

鉄道車両の保守は、鉄道運行における安全性、定時性、環境性、車両寿命の確保の面で、重要な位置を占める業務である。したがって、車庫又は工場における車両の保守作業には、多くの検査員と時間を要している。そこで、これら保守作業の省力化と、作業効率の向上が進められている。

当社は、このようなニーズにこたえるために、高度なセンサ技術や画像処理技術を適用した様々な鉄道車両メンテナンスシステムを開発した。これらのシステムは、車両の走行中に検査データを取得し、計測結果の良否判定だけでなく、摩耗部位については、交換時期などの予測を行い、検査業務の大幅な改善ができる。

Rolling stock maintenance plays a major role in ensuring safety, on-schedule services, environmental harmony, and vehicle life in railway operation. Accordingly, maintenance work on rolling stock in train sheds or railway factories often requires many inspectors and considerable time. Improvements in the maintenance workshop environment and in work efficiency are therefore necessary.

To meet these needs, we have developed various rolling stock maintenance systems applying advanced sensor technology and image processing technology. These systems can acquire inspection data on rolling stock in motion using sensors or cameras installed on the ground, and perform quality judgments of the measurement results. Furthermore, they can also estimate replacement times for worn parts. These systems therefore bring about significant improvements in inspection work.

## 1 まえがき

鉄道車両の保守・検査は、車庫あるいは工場において停留状態で多くの検査員によって実施されている。検査は治具・測定器を使用し、検査結果の記録は人手によって帳票類に記録、あるいは管理コンピュータに入力されている。

近年、この保守・検査業務の作業改善の向上に加え、輸送力の向上のため、保守・検査に要する車両の停留時間の短縮による車両運用の効率化が重要となってきた。

当社は、走行中の車両から、地上側に設置したセンサ、あるいはカメラなどにより検査対象のデータを取得して、測定結果の良否判定、異常の有無判定、データ保存、データの傾向解析による摩耗予測などを自動的に行うメンテナンスシステムを開発した。

以下に、そのシステムの概要と特長となる機能について述べる。

## 2 システムの概要

鉄道車両メンテナンスシステムは、個々の機能を持つ複数のサブシステムによって構成される(図1)。地上に設置した各センサの近傍を車両が通過したとき、非接触で対象となる検査部位の状態(可視画像、赤外線画像、紫外線画像、距離変位、温度、音、など)を測定し、取得データをデータ処理

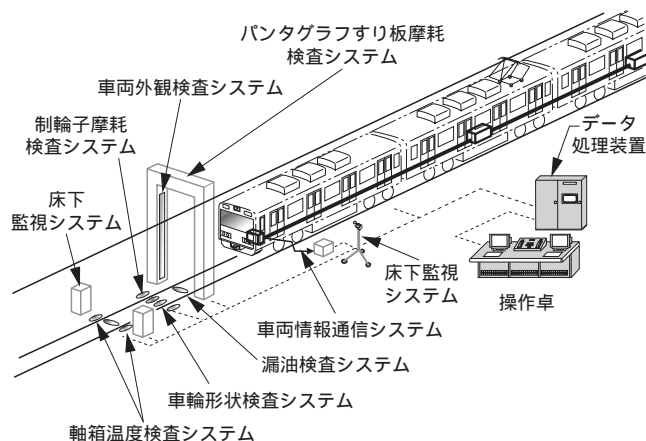


図1 鉄道車両メンテナンスシステムの構成例 線路近傍に設置されたセンサ、カメラなどにより、走行中の車両の状態を取得する。  
Example of rolling stock maintenance system configuration

装置に伝送する。データ処理装置は、検査線に進入する車両の編成番号を編成番号読取装置から入力するとともに、各センサから受信した取得データを、編成を構成する各車両番号のデータ種別ごとに分割・保存する。更に、データ演算処理により検査部位の測定と良否を判定し、結果の保存と表示処理を行う。異常部位が検出された場合は、警報を発する。また、車両の運用経過により摩耗する部位については、データ処理装置に保存されているデータの解析処

