

軌道回路短絡状態の総合的な分析・評価

白畑 敦朗* 三輪 昌弘 増山 雄一
 鎧坂 勝則 田淵 学 増田 巖 (東海旅客鉄道)

The General analysis and Evaluation of the Short Circuit Condition at the Track Circuit

Atsuro Shirahata*, Masahiro Miwa, Yuichi Masuyama,

Katsunori Yoroisaka, Manabu Tabuchi, Iwao Masuda

Central Japan Railway Co. 1545-33 Ohyama, Komaki City, Aichi Pref.

When the track circuit is done maintenance, static characteristic of track circuit is measured. And there are some existing methods that measure the short circuit condition at the track circuit in a continuous way. But, these methods have problems in the accuracy of the specifying train position, and the measurement item. This paper describes the way to analyze variation of the short circuit condition at the track circuit, by operating information and rail track information.

キーワード：軌道回路，列車短絡抵抗，運転情報記録装置
 (Track circuit, Train shunting resistance, Operating information recorder)

1. はじめに

鉄道における列車検知の方式として軌道回路があり、レール間を車輪・車軸で短絡することによって列車を検知している。軌道回路の列車検知特性の要因として列車短絡抵抗と短絡感度がある。列車短絡抵抗は、レールと車輪の接触抵抗が主な構成要素であり、軌道回路装置以外の要因によって決まる。一方で、短絡感度は、列車を正常に検知できる短絡抵抗の最大値であり、軌道回路装置の性能や調整によって決まる。つまり、列車短絡抵抗より短絡感度が大きいことが列車検知できる条件となる。

JR 東海（以下、当社）においては、保全検査などの際に、軌道回路の短絡性能について、静的特性の測定を行っている。さらに詳細に軌道回路の短絡状態の変動を監視する際は、メモリハイコダを用いて軌道回路の受信電圧を測定し、時間変化を評価する手法がある。この手法では、短絡状態が変動していることは分かるが、列車がどの位置を走行したときのデータであるか判断できない。

車上側から連続的に軌道回路のデータを測定した場合は、測定データをキロ程情報と関連付けることが可能である。しかし、軌道回路では受信側に入力される電圧値によって短絡状態を評価しているため、車上で測定したデータは限定されているため、評価は困難である。

本稿では、軌道回路の短絡状態の変動を分析・評価できる手法について検討していく。具体的には、運転情報記録データ、線路情報を活用し、軌道回路の受信電圧を

キロ程換算する方法とキロ程換算したデータの活用方法について述べる。

2. 従来のデータ測定・分析手法

本章では、従来行われてきた軌道回路のデータ測定方法と分析方法について述べる。

〈2・1〉地上側における軌道回路データ測定

軌道回路では、受信器に加わる電圧が低下し軌道リレーが落下した時に列車ありと判定する。電気回路の構成から、列車短絡抵抗が大きくなると受信器に加わる電圧も高くなる。このような動作原理より、軌道回路の短絡状態を評価する方法として、受信器の受信電圧を連続的に測定する方法がある。

具体的には、図1にあるように受信器の入力電圧端子にメモリハイコダを接続し、受信電圧データを測定する。

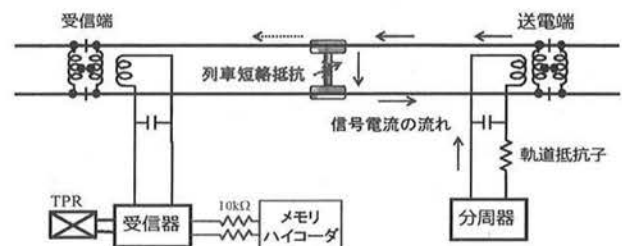


図1 軌道回路データ測定概要

メモリハイコードで測定を行った場合、図 2 のように受信電圧が経過時間によって変動していることが分かる。しかし、どの場所を列車が走行した時のデータであるか判断できない。

列車位置を特定する手法には、あらかじめ、列車が軌道回路のある位置を走行したときの受信電圧をデータベース化しておき、別の列車がその軌道回路を走行したときの受信電圧を測定し、データベースと照合することで列車の走行位置を推定する手法がある⁽¹⁾。また、現場レベルでは、地上側で受信電圧を測定すると同時に、営業列車に添乗し、ビデオ撮影することで、どの場所を走行した時の受信電圧であるか推定する方法を実施したところもある。

