

正 [電] ○田中 実 (鉄道総研)

正 [電] 鈴木 正夫 (鉄道総研)

Condition monitoring system for railway equipment by using a sensor tag

Minoru TANAKA and Masao SUZUKI, Railway Technical Research Institute, 2-8-38, Hikari-cho, Kokubunji City

Repeated maintenance work of railway equipment is essential for safe operation of railway system. To support maintenance work, we applied sensor tag which consisted of RFID tag and sensor board to condition monitoring. The sensor tag was set on the railway equipment, and handheld reader/writer was used to control sensor board. Consequently, we succeeded to collect the sensor data automatically. In addition, we studied stationary reader/writer to collect sensor data from maintenance vehicle.

Keywords : sensor tag, condition monitoring, RFID

1. はじめに

鉄道の安全・安定輸送の実現には、鉄道設備の定期的な点検や補修などのメンテナンス業務が不可欠である。メンテナンス業務のうち、管理対象の特定、検査日や点検結果の記録、保守情報の管理などを支援する技術として RFID (Radio Frequency Identification) 技術がある。

RFID 技術とは、鉄道用非接触 IC カード等で既に導入されている自動認識技術で、アンテナと IC チップで構成される RF タグ (IC タグや RFID タグとも呼ぶ。) を管理対象に取り付け、携帯端末などの送受信装置 (リーダ・ライタと呼ぶ。) により、IC チップ内のメモリに記録された識別番号や任意に設定可能なユーザデータと無線通信を行い、管理対象の特定や保守情報の管理を行う技術である。鉄道設備の管理に RFID 技術の導入が進められており¹⁾、超電導磁気浮上式鉄道についても、宮崎実験線にて管理対象の地上コイルに RF タグを取り付けて、ガイドウェイを走行する保守用車両から、保守データを効率よく収集し、一元管理できることを確認している²⁾。

一方、近年では鉄道設備の管理法として、動作状態の設備をセンサで監視して、故障の有無や劣化傾向や異状の兆候を捉える状態監視システムが注目されている。RFID 技術を用いた鉄道設備の管理システムでは、RF タグの代わりにセンサと RF タグを組み合わせたセンサタグを取り付けるだけで、状態監視機能の付加が可能である。すなわち、動作状態の鉄道設備をセンサで監視し、リーダ・ライタをセンサタグにかざすことで設備の状態確認ができ、現場で最新のセンサデータに基づいて速やかにメンテナンスができるため、作業の効率化と安全性の向上が期待できる。そこで、鉄道設備の状態監視システムへのセンサタグの適用について検討した。

2. センサタグを用いた状態監視システム

図 1 にセンサタグの構成例を示す。RF タグ用 IC チップは、無線と有線の 2 種類のインタフェースで通信が可能で、無線通信時はリーダ・ライタから電力供給されるため、センサタグには無線通信用の電源は不要である。管理対象に設置した各種センサや液晶は、マイコンで制御を行い、状態監視結果は有線インタフェースで IC チップのメモリに記録が可能である。

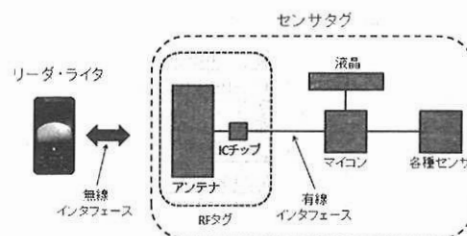


Fig.1 Sensor Tag

図 2 に携帯型リーダ・ライタとセンサタグを用いた状態監視システムの検討例を示す。まず、管理対象にセンサタグを設置して、リーダ・ライタから計測条件を書き込む。次に、計測条件に基づき、マイコン制御によってセンサを動作させて、ログデータを集録する。センサデータは閾値に基づく簡易な異状判定を行い、エラーコードを液晶表示することも可能である。その後、作業員がセンサタグにリーダ・ライタをかざすと、担当設備の状態確認ができる。状態監視結果は、リーダ・ライタに記録されるため、手書きの記録は不要である。設備の劣化傾向や異状の兆候を確認する際は、リーダ・ライタを事務所に持ち帰り、ログデータをパソコンにダウンロードすることで、詳細な確認が可能である。

