

画像処理技術を活用したロングレールふく進検査の装置化の検討

○ [土] 下野 勇希 [土] 山口 義信 (西日本旅客鉄道株式会社)

A study on the device utilized an image processing technology
for the inspection of CWR creeping

○ Yuuki Shimono, Yoshinobu Yamaguchi, (West Japan Railway Company)

Some track inspections are executed by devices such as the track inspection cars and the rail flow detect cars. Others are executed by watching or using hand-held devices. On the other hand, the image processing technology has been developed, further mechanization adopting this technology is expected. This paper describes the device for the inspection of CWR creeping. As the contents, authors installed multiple cameras on the vehicle, and measured the CWR creeping by the images taken with running. As the result, it was confirmed that its repeated accuracy was within 1mm.

キーワード：画像処理技術，ラインセンサカメラ，マーカー，パターンマッチング，キャリブレーション

Key Words：image processing technology, line sensor camera, marker, pattern matching, calibration

1. 開発の目的

昨今の IT 等の進歩により，汎用技術を活用した線路検査の装置化が各鉄道事業者で進められている．そのうち，線路検査の一つである，ロングレールふく進検査（以下，「ふく進検査」という）は，図 1 に示すとおり，線路左右に設置しているふく進杭（基準位置）に水糸を張り，水糸とレールのポンチマーク（基準位置）の線路方向の離隔を検測者が検測している．そのため，検測者による測定値にバラつきや，検測人数が多く必要であるという問題を抱えている．

これまで，ふく進検査の装置化は，デジタルカメラを活用した装置等があり，例えば，人が現場に出向いて撮影する方式となっている¹⁾．

そこで，更なる効率化を目指して，車両に搭載した画像撮影装置によるふく進検査の適用可否の見極めを行った．その内容及び実用化に向けた課題について報告する．



図 1 現在のふく進検査

2. 装置の構成

試作した装置（以下，「試作装置」という）を図 2 に示す．レールを撮影する装置（以下，「軌道面撮影装置」という）とふく進杭を撮影する装置（以下，「側部撮影装置」という）から構成されている．なお，試作装置は，線路片側のみを撮影対象としている．

軌道面撮影装置は，ラインセンサカメラと LED 照明を備え，側部撮影装置は，ラインセンサカメラとふく進杭が遠隔であることから，強い光を発する HID 照明（高輝度放電照明）を備えている．

軌道面撮影装置及び側部撮影装置は，線路方向 1 mm 移動

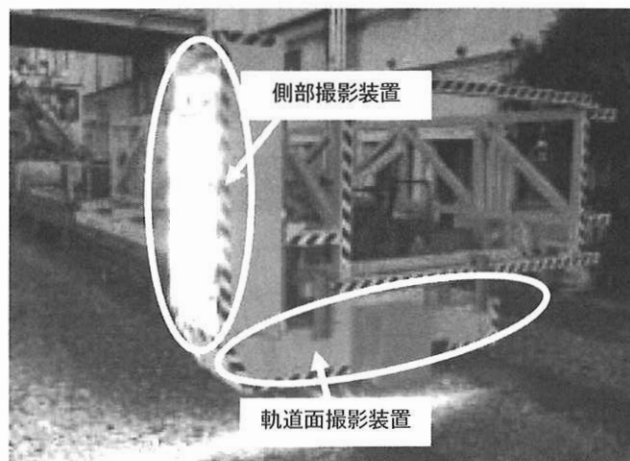


図 2 試作装置

する毎にそれぞれ同期して画像撮影するため、線路方向は 1mm 単位での計測が可能となる。

3. 測定原理及び測定方法

3.1 ふく進量の求め方 (概略)

レール及びふく進杭における基準位置の代替として、図 3 に示す専用のマーカー (以下、「マーカー」という) を用いる。試作装置によりマーカーを撮影し、得られた画像データからマーカーを検出する。図 4 に示すように、検出したマーカーの基準位置からふく進量を算出する。

なお、最終的にマーカーの寸法は、レール底部付近に敷設可能なものを予定している。

3.2 マーカーの検出方法

マーカーの検出は、パターンマッチング法による検出を行う。ふく進量を測定する箇所的位置情報を、予め車内に搭載している処理装置に付与し、位置情報を基に、撮影された画像からマーカーが敷設されている箇所付近の領域を取得する。

その後、マーカーの三つの円の寸法と位置関係から作成したパターンマッチング用モデルを基に、取得した画像データから一致するパターン箇所を検出する。

パターン箇所の検出では、マーカーのエッジの抽出を行うが、より高い精度で抽出するため、濃淡差が出やすいものとするために、円形で、白色及び黒色を採用している。なお、バラスト等の外乱の影響を極力受けないために、三つの円を用いた。

