

## 温度キャンセリング機構を備えた高速応答型 AAPSP の非定常可視化試験

\*久力琢磨 \*\*宮寄武 \*\*\*坂上博隆

\*電気通信大学(JAXA 研修生) \*\*電気通信大学 \*\*\*宇宙航空研究開発機構

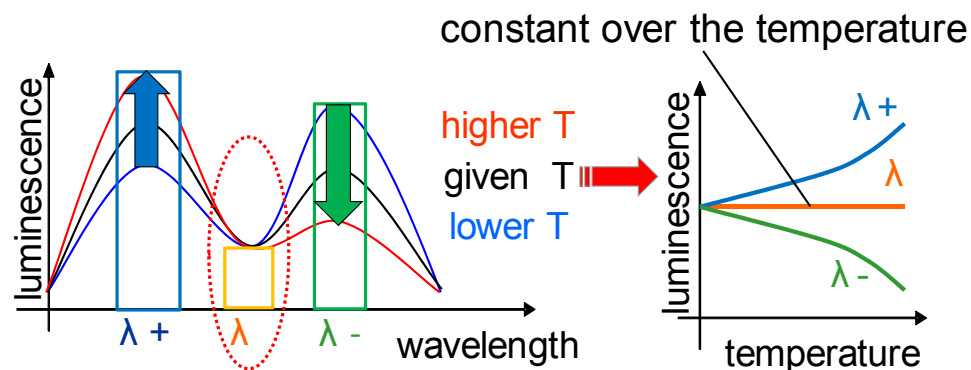
PSP(Pressure Sensitive Paint)を用いた圧力計測の大きな課題として PSP の温度依存性がある。そこで、我々は温度キャンセリング機構を備えた高速応答型 PSP の開発を目指し、温度に依存しない非定常圧力計測をすることを目的としている。図 1 に我々が提案する温度キャンセリング機構を模式的に示す。温度傾向が相反する 2 つの発光ピークを備える PSP の中間波長領域を発光量として計測することで PSP の温度依存性をキャンセルする。この機構を備えた高速応答型 PSP を開発することにより、温度依存性を解消し、計測側がシンプルで、かつ非定常面計測が可能となると考える。高速応答型 PSP として、本研究では特に AAPSP(Anodized Aluminum PSP)に着目した。また、温度傾向の相反する 2 つの発光ピークを備える感圧色素としてピレンスルホン酸  $\text{PySO}_3\text{H}$  に着目した。これまでの研究で、色素を Anodized Aluminum 表面に適用するディッピング法の条件をコントロールすることで、2 つの発光ピーク比を制御できることが分かった<sup>(1)</sup>。本研究ではその知見をもとに、図 2 に示す発光スペクトルをもつ AAPSP 作成した。温度較正試験、圧力較正試験を行ったところ、470±20 nm の干渉フィルターを用いることで温度キャンセルが得られることがわかり、圧力感度も十分備えていることがわかった(図 3)。これを用い、大気圧環境下で非定常面計測を行った。比較として、従来の AAPSP(バソフェニルテニウム  $\text{Ru}(\text{dpp})$  を色素として利用)を用いた計測との比較を行った。

非定常面計測として温度変化を持つ回転円板試験を行った。これは図 4 に示す設定により構成されている。6 つの穴をあけた円板が回転し、ジェットを 10 Hz で間欠的に AAPSP 面上に衝突させる。この間欠ジェットは AAPSP 上に設置した円柱に衝突し、非定常流を作り出す。人為的に温度変化を与え、AAPSP の温度依存性を評価した(図 5)。通風前のリファレンス画像を取得する際、ヒートガンで温度を常温に対し 10°C 上昇させたりリファレンス画像を  $I_{\text{ref,high}}$ 、常温のリファレンス画像を  $I_{\text{ref,low}}$  とした。これらと通風中の画像  $I_{\text{run}}$  から発光量比を出し、温度依存性を評価する。圧力は発光量比から関係づけられるが、この際、圧力較正試験の結果をフィッティングする誤差が生じる。そのため温度依存性を議論するには発光量比で行う(図 6)。尚、光学条件は図 4 中にある表に示す。

