

## LANベースオンライン多次元多事象リストデータ 収集処理システムの開発

佐島, 隆生  
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

久保, 龍二  
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

本村, 信篤  
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

スシロウイドド  
九州大学大学院総合理工学研究科エネルギー変換工学専攻

他

<https://doi.org/10.15017/17138>

---

出版情報 : 九州大学大学院総合理工学報告. 11 (1), pp.33-38, 1989-06-01. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

## LAN ベースオンライン多次元多事象 リストデータ収集処理システムの開発

佐 島 隆 生 ・ 久 保 龍 二 ・ 本 村 信 篤  
スシロウイドド ・ 釘 宮 浩 ・ 藤 井 貴 志  
魚 住 裕 介\* ・ 大 垣 英 明\*\* ・ 井 尻 秀 信\*\*  
的 場 優\*\* ・ 栄 武 二\*\*\* ・ 桑 折 範 彦\*\*\*

(平成元年2月28日 受理)

### Development of a LAN based on-line list data acquisition and analysis system for multi-dimensional multi-events

Takao SAJIMA, Ryuji KUBO, Nobutoku MOTOMURA  
Susilo WIDODO, Hiroshi KUGIMIYA, Takashi FUJII  
Yusuke UOZUMI, Hideaki OHGAKI, Hidenobu IJIRI  
Masaru MATOBA, Takeji SAKAE and Norihiko KOORI

A multi-channel analyzer system that consists of several front-end digitizers and microcomputers has been developed. It has been tried to realize a LAN (Local Area Network)-based data acquisition and analysis system for multi-dimensional multi-events. In the present paper we describe first a concept of LAN-based data acquisition and analysis system and then the details of diagram and operation of the system constructed. This system has been using in nuclear physics experiments at Kyushu university and Research Center for Nuclear Physics (RCNP). We apply this system to a ray-tracing measurement at RCNP and show results of 4-dimensional 2-events list-mode measurements.

#### 1. 序

原子核物理実験においては、1つのイベントに対して多数のパラメータを記録し、より精度の高い情報を得ることが必要である場合が多い。例えば、入射粒子の入射位置とエネルギー分布(多次元データ)、偏極ビームによる実験での、それぞれの粒子のスピン状態(多事象データ)等である。

従来、原子核物理実験における多次元多事象データ収集処理システム<sup>1)</sup>では、大量のデータを高速に収集し保存、解析するためにミニコンピュータを中心としたシステムが用いられてきた。これらのシステムは、

性能や機能の点では十分なものであるが、一般に高価で、個人的にふれる機会が少なく、その操作に習熟することはむずかしかった。

近年マイクロコンピュータの高性能化(32bit CPU等)が急速に進み、その周辺機器としての光ディスク等の大容量補助記憶装置も製品化され、bit単価が急速に安くなっている。そして、それらを利用してマイクロコンピュータを中心とした各種のデータ収集システムが実用化されている。

今回我々は、LANを用いて数台のマイクロコンピュータを接続した、多次元多事象データ収集処理システムを開発した。このシステムは総合理工学研究科および大阪大学核物理研究センター(RCNP)における原子核実験で使用している。特にRCNPにおける原子核反応放出粒子の飛跡追跡、すなわちレイトレース(現在、4次元2事象リストモード)測定によりリス

エネルギー変換工学専攻修士課程

\*エネルギー変換工学専攻博士課程

\*\*エネルギー変換工学専攻

\*\*\*工学部応用原子核工学科

トデータの収集、解析には不可欠な装置となっている。ここでは、RCNP で用いているシステムの構成と、開発したソフトウェアについて報告し、実際に測定したデータ例を示し、議論する。

## 2. 原子核物理実験におけるデータ収集処理の概念

我々は、マイクロコンピュータにより、多次元多事象データ収集処理<sup>2)3)</sup>を試みてきた。しかし、1台のマイクロコンピュータでは、演算処理と I/O 処理を1つの CPU が受け持つため、データの収集、解析、保存等をすべておこなうには、CPU, I/O のいずれも能力が不足しており、特に計数率が問題となるような実験では、十分な性能とはいえないものであった。

