

風洞設備の供用と精度向上/生産性向上のための研究開発

Operation of Wind Tunnel Testing Facilities and R&D for Improvement of Their Performance

風洞技術開発センター

浜本 滋

Wind Tunnel Technology Center
Shigeru Hamamoto

Abstract

The Wind Tunnel Technology Center (WINTEC) is the section that takes care of the 11 main wind tunnel facilities at the Institute of Aerospace Technology (IAT) of JAXA. Besides the management of the facilities, the Center also conducts research on new testing and measurement technologies to meet the needs of wind tunnel users. In this report, the operation result of the facilities in FY2005 as well as the fruit of the R&D for improvement of their performance.

1. はじめに

風洞技術開発センター (WINTEC: Wind Tunnel Technology Center) は、JAXA の航空宇宙技術研究センター (東京都調布市/三鷹市の飛行場分室を含む) に設置されている風洞設備のうち、大小11基の設備を維持管理・運営している。これらの設備は「風洞群」として低速から極超音速までの速度域をカバーするとともに、高エンタルピ条件に対応する設備も擁しており、航空宇宙分野における多種多様なニーズに幅広く対応している。ここではまず、設備の概要と供用実績について報告する。

風洞技術開発センターではまた、ユーザのニーズに的確に対応するため、試験計測技術の研究開発も実施している。これらの研究開発は基盤研究であり、今中期計画では、設備横断的な新しい試験計測技術の研究を主に実施する「風洞技術の高度化」と、精度向上/生産性向上を目的として設備個別に研究を行う「風洞空力研究」を平成15年度下期より実施してきている。「風洞技術の高度化」については個別課題について別に報告を行うため、ここでは「風洞空力研究」の活動の概要と、平成17年度における主要な成果を報告する。

2. 設備の概要と供用実績

風洞技術開発センターが管理する風洞設備の一覧を Table 1 に示す。これらのうち、主要な5つの風洞の平成17年度の通風実績を Table 2 に示す。外部ユーザが風洞設備を利用する場合はランニングコスト分 (及び直接/間接経費) が課金され、平成17年度の設備供用収入実績は約120百万円 (税別) であった。

風洞設備はその性質上、JAXA 内外ともに大部分のユーザが航空技術分野の研究開発目的で利用するが、航空技術のスピノフで非航空宇宙産業分野でのニーズ (風力発電、陸送、各種耐風など) も存在する。また、宇宙分野についても、宇宙輸送系の開発では大気中の飛行解析に欠かせない設備であり、これまでに極超音速風洞を中心に宇宙往還機の研究開発によく用いられてきている。

Table 3 に平成17年度に行われた宇宙分野のプロジェクト協力実績を示す。この他、高エンタルピ風

洞では、宇宙分野の先行／基礎研究として、耐熱複合材の熱試験やアブレータ、TPS（熱防護システム）の基礎試験が総研本部内ユーザによって実施されている。

3. 精度向上／生産性向上のための研究開発

風洞試験技術に対するニーズは非常に多様化しており、風洞設備毎にも異なることから、風洞技術開発センターでは「風洞空力研究」という大枠の中で、風洞毎／ユーザ要求毎の個別の研究開発を行い、成果を還元している。今中期計画で実施している研究課題（項目）を Table 4 に示す。これらの各課題は短期または中期的な視野で研究開発に取り組むもので、資金規模も比較的小さいものが多い。

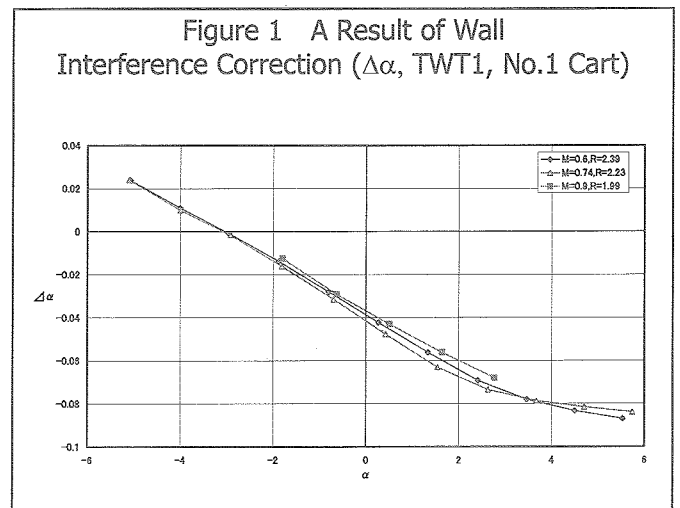
本報告では、「風洞空力研究」の中で、今中期計画で具体的な項目として挙げている「風洞壁境界層修正法の研究」について成果の概要を報告する。

