

データ高速処理解析装置

(昭和57年11月30日 原稿受付)

機械工学教室	松	永	成	徳
第二部機械工学科	岡	本		実
自然科学教室	石	橋	治	生
第二部機械工学科	西		道	弘
機械工学教室	塚	本		寛
機械工学教室	宇	野	美	津夫

A High-speed Data Collecting and Analyzing System

by Shigenori MATSUNAGA
 Minoru OKAMOTO
 Haruo ISHIBASHI
 Michihiro NISHI
 Hiroshi TSUKAMOTO
 Mitsuo UNO

Abstract

To promote experimental and analytical studies on unsteady phenomena observed in the field of Fluid Engineering, a high-speed data collecting and analyzing system was installed in the K.I.T. Hydraulic Laboratory in February, 1981. The system is constructed using a general-purpose computer with a measurement interface control unit as a terminal device. As was expected, it has been operating effectively since then.

The main features of the present system are as follows:

1. Sixteen analog data can be sampled simultaneously.
2. The data collection speed is up to 10^5 data per second.
3. FORTRAN is usable to make sampling program.

1. まえがき

ラボラトリオートメーションのあり方については活発な議論がなされている^{(1),(2)}利用形態, 経費, 技術レベル等の様々な要求に基づいて最適なシステムが定まるであろうから, 研究機関の実験に限った場合でも, この問題は単純に結論づけられない。しかしながら, 計算機をいかにうまく利用するかが最も重要な点であろう。

研究室で扱われる計測データの処理において, データの収集, 解析と表示で十分な場合も多いが, 結果の評価, 報告および保存・検索まで取扱えることが期待される。これらのデータ処理システムとしては, スタンドアロン

タイプのAD変換機を用いてデータ収集を行い, その後紙テープ, 磁気テープを介して計算機処理する方式, マイクロコンピュータないしミニコンピュータで収集・前処理したデータを上位の汎用計算機に送って高度の処理を行うハイアラキーシステム等の方式が, 従来採用されてきた。しかしながらこれらのシステムには次のような問題点がある。前者では後処理を別の計算機に依頼するため実験の適・不適が判るまでかなりの時間を要すること。後者ではデータ収集とその後の処理が異なったクラスの計算機で行われるため2つのオペレーティングシステム(OS)を取扱う必要があること, また二重投資となることである。

以上の問題を解決する方式として、データ収集部を管理する計測制御装置を汎用計算機に直結し、統一された OS の下で一連のデータ処理を実行するシステムが望まれる。種々、調査検討した結果、このようなシステムの採用が可能な時期に至ったと判断されたので、本学流体力学研究室では、昭和56年2月、上述のシステムからなるデータ高速処理解析装置を導入した。この装置の使用により、流体の非正常現象を実験的に解明する際に要求される実験能率および結果の信頼性を向上させることを目指したわけである。その後の使用実績で有用性が十分確認されたので本装置の概要を報告する。

2. 基本構想

新しいシステムの導入に当っては次の項目を必要条件として取り上げた。

- (1) 汎用性のある流体計測が可能のように少なくとも16チャンネルのアナログ入力点数、100 kHz のサンプリング能力がある。
- (2) アナログ入力の前段にローパスフィルタ、サンプル・ホールド回路を置く。
- (3) データ収集条件に自由度が多い。
- (4) 計測器制御の能力を有する。
- (5) 10 mV～10 V の範囲をカバーする入力信号レベルである。
- (6) 収集データを解析するに充分な高速度演算装置と、大容量の主記憶装置を有する。
- (7) 収集したデータの処理過程で必要となる補助記憶装置を有する。
- (8) 作表やグラフ化等、分析途中の経過や結果を外部に表示する装置を有する。
- (9) 他のデータ処理システム（例えば大型計算機）との互換のため、プログラムやデータが媒体変換できる装置を持つ。
- (10) 上記の処理を会話的に制御する手段を持つ。
- (11) データ収集用のソフトウェアパッケージを有する。
- (12) データ収集の制御がプログラマブルであり、その記述が高水準言語で行える。
- (13) 収集データを解析・表示するアプリケーションプログラムが完備している。
- (14) 処理後のデータの保存・管理のソフトウェアツールが有る。
- (15) 今後の拡張要求に対応できるシステムである。