図 7 に温度キャンセリング機構を備えた AAPSP で得られた非定常面計測結果を示す。10 Hz のジェット衝突を 10 ms ごとの圧力分布図として示す。ジェットが円柱に衝突する際、またその手前で圧力が上昇していることがわかる。図 8 (a) (b) にキャンセリング機構を備えた AAPSP と従来型 AAPSP で得られた発光量比画像を示す。キャンセリング機構を備えた AAPSP は温度による発光量比の変化が確認できないが、従来型は明らかに温度を上昇させたりリファレンス画像を用いた発光量比  $I_{\text{ref,high}}/I_{\text{run}}$  が  $I_{\text{ref,low}}/I_{\text{run}}$  に比べ暗い。これは温度上昇によりリファレンス画像の発光量が減少したためである。図 9 に示す A - B 断面で発光量比の変化を比較すると図 10 になる。温度依存性がキャンセルされていれば、2 つの発光量比 ( $I_{\text{ref,high}}/I_{\text{run}}$  と  $I_{\text{ref,low}}/I_{\text{run}}$ ) は同じ値を示す。キャンセリング機構を備えた AAPSP は発光量比の変化が  $0.97 \pm 0.7\%$  に対し、従来型は  $10.9 \pm 1.6\%$  であった。従来型と比較して、本研究で開発した AAPSP は 28 ~ 38°C の範囲で温度依存性を約 90% 低減することに成功した。

### 参考文献

(1) 久力琢磨, 坂上博隆, “Development of Fast Responding Pressure-Sensitive Coating with Temperature Compensation,” 第 36 回可視化情報シンポジウム, 可視化情報学会, Vol. 28 No. 1, pp. 91 - 94, 2008.



波長帯 $\lambda$ を測定領域を使用する

温度依存性を解消

カメラ & 光学フィルターが1つ

計測可能

図 1: 温度キャンセル機構の模式図。

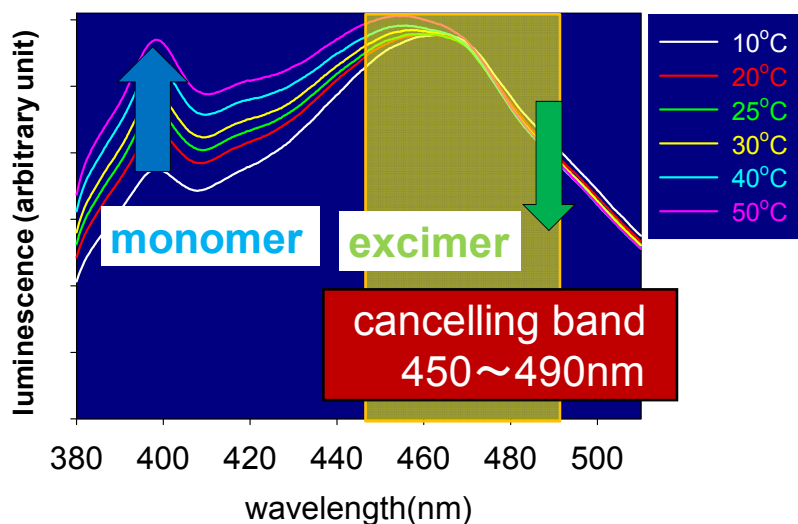


図 2: 温度キャンセル機構を持つ AAPSP の発光スペクトル。

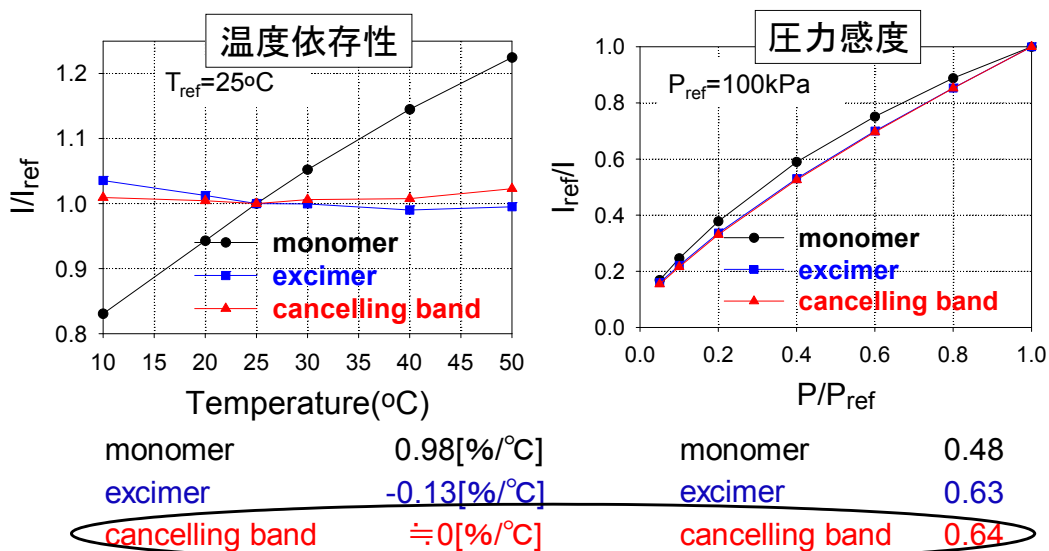
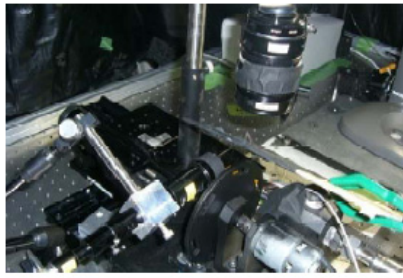


