

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

電気転てつ機の ロック位置変動を予測する

電気転てつ機の転換不能の原因の一つにロック狂いと呼ばれるものがあります。ロック狂いとは、鎖錠かんの切り欠きにロックピースを差し込むことが出来ない状態のことを指します。このロック狂いを未然に防ぐために、ロックピースに対する鎖錠かんの切り欠きの位置（ロック位置）を監視する転てつ機モニター装置があります。この装置の中に蓄積された過去のロック位置データから翌日のロック位置の変動を予測するモデルを構築しました。さらに、その予測結果を可視化することができるプロトタイプシステムの構築を行いました。



流王 智子
Satoko Ryuo

信号・情報技術研究部
ネットワーク・通信研究室
研究員

[専門分野]最適化, ワイヤレスセンサー, データマイニング



五十嵐 義信
Yoshinobu Igarashi

信号・情報技術研究部
信号システム研究室
主任研究員(上級)

[専門分野]転換鎖錠装置, 動力転てつ機



岩澤 永照
Nagateru Iwasawa

信号・情報技術研究部
ネットワーク・通信研究室
研究員

[専門分野]グラフ理論, 無線通信システム, センサーネットワーク

分岐器と転換鎖錠装置

鉄道車両は、道路を走行する自動車のように自分で行き先を変えることができません。そのため、『分岐器』と『転換鎖錠装置』で進行方向を制御します。

分岐器はレールとまくらぎで構成される設備です。この分岐器を動作（転換）させる設備が転換鎖錠装置です。この転換鎖錠装置の主要設備が『動力転てつ機』です。動力転てつ機の重要な機能は、転換機能と鎖錠機能です。

転換機能とは、分岐器のトングレーを転換する機能です。図1のように、トングレーの主な状態として『基準線側』、あるいは『分岐線側』に開通している場合があります。これとは別に分岐器の常時開通している方向を『定位』、そうでない方向を『反位』と呼びます(図2参照)。

転換動作とは、『定位から反位』ま

たは『反位から定位』にトングレーを切り替える動作のことです。ここで重要なことは、列車が分岐器を通過するときに、分岐器が『定位』または『反位』の状態を保持することです。トングレーが列車の通過中に動いてしまうと、列車が脱線してしまいます。これを防ぐ機能が『鎖錠機構』です。トングレーを必要な方向に転換させるとともに、一旦定位または反位に転換したら、その状態を保持する装置なので、『転換鎖錠装置』と呼ばれます。

電気転てつ機

動力転てつ機の中で、電気（モーター）を動力源とするタイプを『電気転てつ機』と呼びます(図2)。転換鎖錠装置の保守作業では、この電気転てつ機の転換機能の調整となる『密着調整』と、鎖錠機能の調整となる『ロック調整』が特に重要です。電気転てつ機の鎖錠機能は、図3のように機械的な仕組みで実現しています。『鎖錠かん』には、ロックピースを差し込むための『切り欠き』があります。この切り欠きは、定位用と反位用のそれぞれの鎖錠かんに存在します。この切り欠

