

TC型軸箱温度検知システムの信頼性の向上および実用化



千葉 智*



石井 圭介*

鉄道車両の車軸を回転させながら車体重量を支える軸箱は、まれに異物混入などにより異常発熱することがあり、これをそのまま放置すると車軸折損による脱線などの重大事故につながるおそれがある。

そこで今回、地上側に赤外線放射温度計（以下、温度センサという。）を設置して、通過する列車の各車軸の軸箱温度の監視を行い、異常発熱が検知された場合は車両センターおよび指令室へ速やかに通報するシステムの開発を行った。そして、現地設置試験を行い、実用化に向けて耐熱性と耐震性において改良の必要があることが分かったため、これらの改良を実施し、営業線に近接した過酷な条件下でも安定稼動するシステムの開発をすることができた。

●キーワード：センサ、通信技術、温度検知、鉄道車両

1. はじめに

1.1 開発の目的

鉄道車両の車軸を回転させながら車体重量を支える軸箱（図1参照）は、まれに異物混入などにより異常発熱することがあり、これをそのまま放置すると車軸折損による脱線などの重大事故につながるおそれがある。

このため現在、軸箱の異常発熱の確認は車軸端に貼り付けたサーモラベル（図2参照）の温度上昇による変色を目視する方法で行っているが、この方法では列車が車両センターなどへ入区するまで確認ができないことから、重大事故のリスクをさらに低減させるために列車が走行している間に、より高頻度に軸箱温度を監視することができないか、検討を重ねてきた。

そして今回、地上側に温度センサを設置して、通過する列車の各車軸の軸箱温度の監視を行い、異常発熱が検知された場合は車両センターおよび指令室へ速やかに通報するシステムの開発を行った。

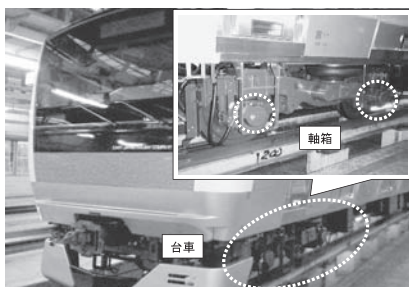


図1 台車および軸箱

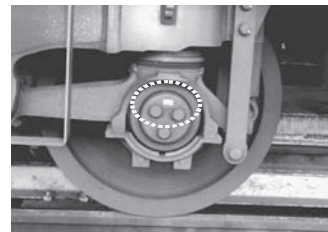


図2 サーモラベル

1.2 これまでの経緯

2003～2004年度、本システムの開発に着手し、測定方式の検討、温度センサの選択などを行った。

2005～2006年度、本線に仮設したうえで、温度センサの検知精度、速度追従性などの検証を行った。

2007年度、前述での研究成果を基にプロトタイプを試作、本線に設置し、総合動作確認試験（通信機能の確認を含む）を実施した。その際、安定した測定を実現するためには、筐体内温度をより下げる必要があることが分かった。

そこで、2008年度、実用化に向けたさらなる信頼性の向上を行った。

本稿では、主に2007年度以降の開発について、以下に記す。

2. システムの概要

車両の床下では、車輪や一部の機器などが通常の使用でも比較的高温になることがある。そこで本システムでは、列車の通過を認識するために線路に設置した車輪検

知器からの信号を基に、通過中の列車の各車輪中心の位置を判定し、そこから軸箱位置を割り出すこととした。

これにより車両の床下の、車輪や一部の機器などの通常発熱を、軸箱の異常発熱と誤検知することを防ぎ、軸箱温度のみを確実に検知することが可能となる（図3参照）。そして、軸箱の温度データのピーク値を抽出して、これをIDアンテナで受信した各通過列車の編成番号などのデータと照合し、通過列車の各号車各軸箱の異常発熱の有無を確認する。

