

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-530

NALガンタネルのデータ処理システム

山崎 喬

1984年5月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

NALガンタンネルのデータ処理システム*

山 崎 喬**

1. ま え が き

航技研ガンタンネルは、昭和42年に運転を開始して以来既設極超音速風洞では得られない高いマッハ数領域における飛しょう体の熱・空気力学実験装置として使用されて来た。¹⁾また、ノズルを模型発射管で置き換える事により、自由飛しょう体発射装置としても使用されるようになった。²⁾

ガンタンネルは比較的簡単な機構で高速気流を得る事が出来る設備であるが、その気流持続時間は20~40msecと短かく、また風洞よどみ点状態が衝撃波の繰返し反射を通して形成されるために得られる気流状態量は小さな変動を伴っている。この様な条件のもとで精度の良い実験結果を得るには、非定常現象の計測と同様に気流変動の時定数に比べ十分短い時間間隔でサンプリングを行う必要がある、これらを十分考慮したデータ処理システムを整備しなければならない。

通常、大型の風洞では、データのサンプリングを電子計算機で制御し、多チャンネルの実験データをリアルタイムで取込む方式が取られている。しかし、ガンタンネルのような気流持続時間の短い風洞では、この様なデータ取込方式の適用は困難である。

このため、本ガンタンネル・データ処理システムでは、高速波形記憶装置であるトランジェント・メモリ(Transient Memory)に実験データを一時記憶し、その後データ処理を行う方法を取っている。

従来のデータ処理システムでは、第1図に示すように機種異なる2台のトランジェント・メモリに

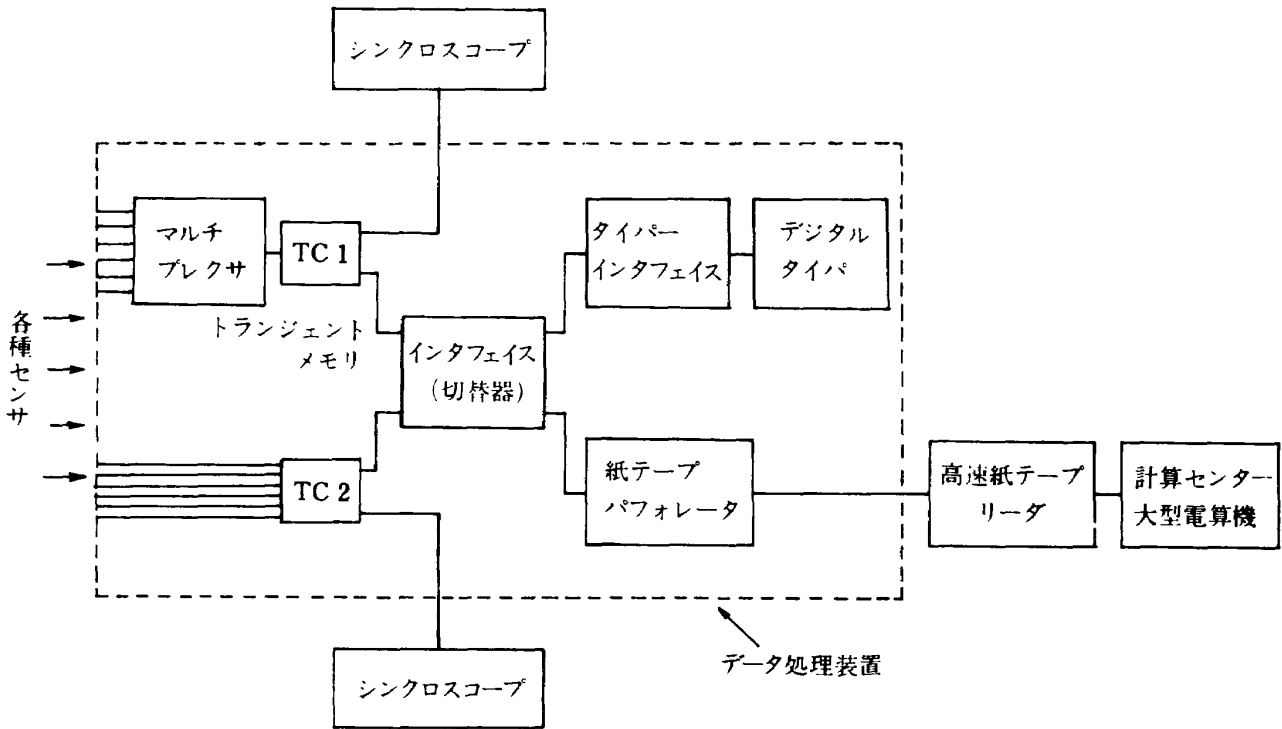
記憶された最大4Kワードの1ラン分のデータは、試作したインターフェースを介してパーフォレータ(Perforator)によって紙テープに出力され、数ラン分をまとめて極超音速風洞データ処理装置より大型計算機への転送を行って処理するオフライン方式が取られて来た。この方法でもトランジェント・メモリのアナログ出力をシンクロ・スコープでモニターする事により、実験状況の良否の判定は一応出来るものの、その細部は計算処理結果を待たねばならず、繰返し実験を必要とするこの種の風洞のデータ処理方法としては必ずしも満足出来る状態ではなかった。さらに、同時多点測定のスニズと、自由飛しょう体の計測に要求される時間分解能のより小さいサンプリングの必要性等に伴うトランジェント・メモリの増設による1ラン当りのデータ数の増加で、紙テープ出力に要する時間が増大し、1日当りの風洞の運転回数が制限されるようになり、またパーフォレータや紙テープリーダーのメンテナンス上の問題も生じて来た。

これらの問題点を解決し、さらに将来の拡張に耐えられるものにするために、市販の8ビット・マイクロ・コンピュータを導入した新しいデータ処理システムへの改修を行った。このシステムでは、1ラン当り最大22チャンネル、最高サンプリング・レート100ns、最大24,000個の熱空気力学的実験データの取得とその一次処理、およびその結果の図表表示を風洞のセッティングに要する30~40分の間に行う事が可能となり、データ処理を含めた計測システムの統合化、省力化、迅速化を実現した。これによりガンタンネル実験の能率を飛躍的に改善することが出来た。

本報告は、改修された航技研ガンタンネルのデー

* 昭和59年3月2日受付

** 空気力学第1部



第1図 従来のデータ処理システム

データ処理システムの構成とその機能について述べ、この種の次期大型風洞³⁾の計測・データ処理系の計画・設計への資料の一つとするものである。

2. データ処理システムの基本機能

従来のデータ処理上の問題点と将来の拡張を考慮して、新しいデータ処理システムが備えるべき機能として次に示すものを基本とした。

- 1) マイクロ・コンピュータ(以後、マイコンと略記する)によってトランジェント・メモリの制御を行い、また実験データの取得、格納、簡単な一次処理と図表表示等の出力を、風洞の運転間隔内に行う。
- 2) 複雑な処理や、大量データ処理の必要に応ずるため、大型計算機とのオンライン接続を行う。
- 3) トランジェント・メモリの増設等の将来のシステム拡張に対処出来るものとする。

これらの機能によってデータ処理を含む実験遂行全般にわたる省力化と統合化が実現し、データ処理が飛躍的に迅速化されるのみでなく、各ランの良否の判定と概略の実験結果が次のランの前までに得られ、実験能率の大幅な向上が計られる。

3. ハードウェアの構成

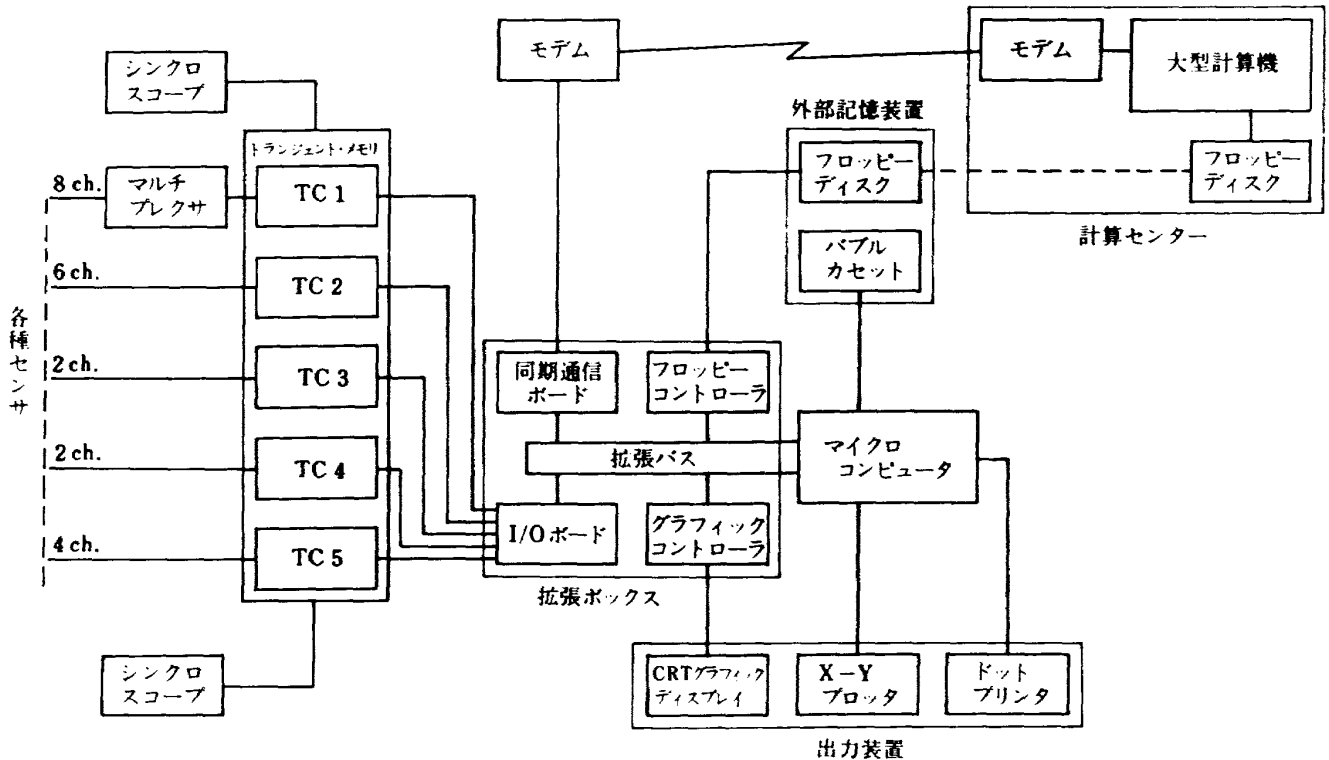
第2章に述べた基本方針に基づいて製作・整備したガンタンネル・データ処理システムのハードウェアの構成を第2図に示す。市販のマイコン・システムに試作したI/Oボードと同期通信ボードを付加する事によってトランジェント・メモリからのデータ収集と大型計算機とのオンライン化を実現した。

