

UDC 533.6.07/08 :
681.3.02 :
621.317.35

航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-236

大型低速風洞動的量データ処理設備

桑野尚明

1972年10月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

既 刊 資 料

TM-180	ジェットエンジン燃焼器出口ガス流の乱れの測定 (II) —レーザのドップラ効果を利用する方法—	1970年 5月	相波 哲朗
TM-181	航空機の乗り心地について	1970年 6月	幸尾 治朗
TM-182	排気系障害板の模型実験	1970年10月	田辺 義一
TM-183	ロケット模型の大型低速風洞試験	1970年 9月	近藤 洋史, 高橋 宏 桑野 尚明
TM-184	金属線へ衝突する液滴の現象	1970年 9月	田丸 卓, 乙幡 安雄
TM-185	推進エンジン用空気取入口の予備実験	1970年 9月	近藤 博, 石賀 保正
TM-186	NAL-25・31 型ロケットの試作と飛しょう試験	1970年11月	宇宙研究グループ
TM-187	推力 300 kg ジンバル液体ロケットエンジンの揺動特性 (I)	1970年11月	橋崎 哲二, 中野 富雄 橋本 亮平, 竹花 真一郎
TM-188	自由飛行模型 FFM-10 の空力微係数におよぼす機体弾性変形の影響について	1970年11月	河崎 俊夫, 河本 巖 戸田 勸
TM-189	燃料蒸発管に関する研究 (III) —管内の燃料・空気二相流への熱伝達—	1970年12月	田丸 卓, 乙幡 安雄 鈴木 邦男
TM-191	大型電子計算機プログラム・ライブラリ	1970年12月	戸川 隼人, 磯部 俊夫
TM-192	極超音速風洞 M9 ノズル較正試験	1971年 1月	長洲 秀夫, 橋本 登 穂積 弘一, 松崎 貴至
TM-194	航空機の STOL 性に関する一考察	1971年 1月	田辺 義一
TM-195	曲面壁上の噴流に対する噴出孔形状, 配列の効果について	1971年 1月	西村 英明, 白井 弘 井上 重雄, 三村 富嗣雄
TM-196	NAL-16 H 型ロケットの研究試作	1971年 1月	宇宙研究グループ
TM-197	二次元煙風洞について	1971年 1月	高橋 宏, 戸田 亘洋 白井 正孝
TM-198	等高線を描かせるプログラム	1971年 1月	磯部 俊夫
TM-199	航空機用ヒータの燃焼器の開発実験	1971年 2月	堀内 正司, 本間 幸吉 矢萩 恵一
TM-202	単発 STOL 実験機に関する研究 —テレメータ実験局の電界強度測定—	1971年 6月	幸尾 治朗, 小野 孝次 矢沢 健司, 塚野 雄吉
TM-203	固体ロケットの比推力測定の標準化	1971年 6月	五代 富文, 岡部 祐二郎 清水 昭紀, 伊藤 克弥 西村 久男
TM-204	サーボ機構の過渡応答改善用デジタルコントローラについて	1971年 7月	小川 鑛一, 島村 正人 (日本大学)
TM-205	自由飛行模型 FFM-10 の動安定微係数の推定について	1971年 7月	河崎 俊夫, 河本 巖
TM-206	静止衛星の軌道保持シミュレーションシステムの構成 (I) —地球の重力場による摂動—	1971年 8月	松島 弘一
TM-207	対称スピン衛星用ニューテーション・ダンプの解析	1971年 9月	村上 力, 狼 嘉彰
TM-208	薄板継手構造の強度についての実験 —接着およびリベット継手—	1971年11月	池田 為治, 熊倉 郁夫 竹内 和之
TM-209	試作接着面応力センサの較正試験	1971年11月	大竹 邦彦, 遠藤 修司 野口 義男
TM-210	小型加速度計による風洞模型姿勢角の測定	1971年12月	原 亘利
TM-211	軽量ジェットプースト STOL の一検討	1971年12月	西村 博史
TM-212	原動機部要素試験設備用消音装置の特性試験	1972年 1月	鳥崎 忠雄, 小林 実

大型低速風洞動的量データ処理設備

桑野尚明**

概要

当所の大型低速風洞における動的量データ処理設備は、小型計算機（PDP-12型）を主体にしたデジタル式データ処理装置であり、変動する空気力や圧力などの動的データを最高50 KHzのサンプル速度で2進10ビットのデジタル量に変換し、磁気テープに集録したり解析処理を行なう。また、データのサンプリングや計算の経過は、実時間で図形表示されるので、実験者の判断にもとづいて直ちに実験プログラムや定数の変更（処理手順、校正係数、実験条件など）を計算機に与えることができる。

さらに、アナログ波形の監視、記録およびデータ変換などの機能を附加し、多様な測定内容に対して最適なシステムが選択できるようにした。

本設備は、現状に加え装置の補足と実験ソフトウェアの開発をまつところ大であるが、このたびリフトジェットによる誘導場の測定に使用して成果を得たので、設備の内容と経過に加えて報告する。

1. まえがき

当所の大型低速風洞¹⁾は、稼働開始以来、数多くの風洞試験に供されてきたが、近年、航空機の大型化と高速化にともない、ますます試験内容の多様化と高度化が要求されている。これに対処するため、動的量データ処理設備を新設し、風洞試験データ処理能力の拡充を計った。

本設備は、当風洞における航空機や飛しょう体の運動および時間とともに変動する力、圧力、風速などのデータを解析し、空気力変動の性格やその発生機構を解明するもので、次のような実験的研究に使用するものである。

すなわち、模型の姿勢や舵角を変更して模型が行なう運動の減衰特性とか、これに作用する空気力の応答特性を測定したり、または相関技術（相関関数やパワースペクトルなど）を利用して、気流の乱れや圧力変動の解析とか、機体やプロペラの振動解析などを行な

う。さらに本設備を拡張して行なう将来の研究として、航空機の運動のシミュレーションがある。これは、模型が受ける空気力を検出して、実機の運動を計算し、実時間で、その運動を模型が行なうように模型駆動装置によって姿勢や運動を制御することにより、航空機のすべての過渡的運動を風洞内で追跡しようとするものである。

これらの実験は、いずれも膨大なデータ量をとまなうので、これが能率良く、しかも精度良く処理できることが要求される。また、実験する立場から考えると、短時間に何種類かのデータを測定し、その結果をみて次の実験を決める必要があり、実時間処理のできるものが望まれる。これには、十分汎用性のある高速の小型計算機を風洞に応用して、実験システムを自動化しオンラインでデータ処理を行なう必要がある。

さらに、測定データと計算機とのつながりを効率良く行なわせるためには、アナログ処理機能が必要となる。たとえば、データの中に含まれている不要な雑音や直流分をあらかじめ除き、目的とする信号レベルをダイナミックレンジ一杯に調整して、処理精度を高めることである。また、統計的解析のように、周波数帯域が広範囲に及ぶものは、計算機の手数や記憶容量などに制限を受けて、所要の周波数範囲を何回かに分けて処理しなければならない。従って、オフラインでデータレコーダに記録し、計算機の手数に合せた時間軸でデータを再現する必要がある。

これらの点を考慮し、さらに他のデータ処理^{2)~9)}においてとられている方式を勘案して、本設備の構成は次のように決定した。

- (1) アナログ整合装置
- (2) アナログ磁気テープ記録再生装置
- (3) 高速データ集録解析装置

(1)と(2)は、(3)を効率良く作動させるための前処理に用いる。すなわち、システムのシグナルコンディショナとして働くもので、さらにアナログ波形の監視、記録に用いる。

(3)は、システムの主体となる計算機であり、オンラインで、8チャンネルのアナログ信号を高速にデジタル化して集録、解析を行なったり、実時間で実験

* 昭和47年8月19日受付

** 空気力学第二部

内容に応じた制御を行なう。またオフラインで、相関関数やパワースペクトルなどの統計的処理に用いる。計算機については、市販のもの数機種にわたって比較検討した結果、米国 Digital Equipment 社製 PDP-12 型計算機が最適であることが認められたので、これを導入した。

システムに融通性をもたせるため、各装置の配線はすべて接栓方式にし、平衡、不平衡入力のどちらでも取扱えるようにした。また、各装置は、一体として使用する以外に、おのおの単独でも使用できるように考慮した。

本設備の外観を図 1 に、ブロック図を図 2 に示す。各装置の内容、機能および性能については、次章で述べる。

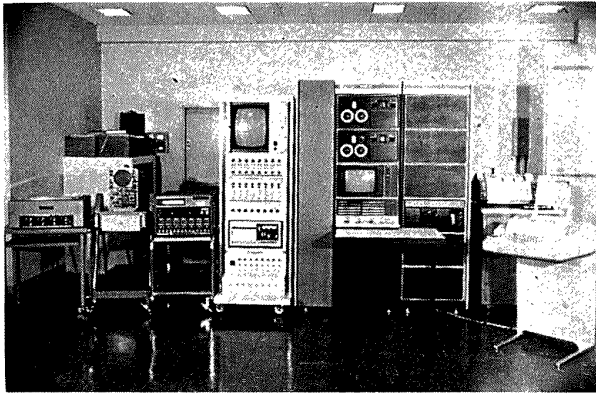


図 1 動的量データ処理設備外観図

2. 高速データ集録解析装置

本装置 (PDP-12) は、データ収集用計算機 (LINC-8) と制御用計算機 (PDP-8) とを結合して集積回路化したオンライン計算機¹⁰⁾で、次のような特長を有している。

1) シングル計算機でありながら、LINC および PDP-8 の 2 つのモードで動作し、しかも両モードは混合して使用できる。

2) プログラムの両モードにおけるスタート、ストップや 1 つのモードより他のモードへのスイッチングは、1 命令あるいは操作卓のスイッチにより自由に行なえる。

3) A/D 変換、図形表示、磁気テープおよび周辺機器制御など各装置の操作が、専用命令によって高速に行なえる。

4) 図形表示装置を中心にした実験者と計算機との対話システムにより、プログラムの作成やデータの分析結果にもとづくパラメータの変更、修正を容易に行なうことができる。

本装置は、図 2 に示したように 2 つの主要部から構成されている。すなわち、中央処理装置を中心にして、左側が LINC 命令で動作する部分、右側が PDP-8 命令で動作する部分である。

中央処理装置および PDP-8 命令で動作する入出力

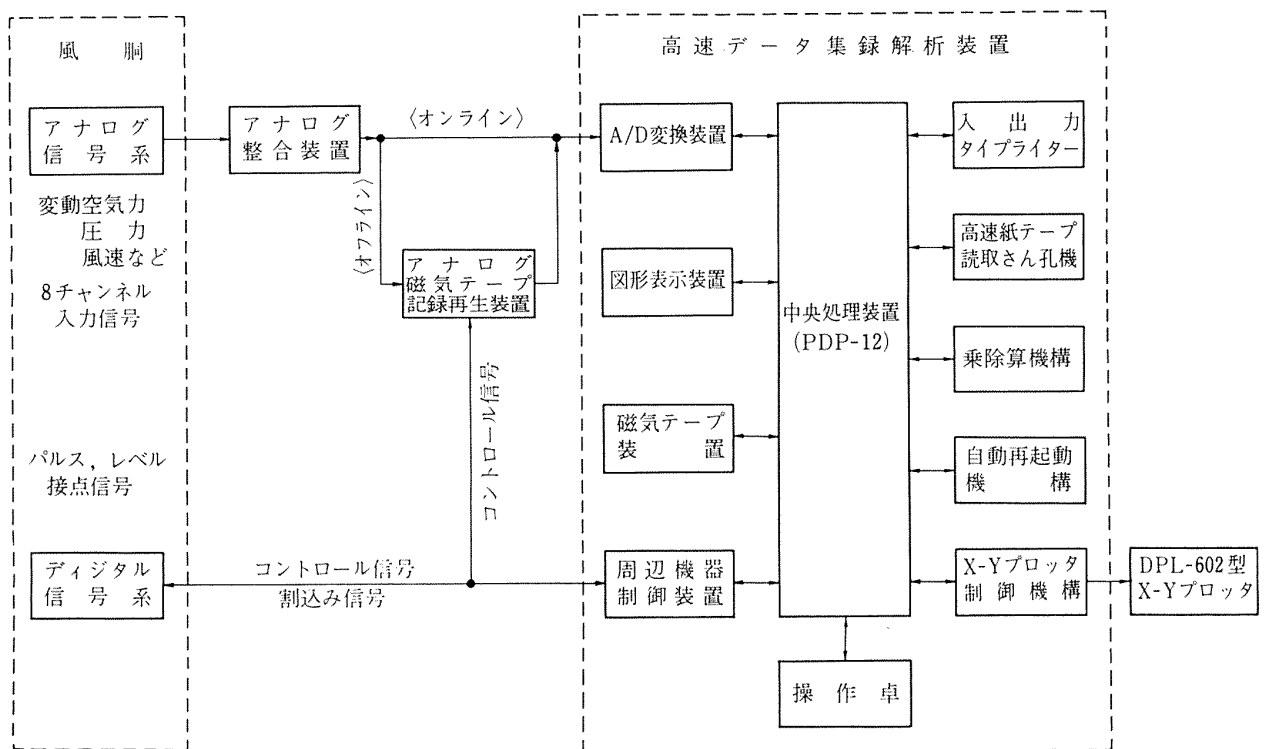


図 2 動的量データ処理設備ブロック図

装置の主な仕様は次の通りである。A/D 変換装置などの LINC 命令で動作する装置の機能については、2.1～2.4 項で述べる。

中央処理装置

形 式	PDP-12
主 演 算 素 子	集積回路 (TTL*)
記 憶 容 量	磁気コア 8K 語
語 長	12 ビット
サイクルタイム	1.6 μ s
数 値 の 表 現	8 進数 (固定表示)
演 算 速 度	加算 3.2 μ s, 乗算 360 μ s
命 令 数	114+入出力命令
アドレス方式	直接, 間接, オートインデックス
入 出 力 制 御	プログラム制御方式 データブレイク方式

入出力タイプライタ

形 式	ASR-33
速 度	10 字/s
最大印字数	72 字/行
使用テープ	1 インチ幅ロール式
転送コード	8 ビット, ASCII** コード

高速紙テープ読取さん孔機

読 取 速 度	300 字/s
さん 孔 速 度	50 字/s
使用テープ	1 インチ幅折りたたみ式 (図 3)

