。このために従来のシステムとディレクトリ、ファイル構成をまったく同じにしている。ブロック転送モードの改善によりクロック周波数を定格どおりに設定することができ、ネットワークへの対応とあいまって実効転送速度を約10倍向上させることができた。

使用する CAMAC モジュールには多様なものがあり、システム設計時点では予想がつかないために1命令ごとにエディタ画面で編集するようになっている。そのため、せっかくの OpenWindows のグラフィカルユーザインターフェースを活かしていないが、コンパイラの速さに

救われて支障なく運用されている。今後はグラフィカルユーザインターフェースを活用した設定方法を組み込む方針である。

謝辞

CAMAC デバイスドライバソフトウェアは東京工業大学竹内氏が Kinetic 2917 用に制作され、日本原子力研究所青柳氏が Kinetic 2140 用に改造されたものを提供していただいた。

参考文献

- [1] A. Itakura, D. Tsubouchi, A. Yamao and H. Shinohara, *Proc. 15th Symp. on Fusion Technology* (Utrecht, 1988) **2**, 1721.
- [2] 板倉昭慶, 間瀬 淳, 三好昭一, 都築直久: ミラー型核融合装置 三好昭一編 (アイピーシー, 東京, 1995) p.234.
- [3] 中西秀哉, 小嶋 護, LABCOM グループ: プラズマ・核融合学会誌 **72**, 1062 (1996).