特殊信号発光機の視認性確認システム

信号・情報技術研究部（信号システム）

長峯　望

発表順序

1. 目的
2. 背景
3. 現状の検査方法と課題
4. 開発手法
   - 基本的概念
   - 車上装置
   - 地上装置
   - 検測結果
5. まとめと今後の予定

目的

特殊信号発光機は、常時は滅灯し異常時のみ発光する方式であるため、運転時間帯での視認確認が難しいという課題がある。

現行の特殊信号発光機の定期検査（目視）の代替として、車載型の視認性確認システムを開発し、保全コストの軽減と、検査精度の向上を図る。

↓

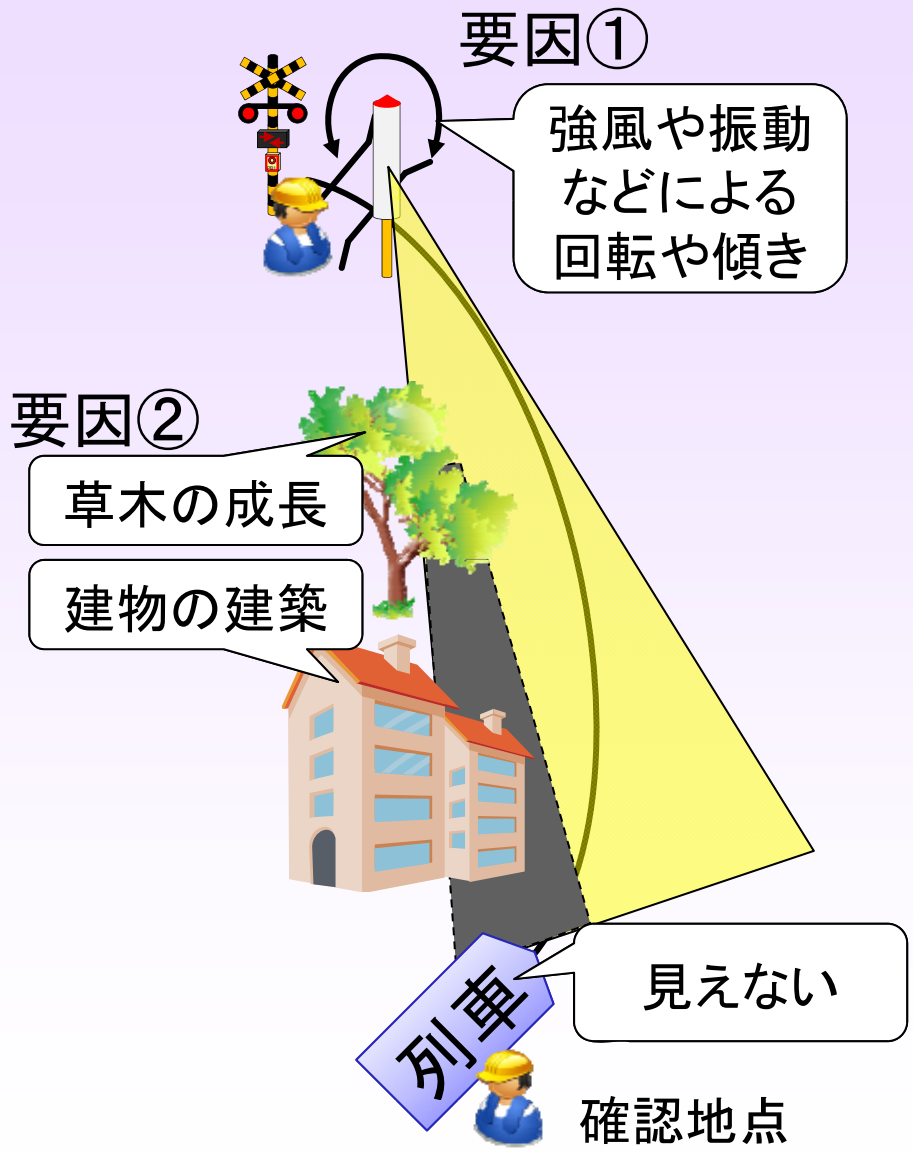
近赤外線と画像処理技術を用いることで列車運行に支障せず検査を行える新しい視認性確認手法を開発した

研究の背景（特殊信号発光機の視認性）

- ➢常時滅灯
- ➢注視義務がない

⇒任意設置設備であるが、不備による事故でも、設備側の責任を追及されるようになってきた

⇒設置後の様々な要因により視認性が確保されない場合がある



<u>現状の検査</u>

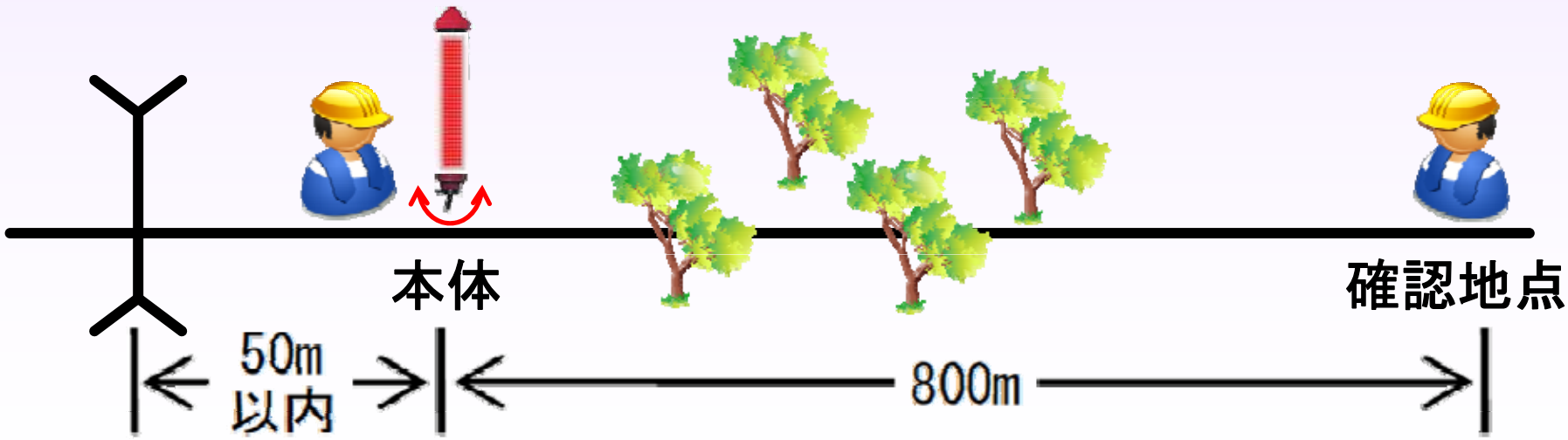
- 確認地点（800m）での目視確認
- 作業員の主観で、定量的でない
- 日中での検査が困難
- 800m地点のみで連続的でない
- コストが高い