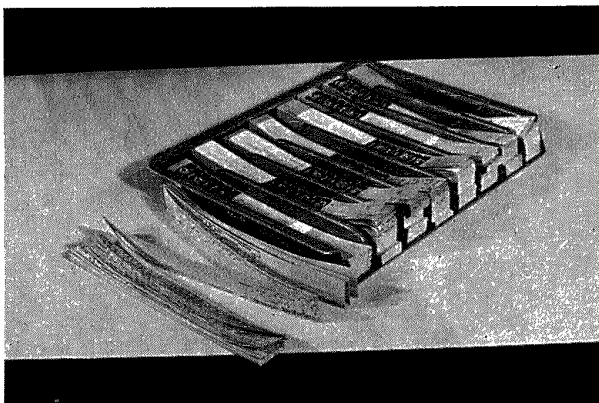


図 3 折りたたみ式紙テープ (高速紙テープ読取さん孔機用)

転送コード	8 ビット, ASCII** コード
乗除算機構	
命 令 数	11 個

* Transistor Transistor Logic

** American Standard Code for Information Interchange

レ ジ ス タ	2 個
演 算 速 度	乗算 9 μ s, 除算 4~10 μ s
自動再起動機構	
検 出 時 間	1 ms
復 帰 時 間	200 ms
X-Y プロッタ制御機構	
回 路 名	M 704 型 モジュール

2.1 A/D 変換装置

空気力, 圧力などのアナログ変動量を高速でデジタル量に変換するもので, 16 個の入力チャンネルを処理できる。その構成を図 4 に示す。

この入力チャンネルの内 8 ch は, 入力電圧 ± 1 V, 入力抵抗 70 k Ω のプリアンプに接続され, 外部信号処理に用いられる。また残りの 8 ch は, データターミナルパネル (図 5) にある 10 回転ポテンショメータに直結され, 手動によるプログラム制御やパラメータ入力として使用される。

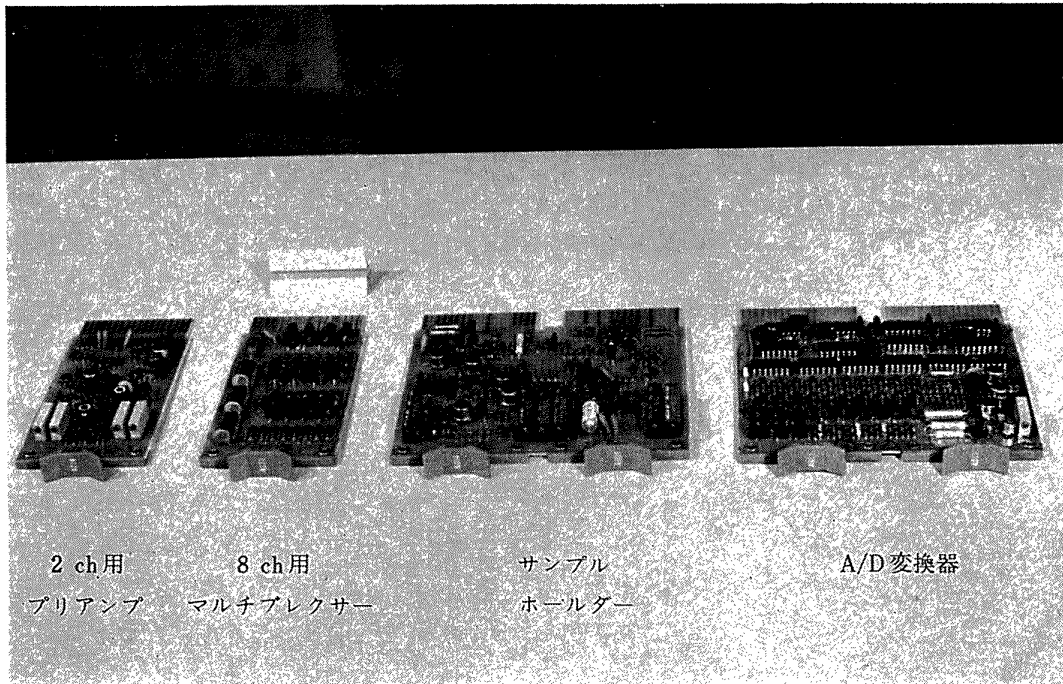
これらの出力は, マルチプレクサ, サンプルホルダー, A/D 変換器などのモジュールによって 2 進 10 ビットのデジタル量に変換され, その値は中央処理装置のアキュムレータに転送される。これらの一連の動作は, 専用命令 "SAM" によって行なわれる。その処理時間は, 19 μ s である。この SAM 命令によるサンプル方式には, 次の種類がある。

1) 標準サンプル (図 6-a)

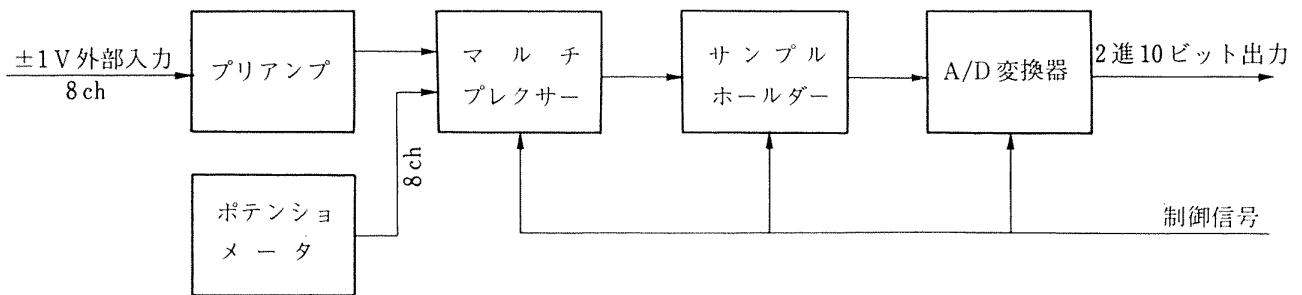
SAM 命令が挿入されると, 入力チャンネル N を選択し, その時の電圧レベルをサンプルする。続いて 10 ビットに変換し, バッファレジスタに入れる。変換が完了すると, バッファレジスタの内容がアキュムレータに転送され, 次の SAM 命令 (サンプルデータ処理ルーチンで指定) が挿入される迄, 変換は行なわれない。

2) 高速サンプル (図 6-b)

特殊レジスタによって高速サンプル機能が設定されると, 変換の順序が逆になる。すなわち, SAM 命令が挿入されると, 前の変換結果 (バッファレジスタ) がアキュムレータに転送され, それからチャンネル N が選択されて新しい変換が始められる。この値 (新しい変換結果) は, 次の SAM 命令 (サンプルデータ処理ルーチンで指定) により読出され, アキュムレータに転送される。図中のバッファレジスタは, 同じものであり, SAM 命令が挿入される毎に上記のような動作が繰返される。但し, 変換進行中に次の SAM 命令がきても, 変換が完了する迄命令は実行されない。またリアルタイムクロックを用いることにより, 自動タ



(a) モジュール外観図



(b) ブロック図

図 4 A/D 変換装置の構成

イメージングでサンプルが行なわれる。(2.4 項参照)

いずれの方式を用いても、変換速度は $19 \mu\text{s}$ であるが、高速サンプルの場合、新しいデータを変換している間、計算機を待機させないで前のデータの処理を行なうことができる。すなわち、 $1.6 \mu\text{s}$ で結果が得られるので、新しいデータの変換に要する時間 ($19 \mu\text{s}$) を利用して、処理することができる。

プリアンプから A/D 変換器に到る本装置の総合精度は、 $\pm 2 \text{ mV}$ であり、その試験結果を図 7 に示す。

2.2 図形表示装置

グラフ、文字を表示する 11 インチ角型ブラウン管とこれらの表示専用命令 (DIS, DSC) をコントロールする制御装置から構成されている。

1) ポイント表示 (グラフ)

DIS 命令により $23 \mu\text{s}/\text{点}$ の速度で、最大 512×512 点の表示を行なう。ポイント間隔は、水平軸 0.0176 インチ、垂直軸 0.0127 インチであり、各座標 (H ,

V) は、図 8 に示すように 8 進数で表現される。垂直座標 (V) は、アキュムレータのビット 3~11 に設定され、 ± 377 のデータを取扱う。これに対して水平座標 (H) は、 α レジスタ (またはインデックスレジスタ) のビット 3~11 に設定され、 $0 \sim 777$ のデータを取扱う。従って、サンプルデータや計算結果を表示する場合、各座標の範囲内にデータが入るようにスケールングを行なう必要がある。

α レジスタの h ビットは、表示チャンネルの指定を行なうもので、 $h=0$ なら ch 1、 $h=1$ なら ch 2 が指定される。すなわち、本装置の前面にある表示チャンネルスイッチ (ch 1, ch 1 & 2, ch 2) により、 h ビットで指定された内容を分離したり組合せたりして表示される。例えば、あるグラフの座標軸を ch 1 ($h=0$)、データを ch 2 ($h=1$) で表示するようにプログラムした場合、表示チャンネルスイッチを ch 1 にすると座標軸、ch 2 にするとデータのみが表示さ

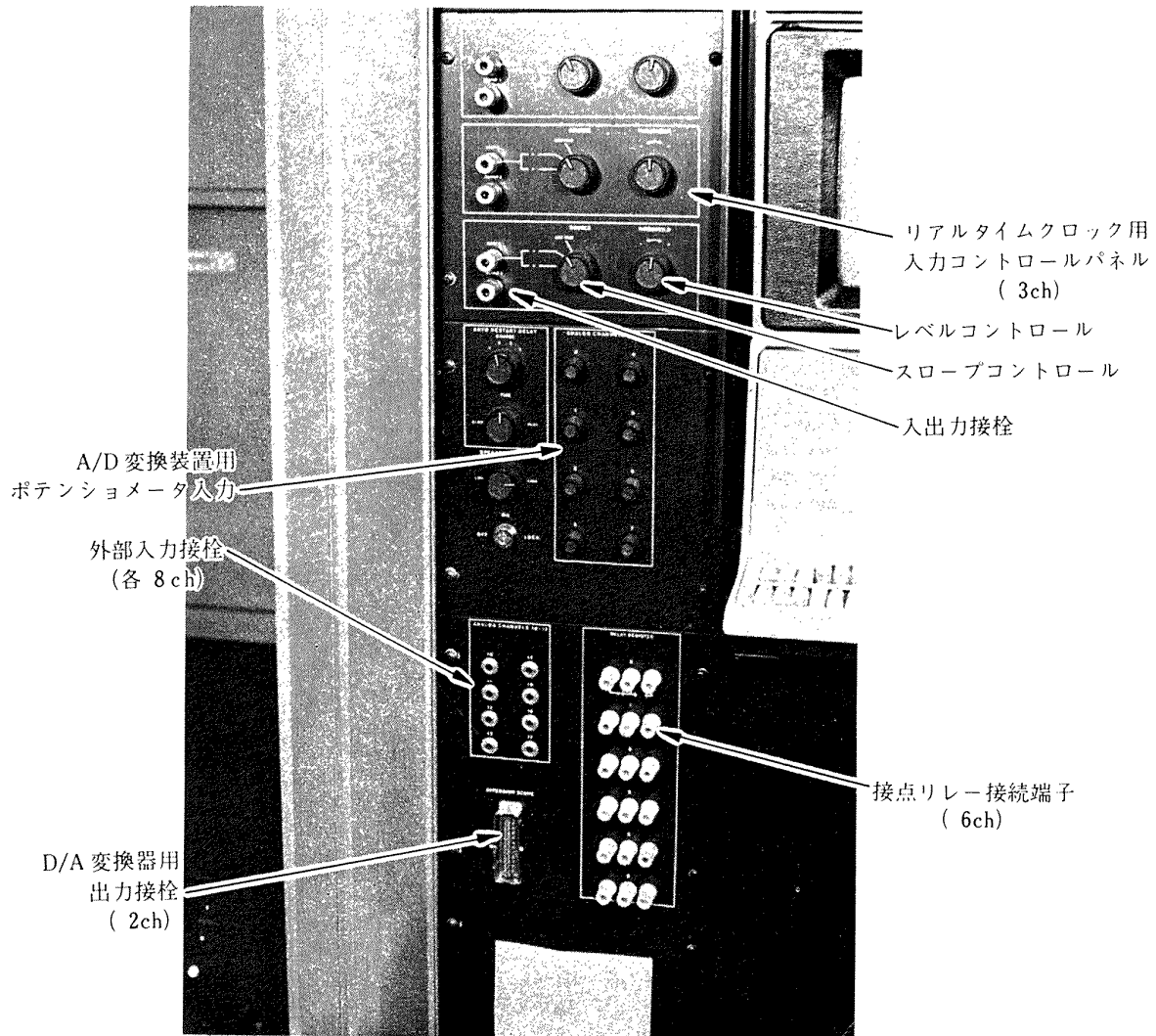


図 5 データターミナルパネル

れ、ch 1 & 2 にするとグラフとして表示される。

2) 文字表示

DSC 命令により $20\sim 56\ \mu\text{s}$ の速度で、キーボード (入出力タイプライタ) の全ての文字が表示できる。この命令は、6行4列のマトリクス (2語レジスタ) により文字パターン方式を用いて文字表示を行なっている。すなわち、2語レジスタの中に文字パターンを作り、これについてプログラムをすれば、文字パターンに一致した点のみが表示され、文字が現わされる。例えば、図9のような文字Aを表示するには、まず 4×6 マトリクスの中にAの文字パターンを作り、これに対応したビット、すなわち2進数で 100 100 111 111 と 111 111 100 100 (8進数で 4477 と 7744) からなるパターン語を、2語レジスタの中に設定する。これによって、各ビットの1に対応した点のみが表示されて、Aが現われる。

そのほか、本装置の表示内容を遠隔でモニタできる D/A 変換器の出力接栓が設けられている。(図5参照)

この出力は、コントロール信号に利用したり、アナログ記録に用いることができる。

2.3 磁気テープ装置

磁気テープ2台と制御装置で構成され、次のような特長をもっている。

1) 制御装置は、中央処理装置より全面的に独立しており、またデータの読出し、書込み、チェックなどの専用命令があるため、テープコントロール用サブルーチンを全く必要としない。

