

# 近赤外線を使用した 特殊信号発光機視認性確認システム



長峯 望

Nozomi Nagamine

情報通信技術研究部  
画像解析研究室長



向嶋 宏記

Hiroki Mukojima

情報通信技術研究部  
画像解析研究室  
副主任研究員



矢尾 裕樹

Yuki Yao

東日本旅客鉄道株式会社  
電気システムインテグレーションオフィス  
副長



渡辺 哲史

Tetsushi Watanabe

東日本旅客鉄道株式会社  
電気システムインテグレーションオフィス  
マネージャー



三輪 政寛

Masahiro Miwa

東日本旅客鉄道株式会社  
電気システムインテグレーションオフィス  
ユニットリーダー

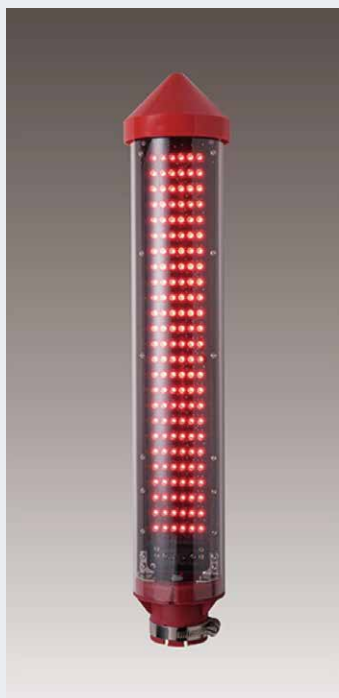
## はじめに

踏切に異常が発生したとき、進来してくる列車の運転士にその異常を知らせるための装置として、「特殊信号発光機」(図1)が設置されています。特殊信号発光機は、踏切に異常が発生

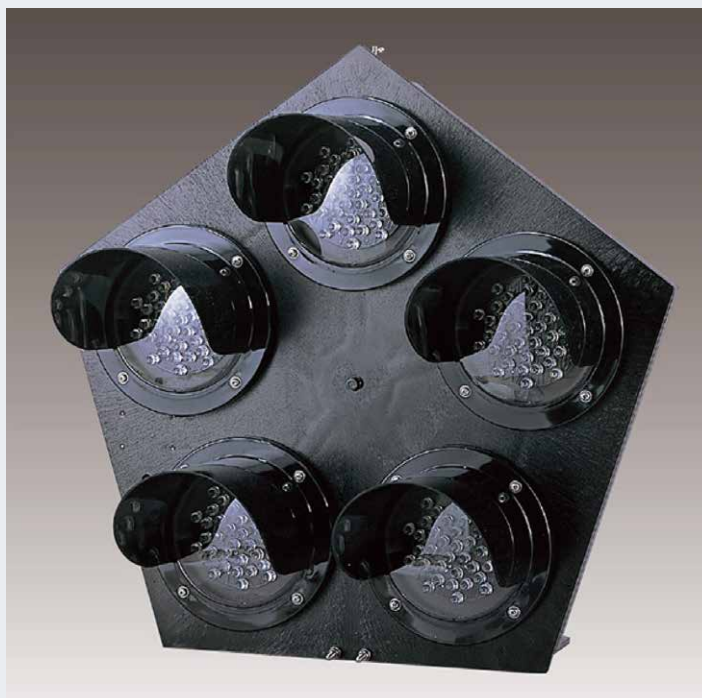
すると赤色光が点滅または回転して運転士に知らせ、運転士はその信号を見て非常ブレーキを扱って列車を止めます。

列車が安全に停止するためには、運転士が一定の距離からその赤色光が見えることが重要で

図1 特殊信号発光機 (左：点滅形、右：回転形) (三工社ホームページより)



点滅形



回転形

す。そのため、特殊信号発光機が木や建物などで遮蔽されて見えない箇所がないか、定期的に検査が行われています。この検査を視認性確認と呼んでいます。

現状の検査では、特殊信号発光機を発光させる必要があるため、夜間などの列車が走行しない時間帯を利用して、作業員が一つ一つ発光させ、視認性が確保できていることを検査しています。しかし、設置されている特殊信号発光機は非常に多いため、限られた時間で検査を行うには多くの日数と人手が必要になります。

