

戸挟み・引きずり検知装置の開発



渡辺 玲奈*¹



赤坂 幸広*²



内田 好徳*³



松橋 克幸*⁴



三須 弥生*⁵



夏目 博文*⁶



村上 秀人*⁷



高木 英明*⁸

Development of door catching detecting device

Rena WATANABE*¹, Yukihiro AKASAKA*², Yoshinori UCHIDA*³, Katsuyuki MATSUHASHI*⁴,
Yuyoi MISU*⁵, Hirofumi NATSUME*⁶, Hideto MURAKAMI*⁷, and Hideaki TAKAGI*⁸

*¹ Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*² Assistant Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*³ Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*⁴ Chief Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*⁵ Principal Researcher, Safety Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*⁶ Assistant Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*⁷ Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*⁸ Principal Researcher, Frontier Service Development Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

We have been developing two types for application of door catching detecting devices, one using a roller and the other using a laser sensor. In each development, we conducted a basic study to apply the door catching detecting devices to our own vehicles. The device using the roller is planned to be loaded onto vehicles in service, and it will give notice of the door catching to conductors. The device using a laser sensor is currently being installed on vehicles to evaluate the effect of running in operation.

●**Keywords:** Safety, Door catching, Drag, Detecting device, Platform, Human damage accident

*¹JR東日本研究開発センター 安全研究所 研究員

*²新幹線統括本部 新幹線総合車両センター (元: JR東日本研究開発センター 安全研究所 副主幹研究員)

*³JR東日本研究開発センター 安全研究所 主幹研究員

*⁴株式会社 総合車両製作所 (元: JR東日本研究開発センター 安全研究所 主幹研究員)

*⁵JR東日本研究開発センター 安全研究所 上席研究員

*⁶株式会社 総合車両製作所 (元: JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 副主幹研究員)

*⁷JR東日本研究開発センター 開発戦略・総務ユニット (元: フロンティアサービス研究所 主幹研究員)

*⁸JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 ユニットリーダー

1. 緒言

お客さまの荷物等を車両ドアに挟んだ状態(以下「戸挟み」)で列車を起動した場合、そのまま引きずられて(以下「引きずり」)お客さま自身あるいはホーム上の別のお客さまが負傷し、鉄道人身障害事故につながる可能性がある。このような事故を未然に防止するため、戸挟みや引きずりを検知する機能が必要とされている。

当社の既存車両では、ドアが完全に閉扉しているか、あるいは戸挟みが発生しているかを、ドアが閉扉位置になると押し込まれるスイッチにより検知している。しかし20mm未満のものが挟まれると、ドア先端部のゴム(以下「戸先ゴム」)が変形した状態でスイッチが押し込まれ、戸挟み状態の検知が困難となる場合がある。

戸挟みに対する検知機能を向上させるため、フロンティアサービス研究所ではローラー回転情報(回転量および回転方向)を用いた「ローラー式戸挟み・引きずり検知装置」、安全研究所ではレーザーセンサを用いた「レーザーセンサ式戸挟み検知装置」の開発を進めている。本稿ではそれぞれの検知装置における装置の概要及び試験結果を紹介する。

2. ローラー式戸挟み・引きずり検知装置の概要

ローラー式戸挟み・引きずり検知装置（以下「ローラー式」）は、2019年度に埼京線にてフィールド試験を実施し、先行導入に向けてドア戸先部に設置する検知部、検知を判定する制御器を開発したので報告する。

2・1 機器構成と検知原理

本装置の機器構成は、図1に示すようにドア戸先部に検知部（ローラー部および凹ゴム部）、ドアカモイ内部にローラーの回転情報を検知する制御器を設置する構成としている。検知原理は、車両のドアに荷物等の介在物が挟まった際、当該介在物を押し引きすることでドア戸先部に設置したローラーが回転し、設定した検知閾値以上の回転量および回転方向となると戸挟み・引きずりを検知する仕組みとなっている（図2）。これにより、車両のドアに20mm以下の介在物が挟まった場合でも介在物の引抜き等により、戸挟みを検知することをねらっている。