図2 定位, 反位

一般的には、本線側など列車の進路として多く使う側を定位、側線側を反位とします。したがって、曲線側を多く使用する場合は、曲線側が定位となる場合もあり得ます。

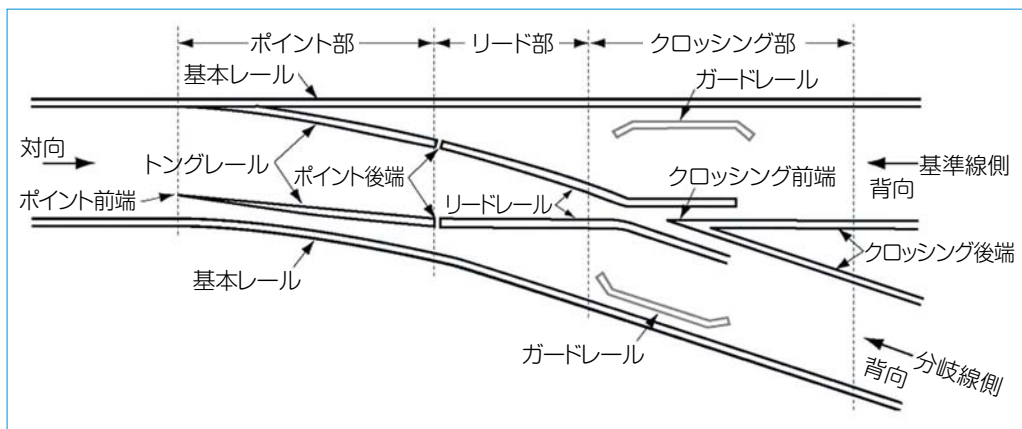


図1 分岐器の構成と名称

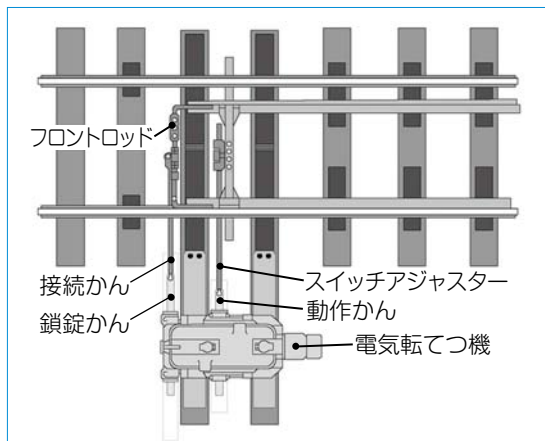


図2 電気転てつ機と転換鎖錠装置

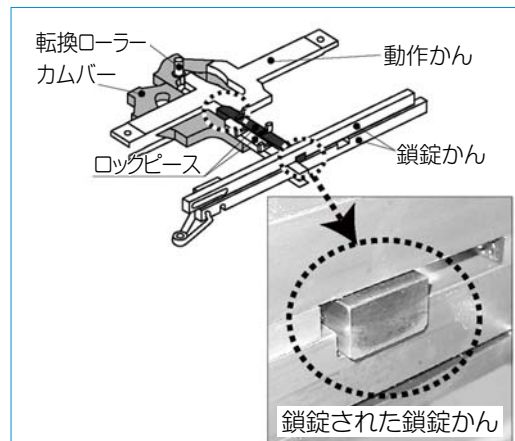


図3 ロックピースと鎖錠かん

きのある鎖錠かんが、トングレールの動きに合わせて移動し、定位の場合には定位用の切り欠きに定位用ロックピースが、反位の場合には反位用の切り欠きに反位用ロックピースがそれぞれ差し込まれることによって、トングレールが外力で動かない状態になります。これが『鎖錠』された状態です。

転換不能

分岐器と転換鎖錠装置の転換動作が正常に終了しない状態を『転換不能』と呼びます。転換不能の場合、トングレールが完全に切り替わっていないので、列車を走らせると事故の恐れがあり危険です。この場合には、分岐器手前の信号機が停止のままとなり、安全は確保されます。しかし、保守社員の作業によって転換不能を解消するまでは列車の運行に乱れが生じるなど、大きな影響がでることが懸念されます。

ロック狂い

転換不能の原因のひとつに『ロック狂い』と呼ばれるものがあります。この転換不能の発生件数の約1/3が、ロック狂いによるものです。

分岐器を構成する各レールや転換鎖錠装置を構成する部品は鉄製です。このため、各構成部品の温度が変化すると、それに伴い鎖錠かんの切り欠きの位置にズレが生じます。これを『鎖錠かん変位量』と呼びます。