現状の検査方法と課題

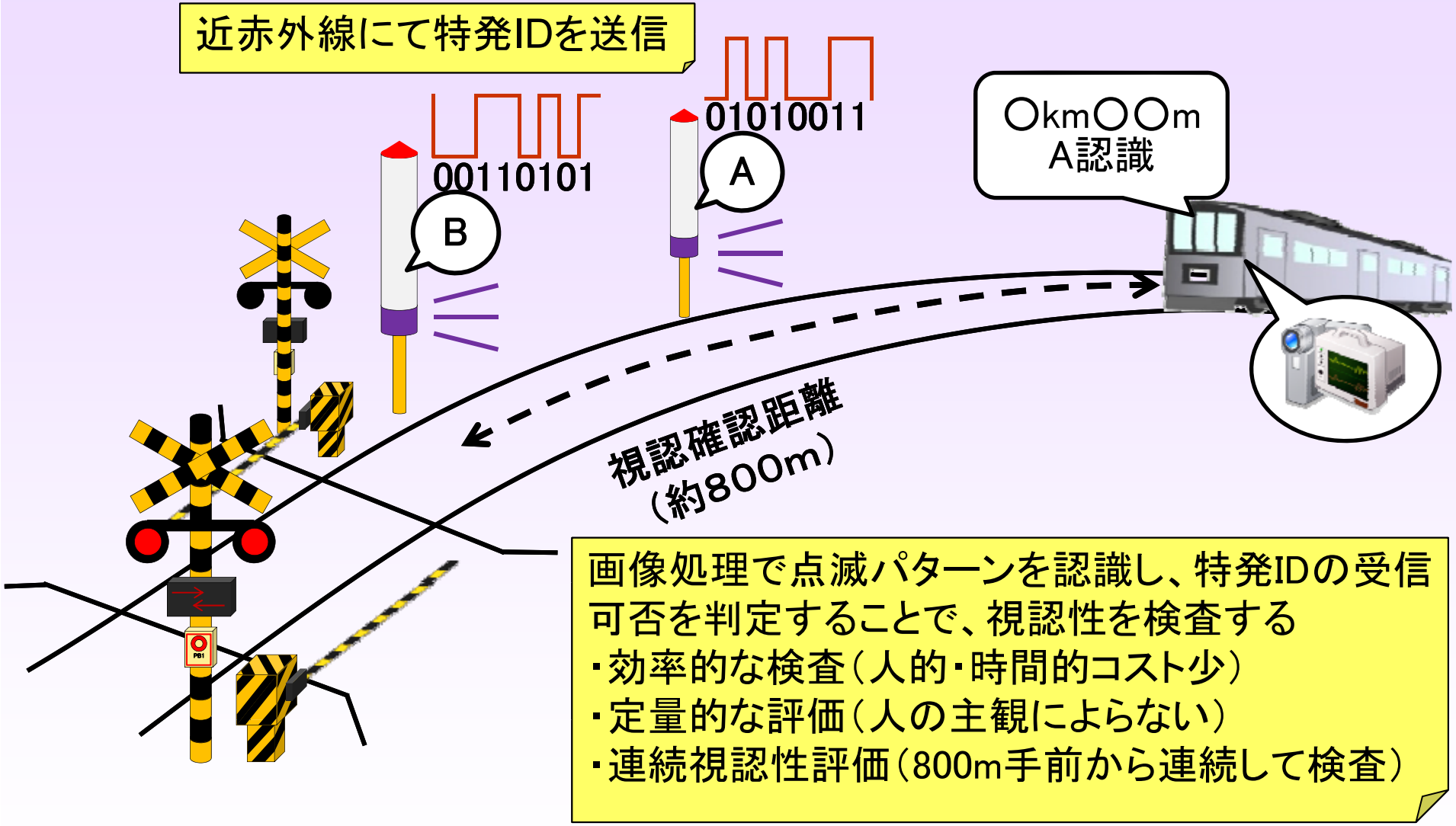
- 特発建植時の視認性確認
  - 作業員による点灯
  - 確認地点（800m）での目視確認
  - 見通しが取れているか？
  - 草木等で遮蔽されてないか？
  - 角度が正しく向いているか？

→

- 定量的でない
  - 作業員の主観による
- 日中に作業するのが困難
  - 営業列車を支障する
  - 高密度線区では日中に行うのはほとんど不可能
- 800m地点のみでの確認
  - 0m～800m区間全てで視認性確認がとれるべき



車上型視認性確認システムの概念



画像処理で点滅パターンを認識し、特発IDの受信可否を判定することで、視認性を検査する
・効率的な検査（人的・時間的コスト少）
・定量的な評価（人の主観によらない）
・連続視認性評価（800m手前から連続して検査）

