

# 点群データを活用した限界管理法に関する検証

栗林 健一<sup>1</sup>・秋山 保行<sup>2</sup>・生川 慎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 JR 東日本 フロンティアサービス研究所 (〒160-0004 さいたま市北区日進町 2-479)  
E-mail: k-kuribayashi@jreast.co.jp

<sup>2</sup>正会員 JR 東日本 フロンティアサービス研究所 (〒160-0004 さいたま市北区日進町 2-479)  
E-mail: yasu-akiyama@jreast.co.jp

<sup>3</sup>非会員 クモノスコーポレーション株式会社 東京支店 (〒143-0014 東京都大田区大森中 1-2-26)  
E-mail: narukawa@kankou.co.jp

将来, MMS 等のレーザー点群により新幹線構造物の位置座標を定期的に取得する計画がある。位置座標を基盤とする GIS プラットフォーム構築により維持管理における情報の共有化, 可視化等の向上が期待される。また, レーザー点群は, GIS プラットフォームの基盤座標だけではなく, 建築限界測定や内空断面測定などの断面管理の代替データとしての期待もかかる。本検討では, 非 GNSS 環境下での取得断面の把握, 不陸面などの抽出精度, 管理点の抽出方法などの点群データの課題について検証を行った。

**Key Words:** Shinkansen structure, Laser Profiler data, 3D model, Point cloud, MMS, MIM

## 1. 検証概要

将来, MMS 等のレーザー点群により新幹線構造物の位置座標の取得が予定されている。位置座標を基盤とする GIS プラットフォームを構築し, 検査や工事などのあらゆる情報を位置座標に紐づけることで, 維持管理における情報の共有化, 可視化等の向上が期待される<sup>1)2)</sup>。

また, レーザー点群は, GIS プラットフォームの基盤座標だけではなく, 建築限界測定や内空断面測定などの断面管理の代替データとしての期待もかかる。レーザー点群の絶対座標は GNSS の精度に依存するため mm 単位の精度が必要な断面管理データとしては不向きであるものの 2 点間距離などの相対座標の精度は高いため, 前述の断面管理用データとして活用できる可能性が高い。

しかし, レーザー点群は以下の課題がある。以下について検証を行ったので, 本報告書で報告を行う。

- ・非 GNSS 環境下での位置情報の取得
- ・不陸面などの抽出精度
- ・管理点の抽出方法。

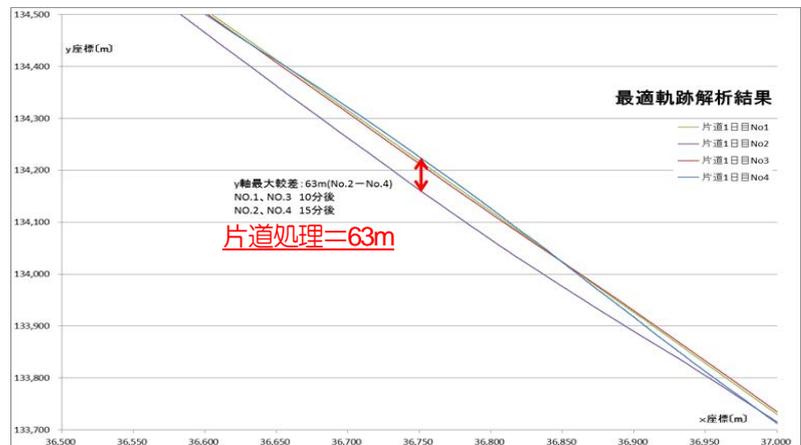


図-1 最適軌跡解析 (片道処理)