鎖錠かんの切り欠きとロックピースの間には左右1.5mmずつの隙間が設けてあり、鎖錠かん変位量がこれよりも小さい場合には、特に問題とはなりません。しかし、鎖錠かん変位量が1.5mm以上の状態になると、ロックピースが鎖錠かんに衝突して、切り欠きに差し込むことが出来なくなります。この状態が、『ロック狂い』です。

ロック調整作業

鎖錠かん変位量などのロックの調整状態を適切に維持するために、信号通信部門では、検査や点検、あるいは再調整（ロック調整作業）などの作業を定期的に行っています。保守社員がロックの調整状態を実際に確認できるのは、この定期検査の時だけです。したがって、列車を運行している時の状態を把握することができず、ロックの調整状態の保守や管理業務は困難なものでした。

転てつ機モニター装置

保守作業時だけでなく、列車を運行している時でも、電気転てつ機のロックの調整状態を保守区で把握し、確認できるように導入されたのが転てつ機モニター装置です。この装置には、電気転てつ機の鎖錠機構部に設置したセンサーから、ロックの調整状態をリア

ルタイムで保守区の端末に表示するロックモニター機能があり、1995年頃から一部の線区で採用されています。

転てつ機モニター装置の導入によって、鎖錠機能の保守や管理業務が大幅に改善され、転換不能の発生を未然に防止できるようになりました。

また、この装置には、ロックモニター機能で伝送されるデータを記憶する機能が実装されています。

ロック位置データ

ロックモニター機能で記録しているデータの中に、鎖錠かん変位置があります。ここでは、鎖錠かん変位置を『ロック位置データ』と呼びます。ロック位置には定位置側と反位置側の二つがあり、その内鎖錠されている側のデータがロック位置データとして蓄積されます。ロック位置データはロックピースの中心部の位置を表し、それが鎖錠かんの中心部にある時を基準として0mmとします。前述したように鎖錠かんの切り欠きとロックピースの間には左右1.5mmずつの隙間が設けてあるため、ロック位置データの範囲は-1.5mmから1.5mmをとります。

ロック位置データは気象状況に影響を受けることが経験的に知られています。例えば、晴天が一日中続く場合には、気温の上昇が大きくなるためロック位置の変動が大きく、逆に気温の変化が少ない雨天の場合には、ロック位置の変動がほとんどないといわれています。

ロック位置と気象状況との関係性を検証するために、ある転てつ機のロック位置データとその転てつ機が敷設されている駅に一番近い気象庁の観測点の気温データを、一週間程度プロットしたものを図4に示します。図4より、これまで経験的に知られていたロック位置と気象状況の間の定量的な関係が

