

ターボ機械への適用へ向けた PSP の低速度流れ場における性能調査

森英男 吉本俊純 内田和徳 田上博明 文吉周 井上雄策

九州大学

内部の構造が複雑なため実験的解析が困難なターボ機械内部流れ場の解析において、非接触で連続的な表面圧力分布の計測が可能な PSP は非常に有用な計測手法となる可能性を秘めているが、現状ではゲージ圧の小さい低速度流れ場における PSP の感度の低さが問題となっており、実際の適用は進んでいない。本研究では、PSP による低速度流れ場の計測を可能にするため、PSP の感度向上を試みるとともに、本研究で構成した PSP の低ゲージ圧領域 (kPa 以下) における圧力および温度感度を測定し、特に温度分布の存在による圧力計測への影響について明らかにしたうえで、温度分布を補正し正確な圧力分布を取得するための具体的手法およびその効果について検証を行った。なお一般的に、低速流れ場における PSP の校正では in situ 法による校正法が使われることが多く、速度 25m/s の低速流れ場中における圧力計測への適用について報告がなされている⁽¹⁾が、本研究では、ターボ機械の動翼面上など回転体への適用を考慮するとともに、表面上に温度分布がある場合における適用を可能とするため、a priori 法による校正法を用いる。

(図 1)は本研究で用いた PSP である PtTFPP/poly(TMSP)の感度特性曲面であり、特に本研究で目指す低速度流れ場への適用において、PSP の温度感度の影響が非常に大きいことを示している。さらに、本研究で構成した PSP を用いて、大気中で噴流速度 22~38m/s の低速度噴流と衝突する平板上における圧力分布の計測 (図 2)を行い、平板上で生じる圧力分布を可視化した。このとき、平板上で温度分布が生じると圧力計測に誤差をもたらす可能性があるため、同一の条件で TSP(Ru-phen/PMMA)による平板上の温度分布計測を行い、その結果、(図 3)に示すとおり、噴流速度 38m/s の条件下で平板上の温度分布は均一であったため、PSP の適用において平板上の温度分布は均一とみなした。ただし、無風時と通風時で平板の温度は異なるため、平板上に貼付した熱電対で測定した温度を平板全体の温度とみなして PSP の温度補正を行った。(図 4)は PSP で得られた平板上の圧力分布であり、本図に示すとおり、噴流速度 22m/s において、平板上に生じている圧力勾配を PSP により捉えることができた。また、噴流速度 22m/s の条件下における PSP の計測結果を圧力孔による測定値と比較した結果を(図 5)に示す。計測を行った領域全体で、圧力孔と PSP の示す圧力値には 0.5kPa の差が生じており、これは PSP の温度補正において 0.14°Cの温度誤差が生じた場合に相当する。一方、PSP の示す圧力値を 0.5kPa シフトさせると、平板全体で圧力孔による測定値と非常に良く一致しており、平板上で生じる最大 220Pa の圧力分布の可視化に成功した。

参考文献

- (1) Mitsuo, K. et al., "Application of PSP Measurement to Low Speed Wind Tunnel Testing using an Automobile Model", Proceedings of MOSAIC International Workshop, pp. 70 – 71 (November 2003).

