

機械工学科流体工学研究室「変動流に関する画像と変動量データの同期取得および解析システム(略称ISODAS)」の紹介

山口 信行* 緒方 正幸**

1. 前書き

明星大学理工学部機械工学科流体工学研究室では、流体関連振動や流れの非定常的なあるいはランダム的な変動を伴う現象に関する研究を重点の一つとして取り組みつつある。この分野においては実験的な観察と関連情報の収集とがまず最初の段階として非常に重要である。そのための有力なツールとして「変動流に関する画像と変動量データの同期取得および解析システム」を計画し、平成7年度私立学校施設整備費補助金にて導入することができた。本システムを我々はISODASと略称している。Data Acquisition and Analysis System of Image and Synchronous Oscillograms on Unsteady Flow Phenomenaの略記である。このシステムを今後活用し、研究の展開を図ってゆきたいと考えている。ここにその概要を紹介する。

2. ISODASの狙い

非定常流体現象の研究において、流れの場全体にわたる状況を十分に観察し、把握することが大切であることは言うまでもない。このため、本分野の研究においては流れの内部におかれた物体の運動の観察に加え、様々の流れの可視化法が工夫され、活用されている。

さらに、当然のことながら通常の流体実験と同様に、この流れ場の要所要所における圧力、流速、あるいは応力、等々の物理量の変動の様子を瞬時的かつ定量的に追跡し、その変動の性格を知ることが大切である。

従来、これらの可視化と物理量計測の両面からのアプローチは別々に行われる場合が多かった。両面から行われるにしても、刻々と得られる画像やデータを後刻はぎ合わせるやり方で現象を再構成して考察することがしばしばあった。このため流れの場と変動量の同期性の対応をとることが難しい場合もあり、現象の解明や原因の特定に手間取ったり、困難を来すことも多かった。特に、周波数の高い現象やランダム的な挙動の現象の解明の場合にこれが大きな問題だった。

そこで我々は、流況の変化に同期した変動物理量の信号(変動波形)を画像と同一の画面上に表示させ、それらを同時に観察・モニタし、その後引き続いてより詳細なデータ処理を行うシステムを考えた。

このシステムは画像現象として現われる変化と量的変動とを相関的かつ発見的な目で観察し、検討や吟味を行うことを容易にする。このため研究上の強力なツールになると考え

*理工学部機械工学科 教授 流体力学

**理工学部機械工学科 助手 流体力学

ている。また従来しばしば画像と変動データ(オシログラムやスペクトル解析結果)との対応や突き合わせに非常に時間がかかっていたが、このような作業時間を大幅に短縮でき、研究効率を向上できると期待している。