2) テープ駆動は、ピンチローラ、キャブスタンや空気調整などを必要としない簡単な機構を用いているので操作が容易である。

3) テープ割込み、回転保持、8台迄のテープ操作などの拡張動作を行なうバッファレジスタをもっている。

4) $3\frac{1}{2}$ インチリールに $\frac{3}{4}$ インチ幅のテープを使用した磁気テープ (図10参照) は、131K 語/台のデータを集録することができる。

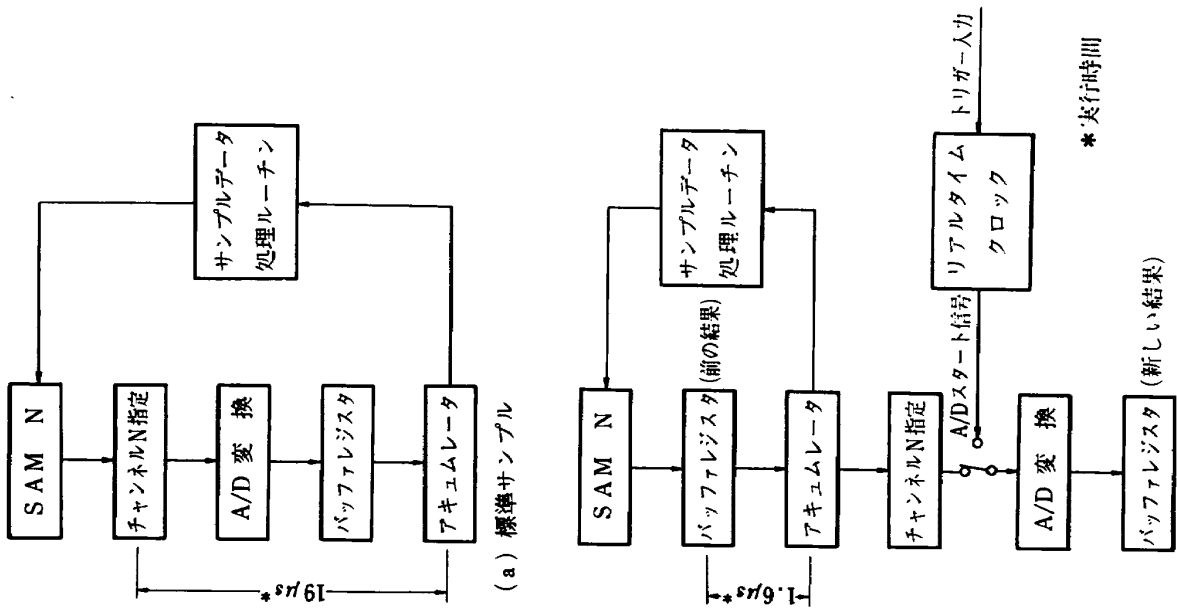
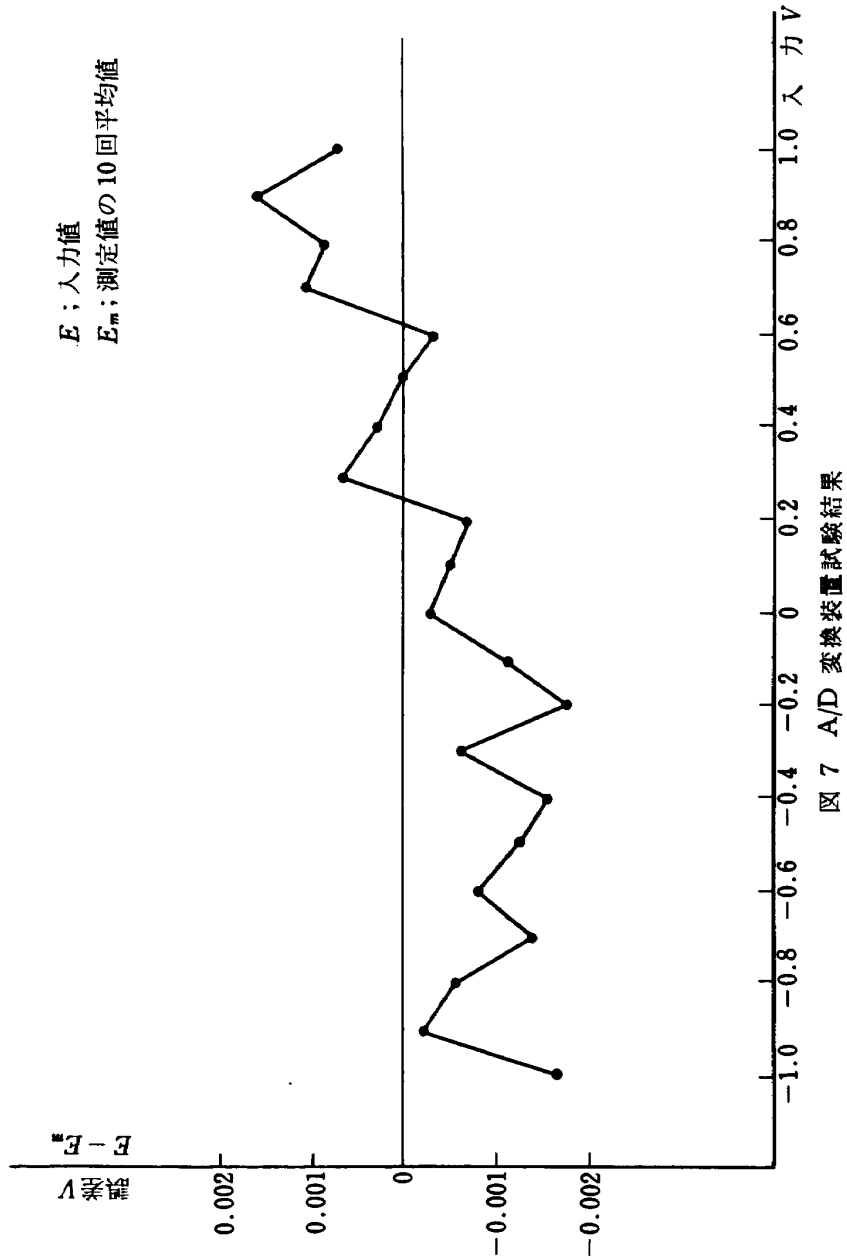


図 6 A/D 変換のサンプリング方式



E ; 入力値
 E_m ; 測定値の 10 回平均値

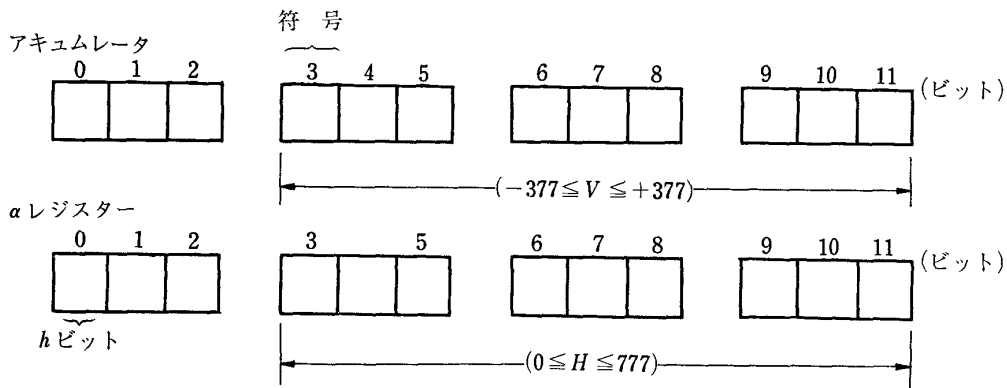
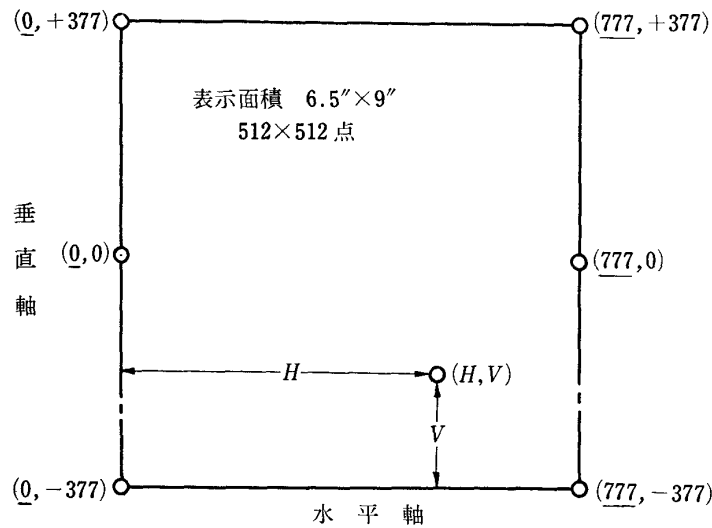


図 8 ポイント表示の座標 (8進数表示)

磁気テープのデータ構成内容は、図 11 に示すように 512 ブロックに分割されている。1 ブロックは、256 のデータ語とブロックを識別するためのブロック番号 (BN, RBN), それにテープ動作を完全に行なうために必要な特別語 (チェックサム語, カード語, インターブロックゾーンなど) で構成されている。

また 1 語は、10 トラック 4 列に記録され、10 トラックヘッドにより読出し、書込みが行なわれる。この内データトラック (1~3) は、12 ビットのデータ情報に用いられる。タイミングとマークトラックは、制御装置のタイミング操作をコントロールしたり、データトラックにある情報の構成内容を確認するもので、データ転送が行なわれる前に、専用ソフトウェアによって記録される。残りのトラック (1A~3A) は、ビットのドロップアウトやゆがみを防ぐために用いられ、1~3 のトラックと同じ情報が記録される。

テープ速度は 93 ± 12 インチ/s, 1 ブロック転送時間は 32 ms, スタートおよびストップ所要時間は各

0.1 s である。

2.4 周辺機器制御装置

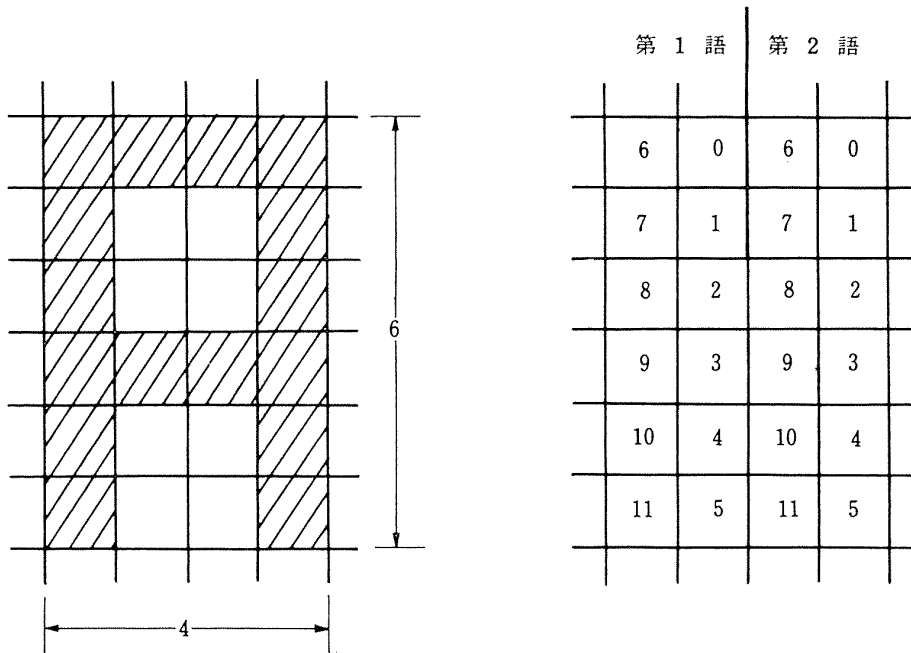
本装置は、次のものから構成される。

1) リアルタイムクロック

本器は、 $2.5 \mu\text{s} \sim 40 \text{ s}$ の時間間隔でパルスが発生してサンプリング周期の決定、実験時間の計算や応答信号の時間間隔測定などに用いるもので、12 ビットレジスタ 5 個、400 kHz 水晶発振器、3 チャンネル入力同期回路から構成されている。これらの構成を図 12 に示す。

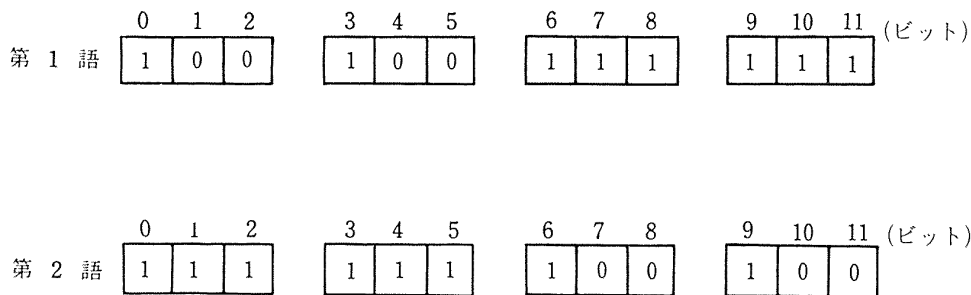
12 ビットレジスタは、クロックの動作を制御するもので、カウンタおよびバッファとして、または入出力、モードやタイムベースのコントロールに用いる。タイムベースとしては、400 kHz 水晶発振器の出力を 5 段階に分割した 400 k, 100 k, 10 k, 1 k, 100 Hz のパルス、または外部入力 ch 1 のパルスが使用され、プログラムで指定される。