以下にマイコン・システム、I/Oインターフェース、同期通信用モデム・インターフェースおよびトランジェント・メモリのハードウェアについて述べる。これらを機能させるソフトウェアについてはそれぞれ第4章で述べる。

3・1 マイコン・システム

データ処理システムの中核となるマイコンは以下の要件を満たす必要がある。

- 1) 実験データの一時記憶装置であるトランジェント・メモリの制御およびデータ転送を行うための入出力機構の設置が可能である。
- 2) 当所計算センターの大型電子計算機とのオンライン化に必要なデータ通信機構の設置が可能である。



第2図 ガンタンネル・データ処理システム

3) 当所計算センターに設置されているフロッピー・ディスク装置と互換性のあるフロッピー・システムを有する。

4) 現在最も普及しており、多数の流通ソフトウェアが使用出来るマイコン用オペレーティング・システムCP/M(Control Program for Microprocessor)の搭載が可能である。

以上の条件を満たすものとして、SFC(Systems Formulate Corporation)の8ビット・デスクトップ型マイコンBUBCOM-80を選定した。

BUBCOM-80はCPUにZ-80Aを用い、メモリはRAM(Random Access Read/Write

Memory)*を64Kバイトフル実装しており、この他に高解像グラフィック用およびキャラクタ・ジェネレータ用にそれぞれ48Kバイトと2KバイトのRAMを有している。通常Z-80AではI/Oアドレスは8ビットで指定しているが、BUBCOM-80では16ビットフルデコード(full decode)**して、64K番地に拡張している。これにより、高解像グラフィック用およびキャラクタ・ジェネレータ用RAMは全てI/Oアドレス空間に割付ける事が出来る。このため、高解像グラフィック・ディスプレイを装置してもメモリ・アドレスは浸食されず、64KバイトのRAMをフル稼働する事が出来、また装備される周辺装置の制御も単純化されている。

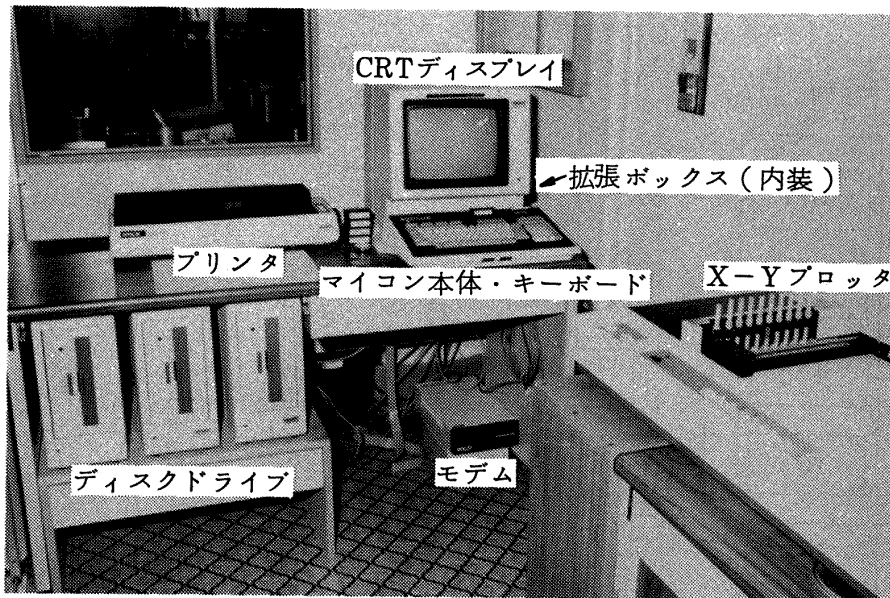
ガンタンネル・データ処理システムの基幹装置である上述のBUBCOM-80に外部記憶装置、X-Yプロッタ、CRTディスプレイおよびプリンタを配備して、マイコン・システムを構成した。以下に、これらの周辺装置について述べる。

外部記憶装置として、BUBCOM-80では32Kバイトのバブル・カセットを2台装備出来るようになってきている。これらは、小規模ファイルのアクセスが速く、その差換えも容易に行えるので、主にバ

脚注

* どのアドレスにもアクセスできる読出し、書込みメモリ。

** Z-80Aは16ビットのアドレスバス(Address Bus)を用いてメモリ・アドレス(主記憶番地)およびI/Oアドレス(周辺装置の番地)を指定する。(16ビットを使えば2の16乗の65536のアドレスの表現が出来る。16ビットすべてを使って65536の番地を割付ける事をフルデコードするという。但し1024(2^{10})を1Kと換算して表現するため65536は64Kとなる。



第3図 マイコン・システム外観写真

ラメータ・ファイルやワーク・ファイルとして使用する。また、大量の実験データを取扱うため、記憶容量1Mバイトの標準フロッピー・ディスク・ドライブを3台装備した。これらは、実験データの取込み、編集および格納用にそれぞれ使われ、データ処理の能率向上を計っている。

第2図に示したように、現在は5台のトランジェント・メモリが整備され、1ランで圧力、温度、熱伝達率など最大22チャンネルの実験データが得られる。実験結果の良否を判定するためには実験終了後、測定項目の中から風胴よどみ点圧力や数点の模型表面圧力、温度など数チャンネル分のデータを、CRTディスプレイあるいはX-Yプロッタを用いて同一画面上に表示する必要がある。そのため、高解像カラー・ディスプレイとWX-4636R型X-Yプロッタ(グラフィック製)を装備した。

このX-Yプロッタはインテリジェント機能*を有し、1.6Kバイトのデータ・バッファを持っており、作図速度は最大400mm/secと高速であるため、

短時間に実験結果を図表表示する事が出来る。また、色分けされた10本のペンを使用出来るようになっているので、数チャンネル分の実験データを同一画面に表示してもその識別が出来る、実験結果の比較検討が容易に行える。

高解像カラー・ディスプレイも上述のX-Yプロッタと同様に使用する事が出来る、即時表示に使用される。先に述べたように、拡張ボックス内に専用の48KバイトのRAMを持っており、このビデオ・メモリはCPUのI/Oアドレス空間に設定されているので、キャラクタ画面、ノーマル・グラフィック画面と重ね合わせて表示する事も出来る。

本システムのプリンターは、通常はプログラム作成時に使われ、多量の実験データの出力は大型計算機のラインプリンタを用いるので、本システムではMP-100型シリアル・プリンタを装置する事とした。これは、インパクト・ドット・マトリクス方式で、9×9ドットで文字が構成され、80字/secの速度で印字する事が出来る。

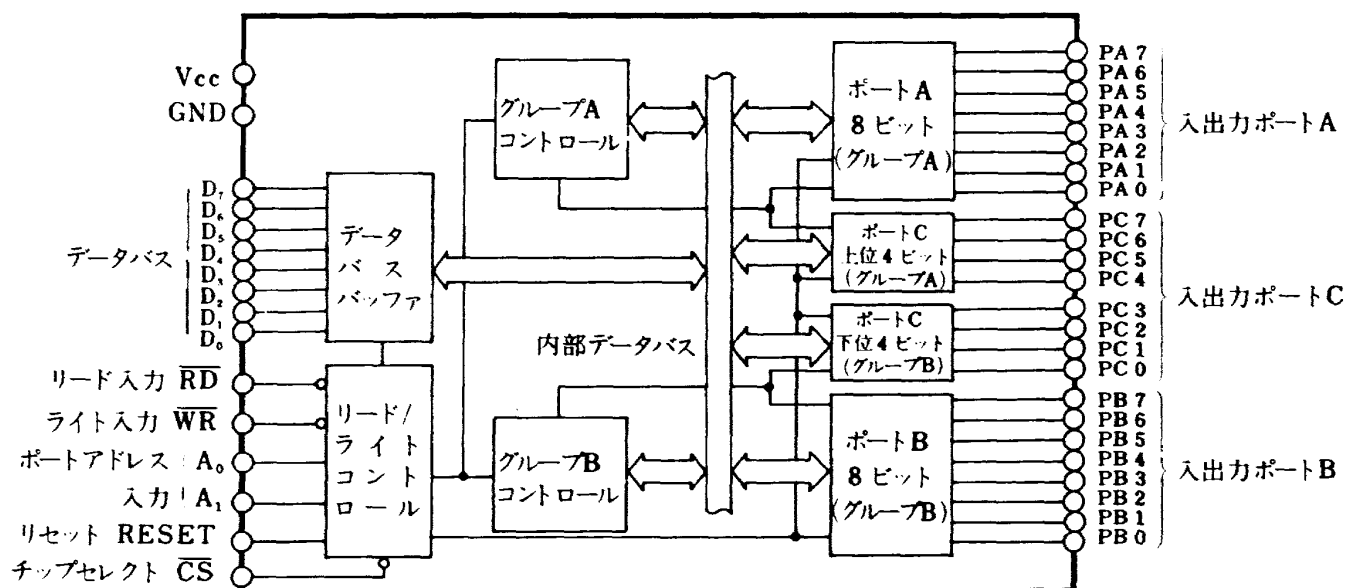
これらの装置を配置した外観写真を第3図に示す。また、各装置の主な機能仕様を附録に示す。

脚注

* 円、円弧の作図機能、与えられた点の3次曲線補間機能を持ち、また簡単なコマンドにより実線、破線、一点鎖線などラインタイプの選択、10段階のペンスピードの選択、ペンの選択、文字コード(ISO, JIS, ASCII, 他)の選択などが行える。

