

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）

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○飯塚 信彰
正会員 水野 弘二

1. はじめに

鉄道構造物完成時の検査では、主要寸法として軌道中心線を基準とし、各構造物までの離れを計測する。また、その計測範囲は、長大で検測箇所も多岐にわたり、これまで多大な労務と時間をかけていた。

そこでその検測業務の効率化を目的とし点群データを活用した鉄道構造物の検測を行うために検査の基準となる軌道中心線を点群データから抽出する方法を検討した。

本稿では、軌道中心線の抽出方法の概要を説明するとともにその抽出精度を検証したので報告する。

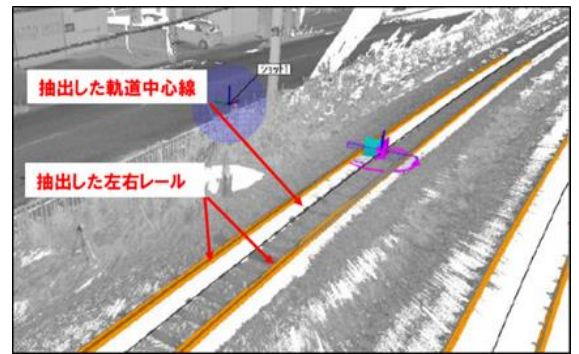


図-1 レール位置の抽出例（3次元）

2. 軌道中心線の抽出方法

今回の検討は、地上 3D レーザースキャナ（以下、TLS）で取得した点群データから、レール位置を抽出し軌道中心線のモデルを表示させる手法を検討し、アルゴリズムの構築を行った。図-1 に検討した方法で抽出した状況を示す。

また、機能の概要を以下に示す。

2.1 レール位置抽出アルゴリズム

レール点群データの長手方向に対して一定の幅で点群の切り出し（以下、レール抽出）を行い、断面集約を行った点群に対し設計レール断面を重回帰分析により、フィッティングさせる。フィッティング後に左右レールの高低差（カント）からレールの傾きを計算し、傾き角度を固定して再度左右レール位置をフィッティングした（図-2）。

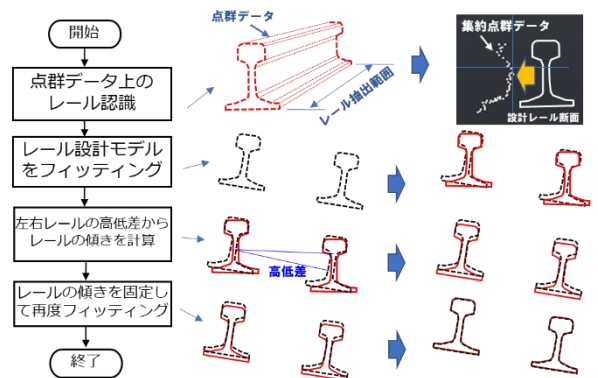


図-2 レール位置処理フロー

2.2 軌道中心線抽出アルゴリズム

レール位置抽出アルゴリズムにより抽出した左右レールの中央値を軌道中心点として設定した（スラックがある場合は、軌間寸法から差し引き）（図-3）。レール抽出範囲毎に設定された軌道中心点を連結した線分（多直線モデル）と各軌道中心点を円弧近似した曲線（円弧近似モデル）を軌道中心線として抽出する（図-4）。

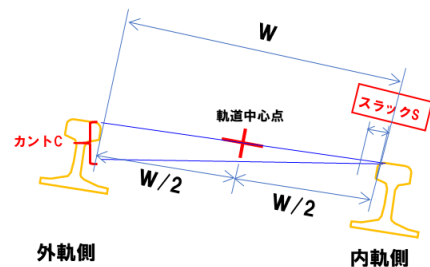


図-3 軌道中心点のモデル設定

3. 軌道中心線抽出精度

3.1 精度検証概要

軌道中心線の抽出精度検証として営業線において現地計測を行い、その点群データを用いて抽出した軌道中心線とトータルステーション測量（以下、TS 測量）での軌道中心線とを比較した。