図 3: 温度キャンセル機構を持つ AAPSP の温度較正試験および圧力較正試験結果。



luminophore	Ru(dpp)	PySO <sub>3</sub> H
B.P.F -camera(nm)	650±50	470±20
B.P.F -lamp(nm)	340±50	340±50
dichroic mirror(nm)	400±50	400±50
camera frame rate(Hz)	100	100

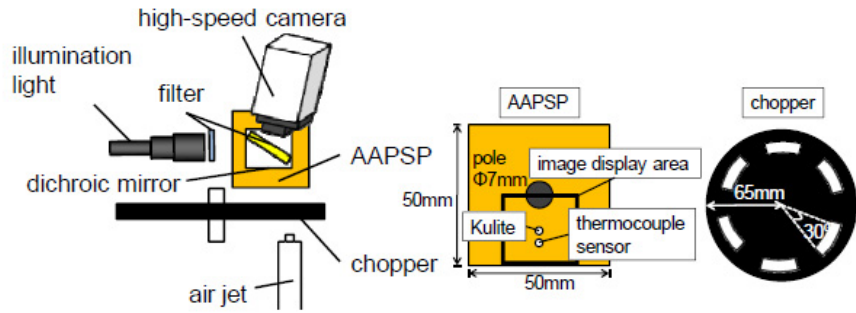


図 4: 回転板試験の写真と模式図。