しかし、両手法ともに高い精度で列車の走行位置を特定することは難しい。

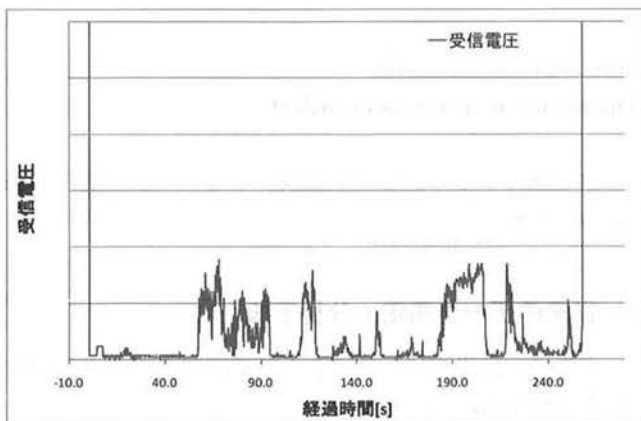


図 2 メモリハイコードによる受信電圧の測定結果

〈2・2〉車上側における軌道回路データ測定

前節では、地上側の測定から軌道回路の短絡状態を評価する方法について述べてきたが、本節では、車上側から軌道回路のデータを測定する方法について示す。

当社においては、車上から軌道、電力、信号通信設備の状態を総合的かつ効率的に検測するために、在来線では「ドクター東海」、新幹線では「ドクターイエロー」(以下、検測車)が導入されている。検測車では、車上側から連続的に軌道回路のデータ測定を行っている。

この検測車の測定概要を図 3 に示す。検測車では、キロ程測定部に出発地点のキロ程を入力する。走行中は、車輪径と速度発電機からの車輪回転数の情報を元に進んだ距離を計算する。そして、出発キロ程を起点に進んだ距離を積算し、キロ程情報をデータ記憶装置に記憶させる。信号設備に対しては、信号用のセンサで測定したデータをデータ記憶装置に記憶させる。最後に、記憶装置内部でキロ程情報と信号設備データの関連付けを行っている。

以上のように検測車で測定したデータは、キロ程軸上で記録されているが、検測車で測定できるデータは限定されているため、列車短絡状態の分析・評価することは困難である。



図 3 検測車の測定概要

3. 運転情報記録データ、線路情報を用いた分析

前章で述べてきたように、地上側における軌道回路測定では、高い精度で列車位置を特定することは難しい。また、検測車による車上側からの軌道回路測定では、測定できる軌道回路のデータが限定されており、列車短絡状態の分析・評価をすることは困難である。

そこで、図 1 のようにメモリハイコードを用いて測定したデータをキロ程換算する方法を検討した。本章では、キロ程換算に用いた運転情報記録データについて述べ、具体的な換算手法について説明する。そして、受信電圧を分析・評価する際に、運転情報記録データ、線路情報を活用する方法について述べる。

〈3・1〉運転情報記録データ

近年、安全輸送の更なる実現のため、国土交通省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」が改正され、平成 18 年 7 月 1 日から施行されたことに伴い、当社の保有の在来線全車種運転台に「運転情報記録装置(IC カード付)」が整備された⁽²⁾。

運転情報記録装置によって取得できるデータは数多くあるが、ここでは表 1 にあるように、時刻、速度、力行ノッチ、ブレーキノッチのデータを用いた。力行ノッチ、ブレーキノッチについては、ノッチ指令線の加圧状態で表示されているため、表 2 のノッチ変換表によってノッチ数に変換し、表 3 のとおり整理した。

表 1 活用した運転情報記録データ

項目	説明
時刻	200msごとに記録
速度	1km/h単位
力行ノッチ	力行ノッチ数
ブレーキノッチ	ブレーキノッチ数

表2 ノッチ変換表

力行	線番	1N	2N	3N	4N	5N
ノッチ指令	#	○		○		○
ノッチ指令	#		○	○		○
ノッチ指令	#				○	○

表3 ノッチ数変換された運転情報記録データ

時刻	秒	速度	力行 ノッチ	ブレーキ ノッチ
7:22:06	0	21	0	-2
7:22:06	200	21	0	-2
7:22:06	400	21	0	-2
7:22:06	600	21	0	-2
7:22:06	800	21	0	-1
7:22:07	0	19	0	-1
7:22:07	200	19	0	-1
7:22:07	400	19	0	-1
7:22:07	600	19	0	-1
7:22:07	800	19	0	-1

