

大型構造物への アクティブサーモグラフィ非破壊検査技術

徳島大学 大学院社会産業理工学研究部理工学域 機械科学系
准教授 石川 真志

2025年9月11日

赤外線サーモグラフィを利用した非破壊検査技術



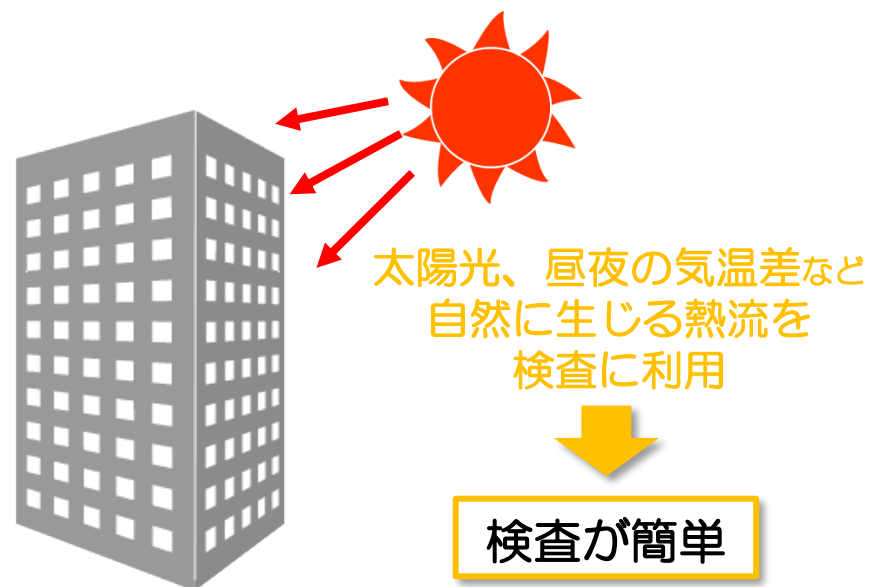
徳島大学 共通講義棟を可視カメラ
および赤外線サーモグラフィで観察

⇒ こちらに注目した研究・開発を実施

- 環境に依存せず、応用範囲が広い
- 検査対象物の加熱方法には工夫が必要

- 天候、日射など、検査精度が環境に依存
