

熱赤外線画像による層間剥離検出の適用性向上のための基礎検討

国際航業

国土交通省国土技術政策総合研究所

国土交通省国土技術政策総合研究所

正会員

正会員

正会員

○虫明 成生^{*1}坪川 将丈^{*2}水上 純一^{*2}

1. はじめに

著者らはこれまで、様々な地域の広範囲にわたる空港 As 舗装から層間剥離を抽出するために熱赤外線画像を用いる調査手法について、適用性や適用可能時期についての検討を行い、その有効性を示してきた¹⁾²⁾。一方で、運用中の空港舗装、特に滑走路においてこの手法を適用する際、舗装表面に航空機の走行に伴うタイヤ痕が見られる場所や滑走路標識が熱赤外線画像上では層間剥離部と同様の見かけ上の温度を示す場合があり、層間剥離部抽出の障害となる場合がある事も分かってきた。このタイヤ痕が付着する場所は、航空機の離発着に伴う水平荷重が繰り返し作用するエリアであり、層間剥離が生じる可能性が高いと考えられる。この点において、熱赤外線画像からの層間剥離抽出の障害となるタイヤ痕の影響を除去・軽減する事は、熱赤外線画像調査の適用性・信頼性向上に大きく寄与するものと考えられる。

そこで、本研究では熱赤外線画像による層間剥離調査の適用性・信頼性を高める事を目的として、熱赤外線画像からノイズ要因を除去・軽減する手法を検討し、その効果を確認した。

2. 熱赤外線画像とノイズ要因

熱赤外線画像を撮影する赤外線サーモグラフィは、撮影対象物から放射される赤外線エネルギーを捉えて画像化している。この放射エネルギーは、対象物の放射率や周辺環境の反射・放射成分、またサーモグラフィ内部の放射成分の影響を受ける。このため、様々な物質が1画像中に混在する場合、実際には同一温度の物体が、見かけ上異なる温度として捉えられる。実際に供用中の滑走路表面を夜間撮影した場合、舗装路面とタイヤ痕付着部分、滑走路標識部分では見かけ上の温度が異なる状態となる場合(図-1)が多く、健全な舗装路面とは実際に異なる温度を示す層間剥離抽出の障害となる。このため、これらの部分がノイズ要因となり、熱赤外線画像からの層間剥離部抽出の精度低下を招きやすい。



図-1 熱赤外線画像の例(タイヤ痕付着部、滑走路標識部分等)

3. 検討方法と結果

検討の流れの概要を、図-2 に示す。本研究では、始めに打音検査を実施してタイヤ痕付着部分の層間剥離部を特定した。また、熱赤外線画像による調査の適用可能性を提案した条件式²⁾で、調査日の気象条件を確認した上で調査を実施した。なお、本研究で使用した赤外線サーモグラフィは、観測波長 8~14 μm の長波長タイプ(TVS-500 日本アビオニクス社製)である。

3.1 熱赤外線画像による見かけ温度差発生原因の推測と対策方法

前項で述べたように、サーモグラフィで得られた熱赤外線画像には、放射率や周辺環境が影響を及ぼす。式1には、サーモグラフィによって計測される放射エネルギー(W)の基本式を示す。

$$W = \sigma T(r)^4 = \varepsilon \cdot \sigma T(t)^4 + (1-\varepsilon) \cdot \sigma T(e)^4 \quad (\text{式1})$$

$T(r)$: 計測対象物の放射率が1の場合の絶対温度 σ : ステファン・ボルツマン定数($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

$T(t)$: 計測対象物絶対温度 ε : 放射率 $T(e)$: 測定物以外の周辺環境の絶対温度(背景放射などの影響)

式1から、サーモグラフィで計測される放射エネルギーは、放射率が1以外の場合は周辺環境温度の影響を必ず受ける事となり、

キーワード: 層間剥離, 熱赤外線画像, タイヤ痕, ノイズ除去, 舗装, 空港

連絡先: *1 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1

TEL: 042-307-7421

FAX: 042-307-1045

*2 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1

TEL: 046-844-5034

FAX: 046-844-4471

実際の温度値とは誤差を生じる。また、同じ温度の物質でも放射率が異なる場合、周辺環境温度に応じた見かけ上の温度差を生じる。この差を小さくする事がノイズ要因除去のために重要であり、そのための手段としては計測対象物の温度と周辺環境温度の差異を小さくする事が現実的と考えられる。空港舗装を対象とした場合の周辺環境温度は、その立地条件・環境条件から、ほぼ天空成分の影響のみに限定されると考えられ、この影響を軽減する仕組みを構築する事が必要と考えた。