そこで、複数の CPU を接続して、並列あるいは分散処理の形態をとることにより、データ処理能力の向上をはかることを考えた。

一般に CPU の結合形態としては、

- ①LAN/回線結合
- ②プロセッサ間高速リンク
- ③バス結合
- ④メモリ結合

等が考えられる。これらのうち②～④の場合、かなり高速なデータ転送が可能になるが専用のシステム（ハードウェアおよびソフトウェア）を開発する必要がある。

原子核実験における放射線検出器のパルス信号は、ランダムに発生し、その計数率は非常に大きく変化する ( $1 \sim 10^5$  個/sec)。そのため、各種ディジタル化 (ADC, TDC, RDC) からマイクロコンピュータまでのデータ収集系での転送能力は、十分に高いピーク性能を持ったものでなければならない。しかし、そのあとのデータ処理系では、ある程度の大きさのデータ (1～数10M byte) を処理することができれば、専用のハードウェアを必要とするほど高速なデータの転送や処理は必要ではなくなる。コストやシステムの柔軟性の点では一般に普及しているマイクロコンピュータ等を用いる方が望ましい場合も多い。

LAN (Local Area Network)<sup>4)5)6)</sup> は、一般に同一敷地内にあるミニコンピュータやマイクロコンピュータを結んだ分散処理システムを示し、大型のホストコンピュータで集中的に管理するいわゆる TSS システムに比較して、

- 負荷、機能性、安全性の分散が可能である。

• ハード/ソフトの柔軟性、拡張性に優れている。等の特長がある。LAN によって複数のコンピュータによるネットワークを構築すると、ファイルの共有、プロセス (プロセッサ) 間通信等が可能となる。このような分散処理システムを多数のマイクロコンピュータで構成する事により、従来のミニコンピュータに匹敵する処理能力と、それ以上の柔軟性を持ったシステムを低コストで構築することが可能である。このような考えで、我々は以下のようなシステムを開発した。

## 3. 回路系およびデータ収集処理システムの構成

今回開発した多次元多事象データ収集処理システムは、RCNP の AVF サイクロトン施設において、大型の荷電粒子スペクトログラフ RAIDEN<sup>7)</sup> を使用した原子核反応実験に使用している。RAIDEN の位置検出システムとして 1.8 m 長の単芯線型ガス比例計数管<sup>8)</sup> (SWPC: Single Wire Proportional Counter) 3台 (X1, X2 および  $\Delta E$  カウンター) と 2 m 長のプラスチックシンチレータ (E カウンター) から構成されるシステムを使用している。Fig. 1 にカウンターから、デジタルデータの取り込みで使用している、インターフェース KYU-IB までの回路系を、Fig. 2 に PC-9801 を LAN で接続した、データ収集処理系を示す。

### 3.1 カウンターからの信号の処理

3本のカウンターと、プラスチックシンチレータからの信号は、前置増幅器 (PA: Pre Amplifier) を経てスペクトロスコープ増幅器 (SSA: SpectroScopy Amplifier) で整形、増幅される。X1 および X2 カウンターでは、その片方の端からの信号の波高値を両端からの信号の和で割り算することにより入射粒子の位置を得ている。 $\Delta E$  カウンターではエネルギー損失を、E カウンターでは全エネルギー損失をその波高値から得ることができる。

これらの信号は、4つの信号のコインシデンスを取ったタイミングで、AD 変換される。X1, X2 カウンターからの位置の情報を得るためには、割り算回路が必要となるため、我々の研究室で開発した、線形スイープ放電を利用した Wilkinson 方式<sup>9)</sup> の ADC に割り算回路<sup>10)</sup>を組み込んだ、RDC (Ratio to Digital Converter)<sup>11)12)</sup>を用いている。 $\Delta E$  および E カウンターの信号は、RDC を ADC として用いている。

