

NS電気転てつ機モニタリングの基礎開発



佐々木 正孝*1



鈴木 雅彦*1



金田 敏之*1

Fundamental development of monitoring for NS type motor point machine

Masataka SASAKI*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 method which may detect the signs of failure so as to maintain the machine before failure occurrence. We developed NS type motor point machine and switch adjuster with sensors which acquire corresponding data for being able to failure prediction. We developed the analysis machine with several failure prediction methods by using the monitoring data from motor point machine.

●**Keywords:** Motor point machine, Monitoring, Switch adjuster, Failure prediction, Strain sensor

1. はじめに

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。

JR東日本では、これまでESII形電気転てつ機（以下、ESII形）において転換不能の予兆検出を行う解析装置を開発し、実導入している。本研究はESII形における手法をJR東日本管内で最も導入台数が多いNS形電気転てつ機（以下、NS形）に適用し、NS形において転換不能の予兆検出を行うことを目的とする。本稿では、図2に示すように予兆検出に必要なデータを測定するための各種センサを実際にNS形および転てつ付属装置（スイッチアジャスタ（以下、SA））に組み込み、データ取得が可能かどうか、またセンサ類の耐久性について検証を行った。更に取得した転換データを解析し、予兆解析の可能性について検証を行った。

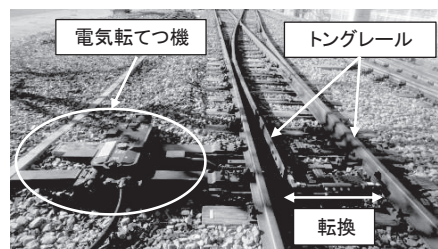


図1 分岐器の構成

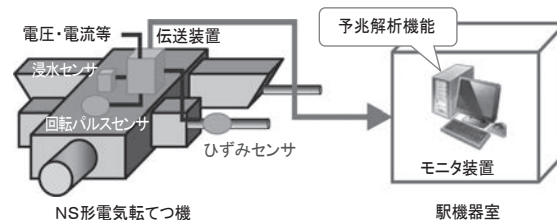


図2 システム構成

2. NS形電気転てつ機、転てつ付属装置への各種センサの取付

2・1 各種センサの取付

既に各種転換データを取得する仕組みが構築されていたESII形と比較して、NS形にはデータを取得するセンサやデータ蓄積機能がない。そのため、はじめに各種センサをNS形およびSAに取り付けることを実施した。具体的には、以下のセンサである。

(1) 回転パルスセンサ (磁電式回転検出器)

ストロークを算出するために用いるセンサである。回転パルスセンサの固定方法を図3に示す。中間歯車の歯の凹凸を検知するために、センサブラケットを使ってセンサを固定する。

(2) 直流電流センサ

リレー (直流24V) の電流を測定するセンサである。主として転換動作開始・終了のトリガに使用する。

(3) 浸水センサ

機構内部が浸水したことを検知する。浸水センサの固定方法を図4に示す。内部機器に影響が及ぶ前に検知する必要があるため、センサ位置は回路制御器および制御リレーのジャック板より下に配置した。

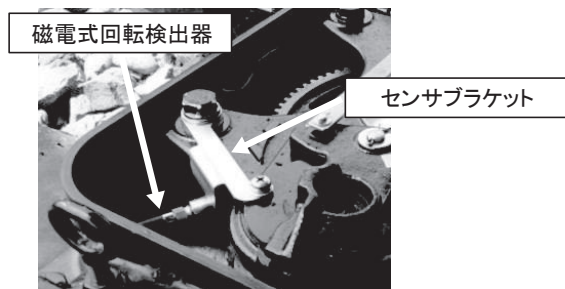


図3 回転パルスセンサの固定方法

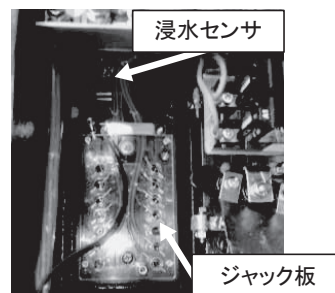


図4 浸水センサの固定方法

(4) ひずみセンサ

トルク値を算出するために用いるセンサである。取付位置は転換時にSAの応力が卓越する位置とした (図5、図6参照)。

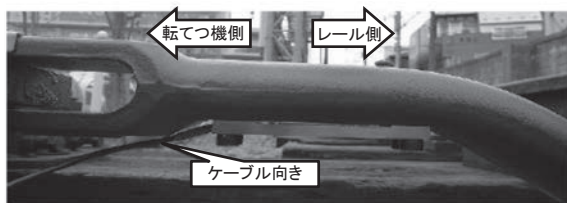


図5 組込式スイッチアジャスタ



図6 後付式スイッチアジャスタ

なお、これらのセンサは、電気転てつ機およびSAの工場出荷時にあらかじめ取り付けておく方式 (組込式) と、現地に既に設置されている電気転てつ機およびSAに後から取り付ける方式 (後付式) の両方に対応可能になるように材料選定や取付方法を検討した。

