

既存車両搭載用電力設備モニタリング装置の開発



甲斐 知彦*1



金子 顕*2



黒川 剛士*2



鈴木 秀康*3

Development of overhead line condition monitoring system for an existing rolling stock

Tomohiko KAI*1, Akira KANEKO*2, Takeshi KUROKAWA*2 and Hideyasu SUZUKI*3

*1 Electric Power Technology Center, Chiba Branch Office of JR EAST Group *2 Technical center, Research and Development Center of JR EAST Group

*3 Electric Power Technology Center, Omiya Branch Office of JR EAST Group

Abstract

For applying the overhead line condition monitoring system installed in the E235 series to an existing rolling stock, we developed a prototype system in slimming down. This system is able to locate the current position by GPS and Millimeter-Wave Radar, not depend on INTEROS (INtegrated Train communication networks for Evolvable Railway Operation System). We mounted the system on MUE-Train (MULTipurpose Experimental Train), measure data in a test run and verified the same accuracy as the system installed in the E235 series.

●**Keywords:** Monitoring System, Laser Distance Sensor, Millimeter-Wave Radar, GPS, Acceleration Meter

1. 緒言

現在、JR東日本では設備の状態に合わせて管理するCBM (Condition Based Maintenance) の実現に向けて取り組んでいる。その中で架線設備の状態を高頻度でモニタリングする仕組みとして2015年度より山手線E235系量産先行車に電力設備モニタリング装置を開発、搭載した(図1)。この装置は車両の新造に合わせて開発したため、装置の大きさや重量に余裕をもって設計することができた¹⁾。今後他の線区へ展開するためには、既存車両に搭載する必要があり、装置の軽量化、小型化などの課題が残る。

これらの課題を解決するため、2016年度に既存の営業車両へ搭載可能な電力設備モニタリング装置の仕様の検討、プロトタイプの開発、MUE-Train (209系試験用電車) へ搭載し本線での走行試験を実施した。本件名では、開発したプロトタイプの概要と走行試験の中で得られた測定データの評価、装置の耐候性について報告する。



図1 E235系量産先行車 電力設備モニタリング装置(3号車)

2. 開発したプロトタイプの概要

2015年度に開発したE235系搭載電力設備モニタリング装置を今後他の線区へ広く展開、導入するためには、以下の2つの課題があった。

- ① 既に様々な機器が搭載されている車両へ装置を搭載するには、設置スペースや位置が限られる
- ② INTEROS (次世代列車制御システム) 非搭載車では位置 (キロ程) 情報が取得できない

それぞれの課題を解決することを目的として、2016年度に既存車両搭載用電力設備モニタリング装置を開発した。E235系に搭載した装置との構成の比較を図2に示す。

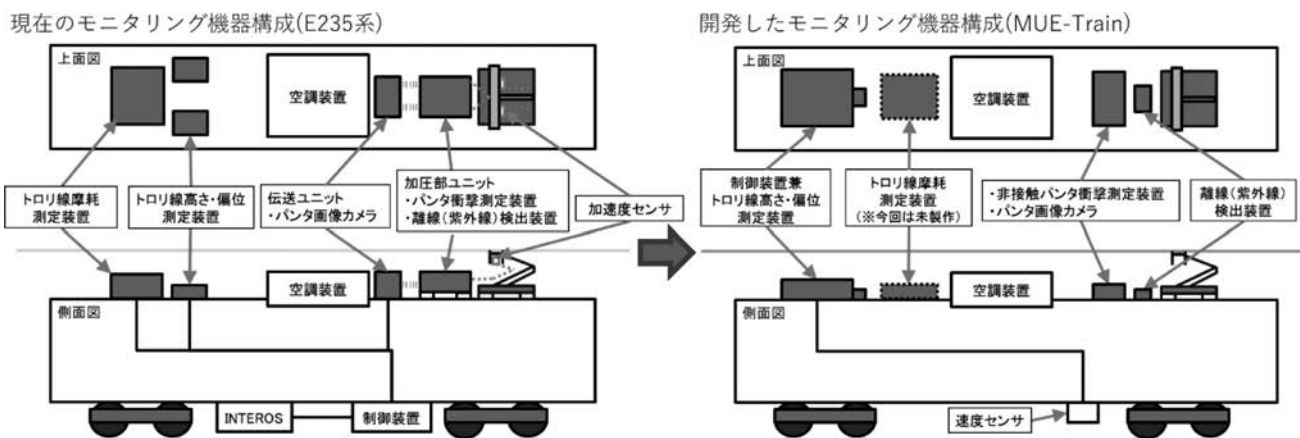


図2 E235系に搭載した装置と今回開発した装置との構成比較

課題①に対し、トリ線高さ偏位測定装置において動作周波数の低い回転測長センサ4台で測定していたものを、動作周波数の高い回転測長センサ1台に変更することにより小型化した。加えて、E235系搭載電力設備モニタリング装置では床下に搭載していた制御装置をスリム化し、トリ線高さ偏位測定装置との一体化を実施した(図3)。これにより、重量は従来のおよそ1/3となり、屋根上への搭載が可能となった。静止状態で測定試験を実施し、すべての測定値において誤差は高さ±15mm以内、偏位±10mm以内であり、要求する静的精度をいずれも満たしていることを確認した。