理により、交換時期予測表示一覧、傾向グラフの作成、表示を行う。

### 3 システムの特長

車両の検査目的に応じて構成される、各サブシステムの特長、機能について述べる。

#### 3.1 車輪形状検査システム

- (1) 計測は各車軸左右各々の車輪ごとに、車輪が車輪検知センサを通過するタイミングでストロボを発光し、CCD(電荷結合素子)カメラにより車輪内側の基準溝と車輪先端までの“外径画像”と、車輪踏面輪郭形状をとらえた“輪郭画像”を取得する(図2)。

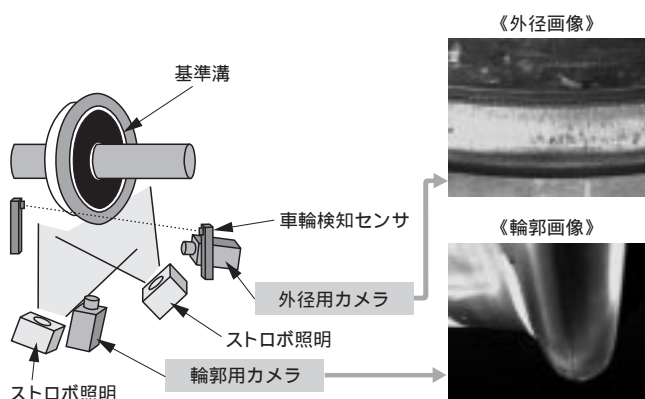


図2. 車輪形状検査システムの取得画像 車輪内側の基準溝と車輪先端を外径画像として、車輪踏面とフランジ部を輪郭画像として各車輪ごとに取得する。

Pictures taken in wheel size measuring system

- (2) 取得した“外径画像”、“輪郭画像”の各データをデータ処理装置で画像処理を行い、車輪断面の各管理寸法(車輪直径、バックゲージ(車輪間隔)、フランジ高さ、フランジ厚さ、など)を求める。取得画像は、曲面で構成される立体の輪郭を投射した形状となるため、各種補正処理をして、求める寸法の精度を確保している。

#### 3.2 制輪子摩耗検査システム

- (1) 計測は、各車軸左右各々の車輪の制輪子ごとに、車輪が車輪検知センサを通過するタイミングでストロボを発光し、CCDカメラにより制輪子形状をとらえた“制輪子画像”を取得する(図3)。
- (2) 取得した“制輪子画像”のデータをデータ処理装置で画像処理を行い、制輪子の上部厚さ寸法  $t_1$ 、下部厚さ寸法  $t_2$  と欠落の有無を求める。 $t_1$ 、 $t_2$  の寸法に規定以上の差異がある場合は、偏摩耗としての判定もできる。
- (3) 制輪子厚さ摩耗予測については、保存データの編集により、指定された制輪子に対し“データトレンド表示”