3・2 I/Oボード

トランジェント・メモリのような周辺機器とマイコンとの接続には、各種制御信号や入出力データの授受を行うインターフェースが必要となる。本デ



第4図 8255A ブロック図

データ処理システムの5台のトランジェント・メモリのデータ出力形式は各機種によって異なっているが、いずれの機種も外部からの信号によって作動モードを設定し、記録されたデジタル・データの出力を行う外部コントロール機能を持っていると考えて良い。しかし、この外部コントロール機能において、外部からのデータ出力要求信号により、記録しているデータを先頭より順次出力するデータ転送モードの設定方式や記録データのビット構成も機種により異なっている。従ってこれらに対応して各種制御信号やデータの授受を行うためには汎用性のあるインターフェースが必要になる。このため、プログラムによって制御できるLSI、8255A・PPI(Programmable Peripheral Interface)⁴⁾を用いてインターフェースを設計・製作し、マイコンの拡張ボックス内に設置した。

8255Aは第4図に示すように、24ビットのデータ入出力端子を有し、8ビットを基本構成とするA、B、Cの3つのポート(Port)から成り、ポートCはさらに4ビットずつの二つのポートに分割される。

この8255Aの入出力モードには、モード0、モード1、モード2の3種類がある。

モード0は基本入出力モードと言われ、ポートAおよびポートBの8ビット入出力ポートと、ポートCを二つに分けた4ビット入出力ポートの合計4個の

ポートをそれぞれ入力あるいは出力ポートとして使用する事が出来る。

モード1はストロブ(Strobe)入出力モードと言われ、ポートA、ポートBの8ビット・ポートをデータ・ポートとして用い、ポートCの上位5ビット(そのうち2ビットはデータ入出力に使える。)および下位3ビットをそれぞれポートAおよびポートBの入出力タイミング信号と割込み信号に用いて、データ・ポートの入出力制御を行う。

モード2はストロブ双方向バス入出力モードと言われ、ポートAの8ビットを入出力の双方向性バスとして用い、ポートCの上位5ビットをその制御用に用いる。

本インターフェースは、先に述べたトランジェント・メモリのデータ出力形式の違いに対応しうる汎用性を確保し、またパルスモータ・ドライバ(Pulse Motor Driver)などの実験用機器の制御を行うため、これらの動作モードのうち、ポートの組合せ方法および入出力割当方法に多様性があるモード0を使用する事とし、A、B、Cの各ポートには第1表に示すようなI/Oアドレスを割付けた。

本インターフェースの動作は、CPUがアドレスバス(Address Bus)上に出力したI/Oアドレス信号をデコードしたチップセレクト(Chip Select)信号とポートアドレス(Port Address)信号とにより、アクセス(access)するポートが指定され、CPU

第1表 入出力ポートのI/Oアドレス

(16進表記)

ポート番号	ポートA	ポートB	ポートC	コントロール・ ワード設定用	備 考
# 1	2 F 0 0	2 F 0 1	2 F 0 2	2 F 0 3	
# 2	2 F 1 0	2 F 1 1	2 F 1 2	2 F 1 3	
# 3	2 F 2 0	2 F 2 1	2 F 2 2	2 F 2 3	
# 4	2 F 3 0	2 F 3 1	2 F 3 2	2 F 3 3	
# 5	3 F A 0	3 F A 1	3 F A 2	3 F A 3	BSC通信ポート上に設置

からのライト(write)信号(\overline{IOW} 信号)によりデータバス(Data Bus)上のデータが出力ポートに転送され、リード(read)信号(\overline{IOR} 信号)により入力ポートのデータがデータバスへ送られる。

このようなデータ入出力インターフェースは、チャンネル切替器を併設して多チャンネル化を行い、周辺機器との接続を行う方法もあるが、ここでは将来の拡張性を考慮して拡張ボックス内に収容可能限度の5台のインターフェースを配置したI/Oボードを製作した。その回路図を第5図に、また外観写真を第6図に示す。なお、5台のインターフェースのうち1台はスペースの関係で次節に述べる同期通信ボード上に配置している。

3.3 同期通信用モデム・インターフェース

当所計算センターには、大型電子計算機をホスト計算機として利用できるように、2進同期通信(Binary Synchronous Communication, 以下BSCと記す)用のデータ通信ポートが設置されており、各風洞のデータ処理システムはこれを用いてリモート・ステーションとして運用されている。当ガンタンネル・データ処理システムにおいても、このポートを用いてオンライン化を実現した。このデータ通信システム概念図を第7図に示す。

データ伝送回線を用いて、マイコン・システムに収集された実験データを大型計算機に送り、またその計算処理結果を受取るためには、伝送データの直列⇄並列変換と送受信制御を行う通信制御モデム・インターフェースが必要になる。ここではマイコン用に開発された通信制御用LSI, 8251A・USART(Universal Synchronous/A synchronous

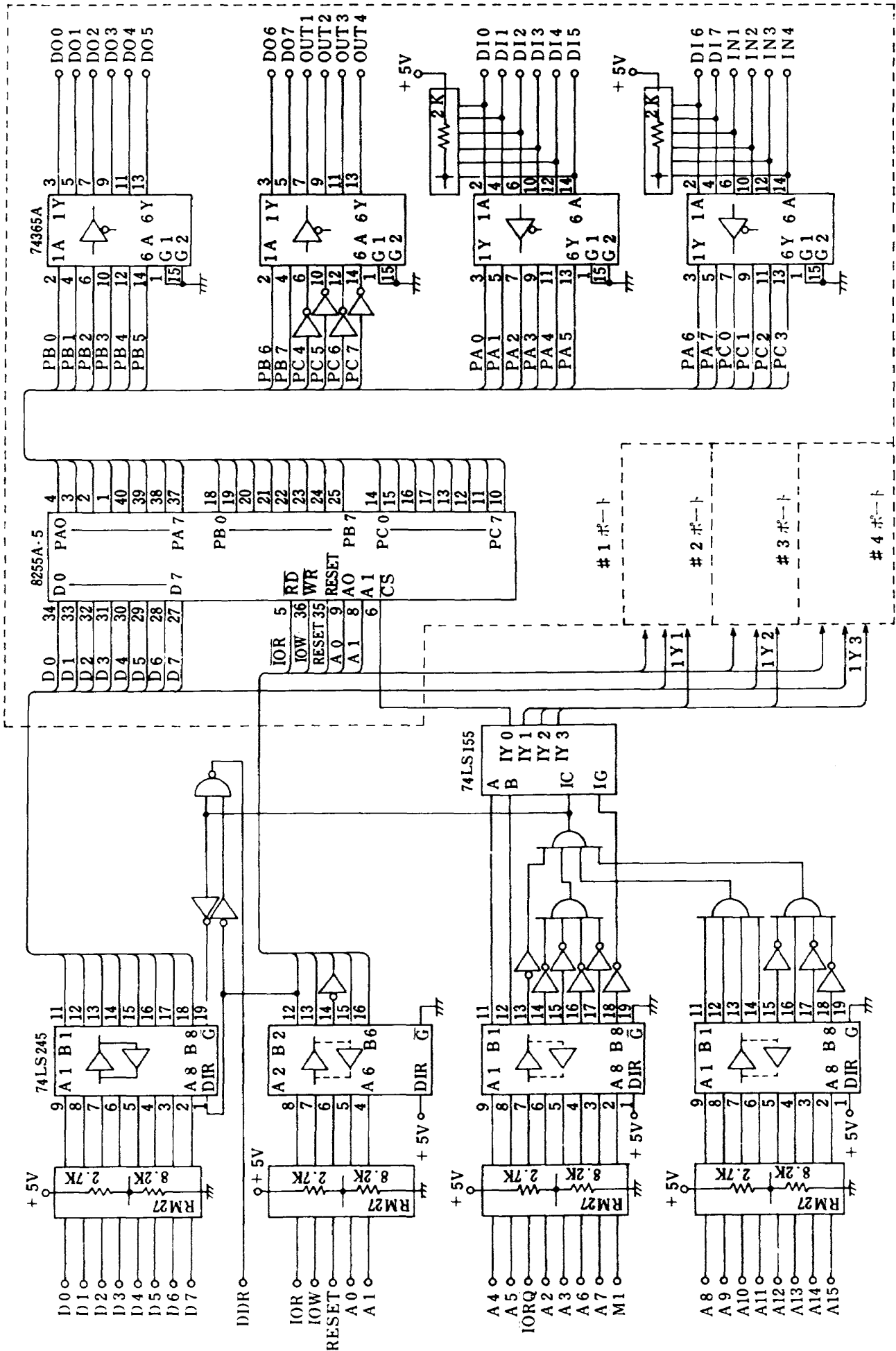
Receiver/Transmitter)⁴⁾を用いたモデム・インターフェースを用意し、マイコンの拡張ボックス内に同期通信ボードとして設置した。

8251Aのブロック図を第8図に示す。

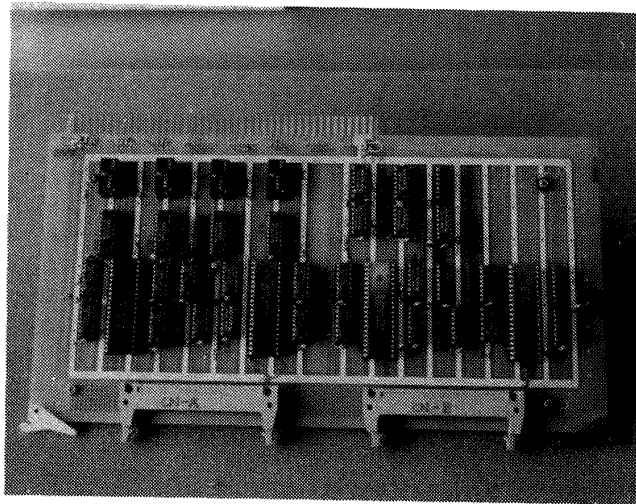
データバスを通して送られてくる実験データは、送信バッファ内で直列データに変換されTxD端子からモデムに転送される。また、計算処理結果としてRxD端子に送られてくる直列データは、受信バッファ内で8ビットの並列データに変換されデータバスへ転送される。この送受信データの送信バッファからの出力および受信バッファへの入力指定された通信速度に応じたパルスが発生するポーレート・ジェネレータ(Baud Rate Generator)からの送信クロック信号および受信クロック信号に同期して行われる。