(1) 目的

風洞試験で得られる空力データには、風洞壁の存在が流れに及ぼす影響が含まれている。この影響を推定して補正し、空力データの精度向上を実現することを目的とする。低速と遷音速で共通部分の多い手法を選び、統一的に計算コードを開発して、2007年度末に実用化することを目標とする。

(2) 平成17年度の成果^{1),2)}

遷音速風洞は測定部の風洞壁が多孔板（あるいはスリット壁）となっており、この状態をパネル法による修正プログラムにおけるレストリクションパラメタ R として与えるが、TWT1(2m×2m 遷音速風洞) 第1カートに対して R 値を算出し、その値を使用して風洞壁干渉量を計算、プログラムの有効性を確認した。また、TWT1 第3カートの R 値を算出するための風洞壁圧分布を取得した。第1カートにおける壁干渉量の計算結果例を Figure 1 に示す。ここで、壁干渉量の補正は迎角 α と一様流の風速 U の補正で行う。



修正プログラムについては、計算時間の短縮を目指し、プログラムの改善、スーパーコンピュータの活用等により計算時間をおよそ 1/6 に減少できた。

低速風洞試験については、実際に修正プログラムを全機標準模型試験及び半裁模型試験にも適用し、プログラム実用化の見通しを得た。また、半裁模型風洞試験技術の中の新しい風洞壁境界修正法を確立した。

成果のクオリティーとして、本境界修正法は基本的に NASA Langley で開発された方法を採用しており、新規性には乏しいものの、半裁模型試験への適用を可能にしたのは JAXA 独自の拡張である。ベースが最新の方法であるため、実用化のあかつきには、古典的方法を使っている風洞、あるいは境界修正を行っていない風洞に対しての優位性が得られると期待できる。

4. 研究受託／試験受託について

風洞技術開発センターでは、主に設備供用によりユーザ試験を実施している。設備供用の場合は、あくまで設備をユーザの利用に供するという立場での運営となり、試験計画の立案及び模型の準備はユー

ザ側の分担となる。特に、JAXA内プロジェクトでは、従来プロジェクトから受託メーカーを經由して設備供用が行われることが多く、プロジェクト管理はやりやすい反面、基盤部門での技術蓄積が行いにくい状況を生んでいる。これに対し、風洞技術開発センターが培ってきた風洞試験における技術蓄積をJAXA内のプロジェクトやJAXA外の産学に十分に役立てるという観点から、また、さらなる技術蓄積を行うという観点から、今後は研究受託/試験受託を積極的に行っていくようにしたい。宇宙分野の各プロジェクトに対しても、航空技術の延長として、技術的に貢献できるものと考えている。

Table 1 Table of wind tunnels of WINTEC

Facility	Type	Test Section	Speed/Mach No.	Establishment
6.5m×5.5m Low-speed wind tunnel : LWT1	Continuous atmospheric	6.5m(H)×5.5m(H)	1 – 70m/s	FY1965
2m×2m Low-speed wind tunnel : LWT2	Continuous atmospheric	2m(H)×2m(W)×4m(L)	3 – 60m/s (normal) Max. 67m/s	FY1971
2m×2m Transonic wind tunnel : TWT1	Continuous pressurized	2m(H)×2m(W)	M=0.1 – 1.4	FY1960
0.8m×0.45m High Reynolds number wind tunnel : TWT2	Blow-down	0.8m(H)×0.45m(W)	M=0.2 – 1.4	FY1979
1m×1m Supersonic wind tunnel : SWT1	Blow-down	1m(H)×1m(W)	M=1.4 – 4.0	FY1961
0.2m×0.2m Supersonic wind tunnel : SWT2	Continuous pressurized	0.2m(H)×0.2m(W)	M=1.5 – 2.5	FY1994
0.5m Hypersonic wind tunnel : HWT1	Blow-down w. suction	Nozzle φ0.5m	M=5, 7, 9	FY1965
1.27m Hypersonic wind tunnel : HWT2	Blow-down w. suction	Nozzle φ1.27m	M=10	FY1994
0.44m Hypersonic shock tunnel : HST	Shock tunnel	Nozzle φ0.44m	M=10, 12	FY1967 (refurbished in FY1994)
750kW Arc-heated wind tunnel : AWT	Arc-heated high-enthalpy	Nozzle φ11.5cm	M=4.8 (designed)	FY1981 (powered up in FY1993)
110kW ICP-heated wind tunnel : PWT	Inductively-coupled-plasma high-enthalpy	Free jet	Subsonic	FY2004