3. ISODASの構成

図1に本ISODASのごく概念的な構成の概要を示す。機器の詳細については次節に述べる。

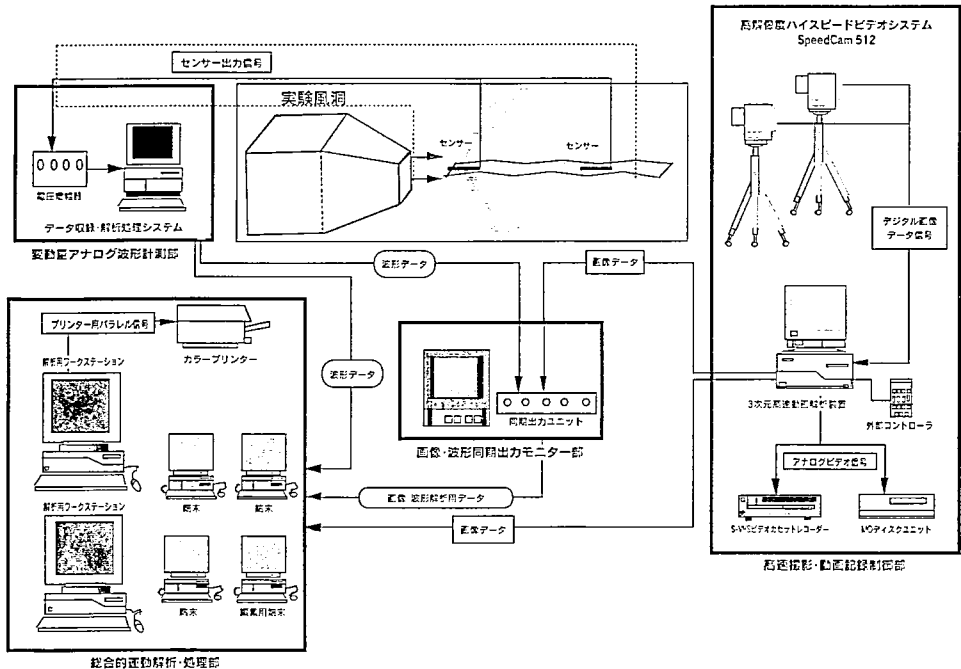


図1 ISODAS(画像・波形同期出力解析システム)構成図

- (1) 測定対象 この図では、とりあえず、現在我々の研究対象の一つである風洞気流中での紙のばたつき(フラッター現象)を観察している状況の略図を示している。可視化されている流れの場合あるいは一般的に運動している物体であれば対象となる。
- (2) 現象の撮影と画像解析 研究対象とする可視化された流れ場あるいは運動物体を高速ビデオカメラで撮影し、動画像データを取り込む。この動画像データから研究上必要な動きについて動画像解析システムにより解析する。数値的読み取りも出来る。2台のカメラにより立体的データの取得も可能である。
- (3) 変動物理量の測定 流速、圧力、応力、変位、その他の変動量(アナログ波形)を、流れ場の内部の適切な場所に配置された適切なセンサーにより測定し、増幅器を介して出力する。その一部は次の(4)の入力になる。この種のデータは、量的な検討や、振動現象において大切な位相関係の明確化に重要であろう。
- (4) 画像・変動量の同期表示とモニター 上記(2)で取得された動画像と(3)で取得される変動流のアナログ波形データを本システムによって同一CRTモニター画面上に

表示し、時系列的变化を比較・観察する。これらのデータは記録されており、再生して検討・吟味もでき、次段階の処理へ利用することもできる。

- (5) 画像・変動データの解析と処理 以上のデータを三次元高速グラフィックス・ワークステーションに送り、画像の入出力から画像処理を行う。さらに計算力学への応用としてAVS(次節参照)を用いて、実験測定データを可視化処理できる。汎用の流れ場解析ソフトウェアも利用できる。

4. 構成機器の詳細

前節でその概要を述べたシステムを構成している各要素について具体的な仕様の概略を述べる。

- (1) 高速撮影および動画制御部 表1に主要機器の名称、メーカー、主要数値類を示す。それらの写真を図2に示す。超高速度撮影デジタルカメラ SpeedCam512とそれらのモニタ用CRT各2組、そしてそれらをコントロールし、記録・解析を行う心臓部として3次元高速動画解析装置PhotoSpotのコンピューターシステムおよびディスプレイ装置1式から成る。

SpeedCam512はPCベースに開発されたデジタル式カメラで、512×512画素高密度CCD素子が採用されている。メインコントローラーにPC/ATが採用されていて、画像の評価が即時に行なえる様になっている。撮影速度はフル解像度で1000コマ/秒、解像度を下げて3000コマ/秒まで可能である。(従来の高速度カメラは独自のハードウェアに依存しており、画像データの解析・評価はアナログテープまたは他の媒体を介して必要な計算機に入力されることが多い。)

PhotoSpotは画像入力から距離、速度、加速度、その他を測定し、出力することが出来る。

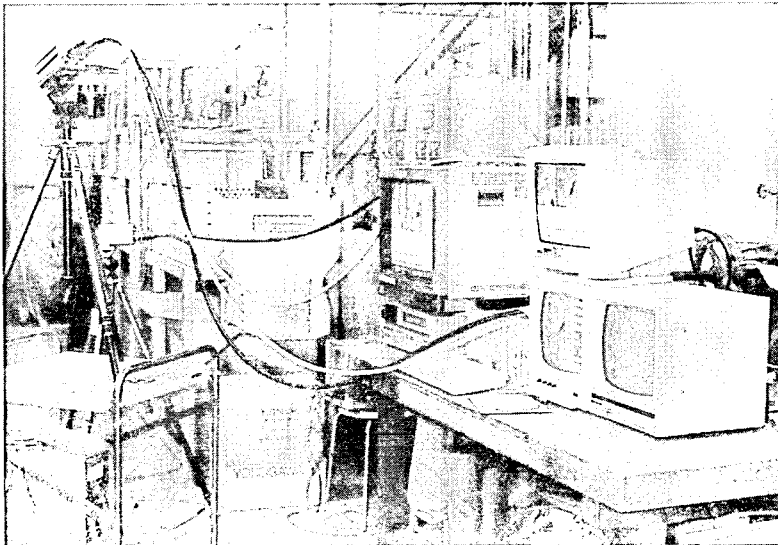


図2 高速度撮映装置(左)と動画記録部及び画像・波形同期出力モニター部(右)