3.2 現地計測概要

図-5 に計測位置を示す。TLS 測量は、上下線の両側 2 箇所の線路直角方向に 1.5~8m 離れた位置、線路並行方向に 20m の間隔で TLS を配置し、50~60m の範囲の計測を行った。

また、TS 測量で同計測箇所において 5m ごとに左右レール頭部中心の位置を計測した。計測は、カント、曲線半径の異なる 4 箇所の線路で実施した。表-1 に計測箇所及びレール諸元を示す。

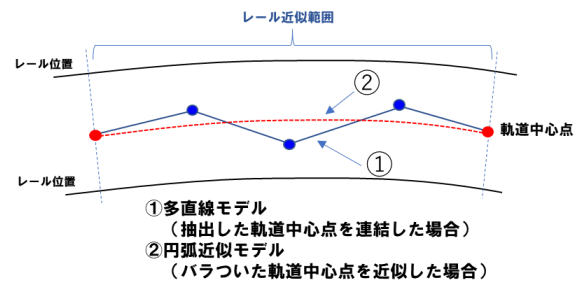


図-4 軌道中心線のモデル設定

表-1 計測箇所およびレール諸元

計測箇所	名称	計測範囲	カント	曲線半径	スラック
1	C75	L=60m	75mm	400m	5mm
2	C35	L=60m	35mm	1200m	0mm
3	C10	L=60m	10mm	800m	0mm
4	直線	L=50m	0mm	無し	0mm

キーワード 3D レーザースキャナ, 点群データ, 軌道中心線

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6 番 26 号 東日本旅客鉄道株式会社 E-mail:n-iizuka@jreast.co.jp

3.3 検証方法概要

TS 測量で計測した左右レールの頭部中心を結んだ線の中点を軌道中心点の真値とし、開発したシステムにより抽出した軌道中心点と TS 測量による中心点との水平方向、鉛直方向の誤差を確認した。また、検証間隔は、5m 毎で全 100 測点を検証した。抽出比較概要図を図-6 に示す。

本システムでは、軌道中心点抽出の際、レール点群データがある長さで断面集約し、レールのフィッティングを行っている。そのレール抽出範囲を変更し、点群数を変更することによる精度への影響を確認するため、抽出範囲のパラメータとして 250mm, 500mm, 1000mm と長さを変えて比較検証する。また、軌道中心線の設定では、抽出した軌道中心点を連結した場合、折れ線となる。各軌道中心点を基準に近似曲線とした場合との比較を行い最適な円弧近似範囲を検証するため、円弧近似範囲のパラメータとして 5m, 10m, 20m の間隔で円弧近似した場合と近似を行わない場合で比較検証する。

以上、抽出範囲、円弧近似範囲の影響による誤差を比較することにより、その抽出精度及び最適なパラメータ条件毎の組み合わせの検証を行った。

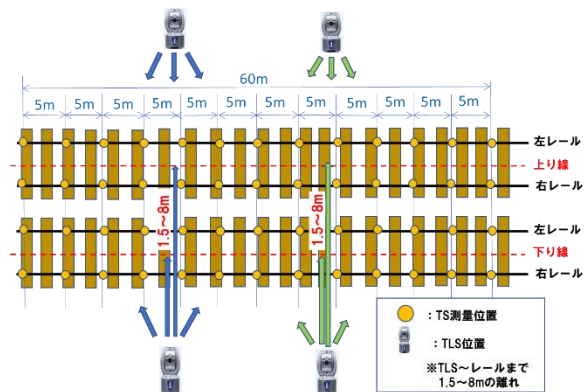


図-5 計測位置図

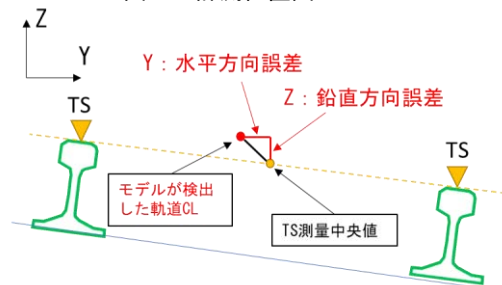


図-6 抽出比較概要図 (断面)