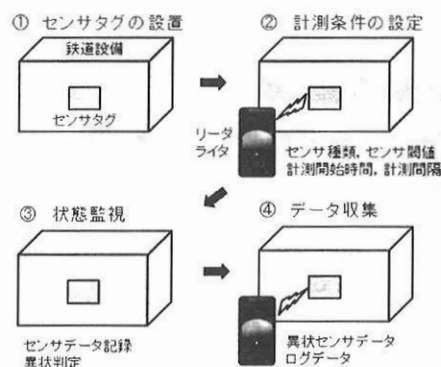


Fig.2 Condition Monitoring

3. 動作確認

実際に、センサタグ (MB9BF506RA-EVB-RF-01: 富士通セミコンダクター製) と携帯型リーダ・ライタ (BHT-604QUWB: デンソーウェーブ製) を組み合わせた状態監視システムを構築して動作確認を行った。表 1 と表 2 に仕様を示す。計測条件や各種監視データは、電源を切ってもデータが消えない不揮発性強誘電体メモリの FRAM に記録した。有線と無線の 2 種類のインタフェースのうち、無線を常に優先させ、リーダ・ライタから FRAM への書き込みがあると、マイコンから有線でデータを読み取り、状態監視を行うようにした。監視時間が長い場合は、古いデータから上書きするリングバッファ方式を採用した。ただし、エラーコードは記録に残して、異常の有無が確認できるようにした。

図 3 に浮上式鉄道用地上コイルへのセンサタグの設置状況、図 4 にパソコンにダウンロードしたログデータの例を示す。センサタグを設置するだけで鉄道設備の状態監視および簡易な異常判定ができることを確認した。

Table 1 Specification of sensor tag

無線周波数	UHF 860~960MHz
無線規格	ISO/IEC18000-6 Type C
メモリ	強誘電体メモリ FRAM 4k バイト
インタフェース	Serial Peripheral Interface (SPI)
マイコン	ARM Cortex-M3
センサ	温度, 照度, 湿度, 加速度

Table 2 Specifications of handheld reader/writer

RF 周波数	UHF 952~955MHz
RF 規格	ISO/IEC18000-6 Type C
送信出力	10mW 以下 (特定小電力無線局)
外部通信機能	IEEE 802.11 b/g

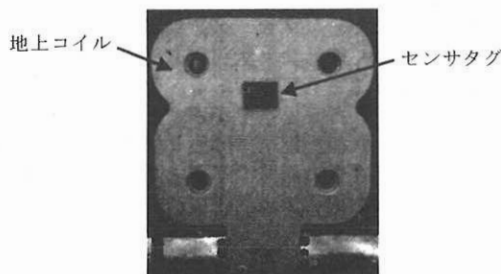


Fig.3 Sensor tag on the ground coil

No.	Date/Time	温度(℃)	湿度(%)	加速度X (g)	加速度Y (g)	加速度Z (g)	電池残量
00000	2012/10/19 09:25:00	25.3	44.8	334	0.0	-1.0	0009
00001	2012/10/19 09:25:10	25.3	45.0	339	0.0	-1.0	0009
00002	2012/10/19 09:25:20	25.3	44.8	347	0.0	-1.0	0009
00003	2012/10/19 09:25:30	25.3	44.8	345	0.0	-1.0	0009
00004	2012/10/19 09:25:40	25.3	44.5	345	0.0	-1.0	0009
00005	2012/10/19 09:25:50	25.3	44.2	340	0.0	-1.0	0009
00006	2012/10/19 09:26:00	25.3	44.5	343	0.0	-1.0	0009
00007	2012/10/19 09:26:10	25.3	44.5	340	0.0	-1.0	0009
00008	2012/10/19 09:26:20	25.3	44.5	340	0.0	-1.0	0009
00009	2012/10/19 09:26:30	25.3	44.1	363	0.0	-1.0	0009
00010	2012/10/19 09:26:40	25.3	45.5	337	0.0	-1.0	0009
00011	2012/10/19 09:26:50	25.3	45.1	339	0.0	-1.0	0009

