

3D センサによる立入禁止エリア侵入検知システムの実現場でのデータ採取

鉄建建設(株) 正会員 ○中村 征史

篠野 正樹

斉藤 栄治

日本電気通信システム(株)

青木 教之

上野 悟己

澤井 伸介

1. はじめに

都市部の鉄道工事では、段階的に線路閉鎖を行いながら作業を実施することが多く、作業員や軌陸車が誤認や連絡ミス等により線路閉鎖未着手の線路内に立ち入る危険性がある。このようなヒューマンエラーによる事故を防止するために、3D センサを用いた立入禁止エリア侵入検知システムを開発し、性能確認試験を実施した¹⁾。

本稿では性能確認試験の結果を基に実用化を目指して実現場での長期検証試験を行い、各種設定値の検証、センサ設置位置や現場特有の条件に起因する不具合の確認と解消、風雨による影響の有無の確認等を実施して、その有効性を確認した結果について報告する。

2. システム概要

本システムは図-1 に示すように 3D センサにより採取した点群データを NEC3 次元物体検知ソフトウェアにて解析し、ヒトやモノの立入禁止エリアへの侵入を識別した場合は即座にパトランプやブザー等のアラートを発報するものである。立入禁止エリアは複数設定することができ、立入禁止時間もそれぞれのエリアごとに異なる時間帯を設定することが可能な仕様としている。本システムにより、鉄道工事において段階的に線路閉鎖を実施する現場でも、時

間により変化する立入禁止エリアに対応した監視が可能となり、線路閉鎖未着手線路への立ち入りが生じた際にも、直ちにアラートを発報することで安全を確保している。

侵入者や侵入物は、解析により直方体にモデル化され、その三辺の長さや体積が数値化される。この数値は閾値として設定することができ、閾値を調整することで小動物や塵芥のような小さいもの、線路内を走行する列車のような大きいものを検知対象から除外できる。これにより侵入に対する誤検知を減らすことで検知精度を高めている。

3. 検証試験概要

検証試験は首都圏の複数の載線場にて線路閉鎖前に走行している列車と線路閉鎖後に載線場へ侵入する作業員や軌陸車のデータを採取し、システム上ではこれらのデータを線路閉鎖されていない状態と仮定して以下の項目について検証を行った。

- (1) 作業員や軌陸車の検知漏れや誤検知の有無
- (2) 侵入可能エリアと立入禁止エリアが混在する場合の検知漏れや誤検知の有無
- (3) 鉄道列車の検知漏れや誤検知の有無
- (4) 風雨による検知性能への影響
- (5) 点群データの乱反射による検知性能への影響
- (6) 現場特有の条件による検知性能への影響

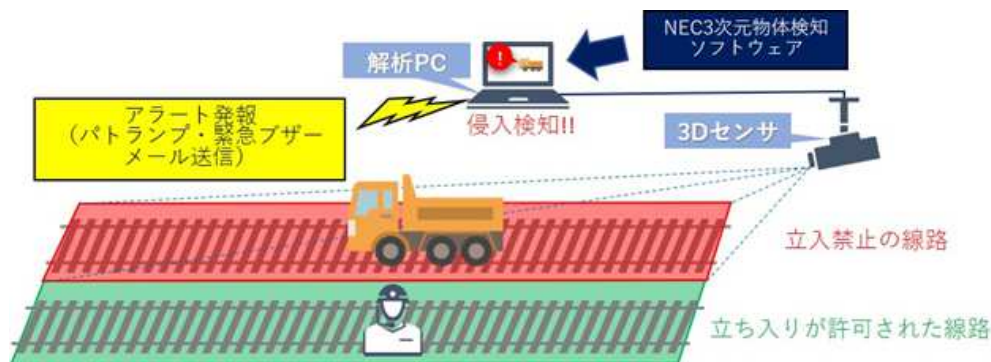


図-1 システム概要図

キーワード 3D センサ, 点群データ, 立入禁止措置

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 鉄建建設(株) 建設技術総合センター TEL 0476-36-2359

4. 検証試験結果

(1) 作業者や軌陸車の検知漏れや誤検知の有無

作業者は支障なく検知することができたが、軌陸車は高所作業車タイプの一部車両高さの閾値を超えて列車と判定され検知対象から除外されることがあったため、高さの閾値を調整することで対応した。

(2) 侵入可能エリアと立入禁止エリアが混在する場合の検知漏れや誤検知の有無

線路毎に段階的に線路閉鎖に着手する場合を想定し複数の線路のうち一部が侵入可能なエリア、その他が立入禁止エリアであると仮定して、トラックを侵入させた。その結果、トラックは侵入可能エリア内では侵入物として検知されることはなく、立入禁止エリアに入るとアラートが発報されることを確認した。

(3) 鉄道列車の検知漏れや誤検知の有無

列車は侵入物ではないため一定大きさを超えたものを列車と判定し検知対象から除外するよう閾値を設定した。検証の結果、図-2 に示すような断面形状の変化が少ない旅客列車を始め、図-3 に示すような凹凸が多い貨物列車でも検知対象から除外できていることを確認した。

(4) 風雨による検知性能への影響

本検証では最長 3 ヶ月間に渡ってデータ採取を実施した。その間に最大風速 12.4m/s、最大時間降水量 31.5mm を記録したが、3D センサが故障したり、点群データが乱れて検知精度が低下するような事象は見られなかった。



図-2 旅客列車の通過状況



図-3 貨物列車の通過状況

(5) 点群データの乱反射による検知性能への影響

本検証では図-4 に示すような列車が立入禁止エリアを通過している最中に、列車の窓ガラスに反射した作業者が虚像となり誤検知する事象があった。原因は 3D センサの設置位置が低く、列車の窓ガラスに作業者が反射しやすかったためであり、その対応として 3D センサを高い位置に変更したことで誤検知が生じないことを確認した。

(6) 現場特有の条件による検知性能への影響

駅ホーム近傍の載線場において、列車を検知対象から除外するまでに約 1 秒のタイムラグがありアラートが発報される事象があった。当該載線場は図-5 に示すように図中の右側に階段があり、右側から左側へ走行する列車については、物陰から列車が出てくるためその形状を事前に把握することができないことから、その長さが閾値を超えるまでは侵入物と判定していることがわかった。その対応として、3D センサを列車が立入禁止エリアに侵入する前にその長さが見通せる位置に設置することで解決した。

5. まとめ

本試験を通じて 3D センサは立入禁止エリア付近を俯瞰する見通しがよい位置に設置することでより良い検知性能が得られることがわかった。今後も現場への導入を通じてさらなる安全性向上に役立てる。

参考文献

- 1) 中村, 青木ほか: 3D センサによる立入禁止エリア侵入検知システム, 土木学会第 77 回年次学術講演会 VI-449, 2022.8



図-4 虚像発生時状況



図-5 階段が支障して列車を誤検知した状況