3. 導入したシステムの構成と特徴

3.1. ハードウェアの構成

導入したシステムのハードウェア構成図を図-1に、装置の外観を図-2、図-3に示す。本体は FACOM M-130F 計算機システム⁽³⁾で、このチャンネル装置 (BMC: Block Multiplexer Channel) に実験系と計算機システムとのインターフェースである計測制御装置 (MICU: Measurement Interface Control Unit) が直結されている。

MICU は AD 変換機能、DA 変換機能とデジタル入出力、外部割込みによる計測器制御機能とを有している。AD 変換の前段にはサンプル・ホールド回路とローパスフィルタが全チャンネルに装備されている。

本体系の諸元を付表-Aに、MICU の諸元を付表-Bに示す。

3.2. ソフトウェアの構成

本システムの OS は FACOM OSN/X8⁽⁴⁾である。OS は制御プログラムと処理プログラムから成るが、現在インストールが完了している処理プログラムの構成を図-4に示す。各プログラムの概要は付表-C～Eに示される。この内、主として実験計測に関連するものを次に示す。

- (1) MICP-B⁽⁵⁾ (Measurement Interface Control Package)

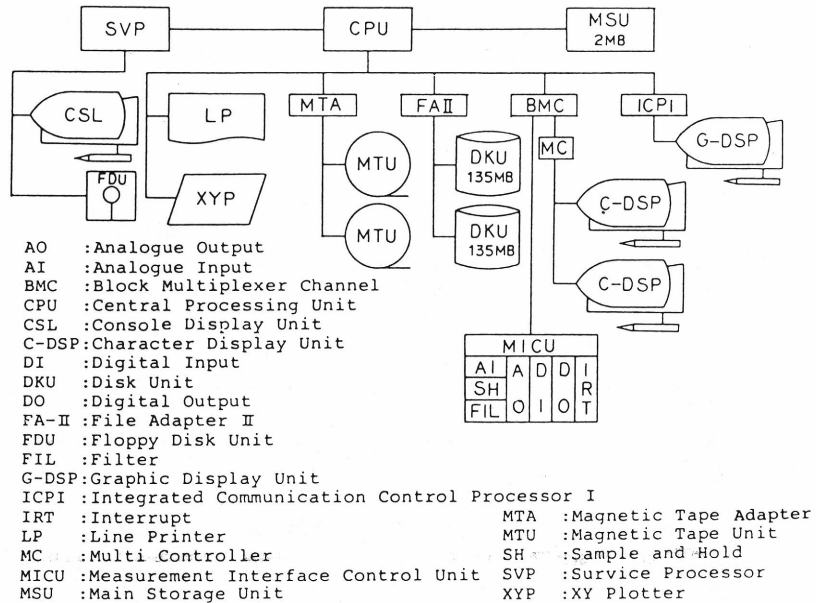
計測制御装置を動作させるサブルーチンパッケージであり FORTRAN プログラムから呼出して AD 変換やフィルタの制御等を行う。
- (2) AXEL⁽⁶⁾ (An Extensible Engineers Language)

収集した実験データの解析を支援する会話型システム。グラフィックディスプレイからコマンドを投入することで、実験データの分析処理、図形処理等を行う。
- (3) SSL II (Scientific Subroutine Library II)

行列、固有値・固有ベクトル、非線型計算、極値問題、補間・近似、変換、数値微積分、微分・積分方程式、特殊関数、擬似乱数、その他から成る科学技術向き数値計算ライブラリ。
- (4) T-GSP (Graphic Subroutine Package for TSS)

グラフィックディスプレイ装置に TSS 配下で作画するためのサブルーチンパッケージ。
- (5) PSP (Plotter Subroutine Package)

XYプロッタ装置に作図するためのサブルーチンパッケージ。



図一 ハードウェア構成図

本システムの OS は汎用計算機を制御して高度で複雑な動作をするが、その操作についてはエンドユーザ向けのツールが用意されている。またシステム管理者が運用するために必要なプログラムを作成しやすい環境を OS が設定している。

