

UDC 533.6.07.3:  
681.3.02.022

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

## TM-345

大型低速風洞データ処理システムについて I

—システムの更新と計測のオンライン化—

桑野尚明・星野秀雄・室田勝一

1978年3月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 大型低速風洞データ処理システムについて I\*

—システムの更新と計測のオンライン化—

桑野尚明\*\* 星野秀雄\*\* 室田勝一\*\*

## 1 まえがき

航空宇宙技術研究所大型低速風洞は、昭和40年に完成して以来、現在に至るまで多数の研究実験と国内において開発される航空機、飛しょう体の試験とを行ってきた。これらの風洞試験データは、専用の計算機を備えた（静的量）計測装置により処理してきた。

本装置が完成した当時は、全機6分力試験のデータ処理技術が最初の課題になり、ノイズの多い大量のデータを精度良く処理する方式が確立された。その後も逐次改良が行なわれ、全機6分力試験を基本にしてプロペラ付き試験、高揚力装置付き試験が種々組合わせて効率良く処理する実験法の確立を計ってきた。

しかし本装置稼働開始以来、10年近く経過し老朽化が

著しく、特に電子計算機部分の故障が多発して風洞試験に支障きたし始めた。このため当研究所の大型電子計算機システムの更新を機に新規データ処理システムが導入され、本装置の電子計算機部分の更新が昭和50年2月に行なわれた。

大型低速風洞データ処理システムは最新鋭の高性能ミニコンピュータで、本装置と結合して風洞試験のデータ収集処理を実時間で行なったり、通信回線により大型電子計算機システムを利用するなど旧計算機の性能・機能が大巾な変更をもたらした。また本システムの導入によって(1)データ収集・処理時のクイックルック機能を充実させるとともに計測のオンライン化・簡易化を計ったので、データ処理能率が向上した。さらに(2)高速 A/D 変換機能を補足して小型圧力切換弁による圧力分布測定 of 自動化と高速化、(3)

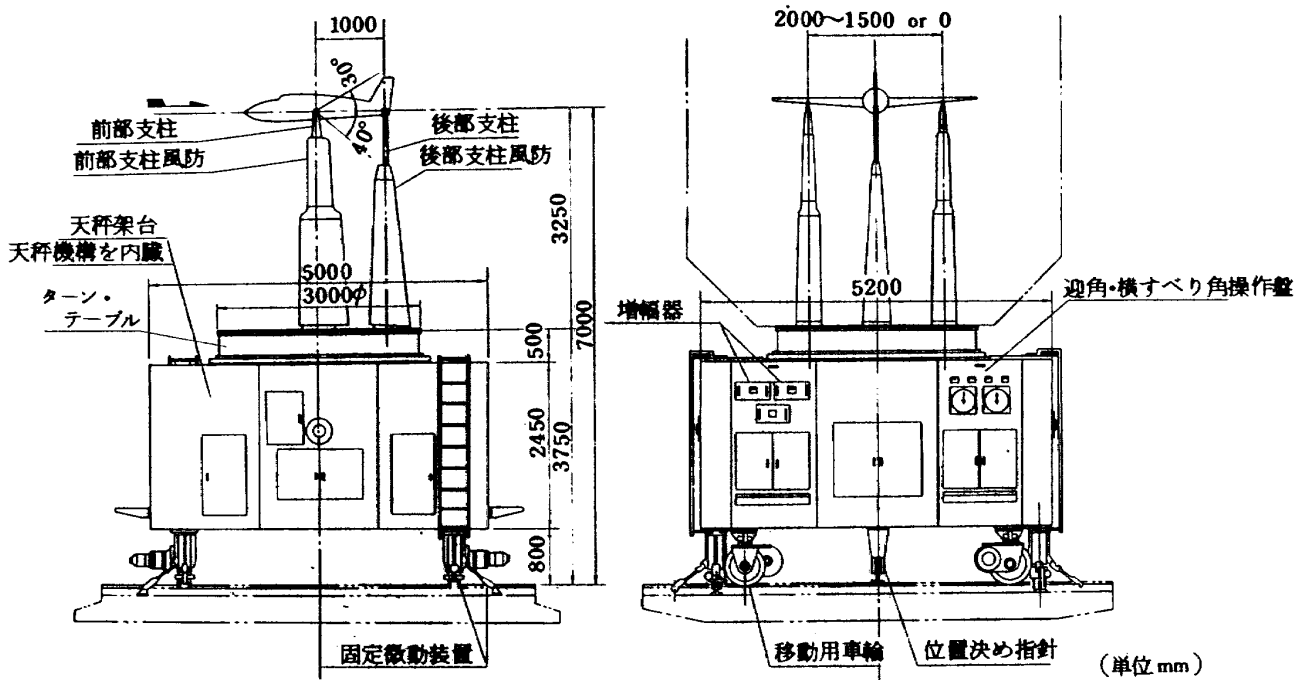


図1 ピラミット天秤外形図

\* 昭和53年1月6日受付

\*\* 空気力学第二部

大型計算機システムへの実験データの転送と処理方式の確立などデータ処理方式の改良による試験精度の向上と省力化を行ってきた。

本報告では(1)の内容を主要題に、新旧両システムの処理方式の相違を含めデータ処理の現状について述べ、大型低速風洞における試験計画の作成および実行中の判断にさいして、利用者に必要な情報を与えることを目的としている。なお、(2)、(3)については別の機会に報告する予定である。

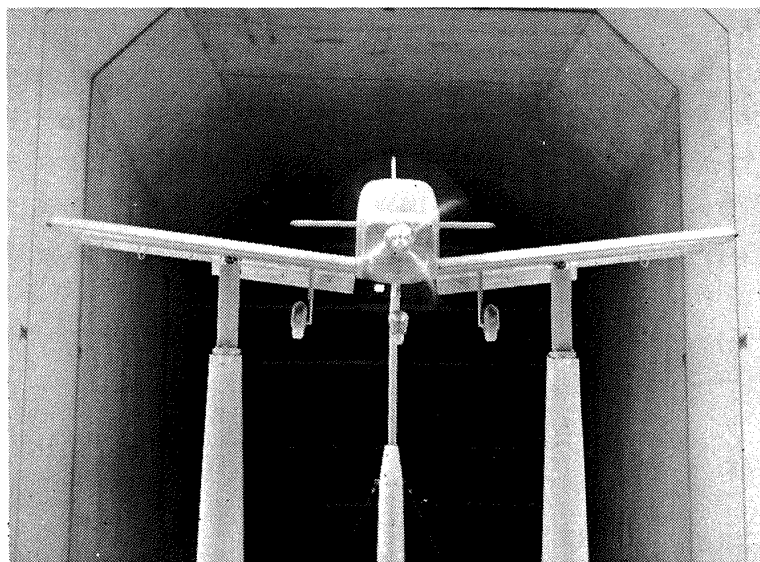
## 2 計測装置の概要（更新の経緯）

本風洞は測定部断面  $5.5\text{ m} \times 6.5\text{ m}$ 、最大風速  $60\text{ m/s}$  の連続式風洞で、全機模型の6分力試験に用いるピラミッド型の外挿天秤の他に、プロペラ付きや高揚力装置付き全機模型試験、さらにムービングベルトによる地面効果試験

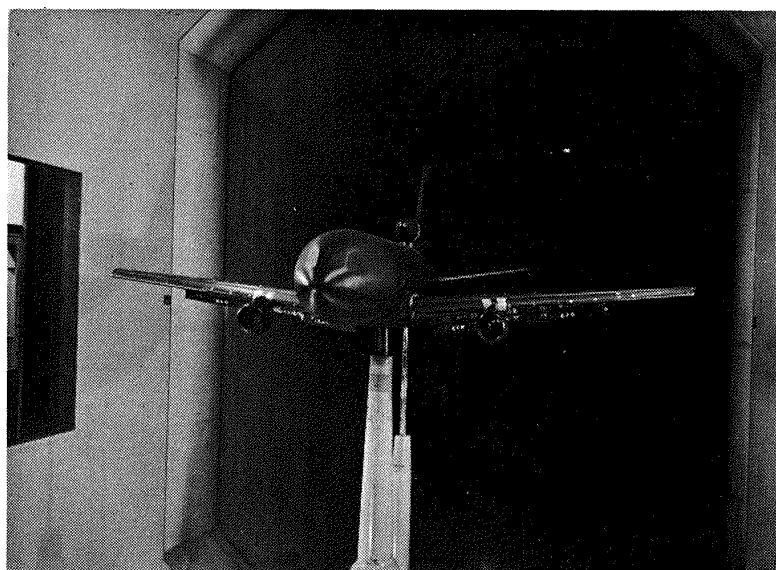
などを行なうための付帯設備が備えられている<sup>1)</sup>。ピラミッド天秤には模型支持装置と模型変角機構をもっており、後部支柱の上下により迎角を、ターンテーブルの回転により横すべり角が変更できる(図1)。

風洞試験は、測定部に設けられた支柱(3本、2本または1本)に模型をとりつけ(図2)、迎角や横すべり角を変化させたとき、気流によって模型が受ける空気力、方向舵、昇降舵、フラップなどのヒンジのモーメントおよび迎角、横すべり角、気流の温度、測定部の基準圧力その他模型表面の圧力分布やプロペラの回転数などを各種センサーにより電気量に変換して測定するもので、図3にこの計測装置のブロックを示す。

本装置のデータ・チャンネルは、アナログ信号34chとデジタル信号4chの計38chから成る。アナログ信号



(a) 3本支柱方式



(b) 2本支柱方式

図 2 模型取付け方式(固定壁カート内部)

のうち、6分力やヒンジモーメントなどの低レベル信号15chは電圧増幅され、気流温度や測定部静圧などの高レベル信号19chとともにA/D変換器でデジタル量に変換される。また動圧や天秤角度のようなデジタル信号は直接制御卓に入り、アナログ信号系とともに編集され、制御卓の制御信号に従って高速紙テープさん孔機に出力する。一方、模型表面圧力分布など多量の圧力データを計測する場合は、10点の測定圧をまとめて1つの圧力走査器で走査させ、これを圧力変換器、電圧アダプタで高レベル信号に変換し、力・圧力切替器でデータ処理の流れに入れる。紙テープに記録したデータは、印字機により作表したり、専用の電子計算機(NEAC2230)により最終的処理を行なう。

電子計算機システムは、全トランジスタ式で、コアメモリ2.4K語の他に、磁気ドラム、ラインプリンタ、紙テープリーダーとタイプライタなどで構成され、さん孔テープを

仲介して実験データの物理量変換や係数化などの処理を行ってきたが、稼働後6年を経過した頃からトランジスタ劣化などハード的部分の故障が多発してデータ処理に支障をきたし始めた。さらに古い型式の計算機であるためコスト・パフォーマンスが悪く機能拡張ができないこと、技術上要求される新規の測定項目を処理する機能がないことなどを将来に行きづまりが生じ早急な更新が望まれていた。

一方、当研究所の大型電子計算機設備は、これまでHITAC 5020/5020Fシステムを使用してきたが、年々増大する計算需要を処理し、さらに計算機の新分野の応用を計るため、各種の風洞をはじめとする大型試験研究設備のデータ処理も含めた研究所全体の計算機総合システムとして検討され、昭和49年度FACOM230-75システムに代替された。