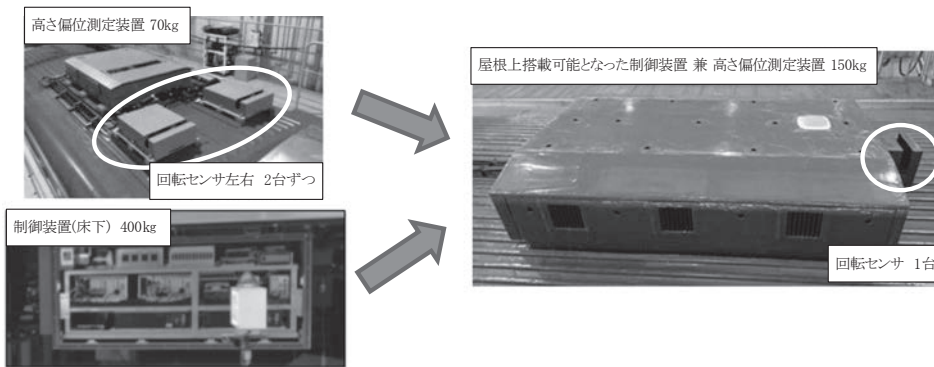


図3 トリ線高さ偏位測定装置・制御装置(左：E235系に搭載の装置 右：今回開発した装置)

課題②に対し、速度センサにより距離パルスを生成し、GNSS (GPS+QZS) による位置の測位と組み合わせキロ程情報を取得する方式とした。速度センサにはミリ波ドップラーセンサを導入した。原理を図4に示す。このミリ波ドップラーセンサにより得られた距離パルスをもとに、測定データを従来同様の5cmピッチに細分化する。実際に偏位データより電柱位置を見出し、その間のデータプロット数をカウントして5cmピッチでデータが生成されていることを確認した(図5)。これにより、INTEROS非搭載車においても位置情報の取得が可能となった。

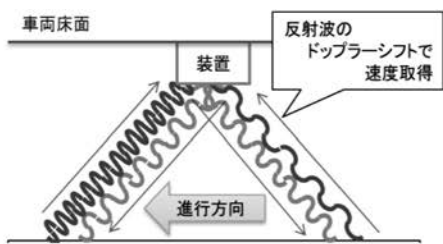


図4 ミリ波ドップラーセンサの速度検出原理

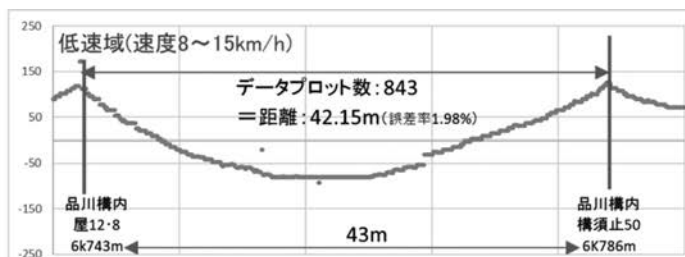


図5 距離パルスによる5cmピッチデータ生成確認

3. MUE-Trainへの搭載工事と本線走行試験

2017年8月、MUE-Trainへの搭載工事と各装置の校正および調整を長野総合車両センターにて実施した(図6)。搭載工事は、装置本体の設置に加えて各種ケーブルの結線、端末処理、防水処理、車体との固定部の絶縁塗料(ローンテックス)塗布を実施した。なお搭載にあたり、必要な装置の改造と装置本体への絶縁塗料の塗布は事前に実施した。