- 環境によっては検査が困難な状況も

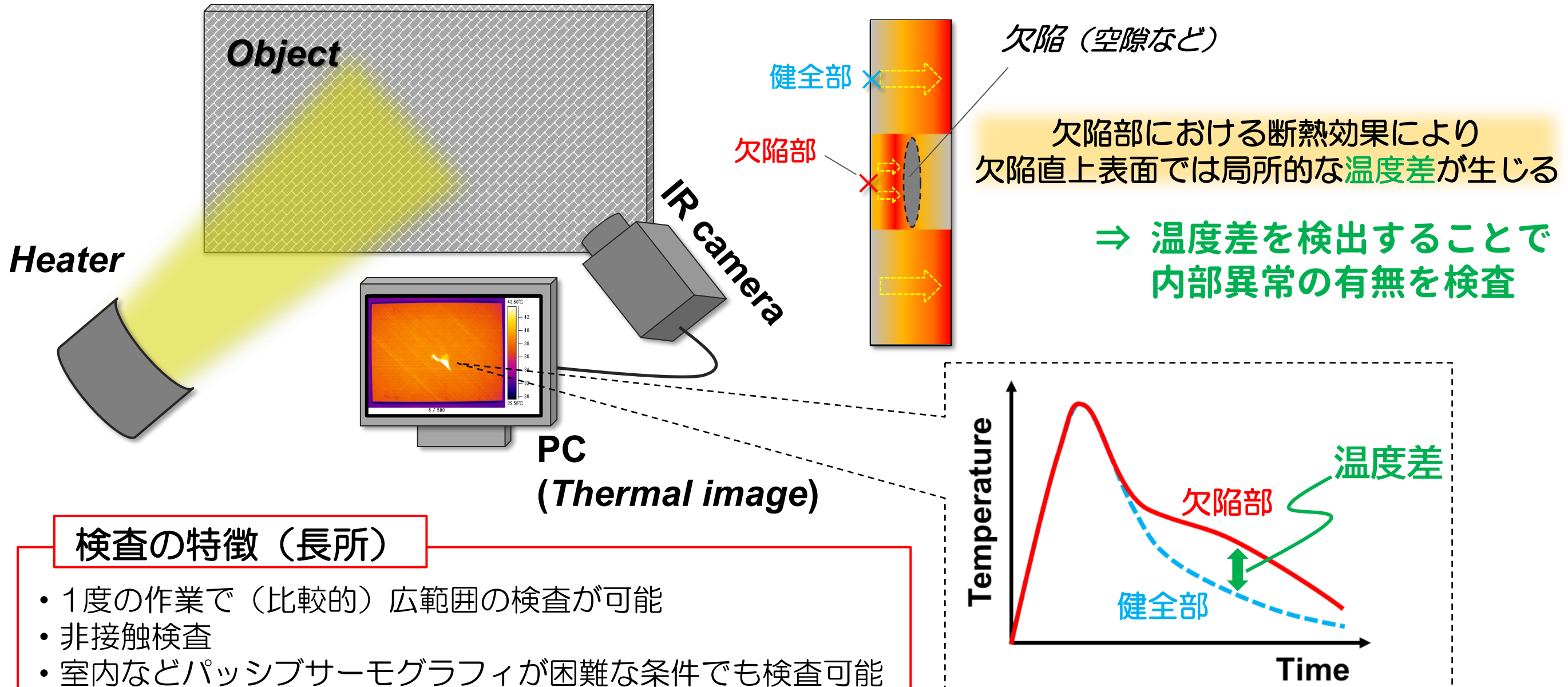
パッシブサーモグラフィ法



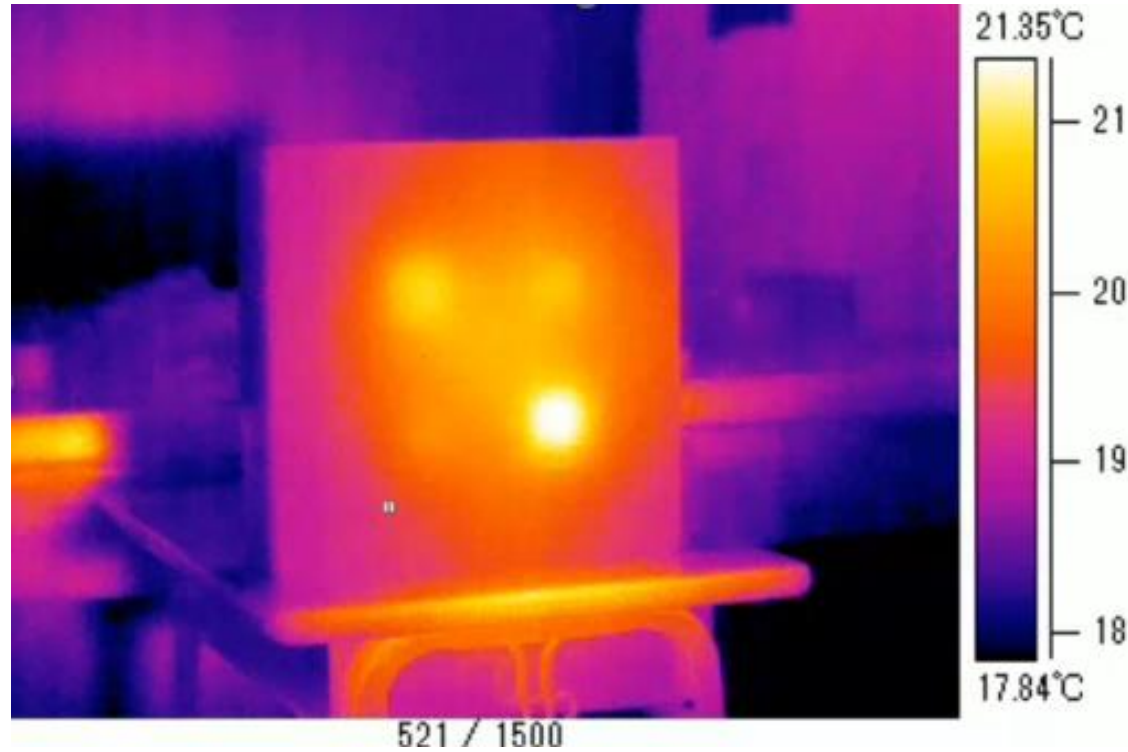
アクティブサーモグラフィ法



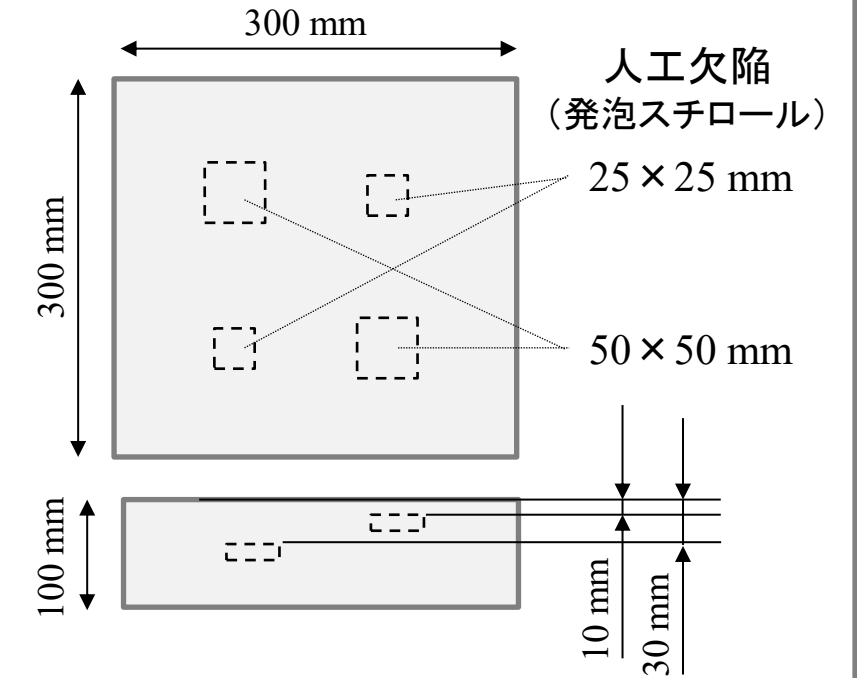
赤外線アクティブサーモグラフィ法



赤外線アクティブサーモグラフィ法



モルタルサンプル



熱源: ハロゲンヒータ (500 W)