C=10 (レール抽出250mm、円弧近似無し)

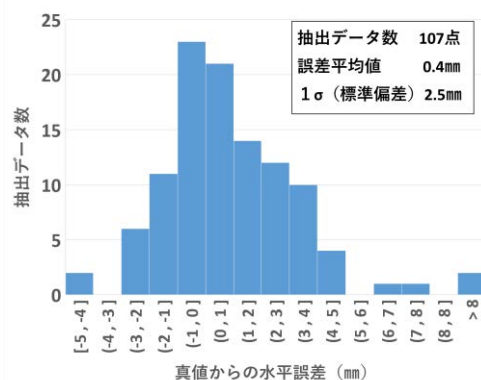


図-7 誤差分布図 (水平誤差)

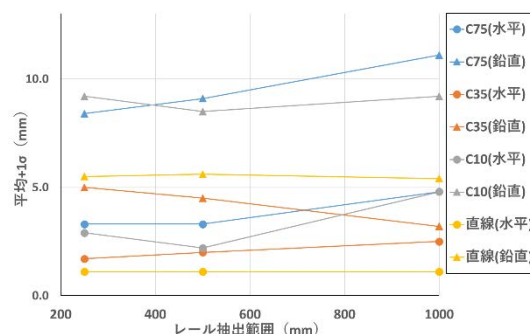


図-8 抽出範囲による精度影響

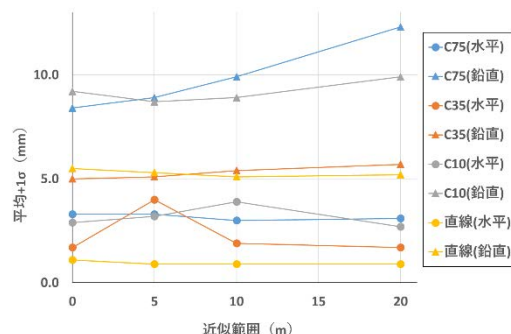


図-9 円弧近似範囲による精度影響

4. 検証結果と考察

図-7 に C10, 抽出範囲 250mm, 多直線モデルの条件における水平誤差の分布図を示す。グラフの通り誤差の分布は、平均値を中心とした正規分布で概ね評価できる。

図-8 に抽出範囲の違い、図-9 に円弧近似範囲の違いによる軌道中心点抽出誤差を示す。計測箇所ごと (カントごと) に水平誤差、鉛直誤差に分けて整理している。縦軸は軌道中心線誤差を示しており、パラメータ毎に算出した標準偏差である。

比較結果より、抽出範囲による精度影響は、250mm, 500mm ではいずれの計測箇所において差が小さく、0.5mm 程度の差であった。また、1000mm では、250mm, 500mm と比べ、C75, C10 で 1mm 以上の差となった。これは、曲線半径が小さいため、広い範囲を断面集約した際に誤差が大きくなったと考えられる。一方で 500mm までの抽出範囲の誤差が些少であることから、抽出範囲は、500mm までが望ましいと考えられる。

円弧近似範囲による影響は、C75 の鉛直誤差で近似範囲が大きくなるにつれ、誤差が大きくなる傾向となった。また、その他のデータでは、近似範囲を変化させても差への影響が少なかった。このことから近似範囲は、極力狭くするか、近似を行わず多直線モデルにすることが望ましいと考えられる。

また、すべてのパラメータで水平誤差より鉛直誤差が大きくなった。これは、レール頭頂面の摩耗による鏡面化など点群データ自体の精度が低下したことによる影響と推察される。

5. まとめ

本検討による軌道中心線設定の抽出精度は、レール抽出範囲を 500 mm までとし、円弧近似を極力狭くするか多直線モデルで軌道中心線抽出することが概ね誤差を最小とすることが分かった。

今後、得られた知見を活かし、TLS 測量による検査方法、管理基準を確立することにより、点群データを活用した寸法測定の標準化を目指していきたい。