8251Aには送受信データ用とコントロール・データ用に2つのI/Oアドレスが割付けてある。送受信データ用のI/Oアドレスが指定された場合は、CPUからのライト信号によりデータバス上の送信データが送信バッファに転送され、リード信号により受信バッファ内の受信データがデータバスへ送られる。また、コントロール・データ用のI/Oアドレスが指定された場合は、ライト信号により動作モード設定のためのコントロール・データがデータバス・バッファを介してリード/ライト制御回路やモデム制御回路に転送され、リード信号により作動状態を表わすステータス・データがデータバスへ送られる。8251Aはこれらの動作の制御や動作モードの設定をソフトウェアで行う事が出来る。

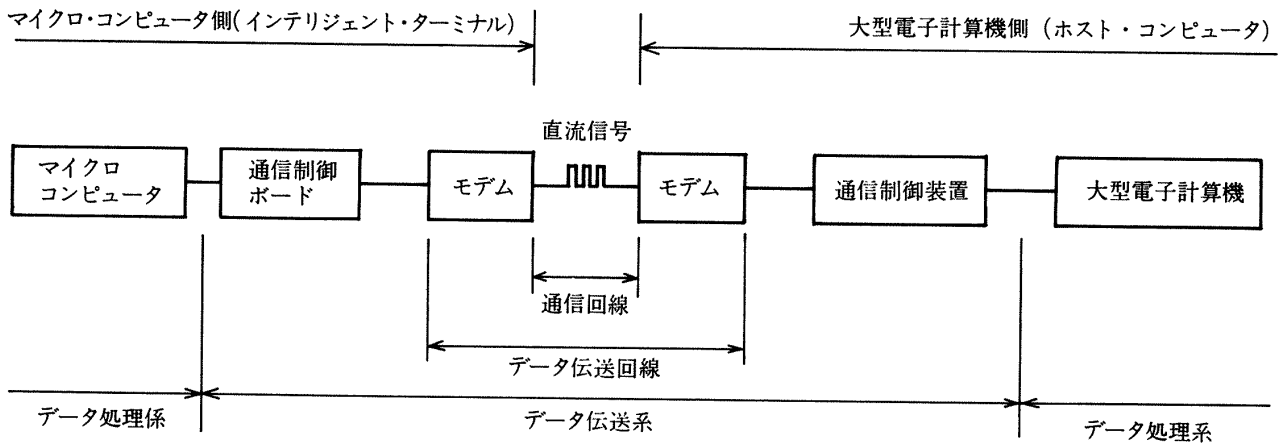
本データ通信システムでは専用の通信回線を設ける事が出来たので、直流2進信号を変調する事なく



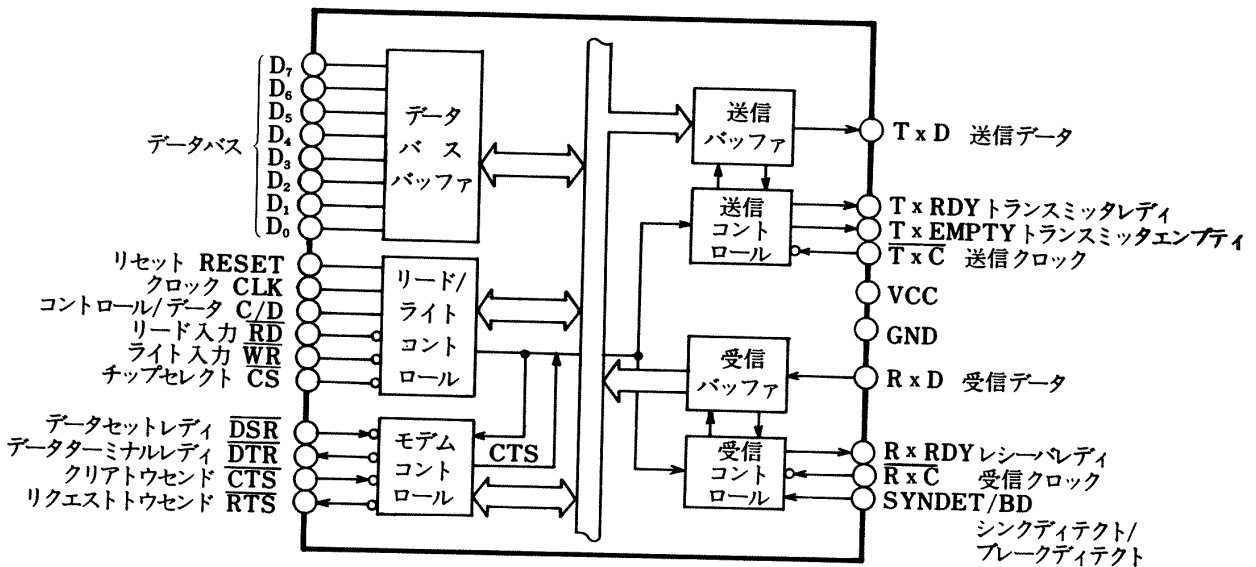
第5図 I/Oポート回路図



第6図 I/Oボード外観写真



第7図 データ通信システム概念図



第8図 8251A ブロック図

そのまま伝送するベースバンド(Base Band)伝送方式を採用する事が出来た。このため、比較的安価なFACOM-1972A型モデムを用いた。このモデムは1200~19200ボーでデータ伝送を行う事が出来るが、現在はソフトウェアとの関係で2400ボーでデータの転送を行っている。

なお、その運用手順、プログラム構成等については、後の4.2で述べる。

3.4 トランジェント・メモリ

トランジェント・メモリは、各種センサのアナログ出力を高速でサンプリングし、デジタルデータとして半導体メモリに記憶する装置である。

データはサンプリング・レート(Sampling Rate)に従った間隔でメモリに書込まれ、その記憶のスタートは入力信号の変動による内部トリガー(trigger)動作、あるいは外部からのトリガー信号による外部トリガー動作によって行われる。記憶されたデータはそのままのデジタル量、あるいはD/A変換を行ってアナログ量として出力される。

一般にトランジェント・メモリには、データを記憶するためにメモリに書込むライト・モードと記憶したデータを外部に出力するためにメモリからデータを読み出すリード・モードがあり、メモリへのデータの書込み、読み出しを行うタイミング・パルスであ

るクロックのモードに内部クロック・モードと外部クロック・モードの2つがある。内部クロックはトランジェント・レコーダ内の発振器のパルスによるクロックで、データのサンプリングやシンクロスコープなどによるモニタの際に用いられるため極めて高い精度で周期性がある。外部クロックは外部とのデータ転送などの際に外部装置の処理のタイミングに応じて送られてくるパルスであり、クロックとは言え必ずしも周期性を必要としない。また、メモリからデータの読み出しを行うリード・モードは、記憶データをくり返し出力するリピート・リード・モードと、先頭データから1度だけ出力するシングル・リード・モードの2つに分けられる。最近のトランジェント・メモリはこれら各種のモードの設定やデータ転送の制御を外部よりリモート操作で行える外部コントロール機能が付加されており、外部からの制御信号でデータの書込みや記憶データの出力などを行う事が出来る。

本データ処理システムでは現在5台のトランジェント・メモリを装備しており、その仕様を第2表に示す。TC1, TC2は第1図にも示したように従来のデータ処理システムで整備したトランジェント・メモリであり外部コントロール機能を持たないが、新たに導入したTC3, TC4, TC5は当初からコンピュータとの接続を考慮した設計となって

第2表 トランジェントメモリの仕様

	型 式	入 力 チャ ネル数	分 解 能	最高サン プル速度	メモリ容量	メモリ素子	備 考
TC1	TCB-2000	1	10ビット	5 μ s	2048W	シフトレジスタ	マルチプレクサ装着で 最大8チャンネル入力
TC2	WDL-101	6	8ビット	10 μ s	最大2048W	RAM	使用チャンネル数によ りメモリ分割
TC3	TCJ-2000 AR	2	10ビット	100ns	2048W	シフトレジスタ	2チャンネル使用時、最 高サンプル速度1 μ s
TC4	同 上	2	10ビット	100ns	2048W	シフトレジスタ	同 上
TC5	KE-8201	4	10ビット	1 μ s	16384W	RAM	

おり外部コントロール機能によりコンピュータによるモード設定やデータ転送の制御を容易に行う事が出来るが、その操作手順等は機種によって異なるためソフトウェアで対処しなければならない。

なお、TC1については同じメーカーの機種であるTC3、TC4と同様の外部コントロール機能の付加が比較的簡単であるため、コンピュータとの接続機構やソフトウェアの互換性など今後の実用性を考え、外部コントロール機能の付加を行った。TC2は従来のシステムの整備の際に特注して製作したものであり、その改造が容易ではないため外部コントロール機能の付加は行っていない。しかし、パーソレータやデジタル・タイパへのデータ出力制御信号を利用して、コンピュータへのデータ転送を行う事が出来る。