この更新にもなって新規データ処理システムが導入され、本計測装置の電子計算機を中心にした処理部の更新が

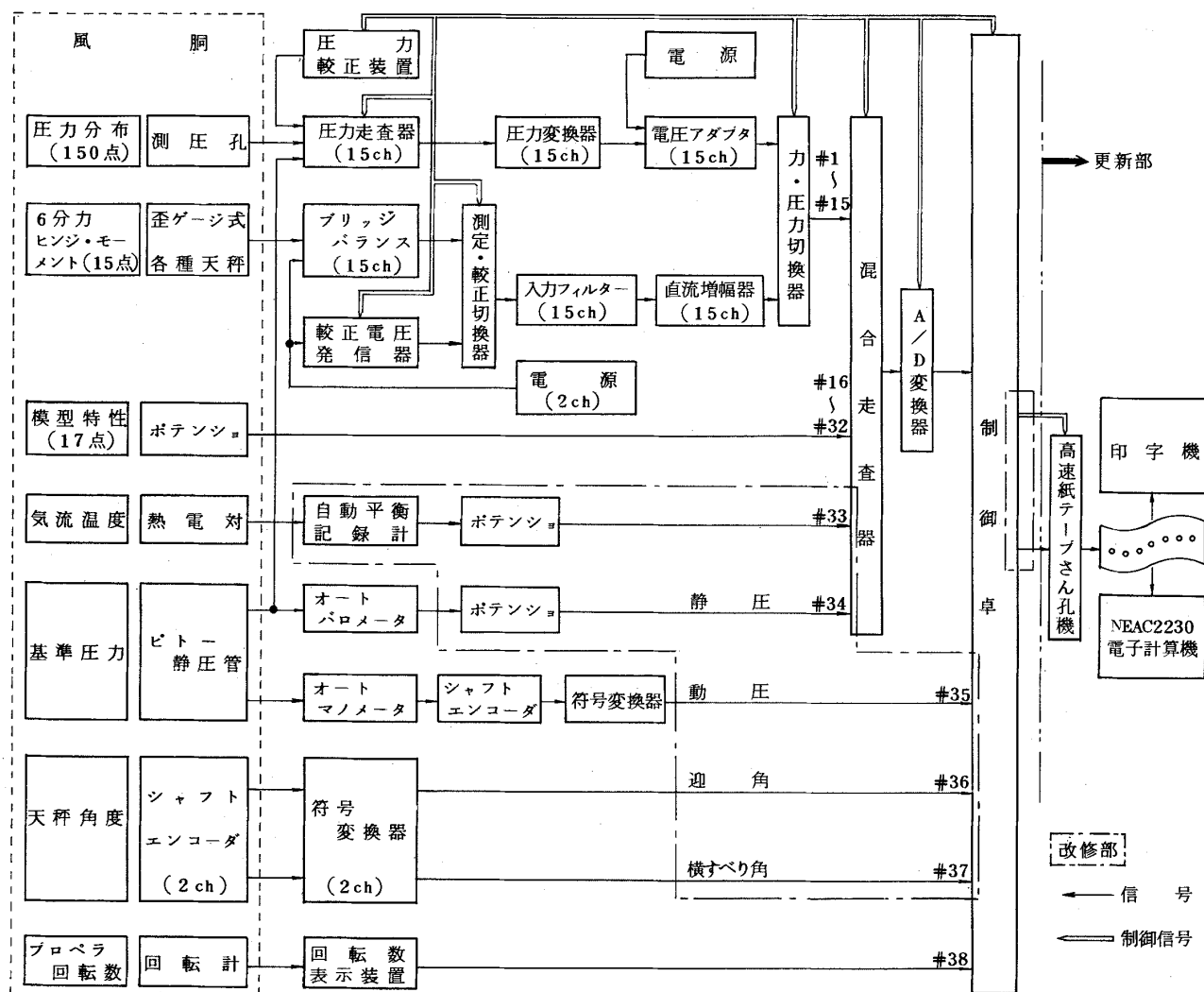


図 3 大型低速風洞静的量計測装置ブロック図

表1. 既設装置の主要機器性能

機器名称 (数量)	性能諸元
1. 6分力天秤	<p>型式：ピラミット型</p> <p>荷重検出方式：歪ゲージ式ロードセル (標準, 1/2, 1/4セル)</p> <p>容量：揚力 -800~1500 [kg]</p> <p>(標準セル) 抗力 -50~350 [kg]</p> <p>偏力 -200~200 [kg]</p> <p>縦揺れ -500~500 [kg-m]</p> <p>偏揺れ -300~300 [kg-m]</p> <p>横揺れ -300~300 [kg-m]</p> <p>精度：0.2 % FS</p>
2.ブリッジ・バランス (15 ch)	<p>使用ゲージ：標準120Ω</p> <p>ゲージ接続法：2ゲージ法, 2ゲージダミー共通法, 4ゲージ法</p>
3. 入力フィルタ (15 ch)	<p>方式：ローパス (LCR)</p> <p>遮断周波数：0.7, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1 Hz</p> <p>遮断特性：13db/oct</p>
4. 直流増幅器 (15台)	<p>増幅度：0~1000倍, 7段切換</p> <p>周波数特性：DC~50KHz (3db)</p> <p>雑音：25 μV (入力換算)</p> <p>出力：±10V, 100 mA</p> <p>精度：±0.01 % FS</p>
5. 較正信号発信器	<p>較正電圧：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 mV</p> <p>精度：±0.01 % FS</p>
6. 圧力走査器 (15台)	<p>入力圧力点数：測定圧10点, 基準圧1点, 較正圧1点 計12点</p> <p>切換速度：1~3秒/点</p>
7. 圧力変換器 (15台)	<p>型式：差動トランス力平衡式</p> <p>測定範囲：-500~5000 mmH<sub>2</sub>O (差圧)</p> <p>出力：0.5~50mA</p> <p>精度：±0.2 % FS</p>
8. 電圧アダプター (15台)	<p>入力：電流0.5~50mA</p> <p>出力：電圧-0.5~5V</p> <p>精度：±0.01 % FS</p>
9. 電 源 (4台)	<p>設定電圧：DC 0~10V (0~2A), 4桁ダイヤル設定</p> <p>安定度：±0.01 % FS</p> <p>設定精度：±0.02 % FS</p>
10. 混合走査器	<p>走査方式：マイクロ・リレー式, 自動および手動設定</p> <p>走査速度：10点/秒</p>
11. A/D変換器	<p>方式：逐次比較型</p> <p>変換速度：20点/秒</p> <p>桁数：符号付BCD 4桁 (±7999)</p> <p>精度：±0.01 % FS ±1 LSB</p>
12. 回転数表示装置	<p>測定範囲：最高24,000 rpm</p> <p>精度：0.1 % FS ±5 LSB</p> <p>出力：BCD 5桁, 無電圧b接点 (10mA, 6V以上)</p>

昭和50年2月に行なわれた。

本装置の主要機器性能を表1に示す。各種風洞パラメータの性能については、次章で述べる。

### 3 計測のオンライン化

データ処理システムの更新にさいして、次のような基本方針をもとに、これに経済性、汎用性、将来性などを考慮して、既設装置の改修と本システムとの結合により計測のオンライン化を計った。

1) データ収集部と処理部の統一を計り、オンライン処

理方式にする。

2) 模型姿勢変更やデータ収集時での人力介入による操作ミスを防止するため、これらを計算機制御にする。

3) 模型形態（舵角など）の設定ミスや不良データの発生などによる再試験を極力さけるため、データ収集時のクイックルック機能を設ける。

4) 将来のセンサー・サイドの拡張，増強に備える。

5) 大量の実験データ・ファイルの取扱いや管理を有機的にし，処理プログラムの作成を容易にする。

本システムの外観を図4に，構成を図5に示す。システ

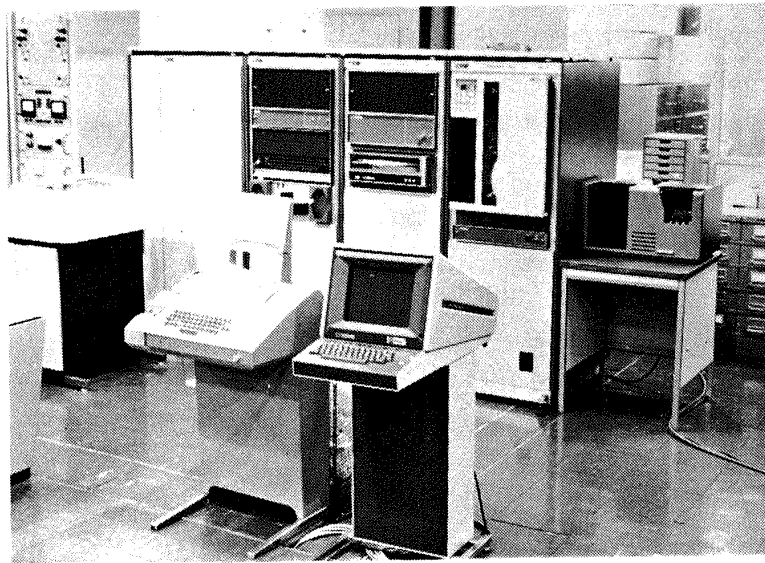


図 4 データ処理システム外観図

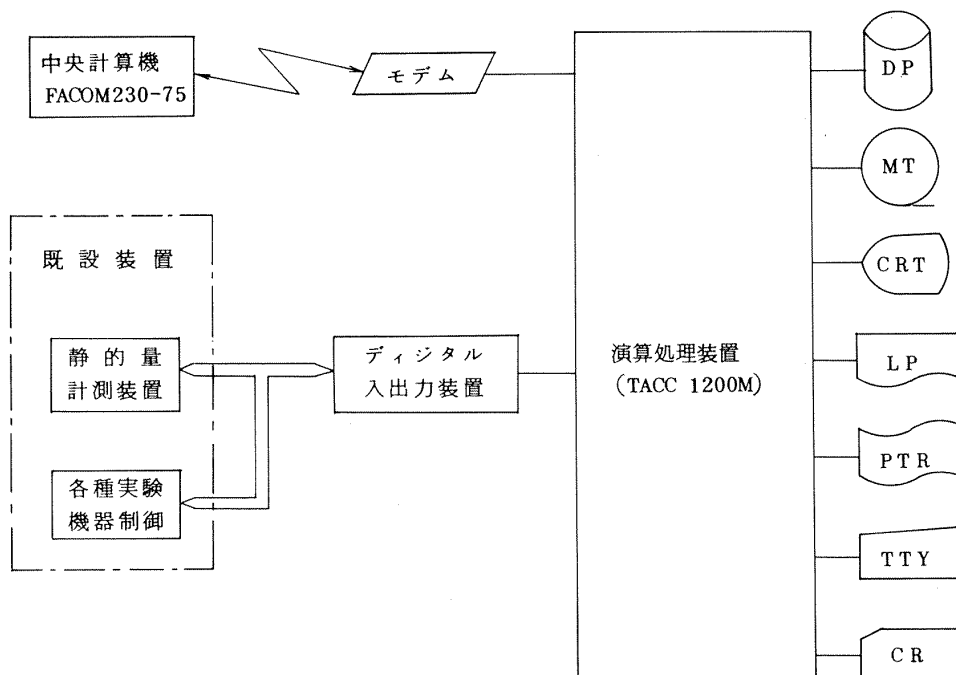


図 5 データ処理システム構成図

ムの機能および性能については次項で、既設装置との結合内容については、第3.2項で述べる。

### 3.1 更新システムの概要

本システムは最新鋭の高性能ミニコンピュータで、既設の計測装置（制御卓など）と結合して風洞試験の制御やデータの実時間収集に用いる。すなわち風洞で測定された空気力や圧力などの各種データは、既設装置でデジタル量に変換され、デジタル入出力装置を介して演算処理装置に入る。

演算処理装置は、あらかじめ設定された計測条件に従って、模型の姿勢制御や風速の計算表示を自動的に行なうことができる。また、この条件のもとで空気力や圧力などのデータを収集処理し、必要な結果についてグラフィック・ディスプレイ上に図形表示を行ない、データの追加修正や実験パラメータの変更がすみやかに行なえるようにしてデータ処理の効率を計った。

測定データや最終結果は、ラインプリンタに印字したり、磁気テープに格納する。さらに、より高度な計算処理やプロット処理とデータ保管のため、中央計算機システム（FACOM230-75）と接続されたリモート・パッチ・ステーションとしての機能を有している。