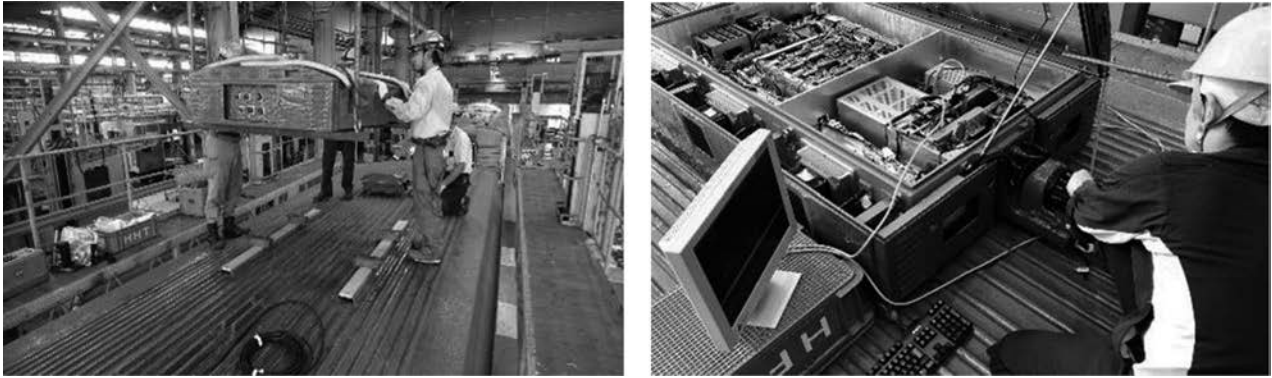


図6 MUE-Trainへの装置搭載工事

本線での走行試験はいずれもGNSS (GPS+QZS) への影響を検証するため、トンネルや山間部を走行する中央線と、都心部を走行する東海道線とで計11回実施し、トロッコ線の高さおよび偏位の測定を行った。

4. 測定データの評価、耐候性評価

MUE-Trainによる本線走行試験にて得られたトロッコ線高さ・偏位測定データについて、再現性と整合性の2つの観点より評価を行った。また装置の点検および整備を実施し、今後既存車両へ搭載した際の点検実施サイクルの検討を踏まえた耐候性について評価を実施した。

4・1 トロッコ線高さ・偏位データの複数回走行による再現性確認

本線走行試験にて得られたトロッコ線高さ・偏位データを一部抜粋し、複数回(東海道線6回、中央線5回)走行したデータを重ねて2kmずつグラフにプロットした。高さデータのグラフを図7に、偏位データのグラフを図8にそれぞれに示す。

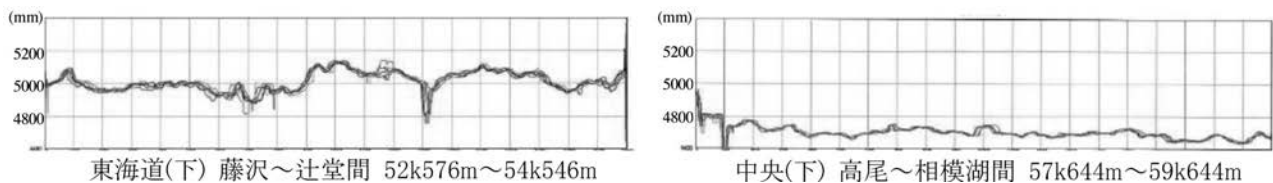


図7 トロッコ線高さデータ 再現性確認

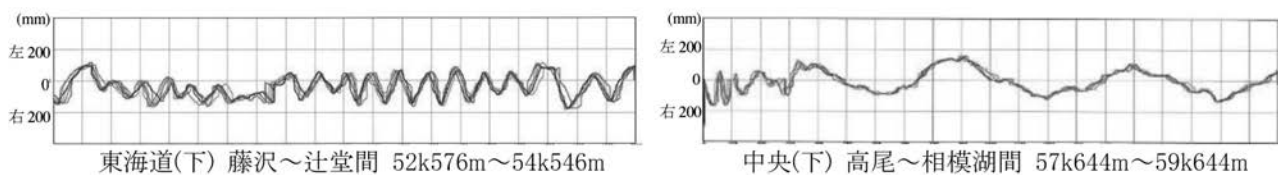


図8 トロッコ線偏位データ 再現性確認

いずれのグラフもx軸方向(キロ程)で若干のズレがみられるが、グラフの波形としてはほぼ一致しており複数回走行による再現性が確認できた。グラフに描画した測定データをさらに数値で比較した。各行路で初回走行のデータを基準データとして、基準データと2回目以降走行データを同じ位置で差分を計算、その標準偏差(測定値のばらつき具合)1σを求めたものである。全体の平均値ではあるが、今回開発した装置で測定したデータは高さ $\pm 11.0\text{mm}$ 、偏位 $\pm 13.5\text{mm}$ 程度となった。しかし電気検測車(East i)での標

準偏差 (高さ $\pm 14.63\text{mm}$ 、偏位 $\pm 18.11\text{mm}$)、E235系搭載装置の標準偏差 (高さ $\pm 13.10\text{mm}$ 、偏位 $\pm 38.56\text{mm}$)をいずれも下回ることから、今回開発した装置では既存の測定方式より複数回走行時の測定値の再現性は高いといえる。

