

## 多重光源ステレオ画像を用いた道床形状の3次元計測

西日本旅客鉄道株式会社○正会員 白水 健介  
京都大学大学院 情報学研究科 松山 隆司

## 1. はじめに

鉄道線路における道床バラスト(砂利)の形状管理は、列車の安全運行のための重要な保線業務の1つとなっている。本研究は、この形状管理にステレオ画像計測が適用できるかを見極めるための基礎研究である。

計測対象となる砂利は、個々の細かな形状変化には富んでいるものの形・色・大きさの変化に乏しいため、カメラで撮影した場合、図1に示すような変化の少ない一様な画像となってしまう、左右ステレオ画像中から対応点を抽出するテンプレートマッチングが精度良く行えないという問題が生じる。そこで本研究では、複数の異なった方向から光を照射し、その際砂利によって生じる影を対応点抽出の特徴とする方法を考案した。



左カメラ画像

右カメラ画像

図1 砂利のステレオ画像

そこで本研究では、複数の異なった方向から光を照射し、その際砂利によって生じる影を対応点抽出の特徴とする方法を考案した。

## 2. 多重光源ステレオ法

多様な微細3次元形状をもつ砂利が複雑に積み重なった道床に、ある方向から光を照射すると、その砂利固有の影が発生し、撮影画像中に特徴的な影パターンを生じる。こうした特徴的な影パターンがステレオ画像に写されていれば、テンプレートマッチングの精度が向上すると考えられる。また、異なった方向から光源を照射すると、それぞれの光源方向に依存した異なった影パターンを発生させることができるため、複数光源を用いることによってさらなる精度の向上が見込める。これが多重光源ステレオ法の基本アイデアである。

アイデアの有効性を実証するため、以下の2つの撮影法を用いた実験を行った。まず実験では、図2に示すように1台の光源の方向を変化させ、光源方向ごとにステレオ画像を撮影し、得られた複数枚の左右画像をそれぞれ加算平均することで、砂利に発生する複数種類の影パターンを1組のステレオ画像として表現する。

実験では、図3のようにRGBの3つの光源を同時に照射し、ステレオ画像を撮影した。この方法では、各光源方向固有の影がRGBの色パターンとして写される。さらに、砂利の3次元形状は多様であるため、RGB光源を同時に照射した場合、一個の砂利に存在する複数の面には、その面の法線方向にある光源の色が強く照射され、それぞれの砂利に特徴的な配色が施され(図3)、そうしたカラーパターンがテンプレートマッチングの精度をさらに向上させると考える。

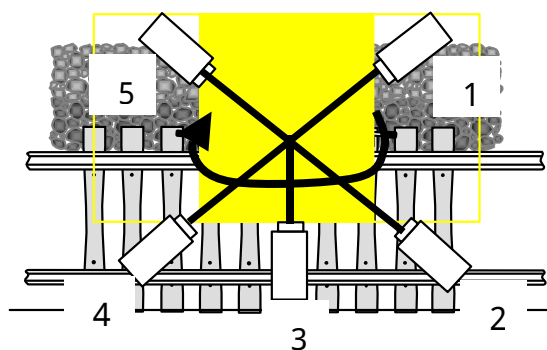


図2 実験 光源の照射方向

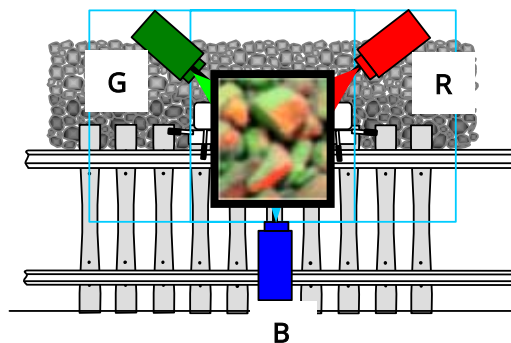


図3 実験 カラー光源の照射方向

キーワード：ステレオ画像、多重光源、3次元計測、テンプレートマッチング

連絡先：〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田2丁目4番24号 技術部 TEL 06-6376-8136 FAX 06-6376-6154

### 3. 性能評価

#### 3.1 実験 での評価結果

光源数を増加させた際にマッチング精度がどのように変化するかを評価するため、目視により求めた距離とテンプレートマッチングの結果から得られた距離の差（絶対値）を誤差としてその平均値を求めた。光源数に対する平均誤差の変化を図4に示す。この図より、多重光源ステレオ法の有効性、すなわち光源数に逆比例して誤差が減少することが実証された。また、図4から、光源数をある程度以上増加させても誤差は一定となることが分かる。なお、光源方向の組合せによる精度変化も考えられるが、砂利の形状が任意であることから影響はあまりないと考えられる。

