

日本飛行機 2m ϕ 低速風洞の改修計画について

近藤夏樹、中村英明、山本靖人、前田真宏（日本飛行機）

Replacement of 2m ϕ Low-speed Wind Tunnel Equipment in NIPPI

Natsuki KONDO, Hideaki NAKAMURA, Yasuto YAMAMOTO, Masahiro MAEDA
(Nippi corporation)

概 要

日本飛行機 2m ϕ 低速風洞は前回の大改修（昭和 56 年）より 30 年近くが経過し、送風機モータを初め各機器の老朽化が深刻化してきた。そこで平成 18 年より老朽化した設備の近代化を進め、平成 20 年度までに主送風機モータ更新、および新たな模型支持装置としてロボットアームの導入を完了した。本紙では、その概要と今後の計画について述べる。

1. 低速風洞概要

日本飛行機 2m ϕ 低速風洞は、吹き出し口が 2m ϕ 円形開放型のゲッチング式風洞で、昭和 19 年 9 月に建設され、戦災を経て昭和 33 年 1 月に復旧、昭和 54 年の改修で、ほぼ現在に近い形となった。昭和 54 年の改修では、それまで木製であった送風機ブレードを自社製（オランダ・ハウデン社のライセンス生産）の FRP ブレードに更新し、モータもそれまでの 75kW から 110kW へパワーアップして、最大風速を 35m/s から 50m/s に向上させた。改修直後の風洞諸元を表 1 に示す。

表 1 昭和 54 年改修後の風洞主要諸元

性能	風速	1～50m/s
	風速分布	1.0%以下(天秤中心面)
	乱れ	0.2%以下(天秤中心面)
縮流筒	吹出口	円形2.0m
	絞り比	5.06
吸入筒		円形3.2m・FRP製
風路		8角形・コンクリート製
整流格子		ハニカム型・1段
整流網		30×30メッシュ・1段
偏流器		流路断面積一定型・鋼板製

改修後はエンジン換装後の YS-11 全機模型風試を初め、各種標的、小型飛翔体、無人機等の自社製品開発に貢献してきた。近年では外部からの受託風試も行うようになり、主に屋外に設置する機器（屋外監視カメラ、給湯器の室外器、携帯の通信ボックス、

放送用パラボラアンテナ等）の耐風確認試験を実施してきた。このような耐風試験では 50m/s 以上の試験風速を要求されることが多いが、測定部に供試体を入れた状態での最大風速は 45m/s が限界であり、更に供試体の一部が風圧で飛散の可能性がある場合には、ベルマウスに防御ネットを張る必要があることから、実用風速が 40m/s 程度しか出せないこともあった。このような背景から次のモータ更新時には実用風速 50m/s 以上の能力アップを図りたいとの要望が担当者から出るようになった。



図 1 ワイヤバランス方式による YS-11 全機模型風試

6 分力荷重計測には、現在ではほとんど見られなくなったワイヤバランス方式を長年に渡って使用してきた（図 1 参照）。しかし、ワイヤバランス方式は準備に手間がかかる他、試験技術が伝承されていない等の問題もあり、導入から 30 年経過を契機に、設備の近代化更新を図ることになった。

2. 送風機モータ更新

更新前の送風機モータは 110kW の直流モータで、回転数制御はサイリスタ・レオナード方式を採用していた。市場ではモータは交流方式が主流へと変わりつつあったが、計測系へのノイズの影響が懸念された為、新しいモータでもコストは高いが実績のある直流モータを採用することにした。モータ出力については測定部に何も無い状態での最大風速 60m/s 以上を目標に 200kW とした。図2に更新前後のモータとサイリスタ制御盤を示す。



図2 更新前後の送風機モータ

モータの出力増大に伴い、ファンの最大回転数も上がる為、ブレード取り付け部の強度についても見直した。ファン・ブレードは図3に示すように2本のU字ボルトとクランプによってボス部に固定されている構造となっている。従来のU字ボルトは炭素鋼製(S35C)であったが、より高強度のステンレス製(X5CrNi)に変更した。遠心力に対する強度計算を

行った結果、モータ更新後に最大回転数に対しても十分な強度余裕を有することが確認された。

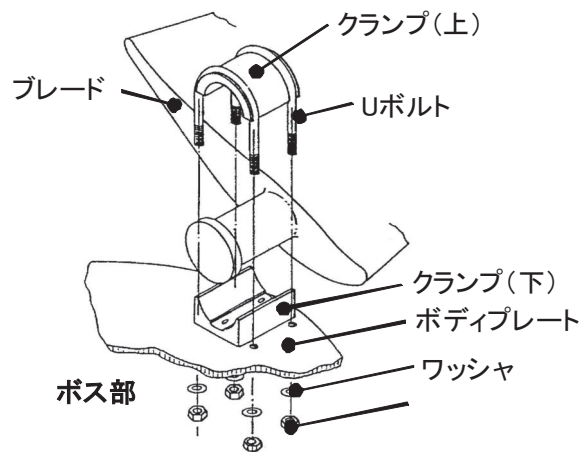


図3 ファン・ブレード固定方式



図4 ブレード取り付け部

更新工事は平成20年9月に実施した。モータ更新後、試験通風を行った結果、当初目標通り最大風速 60m/s が出せることを確認した。また、通風後にファン・ブレード取り付け部の点検を行い、異常が無いことを確認した。

