

遮断機電流値による遮断桿折損検知

○尾崎 尚也 羽田 明生 [土]野末 道子 (鉄道総合技術研究所)

Crossing Rod Breakage Detection by Electric Current Data of Automatic Barrier Machine

○Naoya OZAKI, Akio HADA, Michiko NOZUE
(Railway Technical Research Institute)

In this paper, we propose a method of crossing rod breakage detection. We tried to detect the failure without installing new sensors or measuring instruments. We collected electric current data of automatic barrier machines when a crossing rod was broken and was interrupted going down. Then we analyze whether the method can detect the failures by the data. In result, the method could detect crossing rod breakage and interrupting crossing rod going down.

キーワード：遮断桿折損，異常検知，電流値，

Key Words: Crossing rod breakage, failure detection, electric current data

1. はじめに

現在，踏切遮断桿折損の検知は通行人や乗務員からの通報に頼っている。遮断桿折損を放置することは踏切利用者を危険にさらし，列車運行にも影響を及ぼすため，これをすみやかに検知し，踏切の管理を行っている担当箇所迅速に伝わるようにすることが求められている。

これまでに，山本ら¹⁾により遮断桿の重量センサと衝撃センサを設置し，センサデータから検知する手法が提案されている。また，遮断桿内部にセンサを設置する手法が今井ら²⁾，杉本ら³⁾により検討されている。しかし，センサ等を用いた物理的な検知手法は精度良く検知できるメリットがある一方，踏切や遮断桿の数が非常に多いため，メンテナンスコストがかかるというデメリットがある。

本多・森⁴⁾により遮断機の動作電流から遮断桿の監視を行う手法が検討されている。この手法は正常データから正常と判断する範囲（以降，正常範囲と呼ぶ）を求め，その範囲を逸脱した場合に異常と判断するものである。踏切遮断桿の折損検知のために異常時のデータを取得することは非常に手間がかかるため，正常時のデータのみで検知が可能であることは非常に有効であると考えられる。

本論文では，同様に正常データのみで判別する考え方をとり入れるが，本多・森⁴⁾で用いていたカオス理論とは異なり，品質管理の分野で多く用いられる 3σ 法を応用した

ものを提案する。

この手法の利点は，異常と判断するためのルールが明確に示される手法という点である。データ分析の手法は数多くある。例えば，サポートベクターマシンやニューラルネットワークなどである。これらの手法を設備管理に用いることを研究した例^{5) 6)}があるが，これらの手法は出力された判断ルールを理解しにくいという欠点がある。これらの手法でも異常検知は可能と考えられるが，理解しにくいルールは導入しづらい。

本研究では実際の踏み切りでの踏切遮断桿折損模擬試験を行い，実データを用いた分析を行う。さらに，遮断桿折損だけではなく，遮断桿下降妨害も検知できるか分析した。遮断桿の下降時に大型トラックの荷台部分が当たるなど，遮断桿折損の原因となる状況も検知できるかを確認するためである。また，実運用を想定し異常検知に必要な正常データ数についても分析を行った。

2章では踏切遮断桿折損および下降妨害を模擬した試験の内容について説明する。3章では遮断桿折損および下降妨害を検知する手法を提案し，模擬試験で得られたデータを用いて分析を行った結果を示す。4章では，正常データがいくつ必要かについて分析を行った結果を示す。

2. 踏切遮断桿折損・下降妨害模擬試験

踏切遮断桿の折損および下降妨害を模擬する試験を行い、遮断機電流データを取得した。2箇所の踏切（踏切A・踏切Bと呼ぶ）についてそれぞれ2つの遮断機、計4遮断機について取得した。踏切Aと踏切Bは異なるメーカーであるため電流値のとり方が異なっている。

