

航技研 6.5m×5.5m 低速風洞後流トラバース装置の機能向上

野中 修、星野秀雄、室田勝一、
齊藤 茂、高橋 侑（航空宇宙技術研究所）

Osamu Nonaka, Hideo Hoshino, Katsuichi Murota,
Shigeru Saito, Hitoshi Takahashi (National Aerospace Laboratory)

概要

航技研 6.5m×5.5m 低速風洞後流トラバース装置は平成 5 年度の補正予算を受けて、機構部、制御系を含む全面的な更新がなされた¹⁾。しかし、その後の本トラバース装置を使用した後流測定試験の自動移動における設定操作画面機能、作業操作性を含むいくつかの改良すべき点が明らかになった為、大型低速風洞においては、平成 10 年度に後流トラバース装置制御系の改修を主目的としたソフト機能の改良と作業操作性向上のための機能向上化を図った。本報告は、本後流トラバース装置に対して、ソフト、ハード両面の改修を実施した機能向上の概要について述べる。

1. はじめに

風洞実験における模型後流の圧力計測においては、トラバース装置の存在はピトー管等のセンサやスキャニバルブ、ZOCバルブ³⁾等の圧力走査器と共に欠くことのできないものであると同時に、トラバース装置と圧力計測装置の通信機能を含むソフトの機能の良否が、圧力計測における実験効率のデータ生産性を向上させる重要なキーポイントとなる。従来のNAL6.5m×5.5m 低速風洞の後流トラバース装置(以下、トラバース装置という)のソフト面の機能は、これらの機能を満足できるものとなっておらず、トラバース装置を独自に専用計算機(タッチパネルとシーケンサの組合せ)で制御する方法をとっていたのに対し、改修したトラバース装置は、新規の制御用パーソナルコンピュータ(マスターコンピュータ)にはGUI(Graphical User Interface)機能に優れたLabVIEW(5.0)ソフト²⁾を、既存NAL6.5m×5.5m 低速風洞データ処理システム⁴⁾(以下、データ処理システムという)にはHP VEE ソフトをそれぞれ導入し、両

者間での通信を行いながら、トラバースの移動走査および圧力計測を自動で行うことができる圧力計測の自動化を図った。また、実験準備作業を含めた全体の実験効率を上げるためにハード面の改修も行った。以下、トラバース装置のソフト、ハード両面の機能向上の概要について報告する。

2. 旧トラバース装置の問題点と対策項目

2.1 旧トラバース装置の問題点

- (1) 独立した制御系のため、データ処理システムとの通信ができず、圧力計測(トラバース移動を含む)が自動でできない。また、測定データと測定位置の対応がとれない。
- (2) トラバースの位置決めがインクリメンタル型のエンコーダによる相対位置表示(現在値からの移動量)のため、移動前の原点位置を実験者が記録、記憶する等の作業が必要であり、実験者の負担が大きい。
- (3) 自動(グリッド)モードを含む画面からの設定操作機能(グリッドの設定は座標指定で

はなく、1回の移動量と移動回数による)が悪いためトラバース走査は制御盤からのコントロールを主体に行っている。

- (4) メモリ機能がないため、電源OFFと同時に位置メモリがクリア(零の表示になる)されてしまう。
- (5) スキャニバルブを風洞床面に固定して使用していることから、風路にさらされるセンサ(ピトー管)とスキャニバルブ間の配管(ビニールチューブ)も長くなり、風圧による振動を受けたり、圧力整定時間が長くなる。
- (6) ペンダントスイッチ、ケーブルが高重量で操作性が悪い。
- (7) セッティング作業における、トラバース装置本体(Xレール、下部架台部、ケーブル類含む)の作業操作性が悪く、実験効率の低下を招いている。

2.2 対策項目

(1) 圧力計測自動化のための制御系の改修

トラバース装置および圧力計測装置に相当するデータ処理システムをマスターコンピュータから自動制御して圧力計測ができるように、マスターコンピュータにはLabVIEW(5.0)ソフトを、データ処理システムにはHP VEE ソフトを導入して、トラバース装置制御用、データ処理システム制御用プログラムをそれぞれ製作すると共に、圧力計測プログラムは本装置制御系に合わせて、既存の圧力計測プログラムを部分的に改修して対処した。また、制御系の改修に伴い製作費用の関係から3軸(X、Y、Z)の駆動用モータ、制御盤を交換した他、新規にGPIB/RS232C コンバータ、非常停止スイッチを設置した。

(2) 装置原点の認識化

従来のインクリメンタル型のエンコーダをアブソリュート型のエンコーダに交換することにより位置表示の方法は絶対位置座標での表示が

可能になった⁵⁾。Y、Z軸駆動用モータのように、駆動機構部が装置と常に一体となった構造の場合は問題ないが、駆動モータと装置の組み込みが実験の度に行われるX軸駆動用モータと装置の位置関係は、実験準備作業の段階でクレーンにより下部架台部をX軸レールに乗せる時にずれることになる。このことから、今回の機能向上では、下部架台部の下面の従来のハードリミットスイッチから下流側にX軸原点復帰検出器を設置して、本装置をセッティングした際には、必ず操作マニュアルに従ってX軸原点復帰検出器をON(検出器を押す)状態にして、X軸の装置原点(絶対座標)を認識させるようにした。

(3) 運転用画面操作機能の改良

LabVIEW(5.0)ソフトを導入して、4.3.1項に後述する実験基準点からの相対位置座標で座標設定をして行うファイルモード、グリッドモード等の操作機能性に優れた自動制御および計測プログラムが構築された。

(4) 電源OFF時の位置座標メモリ化

エンコーダをアブソリュート型に交換したことによる装置の機械的な絶対位置の保持が可能となった。さらに、アブソリュートエンコーダにメモリを付加して、位置座標のメモリ化を計った。

(5) スキャニバルブ収納箱の設置

スキャニバルブを収納するためのスキャニバルブ収納箱を、トラバース装置本体のスティング部の後方に取付台座を設置して、これにスキャニバルブ収納箱を取り付けて、この中に冬季に使用する恒温ヒータと共にスキャニバルブを固定および収納した。

(6) ハンディターミナルの交換

従来のペンダントスイッチを軽量かつ小型で、しかも、ケーブル長さも短かいハンディターミナルに交換し、操作性が改善された。

(7) 作業操作性の改善

作業操作性の改善として、トラバース装置本

体に対してコネクタボックス、ハンディターミナル収納箱、下部架台部およびレール部キャスター、スキャニバルブ収納箱、ゴムバンド(ケーブル固定用)、ケーブル等の構成部品が新設され、実験準備の作業操作性が改善された。

3. 改修後のトラバース装置の概要および機能

トラバース装置はストラットカート内の定められた位置に固定した後、本トラバース装置の可動範囲内における模型後流計測等に使用するためのもので、機能向上後の本トラバース装置の全体構成を図1に示す。トラバース装置は、図1に示すように、トラバース装置本体、トラバース装置本体に付属されるハンディターミナル、1階計測室に配置される制御盤、2階計測室に設置されるマスターコンピュータ(Windows98)、GPIB/RS232C コンバータ、非常停止スイッチおよびデータ処理システム(VXI)で構成される。表1に機能向上後のトラバース装置の仕様を示す。

3.1 トラバース装置本体の概要

トラバース装置本体は、平成5年度に更新がなされたもので、今回のトラバース装置の機能向上では構造的に大きな改修はしていないが、ストラット部および下部架台部に付属した3軸(X、Y、Z)のACサーボモータについては前述した理由で新品に交換した。また、作業操作性の改良のために、スキャニバルブ収納箱、コネクタボックス、ハンディターミナル収納箱等を新たに設けた。以下にトラバース装置本体の概要について述べる。

トラバース装置本体は、図2に示すように、レール部、下部架台部、ストラット部(スティング部付)の3分割構造になっており、レール部は、下部架台部本体の下部に取り付けられたACサーボモータ軸に直結したピニオンにかみ合わせるためのラック、走行用レール、X軸原点復帰検出器作動板をI型鋼にボルト類で組み合わせ

た構造になっている。下部架台部は、鋼板を溶接構造で組み立てた下部架台部本体に、Y方向移動架台、ボールネジ、レールガイド、Y軸用ACサーボモータ、X軸用ACサーボモータ、タイミングベルト、キャスター、コネクタボックス、ハンディターミナル収納箱、X軸原点復帰検出器(図3)等をボルト類で組み合わせた構造となっている。ストラット部は、ストラット部本体に、スティング、スキャニバルブ収納箱(取付台座含)、ボールネジ、Z軸用ACサーボモータ、リミットスイッチ、タイミングベルトを組み合わせた構造になっている。