Fig.4 Sensor data

4. 通信範囲測定

リーダ・ライタを車載して移動しながら鉄道設備のセンサデータを収集することを想定して²⁾, 車載向けに選定した据置型リーダ・ライタ (URW-SP3, AN-UUTRI (920): ソーバル製) の通信範囲測定を行った。表 3 に仕様を示す。移動体から無線通信を行うため、設置場所の申請が不要な特定小電力無線局を使用し、通信時間を伸ばすため、移動方向に長いアンテナを用いた。図 5 にセンサタグと車載用アンテナの配置、図 6 に測定結果を示す。離隔距離を 200mm とした際に通信範囲は 675mm となり、HF 帯無線と同等以上の通信速度²⁾が確保できれば、車載したリーダ・ライタと鉄道設備に設置したセンサタグとの間で、移動中の無線通信が可能と考えられる。

Table 3 Specifications of stationary reader/writer

無線周波数	UHF 916.8~923.4MHz
無線規格	ISO/IEC18000-6 Type C
送信出力	32mW 以下 (特定小電力無線局)
アンテナサイズ	長方形 380mm×860mm
偏波方式	直線偏波

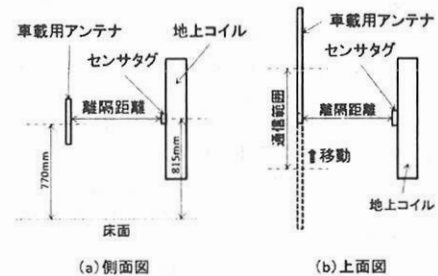


Fig.5 Arrangement of sensor tag and on-board antenna

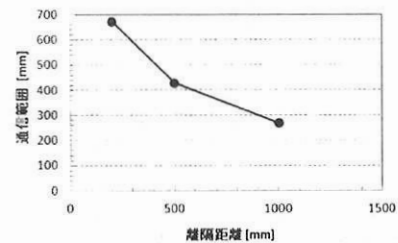


Fig.6 Communication Areas

5. まとめ

センサタグを用いた鉄道設備の状態監視システムについて検討するため、携帯端末および据置型リーダ・ライタを用いた状態監視システムを構築して、有用性を確認した。なお、本研究は富士通セミコンダクター(株)及びソーバル(株)より技術協力を受けて実施した。また、本研究の一部は国土交通省の国庫補助を受けて実施した。

参考文献

- 1) 川口 彰: メンテナンス技術の改善と品質向上に向けて, JR EAST Technical Review No.17, pp.68-72, 2006
- 2) 田中 実, 鈴木正夫, 高橋紀之, 池田遼平: RFID 技術と保守用車両を利用した浮上式鉄道用地上コイル保守支援装置の開発, 電気学会全国大会 5-159, 2012

1611 近鉄・西大寺車庫内在線表示システムの開発について

○森 浩治 (近鉄車両エンジニアリング)

尾崎 尚 (近鉄車両エンジニアリング)

勝谷 浩明 (近鉄車両エンジニアリング)

中村 文彦 (近鉄車両エンジニアリング)

井口 恭宏 (近鉄車両エンジニアリング)

Development of a system displaying all the vehicle positions on the tracks in Saidaiji train shed in real time

Koji Mori, Kintetsu Railcar Engineering Co., Ltd.

Hisashi Ozaki, Kintetsu Railcar Engineering Co., Ltd.

Hiroaki Katsuya, Kintetsu Railcar Engineering Co., Ltd. Fumihiko Nakamura, Kintetsu Railcar Engineering Co., Ltd.

