



偏光赤外線サーモグラフィによる 非接触・非破壊検査

防衛大学校
小笠原永久，鈴木総司

1. はじめに

建築基準法改正により建築物外壁の全面検査が義務化され、足場を組んで単点測定をする打音検査の欠点を補完できる手法として、赤外線サーモグラフィ法が注目を浴びている¹⁾。これは、非接触で広範囲の検査が可能である本手法の利点によるものである。日射などで暖められた建築物外壁において、タイル下やモルタル下に層間剥離が存在すると、健全部との熱容量の違いから、剥離部が高温部として2次元熱画像上に表示され、検知できる。しかし一方で、試験対象物の制限を受けにくいとの、別の利点を持つ本手法であるが、マンション等に施工される光沢外壁タイルのような低放射率、すなわち高反射率の試験対象物に対しては、太陽光や周辺の背景反射の影響を受けやすく、剥離欠陥等の誤検知につながる致命的な欠点を有している。

背景反射による誤検知を防ぐためには、検査者の移動に応じて変化する温度分布は背景反射が原因であると判断する方法が一般的である。しかし、建築物のような巨大構造物を対象とする際は、検査位置の移動が難しい場合や、背景反射物自体が巨大なため検査者の移動に応じた温度変化が少ない場合などがあり、対応に限界がある。

そこで、可視光域において偏光フィルターを利用した反射低減技術が、釣りやドライブ時に日常的に使われていることに着目し、同じ電磁波である赤外線域でも、その反射低減効果を期待できると考えた。以下に、偏光技術を赤外線域に応用することで、光沢外壁タイルを含めた高反射率構造物等の剥離欠陥検査時に、太陽光や背景構造物から受ける反射の影響を低減・削減する手法を紹介する。

2. 赤外線域における偏光理論の確認

直線偏光は、光の電場の振動方向が入射面に対して平行になっているP偏光と、垂直になっているS偏光に区別できる。空気と絶縁物質の境界面で反射される赤外線のパ偏光反射率 $\rho_P(\lambda, \theta)$ とS偏光反射率 $\rho_S(\lambda, \theta)$ は、以下の式で表される²⁾。

$$\rho_P(\lambda, \theta) = \left(\frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right)^2 \quad (1)$$

$$\rho_S(\lambda, \theta) = \left(\frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \right)^2 \quad (2)$$

ここで、 λ は波長、 θ は対面角、 n は屈折率を表す。屈折率が波長依存性を有しているため、反射率も波長の関数となっている。さらに、本研究の主な対象物（土木・建築構造物，プラント設備，機械部品，材料など）は、赤外線透過率が0.0と考えられることから、エネルギー保存則およびキルヒホッフの法則を利用し、赤外線のパ偏光放射率 $\varepsilon_P(\lambda, \theta)$ とS偏光放射率 $\varepsilon_S(\lambda, \theta)$ は、以下の式で表される³⁾。