

# JAXA 極超音速風洞データ処理装置の更新

○小山 忠勇 (宇宙航空研究開発機構), 中村 晃祥(航空宇宙技術振興財団)

## Replacement of the Data Processing System for the JAXA Hypersonic Wind Tunnels

Tadao KOYAMA (JAXA), Akiyoshi NAKAMURA (JAST)

### 概要

平成 19 年 2 月に JAXA 極超音速風洞のデータ処理装置をこれまでの HP 社の VXI システムによるデータ収集装置から NI 社の PXI を用いたデータ収集装置に更新した。また、データ処理・データ解析に使用していたサーバも UNIX から汎用の Windows に更新し拡張性を広げた。

データ収集ソフトウェアはこれまで同様に GUI を使用して確実に計測できるようにするとともに 1 次処理、2 次処理操作も効率的に行い、ユーザにすばやく計測データを提供できるように工夫した。これらの極超音速風洞データ処理装置更新の概要および現状について報告する。

### 1. 背景

宇宙航空研究開発機構(JAXA)総合技術研究本部の極超音速風洞データ処理装置は、1997 年に HP 社製の高速 A/D 変換器(HP-V743)とデータ処理用 WS(HP-C160)を用いた UNIX のデータ処理システムに更新した。<sup>1)</sup> 前回の更新時に GUI (グラフィック・ユー

ザ・インターフェース)を用いたデータ収集システムを導入し、誰にでも間違いなく計測できるよう効率化と汎用化を図ってきた。

しかし、導入から 10 年が経過し、HP-V743 の保守期限が切れ、交換部品の調達および保守契約の継続が困難な状況になった。重ねて、これまでの大きな故障もなく運用してきた同システムが、時々作動不良の

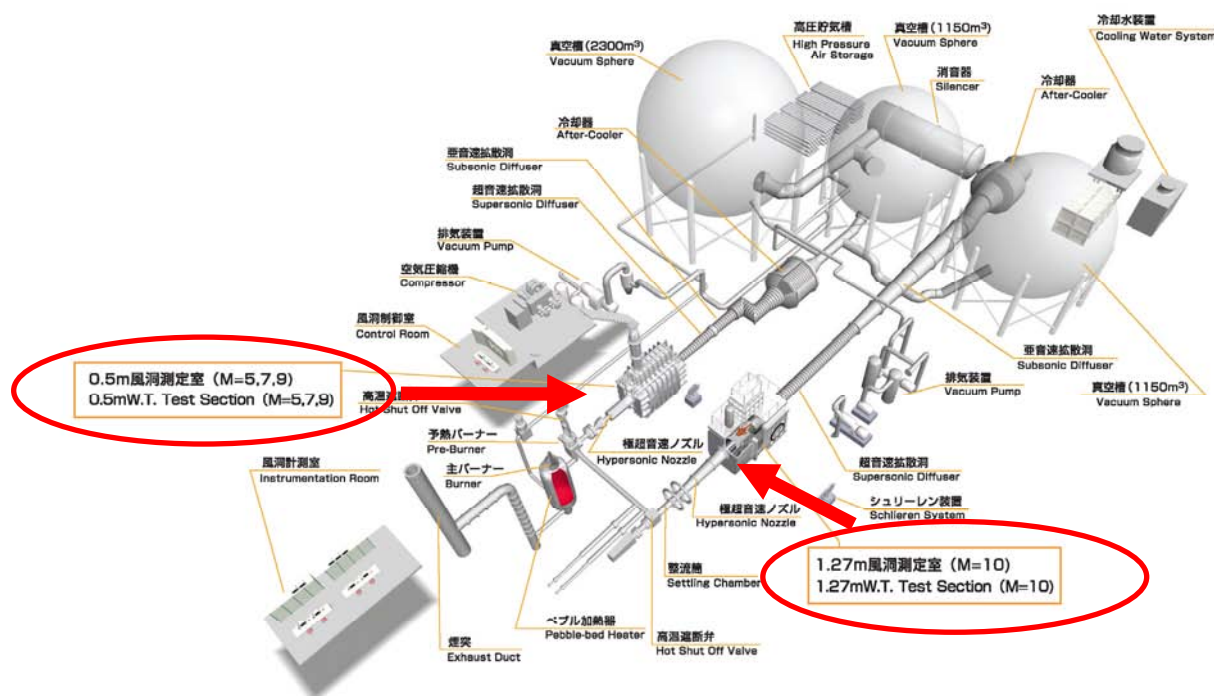


図 1 極超音速風洞システム

兆候を示すようになり、早急に対策が必要となった。

今回の更新では、ここ数年来のパソコンの大幅なデータ処理能力の向上およびデータ転送速度の向上により、試験が終了してからユーザにデータを提供するまでの時間が短縮できることやハードディスクの機能向上によりデータ管理能力の向上が期待できるなどのメリットが予想できる。

## 2. 極超音速風洞のデータ処理設備の特徴

極超音速風洞は図1に示す通り、0.5m 極超音速風洞(HWT1:マッハ数 5,7,9,)と 1.27m 極超音速風洞(HWT2:マッハ数 10)の2つの風洞からなり、いずれも吹き出し吸い込み型の間欠風洞で、持続時間は約 30～60 秒程度である。

従って、極超音速風洞データ処理装置は、2つの風洞設備を1つのデータ処理装置で計測するという特徴がある。

そのため、出来る限り2つの風洞の風洞基準量測定チャンネルを固定化し作業性を向上させるため、多チャンネル測定(最低:80チャンネル)を行う必要がある。

図2に極超音速風洞の主要機器の作動と計測処理のタイミングチャートを示す。同図に示す通り、風洞の主要機器である高圧空気源、加熱器、真空槽は通風時間の1～2時間前から動作し、通風準備を行う。測定室では模型交換などの測定室での作業が終了した後、測定室扉を閉めて、真空排気を行う。測定室が充

分に真空状態になった状態で、無風時のデータ(初期データ1およびテアーデータ(力測定試験時のみ))を取得する。但し、振動の影響を避けるため、高圧空気源を停止させた後に計測する。風洞各機器の試験準備が整ったところで、加熱器を燃焼停止させ、加熱器内の燃焼残ガスを真空排気して全ての試験準備が完了する。力測定以外の試験ケースの場合はここで初期データ2を取得する。その後風洞の起動信号により、加熱器内に高圧空気を充填する。加熱器内の空気圧力が試験の設定圧力(1～8.5MPa)に到達すると、遮断弁が開き、通風を開始する。RUNデータはこの通風開始の直前から通風終了までの全データを一定のサンプリング周期(1kHz または 10kHz)で取得する。通風終了後、データ確認のための終了データを取得し1RUNの試験ケースの計測が終了する。

## 3. データ処理装置更新にあたって

データ処理装置の更新にあたっては、これまでのシステムで良かった点は引継ぎ、さらに改良すべき点を出来る限り、直していくことを目標にした。具体的にこれらの点を整理してみると次のようになる。