3.2 接触温度計による表面温度計測

接触温度計でタイヤ痕付着部とその近傍の舗装表面温度計測を実施し、両者の実測温度差異を事前に確認した。なお、温度計測箇所は打音調査により層間剥離が生じていないと考えられる箇所とした。図-3には、調査地点における舗装表面温度計測結果を示す。A1～A4の全ての地点で、熱赤外線画像上ではタイヤ痕付着部が低温部として確認されているが、A3, A4地点のようにタイヤ痕付着部の実測温度がやや高温となっている場合や、A1, A2地点のように温度差が見られない場合もある。これらの事は、実際に表面温度の差異がなくても、タイヤ痕の有無によって放射率や周辺環境温度が熱赤外線画像に影響を及ぼす事を示唆している。

3.3 ノイズ除去効果の確認

本研究では、周辺環境温度の影響を軽減するための仕組み(遮蔽物)を簡易に構築して、影響除去・軽減に理想的と考えられる状態や、理想的ではないが実調査に適用可能な遮蔽方法など数パターンでの基礎試験を行い、その効果を確認した。なお、基礎試験は運用時間帯外の実際の空港滑走路において実施した。表-1には、基礎試験結果画像の例を示す。

ノイズ除去対策なしの場合、タイヤ痕付着部と層間剥離部(マーキング範囲内部)が、共にタイヤ痕未付着部分よりも低温として現れており、判別しにくい状態にある。また、マーキング部(白・赤・黄線)は明瞭な見かけ上の高温に現れている。理想的なノイズ除去対策を行った場合、タイヤ痕付着の低温部が確認出来なくなり、マーキング部さえも熱赤外線画像上では判別しにくくなる。それに伴い、層間剥離に起因する低温部のみが現れ、その抽出が容易となる事が分かる。また、理想的とは言えないものの実調査に適用可能な状態を想定したノイズ除去対策を行った場合、対策なしの場合よりもタイヤ痕の影響は小さくなっており、層間剥離抽出を行い易い状態となっている事が確認された。

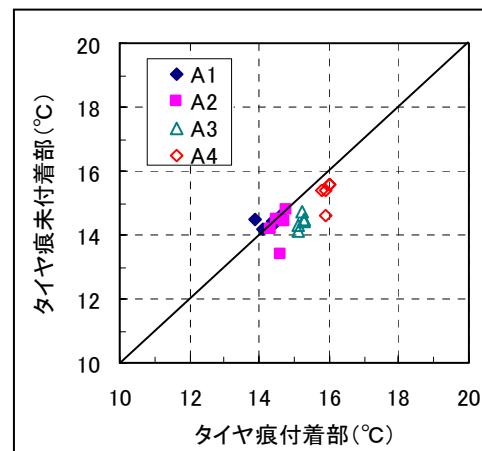


図-3 舗装表面温度計測結果

表-1 ノイズ除去基礎試験結果画像の例

	可視画像 (デジタルカメラ画像)	熱赤外線画像		
		ノイズ除去対策なし	ノイズ除去対策あり	
			理想的な状態	実調査に適用可能な状態
地点 A1				
地点 A4				

注:「地点A1」の「理想的な状態」の熱赤外線画像中における特異な低温部は、位置特定のための目印である。

4. おわりに

本研究において、タイヤ痕を含む熱赤外線画像からその影響を除去する方法を検討し、それに基づいた基礎試験を実施した。その結果、理想的な状態でのノイズ軽減効果は大きい事、また、実調査に適用可能な状態でも効果が得られる事を確認した。今後、実調査へ適用し、より確実性の高い調査を行っていく事が重要と考える。

【参考文献】

- 1) 坪川, 三宅, 水上, 江崎:熱赤外線画像による空港アスファルト舗装の層間剥離検出手法に関する研究, 平成18年9月, 第61回土木学会年次講演会概要集, pp311-312
- 2) 坪川, 水上, 江崎:熱赤外線画像による層間剥離検出手法の適用可能時期の検討, 平成19年9月, 第62回土木学会年次学術講演概要集, pp283-284