本システムの主要性能は、次の通りである。

#### 演算処理装置（TACC 1200M\*）

回路素子	集積回路（LSI, MSI）
記憶容量	磁気コア 32 K語 **, 16ビット/語
サイクルタイム	1.2 $\mu$ s
演算速度	固定小数点乗除算 4.1 $\mu$ s 以下
I/O 転送速度	最大 833 K語/秒
割込みレベル	1ライン16レベル

#### 磁気ディスク装置（DP）

形式	可動ヘッド型
記憶容量	1.2 M語
転送速度	約 1.4 Mビット/秒

#### 磁気テープ装置（MT）

記録密度	800 BPI, 9トラック
テープ速度	24 IPS

#### グラフィック・ディスプレイ（CRT）

形式	11インチ・ストレージ型
文字表示	74字×35行, ASCIIコード

グラフ表示 1024×780ポイント

#### ラインプリンタ（LP）

形式	回転活字ドラム型
速度	300行/分
印字	64 ASCII文字, 132桁/行

#### 紙テープリーダー（PTR）

方式	光電式並列読取り
速度	400字/秒, 8単位紙テープ

#### カードリーダー（CDR）

方式	光電式並列読取り
速度	400枚/分, 80カラムカード

#### テレタイプライタ（TTY）

速度	600字/分, ASCIIコード
印字	72文字/行

#### デジタル入出力装置

デジタル入力	40 ch, 正論理レベル (0V→4~15V)
	72 ch, 無電圧 b 接点
デジタル出力	24 ch, 正論理レベル (0V→5V)
	8 ch, 10ms 巾パルス (0V→5V)
	8 ch, 無電圧 a 接点 (10W, 0.5A)
割込み入力	6 ch, 負論理レベル (4~15V→0V)
	2 ch, 無電圧 a 接点
D/A変換出力	1 ch, 出力 (±10V, 5mA)
その他	
モデム	伝送速度 (4800ビット/秒)
カードパンチ	1台, オフライン用

### 3.2 既設装置との結合

本計測装置は、図3に示すように出力信号が紙テープ作成用に作られており、電圧レベルや制御信号などの点で、データ処理システムと直接に結合することができない。また、計算機制御による模型姿勢変更や風速表示機能をもたせるため、オンライン化に対して必要な本装置の改修や各種コントロール機器の試作を行ない、全てデジタル信号として本システムに結合させた。そのオンライン計測の系統を図6に、デジタル信号の結合内容を表2に示す。

#### 3.2.1 基準データとの結合

風洞試験において、重要なパラメータである気流温度  $T_0$ 、測定部静圧  $P_0$ 、動圧  $q$ 、迎角  $\alpha$ 、横すべり角  $\beta$  などの基準データは、制御卓の ch33~ch37に結合され、処理されてきた。

基準データを用いて、計算機制御による模型姿勢変更や

〔注〕\* 米国 Data General Corporation 製の NOVA1200, 日本ミニコン(株)製の NOVA 01 計算機と同一の性能を有する。

\*\* 本システム稼働後、28K語<sup>2)</sup>から32K語に増設

風速表示とデータ収集を精度良く、しかも能率良く行なわせるために、(1)アナログ量(ポテンショ)の $T_0$ 、 $P_0$ 測定器をデジタル化し、表2に示すような2進化10進(BCD)信号に統一した。さらに(2)基準データ信号系を制御卓と別系統にし、直接、本システムに結合させた。

この結果、力や圧力データの収集処理と独立して、模型

の姿勢制御を行なう一方、風速の計算、表示が可能になった。本測定器の性能を表3に示す。

### 3.2.2 制御卓との結合

制御卓は、各種計測器の校正、測定、変換、さん孔や印字、または表示など実験データの測定、記録および処理に

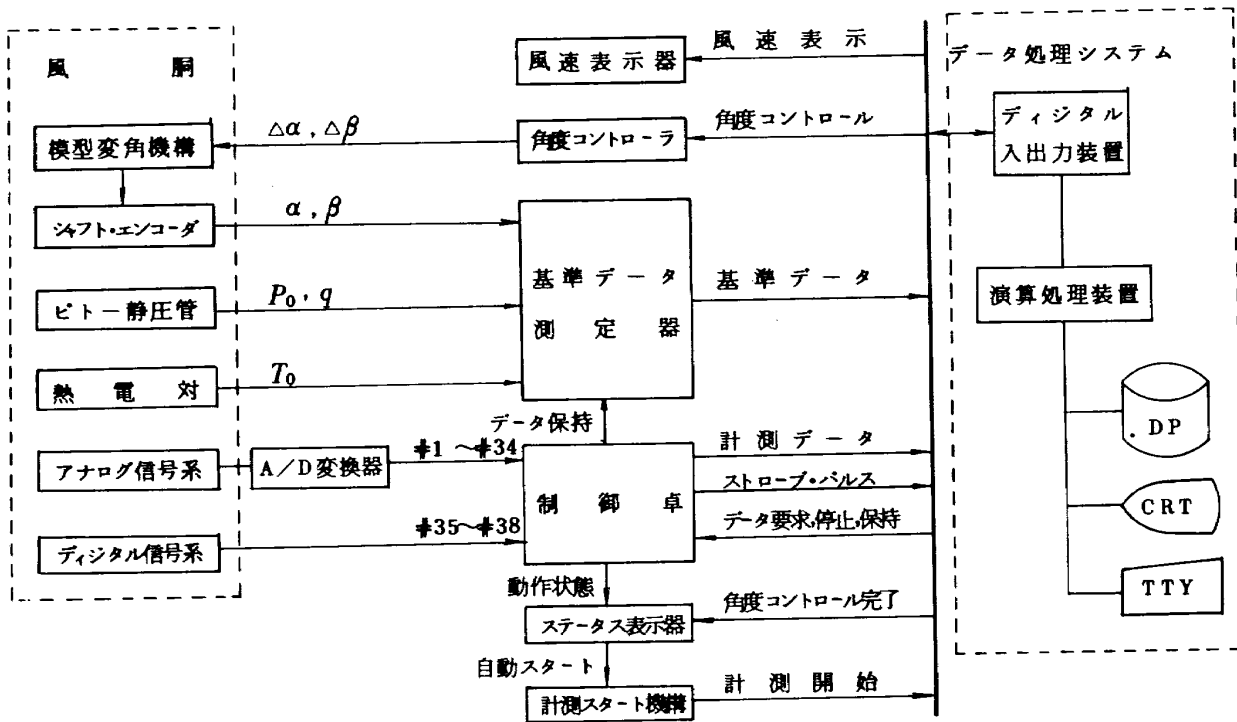


図6 オンライン計測系統図

表2 デジタル入出力信号

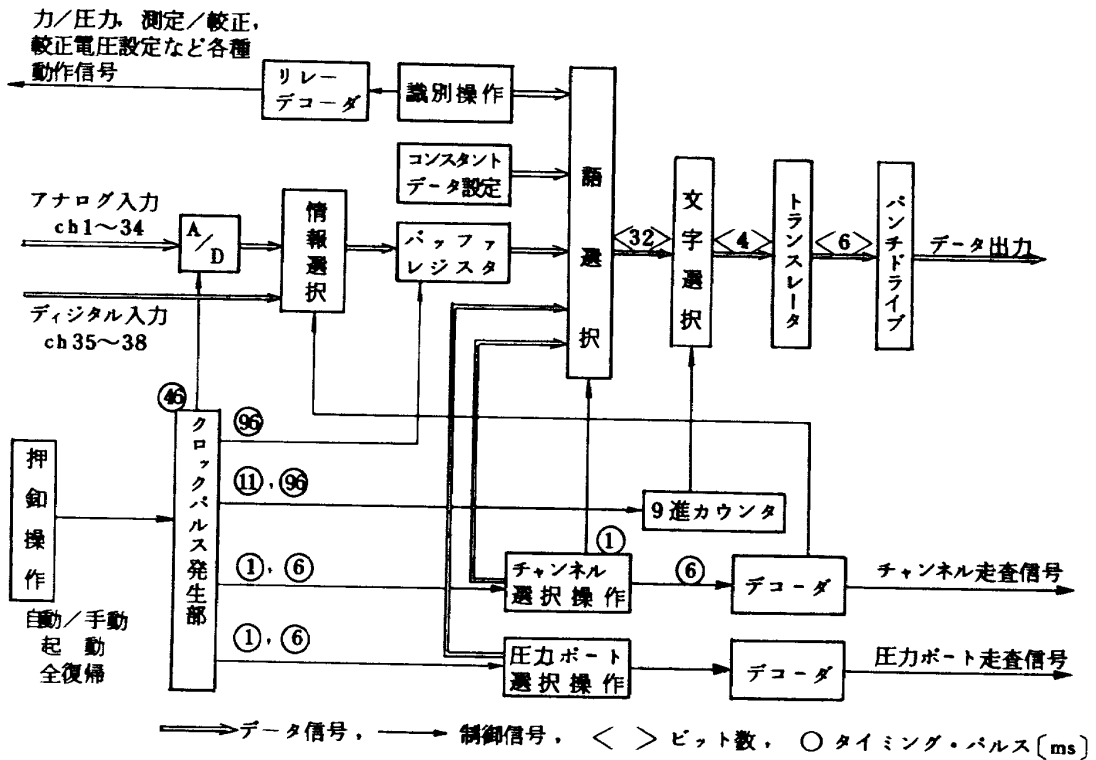
	信号名	ch数	規格
デジタル入力	基準データ $T_0$	16	BCD 4桁, レベル(0→6V) BCD 4桁, 無電圧b接点 BCD 5桁, 無電圧b接点 NEAC 6単位コード, 文字カウントパルス レベル(0→6V)
	・ $P_0$	16	
	・ $q$	16	
	・ $\alpha$	16	
	・ $\beta$	24	
	計測データ	8	
割込み入力	ストップ・パルス①	1	100msパルス(0→6V)
	・ ②	1	10msパルス(0→6V)
	計測開始	1	無電圧a接点
デジタル出力	データ要求	1	レベル(0→5V)
	データ保持	1	
	データ停止	1	10ms幅パルス(0→5V)
	風速表示	16	BCD 3桁, レベル(0→5V)
	角度コントロール 角度コントロール完了	4 1	無電圧a接点(10W, 0.5A)



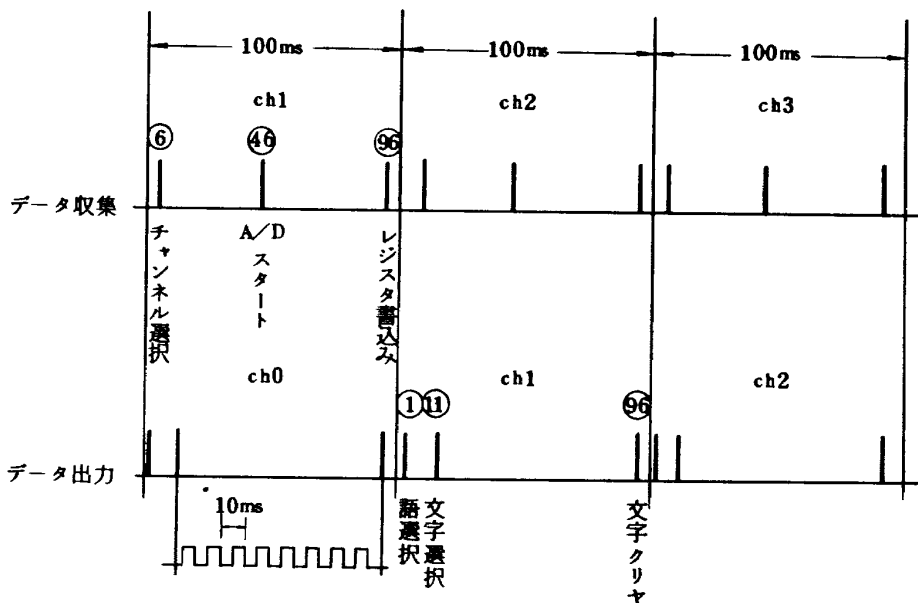
必要な全ての操作や制御を行なうもので、その動作概要を 図 7 に、データ出力形式を図 8 に示す。

