

計算機を利用した流れの可視化映像の処理装置

大 島 耕 一

Computer-Aided Image Analyser for Flow Visualization

By

Koichi Oshima

Abstract: A system has been developed which converts the image data obtained by flow visualization experiments into series of digital data, carries out various data processing calculations and displays them. The original image data are written down on the image converter Hughes 639H as TV signal, then it reads out the brightness at each point, and converts them into digital data, using DT 1751 ANALOG I/O SYSTEM by DATA TRANSLATION INC. This system is controlled by Intel SBC 80/10 micro-computer, which is under the MELCOM 70 main computer system by Mitsubishi Electric Co. and performs the data exchange from and to MELCOM 70.

This system executes the data processing on 256×256 points of one image, and under usual condition, has a capability to finish it less than three minutes.

要 約

流れの可視化実験によって得られた映像データをデジタル信号に変換し、ミニコンピュータにより種々のデータ処理を行った後に再び映像として表示するシステムを開発した。これはTV映像信号をHughes社のイメージ・コンバータ639Hにいったん書込んで、後に各点の濃淡信号を読み出し、デジタル信号に変換するもので、この際DATA TRANSLATION社のDT1751 ANALOG I/O SYSTEMを使用して、システムをIntel社のSBC 80/10マイクロコンピュータの制御下に動作させるようにした。SBC 80/10は同時に主コンピュータ・システムであるMELCOM 70の制御下にあり、イメージ・コンバータから読み出したデータのMELCOM 70への転送、MELCOM70で処理したデータのイメージコンバータへの書込処理を行う。

このシステムは、1画面を 256×256 点の画素に分けて、デジタル処理を行う。1画面の読み出し、処理、書込を、通常のデータ処理計算のばあいには、3分以内に完了できる。

1. はし が き

ソニックブームの伝播の研究に関連して、高速飛行体による衝撃波の発生機構、その非一様な大気中の伝播、特にその回折・反射についての理論的ならびに実験的研究を進めているが、このような現象の実験的研究においては、撮影された高速風洞気流中の飛行体模型の周りの圧縮性流れの干渉計写真、シュリーレン写真等の映像解析を行うことが必要である。

流体力学においては、いわゆる流れの可視化法によって、流場を可視化、映像信号として実験を行うことが古くから行われて来た。タフト法による流線の可視化、マッハツェンダー干渉計による密度分布の図示などがこれにあたる。しかし従来は、このようにして得られた映像信号の解釈は多く直観的な理解にまかされており、たとえ図形解析によって定量的データを得ることを試みるにしても、その作業量が膨大なためにごく僅かのデータを得るにとどまることが多かった。これが、干渉縞の細かい写真よりもシュリーレン写真が好まれ、精度を犠牲にしてもゼロフリッジの干渉写真を撮ろうとする傾向を生じさせたといえるであろう。

この研究は、この流れの可視化法における最も困難な映像解析にコンピュータ・システムを導入し、定量的なデータを多量に得ることができるようになることを目的とする。これによって、従来得られていたようなデータを容易に得られるだけでなく、統計的に有意な程度に多量のデジタル・データを蓄積できるので、従来、熱線流速計出力のような時系列信号にしか適用できなかった統計処理を、空間分布に対しても応用できるであろう。

一般に、流れの可視化法に使われる映像信号は、トレーサによる流跡線、タフト法による局所流線方向の図示、シュリーレン法など光学的手法による密度分布の可視化、複屈折像による分子配列の図化など非常に多様であり、それぞれについて解析の手法も全く異っている。例えば、シュリーレン写真ではその濃度を検出し、空間について積分して密度を求める解析が求められ、干渉縞ではその濃度の極値を検出して、その局所的な間隔から密度を求めることになる。そのために、ここに設計した映像信号処理装置は、対象を限定せず、多様な要求に応ずることができるようにすることを第1の目標とした。このため、処理のためのソフトウェアは、それぞれの対象によって、実験者が自作することを前提とし、データ変換のハードウェアの自動化は最小限に止め、データ収集の各段階で実験者の主意的な取捨、修正が行えるようにした。但し、統計的に有意な程度に多量のデータを、合理的な時間内に集めることができるようにも配慮した。

