

S2-3-4.

新しい踏面測定装置の開発

Development of new Tread-Profile Measurement Device

○武藤 行伸 真野辰哉 (西日本旅客鉄道株式会社)

池田 孝之 (JFE電制株式会社)

Yukinobu MUTO Tatsuya MANO (West Japan Railway Company)

Takayuki IKEDA (JFE Electrical & Control Systems Inc.)

As for tread-profile, though it obtained a fixed result by developing a measurement device by the optical image processing in 1997, Because there was a room of improvement in a measurement precision and effect on employment of the device in workshop which has installed it, We developed "Tread-profile measurement device" newly without changing the principle of measurement and calculation logic. 1: We reconsidered performance and insulation of optical material such as laser, CCD camera, and so on. 2: We make it combine the device with wheel-set maintenance data base which has already been in the workshop by LAN, it was used for calculation logic of Tread-profile which measured by the device. 3: We took various measure to decrease noise such as reflection light at the open air. 4: We prepared rail-track of a part to install the device to do measurement for which to become stable. It obtained a good result that measurement precision was less than $\pm 0.5\text{mm}$ in more than 95% in us in performance examination of the device. At this workshop whose frequency of monitoring is high and whose need of the device is big, We are confirming performance in trial of the device to increase effect on employment of it.

Keyword : Tread-profile, Optical image processing, Measurement precision

1 はじめに

当社ではパンタグラフすり板、踏面損傷、踏面形状、制輪子・ライニングなどの状態監視技術を開発してきた。目的は、仕・交検の省力化、外注費や材料費の低減、電子データ化による車両管理である。踏面測定装置は平成9年度に開発したが、測定精度に改良の余地があるため、装置の性能を見直し、車両基地の検修業務と一体となった運用効果を上げることを目標に新たな踏面測定装置を開発したので、その概要と近況を紹介する。

2 開発の重点事項

今回の開発は表1のような条件を前提に仕様を検討した。

表1 開発の重点事項と理由

事項	検討結果	理由
基地	網干総合車両所	都市圏電車の最大拠点
場所	同じ編成が高頻度で使用される線	母数増による測定精度と運用効果の向上
性能	各寸法 $\pm 0.5\text{mm}$ 程度を 2σ で達成	信頼性向上による装置運用の理解促進
他	既設の検修データベースとLAN連携	定検の輪軸データとの一体管理による運用効果の向上

3 原理

レーザー光を利用した光切断法を測定原理としている。図のように、レーザー光が車輪踏面を切断した軌跡面をCCDカメラが特定波長のフィルターレンズを通して静止画像を得る。その画像からレーザー光の軌跡、つまり、踏面形状となる座標を抽出・変換し、踏面形状の座標値と既知値からフランジ外面距離、フランジ高さ、車輪径などを求める。

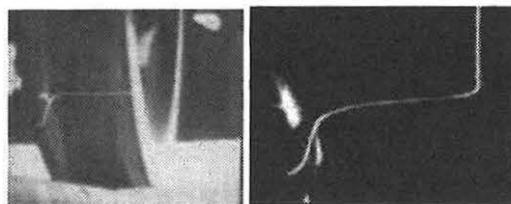
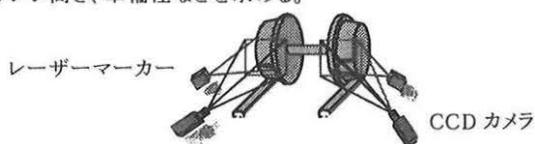


図1 光切断法による車輪踏面の静止画像

4 座標変換

CCDカメラは車輪踏面によるレーザーの切断面を斜め下から投影しているため、その静止画像は、本来の踏面形状と比べて歪んでいる。そこで、投影座標で得た情報を単像標定法によるベクトル計算でカメラ座標から絶対座標に変換し、次にレーザーを切断した投影方向から実際踏面の放射断面方向に座標を再変換している。この装置は光学機材の配置に自由度が高く、踏面形状が1枚の画像で正確に描写できることが特長である。

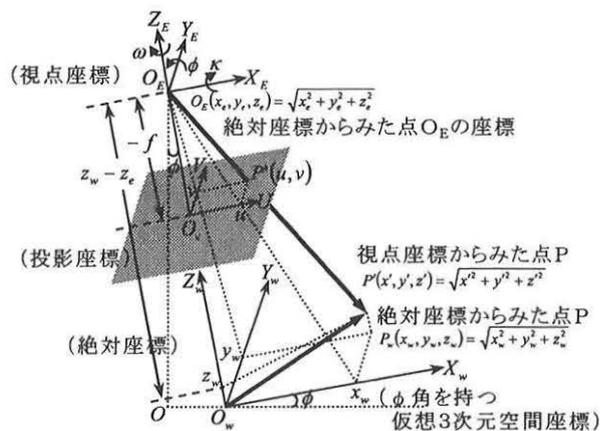


図2 単像標定法

5 車輪踏面の寸法計算

座標変換した踏面形状の座標値から、フランジ外面距離、フランジ高さ、車輪径を計算する。実際には、フランジ高さは画像から直接計算し、車輪径はフランジ高さから数値的に計算している。フランジ外面距離は画像と既知値で計算している。