〈3.2〉受信電圧データのキロ程換算法

本節では、図4に従って、受信電圧データのキロ程換算法について説明していく。

運転情報記録データは、時系列で記録されているため、時間と速度から列車の進んだ距離を計算できる。そこで、出発駅の停止位置目標のキロ程を起点とし積算していくこととした。この処理によって、列車がどの位置を走行しているか分かる。また、軌道回路のキロ程は既知であるため、キロ程換算された運転情報記録データにより、軌道回路の始点を通じた時刻と終点を通じた時刻が分かる。この2つの通過時刻の差を取ることで、在線経過時間を計算することができる。

一方、地上側では、列車が軌道回路に在線したときの受信電圧を時間軸上に記録しているため、列車の在線経過時間を把握できる。また、測定時刻とダイヤ情報を照合することで、どの列車が走行したときの受信電圧であるか推定できる。

そして、キロ程換算された運転情報記録データと受信電圧を軌道回路への在線経過時間を基準に照合することで、受信電圧をキロ程換算できる。以上の処理を行うことで、受信電圧をキロ程軸上で評価できる。

図5は本手法を用いてキロ程換算した受信電圧波形の1例であり、どの場所で受信電圧が変動しているか分かる。

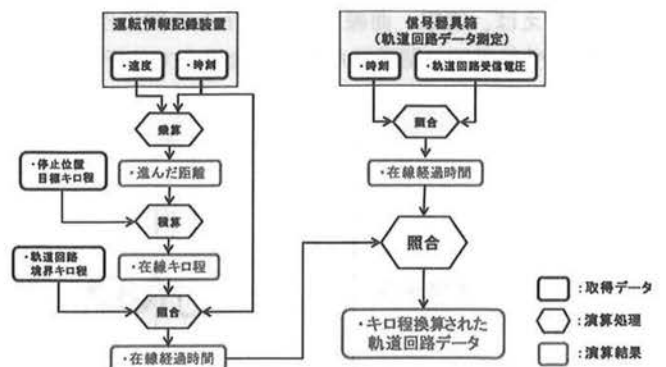


図4 受信電圧のキロ程換算法

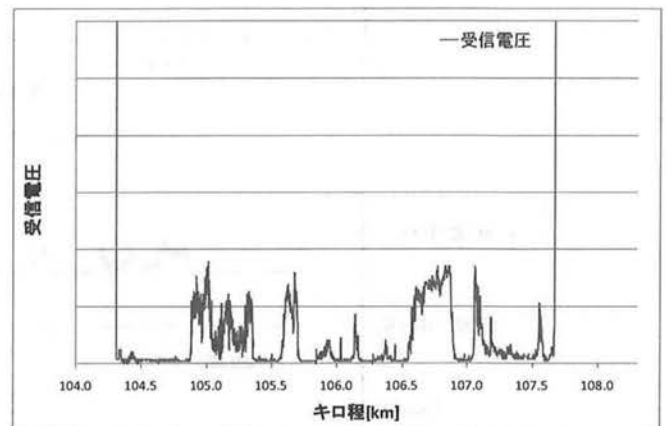


図5 キロ程換算した受信電圧波形

〈3.3〉受信電圧と運転情報記録データ・線路情報

前節では、キロ程換算した軌道回路の受信電圧データのみを波形表示したが、図6のように運転情報記録データの中にある力行ノッチ、ブレーキノッチのデータを重ね合わせることも可能である。図中の下の波形がノッチを表しており、フラット部分が惰行中、上に凸部分が力行中、下に凸部分がブレーキ中を意味している。

また、線路情報としては、「直線・曲線」、「勾配」、「トンネル・橋梁」の情報がある。これらの情報についても運転線路図等を参照することにより、キロ程を調べることができるので、図7のように受信電圧に重ね合わせることが可能である。

凡例について説明すると、2段目の波形は「直線・曲線」であり、フラット部分が直線、上に凸および下に凸部分が曲線を意味している。3段目の波形は、「勾配」を示しており、下に凸部分が下り勾配、上に凸部分が上り勾配を示している。4段目の波形は「トンネル・橋梁」を示しており、上に凸部分がトンネル区間、下に凸部分が橋梁区間、フラット部分が明かり区間を意味している。