そこで、新しい検査方法として、人間の目で

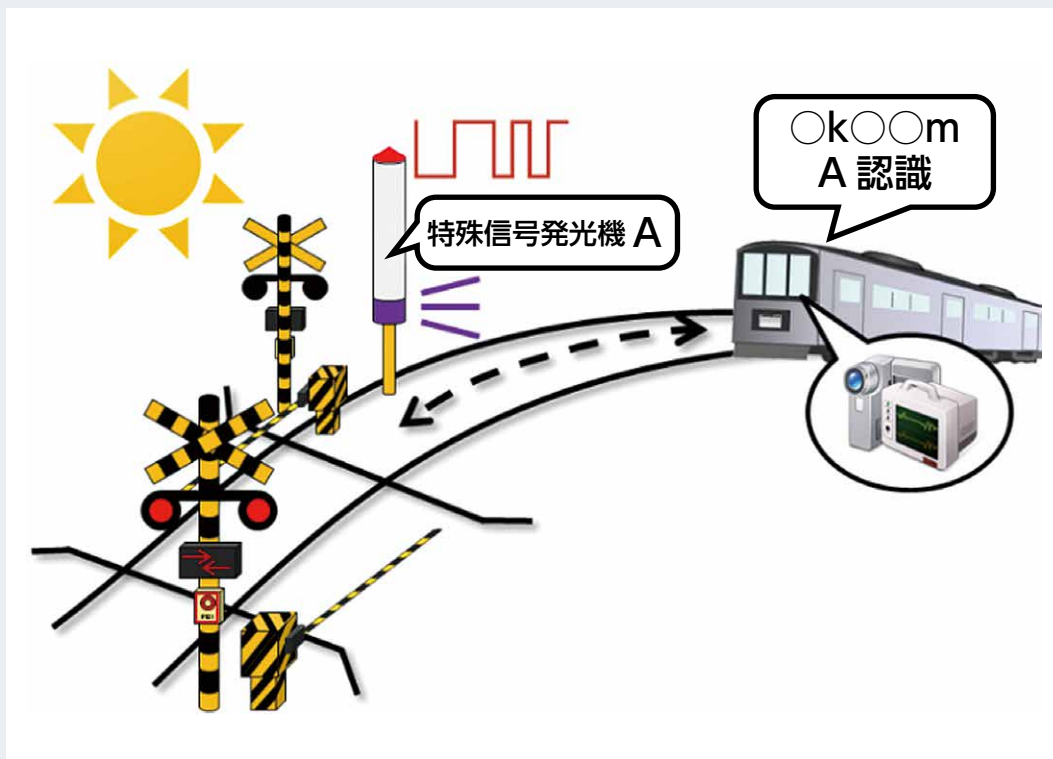
は見えない近赤外線<sup>®</sup>という光と画像処理技術を使う「特殊信号発光機視認性確認システム」を開発し、導入を進めています。このシステムでは、昼間に走行する営業列車から映像を撮影し、それを地上装置で解析します(図2)。これにより検査を自動化し、検査にかかる人的・時間のコストを減らすと同時に、良否の判定基準がシステムにより一意に決まり、定量的なものにすることを目指しています。

特殊信号発光機には点滅形と回転形がありますが、ここではJRで多く使われている赤色LEDによる点滅形を対象として開発をしました。

#### 光の波長と色

人間は光の波長によって色を感じており一般に380nm～780nmが可視光(目に見える光)とされています。そのうち、380nmが紫色であり、780nmが赤色です。この780nmよりも波長が長いものを赤色の外側の光として「赤外線」と呼び、780nm～2500nmを近赤外線、3000nm以上を遠赤外線と呼びます。

図2 視認性確認システムの概念図



## 特殊信号発光機視認性確認システム システムの特徴と構成

このシステムの特徴は、肉眼とカメラの感度特性の違い<sup>①</sup>を利用して、人間には見えない近赤外線を発光するLEDを用いて検査を行うことにあります。

点灯している近赤外線LEDを800m離れた地点から、近赤外線の帯域に感度のある特殊カメラで撮影した場合、LED配置の形状を多少変えても、カメラの画像の中ではほとんど点(ドット)のように映るため確認ができません。また、太陽光は可視光以外にもさまざまな光が多く含まれるので、LEDを単純に点灯させただけでは、太陽光に含まれるこれらの光と近赤外線LEDの光を区別して認識することは困難です。さらに線路沿線には、交通信号機、店舗の照明

