

車両搭載型ホームモニタシステムの開発



武田 哲也*1



尾崎 隼人*2



中村 信彦*2



齋藤 浩司*2

Development of an On-board Platform Monitoring System

Tetsuya TAKEDA*1, Hayato OZAKI*2, Nobuhiko NAKAMURA*2, and Kouzi SAITOU*2

*1 Shinkansen Rolling Stock Maintenance Center

*2 Advanced Railway System Development, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

Japanese railways are faced with the issue of declining birthrate, aging population and how to optimize operation in such the situation. East Japan Railway Company has been working on the development and verification of an boarding and alighting monitoring support system consisting of on-board cameras, monitors and other system components. On-board verification of the system for the visibility of images, conducted in different seasons, hours and weather conditions, has shown that the system can be used for one-man commercial operation of a train set of three to six cars.

●**Keywords:** Network cameras, Alighting monitoring support system, One-man operation

*新幹線総合車両センター 検査科 *JR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

1. 緒言

JR東日本では、生産年齢人口の減少などによるお客さまのご利用縮小を見据え、カメラ、モニタ等が車両内で完結する乗降確認支援システム(以下、「車両搭載型ホームモニタシステム」)の開発、機能の検証を進めてきた。本システムを車両に搭載し、様々な季節、時間帯、天候での映像の視認性を検証した結果、3~6両のワンマン運転における乗降確認支援システムとして実用可能であることを確認した。

2. 開発の背景

少子高齢化・人口減少が進む日本の社会において、より効率的な鉄道経営が求められており、ワンマン運転はその方策の1つである。なお、JR東日本のワンマン運転におけるお客さまの乗降確認は、駅ホームに設置したミラーによる後方確認の方法が主であるため、1~2両編成の列車について運転士が後方を確認できるのが限界である。また、一部の線区では、図1に示すようにホームに設置したカメラ映像を車両内に無線伝送し、運転室モニター画面に映像を表示することで2~6両編成のワンマン運転を実施している。ただし、このシステムは、地上設備が必要であり、設置コストとメンテナンスコストが必要となる。また、カメラ映像の伝送に使用するミリ波は、低遅延かつ大容量のデータ伝送が可能であるが、指向性が高く、ミリ波送信器の設置位置や車両の停車位置などの管理を厳密に行う必要がある。そこで本開発では、図2に示す低コストで車両側面に搭載したカメラ(以下、車側カメラ)と運転室モニター画面による映像監視システムを開発した。その結果、1~2両編成で実施しているワンマン運転を3~6両編成の列車にも拡大することにより、効率的なオペレーションの実現を目指した。



図1 ミリ波伝送式ホームモニタシステム



図2 ホームモニタシステム開発コンセプト

3. ホームモニタシステムの開発方針

3・1 システム構成

車側カメラには、配線の簡素化及び編成内のカメラを一括で制御できるように、IPカメラ（ネットワークカメラ）を採用した。図3に車側カメラを示す。車両には、図4に示すようなホームモニタシステム専用の100Mbpsイーサネットネットワークを構成し、映像データ等を伝送することとした。

3・2 ホームモニタシステムの動作仕様

ホームモニタシステムの基本的な動作仕様を以下のとおり定めた。

- ・ドアを開扉すると1両ごとに車両側面から後方に向かって撮影したカメラ映像をモニター画面に表示する。これは、雨滴や着雪の影響が少ないカメラの映像を表示するためであり、3・3項にて詳細を述べる。
- ・起動後、車両速度が5km/h以上となるとカメラ映像を消灯する。駅停車前から発車後の映像表示動作のイメージを図5に示す。



図3 車側カメラ (MUE-Train搭載時)

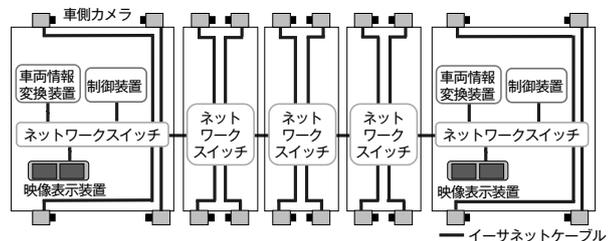


図4 システム構成案

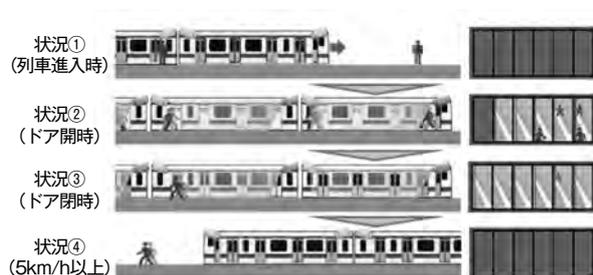
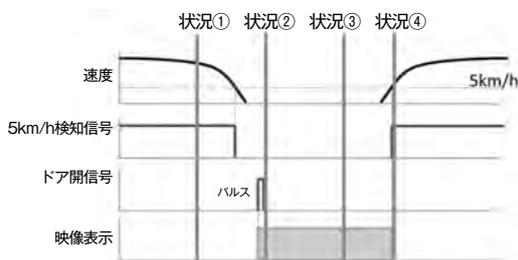