良かった点としては、① データ収集およびデータ処理にGUIを導入し、1つ1つの操作・処理を明確にしたことで、データ収集・処理時における人為的なミスが減らすことができた。② 極超音速気流における実在気体効果を含んだ処理ソフトウェアを改良し、処理ソフトとして組み込んだ。③ 2つの風洞に対応するた

めの多チャンネル測定の実績、実績を得た。

改良すべき点としては、① データ転送やデータ処理に時間がかかりすぎ、ユーザを待たせることがあった。データ転送時間の短縮を行い、遅くとも試験終了後 10～15 分以内(運転制御装置の通風完了後、測定室が大気圧力に戻るまでの時間)にはユーザに提供できるようにする。② 操作性を拡大すること。可搬型のデータ収集端末を導入し、試験準備などに際して現場で、リモート操作によりデータ取得・確認が行える機能を持たせる。

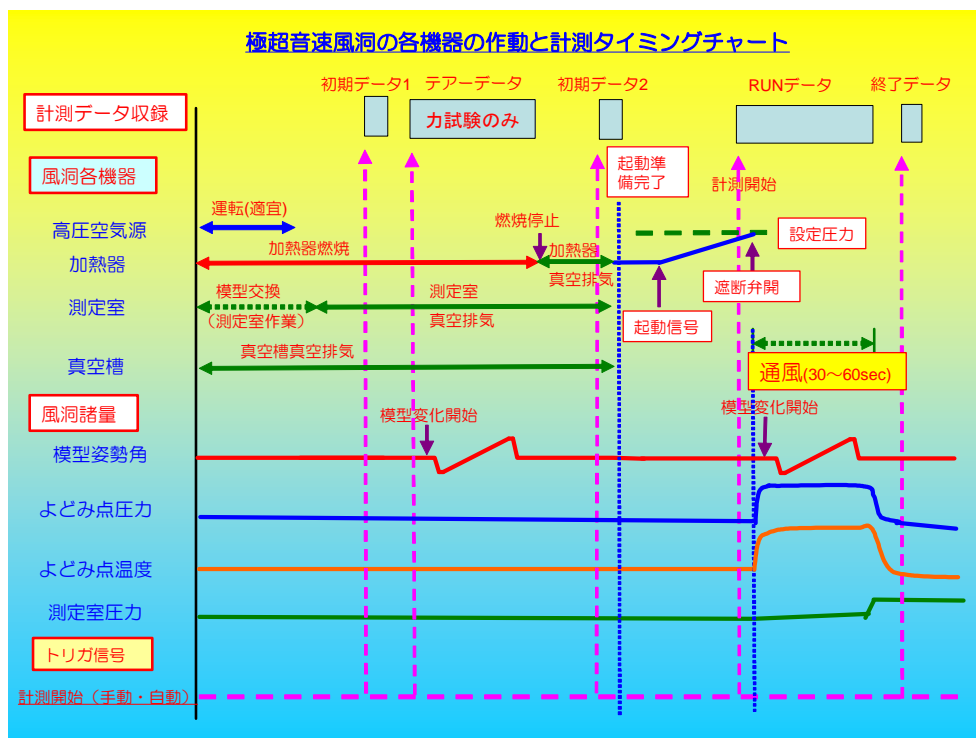



図2 各機器の作動と計測タイミング

③ 測定精度の向上を図る。これまでのシステムでは、サンプリング周期により、A/D 変換器の測定精度が異なるなどの問題があった。今回の更新では、すでに JAXA 風洞センター内の各風洞に使用されており、実績のある NI 社の A/D 変換器を使用することで測定精度の向上を図る。また、データの測定精度を左右するノイズの低減については、アンプおよび A/D 変換器を測定部近傍に設置し、早期にデジタル化して光ケーブル等により転送することが望ましい。④ セキュリティの確保・向上。これまでのシステムは全ての通信を構内 LAN を使用して行っていたが、風洞独自のローカル LAN を構築し、セキュリティの確保・向上を図る。⑤ 汎用性・拡張性の確保。これまでのシステムは、データ収集は HP-VEE、データ処理は UNIX および WindowsNT を使用していた。そのため、アプリケーションソフトウェアを追加する場合、専門的な言語を用いなければならないなど互換性に乏しかった。今後、コンピュータの発達を考えると処理用のコンピュータの更新サイクルは短くなることが予想されるため、基本の OS を Windows に統一し汎用性を高める必要がある。

#### 4. データ処理装置のハードウェア構成

図 3 に更新した極超音速風洞データ処理装置のハードウェア構成系統図を示す。

同系統図に示す通り、風洞～アンプまで  の斜線部は予算の都合により既存設備を使用する。

新たに設けた計測ラックに A/D 変換モジュールと 80ch の信号中継パネル、無停電電源を組み込んだ。

信号は、アンプ出力端子から信号切り換えラック(既設)を経由して信号中継パネルに導かれ、A/D 変換した後、データ計測用 PC に取り込まれる。

データ計測用 PC と A/D 変換モジュールは MXI Express で接続し、計測操作、データの転送、ファイル管理等はデータ計測用 PC 側から容易に行なえるように設計している。

取得した計測データは、データ計測用 PC に取り込むとともに、データ管理用サーバにバックアップデータとして保管する。

計測用可搬端末を整備し、風洞室内の各部に端末を持っていき、直接センサ等にアクセスしながらデータの確認および計測作業を行なうことができる。

データ管理用サーバはセキュリティ確保のため、構内 LAN と風洞内のローカル LAN を切り分け機能を有している。

図 4 に既設のアンプ収納ラック、信号切り換えラックおよび新設の計測ラックの外観写真を、図 5 に A/D モジュール部の拡大写真を、図 6 にはデータ計測用 PC、データ管理用サーバの外観写真をそれぞれ示す。

