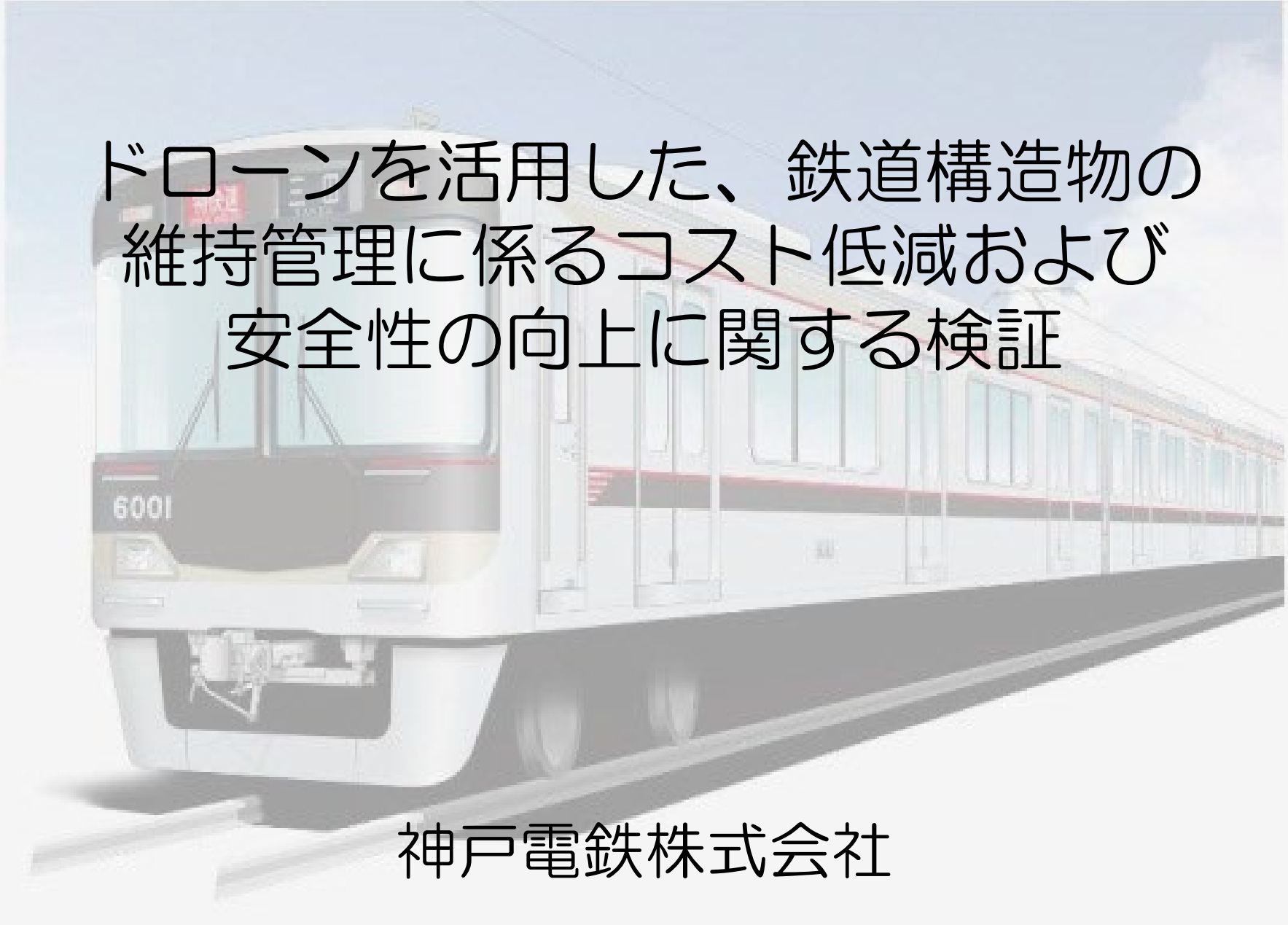




ドローンを活用した、鉄道構造物の 維持管理に係るコスト低減および 安全性の向上に関する検証

神戸電鉄株式会社

1. 当社の現状と課題



1. 当社の現状と課題

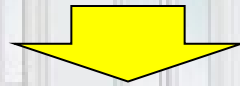
現 状

山間部を主に走行している

↓
のり面・橋りょう・トンネルを
多く所有している

建設から90年以上経過している

↓
経年や老朽化による
変形・劣化・損傷が進んでいる



(課 題)

