



## 特発発光検知支援システムの開発

### 1. はじめに

踏切道等で列車運行に支障を与える事態が発生したことを運転士に伝える目的で鉄道沿線に特殊信号発光機（以下、特発という）を整備しています。特発は踏切支障報知装置や障害物検知装置等と連動して赤色発光信号を現示するものであり、その発光信号を確認した運転士がブレーキ操作を実施するため鉄道の安全確保に欠かせない設備です。特発を仮に見落とした場合、異常箇所までに列車を停止させることができない可能性があるため踏切障害事故等重大な事象に繋がりがかねません。そのため、列車運転士に対する特発発光への認知度向上を目的として、特発の発光を音声により列車運転士に伝えるシステムを開発することとなりました。

### 2. システムの概要

#### (1) 既存の音声通知システム

特発の発光を音声によって列車運転士に通知する手段として「列車無線装置を活用したシステム（以下、既存システムという）」の導入を進めています。

踏切が鳴動している状態で特発が発光する条件（操作器押下、障害物検知装置動作等）が整ったことを既存システムに条件入力することで、列車無線装置を介して運転士に「前方注意」という音声が届く仕組みになっています。

#### (2) 既存システムを持つ課題

既存システムは、列車運転士に対する特発への認知度を向上させるという目的は十分に果たしているものの、整備にかかるコストや労力の多さや列車無線装置を活用しているが故の影響（広範囲に電波が届くため不要な列車に影響してしまう等）といった課題がありました。これを解決するとともに、地上設備の簡素化や整備費用の低減および整備期間の短縮を目的として、列車無線装置に拠らない新たな「音声支援システム」の開発に着手しました。

#### (3) 新たな音声通知システム

同時期に取り組んでいた「画像処理による標識類の外観検査」に着想を得て開発した新たなシステムの概要を（図2）に示します。

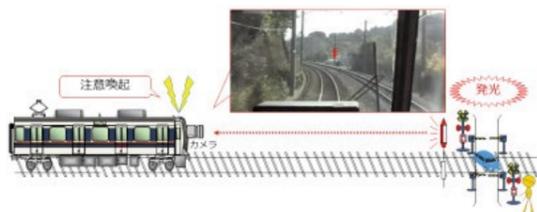


図2：システム概要

車両前頭に設置したカメラで撮影した動画から特発の赤色発光のみを抽出するアルゴリズムによって発光信号を検出し、列車無線装置を活用せずに音声等を出力する仕組みになっています。

#### (4) 特発発光検知アルゴリズム

##### ① 形状による検知

画像処理において特定の物体を検知する方法として、物体の形状に着目する方法が一般的に用いられます。

特発の形状は縦長の長方形です。形状で特発を検知するには、まず点灯時の色成分から2値化処理により点灯部分を判別し、輪郭を抽出します。輪郭抽出の処理フローを（図3）に示します。次に、輪郭が長方形であることと、長方形のアスペクト比が特定の値であることから、特発であると判定します。

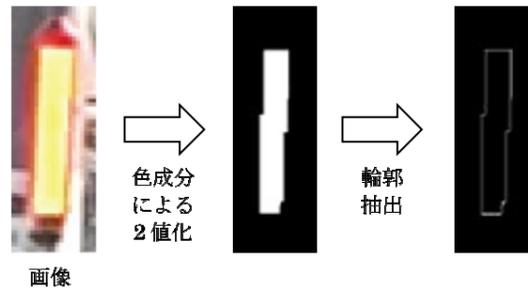


図3：輪郭抽出

しかし、特発を形状により検知する方式では、

- i) 遠方にある特発の輪郭の不鮮明化
- ii) 雨や遮蔽物による輪郭のぼやけ・欠け
- iii) 特発と同様の形状の物体による誤検知

という課題があり、特発の検出には不向きであると考え、別の手法を検討することとしました。

##### ② 点滅による検出

特発は発光する際、一定周期（1分に500回）で点滅しています。そこで、画像処理により輝度変化（点灯時は輝度が高く、滅灯時は輝度が低い）を抽出し、輝度変化の周期が特発の点滅周期と同じである場合に、特発が発光していると判定します。特発の点滅による輝度変化を（図4）に示します。