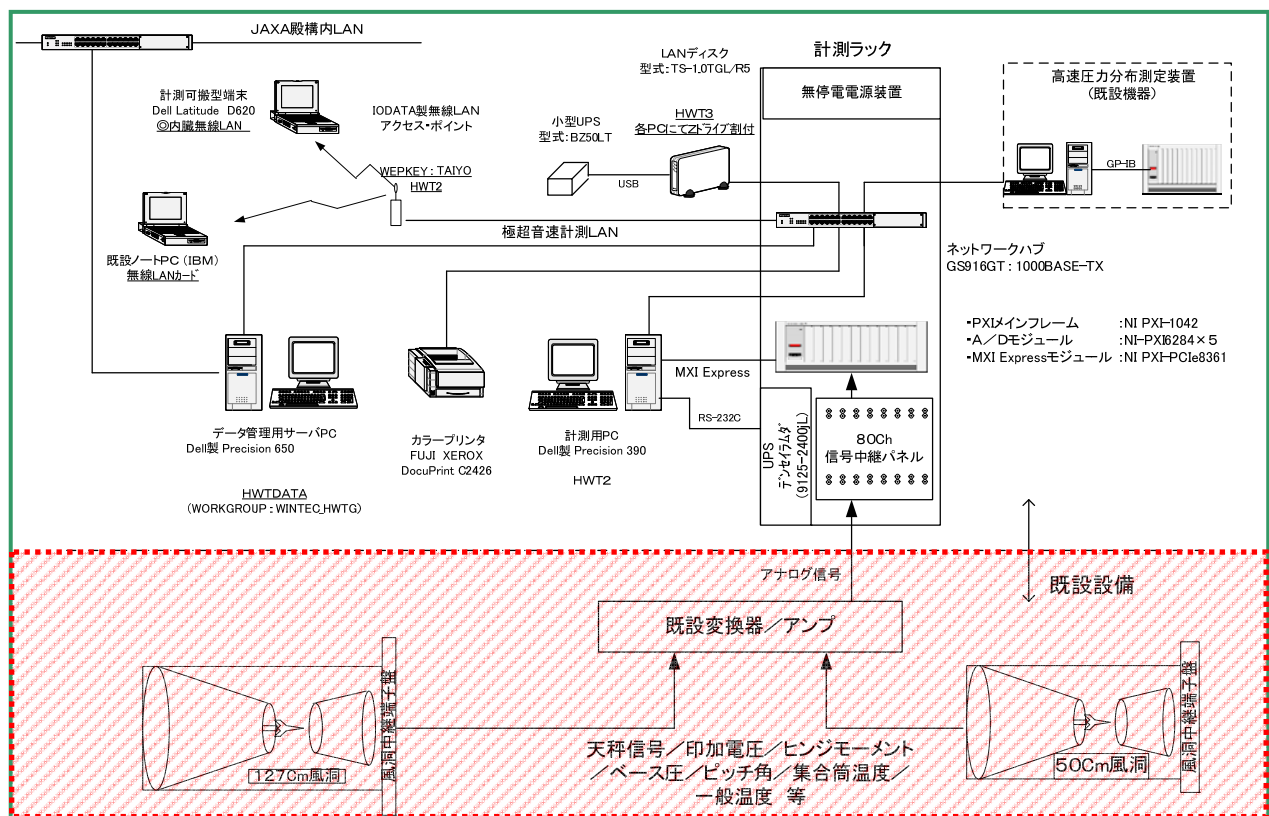


図 3 データ処理装置のハードウェア構成系統図



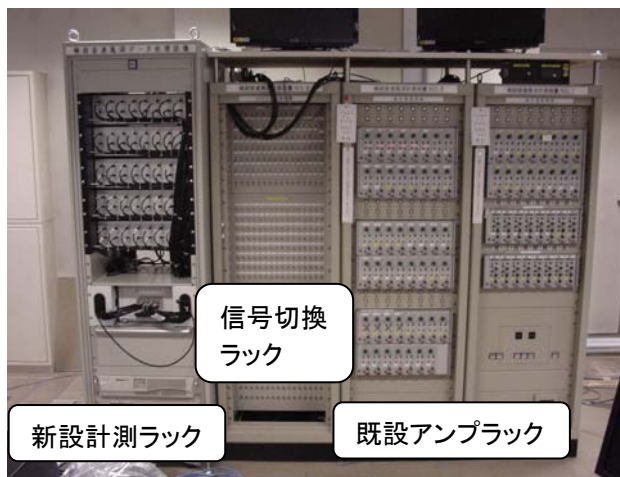


図 4 既設アンブラックおよび新設計測ラック



図 5 A/D モジュール部の拡大写真



図 6 データ計測用 PC とデータ管理用サーバ

各ハードウェアの主な諸元は以下の通りである。

#### データ計測用 PC

型 式 : Dell 製 Precision 390  
 本体形状 : ミニタワー・シャーシ

O S : Windows® XP (日本語版)  
 CPU : インテル® Core™ 2 Duo プロセッサ  
 メモリ : 2GB  
 HDD : 160GB × 2 (RAID0 構成)  
 モニタ : 20インチ ワイドTFT液晶モニタ

#### データ管理用サーバ

型 式 : Dell 製 Precision 650  
 本体形状 : ミニタワー・シャーシ  
 O S : Windows® XP (日本語版)  
 CPU : インテル® Xeon™  
 メモリ : 1GB  
 HDD : 80GB  
 モニタ : 19インチ 液晶モニタ

#### 外付け HDD (LAN ディスク)

型 式 : Buffalo 製 TS-1.0TGL/R5  
 メモリ : 1GB  
 HDD : 250GB × 4 (RAID5 構成)

#### 可搬型端末

型 式 : Dell 製 Latitude D620  
 本体形状 : A4 ワイド・ノート PC  
 O S : Windows® XP (日本語版)  
 CPU : インテル® Core™ 2 Duo プロセッサ  
 メモリ : 1GB  
 HDD : 60GB  
 モニタ : 14.1 インチ液晶モニタ  
 無線 LAN : リモートにて計測用 PC 操作可能

#### データ収集部

##### PXI メインフレーム装置

メーカー : 日本ナショナルインスツルメンツ(株)  
 型 番 : NI PXI-1042Q (8 スロットシャーシ)

##### MXI-Express モジュール (NI PXI-PCIe8361)

型 番 : NI PXI-PCIe8361  
 持続スループット : 110 MB/秒

##### アナログ入力モジュール (NI PXI-6284)

型 番 : NI PXI-6284 32Ch  
 M シリーズマルチファンクション DAQ  
 チャンネル数 : 32Ch (16Ch 差動) × 5 台  
 入力レンジ : ±10V, ±5V, ±2V, ±1V,  
 ±0.5V, ±0.2V, ±0.1V  
 入力分解能 : 18 ビット  
 サンプリングレート : 500ks/秒(最大)

## 5. データ処理装置のソフトウェア構成

データ計測用 PC に組み込むソフトウェアは、これまでの経験を生かし、GUI(グラフィック・ユーザ・インターフェース)を用いたものにした。

極超音速風洞のデータ処理ソフトウェアは以下の 4 つのソフトウェアから構成される。

### 1) 計測管理ソフトウェア

試験番号や試験条件、処理条件等を管理する。

### 2) データ収集ソフトウェア

設定したサンプリング速度で設定時間中のデータを取得し、指定されたハードディスク内に保存する。

### 3) データ処理ソフトウェア

1 次処理・・・取得したデータをセンサタイプによる変換方法に基づき平均化して物理量に変換する。

マッハ数処理・・・ノズル校正試験結果<sup>2),3)</sup>に基づき試験条件によりマッハ数を選択し、レイノルズ数等の風洞基準量を算出する。

力処理・・・模型変化条件等を基に模型に加わる空気力および空力係数を算出する。

### 4) アプリケーションソフトウェア

取得したデータのグラフ表示を行う。

## 5-1 計測管理ソフトウェア

データ計測用 PC のデスクトップのアイコンをクリックすると図 7 に示す計測管理ソフトウェアの画面が立ち上がる。



図 7 計測管理ソフトウェア画面

はじめに計測操作ボタンの中にある環境設定で、取得したデータの保存先のホルダーを指定する。但し、デフォルトは前回値を保存してあるので、一連の試験シリーズのはじめに設定すればよい。