鉄道事業に要するコストのうち、土木構造物の
維持管理に係るコストが非常に大きなウェイトを占めている



【 目 的 】

検査業務に係るコストの低減のため、
ドローンを用いた実証試験を行う

1. 実証試験の内容と目的

(1) 赤外線カメラによるコンクリート検査

→第2回有識者会議で報告済み

(2) 可視カメラによる高所部の検査

(3) 可視／赤外線カメラによるトンネル検査

→第2回有識者会議で報告済み

(4) 同業他社との協働

(5) 可視カメラによる天井内調査

2. 実証試験の内容と目的

(1) 赤外線カメラによるコンクリート検査 ＜コスト低減＞

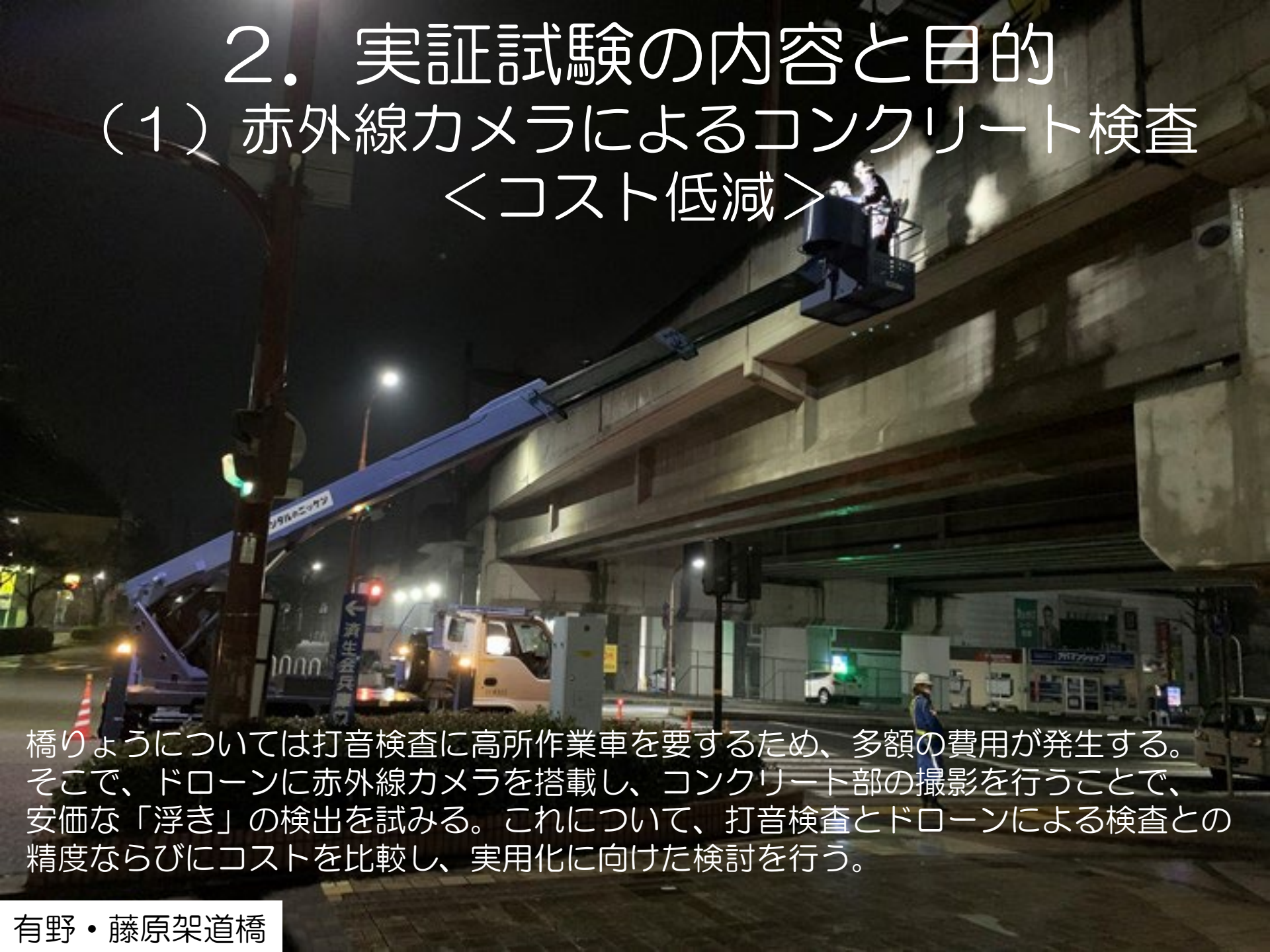
コンクリートを用いた構造物においては、鉄筋の腐食等起因する「浮き」と呼ばれる変状が発生する。

これを発見するための方法として、現在は、躯体にハンマーによる打撃を加え、その衝撃音から健全度を判定する「打音検査」を実施している。



2. 実証試験の内容と目的

(1) 赤外線カメラによるコンクリート検査 ＜コスト低減＞



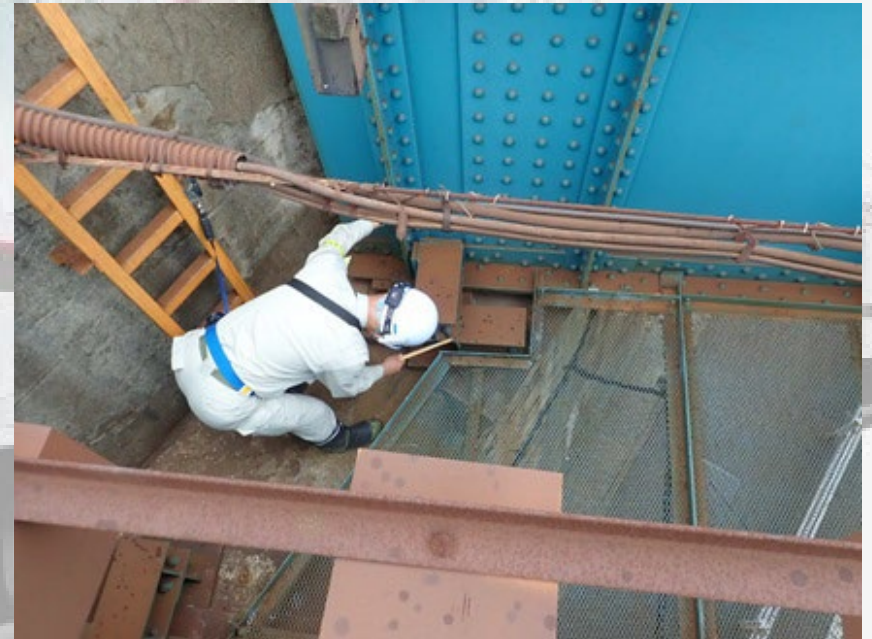
橋りょうについては打音検査に高所作業車を要するため、多額の費用が発生する。そこで、ドローンに赤外線カメラを搭載し、コンクリート部の撮影を行うことで、安価な「浮き」の検出を試みる。これについて、打音検査とドローンによる検査との精度ならびにコストを比較し、実用化に向けた検討を行う。

