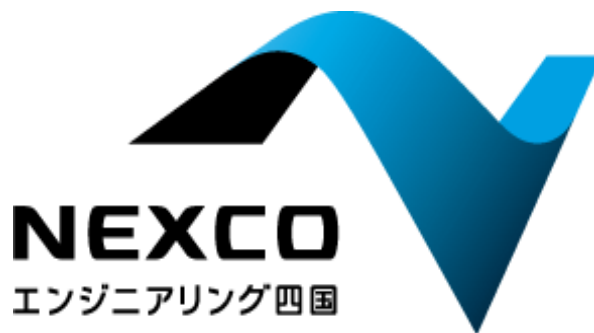


道路を支える調査点検技術

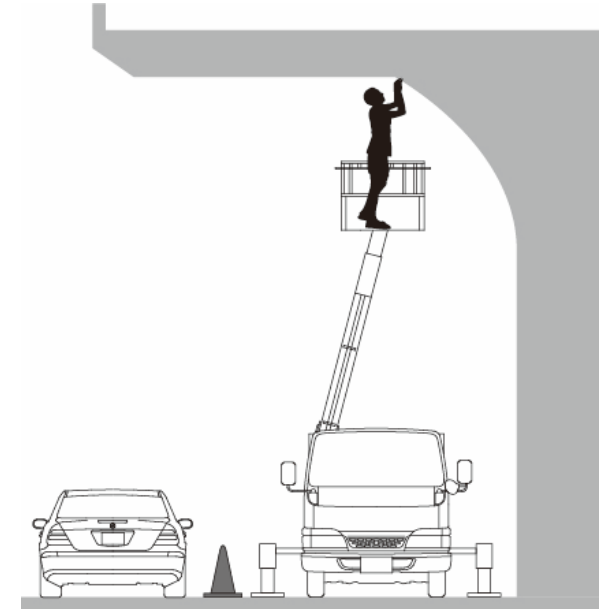
赤外線調査トータルサポートシステム ～ J システム Evolution ～



題目 1

- 1. 赤外線調査の活用メリット**
2. Jシステムによる赤外線調査と進化
したJシステムのご説明
3. 偏光フィルタを活用した赤外線カメラ
の開発
4. コスト削減に繋がる調査手法
～ JシステムEvolution～

現状の構造物点検（橋梁）



5年に1回 省令にて規定
近接目視と打音検査が基本

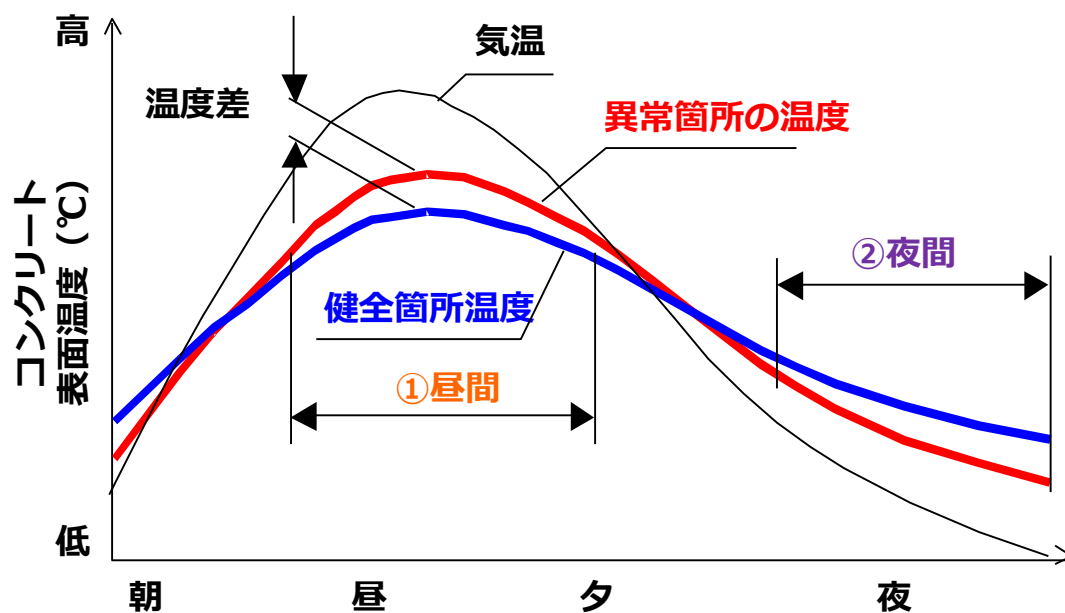
橋梁の詳細点検は
莫大な時間と労力が必要



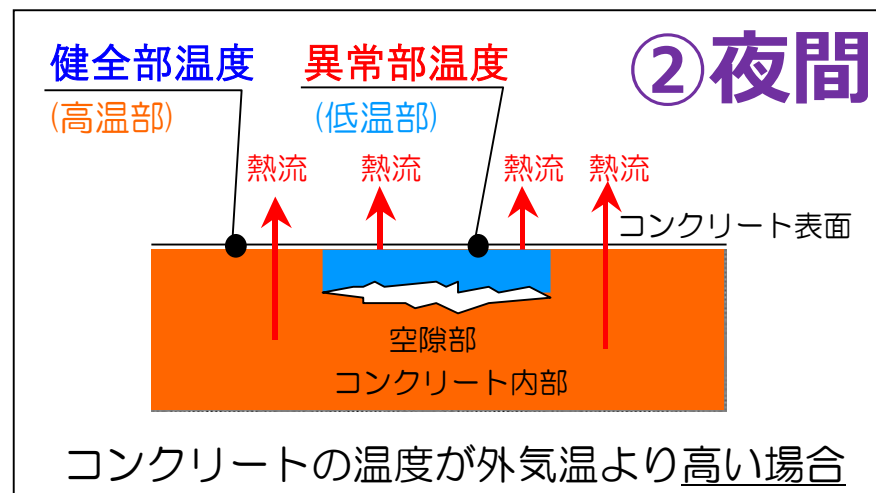
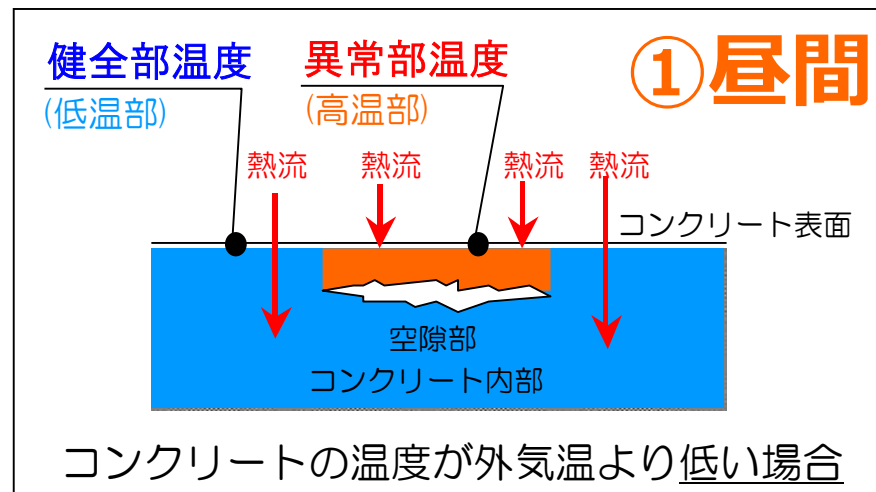
赤外線調査の原理

調査原理

- 気温の寒暖差によりコンクリート内部に熱流が発生
- **異常部**と**健全部**の**表面温度差**からコンクリート内部の異常箇所を検出



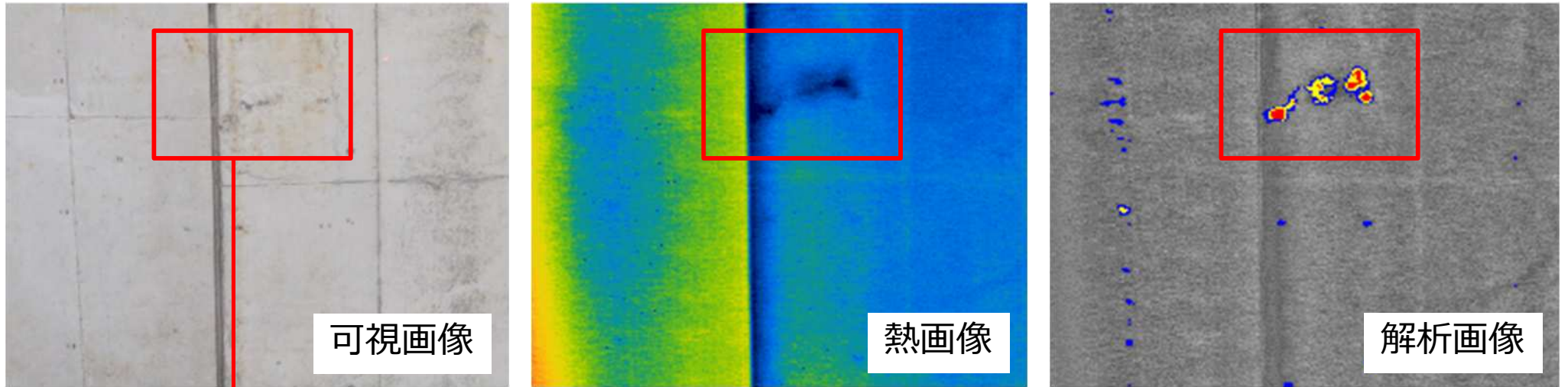
調査時間帯別の異常部の温度の違い



Point ! 異常部 (赤色) と健全部 (青色) に温度差が生じる時間帯に調査することで変状を検出できる

赤外線調査結果例

橋梁コンクリート床版での調査例



赤外線調査でスクリーニング



ピンポイントの打音検査

題目 2

1. 赤外線調査の活用メリット
- 2. Jシステムによる赤外線調査と進化
したJシステムのご説明**
3. 偏光フィルタを活用した赤外線カメラの開発
4. コスト削減に繋がる調査手法
～JシステムEvolution～

「Jシステム」とは

Jシステムは以下の3つの技術で構成されています。

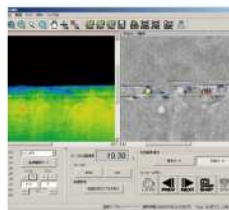
- ① 熱環境測定装置（現場キャリブレーション）による調査実施の最終判断
- ② 調査時に熱画像と解析画像を表示するJモニター
- ③ 損傷の判定を支援するJソフト