また、ふく進測定に用いる基準位置は中央の円の重心位置としている。

3.3 試作装置の設置誤差の補正方法

先述したように、軌道面撮影装置及び側部撮影装置により撮影された画像からふく進量を算出するが、実際にはそれぞれに設置誤差があり、ミリ単位での計測を行うとなる

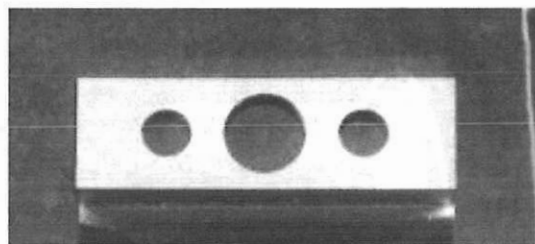


図 3 専用のマーカー

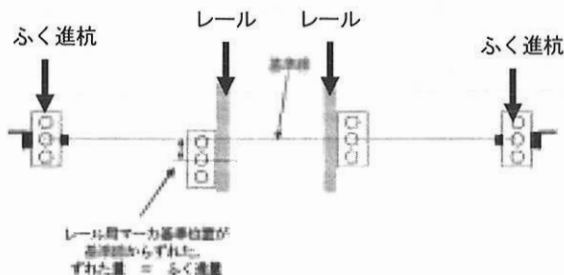


図 4 ふく進量の算出方法

と、予めその設置誤差を算出し補正する必要がある。そのため、車両に試作装置を搭載した後、以下に記す方法で設置誤差を算出し、補正することとした。

なお、この補正は車両への設置後に実施するもので、日常の管理では実施する必要はない。

①図 5 に示すように、レールと直行する直線上に専用のターゲットを、高さを揃えてそれぞれのカメラの撮影範囲毎に二枚設置する。

②走行しながらターゲットを撮影し、図 6 に示すように、二枚のターゲットの間を直線で結び、直線の傾きを算出する。

なお、図 6 の位置①と位置②を結ぶ直線 (以下、「キャリブレーション線」という) は取得した画像の座標上で、

$$y_c = ax_c + b \dots\dots\dots (1)$$

で表される。

位置①と位置②の座標から a, b の値をカメラ毎に算出する。なお、a, b を算出する式を以下に記す。

$$b = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{x_1 - x_2} \dots\dots\dots (2)$$

$$a = \frac{y_2 - b}{x_2} \dots\dots\dots (3)$$

3.4 ふく進量の算出方法

カメラの設置誤差を考慮したふく進量の算出方法は以下のとおりである。

①図 7 に示すとおり、それぞれのカメラにより取得した画像上での基準位置の座標とキャリブレーション線の座標を求める。なお、キャリブレーション線の y 座標は、式 (1) に基準位置の x 座標を代入することで求まる。

②図 8 に示すとおり、取得した画像上での座標から実座標に変換する。実座標では、キャリブレーション線を y

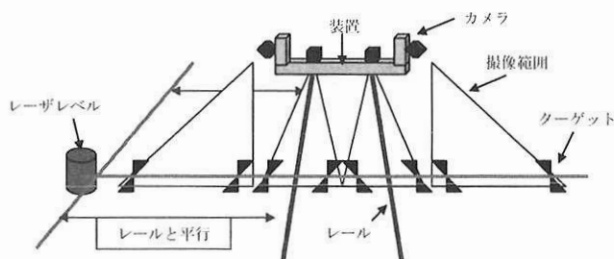


図 5 装置の設置誤差の補正

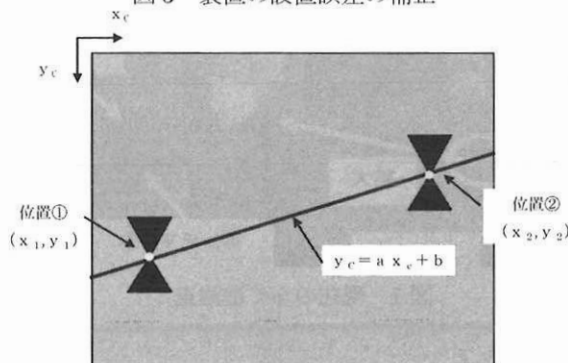


図 6 画像の傾き算出

座標 0 mm の位置とする。

③y 座標は、取得した画像上での 1 画素を実座標の 1 mm とし、キャリブレーション線との差とする。

④x 座標は、レールとふく進杭の距離及び左右レールの間隔とする。

⑤これらから、基準位置 i と基準位置 ii (ふく進杭) 及び基準位置 iii と基準位置 iv (レール) の位置が求まる。

⑥図 8 の基準位置 i と基準位置 ii を結ぶ直線は実座標上で、式 (1) により表すことができる。同様に、点 v と点 vi (レールのふく進量 0 mm の位置) も式 (1) で表すことができ、基準位置 iii と点 v 及び基準位置 iv と点 vi の差をふく進量とする。