4. ソフトウェア

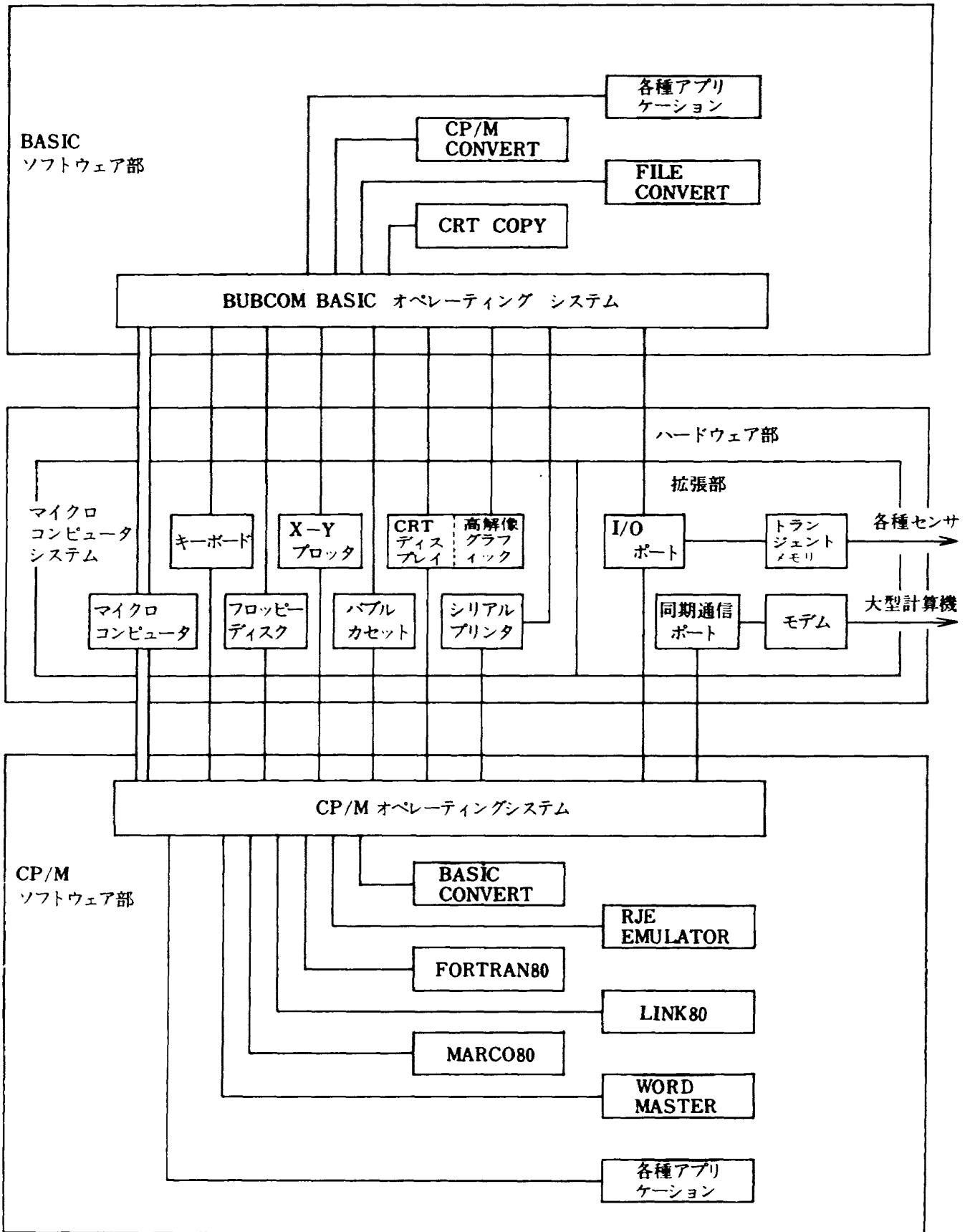
第2図に示したガンタンネル・データ処理装置を稼働させるためのソフトウェアの系統図を第9図に示す。同図に示すように基本管理プログラムであるオペレーティング・システムは、BASICオペレーティング・システム(以下BASIC-OSと記す)と、CP/Mオペレーティング・システム(以下CP/M-OSと記す)の2系統で構成されている。

BASIC-OS系では、BASIC言語で作成されたプログラムと、キー・ボードから入力されるBASICコマンドによって同期通信ポートを除くすべての装置を稼働させる事が出来る。BASIC-OS系の配下には、CP/M CONVERT、FILE CONVERT及びCRT COPYの3つのユーティリティ・プログラムがある。すでに述べたようにBASIC-OS系では大型計算機とのデータ通信が行えず、後で述べるCP/M-OS系を用いてオンライン処理が行われる。このCP/M-OS系で処理されたCP/MファイルをBASIC-OS系で取り扱えるようにBASICファイルに変換するプログラムがCP/M CONVERTである。本処理システムでは、データ通信によるオンライン処理のサポート・システムとして、フロッピー・ディスクをベースとしたオフライン処理も出来るよう配慮した。標準サイズ(8インチ)のフ

ロッピー・ディスクによるデータ記録形式には、通常2種類のコード(EBCDICコードとASCIIコード)と、3種類の媒体様式(片面単密度、両面単密度および両面倍密度)があり、いずれかの組み合わせによってプログラムやデータがファイルされている。本データ処理システムではASCIIコードを用いており、両面倍密度様式のフロッピー装置を備えている。一方、当所大型計算機ではEBCDICコードが使用され、フロッピー装置として片面単密度様式のものも設置されている。このため、これらの間のコード変換および媒体様式の変換を行うためにFILE CONVERTプログラムを用意しファイルの互換性を確保した。CRT COPYプログラムは、CRTディスプレイ上に表示された処理結果等をドットでプリンタに出力するためのもので、実験結果の即時判断と一時的保存の目的で使用する。また、その他に実験データの収集、測定器の較正、実験パラメータの設定などの目的に応じた各種アプリケーション・プログラムを作成し使用している。第3表にこれら各種プログラムの機能をまとめて示した。

CP/M-OS系にはBASICファイルをCP/Mファイルに変換するBASIC CONVERTと、大型計算機とのデータ通信を行う際の通信制御を行うRJE EMULATORの2つのユーティリティ・プログラムが有り、またシステム支援プログラムとして、JIS 7000レベルのフォートラン・コンパイラであるFORTRAN-80、各種リロケータブル・プログラムの結合、編集を行うLINK-80、CPUであるZ-80の命令コードをアセンブルするMACRO-80、各種ソース・プログラムの作成、訂正等に用いるフルスクリーン・エディタWORD MASTERの4つがある。また、この他にI/Oポートの入出力処理を行うサブルーチン・プログラム等を含むシステム・ライブラリー、プロッタ制御プログラム等の各種アプリケーション・プログラム等を作成した。これらも第3表にまとめて示す。

データ処理速度は、プログラムやコマンドを1行(1命令)ずつ翻訳して実行するインタプリタ形式のBASIC-OS系は一般的に遅く、CP/M-OS



第9図 ソフトウェア系統図

第3表 主なプログラムの一覧表

BASIC-OS系

種 別	プログラム名	内 容
ユーティリティ プログラム	CTOB (CP/M CONVERT) XFILE (FILE CONVERT) CCOPY (CRT COPY)	CP/MファイルをBASICファイルに変換 フロッピー・ファイルのコード変換と媒体変換 CRTディスプレイ表示内容のプリンタ出力
アプリケーション プログラム	ACIS nn・TCm DISP nn・aaa PRINT k・aaa CALIB k・TCm PLOT nn・aaa PARAM k・aaa	トランジェント・レコーダからのデータ収集プログラム 実験データのCRTディスプレイ表示 実験データのプリンタ出力 トランジェント・レコーダの入力レンジ校正 実験データのX-Yプロッタ出力 実験パラメータの設定

kおよびnnはシリアル・ナンバー, mはトランジェント・レコーダのナンバー aaa
は実験種別コード

CP/M-OS系

種 別	プログラム名	内 容
ユーティリティ プログラム	BTOC (BASIC CONVERT) BSC RJE (RJE EMULATOR)	BASICファイルをCP/Mファイルに変換 同期通信制御とRJE制御
システムツール	F80 (FORTRAN 80) L80 (LINK 80) M80 (MACRO 80) WM (WORD MASTER)	JIS-7000レベル相当のフォートラン・コンパイラ 各種リロケータブル・プログラムを編集実行するリンクローダ 8080, Z80の命令コードをアセンブルするマクロアセンブラ フルスクリーンエディタ
システム ライブラリー	PORTIN PORTOUT	I/O ポートからの入力 I/O ポートからの出力

(第9図参照)

系は処理プログラムをフォートラン言語もしくはZ-80アセンブラ言語で作成し、翻訳、編集等を行った後に実行するため処理の実行までに多少の手間がかかるが、実行形式のロード・モジュールを作ってしまうと、その処理速度は極めて速く、またBASIC-OS系のようにメモリ上にインタプリタを置

く必要がないので作業領域が大きく取れる。このため、ルーチ的な処理についてはCP/M-OS系を用い、単発的あるいは簡単な処理には簡便なBASIC-OS系を用いて対処している。

トランジェント・メモリからのデータ収集や、データ通信など主なプログラムの概要と、現在使用し

ているアプリケーション・プログラムの一例を以下に述べる。

4・1 データ収集プログラム

トランジェント・メモリの外部コントロール機能の有無、形態によって、マイコン・システムにデータを収集するソフトウェアはTC1, TC3, TC4のグループ、TC2およびTC5の3つに分けられる。一般的に、トランジェント・メモリのデータ転送モードの確立は、外部からのデータ出力要求信号により1データずつ読出す外部コントロール・モードへの切替えと、トランジェント・メモリに記憶されたデータを先頭から1回出力するシングル・リード・モードへの切替えの2つの操作により行われる。以下に各機種毎のデータ収集の手順およびプログラムの詳細を述べる。

4.1.1 TC1, TC3, TC4からのデータ収集

TC1, TC3, TC4には、FASTモードおよびSLOWモードの2つの動作モードがある。FASTモードは内部クロックによって作動し、繰返し出力を行うリピート・リード機能を有しており、シンクロスコープなどにより記憶波形のモニタを行う際などに用いられる。一方SLOWモードは内部または外部クロックによって作動しシングル・リード機能を行い、ペンレコーダへの出力やマイコンへのデータ転送などの際に使われる。本プログラムではこのSLOWモードを用い、マイコンからデータ出力要求信号(外部クロック)を送る事によって、トランジェント・メモリからマイコンへのデータ転送を行う。

