

3DLR式踏切障害物検知装置の高機能化に関する開発



矢尾 裕樹*¹



佐野 美和子*²



北村 知*³



石間 礼次*¹



村上 徹*¹

Development of enhanced detection functions for 3D-Laser-Radar-Type obstacle detection system at level crossing

Yuki YAO*¹, Miwako SANO*², Satoru KITAMURA*³, Reiji ISHIMA*¹ and Toru MURAKAMI*¹

*¹ Advanced Railway System Development, Research and Development Center of JR EAST Group *² Sendai Electrical Construction Section, Tohoku Construction Office

*³ Construction Management Office, Tokyo Electrical Construction and System Integration Office

Abstract

With an increasing demand for safety at a level crossing, 3DLR type obstacle detection systems need to detect a falling down person. Therefore, we have enhanced the detection functions of 3DLR by implementing three algorithms: the first is to follow up each object even below the threshold height; the second is to make the variable threshold height along with the shape of the ground surface; the third is to reduce noise in order to improve environmental condition. We have confirmed these algorithms work very well, and started using these functions.

●**Keywords:** 3DLR, Laser radar, LiDAR, Obstacle detection, Level crossing, Fall detection

*¹JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター *²東北工事事務所 仙台電気工事区 (元 先端鉄道システム開発センター)
*³東京電気システム開発工事事務所 工事管理室 (元 先端鉄道システム開発センター)

1. 緒言

踏切事故の防止は、鉄道事業者にとって非常に大きな課題となっている。そこで、当社は踏切道における列車と自動車の衝突を回避することを目的として、高性能な3次元レーザレーダ式踏切障害物検知装置^{1) 2)} (以下、3DLR障検)の導入を進めている。今回、従来の機能に加え、転倒した人の検知など踏切歩行者の検知能力の向上を目的とし、3DLR障検の高機能化に向けた開発を実施した。開発にあたり、既存のハードウェアを変更せず、搭載するソフトウェアを改修することにより、低コストで検知能力の向上を目指した。

2. 3DLR式踏切障害物検知装置の計測方法

3DLR障検は、図1に示すレーザレーダヘッドから物体にレーザパルスを照射し、反射したレーザパルスが戻るまでの時間を測定するTOF法により、その物体までの距離を取得する。レーザパルスは水平および垂直方向に放射され、踏切道内の障害物検知を行う監視エリア全体をスキャンし、レーザパルスの照射方向および計測した距離情報から3次元座標に変換を行う。得られた座標から物体の認識、識別をすることにより、障害物の検知が可能となる。また、図2に示すように雑草や小動物、縁石等の路面の凹凸による誤検知を防ぐため検知不可エリアとなる下部マスクを設けており、障害物を検知する領域を任意に指定した高さ以上に設定している。

