

点群データからの軌道中心線の抽出（距離・角度による精度およびレール認識範囲）

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○水野 弘二
正会員 飯塚 信彰

1. はじめに

建設現場における生産性向上を目指す取組みの一つとして、点群データを活用した計測業務の効率化がある。鉄道施設の完成時の検査においては、軌道中心線を基準に各種構造物までの離れを計測することが多く、その計測には人と時間を要している。筆者らは鉄道構造物の検査において、点群データの活用による業務の効率化を図ることを目的とした、点群データからの軌道中心線抽出システムの開発に取り組んでいる。

前報1)に続き、レーザーの入射角や照射距離が軌道中心線抽出精度に与える影響や、計測器とレールの位置関係によるレール認識範囲について検証したため報告する。

2. 軌道中心線抽出精度検証（レーザー入射角、距離）

精度検証にあたり、曲線半径やカントの異なる4箇所の線路において地上レーザースキャナー（以下、TLS）測量とトータルステーション（以下、TS）測量を実施し、それぞれで抽出した軌道中心点を比較することで誤差確認を行った。営業線における測量や TLS 測量と TS 測量における誤差確認方法の詳細は前報1)を確認されたい。

一般的に点群データの精度は、レーザーの計測対象物への入射角や照射距離に依存すると言われている。本システムにおいても軌道中心線抽出の基準となるのは、点群データである。そのため、レーザーの入射角と照射距離が軌道中心線抽出精度に与える影響を確認した。

2.1 レーザー入射角および照射距離の定義

図-1にレーザー入射角と照射距離のイメージ図を示す。TSによって計測した左右のレール上面位置の中点をレールの基準位置とし、そこから TLS までの離れを照射距離、TLS と基準位置が成す角を入射角とした。

図-2に計測した線路と TLS の位置関係を示す。計測は軌道中心から線路直角方向に約1.5m離れた位置に TLS を設置し、20m 間隔で合計4箇所から計測している。この計測位置において、前述の入射角、距離を算出すると、入射角は0～89度、距離は1.5～43mとなる。

2.2 入射角と照射距離による軌道中心線抽出精度

図-3に入射角と軌道中心線抽出誤差（水平及び鉛直誤差の標準偏差）の関係を、図-4に照射距離と軌道中心線抽出誤差（水平および鉛直誤差の標準偏差）の関係を示す。グラフには4箇所の線路で計測したすべてのデータをプロットしている。入射角度は10度ごとに、距離は1mごとに誤差をまとめ標準偏差を算出しているが、検証断面数が少ない入射角度や照射距離はその範囲までの標準偏差を算出している（例えば、入射角40度は10～40度の標準偏差を算出している）。また、点群データによるレール認識の条件は、レール抽出範囲250mm、円弧近似はなし（軌道中心点