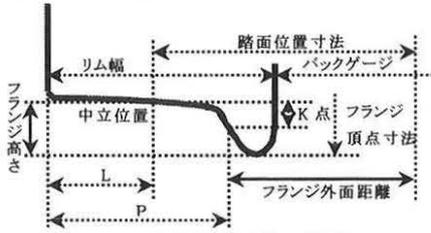


図3 車輪踏面寸法の関係

6 旧装置との比較

既出の目標を目指すため、旧装置を見直し、表2のような改良や開発を行なった。

表2 旧装置からの改良内容

主な分類	改良内容
レーザー	軸径1/3、輝度2.5倍(照射平均)
CCDカメラ	分解能20%向上、シャッタースピード4倍、相対感度2倍(特定波長において)
データ管理	車両基地に既存する検査修繕データベースとLANで結合し、輪軸データの一体運用化
軌道整備	PC化、道床固結前後40m程度
その他	光学機材の絶縁方法の見直し

7 構成

装置の構成を図4に示す。車両基地に既存する検査修繕データベースとLANで結合し、全・要検や仕・交・臨検の輪軸データの一体運用化を目指したシステムであることが特徴である。

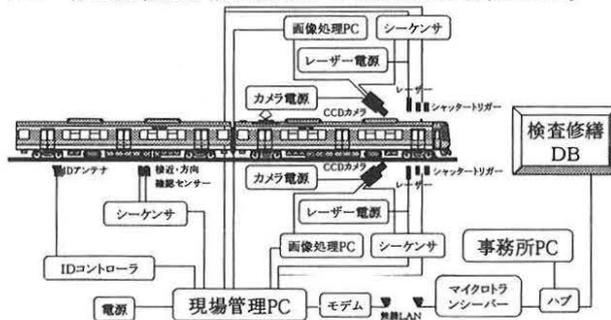


図4 装置の全体構成図

8 性能試験

性能は、いわゆる「公称」でなく、実態として表3に示す精度が達成率 2σ (95%)に収まることを目標とした。

表3 試験目標

	精度	達成率	エラー率
フランジ外面距離	$\pm 0.8\text{mm}$	2σ	1%
フランジ高さ	$\pm 0.5\text{mm}$	2σ	1%
車輪径	$\pm 1.2\text{mm}$	2σ	1%

試験は、異なる編成を多数用い、屋外で試験速度10~15km/hで10~15試番程度通過させ、別途計測した車輪寸法との誤差を集計し、2ヶ月の試験で約7000個のデータを集めた。

その結果、図5に示すように、試験目標の誤差は余裕をもって達成率を超えた。また、誤差と達成率の見方のほかに、実際の測定精度について 2σ でデータを整理すると、表7に示すようにどの項目も目標の測定精度を確保しており、高い信頼性により装置を用いた検修への反映に比べられると思われる。

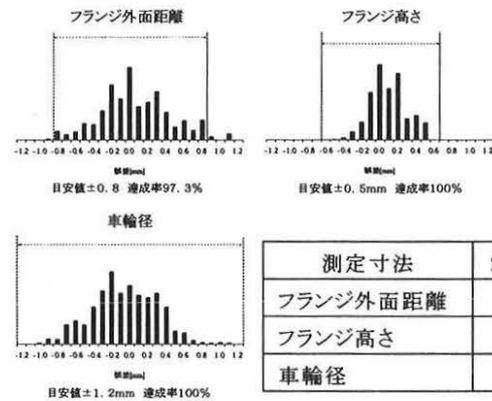


図5 試験結果(絶対誤差と 2σ)

エラー率は約0.4%であったが、試験が冬期で南中高度が低かったため、夏季の外光の対策として、画像処理の過程で空間フィルターを適用した。これは、外乱的な因子を含んだ原画において、踏面形状が存在するはずの座標方向に対し有効な輝度を抽出するもので、フランジとリム端に適用した結果、ノイズの除去や座標の確実な抽出に大きな効果があった。

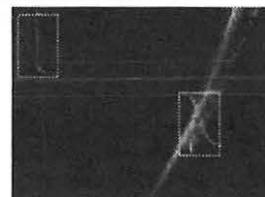


図6 反射光等ノイズに対する対策適用部位

9 試用の近況

夏至になり、南中高度も上がった時期、エラー率を抜き打ちで点検すると数%であり、当初懸念された外光による影響は少なく、想定した性能をほぼ発揮している。なお、エラーの内容は主に以下のようなものであった。

- レーザーの多重反射によるエラー
- 画像処理が完全に失敗したエラー
- 空間フィルターの領域設定の不適切さによるエラー

レーザーの多重反射については、既出の性能試験で速度依存性を持つことを確認しているため、通過速度に留意することで大半は回避できる。現在もエラーの状況を追跡しており、更に信頼性を向上するため、改善を続けていく。

10 おわりに

この踏面測定装置は、移動物体の画像処理としては測定精度の面である程度完成したと思われる。ITの活用による先端技術は、目指す目的により現場での運用効果が異なる。当社では冒頭に紹介したほかの状態監視技術との組み合わせにより、現在の仕・交検における摩耗品管理や車両状態の管理の概念を新しい状態・機能検査に変えていくためのツールとしていくことが目的である。これを高い信頼で応えるのが技術面であり、そのためにも今後も性能の追跡、改善を続けていく。

(特許出願予定)