試験で取得したデータは図1に示した5種類、(1) 正常の場合、(2)(3) 先端を取り除き折損した場合（折損量が小さい場合と大きい場合の2パターン）、(4) 遮断桿の下降を人手で妨害した場合、(5)の折損したものがぶらさがり先端が地面にぶつかる場合である。取得したデータ数は表1に示す。それぞれ下降と上昇をそれぞれ1回として数え、欠損のあるデータは除いている。

電流値は1/200秒ごとに取得し、遮断機の動作開始か

ら10秒程度のデータを取得した。

3. 遮断桿異常検知手法の説明と分析結果

ここでは、時系列の電流データをそのまま利用した判別手法と判別結果について説明する。この手法は得られた電流値が正常範囲から動作中に何回逸脱するかを基準に判別する方法である。図2で示すように、なんらかの異常が起こった場合、正常時から外れる回数が増えると考え、この手法で分析を行った。

3.1 分析手法

具体的な正常範囲の導出方法と異常検出の方法は以下のとおりである。

(1) 正常時のデータから、各時刻*t*に対して電流値の平

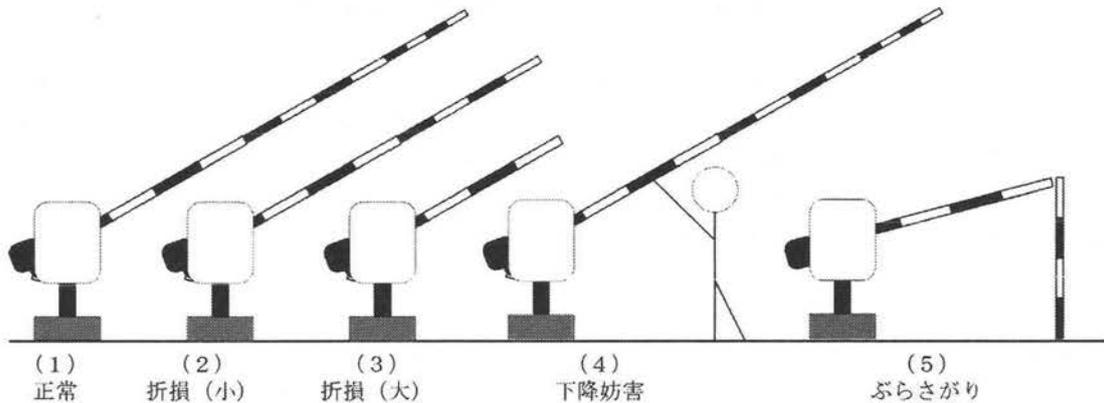


図1 遮断桿折損・下降妨害模擬試験 試験内容

表1 遮断桿折損・下降妨害模擬試験 取得データ数

	踏切A				踏切B			
	遮断機1		遮断機2		遮断機3		遮断機4	
	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降
正常	20	21	20	21	20	20	20	20
折損(小)	20	20	19	20	20	21	20	19
折損(大)	20	20	19	19	20	20	20	20
ぶらさがり	20	20	21	20	20	20	20	20
下降妨害	—	9	—	10	—	10	—	8