この際、軸箱の異常発熱が検知された場合は、専用回線を使用して車両センターおよび指令室の端末装置に速やかに通報し、端末装置に併設された警報装置が警報を発し、表示灯が点灯する。なお、本システムではサーモラベルと同様に、軸箱温度120℃以上を検知した場合、異常と判定することとしている。

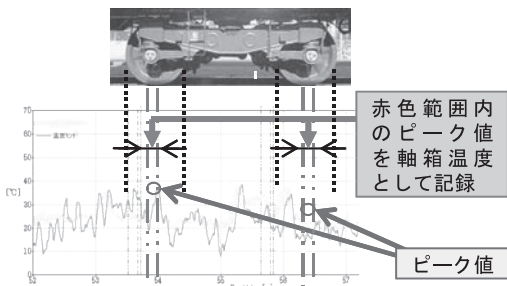


図3 台車と軸箱の温度波形

3. システムの構成および各機器の機能と特徴

3.1 システムの構成

線路周辺、車両センターおよび指令室に設置した各機器を以下に記す（図4参照）。

(1) 線路周辺

温度センサ、車輪検知器、IDアンテナ、処理装置

(2) 車両センターおよび指令室

端末装置、警報装置

以下に各機器の機能と特徴を記す。

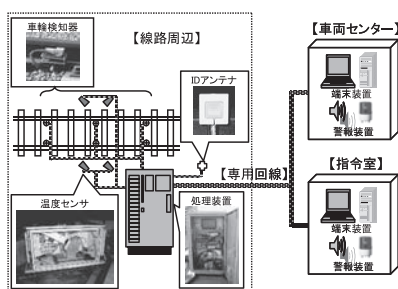


図4 システムの構成

3.2 温度センサ

温度センサは赤外線放射温度計を使用している。対象物から放射されるエネルギーをレンズにて集光し、その温度を非接触で測定する。本システムでは特に、測定距離1000mmで、対象物を測定径約24mm以下で捕らえることができる、指向性の優れた温度センサを新たに採用した。これにより、走行中の車両床下の軸箱温度を精度よく測定することが可能となった。また、温度センサを台車の真横に設置して測定した場合、車軸端にある速度発電機が温度センサと軸箱の間に位置することになってしまい軸箱の温度を正確に測定できないことから、斜め下から軸箱下面の温度を測定する機構としている（図5参照）。

一方、飛来物から温度センサを保護するために、温度センサは筐体内に収納した（図6参照）。また、筐体内には温度センサの受光部までの間に防塵構造を組み込んだ（図7参照）。防塵構造は2分割構造となっており、その内部にラビリンス・リングを多数設置して、そこに送風口を設けて処理装置からホースを通して空気を送り込むことにより（図5および図6参照）局部渦を発生させ、大気中の粉塵などにより温度センサのレンズ面が汚れることを防いでいる。