本装置の装備品として、図4に示すスティングポッド部に取り付けるためのセンサ(ピトー管)取り付け用シャフトが装備されている。センサ(ピトー管)については今後整備していく予定である。3つに分割された各構成部品の総重量は約1520Kgであり、1つの構成部品単体でも数百Kgと高重量であるので、風洞内へのセッティングはクレーン作業によって行われる。今回の機能向上で下部架台部本体やレール部へのキャスターの取付によって、風洞内へのセッティング作業において、下部架台部本体やレール部をクレーンの使用できる場所への移動が容易になった。また、実験前のトラバース範囲内で行うティーチング動作や各種の設定操作に使用するハンディターミナルを前述したハンディターミナル収納箱の中に収納した。

3.2 制御盤

制御盤は図1に示すように、制御系の改修に伴って新規に製作されたもので、デジタルコントローラ、サーボアンプ、制御盤に内蔵されたサーボアンプとその他の制御盤内の各構成機器間を結ぶキャプタイヤケーブル、GPIB/RS232C コンバータを結ぶシリアルリンク(RS232C)によって構成されており、3軸モータの動力源、制御用として用いられる。制御盤の操作機能としては、電源のON、OFF操作

と、遠隔(2階計測室)または機側(風洞内のハンディターミナル)への操作権の切替操作の2つである。制御盤への主電源の供給は、既設のNAL6.5m×5.5m 低速風洞電源分電盤より単相AC200Vで制御盤に内蔵された電源電圧調整器に供給され、モータ駆動用、トラバース制御用電源として電圧調整して使用される。

3.3 マスターコンピュータの仕様

本装置の主な構成機器の仕様を以下に示す。マスターコンピュータは、Dell 社製の Optiplex GX1 Mini Tower 1台を使用した。

Optiplex GX1 Mini Tower は、CPUとして Intel Pentium II (300MHz 以上)を搭載し、RAM メモリ容量は 128MB、ハードディスクの容量は 4GB である。設定操作用モニタは、21 インチ(カラー)のサイズのものを使用している。

3.4 データ処理システム(VXIシステム本体)の仕様

データ処理システム (VXIシステム本体)の仕様を以下に示す。

コントローラ	: HP V743 (100MHz)
語長	: 32 ビット
CPUメモリ	: 64MB
ハードディスクメモリ	: 2GB
RS-232C ポート数	: 5
RS-422 ポート数	: 1
GP-IB ポート数	: 1
高精度 A/D	: 64CH 51/2 桁
高速 A/D	: 64CH 16 ビット、100K サンプル/秒
TTL入力	: 272 点
接点出力	: 16 点

3.5 制御系の動作概要

本装置の制御には、Lab VIEW(5.0)ソフトを使って、マスターコンピュータの画面上に配置した設定、操作スイッチから制御盤に指令す

る方法と、ハンディターミナルから制御盤に指令を与える2つの方法があるが、ここでは、マスターコンピュータからの指令で圧力の自動計測を行いながらトラバース装置を自動走査する場合の制御系の動作概要について述べる。

マスターコンピュータと制御盤との通信は図5に示すように、現状のマスターコンピュータが将来他機種のコピュータに変更された場合でも柔軟に対応できるように選定された GPIB/RS232C コンバータを経由して行われている。動作概要としては、マスターコンピュータからの位置設定信号は、GPIB/RS232C コンバータを介して制御盤内のデジタルコントローラへ送られてデジタルにコントロールされ、マスターコンピュータからの移動指令信号により、サーボアンプを介してACサーボモータが駆動される。駆動中は、アブソリュートエンコーダからの現在位置信号がデジタルコントローラを介してマスターコンピュータへ送られ、マスターコンピュータ画面に現在位置表示が行われる。

マスターコンピュータとデータ処理システム(VXI)の通信は、GPIB インターフェース経由で行われている。動作概要としては、トラバース装置の位置設定が完了すると、データ処理システムに移動完了信号が送られ、データ処理システムからは駆動指令信号が送られてスキャニバルブが動作し、データ収集が行われる。データ収集が完了すると、GPIB 駆動完了信号がマスターコンピュータに送られ、マスターコンピュータからは、次の位置設定指令信号がトラバース装置に送られる。

4. トラバース制御ソフトウェア機能全般

トラバースを制御するソフトウェアの使用言語は、基本的に Lab VIEW 5.0(Windows 98)を使用した(高速処理を必要とする部分は除く)。マスターコンピュータからの条件設定、移動指令等の設定操作は、マスターコンピュータのファンクションキーによる割り込み、またはウィ

ンドー(画面)上に配置された設定操作ボタン／マウスにより容易にできることをめざした。

トラバース制御ソフトウェアの製作は、次に述べる 4.1 トラバース条件設定機能、4.2 トラバース制御モード機能等に基づいて行われた。

本ソフトウェアによるトラバース移動の座標は、4.3.1 項に述べる座標変換定数を設定する理由から絶対座標、相対座標 2 つの座標で表示できる機能を持たせた。本ソフトウェアにより制御する軸は X、Y、Z の 3 軸とし、各軸方向の最大移動範囲(スパン)は、X 軸=3000 mm、Y 軸=2500 mm、Z 軸=2500 mm である。尚、位置決め精度および繰り返し精度は、X 軸=±2.5 mm、Y 軸=±1.0 mm、Z 軸=±1.0 mm である。以下に、トラバース装置制御ソフトウェア機能構成図(図 6)を基にトラバース条件設定機能、トラバース制御モード機能について述べる。

4.1 トラバース条件設定機能

本ルーチンによりトラバース移動に必要な各種設定パラメータをディスク上のファイルに設定または変更ができると共に、各パラメータは容易に CRT 上で参照することがができる。また、自動移動する座標点を、EXCEL(CSV)形式でルックアップテーブル上に作成し、これをハードディスクまたはフロッピイディスクに保存した後、保存したルックアップテーブルデータを再度ディスク上で読み込んで、トラバース移動を自動移動させることができる。

4.2 トラバース制御モード機能

トラバース制御モードとしては、手動設定ルーチン、自動設定・計測ルーチンの 2 種類のルーチンにより制御が可能であり、その制御機能は以下の通りである。

(1) 手動設定ルーチンによる制御機能

本ルーチンによる制御機能は、マスターコンピュータのマウスまたはキーボードにより① JOG モード(キーを押している間トラバースが

移動する)、②ポイントモード(原点および現在位置からの移動量を指定することによって、自動的にトラバースが位置決めできる)の 2 つのモードによる移動操作ができると共に、この時実時間でモニタ上に現在移動座標値を、3 軸同時に 2 つの座標定義(絶対座標、相対座標)のうちどちらかに表示切り替えして表示することができる。また、トラバース各軸の移動速度の調整も可能であり、移動速度は、任意の速度に対応した指標値で、3 軸それぞれ 5 mm/sec 毎に任意に可変することができる。移動速度範囲は、X 軸=5~20 mm/sec、Y 軸=5~50 mm/sec、Z 軸=5~50 mm/sec となっている。

また、本ルーチン実行中の強制停止、移動停止、中断も可能である。

(2) 自動設定・計測ルーチンによる制御機能

自動設定・計測ルーチンは、データ処理システム用コンピュータ(VXI)との通信(移動指令、計測完了)を行いながら、グリッドモード、ファイル(ランダム)モードの 2 つの自動移動モードの条件設定ルーチンで、予めルックアップテーブル上に設定された座標点にトラバースをシーケンシャルに自動移動し、計測信号が整定した段階でデータ収集を行うピッチアンドポーズ方式で圧力計測のデータ収集ができる。さらに、本ルーチン実行途中で手動設定してトラバースを移動させてデータ収集することも可能である。尚、自動設定・計測ルーチンによる移動速度の調整は基本的にできない(メーカーにより、トラバース移動後に 3 軸の設定位置で 3 軸のモータが同時に制止するように 3 軸のモータ速度を最適な値に固定している)。その他、現在移動座標値の表示、本ルーチン実行中の強制停止、移動停止、中断等の設定操作および表示機能は前述した手動設定ルーチンによる制御機能と同様である。

(3) 自動移動モード走査条件設定ルーチンによる制御機能

本ルーチンは、図 7 に示すように、グリッド

モード(縦、横)走査とファイル(ランダム)モードの2種類のモード走査の条件設定ルーチンであり、前者は、Y-Z断面においてトラバースを一定のピッチ(増分)で横($\pm Y$)方向または縦($\pm Z$)の2つの操作方法を選択して走査することができるもので、移動に際し開始点、終点が任意にテーブル上で設定ができる。後者は、Y-Z断面においてトラバースを任意のピッチ(増分)で横($\pm Y$)方向または縦($\pm Z$)の2つの操作方法を選択して走査することができるもので、他の機能はグリッドモードと同様である。