加熱時間: 300 秒

赤外線カメラ: FLIR A315

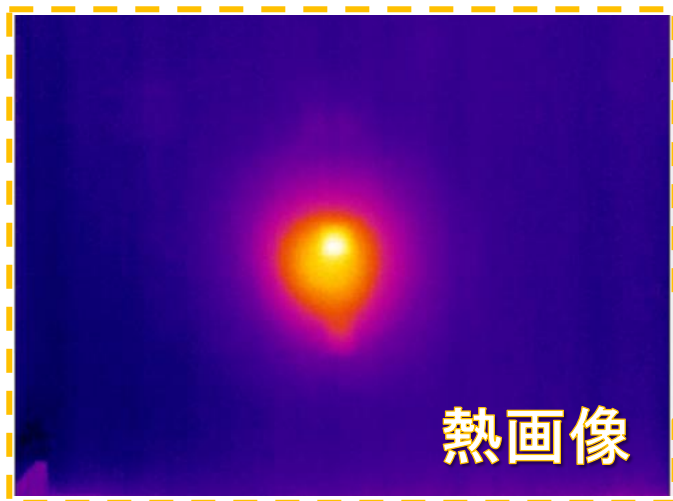
(マイクロボロメータ 240 × 320 pixel)



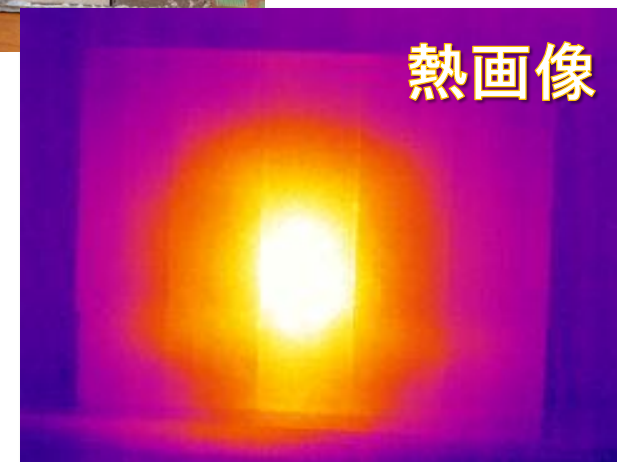
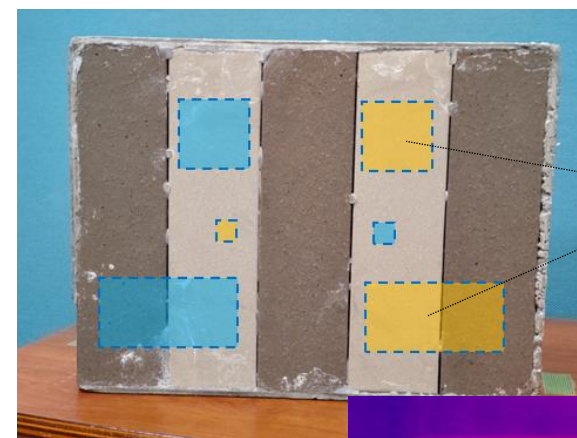
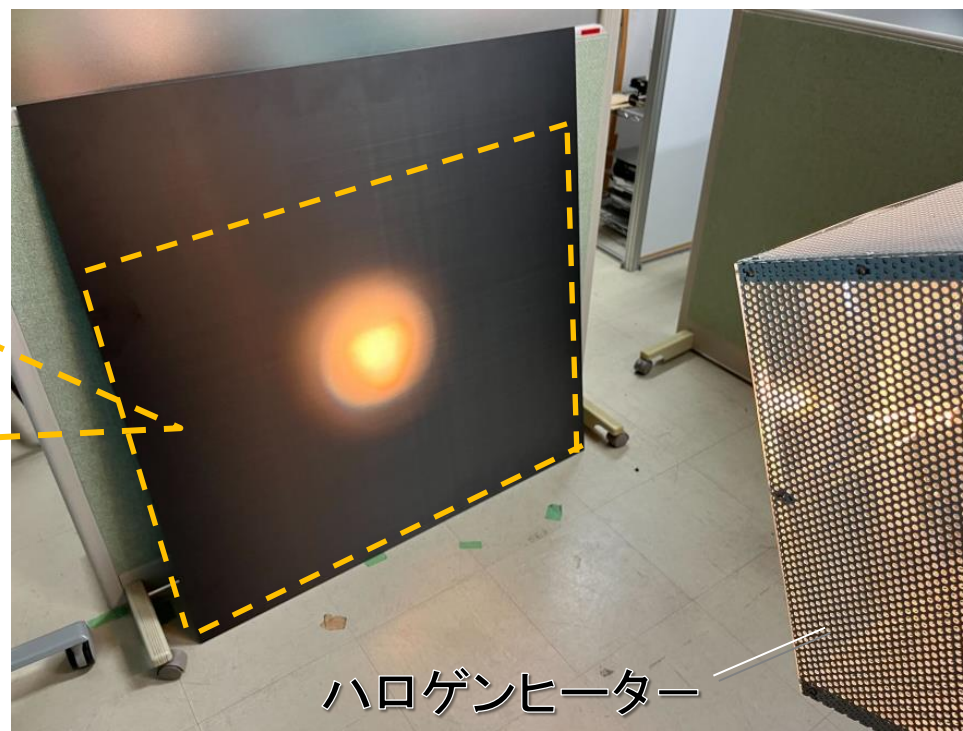
アクティブサーモグラフィ法の課題

