

濃度傾斜光を用いた道床形状検測

西日本旅客鉄道株式会社	正会員	○海老田 佳孝
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	鈴木 喜也
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	塩見 環
和歌山大学	非会員	藤垣 元治
株式会社神鋼 EN&M	非会員	羽賀 知行

1. はじめに

JR 西日本では、ロングレールの張り出し事故防止のため、ロングレールふく進検査や道床検査を行っている。道床検査は1年に1回の検測で、道床肩幅（断面不足）・余盛・まくらぎ露出量を人間が巡回にて測定している。（図1）そのため、検測が不十分である箇所が生じたり、検査に時間がかかったり、検査人数が多く必要であるという問題点を抱えている。今回、検査精度の向上及び作業効率の改善を図るため、走行車両より道床形状を検測することを目的に、濃度傾斜パターン投影法を用いた連続移動体三次元形状検測の基礎試験を行ったので、その概要について報告する。

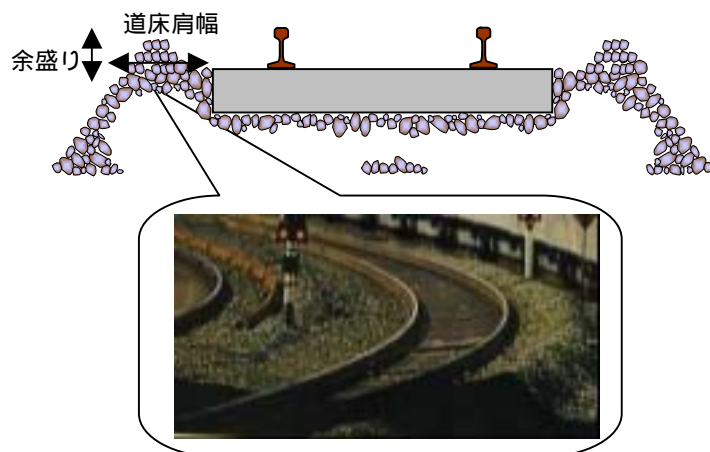


図1 道床検査

2. 検測原理

ラインセンサを用いた濃度傾斜パターン投影法による形状検測原理を図2に示す。ここで用いる濃度傾斜パターンとは、図3に示すような濃度が位置により変化することである。投影されたこのパターンを濃度傾斜光と呼んでいる。

図2において、物体は基準面上を左から右に一定速度で移動しているものとする。3台のラインセンサは物体の移動方向に対して等間隔に配置している。物体に対して斜め方向から一定の強度分布を持つ光を投影した状態、斜め方向から濃度傾斜光を投影した状態、及びプロジェクタから何も投影しない状態をそれぞれラインセンサ1・2・3で撮影する。それぞれのラインセンサの視線における高さ h に対する光強度をそれぞれ $f_B(h)$, $f_G(h)$, $f_D(h)$ とする。

3台のラインセンサによる撮影と物体の移動速度とを同期させることで、物体上の同一点を3種類の条件下で撮影することができる。このとき各ラインセンサで撮影される輝度をそれぞれ I_B , I_G , I_D とする。プロジェクタから何も投影しない状態では、背景光が物体表面で反射してラインセンサで撮影される。物体上のあ