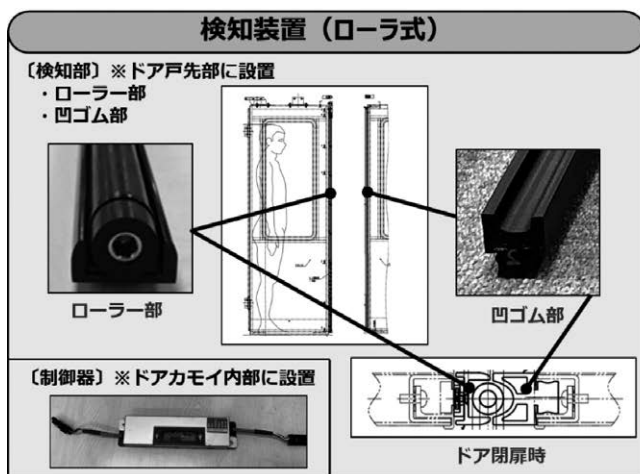


図1 機器構成図

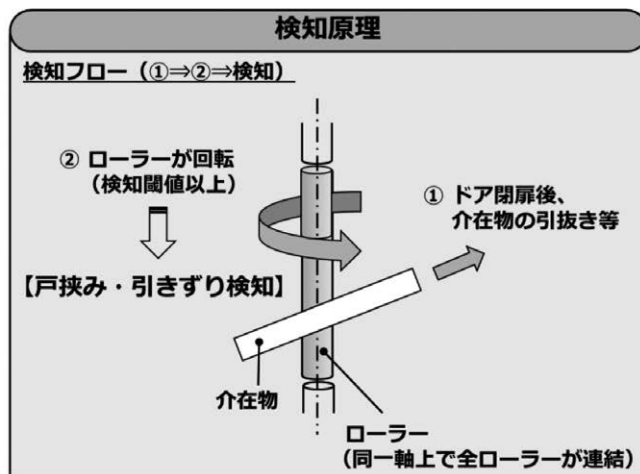


図2 検知原理

2・2 埼京線でのフィールド試験

2019年度に埼京線E233系1編成（80ドア）にローラー式を搭載し、営業列車でのフィールド試験を実施した。

(1) 試験結果

ローラー式を搭載したE233系1編成は165日間の営業運用に充当され、検知閾値は車内方向に60°以上、または車外方向に6°以上、ローラーが回転した場合に戸挟み・引きずり検知となるように設定した。この間の総検知数は2,516件（営業運転中:1,348件、構内作業等:1,168件）であり、約45%が構内作業等により不要に検知された。総検知数のうち、営業運転中に検知した1,348件数において、スリープ機能（4.2項で述べる）を無効としていた期間中にドア閉扉から60秒以内（通常の運転操作であれば25秒前後でスリープ機能が有効となるが、混雑時等の場合を考慮し、60秒以内を対象範囲とした）に検知した件数317件とスリープ機能を有効とした期間の全ての検知数162件の計479件（車内方向回転:261件、車外方向回転:218件）を検知対象として、検知ログデータおよび解析用カメラ映像の分析を行った。

分析の結果、車内方向回転での検知（261件）では、戸挟み・引きずり検知対象とすべき事象は確認できなかった（お客さまが車内でドアに挟まった衣類などを引き抜いたこと等による不要検知が96%を占める）。

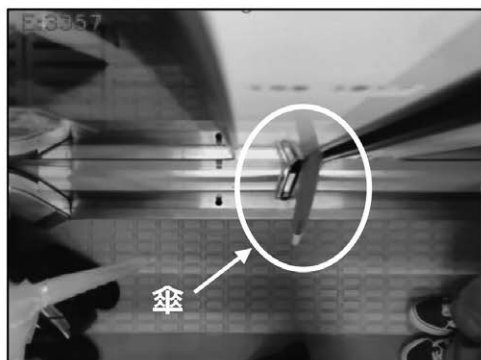
また、車外方向回転での検知（218件）では、お客さまが車外（駅ホーム）で荷物等がドアに挟まり、引き抜きを行った事象が2件確認された。この2件は戸挟み・引きずり検知対象とすべき事象と判断したが、これらの2件以外については検知対象とすべき事象は確認できなかった。

戸挟み・引きずり検知対象とすべき2件の事象について以下に記載する。

●事象 1 駆け込み乗車で傘挟まり

〔状況〕

- ・ドア閉扉時に駆け込み乗車、傘が挟まる
- ・ドア再開閉操作するも、ドア閉扉のため動作せず
- ・傘の引き抜きとほぼ同時に列車起動開始
- ・約 3 秒間でローラーは車外方向に 4 回転以上、回転し検知