次に試験条件設定領域の実験番号、実験名称、ユーザー名、コメント等を入力する。実験番号以外はデフォルトを前回値にしてある。(実験番号は空白)

実験番号を入力し「決定」ボタンを押したときにその実験番号がすでにある場合は「既存の実験番号です」という注意がうながされ、新しい実験番号の場合は試験番号のホルダーを作成する。

処理条件設定領域では、以下のファイルの編集、保存を行う。①共通パラメータファイル・・・取得した電圧データをそれぞれのセンサタイプに合わせ物理量に変換するための変換係数等を設定する。(詳細は後述)②処理諸元設定ファイル・・・試験模型の基準寸法等を設定する。(詳細は後述)③天秤設定ファイル・・・力試験において使用する天秤秤量や天秤のたわみ係数等を設定する。④干渉係数ファイル・・・使用する天秤の校正結果の干渉係数を設定する。⑤オフセットファイル・・・A/D 変換器等のオフセットを設定する。試験ケース毎にどの設定ファイルを使用したかは管理ファイルに記録される。

ここで、編集ボタンをクリックすると各ファイルの編集画面が立ち上がり編集することが可能になる。今回は具体的な例として共通パラメータ設定画面と処理諸元設定画面を例に説明する。

共通パラメータ設定ファイルの編集画面の例を図 8 に示す。

共通パラメータ設定では縦にチャンネル番号をとり、それぞれのチャンネルに対応する設定項目を横に並べた表形式である。

設定項目は、チャンネルの使用・不使用(これは 2 つの風洞により使用するチャンネルが異なるため)、センサ名称、センサタイプ(主なものは絶対圧型圧力、差圧型圧力、熱電対、天秤出力、模型角度など)、アンプ番号、ゲイン設定、アンプ感度、アンプオフセット、感度係数(3 次)を設定する。

FormCom

実験番号: 4260      ファイル名: 50Force\_070424\_F011000.sst

チャンネル数: 80      変更

チャンネル	使用	センサ名称	センサタイプ	アンプ番号	ゲイン設定	アンプ感度	アンプオフセット	感度係数0	感度係数01	感度係数02	感度係数03	オフセット
1	<input type="checkbox"/>	POH	POH	1	1	0.99997	0	0.0014	0.002343998	0	0	0
2	<input type="checkbox"/>	POL	POL	2	1	1.0004	0	0.0008	0.000827424	0	0	0
3	<input type="checkbox"/>	TR	TR	3	500	499.96	0	1	0	0	0	0
4	<input type="checkbox"/>	TR2	TR	4	500	499.81	0	0	1	0	0	0
5	<input type="checkbox"/>	TRG	EXV	49	1	1	0	0	1	0	0	0
6	<input type="checkbox"/>	TRG1	EXV	50	1	1	0	0	1	0	0	0
7	<input type="checkbox"/>	IRSC1	EXV	51	1	1	0	0	1	0	0	0
8	<input type="checkbox"/>	IRSC2	EXV	52	1	1	0	0	1	0	0	0
9	<input type="checkbox"/>	IRSC3	EXV	53	1	1	0	0	1	0	0	0
10	<input type="checkbox"/>	TRV5X	ANO	54	1	1.0042	0	1506.22	-0.160268	0	0	750
11	<input type="checkbox"/>	TRV5Z	ANO	55	1	1.0037	0	0	0	0	0	6000
12	<input type="checkbox"/>	2POL	POH	1	1	0.99997	0	-0.0014	0.002343998	0	0	0
13	<input type="checkbox"/>	THETA_N	ANO	48	1	1.0001	0	0.0426435	0.0100008	0	0	-0.00133
14	<input type="checkbox"/>	P1	ANO	6	1	1.0001	0	0	0.02	0	0	-0.00133
15	<input type="checkbox"/>	POS1	DEG	56	1	1.0024	0	1.950	0.2	0	0	-6744
16	<input type="checkbox"/>	TR6142	EXV	9999	1	1	0	0	1	0	0	0
17	<input type="checkbox"/>	1Pchv	PBL	57	1	1.003	0	0.0212	0.133362	0	0	0
18	<input type="checkbox"/>	Ps_#22	PBL	58	1	1.003	0	0.011566	0.1333164	0	0	0
19	<input type="checkbox"/>	Pref1	PBL	59	1	1.003	0	-0.0422	0.133342	0	0	0
20	<input type="checkbox"/>	Pp1t	PBL	60	1	1.003	0	0	0.132743	0	0	0
21	<input type="checkbox"/>	Pcal	PBL	61	1	1.003	0	-0.66	0.133362	0	0	0
22	<input type="checkbox"/>	ESP	EXV	62	1	1.003	0	0	1	0	0	0
23	<input type="checkbox"/>	Pp1t2	PBL	63	1	1.003	0	0	0.133362	0	0	0
24	<input type="checkbox"/>	Pp1t3	PBL	64	1	1.003	0	0	0.133362	0	0	0
25	<input type="checkbox"/>	P28	P	65	1	1.003	0	0	0.133362	0	0	0
26	<input type="checkbox"/>	P27	P	27	5000	1	0	0	0.12	0	0	0
27	<input type="checkbox"/>	P26	P	26	5000	1	0	0	0.12	0	0	0
28	<input type="checkbox"/>	P25	P	25	5000	1	0	0	0.12	0	0	0
29	<input type="checkbox"/>	P24	P	24	5000	1	0	0	0.131134	0	0	0
30	<input type="checkbox"/>	P23	P	23	5000	1	0	0	0.128328	0	0	0
31	<input type="checkbox"/>	NC	ANO	29	1	1	0	0	0.0415	0	0	1000
32	<input type="checkbox"/>	P21	P	21	2500	1	0	0	0.128328	0	0	0
33	<input type="checkbox"/>	POH	POH	39	1	0.99992	0	0.0042	0.00413401	0	0	0
34	<input type="checkbox"/>	P0	POL	2	1	1.0004	0	0.0006	0.000689589	0	0	0
35	<input type="checkbox"/>	TR	TR	35	200	499.93	0	0	1	0	0	0
36	<input type="checkbox"/>	THETA	ANO	36	1	1.0002	0	0.09709022	0.005006229	0	0	0
37	<input type="checkbox"/>	Pcham	PBL0	57	1	1	0	0.212	1.33362	0	0	0
38	<input type="checkbox"/>	Pref	ANO	506	1	1	0	-0.422	1.33342	0	0	5
39	<input type="checkbox"/>	Ps	P	507	1	1	0	56.239	0.34408	0	0	0
40	<input type="checkbox"/>	Pp1t0	ANO	508	1	1	0	0	1	0	0	5
41	<input type="checkbox"/>	TR61	EXV	24	500	499.93	0	0	1	0	0	0