一部、使用できないデータがあり、それを除外したため回数にばらつきがある。

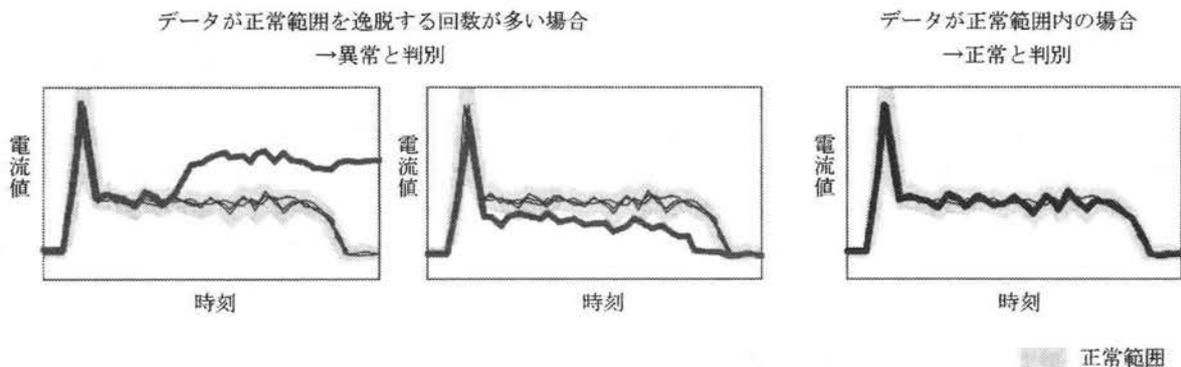


図2 時系列電流値による判別の考え方

均 \bar{I}_t と標準偏差 σ_t を求める.

$$\bar{I}_t = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I_{nt}, \sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (I_{nt} - \bar{I}_t)^2}$$

(2) 動作開始からの各時刻 t に対して, 正常範囲の上限

U_t と下限 L_t を求める.

$$U_t = \bar{I}_t + \alpha \sigma_t, L_t = \bar{I}_t - \alpha \sigma_t$$

1%の誤判別を想定し, α は 2.54 と設定した.

(3) 得られたデータの各時刻の電流値が, 各時刻の正常範囲から外れる回数を調べ, その回数が正常時の外れる回数の最大値より多い場合を異常と判断する.

3.2 分析結果

表 2 に分析結果を示す. 遮断桿折損および下降妨害いずれにおいても誤判別なく検知することができた.

下降妨害およびぶらさがりについては電流値が高くなることから判別できたと考えられる. 遮断桿折損については遮断桿が正常時より短いため遮断桿を動かす力が少なくて済み, 電流値が正常時に比べて全体的に低くなる. このことから判別できたと考えられる. 遮断桿の折損が大きい場合については明確に判別できているが, 遮断桿の折損が小さい場合については少しデータが異なれば誤判別してしまう可能性が考えられる. なぜなら正常時のデータと差異が小さいためである.

4. 判別に必要な正常データ数の分析

3章で正常データを用いた遮断桿折損検知の見通しを得た. 実運用を想定すると, いくつ正常データがあれば正常範囲として以降の判別に使えるかを知っておく必要がある. そこで, 遮断桿折損模擬試験で得られたデータを用いて, 必要な正常データ数があるかについて検討を行った.

4.1 分析手法

分析の方法は以下のとおりである. 判別手法は3章で示した方法と同じである. 各踏切のそれぞれの状態別に行った.

(1) 正常データの集合からランダムに n 個のデータを選

び出す.

(2) 選ばれたデータから正常範囲を設定する.

(3) 設定された正常範囲を用いて判別する.

(4) (1)~(3)を 100 回繰り返し, そのうち何回 100% 正確な判別ができたかを数える.

4.2 分析結果

分析結果を表 3 に示す. 表の中の数字は 100 回中何回正確な判別ができたかを示している. 色のつけたセルは 100 回でなく正確な判別ができていないことを示す.

全体の傾向としてデータ数が増えれば正確に判別できた回数が増えている. また, 遮断桿の折損量が大きい場合と小さい場合を比べると, 遮断桿の折損量が大きい場合の方が少ないデータで正確な判別ができていない. これは遮断桿の電流値のみで判別を行っていることから, 大きな折損ほど遮断桿が軽くなり正常時のデータと乖離するからと考えられる.

遮断桿折損が小さい場合については, この結果から今回取得できたデータでは 100%判別ができたが, 場合によっては正確に判別できない可能性が高いことがわかる. やはり電流値のみでは小規模な折損の正確な検知はしにくいといえる.

また, 踏切 A と踏切 B はメーカーが異なる. 踏切 A については少ないデータで正確な判別ができていないが, 踏切 B では踏切 A に比べより多くのデータが必要となる. メーカーによって電流値のとり方が異なることから, このような結果となっている.

