

ビデオカメラ画像を用いた道床形状測定の基礎試験

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○安藤 洋介
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	瀧川 光伸
株式会社ニシヤマ		近藤 英記
株式会社ニシヤマ		佐々木隆徳
株式会社エルゴビジョン		内田 勇治

1. はじめに

道床検査のうち、肩幅や余盛高さは張り出し事故防止のために重要な検査項目である。検査において、図1に示す道床肩幅や道床余盛高さ等は現在、人間が測定を行っている。そのため、検査人数・検査時間が多く必要であることやレール長手方向への連続的な測定が困難である等の問題点がある。今回、可搬式かつ連続的な測定が可能である道床形状測定方法として、汎用のビデオカメラで列車前方から撮影した画像を解析する方法について、その基礎試験を実験線にて実施した。

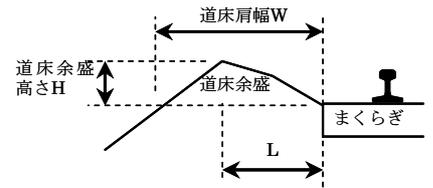


図1：道床余盛形状

2. 道床形状測定方法

道床形状をレール長手方向に連続的に測定するためには、道床を面的に三次元座標として求める必要がある。今回検討するステレオ法は、通常2台以上のカメラで撮影された画像を用いて、それぞれの画像で対応点(特徴点)を見つけ、その対応関係を利用した三角測量により距離を測定するものである。本方法が道床に対して適用可能か検証するために、図2に示すカメラ1台による擬似的な多眼視ステレオ法を用いることとした。手順を以下に示す。①列車運転台を模擬した高さ(レール頭頂面から2.3m)にビデオカメラを設置した台車により、レール上を移動しながらビデオを撮影。②複数の画像から多眼視ステレオ法により道床の三次元形状を復元。③三次元形状をカメラ原点の実スケールに変換した後、まくらぎ端部を原点とした座標系へ変換し、道床の断面寸法を算出(図3参照)。

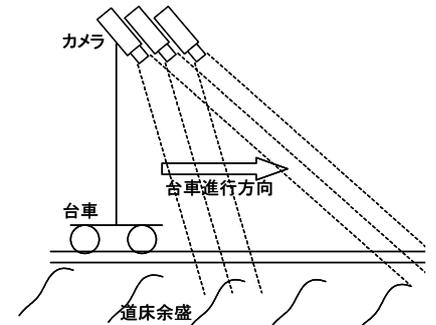


図2：1カメラによる多眼視ステレオ法

表1：画像撮影ケース

ケース No.	カメラ設置位置および視野	撮影画像例
ケース1	右レール直上にカメラを設置し、右側(カメラ設置側)の道床余盛を視野に入れた場合	
ケース2	右レール直上にカメラを設置し、左右両側の道床余盛を視野に入れた場合	
ケース3	左レール直上にカメラを設置し、右側(カメラ設置反対側)の道床余盛を視野に入れた場合	

カメラを2台以上使用するステレオ法とは異なり、カメラの移動距離を画像により認識する必要があるため、今回はまくらぎ端部に1170mm間隔で基準マーカを設置した。使用したカメラは640×480画素、台車の速度は約2~3km/hである。

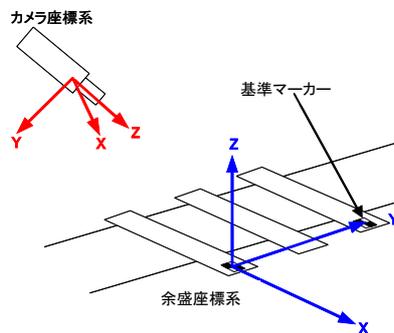


図3：座標系の変換

3. 道床形状測定試験

実験線にて人為的に高低を付けた道床肩を作成し、表1の3ケースにてカメラ視野の異なる画像を取得した。カメラは全てのケースで左右レールいずれかの直上に設置した。また比較のために、まくらぎ1本おき(1.16m間隔)に道床余盛高さと肩幅のレベル測定を実施した。

キーワード ステレオ法, カメラ画像, 道床検査, 道床形状

連絡先 〒331-8513 さいたま市北区日進町2丁目479番地 TEL048-651-2389 FAX048-651-2289

4. 試験結果

4. 1. 道床断面の算出結果

道床断面の算出はレール長手方向の任意の位置で可能であるが、例としてケース1におけるまくらぎ位置での道床断面形状の算出結果を図4に示す。図のように各位置における詳細な断面寸法が取得できることがわかる。

4. 2. 測量結果との比較

同様にケース1の算出結果について、図1で定義する道床余盛高さHおよび道床肩幅Wを測量結果と比較したグラフをそれぞれ図5,6に示す。図6にてグラフの線が断絶している箇所は、道床余盛高さがほぼまくらぎ高さと同じしている箇所と、道床肩幅がカメラの視野から外れた箇所である。両者とも概ね一致しており、レール長手方向における道床形状の変化を把握できることがわかる。