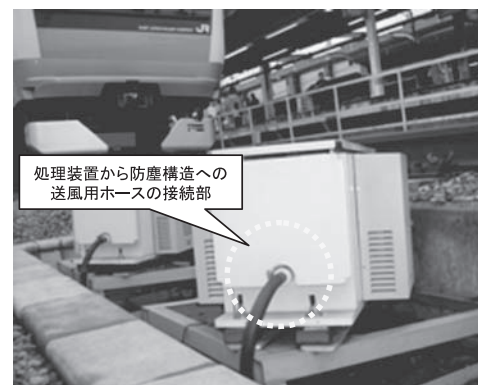


図5 温度センサを収納した筐体の設置

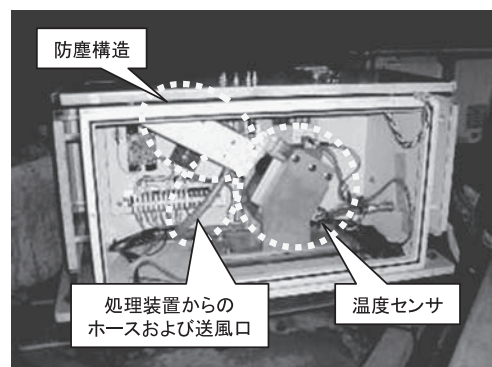


図6 筐体内の防塵構造と温度センサ

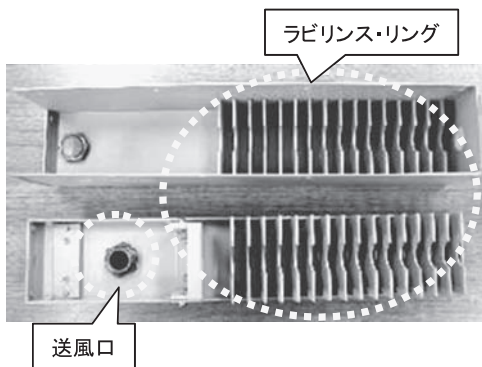


図7 防塵構造

3.3 車輪検知器

車輪検知器はレール内側の両方に約3mの間隔で3組、合計6個を設置している(図8参照)。車輪が通過した時の検知信号を処理装置に出力して軸箱位置を検出するとともに、列車通過中だけ温度を検出するためのスイッチの役割も担っている。



図8 車輪検知器の配置および本体

3.4 ID アンテナ

IDアンテナは、車両に搭載されているIDプレートからデータを読み取るために地上側に設置して、列車が通過する際、編成番号、車両配置箇所、車両形式などのデータを取得する(図9参照)。



図9 IDアンテナ

3.5 処理装置

処理装置は、温度センサ、車輪検知器、IDプレートから収集した各データを基に、通過速度、各車輪中心位置の演算、軸箱の温度データのピーク値の抽出、そのピーク値と通過列車の軸箱部位との照合、通過列車の各号車各軸箱の異常発熱の有無の確認を行う。この際、軸箱温度120℃以上を検知した場合は、異常と判定して、専用回線を使用して車両センターおよび指令室の端末装置に速やかに通報する(図10参照)。また、本装置には前述した温度センサの防塵構造への送風機構を装備している。

一方、収集した各データは処理装置に保存し、1日の各通過列車の各軸箱の温度データのピーク値は毎日夜間に車両センターへ送信している。

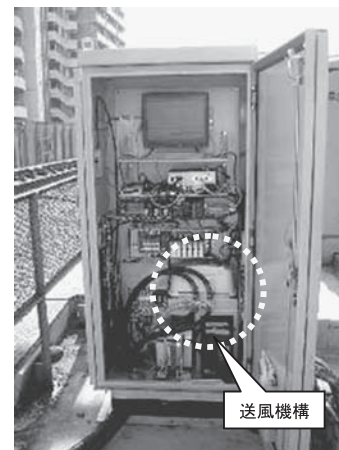


図10 処理装置と送風機構

3.6 端末装置および警報装置

車両センターおよび指令室の端末装置は、通常、起動した状態で待機しているが、軸箱の異常発熱を受信した場合、そのモニター画面に日時、列車の編成番号、列車速度、測定した各軸箱温度を表示し、異常を検知した部位の欄を赤く表示する。また、異常発生メッセージも表示する(図11参照)。さらに、警報装置が警報を発し、表示灯が点灯する。

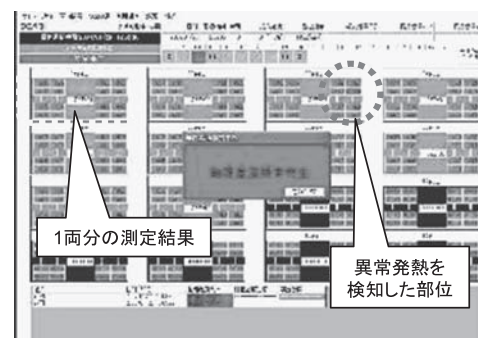


図11 軸箱異常発熱検知時のモニター画面

4. 現地設置試験

4.1 総合動作確認試験

首都圏在来線への導入を前提として、営業線においてシステムとしての動作を検証するために、各機器の基礎試験を経て、プロトタイプを横須賀線東戸塚駅（下り線）付近および京浜東北線赤羽駅（北行）付近に設置し、通過列車の軸箱温度の監視を行った（図12参照）。そして、検知、通報の流れについては概ね良好な結果を得られたが、実用化に向けては耐熱性と耐震性においてさらに改良の必要があることが分かった。