- ✓ 一度に検査可能な領域が加熱源に依存
大面積検査には大型熱源の利用 or 領域を分割した複数回の検査が必要に
- ✓ 熱拡散率の小さな材料では検査に長時間を要する
コンクリート中の深さ数十mmの異常検知には数百秒間の観察が必要
- ✓ 検査精度
一般に、表面から深い位置の欠陥検出は困難であると言われる

大型実構造物の検査
に際する課題に



検査可能な領域は、
ヒーターの照射領域の限定される



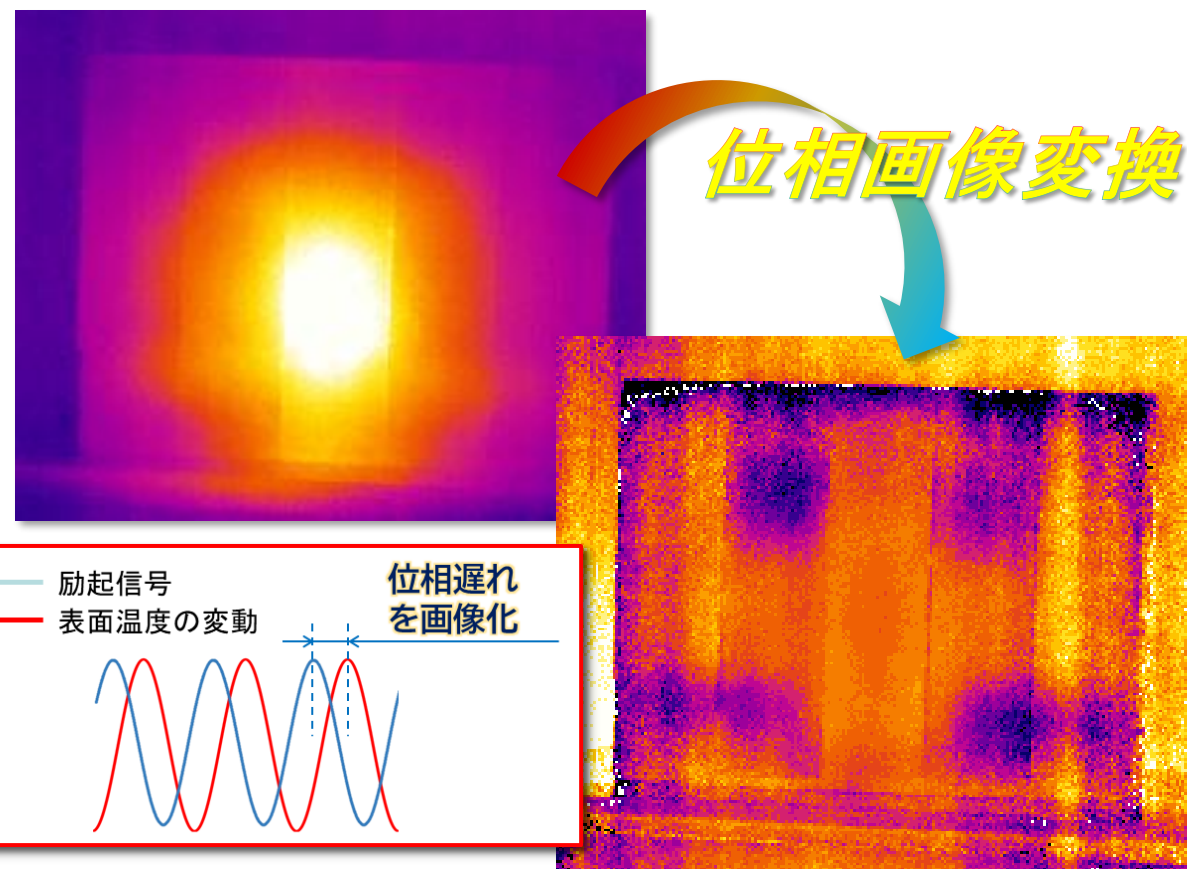
提案技術とその効果

(走査加熱による大面積化 + 位相画像変換による高精度化)