注）「視認確認」とは規定された距離において見通せているか否かを表す

開発手法の特徴

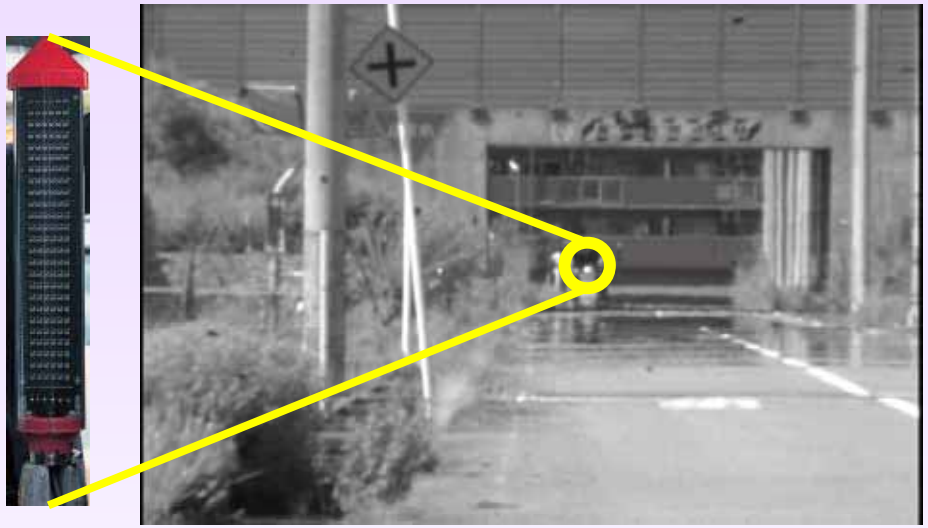
- 視認性確認の検査時に列車運行を支障しない
- 現行の特発の支持柱に設置が可能
- 現行のケーブル（1ペア）のまま構築可能
- 現状の拡散角度に対応した視認性確認が可能
- 客観的な視認性の評価（及び記録）が可能
- 複数の特発を区別して視認性確認が可能
- １回の走行で線区全体の検査を効率よく実施が可能
- 検査ログとして映像が残るため検査NG時の状況把握が容易
- 視認距離から通過するまでの連続した検査が可能

発光機の基本設計

- 不可視光線を採用
  → 近赤外線 940nm

- 光源素子配置パターン
  （十字、四角、星型…etc）
  → 800m離れると「点」

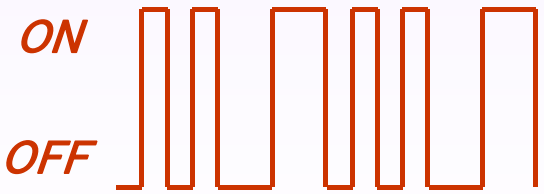
- 特異パターンで点滅させる

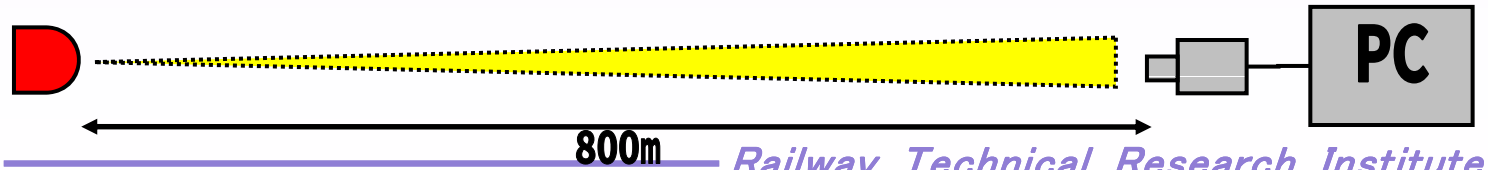


160mmレンズ使用映像

太陽光に含まれる波長とそのエネルギー

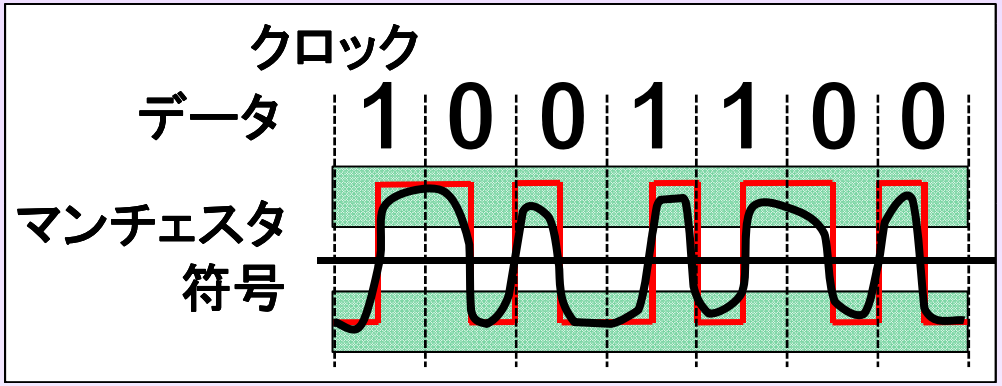
	波長	エネルギー
紫外線域	300～400nm	3%
可視光域	400～700nm	47%
赤外域	700～2800nm	50%

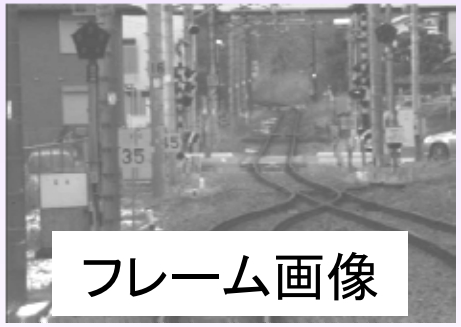


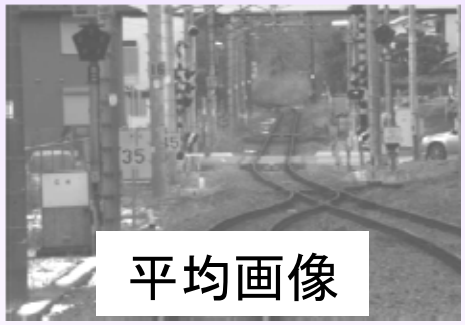


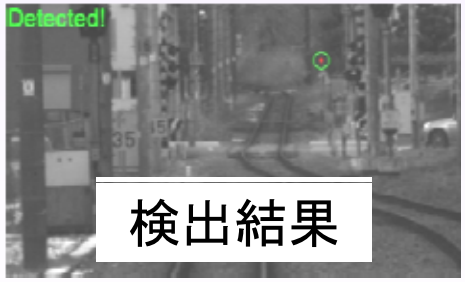
特殊信号発光機の点滅パターンの符号化手法

- 耐ノイズ対策として、環境ノイズへの耐性に強いマンチェスタ符号化を使用
- マンチェスタ符号では、0と1の出現度が等しいため復号には平均値を使用可
- 復号化は、受信データから求めた平均値と受信データとの差分を閾値処理