表1 高速撮影・動画記録制御部(含 同期出力モニター部)

| | 装置 | 名称(メーカー) | 数量 | 主要仕様 |
|--------------|--------------------------------|---|--|---|
| 撮影・動画記録制御部 | 超高速デジタル・ハイスピード・カメラシステム | SPEED-CAM512 64MB (ワインバーガー社、スイス) | 1 | センサー：固体撮像素子 分解能：512×512(フルフレーム撮影時) センサー感度：ISO 10000相当 コントローラ：IBM PC/AT 互換機 撮影速度：100~3200駒/秒 画素数 512×512：1000駒/秒 512×256：2000 512×128：3000 録画時間：0.25秒(1000駒/秒) |
| | ステレオ撮影用増設カメラ | SPEED-CAM512 128MB (ワインバーガー社、スイス) | 1 | 同上 |
| | 増設メモリ | 64MB (ワインバーガー社、スイス) | 1 | 記録時間増設：0.25秒(1000駒/秒) |
| | 3次元高速動画解析装置 | PHOTOSPOT (パニアー・フォトレック社、フランス) | 1 | 2次元変位、3次元ポイント変位、3次元速度変位、3次元加速度変位、距離変位、角度変位を8ポイントにて同時計測可能、自動追尾解析 |
| | イメージインテンシファイア内蔵型デジタルリードアウトシステム | SV553-DR (ハドランドフォトニクス社、イギリス) | 1 | イメージインテンシファイア IMACONダイレクトカップリング MCPタイプ GAIN：60,000倍 トリガー制御機能 デジタル リードアウト 有効画素数：1134(H)×486(V) フルランダムトリガー入力 フレームストアー保存方式 専用画像処理ソフト内蔵 |
| | S-VHSビデオカセットレコーダー | SOV-580 (ソニー株式会社) | 1 | 信号方式：NTSCカラー 記録方式：回転2ヘッドヘリカルスキャン 水平解像度：VHS**240TV本以上 映像SN比：47dB以上 録画レベル調整：自動 映像入力：コンポジット・Sビデオ信号 映像出力：コンポジット・Sビデオ信号 |
| | MOディスクユニット | RMO-S570 (ソニー株式会社) | 1 | ディスク：ISO準拠130mm フォーマット容量：1.3GBytes 回転数：3000min(rpm) バッファ容量：1 MBytes |
| 同期出力ユニット | (ワインバーガー社、スイス) | 1 | 撮影画像に合わせて2アナログ信号入力 | |
| 出力専用高解像度モニター | PVM2054Q (ソニー株式会社) | 1 | 入力信号：NTSC、PAL、SECAM CRT：20インチ リニアリティ：5% ノーマルスキャン：7%オーバースキャン | |

さらにこれらに外部コントローラー、光磁気MOディスクユニット、ビデオカセットレコーダー、等が付属している。

- (2) 変動物理量(アナログ波形)測定部 通常の流体測定システムであり、流速、圧力、応力、等の変動量のセンサー出力を増幅する電圧増幅器とデータ収録・解析処理システムU-DASとから成る。熱線風速計その他の出力を入力することもできる。表2

表2 変動量アナログ波形測定システム

| 装置 | 名称 | 数量 | メーカー | 主要仕様 |
|---------------------------------|------------|----|-----------------------|--|
| 増幅器 (マルチコンディショ ナクラスタシステム) | MCC series | 1式 | テクノアーツ株式会社 (株)共和電業 | 構成 1. ユニットベース MCC-16A 2. モニタカード DPC-16A 3. 動歪測定カード DPM-12A 4. シグナルコンディショナカード CDV-21A 5. GP-IBインターフェース MCG-21A |
| 高速データ収録・解析 処理システム | U-DAS3160 | 1式 | テクノアーツ株式会社 | 構成 1. U-DAS3160 (本体) 2. 増設メモリ RAMボード 8MB 3. 制御動(コンピュータ)PC98 4. ディスプレイ DC-KM153R 5. I/O拡張ユニット |

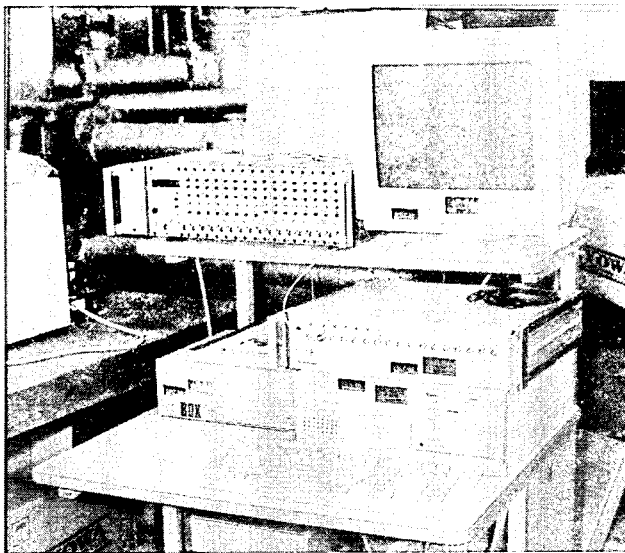


図3 変動物理量(アナログ波形)計測部

にそれらの主要機器の名称とメーカー、主要な仕様を示す。図3にそれらの写真を示す。

(3) 総合的運動解析・処理部 このようにして取得された画像および変動量のデータは、各構成要素システムのレベルでも通常レベルの解析や出力が可能である。さらに最終的には高速の解析およびグラフィックス用ワークステーションに送られ、さらに高度な解析や処理を行う事ができる。この解析・処理システムの大部分は流体工学実験室内の解析室にまとめられている。解析室の様子を図4の写真に示す。