を生成する(図4)。また、表示形式としては、日付順に制輪子交換予測対象車両番号と制輪子位置のリストを表示、印字出力もできる。

- (4) 車輪形状検査システムと制輪子摩耗検査システムを一体化したセンサ部の設置例を図5に示す。

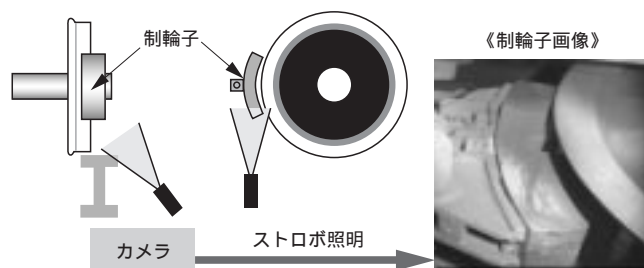


図3. 制輪子摩耗検査システムの取得画像 制輪子画像を制輪子ごとに取得する。

Picture taken in brake-shoe size measuring system

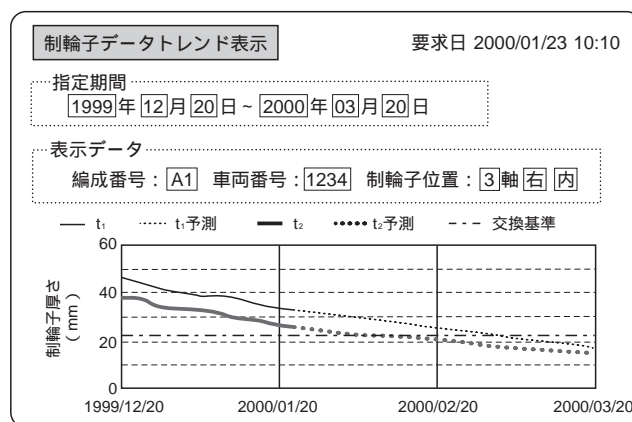


図4. 制輪子のデータトレンド表示例 指定した車両の制輪子保存データから、指定期間における制輪子の摩耗状態を実線で、摩耗予測線を破線で表示する。設定された交換基準厚さを示す線との交点が交換予定日となる。

Example of brake-shoe data trend display



図5. 車輪形状・制輪子摩耗検査システムのセンサ部実施例 車輪形状検査システムと制輪子摩耗検査システムのカメラ・照明を一体化した計測装置を線路下に設置している。

Example of sensor unit for wheel size measuring system and brake-shoe size measuring system

### 3.3 漏油検査システム

- (1) 漏油検査システムは、油の種類により光の反射・吸収などの光学特性が特有であることを応用して、走行中の車両の台車の軸箱、駆動装置などからの漏油を検出する。
- (2) 検査対象に油と水を塗布して、可視光と紫外光を照射した場合の検出例を図6に示す。可視画像では、水も油も特徴を示さないが、紫外光を照射した場合には、油の紫外光に反応した蛍光をとらえて油分が抽出されている。水の付着には反応していない。

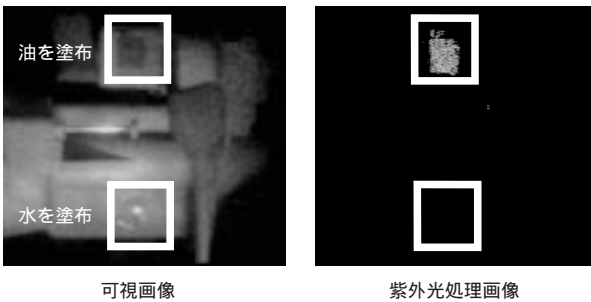


図6. 漏油検査システムの処理画像 油と水を塗布した検査対象の可視画像(左)では、水と油をともに検出できないが、紫外光を照射した処理画像(右)では油の付着した部分を検出することができる。  
Picture taken in oil leak detecting system

- (3) 地上にカメラ、照明(可視光・紫外光)を設置して、走行車両の指定された検査部位の2種類の画像を取得し、この2種類の画像の抽出、組合せ処理により、車両の床下の指定部位の漏油箇所の発生を自動的に検出できる。

### 3.4 床下監視システム

#### 3.4.1 発熱監視装置

- (1) 線路脇に赤外線リニアセンサ(縦方向に温度をスキャンング)と非接触車両速度測定装置を設置し、センサ前を通過する車両の床下の温度分布を面として計測する。
- (2) 各車両単位で、センサの1スキャンング内の計測温度を加算した加算温度を車両長さ方向に展開し、グラフ化すると図7のように表現できる。
- (3) 事前に設定された各車種ごとの正常な場合の上限・下限温度分布((図7)中の太線:上限,点線:下限)と、測定結果とを合成すると、異常発熱、あるいは停止している機器を検出することができる。

#### 3.4.2 音響監視装置

- (1) 線路脇にマイクロフォンと非接触車両速度測定装置を設置し、センサ前を通過する車両の発生音を取得する。
- (2) 各車両単位で、取得した音を(図8)で示す時間経過と周波数成分と音圧レベルの関係に自動的に分析す