Yasuhiro Iguchi, Kintetsu Railcar Engineering Co., Ltd.

We developed "a system displaying all the vehicle positions on the tracks" in Kintetsu Saidaiji train shed in spring of 2012.

This system displays the detention situation of the vehicle in real time. Therefore, the grasp such as a vehicle number or the dual number of the vehicle in the train shed became easy for us drastically. As a result, precise vehicle use has been enabled with quickness when a diagram is disturbed.

Keywords : train shed , storage track, detention situation, ID tag, ID antenna , proximity sensor , photoelectric sensor, eddy current sensor, programmable logic controller, Local area network

1. はじめに

在線表示システムとは、車庫内における入出庫車両の動きや留置車両の状況を、車両番号や編成状態などの付加情報と共にリアルタイムに表示するものである。

今回システムを導入した近鉄・西大寺車庫は、近鉄奈良線（大阪難波～近鉄奈良間）と近鉄京都線・橿原線（京都～橿原神宮前間）を走行する車両の検査、整備の業務を担当し、阪神電鉄や京都市交の車両も入庫する、近鉄でも最大級の車庫である。

ダイヤ乱れが発生した場合、多くの臨時列車の入出庫が発生し、計画通りに入出庫させられず、場合によっては奥に留置している車両を急遽運用に充当しなければならないなど、車両の入換が複雑化し、車両の留置状況の把握のために多大な労力と時間がかかるという問題が発生していた。

また他社線との相互直通運転車両の入庫もあり、出庫時にダイヤ上の直通運転対応車両の充実に注意を要していた。

そこで、これらの問題を解決すべく、近鉄・西大寺車庫に適用する「在線表示システム」を平成24年春に開発導入した。システムを導入したことで刻々

と変化する留置状況がリアルタイムに表示されると共に、車両番号や各留置線の留置両数の把握が飛躍的に容易になった。また阪神との相互直通運転対応車両の識別も容易となり、迅速で的確な判断が行えるようになったので、以下その内容について報告する。

2. システムの概要

2.1 システム構成

西大寺車庫は、留置可能両数277両、敷地面積69,100㎡の極めて大きな車庫である。従って、車両の留置状況をモニタ表示するには、広範囲に設置した多くのセンサの情報を集約しなければならない。そこで、今回は、図1に示すように全体を4つのブロックに分け、そのブロックごとにPLC

(Programmable Logic Controller) を設け、データを集約することにした。

各ブロックで集約された情報は、担当係員が詰めている事務所前のデータ集約用PLCに集約され、主幹制御用PCで、センサの検出順序を元に、車両がどのように移動したかを判断し、その移動状況を移動方向や移動中であることが分かるよう車両アニメーションで表示した。

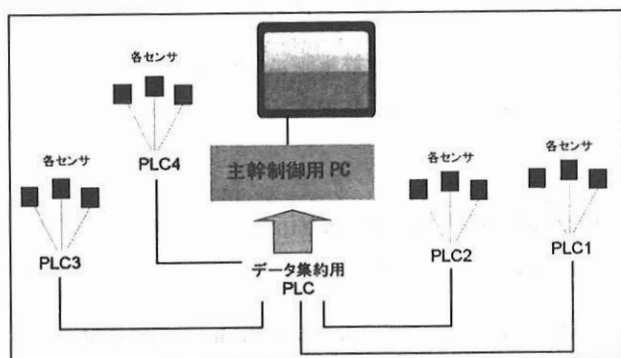


図1：データ集約方法

2.2 入庫車両の情報取得

車両を表示するに際し、入庫してきた車両が何両編成で、どんな車種の車両であるかを判別する必要がある。

そこで、固定編成毎に取り付けられている編成記号や編成両数が記録されたIDタグを利用して、これらの情報を得ることとし、車庫の入庫線にIDアンテナを設置した。（図2、3）