① EM(S)装置



② Jモニター



③ Jソフト

この3つの技術を用いることで、コンクリート構造物の浮き・剥離を100%検出することができます。

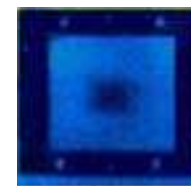
＜赤外線調査の流れ＞

計画

降雨が少なく日較差が大きい時期に計画 ※気象状況により、Jシステムの調査可能日は限定される。

EM(S)装置の確認

調査当日に熱環境を最終確認



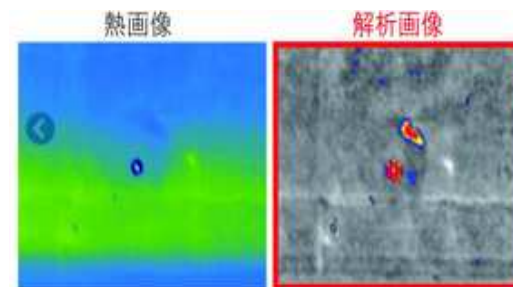
赤外線調査

赤外線カメラの特性から日射の影響の無い夜間に調査



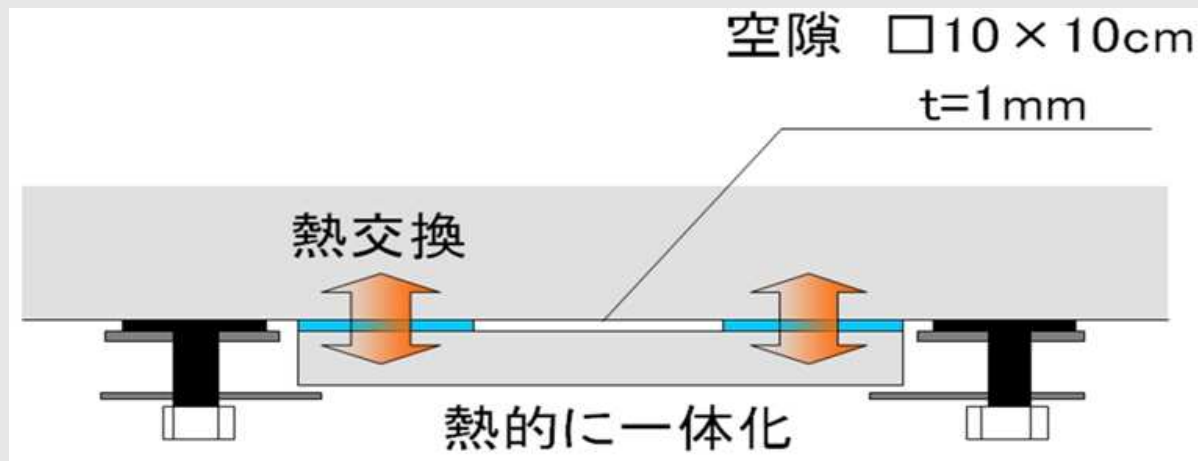
画像解析

Jソフトの解析画像は損傷グレードを3段階に表示

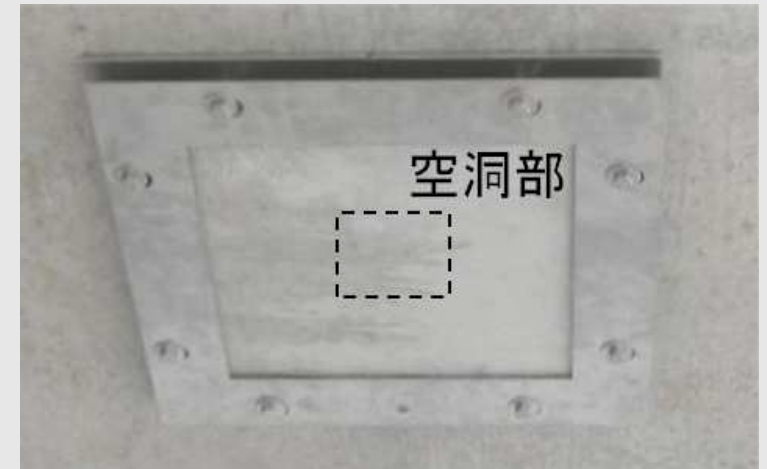


EM(S)装置 (熱環境測定装置)

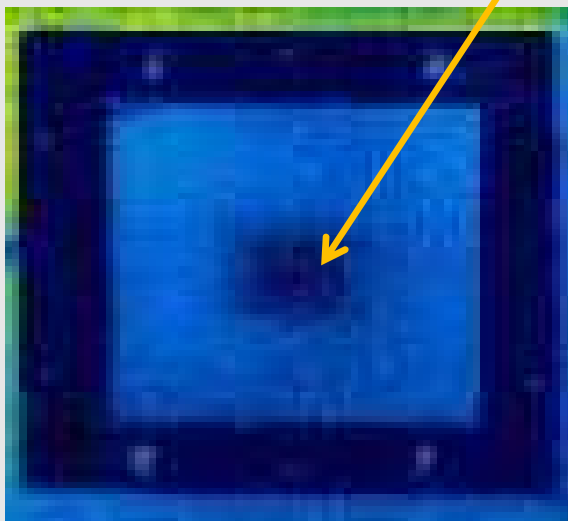
1) 断面図 (設置状況)



2) 可視画像 (設置状況)



3) 熱画像 異常箇所の見え方で熱環境がわかる



EM(S)装置を用いると
熱環境を正確に
判断できる

いつ調査すればいいかわからない（調査前日）

従来の赤外線調査

天気予報
1日前

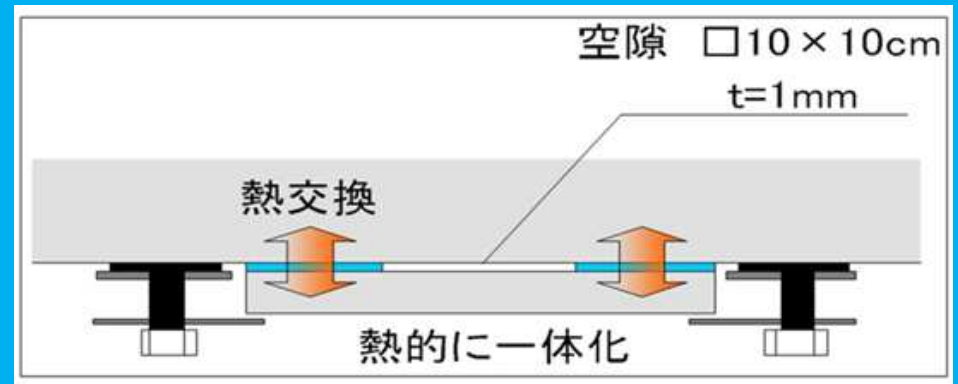


調査
できる
かな？



Jシステムによる赤外線調査

- EM(S)
= 異常箇所を再現した装置



Point! 調査前に、EM(S)装置で熱環境を正確に判定する。

いつ調査すればいいかわからない（調査当日）

従来の赤外線調査

天気予報
当日



調査
できる
かな？

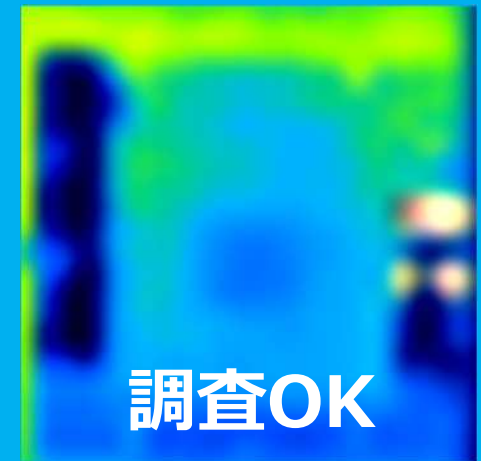
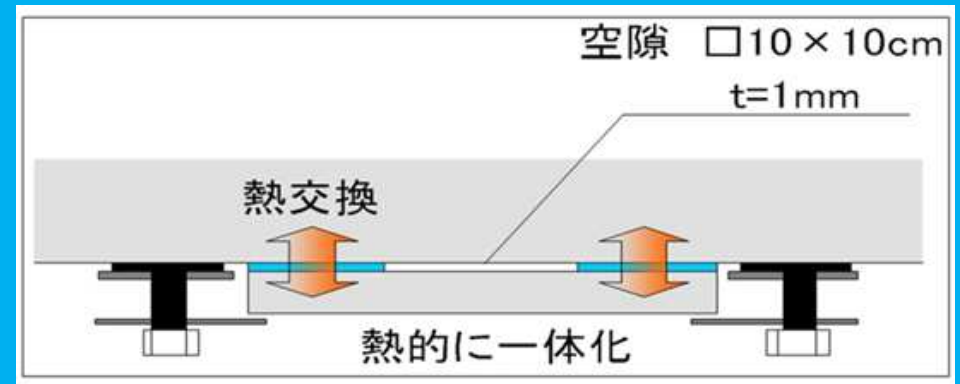


Point!

調査前に、EM(S)装置で熱環境を正確に判定する。

Jシステムによる赤外線調査

- EM(S)
= 異常箇所を再現した装置



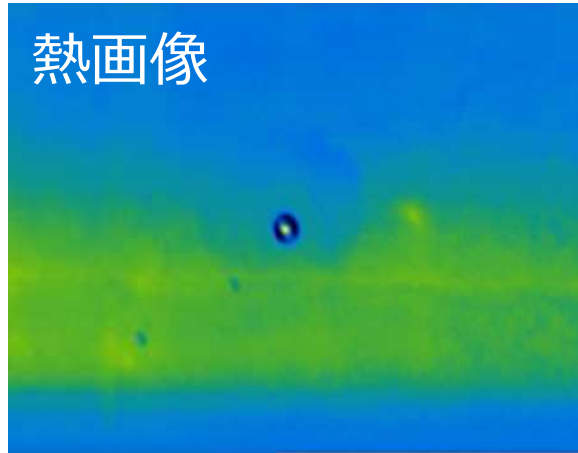
リアルタイム解析画像による現場調査

従来^レの赤外線調査

どこが
異常箇所？



熱画像



Point !

