

ESⅡ形電気転てつ機の転換不能要因解析装置の開発と導入



新野 善行*¹



鈴木 雅彦*¹



金田 敏之*¹

Development and practical realization of failure analysis machine for ESⅡ motor point machine

Yoshiyuki NIINO*¹, Masahiko SUZUKI*¹ and Toshiyuki KANEDA*¹

*¹ Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

The motor point machine is very important equipment for train operation. Failure of the machine is directly linked with transport suspension. Therefore, it is extremely essential to prevent failure of the machine. We examined some analysis methods which may detect the signs of failure so as to maintain the machine before failure occurrence. We developed the analysis machine with several failure prediction methods by using the monitoring data from motor point machine. Afterwards, we carried out the field test. Through large quantity and long term of analysis using the data in field test, we revised the prediction logic and determined the practical realization.

●**Keywords:** Motor point machine, Monitoring, Moving operation failure, Failure prediction, Machine learning

1. はじめに

1・1 背景と目的

電気転てつ機は分岐器を転換させることで列車進路を構成する重要設備であり、図1に示すようにトングレールを左右どちらかのレールに密着させ、不正に動くことが無いように鎖錠(ロック)を行う。

分岐器の転換が不可能となる故障(以下、転換不能)は輸送障害に直結する。そのため、転換不能発生前のメンテナンスにより未然に防ぐこと、また転換不能発生時の早期復旧が望まれている。

現在、分岐器の転換には電気転てつ機が主に使われている。電気転てつ機は電気信号により制御され、モータの動力をトングレールに伝えることによって分岐器を転換させる装置であり、転換不能の発生時にはモータトルクなどが正常状態に比べて変動している傾向がある。例えば、分岐器に不具合があり抵抗が増大した場合はモータトルクが増大する。

本研究ではモニタリングデータを活用して、統計的数値解析(機械学習)を含む複数の論理について検討を行い解析装置を開発した。また、解析装置の実用化に向けた精度向上のため、営業線に設置された実機での現地試験を実施し、転換不能の未然防止への有効性を検証した。

1・2 ESⅡ形電気転てつ機の概要

ESⅡ形電気転てつ機(図2)はサーボモータ採用による動作制御の安定化を図ると同時に、従来から多く使用しているNS形電気転てつ機の利点である歯車制御機構やリレー接点による状態出力などを取入れた次世代分岐器用の電気転てつ機である。また、ESⅡ形電気転てつ機は転換動作をモニタする機能を備えており、転換時にトルク・ストロークなどのデータを自動記録している。

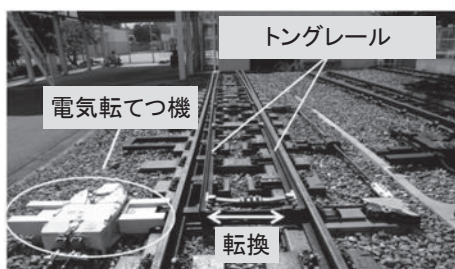


図1 分岐器の構成



図2 ESⅡ形電気転てつ機

2. 異常検出に向けた解析手法の概要

はじめに、ESII形電気転てつ機へのモニタリングデータを解析することで、転換不能発生前の異常検出の可能性を検討した。ここでは、それぞれの解析手法、具体的にはトルク変化解析、密度比推定について概要を説明する。

2・1 トルク変化解析による異常検出

2・1・1 トルクピーク値の監視

図3にESII形電気転てつ機における転換時間とトルク値の関係を示す。トルク値は電流から換算した値となっており100 (%)は定格電流での動作を意味している。トルクピーク値の監視は転換時間におけるトルクピーク値をあらかじめ設定した閾値と比較し、閾値を超えた場合は異常と判定する。

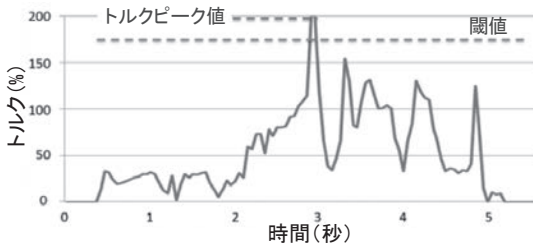


図3 トルクピーク値の監視

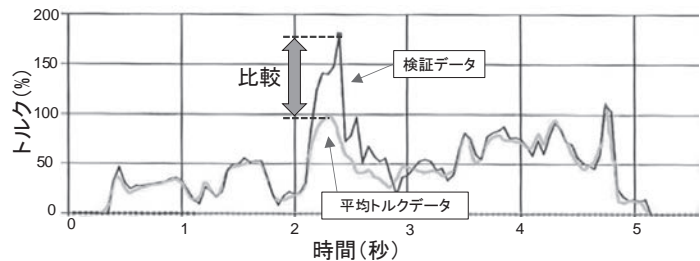


図4 トルク平均値との変化量監視

2・1・2 トルク平均値からの変化量監視

過去の転換からトルク平均値を求め、検証するトルクデータと比較し変化量を求める。閾値はトルクピーク値の監視と同様にあらかじめ設定する。変換量を閾値と比較し、閾値を超えた場合は異常と判定する(図4参照)。

