

車側カメラを用いた安全確認支援装置の開発

東海鉄道事業本部	運輸営業部運用課	課長代理	和田 安司
東海鉄道事業本部	運輸営業部運用課	係長	栗山 陽介
東海鉄道事業本部	運輸営業部運用課	主任	竹山 和慶

1 はじめに

当社は、最新の技術を活用した経営体力の再強化に取り組んでおり、効率的な業務執行体制を構築する「業務改革」を推進しています。その一環として、現行では最大2両編成でワンマン運転を実施していますが、4両編成においても運転士が安全を確保できる体制を整備することを目的として、315系4両編成の車両側面に設置したカメラ（以下、車側カメラ）の映像を用い、人物の列車への接近等を検知する画像認識技術の開発を進めてきました。先般、実用化の目途が立ったことから、2025年度より順次営業運転を開始することとしています。（図1）

- 2025年度
 - ・ 関西本線
名古屋駅～亀山駅間
 - ・ 武豊線
- 2026年度以降
 - ・ 東海道本線
三島駅～沼津駅間
浜松駅～豊橋駅間
大垣駅～米原駅間
 - ・ 御殿場線等



図1 315系4両編成でのワンマン運転の実施計画

本稿では、開発した車側カメラを用いた安全確認支援装置の概要について紹介します。

2 安全確認支援装置の概要

車側カメラを用いたワンマン運転では、運転士が車側カメラからのホーム上の映像を運転台のモニターで確認し、ドア扱いを行います（図2）。

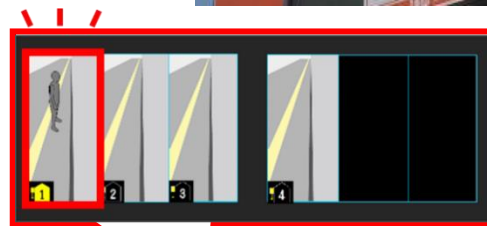
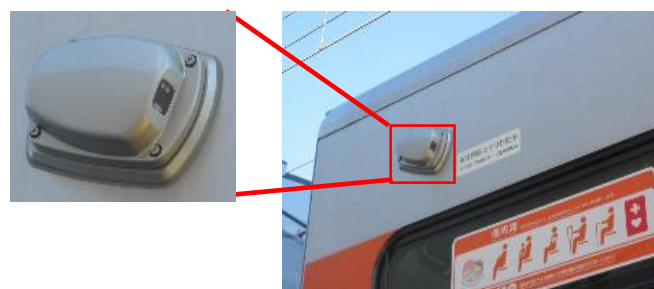


図2 運転台モニターによる安全確認イメージ

安全確認支援装置とは、各車両の前後 2 台の車側カメラ映像を画像認識技術で解析し、ドアが閉まってから列車に接近した人物を自動で検知して警報音等により運転士へ通知する装置、つまり運転士のホーム上の安全確認を支援する装置です（図 3）。

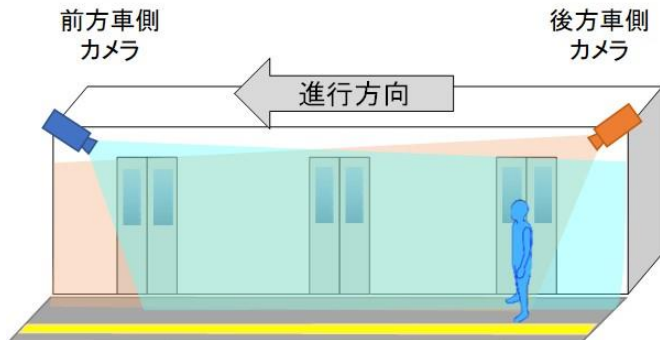


図 3 安全確認支援装置による検知イメージ

3 これまでの開発経過と内容

本件は2020年度から開発を進めています。初年度は、人物検知 AI、物体検知 AI といった画像認識技術を活用して、鉄道においても接近する人物等の検知が可能か、検証を行い、翌年度（2021年度）は、主に運転台モニターの仕様設計を行い、実際に使用する運転士が操作しやすい仕様となるよう検討を重ねました。2022年度には、315系4両編成の試験用車両を用い、車側カメラ映像によるホーム上の見え方や安全確認方法の検証を実施しました。具体的には、天候や時間帯による視認性の確認のほか、運転士のモニターの確認方法の検証を行いました。2023年度は、これまで学習させてきた人物検知 AI を実用化レベルに高めるため、6月から関西本線に営業列車として投入された315系4両編成車両を用いて、投入から9月までの4か月間、列車の進入および進出時のホーム上の人や物の動向を車側カメラで撮影し、この録画映像の分析を行いました。時間帯や天候など様々な条件下で検証を実施した結果、検知エリアに人物がいたシーンすべてで正しく発報（真報）し、安全性の高さを確認しました。また、検知エリア内に人物のいないシーンにおいて発報した（誤報）回数も僅少であり、安定性という点においても問題がないことを確認しました。（図 4）