3. 要素確認試験

3.1 室内試験

図 9 に示すように、試作装置の下にパイプ状の治具を置き、その上にレール用、ふく進杭用及び軌道中心側にマーカーを貼り付ける。そのパイプを回転させることで走行状態を模擬し試験を実施した。

併せて、車両運動の状態を模擬するため、ヨーイングについては、レール位置を中心にパイプ状の治具を 10 mm ずらし、約 0.4° のヨーイングが発生する状態を模擬して測

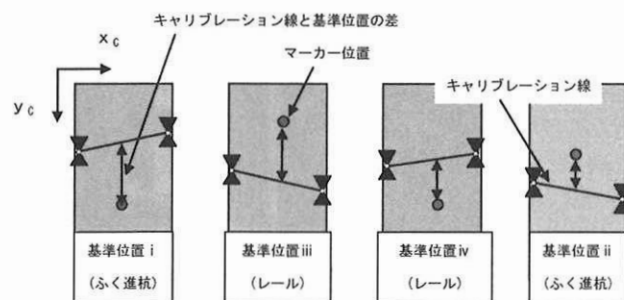


図 7 基準位置とキャリブレーション線との差

定を行った。ローリングについては、ふく進杭側のパイプ状の治具を最大 8° まで傾け、左右レールの高低差が約 210 mm の状態を模擬して測定を行った。

ふく進量を 1~5 mm まで 1 mm ピッチで設定し測定を行った結果、表 1 に示すとおり、測定精度は ± 1 mm であることを確認した。

3.2 走行試験

走行試験は、図 2 に示すように、工事用台車に試作装置を搭載し、軌道モーターカーにより牽引させ、同一区間を 2 往復走行、最高速度 40km/h で試験を実施した。

