

大型風洞における実用 PSP 計測システムの研究開発

満尾 和徳、栗田 充、中北 和之、渡辺 重哉
宇宙航空研究開発機構

宇宙航空研究開発機構(JAXA)/風洞技術開発センター(WINTEC)では感圧塗料(Pressure-Sensitive Paint: PSP)計測システムの大型風洞群への適用を進めている。JAXA では、感圧塗料、光学系、および画像処理ソフトを含む全計測システムの開発を独自で行っている。これまで、低速から超音速にわたる幅広い速度範囲において技術実証試験を行い、そのシステムの有効性を実証してきた。現在は、さらなるシステムの高度化を目指して圧力と温度場を同時に計測するための複合 PSP 計測システムの実用開発を進めている。本発表では、JAXA における実用 PSP 計測システムの開発状況について報告するとともに、これまでの PSP 計測結果の一部を紹介する。

まず、低速風洞の結果について示す。6.5m×5.5m 低速風洞(LWT1)において実施した JAXA 高揚力装置標準模型を用いた PSP 試験結果を示す²⁾。模型が大きく、照明位置と模型間の距離が離れているため励起照明には高出力 LED 照明を使用した。PSP には ISSI 社の温度感度の低い PSP(約 0.5%/°C)を使用し、圧力は Insitu 法により算出した。PSP 発光強度変化の小さい低速度域にも関わらず、模型全面の圧カイメージを鮮明に可視化することができた。計測精度は風速 60m/s において RMS 値約 0.2(Cp 換算)で計測可能であった。現在は、この計測精度をさらに改善するために複合 PSP の研究を進めている³⁾。

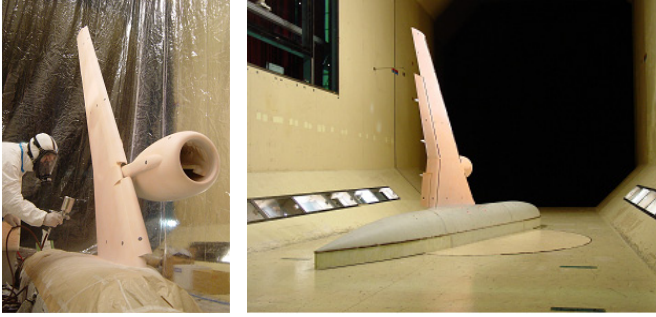
2m×2m 遷音速風洞(TWT1)第4カート(図3)には光学窓が周方向に8箇所あり、PSP 計測や PIV 計測などの光学計測に対応できるようになっている。今回の DLR-F6 模型を使用した複合 PSP 計測では、カートの上、側面の4方向に CCD カメラを設置し、模型全周のデータを取得した。また、複合 PSP 計測と同時に多点圧力センサーによる静圧孔データ計測および6分力天秤による力計測を行った。

PSP データを3次元グリッド上にマッピングした圧力分布データを図5に示す⁴⁾。圧力場を3次元的に可視化することにより、流れ場を容易かつ詳細に理解できるようになった。主翼上面の圧力パターンや、機首後部の剥離による低圧領域など模型全体の圧力分布が詳細に計測できている。また、胴体と主翼の付け根付近に低圧領域ができており、主翼の圧力分布が胴体にも強く影響している様子がわかる。

TWT1 複合 PSP 試験における計測精度は従来計測方法である PSP/TSP 塗分け手法による精度には及ばなかった。複合 PSP に用いた感圧色素と感温色素は個別には光劣化に強く、使用上特に問題はない。しかし、混合して複合化すると特に感温色素の発光強度が減衰し、特性が変質することがわかった。この特性の変化が計測精度に影響しているものと推定される。今後は、大学との協力のもと複合 PSP の改良を図り、計測精度を改善する予定である。

参考文献

- 1) 満尾和徳、栗田充、中北和之、渡辺重哉、伊藤正剛、山内智史、山谷英樹: JAXA における実用 PSP 計測システムの研究開発、第46回飛行機シンポジウム、2008年10月
- 2) Mitsuo, K., Kurita, M., Kuchi-Ishi, S., Fujii, K., Ito, T. and Watanabe, S., "PSP Measurement of a High-Lift-Device Model in JAXA 6.5m×5.5m Low-Speed Wind Tunnel", AIAA-2007-1065, Reno, Nevada, 2007.
- 3) 満尾和徳、栗田充、中北和之、藤井啓介、渡辺重哉、伊藤正剛、和田雄二: 複合 PSP 計測技術の研究開発、JAXA-RR-07-0123、2008年2月
- 4) Mitsuo, K., Kurita, M., Nakakita, K., Watanabe, S., and Wada, Y., "Temperature Correction of PSP Measurement Using Bi-luminophore Dyes", the 26th AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference, AIAA 2008-3945, Seattle, 2008.



(a)塗装の様子 (b) 塗装された模型
 図 1: PSP 塗装された JAXA 高揚力装置標準模型
 © JAXA

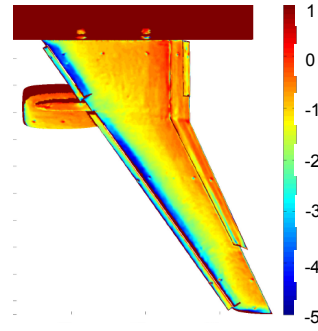


図 2: 主翼上の Cp 分布($U_\infty=60\text{m/s}$, $\alpha=15\text{deg}$)
 © JAXA

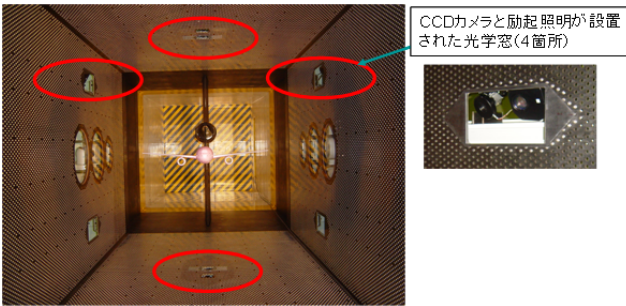
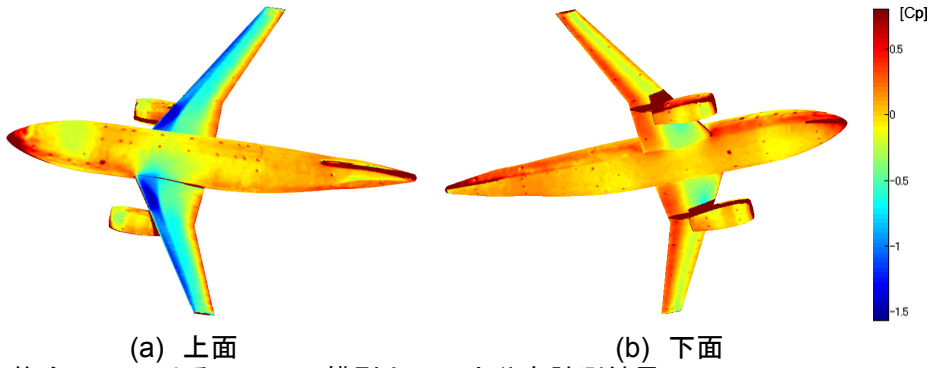


図 3: TWT1 第 4 カート内の光学窓
 © JAXA



図 4: 複合 PSP 塗装された DLR-F6 模型
 © JAXA



(a) 上面 (b) 下面
 図 5: 複合 PSP による DLR-F6 模型上の圧力分布計測結果($M=0.75$, $\alpha=1\text{deg}$, $\beta=0\text{deg}$)
 © JAXA