

X線干渉法を用いた X線サーモグラフィーの検討 Feasibility study of X-ray thermography using X-ray interferometric imaging

米山明男^{1,*}, 兵藤一行²

¹九州シンクロトロン光研究センター, 〒841-0005 鳥栖市弥生が丘 8-7

²物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Akio YONEYAMA^{1,*} and Kazuyuki Hyodo²

¹SAGA light source, 8-7 Yayoigaoka, Tosu, 841-0005, Japan

²Institute of Materials Structure Science, Photon Factory,
1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

持続可能な低炭素社会を実現するためには、廃熱等の効率的な制御技術（サーマルマネジメント）が不可欠である。しかし、現在普及しているサーモグラフィーは赤外線を使用しているために、物体表面の測温に限定され、内部の温度分布を非破壊かつ三次元的に計測することはできなかった。そこで、本研究では X 線の高い透過能と位相イメージング法の高感度特性に着目し、熱膨張に伴う密度の変化から温度の変化を非破壊で検出する全く新しい「X 線サーモグラフィー」の開発を行っている[1]。

2 方法及び装置

実験は PF BL-14C に常設されている結晶分離型 X 線干渉計を採用した位相コントラスト X 線イメージングシステム[2]を利用して行った。本干渉計は可視光領域のマッハ・ツェンダー型と同様な構成をしており、物体波の光路に設置したサンプルによって生じた位相シフトを、波の重ね合わせにより干渉光の強度に変換して検出している。屈折コントラスト法など他の位相イメージング法が密度の空間微分量を検出しているのに対して、本法では位相シフトを直接検出しているため、他法に比べて 1桁程度感度が高いという特徴がある。

これまでに、水中に設置したヒーターの加熱に伴う水の温度変化を計測し、加熱された高温領域がヒーターから柱状になって上部に広がっていく様子を鮮明に捉えることに成功している[1]。そこで、今回は液体に比べて熱膨張係数が 1/10 程度となる金属（アルミニウム、厚さ 1 mm）を対象として、セラミックヒーターの加熱による温度変化の検出を試みた。

3 結果および考察

ヒーターの消費電力を変えながら、エネルギー 17.8 keV の X 線を用いて計測した結果を図 1 に示す。位相シフトの検出には走査数 30、露光時間 1 秒の縞走査法を用いた。干渉像の検出にはファイバークラッピング型の X 線画像検出器（Zyla、画素サイズ 6.5 ミクロン、画素数 2560x2160、蛍光体 CsI(30

μm)) を用いた。なお、各測定はヒーターの電力を変更した後、十分に熱平衡になった状態で行った。また、位相シフトを正確に計測するために、板には縦長の穴を開けてある。本測定結果から、ヒーターの消費電力が増えるに従って、アルミニウムの位相シフトが徐々に大きくなっていることがわかる。位相シフトの最大値 (3 rad) を温度に換算すると 80°C になり、市販のサーモグラフィーによる事前測温とほぼ一致する結果となった。したがって、本サーモグラフィー法は金属材料に対しても有効であることがわかる。今後は、電池やパワーデバイスなどを対象として、オペランド時の測温への適用も試みる予定である。

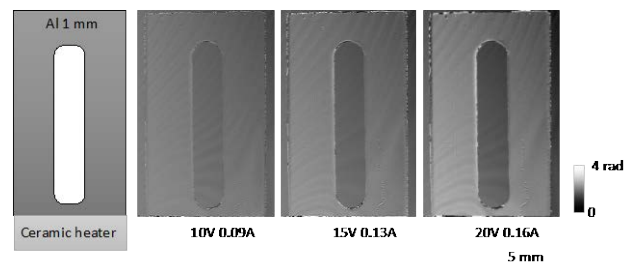


図 1 : ヒーターの各消費電力におけるアルミニウムの観察結果。消費電力の増加に伴い位相シフト（温度も）徐々に上昇している。

参考文献

- [1] A. Yoneyama *et al.*, XOPT 2017.
[2] A. Yoneyama *et al.*, 425, 192007, J. Phys.: Conference Series (2013).

* yoneyama@saga-ls.jp