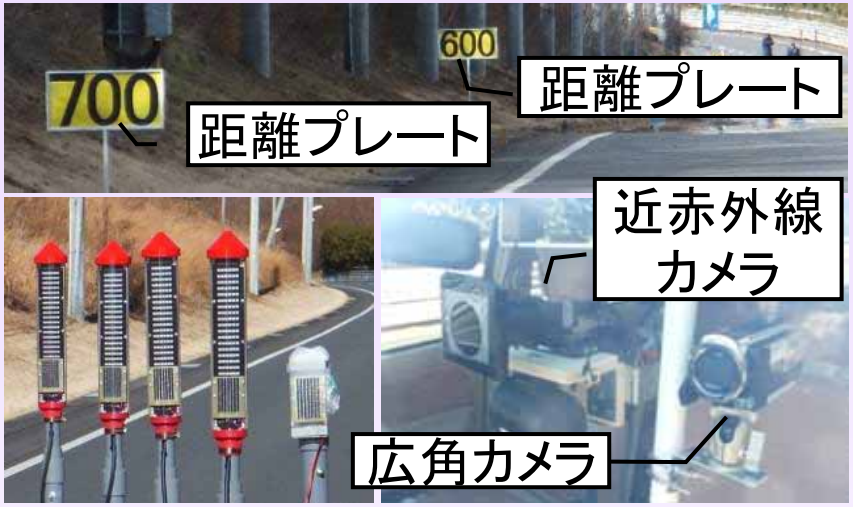


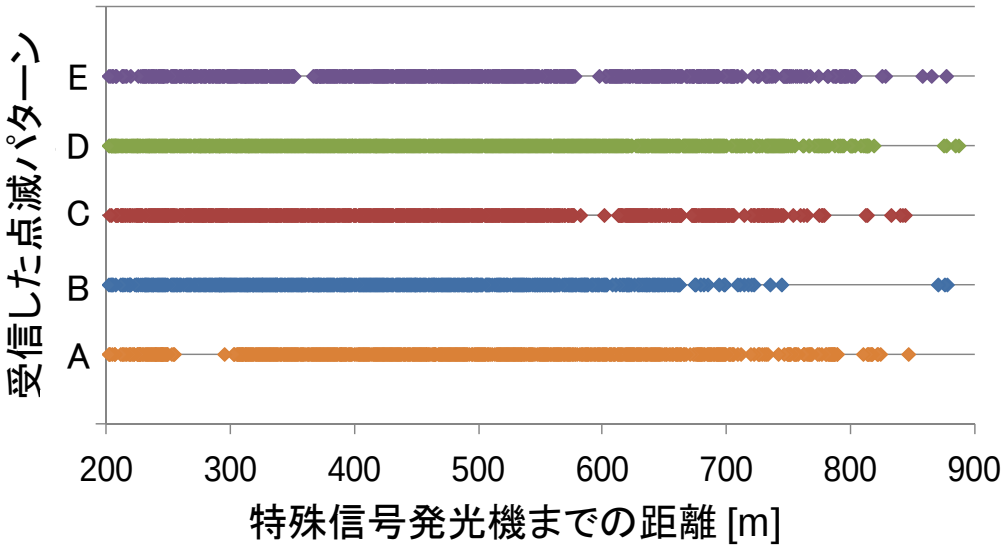


ノイズの多い実環境下に適した符号化方式と、その復号のための画像処理アルゴリズムを考案した

複数特発の個別認識試験

- 同一地点に10cmの離隔で設置
- 1300m手前から80km/hで測定
- 各特発の点滅パターンを連続して個別認識可能であることを確認した



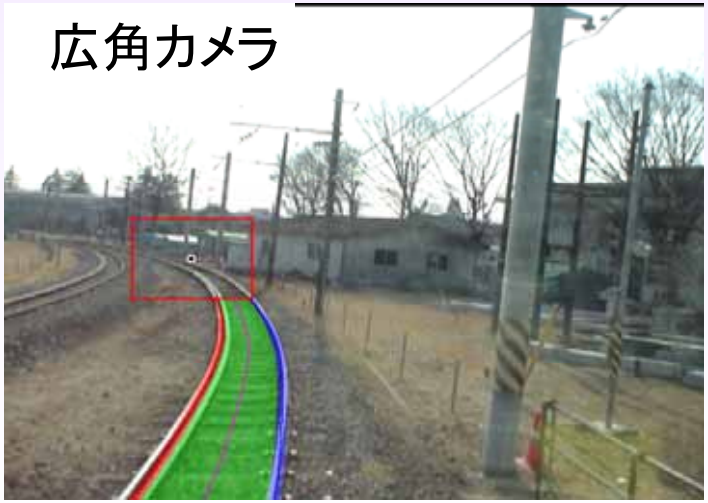


提案方式を用いることでノイズの影響を受けずに高精度で点滅パターンを復号化できることを確認した

隣接特発を模擬したフィールド試験

車上装置概要

- 広角カメラ映像からレールを検出し、目標となる消失点を得る
- 望遠カメラを搭載したPTZ雲台を制御し、消失点が画面ほぼ中央に映るようにする



赤枠が近赤外線カメラの視野

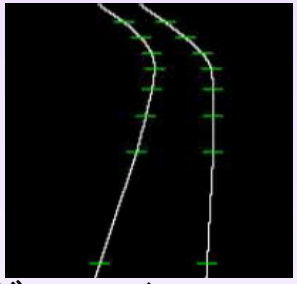
視野制御後の映像例

800m遠方を撮像するために望遠カメラの視野制御する手法を開発

