

赤外線自動熱解析診断システム

(株)テナーク 正会員 ○内間 満明

フリーシステムズジャパン(株)

植村 英幸

1. はじめに

高速道路で交通規制しない法定速度の通常高速走行により、外観では見えない舗装内部損傷変状を検出する走行式赤外線熱計測技術が開発されて以降¹⁾、舗装点検データ量は飛躍的に増大した。例えば時速 80km で 4 時間連続の走行熱計測を 1 日間実施するだけでも、1 車線幅で延長 300km 余りの広範領域データを取得できる。こうした計測力の向上は、膨大なデータ蓄積をもたらす一方、解析診断力の向上も求められる。膨大なデータを限られた時間内に解析診断するにあたり、手動解析だけでは対応し切れないので自動解析化は必須課題である。そこでその課題解決の一環として、赤外線熱画像解析診断のために温度調整最適化および舗装の構造的性状（3D 性状）の損傷レベルを評価する赤外線自動熱解析診断システムを開発した。

2. 超高性能計測力

高速道路における走行式赤外線熱計測は広範領域を網羅するため、時間帯に応じ、また地形的差異等によって計測温度環境が大きく変化する。この計測温度環境の変化にもかかわらず高精度データを安定して得るためには、超高性能赤外線サーモグラフィカメラ（以下、赤外線熱カメラという）が必要不可欠である。最小温度分解能は 0.02℃以下、

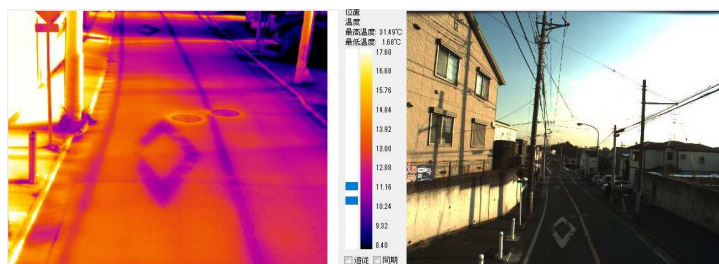


図 1. 日陰条件下での熱画像（左）と可視画像（右）
（画面中央のマンホール蓋周辺の高温度変状の検出等）

高解像度および高速シャッター速度（極短露光時間）のために 30 万個超のインジウムアンチモン画素、画素間の均質性かつ-200℃近く of 冷却が求められる。それにより、日陰条件下でも鮮明な熱計測データを得られ、日当たり条件下と同様に熱画像を解析診断できる（図 1）。

3. 高度な自動熱解析診断技術

超高性能赤外線熱カメラによる膨大な熱画像データの取得後に必要なのは、高精度で迅速に熱解析診断できる技術、即ち健全性（図 2）と損傷による温度変状の不健全性

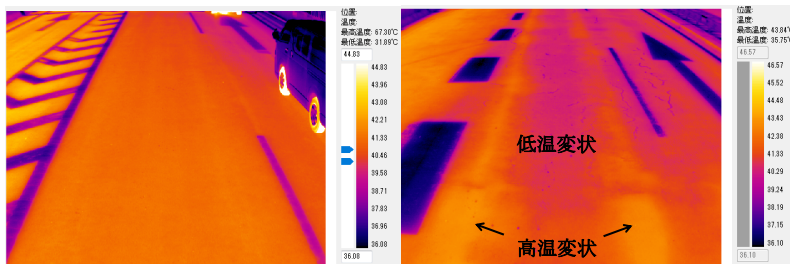


図 2. 温度均一分布の健全性

図 3. 高・低温変状の不健全性

（図 3）を識別し評価する技術、しかも担当者の個人差や経験差の影響を排除できる客観的手法である。誰もが簡単にできる熱解析診断技術の高度標準化、自動熱解析診断システムの開発が必要である。

1) 温度調整最適化による熱画像表示

そこで最初に重要なことは、取得された熱画像の最低～最高温度による従来表示（図 4）に代わり、誰もが共通して見ることができ、かつ解析可能な同一熱画像を表示するための標準化である。その点を踏まえ、熱画像内で損傷変状による異常高温または異常低温箇所を除いた温度分布がほぼ均一な領域の平均温度（健全温度）を基準値として熱画像内の温度表示の調整を図った。即ち熱画像を解析診断するために温度を自動調整して熱画像が

キーワード 赤外線自動熱解析診断, Tnc システム, 温度調整最適化, 損傷レベル評価

連絡先 〒221-0862 横浜市神奈川区三枚町 94-5 (株)テナーク TEL 080-5017-2408

最適表示となるように標準化（温度調整最適化）を図り（図5）、舗装構造的性状（3D性状）の損傷度合の軽度、中度、重度区分による損傷レベル評価（軽度L1、中度L2、重度L3）を行った（図6）。