図5 駅停車前から発車後の映像表示動作 (イメージ)

3・3 主要機器の性能検証・開発

ワンマン運転にホームモニタシステムを適用する場合、雨、雪、霧などの気象条件、日中帯、夜間帯などの時間帯でも鮮明な映像を撮影する必要があり、お客さまが多い場合においても確実に乗降確認が可能であることを十分に検証することが重要である。ここでは、本システムにおける主要機器である車側カメラと映像表示装置の開発、性能検証について述べる。

(1) 車側カメラ

① 車側カメラの機能仕様と選定

2012年の開発当初に、車側カメラの機能仕様を定め、カメラの選定とJR東日本研究開発センター内の模擬ホームと車両を備えた実験棟および車両センターにおいて基本性能の確認を行った。車側カメラに求められる機能仕様は以下のとおりである。

- ・車両限界を支障しない範囲に取り付け可能。
- ・気象条件や時間帯によらず、お客さまの乗降確認に十分鮮明な映像を取得できる。
- ・屋外用カメラであり、車両環境下での使用において十分な耐久性を有する。

上記の機能仕様をもとに様々なカメラを選定、基本性能の確認を行い、一部のカメラについては多目的実験電車（以下、MUE-Trainという）に設置して走行試験を行ったものの、夜間に十分な明るさが得られない、明暗差の大きい映像に白飛び、ダイナミックレンジが狭いことによる黒つぶれが発生する、保護ガラスへの着雪などといった課題が明らかとなった。

そのような中、英国IEP（都市間高速鉄道計画）などに採用された車側カメラについて屋外に適したハウジング一体型構造や、結露防止用ヒーター付保護ガラス、防塵防水仕様、高感度、優れたワイドダイナミックレンジ (WDR) 機能に注目し、基本性能の確認を行ったところ、良好な結果が得られたため、現車搭載などによる更なる性能検証を進めることとした。

②車側カメラの性能検証

車側カメラの性能検証結果の一部として、雨天時、降雪時の性能検証結果と逆光・豪雨・濃霧といった特異状況を再現した模擬試験の結果を述べる。

●雨天時の検証

図6 (a) は、MUE-Trainでの性能検証における雨天時の走行中の映像である。本システムでは、保護ガラス面への雨や雪の付着を最小限に抑えるために、進行方向に対して後方を撮影する映像を映像表示装置に表示することとしている。右図に示す停車時に映像を表示しない進行方向を撮影するカメラ映像には、雨の付着が認められた一方、左図に示す映像を表示する後方を撮影するカメラ映像には、雨の付着が認められなかった。

これにより、3・2項に示す動作仕様が妥当であることを確認した。

●降雪時の検証

図6 (b) は、日本有数の豪雪路線を走行する線区において、115系電車での性能検証における降雪時の映像である。雨天時と同様、進行方向に対し後方を撮影するカメラ映像には、雪の付着が認められなかった。なお、図7に示すように、本検証での折返し停車において、カメラ保護ガラスに雪や水滴が長時間、残存する課題も判明した。この車側カメラの特徴として、ヒーター付保護ガラスを採用していることが挙げられる。しかし、ヒーターの目的は内部の結露防止であることから、融雪が残存するだけでなく、一部の溶け落ちようとするみぞれ状の雪が保護ガラスとカメラ筐体の段差により残存してしまう。この課題を解決するため、ヒーターの容量を上げ、融雪効果を高め、図8に示すように保護ガラスとカメラ筐体を平滑化することにより、付着した雪や水を流れ落ちやすくした。なお、ヒーター容量を上げたことによるカメラ内部の電子機器の劣化が懸念されるため、システムのカレンダー情報を用いて、季節によるヒーター容量の変更を可能とした。