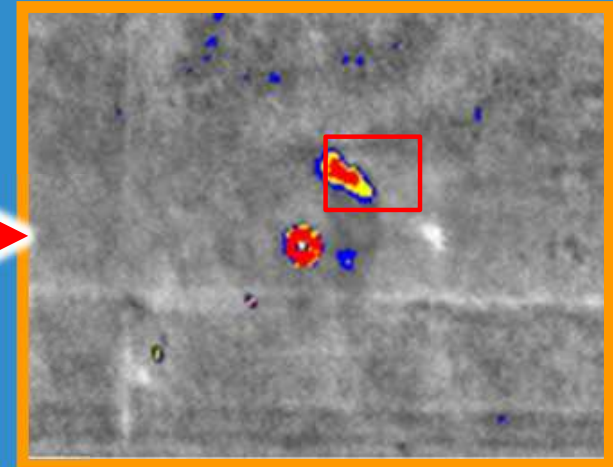
調査中に
異常箇所が
探し易い

解析結果の
リアルタイム表示を実現
(熱画像と2画面表示)



Jシステムによる赤外線調査

●Jモニター

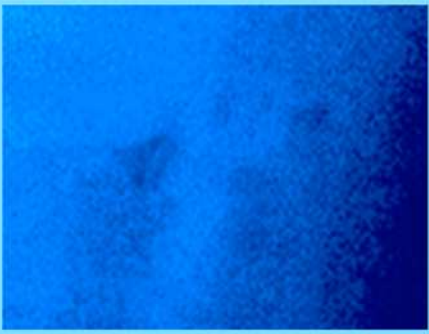
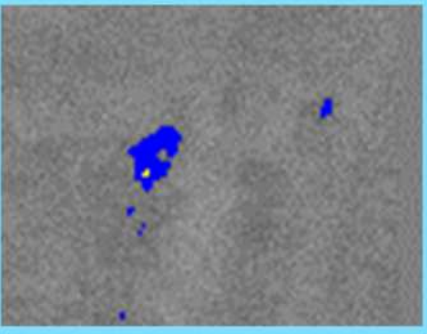
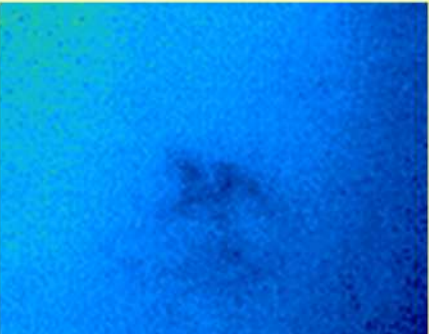
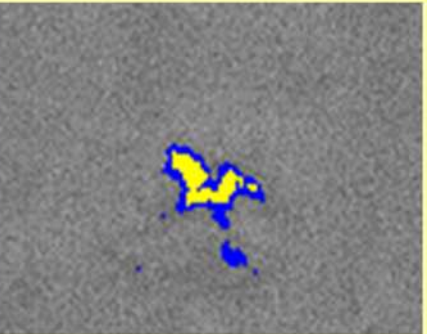
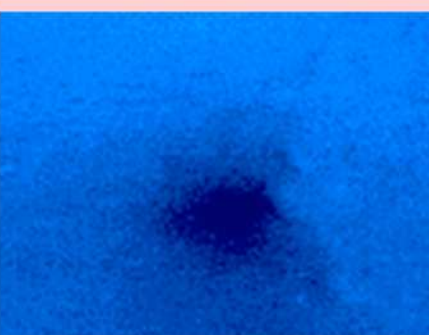
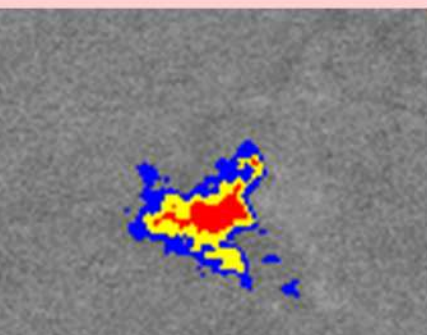


異常箇所が色付けされる画像を
リアルタイムで確認できる

写真



Jソフトによる異常箇所危険度の三段階表示

判定	熱画像	解析画像	判定の目安
観察			コンクリート表面から <u>3~4 cm</u> 奥に 異常箇所有り
注意			コンクリート表面から <u>2~3 cm</u> 奥に 異常箇所有り
要注意			コンクリート表面から <u>~2 cm</u> 奥に 異常箇所有り

コンクリート表面のはく落危険度大

※ 10cm×10cm以上の異常箇所を対象

(10cm未満ははく落の危険度が低い)

Jシステムによる赤外線調査イメージ



点検支援技術性能カタログ

【国土交通省】点検支援技術 性能カタログ

[非破壊検査技術の一部を抜粋] 令和5年3月時点

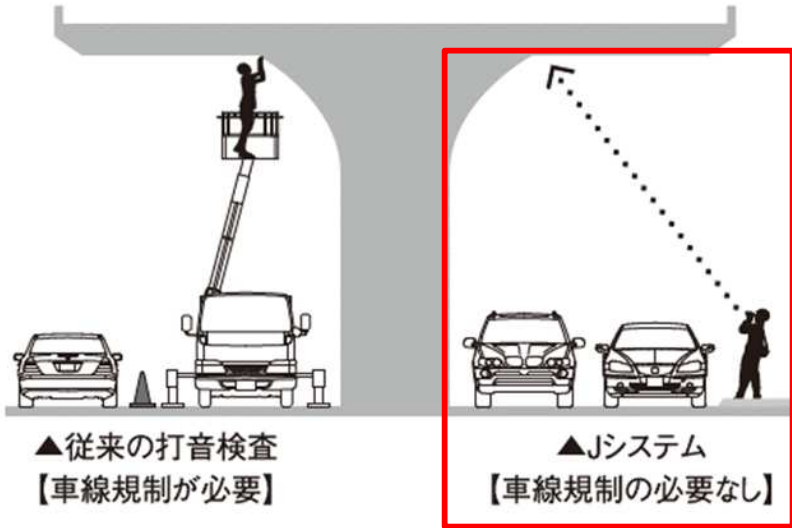
技術番号	技術名	開発者名	基地	連絡先等			URL	NETIS登録番号	橋種	対象部位	変状の種類	検出項目
				電話番号	E-mail	担当部署・担当者						
BR020001-V0323	全磁束法によるケーブル非破壊検査	東京製綱(株) エンジニアリング事業部 住友電気工業(株) 特殊線事業部	茨城県かすみがうら市	03-6366-7733 072-771-0508	yajima.takashi@tokyorope.jp shokawa-hiroki@sei.co.jp	鋼構造ケーブル部 辻 悠平	http://www.tts-tokyorope.co.jp/business/kenzensei/index.html	KK-100040-A	鋼橋・Co橋	斜張橋(斜材)、吊橋(ケーブル)、外ケーブル	ケーブルの腐食/ケーブルの破断	ケーブル断面積の変化
BR020002-V0323	鋼材表面探傷システム	株式会社 IHI 株式会社 IHI 検査計測	神奈川県 横浜市	045-759-2199 03-6404-6033	ohashi0376@ihi-g.com ozaki9672@ihi-g.com	株式会社IHI 技術開発本部 技術基盤センター 生産プロセスグループ 大橋 タケル 株式会社IHI 検査計測 営業統括部 尾崎 優希		KT-210024-A	鋼橋	上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台等)/支承部	亀裂/その他(きず)	鋼部材の表面きず起因する渦電流の乱れ
BR020003-V0323	デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム(うき)	原子燃料工業株式会社	大阪府泉南郡	0724-52-7221	isobe@nfi.co.jp tk-matsunaga@nfi.co.jp h-fujiyoshi@nfi.co.jp	エンジニアリングサービス部 磯部仁博、松永嵩、藤吉宏彰	https://www.daon-aaa.com/https://www.nfi.co.jp/product/product.html		鋼橋・Co橋	上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台等)	剥離・鉄筋露出/うき	固有周波数、振動の減衰時間
BR020004-V0423	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社	香川県高松市	087-834-2386	takashi.takemoto@w-e-shikoku.co.jp	営業企画課 竹元	https://www.w-e-shikoku.co.jp/product/product-366/	SK-110019-VE	鋼橋・Co橋	上部構造(主桁、横桁、床版)/下部構造(橋脚、橋台)/路上(高欄、地覆)	剥離・鉄筋露出/うき	赤外線サーモグラフィによる熱画像解析
	橋梁点検支援	ジビル調査設					https://www			上部構造(主桁、横	剥離・鉄筋	赤外線

Jシステム調査実績 (H29年度～R3年度)

整備局	H29年度実績			H30年度実績			R1年度実績		
	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)
北海道開発局	1	7	6,200	1	1	300	-	-	-
東北地整	1	2	900	1	2	500	1	2	1,400
関東地整	1	17	12,000	1	3	11,400	-	-	-
北陸地整	1	11	3,700	1	3	1,500	-	-	-
中部地整	4	16	27,700	1	1	200	2	5	4,100
近畿地整	2	7	5,700	-	-	-	6	11	6,600
中国地整	1	13	11,000	1	2	1,300	1	1	900
四国地整	1	15	11,000	-	-	-	-	-	-
九州地整	1	17	8,400	2	2	1,100	7	11	5,500
沖縄総合事務局	1	4	1,300	-	-	-	-	-	-
合計	14件	109橋	87,900㎡	8件	14橋	16,300㎡	17件	30橋	18,500㎡

整備局	R2年度実績			R3年度実績			R4年度実績		
	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)	業務件数	橋梁数	調査面積 (㎡)
北海道開発局	3	6	2,100	-	-	-	1	29	13,800
東北地整	-	-	-	1	1	100	-	-	-
関東地整	1	1	800	1	3	900	-	-	-
北陸地整	2	16	9,000	1	5	4,000	1	5	600
中部地整	3	3	2,500	6	58	47,500	2	2	2,100
近畿地整	3	34	17,600	9	48	29,200	3	5	4,300
中国地整	5	11	5,700	2	2	1,400	4	7	8,000
四国地整	-	-	-	1	22	23,700	1	8	9,000
九州地整	6	11	7,000	7	16	9,300	11	53	62,000
沖縄総合事務局	-	-	-	-	-	-	1	2	1700
合計	23件	82橋	44,700㎡	28件	155橋	116,100㎡	24件	111橋	101,500㎡

橋梁点検へ赤外線調査を適用する目的・有効性



調査状況 ←

目的（◆）と有効性（①～③）

◆遠望(90m)非接触で調査できる

①高所作業車や交通規制が不要

◆打音検査範囲の絞り込み

②点検時間の短縮

◆打音検査の実施計画への活用

③点検車両の使用日数が想定できる

《適用効果が特に大きいケース》

Case1 連続高架橋

同じ熱環境で連続して調査できる

Case2 重要交差点

交差施設・占用物に関係なく調査できる

Case3 異常箇所が少ない比較的新しい橋

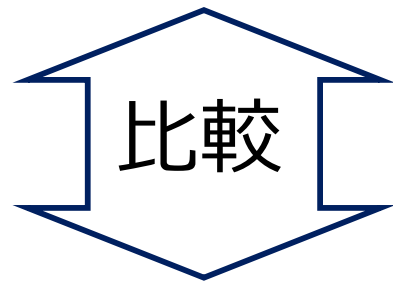
スクリーニングの効果が大きい




赤外線調査の精度評価（打音検査との比較）

【打音検査との比較】

赤外線カメラ
Jシステム
打音範囲を
検出+打音検査

A diagram showing a person standing on the ground, holding a device that emits a dotted line representing an infrared beam. The beam is directed upwards and then downwards towards two cars parked in a garage. The background is a simple line drawing of a garage interior.