この発生パルスは、カウンタレジスタに転送され、



(a) 文字パターン

(b) 各ビットと文字パターン
の対応



(c) 2語レジスタ内容

図 9 “A” 文字の表示パターン

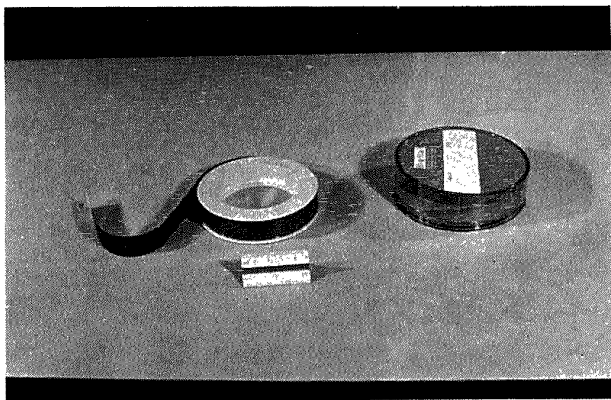


図 10 磁気テープおよび保管箱

初期カウントから最大カウント迄計数される。次のパルスによってオーバフローフラグが起り、プログラム

割込みや A/D 変換指令が発生する。カウンタの内容は、バッファプレセットレジスタを経由してアキュムレータに転送される。また初期カウントは、アキュムレータからバッファプレセットレジスタを経由してカウンタに設定され、オーバフローフラグを起させる長さとか必要なカウント量を制御する。カウンタをクリアする場合は、プログラム(命令)か外部入力 ch 3 のいずれかによって行なわれる。

プログラム割込みは、オーバフローフラグのほかに入力同期回路からのトリガーパルスが使用される。このトリガーパルスの発生や設定は、同期回路内のパルス発生器、フリップフロップ、シュミットトリガなどで行なわれる。一方パルスの決定は、図 5 に示す入力

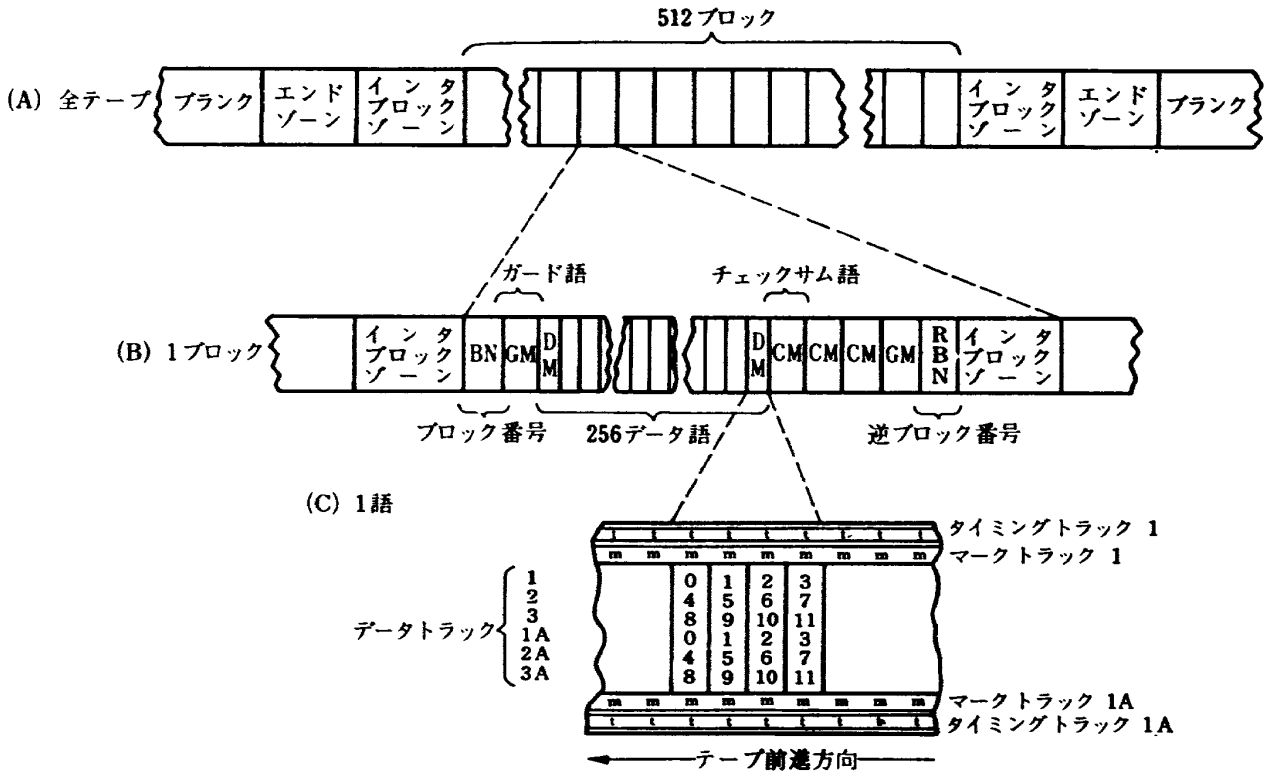


図 11 磁気テープ構成内容

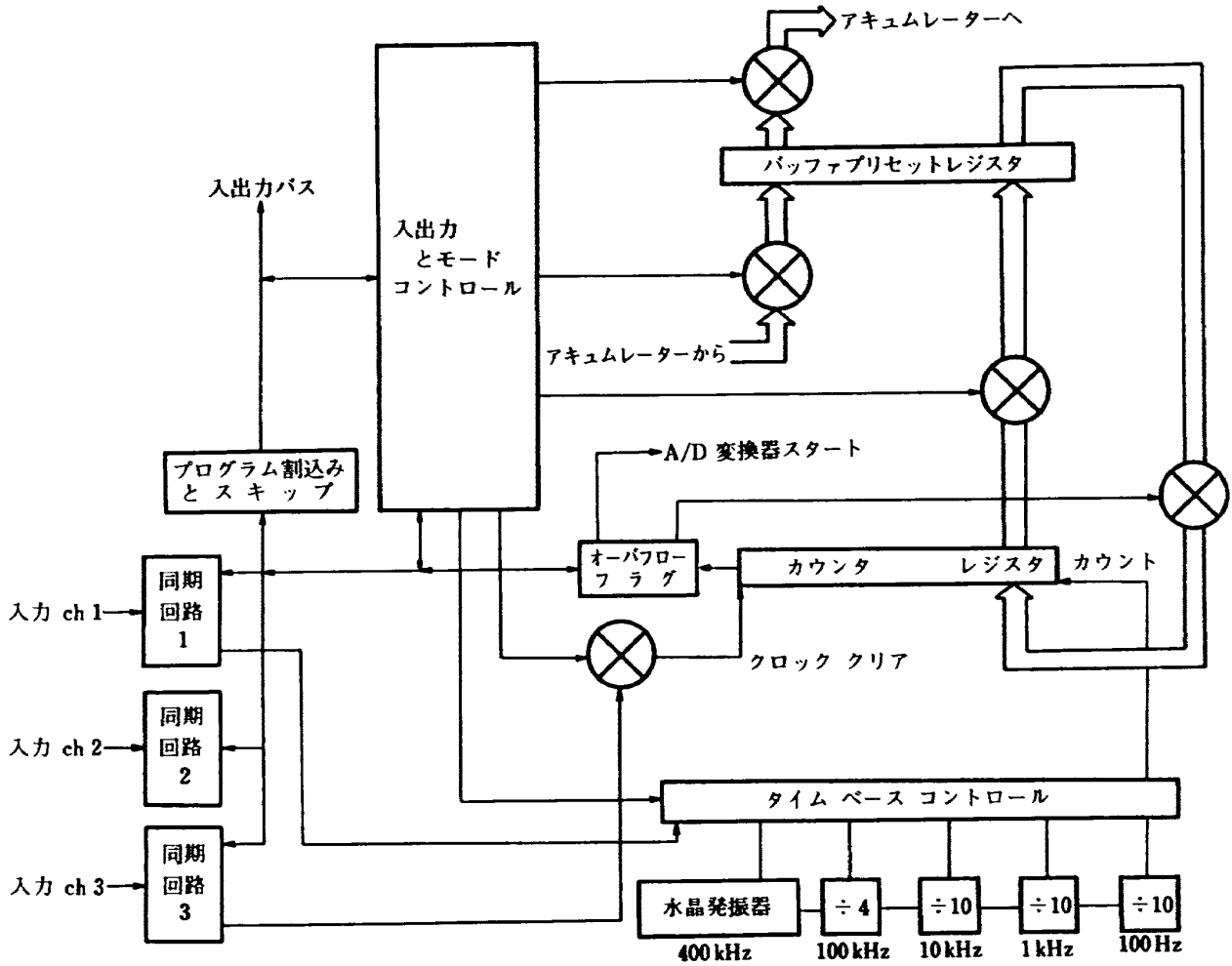
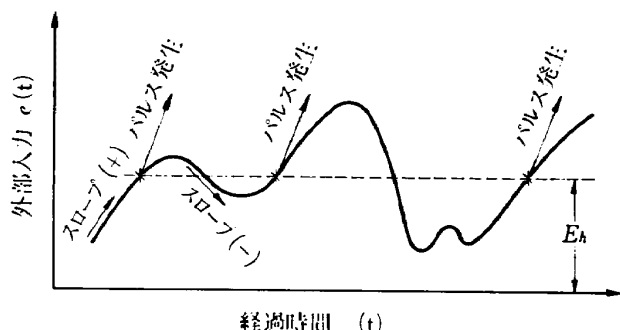


図 12 リアルタイムクロックの構成図

⊗ ゲート回路

コントロールパネル上のレベルコントロールとスロープコントロールで行なわれる。すなわち前者は、トリガーパルスを発生させる外部入力のレベルを指定するものであり、後者は、その勾配の極性を指定するものである。例えば、図 13 のように外部入力 $e(t)$ に対して、トリガーパルスを起させるレベル電圧を E_h 、スロープを (+) に指定した場合、 $e(t)$ と E_h が一致する箇所は 5 点であるが、この内スロープ (+) を満足する箇所は 3 点であり、3 つのトリガーパルスが発生する。



(レベル電圧 E_h 、スロープ(+))にした場合

図 13 入力同期回路の動作

このようなプログラム割込みの方法とか、入力チャンネルや使用内容の選択は、すべて入出力およびモードコントロールで行なわれる。

2) 接点リレー

データレコーダや各種実験機器に、インターフェースなしで接点信号が与えられる 6 個の無電圧リレーである。入出力信号用の接続端子はデータターミナルパネル上に設けられており、リレー状態 (ON, OFF) がこの端子で任意に切換えられる。(図 5 参照)

信号の処理は、RTA (リレーからアキュムレータへ)、ATR (アキュムレータからリレーへ) 命令で行なわれる。接点容量は、DC 28 V で 2 A 以下、または AC 110 V で 1 A 以下である。

3) センス入力

センス入力は、測定系の状態や実験者の意志を計算機に知らせ、プログラムコントロールを行なうもの

で、その知らせ方として外部レベルによるものと、手動スイッチによるものがある。前者は、12 個のセンスライン (+3 V) を利用して行なうものであり、後者は、6 個のセンススイッチ (操作卓) で行なうものである。いずれも専用命令 (SXL, SNS) を用いて簡単にプログラムされる。

例えば、ある実験機器からの指令によって、データ処理プログラムを制御する場合、センスラインと実験機器を結び、制御すべきライン番号、すなわちスタート信号に SXL 3、エンド信号に SXL 5 をプログラムすれば、センスライン 3 が高レベル (+3 V) なら、データ処理が開始され、センスライン 5 が高レベルになると、処理が停止される。またこのような動作を手動とする時は、SNS 命令を用いてプログラムし、操作卓上のセンススイッチで行なう。(第 5 章参照)

3. アナログ整合装置

本装置は、動的計測システムにおける 8 チャンネル用シグナルコンディショナとして、さらに多現象の監視、記録に使用するもので、次のような機能を有している。

1) 各入力チャンネルは、スイッチ切換えにより、平衡、不平衡入力の選択が行なえる。また、出力チャンネルには、2 個の不平衡接栓があり、これは処理用として、またモニタ用として使用できる。

2) DC~20 kHz の入力信号に対して、増幅、減衰、直流成分の除去、ゆ波、インピーダンス変換など、広範囲なデータ変換が行なえるので、高速データ集録解析装置、アナログ磁気テープ記録再生装置そのほかの各種記録計に、適合電圧が与えられる。

