

講演概要 画像処理技術を用いた 新たな管理手法の検討

佐藤 善行¹・相原 宏任¹・柏木 将幸²
徳井 圭³・大森 圭祐⁴・村山 大輔⁵

¹正会員 東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター

(〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地)

E-mail: yoshiyuki-sato@jreast.co.jp

E-mail: hi-aihara@jreast.co.jp

²正会員 東日本旅客鉄道株式会社 盛岡支社 一ノ関保線技術センター

(〒021-0843 岩手県一関市深町16)

E-mail: masa-kashiwagi@jreast.co.jp

³非会員 シャープ株式会社 研究開発事業本部 ソリューション事業推進センター 第三開発室

(〒261-8520 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目9番2号)

E-mail: tokui.kei@sharp.co.jp

⁴E-mail: omori.keisuke@sharp.co.jp

⁵E-mail: murayama.daisuke@sharp.co.jp

特殊分岐器は、分岐器の中でも構造自体が複雑であり、可動部が多くレールを強固に固定することが難しい部位があることからレールふく進等の変位を生じやすい。現在、在来線の特殊分岐器管理においては、検査周期に従い異常の有無に関わらず人の手で複数の検査を実施している。特殊分岐器は、その重要性が極めて高く、不転換による輸送障害が一度発生するとその影響は非常に大きい。

本件は、カメラによる画像測定技術を用いてレールふく進管理を行うことで異常の予兆把握につながるデータを取得・解析することを目的に、新たな管理手法の基礎研究を行った。本稿では、可動ダイヤモンドクロッシングのレールふく進等の変位を計測したデータを取得し検討を実施した結果について報告する。

Key Words: movable diamond crossing, movable rail, knuckle rail, stereo camera, 3D technology

1. はじめに

特殊分岐器は、構造が複雑で一般分岐器に比べて不転換が発生しやすい。不転換の原因の一つにレールふく進による信号装置故障がある。ふく進状態を把握するため、当社では特殊分岐器は個別に検査を行っている。しかし、検査の課題として周期に基づいた夜間での検査のため、状態を細かく把握できないおそれがあること、測定に人手を要すること、水系を用いた測定のため、風等の影響を受けやすいことなどがある。そのため、特殊分岐器の状態変化を捉えることができ、人手のかからない測定、外部環境の影響を受けない測定が可能となる高画素ステレオカメラによる3D技術を用いた特殊分岐器ふく進測定装置の開発を行った。本稿ではこれまで実施した開発検討結果について報告する。

2. 特殊分岐器調査項目

現行の特殊分岐器の検査項目について表-1、図-1、に

整理して示す。

表-1 特殊分岐器ふく進検査

No	検査項目	管理値
①	可動レールのふく進量	±15mm
②	可動レール相互間距離	120mm±15mm
③	へ形レールのふく進量	±15mm
④	へ形レールの交点間弦に対する通り変位	±19mm
⑤	クロッシング交点間距離	±15mm
⑥	クロッシング交点と基準杭の距離	

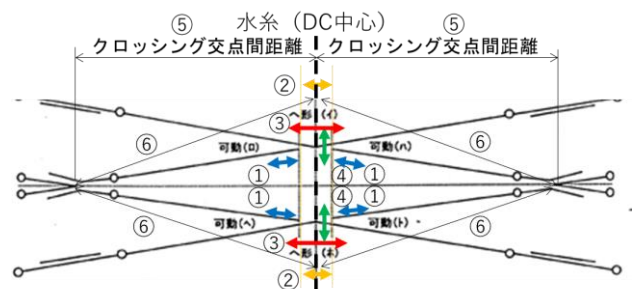


図-1 特殊分岐器（可動DC）測定位置

3. 特殊分岐器ふく進測定装置の開発

(1) ステレオカメラによる測定原理

カメラによる画像撮影は、透視投影モデルによってモデル化することができる。(図-2)

カメラの光学中心を原点、カメラの横方向をX軸、縦方向をY軸、カメラの光軸をZ軸とする。カメラの焦点間距離をfとすると撮影空間上の点P(X, Y, Z)とp(x, y)の間には次の式(1a), (1b)の関係がある。また、平行ステレオカメラによる画像撮影もモデル化できる。(図-3)