打音検査
浮き・はく離
を確認

A diagram showing a person standing on a lift platform, using a tool to tap the ceiling of a garage. Two cars are parked on the ground below. The background is a simple line drawing of a garage interior.

【検証結果】

① 抽出率 (%)

浮き・剥離の数のうち、
赤外線調査で検出した数

浮き・はく離の数
100% = 見逃しゼロ

② 的中率 (%)

浮き・はく離の数

赤外線調査で検出した数

24% ⇒ 非効率

題目 3

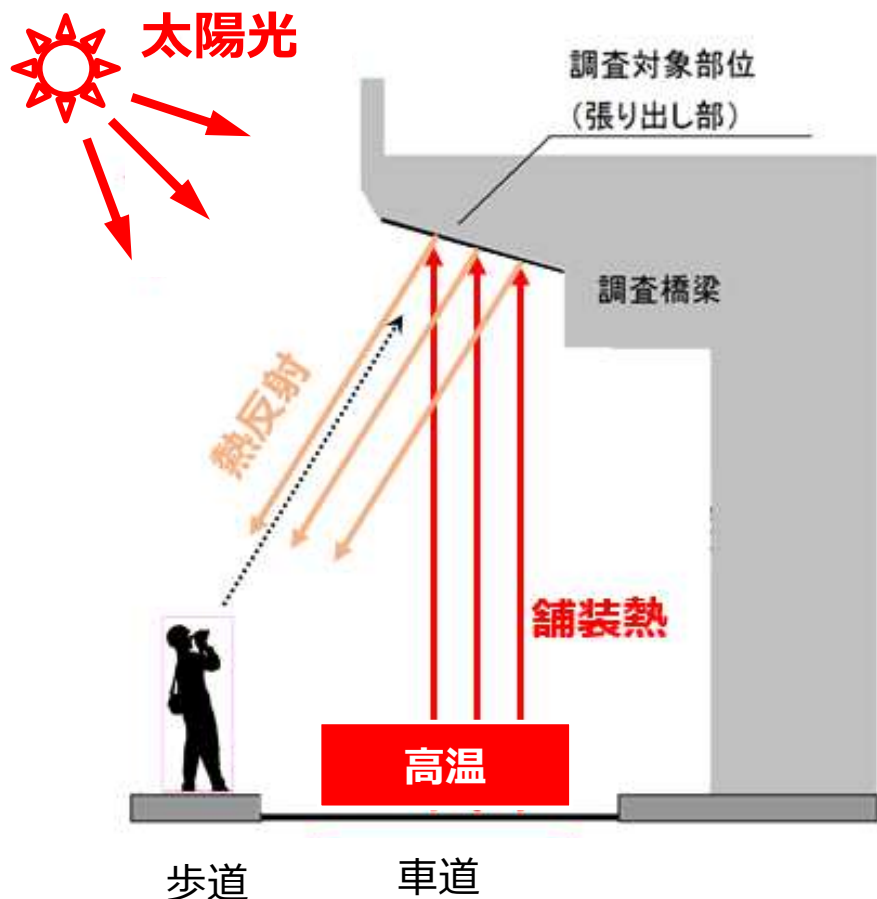
1. 赤外線調査の活用メリット
2. Jシステムによる赤外線調査と進化
したJシステムのご説明
- 3. 偏光フィルタを活用した赤外線カメラの開発**
4. コスト削減に繋がる調査手法
～JシステムEvolution～