制御卓上の押釦操作により、クロックパルス発生部で各種のタイミングパルス ( 1, 6, 11, 46, 96 ms ) が作成される。このパルスによって、データ収集と出力処理が 1 0 0 ms サイクル毎に最終チャンネル ( 38 ch ) まで繰返される。

最初の 100 ms で、チャンネル選択と A/D 変換を行ないバッファレジスタにデータを書込む。次の 100 ms では、レジスタの内容と操作釦で設定されたコンスタント・データ、識別信号、チャンネル番号、圧力ポート番号などのデータ情報が、1 語 3 2 ビット ( 8 文字 ) に編集され、9 進



(a) 系統図

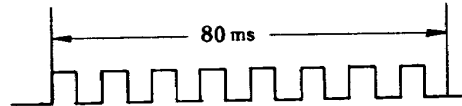


(b) タイムチャート

図 7 制御卓の動作概要

表 3. 基準データ測定器の性能

測定対象	測定器	測定範囲	精度	備考
$T_0$	デジタル温度計	$-50^{\circ} \sim 200^{\circ}C$	$0.1^{\circ}C$	銅-コンスタン熱電対 シャフト・エンコーダと 符号変換器を使用
$P_0$	オート・バロメータ	$690 \sim 790 mmHg$	$0.1 mmHg$	
$q$	オート・マノメータ	$0 \sim 300 mmH_2O$	$0.1 mmH_2O$	シャフト・エンコーダ使用
$\alpha$	符号変換器	$-30^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$0.01^{\circ}$	
$\beta$	"	$-100^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$0.01^{\circ}$	



文字順 語順	1	2	3	4	5	6	7	8	語選択 パルス名	データの種類 (桁数)
1	)	↑	SP	D	D	D	D	D	3 U D	コンスタント データ (20)
2	D	D	D	D	D	D	D	D	3 V D	
3	D	D	D	D	D	D	D	)	3 W D	
4	SP	D	SP	D	SP	D	SP	D	3 X D	識別信号(4)
5	A	A	A	A	A	A	A	)	3 Y D	圧力ポート 番号 (2)
6	A	D	D	A	A	A	SP	SP	0 0 D	
7	D	D	S	D	D	D	D	SP	0 1 D	チャンネル番号 (2)
↓				↓					↓	
44	D	D	S	D	D	D	D	)	3 8 D	測定データ(4)

(a) 語データ出力形式

ビット 文字	2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>5</sup>	記号
復 回	0	1	1	0	1	1	)
ス ペ ース	1	1	1	0	1	1	SP
上 段	1	0	0	0	1	1	↑
オ ー ル マ ー ク	1	1	1	1	1	1	A
+	0	1	1	0	1	0	S
-	0	0	0	1	1	0	
0	0	0	0	0	1	1	D
1	1	0	0	0	0	0	
2	0	1	0	0	0	0	
3	1	1	0	0	0	0	
4	0	0	1	0	0	0	
5	1	0	1	0	0	0	
6	0	1	1	0	0	0	
7	1	1	1	0	0	0	
8	0	0	0	1	0	0	
9	1	0	0	1	0	0	

'1' ; -8V  
'0' ; 0V

(b) 文字データ出力形式 (NEAC6単位コード)

図 8 計測データの出力形式

カウンタで文字列に変換される。文字データは、トランスレータによりNEAC6単位コードのパルス列(+6V)に変換され、パンチ・ドライブ回路を経由して出力(-8V)されていた。

このような動作を本システムの制御のもとで行なうため、次のようなインタフェースを試作し、デジタル信号として本システムと結合させた。

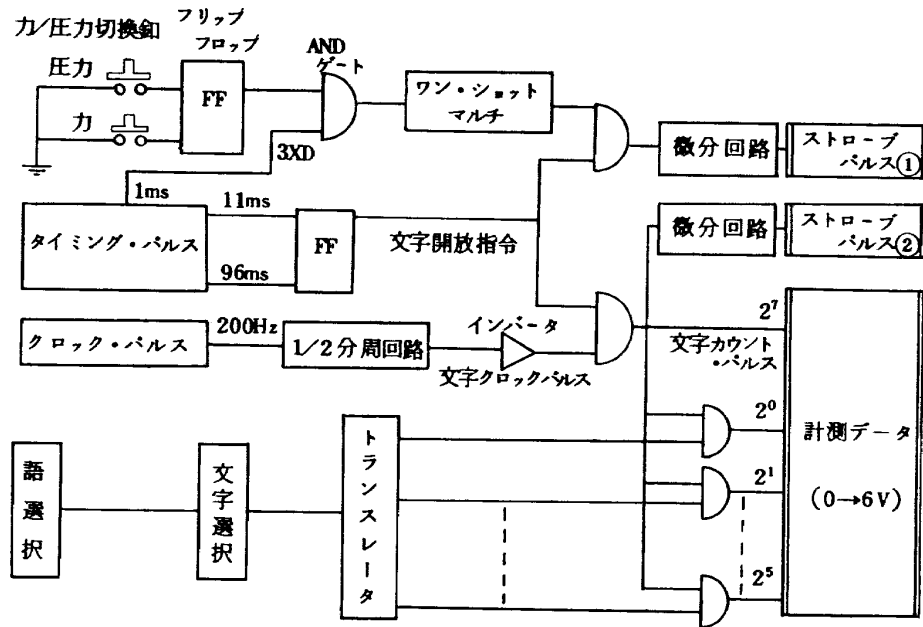
1) 計測データおよびストローブ回路(図9)

本システムのデジタル入力は全て正論理であるので、これに適合した制御卓信号(以下計測データという)を出力する必要がある。図9に示すように、文字開放指令と文字クロックパルスとにより作られた文字カウントパルスと同期したトランスレータ出力を、計測データ信号として使用した。また文字カウントパルスは、計測データのタイム

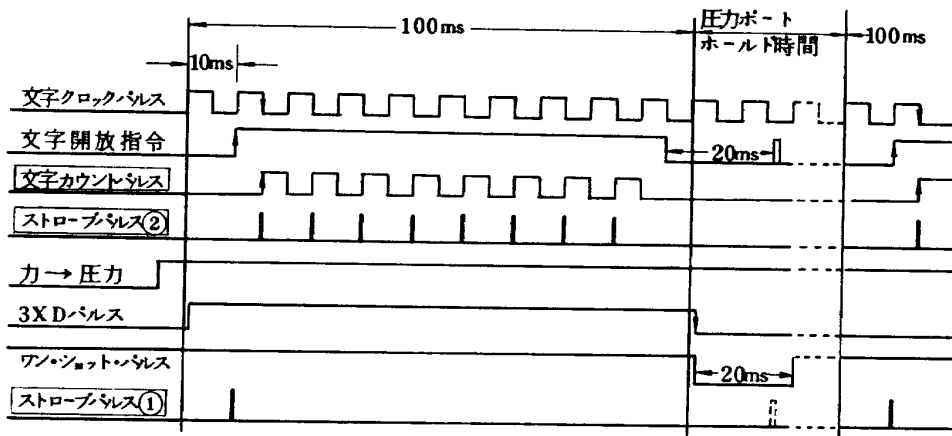
オーバーエラーのチェック用として、計測データとともに本システムに出力する。

さらに、計測データ読み込みのタイミングとエラー防止のため、二系統の割り込み信号(パルス巾100μs)が必要となる。従って、文字開放指令と文字カウントパルスの立上りを、それぞれ微分回路により波形変換して、ストローブパルス①(100msサイクル)と、ストローブパルス②(10msサイクル)を作成した。

本システム調整試験中、圧力データの収集時において、ストローブパルス①のエラーが続出した。これは圧力ポート・ホールド中に発生する文字開放指令パルスによるものであり、これを防ぐため圧力状態信号と識別信号出力指令(3XDパルス)の立下りで、20msのワンショット・パルスが発生する回路を補足した。



(a) 系統図



(b) タイムチャート

図9 計測データおよびストローブパルス回路

本システムでは、制御卓のストロブパルスに従って、コンスタント・データ、識別信号、圧力ポート番号、チャンネル番号、測定データの順に計測データを取込み、ソフトウェアでASCIIコードに変換し、各データの分類・編集を行なう。コンスタント・データは識別信号を含めて、24桁として定義される。また、力と圧力の判別は、圧力ポート番号の有無によって定められる。

2) データ要求・停止および保持回路

制御卓の起動・停止やチャンネル走査（自動/手動）は、全て制御卓の操作鈕により行なわれる。

自動走査条件のもとで起動鈕を押すと、起動指令が発生し、自動指令や原振（200 Hz）との論理積によりスキャン開始指令が作られて制御卓の動作が開始する。しかしエンド・チャンネル信号を受信すると、スキャン開始指令が

クリアされて制御卓の動作を停止する。また、スキャン中の強制停止は、全復帰鈕により行なう。

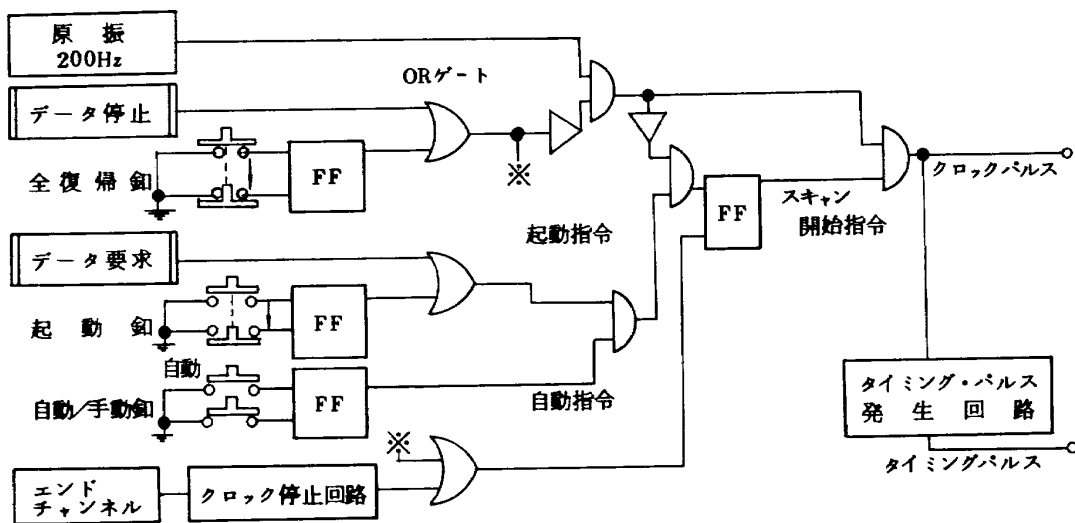
本システムから制御卓の起動・停止操作を行うために、データ要求および停止回路を追加した。（図10）

データ要求信号は起動鈕と、データ停止信号は全復帰鈕と同じ動作が行なえ、しかも手動走査もできるように、OR回路で構成した。しかしデータ要求信号がレベル信号であるので、データ停止パルスがクリア後、ただちにデータ要求信号をクリアするように、ソフトウェアで考慮した。