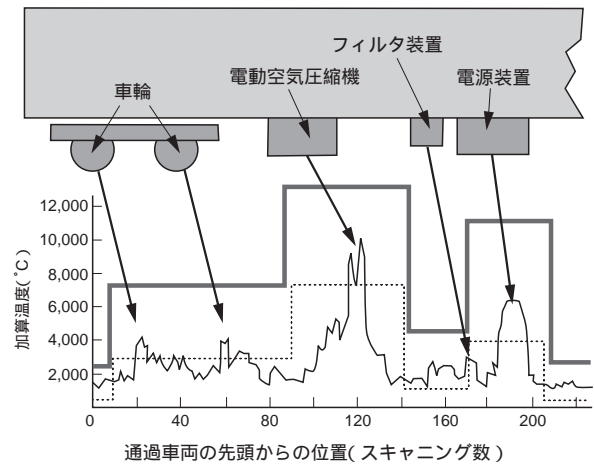


図7. 発熱監視装置の測定処理例 横軸に車両位置,縦軸に各車両位置での加算温度をとり、計測結果を各車種別に設定された各部の上限・下限線と合わせて表示する。  
Example of heat measuring output

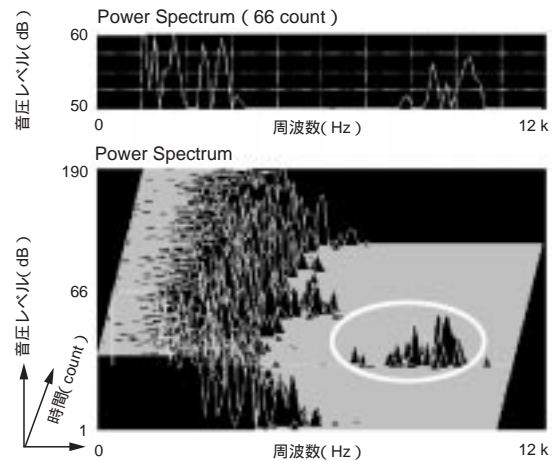


図8. 音響監視装置の処理例 経過時間ごとの周波数,音圧レベルの三次元画像(下図)と、指定した時点(66 count)の周波数特性(上図)を表示した例を示している。白い太線で囲んだ部分は正常時検出されない漏気の発生を示す。  
Example of acoustic processing output

る。白い太線で囲んだ部分は漏気を示す。

- (3) 事前に設定された各車種ごとの、正常な場合の上限・下限の周波数ごとの音圧分布と測定結果とを比較し、機器の異常の有無を検出することができる。

### 3.5 軸箱温度監視システム

- (1) 赤外線スポットセンサを左右のレールに設置し、車輪通過センサの検出信号により軸箱と車輪間の車軸温度を計測する(図9)。検出可能な車両通過速度は最大200 km/hである。
- (2) 軸箱温度は、各軸箱ごとに発熱状態が異なるため、事前に正常時の各車両の軸箱単位で温度を計測し、各軸箱の正常範囲の上限・下限値を設定する(自動設定)。

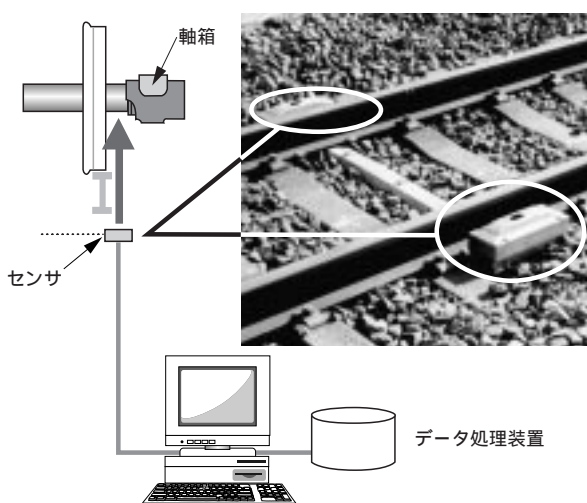


図9. 軸箱温度監視システムの構成例 線路外側に設置されたセンサにより、通過する全軸箱に対して、軸箱と車輪間の車軸の温度を計測する。

Example of axle box temperature measuring system

- (3) 車両通過ごとに計測された軸箱温度は、下限値以下の場合には走行開始まもない車両として除外し、上限を超えるものは、異常と判定して警報を出力する。また、指定された軸箱の温度履歴を出力することもできる。