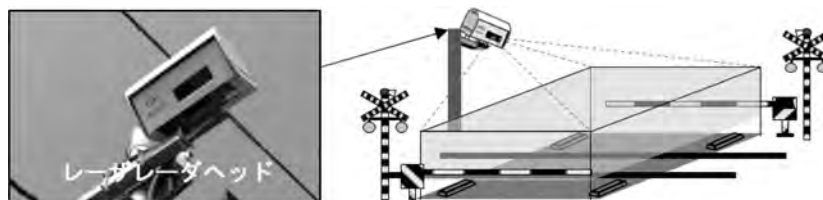


図1 3DLR式踏切障害物検知装置

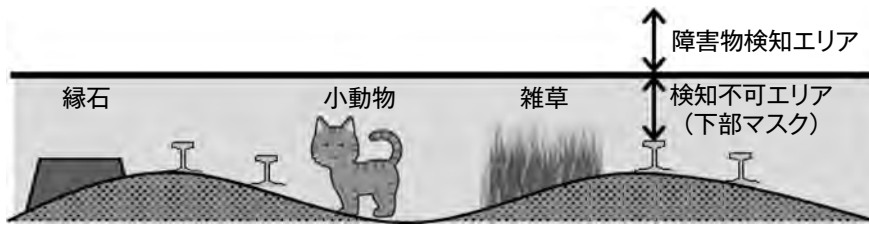


図2 障害物検知エリア

3. 高機能化のアルゴリズム検討³⁾

従来の3DLR障検では他方式のレーザ式やループコイル式の踏切障害物検知装置と比べると、監視エリア全体を3次元的にスキャンしている特徴がある。しかし、踏切道内で歩行者が転倒したときに検知が困難となる場合がある。特に高齢者や車いすを利用する歩行者が転倒した場合、起き上がるまでに時間を要するため、直ちに列車防護を行わなければ踏切事故に直結する可能性が高い。そこで本開発では新たに3つの処理を検知ロジックに追加し、これまで捉えることができなかった歩行者の転倒を検知することにより、人検知能力の向上を目指した。以降、今回開発した検知ロジックを高機能版と称する。

3・1 転倒物検知機能

2章に記載のとおり、従来の3DLR障検では雑草等による誤検知を防ぐため、任意に指定した高さ以下は障害物として検知しない下部マスクのエリアを設けている。図3に示す通り、従来版では歩行者が転倒した場合、その高さが下部マスクの高さよりも低くなると検知が困難となる。そこで、今回開発した高機能版では追跡中の物体の周辺だけ下部マスクを路面近くまで下げることにより、転倒した人の検知を可能とした。また、追跡中の物体の周辺のみ下部マスク高さを下げることにより、雑草や雨などの誤検知を抑制することができると考えられ、開発に反映した。

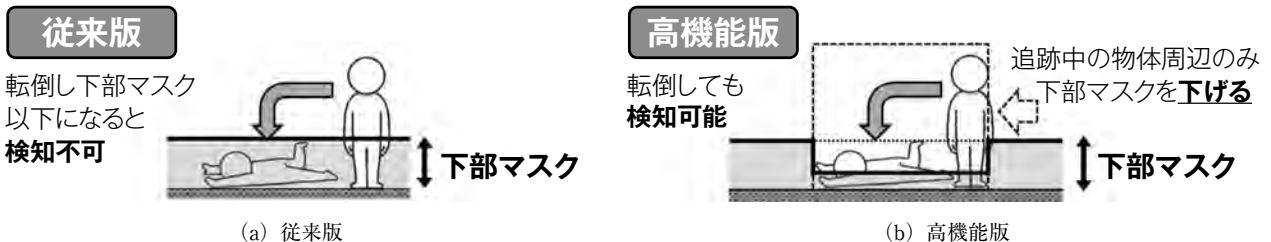


図3 転倒物検知機能

3・2 路面凹凸マップ

従来、下部マスクの高さはレールレベルからある一定の高さで設定しており、踏切道内の路面の凹凸に関係なく一定の値として取り扱ってきた。そのため図4に示す通り、従来の仕様では凹部で転倒した歩行者などは検知することができなかった。そこで、踏切道内の路面凹凸の高さに対応した路面凹凸マップを作成し、下部マスクをマップの高さで補正することにより、路面形状に沿った下部マスクの作成を可能とした。路面凹凸マップはレーザレーダヘッドによる計測データを使用し、自動作成する。監視エリアを複数の小エリアに区切り、エリアごとに路面の高さ補正值を導出する。