1. 実証試験の内容と目的

(2) 可視カメラによる高所部の検査 ＜安全性向上＞

橋りょうの支承部においては、アンカーボルトの変形・弛みを始め、各種部材の変状が発生しやすいため、検査時は特に留意する必要がある。

また、構造が入り組んでいることから近接しての目視が望まれるため、現在は、検査員が橋台・橋脚の天端に下り立って検査している。



1. 実証試験の内容と目的

(2) 可視カメラによる高所部の検査 ＜安全性向上＞



長大橋りょうについては、支承部が高所であることが多いため、検査員の安全が確保し難い場合がある。そこで、ドローンに可視カメラを搭載し、支承部の撮影を行うことで、安全な変状の有無の確認を試みる。これについて、目視検査とドローンによる検査との精度ならびに安全性を比較し、実用化に向けた検討を行う。

2. 実証試験の内容と目的

(3) 可視／赤外線カメラによるトンネル検査 ＜コスト低減＞

トンネルもコンクリート構造物であるため、(1)と同様浮きが発生する。

これを発見するための打音検査を実施すべく、現在は、軌陸車と呼ばれる特殊な車両を使用している。



2. 実証試験の内容と目的

(3) 可視／赤外線カメラによるトンネル検査 ＜コスト低減＞

軌陸車の使用は列車の運行を停止している夜間に限定されるため、時間の制約が厳しいことから検査に要する日数が多くなり、多大な費用を要する（当社実績：年間10,000千円以上）。そこで、ドローンに搭載した可視カメラによりコンクリートのひび割れを、赤外線カメラにより浮きを検出することで、検査費用を大幅に削減する。

しかしながら、トンネルは太陽光が当たらず温度変化が小さいため、浮きの検出については、ただ撮影するだけでは精度が確保できないことが懸念される。これについて、各種分析・試験を進め、実用化の可能性について検討を行う。

なお、これには専門的な知見を要すると考えられるため、赤外線カメラを製造・販売する日本アビオニクス(株)に技術アドバイザーとして参画していただく。

1. 実証試験の内容と目的

(4) 同業他社との協働 ＜事業の促進＞

維持管理コストの低減は、当社だけでなく業界全体の悲願である。県内の同業他社に声を掛け、協働して取り組むことで、実証試験の場を広げるとともに各種情報を共有し、早期の実用化を目指す。