3) 8 現象の同時記録や監視が行なえる。また、チャンネル選択が、自由にできるので、特定現象のみを拡大して使用することも可能である。

4) 各チャンネル毎に基準電圧源をもっているので、各機器の校正やセンサーの励起として使用される。本装置の構成を、図 14 に示し、これらの仕様につ

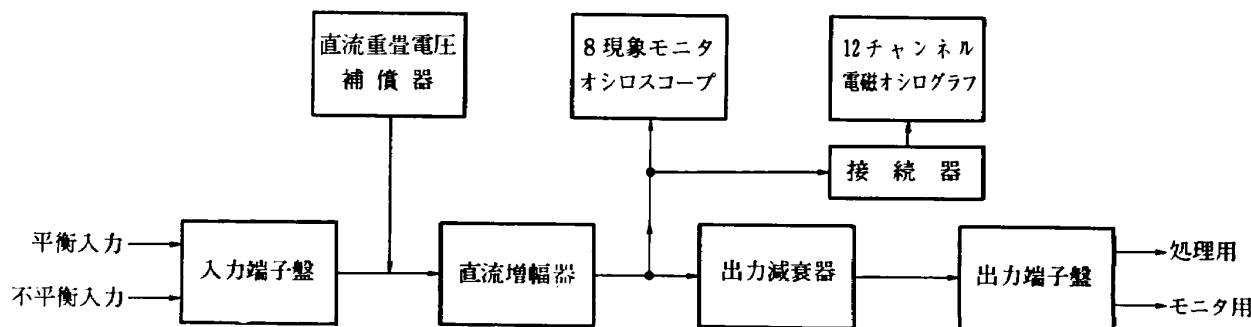
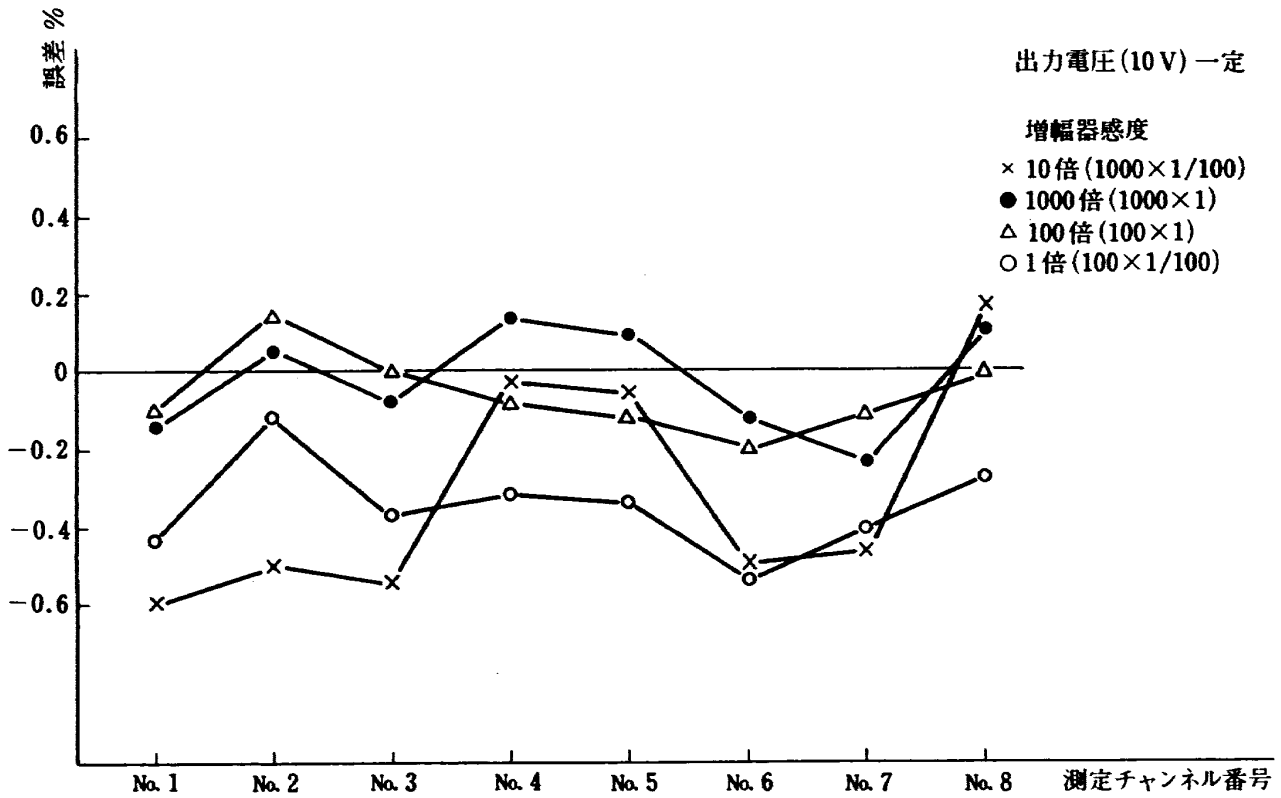
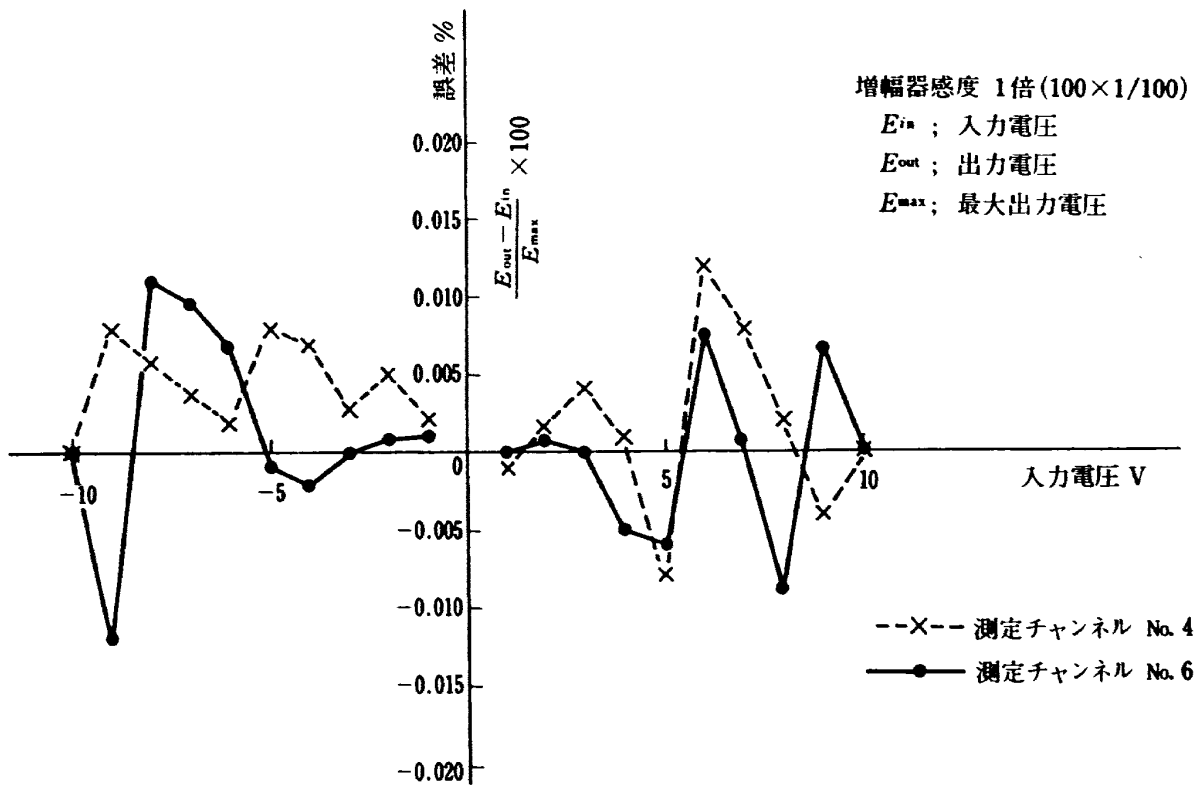


図 14 アナログ整合装置ブロック図



(a) 感度試験



(b) 直線性試験

図 15 アナログ整合装置総合試験結果

いては、次に示す。

直流増幅器

増幅方式	直結形
入力抵抗	10 M Ω
周波数特性	DC~20 kHz \pm 10%, LPF 付
利得	5000, 2000, 1000, 500, 200, 100, 50 1/100 ATT 付
利得精度	\pm 0.1% (1/100 のとき \pm 0.5%)
直線性	\pm 0.01%
出力ドリフト	電圧 10 V, 抵抗 0.1 Ω 10 μ V/日, 3 μ V/ $^{\circ}$ C

直流重畳電圧補償器

出力電圧	\pm 11 mV~ \pm 11 V F.S の 4 レンジ
出力抵抗	100 Ω 以下
電圧精度	\pm 0.1%
安定度	0.005%/ $^{\circ}$ C

8 現象モニタオシロスコープ

ブラウン管	16 インチ角形残光性
周波数特性	DC~1 kHz \pm 10%
最大感度	150 mm/V
掃引方式	繰返し掃引

12 チャンネル電磁オシログラフ

形式	直記式チャンネル判別型
周波数特性	DC~4 kHz \pm 5%
紙送り速度	0.4~100 cm/s, 8 段切換
感度	0.25 mm/mA

出力減衰器

減衰比	1, 1/10
出力抵抗	50 Ω
精度	\pm 0.1%

本装置の総合試験結果を、図 15 に示す。

(a) 図は、各チャンネルにおける最大感度誤差を示したものである。出力電圧は、増幅器のいかなる感度においても 10 V になるように設定され、入力電圧から測定された感度と増幅器の設定感度により誤差を求めた。この図において感度 1, 10 倍 (ATT 1/100) の誤差は、0.5% 程度になるが、直流重畳電圧補償器を用いて増幅器を較正することにより、0.1% 以内に行える。(b) 図は、測定チャンネル No. 4, 6 についての直線性を示したもので、0.01% 以下である。

4. アナログ磁気テープ記録再生装置

本装置は、オンラインで、測定不可能なデータの多

チャンネル同時記録や、データ処理を効率良く行なうための前処理（時間軸の交換とか、繰返し再生など）に使用するデータレコーダと、その波形観測を行なう 2 現象メモリオシロスコープで構成されている。

1) データレコーダ

本器は、12.7 ミリ幅のテープを使用したカートリッジ式可搬型のデータレコーダで、7 チャンネル+音声チャンネルの記録再生用として使われる。

各チャンネルは、スイッチの切換えにより、DR 方式、FM 方式にすることができ、DC~100 kHz (S/N 比 36~43 db) と広帯域のデータが取扱える。また、テープ速度は、76, 38, 9.5, 2.38 cm/s に切換えられ、最大 1:32 のデータの時間軸を変換できる。

本器の特長として、テープが、カートリッジに収容されているので、テープの装着、操作が非常に簡単である。さらに、N-R-C スイッチを用いて、特殊な使い方ができる。すなわち、“R” は、自動反復再生で、フォトダイオードが、テープの終端を検知して、自動的にテープを巻戻し、繰返し再生を行なう。また、“C” は、追加記録で、FM で使用する場合、初め必要のないチャンネルにデータを記録せず、あるチャンネルに記録したデータを再生しながら、残りのチャンネルに別のデータを記録する。“N” は、通常の記録再生に用いる。このほか、同一現象を何度も繰返し再生できるエンドレスループカートリッジ (図 16 参照) があり、ループの長さを 2~15 m まで任意に変えられ、2.5 秒から 10 分のエンドレス記録再生ができる。

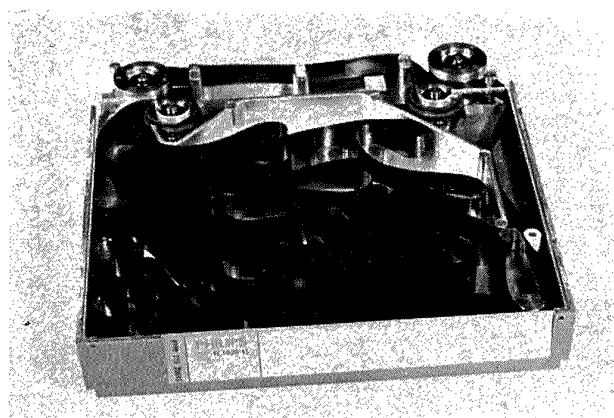


図 16 エンドレスループカートリッジ

2) 2 現象メモリオシロスコープ

直径 133 mm の蓄積管を使用したプラグイン式メモリオシロスコープで、スイッチ操作により、可変残光、または普通のオシロスコープとして使用できる。

メモリとしての記録速度は、0.5 μ s/cm, 読取時間は、最大 1.5~2 時間である。垂直軸は、DC~18 MHz の帯域幅、5 mV/cm~10 V/cm の感度をもっている。

そのほか、掃引時間は、20 μ s/cm~12 s/cm、遅延時間は、1 μ s~50 s の性能を有している。

5. ソフトウェア

本設備のオペレーティングシステムとしては、LAP

6-DIAL (Display Interactive Assemble Language) と称されるキーボードモニタが主体になり、エディタ、アッセンブラ、モニタおよびデータ処理ルーチンなどが、図形表示装置と会話形式で操作できる。

図 17 のエディタの例で見られるように、図形表示

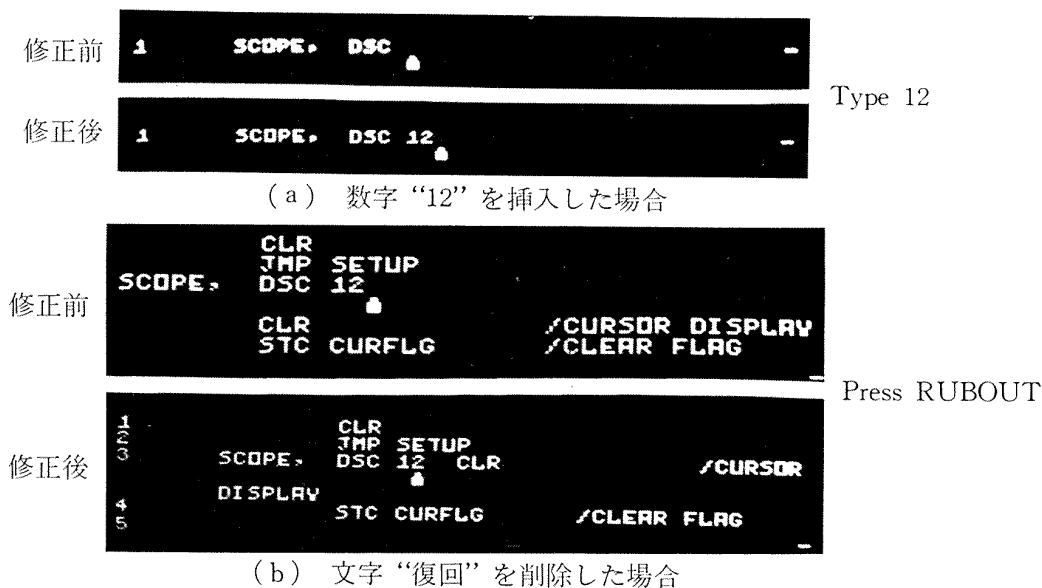


図 17 オペレーティングシステムによるエディタの例

NAME	BN	BLKS
PIP	B 247	21
MARK12	S1512	50
	B 470	7
FOCAL-12	B 477	26
FOCAL4K	S 776	1
	B 226	21
STRUF0	S1562	12
	B 525	4

NAME; プログラム又はデータの名前
 BN; 最初のブロック番号
 BLKS; 所要ブロック数
 B; 2進コード
 S; 記号コード

図 18 オペレーティングシステムによるモニタの例

装置上の可動カーソル (⊥) 印を使用して、「行」と、あるいは「文字」ごとの編集ができる。例えば、文字の挿入、削除を行なうには、挿入 (または削除) する個所の下にカーソルを置き、挿入文字 (または RUBOUT キー) をタイプすれば良い。カーソルの移動は、ポテンショメータ (図 5 参照) によって、制御される。

図 18 は、磁気テープの内容が、1つのコマンドに

よって表示されたモニタの例である。

入出力装置間のデータ伝送を行なうプログラムや、データのサンプル、集録、図形表示などを行なう処理ルーチンの操作は、全て図形表示装置上に現われる英文の質問に対して、操作者が、キーボードでタイプによって答えるという形式をとっている。例として、任意のアナログチャンネルから、最高1,000点/sの速度で、データをサンプルし、集録したり図形表示するデ