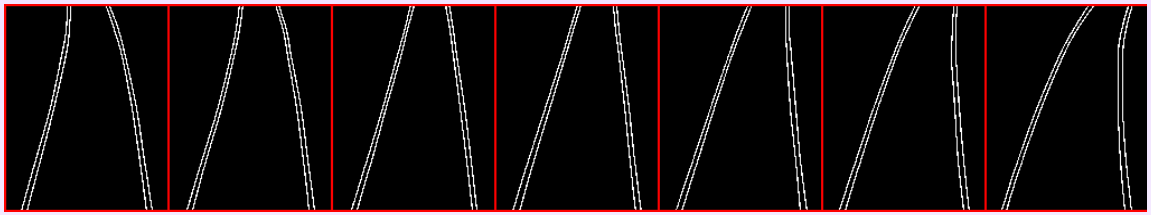
レール抽出手法

近傍領域

検出精度及び処理時間の向上を図るため、近傍領域は予め用意した代表的なレールテンプレートとのマッチングを行う。⇒ 確実な検出を実現



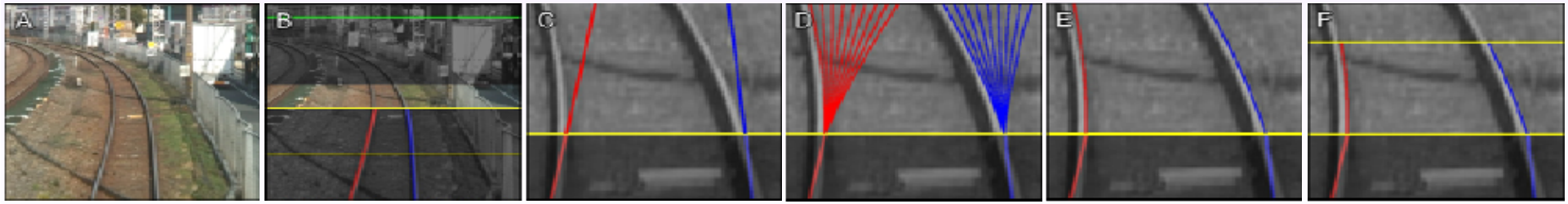
セグメントベースモデル



登録した典型的なレールパターン（7種類の例）

遠方領域

左右レールの終端部を中心に、直線の傾きに対して±数°の幅で、次候補のレール線分を数本発生させ、その中から最もレール画像とのマッチ度の高い候補を選択する。



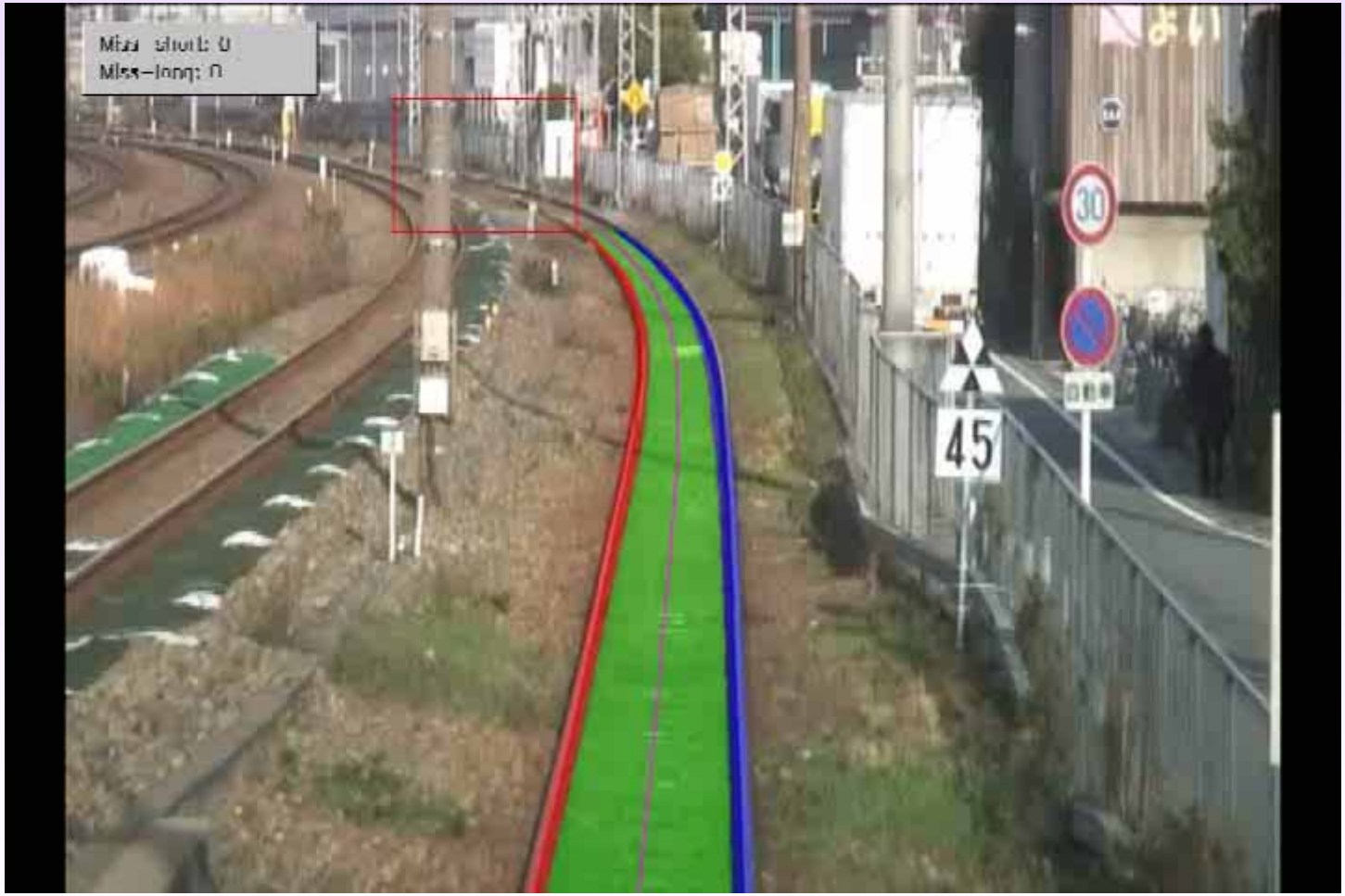
元画像　テンプレートマッチング結果　レール終端部延長処理　次領域候補発生処理　ベストマッチングレール候補　次領域終端点確定処理

レールの位置と形状の知識を利用した抽出処理

提案手法の特徴

レールを近傍は長く、遠方になるほど短くなる直線と曲線セグメントで表現する。カメラ近傍のレールは、天候の変化や環境光にあまり左右されず、比較的強いエッジが観測されるうえ、その曲率は緩くほとんど直線的である。