平行な2つのカメラで同一被写体Pを撮影した場合、画像内における被写体の位置が異なる。このズレ量を視差D(m)と呼び、式(1c)の関係がある。

$$x = f \frac{X}{Z} \quad (1a)$$

$$y = f \frac{Y}{Z} \quad (1b)$$

$$D = f \frac{b}{Z} \quad (1c)$$

(2) 実験線での検証項目

JR東日本研究開発センター内の実験線(以下、実験線と呼ぶ)に敷設してある特殊分岐器(DSS)を対象に特殊分岐器ふく進測定装置の精度検証を行った。(図-4)

ふく進測定は、レールにターゲットとなるマークを貼り付け、そのマークの移動量をレールのふく進量とした。

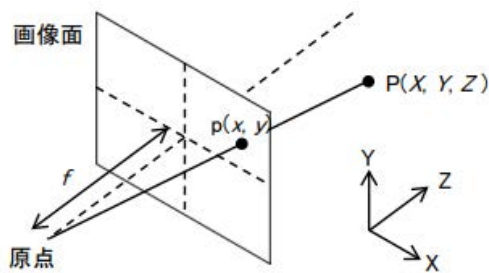


図-2 透視投影モデル

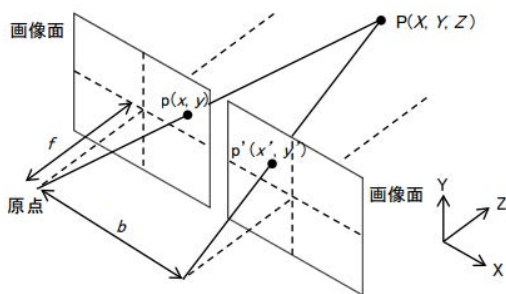


図-3 ステレオカメラの撮影モデル

(3) 設置条件の検討

実験線にてカメラ設置位置の測定精度への影響を確認した。カメラの設置位置を測定対象に対して、まくらぎ長手方向(離れ)、レール方向、鉛直方向(高さ)に変化させた場合のカメラの設置位置とふく進量の測定精度の関係を検討した。

(4) 測定用マークの検討

測定精度の高いマークを検討するため、2種の方法について検討した結果、測定方法Aを採用した。測定方法Aは、測定用マーク全体の位置を検出し変位量を測定し、測定方法Bは、測定用マーク中心部の格子点の位置を検出し変位量を測定する。(図-5)

(5) 時間帯および照度に関する検討

測定時間帯による、測定精度への影響を確認した。日中時間帯から日没後まで撮影を実施し、日没時間帯においては、照度不足により測定できないことを確認した。手検測と画像測定の測定を比較した結果、誤差は±1.0mmで測定が可能であった。(図-6)



図-4 実験線試験状況

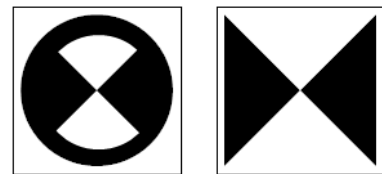


図-5 測定用マークのデザイン (左:A 右:B)

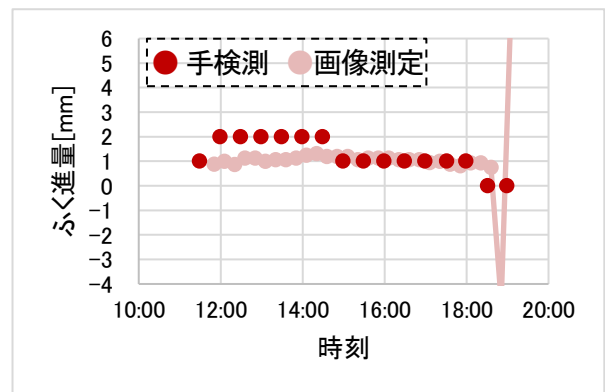


図-6 精度比較結果

4. 営業線での性能評価試験

(1) 評価試験概要

湘南新宿ライン・横須賀線が平面交差する大崎（蛇窪）駅構内に敷設されている特殊分岐器を対象に特殊分岐器ふく進測定装置を設置し検証を行った。（図-7, 8）

検証の方法は、ステレオカメラの画像（1分間に1回撮影、日の出前約10分から日の入後約10分まで測定可能）から測定値を算出し、初期値は夜間検査時の手検測値に基づいて設定した。算出対象となる測定点は、レールに設置したターゲットマークとした。（図-9, 10）