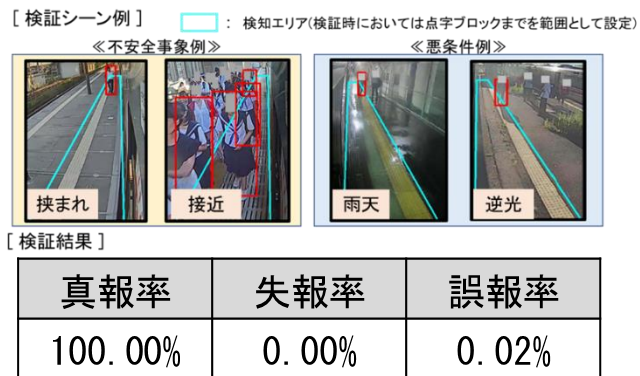


図 4 録画映像を用いた解析装置による分析

4 直面した課題への対策

本章では、画像認識技術とその特徴をご紹介したうえで、図 4 に示す高い精度を得るまでに直面した課題への対策について紹介します。画像認識技術の一つである「人物検知 AI」は、検知エリアに進入した人物を検知する技術です（図 5）。図 4 及び図 5 内の水色の枠は、検知するエリアを示しており、前後 8 台の車側カメラ映像を安全確認支援装置が分析し、AI 閾値が設定値を超えた場合に発報する仕組みになっています。AI 閾値とは、所謂「人間らしさ判定」のことで、この数値が高いほど、人間に近いということになります。今回用いた AI における AI 閾値は、仕様上の最大値が 0.9、初期値は 0.4 となっていました。また、発報条件は、連続 3 フレーム中、2 フレームを検知した場合に発報する仕様としました。この仕組みを用いて、関西本線の営業列車にて検証を行いました。（図 6）

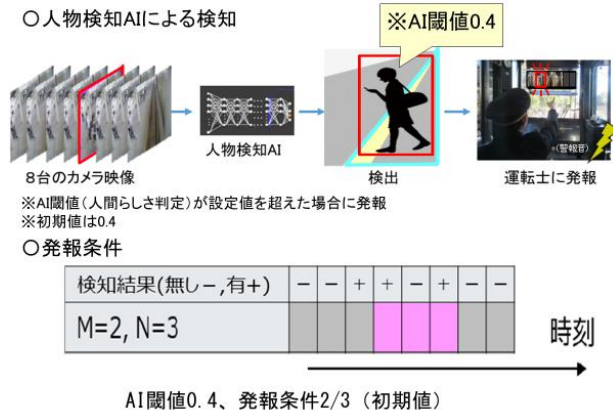


図 5 人物検知 AI による検知の仕組み

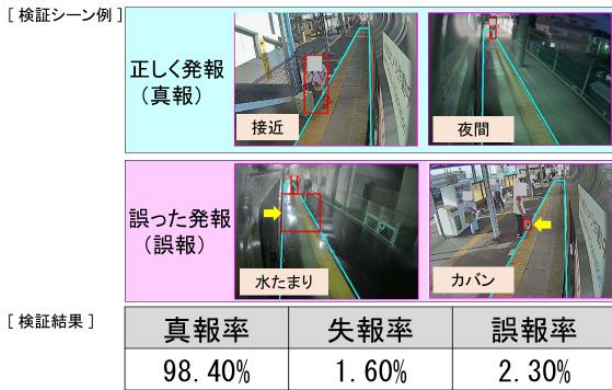


図 6 関西本線営業列車での検証結果

検証の結果、真報率が 98.40%、失報率が 1.60%、誤報率が 2.30%という結果になりました。夜間や天候に左右されず、車両に接近する人物を検知 (赤枠) しており、概ね正しく検知できていることが確認できた一方、水溜まりや鞆に対しても検知 (赤枠) しているという課題が明らかになりました。実用化に向けては、本来検知すべき人物を検知しない「失報率 0」を目標に掲げつつ、安定輸送に影響を及ぼす誤報率の低下が課題です。今回明らかになった誤報率 2.30%という数字を、今後営業列車として運行する関西本線の列車本数に換算すると、1日あたり約 40本の列車が誤報により発車できないこととなり、列車の安定性を損なう可能性があります。そこで、「安全」を大前提に、安定輸送を両立できるよう、追加学習とパラメーター調整の検討を行いました。