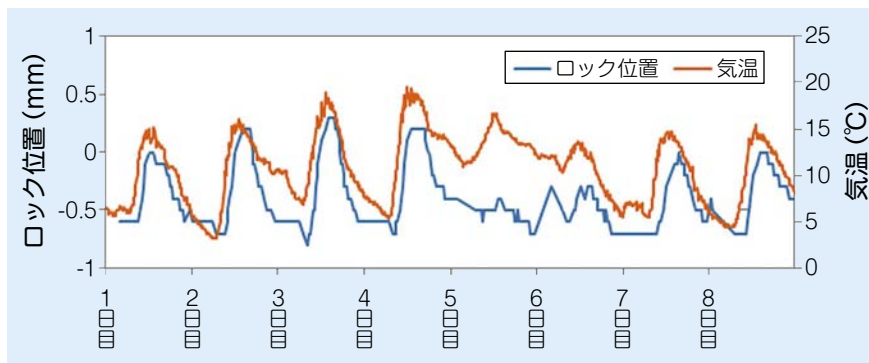


図4 ロック位置と気温の関係

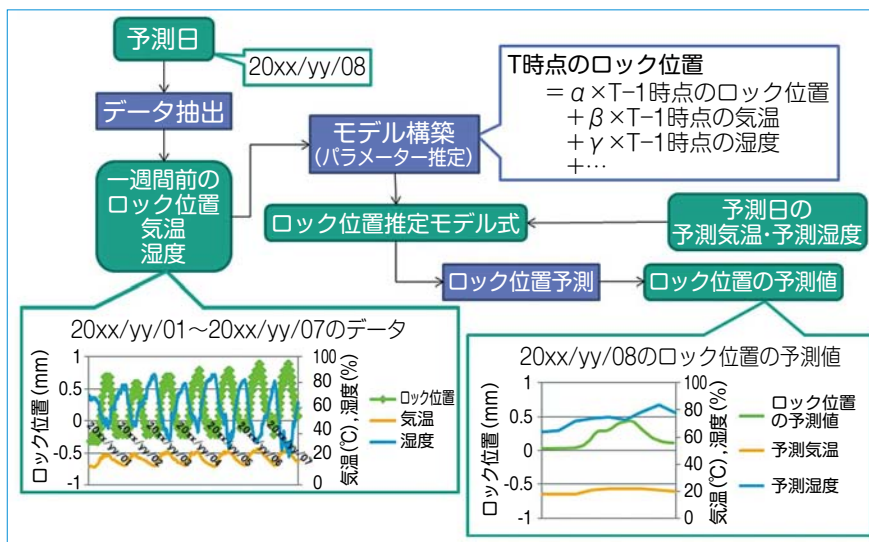


図5 ロック位置の予測の流れ

読み取れます。また、一日ごとにそれぞれの最大値が記録される時間を比較すると、その時刻に若干のずれがあることが分かりました。この図4に示した転てつ機のロック位置データと気温データをずらしたものの相関関係を一年分検証した結果、気温データを70分後ろにずらしたものと間に高い相関関係があることが分かりました。

予測モデルの構築

前述したようなロック位置と気象状況の関係から、過去のロック位置と気象状況のデータを用いて、現在のロック位置を予測する検討を行いました。

ロック位置を予測する流れを示したものが図5になります。まず予測日を

指定し、予測日の前日から過去一週間分のロック位置と気温と湿度のデータを用意します。この過去一週間分のデータ期間のロック位置を数式としてモデル化します。具体的にはT時点のロック位置をT時点より前のロック位置と気温と湿度のデータによってモデル化します。

次に、予測日の気温と湿度データを準備します。気象庁では、翌日の天気的气象データについて、3時間ごとの整数値を公開しています。この予測値を先ほど構築したモデルに代入し、一時点ごとにロック位置を予測します。これを繰り返すことにより、翌日のロック位置を予測することができます。