① 加熱源の走査による検査の大面積化

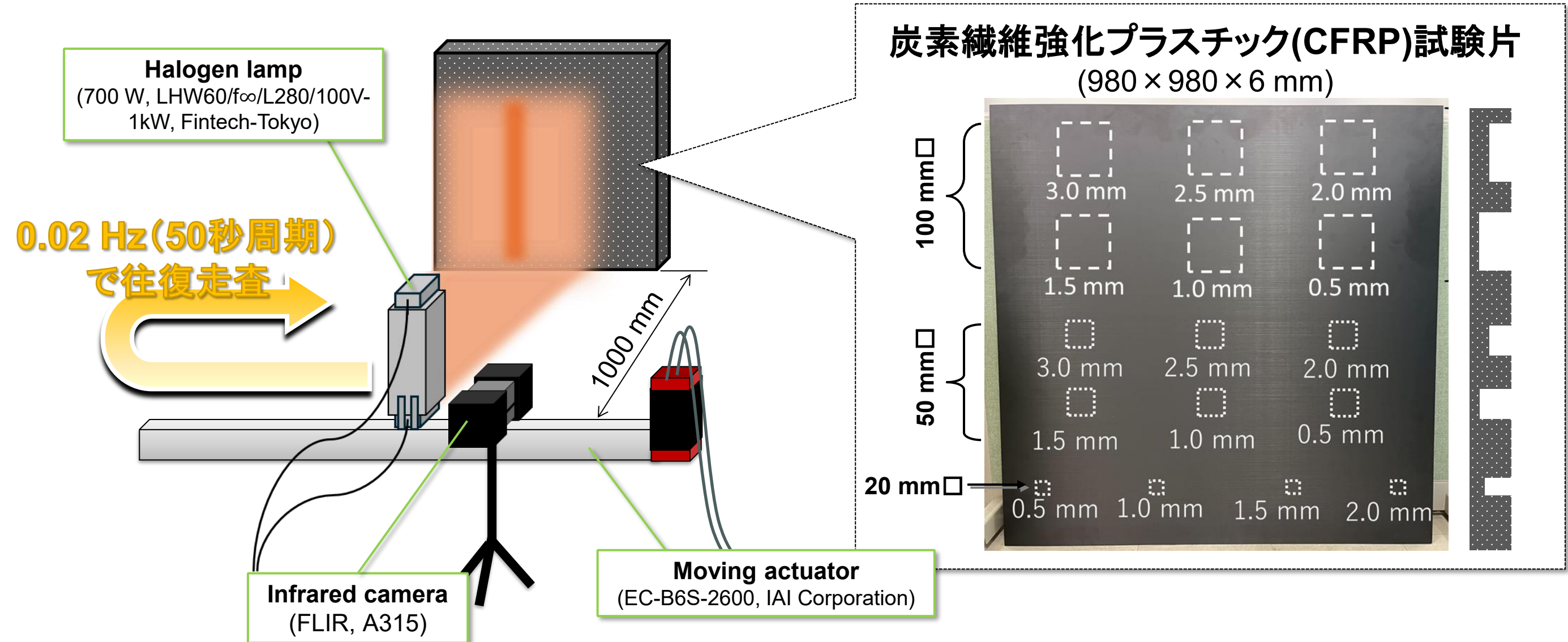


② 位相画像変換による 検査の高精度化



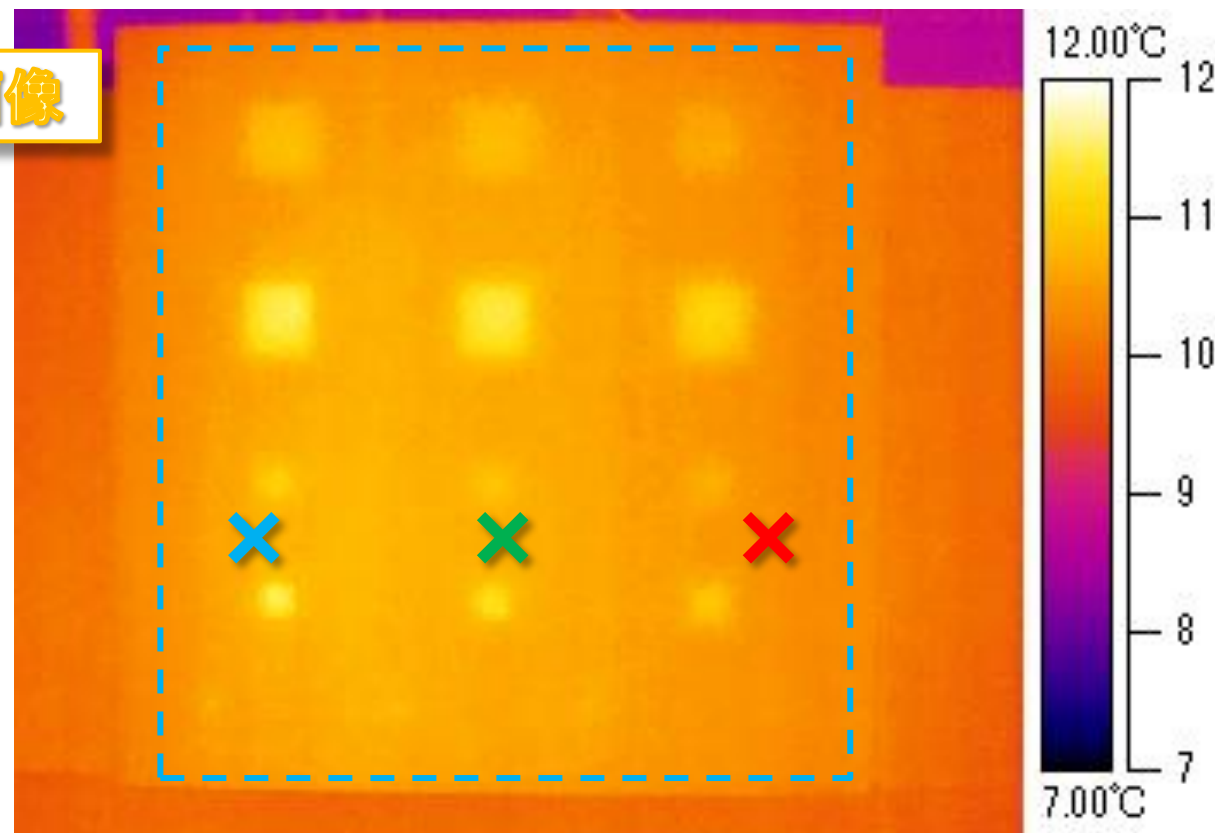
提案技術とその効果【CFRP試験片に対する実験】