以上の方針に従って、この装置では1映像面を256点×256点に分割し、各点について濃度信号を得、1直線上256点を統計処理し、記憶装置に格納して次の256点に移るようにして、全映像面の処理を、前処理を含めて3分間以内に完了するように計画し、ほぼ目標を達成した。

2. ハードウェア

1. ITV システム

静止映像を作れるビデオ・テープレコーダと白黒テレビカメラ、赤外テレビカメラを用意した。映像入力は、テレビカメラ直接、またはビデオ・テープレコーダを使用して、イメージコンバータに TV WRITE コマンドで入力される。

2. イメージ・コンバーター

Hughes 社 639 H型イメージ・コンバータを, XY READ コマンドのオプションをつけて購入した. これは TV READ, TV WRITE, XY WRITE, XY ERASE および XY READ の各機能を有する. すべての映像入力は, TV WRITE コマンドによっていったんイメージコンバータに書込まれた後に XY READ コマンドによって読出し, デジタル化される.

3. AD, DA コンバータ

DATA TRANSLATION INC. の DT 1751 ANALOG I/O SYSTEM を利用した. これは SBC 80/10 マイクロコンピュータの制御下で動作し, 16チャンネルの A/D変換, 2チャンネルの D/A 変換, および4種類のモード制御信号を作ることが出来る. 1チャンネルだけの A/D 変換を XY READ 出力の変換に用い, 2チャンネルの D/A 出力をイメージコンバータの X, Y軸の変位に使用し, かつモード信号で XY READ 信号を制御することにより, 1点のデータ読込を, XY変換時間を含めて 230 μ sec で完了できる.

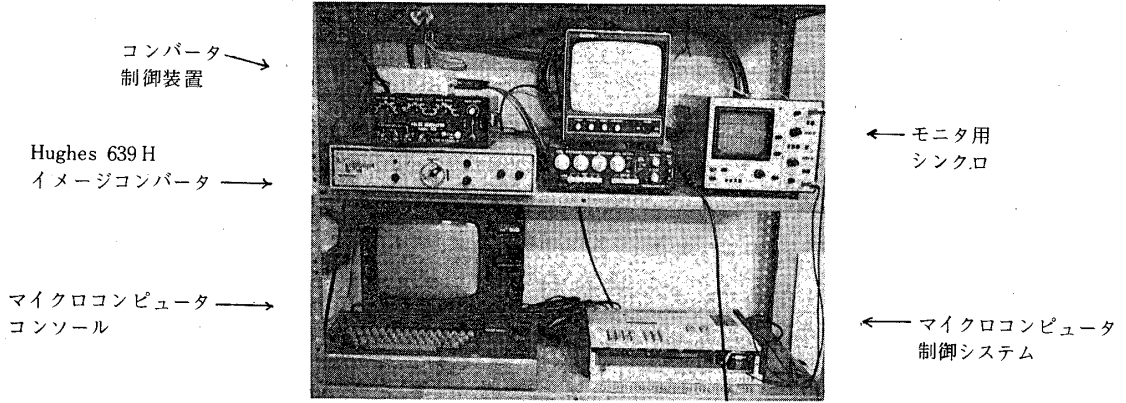
4. マイクロ・コンピュータ

Intel 社 SBC 80/10 を利用した. 上述の A/D, D/A 変換を制御すると共に, MELCOM 70 コンピュータ・システムとデータの交換を行う. このデータ交換は, おおのの側で TTL レベルの出力信号をラッチして出力, 出力が完了後フラグを同じく TTL レベルで出力する. 入力側ではこのフラグが立つのをまわって, 立った後にデータを入力してデータ交換を完了する. すなわちデータ交換はいずれの側でも割込みによらず, 入力側がフラグを検出することにより行う. 特別に高速なデータ交換が必要なわけではないから, 最も簡易で, 信頼性も高いこの方式を採用した.