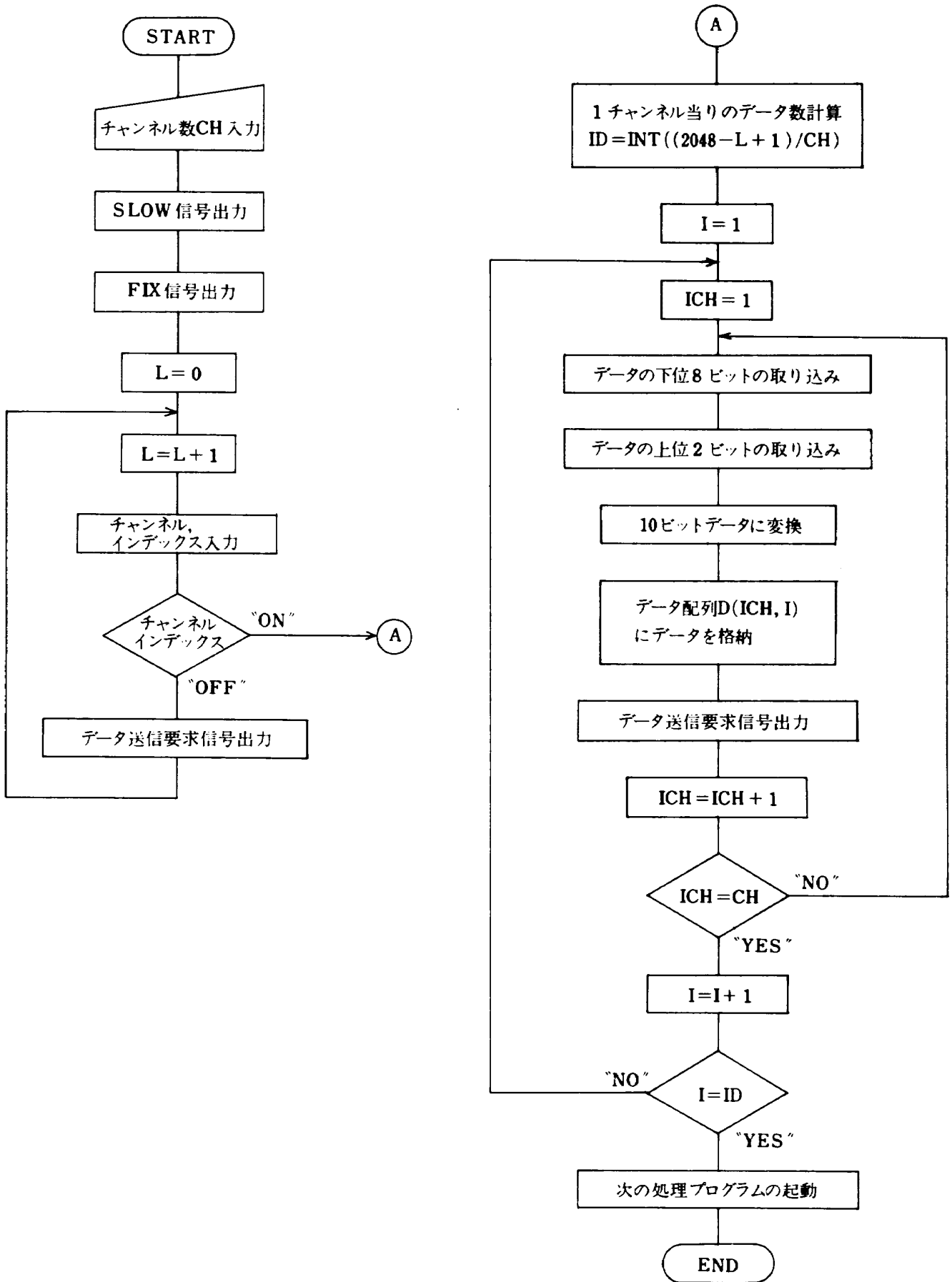
TC1をマルチプレクサを用いて多チャンネルで使用する際のデータ収集プログラムのフローチャートを第10図に示す。マルチプレクサで多チャンネル化した場合、TC1に入力されるデータは第1チャンネルより順次走査されたものであるが、記憶されたデータはメモリにデータを固定するトリガー信号のタイミングにより必ずしも最初のデータが第1チャンネルであるとは限らない。また、チャンネル識別方法としては第1チャンネルのみに識別符号を付け、他のチャンネルには付

けていない。マイコンとTC1との間のデータ転送に用いる制御信号は、SLOWモードを選択するF/S信号、このモードをスタートさせるFIX信号および先に述べたデータ出力要求信号の3つである。マイコンによるデータ収集は、先ずTC1を外部コントロールに切替えた後、データ収集プログラムをスタートさせ最初にマルチプレクサで多チャンネル化したチャンネル数とTC1のデータ数を入力する。次にF/S信号によりSLOWモードを設定し、FIX信号を送るとTC1はデータ転送モードとなり最初のデータを転送ラインに出力する。このため、全データを一旦マイコンに収集した後、識別符号に基づいて各チャンネル毎にデータを再編集する方法もあるが、ここでは最初の識別符号を見出した時点からデータ収集を開始し、それ以前の各チャンネルの最初のデータは切り捨てる方法を取った。即ち、L=0でカウンタの初期化を行い転送ライン上のデータを取込み、チャンネル識別符号の有無をチェックする。そして最初の識別符号を見出すまで外部クロックを1クロックずつ進めると共にカウンタを加算して行く。最初の識別符号が見出された後はカウンタの値より残りのデータ数を算出し、第1チャンネルより順次チャンネル順にデータを収集する。TC1の分解能は10ビットでありデータはそのままバイナリでパラレル転送を行うが、マイコン側のデータバスは8ビットであるので下位8ビットと上位2ビットの2回に分けてデータを取込み演算処理によって10ビットの値に変換しチャンネル毎にデータ領域に格納する。そして先に算出した取り込みデータ数に達するまでこのルーチンを繰返す。

マルチプレクサを用いない場合のTC1, TC3およびTC4のデータ収集プログラムは、このフローチャートからチャンネル識別符号の検出およびデータ格納部のチャンネル振り分けルーチンを除いたものになる。

4.1.2 TC2からのデータ収集

TC2は第2表にも示したように最大6チャンネルの同時サンプリングが行えるトランジェント



第10図 TC1データ収集フローチャート

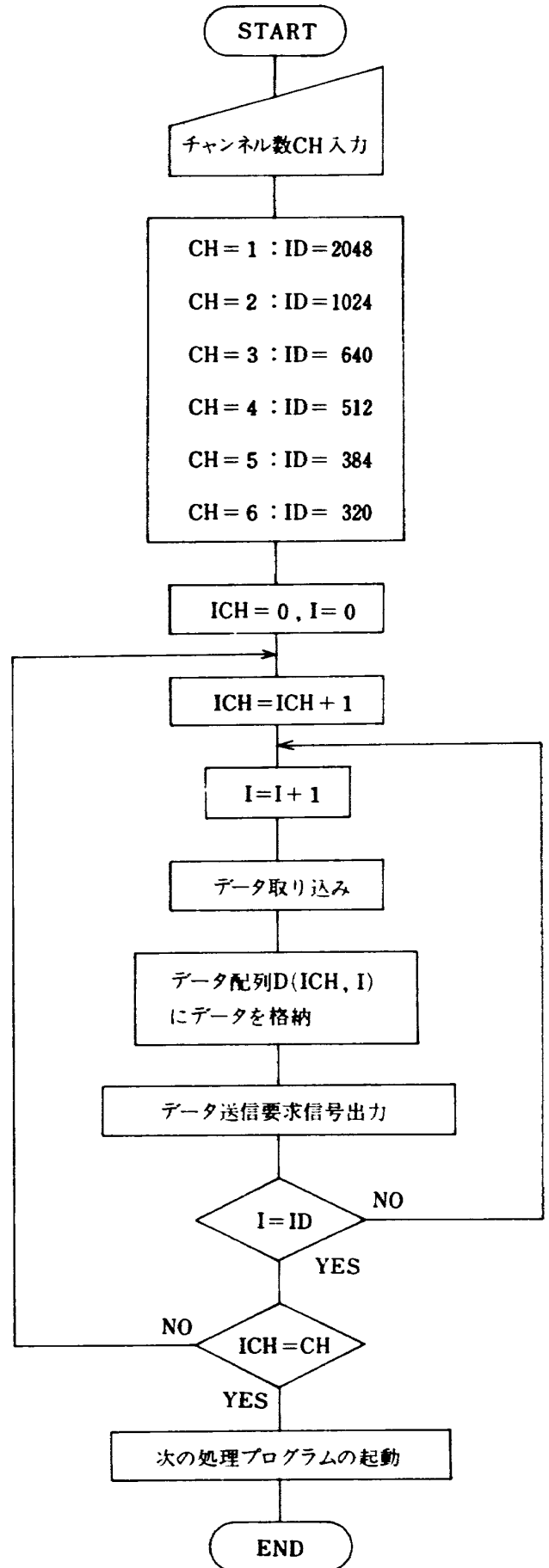
・メモリで、2KワードのRAMを使用チャンネル数に均等に分割しデータの記憶を行う。TC2のクロック・モードには内部クロック・モードとマニュアル・クロック・モードがあり、マニュアル・クロック・モードは前面パネルにあるプッシュ・スイッチによって発生するクロック・パルスや、パーフォレータなどへのデータ出力制御信号によるクロック・パルスによって、データの書込み、読出しの動作を行うモードである。先にも述べたようにTC2には外部コントロール機能がないため、データ転送モードの確立はマニュアル・クロック・モードおよびシングル・リード・モードをマニュアルで設定した後、スタート・スイッチを押す事により行われ、最初のデータがデータラインへ出力される。マイコンから出されるデータ出力要求信号は、TC2が従来のシステムにおいてパーフォレータやデジタル・タイパへのデータ出力の際に使用していた、データ出力制御信号端子に入力される。

この制御信号は、パーフォレータなどの出力装置が受取ったデータの処理中で次のデータを受けつけられない時に出す信号に相当し、TC2はこの制御信号が解除になった時に次のデータを出力する機能がある。TC2の出力モードには、第1チャンネルより順次出力を行なうマルチ・モードと、指定したチャンネルのみを出力するセパレート・モードがある。

第11図にマルチ・モードでのTC2のデータ収集プログラムのフローチャートを示す。最初にチャンネル数を入力し取込みデータ数を決定する。その回数だけデータ取込みルーチンのループがまわり次のチャンネルへ移る。最終チャンネルのデータ取込みが終了すると次のプログラムへ処理を移す。TC2は記憶データの分解能が8ビットであるので、データはそのままマイコンのデータバスにのせる事ができる。