このシステムは表3に示すようにワークステーション2台を始めとする多数のPCおよび入出力機器から成っている。この内のワークステーションとPC各1組は別館

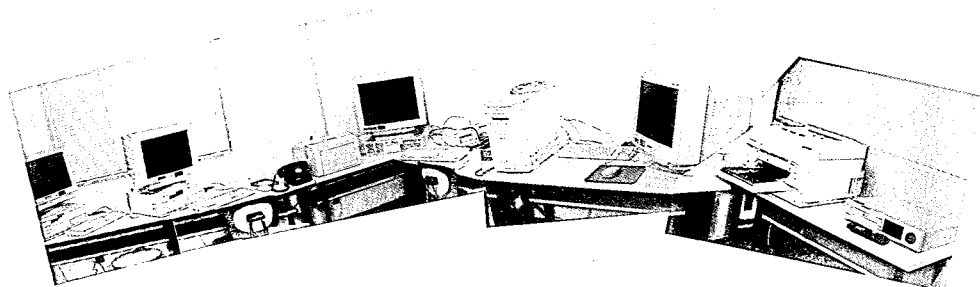


図4 総合的運動解析・処理部

表3 総合的運動解析・処理部

| 装置 | 名称 | 数量 | メーカー | 主要仕様 |
|--------------|----------------------|----|--------------------|--|
| 解析用ワークステーション | DEC AlphaStation 200 | 2 | 日本デジタルエレクトロニクス株式会社 | 166MB Alpha Axp, 24bit Color Graphic Board, 4GB Disk, 128MB Memory, 21インチカラーモニター |
| 端末 | NEC PC-9821 V10 | 3 | 日本電気株式会社 | |
| 編集用端末 | Power Macintosh 8100 | 1 | アップルコンピュータ株式会社 | |
| カラープリンター | Color Point 2 | 1 | セイコー電子工業株式会社 | |
| プリンター | Laser Shot Jr. | 1 | キャノン株式会社 | |

の流体工学研究室に設置され、学内LANにより接続されている。

この解析部の主要な機能の一つとしてAVSが組み込まれており、これを利用して解析と処理を行う計画である。AVSとはApplication Visualization Systemの略称(米国Advanced Visual Systems社の商標)で、データの可視化技術を要素的にモジュール化してあり、ネットワーク・エディタを用いてビジュアルライジング・プログラムすることのできるソフトウェアである。測定データとデータ可視化技術を組み合わせて高度処理を行ない易いシステムである。

その他に、流れ場の画像処理から流体要素の流動ベクトルを推測する汎用ソフトウェアも準備されている。これらの機能については今後活用しつつさらに独自の展開を図っていきたく考えている。

- (4) ネットワークおよび端末系 上記(1)および(2)の各サブシステムは流体工学実験室内の実験現場近くに配置されており、(3)のためのサブシステムは解析室内に収容されている。これらのサブシステムはそれぞれ多数のパーソナルコンピュータ(PC)およびワークステーションから構成されているので、有効活用を図るため、データの転送や遠隔解析のためにイーサネットで結合されており、学内LANのネットワークを利用して実験室内現場—解析室—研究室をつないでいる。もちろんフロッピーディスクや光磁気ディスク、また磁気テープ(DAT)によるデータの共有も可能である。

5. 後書き

機械工学科流体工学研究室では、現在、本ISODASを利用して紙のシートのフラッター等の流体振動的な実験や流動層における粒子のランダム的運動の観察、その他の研究を行う準備を始めている。このシステムに全ポテンシャルを発揮させるに至るにはまだ時間が必要であるが、今後十分に活用して良い成果を出すとともに、さらにシステムの向上と展開を図り、使い易いものとしたい、と考えている。

本システムは非定常流体の分野だけでなく、応用範囲は広いと考えられる。関心をお持ちの方々の御参考になれば幸である。

末尾になったが、本システムの計画と内容の検討、そして実現に御協力いただいた大沢商会電子情報部イメージデータシステムの小西信宇氏および水島孝明氏、(株)ケイ・ジー・ティー社SIグループの鍋田信之氏を始めとする多くの方々、当学内で本計画の実現に協力頂いた用度課長(当時)杉村征男氏、実験室システムの環境整備に協力頂いた管理営繕課長青井等氏その他の方々に深く感謝する。