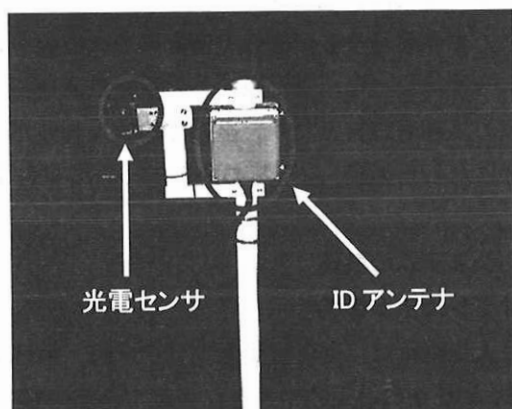


図2：IDアンテナと光電センサ

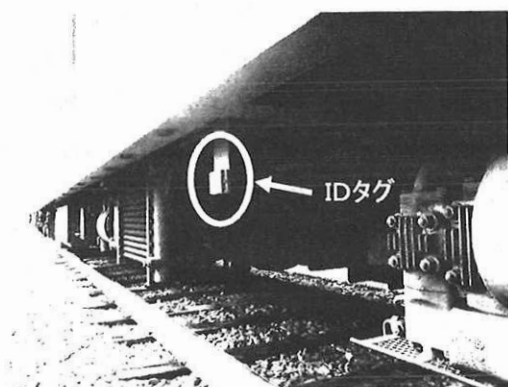


図3：車両に搭載したIDタグ

また、IDタグを取り付けていない車両やIDタグの電池切れの場合を考慮し、IDアンテナ以外に車輪セ

ンサと光電センサを設置し、入庫線通過時の車輪数をカウントする回路も同時に設けた。（図4）

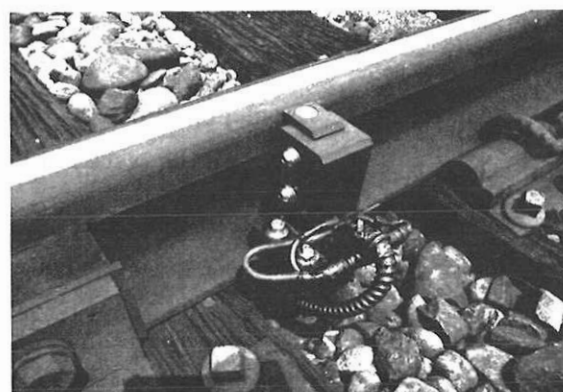


図4：車輪センサ設置状況

2.3 入線検知・移動検知

入庫線から枝分かれした番線に車両が移動したことを検知するため、各番線の入り口に先に述べた車輪センサを設置し、車両の動きを追跡している。

車輪センサが該当編成両数分カウントをした時点で移動完了と判断する。（図5）

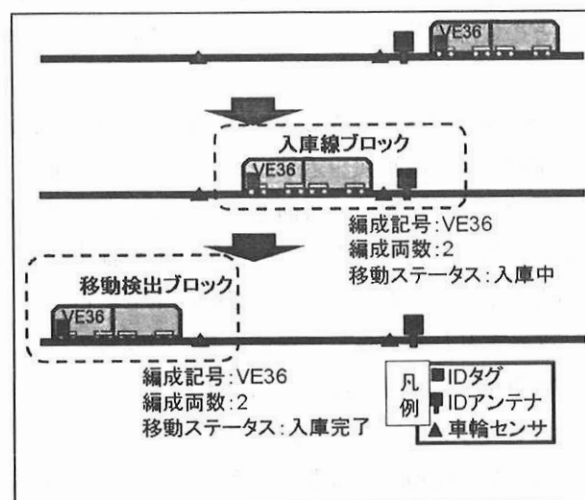


図5：移動情報検出方法

また、多くの車両を留置する留置線の中には、本線からの担当運転手と検車係員の担当境界線がある。

このため境界線より奥に留置したか、手前に留置しているかを判断するため、光電センサを約2m間隔で2台設置し、車体の有無を検知した順序から車両の移動方向を検出し、どの位置に留置しているかを判断している。（図6）