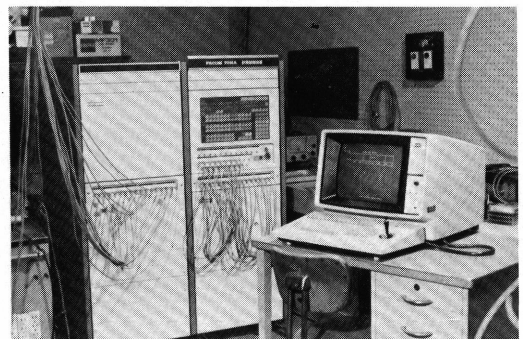
3.3. 特徴

本システムの特徴は汎用計算機で直接実験データを収集し、同一のシステムで分析を行うことにある。汎用機の採用による利点として以下のことが考えられる。

- (1) 導入後、本格的利用への立上りが早い。
- (2) 過去開発され使用実績が十分な信頼度の高いソフトウェアを利用できる。
- (3) ソフトウェアの互換性がすぐれているので、開発したプログラムが有効に使われ、蓄積できる。
- (4) 画面エディタ、会話型デバッガ等の開発支援ツールが整備されているのでプログラム開発の能率化が図られる。
- (5) 仮想記憶方式の採用で論理的メモリ空間を16メガバイトまで使え、高度な処理のための大きなプログラムが組める。
- (6) バッチ、TSS、会話型リモートバッチの各処理形態を有効に利用することでシステム全体としての利用効率が上がる。



図二 本体系



図三 MICUとグラフィックディスプレイ装置

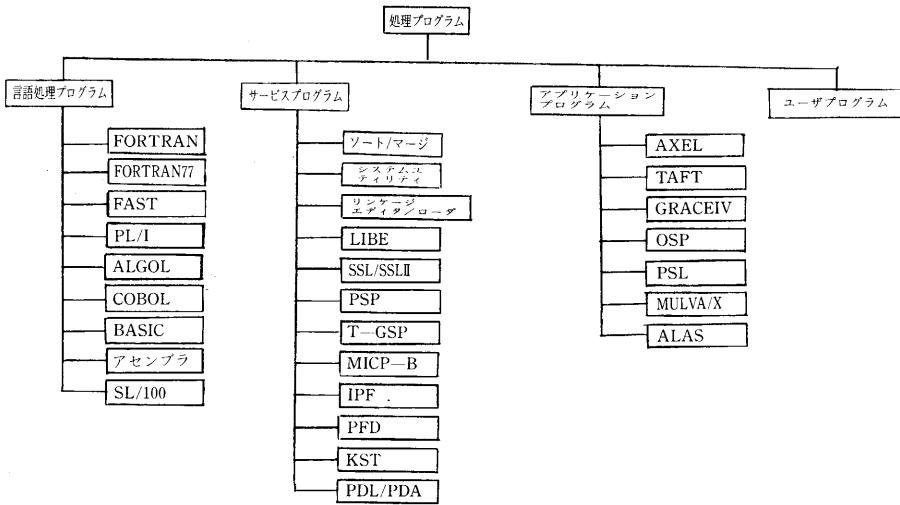


図-4 処理プログラム構成図

4. 使用実績

本システムは昭和56年2月の導入以来、流体工学研究室における各種の実験計測および解析に活用されている。その例を表-1に示すが、いずれも非定常な流体の運動を測定対象としている。これらの実験の概念図を図-5に、ピトープローブを用いた変動流の測定における実験手順の例を図-6に示す。データ収集・解析プログラムを

例えば FORTRAN 言語を使って作成した後、研究者は実験にとりかかることになる。センサを含む測定系の調整並びに検定後、実験装置を予定していた運転条件に合わせる。次に MICU のパネルでそのプログラム番号を指定してデータ処理装置を起動させ、データを集録する。

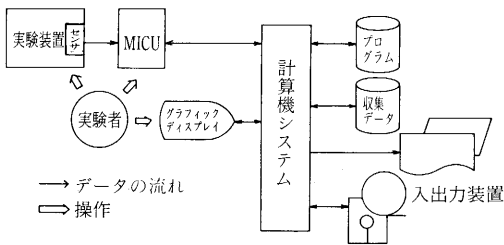


図-5 実験概念図

表-1 本システムが利用された研究

衝撃的に回転を開始する円柱回りの流れの解析 水車用吸出し管内の旋回流と水圧脈動に関する研究 ⁽⁷⁾ 遠心性ポンプの始動・停止時の過渡性能に関する研究 斜流ポンプの内部流動状態の解析 ⁽⁸⁾ 多孔ピトープローブの性能・特性の研究 ⁽⁹⁾