Table 2 Operation Results of Main Wind Tunnels in FY2005

W/T	max. Capacity	FYH17 Results	Rate of Operation	External Use (Campaign)	JAXA Project Use	for Space Activities
LWT1	200 days	159	79.50%	20 (4)	APG	
LWT2	200 days	168	84.00%	81 (10)	APG, ISAS	Reusable Rocket (9)
TWT1	200 days	190	95.00%	84 (7)	APG, SFO	H2B Transonic Test (14)
SWT1	800 runs	728	91.00%	289 (4)	APG, SFO	H2B Supersonic Test (112)
HWT	200 runs	73	36.50%	0 (0)		
AWT	80 runs	20	25.00%	3 (1)		(Composite, TPS)

APG: Aviation Program Group, SFO: Office of Space Flight and Operations

Table 3 Wind Tunnel Testing for Space Activities

	Project Office	W/T	Measurement
Retrofiring of Reusable Rocket	ISAS	LWT2	3-D Stereo PIV
H2B Transonic Testing	SFO	TWT1	Aerodynamic Forces, Pressure Distribution
H2B Supersonic Testing	SFO	SWT1	Aerodynamic Forces, Pressure Distribution

Table 4 List of Subjects of Wind Tunnel Technologies

Subjects

- Items

Improvement of Productivity

- Establishment of Sweep Mode Measurement in TWT1 (2001-2007)
- Installation of ESP in LWT1 (2001-2005)

Improvement of Accuracy

- Model Attitude Measuring Technique in TWT1 (2003-2005)
- Correction of Wall Interference in LWT1/TWT1 (2003-2007)

Investigation of Flow Characteristics

- Standard Calibration Model Testing (Continuous)
- Flow Calibration in the Test Section (Continuous)

Individual Issues

- Investigation of Interference between Nacelle and Wing (LWT1, 2004-2005)
- Study of Half Model Testing Technique (LWT1, 2005-2007)
- Study of Model Supporting System for Small Aircraft (LWT1, 2005-2007)
- Measurement of Noise and Investigation of its Source (LWT2, 2004-2007)
- Providing Humidity Measuring System (LWT2, 2004)
- Refurbishment of Balance Calibration System (TWT1, 2004-2006)
- Study of Wall/Model Support Interference (TWT1, 2003-2007)
- Correction of Errors Due to Temperature Shift for Balance Measurement (TWT1, 2003-2007)
- Boundary Layer Control for TWT2 (TWT2, 2004-2007)
- Survey of Maximum Blockage for SWT1 (SWT1, 2003-2007)
- Decrease of Starting/Stopping Loads in SWT1 (SWT1, 2003-2007)
- Measurement of Aerodynamic Heating by Infrared Camera System (HWT, 2003-2005)
- Flow Visualization in Hypersonic Flows (HWT, 2003-2005)
- Intrusive Measurement Techniques in High Enthalpy Flows (AWT, 2004-2007)
- Study of an Inductively Coupled Plasma High Enthalpy Wind Tunnel (PWT, 2005-2007)

Future Facilities

- Conceptual Study of High Reynolds Number Wind Tunnels (2004-2007)
- Technical Assessment for Refurbishment of Wind Tunnels (Continuous)

【参考文献】

- 1) 日高, 口石, 小池, 香西, 「JAXA2m×2m 遷音速風洞壁境界修正用境界条件の設定」, JAXA-SP-05-019, 第75回風洞研究会議論文集
- 2) 青木, 日高, 森田, 「パネル法風洞壁干渉修正のJAXA6.5m×5.5m 低速風洞への適用」, JAXA-SP-05-019, 第75回風洞研究会議論文集