保存      別名保存      キャンセル

ここでチャンネル番号と使用/不使用を設定

ここでセンサ名称、センサタイプ、アンプ条件を設定

ここでセンサの感度係数を設定(3次まで)

図 8 共通パラメータ設定ファイル画面

処理諸元ファイル設定

実験番号: 4238      ファイル名: AGARD-B\_061005.sst

モーメント中心位置(m): X: 0.005826      Y: 0      Z: 0

模型基準面積(m<sup>2</sup>): 0.01596

模型基準長(m): ロール: 0.192      ピッチ: 0.1108     ヨー: 0.192

レイノルズ数基準長(m): 1

ベース面積(m<sup>2</sup>): 0.00181

模型全長(m): 0.408

模型先端からモーメント中心までの距離(m): 0.28526

底面圧力点数: 2

保存      別名保存      キャンセル

図 9 処理諸元設定ファイル画面

図 9 に処理諸元設定ファイル画面の例を示す。

処理諸元設定画面では、模型基準面積、基準長、レイノルズ数基準長、モーメント中心位置、ベース面積など力処理等に使用する基準値を設定する。

ここでは、できる限りわかりやすい名称を使用して間違いをなくすよう配慮した。

設定単位はmまたはm<sup>2</sup>とし、底面圧力点数については個数の入力とした。デフォルトは、前回値とし1連の試験で模型に変更がない場合は、なにもしなくてよいようになっている。

## 5-2 データ収集ソフトウェア

計測管理ソフトウェアで、環境設定、試験条件設定領域の設定、処理条件設定領域のファイル設定が完了したら計測操作ボタンの「(M)測定ボタン」をクリックするとデータ収集ソフトウェアの画面が立ち上がる。

図 10 にデータ収集ソフトウェアの画面を示す。

はじめに AD ボードの測定レンジを設定する。AD ボードは 16 チャンネルのボードが 5 枚あり、それぞれ測定レンジを設定できるが、極超音速風洞では±10V に固定して使用している。

データのサンプリングはサンプリング間隔を時間で設定してもサンプリング周波数で設定しても良く相互に連携するようになっている。極超音速風洞では1kHzをサンプリングの基本周波数に設定し、赤外線カメラのパルスを測定する場合に10kHzを使用している。





図 10 データ収集ソフトウェア画面

測定種別選択では、次の測定が何のための測定なのかを選択し、その測定にあわせて取得したデータファイルの名前を決定し保存する。

測定種別としては、イニシャルデータ(通風前の初期データ)、スタティック・テアデータ(力測定試験において無風状態で模型を試験と同じ状態で作動させ、模型の自重データを取得する)、通風データ(試験時の生データ)、ファイナルデータ(通風後の確認データ)の 4 種類がある。

それぞれの測定は、何回でも繰り返し取得することが可能になっており、ショートキャリブレーション時などに荷重を変えて何度も測定するときに便利な機能を有している。

収集時間は秒単位で設定ができ、最大 180 秒まで測定が可能である。

トリガ条件設定では、マニュアルトリガなのか、オートトリガなのかを選択する。オートトリガの場合はトリガとなるデータのチャンネル番号と閾値を設定する。

但し、イニシャルデータとファイナルデータはマニュアルトリガのみが有効である。

計測したい測定種別、収集時間、トリガ条件等の設定が良ければ、「設定完了」ボタンをクリックする。

画面下方の「トリガ使用試験スタート」および「手動スタート」ボタンが緑色に変化し、測定開始準備が完了したことを表示する。

オートトリガの場合は「トリガ使用試験スタート」をクリックし、設定したチャンネルの電圧が閾値を超えた瞬間、「トリガ使用試験スタート」ボタンが黄色に変化するとともに「測定時間」の欄に時間が表示される。

マニュアルトリガの場合は「手動スタート」ボタンのみが緑色に変化する。測定を開始したい時にこの「手動スタート」ボタンをマウスでクリックすると黄色に変化するとともに「測定時間」の欄に時間が表示される。