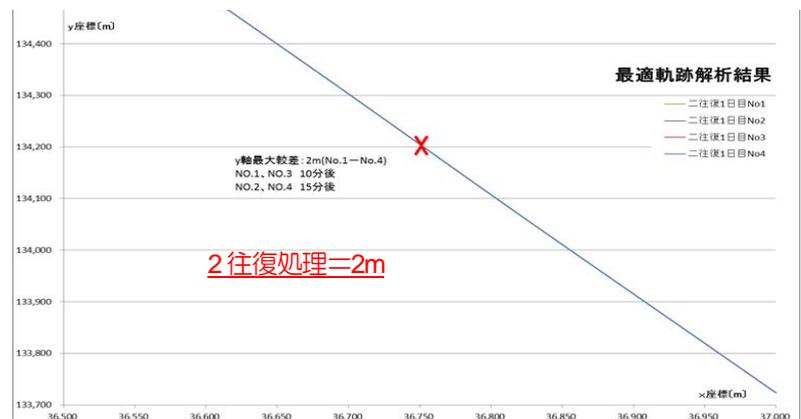


図-2 最適軌跡解析 (2 往復処理)

## 2. 非GNSS 区間における位置情報の取得

GIS プラットフォームの構築には既存設備を MMS (GNSS, IMU, デジタルカメラ, レーザプロファイラ及びオドメータ等を搭載し, 位置情報に同期した周囲の 3 次元データを移動しながら計測できる移動体計測システム) により位置情報を取得する必要がある. しかし, 非 GNSS 区間である長大トンネル等では正確な位置情報が取得できない. これまでの計測でも, トンネル区間に入ってから徐々に大きな較差 (対基準測量結果) が確認された. そこで, 正確な既存設備の位置情報の把握に向け, 軌跡解析について検討を行った.

GNSS 区間での MMS の軌跡解析は GNSS の位置情報と IMU 観測データの軌跡により行う. 一方, 非 GNSS 区間であるトンネルでは, IMU とレーザドップラー観測データより軌跡を求め軌跡モデルを作成する. 本検討では, 同じ計測日データについて SLAM 処理の一種であるマルチパス処理の効果の検証を行った. マルチパス処理は軌跡モデルから生成した点群から同一点を抽出し, 同一点として再度計算を繰り返すもので, 今回においては任意の 11 箇所 (約 1km ごと) のキロポスト付近を同一点とみなし, 解析を行った. 図-1 に片道走行時だけの軌跡解析結果を示し, 図-2 に二往復走行 (4 データ) でマルチパス処理を行った結果を示す. 同日同線路での統合解析により誤差が 63m から 2m に減少することが確認できた. 将来は, さらに別日別線路データを追加したマルチパス処理することで精度向上が期待でき, 点群データで既存設備の位置情報を把握できると考えられる.

## 3. 不陸面の抽出精度の検証

### (1) 検証内容

同一計測断面付近における 2 点間距離は 3 次元レーザスキャナーの精度に近いと考えられるため, 相対変位に基づく限界管理に活用できる可能性がある.

そこで, 計測保守用車 (図-3) に MMS を取り付け, 実際の新幹線営業線で時速 30km/h で走行し, レーザプロファイラより 6.6m 離れた模擬不陸パネルの計測を行った. 模擬不陸パネルは異なる高さを有する 36 枚のパネルをランダムに配置したものである. 図-4 に設置状況と模擬パネルの正面図を添付する.

### (2) 検証結果

取得した点群データの 3D 化を図-5 に示し, 図-6 に検証結果を示す. 図-6 は隣り合うパネルの不陸量 (高さの差分) について正解値と計測結果をプロットしたものである. 正解値と計測結果がほぼ同一であることが分かる.