4.3 画面表示および設定操作機能

ここでは、トラバース装置と既存データ処理システム(VXI)に対して構築した2つの制御ソフトウェアによる画面表示ならびに設定操作機能の中の座標設定操作、グリッドモード計測操作、それぞれ2つのプログラムの立ち上げから終了までの一連の画面操作について述べる。但し、VXIコンピュータの制御プログラムは立ち上げた状態にある。以下図8～図17をもとにこれらの操作機能について述べる。

4.3.1 座標設定操作

座標設定は、各軸のアプリケーションソフトウェアリミットと座標変換定数(以下、座標パラメータという)を設定するための操作画面である。ここでは、座標パラメータ設定で行う(1)座標パラメータ設定前操作、(2)座標パラメータの設定操作について述べる。

(1) 座標パラメータ設定前操作

① VXI画面の操作

図8で左上の試験モードの圧力試験にマウスでチェックマークを入れた後、マウスで画面右上の収集モード選択で、トラバース装置との通信を意味するFAコンピュータ(通信モード)を選択した後実行ボタンをクリックした後に表示される上書きボタンをクリックするとファイルへの書き込みが行われる。

② 制御盤の操作

トラバース装置制御盤の電源ON操作、操作権切替スイッチ(キー式)を遠隔(2階マスターコンピュータ)に切り替えた後、スイッチキーを抜き取り、2階OS(Windows 98)の立ち上げ操作を行った後で、次に述べるトラバース制御プログラムによる画面操作を行う。

③ マスターコンピュータ画面の操作

画面上のトラバース制御プログラムのアイコンをダブルクリックすると、Lab VIEW 5.0ソフトにより製作された図9のようなソフトウェア起動時画面が表示される。図9は、画面が5つのブロックに分けられ、図の左最上段の条件設定表示欄には、VXIコンピュータから送信される、VXIコンピュータ画面表示と同一の表示パラメータ日時、TEST.NO、RUN.NOを表示させることができる。2つめの左中段の現在位置の設定表示欄の中の最上段の座標切替・表示ボックスでは、相対または絶対座標の切替が左の三角マークボタンで操作および表示ができる。中段のX、Y、Zの各座標表示欄には、それぞれの現在位置の座標(通常は相対座標で)が表示される。3つめのモード設定表示欄では、上から順に手動、グリッド、ファイルの各モードを選択して、各モードによる自動計測ができる。また、モードの条件設定ボタンでは、後述する座標パラメータやメンテナンス時の各種パラメータの設定変更ができる。モードの終了[F12]ボタンはプログラムを終了時の終了操作に使用される。4つめの画面の最下段のメッセージ欄には、現在のプログラムの実行状況が文字で表示される。5つめの空欄の部分には、後述する条件設定や各種モードを選択することによって、これらを設定・表示するための操作画面が表示される。図9の条件設定ボタンをクリックした後、4.3.2項に述べるグリッドモード計測の準備操作として、トラバース制御パネル表示をマウスでクリックしてチェックマーク(X)を付けると図10(a)の座標パラメータ設定画面が表示

される。ここで、図 10(a)の条件設定欄の設定操作ボタンについて述べる。設定項目選択ボックスは、座標設定、メンテナンス時の座標パラメータや各軸のモータパラメータ、ドライバソフトウェアリミットの設定に使用される。条件読み込みボタンは、以前に保存した条件を読み込む時に、条件保存ボタンは、現在の条件をデフォルトファイルに保存する時に使用される。また、別名で保存ボタンは、現在の条件を別名で保存する時に、ドライバ設定ボタンは、モータの詳細なパラメータの設定やモータパラメータのデフォルト状態への復帰をする時等それぞれの設定操作に使用される。以下に図 10(a)、10(b)をもとに座標パラメータの設定操作について述べる。

④ ハンディターミナルの操作

トラバース装置をセッティング後、座標パラメータの設定を設定画面から行う前に、ハンディターミナルでX軸の原点復帰操作(自動で行われる)を行い、トラバース装置のX、Y、Zそれぞれの装置基準位置が所定の値であることを、スケールの読み取り値とハンディターミナルの表示値で確認する。この後トラバース装置を任意の位置まで移動後停止させて図 10(b)に示す X_1 、 Y_1 、 Z_1 それぞれの実験基準点から装置基準点へのオフセット値を計測、記録すると共に、 X_1 、 Y_1 、 Z_1 それぞれの実験基準点から装置基準点へのオフセット値を計測した時のトラバース位置 X_{TA} 、 Y_{TA} 、 Z_{TA} (ハンディターミナルに表示された絶対座標)を記録して次の(5)項の座標パラメータの設定操作に使用する。

(2) 座標パラメータの設定操作

図 10(a)で座標パラメータの設定は、圧力計測におけるトラバース装置座標を便宜上実験基準点からの相対座標で表すことと、実験の種類によって実験基準点とトラバース装置に使用するピトー管(支持部含む)等のセンサの寸法が異なった場合でも、測定センサの位置を任意の実

験基準点からの相対座標で表すために必須の設定操作であり、設定入力する座標パラメータは、実験基準点から装置基準点へのオフセット値(X_1 、 Y_1 、 Z_1)と、実験基準点から装置基準点へのオフセット値を計測した時のハンディターミナルに表示された絶対座標(X_{TA} 、 Y_{TA} 、 Z_{TA})の2種類である。これらのパラメータの入力は、マウスまたはキーボードにより数値入力(最小1桁の整数で、単位:mm)した後、条件保存ボタンをクリックして保存操作を行う。

4.3.2 グリッドモード計測操作

ここでは、図 11 のソフトウェア起動時画面が立ち上がっている状態からの操作について述べる。

(1) ポイント移動操作

図 11 でポイント移動操作は、設定した座標にトラバースを直接移動させることができ、グリッドモード計測の開始点への移動、座標入力による自動移動用に使用される。移動は簡易補間によって到達時間が3軸とも同時になるように行われる。ポイント移動操作は、マウスまたはキーボードによりポイント移動の目標座標を座標移動欄のX、Y、Z表示欄に数値入力した後、右の移動開始ボタンをクリックすることによってトラバースが移動される。同時に左側画面の現在位置のX、Y、Zの値が目標座標値を表示する。続いて図 11 のモード欄でグリッドモードをクリックすると、図 12 に示すような、初期計測[F 5]、終了[F 9]のボタンが追加表示された初期計測画面となる。

(2) 初期計測およびグリッド(断面)計測準備

図 12 の初期計測ボタン[F 5]を押すと、図 13 のV X I画面の初期データ計測ボックスにチェックマークが入ると同時に、画面右上に計測終了の文字が緑色の四角枠で表示される。同時にマスターコンピュータの画面は図 14 に示す計測開始待ち画面に変わる。図 14 には、中央にグリッド計測の座標設定入力用の移動条件設

定欄が、中央下段に計測実行[F 6]ボタンが、右下段にRUN終了[F 8]ボタンが表示される。次に移動条件設定欄の上段のX、Y、Zそれぞれの開始点、終点、増分の値を入力した後、座標作成ボタンをクリックすると、座標設定値にグリッド座標が表示される。この後下段左のグラフを表示するためのトグルスイッチをドラッグして上に移動すると、作成したグリッド座標の数値座標が図15の座標履歴、設定値表示画面に示すようなグラフで履歴表示される。

(3) 断面計測実行操作

図15の中央下段の計測実行[F 6]ボタンをクリックすると、図16のグリッド(断面)計測実行画面にかわる。図で計測がすでに終了した座標位置は、丸印と太線で表示され計測状態が実行済かまたは非実行であるかが明瞭に区別できる。また、図の下段の断面終了[F 7]ボタンは、断面計測を途中で中止する場合に使用する。断面計測を途中で中止せずに断面計測が終了すると、ベープ音が鳴ると同時にRUN終了ボタン[F 8]が下段右端に表示される。

(4) グリッド(断面)計測終了操作

グリッド(断面)計測の終了操作は、RUN終了[F 8]ボタンをクリックした後、モードの終了[F 12]ボタンをクリックすると、OS立ち上げ時のWindows画面にもどる。

(5) V X I 画面の終了操作

V X I 画面の終了操作は、図8の終了ボタンをクリックして自動計測プログラムが終了される。

4.3.3 アラーム発生表示と対処法

トラバースに問題が発生した場合、制御盤から図17に示すようなメッセージ内容を表示するダイアログボックスが画面中央に表示される。ダイアログボックスには、ダイアログボックスの左側にアラーム原因を示すアラーム番号が、アラーム番号の右にはアラーム原因の内容が文字表示される(詳細は取扱説明書を参照)。さら