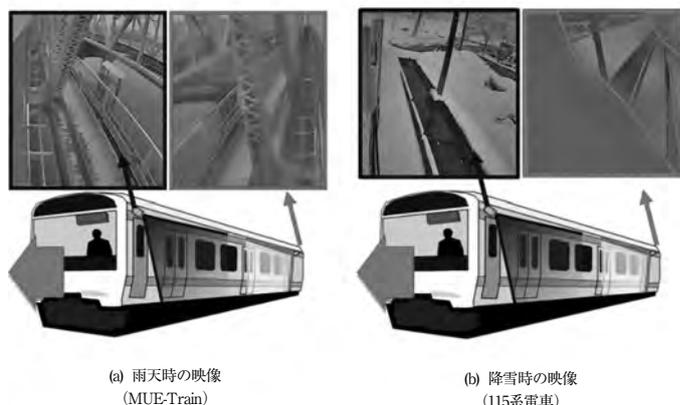


図6 カメラの映像

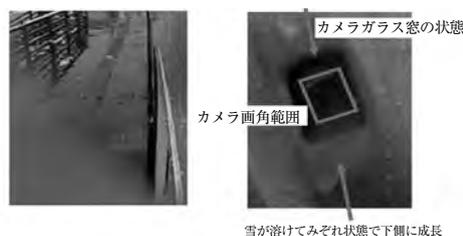


図7 折返し時の映像とカメラの状態



図8 保護ガラスの改良

●特異状況（逆光、豪雨、濃霧）の模擬試験

MUE-Trainや115系電車での現車検証にて確認できない強い逆光、豪雨、濃霧といった気象状況でのカメラの性能を確認するため、一般社団法人日本自動車研究所の特異環境試験場において性能試験を行った。逆光は15時、17時に相当する20,000～35,000lxの太陽光、豪雨は非常に強い雨に相当する80mm/hの降雨、濃霧は、車両長に相当する視程20mの霧を再現し、カメラを自動車の屋根上に取り付け、停車時や走行時の視認性の確認を行った。80mm/hの豪雨では、進行方向に対して後方を撮影するカメラの視認性に問題がなかった一方、図9に示すような強い逆光や濃霧の環境では、人間の目と同様、乗降確認に支障する状況もあり得ることを確認した。この結果より、図10に示すような、必要に応じて映像の前後切替を可能とする機能の必要性を認識した。



図9 特異環境試験場での映像検証（逆光）

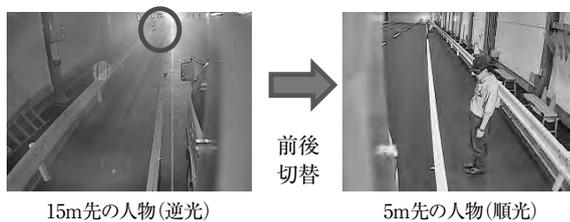


図10 逆光時の視認性と前後切替の効果確認

(2) 映像表示装置の開発

運転室に搭載する映像表示装置は、乗務員経験者の意見を取り入れ、12.1インチWXGAタッチパネルディスプレイ2台を搭載し、1台のディスプレイを縦に3分割することで最大6両分の映像を表示する。映像表示装置の位置は、図11に示すように、着座状態で視認性、操作性を考慮し、人間工学^{1) 2)}の観点から基準値を定め取付け位置を決定した。



図11 映像表示装置設置基準

4. ホームモニタシステムの現車検証

これまでの性能検証・開発にてホームモニタシステムの実用化の目途が立ったことから、2018年、E531系3000代一般形交直流電車5両編成に図4に示した構成機器からなる本システムを搭載し、実用化判定のための試運転試験および1年程度の耐久試験を実施した。図12に現車搭載の様子を示す。2018年5月に実施した試運転試験においては、3日間のべ170人の関係者が参加し、システムの動作、映像視認性、操作性等を確認した。夜間の映像を図13に示す。試験の結果、本システムはJR東日本の中編成ワンマンの乗降確認支援システムとして適用可能と判定された。耐久試験においては、パラメータ変更による視認性の更なる向上、保護ガラスの汚れ検証、量産化に向けた課題抽出と改善策の検討などを行い、技術の深度化を図った。



図12 ホームモニタシステムの現車搭載



図13 夜間の乗降映像

5. まとめ

2012年の開発開始から8年を経て、2020年3月、車両搭載型ホームモニタシステムを活用した中編成ワンマン運転を東北本線黒磯～新白河間にて開始した。本開発成果はE531系だけでなく、E131系、EV-E801系へと、さらに搭載車両を広げており、今後もワンマン運転拡大に向けて様々な線区に展開される予定である。

参考文献

- 1) 横溝克己・小松原明哲「エンジニアのための人間工学」(2013)
- 2) 日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会「関節可動域表示ならびに測定法」(1995)