や外灯など、さまざまな光があります。このように外乱光が多い中でも、特殊信号発光機の近赤外線LEDを正しく認識させる必要があります。そこで、人間の目に見えない近赤外線光を出すLEDを予め定めた点滅パターンで点滅させ、その点滅のパターンを画像処理にて認識することで外乱の影響を受けず、検査を行うことを実現しました。

本システムは地上に設置する地上装置、列車に取り付けて撮影する撮影装置、オフィスで解析する解析装置の3つで構成されています。

### 地上装置

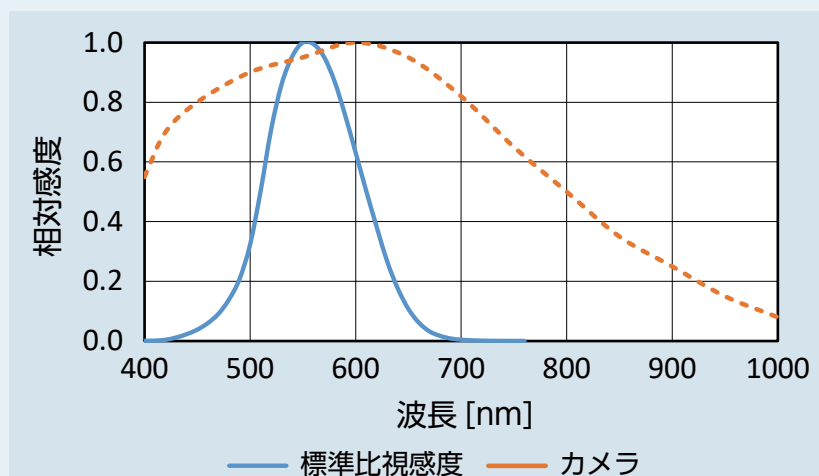
地上には、機能向上した特殊信号発光機を設置します。この特殊信号発光機は赤色の光(踏切の異常を運転士に知らせるため)と近赤外線光(視認性確認をするため)の2種類の光を点滅

## 人間とカメラの感度特性

人間の目が光の波長ごとに感じる明るさの大きさを比視感度といいます。比視感度には個人差があるため、国際照明委員会(CIE)が標準比視感度を定めています。標準比視感度では波長555nmを中心とした山状の感度曲線となります。