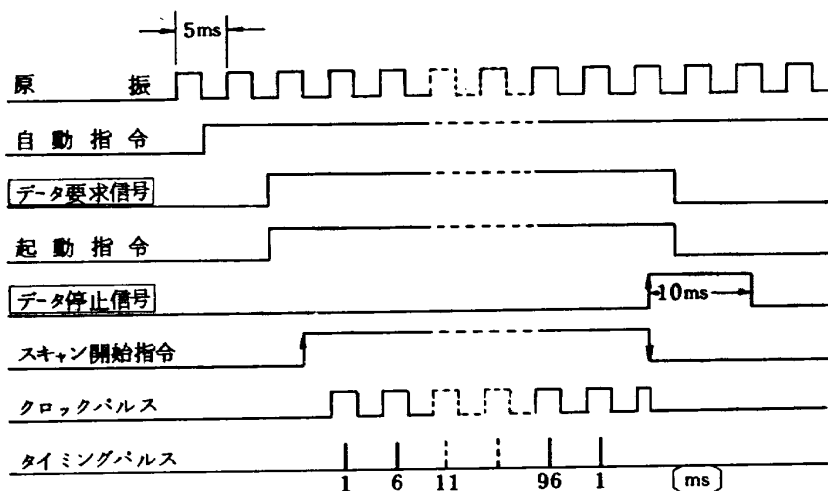
データ保持信号は、基準データの読込みエラー防止に用いるもので、基準データ測定器の電圧レベルに適合する回路を追加した。

3) ステータス表示回路

実験者に制御卓の動作状態（動作中、停止中）を知らせ



(a) 系統図



(b) タイムチャート

図 10 制御卓の起動・停止回路

るため、スキャン開始指令を利用して、ステータス表示器にランプ表示信号を発生するための回路で、論理回路とドライバなどで構成した。

### 3.2.3 各種コントロール機器 (図11)

模型の姿勢制御、風速表示、動作状態表示や計測開始指令を発生させるための各種機器を試作した。

#### 1) 角度コントローラ

模型姿勢の変更は、天秤内に装備されている3相誘導電動機(200V, 0.45KW), 制御回路, 操作回路などの模型変角機構と設定釦により行なわれる。この設定釦と同じ動作を計算機のコントロールのもとで行なうため、角度コントロール信号が用いられる。

角度コントロール信号は、 $\alpha$ ,  $\beta$ の読み込みデータと設定値(ソフトウェア)との偏差を計算し、それにもとづいた角度( $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\beta$ )を制御するもので、 $\alpha$ ,  $\beta$ について夫々正負2chの接点信号(10W, 0.5A)を出力する。

本信号と模型変角機構とは、接点容量の不足で直結することができない。従って、接点容量の大きい制御用リレー回路(200V, 0.75W)で構成された角度コントローラを経由して結合させることにした。なお、角度設定速度は、2~3秒/1°である。

#### 2) 風速表示器

本器は、 $T_0$ ,  $P_0$ ,  $q$  データをもとにして計算した風速表示信号をデシマル表示させるもので、BCDデシマル変換回路、ニキシー管、ドライブ回路より構成した。

#### 3) ステータス表示器と計測スタート機構

ステータス表示器は、本システムの動作状態をランプ表示するもので、制御卓の停止中、動作中および計測開始の表示を行なう。停止、動作信号はステータス表示回路より、計測開始は本システムからの角度コントロール完了信号より受ける。

計測スタート機構は、実験者の判断にもとづいて、本システムに計測開始指令(割込み)を与えるもので、手動・自動切換スイッチ、手動スタート・スイッチおよびタイマー回路で構成した。

角度設定後、過渡的な空気力による模型の振動や天秤自身の振動をさけるため、タイマー回路により1~10秒(任意設定)の遅延時間をもたせて、計測を行なうようにした。

## 4 風洞試験のデータ収集とその処理

### 4.1 ソフトウェアの概要

本システムのソフトウェアの構成を図12に示す。

本システムのオペレーティング・システム(MOSLAB IV\*)は、リアルタイム処理を効率良く実行するための実時間処理機能とファイル処理機能を有している。即ち、リアルタイム処理に必要な入出力のタイミング、外部割込み処理、タスク処理、オーバレイ、スワッピングなどの処理機能をもっており、リアルタイムFORTRAN\*\*, アセンブラ言語によって記述できる。その他、プログラムの作成、データ・フェイリング、データ解析などのバッチ処理機能を合せもっている。

CLI(Command Line Interpreter)は、ユーザ

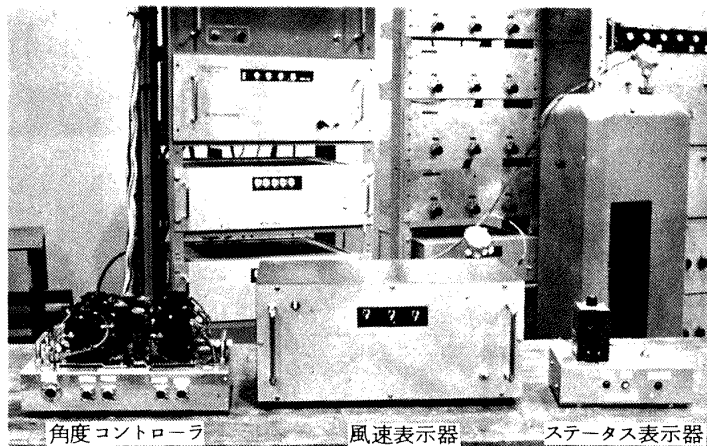


図11 各種試作機器外観図

〔注〕\* Multi functional Operating System for LABORATORY IVの略で、NOVA 計算機でいうRDOS<sup>3)</sup>に相等する。

\*\* JIS7000 レベルのものを、実時間処理が可能に拡張したFORTRAN言語(文献4参照)

とオペレーティング・システムとのコミュニケーションとなるもので、TTYとの会話により、各プログラムのエディティング、コンパイル、アッセンブル、ローディングなどが簡単に操作できる。

本風洞試験で使用するソフトウェアは、既設装置と結合して、実験のデータ収集・制御・解析、条件設定やシステム・チェックなどを行なうリアルタイム処理と、データの編集、解析、プログラム開発などのバッチ処理があり、いずれもオペレーティング・システムの制御下で動作する。各プログラムは、全てディスク常駐プログラムで、システムのCLIコマンドによりコアにロードし実行を開始する。

データ収集プログラムは、リアルタイム性をもたせるため、各機能毎にプログラムをセグメント化し、ディスク・オーバーレイ・ファイルとして作成されており、プログラムの選択やシステム・コントロールなどは、TTYのキーボードより制御する。

データ収集時のクイックルック機能を与えるため、一次処理プログラムが用いられる。本プログラムは、稼働時において(主記憶容量の制約により)、データ収集プログラムからのスワップによってロードされていた。しかし、リ

アルタイム処理時間の大半が、スワップに使用され処理効率の劣化をきたしていたので、このたび、主記憶容量の増設を行ない、一次処理プログラムをオーバーレイ方式に変更するとともに、データ収集および条件設定プログラムも修正し、リアルタイム処理時間の短縮化を計った。

4.2 データ処理の動作概要

風洞試験のデータ処理プロセスは、図13に示すように、実験の準備、前処理、実験および後処理の4段階に分ちうる。

1) 実験準備

試験計画が決定すると、それにもとづいて解析・表示プログラムの作成や改修を行なう。供試模型の諸元、使用センサーの較正值、風洞特性の補正值などの“解析条件ファイル”をPTRからDP上に格納する。また、測定項目、処理チャンネル、測定平均回数、模型変角条件などの“収集条件ファイル”は、TTYとの会話形式にて入力しDP上に格納する。

これらは“条件設定プログラム”により実行する。また、本システムと既設装置間の動作テストは、“システム・チェ

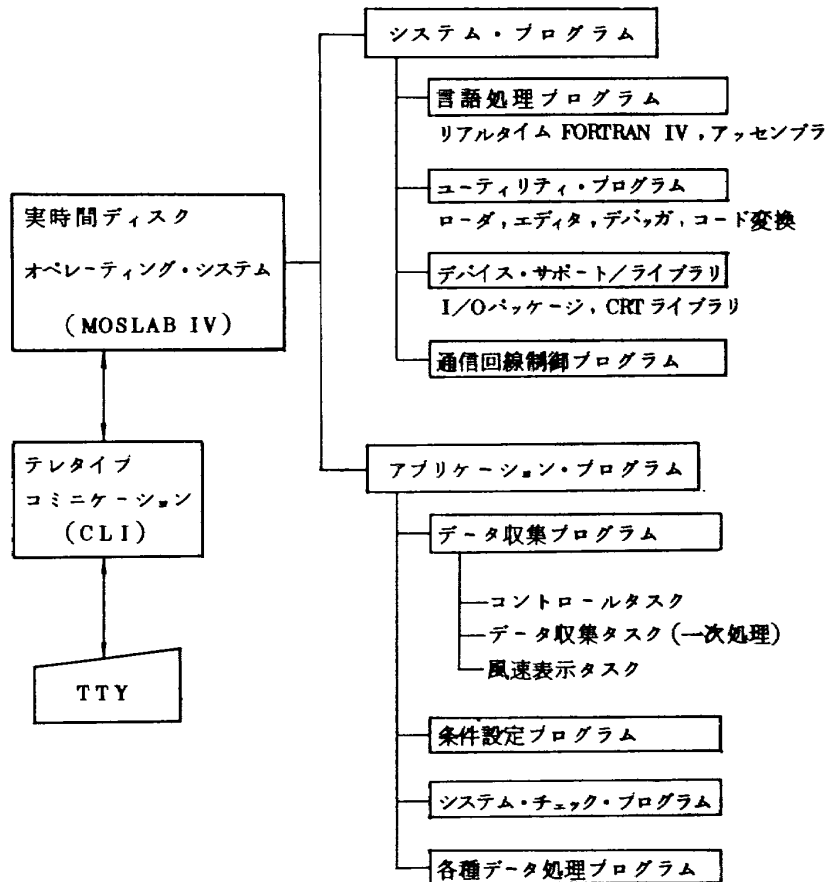


図 12 ソフトウェア構成図

ック・プログラム”を使用して行なう。

2) 実験の前処理(無風時)

各種校正試験用に“収集条件ファイル”を修正する。次に“データ収集プログラム”により、初期値、校正値データを収集し“生データ・ファイル”に格納する。これらの校正データは、直流増巾器の感度補正係数、模型重量による風袋補正係数などを求めるものであり、データ収集後、DP上の“生データ・ファイル”を用いて算出する。即ち、最小自乗法による多点一次近似を行ない、補正係数をもとめて確認後、“解析条件ファイル”に格納する。

最後に、実験時の収集条件を確認して、初期値データを収集し、同じ“生データ・ファイル”に再書き込みする。

3) 実験中の処理(通風時)

風洞起動と同時に、“データ収集プログラム”により基準データが収集され、風速表示が行なわれる。試験風速設定後、“収集条件ファイル”の内容に従い、模型姿勢制御をしながら、測定データを同一チャンネルに対して数回取込み、平均処理して“生データ・ファイル”に格納する。

格納されたデータは、一次処理し、模型角度をパラメータにしてCRTに図形表示を行なう。角度パラメータの計測が終了(以下ケースという)すると、風速を変更して再

度同じ操作を繰返し、全ケース終了(以下ランという)まで行ない、風洞を停止する。

なお、ケース毎に追加計測や収集条件の変更が可能である。演算は、全て単精度実数として扱う。

4) 実験の後処理(無風中)

“生データ・ファイル”は、1ラン毎にオーバーライトされるため、実験の識別・分類が容易にできるように、MTのリール番号やデータ番号その他必要事項を附加し再編集して、DPからMTに転送し保管する。

次に“生データ・ファイル”から、二次処理を行ない、測定データや処理結果などの全てのデータをLPに印字する。

さらに、高度なデータ解析やプロッタ処理を行なうため、“通信回線制御プログラム”により、中央計算機(FACOM 230-75)へデータを転送し処理を行なう。

4.3 条件設定プログラム

本プログラムは、データ収集・解析処理で使用する各種計測条件ファイルを、DP上に作成するもので、次のような8ブロックに分けて、パラメータの設定、変更を行なう。

1) プリセット・データ

紙テープに入力されたプリセット・データ(供試模型の諸元、各種補正值など)を、PTRから“解析条件ファイル”に格納する。設定できるデータ数は、最大255(単精度実数)である。