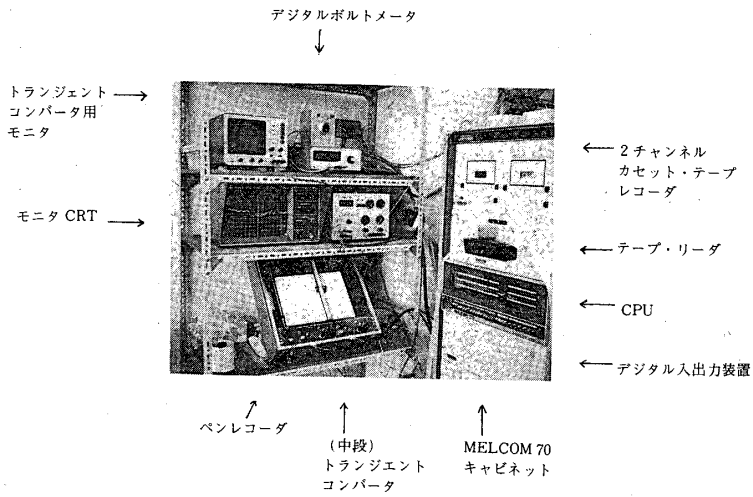
5. ミニコンピュータ・システム

三菱電機製 MELCOM 70 ミニコンピュータシステムを採用した. 20k 語のコアメモリを有する CPU は, マス・メモリとして2チャンネルのカセット・テープレコーダを備えている. デジタル入出力装置として, 64チャンネルの TTL レベル入力, 32チャンネルの接点入力, 32チャンネルの TTL レベル出力, 8チャンネルの接点出力, 16チャンネルの割込 TTL レベル入力, 8チャンネルの割込接点入力を組込んだ. このうち TTL レベル入力は32チャンネルを2チャンネル・トランジェント・コンバータのデジタルデータの読込に, 16チャンネルをマイクロコンピュータ SBC 80/10 とのデータ入力用に, 残りの16チャンネルで, そのフラグおよびデジタル・ボルトメータのデジタルデータ読込用に使用している. 32チャンネルの TTL レベル出力は, SBC 80/10 とのデータ交換用とそのフラグ用, および直接外部マイクロスイッチの駆動用に使用している. このスイッチ群と, 接点入力・出力群は, 外部の実験プロセスの制御に用いられ, 相当に複雑な制御も困難なく行うことができ, 同時に多種類の実験を並列進行させることが可能である. また別に4チャンネルの D/A 出力を有するが, これらは2チャンネルずつまとめて, XY軸出力として, CRT チューブ, およびペンレコーダに出力させる. CRT チューブは, 実験中のデータのモニタに, ペンレコーダは, 実験結果の出力に使用される.

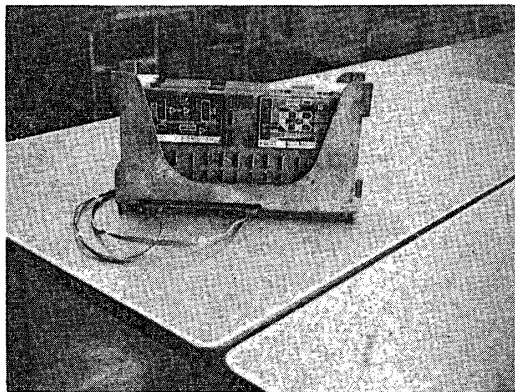
第1図にイメージ・コンバータおよびその制御システム, 第2図に MELCOM 70 システ



第 1 図 イメージ・コンバータ・システム



第 2 図 MELCOM 70 システム



第 3 図 マイクロコンピュータ SBC
80/10 および D/A, A/D コン
バータ

ム、第3図に SBC 80/10 と D/A、A/D コンバータシステムを示した。

3. ソフトウェア

1. SBC 80/10

コントロール・システムとして、Intel 社の提供する SBC 80/10 を利用する。これは 2k バイトの ROM に入っている。それにつづく 1k バイトの ROM に自作したイメージ・コンバータの制御用と MELCOM 70 とのデータ交換用のプログラムを入れた。これは、

WRITE CPU ; Dレジスタを MELCOM 70 に送る。
READ CPU ; Hレジスタに MELCOM 70 の出力を入れる。
READ ADC ; Dレジスタに A/D 変換値を入れる。
WRITE DAX ; Hレジスタを D/A 変換し X 軸へ出す。
WRITE DAY ; Dレジスタを D/A 変換し Y 軸へ出す。
READ ICV ; イメージコンバータのデータを Dレジスタに入れる。
WRITE ICV ; イメージコンバータに XY ERASE をさせる。
DELAY ; Hレジスタの値だけ時間遅れをつくる。
SLDA ; Dレジスタの値を 2^5 倍する。