### 3.2 デジタルデータの処理

このようにしてデジタル化された信号は、イン

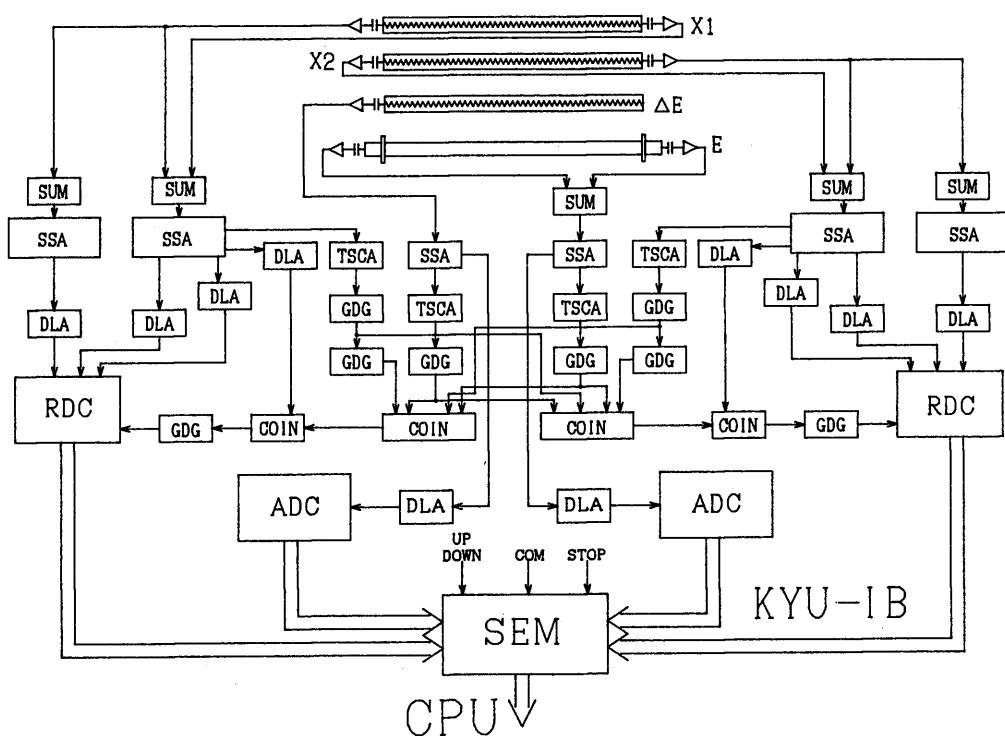


Fig. 1 Electronic block diagram for RCNP experiments. (Four dimensions and two events)

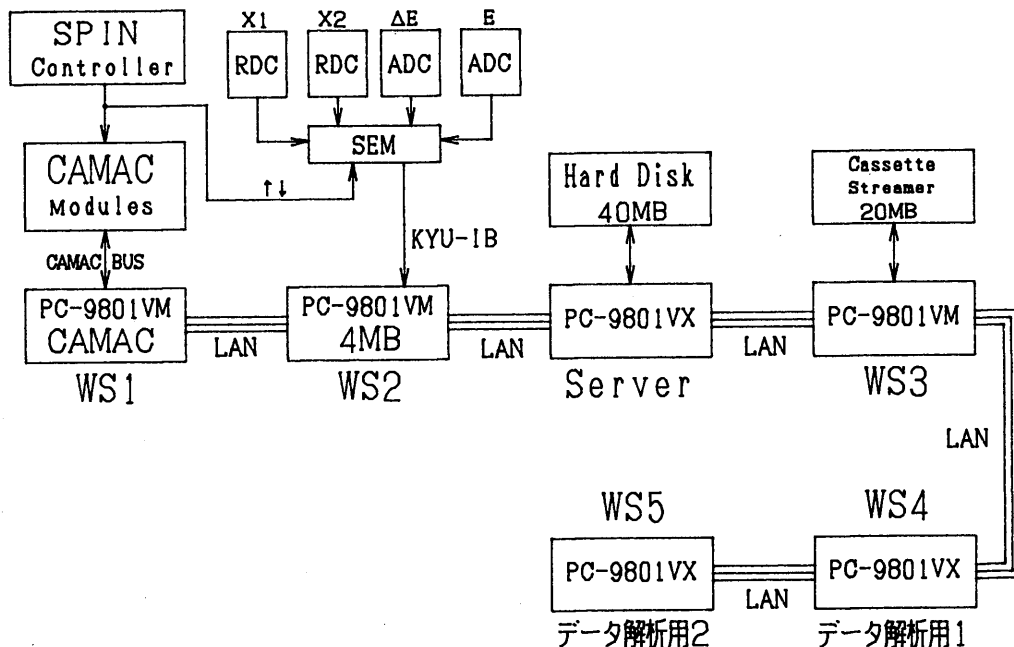


Fig. 2 LAN-based list mode data acquisition and analysis system. (Four dimensions and two events)

