

## 非定常現象をターゲットとした PSP 計測技術

中北 和之

宇宙航空研究開発機構

JAXA では非定常現象における模型表面の変動圧力を計測可能な非定常 PSP 技術の開発を行っている。この研究開発ではフラッタ/パフェット、ヘリコプタ、空力騒音を伴う低速非定常流れ、内部流の4つの分野をターゲットに設定している。それぞれ JAXA 内部にこれまでのさまざまな技術蓄積があり、かつ今後 JAXA や国内での航空宇宙機の開発プロジェクトでの重要分野となりうる分野である。これらの分野において非定常 PSP による変動圧力の画像計測技術は機体開発に大きく寄与できるポテンシャルを持っている。ここではフラッタ、低速非定常、内部流の3つの分野での適用性確認試験の結果について紹介する。

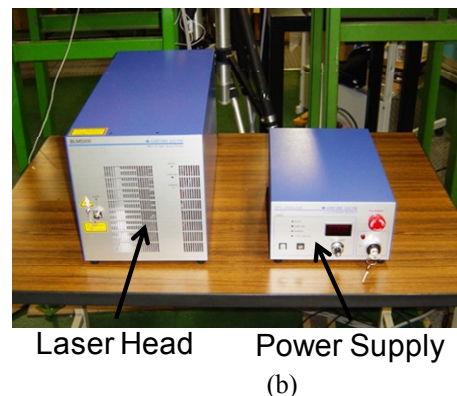
図1は非定常 PSP におけるキーデバイスである高速カメラと高出力青色半導体レーザーである。非定常 PSP では画像計測レートは 1kfps(frame per second)を超えるため高速カメラが必須となる。また露光時間は 1ms 以下となるため、PSP 発光を大きくするための高出力な励起光源を用いる必要がある。図2はフラッタへの PSP 適用例である。図2(a)の陽極酸化 PSP をコーティングした薄翼フラッタ模型を用い、図2(b)に示すフラッタ現象の1周期で翼面上の衝撃波の挙動や圧力変化を可視化した。画像計測レートは 5kfps、フラッタの周波数は 110Hz 程度である。図3は低速流への非定常 PSP 適用性を評価するための試験であり、2次元円柱を用い、33m/s の低速流れでのカルマン渦による非定常圧力成分の分布を計測したものである。周波数解析を用いた平均化によって S/N 比を向上させ、結果は周波数次元で得られる。図3(b)よりカルマン渦の基本周波数である  $St=0.2$  に相当する 160Hz と、その2倍波である 320Hz に非定常成分が計測できていることが分かる。図4はエンジンインテークなどの内部流を模擬した矩形超音速ノズル内の非定常擬似衝撃波の PSP 計測結果である。図4(b)では流れを遡って伝播する非定常衝撃波の挙動が時系列で定量画像計測できていることが分かる。画像計測レートは 2kfps である。

### 参考文献

- 1) Nakakita, K., "Unsteady Pressure Distribution Measurement around 2D-Cylinders Using Pressure-Sensitive Paint," AIAA-2007-3819, 2007.
- 2) Nakakita, K., et al., "Unsteady Pressure-Sensitive Paint Measurement for Oscillating Shock Wave in Supersonic Nozzle," AIAA-2008-6580, 2008.



(a)



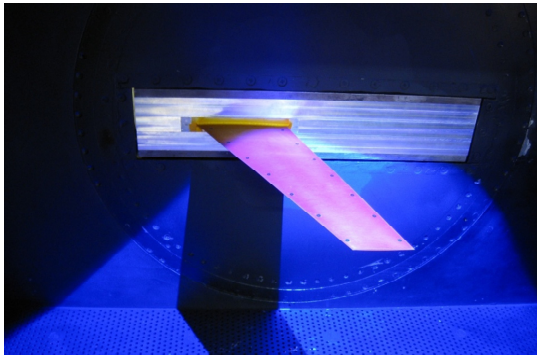
Laser Head

Power Supply

(b)

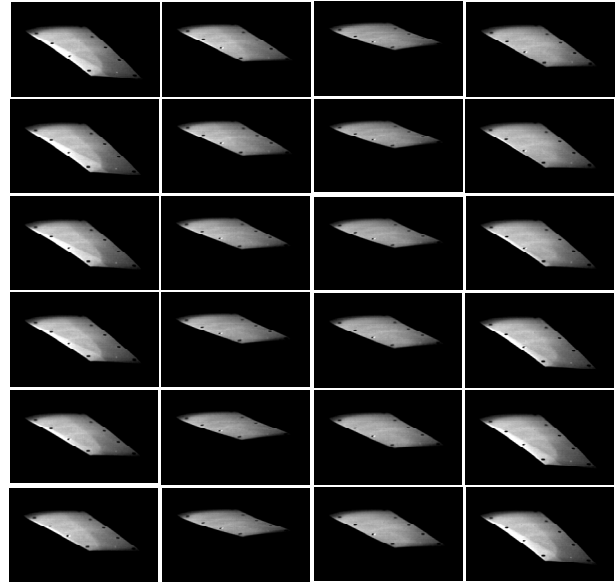
図1: 非定常 PSP に用いる計測装置

- (a) 高速度カメラ, Vision Research, Inc. Phantom V7.3, 6.6 kfps@800×600 pixels, 14 bit full scale
- (b) 高出力青色半導体レーザー, 住友電工 BLM-5000-H08D、出力 5W