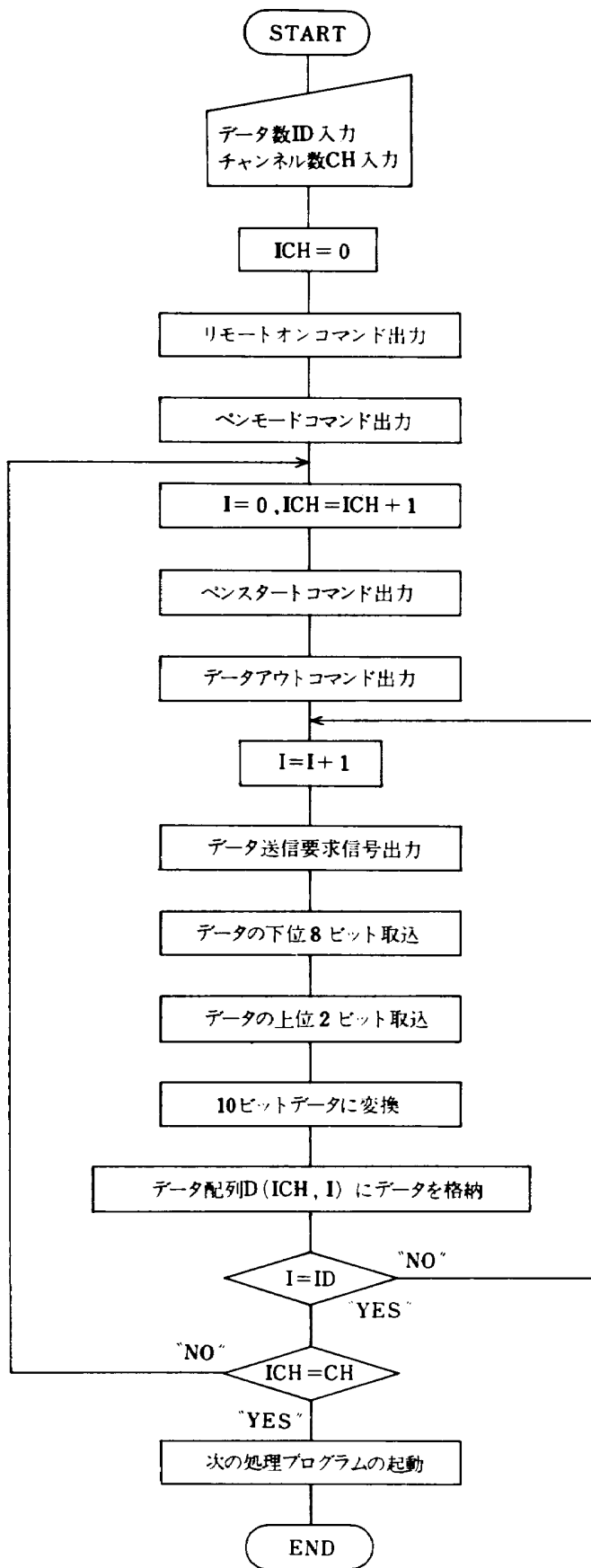
4.1.3 TC5からのデータ収集

TC5はすでに述べたようにマイコンとの接続を考慮して、外部コントロール機能を有し16ビットのデータラインならびにIN/OUT信号、



第11図 TC2データ収集フローチャート

PCTL信号およびPFLG信号用の3本のコントロールラインを用いてデータ転送の制御を行う。



第12図 TC5データ収集フローチャート

入力レンジや各種動作モードの設定および記憶データやステータス・データの転送はマイコンから動作命令コードであるコマンド・コードを送信する事により行われる。マイコンはIN/OUT信号によりTC5に対しデータ送受信の方向を示し、データ送信要求信号であるPCTL信号とTC5の応答信号であるPFLG信号とによりハンドシェイクを行いながら、TC5のデータ収集を行う。

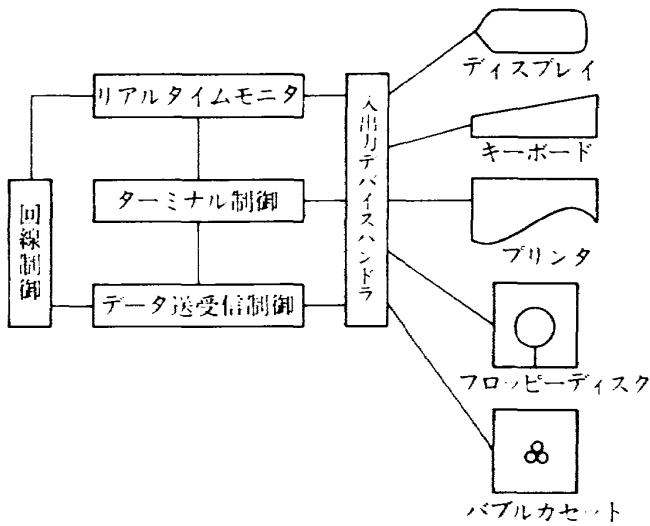
第12図にデータ収集プログラムのフローチャートを示す。リモート・オン・コマンドによって外部コントロールに切替え、ペン・モード・コマンドによりTC5のシングル・リード・モードを選択し、ペン・スタート・コマンドによりその状態を設定した後、データアウト・コマンドによって出力チャンネルの指定を行う。この操作によりTC5はデータ転送モードとなり、データ送信要求信号であるPCTL信号を受信する毎に順次記憶データをデータラインに出力する。TC5の分解能は10ビットであり、TC1と同じように上位2ビットと下位8ビットの2回に分けてデータを取込み、演算処理で10ビットの値に変換してデータ領域に格納する。取込みデータ数に達すると次のチャンネルへ移り、最終チャンネルまでこの処理をくり返す。

4.2 データ通信ソフトウェア

計算センターの大型電子計算機とのデータ通信の制御を行う通信制御プログラム(RJE EMULATOR)は市販のソフトウェアを用いている。第13図にその構成の概要を示す。同図に示すように、このプログラムは1) 端末システム全体の管理を行うリアルタイムモニタ部、2) コマンドの実行、データの入力制御およびコンソール制御を行うターミナル制御部、3) 伝送データの送受信を制御するデータ送受信制御部、4) BSC手順*により通信回線の制御を行う回線制御部、5) CRTディスプレイ、キーボード、

脚注

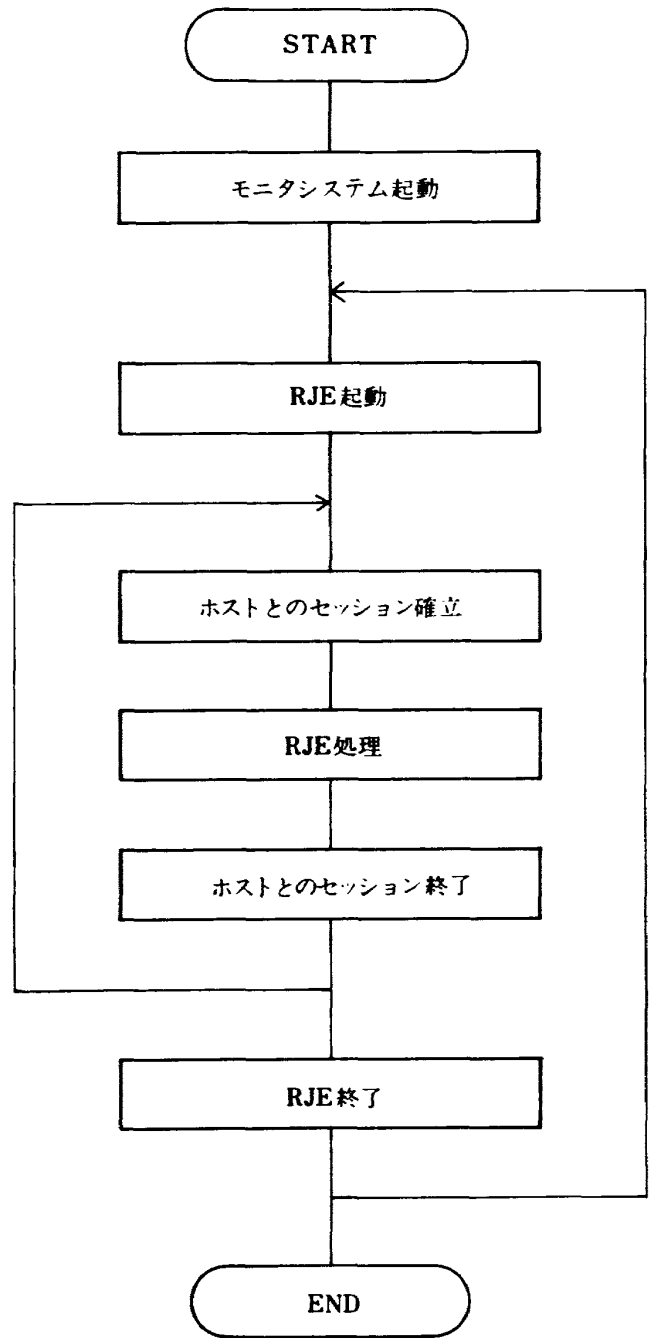
* データ通信を正しく行うために、送信側と受信側でデータ形式、フレーミング(framing)、誤り制御方法などについて取決め、それに基づいて行う送受信制御の制御手順の一つ。文献5に詳しい。



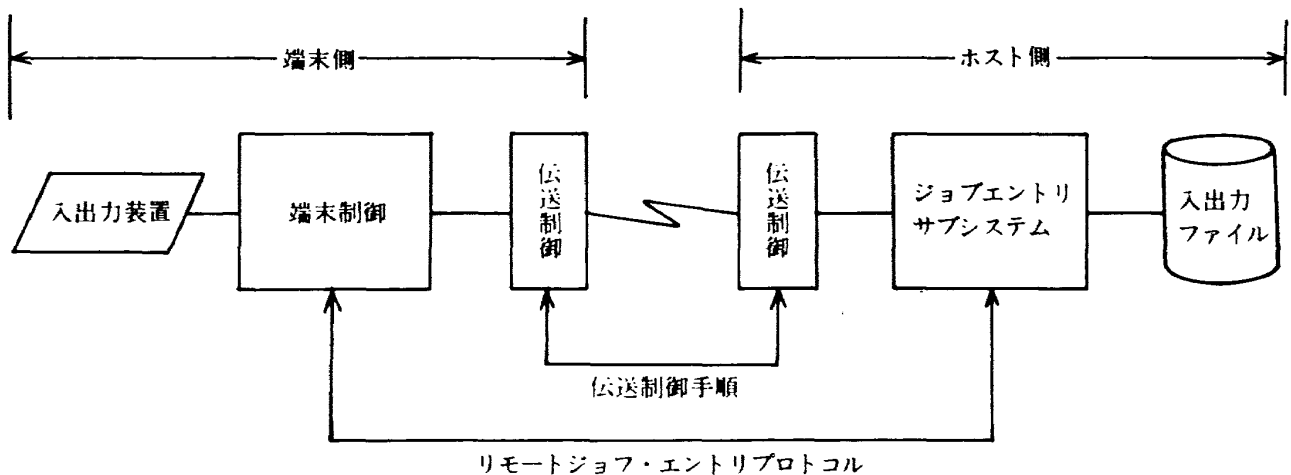
第13図 通信制御プログラム構成図

プリンタ、フロッピー・ディスクなどの周辺装置の制御を行う入出力デバイス・ハンドラ部、の5つのモジュールから構成されている。これらを用いてデータ通信を行う際の端末-ホスト間のインターフェースの概念を第14図に示す。ホスト側システムの受入れ形態により、通信回線はBSC手順により伝送制御が行われ、通信システム間のデータ通信プロトコルはRJEPII (Remote Job Entry Protocol-II) を用いている。ホスト側でのデータの入出力はジョブ・エントリ・サブシステムが制御を行い、伝送制御は通信制御装置内のNCP (Network Control Program) が行っている。