に、ダイアログボックスの右側にはアラームの対策が文字表示される。アラームが発生した場合には、ダイアログボックス中の対処法や、コントロールマニュアル(PDC-1300 取扱説明書)を確認し原因を除去後、アラームリセットボタン(赤色)を押した後、その下の了解ボタン(黄色)を押してダイアログボックスから抜け出す(ダイアログボックスが消える)ことができる。

4.3.4 断面計測点数と計測所要時間の関係

図18は、トラバース装置をY-Z断面で自動走査させた圧力自動計測における、断面計測点数に対する計測所要時間の関係を示す。Y-Z断面計測トラバースにおける自動走査を、Y、Z方向の移動ピッチをそれぞれ10mmピッチで行ったデータを丸印(○)で、同様に20mmピッチで行った値を四角印(□)で示した。この結果から、断面計測点数と計測所要時間の関係は比例関係にあり、自動計測における1計測点当たりの計測所要時間は、10mmピッチで22.36(sec)、20mmピッチで21.0(sec)であることがわかった。この2つのデータは、Y-Z断面計測の実験ケースを見積もる上で有益なデータとなるものと考えられる。尚、1計測点でのスキヤニバルブの切替ポート数は9点、1ポート当たりのサンプルデータ数は128点平均である。

5. 本装置による風試模型後流測定例

図19は、本トラバース装置を使用して行った、矩形翼模型の翼端渦の特性試験の結果を示したものである。本試験でのトラバース走査は、縦、横200mmのY-Z断面内で、Y、Z方向それぞれに10mmピッチで行い、断面計測点数は合計441点、1計測点でのスキヤニングバルブの切替ポート数は9点、本Y-Z断面計測のトラバース移動を含む計測所要合計時間は2時間44分であり、1計測点当たりの計測所要時間は23.3(sec)であった。本試験では、翼端渦による速度ベクトル図の作成を、実験途中に1つの計

測断面終了直後に行う要求はあったが、現状ではこの要求に見合った、速度ベクトルや等速度線図等の作成プログラムソフトウェアは整備されておらず、本図の速度ベクトルの作成は、実験者が用意した描画ソフトウェアにより2次処理によって行われている。実験中に圧力測定データを取得すると同時にグラフ化することは、データの真偽がすぐに判断できると共に、必要以上にデータを取得することが避けられる等の利点がある。今後、NAL6.5m×5.5m 低速風洞(風洞付帯設備を含む)がユーザーフレンドリーな風洞をめざすためにも、実験中の圧力測定データを使って、瞬時に速度ベクトルや風速分布等のグラフ化ができるようなソフトウェアを風洞側として整備することが重要と考えられる。

6. まとめ

航技研6.5m×5.5m 低速風洞用後流トラバース装置およびNAL6.5m×5.5m 低速風洞データ処理システムに対して、トラバースを自動移動走査して圧力計測を自動的に行うためのGUI機能に優れた操作性の良いソフトウェアの構築を行った。さらに、作業操作性の向上と実験の効率化をめざしたトラバース装置本体、制御盤等ハード部分の改修を行った。以下に本トラバース装置の機能向上による改善点について述べる。

- (1) トラバースの配線、配管作業を含めた取付作業に要する人工は、従来の3~4人/日であったのに対し、更新後は2人/日となり、実験準備の作業効率が大幅に改善された。
- (2) トラバース装置の制御にLabVIEW(5.0)ソフトを、NAL6.5m×5.5m 低速風洞データ処理システムにHP VEEソフトを導入したプログラムソフトウェアによって、画面からの設定操作機能が大幅に改良された。
- (3) 実験基準点を任意に設定できるようになったことと座標のメモリ化により、圧力取得データと取得データ座標との対応が一致し、

データの信頼性が良くなった。

- (4) 座標のメモリ化により、トラバースの移動が座標を設定して自動移動できるようになり、オペレータへの負担が大幅に軽減された。

(今後の課題)

今後の課題として、

- (1) 気流(圧力)測定用センサ(5孔、7孔ピトー管等の)およびセンサの校正プログラムや計測プログラムソフトを整備する。
- (2) スキャニングバルブに変わるZOCバルブ等のESPセンサ導入の検討を行う。
- (3) 速度ベクトル、等速度線図等の作図が可能なソフトウェアおよびシステムの整備を行う。

の以上3点が上げられる。

謝辞

本トラバース装置機能向上における改修の設計・製作を担当した川田工業株式会社の関係者の方々にこの場を借りて深く感謝の意を表する。

また、本報告に際し、航技研空力特性研究部回転翼研究グループの末永技官からは、本報告に使用するグラフ提供のご協力を頂いた。この場を借りて深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 萱場重男、他；航技研大型低速風洞の機能向上について、第54回風洞研究会議前刷集、1995
- 2) 井上泰典；LabVIEW グラフィカルプログラミング、1998年10月発行、森北出版(株)
- 3) 藤田敏美、他；電子式走査多点圧力センサ(ESP)を用いた突風風洞圧力計測システム、TM-638
- 4) 星野秀雄、他；大型低速風洞における分散処理システムについて、TM-629 1990
- 5) (株)電気書院；ACサーボ応用マニュアル 1992年9月発行

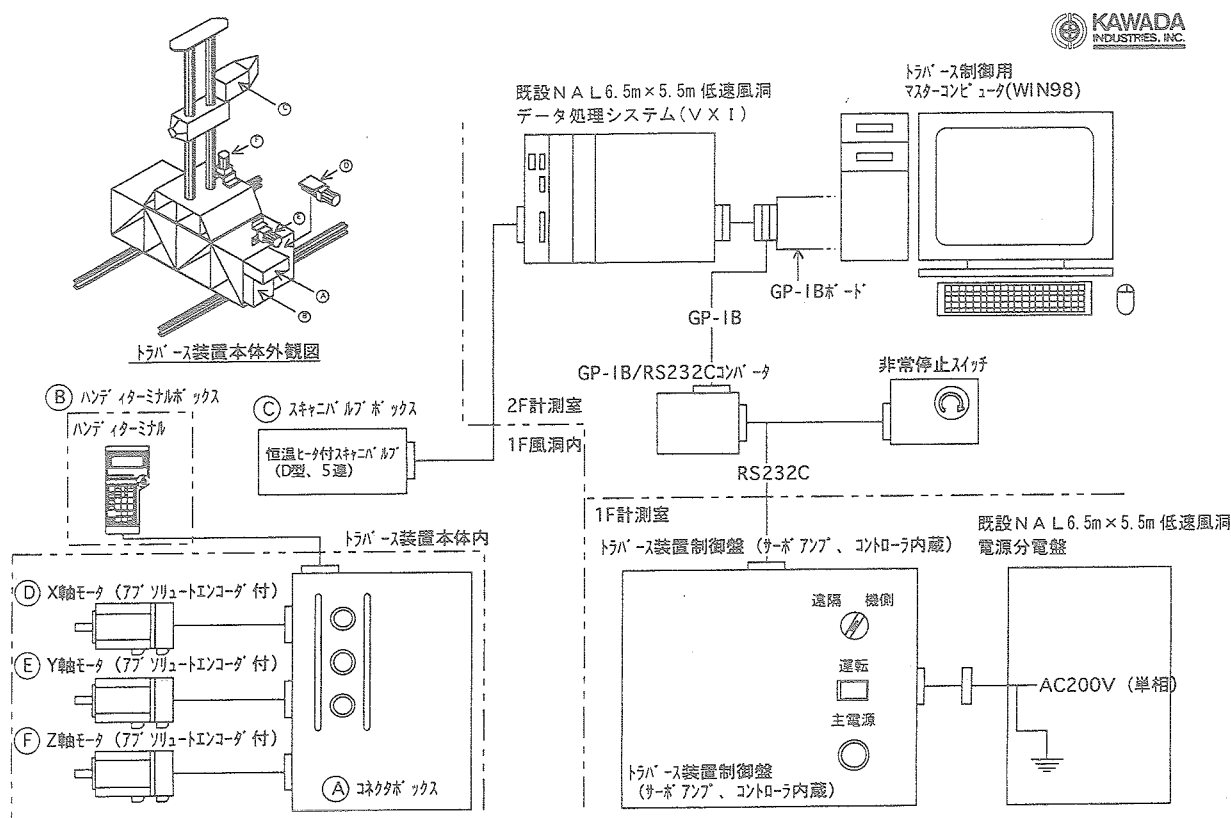


図1 航技研 6.5m×5.5m 低速風洞後流トラバース装置のシステム構成

仕 様 項 目	仕 様
構造	レール部、下部架台部、ストラット部（スティング部付）の3分割構造
重量	総重量：約1520Kg
ブロッケージ	風洞測定部断面積に対する装置の正面面積の比：約3%
駆動方式	ボールネジによるスライド方式
制御方式	X軸：電動サーボ方式（山洋製、P50B07040DCN） Y軸：電動サーボ方式（山洋製、P50B07040DCN） Z軸：電動サーボ方式（山洋製、P50B07040DCN）
位置決め的方式	アブソリュート位置決め
制御盤	ユニットケース内に、モータドライバ、コントローラ等を装備
位置設定措置	マスターコンピュータ（Dell 社製 Optiplex GX1 Mini Tower OS:Windows 98） ハンディターミナル（山洋製、PDC-1300）
使用風速	最大45m/s
トラバース範囲 (風洞基準点からの移動範囲)	X軸=1740～+4740mm Y軸=-1250～+1250mm Z軸=-1700～+800mm
移動速度	X軸：5～20mm/sec 可変 Y軸：5～50mm/sec 可変 Z軸：5～50mm/sec 可変
計算機からの移動モード	手動設定ルーチン：JOGモード、ポイントモード 自動移動モード設定ルーチン：グリッドモード、ランダムモード
自動移動の設定	任意に定める実験基準点からの相対座標で設定可能(絶対座標に切替表示も可能)
データ処理システムとの通信	可能（圧力計測の自動計測が可能）