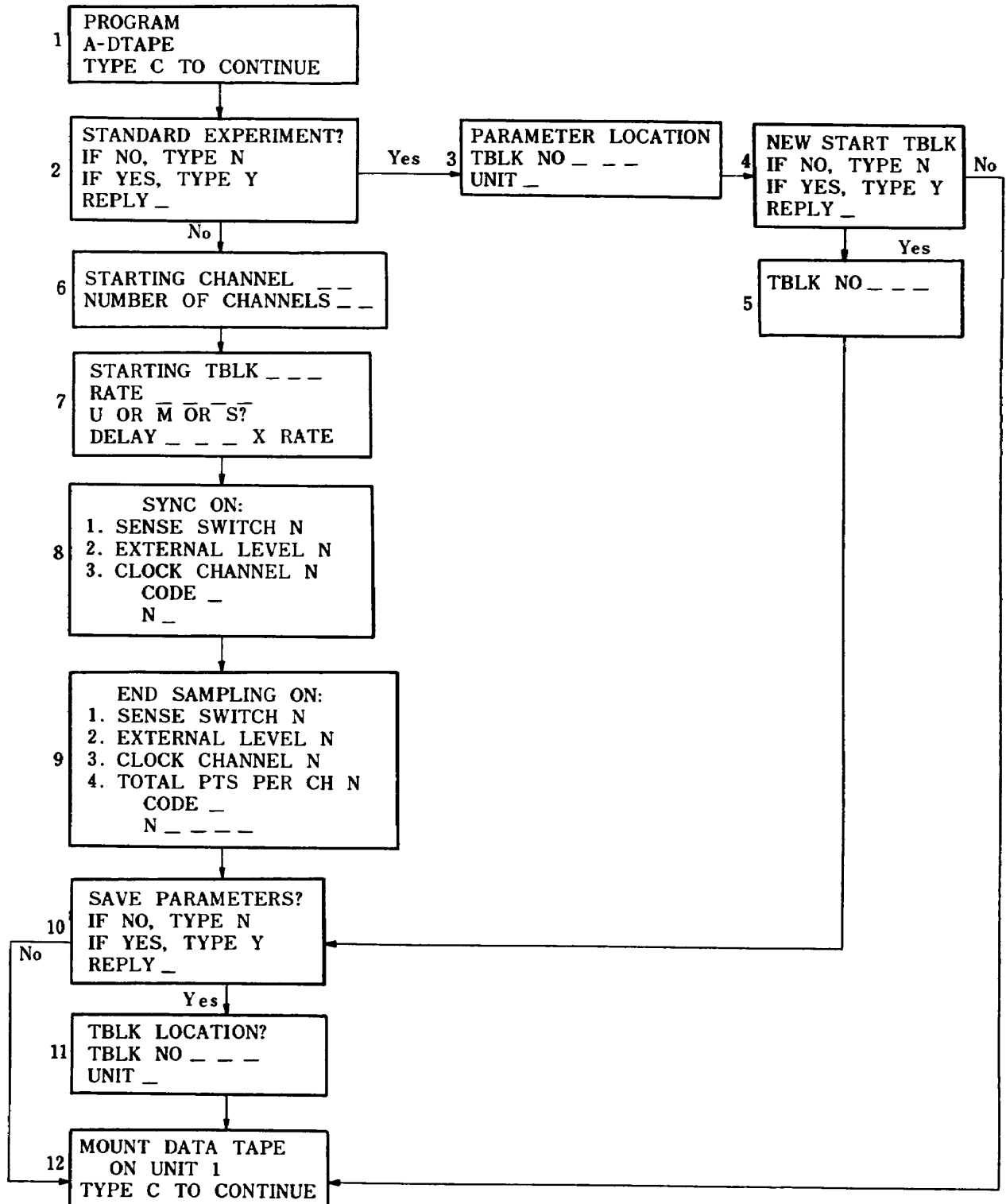


図 19 データ処理プログラム “ADTAPE” のパラメータ設定フローチャート

ータ処理プログラム“ADTAPE”について述べる。

パラメータの設定は、図 19 に示すような順序（メッセージ）に従い、次のような内容について答える。

- 1) サンプルチャンネル指定 (1~16)
- 2) サンプル速度指定 (1 ms/点~40 s/点)
- 3) スタートおよびエンド信号指定 (センス入力, クロック, データ長)
- 4) データ集録場所 (磁気テープ番号, ブロック番号)
- 5) パラメータの選択 (変更または記憶)

例えば、サンプルスタート信号が入ると同時に、1~4 の連続チャンネルを、1,000 点/s の速度でサンプルし、このデータを、ブロック番号 100 からエンド信号が入る迄、磁気テープ (ユニット番号 0) に記憶させるものとする。このスタート信号は、クロックチャンネル 2 を、エンド信号は、操作卓のセンススイッチ 5 を用いる。また、これらのパラメータは、同じテープのブロック番号 10 に記憶させる。

この場合の各メッセージに対する答えは、次表のようになる。

このようなパラメータ設定にもとづく実際の動作は、データコマンドによって行なわれる。

このほか、コンパイラ、会話型コンパイラ、統計処理ルーチンなどの標準プログラムや PDP-8, LINC 用プログラムライブラリーが利用できる。

メッセージ番号	答
1	C
2	N→
6	01↷ 04→
7	100↷ 1000↷ S↷ 000→
8	3↷ 2→
9	1↷ 5→
10	Y→
11	010↷ 0→
12	C

→「改行」 ↷「復回」キーを意味する。

6. 実験例

本設備を用いて、風洞気流中におけるリフトジェット誘導速度場の測定¹²⁾を行なったので、その実験の概要とデータ処理内容について述べる。

本実験システムの概略を図 20 に示す。

6.1 実験の概要

一様流に対し直角に吹出すジェット流の干渉による誘導速度場を測定するため、大型低速風洞の測定部内で、図 21 に示した状態で試験を行なった。

ジェット発生ノズルは、口径 50 mm で軸心が風洞気流方向と一致するように固定された紡錘状の胴体の底部に設けてある。そのノズルは風洞気流に対して直角で下向きに取付けられており、吹出量に応じて調圧

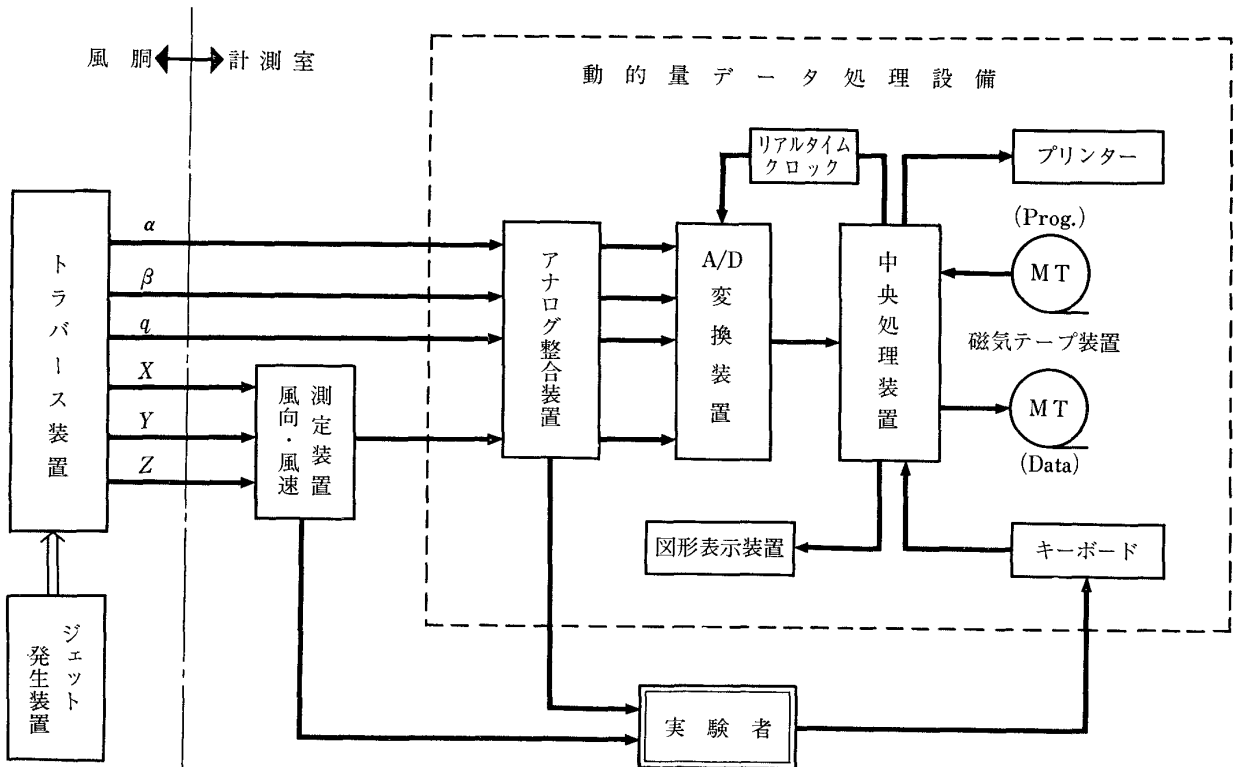


図 20 ジェット誘導場データ処理システム概略図

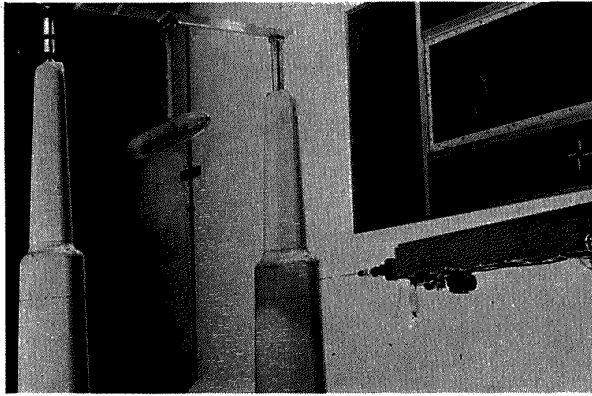


図 21 風洞測定部の外観

された空気が模型支持装置を介してノズルに供給できるようにになっている。

気流の測定は、風向風速計を空間座標軸（気流に対し前後方向 X 、左右方向 Y 、上下方向 Z ）内を任意に移動できるトラバース装置にのせて（図中右方）、図 22 に示すような 30 mm 間隔で測定した。

風向（迎角 α 、偏角 β ）の測定には、先端の半頂角

が 30° の 2 本のコンラッド管を、また風速（動圧 q ）の測定には、先端部が摺鉢型になっている総圧孔と 7 個の静圧孔をもったピトー静圧管を使用した。それらは 23 図のように 1 本の測圧プローブとして組立てられている。

測定位置の変更は、 Y 、 Z 方向については計測室にある風向風速測定装置から遠隔操作で設定し、 X 方向については別系統の遠隔操作機構により手動で設定する。

なお Y 方向については、実験中 33 mm/s の速度で連続走行し本実験の移動座標として使用する。

測定位置の検出は、設定精度 ± 1 mm のポテンシオメータで行なわれる。また測圧プローブからの差圧は、圧力変換器で電気量に変換され、ポテンシオメータの出力とともにデータ処理設備に送られる。

X 、 Y 、 Z の測定点は、それぞれ 31 点 (900 mm)、34 点 (990 mm)、24 点 (690 mm) で、風洞風速は、約 17 m/s、ジェット速度は、約 100 m/s で行なった。