### 3.6 車両外観検査システム

- (1) 車両の外観を撮影するため、複数のITV(工業用テレビ)カメラ、照明を地上に設置する(図10)。

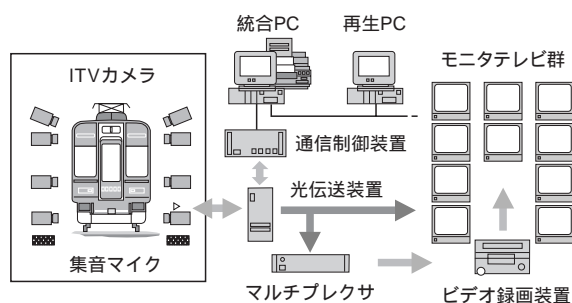


図10. 車両外観検査システムの系統 ITVカメラ、集音マイク、照明を車両両側面に設置し、計測部を通過した車両の画像を録画し、再生PCにより設定された再生モードでモニタテレビに検査部位の映像を表示する。

Configuration of rolling stock external appearance inspection system

- (2) 検査装置に進入してきた車両に対し、編成番号読取装置で車両番号を読み取り、検査対象車両を自動認識し、車両前面、後面、側面、屋根上、床下などの外観を自動録画する。
- (3) 再生パソコン(PC)の再生制御画面の設定により、検査対象車両の検索、車両両側面の映像、走行音が同時

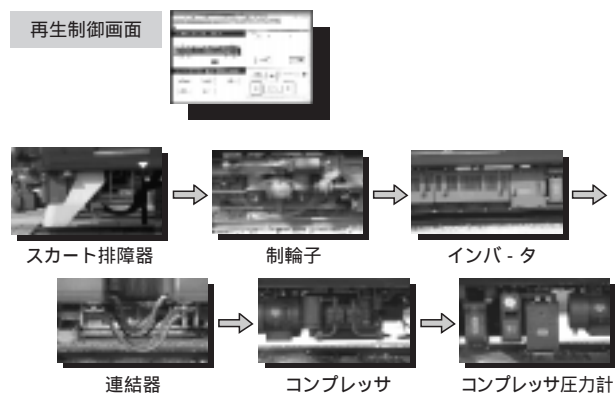


図11. 再生表示画面例 再生PCの再生制御画面にて設定された再生表示画面例を示す。ここでは、床下各検査部位の静止画送りの場合をモニタTV画面が矢印のように切り換わり表示される例を示す。

Example of picture playback

再生、動画送り/静止画送り/インターバル送りの選択ができる。更に、部位検索モードにより、パンタグラフ、空調室外機、インバータ、圧縮機などの部位を車両データベースから次々に検索することができる。床下静止画送りの再生画像の例を図11に示す。

- (4) このシステムは、複雑で広範な車両外観映像の取得、保存、検索をコンピュータにより自動化し、難しい良否判定は、従来どおり検査員にゆだねることを特長としたシステムである。

## 4 あとがき

鉄道車両メンテナンスシステムは、当社が一般産業分野で培ってきた技術の適用と鉄道会社の指導の下に開発を進め、一部実用化されている。鉄道車両の保守・検査業務の作業改善、車両運用の効率向上など、ユーザーニーズにこたえられるものと期待している。

今後は、更に、新技術の適用による新たなシステム追加、ネットワークによる他のシステムとの結合による検査データの活用範囲の拡大、他システムの情報活用によるメンテナンスシステムの効率向上に努力を続けていきたい。

## 文献

- (1) 関口眞吾,ほか. 車輪形状検査装置. 第38回パターン計測部会研究会. 1997-1.
- (2) 黒木雅彦,ほか. パルス蛍光による透明な漏油の画像化技術. 電気学会論文誌E. 118, 10, 1998, p.449.



村田 均 MURATA Hitoshi

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 交通システム部主幹。鉄道メンテナンス設備の設計・開発に従事。電気学会会員。

Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services