表1 後流トラバース装置の主要仕様

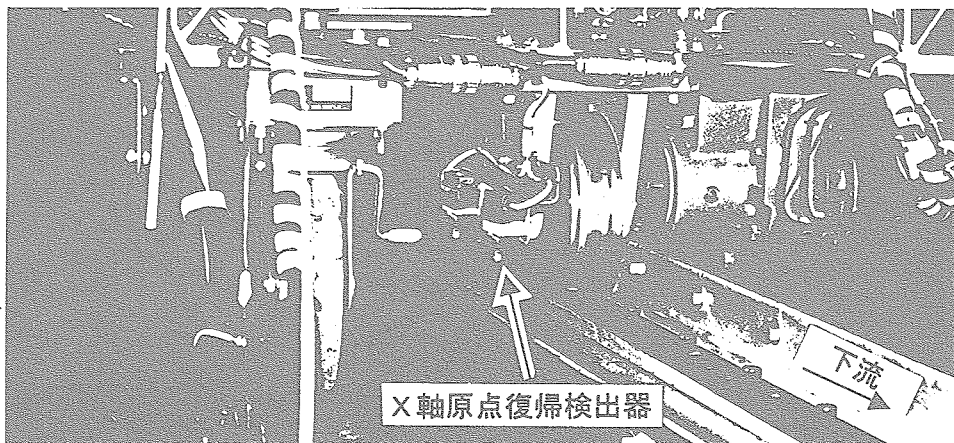


図3 X軸原点復帰検出器

単位：mm

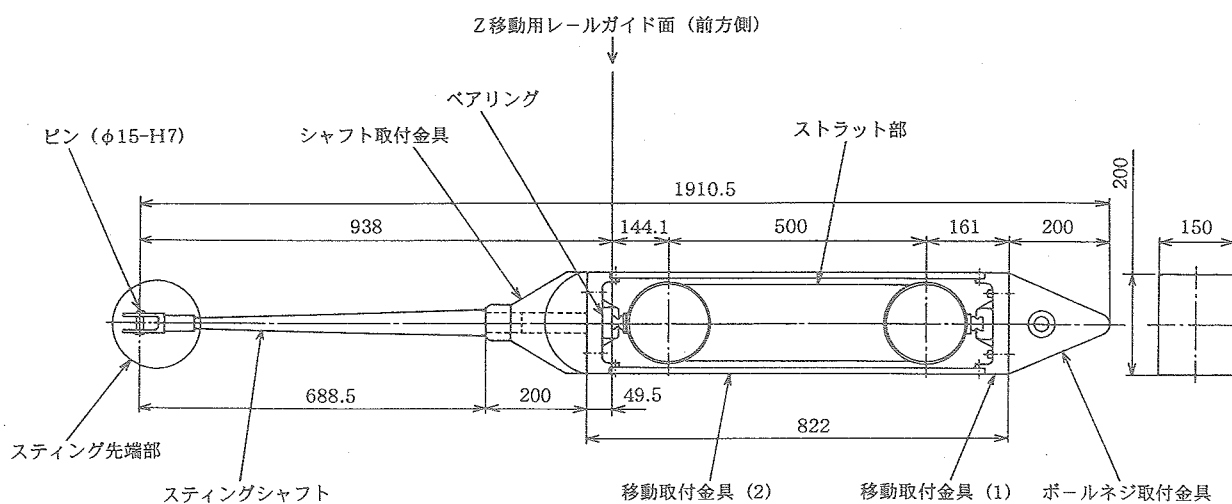
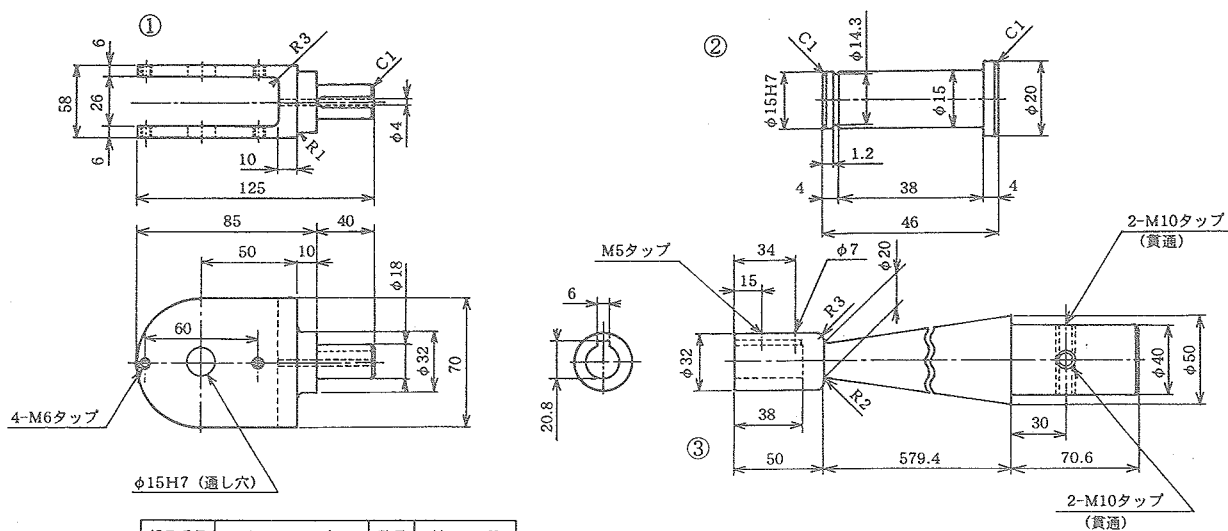