の機能を有するサブルーチン群と、これらを組合わせて、イメージコンバータを制御し、データを讀込むプログラム、連続的に A/D 変換を行い、MELCOM 70 に讀込むプログラムを含んでいる。

SBC 80/10 は、起動されると、すぐ MELCOM 70 からの指令待ちの状態になり、以後すべて MELCOM 70 からのデータを解読して動作を行う。つまり、SBC 80/10 は動作中は、コンソール操作を必要としない。

2. MELCOM 70

三菱電機の提供になる Real Time Monitor を利用して、ソフトウェアシステムを構成した。

20 Kword のコアメモリのうち、Zero page を除いて、最初の 1k 語 1024 (16 進、以下同様) 番地までが、三菱提供の RTM Monitor、その後 19 FF までが、自作のサブルーチン群、以後 1 FFF までに各種の TASK Program を入れてある。この部分 8k 語は、カセットテープにまとめて記録され、初期ロード手続によって、コアにロードできる。2000 番地以降は全てデータ・エリアで、通常 1024 語づつに分けて使用される。

サブルーチン群は、入出力制御プログラム、グラフィック出力プログラム、データ処理用プログラム、アンサンブル平均処理用の 4 群からなり、総計約 50 ある。それぞれのエントリポイントは、Zero page のそれぞれの場所に記憶されている。特にデータ処理用プログラムには、各種の代数計算、関数計算プログラムの他に相関解析・FFT・誤差解析のプログラムも含まれている。

TASK は、全部で 8 レベル設定出来るから、最優先の TASK 7 は、トランジェント・コンバータの入力制御プログラム、TASK 6 は図形出力タスク、TASK 5 はグラフ出力タスク、TASK 4 には RTM ユティリティが入っている。TASK 3 は主としてデータ収集・

実験プロセス制御プログラムで、対象実験によって個別にプログラムされる。TASK 2, 1, および 0 は付加的な事後データ処理に利用されている。

4. 結 語

本システムは、約 10 年前より流体力学実験の自動化・計算機化を目的として、当時の国産最初のミニコンピュータ HITAC 10 を基本 CPU として始まった Computer-Aided Fluid Mechanical Experiment の一応の結果である。この間の絶えざるコンピュータ・ハードウェアの進歩と量産、特に最近のマイクロ・コンピュータの導入により、初期のシステムと比較するとまことに著しい変化を経験してきた。しかし、ごく基本的なモニタプログラム以外のソフトウェアは、メーカーにより供給されることを期待できないことは、初期時代より現在まで変わらないネックであり、実験当事者が、自分でソフトウェアを作らねばならない事情は将来とも変わらないであろう。但し、一般社会における計算機の普及は新入学生にこの技術に対する基礎常識を高めているので、半年位の訓練によって本システムを使いこなせるようになって来ている。

本システム開発の結果は、その都度報告 [1] ~ [3] されており、またこれを使用した成果の一部は、幾つかの機会に公表 [4], [5] されている。使用した機器の説明は、それぞれの製作者より詳細なマニュアルが発行されているから必要な際は参照されたい。システム構成についての議論も多くの学会誌・講演会等で広く行われており、参考としたものも多いが、市販量産品として入手可能なこと、きめられた予算枠内でシステムとしてまとめるという制約が支配的要因であって、選択の余地は極めて限られたものであったので、この点に関する文献参照は一切省くことにした。

本論文に述べたシステムは、本特集号によっている特別研究費により購入されたものである。

1978年1月9日 航空力学部

文 献

- [1] 大島耕一, レーザ・レーダのデータ処理装置・宇宙航空研究所報告6巻798-847(1970)
- [2] 中井佐智子; 大島耕一; 一次元波動伝播の計算機による相似実験・宇宙航空研究所報告7巻437-461(1971)
- [3] 大島耕一; 成層流体中の波動伝播の統計的方法による実験・宇宙航空研究所報告9巻688-724(1973)
- [4] K. Oshima, L. S. G. Kovasznay, Y. Oshima; Sound Emission from Burning Turbulent Puffs, Symposium on Turbulence, T. U. Berlin Aug. 1977
- [5] K. Oshima; Computer Aided Flow Visualization, Int. Sym. Flow Visualization, Tokyo Oct. 1977