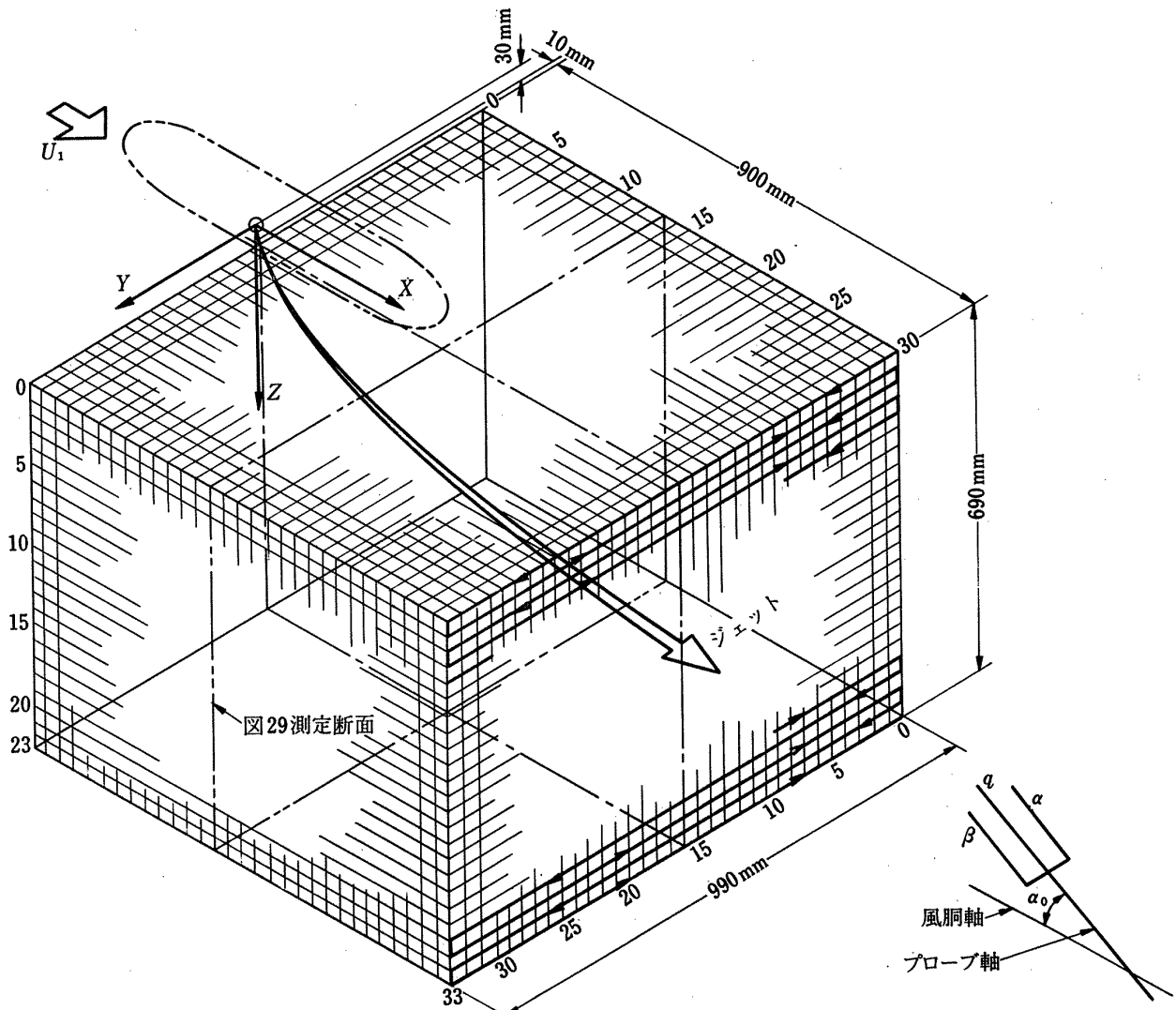


図 22 トラバース方法

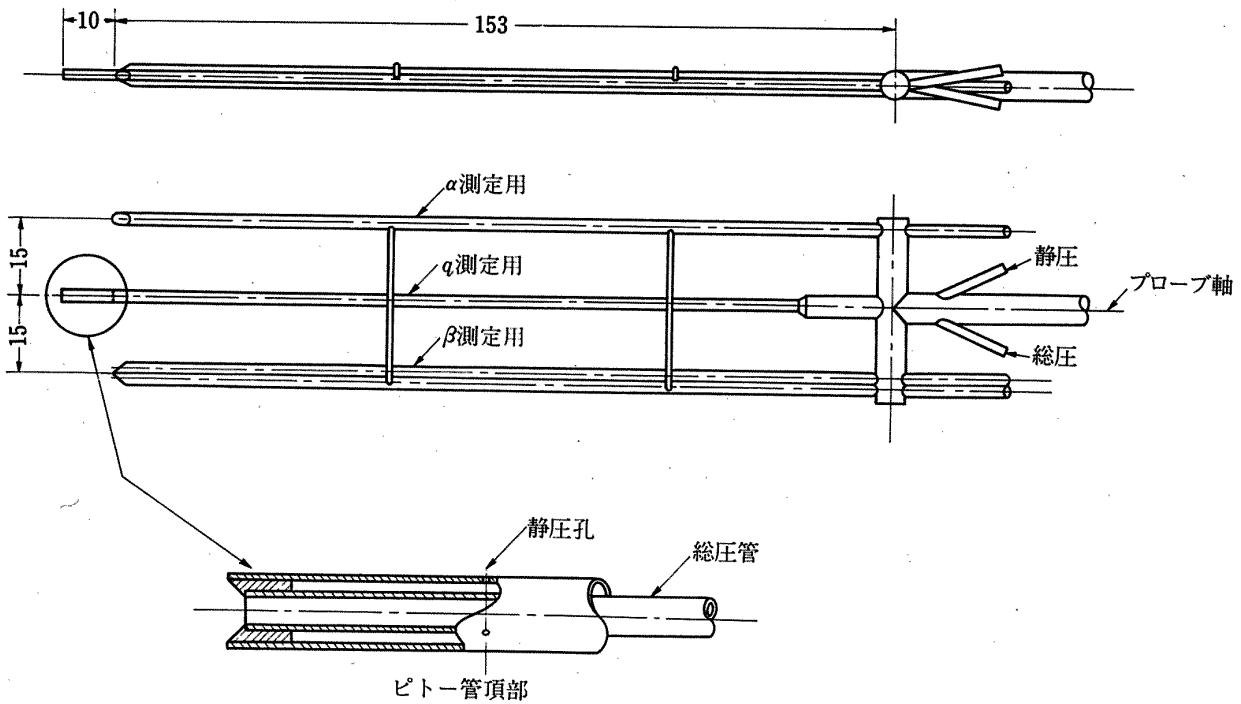


図 23 速度ベクトル測定用プローブ

6.2 データ処理

圧力変換器やポテンシォメータ出力は、アナログ整合装置で増幅、減衰、汙波などの信号変換が行なわれ、A/D 変換装置に加えられる。ここで、フルスケール $\pm 1V$ の信号が、2進10ビットに変換され、電子計算機によってオンラインで処理される。その処理要領は、

- 1) 入出力タイプライタのキーボードから、磁気テープ番号 T 、固定座標 X, Z などの実験定数を設定し、移動座標 Y のサンプル指令を発生する。
- 2) 計算機の制御によって Y は、毎秒 100 回の速度で、連続的にサンプリングされ、設定値 (0, 1, ..., 33) との比較判別が行なわれる。
- 3) その差が、3mm 以内に達した時、変換器出力 (α, β, q) のサンプリングが行なわれ、その値は、内

部メモリに記憶されると同時に、図形表示装置に Y 値に対してリアルタイム表示を行なう。(図 24)

- 4) 1回のトラバースが終了した後、内部メモリの内容は、磁気テープに転送される。
- 5) 次に実験定数 (X, Z) を変更し、逆方向 (33, 32, ..., 0) に対して、同じ操作を行なう。
- 6) 全トラバース終了後、磁気テープに記憶されたサンプルデータを読み出して、6.3 項に述べられる計算式により、動圧 q 、迎角 α 、偏角 β を算出し、再び磁気テープに記憶させる。
- 7) 必要データを磁気テープから読み出して、図形表示、またはタイプさせる。

図 25 にサンプリングのフローチャートを示す。

これらのデータ処理プログラムは、会話型コンパイラである FOCAL-12 (Formulating On-line Calculations in Algebraic Language on the PDP-12) を用いて作成した。(図 27 参照)

FOCAL-12 は、8K 語の内部メモリを必要とし、図形表示装置と入出力タイプライタにより、FOTRAN のような言語で、データ集録に必要なプログラムの作成が行なえる。また、ステートメント番号 (1.01~31.99) をキーボードから呼び出して、プログラムの修正、追加、変更などが簡単に行なえるソフトウェアである。

このソフトウェアを用いて、サンプルデータや計算結果を磁気テープに記憶させる場合、次のようなデー

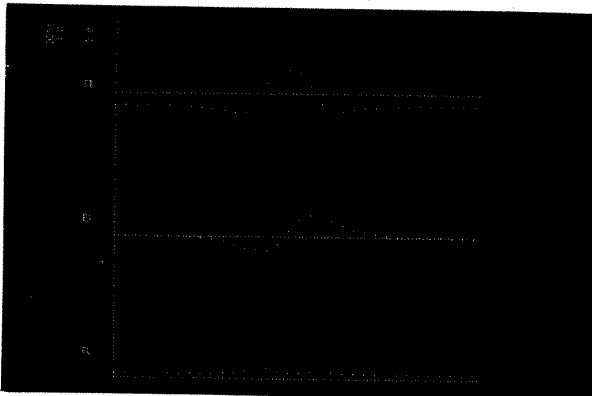


図 24 サンプル・データのリアル・タイム表示

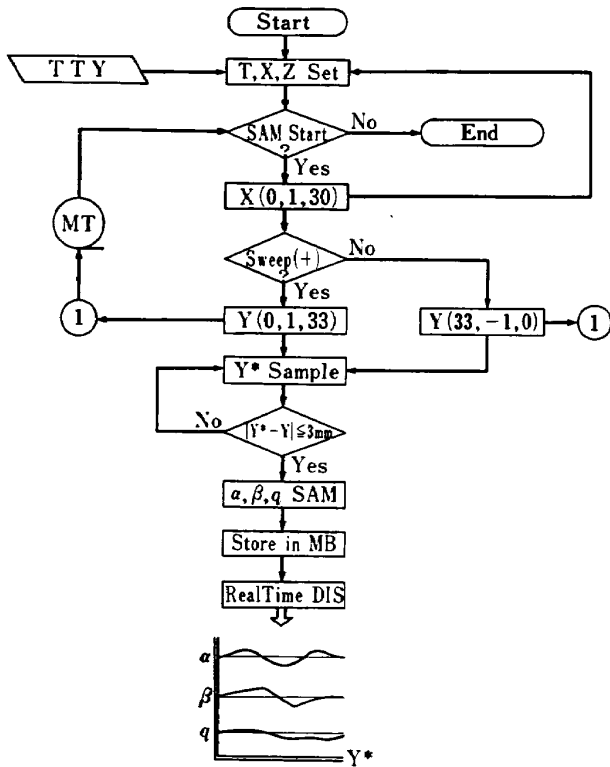


図 25 サンプリングフローチャート

データ形式を指定しなければならない。

データ形式	データ表示
I (整数)	2047 ~ -2048
S (小数点)	± 0.999999
F (浮動小数点)	$\pm 0.999999 \times 10^{\pm 615}$

一般に、サンプルデータは、フルスケールが $\pm 1V$ であるので S 表示、また計算は、全て浮動小数点で行なわれるから、その結果を F 表示で記憶させる。

しかし、本実験においては、次のような理由により、全て I 表示 (1 語) で記憶させた。

i) センサーやデータ処理系の総合誤差 (圧力変換器で代表される) は、約 1% であり、計算結果の記憶には、有効数字 3 桁で良い。

ii) 本ソフトウェアをロードしたり、モニタするのに DIAL (第 5 章参照) を使用する関係上、テープ記憶容量 512 ブロック (256 語/ブロック) の内、128 ブロック (DIAL) がデータ集録に使用できない。従って連続してデータを記憶できる容量は、184 ブロックまたは 200 ブロック (51 K 語) のいずれかになる。

iii) 全トラバース後のサンプルおよび計算データは、約 150 K データとなり、これを S, F 表示で記憶させると、1 データ当たり 2 語または 3 語必要であるから、約 400 K 語の記憶容量を必要とする。(ii) より、テープ当たり 51 K 語とすると、8 巻のテープに分

割して記憶しなければならない。

従って、I 表示で記憶させる場合、 ± 0.999 のサンプルデータは、5 回平均され、1,000 倍して整数に直し、磁気テープに書き込まれる。また計算データの書き込みは、もとのサンプルデータに変換して、浮動小数点で計算を行ない、この結果に、データの精度や I 表示の範囲を考慮した適当な定数を掛けて、スケールリングを行なう。

Unit #0 (サンプルデータおよびプログラム)

FOCAL-12	RES	DIAL	SAM DATA
\$ CAL	TYP*		α, β, q
\$ NSAM*	TYP*		I
\$ DIS*	TYP*		

Unit #1 (計算結果およびプログラム)

FOCAL-12	ZERO	DIAL	RESULT
\$ CAL	NSAM*		α, β, q
\$ DIS*	DIS*		I

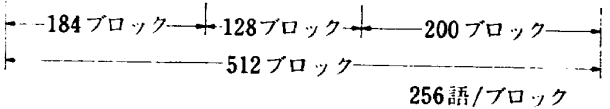


図 26 磁気テープ内容

これらのデータは、図 26 に示すような 200 ブロックに記憶され、184 ブロックには、次に示すような処理プログラムが収容されている。

処理プログラム名	使用目的
\$ ZERO	サンプルデータの零調
\$ CAL	センサーの校正係数計算
\$ NSAM*	データのサンプル、表示、記憶
\$ RES	風向風速の計算と結果の記憶
\$ TYP*	記憶データの印字
\$ DIS*	記憶データの表示

* 印は X, Y, Z の 3 種類のプログラムを意味する。
\$ 記号は、他のデータ処理ルーチン (ADTAPE など) と区別するためのものである。

図 27 に、処理要領 1)~5) の処理を行なうプログラムリストを示す。

6.3 風速ベクトル計算法

α, β プローブは、図 21, 22 に示すように、プローブ軸 (q プローブ) の両側 15 mm の位置におかれており、プローブ軸の位置を基準として、トラバースが行なわれるので、測定値を用いて、この軸上の風向を推定する必要がある。

W
C FOCAL-12

```

01.10 E;C NEWFOCAL-"$NSAMY"
01.20 L M,200,SAMDATA,1
01.30 L O,F1,1,SAMDATA,1
01.40 O T;A "Z,X"Z,X;I (Z)2.5;S K=3*X+3162*(Z-16)
01.50 S Y=0;S H=1;G 1.7
01.60 S Y=33;S H=-1
01.70 T "X=",X2,X;A "SAM START?"R;O C;I (R-0S)2.5,1.8,2.5
01.80 F J=0,33;D 3.0

02.10 F Y=0,33;D 4.0
02.40 S X=X+1;S K=K+3;I (30-X)1,4;I (H)1.5,2.5,1.6
02.50 L C,F1;Q

03.10 S EX=0;F I=1,3;S EX=EX+FADC(8);O 1,.01
03.20 S XX=333.3*EX;I (FABS(XX-30*Y)-3)3.3,3.3,3,1
03.30 S A=0;S B=0;S Q=0
03.50 F I=1,3;S A=A+FADC(9);S B=B+FADC(10);S Q=Q+FADC(11);O I
03.60 S C(J)=A;S D(J)=B;S E(J)=Q;S A=FDIS(.04*Y,A/6+.5);S Y=Y+H

04.10 S M=93*(16.5*(1-H)+H*Y)+K
04.20 S F1(M)=333.3*C(Y);S F1(M+1)=333.3*D(Y);S F1(M+2)=333.3*E(Y)
*L S,$NSAMY,0
*
```

図 27 FOCAL-12 (\$NSAMY)

また、プローブの迎角は、予想される気流の傾きに合せて取付けられ、測定精度が最も良い角度範囲で使用される。従って、プローブは、風洞軸系に対して傾いているから、プローブ軸系について計算された風向、風速は、風洞軸系に対して座標変換をしなければならない。

本実験では、次のようなステップによって計算を行った。

1) プローブ軸への変換

α および β プローブの測定圧 p'_α と p'_β は、トラバース方向 ($Y=0, 1, \dots, 33$) について内挿し、プローブ軸上に変換する。すなわち、プローブ軸上での差圧 p_α と p_β は、次式によって推定した。

$$p_\alpha(Y) = \frac{1}{2}(p'_\alpha(Y) + p'_\alpha(Y+1)) \quad (1)$$

ただし $p_\alpha(33) = p'_\alpha(33)$

$$p_\beta(Y) = \frac{1}{2}(p'_\beta(Y-1) + p'_\beta(Y)) \quad (2)$$

ただし $p_\beta(0) = p'_\beta(0)$

2) プローブ軸系の風向計算

q プローブによって得られた測定圧 q' は、みかけの動圧である。従って、差圧 p_α と p_β を q' で割った圧力係数 K_α と K_β は、あるレイノルズ数範囲に限れば、一般に α と β の2変数関数である。この関