図4 (a) センサ取付用シャフト実装図

単位：mm



部品番号	品名	数量	材質
①	スティング部先端	1	SUS 303
②	ピン	1	SUS 303
③	スティングシャフト	1	SUS 303

図4 (b) センサ取付用シャフト部品図

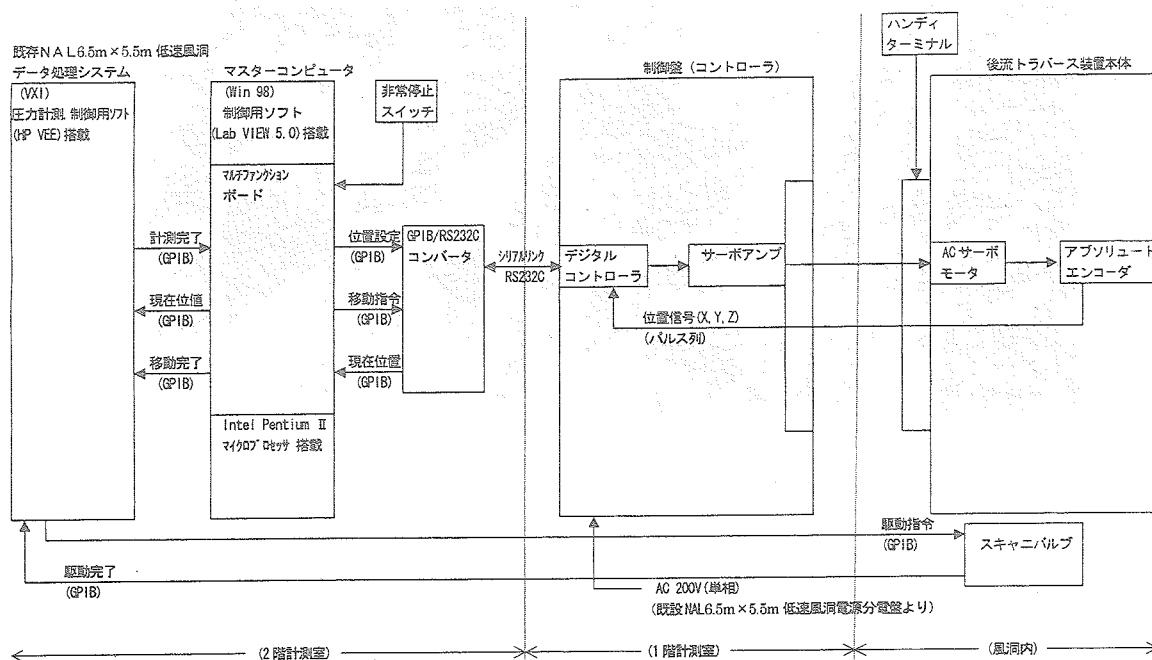


図5 後流トラバース装置制御系ブロック図

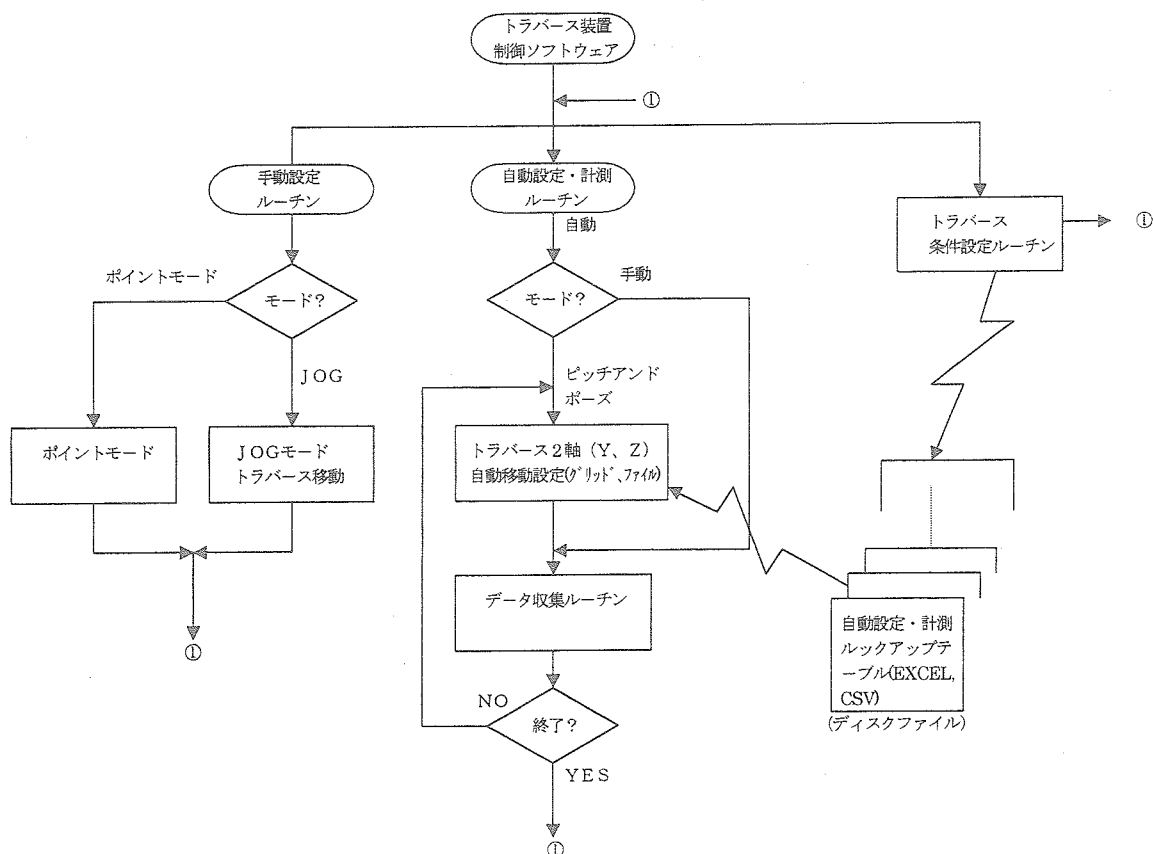


図6 後流トラバース装置制御ソフトウェア機能構成図

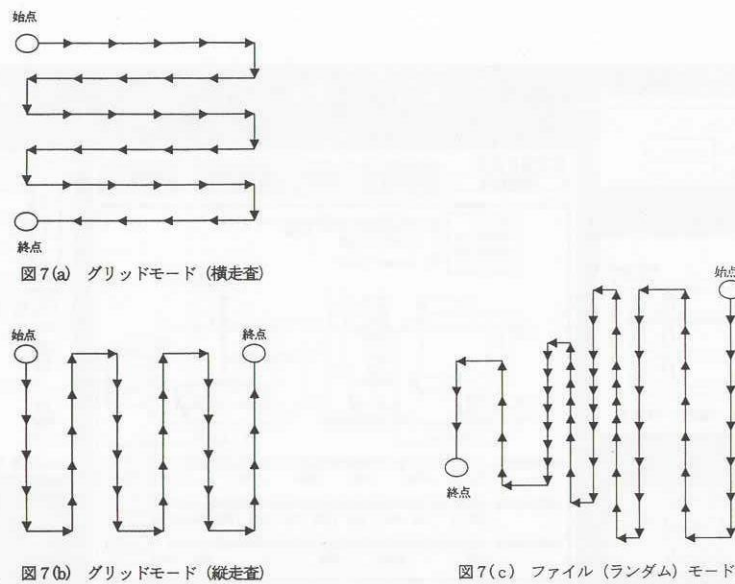


図7 自動移動モード走査

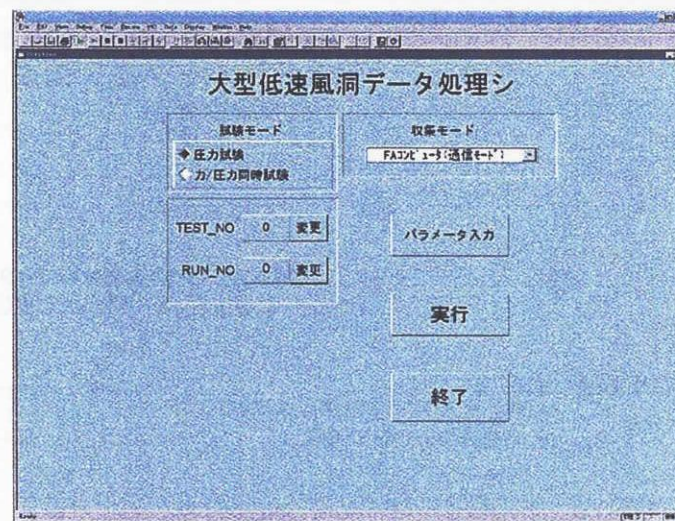


図8 VXIプログラム起動画面