図-7 試験箇所



図-8 特殊分岐器ふく進測定装置

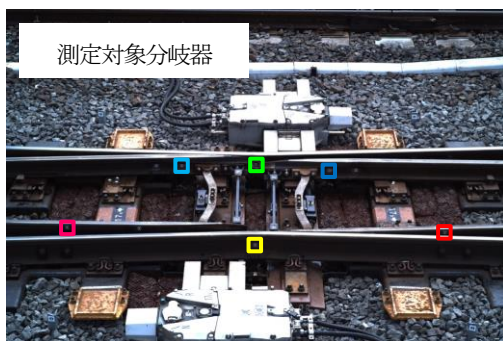


図-9 ターゲットマーク設置位置(6カ所)

(2) 定位・反位の判定

可動レールのふく進測定は、可動レールが、へ形レールに密着している状態で測定するため、定位・反位の状態を正しく判定する必要がある。そのため、密着状態及び離隔状態でのマークの位置を教師データとして登録し転換状態を判別したところ、転換結果の約7割が定位状態であった。その転換の割合を実際の撮影画像および当該線区のダイヤと確認したところ一致していることから定位・反位の状態判定が正しくされていることを確認した。（図-11）

(3) 不良データの判定

当該分岐器は、走行列車が多く1日約200回転換するため特殊分岐器ふく進測定装置では、車両通過時や転換動作途中により正しく測定できない状態（不良データ）が生じる。そのため測定用マークの検出状況に基づいて、不良データを除外し、有効データのみを測定結果として出力するようにした。不良データとして判定されたデータを抽出し、撮影画像からその原因を確認した。主に不良データは、車両通過等の障害物、日没後の照度不足、逆光や影によるものなどの影響であった。

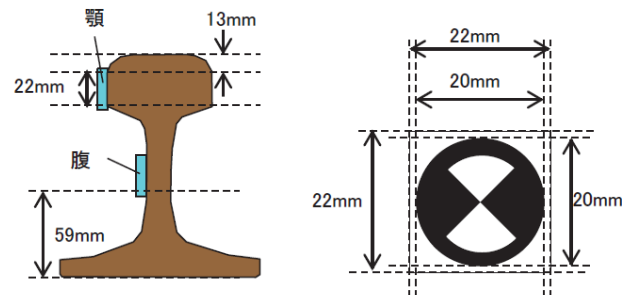


図-10 レール設置位置及びターゲットマーク

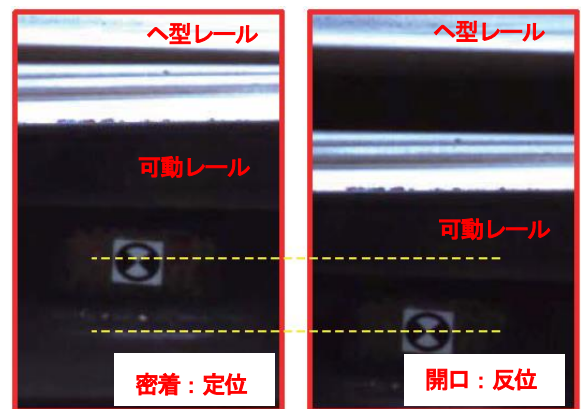


図-11 定位と反位の撮影画像

(4) ふく進量の日変化

可動レールふく進量の推移をみると、1日の中で約5mmの動きがあった。特に13:00頃に最もふく進量が大きくなり、夜間帯に近づくにつれ、ふく進量が小さくなることを確認された。

へ形レールふく進量の推移は、約1mmであり、ほとんど動きがないことが確認された。(図-12)