⇒ 走査加熱＋位相解析の効果を検証

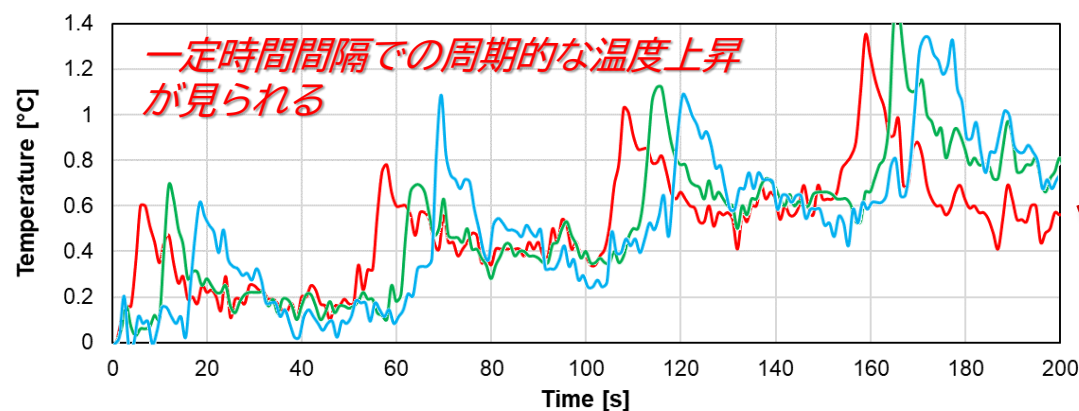
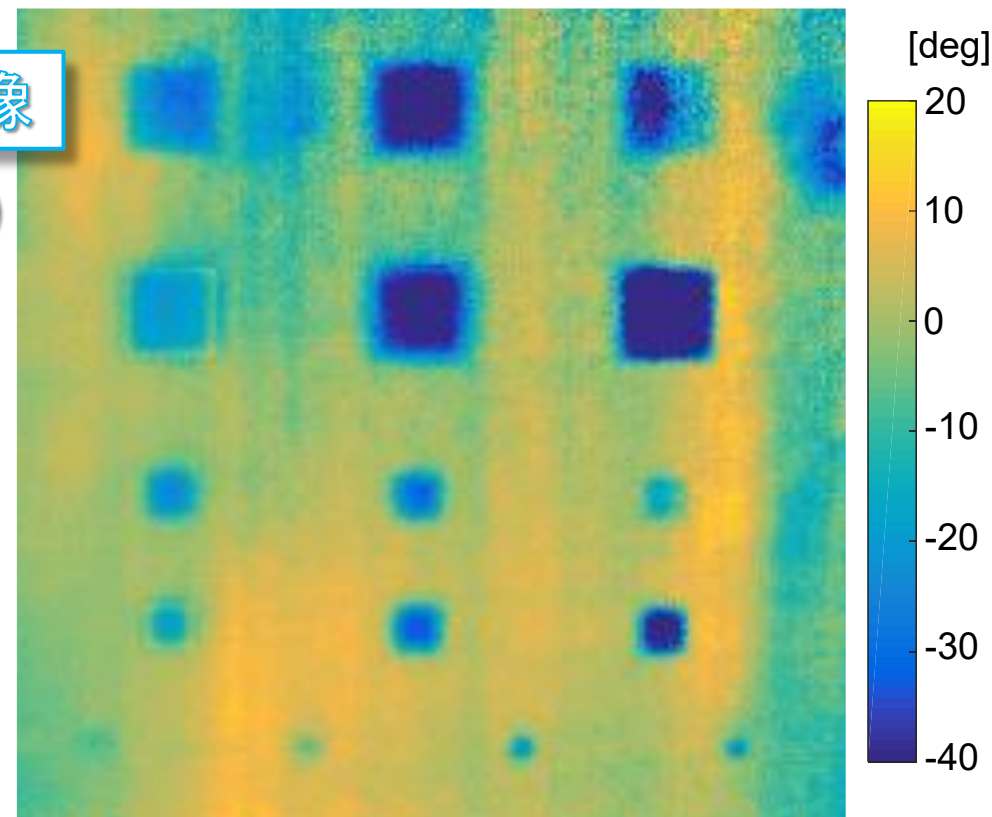


提案技術とその効果【CFRP試験片に対する実験】

熱画像



位相画像
(0.02 Hz)