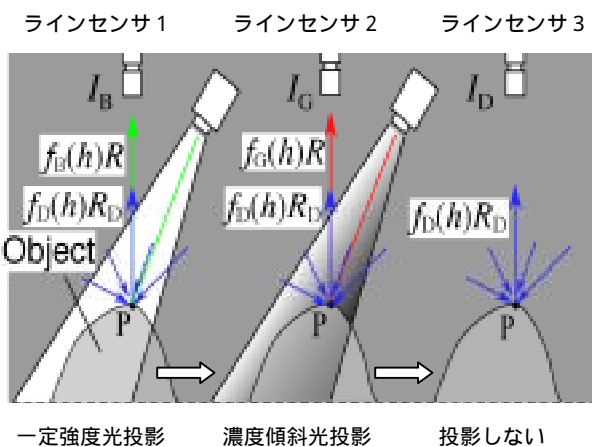


図2 検測原理

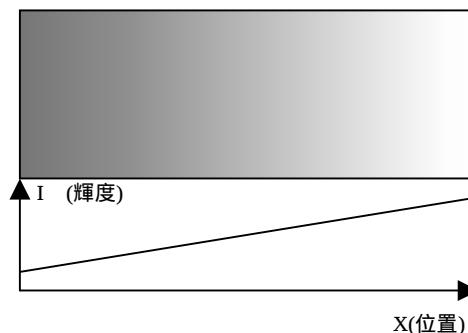


図3 濃度傾斜パターン

キーワード 道床肩幅 道床余盛 濃度傾斜光 一定強度光 輝度比

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 技術部 Tel 06-6376-8136

る点 P におけるラインセンサ方向への反射率を R_D とすると、背景光の反射成分 I_D は式 (1) のように表すことができる。

$$I_D = f_D(h) R_D \quad (1)$$

また I_B, I_G は投影光のラインセンサ方向への反射率を R とすると背景光の影響とあわせてそれぞれ式 (2) (3) のように表すことができる。

$$I_B = f_B(h) R + f_D(h) R_D \quad (2)$$

$$I_G = f_G(h) R + f_D(h) R_D \quad (3)$$

ここで一定強度光を投影した場合と濃度傾斜光を投影した場合との輝度比 J を定義し、式 (4) に式 (1) (2) (3) を代入すると背景光の反射成分を消去することができ、輝度比 J は高さ h の関数 $F(h)$ として表すことができる。

$$J = \frac{I_G - I_D}{I_B - I_D} = \frac{f_G(h)}{f_B(h)} = F \quad (4)$$

ここで $F(h)$ が一価の逆関数 $F^{-1}(h)$ を持つ場合、物体の高さ h は式 (5) のように輝度比 J から求めることができる。

$$h = F^{-1}(J) \quad (5)$$

すなわち、輝度比 J と高さ h の関係をあらかじめ求めておくことによって、3 台のラインセンサの輝度値から物体の高さを求めることが可能となる。

3. 検測結果

室内試験機を用いて、形状が既知な測定対象物の形状測定を以下の条件で行った。

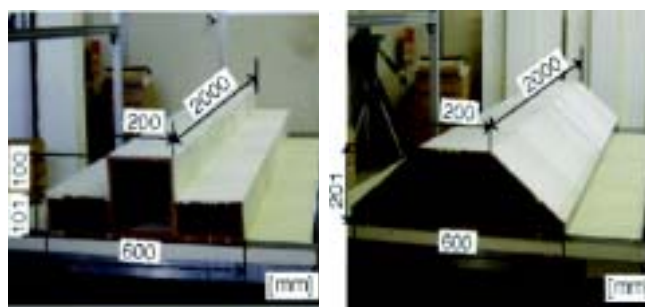
【条件】

- ・検測速度 約 3 km/h
- ・測定対象物 図 4 (a) (b) 形状、白色
- ・室内（太陽光が直接当たらない状態）

ラインセンサ 1, 2, 3 それぞれの輝度値 (I) 及び輝度比 (J) を測定し、それらの値からキャリブレーションテーブルを用いて高さに換算した結果を図 5 に示す。試験を繰返し 200 回行った結果、形状 (a) については最大で 2 mm の計測誤差、形状 (b) については最大 4 mm の計測誤差であることが分かった。また形状のエッジ部分についても、確実に測定していることが分かる。

4. まとめ

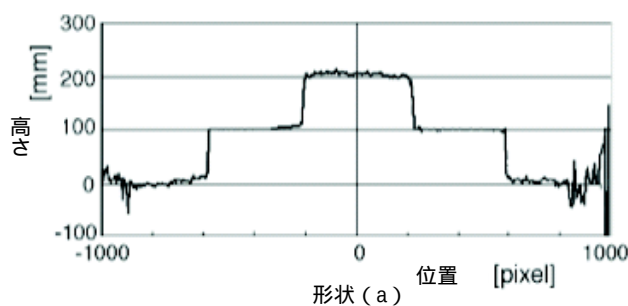
室内試験機の測定結果、太陽光が直接当たらない状態、測定対象物（同一色）が低速度（3 km/h）で動いた状態の条件で、4 mm の検測精度を確保した。また測定対象物の色が変化しても 10 mm の検測精度を確保することを可能とした。今後、日中走行車両からの検測を可能とするために、投影プロジェクト輝度向上（太陽光同等）、及び検測装置揺れによる検測誤差をいかに抑制するかが課題となる。



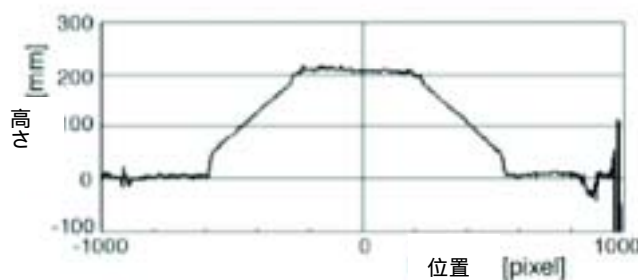
形状 (a)

形状 (b)

図 4 測定対象物



形状 (a)



形状 (b)

図 5 高さ測定結果