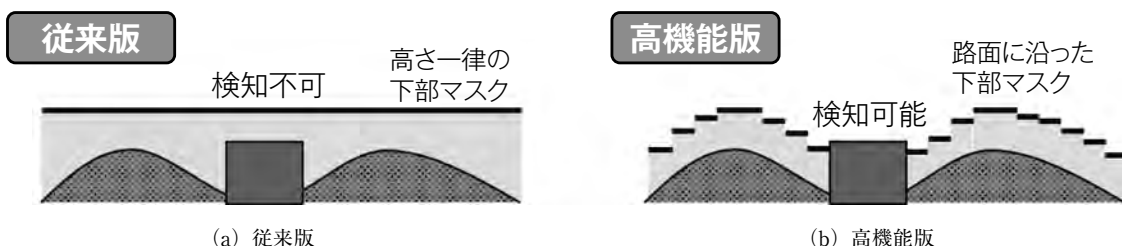


図4 路面凹凸マップ

3・3 ノイズ除去機能

3.1節の転倒物検知機能については、晴天で路面の凹凸がほとんどない条件の場合に十分な検知精度が得られるものであり、降雪などの気象条件下での検知精度向上が課題であった。特に、従来の3DLR障検で発生している気象の影響による問題点を整理したところ、降雪、陽光等のノイズによる過検知が問題であった。そこで転倒物検知機能の精度向上を目的として、孤立した計測点を除外するノイズ除去機能を検討した。

4. フィールド試験と評価

3章の各追加機能について、工場内試験にて動作確認をしたのち、現地踏切においてフィールド試験を実施した。

4・1 転倒物検知機能結果

転倒物検知機能が動作した場合の検知結果の例を図5に示す。(b)に従来版の検知画面、(c)に高機能版の検知画面を示しているが、従来版ではとらえることができなかったレールレベルから高さ40cmの転倒者を、高機能版は検知できることを確認した。

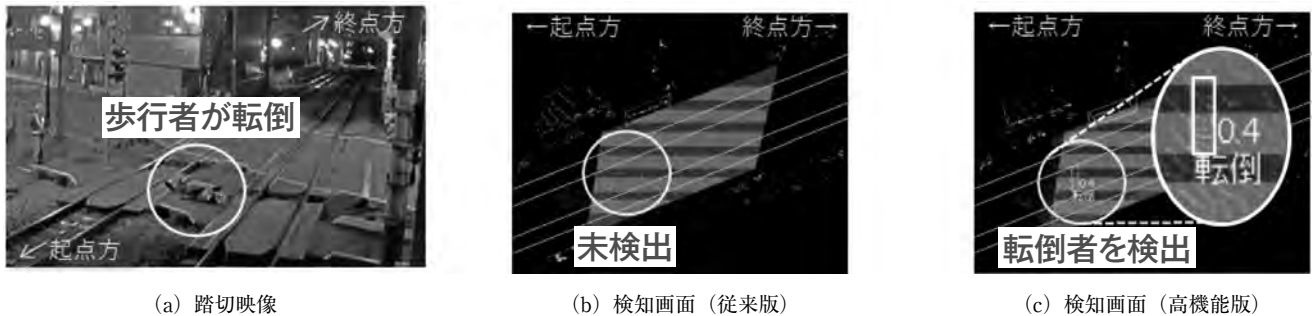


図5 転倒物検知状況

4・2 路面凹凸マップ

路面凹凸マップは、小エリアごとに一定時間の高さ方向のデータを集計することにより、路面の高さをマップに反映している。その際に、車両・歩行者等の路面以外の計測データは離散データとして現れるため、これらを除去して路面形状に合致したマップを得る処理を行った。図6に離散データ処理の有無による凹凸マップの作成例を示す。図6 (b)では車道、歩道どちらも車両・歩行者等により、実際の路面よりも高い数値に補正されている。この時の監視エリア内のある1点における高さ情報のヒストグラムを図7に示す。図7より、路面平面部の高さデータとは別に、車両・歩行者等による離散的なデータが確認された。この離散データを除去することにより、図6 (c)に示す路面形状に沿った正しい路面凹凸マップが作成されることを確認した。