レール抽出結果

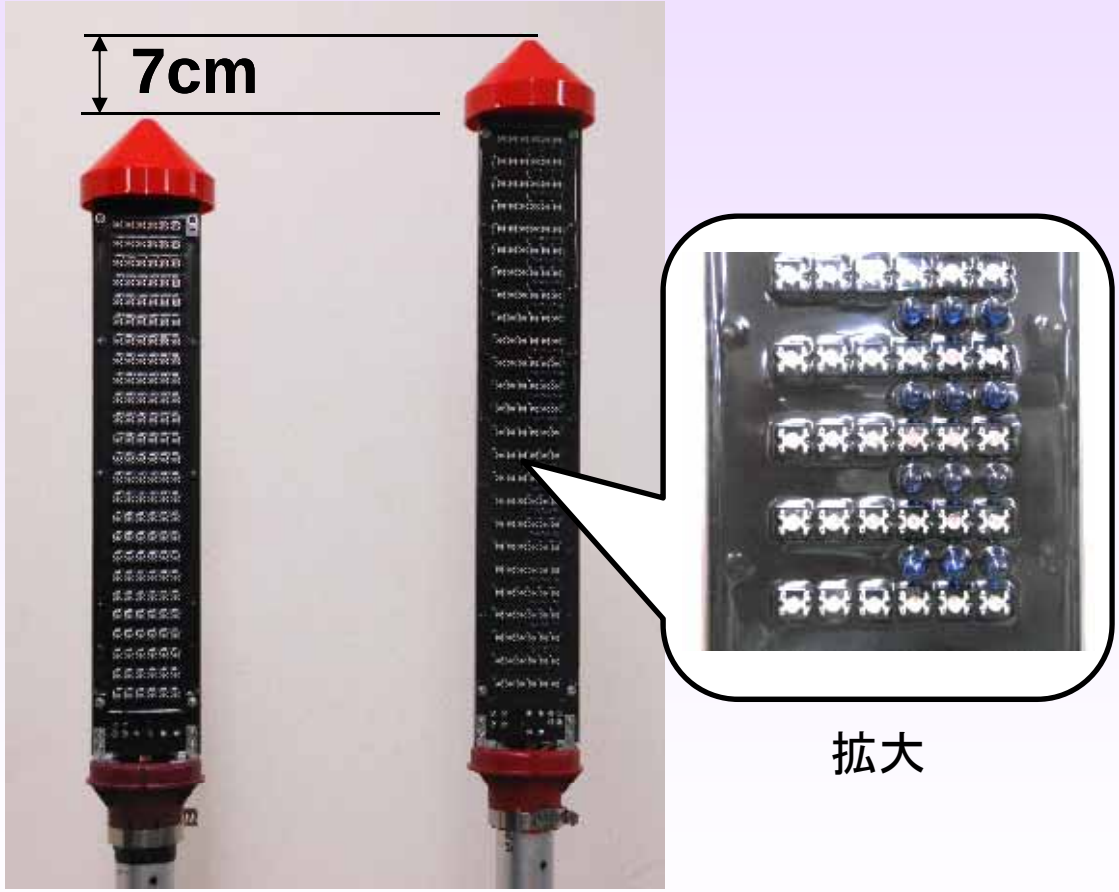


遠方の詳細な画像が必要 ⇒ ズームカメラ

レールの消失点方向をズームカメラの視野目標とする

カメラ視野制御システムの動作確認

開発品の外観



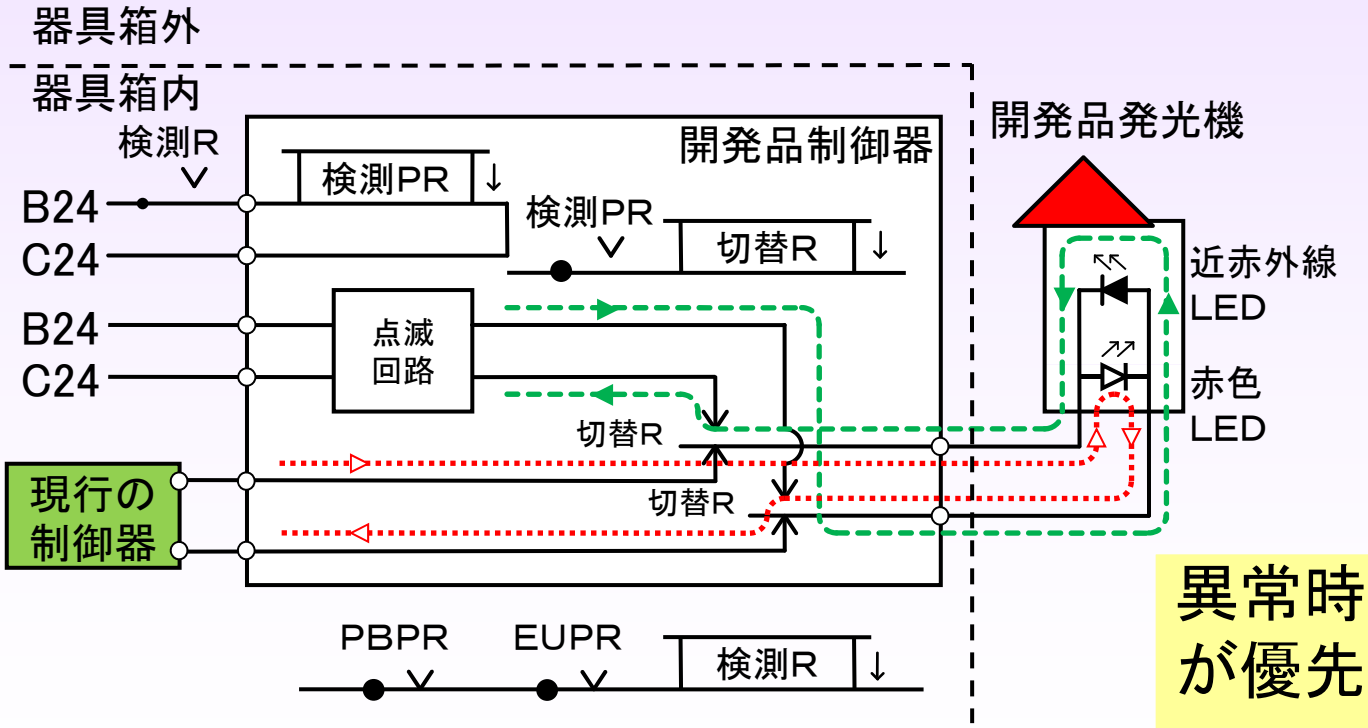
拡大

現行品　開発品　開発品制御器

回路概念図

発光機側　現行の発光機を開発品の発光機に取替える。
（配線は従来通り）

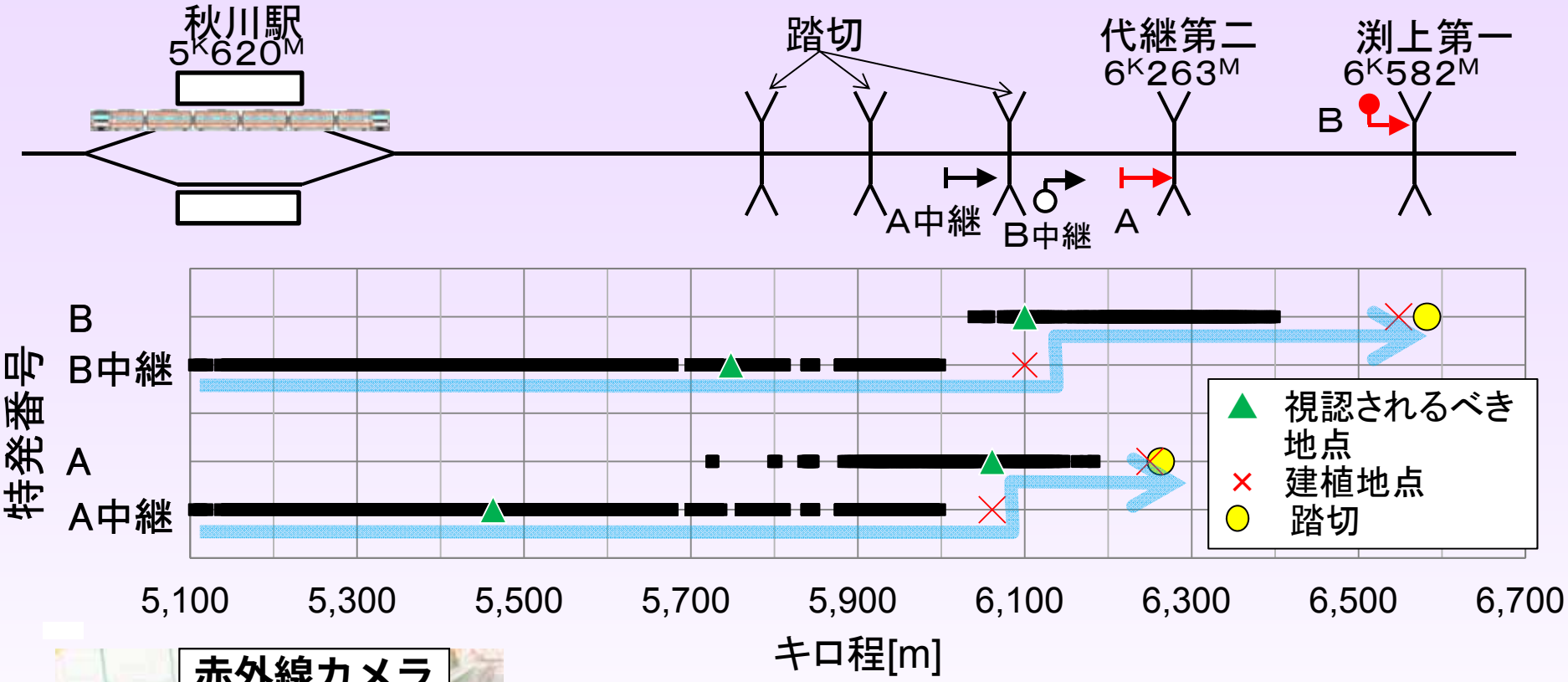
器具箱側　現行品と発光機の間に開発品を挿入する。



異常時はPBや障検が優先される

断線検知機能を活かしたまま、現行の1ペアケーブルで施工できる

システム性能確認のための現車試験



A中継

B中継

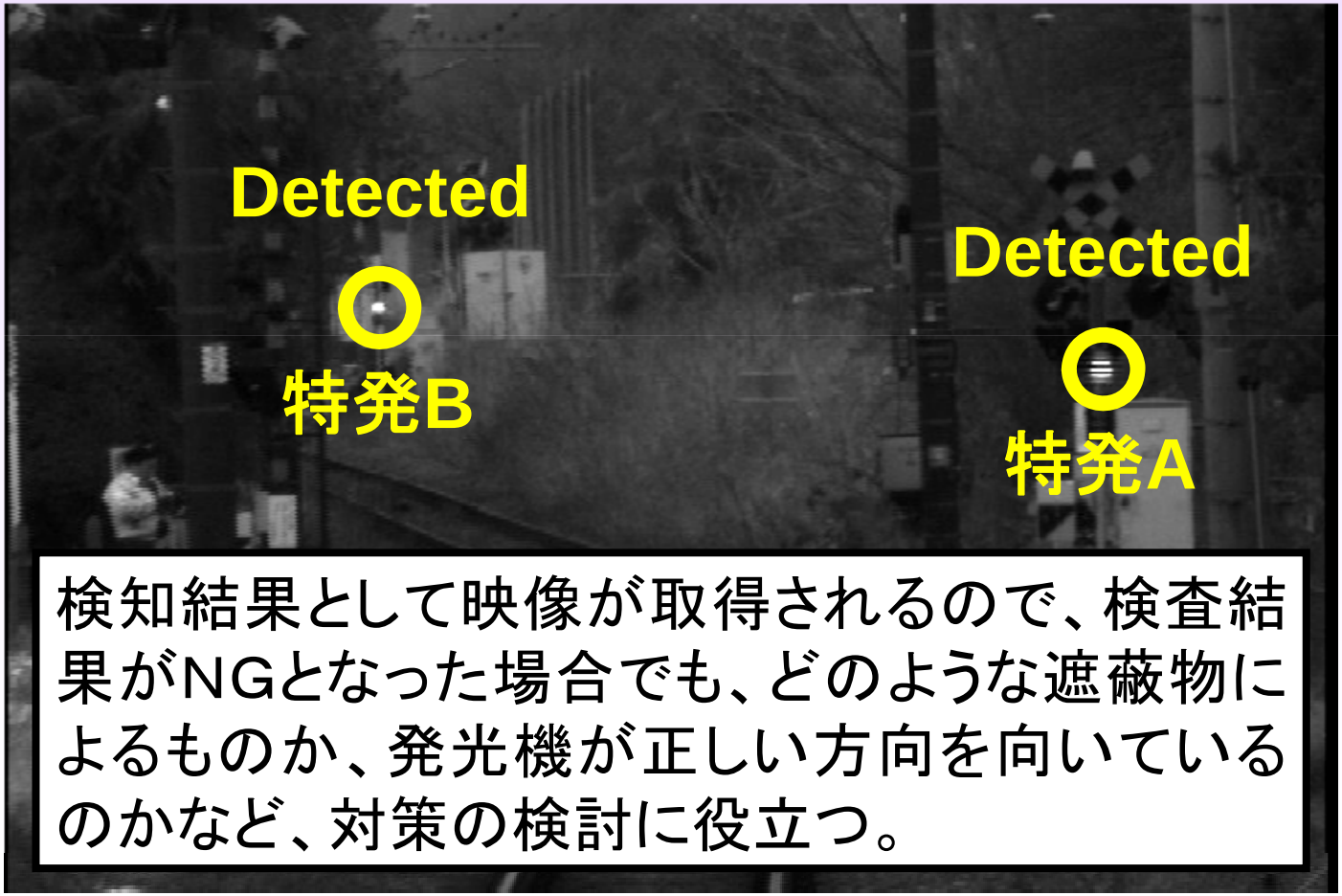
試験機A

試験機B

五日市線 E233 車載 2013.12.10～12

実フィールドにおいて提案手法の有効性を確認した

視認性確認結果の例