追加学習については、検証で知見を得た水溜まりや鞆などをはじめ、AIが人物と誤検知しやすいホーム上に映る影、踏切や電柱等が写る画像等、誤検知し得るものを追加で学習させました。上述した関西本線の営業列車検証と同じ映像で評価した結果、失報率は 0%、真報率は 100%となった一方、誤報率は 0.40%となりました。そこでパラメーターによる調整を行いました。(図 7)

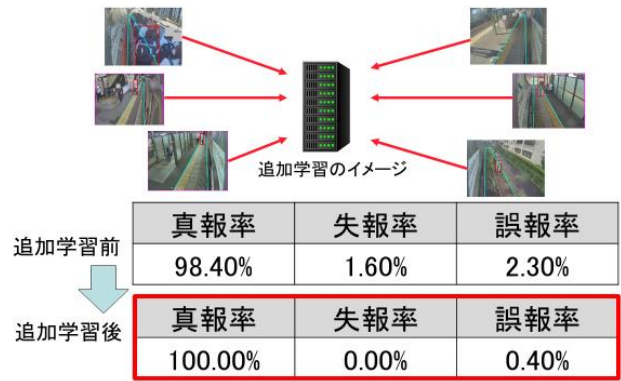


図 7 追加学習のイメージと検証結果

パラメーター調整では、AI 閾値、発報条件を最適な状態に調整することを目的としました。AI 閾値を上げ、発報条件を厳格にすると、ほぼ人間に近い状態のみを検知し、慎重に発報しようとするため、真報率は悪化しますが、誤報率は改善します。つまり、安全・安定輸送を固持するためには、高い真報率を保ちつつ、誤報率を改善する設定値をどこに定めるのが肝要です。メーカーと様々な検討を重ねた結果、車両に接近する人間らしい物体を逃さず検知する AI 閾値と、その確度を上げる発報条件の最適な設定値を AI 閾値 0.6、発報条件 4/5 としました。再度、関西本線営業列車の映像を用いて評価したところ、真報率は 100%をキープしつつ、誤報率は 0.02%に改善しました。以上から本設定値を当社の基準値としました。(図 8)

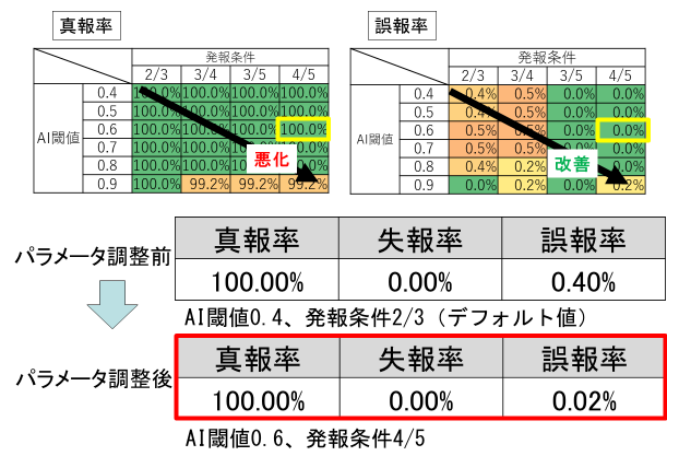


図 8 パラメーター調整と実施結果

5 実際の運用を見据えた仕様検討

安全確認支援装置の実運用に向け、検知エリアの範囲、運転台モニターの表示時間、画像解析装置の解析時間、運転士への通知項目・基本動作等、様々な観点から仕様検討を行ってきました。今後も、現場の最前線である運輸区との連携を密にとり、現役運転士のニーズを汲み取り検討を進めていきます。

6 おわりに

本稿では、車側カメラを用いた安全確認支援装置の開発概要について紹介しました。2026年3月の営業運転開始に向けて、安全・安定輸送の確保と安全性向上を大前提として開発を進めてまいります。



和田 安司
東海鉄道事業本部
運輸営業部 運用課

現場の第一線で安全・安定輸送を支える乗務員の視点を大切にしながら、効率的な業務執行体制の構築に取り組んでいく。



栗山 陽介
東海鉄道事業本部
運輸営業部 運用課(現:営業本部)

鉄道の安全性や利便性を高められるよう、運転業務を支援する技術や、サービス向上に寄与する技術の導入に取り組んでいく。



竹山 和慶
東海鉄道事業本部
運輸営業部 運用課
(現:東海鉄道事業本部
亀山運輸区 助役)

省令第百条を厳守するため、安全且つ乗務員が実践しやすい基本動作の検討に加え各種課題を解決できるように主管課と連携していく。