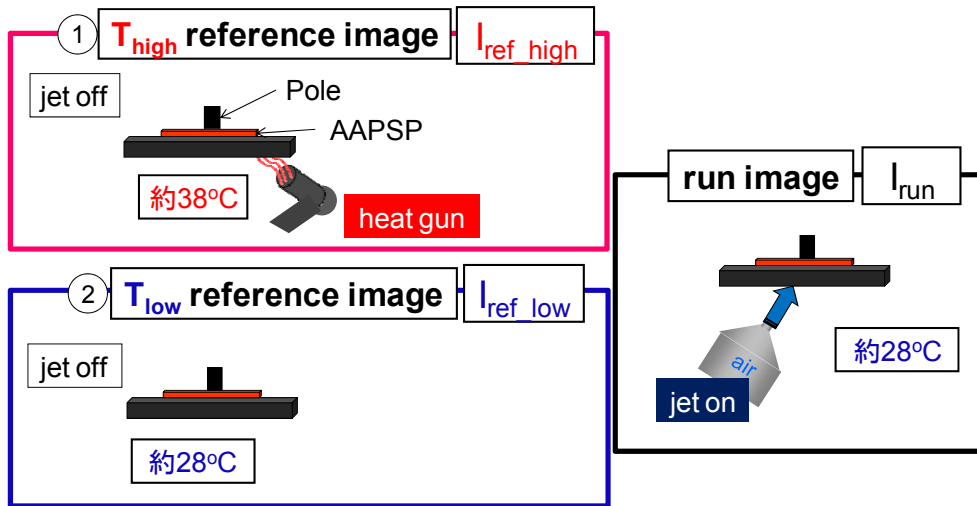


図 5: 温度変化を与たリファレンス画像。

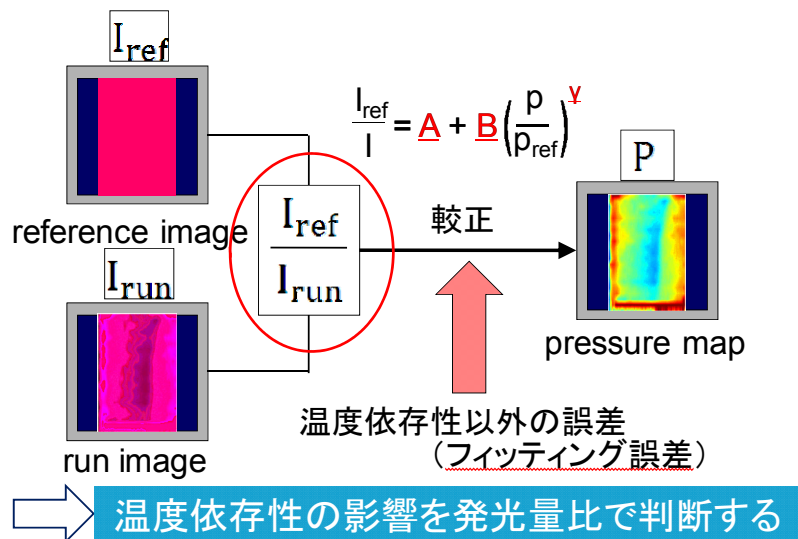


図 6: フィッティング誤差。

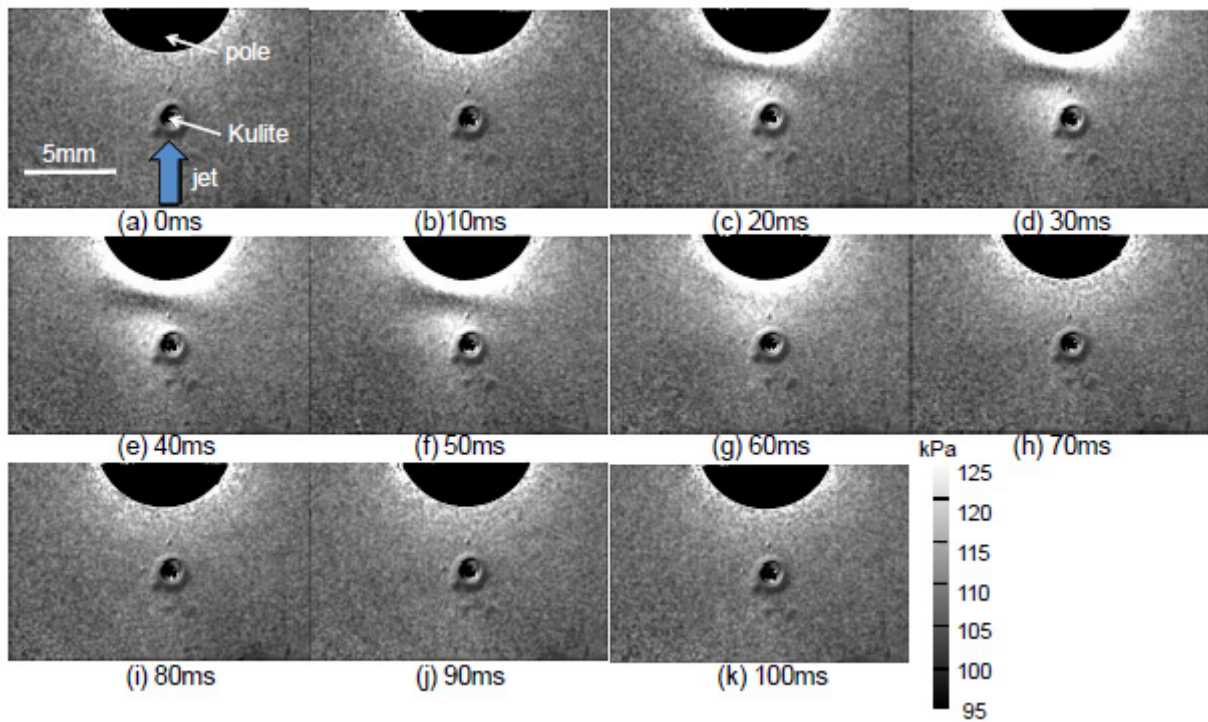


図 7: 非定常圧力分布計測結果。

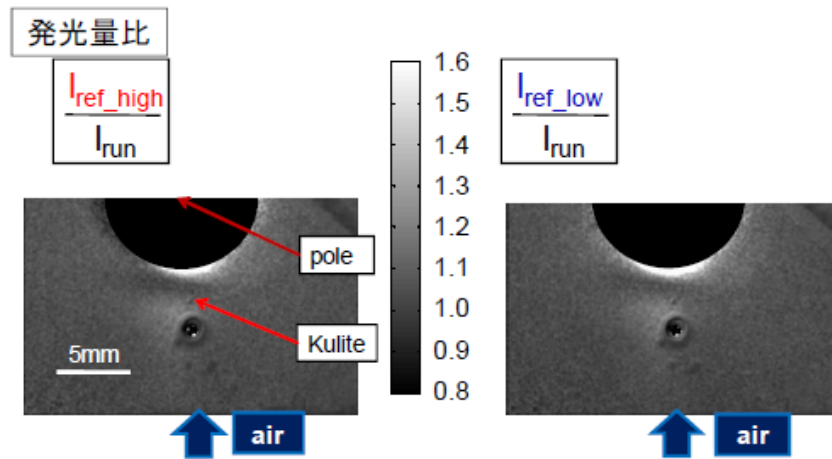


図 8 (a): 温度キャンセリング機構を備えた AAPSP の発光量比画像。

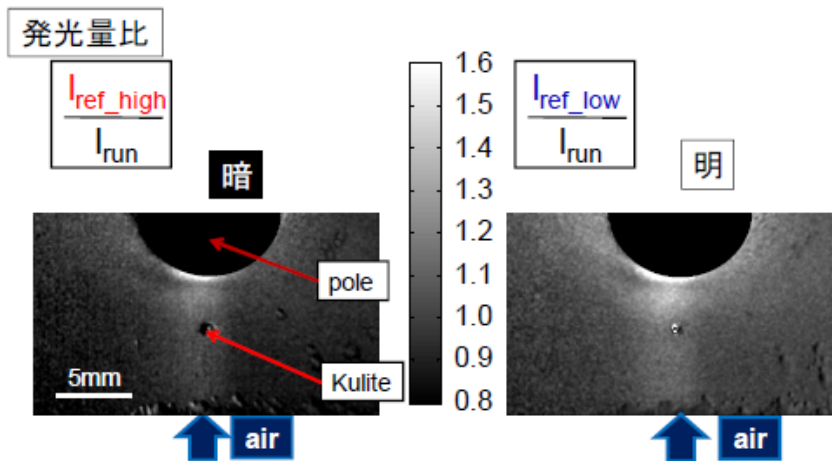