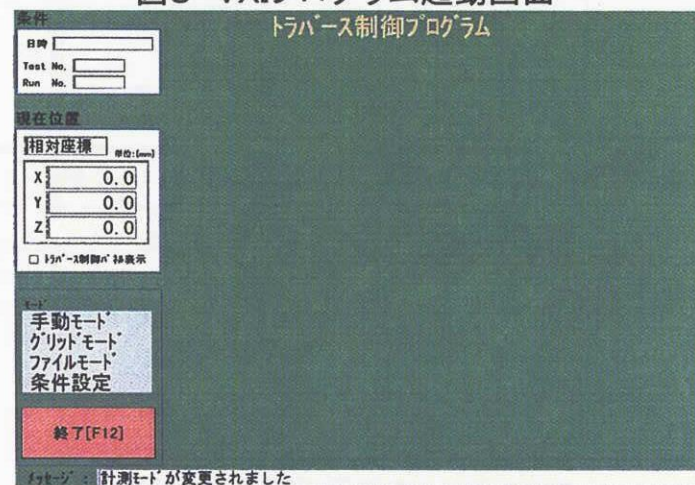


図9 ソフトウェア起動時画面

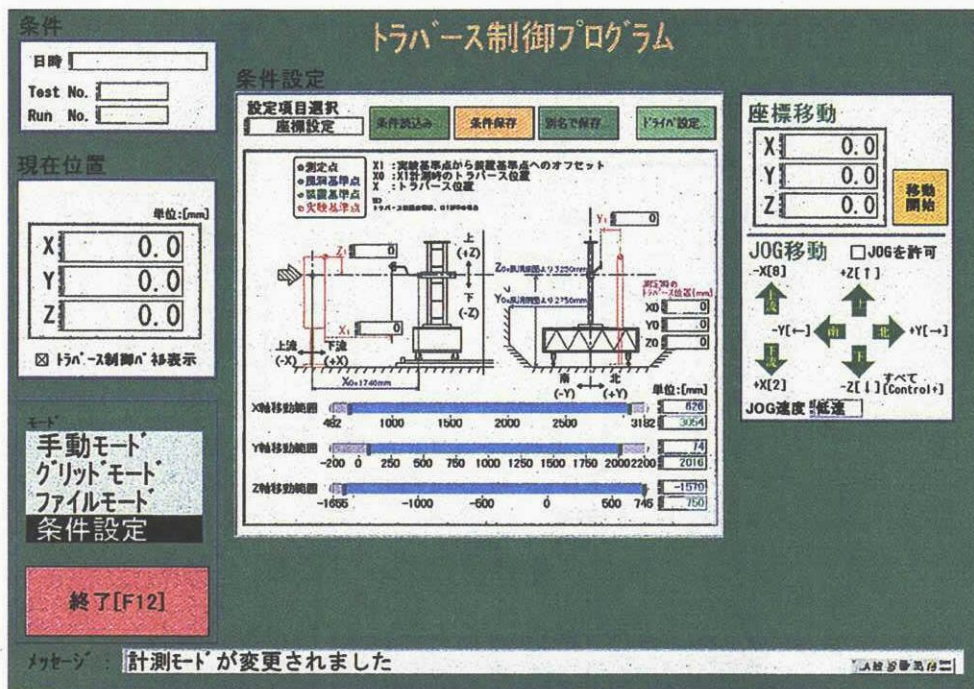


図10(a) 座標パラメータ設定画面

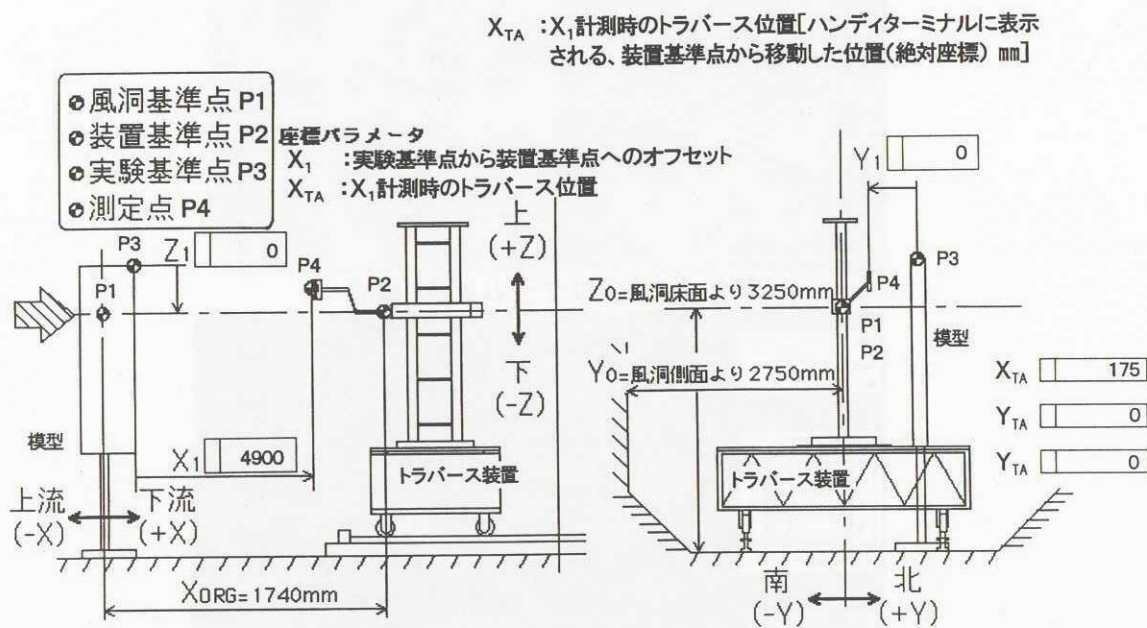


図 10 (b) 座標設定画面拡大図

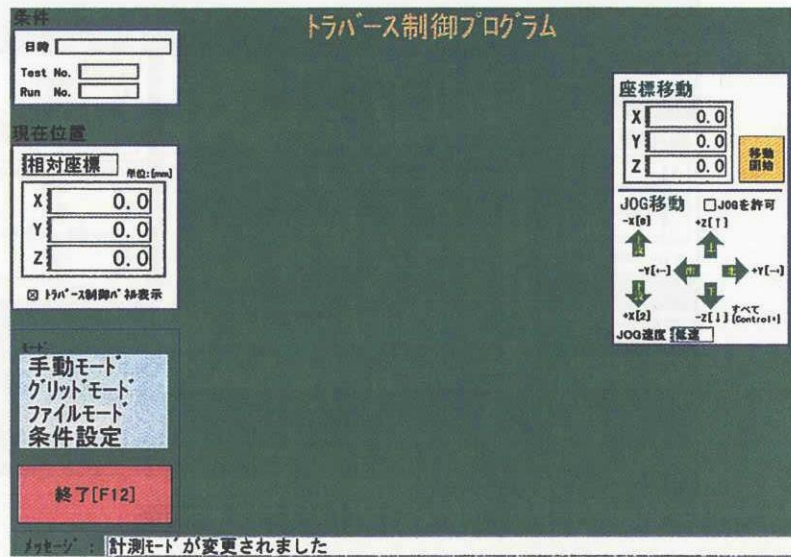


図11 ポイント/JOG移動操作画面

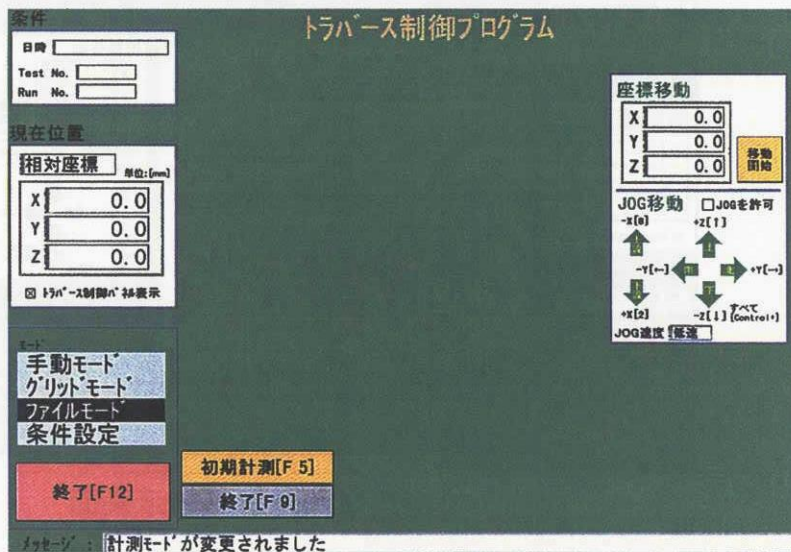


図12 初期計測画面

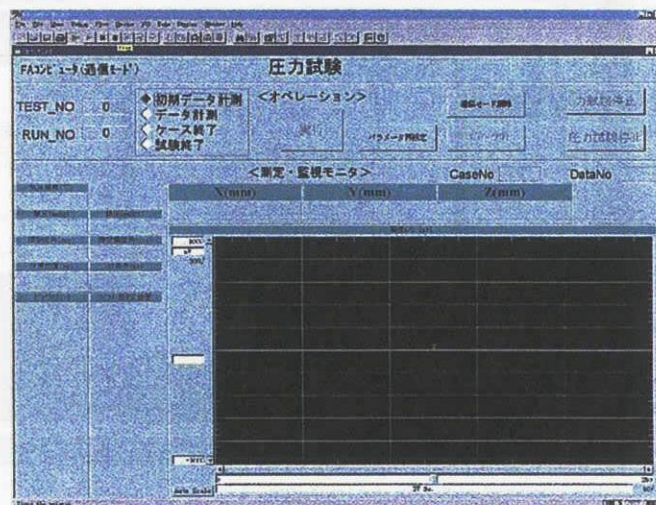


図13 V X I プログラム位置表示画面