図-3 計測保守用車

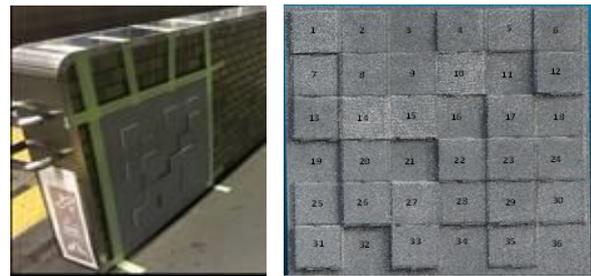


図-4 模擬不陸パネル



図-5 3D化点群データ

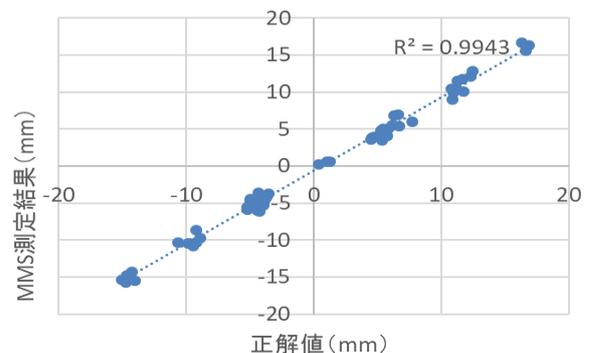


図-6 不陸パネルの計測結果

使用したレーザプロファイラの製品誤差はレーザからの離隔距離 5m 以内で 0.5mm であるが, 隣り合うパネルの不陸量 (高さの差分) の計測における平均誤差は 0.6mm, 最大 1.87mm の誤差であった. 走行時においても製品誤差程度での精度でデータを取得することが確認できた.

#### 4. 管理点の抽出方法の検証

##### (1) 検証内容

レーザー点群は大量の測点を有するため、基準となる管理点の抽出が難しい。特に異なる時期に撮影したデータの重ね合わせ（同一箇所での比較）はできない。そこで、取得箇所が明確に区別できるようなレーザー点群用の管理点について検討を行う。

取得したデータにおいて隣接する色彩（輝度差）が大きく異なる場合、ソフトウェアのメジャメントツールを使用することで端部座標の特定（管理点の抽出）が可能となる。一般的には、輝度差が大きく異なるのは白と黒の組み合わせではあるが、限界管理の管理点は一般の維持管理上において注意喚起箇所（ホーム端部、建築限界など）に設置するケースが多いと考えられることから、赤や橙についても検証対象とした。これら色彩の違い（反射輝度の差）が与える影響により、計測対象物の端部を判定できるかを検証するため、天端面と正面の色を塗り分けた供試体をレーザースキャナにより計測を行った。

- ・ 300mm 角の強化ダンボールに塗料を塗布（図-7）
- ・ 1つの供試体の中で端面と正面の色を入れ替える
- ・ 供試体の色彩は黒、白、オレンジ（2色）を使用し、色彩パターンのように組み合わせる
- ・ 黒・白の色彩については、塗布面積（幅）を変えた供試体を計測した。