●事象 2 駆け込み乗車でイヤホンコード挟まり

〔状況〕

- ・ドア閉扉時に駆け込み乗車、イヤホンコードが挟まる
- ・イヤホンコードを引き抜くとほぼ同時に列車起動開始
- ・0.5 秒間でローラーは車外方向に 2 回転半以上、回転し検知



(2) 検知閾値の設定

ローラー式はローラー回転量および回転方向から検知閾値を設定することにより、不要検知は検知させず、検知すべき事象を絞り込むことが可能である。

埼京線フィールド試験結果から、検知対象とすべき事象は車外方向回転で検知した2件のみであることから、先行運用では検知閾値の回転方向は車外方向のみとし、回転量は分析結果から検討した適正値を設定することとした。

3. レーザーセンサ式戸挟み検知装置の概要

レーザーセンサ式戸挟み検知装置は、車両のドアに荷物等の介在物が挟まった際、当該介在物によりレーザー光が遮られることで戸挟みを検知する。

安全研究所では、レーザーセンサ式戸挟み検知装置の当社車両への適用に関する開発を進めてきた。レーザーセンサ式は、装置の追加設置に際し、既存のドア機能への影響が少ないこと、および他の方式と比較して部品点数が少ないためメンテナンスに与える影響を最小化できること、並びに複数の他鉄道事業者で使用実績があること等が利点としてあげられる。

3・1 機器構成と検知原理

レーザーセンサを用いた戸挟み検知装置の機器構成を図3に示す。車両ドア中心の戸先上部位置にレーザーセンサを設置し、下側に向けてレーザー光を投光することにより、レーザー光は戸先ゴム近傍を直進する。また、レーザーセンサの検知原理を図4に示すが、投光されたレーザー光は物体に当たると反射するため、対象物までの距離を測定することができる。この性質から、あらかじめセンサに設定した初期値より近い場所に支障物があると、センサが反射光を受光するまでの時間が短くなる。レーザーセンサ式戸挟み検知装置は、この原理を応用して車両ドアの戸先部に存在する介在物を検知している。

また、レーザーセンサの設置位置については、車外に設置する幕板設置(図5)と車内に設置する出入口フレーム上部設置(図6)について検討した。

幕板設置の場合はセンサ本体寸法にかかる制約が小さいものの、新たにセンサ箱を設置する必要があり、レーザーセンサに関する各種調整や取替の際に作業可能な場所に足場が必要になるなど検修上の制約があった。

出入口フレーム上部設置とした場合、レーザーセンサ本体寸法に制約があったものの、小型センサが選定できたため懸念が解消された。また配線穴などの追設が不要であり、レーザーセンサ調整や取替の際の作業場所に関する制約が解消された。

検知性能についても、一部の介在物においては出入口フレーム上部に設置した方が良好な結果が得られた。

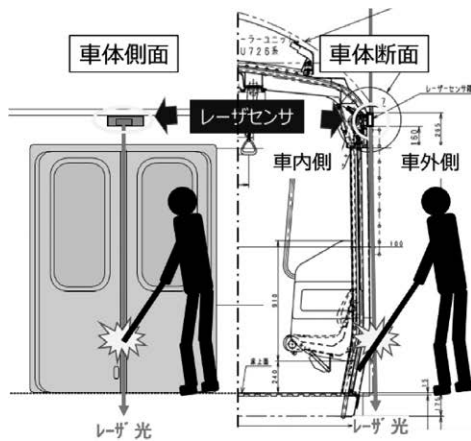


図3 機器構成図

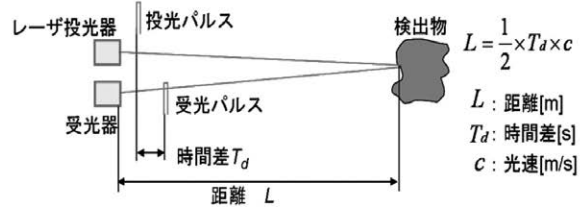


図4 レーザーセンサの検知原理



図5 幕板設置



図6 出入口フレーム上部設置

3・2 定置試験

定置試験では、車両に設置したレーザーセンサの検知性能を評価するため、検知可能な介在物の厚さと検知可能な幅（レール・マクラギ方向）を確認し、また代表的な支障物を介在させて検知性能を評価した。

平板を用いて検知可能な介在物の厚さを確認したところ、床面からの高さに関わらず幅11mmの厚さの平板が検知可能であった。このことから、既存車両では20mm未満の支障物の検知が難しいのに対し、レーザーセンサを用いた検知装置ではより薄い介在物の検知が可能であることが確認できた。