また、走行試験区間において、図 10 に示すように、レール底部及び軌道中心側にレール中心から 500 mm の箇所と

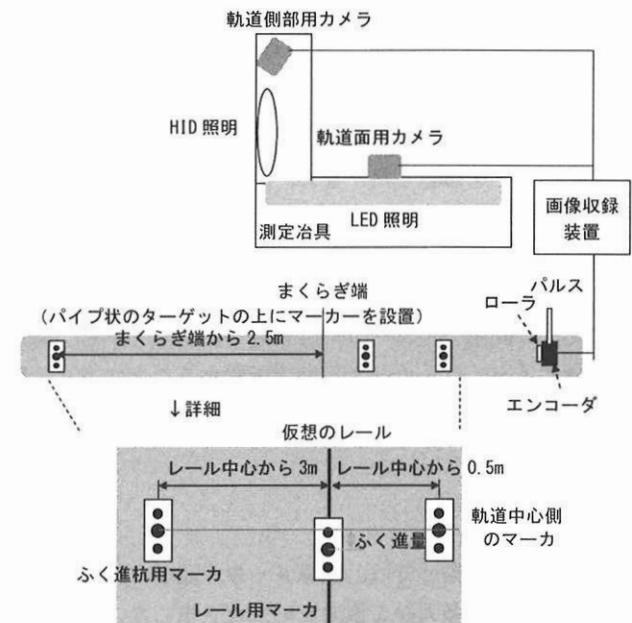


図 9 室内試験の装置構成

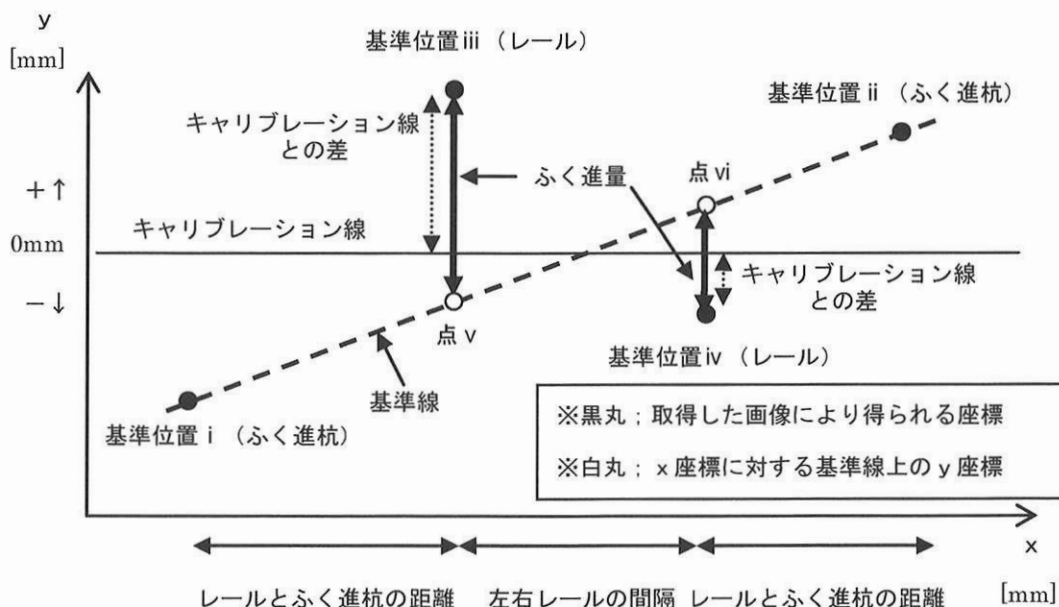


図 8 画像上での座標から実座標への変換

表 1 室内試験結果 (ふく進量の算出)

単位[mm] N=3

設定したふく進量	通常状態		ヨーイング模擬		ローリング模擬 (8°)	
	平均誤差	最大誤差	平均誤差	最大誤差	平均誤差	最大誤差
1	0.33	-0.4	0.47	-0.5	0.50	-0.6
2	0.20	+0.3	0.27	+0.3	0.37	+0.5
3	0.20	+0.2	0.37	+0.4	0.30	+0.4
4	0.50	+0.5	0.60	+0.6	0.17	+0.2
5	0.23	+0.3	0.20	+0.3	0.83	-0.9

軌道外側にレール中心から約 2.5m の箇所にそれぞれマーカーを設置した。

走行試験は、ふく進量の算出精度の確認を行った。結果、表 2 に示すとおり、室内試験と同様に ± 1 mm の測定精度であることを確認した。

4. まとめ

試作装置を用いた要素試験結果では、測定精度 ± 1 mm 以内であることを確認した。なお、車両に搭載するための車両運動の影響が懸念されたが、室内試験及び走行試験の結果から、その影響は殆ど確認されなかった。しかし、今後は、細部の確認を行う予定としている。

また、今回用いたマーカーは新品であることから、運用を考慮すると、マーカーを長期間設置することによる汚損状態が測定精度に与える影響についても確認する必要があると考えている。

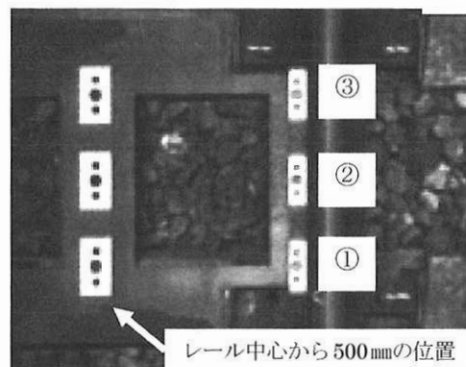
謝辞

本研究開発に当っては、関係メーカー及び (株) レールテックの皆様に多大なご協力をいただきました。

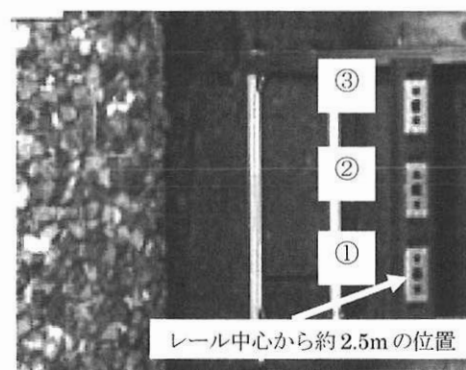
この場をお借りして、お礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 水野真敏, 岡田賢司, 宗内大介, 近藤英紀: ロングレールふく進測定装置の開発, pp. 611-612, 土木学会第 65 回年次学術講演会概要集, 2010.



(a) 軌道面撮影装置による画像



(b) 側部撮影装置による画像

図 10 マーカーの設置状況

表 2 走行試験結果の一例

単位[mm] N=4

箇所	設定したふく進量	平均誤差	最大誤差
①	0	0.5	+0.8
②	0	0.4	+0.6
③	0	0.4	+0.6