4. 3. カメラ視野による測定結果の比較

カメラ画像から対応点を追跡して道床形状を算出する方法であるため、遠方の画像を利用すると対応点が変動しやすく、利用可能な画素数も減少する。その影響を確認するため、表1で示した3種類のカメラ角度と視野の画像から得た道床寸法測定結果(右側道床余盛、図1におけるH, W, L)と測量結果の差を表2に示す。ケース1および2についてはほぼ変わらない差となったが、カメラ設置側と反対側の道床のみを撮影したケース3は他の2ケースと比較し精度が悪化する。道床肩幅Wは標準偏差が他の測定項目と比較し標準偏差が大きいものの、全体的にWの測定値が800mmを超えており、実際の検査で必要な範囲は600mm程度であることから、まくらぎ端部から余盛高さHとなるまでの距離Lの標準偏差程度の精度は確保できると考えられる。

左右両側の道床を視野に入れたケース2のカメラ設置側と反対側の道床形状(左側道床余盛)は、図7の丸で囲われた位置のように形状を復元することができず、カメラ視線と道床余盛斜面の交差角度が浅い場合には対応点の抽出と追跡が困難なことがわかった。

5. まとめ

試験結果から、ビデオカメラ画像を用いたステレオ法にて道床形状を測定することが可能であることを確認できた。しかし測定は左右いずれかの道床肩形状のみ測定可能であり、一度の撮影で左右両側の道床断面を測定するためには、装置を2台用いるか横方向に画素数の多いハイビジョンカメラ等の利用が考えられる。本試験で用いた基準マーカーが不要で、カメラの振動等による誤差が縮小すること等から、今後は二眼視ステレオ法を想定している。課題としては列車速度や動揺、天候等の条件による測定誤差の把握が挙げられる。

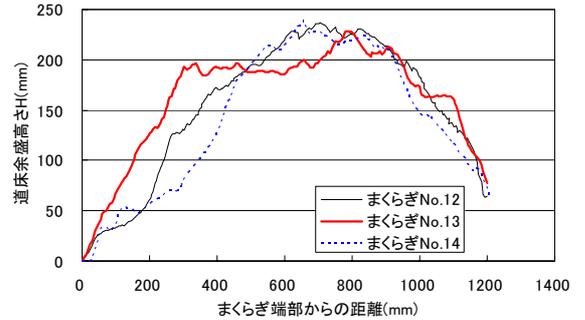


図4：道床断面形状測定結果例

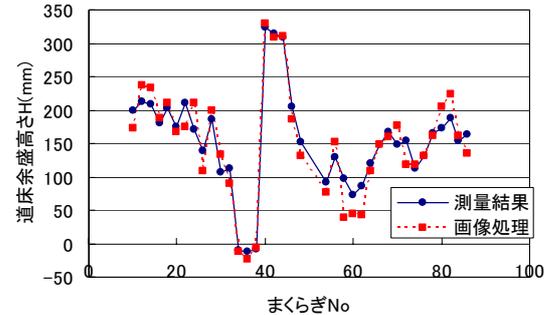


図5：道床余盛高さ比較

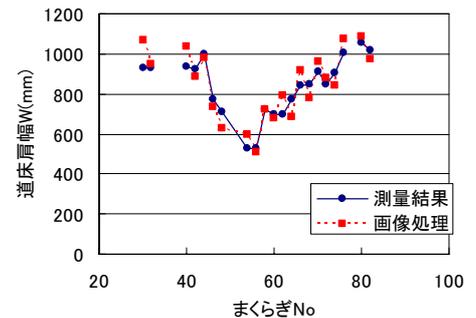
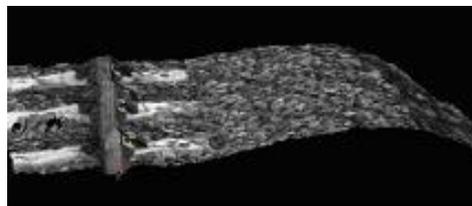


図6：道床肩幅比較

表2：カメラ視野別測定結果と測量結果との差

ケースNo.	道床余盛高さH			道床肩幅W			まくらぎ端部からHまでの距離L		
	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3
標準偏差(mm)	20.6	20.7	22.9	61.3	69.5	76.4	31.1	30.7	42.1
プラス側最大差(mm)	37	33	29	136	66	107	26	64	112
マイナス側最大差(mm)	-38	-22	-36	-66	-160	-119	-84	-41	-30



形状算出可能例



形状算出不可能例(図中の円内が復元不可)

図7：三次元形状復元例