#### 3.2 実験 での評価結果

R G B光源の組合せを変化させて撮影した場合のマッチング精度を、実験 と同様の方法で評価した（図5）。実験 では、R G B光源のほかに、比較用として、（1）光源のない状態、（2）実験 と同様に3方向から単色光を照射し加算平均した場合についても評価を行った。図5をみると、光源無の場合が最も精度が悪く、単色光を用いた場合及びR G B光源を用いた場合は精度が向上することがわかる。単色光を用いた場合、R G B光源を用いた場合と比べて同等以上の精度向上が認められる結果もみられるが、各計測でのばらつきが大きいことがわかる。一方、R G B光源を用いた場合は、各計測で安定した精度向上がみられたことから、影の効果に加えて色の効果でばらつきが減少したと考えられる。

### 4. 異常道床形状の抽出

以上の結果から、多重光源ステレオ法を用いた道床形状計測が可能と考えられる。そこで、道床陥没などの異常な道床形状箇所の抽出を行った。異常形状の抽出方法は、3次元空間中に基準となる平面を設定し、基準平面より低い箇所のみ検出する処理を施すことによって行った（図6）。この結果から、陥没のような道床の異常形状箇所がうまく抽出できることが確認された。

### 5. まとめ

本研究により、砂利のように個々に凹凸を持ちながら2次元画像上では特徴のない対象であっても、多重光源ステレオ法によって3次元形状計測が可能であり、道床の3次元計測と異常箇所の自動抽出が可能であることを実証できた。

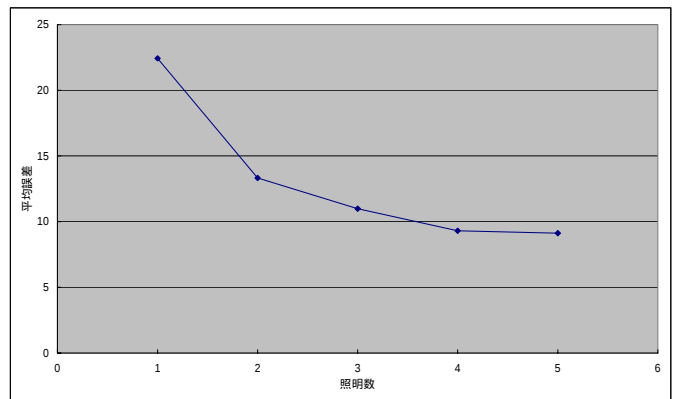


図4 光源数と平均誤差の変化

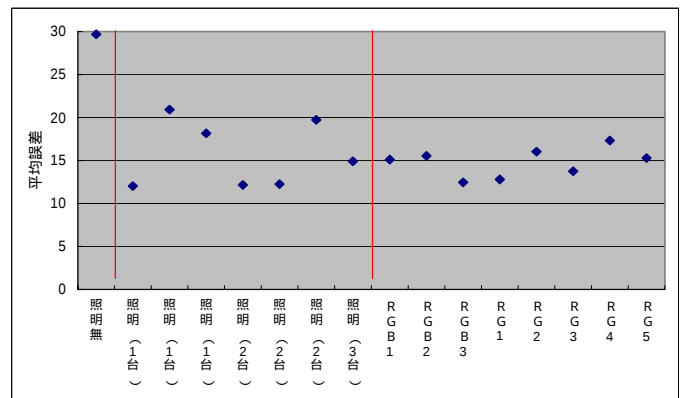
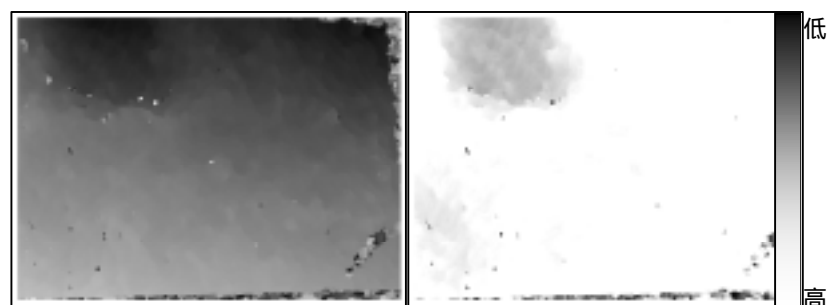


図5 カラー光源の組み合わせと平均誤差



左カメラ画像

右カメラ画像



距離画像（暗いほど距離が遠い）

異常陥没箇所抽出画像

図6 異常道床形状箇所の抽出