5. おわりに

本論文では遮断機動作電流から踏切遮断桿折損および下降妨害の検知を行う手法を提案し, 実機における模擬試験の結果から提案手法により検知できる可能性を示した.

この結果から, 簡易に得られる電流値のみで遮断桿折損を検知できる可能性があるという見通しを得られたと考えている.

また, 検知精度と正常データ数との関係を調べ, 判別に必要なデータ数について分析を行った.

さまざまな手法を検討し試験を行う必要があるが, 今回示した手法は具体的で計算手法も複雑ではなくわかりやすい手法であると思われる. また, 本論文では単一の手法で

表 2 電流時系列データによる判別結果

	踏切 A				踏切 B			
	遮断機 1		遮断機 2		遮断機 3		遮断機 4	
	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降	上昇	下降
折損 (小)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
折損 (大)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
ぶらさがり	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
下降妨害	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎

◎ : 100%判別 ○ : 正常を異常と判別が 1 つ △ : 異常を正常と判別が 1 つ × : 誤判別 2 つ以上

異常検知することを考えたが、複数の手法を用い、それぞれの結果を組み合わせて判別ルールを作成することにより判定精度を向上させることも考えられる。これらの手法に関しては今後検討していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた西日本旅客鉄道株式会社の森様、本多様に謝意を表します。

参 考 文 献

1) 山本和孝他: 遮断桿の折損検知装置およびシステム, 特許公開, 公開番号 2005-145213.
 2) 今井誠治他: 踏切しゃ断桿折損検知センサの開発, 平成 14 年電気学会産業応用部門大会, pp. 1403-1406, 2002.
 3) 杉本純至他: 踏切遮断かん折損障害に関する研究開発, 第 43 回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 論文番号

634, 2006.

4) 本多光一郎, 森崇: 踏切遮断機の動作電流を利用した遮断桿折損検知手法について, 第 44 回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 論文番号 611, 2007.
 5) 久保田和人他: データマイニングを用いたプラントの知的メンテナンス技術, 東芝レビュー, Vol. 61, No. 12, pp. 8-12, 2006.
 6) 小野田崇, 山崎博信: 水力発電所におけるリスクマネジメントと異常予兆発見, 人工知能学会誌, Vol. 22, No. 5, pp. 669-676, 2007.
 7) 尾崎尚也他: 遮断機動作電流による踏切遮断桿折損検知の試み, 第 45 回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集, 2008. (印刷中)

表 3 正常データ数の違いによる正常判別回数(100 回中)

正常データ数	踏切 A 遮断桿 1							踏切 A 遮断桿 2						
	上昇			下降				上昇			下降			
	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	下降妨害	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	下降妨害	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり
2	52	99	100	94	0	21	100	94	100	100	100	2	11	100
4	76	100	100	100	11	76	100	100	100	100	100	37	72	100
6	90	100	100	100	45	100	100	100	100	100	100	74	94	100
8	98	100	100	100	74	100	100	100	100	100	100	90	99	100
10	97	100	100	100	87	100	100	100	100	100	100	97	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21	-	-	-	100	100	100	100	-	-	-	100	100	100	100

正常データ数	踏切 B 遮断桿 3							踏切 B 遮断桿 4						
	上昇			下降				上昇			下降			
	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	下降妨害	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり	下降妨害	折損 (小)	折損 (大)	ぶらさがり
2	0	78	41	40	22	39	36	0	71	48	37	0	32	13
4	1	93	87	78	36	82	81	3	95	83	72	3	60	52
6	5	97	94	94	64	89	86	8	99	85	90	14	68	68
8	8	100	99	95	72	92	91	16	100	98	84	32	79	82
10	19	100	100	97	86	95	94	16	100	99	98	56	96	93
12	22	100	100	100	93	99	100	28	100	100	99	83	99	97
14	35	100	100	100	99	99	100	29	100	100	100	85	100	99
16	59	100	100	100	99	100	100	48	100	100	100	98	100	100
18	80	100	100	100	100	100	100	67	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100