2・2 密度比推定による異常検出

密度比推定は、正常データの確率密度分布と検証データの確率密度の比を見れば、検証データに異常データが含まれるか否か検知できる性質を利用した手法である。図5のように、正常データの確率密度分布と検証データの確率密度分布の比を取ると、正常データの分布では見られない検証データの分布の範囲で密度比が1から大きく外れ、異常が見られるということが明確に表れる。あらかじめ用意した学習データから直接密度比を算出し、検証データに対する密度比が定められた閾値を上回れば正常、下回れば異常と判定する。

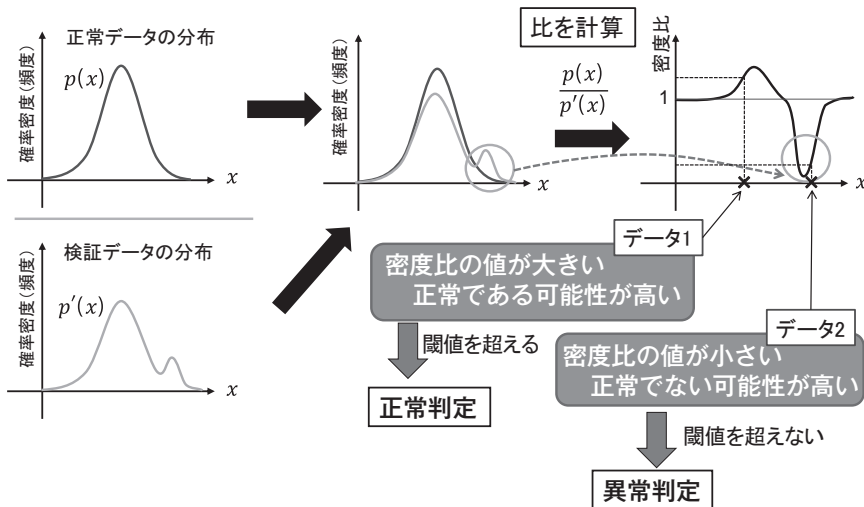


図5 密度比推定

3. 現地試験の実施

前述した2つの手法の論理が組み込まれた解析装置を試作し、営業線で現地試験を実施した。図6にシステム構成を示す。機器室に以前から設置されているモニタ装置を解析装置として改修し、結果の異常検出情報は保全事業所に設置してある監視装置にデータ伝送しモニタリングできるように改修した。解析論理が異常と判定した場合、装置としては「予兆」というアラームを表示する。

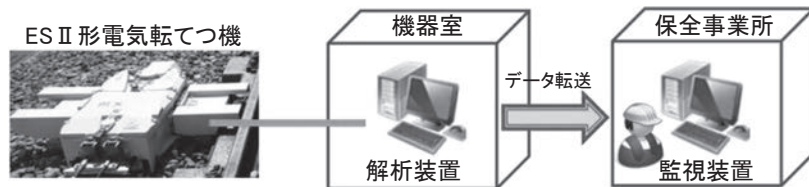


図6 システム構成

3・1 現地試験の状況

実際に稼働している電気転てつ機39台に対して1年以上の期間解析を行った。その結果、各解析論理を組み込んだ解析装置において、故障や異常解析などは発生せず順調に機能した。また、転換不能は発生しなかったものの、いくつか予兆と判定されたものがみられた。予兆発生状況を解析した結果、各電気転てつ機が設置されている分岐器の状態に違いがあり、これが解析結果の差につながっていることが分かった。従って、予兆が発生した場合、実際のトルク波形をよく確認し対処を検討することが重要である。以下に予兆発生事例を示す。

3・2 予兆発生事例紹介

表1に現地試験の状況を示す。なお、人間の判断では正常転換と考えられる転換データについて、解析論理が予兆と判定するケースもあり、また実用化時の運用等も鑑み、最終的な予兆出力は、2章で紹介したトルク変化解析と密度比推定の解析論理が同時に異常と判断した転換を予兆として出力することとした。これは、異なる2つの解析論理にて異常と判断するような特徴的な波形であるものは、より異常度が高いと考えられるためである。

表1 現地試験での解析結果

| | |
|--------|-----------------------|
| 試行期間 | 466日間(2015.12~2017.3) |
| 駅数 | 5駅 |
| 転てつ機台数 | 39台 |
| 転換回数 | 約43万回 |
| 予兆発生回数 | 64回 |
| 予兆発生確率 | 0.015% |

3・2・1 A駅x号転てつ機

図7に一般的なトルク波形を示し、図8にA駅x号転てつ機のトルク波形を示す。A駅の各分岐器は、カントが大きく、転換途中の負荷トルクは全体的に強く、予兆として検知する回数は他の駅に比べてやや多い。特に、x号転てつ機は、3年前に転換不能が発生したこともあり、現地試験中にも予兆が計9回も発生したことから、保線の保全事業所と情報交換を密にし、両者立ち合いによる定期点検も実施している。