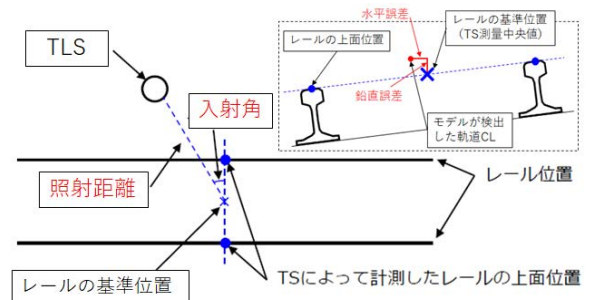


図-1 入射角と照射距離のイメージ

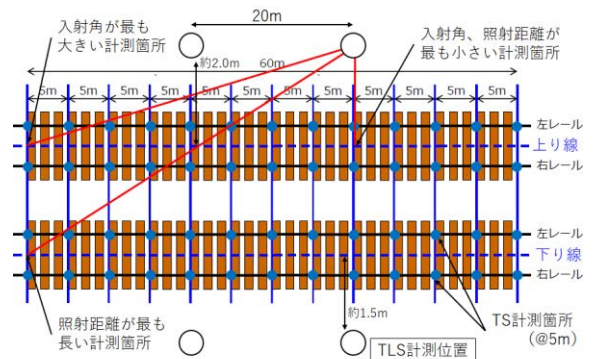


図-2 TLS とレールの位置関係

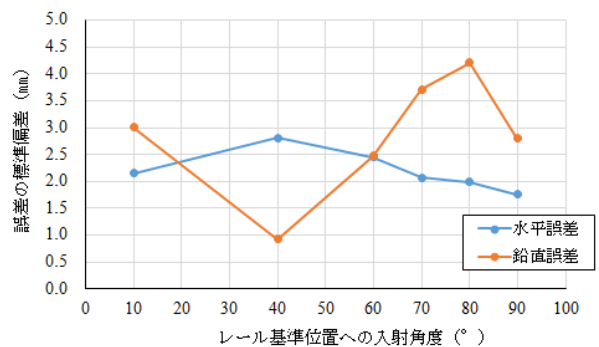


図-3 入射角と軌道中心抽出誤差

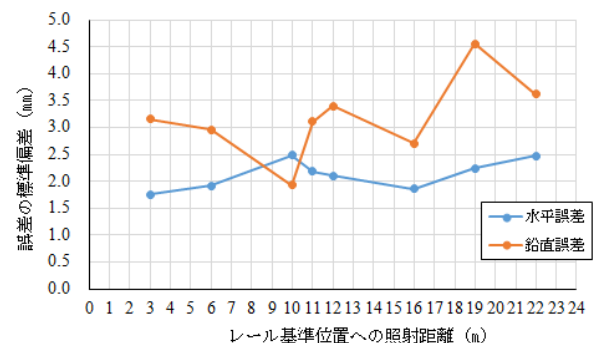


図-4 照射距離と軌道中心抽出誤差

キーワード 地上3Dレーザースキャナー測量、点群、軌道中心線

連絡先 〒950-0086 新潟県新潟市中央区花園1丁目1番3号 東日本旅客鉄道株式会社

ko-mizuno@jreast.co.jp

を結んだ多直線)である。

鉛直誤差は、角度や距離の大小によって多少のばらつきがあるが、全体としては角度や距離が大きくなるにつれ誤差が大きくなっている。一方で水平誤差に関してはほぼ一定の誤差である。また、角度や距離が大きい点群に対しては、レール形状が認識されないケースが見られた。これについては、次章において詳述する。

鉛直誤差にばらつきがあり、角度や距離が大きくなるにつれ誤差が大きいののは、レール頭頂面へのレーザーの入射角が小さいことで、点群のばらつきが大きいことが一因と考えられる。一方で、水平誤差においては、レール側面へのレーザーの入射角が大きいため、誤差のばらつきが少ないものと考えられる。

3. レール認識範囲の検討

図-5に入射角度とレール認識率の関係を示す。レール認識率とは、検証断面においてレール認識に成功した箇所の割合を示している。グラフより角度が70度を超えるとレール認識率が低下している。図-6にレール認識された入射角0.6度の点群と、レール認識されなかった入射角82.2度の点群を示す。入射角82.2度の点群は、密度が低く点間隔が広いためレール認識に至らなかったものと考えられる。

このようにある点間隔を超えるとレール認識率が低下するものと考えられる。線路方向に連続して確実にレールを認識するためには、点間隔が狭くなるように計測することが望ましい。

図-7に点間隔によるレール認識の成功率を示す。点間隔の算出方法は図-8に示すように、レーザーの解像度と計測対象物までの距離からレール方向の点間隔dを算出した。ここで、解像度NとはTLSごとに定義されたレーザーの照射回数、計測範囲θとはTLSごとの計測可能な範囲である。図-7より点間隔が20mmを超えるとレール認識の成功率が下がることが確認された。そのため、実務における計測を考え点間隔20mm以下を確保するためのTLSとレールの位置関係を図-9に整理した。表中の位置関係は現地計測で使用した解像度(水平方向)20,678での計測の場合である。レールからの離隔距離と計測間隔は図-8の点間隔の算出方法より、点間隔20mmとした場合のレール直角方向の距離Lとレール方向の距離Dを算出した。この位置関係により計測することで、連続的にレール認識される。