2) 実験番号

供試模型の種類、試験内容の分類を表わす番号として定義する。

3) 一次処理

オンラインでの解析処理(グラフ表示も含む)の有無を指定する。

4) 収集パラメータ

処理すべき最終チャンネル番号(0~38)と最終圧力ポート番号(0~12)を指定する。次にコンスタント・データ(24桁)を8データと定め、各データの使用桁数を指定し、最後に収集データの平均回数(1~100)を指定する。

5) 実験方式

“校正”か“測定”かを指定する。“校正”を指定すると、以下の(7)、(8)のパラメータは指定できない。

6) 測定パラメータ

(5)において“測定”を指定した場合、ラン番号、ケース番号の指定を行なう。ケース番号は模型姿勢変更が自動の場合、番号がシーケンシャルに追加される。(5)において“校正”と指定すると、校正番号を指定する。

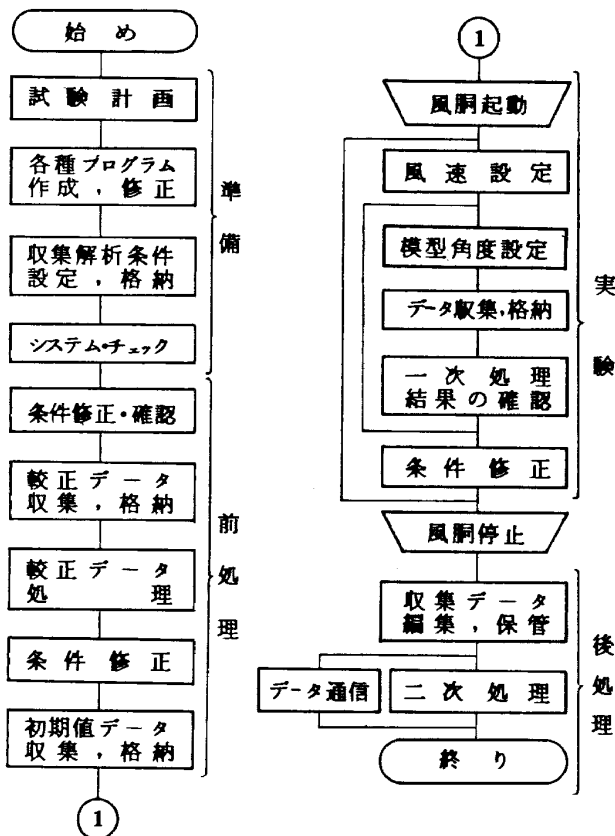


図 13 風洞試験におけるデータ処理手順

- 7) 模型姿勢変更方式  
模型姿勢のコントロールを "自動" か "手動" で行なうかの指定であり, "自動" の指定に限り(8)の指定に移る。
- 8) 角度コントロール・パラメータ  
"α操作" か "β操作" を指定し, 指定された操作方

式に対して, 初期値, 下限値, ステップ, 上限値, 最終値の順に角度 [度] を設定する。同時に角度コントロール・モータの慣性力を考慮し, これに相当した慣性角度を設定する。実験の結果, 0.05° ~ 0.1° の範囲にあり, 0.1° で代表している。図14において, "A, B" は α, βを,

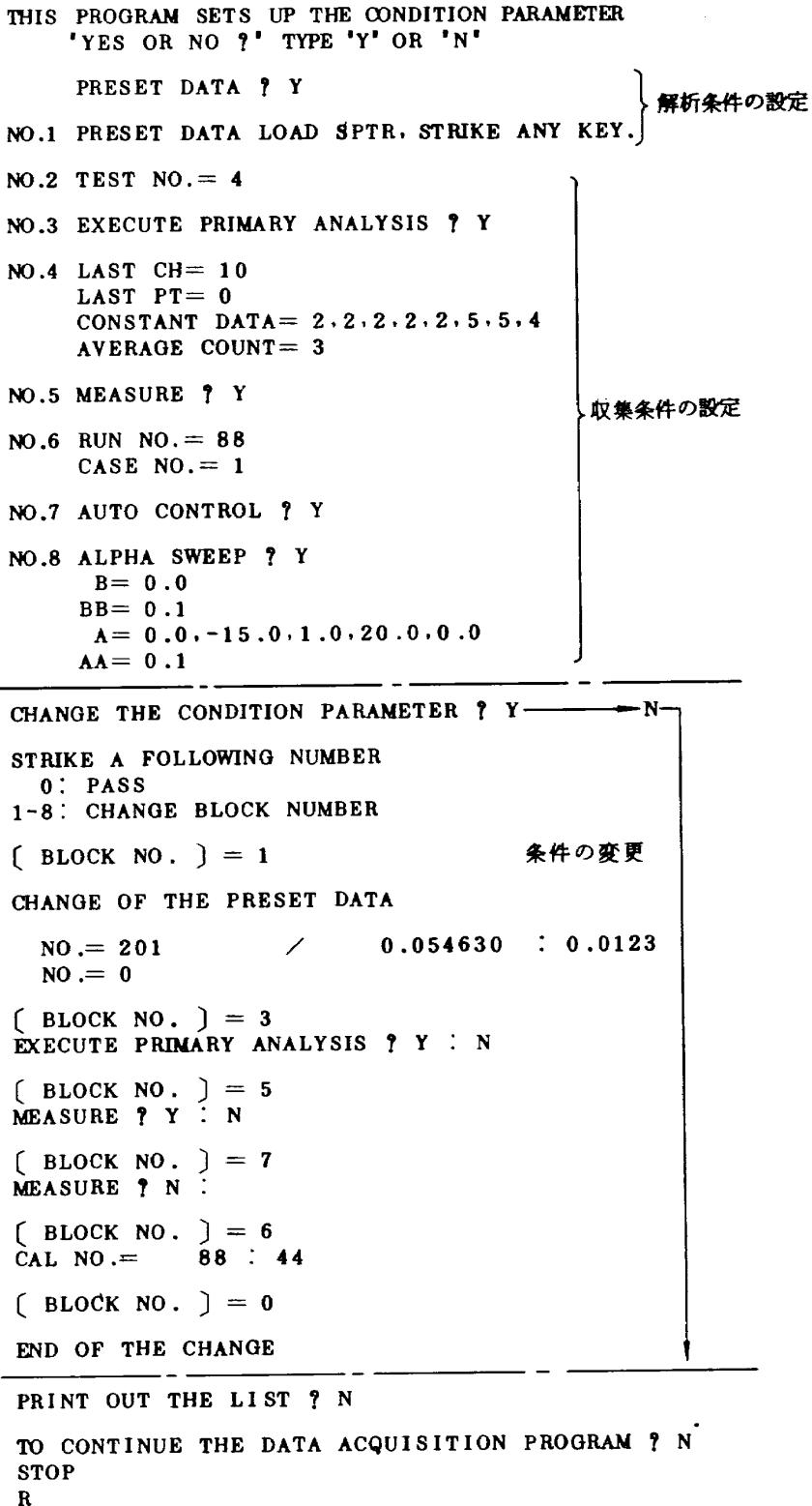


図 14 条件設定・変更例



"AA, BB" は  $\alpha, \beta$  の慣性角度を意味している。

(2)~(8)のパラメータは、TTYより会話形式で入力し、"収集条件ファイル"に格納される。さらに、両ファイルは、作成後においてもTTYから変更ブロック番号をキーインすることにより、簡単に変更できる。

また、"データ収集プログラム"でもパラメータの変更が可能であるが、(1), (2), (5)はできないようになっている。

図 14 に条件の設定・変更の操作例を示す。

#### 4.4 データ収集プログラム

既設装置により測定された各種のデータは、本プログラムにより収集される。

本プログラムは、風速表示、模型姿勢制御、データ収集と編集、一次解析とグラフ表示など、一連の処理を速やかに行なうため、論理的に独立したプログラム・セグメント(タスク)群で構成されている。

即ち、コントロールタスク、データ収集タスク、風速表示タスクから成り、"条件設定プログラム"によって作成

された"収集条件ファイル"の内容に従って、基準データ、カデータや圧力データなどの収集・編集を行ない、DP上に"生データ・ファイル"を作成する。本プログラムの実行は、いくつかのステップから成り、ステップ間の制御(プログラムの進行)は、次の実験コントロール・コマンドにより行なわれる。

- CTRL/N 初期データの計測
- CTRL/S 実験データの計測
- CTRL/E 1ケースの計測終了
- CTRL/Z 1ランの計測終了
- CTRL/R 実験中の強制停止
- CTRL/P 実験中のパラメータ変更

これらのコマンドは、TTY上の"CTRL"キーと"N, S, E, Z, R, P"キーとの同時操作で行なわれ、コマンド待ちの時は、TTY上に"\*"文字が出力される。本プログラムのゼネラル・フローを図 15 に示す。

#### 1) コントロール・タスク

最も優先度の高いタスクで、TTYからの実験コントロ

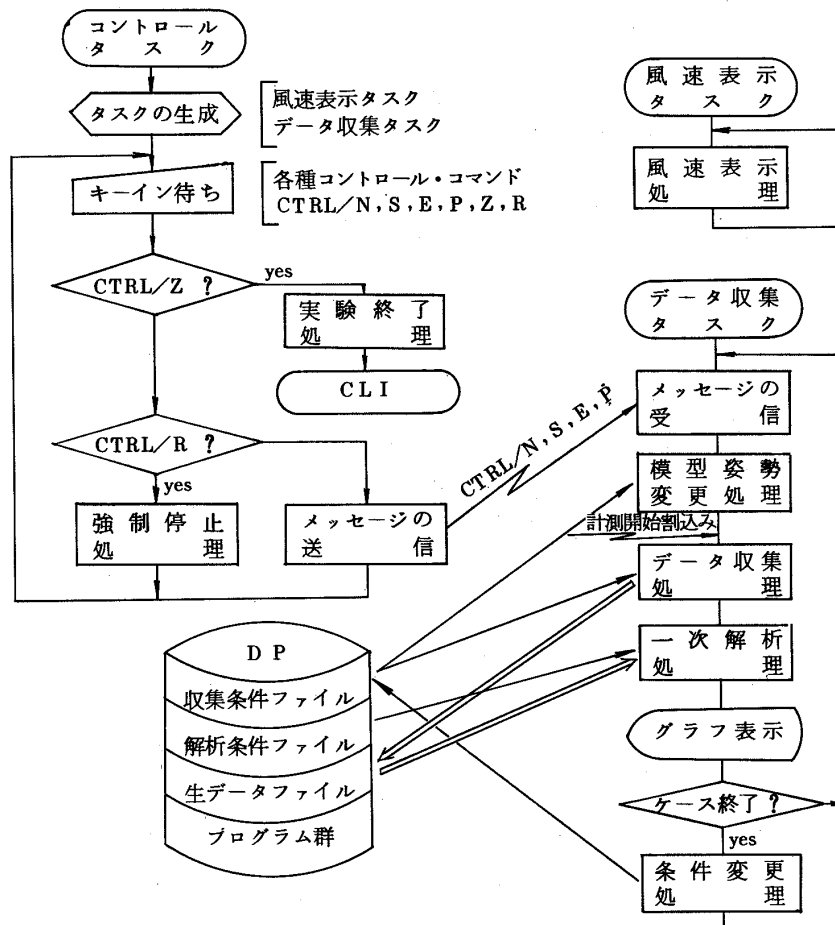


図 15 データ収集プログラムのゼネラル・フロー

ール・コマンドを判定し、それぞれの該当処理を行なう。これには、スタート・メッセージの送信、強制停止処理と実験終了処理がある。

スタート・メッセージの送信は、オペレータが風速設定値および模型姿勢その他の実験要因を監視しながら、実験コントロール・コマンドをキーインすることにより、データ収集タスクにコマンドを転送する。データ収集タスクは、これらのコマンドを判定し、それに該当した処理を行ない、終了すると再びメッセージ待ちとなる。