カメラの感度特性は人間よりも広帯域であり、ピーク波長はカメラによって異なり、一般に300nm~1200nm程度まで感度があるものが多いです(図I)。

この感度の違いを用いることで、人間の目には見えずに視認性確認の検査を実施することが可能となります(図II)。



図I 人とカメラ(一例)の波長に対する相対感度



図II 通常のカメラ(左)と特殊カメラ(右)による特殊信号発光機の発光状態の撮影



図3 特殊カメラを用いて近赤外線の発光を検知した結果の例

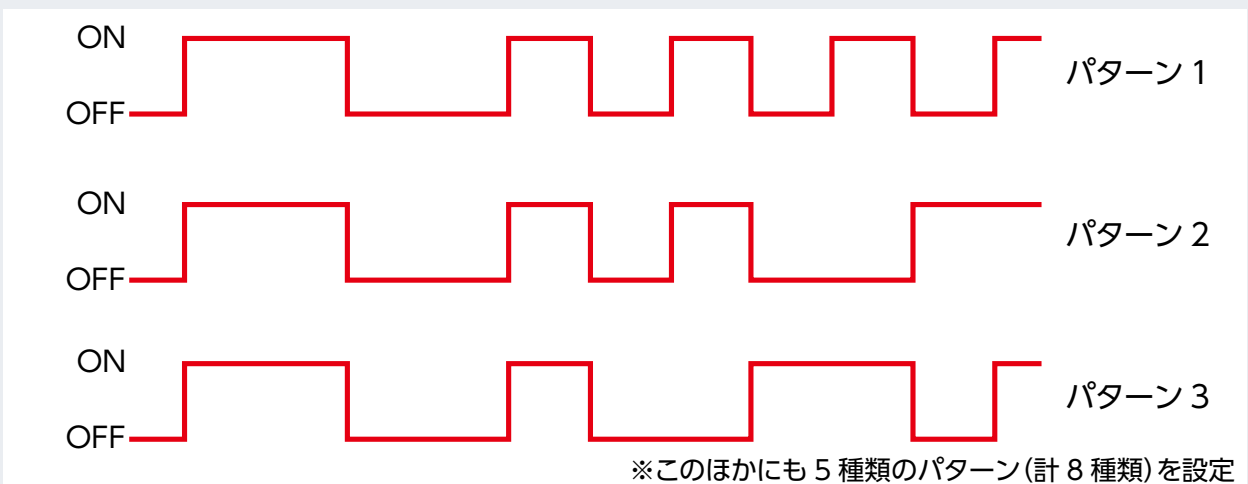


図4 点滅パターンの例

させることができます。

近赤外線光は特殊なカメラ以外では見えないため、列車の運転士には近赤外線光が点滅していても見えることはありません。そのため、列車が走行している時間帯においても、近赤外線光を点滅させることができます。

この光を撮影装置で撮影することで、昼間の列車運行中でも特殊信号発光機の視認性確認を行うことができます(図3)。

近赤外線光の点滅パターンは1周期10bitにしています。このパターンは1秒間に3回(30bit)の信号として発信されており、ノイズ(不要な光)と区別するために使います。また、このパターンを8種類用意し、個々の特殊信号発光機に異なるパターンを割り当てることで、検査対象とする特殊信号発光機と周囲にある他の特殊信号発光機とを区別することもできます(図4)。



図5 撮影装置

## 撮影装置

撮影装置(図5)は、近赤外線光を撮影する特殊カメラと距離を計算するための通常のビデオカメラを組み合わせしており、列車の前面ガラスに取り付けて撮影を行います。

特殊信号発光機の視認性を自動で検査するためには、「どの距離から特殊信号発光機が見えるか」を判定する必要があります。そのためには、列車の位置情報がないと正しく判断できません。そこで、ビデオカメラで列車の走行映像を記録し、画像処理技術を使って列車の位置を推定します。なお、特殊カメラは1秒間に60回(60fps)撮影できるため、近赤外線光の点滅信

号を1bitにつき2回撮影することで、確実に認識することができます。

## 解析装置

解析装置(図6)はオフィスに設置し、列車で撮影したデータを自動で解析します。解析の流れは、まず、列車の位置を画像処理によって計算した値と停車駅のキロ程をもとに計算します。次に、時間的に連続する近赤外線画像から近赤外線光の点滅を検出し、特殊信号発光機の発光のパターンと照合・追跡をします。

データベースには、特殊信号発光機ごとに、点滅パターンと視認性を確保すべき区間が登録されているので、その点滅パターンを認識でき



図6 解析装置

ない箇所があった場合には自動的に否と判定を行います。また、その場合には、その位置(キロ程)の画像を表示することで、遮蔽物を確認できるようになっています。

### まとめ

特殊信号発光機の視認性を確認する検査の作業を減らすために、近赤外線と画像処理技術を組み合わせた「特殊信号発光機視認性確認システム」を開発しました。

このシステムは、1回の列車走行中に映像を撮影するだけで、撮影した区間すべての特殊信号発光機の視認性確認の検査を自動で実施する

ことができます。

JR東日本では、すでに地方の路線を中心に31の路線にある約6,800箇所、この近赤外線光に対応した特殊信号発光機を設置しており、今後も、設置箇所を増やしていく予定です。

### RRR

### 文献

- 1) 長峯望, 會田学, 中曽根隆太, 鶴飼正人: 特殊信号発光機の視認性確認システムと設置支援手法, 鉄道総研報告, Vol.30, No.1, pp.17-22, 2016
- 2) 長峯望, 鶴飼正人: 特殊信号発光機の視認性確認手法の車上への適用, 鉄道総研報告, Vol.26, No.7, pp.23-28, 2012
- 3) 矢尾裕樹, 渡辺哲史, 三輪政寛, 杉本経嗣: 近赤外線を用いた特殊信号発光機視認性確認システムの導入, 電気学会産業応用部門大会, ROMBUN No.5-4, 2024