赤外線調査の精度に影響する熱反射

橋梁の点検支援技術として
Jシステムによる赤外線調査
導入を進めてきた…

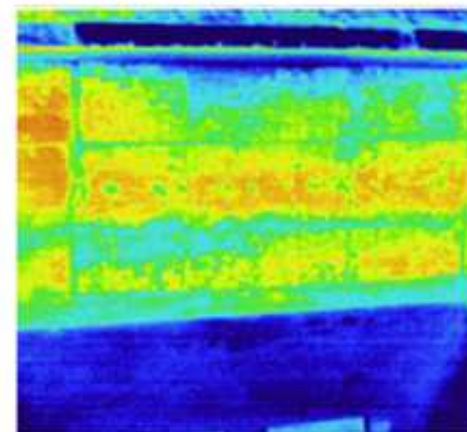
しかし、調査は

夜間に限定



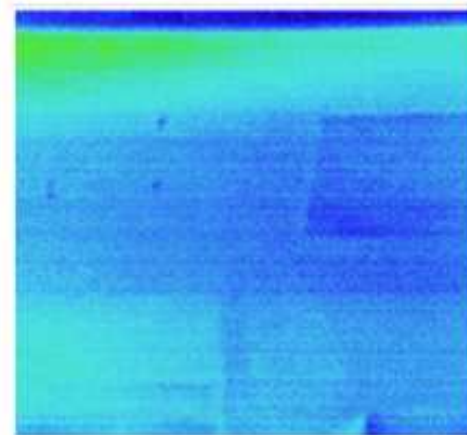
昼間撮影

車道の舗装熱などが
熱反射して高温に
⇒調査精度に影響あり



夜間撮影

本来の温度
⇒調査精度に影響なし

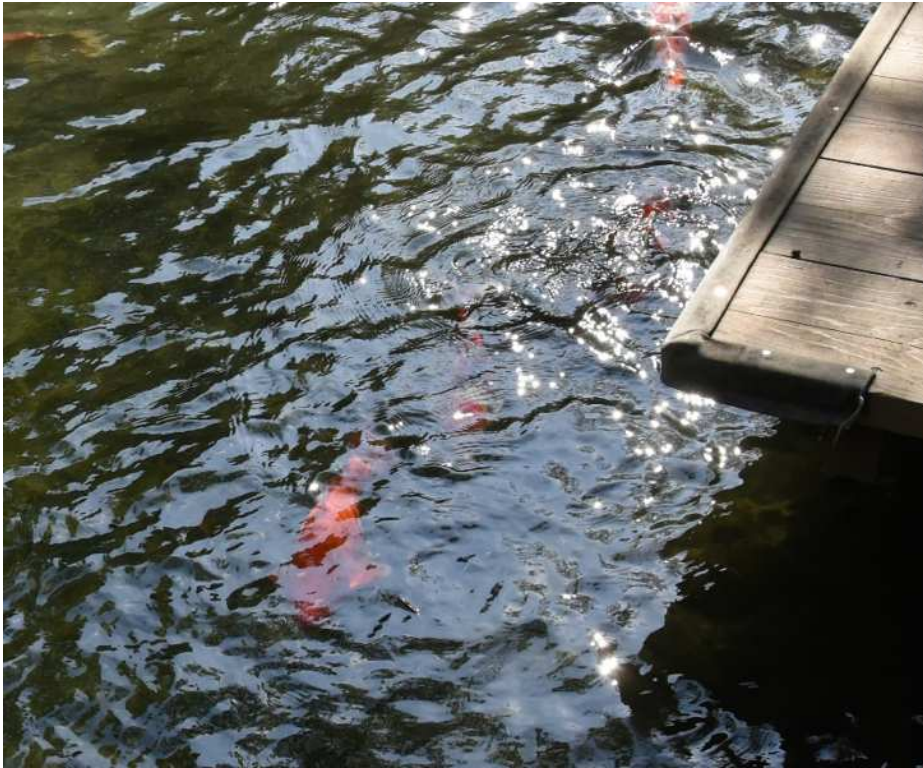


この「熱反射」を除去できれば昼間調査が可能に

熱反射を除去する方法



偏光フィルタ

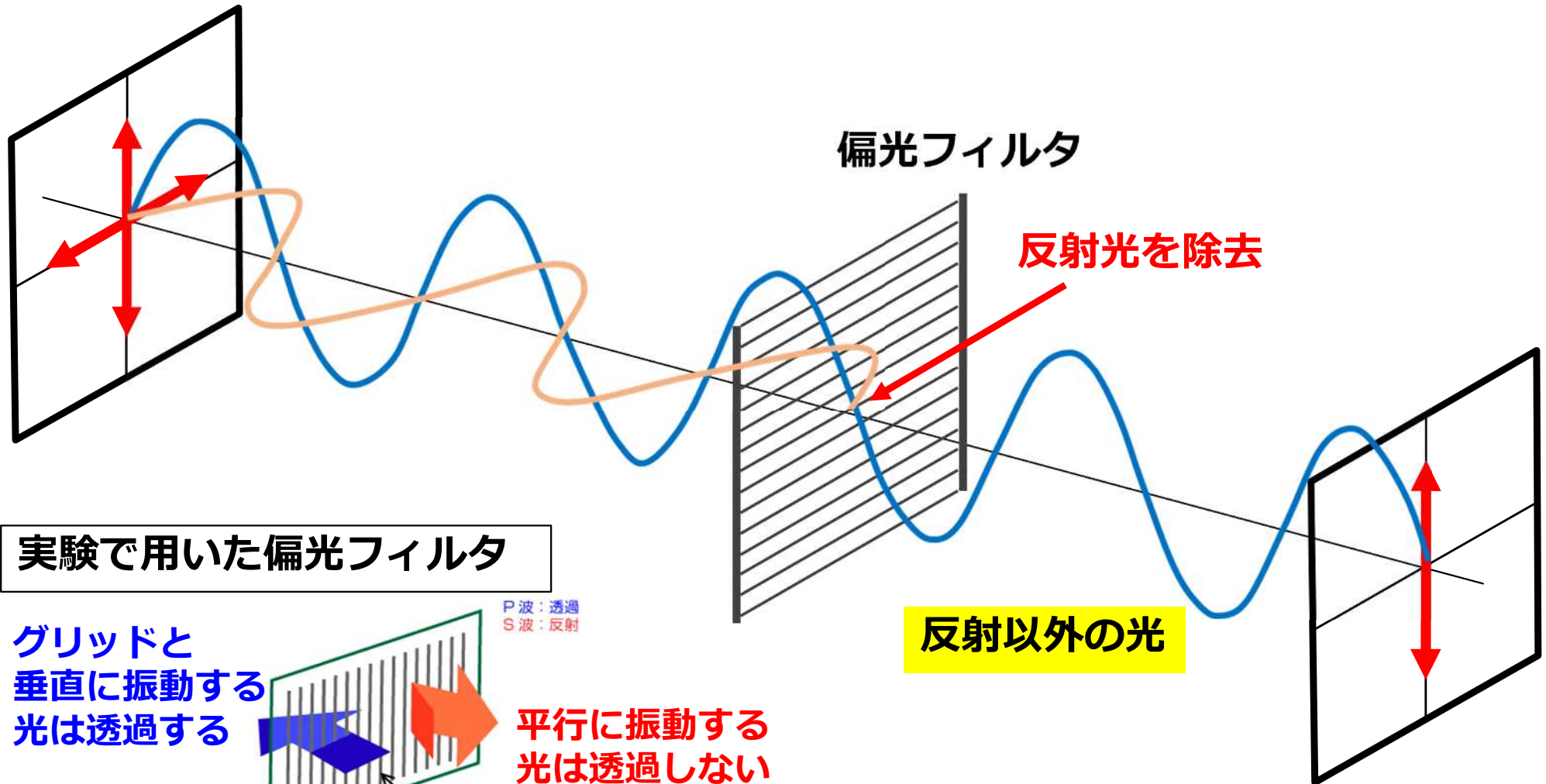


※国の特別名勝「栗林公園」にて撮影

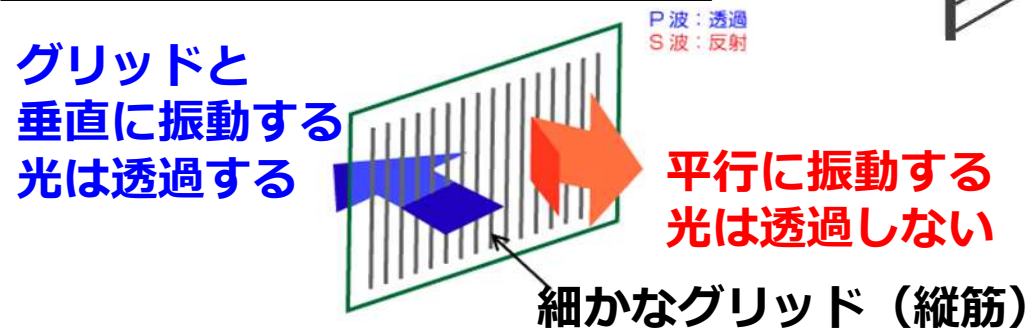
偏光フィルタを赤外線カメラに応用すれば
熱反射を除去できるかもしれない

⇒**令和3年10月 開発に着手**

反射光の特性と偏光フィルタ機構



実験で用いた偏光フィルタ



【Point】
グリッド方向によりフィルタ効果が左右される

赤外線調査の熱反射も除去可能では？

偏光熱画像の取得技術

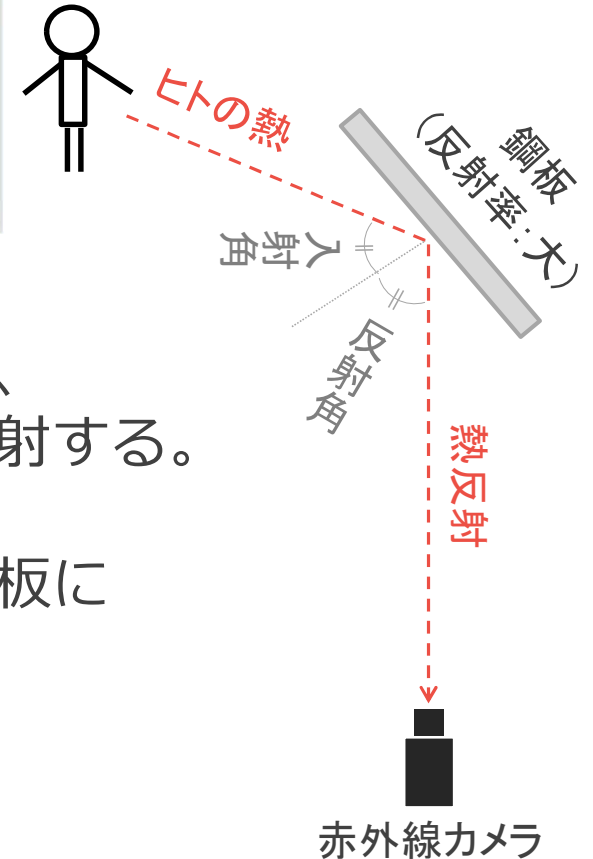
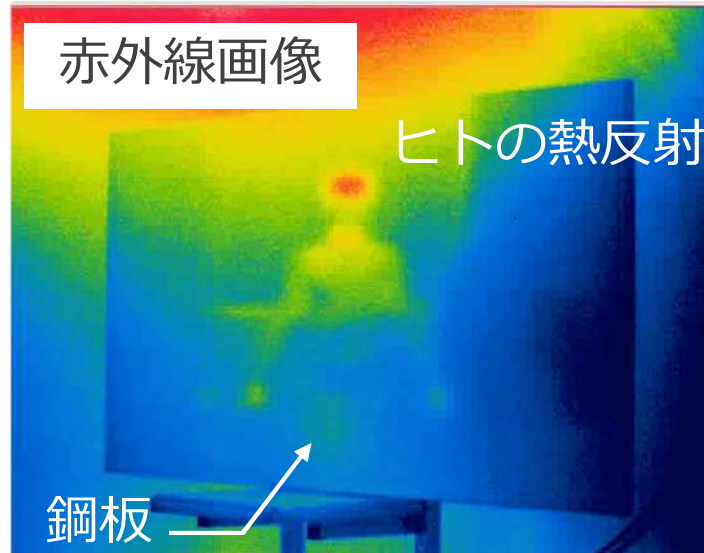
通常レンズ



偏光レンズ



熱反射の実例（その1）

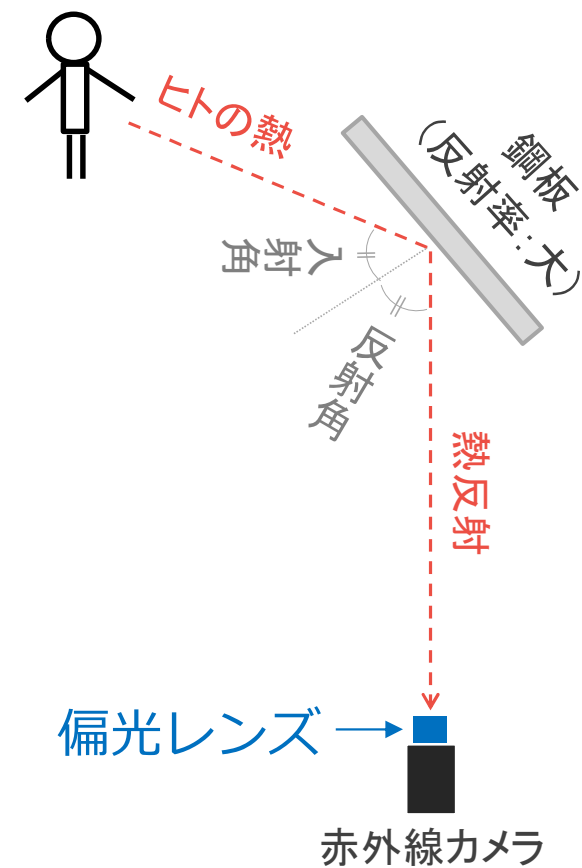
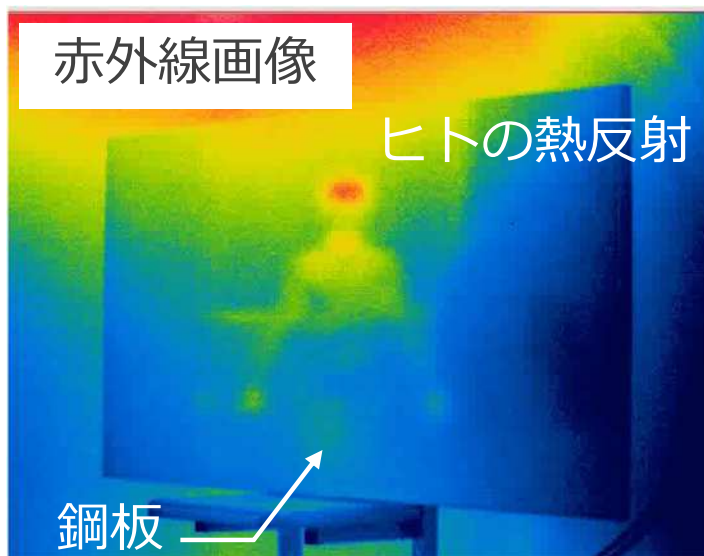