検知結果として映像が取得されるので、検査結果がNGとなった場合でも、どのような遮蔽物によるものか、発光機が正しい方向を向いているのかなど、対策の検討に役立つ。

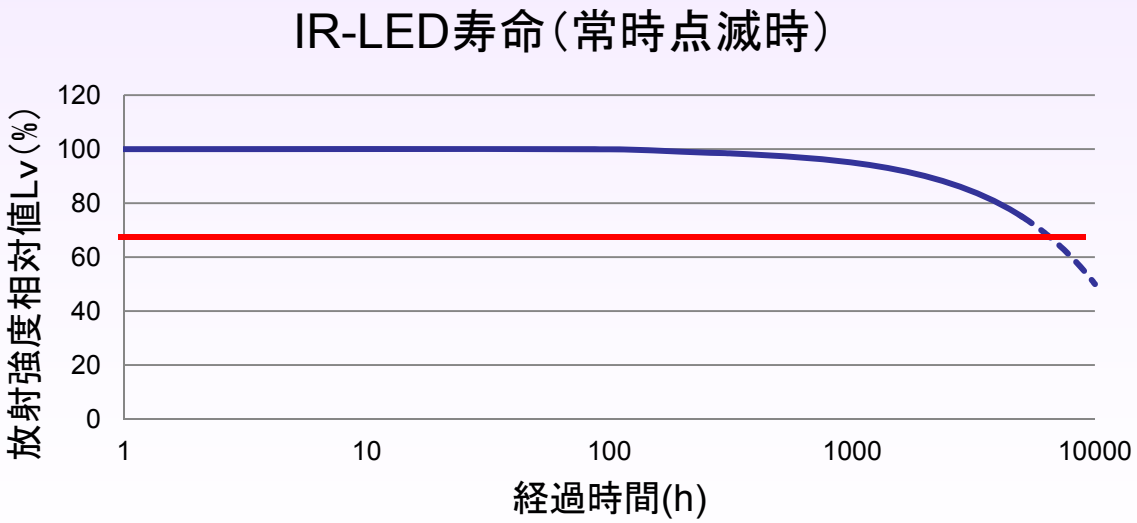
結果動画

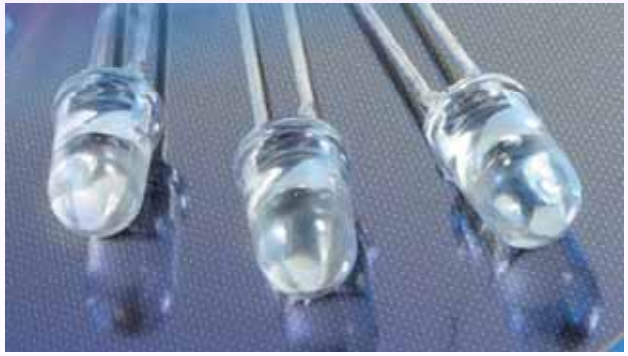
経年劣化と検知性能

- IR-LED素子の放射強度は25℃環境下、常時点滅、2000hで10%減衰する
- 検知性能の限界点は、初期放射強度の70%と判断している

  ※　照明器具JIS C 8105-3の寿命定義と同等

IR-LED素子の寿命は短く、常時点滅で　6000h（約8ヵ月）





70%の劣化においても検知性能を満たすことを確認した

点灯時間の運用制限

➢ 実際の検査時間は1年のうち極わずかな時間である

・夜間、土日は検査しない。検査月も限られる

点灯時間/1日（hour）	点灯日数/1週間（day）	点灯する月/12カ月（month）	減衰到達年数（年）
6	5	6	7.67
6	5	4	11.51
6	5	3	15.34
6	4	6	9.59
6	4	4	14.38
6	4	3	19.18
6	3	6	12.79
6	3	4	19.18
6	3	3	25.57

制御器カレンダータイマーの任意設定により10年間以上使用可能

他設備への影響

- IR発光が他設備へ運用上影響を与えないことを、実際のIR発光機を用い現用の周辺設備に近接させることで確認している

【詳細試験実施機種】

・大型支障物検知装置（大型障検）
・踏切障害物検知装置（一般障検）
・踏切障害物検知装置（3DLR式）
・保守車用踏切制御装置

通常の使用においては影響を与えないことを確認した

まとめと今後の予定

まとめ

- 列車運行に支障を与えず効率的に検査できる手法を開発した。
- 試験にて800m以上手前から各々の特殊信号発光機を区別して視認確認することが可能であることを確認した。
- 他設備への影響を評価し、問題の無いことを確認した。
- 経年劣化の基準を決定し、使用範囲内における検知性能を確認した。

今後の予定

- 天候や日照量の変化などの様々な環境変化に対する視認確認の検知性能を把握するための長期モニタランを実施する
- 2016年度にJR東日本にて試行導入予定