強制停止処理は、データ収集タスク実行中にオペレータが“CTRL/R”コマンドをキーインすると、実行を中断し次のメッセージ待ちにするための処理である。

実験終了処理は、“CTRL/Z”コマンドにより“生データ・ファイル”をクローズしてCL Iにもどす。以後、バッチ処理に移行する。

2) データ収集タスク

コントロール・タスクの次に優先度の高いタスクで、コントロール・タスクからのメッセージを受信して、収集条件に従い模型姿勢のコントロール、データ収集と編集、一次解析とグラフ表示、さらに1ケース後のパラメータの変

更や追加計測などの一連の処理をする。“CTRL/N”コマンドにより、初期値(無風時データ)を収集・編集し、“生データ・ファイル”に格納する。実験中でのデータ計測は“CTRL/S”コマンドにより行なわれる。

自動計測の場合は、コマンドのキーインと同時に、模型の姿勢制御が行なわれ、角度設定後、既設装置からの計測開始指令により基準データや計測データの収集が行なわれ、データの種類毎に算術平均と編集をして、データファイルを作成する。その後、このデータをもとに一次処理をして、CRT上に結果の図形表示を行なう。このような動作を収集条件によって繰返し、1ケース終了すると、追加計測およびパラメータ変更処理に移る。

手動および追加計測の場合は、計測点毎に“CTRL/S”コマンドをキーインし、1ケース終了の時に“CTRL/E”コマンドが必要となる。

3) 風速表示タスク

最も優先度の低いタスクで、上記のタスクの割込みや動作待ちを利用して、基準データ( $T_0, P_0, q$ )の収集、風速の計算、実数からBCD変換などをして、風速表示器に出力する。初期データ収集後、直ちに本タスクは起動し、実

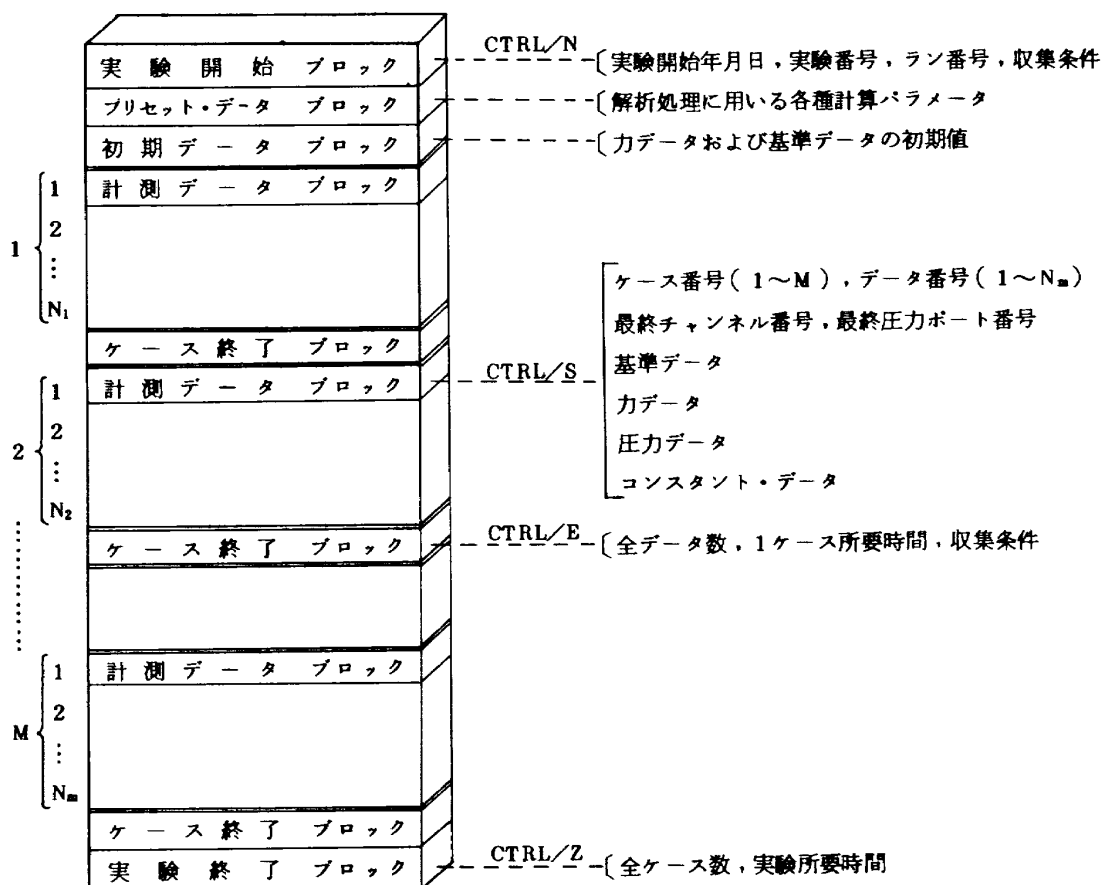


図 16 生データ・ファイルの構造

験終了と同時に停止する。ただし、較正試験においては、本タスクが起動されない。

4.5 生データ・ファイルの構造

生データ・ファイルは、データ収集プログラムの実行により、各種実験条件や測定データを格納するディスク・ファイルである。本ファイルは、ランダム・ファイルでありデータ計測毎にファイルの最後に追加されるため、大きさは実験内容により異なる。

本ファイルの構成は、各種解析プログラムでのデータ処理を考慮し、次のようなブロックに分類されている。また、各ブロックは、一定のレコード数で構成されており、1レコードは64語(128バイト)である。

- 1) 実験開始・ブロック ; 1レコード
- 2) プリセットデータ・ブロック ; 8 "
- 3) 初期データ・ブロック ; 2 "
- 4) 計測データ・ブロック ; 7 "
- 5) ケース終了・ブロック ; 1 "
- 6) 実験終了・ブロック ; 1 "

(1)~(3)までのブロックは"CTRL/N"コマンドにより、その他の各ブロックは"CTRL/S, E, Z"コマンドにより作成される。なお、(2)のブロック内容は"解析条件ファイル"にブロック判別コード(先頭番地)を追加したものであり、"収集条件ファイル"の変更内容は、(1)および(5)ブロックの中に含めている。各ブロックのデータは、全て

単精度実数、整数で扱っている。

図16に、本ファイルの構造を示す。

4.6 一次処理プログラム

一次処理は、データ収集後、直ちに実験の良否判定に必要なデータの解析と結果の図形表示を行なうもので、実験の目的や使用天秤の種類などにより、処理プログラムが異なる。ここでは、当風洞のピラミット型6分力天秤を使用した力測定の計算処理過程の概要を記す。

本天秤の座標系と各分力の記号・方向は、図17に示す。また風軸系(モーメント基準点)における記号等は、文献5に従うものとする。演算は、全て単精度実数として処理している。

(1) 生データ・ファイルを読み込み、データ種別毎に内容を編集する。

(2) 基準データの初期値補正をして物理量に変換する。

気流温度  $T_0 = 0.1 \cdot DX_1$  [℃]

測定部静圧  $P_0 = 0.1 \cdot DX_2$  [mmHg]

" 動圧  $q = 0.1 (DX_3 - DN_3)$  [kg/m<sup>2</sup>]

迎角  $\alpha = 0.01 (DX_4 - DN_4)$  [度]

横すべり角  $\beta = 0.01 (DX_5 - DN_5)$  [度]

DX<sub>1</sub> ~ DX<sub>5</sub> ; 実験データの出力

DN<sub>3</sub> ~ DN<sub>5</sub> ; 初期値の出力

0.1, 0.01 ; デジタル値の小数点移動子

(3) 風速、レイノルズ数の計算

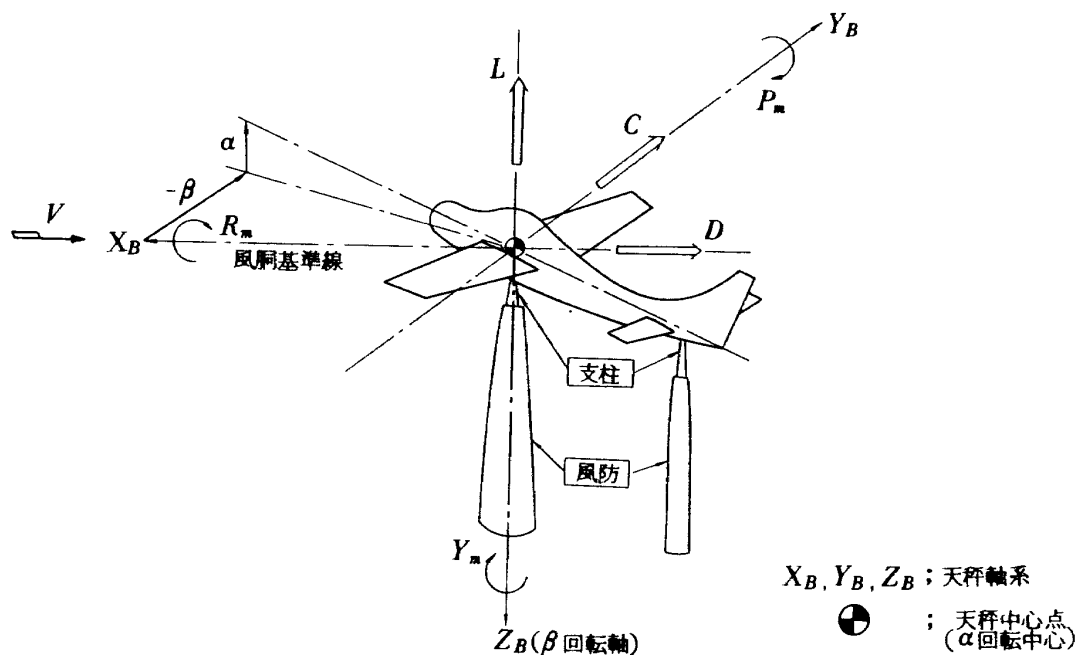


図 17 天秤軸系と各分力成分の方向

空気密度

$$\rho = 0.13186 \left( \frac{273}{T_0 + 273} \right) \left( \frac{P_0}{760} \right) \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^3)$$

粘性係数

$$\mu = 1.758 \left( \frac{380}{T_0 + 380} \right) \left( \frac{T_0 + 273}{273} \right)^{1.5} \times 10^6 \quad (\text{kg} \cdot \text{s} / \text{m}^2)$$

風速

$$V = \sqrt{2 \cdot q / \rho} \quad (\text{m} / \text{s})$$

レイノルズ数  $R_e = \rho V L_e / \mu$

$L_e$  ; 模型の代表長 [m]

(4) カデータの初期値補正と増巾器感度補正

天秤への励起電圧は、較正、測定時とも同じ条件にして、実験毎に変動する天秤の初期値と増巾器の感度を補正する。この補正係数は、較正試験ですでに求められている。

揚力  $L' = G_1 (X_1 - XN_1)$

偏力  $C' = G_2 (X_2 - XN_2)$

抗力  $D' = G_3 (X_3 - XN_3)$

縦揺れ  $P'_m = G_4 (X_4 - XN_4)$

偏揺れ  $Y'_m = G_5 (X_5 - XN_5)$

横揺れ  $R'_m = G_6 (X_6 - XN_6)$

$G_1 \sim G_6$  ; 直流増巾器の感度補正係数

$X_1 \sim X_6$  ; 実験データの出力

$XN_1 \sim XN_6$  ; 初期値の出力

(5) 天秤の相互干渉補正

線形補正により干渉補正を行ない、各分力の電圧値を求める。

$$\begin{bmatrix} L' \\ C' \\ D' \\ P'_m \\ Y'_m \\ R'_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta L/C & \Delta L/D & \Delta L/P & \Delta L/Y & \Delta L/R \\ \Delta C/L & 1 & \Delta C/D & \Delta C/P & \Delta C/Y & \Delta C/R \\ \Delta D/L & \Delta D/C & 1 & \Delta D/P & \Delta D/Y & \Delta D/R \\ \Delta P/L & \Delta P/C & \Delta P/D & 1 & \Delta P/Y & \Delta P/R \\ \Delta Y/L & \Delta Y/C & \Delta Y/D & \Delta Y/P & 1 & \Delta Y/R \\ \Delta R/L & \Delta R/C & \Delta R/D & \Delta R/P & \Delta R/Y & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L'' \\ C'' \\ D'' \\ P''_m \\ Y''_m \\ R''_m \end{bmatrix}$$