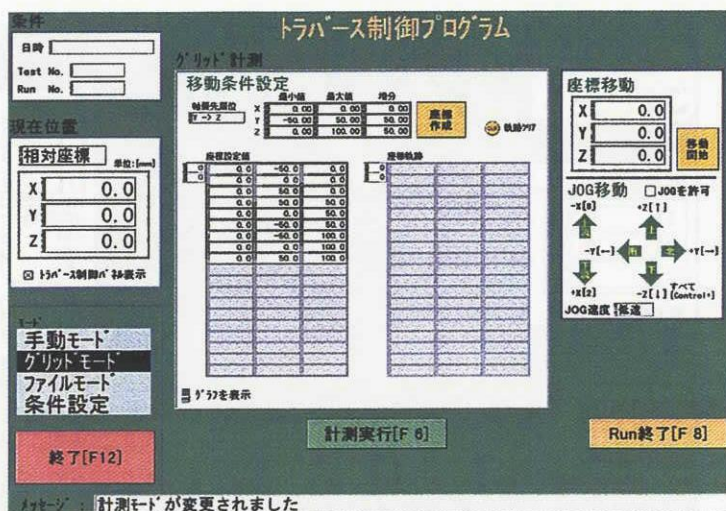


図14 計測開始待ち画面

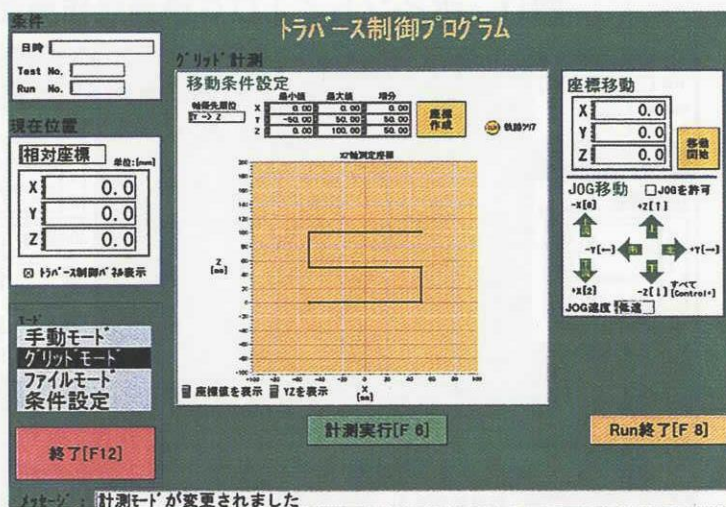


図15 座標履歴、設定値表示画面

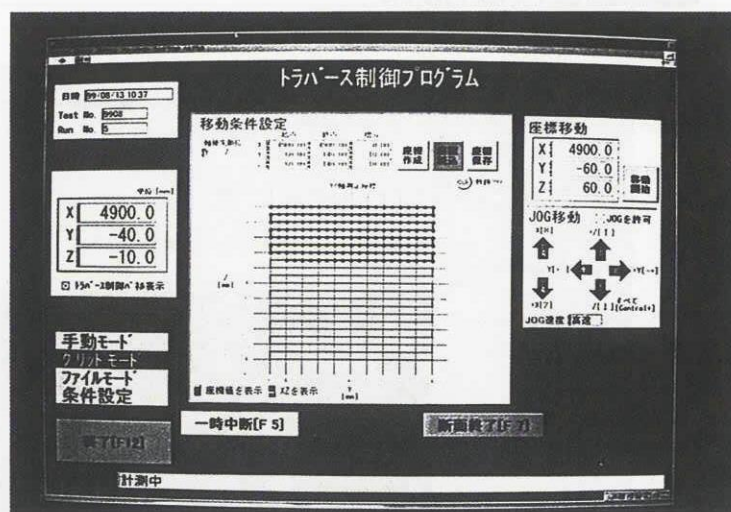


図16 グリッド計測実行中画面

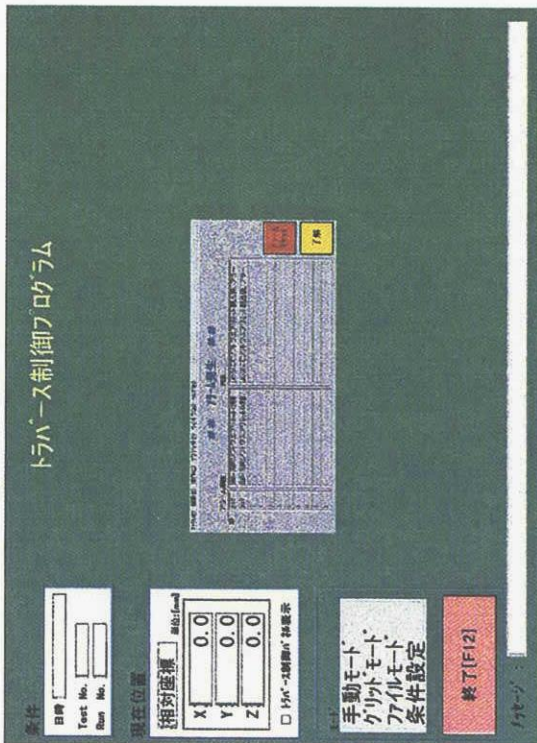


図17 アラーム発生の表示と対処方法

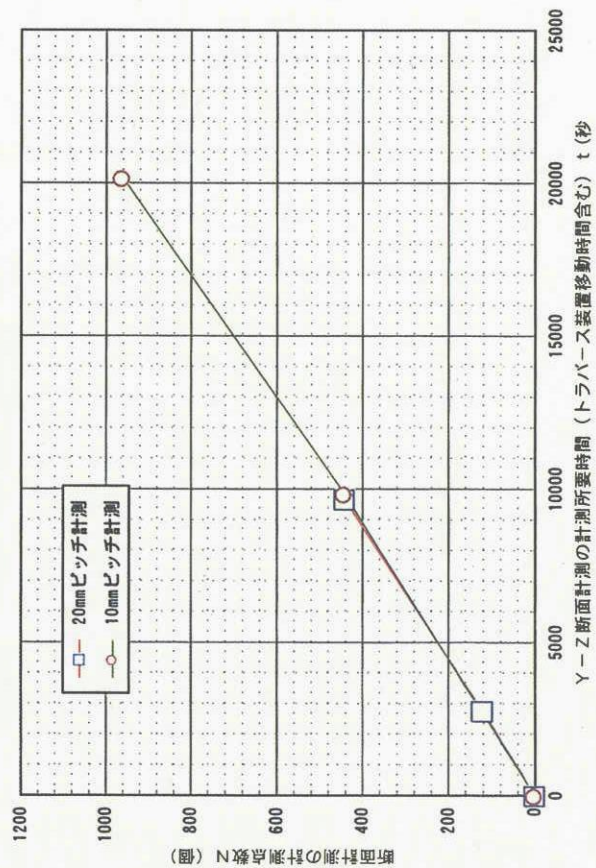


図18 断面計測数と計測所要時間の関係

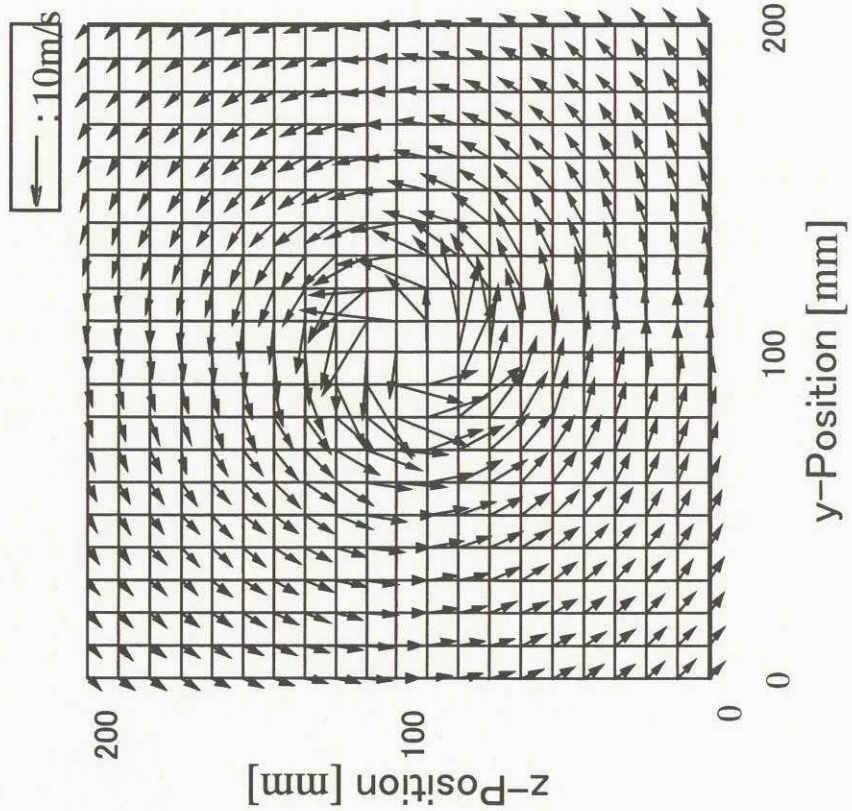


図19 実験例－矩形翼模型の翼端渦の特性試験結果（速度ベクトル）