数を Taylor 展開し、高次項を省略すれば、 K_α および K_β について次のようなプローブ検定式が得られる。

$$K_\alpha = A_0 + A_1\alpha + A_2\beta + A_3\alpha^2 + A_4\alpha\beta + A_5\beta^2 + A_6\alpha^3 + A_7\alpha^2\beta, \quad (3)$$

$$K_\beta = B_0 + B_1\beta + B_2\alpha + B_3\beta^2 + B_4\alpha\beta + B_5\alpha^2 + B_6\beta^3 + B_7\alpha^2\beta, \quad (4)$$

ここで、(3)、(4) 式に含まれている $A_i, B_i (i=0, 1, \dots, 7)$ は、実験的に決定される定数である。

この検定式に K_α と K_β の実測値を代入し、 α と β に関する2元3次方程式を解けば、風向が決定できる。すなわち、Newton-Raphson 法を用いて、3回の繰返し計算を行ない、プローブ軸上の風向 (α' と β') を求めた。

3) 動圧の計算

真の動圧 q は、次の検定式において α', β', q' が与えられれば計算できる。すなわち

$$q = q' / (C_0 + C_1\alpha + C_2\beta + C_3\alpha^2 + C_4\alpha\beta + C_5\beta^2 + C_6\alpha^3 + C_7\alpha^2\beta + C_8\alpha\beta^2 + C_9\beta^3), \quad (5)$$

(5) 式の中に含まれる $C_i (i=0, 1, \dots, 9)$ も実験的に決定される定数である。

4) 風洞軸系への変換

プローブ軸系 ($o'x'y'$) は、風洞軸系 (oxy) に対して、あらかじめ α_0 なる迎角をとって設定されている

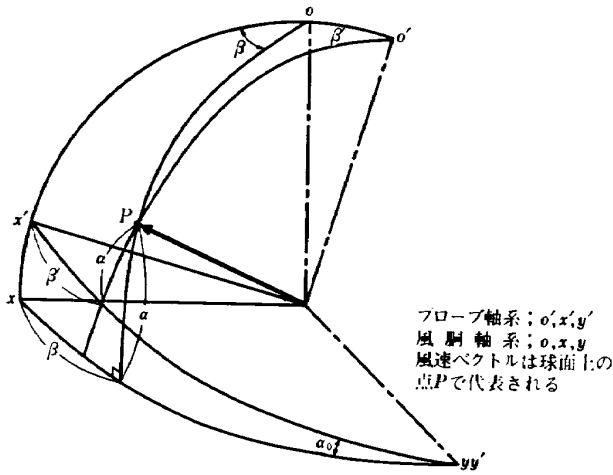


図 28 風洞軸系とプローブ軸系

ので、(3)、(4) 式から得られた風向 (α' , β') は、この傾きを考慮して修正されねばならない。(図 28 参照)

従って、風洞軸系での風向 (α , β) は、球面三角法の関係から

$$\alpha = \sin^{-1}(\cos \alpha_0 \sin \alpha' + \sin \alpha_0 \cos \alpha' \cos \beta'), \quad (6)$$

$$\beta = \sin^{-1}(\sin \beta' \cos \alpha' / \cos \alpha), \quad (7)$$

で計算される。

(5)~(7) 式の結果は、磁気テープに記憶され、必要な測定断面の風向風速がタイプされる。

図 29 は、測定断面 $X=400\text{ mm}$ でのジェット誘導場の吹き下し角分布を示したものである。この図で実線は、(6) 式の結果から等値線を求めたものである。この中には $\pm 1^\circ$ 程度の測定誤差が含まれている。また点線は理論的推定値¹¹⁾である。この吹き下し角の推定値は、ジェット流の表面に形成される渦系によって、外部に誘導されるポテンシャル流の速度場から求めたもので、この計算では、ジェット流の横方向の拡がり微小であると仮定している。そのため遠距離場のみ適用できる。

従って、図においてもジェットの中心から離れた場所では、実測値と理論が大體一致しているが、中心近くの等値線 ($\alpha=20^\circ$ 以上) では、両者の一致がよくないのは、このためであると思われる。

なお、この実験の詳細については、別の機会に報告される予定である¹²⁾。

7. あとがき

本実験の結果は、本設備が実験者の判断にもとづい

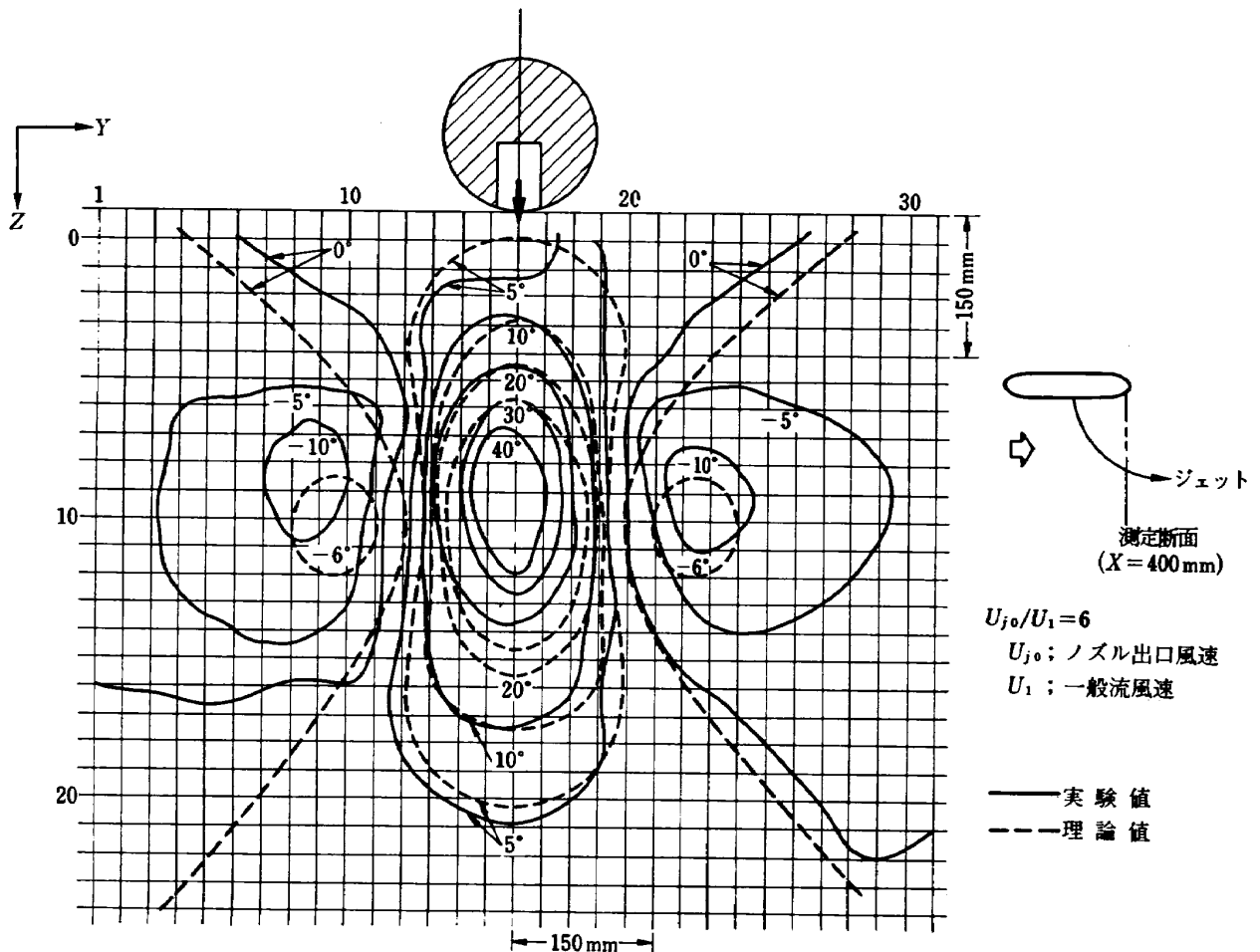


図 29 ジェット誘導場吹き下し角分布

て、実験装置をオンラインで制御し、かつデータを処理しうる機能、すなわち実験研究用として最適な機能を有していることが確認された。

その反面、このような実験で処理されるデータ量は約 15 万データもあり、大容量の記憶を必要とする。しかも、これらのデータを作表するのに、現用のタイプライタでは、約 1 週間以上の処理時間を要する。また、使用したソフトウェアは、A/D 変換装置などのデータ処理に必要な装置を、簡単に動作させることができるが、サンプル速度や磁気テープ転送速度に制限されるなどの問題が残されている。

今後、動的計測のみにとどまらず、さらに多目的な風洞実験にも適合しうるように、周辺装置の整備と実験ソフトウェアの開発を進める必要がある。

本報告では、本設備の構成と機能を中心にして述べたが、各装置の詳細や動特性については、別の機会に報告する予定である。

最後に、本設備の計画から完成まで、直接ご指導下さった空気力学第二部の重見部長と竹内室長に、また、ジェット誘導場の計測について、多大なご教示いただいた同部の遠藤室長に謝意を申しのべます。なお、本報告に関する実験や資料のとりまとめに際し、同部の綿貫技官と室田技官に、ご協力いただいたことを付記し、感謝いたします。

文 献

- 1) 重見 孝, 広岡貫一; 航空宇宙技術研究所大型低速風洞について, 日本航空学会誌第 15 巻第 167 号 (昭和 42 年)
- 2) 辻 三郎; 計算機の現状, 計測と制御, 第 8 巻第 12 号 (1969 年)
- 3) 広岡貫一ほか; 大型低速風洞動安定係数測定装置, 航技研資料 TM-178 (昭和 45 年)
- 4) 長洲秀夫ほか; 極超音速風洞計測装置について, 航技研資料 TM-160 (昭和 44 年)
- 5) 石井 泰; 実時間で動作する統計的処理, 計測と制御, 第 8 巻第 11 号 (1969 年)
- 6) 小野幸一; ヘリコプター振動のパワースペクトル解析, 航技研資料 TM-18 (昭和 38 年)
- 7) 藤森義典ほか; 境界層内圧力変動および板の振動変位の測定 (I), 航技研資料, TM-162 (昭和 44 年)
- 8) 小橋安次郎ほか; 非定常流中の円柱に作用する空気力について, 航技研報告, TR-63 (1964 年)
- 9) 森田光男ほか; リフトジェットエンジン試験設備 (II), 航技研資料 TM-113 (1967 年)
- 10) "PDP-12 System Reference Manual" Digital Equipment Corporation, 1970
- 11) 遠藤 浩; リフトジェットによる誘導場の理論, 飛行機シンポジウム講演集, 1970 年 11 月 10 日, 日本航空宇宙学会
- 12) 遠藤 浩ほか; 横風中に吹き出したる 3 次元乱流ジェットの弯曲径路と誘導速度場の研究, 航技研報告 TR として近刊

TM-213	フライングテストベッド空気系統試験	1972年2月	田辺義一, 小暮泰之 川崎純男
TM-214	フライングテストベッド燃料系統試験	1972年2月	田辺義一, 小暮泰之 川崎純男
TM-216	安定板を有する固体ロケットの操舵要求 軽減法	1972年2月	大石晃, 山中龍夫 冠昭夫
TM-217	フライングテストベッド自動安定装置性 能試験(I)―製作時性能試験―	1972年7月	小川敏雄, 甲斐忠夫 十河弘, 増原恢
TM-218	フライングテストベッド自動安定装置性 能試験(II)―実験前性能試験―	1972年7月	小川敏雄, 甲斐忠夫 十河弘, 増原恢
TM-219	フライングテストベッド脚性能試験	1972年5月	渋谷昭義, 川崎純男
TM-220	フライングテストベッドテレメータ性能 試験	1972年5月	小野幸一, 十河弘 池上博
TM-221	ロケット模型の動安定微係数の測定	1972年5月	谷 喬, 高島一明 関根英夫, 中村正剛
TM-223	自由飛行模型 FFM-10 の強度について	1972年5月	河崎俊夫, 齋藤秀夫 埴武敏, 多田保夫 林洋一, 戸田勲 日下和夫, 築地恒雄 中井暎一, 森高甫 菊地孝男, 森高橋 東久保正年, 越出慎一
TM-224	フライングテストベッド油圧系統試験	1972年5月	藤枝郭俊, 十河弘 川崎純男, 中村公昭
TM-225	ストラップダウン方式の慣性機器誤差に よって生ずる飛しよう径路誤差の一考 察	1972年5月	大月正男, 新宮博 鈴木孝雄
TM-226	フライングテストベッド機体強度剛性試 験	1972年7月	渋谷昭義, 丸山茂 川崎純男
TM-227	フライングテストベッド操縦系統試験	1972年7月	藤枝郭俊, 牧野健 川崎純男
TM-228	航空用ガスタービンの高圧形燃焼器の予 備実験	1972年7月	鈴木邦男, 石井浅五郎
TM-229	液体酸素中におけるころがり軸受の性能	1972年7月	宮川行雄, 関勝美
TM-230	航空用ガスタービン燃焼器における排気 制御の研究(I)	1972年7月	齋藤隆, 鈴木邦男
TM-231	フライングテストベッド全機振動試験	1972年8月	渋谷昭義, 岡田典秋 丸山茂, 川崎純男
TM-232	フライングテストベッド電気系統試験	1972年9月	甲斐忠夫, 十河弘
TM-233	フライングテストベッド空気タービン試 験	1972年11月	宮本義人, 中村公昭 川崎純男, 東海林秀幸
TM-234	スピン燃焼試験設備による燃焼実験	1972年10月	石井進一, 岡部祐二郎 山田晃, 新岡嵩 三谷徹
TM-235	推進エンジン用空気取入口の予備実験(続報)	1972年10月	近藤博, 長谷川聡

注：欠番は配布先を限定したもの

航空宇宙技術研究所資料236号

昭和47年10月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
 〒182 東京都調布市深大寺町1880
 電話武蔵野三鷹(0422)47-5911(大代表)

印刷所 有限会社啓文堂松本印刷
 東京都文京区水道2-7-5