ターフェース KYU-IB (九大 Interface Bus) を介して PC-9801 に読み込まれる。KYU-IB は、CAMAC (Computer Aided Measurements And Controls) 規格、CCP (Crate Control Port) 用標準バス<sup>13)</sup>に準拠した非同期 16bit バスである。データ転送は以下のおこなわれる。

- ①RDC からの変換終了信号 LAM (Look At Me) によって CPU に割り込みをかける。
- ②CPU がデータを取り込む。
- ③CPU が TOK (Transfer O. K.) を出す。
- ④TOK によって、RDC は次のデータの AD 変換が可能となる状態となる。

以上の 4 台の ADC (RDC) と、PC-9801 との間には、SEM (Status Encode Module) が接続されている。SEM には、次の 4 つの機能がある。

- 4 つの ADC の AD 変換時間 (1~40 $\mu$ s) の差を吸収する。
- 原子核のスピン情報 (上向き Up あるいは下向き Down) を AD 変換されたデジタルデータに付加する。
- ポラリメータのターゲットが入っている間、データの取り込みを禁止する。
- 1 つの測定が終了したという情報をデータ収集のコンピュータに知らせる。

コンピュータに読み込まれたデータ (リストデータ) は、4M byte (最大 32M byte まで容易に拡張できる。) のバンク切り替え方式の RAM ボードを用いたバッファに蓄えられる。この容量 (4M byte) は、我々の実験では、1 つの Run におけるデータをすべて蓄えるのに十分な容量である。またこのように、1 つの Run のデータを全て RAM に蓄える理由は、計数率が高い測定では、データ収集の途中でディスクにアクセスすると、データを取りこぼす恐れがあるためである。このようにして RAM に蓄えられたデータは LAN を介してサーバーのハードディスクに転送される。データはサーバーに転送された時点で複数のワークステーションにより共有され、それぞれのワークステーションでヒストグラムの計算、解析処理、データの保存 (カセットストリーマを使用) 等を並列的に実行できる。

また、CAMAC を制御するコンピュータもネットワークに接続して、CAMAC より読み込んだデータをサーバーに転送することにより、粒子の偏極度等の情

**Table 1** Main specifications of STARLAN.

アクセス方式	CSMA/CD
伝送速度	1M bps
ネットワーク規格	IEEE 802.3
ケーブル	より対線
最大距離	2.4km
接続可能台数	1,200台
使用 OS	MS-DOS3.1 以上

報も解析処理に利用することができる。

### 3.3 ハードウェアおよびソフトウェア

コンピュータとして、PC-9801 シリーズを使用している。LAN で接続しているため、他の MS-DOS マシンや、32bit のマシンを接続して、高速な処理をおこなわせることも可能である。

使用した LAN は、STARLAN (リコー社) で、**Table 1** に主要諸元を示す。STARLAN システムを構築するためには、コンピュータそれぞれにインターフェースボードを装着し、そのボード間をデジチェーン方式で接続する。今回のシステムは、1 台のサーバー (Server) と、5 台のワークステーション (WS) から構成されている。サーバーには、40M byte のハードディスクが接続されていて、この資源をワークステーションに提供している。それぞれのワークステーションでは、このサーバーのハードディスクが自分自身が所有しているディスクであるかのようにアクセスすることができる。このようにして、複数のコンピュータでデータを共有することが可能になる。現在のシステムでは、OS としてシングルタスクの OS である MS-DOS3.3 を使用しているためサーバーとなっているコンピュータでは、サーバー以外の処理をおこなうことができない。将来は OS/2 等のマルチタスク OS を使用することによってサーバーでもデータの処理が可能になる。データの転送速度は 1M bps と LAN としては比較的低速のものであるが、従来使用されていた RS-232C (10~20k bps) 等の通信手段に比較して十分高速である。

データ収集プログラムは、マウスでメニューを選択する方式を採用して、操作性の向上をはかっている。また、データ処理用として、得られたリストデータから入射粒子の角度分布を計算する、焦点面でのスペクトルを計算する等のプログラムを開発している。これらのプログラムは、すべて Turbo C (ボーランド社)