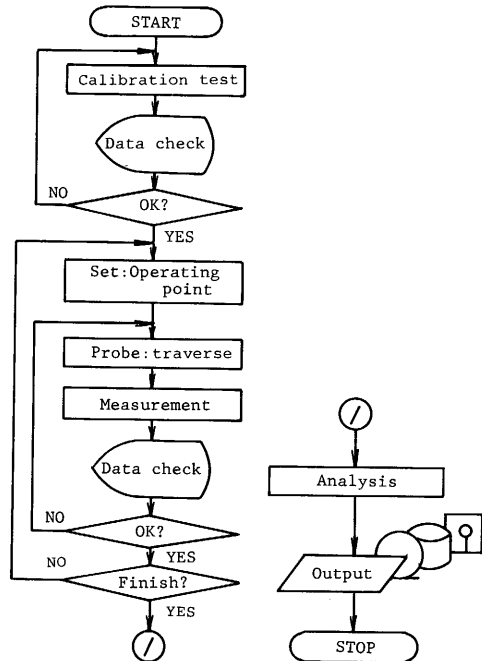


図-6 実験手順の例

集録結果は必要に応じてグラフィックディスプレイ装置に表示して、その妥当性をチェックして次の実験条件の測定に移る。データ収集完了後、より高度な処理のステップに入る。この処理途中もしくは終了後、実験データは表やグラフの形でラインプリンタ装置やプロッタ装置に出力される。データの保存が必要な場合には磁気ディスク装置、フロッピディスク装置、磁気テープ装置に転送して後の処理に備え得る。

使用実績によれば、当初構想した機能・性能が出てお

り、この方式による実験データの収集・分析が充分有用であることが確認された。これは表-2の ALAS (稼動分析プログラム) で分析した使用状況にも示される。

しかしながら、データ収集条件の自由度の多さから生ずるパラメータ設定の煩雑さ、MICU がバッチ処理ジョブ下でのみ動作するように設計されている点、MICU の動作試験法等に問題点があり、今後の改善、プログラム開発が図られねばならない。

表2 稼動状況 (昭和57年4~9月) : 次ページへ続く

*** MONTHLY OPERATION ANALYSIS REPORT (1) ***

USER NAME ... KIT
EDITION ... E40
PERIOD ... 82 APR - 82 SEP

ITEM	TOTAL OR AVG	82 APR	82 MAY
LOGGING PERIOD	2070H47M53S	299H20M47S	284H44M 4S
EXECUTE MODE TIME	739H17M 5S	130H26M34S	71H20M39S
IDLE TIME	1224H56M43S	149H52M29S	201H47M18S
EXEC. MODE RAITO (%)	35.7	43.6	25.1
PROCESSING TIME	845H51M10S	149H28M18S	82H56M46S
PROCESSING RATIO (%)	40.8	49.9	29.1
JOB EXECUTION TIME	902H 3M44S	160H20M58S	80H35M52S
MEMORY RESIDENT TIME	811H52M37S	154H48M38S	77H16M58S
WAIT TIME	90H11M 7S	5H32M20S	3H18M54S
WAIT TM/JOB EXEC TM (%)	10.0	3.5	4.1
ROLL OUT TIME	34H31M49S	0H 9M26S	0H 0M 0S
ROLL OUT RATIO (%)	38.3	2.8	0.0
CPU TIME	429H40M46S	102H12M 7S	51H12M42S
MEM RESIDENT CONCUR	1.1	1.2	1.1
AVG JOB CONCURRENCY	1.2	1.1	1.1
LOG PRD JOB CONCURRENCY	0.4	0.5	0.3
JOB CPU LOADING %	47.6	63.7	63.5
LOG PRD CPU LOADING %	20.7	34.1	18.0
EXEC MODE CPU LOADING %	58.1	78.4	71.8
NO. OF JOBS	3,899	598	283
NO. OF JOB STEPS	10,161	1,406	689
JOB STEPS NORMAL END	8,983	1,289	606
JOB STEPS ABNORMAL END	1,178	117	83
NO. OF PAGE-INS	784,752	22,543	9,943
PAGE-IN / MEM TIME	0.3	0.0	0.0
PAGE-IN MEM TIME	770H14M36S	151H25M54S	89H14M26S
CHANNEL ACCESSES	4,403,414	584,710	333,484
AVG NO. OF JOB STEPS	2.6	2.4	2.4
AVG JOB EXECUTION TIME	13M52S	16M 5S	17M 5S
AVG MEMORY RESIDENT TM	4M47S	6M36S	6M43S
AVG WAIT TIME	0M31S	0M14S	0M17S
AVG ROLL OUT TIME	345M18S	9M26S	0M 0S
AVG NO. OF PAGE-INS	116	31	21
AVG REGION SIZE (KB)	370	237	400
AVG CHANNEL ACCESSES	433	415	484
NO. OF CARD	203,078	49,443	9,625
NO OF OUTPUT LIST PAGES	21,876	3,564	1,792
NO OF OUTPUT LINE COUNT	698,717	122,001	57,756
AVG NO OF OUTPUT LINE	31	34	32