2・2 各種センサの稼働状況

JR東日本研究開発センター実験線にて各種センサを組み込んだNS形を約6か月間稼働させ、11万転換を実施した。転換試験を行った結果、各センサやNS形の故障等は発生せず、また各センサの出力についても異常はなかった。なお、ひずみセンサについては別途45万回分の転換試験を実施し、故障や出力データの異常はなかった。

回転パルスセンサにて取得したデータを図7に示す。回転パルスセンサは、歯車の1山あたりの角度毎に徐々に値を累積し、360°を超えたら0°に変化するようにカウントしている。後述するデータ解析では、この角度を累積し、ストロークとして取り扱っている。

組込式のひずみセンサにて取得したデータを図8に示す。ひずみ量については、転換のはじめにひずみが一度圧縮されてグラフが谷側に振れ、トングレールが移動中はひずみがほぼ解放されて平坦なグラフとなる。転換後の密着時にひずみが伸びる方向に働きグラフが山側に振れていることが分かる。なお、後付式のひずみセンサは取付金具の固定の仕方によって得られるひずみ値が鈍

ることがあることが分かったため、取付時に固定位置がずれないように固定治具を用意するとともに、締め付けトルクについても適正な値を用いた。

浸水センサは、浸水模擬試験を実施し、回路制御器等が浸水する前にセンサが正常に検知していることを確認した。

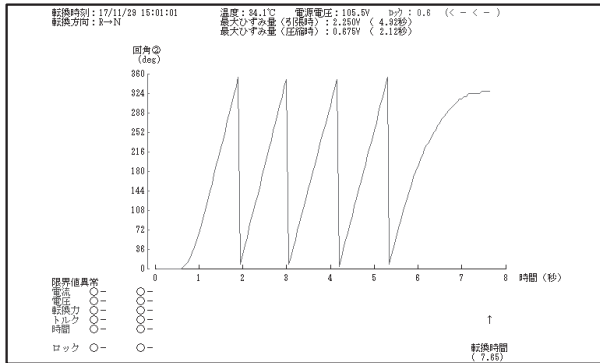


図7 回転角度 (回転パルスセンサ)

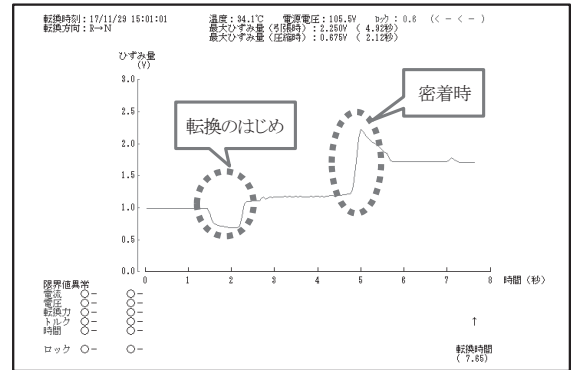


図8 ひずみ量

3. 転換不能要因解析機能の検証

3.1 回転速度・加速度による解析論理の検討

取得した転換データから、回転パルスセンサから得られるデータのみを主として使用し、転てつ機の間歯車の回転速度および加速度を計算し、その組み合わせにより異常を判定する論理を検討した。具体的には図9のフローでデータを変換し、転換工程ごとに各データの組み合わせによる判定論理を使って解析論理を構築した。なお、転換工程は回転角度を基準として、「加速」、「解錠」、「密着」、「鎖錠」、「惰性」の6つの工程に区分した。また、転換データに対してそのまま回転速度・加速度を計算するとデータの振幅が大きく、傾向が捉えにくいいため、移動平均化、サンプリング角度を変更するなどして一定の傾向を捉えられるよう配慮した。

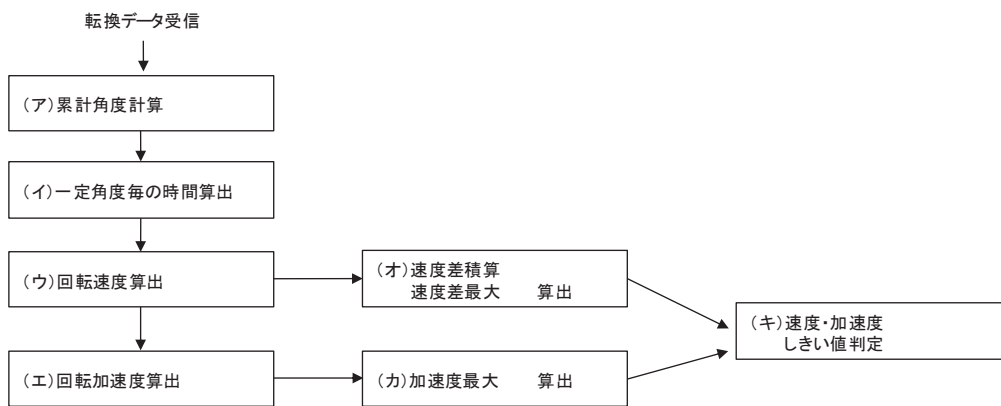


図9 回転速度・加速度による判定フロー

3.2 ひずみ変化による解析論理の検討

回転パルスセンサから得られるデータとひずみ量の変化により異常を判定する論理を検討した。具体的には図10のフローでデータを変換し、転換工程ごとに各データの組み合わせによる判定論理を使って解析論理を構築した。なお、転換工程は回転角度を基準として、前半(解錠)、中間(トングレー移動中)、後半(密着・鎖錠)の3つの工程に区分した。また、ひずみセンサは縮む側と伸びる側で出力特性が異なることから、転換方向別に