右図レイアウトの場合、
ヒトの熱が鋼板面で反射する。

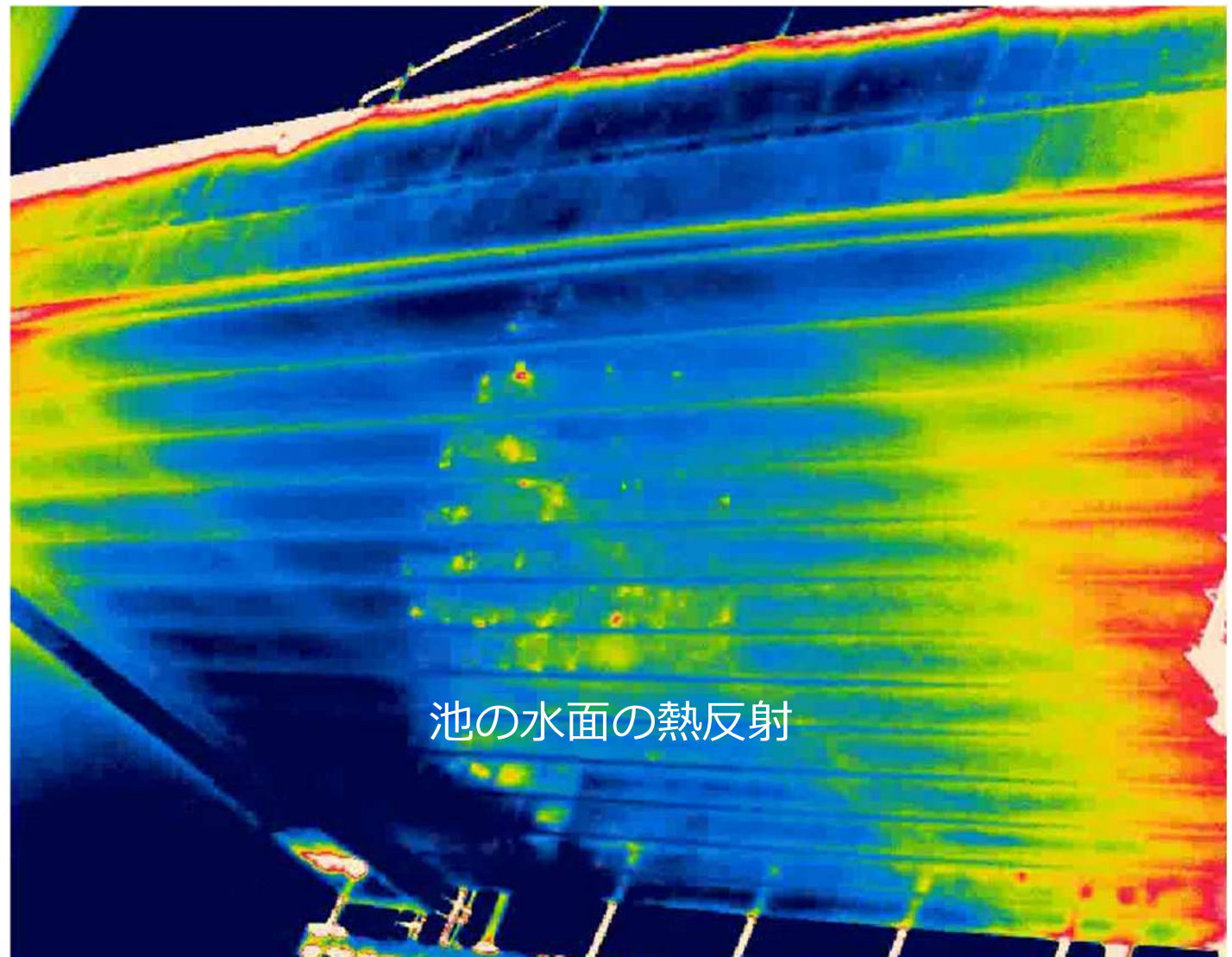
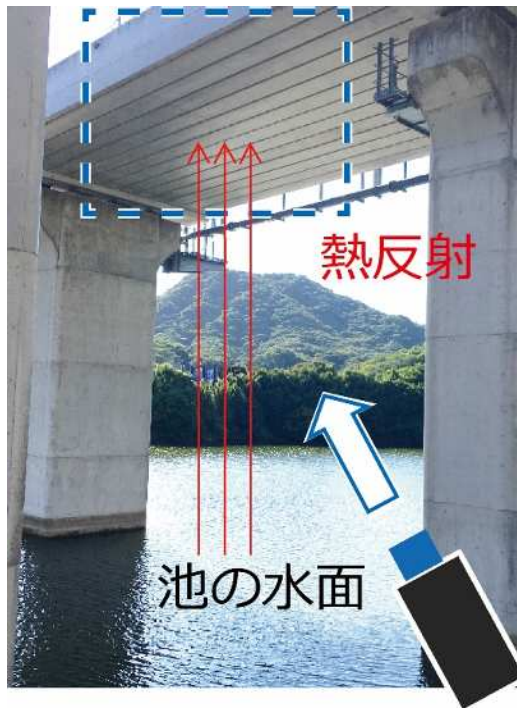
ヒトの形をした熱が鋼板に
映り込む現象が発生。

⇒ **熱反射**

偏光レンズの効果 (その1)

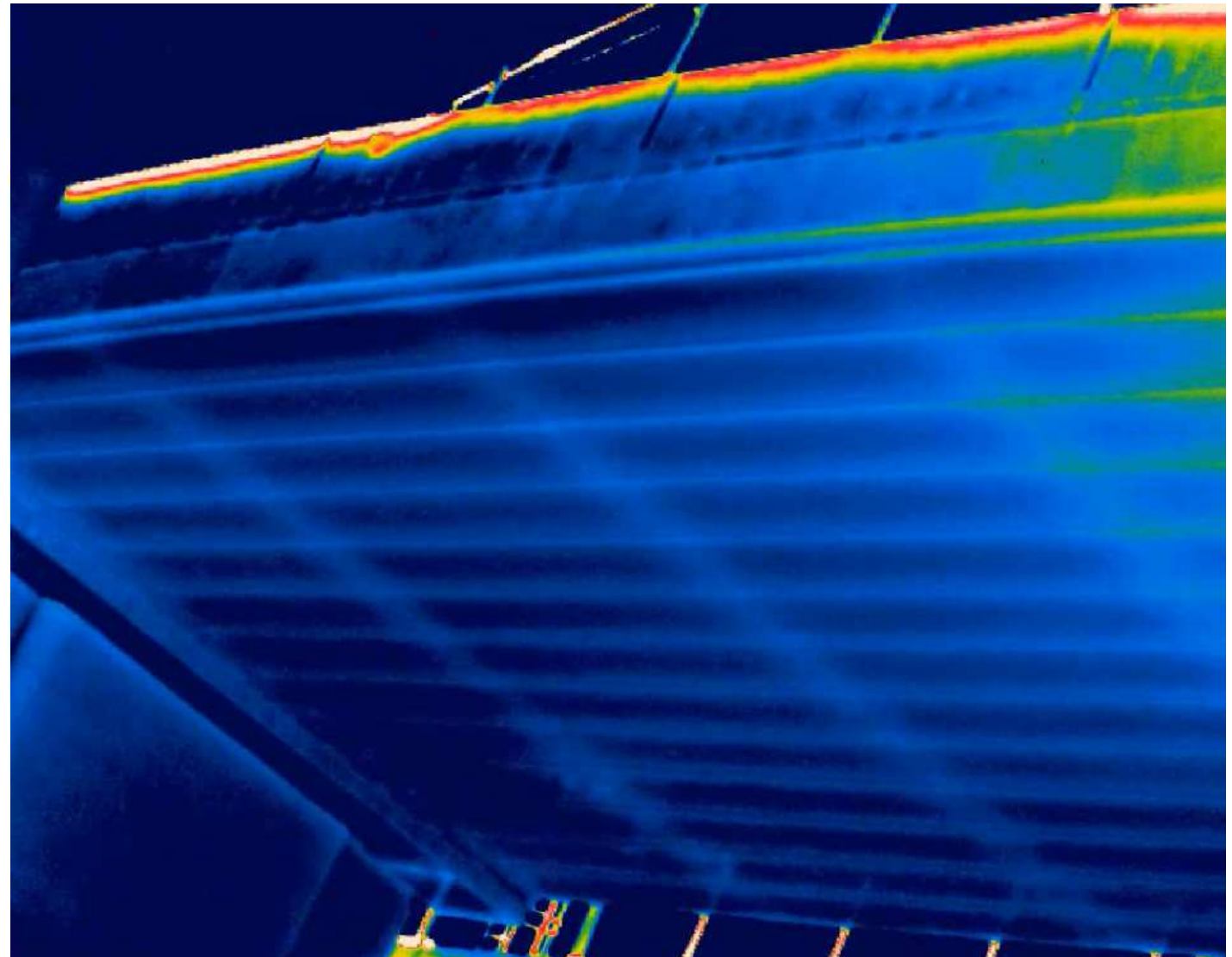
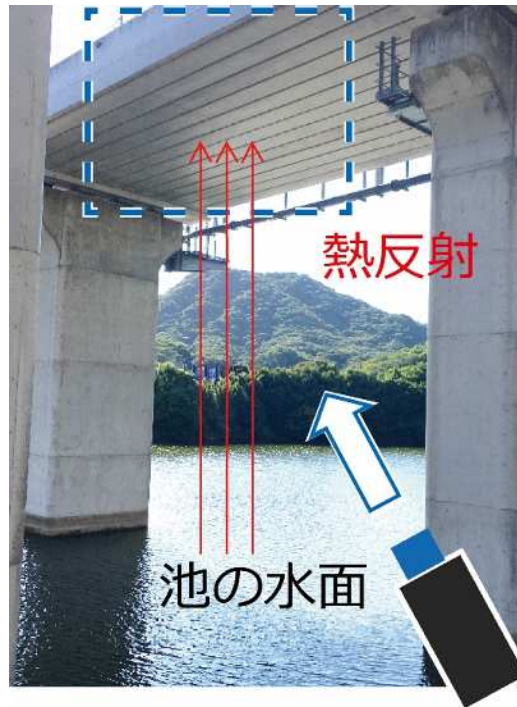


水面から橋下面への熱反射



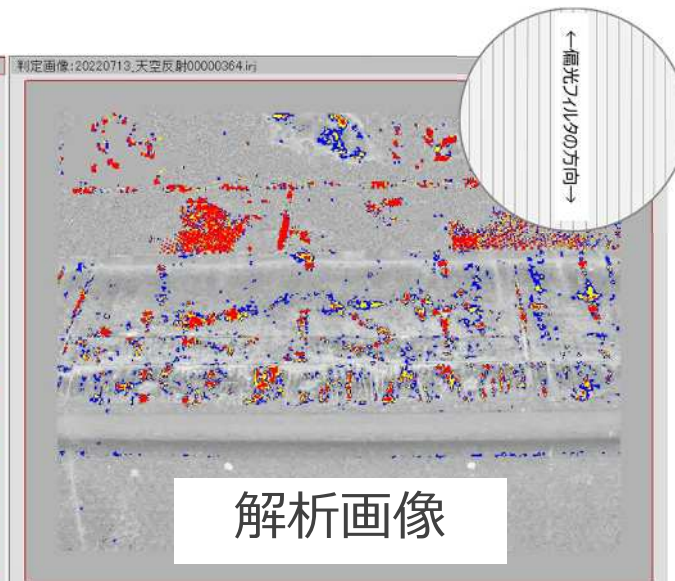
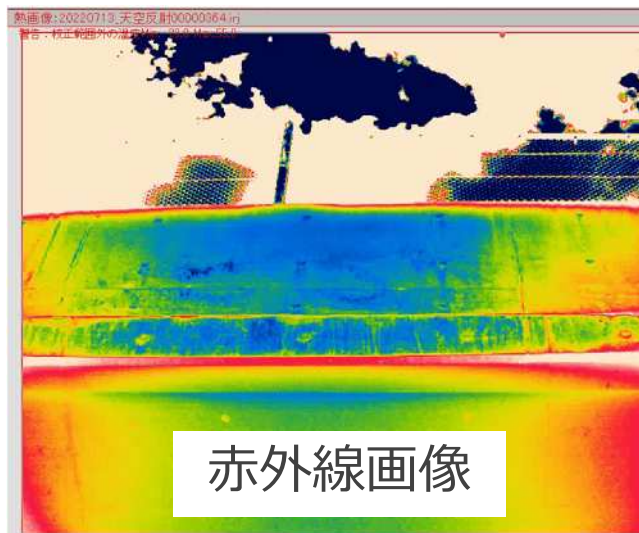
水面から橋下面への熱反射