結果的に、

近畿日本鉄道・南海電鉄・京阪電鉄・阪急電鉄子会社・阪神電鉄・北大阪急行・泉北高速鉄道・山陽電鉄・大阪モノレール（計9社）

に実証試験を見学していただいたほか、Web会議により名古屋鉄道と情報交換を行った。

1. 実証試験の内容と目的

(5) 可視カメラによる天井内調査

地下駅天井内は、空調設備や配線・配管・漏水用防水パン等が支障し、点検口からの目視だけではそれらの点検・調査が満足に行えない。

そこで、マイクロドローンを活用することでより正確な目視を可能とし、維持管理の効率化やより効果的な改修計画の立案に貢献する。



3. 実施体制

【事業主】

神戸電鉄株式会社（2名）

企画・試験結果分析



業務発注

【元請】

株式会社神鉄コミュニティサービス
（2名程度）

作業責任者（神戸電鉄責任者資格保有者）



業務発注

【下請】

株式会社旭テクノロジー（2名程度）

ドローン飛行・写真撮影・画像解析

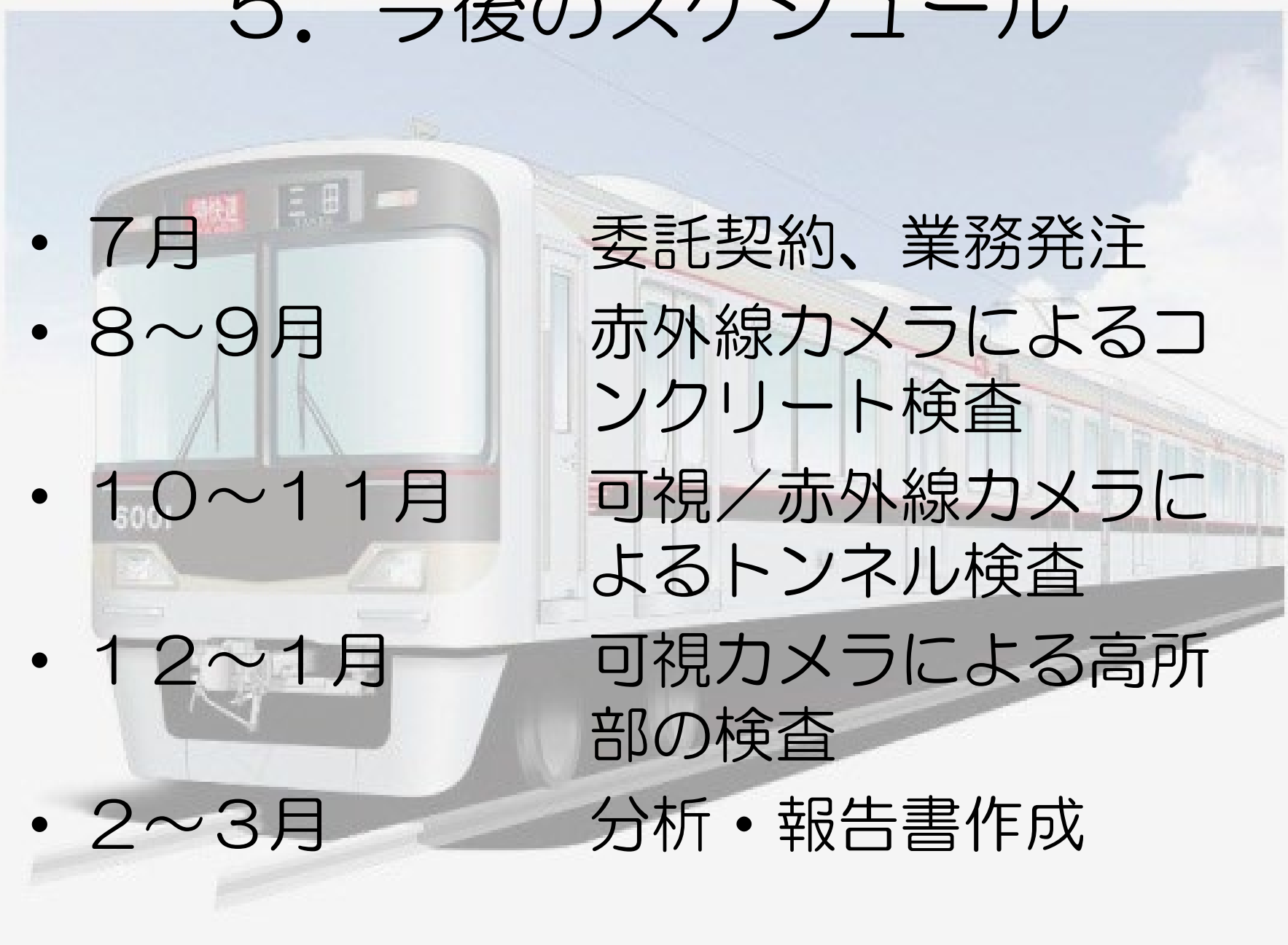
アドバイザー

神戸大学

日本アビオニクス株式会社

株式会社みなと銀行 地域戦略部

5. 今後のスケジュール

- 
- 7月 委託契約、業務発注
 - 8～9月 赤外線カメラによるコンクリート検査
 - 10～11月 可視／赤外線カメラによるトンネル検査
 - 12～1月 可視カメラによる高所部の検査
 - 2～3月 分析・報告書作成