5. まとめ

本学流体力学研究室に設置されたデータ高速処理解析装置を使用した結果をまとめると次の通りである。

- (1) 汎用計算機を中核としたデータ高速処理解析装置の有用性が確認された。
- (2) 高級言語を使って計測・解析プログラムを作成できるので、データ収集、結果の整理の能率と信頼度が大幅に向上した。
- (3) 実験結果の高度の分析が同一の計算機の同一のソフト体系下で行われるので、研究者は、計算機技術に対する負担が大幅に軽減され、本来の対象に集中できるようになった。

終りに、本システムの導入に当り御協力いただいた関係諸氏に深く感謝します。

参考文献

- (1) 釜三夫, ラボラトリオートメーションの現状と趨勢, 情報処理, Vol. 19, No. 10 (1978)
- (2) 計測自動制御学会, ラボラトリオートメーション小特集, 計測と制御, Vol. 14, No. 10 (1975)
- (3) 富士通, FACOM M-130F ハードウェア解説書, 63HS-1130
- (4) 富士通, FACOM OSIV/X8 解説, 65SG-1000
- (5) 富士ファコム制御, FACOM 7091 計測制御装置 (MICU) 使用手引書, FF81-001
- (6) 平井・岡崎・他2, 会話型データ解析システム AXEL, FUJITSU, Vol 31, No. 3 (1980)
- (7) Nishi, M., et al., "Flow Regimes in an Elbow-Type Draft Tube," Proc. IAHR Symposium, Vol. 2, Amsterdam, 1982.
- (8) Matsunaga, S., "Three-Dimensional Flow Measurements in a Diagonal Flow Pump," Proc. IAHR Symposium, Vol. 1, Amsterdam, 1982.
- (9) 松永成徳ほか4名, 吸出し管円すい部断面内の非対称旋回流の計測, 日機講演集, No. 820-3 (昭和57-3)。