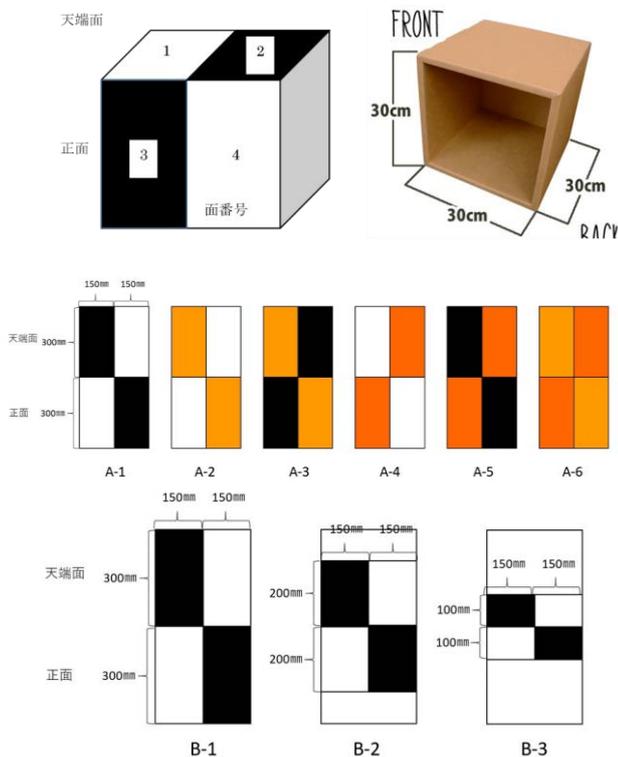


図-7 供試体概要



Case①② Case③

図-8 供試体の設置状況

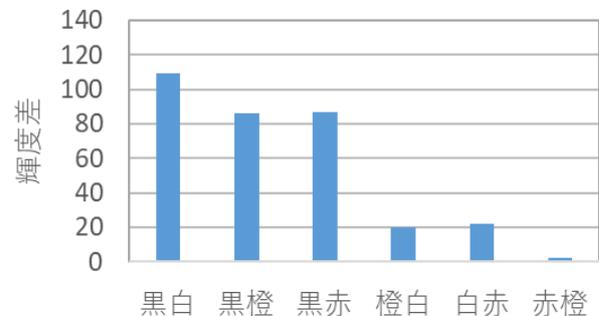


図-9 供試体の色の違いによる輝度差

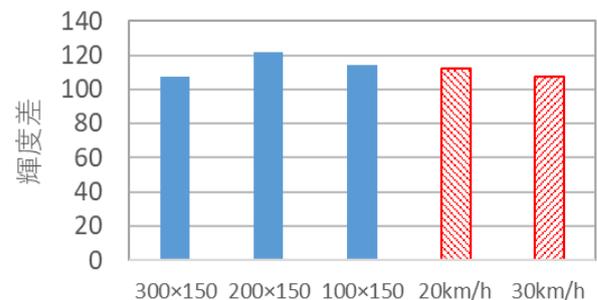


図-10 供試体の色彩面積の違いと測定速度の違いが与える輝度差

計測は以下の3ケースで行い、反射輝度差および端部座標の特定を行った。図-8に設置状況を示す。

- ① 一般道 20km/h, 離れ3m, MMS設置高さ1.8m, スキャナポイント密度（進行8.4mm, 鉛直3.9mm）
- ② 一般道 30km/h, 離れ3m, MMS設置高さ1.8m, スキャナポイント密度（進行12.6mm, 鉛直3.9mm）
- ③ 営業線 30km/h, 離れ6.6m, MMS設置高さ2.5m, スキャナポイント密度（進行27.7mm, 鉛直8.6mm）

##### (2) 検証結果

図-9にCASE①における色彩の違いが与える輝度差を示す。極端に反射輝度の値が少ない黒色に他の色の組み合わせの場合以外、明確に反射輝度の差分が小さく、管理点の抽出も困難であった。

図-10の結果より、30km/h速度（スキャナポイント密度）程度では、供試体の色彩寸法は100×150mm程度でも問題なく、また20km/hと同程度の輝度差の抽出が可能なることを確認できた。

また、CASE③のレーザーの入射角度は20°であり、CASE②に比べ小さい。データを確認したところ、輝度

差も低下し、データそのものが欠損（取得できない状態）が確認された。実運用時には、レーザーの照射口と計測対象（点群用管理点）の位置関係を考慮する必要がある。

## 5. 限界管理業務への活用

本検証により以下の確認を行うことができた。

- ・ マルチパス処理により非GNSS区間においてもおよその位置情報の把握が可能である。
- ・ MMSによる同一計測断面付近における2点離は3次元レーザスキャナーの精度に近い。
- ・ 輝度差の異なる黒色を含む材料を組み合わせた材料により管理点を抽出する可能性を確認。

レーザー照射角度や計測速度増加に伴うスキャナポイント密度の低下時の影響など、さらに確認を行う必要性はあるものの、トンネルやプラットフォームなどにおいては予め対策材料に管理点（輝度差の異なる材料）を付与することでMMSの走行時にあわせて定期的な限界管理データの計測が可能となり、維持管理業務の効率化が期待できると考えられる。

## 参考文献

- 1) i-Construction（建設生産性革命）の推進に向けた積算基準の見直しについて、国土交通省，2016.3
- 2) 首都高技術(株)，ホームページ，技術紹介，インフラドクター

## BASIC RESEARCH ON ON CLEARANCE LIMIT MANAGEMENT OF TUNNEL AND PLATFORM USING POINT CLOUD

Kenichi KURIBAYASHI, Yasuyuki AKIYAMA, Shin NARUKAWA

We measured the 3D data of Shinkansen structure to build MIM(Maintenance information management)of large-scale renovation of Shinkansen infrastructure. Point cloud data measured by MMS(Mobile Mapping System) may be used for clearance limit management of tunnels and platforms. But there are challenges in using point clouds. Point cloud issues are location information, measurement accuracy, and control points.We analyzed the basic research for use in clearance limit management of tunnels and platforms.