点滅検知では、輝度変化を抽出するため、遠方からでも検知することができます。また、外乱光や天候により特発がぼやけたり形状が変化しても、点滅周期は変わらないため、検知することができます。特発と同じような点滅周期をもつ物体はないため、特発以外の物体を特発として誤検知することはありません。

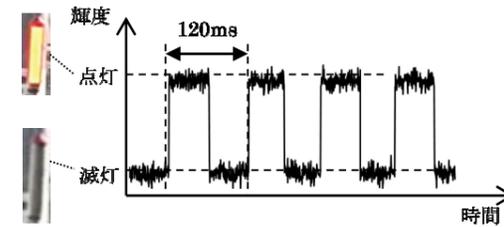


図4：特発の点滅による輝度変化

##### ③ フーリエ変換による点滅検知

点滅検知の手法としては、従来、画素単位の色の変化を抽出し、赤色点滅の間隔により特発を検知する手法があります。この手法により、特発とそれ以外の発光体を区別し、特発を検知することができますが、列車走行時には画像上での特発の位置が移動するため、画素単位の色変化では検知できないという課題がありました。

そこで、本システムでは特発の点滅検知手法としてフーリエ変換（FFT）処理を採用することとしました。FFT処理の概要を（図5）に示します。FFT処理により、時間軸に沿って得られた一連の情報から周波数成分の情報を得ることができます。本システムでは、カメラで撮影した動画（時系列の映像）の赤色の輝度情報から、周波数ごとの輝度変化成分を抽出し、特発の点滅周期の輝度変化成分によって特発の点滅のみを検知することができます。

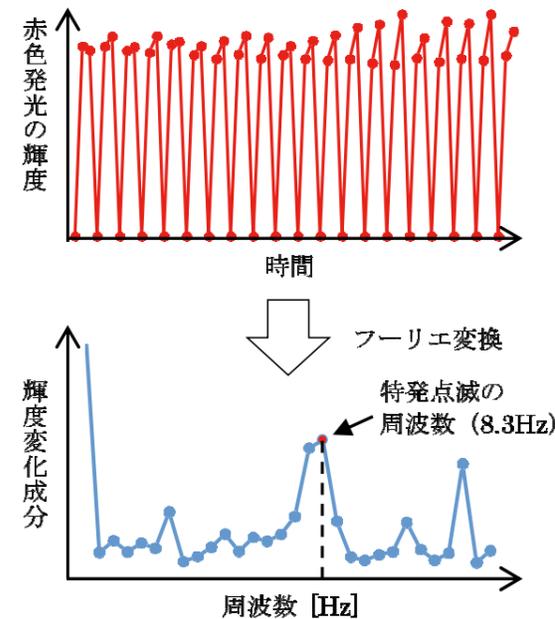


図5：FFT処理による点滅検出

### 3. 性能確認試験の実施概要及び評価

岡山支社管内及び神戸乗務員訓練センターにおいて、鉄道車両に試作機を搭載して性能確認試験を（表1）の通り実施しました。試験の都度発生した問題点を改善しながら特発発光信号検出アルゴリズムの精度を向上させ、最終的な性能確認試験では（表2）の通り、特発の視認に必要な距離以上離れた位置からの検出が可能であったことに加え、特発以外の光源を誤検出することもなく、良好な結果でした。

表1：性能試験全体数

評価対象	評価量	備考
特発点滅検出	71本	
誤検出排除	588.5km	計10行路

表2：試験結果

時間帯	特発必要見通し距離	検出距離	誤検出
昼間	600m	600～700m	0回
夜間	670m	700～1000m	0回

### 4. おわりに

2019年度末から一定期間鉄道車両に搭載した状態での試験使用を予定しており、その後、運用ルールの整備等関係箇所と調整のうえ導入に向け社内調整を進めていこうと考えています。

#### 参考文献

- 1) 岩上他、特殊信号発光機発光検知システムの開発、第56回鉄道サイバネ・シンポジウム
- 2) 特願2019-125108号「信号検出装置」（2019.7.4）