3. 実施スケジュール・場所

5月31日

委託契約

7月20日

業務発注

9月8～10日

赤外線カメラによるコンクリート検査

（場所：当社線沿線各所）

12月13日

可視／赤外線カメラによるトンネル検査

（場所：有馬トンネル）

2. 実施スケジュール・場所

1月19日

可視カメラによる高所部の検査（昼間）
（場所：美嚢川橋梁、加古川橋梁ほか）

2月21日

可視カメラによる高所部の検査（夜間）
（場所：北鈴蘭台駅）

2月25日

可視線カメラ（マイクロドローン）による天井内
調査

（場所：新開地駅）

4. 実証試験の様子

9月8日



9月9日



9月10日



12月13日



3. 実証試験の様子

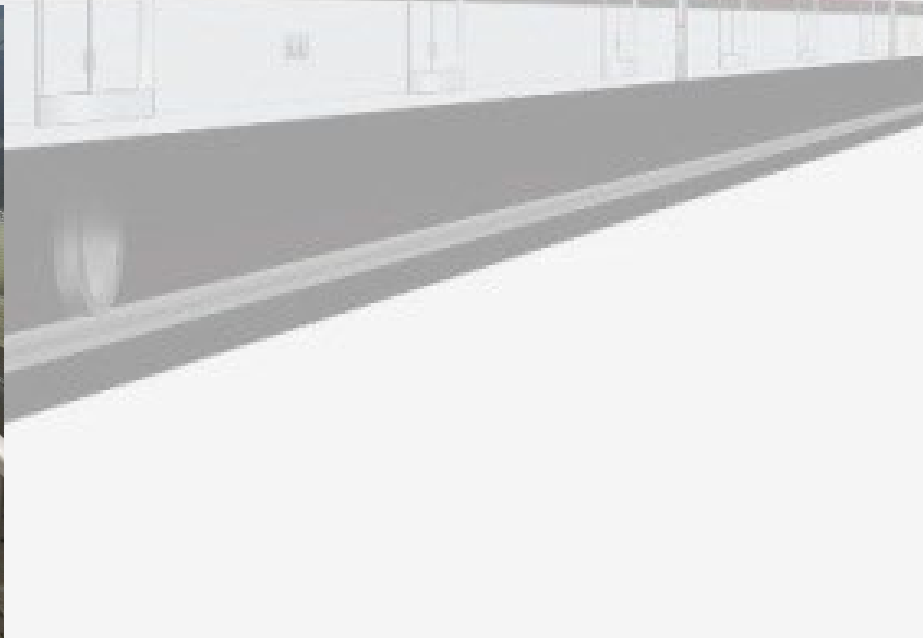
1月19日



2月21日



2月25日



5. 実証試験にて得られたデータ

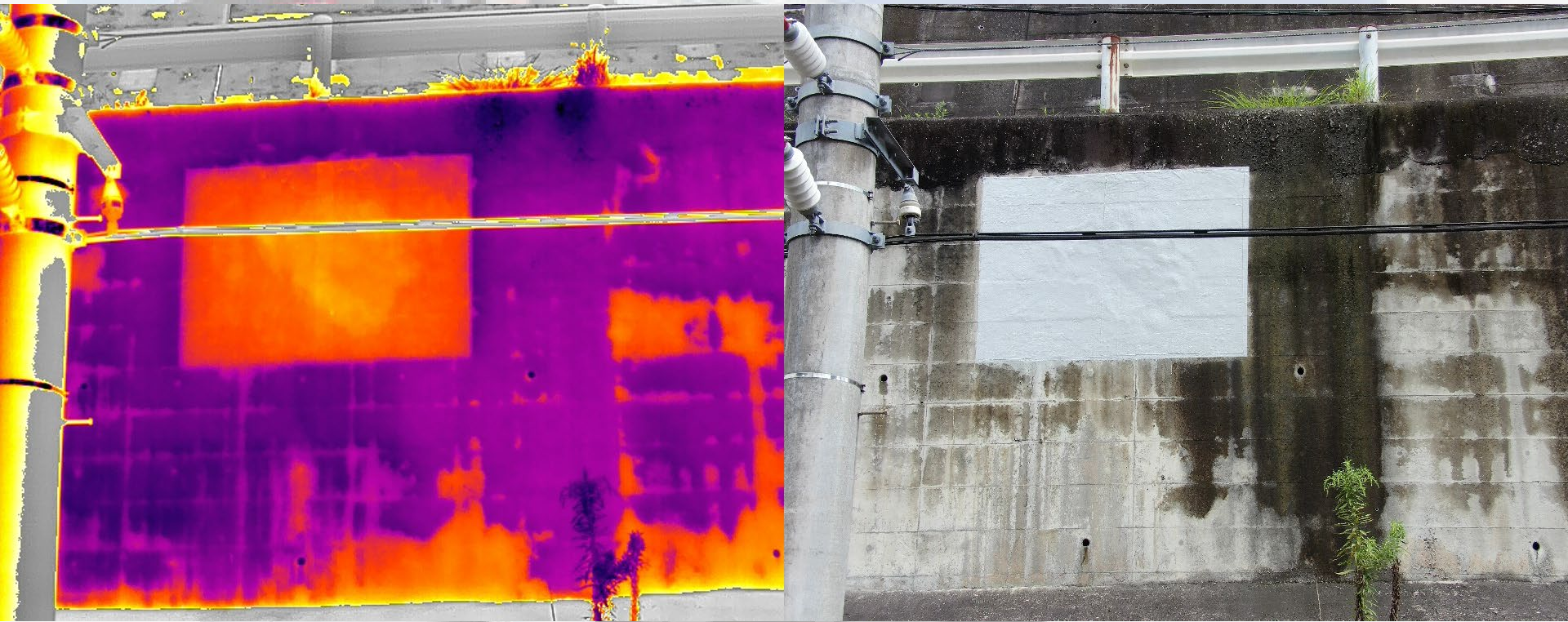
水路側壁（太陽光あり）



温度の高い箇所と浮きの発生箇所が概ね一致した

5. 実証試験にて得られたデータ

擁壁（太陽光あり）



はく落防止材の下の断面修復箇所が検出できた

5. 実証試験にて得られたデータ

擁壁（太陽光なし）



浮きがほとんど検出されなかった

5. 実証試験にて得られたデータ

トンネル覆工

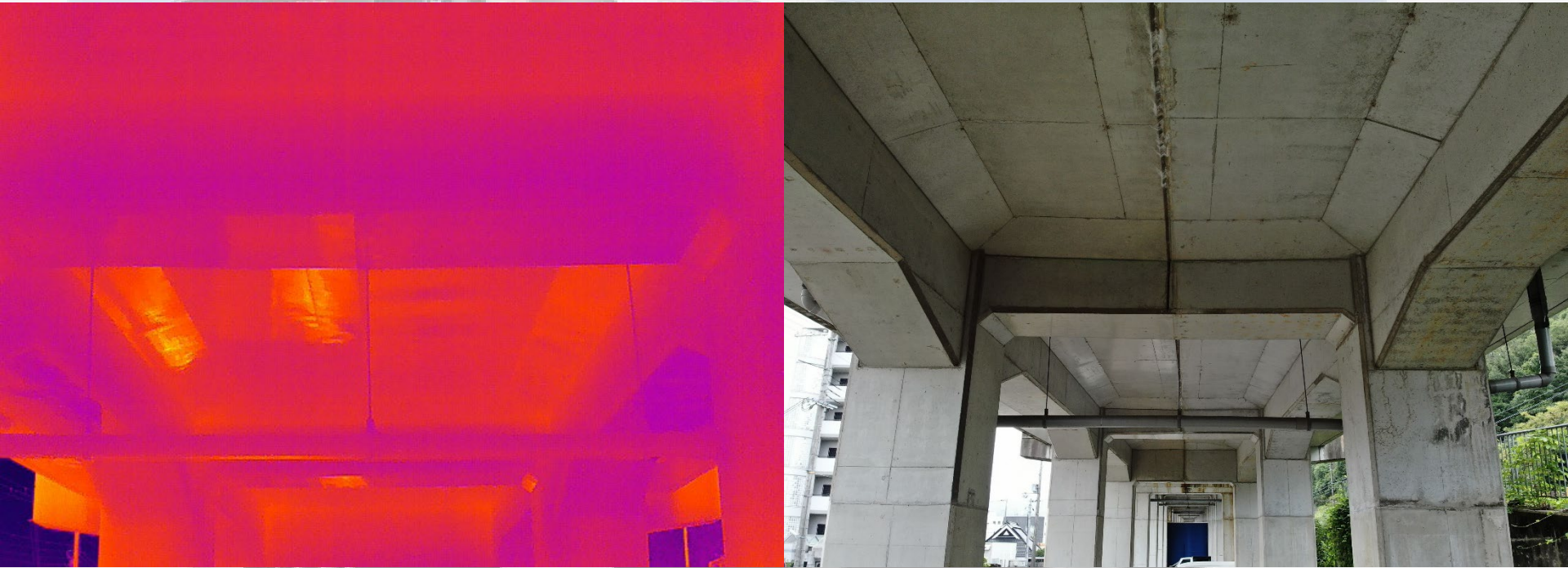


（12月13日の試験による見解）冬季であれば、覆工表面の温度は下がる反面、地熱により覆工背面の温度は一定に保たれているため、それらの温度差により浮きを検出できる場合がある。