$\Delta L/C$  etc ; 干渉係数

$L'' \sim R''_m$  ; 干渉補正後の各分力の出力値

(6) Static tare (模型重量風袋) の計算

天秤出力には空気力によるものの他、模型重心と天秤中心とのオフセットにもとづくものが含まれるので、これを修正してやる必要がある。天秤軸は風胴に固定されているため、修正する分力は縦揺れモーメント  $P_{mat}$ 、横揺れモーメント  $R_{mat}$  であり、次式により求められる。

ただし、各種補正係数は、較正試験で求められている。

$$P_{mat} = -p_x \cdot \cos \alpha \sin \beta + p_y (1 - \cos \beta) + p_z \cdot \sin \alpha \sin \beta - a_p \cdot \sin \beta$$

$$R_{mat} = r_x (1 - \cos \alpha \cos \beta) + r_y \cdot \sin \beta + r_z \cdot \sin \alpha \cos \beta + a_r (1 - \cos \beta)$$

$p_x, p_y, p_z$  ; 模型重心と天秤中心とのオフセット

$r_x, r_y, r_z$  ( $x, y, z$ ) により生ずる  $P_m, R_m$  の大きさをきめる常数で、較正処理で求める。

$a_p, a_r$  ; 天秤中心と  $\alpha$  回転中心との距離に相等する  $P_m, R_m$  の出力で、通常これらの中心は一致しており、この項は省略される。

(7) 支柱抗力の計算

図 1, 2 に示すように、模型は支柱で支持されている。支柱に働く風圧(支柱抗力)を取り除くため、風防で覆われているが、模型の姿勢変更に対して風防が模型に当らないだけの支柱の上部が露出している。このため、支柱の上部に働く空気力も天秤の中に含まれているので、これを修正してやる必要がある。

修正分力としては、支柱抗力  $D_{strut}$  の他に、この抗力と姿勢変更によって生じる縦揺れモーメント  $P_{strut}$ 、偏揺れモーメント  $Y_{strut}$  がある。支柱抗力測定試験の結果、これらの空気力は、 $q, \alpha, \beta$  の関数で表わされ、次式により修正量を計算する。

$$D_{strut} = (d_1 + d_2 \cdot q + d_3 \cdot \alpha + d_4 \cdot |\beta|) q \quad (\text{kg})$$

$$P_{strut} = (p_1 + p_2 \cdot q + p_3 \cdot \alpha) q \quad (\text{kg} \cdot \text{m})$$

$$Y_{strut} = y_1 \cdot \beta \cdot q \quad (\text{kg} \cdot \text{m})$$

$d_1 \sim d_4$  ; 模型の支持方式、支柱の種類によりさま  
 $p_1 \sim p_3$  ; 定数で、次表に実験結果を示す。

$y_1$

定数	流線支柱 3本支持	丸棒支柱 前後2本支持	丸棒支柱 3本支持
$d_1$	0.00904	0.0285	0.04
$d_2$	-0.000004	-0.000047	-0.00004
$d_3$	-0.00004	-0.00034	-0.0006
$d_4$	0.0	0.00044	0.00035
$p_1$	0.0	-0.0095	-0.035
$p_2$	0.0	0.00025	0.0
$p_3$	0.0	0.0	0.000085
$y_1$	0.0	0.00051	0.00043

(8) 天秤軸系空気力とモーメントの計算

上記 Static tare 補正後、物理量に変換し支柱抗力の補正をして天秤軸系の空気力、モーメントを求める。

$$L = l \cdot L'' \quad (\text{kg})$$

$$C = c \cdot C'' \quad (\text{kg})$$

$$D = d \cdot D'' - D_{strut} \quad (\text{kg})$$

$$P_m = p(P_m'' - P_{mst}) - P_{strut} \quad [kg \cdot m]$$

$$Y_m = y \cdot Y_m'' - Y_{strut} \quad [kg \cdot m]$$

$$R_m = r(R_m'' - R_{mst}) \quad [kg \cdot m]$$

$S$  ; 模型の基準面積 [m<sup>2</sup>]  
 $\bar{c}$  ; " 翼弦長(平均) [m]  
 $b$  ; " 翼幅 [m]

$e, c, d, \sim r$  ; 各分力の天秤較正係数

(9) 風軸系空気力とモーメントの計算

天秤中心よりモーメント基準点への変換を行なう。

$$F_D = D \quad [kg]$$

$$F_C = C \quad [kg]$$

$$F_L = L \quad [kg]$$

$$M_{XW} = R_m - z_0' \cdot C - y_0' \cdot L \quad [kg \cdot m]$$

$$M_{YW} = P_m - z_0' \cdot D - x_0' \cdot L \quad [kg \cdot m]$$

$$M_{ZW} = Y_m - x_0' \cdot C + y_0' \cdot D \quad [kg \cdot m]$$

ただし、

$$x_0' = x_0 \cdot \cos \alpha \cos \beta - y_0 \cdot \sin \beta - z_0 \cdot \sin \alpha \cos \beta + a_0 \cdot \cos \beta \quad [m]$$

$$y_0' = x_0 \cdot \cos \alpha \sin \beta + y_0 \cdot \cos \beta - z_0 \cdot \sin \alpha \sin \beta + a_0 \cdot \sin \beta \quad [m]$$

$$z_0' = x_0 \cdot \sin \alpha + z_0 \cdot \cos \alpha \quad [m]$$

$x_0, y_0, z_0$  ; モーメント基準点座標  
 正の方向 ( $X_B, -Y_B, Z_B$ ) [m]

$a_0$  ; 天秤中心と  $\alpha$  回転中心の距離  
 正の方向は天秤中心より上流 [m]

(10) 空力係数の計算

$$C_D = F_D / q \cdot s$$

$$C_C = F_C / q \cdot s$$

$$C_L = F_L / q \cdot s$$

$$C_l = M_{XW} / q \cdot s \cdot b$$

$$C_m = M_{YW} / q \cdot s \cdot \bar{c}$$

$$C_n = M_{ZW} / q \cdot s \cdot b$$

(11) 計算結果の図形表示

計算結果は、変角 ( $\alpha$  または  $\beta$ ) 毎に CRT 上に表示される。同時にケース番号、風速などの実験パラメータも表示される。図 18 に縦 3 分力特性結果の表示例を示す。

上記の計算および表示に要する時間は、迎角一点につき約 2 秒である。

一次処理は、リアルタイムでのモニタを主目的としているので、できるだけターンアラウンド・タイムを短くする必要があり、その他、測定部壁面修正<sup>6)</sup>、座標変換(安定軸、機体軸)、天秤出力の時間および温度によるドリフト補正などは、全て二次処理(バッチ処理)で行なう。

5 新旧システムの比較

本システムは、ハードウェア・ソフトウェアともに旧計算機システムの代替として、その性能・機能を十分果すとともに表 4 に示すような幾多の点で、著しい性能の向上をみた。

機能の面においては、計測のオンライン化とリアルタイム処理の拡充により

1) 試験結果に対する評価・判定が即時可能となり、実験状況に速応した試験への対応措置をとり得るようになった。

2) 人力介入による誤操作、模型形態の設定ミス、不良データの発生が未然に防げるようになった。

3) データ収集から処理までのターンアラウンド時間が、日から時または分、秒の単位まで短縮された。

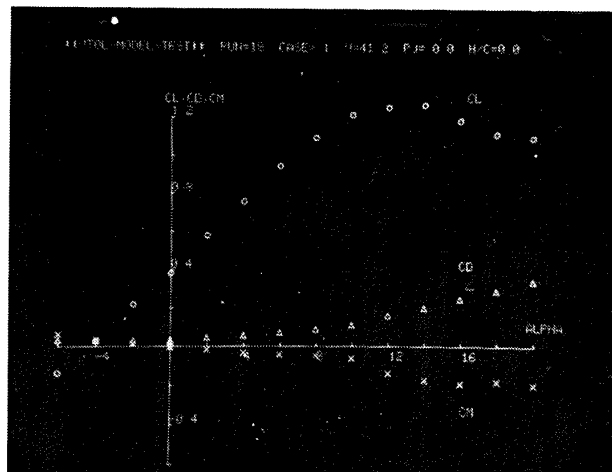


図 18 オンライン・リアルタイムのグラフ表示例

さらにソフトウェア機能の充実により

4) 大量の実験データ・ファイルの取扱いやプログラムの作成が容易になった。

など、システム全体としての試験効率が大幅に改善された。

その反面

5) 実験中において本システムの故障により、データ収集はもちろんのこと実験を中止し、回復するまで実験することができない。

などオンライン計測での問題が残されている。しかし現在は、初期故障がハード・ソフトとも、ほぼ出尽くした状態にある。

### 6 あとがき

本システムは、昭和50年2月完成以来、数多くの風洞試験を通して、オンライン計測のよさには予期した性能が得られ、特にデータ収集・処理時のクイックルック機能を充実させるとともに、システム操作の自動化・簡易化を計

ったので、データ処理能率が大幅に向上していることが確認された。

しかし、力と圧力の同時計測、多チャンネルで、かつ高精度で高速測定などの新規試験要求に対して、既設装置の性能やシステム処理能力の柔軟性が強く求められており、慣例的な6分力試験にとどまらず、さらに多目的な風洞試験にも適合しうるように、センサー・サイドを含めた周辺機器の整備と支援ソフトウェアの充実と開発、両者を結合するインターフェースの機能強化を進める必要がある。

本報告で述べた処理方式には、改良すべき点も多いが、一応現状を報告し、これを今後行なわれるべき改良や研究の前提にしたいと思う。

最後に、本システムの計画から完成まで空気力学第二部竹内室長、高橋室長に終始有益な御助言をいただいた。本システムの製作を担当されたタケダ理工工業㈱の関係各位に、深く感謝の意を表します。

表4. 新旧システムの性能比較

比較項目	旧システム	新システム
機種名	NEAC 2230	TACC 1200M
記憶容量	24 K語	32 K語
語長	48ビット	16ビット
演算速度 (固定小数点)	加減 0.1ms 乗算 1.7ms 除算 5.1ms	2.7 μs 3.8 μs 4.1 μs
外部記憶装置	磁気ドラム(10 K語)	DP(2.4 M語), MT
オペレータ・ コミュニケーション	TTY, PTR(200字/秒)	TTY, PTR(400字/秒), CDR
データ・ロギング	LP(120字/行, 350行/分)	LP(132字/行, 280行/分), CRT
外部機器制御	—	デジタル入出力, アナログ出力
データ通信	—	モデム
使用言語	NARC語	FORTRAN IV
サブルーチン作成	アセンブラのみ	FORTRAN, アセンブラ混合
ファイルの保管	紙テープ	磁気テープ, ディスク・バック
プログラム容量	最大1.8 K語	最大18 K語
システム 起動停止時間	約1時間	約3分
リアルタイム処理	不可	可

## 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) 桑野尚明ほか; 大型低速風洞データ処理システム完成, 航技研ニュース, No193(1975-6)
- 3) RDOS解説書, 日本ミニコンNOVA, No093-500075
- 4) FORTRAN IV解説書, 日本ミニコンNOVA No093-500053-04
- 5) JIS W 0104-1960(1960年)
- 6) 佐藤淳造; 大型低速風洞壁面効果補正要領, 航技研資料, TM-237(1972年)

---

## 航空宇宙技術研究所資料345号

昭和53年3月発行

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

印刷所 株式会社 東京プレス  
東京都板橋区桜川 2~27~12

---