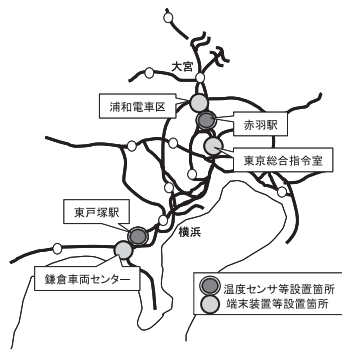


図12 試験設置箇所

4.2 異常発熱発生時の動作状態確認試験

総合動作確認試験の期間中、営業列車では軸箱の異常発熱が発生しなかったことから、温度センサが異常発熱を検知した場合、処理装置が異常と判定して端末装置に通報し、警報装置が警報を発するという一連の流れを確認するため、車両側面に軸箱の異常発熱を模擬した発熱体を仮設した試運転列車を、実際に使用する際の各速度条件で走行させる試験を行った。その結果、いずれの速度域でも発熱を検知し、システムが正常に動作することを確認した。

5. 量産機に向けた改良

現地設置試験を行い、実用化に向けて耐熱性と耐震性においてさらに改良の必要があることが分かったため、これらの改良を実施した。内容を以下に記す。

5.1 耐熱性

酷暑期において、外気温の高い時、筐体内温度は非常に高くなることが分かり、温度センサに悪影響を与えることが懸念された。そこで、クーラーの装備、遮熱塗料

塗布の対策を行い（図13参照）、ベンチテストおよび現地設置後の温度確認を実施し、その効果を確認したところ、筐体内の温度を常に温度センサの使用環境として十分な45℃以下に保つことができたことが分かった。

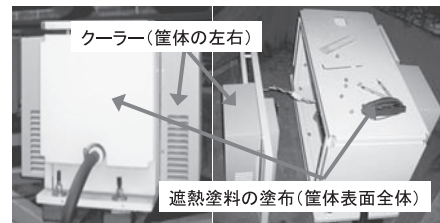


図13 改良の内容（耐熱性）

5.2 耐震性

列車通過時、温度センサの許容スペック以上の振動がまれに発生することが分かった。そこで、温度センサ取付台にダンパおよび防振ゲルを取付ける構造として（図14参照）、ベンチテストおよび現地設置後の測定を行い、その効果を確認したところ、防振機能として十分な2G以下となっていることが分かった。

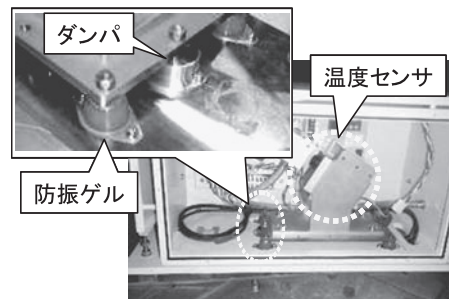


図14 改良の内容（耐震性）

5.3 本線設置試験

2008年度、耐熱性、耐震性について改良したうえで本線に設置し、前述のとおり問題ないことを確認するとともに、本システムの量産化に向けて、設置場所の条件の整理、メンテナンス性の確認、コストパフォーマンスの検討などを行った。

6. おわりに

以上のように、営業線に近接した過酷な条件下でも安定稼動する軸箱温度検知システムの開発をすることができた。今後は、同システムの量産機を首都圏在来線主要線区へ順次導入していく予定である。

参考文献

- 1) 千葉智：JR EAST Technical Review, No.21, 2007 「TC型軸箱温度検知装置の開発」