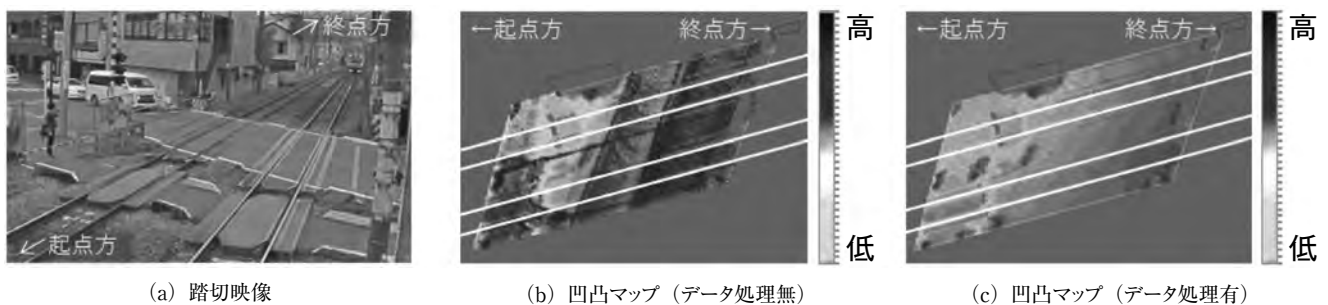


図6 路面凹凸マップ作成例

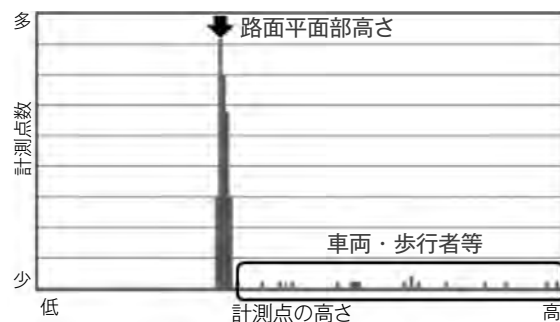


図7 路面高さヒストグラム

4・3 ノイズ除去機能

フィールド試験を行った箇所では冬季に降雪がなく、誤検知が発生しなかった。そのため、別箇所を取得した3DLR障検の計測データを使用し、試験機によるノイズ除去機能の有効性を確認した。12月から3月の約4か月分のデータを検証した結果、従来版では2ヶ所の踏切で計6件の降雪誤検知が発生したが、ノイズ除去機能を実装した高機能版では降雪の誤検知は発生しなかった。

4・4 評価

フィールド試験等の検証を実施した結果、転倒物検知機能、路面凹凸マップ機能共に有効に機能することを確認した。また、ノイズ除去機能については、試験機による試験結果から、降雪による誤検知抑制に有効であると確認できた。特に、これまでは冬季に障害物検知装置の使用停止が必要であった場合において、降雪の誤検知抑制により使用停止が必ずしも必要ではなくなるため、障害物検知装置としての可用性が向上する。

5. まとめ

当社では3DLR障検の踏切歩行者、特に転倒した人に対する検知能力の向上を目的とし、本方式障検の高機能化に向けた開発を実施した。本開発では、踏切事故につながる横断中の転倒ケースに対して、物体周辺の下部マスクを下げる転倒物検知機能、および路面形状に沿った下部マスク設定を行う路面凹凸マップにより、検知性能の向上を図った。また、転倒物検知機能の降雪、陽光等の気象条件下での検知精度向上を目的として、ノイズ除去機能の実装を行った。フィールド試験等の結果より、いずれの機能についても効果を認め、実用化の方針とした。

参考文献

- 1) Hisamitsu, Y., Sekimoto, K., Nagata, K., Uehara, M., Ota, E., 3-D Laser Radar Level Crossing Obstacle Detection System, IHI Engineering Review, Vol. 41, No. 2 (2008), pp. 51-57.
- 2) Sekimoto, K., Nagata, K., Hisamitsu, Y., 3D Laser Radar for Traffic Safety System, Industrial Applications of Laser Remote Sensing (2012), pp. 143-152.
- 3) Yao, Y., Kitamura, S., Ishima, R., Murakami, T., Hayashi, T., Takahashi, T., Kowashi, Y., Segawa, Y., Enhancement Of Detection Functions Of 3D-Laser-Radar-Type Obstacle Detection System At Level Crossing, Computers in Railways(COMPRAIL) XVII (2020), pp. 43-52.