図 8 (b): 従来型 AAPSP の発光量比画像。

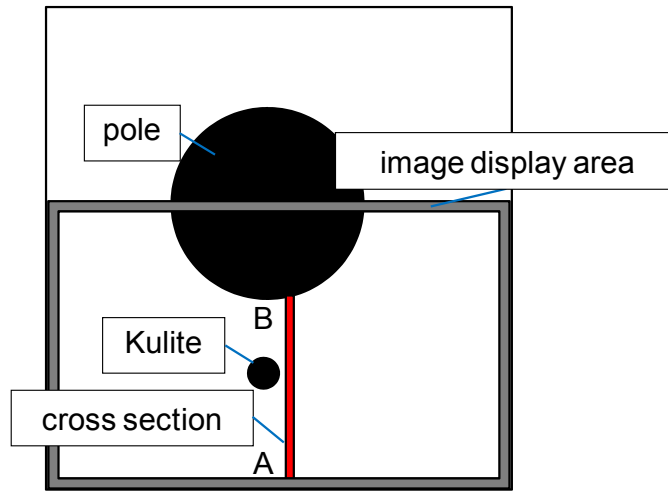
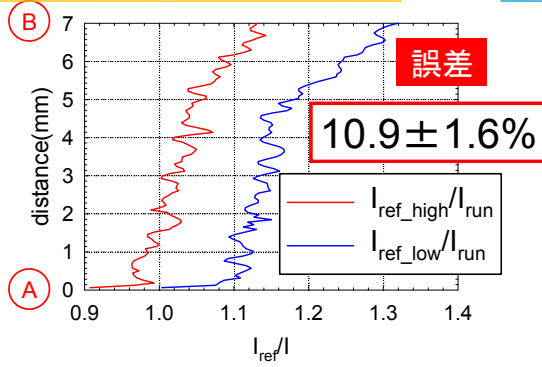


図 9: 従来型 AAPSP の発光量比画像。

従来型 AAPSP: Ru(dpp)



温度キャンセルング AAPSP: PySO<sub>3</sub>H

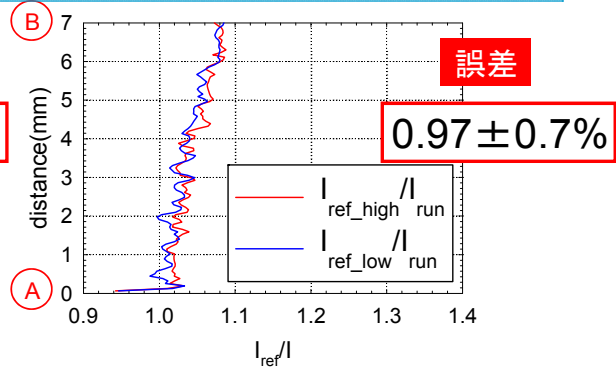


図 10: 温度キャンセルング機構を備えた AAPSP (右) と従来型 AAPSP (左) の発光量比。