※浮きの部分の温度が低くなる

5. 実証試験にて得られたデータ

高架橋床版下面



一見浮きが発生しているように見えるが、これは直下に駐車している自動車に反射した太陽光による温度変化である

5. 実証試験にて得られたデータ

擁壁（太陽光あり）



浮きの検出が不十分だった

4. 実証試験にて得られたデータ

橋りょう



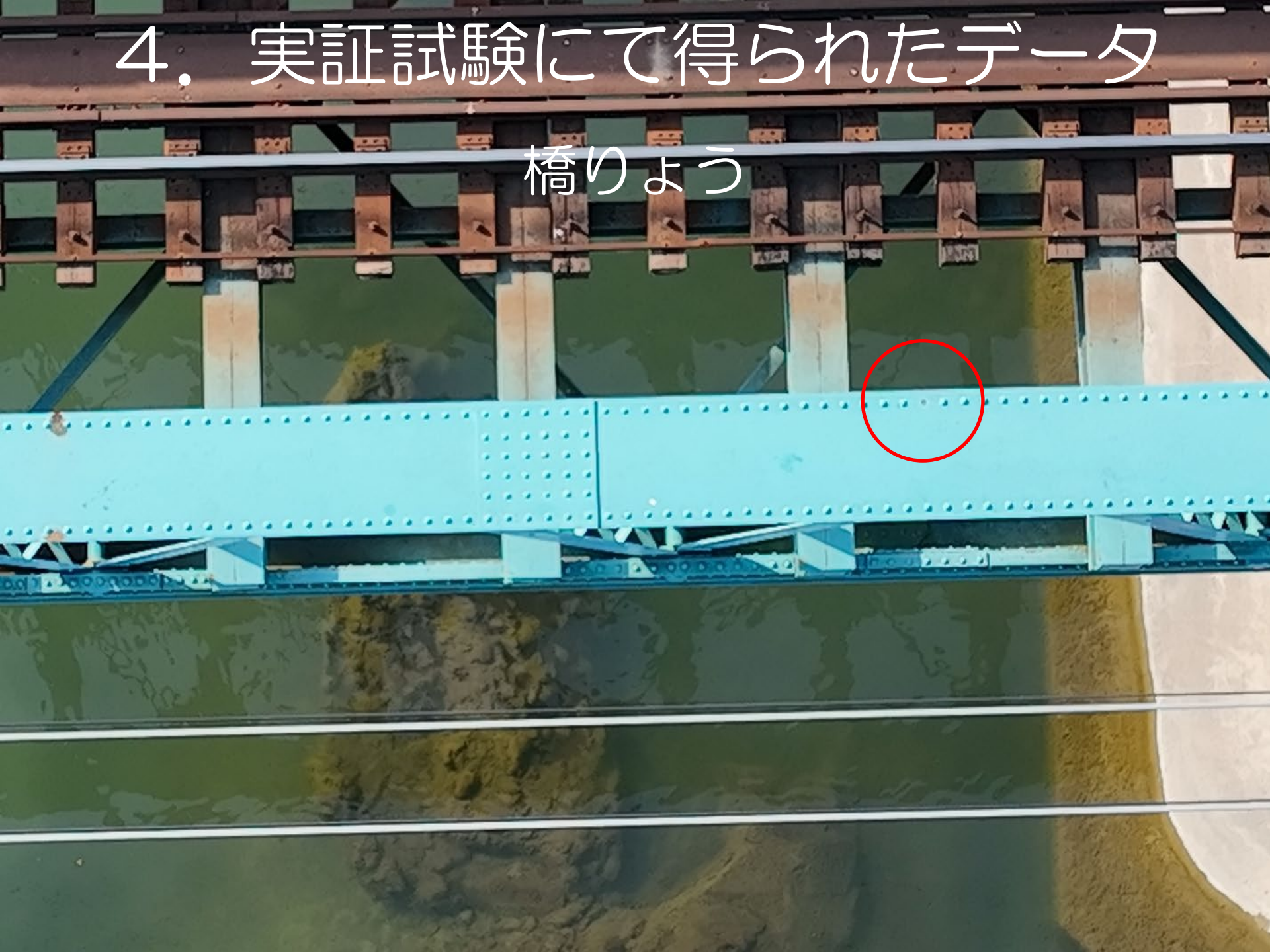
4. 実証試験にて得られたデータ

橋りょう



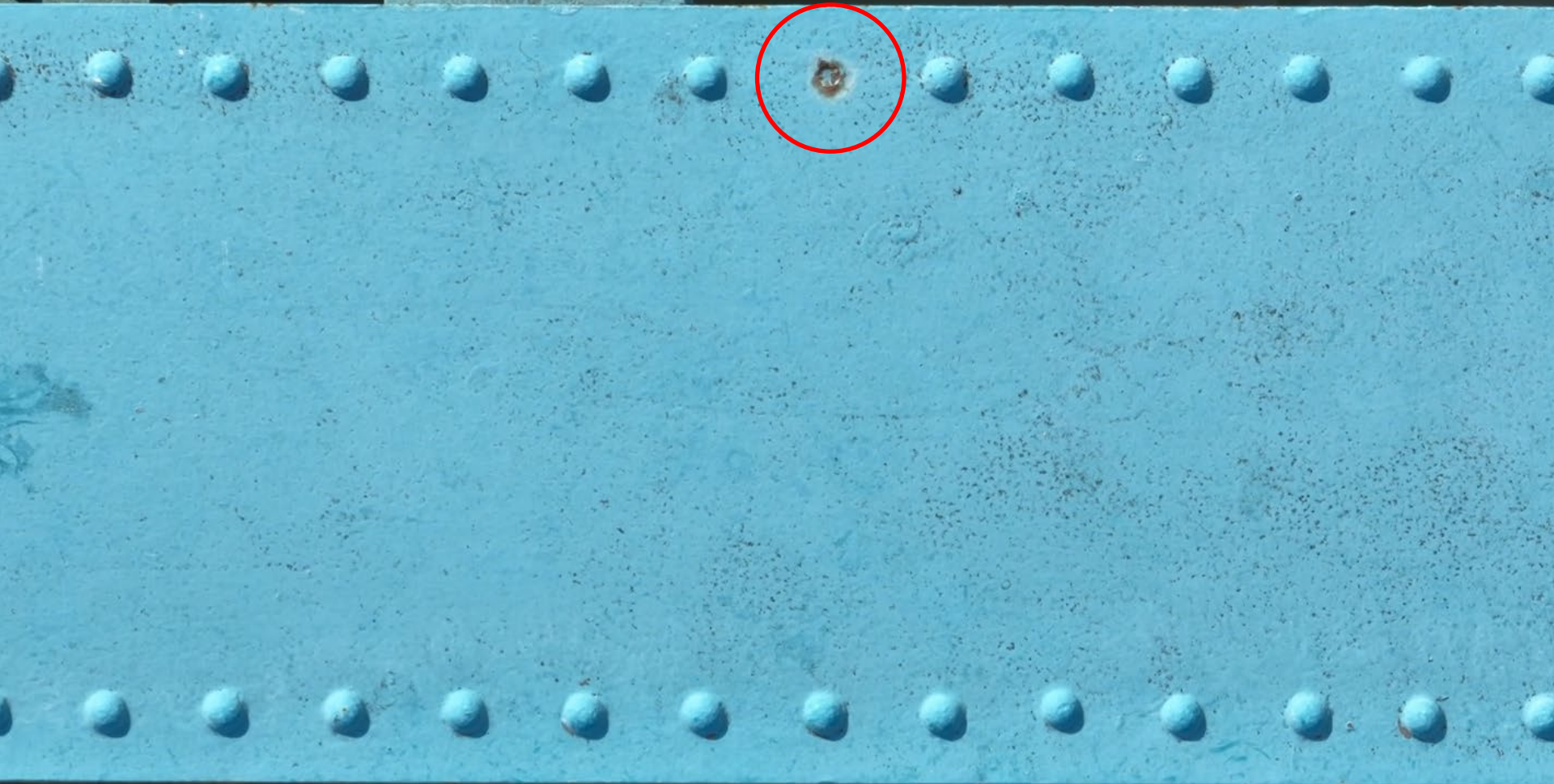
4. 実証試験にて得られたデータ

橋りょう



4. 実証試験にて得られたデータ

橋りょう



4. 実証試験にて得られたデータ

天井内



4. 実証試験にて得られたデータ

天井内



4. 実証試験にて得られたデータ

天井内



4. 実証試験にて得られたデータ

天井内



4. 実証試験にて得られたデータ

天井内



6. 得られた知見等

- 太陽光が当たらない場合、浮きはほとんど検出されない。
- 太陽光が当たらなくても、冬季であれば浮きを検出できる可能性のあることが判明した。
- コンクリート表面の温度変化は、反射光や水分等様々な要素により生じる可能性があるため、それが浮きによるものかどうかの見極めに注意が必要である。
- 同じ条件（太陽光、気温等）でも浮きを検出できない場合がある。

5. 得られた知見等

- 橋りょう上部工の検査に当たっては、列車運行に支障を来さないよう遠方からの撮影となったが、大型ドローンを使用することで高性能カメラや望遠レンズを搭載することができ、拡大しても十分鮮明となる画像を取得することができた。
- 地下駅天井内においては、空調設備や配線・配管・漏水用防水パン等が多数配置されており、撮影が難航することが予想されたが、相当の技能を有するパイロットを採用することで、ほぼ全延長に亘って撮影が可能であることが判明した。