測定中に停止ボタンを押せば、その時間までで測定を中断し、そこまでのデータを保存する。

### 5-3 データ処理ソフトウェア

必要なデータ収集操作が完了したら、計測管理ソフトウェアに戻り、計測操作ボタンの「(P)後処理」ボタンをクリックするとデータ処理ソフトウェアの画面が立ち上がる。

図 11 にデータ処理ソフトウェア画面を示す。

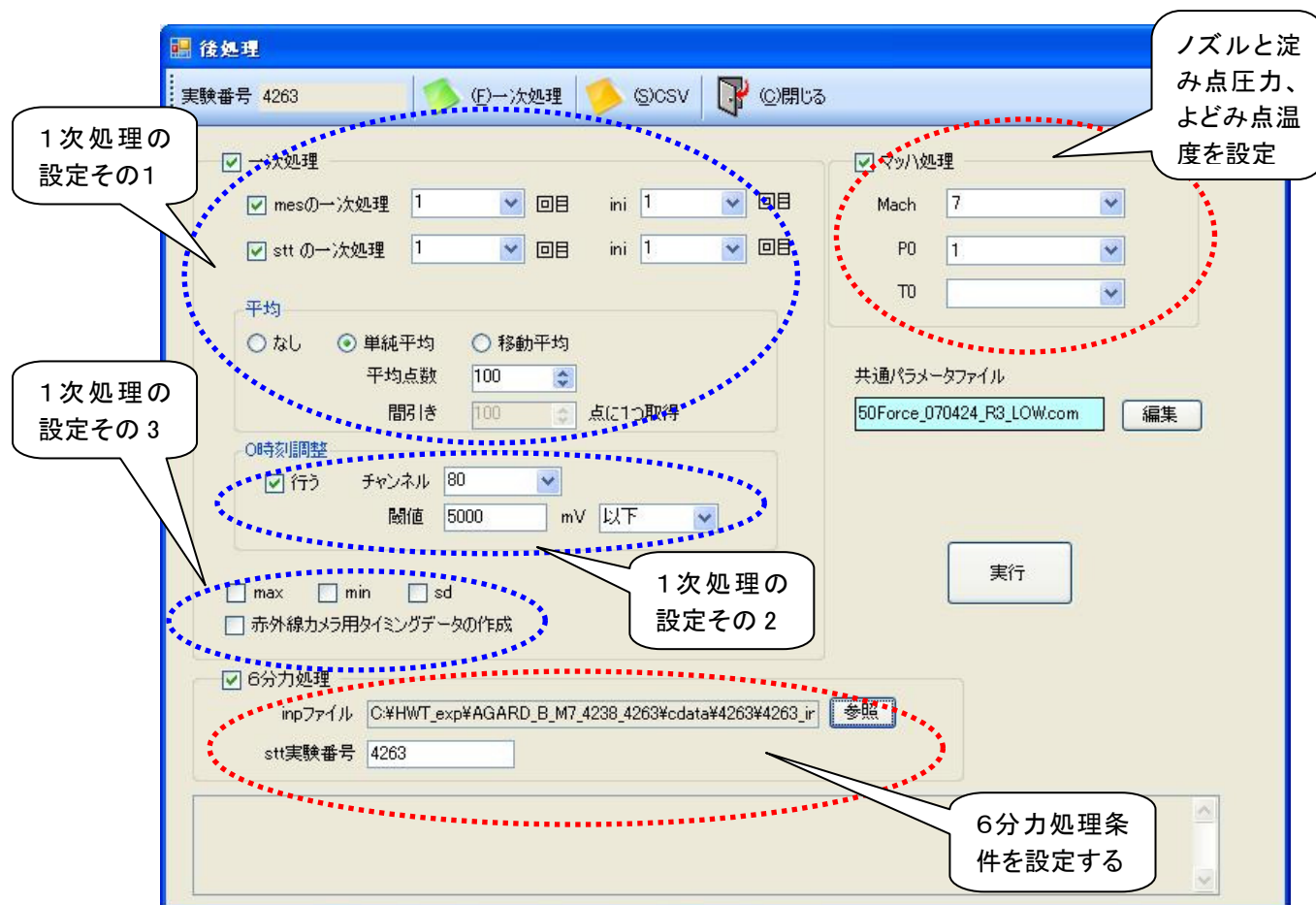


図 11 データ処理ソフトウェア画面

データ処理ソフトウェアとしては、1次処理とマッハ数処理、力処理の3つから構成され、必要な処理は各項目をクリックすることで実行する。

1次処理は取得した電圧データをセンサタイプにより、それぞれの変換方法に基づき平均化して物理量に変換する処理で図 11 の ----- で囲まれた部分がそれに対応する。まず、取得したどの電圧データ(通風データなのかスタティック・テアデータなのか)をどのように平均化(単純平均か移動平均か、平均点数はいくつか)するかを選択する。

次に時刻調整を行うかどうかを選択する。時刻調整を行う場合は、どの信号が入ったときを時刻 0 にするかを決める。(通常、風洞制御装置の時刻との同期をとるため遮断弁開信号をとる) 時刻調整を行わない場合は、データ取得開始が時刻 0 となる。

その他の処理として各平均化したデータの max: 最大値、min: 最小値、sd: 標準偏差のデータを付加するかどうか、赤外線カメラ用のタイミングデータを作成するかどうかを選択できる。

マッハ数処理は試験に使用したノズルマッハ数および淀み点圧力、淀み点温度に対応したノズル較正試験結果<sup>2),3)</sup>に基づき試験マッハ数を選択し、風洞基準量を算出する。

マッハ数処理により算出される風洞基準量としては、マッハ数、静圧、静温度、動圧、レイノルズ数等であり、いずれも文献 4) の実在気体効果を考慮したものになっている。

6分力処理を行う場合は1次処理およびマッハ数処理を行った後でなければ実行できないようになっている。1次処理により平均化された6分力出力(センサ名称、FX,FY,FZ,MX,MY,MZ: いずれも電圧値)を較正試験結果をもとに歪量に変換し、天秤干渉係数等に基づき模型に作用する力を算出する。なお、どのような姿勢角の時のデータを計算するかは、設定した inp ファイルで指定する。スタティック・テアデータは同一のランに限らず自由に選択できる。

#### 5-4 アプリケーションソフトウェア

データ処理ソフトウェア等でデータ処理が完了したデータを画面表示させ、データの確認を行うのがアプリケーションソフトウェアである。

計測管理ソフトウェア画面に戻り、計測操作ボタンの「(O)オフライン」ボタンをクリックするとオフラインモニタ画面が立ち上がる。

オフラインモニタ画面の例を図 12 に示す。



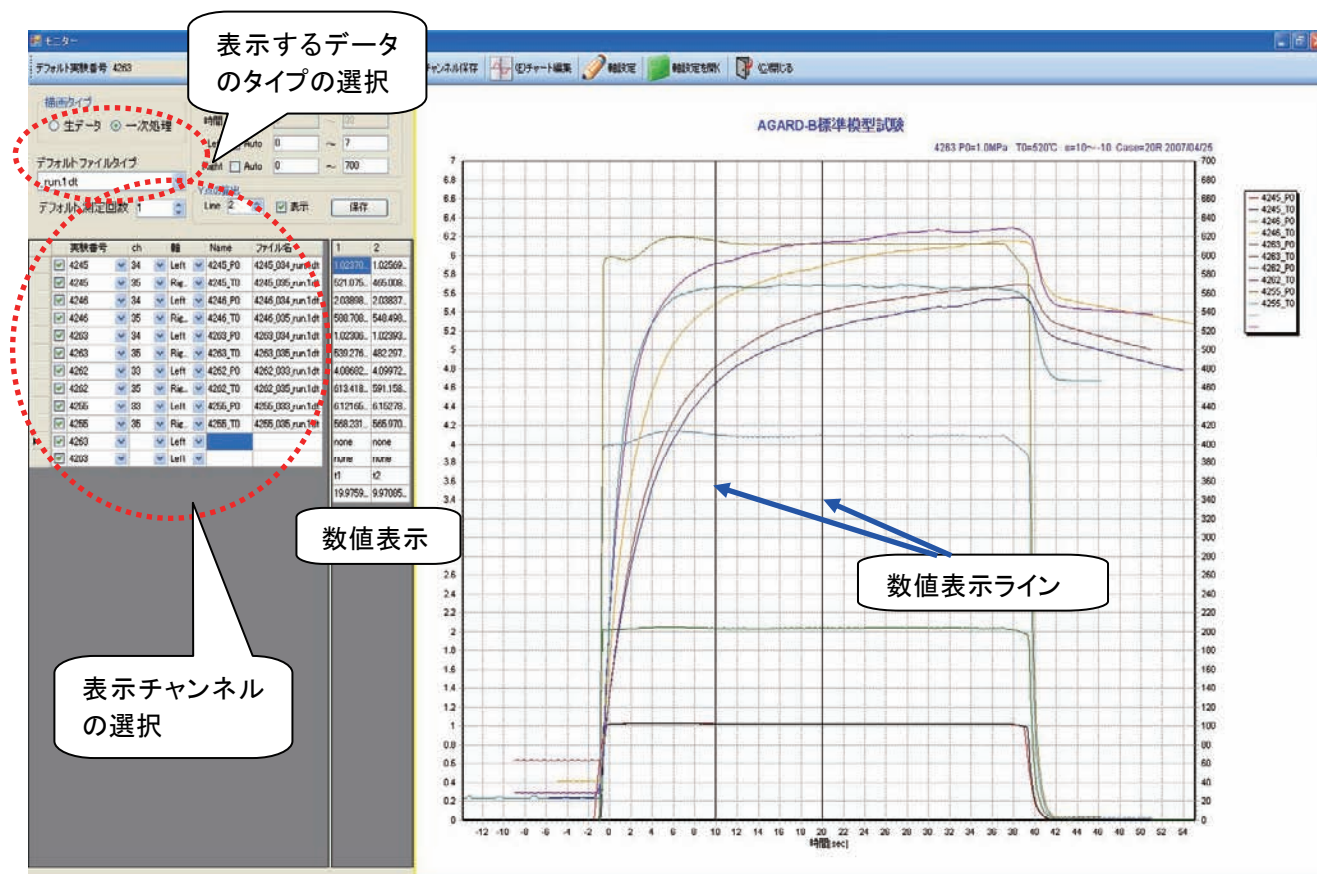


図 12 アプリケーションソフトウェア(オフラインモニタ)の表示例

オフラインモニタ画面では、表示したいデータのタイプとチャンネルを選択し「描画」ボタンをクリックすると右のような画面が表示される。表示チャンネルは当該試験のチャンネルだけでなく過去の試験のデータも表示できるようになっており、試験間のデータ比較が容易に行えるようになっている。