検知可能な幅を確認したところ、レール方向では床面高さ0～600mmまでにおいては15mm前後であり、600mm以上では床面高さが高くなる（レーザーセンサに近づく）につれ0mmに近づくことが確認できた。一方マクラギ方向については、床面高さに関わらず検知可能な幅は0～5mm程度であった。戸挟み・引きずりを検知する一方で駅ホーム上の構造物等に対する不要検知を防ぐためには、レーザーセンサから投光されるレーザー光の光軸位置について特に留意する必要がある。

以上から、レーザー光の位置はホーム側面と車体との間の空間を狙って調整することで介在物の検知および不要検知の防止を図った。

また、過去の戸挟み・引きずり事象を参考に介在物を選定し、実際に車両ドアに介在させてレーザーセンサの検知性能を検証した結果を表1に示す。選定した介在物すべてにおいて検知可能であった。

表1 支障物検知性能検証結果

支障物	白杖	丸棒	リュック	ロープ	ストラップ	ベルト	平板	上着裾、袖	傘	カバン	手
検知結果	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎

※◎…常時検知 ○…条件付き検知

3・3 現車搭載試験

2019年度に実施した現車搭載試験では、中央・総武緩行線E231系1編成(2ドア)にレーザーセンサを搭載して走行させることで、営業環境下での検知性能を評価した。なお、この際の試験運用期間は約1ヶ月間であり、走行中や車体洗浄装置等に対する検知状況も把握するため、レーザーセンサの電源を常時入とした。

試験期間中、戸挟み・引きずり事象は発生しなかったが、検知信号が記録されていた。運用記録等により、洗浄線や構内において検知信号が記録されたことが確認できた。これは車体洗浄装置や作業による車体洗浄作業の際に、車体側面や車両ドアに水や洗剤が付着したり、構内作業の際に作業が検知範囲内を通過したりしたことにより、レーザー光が遮られ検知されてしまったものと推定される。これらについては、運転条件や走行条件で機能に制限をかけることで、不要検知を回避することが必要と考えられる。

また、図7に試験期間中に確認された構造物の例を示す。駅ホームや分岐器などの構造物に対しては、検知信号は確認されなかった。構造物については建築限界が定められており、車体に近接した範囲に投光されるレーザー光を遮る確率が少ないため、不要に検知する可能性は低いものと考えられる。

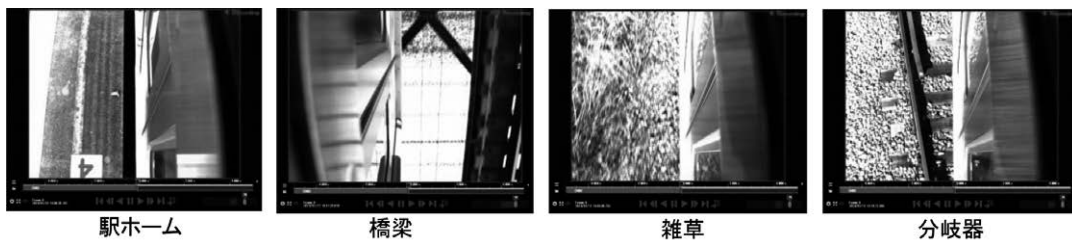


図7 誤検知がなかった構造物の例

3・4 実導入を見据えた装置開発

レーザーセンサを用いた戸挟み検知方式について一定の成果が得られたことから、2020年度以降、実導入を見据えた装置開発を実施している。

まず、レーザーセンサについては、検知性能やメンテナンス性で有利な出入口フレーム上部への設置とし、候補となる複数の小型センサの中から、安全性等を考慮して搭載品を選定した。そして、3・3項で判明したような検知状況を考慮し、必要な場合のみレーザー光を投光して検知が可能となるよう、新たに戸挟み検知制御器を開発した。また、これらの機器による検知状況を列車情報管理装置(以下、TIMS)へ伝えるため、各ドアの戸閉装置制御器(以下、LCU)を介して情報伝送する仕組みを開発した。これらのシステム構成について、図8に示す。なお、LCUを介してTIMSへ情報伝送する部分については、検知装置の種類(ローラー式/レーザーセンサ式)に関わらず使用できる共通仕様としている。