偏光レンズを回すと・・・

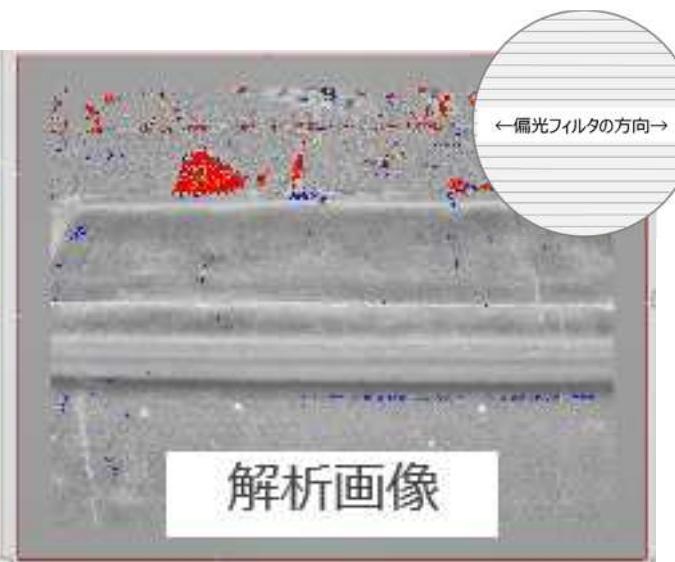
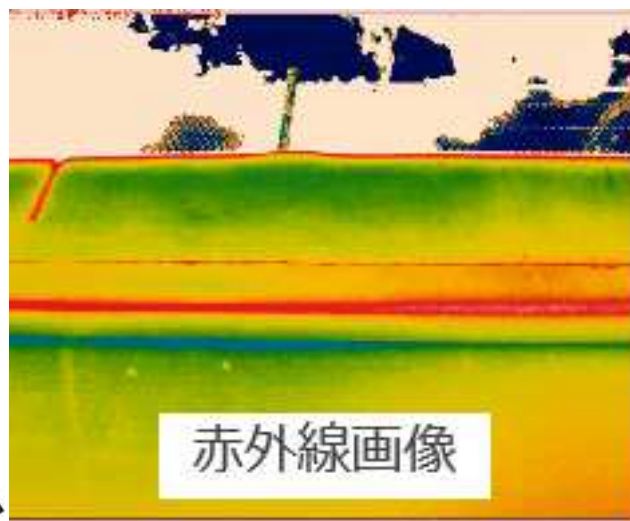


池の水面の熱反射を除去

天空（空）から壁高欄への熱反射



↓ 偏光レンズを回すと・・・

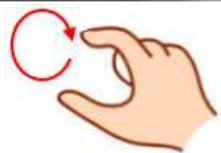


天空からの熱反射を除去

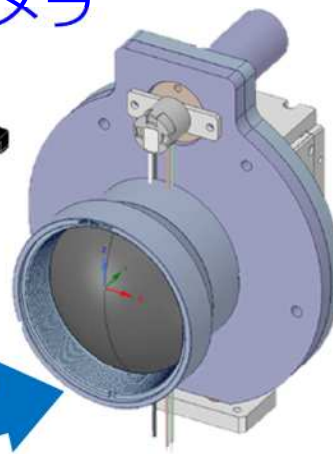
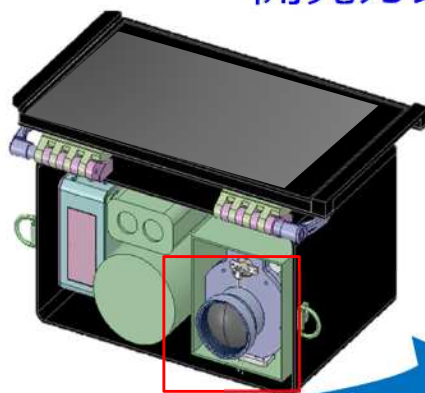
ビルトインタイプの開発（進化①）

偏光レンズを手動回転から自動回転へ

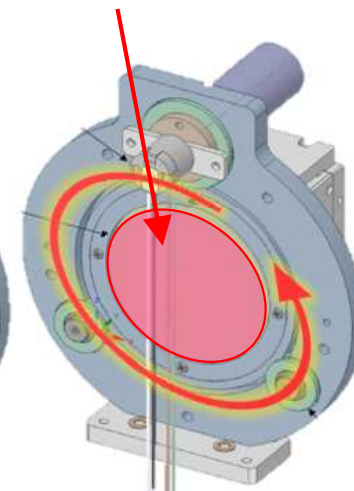
偏光レンズ



開発カメラ

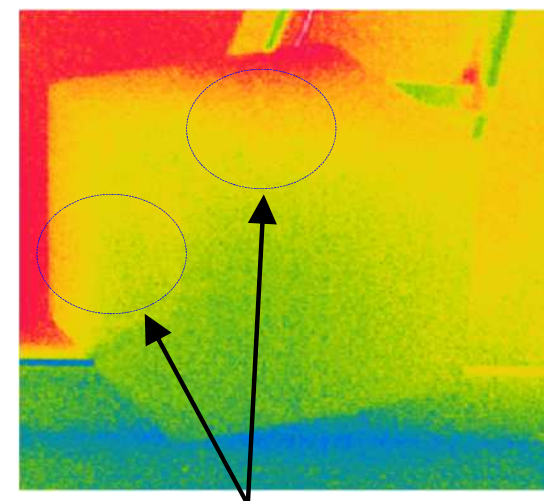
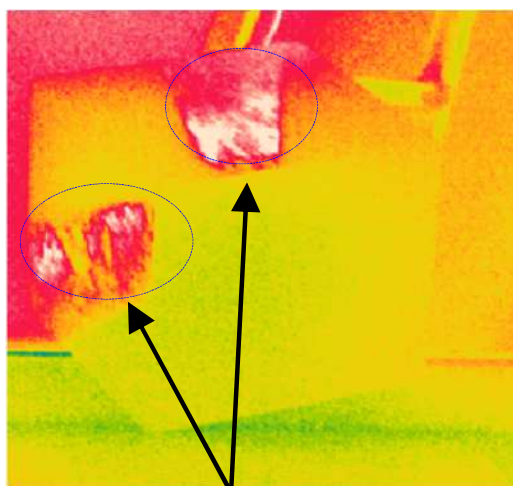


偏光フィルタ



赤外線カメラに偏光フィルタ内蔵&自動回転

〈検証実験〉

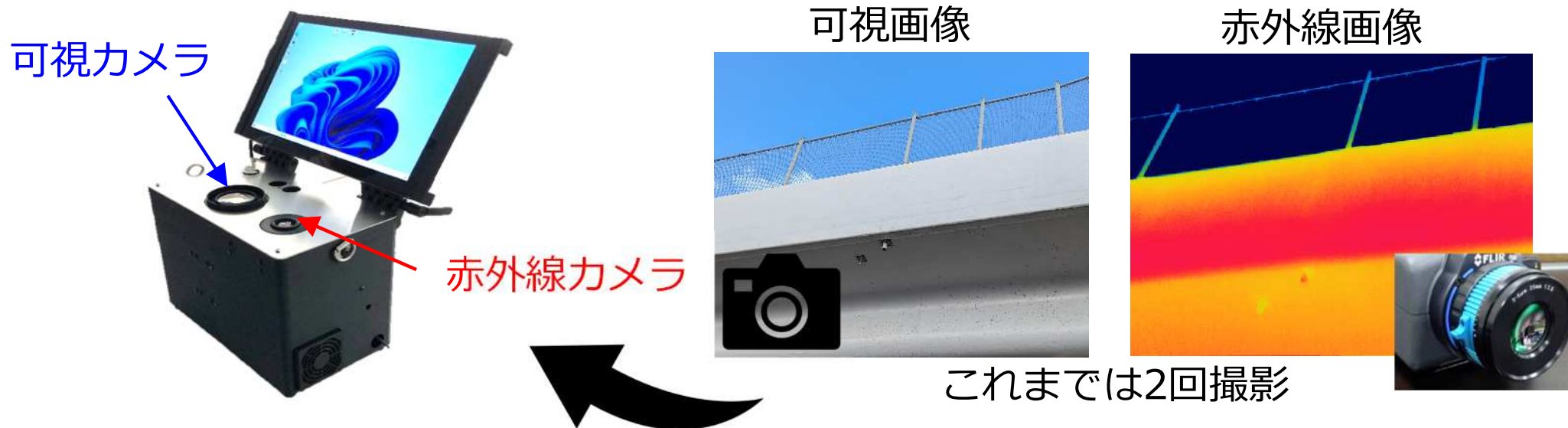


熱反射

熱反射を除去

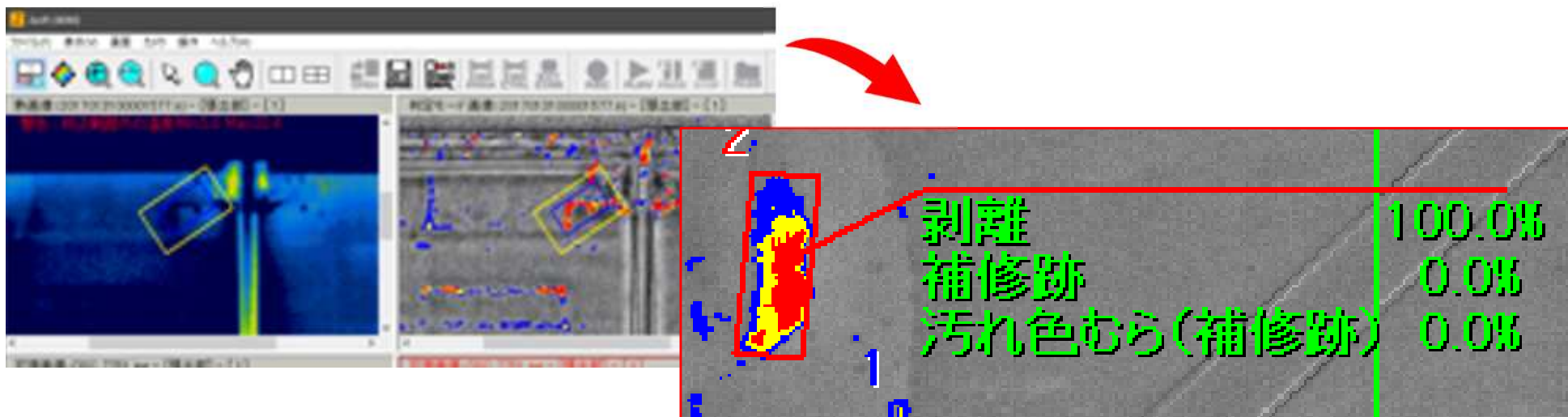
ビルトインタイプの開発（進化②）

可視画像撮影と赤外線画像撮影を一体化



同一画角で同時に画像を取得

新機能 赤外線画像のAI損傷自動診断



題目 4

1. 赤外線調査の活用メリット
2. Jシステムによる赤外線調査と進化
したJシステムのご説明
3. 偏光フィルタを活用した赤外線カメラ
の開発
4. **コスト削減に繋がる調査手法**
～ JシステムEvolution～