4・2 トロリ線高さ・偏位データのEast iとの比較

今回測定したトロリ線高さ・偏位データとEast iによる測定データとをグラフに重ねて描画し、整合性の評価を実施した。高さデータのグラフを図9に、偏位データのグラフを図10にそれぞれに示す。

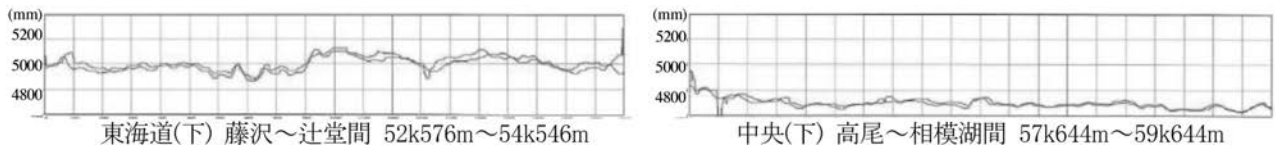


図9 トロリ線高さデータ 整合性確認

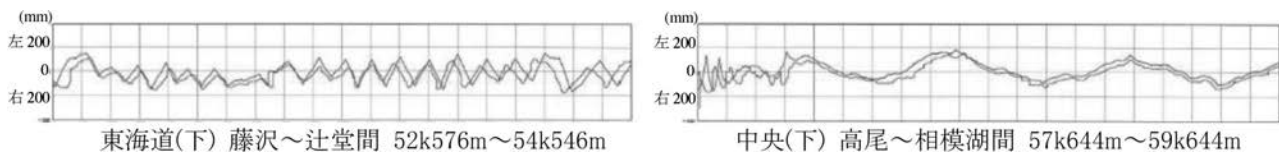


図10 トロリ線偏位データ 整合性確認

再現性の確認と同様、x軸方向(キロ程)で若干のズレがあるが、ほぼ同等の波形であることから今回測定されたデータはEast iによる測定データとほぼ同水準の精度であるといえる。

4・3 装置の耐候性評価

装置の点検を実施し、今後既存の営業車両へ搭載した際の点検実施サイクルの検討を踏まえた耐候性の評価を実施した(図11)。評価内容は①装置内温度と温度制御状態確認②ケーブル・コネクタ状態確認③センサ窓の汚損状態確認である。いずれの評価内容も試験走行開始から2か月後の点検において問題は見られなかった。各センサ窓部は汚れがみられたものの測定異常などの問題がなかったことから、車両の検査と同じ3か月周期で装置の点検と清掃を実施するのが望ましいと考える。

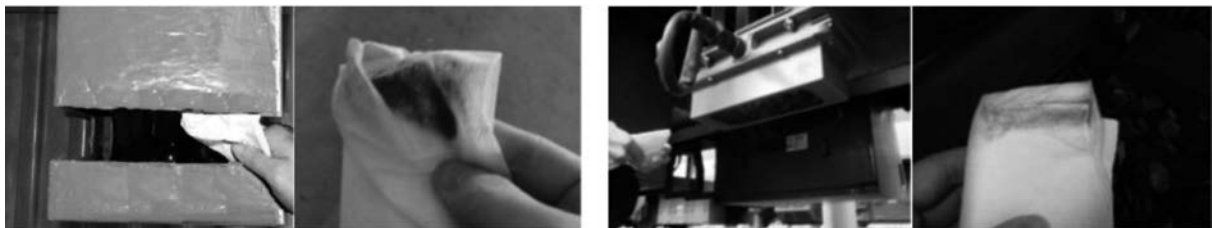


図11 装置の耐候性評価(センサ窓の汚損状態確認 左:回転センサ(屋根上)、右:速度センサ(床下))

5. 結言

本件名では、既存車両搭載用電力設備モニタリング装置をMUE-Trainへ搭載し、本線での走行試験にて測定を実施した。測定データの評価では、E235系搭載電力設備モニタリング装置やEast iで測定されたデータと概ね同等の精度であることを確認できた。装置の耐候性についても問題はなく、従来と同様に車両の機能保全等検査時に装置の清掃や点検を実施するのが望ましいとの見解を得ることができた。

今回の開発により、E235系以外の既存車両にも電力設備モニタリング装置を搭載することの見通しを得た。今後は山手線以外の線区にも導入を検討し、CBMのさらなる実現に向けた取り組みを進めていく。

参考文献

- 1) 高橋敦宏:「1203 営業車両搭載用電力設備モニタリング装置の開発」, 第22回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2015) 講演論文集