通信制御プログラムを起動してデータ通信を行うための処理のフローチャートを第15図に示す。



第15図 RJEシステム運用手順



第14図 端末ホスト間のインターフェース

1) モニタ・システムの起動

CP/M-O Sのシステム・ローディングを行い、リアルタイムモニタを起動する。

2) R J Eの起動

モニタ・システムが、コマンド待ち状態にある事を確認し、キーボードより以下の形式で入力を行いR J E E M U L A T O Rを起動する。
"A>"はプロンプトであり、下線部を入力する。

A> d:BSC.COM d:RJE.ONL CR
dはR J E E M U L A T O Rが格納されているディスク・ドライブの機番である。

3) ホスト・コンピュータとのセッション確立

本データ通信システムは、R E S (Remote Entry Station) 端末として機能するため、バッチ・ジョブの投入のみが行える。セッションを確立するにはR J EシステムのR E A D Y状態を確認した後、以下のコマンドの入力を行う。(ここでE L L I Eは本装置の端末名である。)

G LOGON RES ELLIE CR

4) R J E処理

① データの送信

送信データとしては、ファイル・データとキーボードより入力するデータの2種類がある。

ファイル・データの場合、送信するファイルはあらかじめ指定した入出装置に存在しなければならない。そして以下の形式で入力を行う事により送信が行われる。なお、バイナリ形式のファイルの場合はファイル名の後に"/B"を付加する。

S ファイル名 ファイル名 CR

また、キーボードより送信データを入力する場合は以下の形式で行う。

送信データ
Y ○○○ ○○○ CR

② データの受信

本R J Eシステムでデータを受信する場合には、R J E処理以前に受信データを出力する装置を指定しておく必要がある。その装置

がフロッピー・ディスクやバブル・カセットの場合には、さらにファイル名の指定も必要となる。データを受信する際は、送信時のような操作は必要なく、受信データは自動的に指定されている装置へ出力される。その際、データ受信の開始および終了時に以下のメッセージが表示される。

R E C E I V E S T A R T
R E C E I V E E N D ファイル名 R E
C O R D C O U N T = レコード数

5) セッションの終了

データの送受信が終わり、セッションを終了させるためには以下のコマンドを入力する。

Y / * S I G N O F F CR

6) R J Eの終了

データ通信プログラムを終了させるためには以下のコマンドを入力する。

E CR

以上の一連の操作により、データの送受信の制御が終了する。

4.3 アプリケーション・ソフトウェア

ガンタンネル・データ処理システムのアプリケーション・ソフトウェアとして、実験パラメータの設定、データの収集、物理量への変換、処理結果の出力などを行う種々のプログラムを作成した。ここでは一例としてパラメータ設定用プログラムの使用例を示す。

繰返し実験が必要とされるガンタンネルのデータ処理では、実験条件などの各ラン毎のパラメータや物理量への変換に必要な各チャンネル毎のパラメータなどが絶えず変化する。実験の種類にもよるが、ラン毎のパラメータとして実験番号、駆動圧力比、ピストン重量および模型の種類、姿勢、位置などがある。また、チャンネル毎のパラメータとしてはセンサの種類とその較正值、測定点位置、増幅率およびトランジェント・メモリの入力レンジ、データ・サンプリング・レート、トリガー・タイミングなど様々なものがある。また、この他にもデータを格納するファイルやディスク・ドライブの機番などの情報も必要となる。

```

### PARAMETER SETTING (PART 1) ###

P41 =( 100 ) ?
PISTON =( 87 )g
LAMBDA =( 15 )deg
THETA =( 0 )deg
FLAT PLATE =(WITHOUT)
SAMPLE RATE =( 20 )micro sec
START ADDRESS =( 0 )word
START DELAY =( 10 )word
H =( 10 )MM

*/C/ ? 7/777 (Y/N)? Y

```

第16図 (a) パラメータ表示例
(ラン・パラメータ)

パラメータ設定用プログラムは、このようなパラメータの入力作業を正確かつ迅速に行うために作成した。これにより、それぞれのパラメータ情報が見やすく、かつ分かりやすく表示され、修正、変更などの作業が容易に行えるようになった。

第16図aは、衝撃波干渉を伴う円柱前面の圧力分布測定時のラン毎のパラメータの表示例である。最初に、表示されたパラメータの値の変更の有無についての問いが画面左下に表われ、変更がある場合は“YES”を入力し(CR)を行う。すると、表示例に示すようにカーソルが第1番目の駆動圧比の項目の末尾に移り“?”が表示される。“100”という値を訂正する必要があるれば、新たな値を入力して(CR)し、訂正の必要がなければそのまま(CR)すると、第2番目のピストン重量の項目の末尾にカーソルが移動して再び“?”が表示される。もし、あらかじめ設定された値に変更がない場合には“@”を入力し(CR)するとカーソルは再び画面左下に移り、表示されているパラメータに誤設定がないかどうか再確認のメッセージを表示し、誤設定が発見された場合には再び同様な手続きを繰り返す。

第16図bは同じくチャンネル毎のパラメータの表示例で、第1列目の圧力変換器型名のCH.1の欄にカーソルがあり“?”が表示されている。圧力変換器の型名に変更があればその型名を入力し、変更の必要がなければそのまま(CR)を入力する。先の場合と同様にカーソルはCH.2の欄に移る。以後の各チャンネルに変更がない場合は“@”,(CR)

```

### PARAMETER SETTING (PART 2) ###

```

	KISTLER	CALIBRATED VALUE	F.S.VOLT	AMP.GAIN	POSITION
CH.1	? 001 4547	70.323 ATK/V	4.0	---	STAGNATION
CH.2	113 2654	26.579 MWS/MV	1.0	1.0	X = 25
CH.3	2018 257	0.9775 MWS/MV	0.399	2.995	X = 35
CH.4	113-M- 97	1.93 MWS/MV	0.2	2.971	X = 30
CH.5	113-M- 98	2.05 MWS/MV	0.2	2.953	X = 20
CH.6	2018 257	0.9905 MWS/MV	4.0	12.32	X = 50

```

*/C/ ? 7/777 (Y/N)? Y

```

第16図 (b) パラメータ表示例
(チャンネル・パラメータ)

を入力すると、次の項目のCH.1の欄へカーソルが移動する。このようにして全てのパラメータのチェックが終わると先の場合と同様に再確認のメッセージが表示され、誤設定がなければ処理を終了する。

このようにしてパラメータの誤設定を防ぎ、かつ設定作業を迅速に行えるようにした。

5. あとがき

ガンタンネルを用いた極超音速流における熱空力学の実験のために、実験方法や測定方法の改良と共に、データ処理装置のデジタル化、高速化、多チャンネル化を行って来た。

そしてデータ処理システムにマイクロ・コンピュータを導入する事により以下に示す結果を得た。

- 1) 24,000個の実験データの収集とその一次処理ならびに結果の図表表示を風洞の運転間に行えるようにし、繰返し実験を必要とするこの種の風洞においてその実験結果の良否を即時に判断出来るようにした。
- 2) 計算センターの大型電子計算機とのオンライン化を計る事により、大規模なデータおよび複雑な処理が必要なデータの処理を迅速に行えるようにした。

以上のようにマイクロ・コンピュータを主体とした新しいデータ処理システムの試作により、データ処理能率の向上を計り、ひいては実験能率の向上を計れる事が出来た。

本報告では、マイクロ・コンピュータを利用して計

測機器の制御，データ処理等を行った例としてガンタンネル・データ処理システムについて述べた。

文 献

1. 和田 勇，曾我国男，井上安敏：航技研ガンタンネルの構造と特性およびその応用，航技研報告 TR-556(1978)
2. 衝撃波研究室：超高圧力発生用高速飛翔体の姿勢安定化技術の研究，航技研ニュース版 276(1982)
3. 曾我国男，井上安敏，山崎 喬：大型衝撃風洞の新運転手法，航技研報告 TR-765(1983)
4. Component Data Catalog, Intel(1981)
5. Mc Namara, J. E：コンピュータ・データ通信技術，CQ出版社(1979)

附録 各装置の機能仕様

BUBCOM-80の主な仕様

使用CPU	Z-80A
Clock周波数	3,9936 MHz
メモリー	
RAM	主記憶用 64Kバイト キャラクタ・ジェネレータ用 2Kバイト ビデオ・バッファ用 48Kバイト
ROM	IPL*用 2Kバイト
キーボード	JIS配列(英大小文字, 記号, 数字, かな文字)
インターフェース	プリンタ・インターフェース (セントロニクス) シリアル・インターフェース (RS232C) カセットテープ・インターフェース (1200bps)

*(Initial Program Loading)

バブル・カセットの主な仕様

記憶容量	32Kバイト
転送速度	100Kbps
アクセス・タイム	10m sec, (平均)
ホルダー形式	ZIF**構造
重量	85g

** (Zero Insertion Force)

フロッピー装置の主な仕様

形式	8インチ両面倍密度
記憶容量	1Mバイト
トラック〜トラック位置決め時間	18m sec.
ヘッドロード時間	50m sec.
転送速度	250Kbps

X-Yプロッタの主な仕様

形式	フラット・ベッド紙送り機構付
有効作図範囲	381mm×254mm
最大作図速度	400mm/sec
ペン数	10本
作図ステップ	0.1mm
インターフェース	RS232C

高解像カラー・ディスプレイの主な仕様

カラー機能	8色(黒・青・赤・マゼンダ・緑・シアン・黄・白)
スクリーン構成	80文字×25行, 40文字×25行
文字構成	8×8ドット
グラフィック機能	640×200ドット
ビデオ信号	RGB分離信号供給方式

シリアル・プリンタの主な仕様

形式	インパクト・ドット・マトリクス方式
文字構成	9×9ドット
印字速度	80文字/sec
用紙幅	101.6~393.7mm (4~15.5インチ)

