

鉄道沿線カメラ画像を活用した自然災害の捕捉

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○滝澤 彰宏
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 秋山 保行
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 神谷 弘志

1 背景

JR 東日本では落石や土砂崩壊等の自然災害が発生する恐れのある箇所に、現地状況等を考慮して災害検知装置を設置している。当該箇所へは自然災害発生時に現地状況の早期把握を目的に、現場までの移動に時間を要する箇所を中心に沿線カメラの設置を進めている。（写真－1）

今回、これらの沿線カメラの画像を解析して、線路を支障するような自然災害の発生を捉える研究を行ったので報告する。



写真－1 沿線カメラ

2 沿線カメラの規格と利用方法

現地に設置されているカメラの規格等を表－1に示す。カメラは一般的なネットワークカメラをハウジングして使用している。

表－1 カメラの規格表

内容	規格他	備考
電源	DC12V	
消費電力	DC12V:350mA/約4.2W	
使用温度	-10℃～+50℃	
使用湿度	10%～90%	結露しないこと
寸法	75mm×57mm×144mm	
質量	約400g	
撮像素子	約1/3型MOSセンサー	
有効画素数	1296×1041 約135万画素	
走査面積	5.38mm×3.0mm	
カラー/白黒	照度により自動切換え	別に赤外線ライト

遠隔地からカメラが設置された雲台を操作することで、画角を上下左右に変更することができる。通常は10分毎に静止画を撮影して、そのデータを事務所等へ送信している。災害検知装置等にて異常を知得した際は、遠隔操作で静止画を撮影および送信して、事務所等にて確認することが可能である。動画は連続して現地外付HDに一定期間保存しており、異常発生の場合は発生原因の検証などに後日利用することができる。

3 捕捉対象の自然災害

画像解析にて捕捉できる自然災害は人が画像を見て判断できる災害である。具体的には落石、土砂崩壊（土砂流入）、雪崩、倒木を対象とした。利用する沿線カメラは、主に地上約2～3m程度の高さから水平方向に撮影しているため、陥没などの水平方向の画角で視認が難しい災害は対象外とした。

4 画像解析手法

画像は昼夜および天候（晴れ、曇り、雨、雪、風、日射、影）などの影響を受けて線路内だけでなく、画面全体が多種多様に常に変化している。そのような変化に頑強な解析手法として、深層学習を活用した手法を採用した。学習データは正常時の画像として冬季約27,000枚、夏季約45,000枚、異常時の画像（疑似）として冬季約18,000枚、夏季約55,000枚を用いた。

5 捕捉条件

悪天候等で画像を視認できない場合や、列車通過時などの画像解析ができない状態を除き、下記の条件に該当した場合を異常時（捕捉すべき状況）とした。

- ・指定した任意のエリア内（線路内）にて、支障物の発生があった場合
- ・上記の状態がエリア内で60秒継続した場合

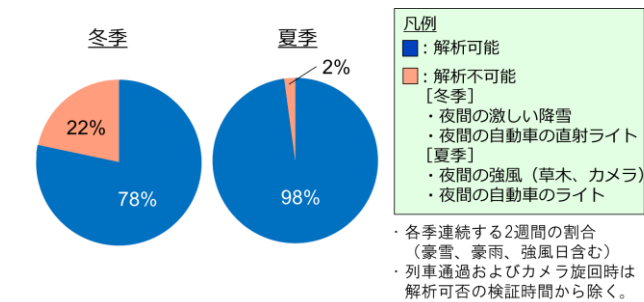
6 検証

6－1 画像解析可能な映像時間の割合

現地保存されている沿線カメラの動画から、画像解析が可能な時間の割合を算出した（図－1）。算出期間は冬季（降雪期）と夏季（非降雪期）で各2週間である。なお各期間には豪雨、暴風、豪雪、吹雪の日を含んでいる。

キーワード 自然災害、 画像解析、 落石、 土砂崩壊、 雪崩

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目479番地 JR東日本研究開発センター TEL 048-651-2552



図－１ 解析可能時間の割合

冬季の夜間豪雪時はシャッター速度の影響で白い線が多数あらわれるため、人の目でも視認できない画像となり、その時間帯は解析できない時間となった（写真－２）。また夏の暴風時にカメラ設置の支柱が揺れたことから画像全体がぼやけた映像となり、解析ができない時間があった。その他は沿線からの自動車ライトの直射時に、一時的に解析不能な時間は発生したが、概ね解析可能であった。これは実際の画像を人が視認可能なレベルと同等程度であった。



