

# 赤外線サーモグラフィによる 建造物の表層剥離や 空洞部の位置・形状の検出

## 簡便な設定での熱画像の獲得

赤外線カメラで得られた構造面表面の温度分布画像（赤外線サーモグラフィ）を無限平板モデルに周期的に埋め込み、熱伝導モデルの大幅な単純化を達成したことで、解析前の設定が容易でかつ安定した逆解析による画像が得られます。

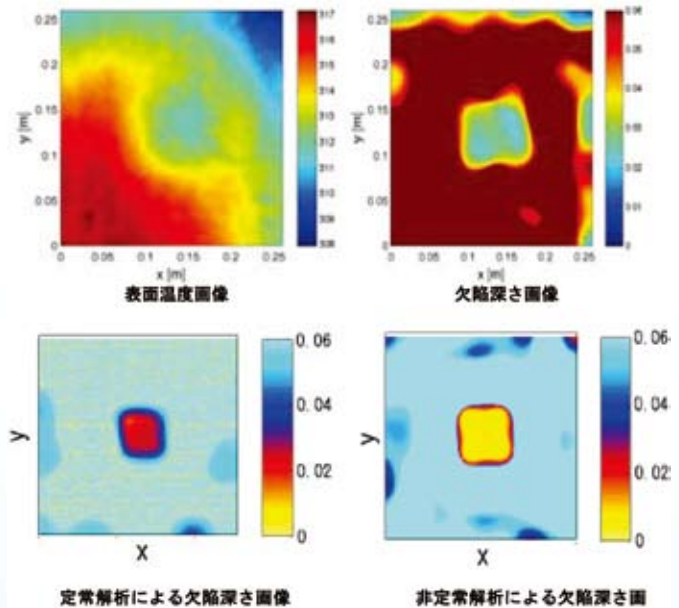


## 画像の鮮明度向上

新しく開発した高速逆解析画像処理法により、従来画像と比べて鮮明な画像と剥離や空洞部の形状とその存在位置と深さを示す 3D 形状の再構成画像が得られます。

## 現状技術

赤外線カメラによる熱画像（赤外線サーモグラフィ）は、対象物から出ている赤外線放射エネルギーを検出して、見かけの温度に変換した温度分布を画像表示したもので、対象物から離れたところから非接触で温度測定ができます。この利点を活かして医療分野以外に対象物の温度分布を熱伝導理論で解析して各種異常を検出することが可能となり、建造物の非破壊検査法として利用されつつあります。



非破壊評価

## 技術の特長

### 逆解析の導入

本手法は、撮影した熱画像を無限平板熱伝導モデルの周期展開で大幅な単純化を図るとともに、2次元フーリエ変換による逆解析を行います。この逆解析で必要とする事前知識は、観測視野内の表層部パラメータのみとなり、従来から使用している順解析に不可欠な種々の事前

事例：モルタル (300 × 300 × 60)  
欠陥部 (100 × 100)

$$-k \left( \frac{\partial^2 t(x)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t(x)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t(x)}{\partial z^2} \right) = 0$$

$$q_z(x, y, 0) = -\alpha_s(t(x, y, 0) - t_a)$$

$x, y$ : 平板面内  
 $z$ : 深さ方向

$$\hat{u}_n = \mathbf{H}_n \hat{u}_{n-1}$$

$$\hat{u}_n = \begin{bmatrix} \hat{t}_n(k_x, k_y) \\ \hat{q}_n(k_x, k_y) \end{bmatrix}$$

温度と熱流束の2次元フーリエ変換ベクトル

$$\mathbf{H}_n = \begin{bmatrix} \cosh(kd_n) & -\frac{1}{k} \sinh(kd_n) \\ -k \sinh(kd_n) & \cosh(kd_n) \end{bmatrix}$$

平板を層状に分割

$$\hat{u}_n = (\mathbf{H}_n^{-1T} \mathbf{H}_n^{-1} + \lambda \mathbf{I})^{-1} \mathbf{H}_n^{-1T} \hat{u}_{n-1}$$

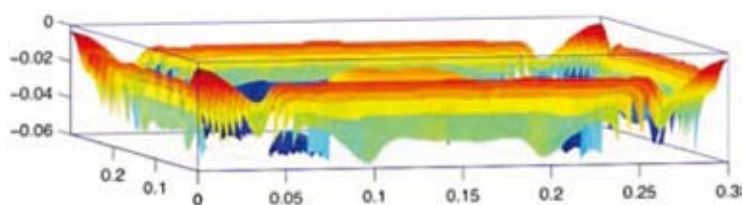
知識（構造物の背面形状、熱不可条件、熱伝達条件の情報）が不要となり、扱いが簡便となります。

## 偽像を低減

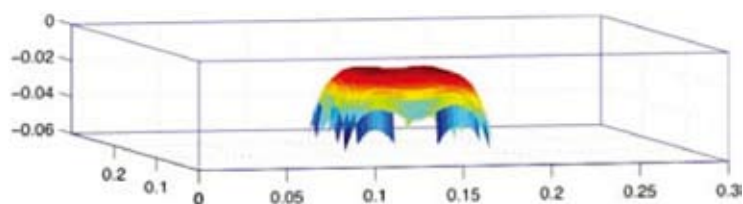
画像境界面法線方向に温度勾配がある場合、境界付近に現出する偽像を軽減できます。

## 非定常熱画像にも対応

定常熱画像だけでなく、非定常熱画像にも使用できます。



従来法による欠陥再構成像



本技法による欠陥再構成像

## 応用分野

コンクリート構造物・複合材構造物の剥離、内部空洞の位置深さも検出でき、欠陥検査の精度向上、簡素化が可能です。

非定常熱画像にも対応でき、アクティブ加熱法（検査のために対象物を加熱して熱画像を得る手法）にも発展可能です。

## 特許・参考資料

「熱画像の逆解析によるコンクリート構造物の欠陥検出と深さ推定」 増田新、その他。  
日本機械学会論文集 C編 74 (740) 789-797 2008年4月

## 研究者

京都工芸繊維大学  
大学院工芸科学研究科  
機械システム工学部門  
防振システム工学研究室

教授 曾根 彰  
准教授 増田 新  
(研究担当者)

## 研究テーマ

機械力学分野のうち主に機械振動学に関する教育研究を行っています。機械振動学とは、機械・構造物に動的な力が作用した場合に、それらがどのように挙動するのかを研究する分野です。例えば、一般的な機械、車、液体タンク、化学プラントの機器・配管系の振動問題を解析し、その防振対策や制振技術を開発することです。

- ① 構造物のヘルスマニタリングシステム
- ② 構造物のアクティブコントロール
- ③ 自転車の新しいサスペンション技術の開発
- ④ 音場のパッシブコントロール
- ⑤ 信号のウェーブレット解析
- ⑥ ジャークセンサーによる杭の損傷検出等の研究を行っています