3. ロボットアーム導入

当社低速風洞の空力荷重計測における模型支持方法は、前述した通りワイヤバランス方式を長く採用してきたが、近年は技術の風化が著しく、セットにも手間がかかることから、ほとんど使われなくなってきた。この他、簡易な姿勢制御で十分な試験においては、1自由度のターンテーブルを用いたストラット方式（図5）を用いてきたが、1自由度では α スウィープや β スウィープで形態変更の手間が生じるため、多自由度の模型支持装置の導入を検討してきた。



図5 1自由度ストラット支持



図6 ロボットアーム支持構想

専門メーカーの模型支持装置を導入するとなると、高額な設備投資が必要になることから、導入コストを抑える為、産業用のロボットアームを用いることにした。図6に構想図を示す。仕様については6自由度で、風速 50m/s における模型の重量および揚力を考慮した上で自在にハンドリングが可能のように 130kgf 以上の可搬質量を持つ候補のロボットアームをいくつか選定し、当社の風洞測定部への設置レイアウトを検討した。設置方法については①上部からの吊り下げ式、②横置き式、③床下式の3案で検討した。吊り下げ式については2t近いロボットを支える為のアームを組むスペースが無く、床下式についても、測定部床が昇降台になっていて工事に手間がかかる他、ベルマウスの一部を切断する必要がある為、横置き案を採用した。ロボットは最終的に川崎重工業製 ZT165X-A を導入した。当社風洞に設置後のロボットアーム外観を図7に、主要性能を表2に示す。



図7 ロボットアーム外観

表2 ロボットアーム主要性能

型式	Kawasaki ZT165X-A			
アーム形式	多関節型			
動作自由度	6軸			
構成軸仕様	動作軸	最大動作範囲	最高速度	最大負荷トルク
	腕旋回	$\pm 180^\circ$	120°/sec	-
	腕前後	$+50^\circ \sim -120^\circ$	110°/sec	-
	腕上下	$+150^\circ \sim -65^\circ$	115°/sec	-
	手首回転	$\pm 360^\circ$	140°/sec	911.4N
	手首曲げ	$\pm 130^\circ$	155°/sec	911.4N
位置繰り返し精度	手首捻り	$\pm 360^\circ$	260°/sec	450.8N
	$\pm 0.3\text{mm}$			
最大可搬質量	165kg			

ロボットアームは法令により動作中は人が近づけない様に安全措置をとることが義務付けられていることから、図8に示すようなフェンスを設置した。フェンスには抜くとロボット電源が遮断される安全プラグが付いている。



図8 安全フェンス



計測システムとの連携については LAN を使い、図9に示すようなシステム構成を検討している。動作時、周囲の構造物との干渉は専用のシミュレーション・ソフトウェアにより確認する。

5. まとめ

低速風洞改修計画の一環として、平成20年度は主送風機モータの更新による高出力化と模型ハンドリング用ロボットアーム新規導入を行った。ロボットアームはシミュレーション・ソフトウェアと連動して、当社製品である曳航標的や無人機の動的風試等への適用が期待される。今後は動的風試に対応する新しい計測システムの構築が課題である。

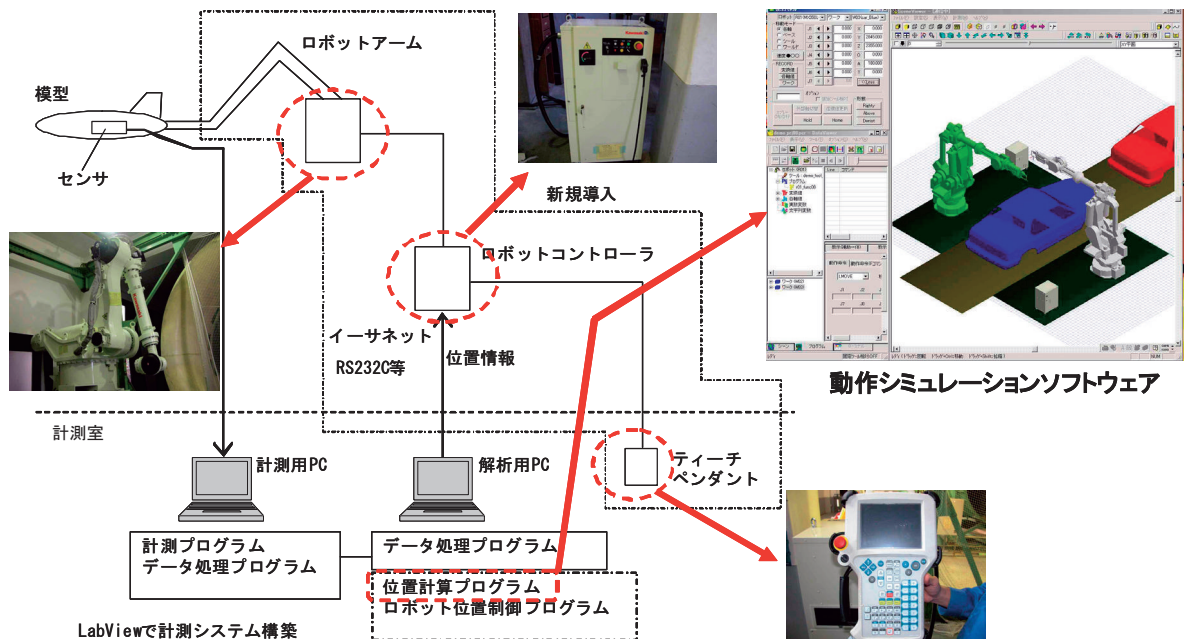


図9 ロボットアーム導入後のシステム構成案