表 2 : 続き

ITEM	82 JUN	82 JUL	82 AUG	82 SEP
LOGGING PERIOD	339H26M57S	359H16M46S	352H28M59S	435H30M20S
EXECUTE MODE TIME	126H33M50S	136H40M36S	137H34M29S	136H40M57S
IDLE TIME	191H42M40S	196H31M47S	206H 1M52S	279H 0M37S
EXEC. MODE RATIO (%)	37.3	38.0	39.0	31.4
PROCESSING TIME	147H44M17S	162H44M59S	146H27M 7S	156H29M43S
PROCESSING RATIO (%)	43.5	45.3	41.5	35.9
JOB EXECUTION TIME	143H 3M46S	152H48M11S	153H50M 8S	211H24M49S
MEMORY RESIDENT TIME	122H34M41S	129H43M34S	146H28M47S	181H 0M 0S
WAIT TIME	20H29M 5S	23H 4M37S	7H21M21S	30H24M49S
WAIT TM/JOB EXEC TM (%)	14.3	15.1	4.8	14.4
ROLL OUT TIME	11H51M10S	0H 0M 0S	1H55M42S	20H35M30S
ROLL OUT RATIO (%)	57.9	0.0	26.2	67.7
CPU TIME	76H15M 7S	64H23M10S	79H37M46S	55H59M54S
MEM RESIDENT CONCUR	1.0	0.9	1.1	1.3
AVG JOB CONCURRENCY	1.1	1.1	1.1	1.5
LOG PRD JOB CONCURRENCY	0.4	0.4	0.4	0.5
JOB CPU LOADING %	53.3	42.1	51.8	26.5
LOG PRD CPU LOADING %	22.5	17.9	22.6	12.9
EXEC MODE CPU LOADING %	60.2	47.1	57.9	41.0
NO. OF JOBS	427	1,065	678	848
NO. OF JOB STEPS	984	3,104	2,048	1,930
JOB STEPS NORMAL END	769	2,790	1,918	1,611
JOB STEPS ABNORMAL END	215	314	130	319
NO. OF PAGE-INS	20,680	38,555	69,373	623,658
PAGE-IN / MEM TIME	0.0	0.1	0.2	1.0
PAGE-IN MEM TIME	118H53M40S	115H36M 0S	118H 6M35S	176H58M 0S
CHANNEL ACCESSES	701,859	1,161,299	782,415	839,647
AVG NO. OF JOB STEPS	2.3	2.9	3.0	2.3
AVG JOB EXECUTION TIME	20M 6S	8M36S	13M36S	14M57S
AVG MEMORY RESIDENT TM	7M28S	2M30S	4M17S	5M37S
AVG WAIT TIME	1M14S	0M26S	0M12S	0M56S
AVG ROLL OUT TIME	711M10S	0M 0S	57M51S	617M45S
AVG NO. OF PAGE-INS	28	19	47	454
AVG REGION SIZE (KB)	538	354	408	356
AVG CHANNEL ACCESSES	713	374	382	435
NO. OF CARD	14,410	47,024	32,907	49,669
NO OF OUTPUT LIST PAGES	3,580	5,038	2,578	5,324
NO OF OUTPUT LINE COUNT	139,404	133,523	60,394	185,639
AVG NO OF OUTPUT LINE	38	26	23	34

付表A 本体系の諸元

装置名	諸元
中央処理装置	命令数 189 レジスタ汎用制御 16(32ビット) 浮動小数 16(32ビット) 4(64ビット)
主記憶装置	記憶容量 2メガバイト 素子 MOS-LSI(64K) エラーチェック 1ビットエラー自動訂正 2ビットエラー自動検査
チャンネル装置	接続台数 4台 最大転送速度 3 (メガバイト/秒)
磁気ディスク装置 (×2台)	記憶容量 135メガバイト データ転送速度 885(キロバイト/秒) 平均ポジショニング時間 27ms 平均回転待時間 10.1ms
磁気テープ装置1	記録密度 1600rpi データ転送速度 43.2(キロバイト/秒) 最大リール 1200フィート
磁気テープ装置2	記録密度 1600/800rpi データ転送速度 43.2/21.6(キロバイト/秒) 最大リール 1200フィート
キャラクタディスプレイ装置	画面サイズ 14インチ 表示容量 1920字(80字×24行) 表示字種 128(英文字, 数字, カナ, 記号) 付属品 ライトペン
グラフィックディスプレイ装置	画面サイズ 14インチ 表示色 7色 表示容量 1920字(80字×24行) 表示字種 128字(英文字, 数字, カナ, 記号) 座標点数 1024×1024 解像度 512×512 付属品 ライトペン ジョイスティック
ラインプリンタ装置	印字方式 活字ベルト式バックプリント方式 印字速度 360(行/分) 最大 1000(行/分) 字種 109(英字, 数字, カナ, 記号) 印字桁数 136桁
X Yプロッタ装置	分解能 0.1(mm/ステップ) プロット速度(XY方向) 1000(ステップ/秒) (上下方向) 30(回/秒) 記録ペン ボールペン 2本(2色) 記録紙(プロット幅) 270mm (長さ) 35m ロール紙
フロッピィディスク装置	処理速度(読取り) 625(レコード/分) (書込み) 584(レコード/分) 回転速度 360rpm 使用媒体(トラック数) 77トラック (フォーマット) 1セクタ=128, 256, 1024バイト (記録密度) 単密度/倍密度 (記録面) 片面/両面 (記録容量) 最大1.2メガバイト