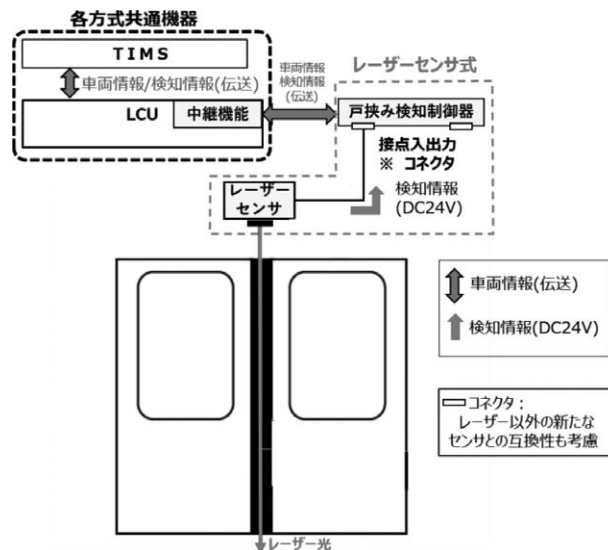


図8 検知情報をTIMSへ伝達するシステム構成図

実導入版のレーザーセンサ式戸挟み検知装置については、上野東京ラインおよび湘南新宿ラインを走行するE233系1編成(28ドア)に搭載し、2023年2月より営業環境下における検知性能の検証を実施している。現時点(2023年9月)も引き続きデータ取得中であるが、長期間のデータについて不要な検知や検知すべき事象の検知漏れが無いかを中心に確認することで、装置の有効性を検証していく。

4. TIMSソフトの開発

戸挟み・引きずりを検知した際、その検知情報を乗務員に知らせる必要がある。将来の導入展開を見据え、ローラー式またはレーザーセンサ式の各検知装置に対応し、乗務員に知らせるためのTIMSソフトをフロンティアサービス研究所において開発したので報告する。

4・1 検知画面表示について

編成内のいずれかのドアにおいて戸挟み・引きずりを検知した場合、TIMSは図9に示す検知画面を運転台モニターに表示し、同時に警報ブザーを鳴動させる。さらに画面下部には戸挟み・引きずりが発生した場所の部位を表示させる。この機能については運転士画面、車掌画面のいずれの画面からでも起動する。

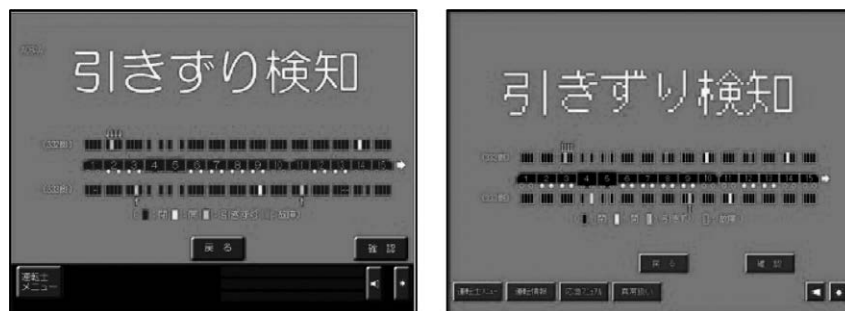


図9 検知画面(左：E233系、右：E231系)

4・2 スリープ機能について

列車の走行中に悪戯等によりローラーの回転が発生したり、レーザー光が遮られたりすると、運転台モニターに検知画面が表示されてしまう。これらの不要検知を非検知とするため、列車の発車後に速度が一定速度以上、もしくは一定距離以上走行した場合は、いずれかのドアで戸挟み・引きずり検知をしても検知画面は表示させないスリープ機能を持たせる仕様とした。

また、車両センター等の構内において、構内作業や検修作業等によるローラーの回転やレーザー光の遮断も不要検知につながる。これらについては、編成内において運転台選択スイッチを「前」位置から「後」位置に変えることで(運転台選択スイッチ「前」位置の車両がなくなった場合)、検知画面を非表示とする条件を追加した。

5. 結言

引きずりによる鉄道人身障害事故を未然に防止するためには、戸挟みや引きずりが発生した際、乗務員や駅社員にできるだけ早く情報を伝達し、列車が起動する前に、あるいは起動間もないうちに列車を止めることが重要である。

今後、ローラー式はTIMSによる検知画面表示を有効とした営業列車での先行運用の実施、レーザーセンサ式は引き続き営業環境下での現車搭載試験の実施とその結果の分析に向けて取り組んでいく。