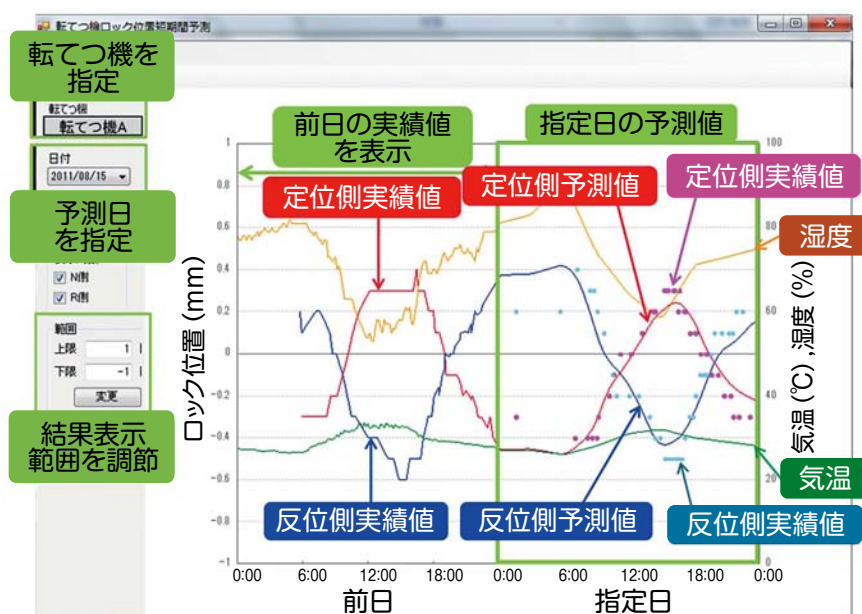


図6 可視化システムのプロトタイプ

予測モデルの精度向上

予測モデルでは、過去のデータを元にモデルを構築するため、予測日の気象状況が過去と同じような傾向を示す場合には高い精度で予測をすることができます。一方、過去と異なる傾向を示す場合の予測精度には課題があります。特に予測日が雨天の予報で、しかも過去のデータに雨天の日がない場合には、精度が低いことが分かりました。そこで、雨天の日の予測に関しては、過去二カ月程度さかのぼって、降雨が観測された日のデータを元にモデルの構築を行いました。

このような天候を考慮した予測モデルの精度を、予測値と実測値のそれぞれの最大値の差（ロック位置変動が下に凸を描く場合は、最小値で評価）を算出することにより評価をしました。一日の変動量が大きい転てつ機では、その差分が0.3mmで収まるものは全体の約9割、一日の変動量が小さい転てつ機（ほとんどがこれに該当する）では、0.15mmで収まるものは全体の約9割でした。

ロック位置予測値の活用

ロック位置の予測値から、翌日の変動量が把握できるため、変動幅の中心が切り欠きの中心位置となるようにするには、どのくらいの調整量にしたらよいか、といった目安量を得ることができます。また、これまでのロック位置は、 $\pm 1.3\text{mm}$ をしきい値として管理をされてきましたが、予測値に幅を持たせて、新しいしきい値とすることにより、個々の転てつ機の特徴の違いを考慮した管理ができ、 $\pm 1.3\text{mm}$ のしきい値にロック位置が達する前に、何らかの異常を発見することが期待されます。

可視化システム

開発した予測モデルを、実務で容易に利用できるよう、予測結果を可視化するプロトタイプシステムを開発しました。このシステムは、転てつ機と予測日を指定すると、その定位側と反位側のロック位置を予測し、その予測結果をグラフで表示します（図6）。さらに、予測日前日のロック位置データと気象データの実績値も表示します。こ

れは、予測モデルの出力が常に正しいとは限らないため、前日の実績値データと比較して予測値が妥当であるか、最終的には保守社員によって予測値の信頼性や保守の要否を判断できるようにするためです。

予測値が算出されるまでの時間は使用するパソコンの性能に依存しますが、数分程度で予測を得ることができます。

最後に

今回は、翌日の電気転てつ機のロック位置の変動を予測する技術についてご紹介しました。翌日以降の入手できる天気予報データは、予想最高気温と最低気温ですが、より詳細な気象予測データを作成することで、数日先や一週間程度のロック位置の予測が可能となることが分かりました。そこで、現在は予測日を延伸したモデルの開発と精度向上に着手しています。

また、転てつ機のロック位置データに限らず、さまざまな設備の監視データを活用して保全の効率化を実現するための基礎的な研究を進めています。現在は、データの関係性の変化から監視データの異常の予兆発見や将来予測を行う研究に取り組んでいます。[RRR]

文献

- 1) 流王智子, 川崎邦弘: 電気転てつ機のロックモニタデータによるロック位置変動の短期予測, 電気学会論文誌D, Vol.135, No.7, pp.740-745, 2015
- 2) 五十嵐義信: 高速列車用分岐器を確実に制御する, RRR, Vol.69, No.9, pp.20-23, 2012
- 3) 岩澤永照, 流王智子, 川崎邦弘, 羽田明生: 電気転てつ機のロック位置調整作業支援システムの開発, 鉄道総研報告, Vol.28, No.11, pp.43-48, 2014