4. まとめ

開発したシステムによる軌道中心線抽出において、距離や角度により鉛直誤差に与える影響はあるが、水平誤差のばらつきは少ないことがわかった。また、レール認識を連続的に行うための計測位置を整理した。

参考文献

- 1) 飯塚ら, 点群データからの軌道中心線の抽出(レール抽出方法による精度影響の検証), 土木学会全国大会第77回年次学術講演会, (投稿中)。

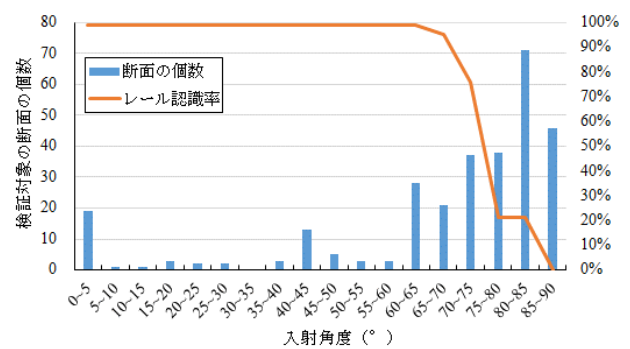


図-5 入射角とレール認識率の関係

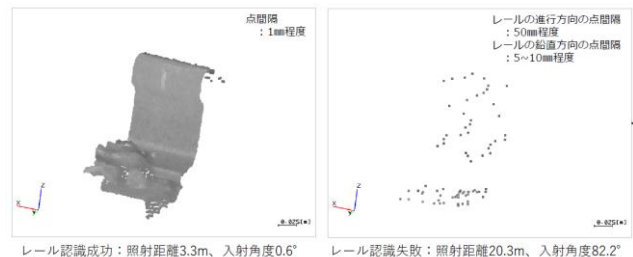


図-6 レール点群(レール認識の成功・失敗)

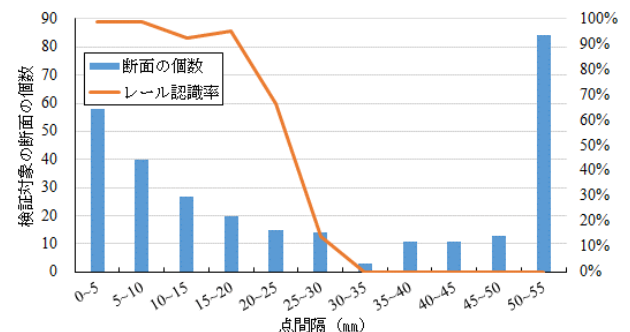


図-7 点間隔とレール認識率の関係

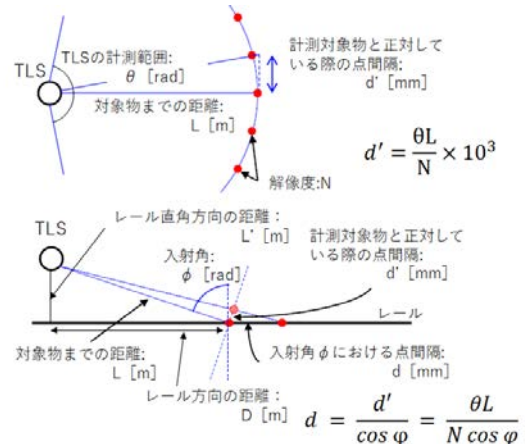


図-8 点間隔の算出方法

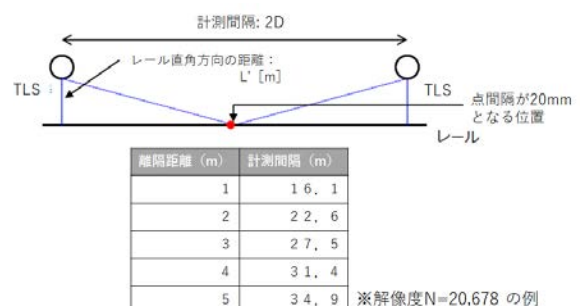


図-9 点間隔20mmを満たす位置関係