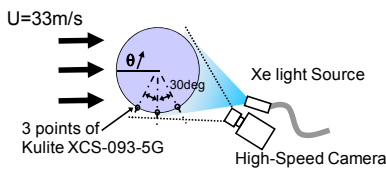
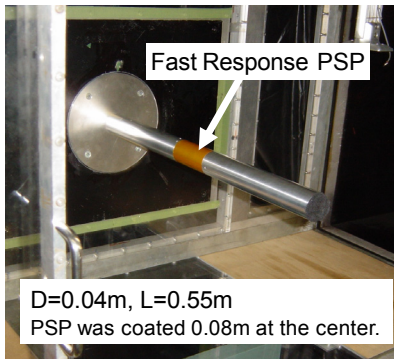


(a)

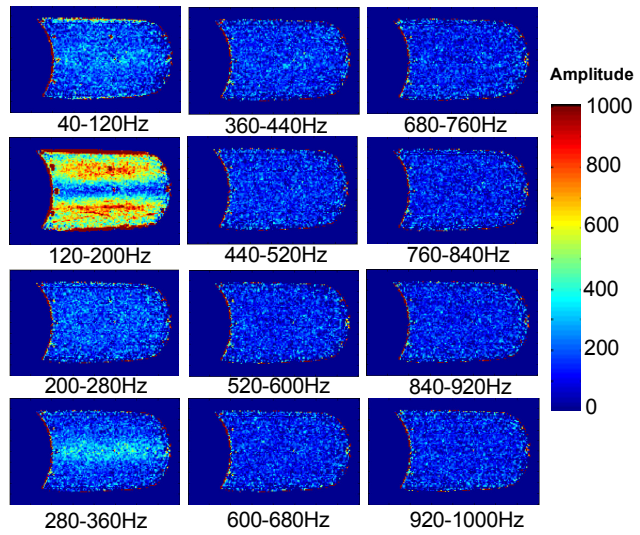
図 2: 非定常 PSP によるフラッタ計測,  
 (a) 陽極酸化 PSP(AA-PSP)をコーティングした薄翼フラッタ模型  
 (b) フラッタ現象の PSP による可視化(1 周期分)  
 表示画像の時間間隔は 400 $\mu$ s  
 高速カメラ計測レート 5 kfps, 露光時間 198 $\mu$ s



(b)

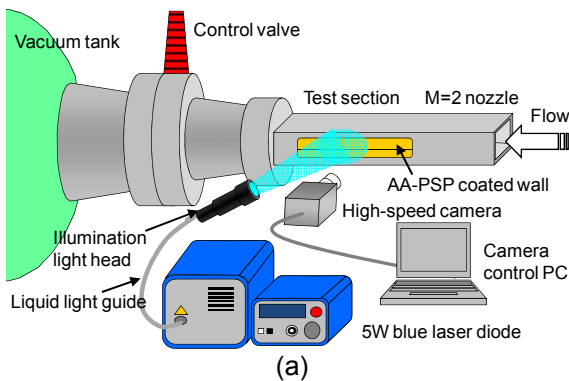


(a)

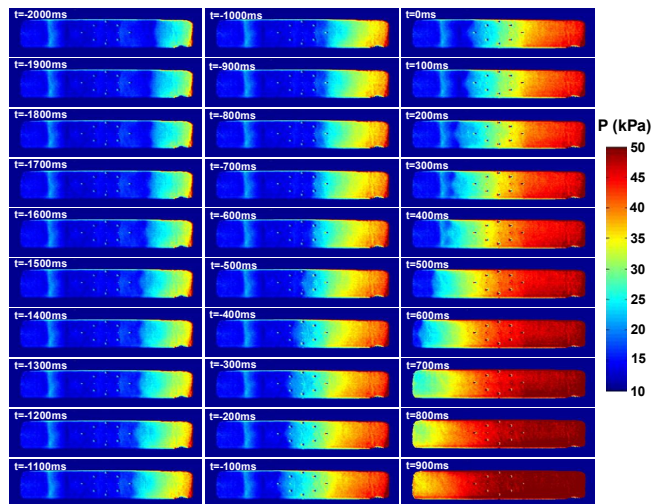


(b)

図 3: 円柱周りの非定常圧力分布の計測  
 (a) 2次元円柱模型直径 0.04m, 中心部の 0.08m には陽極酸化 PSP がコーティングされている  
 (b)  $\theta=90\sim 270\text{deg}$  の非定常圧力分布の分布  
 $St=0.2$  に相当する 160Hz と 2 倍波の 320Hz に非定常成分が存在する,  $U=33\text{m/s}$ , 80Hz 毎に表示



(a)



(b)

図 4: 非定常擬似衝撃波の PSP 計測結果  
 (a) 大気吸込式超音速ノズルと非定常 PSP 計測システムのセットアップ  
 (b) PSP 計測結果 (気流は左から右へ流れている)  
 表示画像の時間間隔は 400 $\mu$ s, 高速カメラ計測レート 2 kfps, 露光時間 498 $\mu$ s