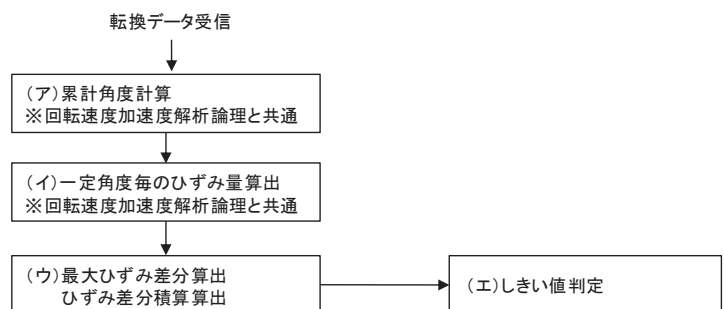


図10 ひずみ変化解析論理による判定フロー

判定論理を作成した。なお異物介在した場合とSA調整による過密着の場合のひずみ量の波形に大きな差がないため、ひずみ変化による解析論理では異物介在した場合の転換データに対しては過密着として判定する。

3・3 各解析論理に対する解析結果

各解析論理に対する解析結果概要を表1(回転速度・加速度)、表2(ひずみ変化)に示す。

回転速度・加速度の解析に際し、正常な転換データ90件を使って異常判定パラメーターのしきい値を生成した。そのしきい値を使い、各検証データ80件を検証した。検証した結果、過密着(SA 1/6締め)、密着不足(SA1/6不足)、異物介在(1mm)といった程度の小さい異常に対して検知する率は高くなかった。他の異常についても100%検知できているものから6割程度の検知率のものまで様々であった。程度の小さい異常については、実際には転換不能には至らないことも多いため、場合により割り切ることも検討が必要であるが、程度の大きな異常については解析論理やパラメーターなどを更に検討し、精度を高めていく必要がある。

ひずみ変化解析に際し、正常な転換データ170件を使ってしきい値を生成した。そのしきい値を使い、各検証データ80件を検証した。検証した結果、過密着、密着不足は回転速度・加速度解析と比較して、検知率は高くなった。ただし、正常データでも異常判定を行うケースや、想定した異常を検知できないケースも散見された。ひずみ変化解析についても解析論理やパラメーターなどを更に検討し、精度を高めていく必要がある。

表1 回転速度・加速度による解析結果概要

検証したデータ	解析結果概要
正常データ	全てのデータで異常判定せず
転換負荷力増(油切れ)	63%のデータで転換負荷力増を検知 8%が密着力不足を検知
過密着(SA 1/6締め)	検知数0%
過密着(SA 3/6締め)	15%で過密着を検知
密着力不足(SA 1/6緩め)	14%で密着力不足を検知
密着力不足(SA 3/6緩め)	69%で密着力不足を検知
異物介在(1mm)	5%で異物介在を検知。他の異常検知多数。
異物介在(3mm)	100%で異物介在を検知。他の異常も同時に検知。

表2 ひずみ変化による解析結果概要

検証したデータ	解析結果概要
正常データ	2.25%で異常判定
転換負荷力増(油切れ)	3%で転換負荷力増を検知
過密着(SA 1/6締め)	84%で過密着を検知
過密着(SA 3/6締め)	100%で過密着を検知
密着力不足(SA 1/6緩め)	22%で密着力不足を検知
密着力不足(SA 3/6緩め)	100%で密着力不足を検知
異物介在(1mm)	41%で過密着を検知(※)
異物介在(3mm)	100%で過密着を検知(※)

※ひずみ変化による解析論理では、異物介在と過密着のひずみ量の波形に大きな差がないため、異物介在は過密着として検知する

4. おわりに

本研究において、NS形およびSAに回転パルスセンサやひずみセンサといったセンサを取り付け、各種異常状態の検知可能性について検証を行った。センサは基本的に汎用品を用いた上で、約6か月の耐久試験をクリアすることができた。また、既存の転てつ機に後付けて現地施工が可能のようにセンサ類の設置方法についても工夫した。

異常検出のための解析論理については「回転速度・回転加速度」「ひずみ変化解析」の2つの手法を試した。過密着(SA3/6締め)、密着力不足(SA3/6緩み)、異物介在(3mm)といった程度の大きい異常の検知率は100%となる結果を得られた。しかし、解析手法のパラメーターの最適化を今後も図る必要があることと、実験線における転換データのみで得られた結果であるという点から、今後フィールド試験等で多くの検証データを使って論理の深度化を行うことが必要である。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 新野善行、鈴木雅彦、金田敏之、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、JR EAST Technical Review, No.60, (2017)