表示チャンネル数は最大 20 本まで表示できる。

表示された画面内に数値表示ラインを表示させるとその時の各チャンネルの値をチャンネル毎に数値で表示するように工夫されている。

その他のアプリケーションソフトウェアとしてはデータを取り込みながら表示するオンラインモニタも整備しており、取得データの確認など試験準備に大いに役立っている。

表 1 新旧データ処理装置の処理時間の比較

測定項目	データ収集時間	ファイル保存時間(旧)	ファイル保存時間(新)	時間短縮率
ini (1kHz)	1 秒間	15 秒	1 秒以下	1/25 以下
stt (1kHz)	30 秒間	43 秒	1 秒以下	
mes (1kHz)	30 秒間	43 秒	1 秒以下	
fin (1kHz)	1 秒間	15 秒	1 秒以下	
1次処理(1kHz)	100 点平均	1 分 5 秒	3 秒	
ini (10kHz)	1 秒間	21 秒	1 秒以下	1/40 以下
stt (10kHz)	30 秒間	4 分 40 秒	4 秒	
mes (10kHz)	30 秒間	4 分 40 秒	4 秒	
fin (10kHz)	1 秒間	21 秒	1 秒以下	
1次処理(10kHz)	100 点平均	7 分 40 秒	13 秒	

## 6. データ処理時間の短縮と測定精度の向上

極超音速風洞データ処理装置の更新にあたって、どうしても解決しなければならない問題がデータ処理時間の短縮であった。前装置はA/D変換器のメモリー内に取得データを溜め込み、データ収集が完了した後、計測PCのハードディスクに書き込む方式をとっていた。今回の更新にあたっては、データ収集しながら直接ハードディスクに書き込む方式を採用したため大幅な時間の短縮が可能になった。

表1に実際に1kHzと10kHzのサンプリング速度でデータを収集したときに要する時間と1次処理に要する時間を測定した結果を示す。

ここで、ini: 初期データ、stt: スタティック・テアデータ、mes: 通風データ、fin: ファイナルデータである。

1kHzで30秒間データを取得した場合、前装置ではデータ測定終了後、データ転送に43秒かかっていたのが、新装置ではデータ測定終了と同時にデータの保存が完了している。同様に10kHzで30秒間データを取得した場合、前装置ではデータ転送に4分40秒かかっていたのが新装置では測定終了後4秒とほとんど時間を要せずに完了している。

1次処理結果では最大7分40秒(10kHz、30秒データ取得)かかっていたものが13秒に短縮された。

全体として、時間短縮率は1kHzで1/25以下に10kHzでは1/40以下にまで短縮することができた。

データ処理装置の更新でもう1つ期待されるのが測定精度の向上である。前述したように風洞～アンプまでは予算の関係で既設設備を踏襲するため測定精度に変化はない。期待されるのはA/D変換器の変換精度である。

これまで使用してきたHP-V743は、16bitとというもののA/D変換精度がサンプリング周波数により異なり、なおかつ1kHzでは0.2%程度とかなり悪かった。

また、経年変化によりさらに精度の落ちるチャンネルも現れはじめていた。

新データ処理装置(NI-PXI 6284)は、18bitと分解能も高く大幅な測定精度の改善が期待できる。

測定精度を確認するために基準電圧発生器から±1V, 2V, 4V, 6V, 8V, 10Vの電圧を新旧のデータ処理装置に与え、その測定結果を図13および図14に示す。