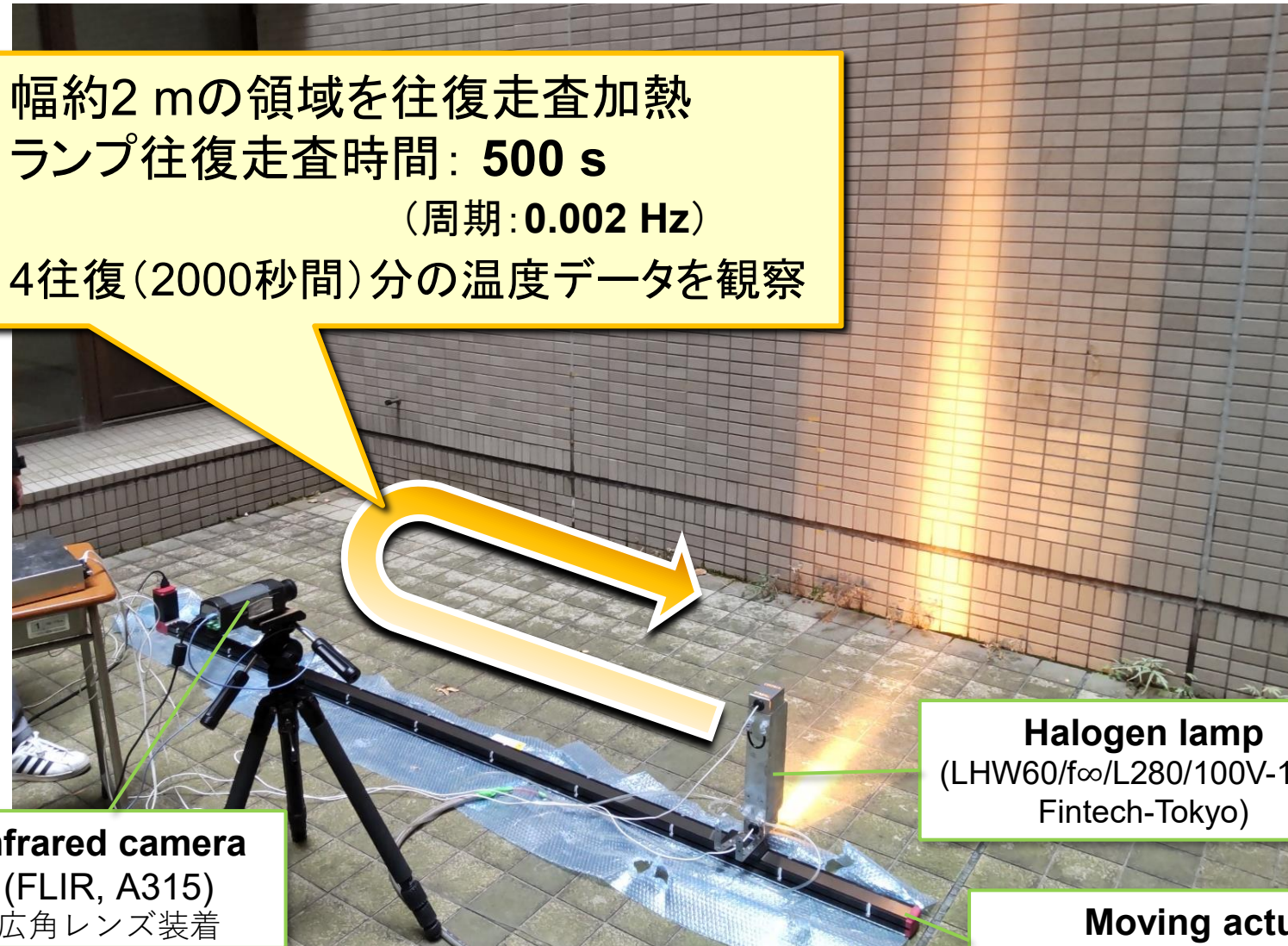


往復走査による周期性を利用して
走査周期と同周期の位相を抽出

提案技術とその効果【建物外壁面に対する実験】

建物タイル貼り外壁面を周期走査加熱 → 位相画像変換

- 幅約2 mの領域を往復走査加熱
- ランプ往復走査時間: **500 s**
(周期: **0.002 Hz**)
- 4往復(2000秒間)分の温度データを観察



Infrared camera
(FLIR, A315)
広角レンズ装着

Halogen lamp
(LHW60/f ∞ /L280/100V-1kW,
Fintech-Tokyo)

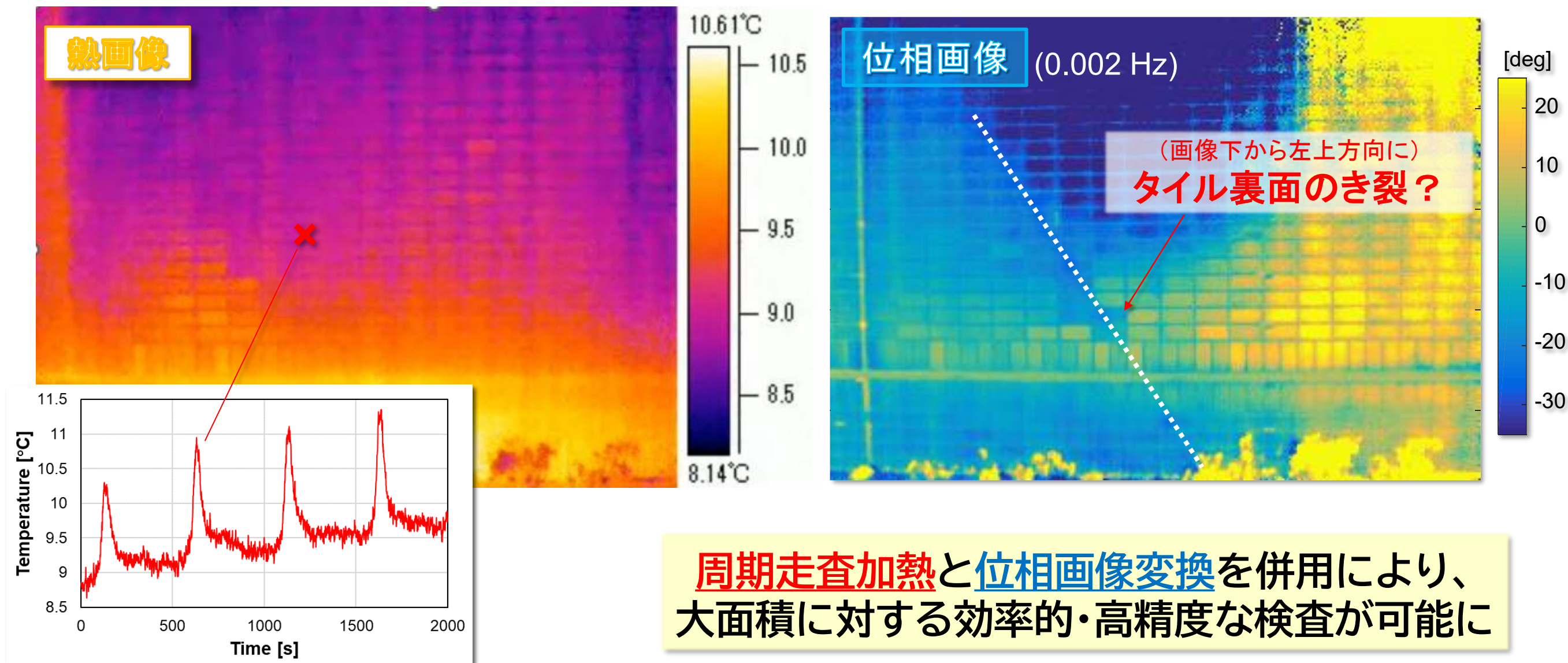
Moving actuator
(EC-B6S-2600, IAI Corporation)