赤外線調査によるコスト削減

< 跨線橋での活用例 >

橋梁形式：PC 3径間連結中空床版橋（上下6径間）

赤外線調査での損傷検出なしの場合

外業	軌陸車やリフト車を用いた打音調査	赤外線調査	削減額 削減日数
合計金額（経費込）	1,616千円／2,348㎡	772千円／2,348㎡	844千円
作業日数	4日	0.5日	3.5日

赤外線調査での損傷検出ありの場合

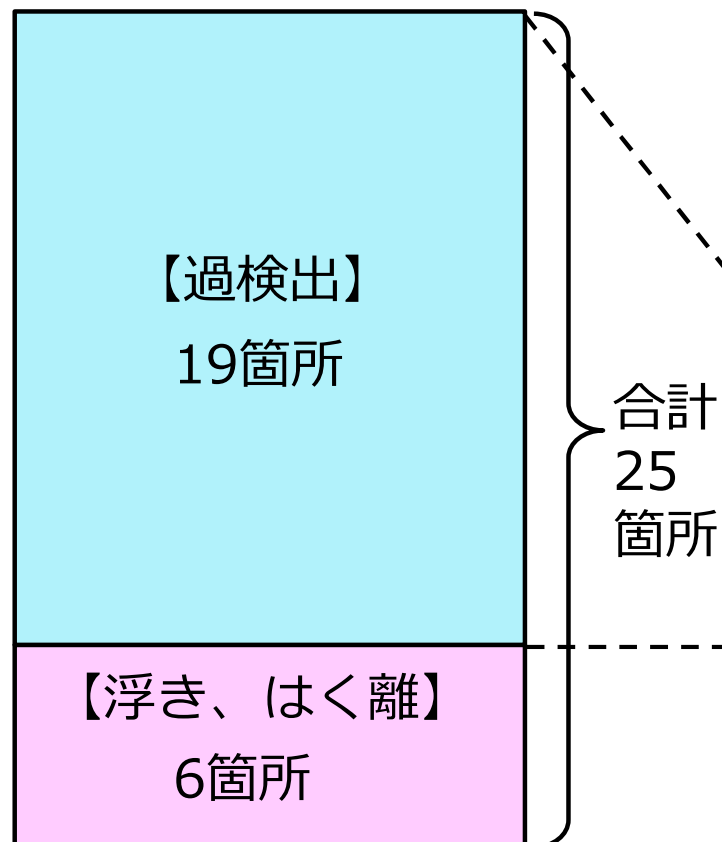
外業	軌陸車やリフト車を用いた打音調査	赤外線調査+ 打音調査	削減額 削減日数
合計金額（経費込）	1,616千円／2,348㎡	1176千円／2,348㎡	440千円
作業時間	4日	1.5日	2.5日

- ① 打音検査の人件費や機械経費を削減
- ② 安全に関するコストを削減

偏光レンズの導入効果（赤外線調査費用削減）

＜検出数と打音検査の結果＞

・従来のJシステム



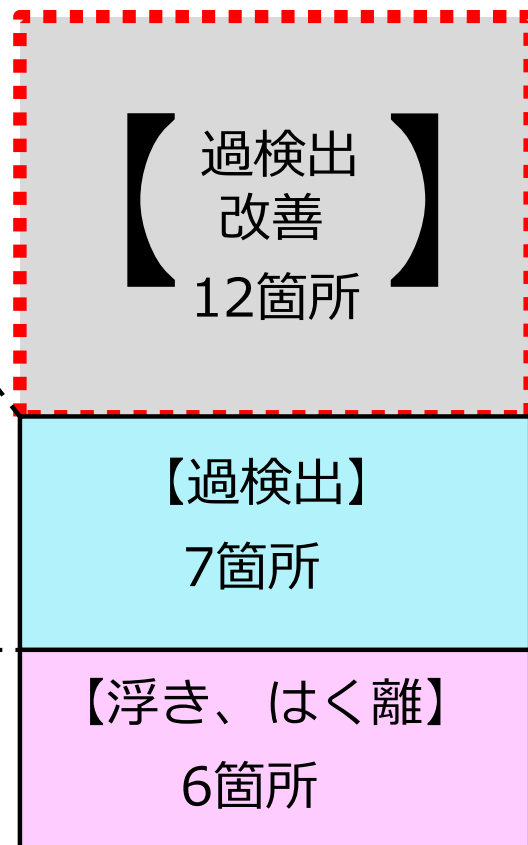
浮き、はく離の見逃し0

⇒ 検出率100%

6箇所 / 25箇所 = 0.24

⇒ 的中率24%

・JシステムEvolution（偏光レンズ）



浮き、はく離の見逃し0

⇒ 検出率100%

6箇所 / 13箇所 = 0.46

⇒ 的中率46%

解析対象箇所が25箇所から13箇所に減少し、解析にかかるコストを削減

熱反射による温度異常箇所が除去されることで、従来より検出される温度異常箇所が減少する

合計 13箇所

検出率100%のまま的中率が向上

✓従来より更に的中率アップしたことで効率性が向上

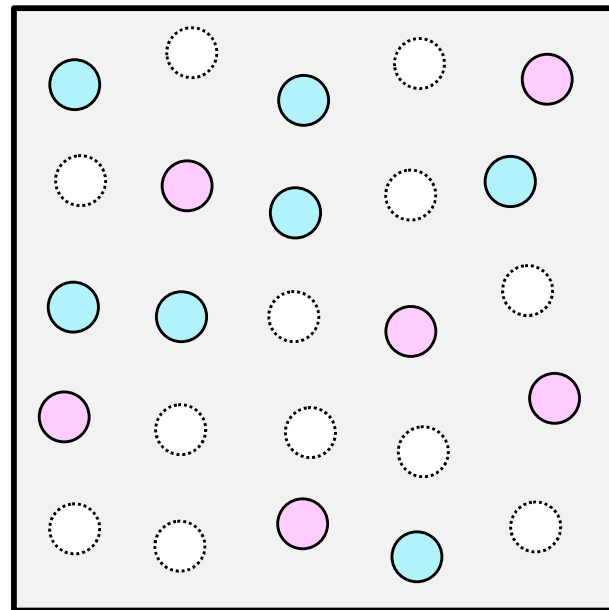
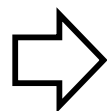
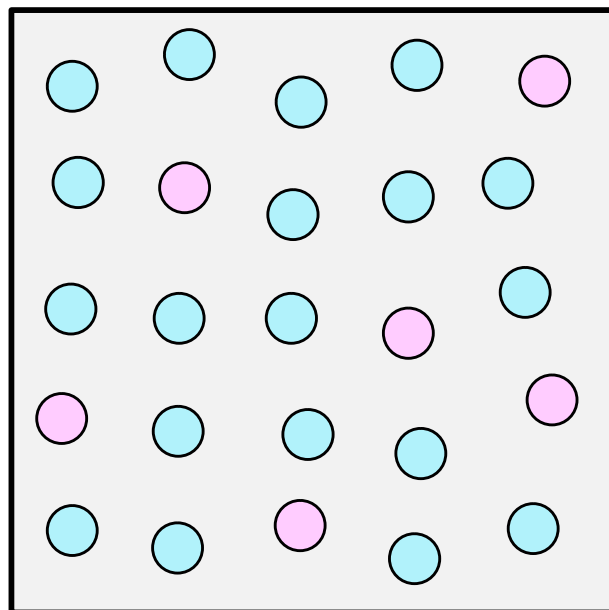
（注）効果はエンジ四国の実績値に拠る

偏光レンズの導入効果（打音調査費用の削減）

＜検出数と打音検査の結果＞（注）効果はエンジ四国の実績値に拠る

・従来のJシステム

・JシステムEvolution（偏光レンズ）



- : 過検出箇所
- : 検出的中箇所
- : 従来から減少した検出箇所

**過検出箇所が減少し、
打音点検箇所も大幅
に減らせる**

【調査精度】

浮き、はく離の見逃しゼロ
6箇所 / 25箇所 = 0.24
⇒ **的中率24%**

浮き、はく離の見逃しゼロ
6箇所 / 13箇所 = 0.46
⇒ **的中率46%**

**検出率100%のまま
的中率が従来より向上**

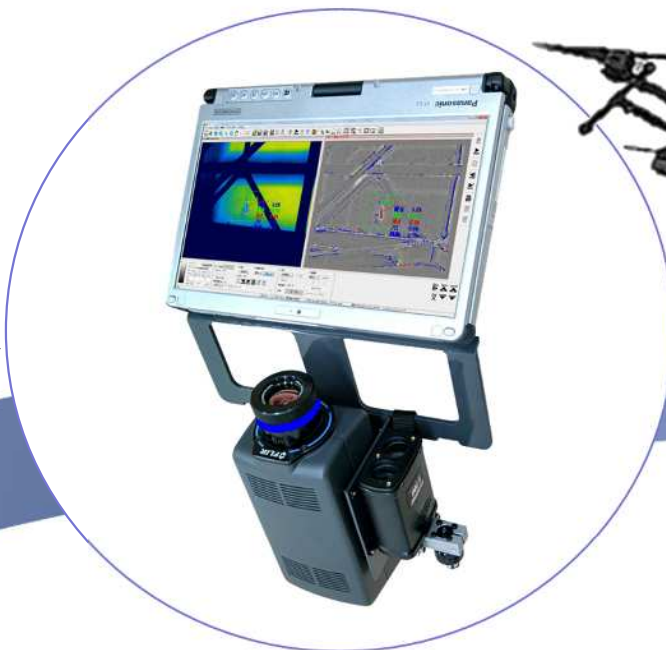
【メリット】

- ・ **夜間調査及び昼間調査が可能**
- ・ **過検出箇所の解析作業が減少**
- ・ **調査後の打音点検箇所が減る**

- ・ ・ ・ **調査費用削減**
- ・ ・ ・ **点検費用削減**

橋梁点検だけじゃない、
進化するJシステム

Jシステムは
Jシステム **Evolution**へ



Beyond
Future !

あらゆる構造物の点検を目指し
これからも進化を続けます



Evolution

■ 販売元・お問合せ先
西日本高速道路株式会社エンジニアリング四国(株)
営業推進本部 営業部
tel:087-834-2386 fax:087-834-0150