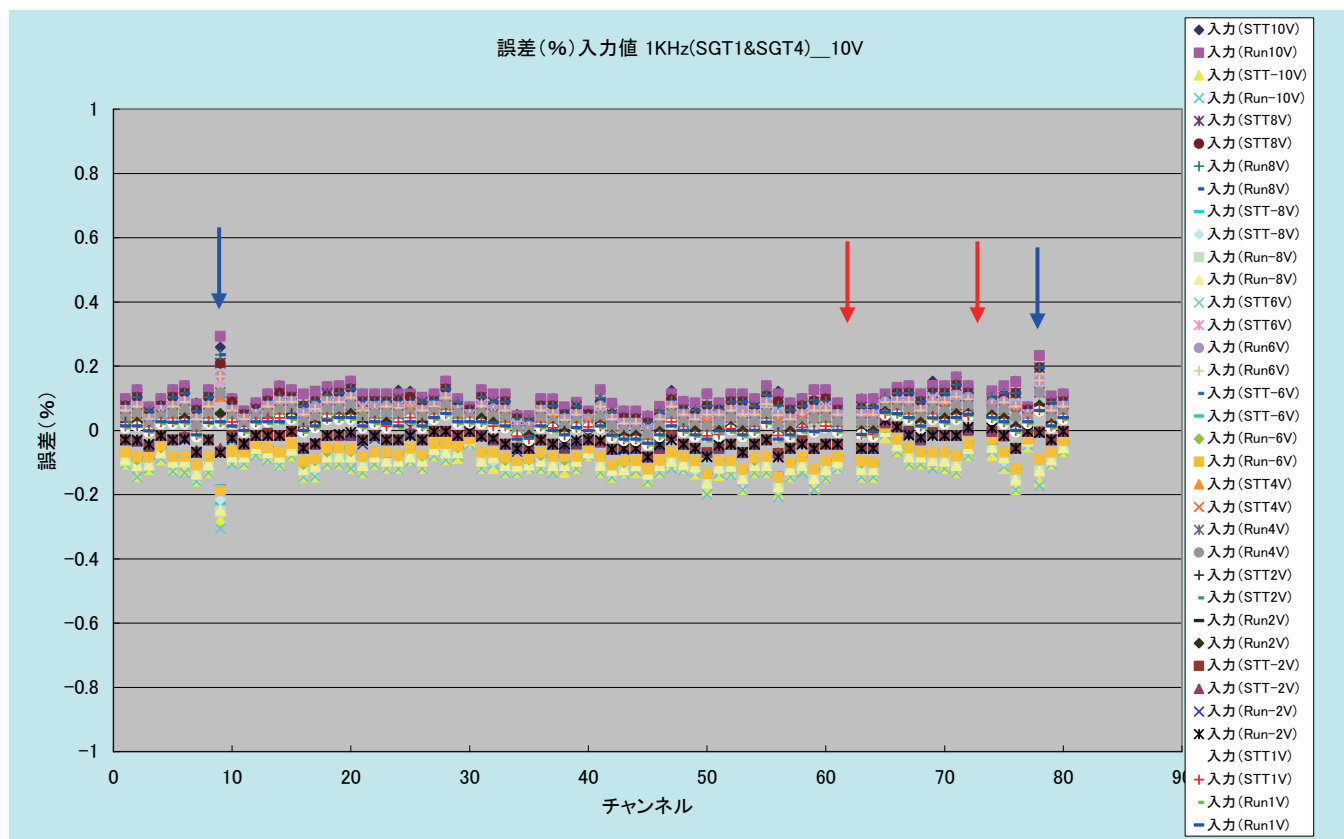


図13 前データ処理装置による測定精度試験結果

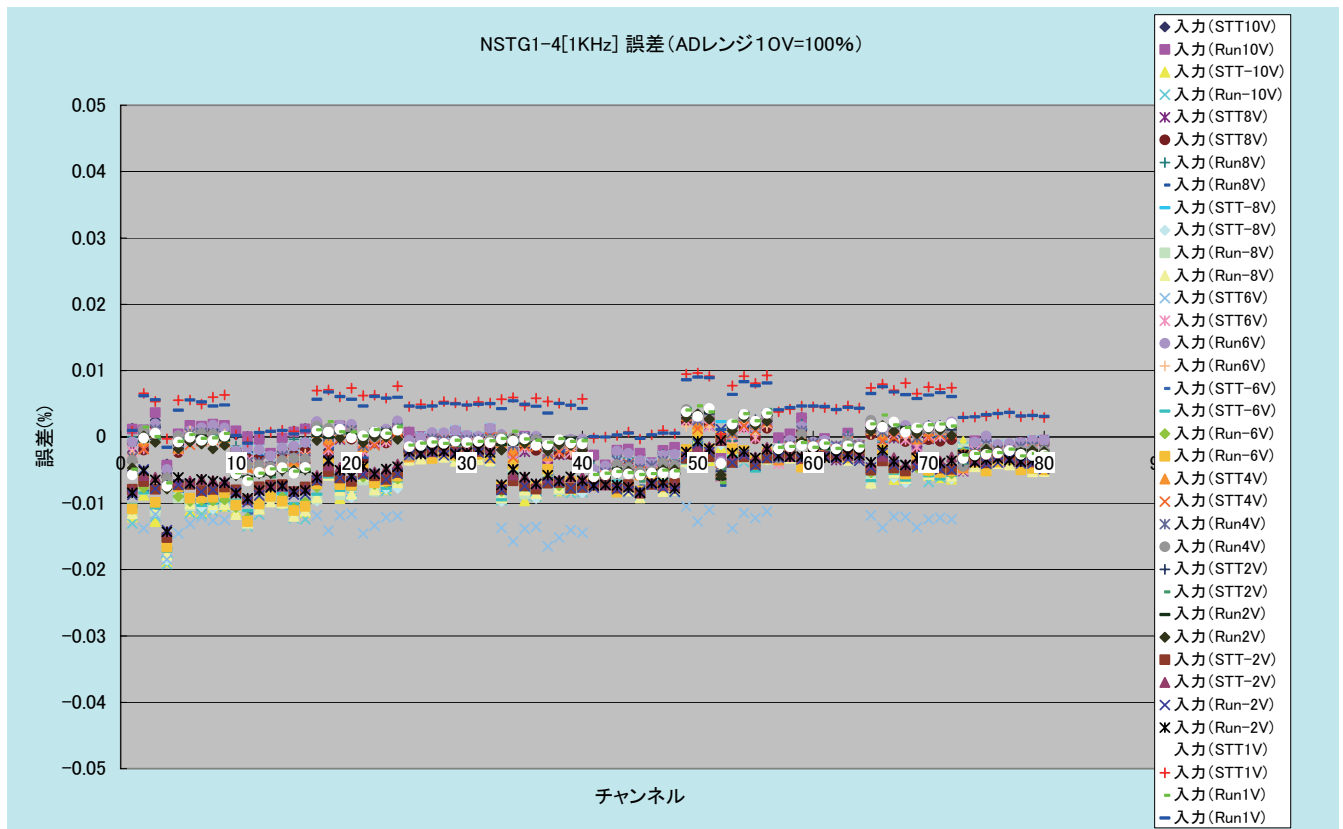


図 14 新データ処理装置による測定精度試験結果

図 13、14 とも誤差は以下の式で求めた。

$$\text{誤差 (\%)} = (\text{基準電圧} - \text{測定電圧}) / 10\text{V} \times 100$$

図 13 の図中に示す ↓ のチャンネルは誤差が 0.2% を超えており、↓ で示すチャンネルは 1% を越えてグラフからはみ出している。

図 14 の新データ処理装置による測定結果は、全体にばらつきはあるものの全てのチャンネルが測定誤差 0.02% 以内に収まっており、測定誤差は前装置の 1/10 以下になり測定精度は大幅に改善された。

理時間が大幅に短縮された。(1/25~1/40) その結果、試験終了後、ユーザにデータを提供できるまでの時間が短くなった。(試験終了後 10 分程度)

- ④ 同時に A/D 変換器の測定誤差が 1/10 以下に改善され測定精度の向上が図れた。
- ⑤ 今後の課題として、ソフトウェアの更なる改善を図り、見やすいデータをユーザに短時間で提供できるよう改善をすることとアンプを風洞近傍に設置するなど一層の測定精度の向上に努めていく。

## 参 考 文 献

## 7. まとめ

- ① JAXA 極超音速風洞データ処理装置の更新を平成 19 年 2 月に実施し、新データ処理装置による運用を開始した。この間、大きな問題もなく順調に運用できている。
- ② 今回の更新において、ソフトウェアの整備と可搬型端末の導入を行った。その結果、試験準備や模型への各種センサの取り付け時におけるデータの確認が容易になり、試験効率の向上と作業性の向上がはかれた。
- ③ データ処理装置の性能向上が図られ、データ処

- 1) 津田, 小山: 極超音速風洞データ処理装置の更新について, NAL TM-737 (1999/3)
- 2) 小山, 永井, 津田, 平林, 関根, 穂積, 渡利: 1.27m 極超音速風洞マッハ数校正試験, JAXA-RR-05-041 (2006/2)
- 3) 関根, 平林, 小山, 津田, 永井, 穂積, 渡利: 0.5m 極超音速風洞マッハ数 5 及び 7 ノズル校正試験, JAXA-RR-05-043 (2006/2)
- 4) 渡利: 極超音速風洞で用いている気体モデル, JAXA-RR-06-011 (2007/2)