によって記述されている。Turbo C は、N88-BASIC や FORTRAN に比較して、

- ①実行速度が速い
  - ②プログラムの可読性、移植性が高い
  - ③割り込み処理などハードウェアに密着した部分の記述がしやすい
- 等の特長がある。

#### 4. 多次元多事象データの測定

今回開発した多次元多事象データ収集システムは、RCNP での原子核反応実験に使用している。Fig. 3 にこの実験でのカウンターシステムの配置図を示す。X1 および X2 のカウンターには、それぞれ2本の芯線が張っており、RAIDEN に近いほうから順に X1, 予備, X2,  $\Delta E$ カウンターとして用いている。

RAIDEN から出た粒子は、適当な距離に配置された X1 と X2 カウンターによってその通過位置が測定され、その飛跡が決定される(レイトレース測定)。また、 $\Delta E$ カウンターで、エネルギー損失、Eカウンターで全エネルギー損失が測定される。このようにして1つの粒子について4つのデータが得られるので、これらのデータを1組(4次元データ)にして、すべての粒子について記録する。(リストモード測定)

以上のような測定方法で、エネルギー  $E_p = 65\text{MeV}$  の偏極陽子による  $^{60}\text{Ni}(\vec{P}, d)^{59}\text{Ni}$  反応の放出粒子についてレイトレース測定を試みた。Fig. 4 に X1 と X2 を通過した粒子の飛跡(80個)を示す。Fig. 5 に4次元リストデータからスペクトルを計算したものを示す。RAIDEN からの粒子は、ほぼ X1 カウンターの

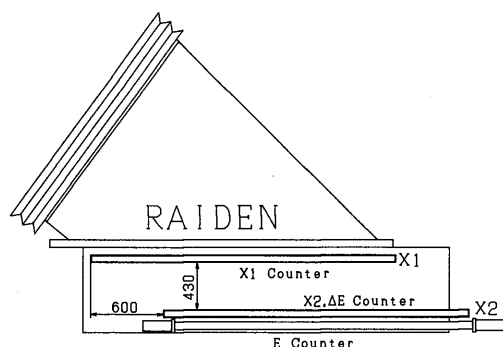


Fig. 3 Counter arrangement for the spectrograph RAIDEN. (Ray trace measurement)

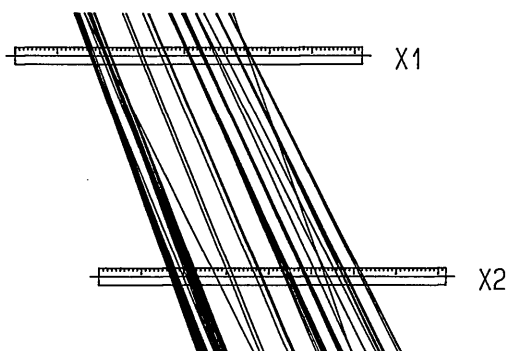


Fig. 4 A typical Result of ray trace measurement.

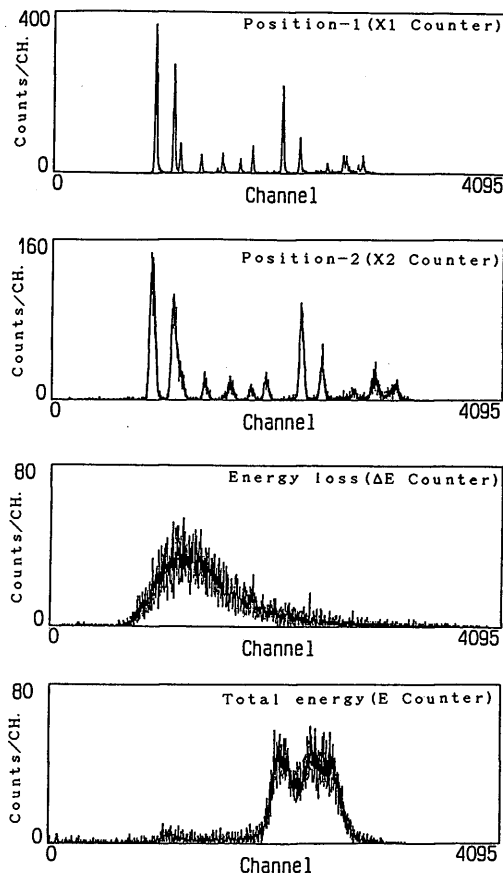


Fig. 5 Spectra of the position and the energy of deuterons from  $^{60}\text{Ni}(\vec{P}, d)^{59}\text{Ni}$  reaction at 65 MeV.