7. 今後の予定

2月21日

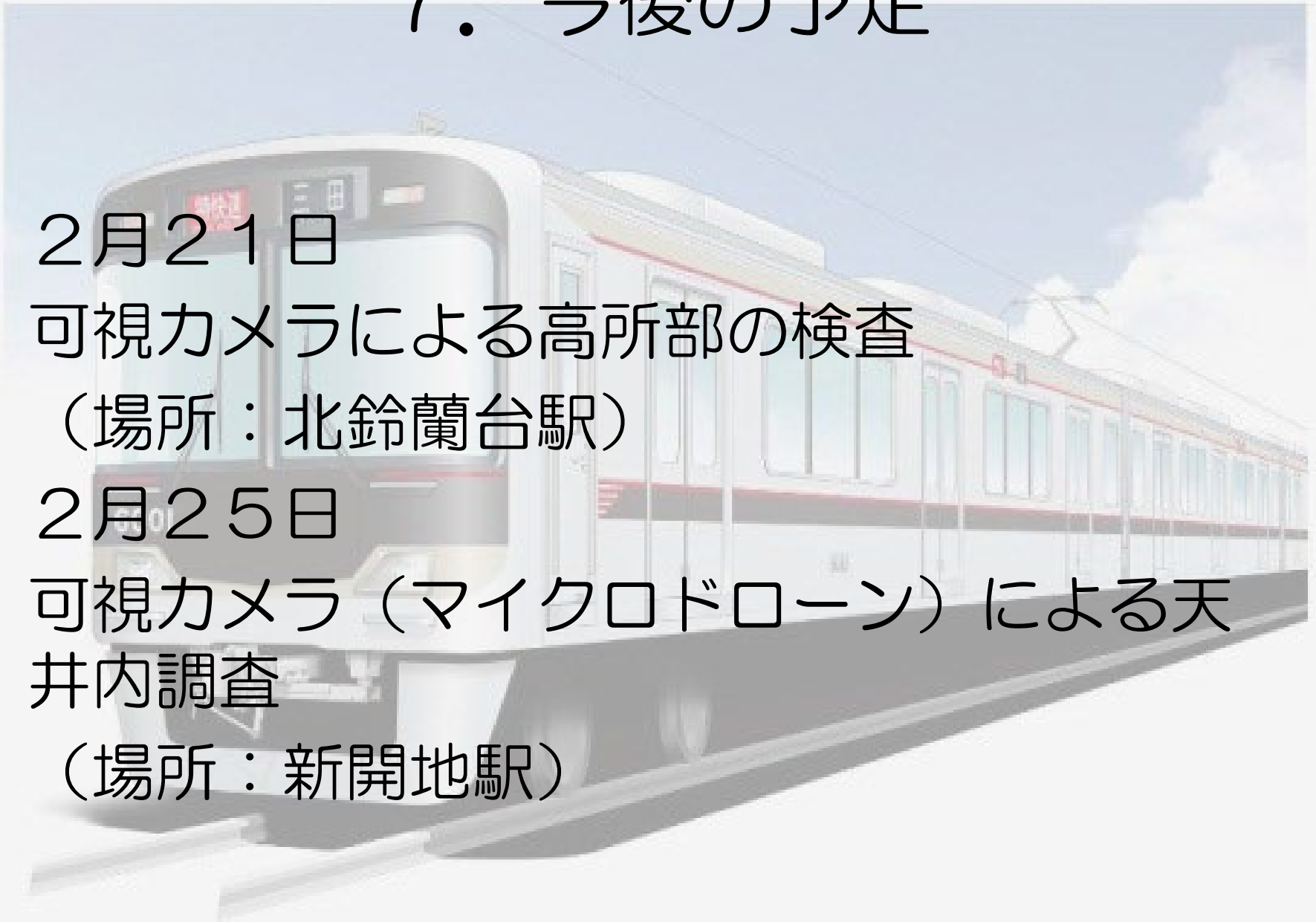
可視カメラによる高所部の検査

（場所：北鈴蘭台駅）

2月25日

可視カメラ（マイクロドローン）による天井内調査

（場所：新開地駅）



ご清聴ありがとうございました



ご清聴ありがとうございました



ご清聴ありがとうございました



(参考) 使用する機体の性能等

名称	DJI MATRICE 300 RTK
最高速度	82.8km/h
最高到達高度	5,000m
電波到達距離	8km
飛行可能風速	15m/s
最大離陸重量	9kg
最大搭載可能重量	2.7kg
最大使用可能時間	55分
推奨動作環境温度	-20℃~50℃
防水性能	IP45
長さ×幅×高さ	810×670×430mm（展開状態、プロペラ除く）



(参考) 使用するカメラ

種類	赤外線カメラ 『ZENMUSE H20T』
重量	828g
保護等級	IP44
動作温度	-20℃～50℃
レーザー安定性	クラス1M
解像度	640×512
安全性能・異常発生時の安全装置	・障害物検知機能 ・自動停止機能 ・自動復帰機能 ・衝突防止用ビーコン





仕様

- ・アイテム：GoPro Hero用Beta85X
- ・重量：67.77g（GoPro Heroまたはバッテリーなし）
- ・F4 AIOブラシレスFC 12A V2（BLHeli_S）
- ・フレーム：Beta85XフレームV2
- ・モーター：1105 5000KVブラシレスモーター
- ・プロペラ：2 × 4ブレードプロペラ
- ・受信機オプション：Frsky XM + / TBS Crossfire
- ・カメラ：Betafpv EOS V2カメラ
- ・推奨バッテリー：450mAh 4s 75Cバッテリー（含まない）