付表B MICU 諸元

機能	諸元	
アナログ入力 (AD変換)	入力チャンネル数 入力形式 データ形式 入力レンジ 入力インピーダンス 入力バイアス サンプリング周期 サンプリングの開始停止	16チャンネル 差動入力 2バイト形 (符号+11ビット) 1バイト形 (符号+7ビット) $\pm 1.28V$, $\pm 2.56V$ $\pm 5.12V$, $\pm 10.24V$ 電源ON時 10M Ω 以上 電源OFF時 400 Ω 以上 0 $\sim\pm 10.24V$, 5mVステップ 最短 10 μ 秒 \times チャンネル数 内部/外部クロック ソフトウェア指定又は外部アナログ又は外部デジタル信号
同時サンプルホールド	チャンネル数	16チャンネル
プログラマブル フィルタ	点数 入力レンジ フィルタ特性	16点 $\pm 80mV\sim 10.24V$, $\pm 20.48V$ バターワース型, -48dB/OCT 100Hz $\sim 1.5KHz$ (100Hz単位) 1KHz $\sim 15KHz$ (1KHz単位)
アナログ出力 (DA変換)	出力チャンネル数 データ形式 出力レンジ	2チャンネル 2バイト (符号+11ビット) 0 $\sim\pm 10.24V$
外部トリガ入力	点数	1点 (アナログ又はデジタル信号)
外部サンプリング入力	点数	1点
計測器制御信号	デジタル出力 デジタル入力 割込み入力	32点 32点 (接点, TTL, 電圧, 選択可) 8点 (接点, TTL, 電圧, 選択可)

付表C 言語処理プログラム

プログラム名	概要
FORTRAN (GE/HE)	FORTRAN IV コンパイラ。GEはデバッグ機能が強化されており会話型デバッグ機能がある。HEは最適化に関する機能が強化されている。
FORTRAN77	ANS FORTRAN77 規格準拠。会話型デバッグ機能が使えらる。
FAST	リエントラント構造になっており1ジョブステップで複数のプログラムをコンパイルできる教育用言語。言語仕様はHE/GEと同等。
PL/I	PL/Iコンパイラ
ALGOL	JIS ALGOL 5060に準拠
COBOL	JIS COBOL(1972)に準拠。会話型デバッグ機能がある。
BASIC	ダートマス大学Basic仕様のBASICインタプリタ
アセンブラ	IBM OS/VS-VM/370アセンブラに準拠
SL/100	アセンブラ言語に手続（代入文、IF文、DO文、GOTO文等）が追加されたシステム記述言語

付表D アプリケーションプログラム

名称	概要
AXEL	実験データを解析する会話型データ解析支援システム
TAFT	ランダムに変動する時系列データのスペクトル分析やシステム解析を行うクロウズ型のシステム
OSP	オープン型の統計プログラムパッケージ
GRACE IV	グラフィックディスプレイ等を使用した二次元・三次元図形処理プログラムパッケージ
PSL	プロッタ用のサブルーチンライブラリ
MULVA/X	互いに相関のある多変量データの解析プログラム
ALAS	システム稼動状況分析プログラム

付表E サービスプログラム

名称	概要
ソート/マージ	分類、併合プログラム
リンケージエディタ/ローダ	各言語の出力したオブジェクトモジュールを結合編集して実行可能なロードモジュールを作成する。
システムユーティリティ	データファイルのサポート用ユーティリティ
LIBE	ライブラリエディタ
SSL/SSL II	科学技術計算用サブルーチンライブラリ
PSP	X Yプロッタ装置に図形を出力するサブルーチンパッケージ
T-GSP	TSS下でグラフィックディスプレイに作画させるサブルーチンパッケージ
MICP-B	MICUを動作させるためのサブルーチンパッケージ
IPF	会話型入出力プログラムパッケージ
PDF	ディスプレイ向きプログラム開発支援システム
KST	X Yプロッタ装置、グラフィックディスプレイ装置に漢字を出力するためのストロークテーブル
PDL/PDA	システムの効率の測定のためのデータ収集と分析プログラム