冬季:通常時(夜間) 冬季:豪雪時(夜間:判定不能)

写真－２ 通常時と豪雪時の画像例

6－2 通常時の捕捉事象の検証

上記の各 2 週間の解析可能時間中に、画像解析にて捕捉した事象を検証した（表－２）。実際の自然災害は発生していないが、急な積雪や落雪、保守用車の停車等を捕捉することができた。また 60 秒には達しなかったが、小動物の侵入も画像解析で捉えている。

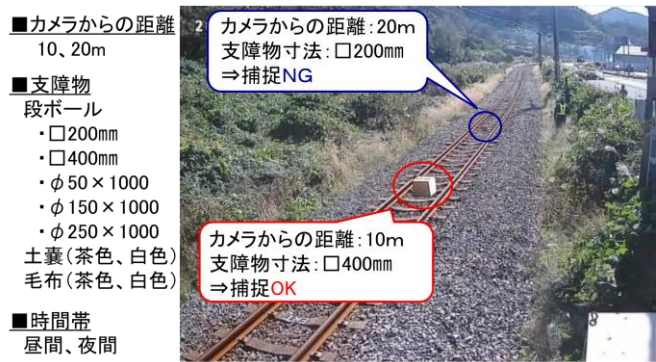
表－２ 要因別捕捉数（各 2 週間）

		冬季	夏季	
(60秒継続時)	日射(影)	0	0	急な積雪：2件 雪溜り：3件 落雪：1件
	降雨	—	0	
	降雪	0	—	
	積雪	6	—	保守作業：1件 カメラへの付着物：2件 カメラ可動台の不具合：1件
	その他	0	4	
発報数		6回 0.43回/日	4回 0.29回/日	注：カメラ可動台による 画角スレは除く

6－3 模擬災害試験

試験用の沿線カメラを設置して、線路内に模擬支障物を設置して捕捉可能な支障物の寸法等を検証した（写真－３）。カメラからの離隔が 10m、20m の地点に模擬支障物を仮置きして捕捉可否を確認した。6－2 の検証過程から離隔 20m 以上でも 200 mm×200 mm程度の支障物を捕捉可能と推定していたが、離隔 10m で 400 mm

×400 mm程度の支障物までしか捕捉することができなかった。



写真－３ 模擬災害試験

条件等を検証した結果、捕捉できる支障物は寸法やカメラとの離隔よりも、その支障物の画素数に依存しており、捕捉できる支障物の画素数は 25×25pixel～32×32pixel 程度と推定された。これはカメラと支障物の離隔が 20m で、画像解像度が 4VGA (1,280×960pixel) ならば、200×200 mmの支障物を捕捉する精度である。また捕捉する対象エリア（画面内の線路の範囲）が大きい場合も捕捉精度が低下することがわかった。対象エリアをカメラからの距離で 2 分割して、アルゴリズムを見直し、再検証した結果を表－３に示す。離隔 20m 以上での検証は今後実施する予定だが、10m 程度ならば概ね捕捉することができた。また夜間に捕捉精度が低下するのは赤外線照明器の設置により向上すると考えている。（今回は赤外線の照射はカメラからのみ。）

表－３ 模擬災害試験における捕捉状況

表記 ・「○」：捕捉、「×」：非捕捉
・()内は異常判定スコア (0.95以上で捕捉)

材料	寸法等	カメラ～支障物の離隔 (10m)	
		昼	夜
段ボール (立方体)	200x200	○(1.00)	×(0.86)
	400x400	○(1.00)	○(1.00)
段ボール (筒状)	Φ250x1000	○(1.00)	×(0.94)
	Φ150x1000	○(1.00)	×(0.70)
	Φ50x1000	×(0.09)	×(0.04)
土嚢(茶)	1袋	×(0.73)	×(0.59)
毛布(茶)	1枚	○(1.00)	×(0.84)
土嚢(白)	1袋	○(1.00)	○(0.992)
毛布(白)	1枚	○(1.00)	○(0.995)

7 まとめと今後の予定

解析が可能な画像の解像度は人の視認レベルと同程度である。現在、模擬災害試験のデータを基に捕捉精度の検証を継続して実施している。支障物の画素数の他に、その形状や向き、捕捉対象エリアの範囲やその遠近も捕捉精度に影響があることがわかってきた。捕捉精度の向上とともに、捕捉レベルを明確にして導入に向けた開発を進めたいと考えている。