図4. 従来法の初期画像
(最低～最高温度での表示)

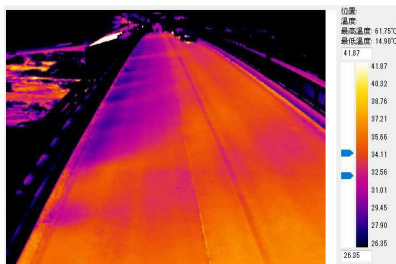


図5. 自動熱解析診断-1
(温度調整最適化)

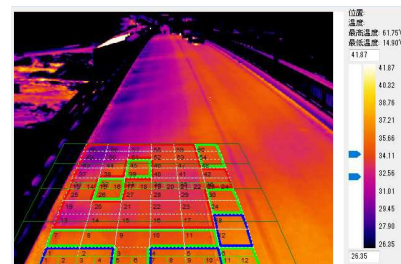
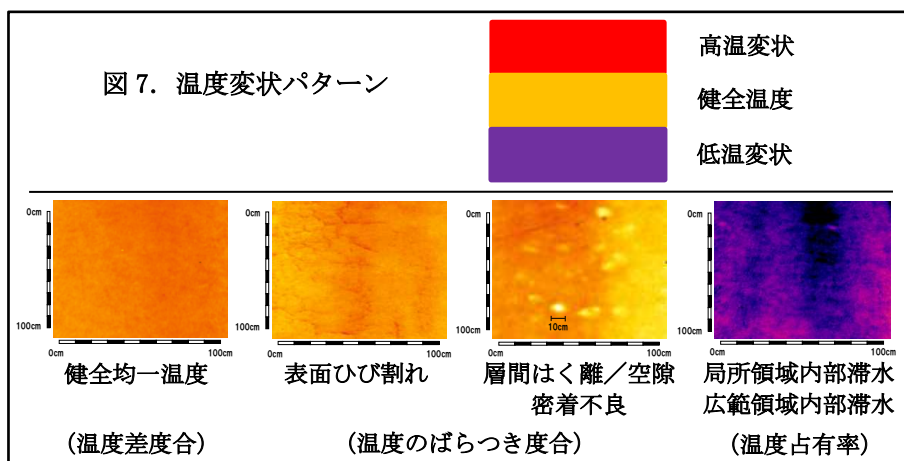


図6. 自動熱解析診断-2
(損傷レベル評価：L1 青, L2 緑, L3 赤)

2) 内部損傷変状判定の考え方

内部損傷変状については基本的に健全箇所の温度である健全温度との比較を中心に概ね以下の3種類の温度特性の組合せにより判定される（図7）。

- a) 健全温度との温度差
- b) 温度分布の均一性
(温度のばらつき度合)
- c) 温度占有率（領域規模）



これらの温度特性因子に基づく論理的構成により、内部損傷変状が自動熱解析診断される。

3) 赤外線自動熱解析診断システム

本研究で開発した赤外線自動熱解析診断システム（以下、Tncシステムという）は舗装等の内部損傷変状度合に応じて生じる健全温度との温度差、温度分布の均一性や温度占有率の相違に基づき、構造的（3D）性状を検出し解析診断する1次スクリーニング技術である。舗装の3D性状を適正かつ高精度に検出し、路面調査の飛躍的な効率化²⁾を推進するにあたり、解析手法をさらに開発して赤外線自動熱解析診断のTncシステムに組み込むことにより、損傷変状の種類・度合の特定やポットホール等の発生予測³⁾に資すること、そして重要な社会インフラである交通の安全安心の確保に寄与することを目指すものである。

4. おわりに

走行式赤外線熱計測技術により、道路舗装点検において特に内部損傷変状に対する計測力は飛躍的に向上し、データ量は膨大になった。それに伴い迅速かつ高精度な解析診断力の向上も重要かつ必要となった。従って膨大なデータの自動処理化、AI（人工知能）開発への取組は今や緊急課題であり今後、Tncシステムのさらなる向上を図りたい。本研究開発を行うにあたりご支援いただいた関係各位に深謝します。

参考文献

- 1) 内間ら. 熱赤外線計測法による鋼床版のUリブ滞水診断, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, VI-340, 2009.9
- 2) 宮島ら. 赤外線自動熱解析診断システムを活用した効率的な路面調査, 土木学会第74回年次学術講演会講演概要集, 2019 投稿中
- 3) 大庭ら. 赤外線熱画像を活用したポットホールの事前検知に向けた取組み, 土木学会第74回年次学術講演会講演概要集, 2019 投稿中