検査対象タイル壁



外壁タイル
(厚さ約 6 mm)

提案技術とその効果【建物外壁面に対する実験】



新技術の特徴・従来技術との比較

- 目視・打音検査に替わる簡便、非接触な非破壊検査技術
- 従来は検査に要する時間の面が実用上の課題であった
(特にコンクリートなどでは、温度差が観察できるまでに数百秒を要すること)
⇒ 加熱源の空間的な走査を行うことで、待ち時間に他の箇所の加熱を
⇒ **時間面の効率化と検査面積の拡大を実現**
- 走査周期を利用した位相画像変換を行うことで、**熱画像による検査よりも高精度な（より深部の）検査が可能**に
- 加熱／観察方法の工夫次第で、遠隔からの検査も可能
(近接、およびその為の足場の設置などが不要に)

想定される用途

- 提案技術の特徴、利点から、大面積の検査が必要とされる土木構造物（橋梁、トンネル、etc.）、建物外壁の定期検査などへの検査手段の一つとしての活用が期待される。
- 上記以外に、大型の機械構造物、複合材料構造物など、固定加熱源での検査が困難な、非効率的な大面積に対する検査技術として利用可能である。
（走査周期／速度を調整することで、金属等への適用も可能であると想像される）
- ドローンに加熱源を搭載し、周期的な往復飛行を行うことで、高所に対する同検査の適用も可能に？

実用化に向けた課題

- 現在、走査加熱による検査面積の拡大と、位相画像変換による検査能力の向上効果についての実験的な検証は実施済み。
- 今後、検査対象物の熱物性・異常部の深さと位相画像周波数（加熱周期）との関係についての詳細な実験データを取得し、検査条件（走査方法、走査速度・周期など）の最適化についての検討が必要。
- 上記の最適検査条件に関する検討結果を踏まえ、走査機構・検査装置系の設計・最適化は実用化に際しての必須事項。
（最適検査条件は検査対象物によって異なることが予想されるため、対象物に応じた検査設計を行う必要あり）

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・検証実験(実験系の構築と実験の実施・評価)	
現在	・検査面積の拡大、位相画像利用による効果を確認	
1年後	・いくつかの対象物に対する走査周期条件の最適化 ・実構造物に対する検証試験の開始・検証データの蓄積	・検証データの整理とデモンストレーション実施 ・実装先候補、共同開発企業の探索
2年後	・実装先対象物・構造物の選定 ・上記の構造物を想定した最適検査設計	・実装先対象物に対する有効性の確認
〇年後		・定期検査などへの提案技術の実装

※ 実用化に際する課題、およびその克服に要する時間は、
検査対象物・構造物の条件によって異なるかと存じます。

企業への期待／企業への貢献

- 製品・構造物の大面積検査、検査効率化などに関連した課題を有している企業との共同研究・開発を希望。
- （土木・建築分野に限らず）本技術を有効に適用可能な分野、対象を探索したく、現在の検査課題をご共有いただきたい次第です。
- 検査条件等の設定の裏付けとなる物理的・学術的背景については、研究室における過去の知見、基礎実験、数値解析技術などをもとに検討、提供することが可能。
- 実検査に向けた具体的な検査装置系の構築（ハード面の作製）は、企業のニーズも反映しながら、共同で実施したい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : サーモグラフィ非破壊検査装置、非破壊検査方法、コンピュータプログラム及びコンピュータで読み取り可能な記録媒体並びに記録した機器
時間変調から空間変調への変換に関して発生する位相情報の誤差補正を伴う高精度検出法に関して
- 出願番号 : 特願2025-104468
- 出願人 : 徳島大学
- 発明者 : 石川 真志、西野 秀郎

お問い合わせ先

徳島大学 研究支援・産官学連携センター
(株)テクノネットワーク四国（四国TLO）

T E L 0 8 8 - 6 5 6 - 9 4 0 0

e-mail licence_info@s-tlo.co.jp