以上のように、受信電圧波形だけではなく、列車のノッチ扱いや曲線、勾配などの線路情報を重ね合わせることで、総合的に分析・評価が可能となる。

たとえば、直線・曲線と受信電圧との関係性やノッチ扱いと受信電圧の関係性など様々な視点で分析できる。

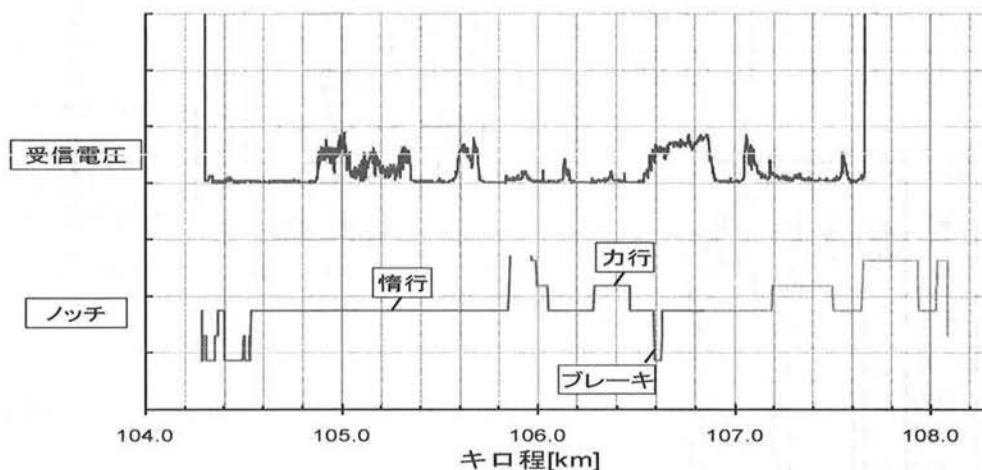


図6 受信電圧とノッチ扱い

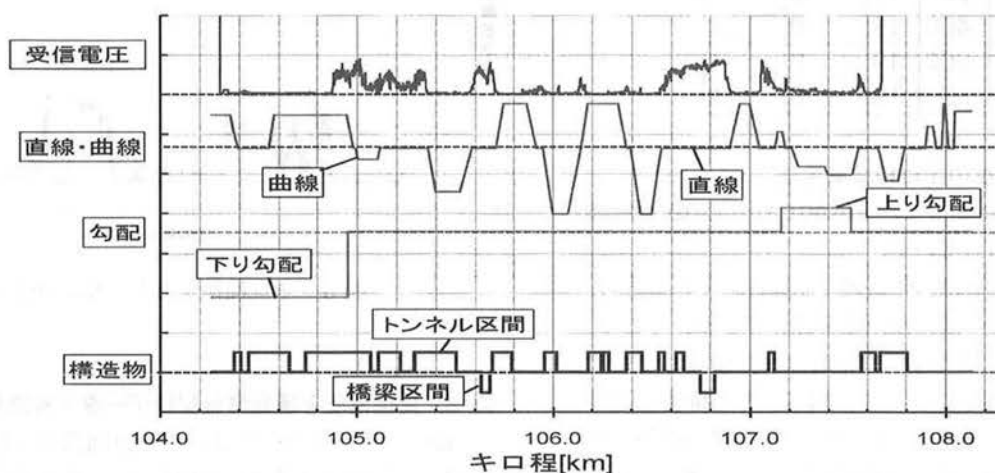


図7 受信電圧と線路情報

4. まとめ

本稿では、従来の軌道回路の測定手法について述べた後に、短絡状態の分析方法について指摘した。

営業列車に設置している運転情報記録装置から取得した運転データを活用することで、受信電圧を時系列上からキロ程軸上へ換算する手法について述べた。

そして、力行ノッチ、ブレーキノッチなどの車両データや曲線、勾配などの線路情報を受信電圧の波形に重ね合わせることで総合的に分析・評価できることを示した。

今後は、受信電圧をキロ程換算し、軌道回路のどの場所で、どのような要因で受信電圧が高くなっているか検証していく。

文 献

- (1) 株式会社京三製作所:「特許公開平 10-1054 列車位置と故障点の表示装置」1998年1月
- (2) 日本鉄道サイバネティクス協会、野村、鴨:「運転情報記録の活用方法と管理装置の開発」、2008年4月