位置で焦点を結ぶようになっているため、X2 カウンターでのスペクトルでは、ピークの分解が悪くなっている。これらのデータから、データ間の相関をとったり、フィルターをかけたりすることができ、バックグラウンドの低減化、位置分解能の向上などが期待できる。

## 5. 考 察

従来の独立したマイクロコンピュータを用いたシステムに対して、LAN で複数のマイクロコンピュータによるネットワークを構成するシステムの利点として、つぎの点が考えられる。

- データをフロッピーディスクなどの移動可能な媒体によることなく他のマイクロコンピュータに転送できる。したがってデータ量が媒体容量によって制限を受けず、多次元のリストモード測定など大量のデータを処理する測定が可能になった。
- データを共有することによって、複数のマイクロコンピュータで並列かつ同時にデータ処理解析をおこなうことができる。
- このシステムでは LAN によってデータの転送をおこなっているので接続するマイクロコンピュータの機種、CPU の種類や台数には事実上制限がない。そこで 32bit マシンや大型計算機ともリンクすることが可能で、処理能力の向上をはかることができる。
- データ収集処理や制御のためのプログラムは、それぞれのマイクロコンピュータに分散しているので、機能が簡単であり、バージョンアップが容易である。一方、現システムの問題点としては、
- LAN の転送速度が比較的遅く、4 次元以上の測定では、データ転送にかかる時間が比較的長くかかる。
- 従来使用していた BASIC のプログラムなど一部のソフトウェアは、ネットワーク環境に対応していないため、LAN で使用することができない。
- サーバーのハードディスクおよびストリーマの容量が小さく、1 回の実験での、全ての測定データを一度に入れることができないため、解析処理が面倒で

ある。

これらの問題は、100M bps といった高速な LAN システムの使用や、光ディスク等によって解決可能であろう。

## 6. 結 論

LAN で数台のマイクロコンピュータを接続する方法によって、多次元多事象データ収集処理を実用的におこなうことができるシステムを開発した。

RCNP での原子核物理実験で、4 次元 2 事象データ収集処理をおこない、レイトレース測定を実現した。

今後、CAMAC を含むシステムの実現、大容量の光ディスクの使用、さらに高速な LAN 利用等を試みる予定である。

## 参 考 文 献

- 1) I. Katayama and H. Ogata: Nucl. Instr. and Meth., **174** (1980) 295.
- 2) 高橋祐邦, 大垣英明, 日隈精二, 今別府悟, 浦瀬賢治, 藤田泰之, 前迫浩範, 亀谷 均, 井尻秀信, 的場 優, 栄武二, 桑折範彦: 九大総理工研究科報告, 第 7 巻 1 号, 昭和 60 年.
- 3) 今別府悟: 九大総理工研究科修士論文, 昭和 61 年 3 月.
- 4) 今井一雅, 「MS-Networks によるパソコン LAN の実際」, 『インターフェース』, 1988 年 8 月号.
- 5) 「パソコン LAN の時代」, 『日経バイト』, 1987 年 7 月号.
- 6) 日本電気, 『MS-DOS3.3 プログラマーズ・リファレンス・マニュアル』
- 7) H. Ikegami: RCNP Annual Report (1977) 64.
- 8) M. Matoba, K. Tsuji, K. Marubayashi, T. Sintake, H. Ikegami, T. Yamasaki, S. Morinobu, I. Katayama, M. Fujiwara and Y. Fujita: Nucl. Instr. and Meth., **180** (1981) 419.
- 9) D. G. Wilkinson: Proc. Cambridge Phil. Soc., **46** (1950) 508.
- 10) G. P. Westphal: Nucl. Instr. and Meth., **134** (1976) 387.
- 11) M. Matoba, H. Kurokawa, T. Sakae, H. Ijiri, H. Kametani and K. Komatsu: Nucl. Instr. and Meth., **224** (1984) 173.
- 12) 黒川浩彦: 九大総理工研究科修士論文, 昭和 58 年 3 月.
- 13) 遠道一太: パーソナルコンピュータによる CAMAC 制御方式標準化. Progress report No. 1 (1980); No. 2 (1981).