(5) レールふく進量とレール温度の関係

ふく進量とレール温度変化の影響について確認を行った。気象データについては、当社設備のレール温度計、雨量計データを用いふく進量との関係について確認を行った。レール温度がもっとも高い時間にふく進量が大きくなることから、ふく進量とレール温度変化の相関が強いことが確認された。また、8月中旬の日中時間帯において可動レール相互間距離の管理値を一時的に超過していることも確認できた。(図-13)

5. まとめ

特殊分岐器ふく進測定装置により、レールのふく進量を常時把握することが可能であることを確認した。

本装置で日中時間帯の測定を行い、可動レールがレール温度に応じて、伸縮を繰り返すこと、各レールによってふく進量に差があることについて確認することができた。また、レールふく進とレール温度には、相関があることを確認することができた。測定精度は誤差1mm以内と高精度に測定できる装置を開発することができた。

謝辞: 本開発において、装置の製作に多大なるご協力を頂いたシャープ(株)SBS 事業本部の関係者の皆様に、紙面を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 和泉和弘 他: 「分岐器の設備故障防止の取組み」, JR EAST Technical Review, 2006.
- 2) 佐藤泰生: 分岐器の構造と保守, 日本鉄道施設協会, 2017.
- 3) 保線工学編集委員会: 保線工学(上), 鉄道現業社, 2016.
- 4) 新版軌道材料編集委員会: 新版 軌道材料, 鉄道現業社
- 5) 公益財団法人画像情報教育振興協会: デジタル画像処理, 2015.

(Received April 2, 2021)

(Accepted June 4, 2021)

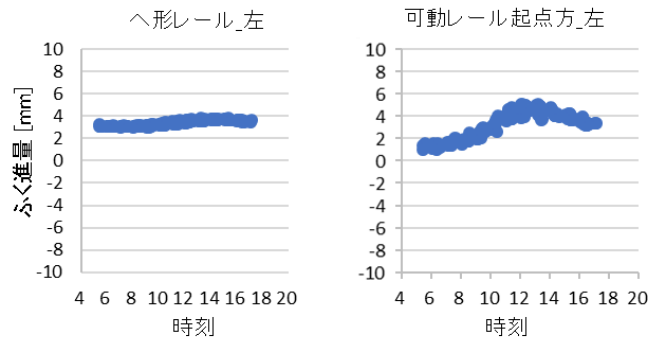


図-12 へ形レールおよび可動レールふく進量の日変化

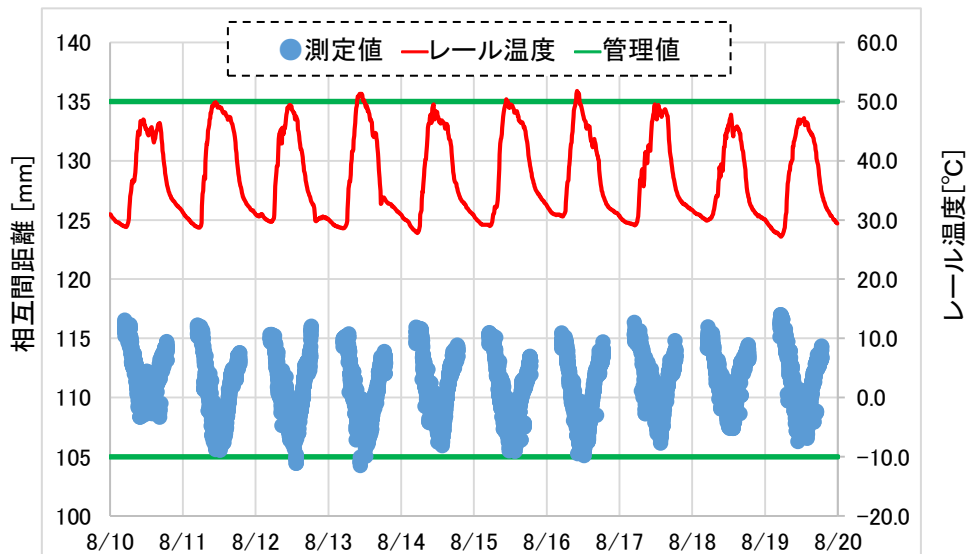


図-13 可動レール相互間距離とレール温度