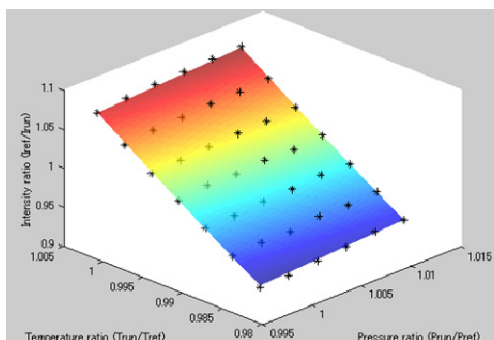


図 1:PSP の感度特性曲面

$$P_{ref} = 101.74 \text{ kPa}$$

$$T_{ref} = 19.0^\circ \text{ C}$$

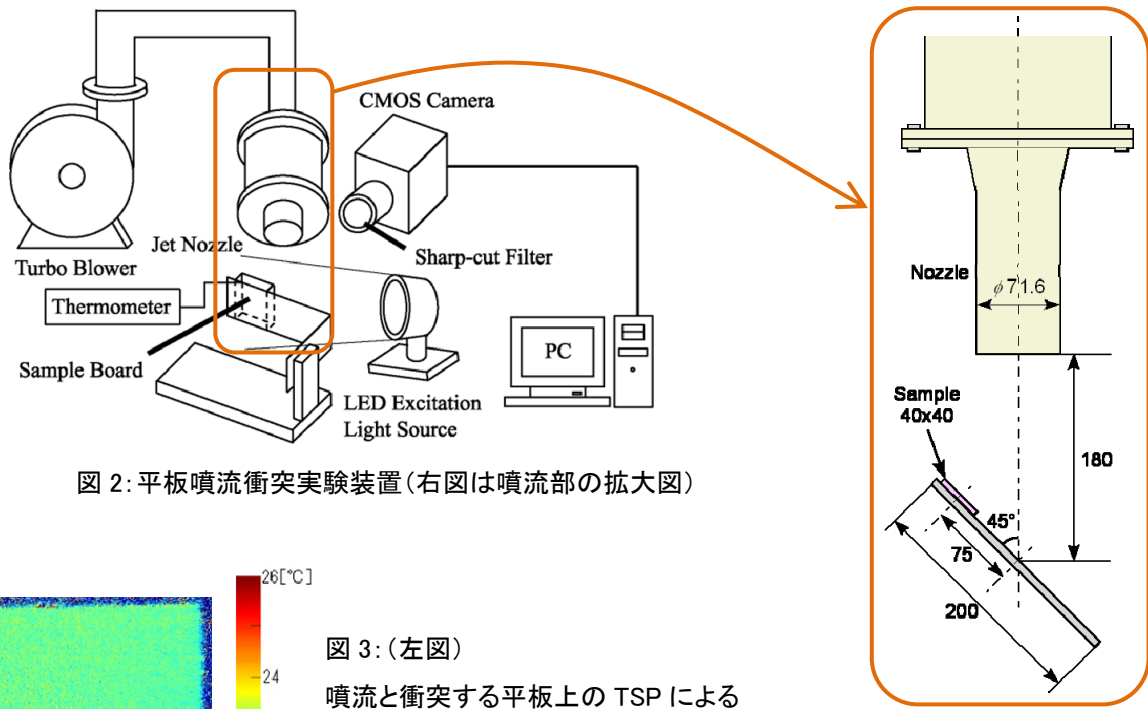


図 2: 平板噴流衝突実験装置 (右図は噴流部の拡大図)

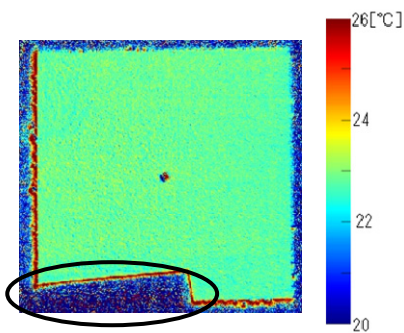


図 3: (左図)

噴流と衝突する平板上の TSP による
温度分布計測結果 (噴流速度 38m/s)

Ru-phen/PMMA を使用

※図の楕円で囲まれた部分は熱電対貼付位置の影

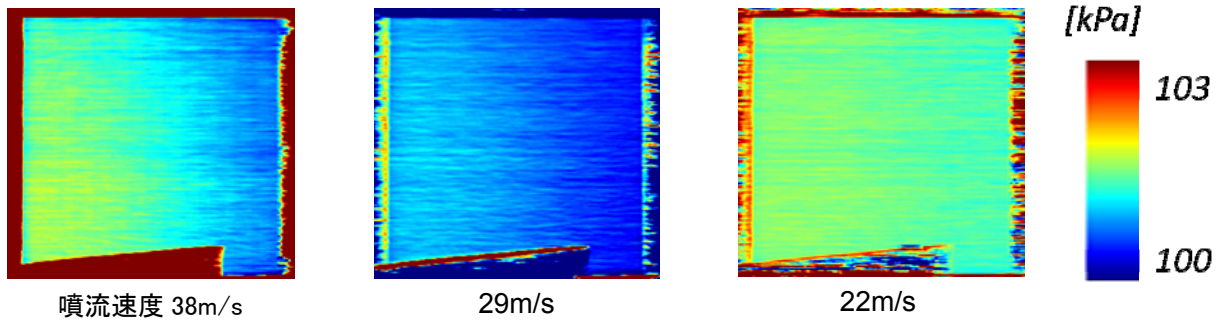
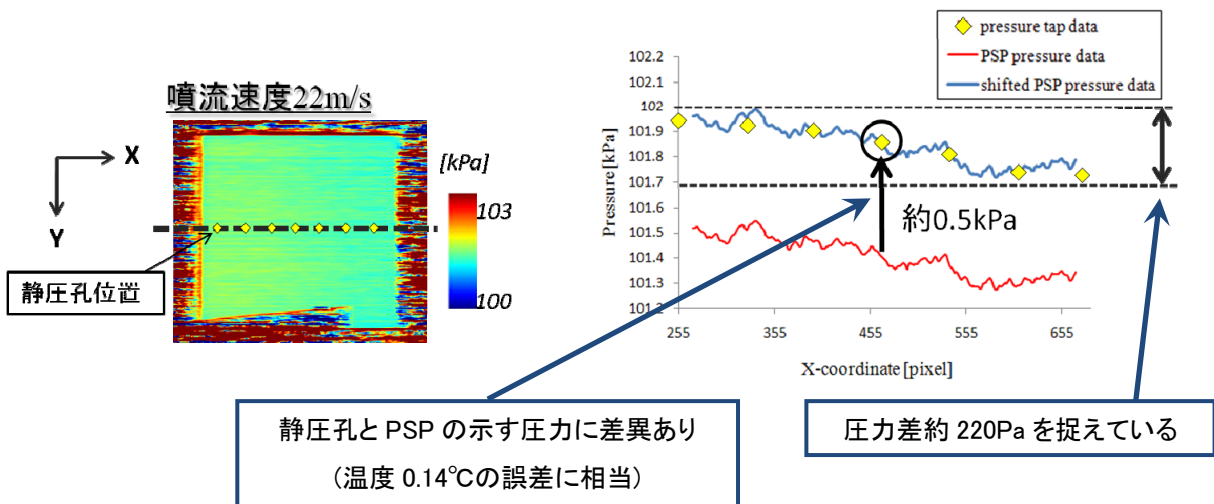


図 4: 平板噴流衝突実験結果・平板上の圧力分布



静圧孔と PSP の示す圧力に差異あり
(温度 0.14°C の誤差に相当)

圧力差約 220Pa を捉えている

図 5: 平板噴流衝突実験結果・中心線上の圧力値