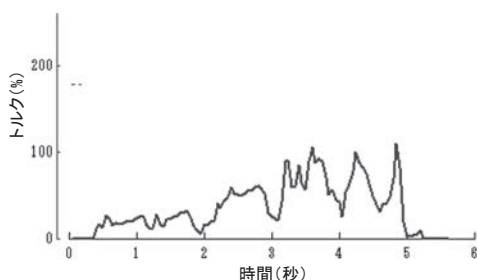


図7 一般的なトルク波形

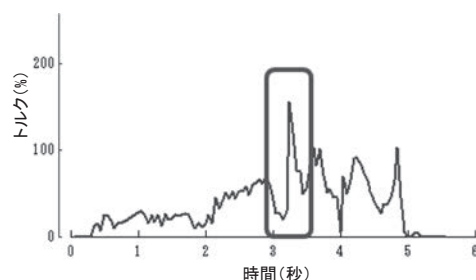


図8 x号転てつ機のトルク波形

3・2・2 B駅y号転てつ機

図9にB駅y号転てつ機のトルク波形を示す。B駅のy号転てつ機は、A駅とは異なりカントもついていない。しかし、y号転てつ機は転換途中のトルクはA駅x号と同様に強いピークが発生していた。現地を確認したところ、転てつ付属装置であるスイッチアジャスタとマクラギが擦ったとみられる痕が確認された。付属装置とマクラギが擦ったことで、トルクが強くなっていると考えられたため、マクラギの削正を実施し、状態監視を継続している。

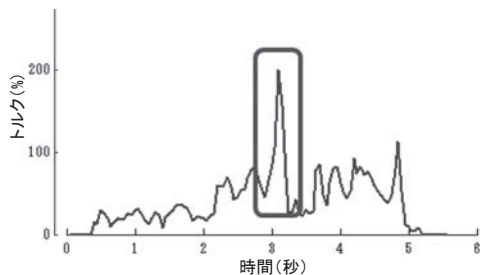


図9 y号転てつ機のトルク波形

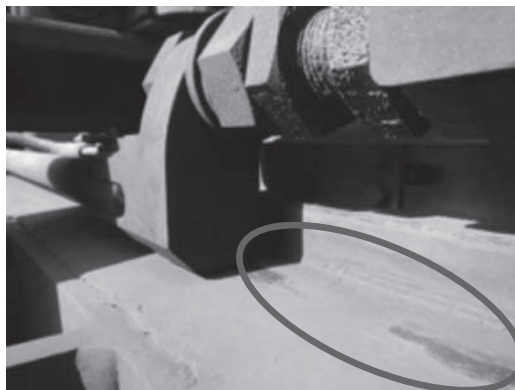


図10 付属装置とマクラギの接触痕

3・3 考察

解析装置の現地試験により、各電気転てつ機の状態をより詳細に分析することができるようになった。予兆発生時に、トルク波形等の情報から現地設備がどのような状況になっているのかを推定することができ、その推定を基に現地を確認することで、現地の状況とトルク波形の関係を更によく理解することができるようになった。ただし、分岐器や転てつ機自体に問題は無いにもかかわらず一時的に予兆を検出することがあった。これらに対しては、引き続きデータの検証等を行い実用性能の向上に努める。また、各転てつ機の個体差に応じたパラメータの設定や学習データの期間など、予兆検出手法の深度化が有効と思われる。

4. まとめ

ESII形電気転てつ機のモニタリング機能を活用して、転換不能等の異常の予兆を検出するため、各手法について実機データを用いて検討を行い、実用化の可能性を検証した。その結果、各解析手法において良好な結果を得たため、試行導入5駅については、2017年度初より実用化した。また、今年度よりESII形電気転てつ機導入駅に水平展開していき、実導入範囲を広げていく予定である。

また、1年以上の長期に渡る現地試験で、様々な事例を蓄積し実用レベルの判定論理を構築することができた。しかしながら、電気転てつ機は現地の状態が様々な外部要因により異なり、また天候等の時間的変化要因も影響することから、これらの要因を勘案し、実用化しながらより精度の高い判定論理へ近づけていく。この装置がメンテナンスの意思決定材料として有効に活用されるように引き続き研究を進めていく。

また、ESII形以外の転てつ機についても、同じニーズがあるため、本開発の成果を活かして同様なモニタリング機能を検討し、転換不能の予兆検出を行えるようにしていきたい。

参考文献

- 1) 新野善行、鈴木雅彦、小林巧、転てつ機転換不能要因解析装置の実用化開発、電気学会産業応用部門大会、5-34 (2017)
- 2) 新野善行、鈴木雅彦、小林巧、電気転てつ機モニタリング、JR EAST Technical Review, No.55、(2016)
- 3) 小幡信夫、森健司、市倉庸宏、次世代分岐器対応新型電気転てつ機の開発、JR EAST Technical Review, No.32、(2010)