

MMS計測技術の実用化に向けた取り組み

1. はじめに

技術ビジョンに示されるありたい姿を具体化する取り組みの一つとして、MMS (Mobile Mapping System) による計測技術の実用化を目指した技術開発を進めています。

この取組みにより、働き方改革と生産性向上を進めることとなり、人口減少時代にも持続可能な鉄道システムの構築を目的としています。

2. 概要

(1) MMS

MMSは「モービルマッピングシステム」の略称で、もともとは道路周辺の地図を作成するために開発された技術です。一般的には、レーザスキャナとGNSS (Global Navigation Satellite System: 全地球航法衛星システム)、IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) を統合させた機器を車両に搭載して移動しながら周辺の物体を計測するシステムです (図1)。

高周期のレーザパルスを発するスキャナを用いて高密度かつ高精度に物体の3次元座標を取得します。また、座標データの取得と同時に多方向の撮影が可能なカメラを搭載し、走行しながらレーザ計測点と画像を取得することができるものです。

なお、3次元座標を持ったレーザ計測点の集まりを「点群」と呼ぶので、以下では「点群」と称することとします。



図1: MMS搭載設置の様子

(2) 測定原理と取得データ

MMSの測定原理は、レーザパルスを発射して物体で反射して戻ってくるパルスの時刻差あるいは位相差により、物体までの正確な距離を計測するものです。同時にGNSSとIMUによりパルスを発射した位置と方向も計測し、物体の地球上における3次元座標を導出できるというものです。

物体の座標の他、反射してくるパルスの強度も取得でき、この反射強度差を用いて、点群にモノクロ画像のような色を付けることが可能です (図2)。車両の位置、姿勢の時系列情報は走行軌跡データとして出力されます。

3. 位置精度

MMSの絶対位置精度は、上空が開けた場所では数cm程度ですが、測位衛星 (GNSS) の電波を受信しにくい環境や慣性航法装置 (IMU) の姿勢誤差が蓄積する低速域・停止区間では走行軌跡に歪みをもたらすことになります。

定期的に点群データを取得して活用するためには位置精度を安定化するため、これらの要因や現象の詳細把握と精度改良手法の検討に取り組んでいます。

位置精度に影響を及ぼす要因には様々なものがあるので詳述は紙面の関係から割愛しますが、例えばMMSと電子基準点の距離が大きいと精度が低下します。そのため、独自基準局の設置に向けた検討を進めています。

4. 鉄道解析機能

点群データを利用して、鉄道解析用に開発した機能について、以下に示します。

(1) レール抽出機能

MMSを鉄道分野で活用するためには、軌道中心線を捉えることが必要となります。そのために点群データからレールを抽出する機能を開発しました。

この機能は、点群の断面形状からレール位置を自動認識されて左右レールと軌道中心線の位置を3次元座標空間の中で定義します。軌道検測車などの他の測定値と比較したところ点群データの歪みやレールの誤検出 (分岐器、踏切、曲線などの軌道構造) に起因する一部差異が発生したため、誤検出箇所の修正処理を行えるようアルゴリズム見直しを行っています。

(2) 建築限界支障検出機能

建築限界の支障箇所を検出する機能を開発し、その内容を確認しました (図3)。

この機能は、建築限界枠を軌道中心線に沿って移動させて、3次元座標空間の中で建築限界範囲を定義したうえで、その範囲に含まれる点群データを支障物として自動検出するものです。

(3) ホーム限界測定機能

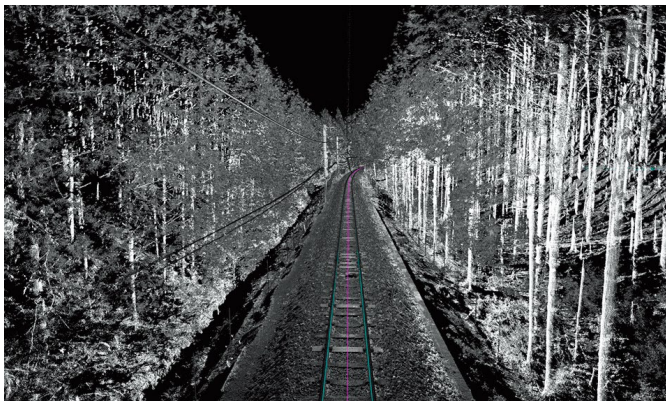
軌道中心線からプラットフォームまでの離れと高さ現地で測定している手順を自動処理化する機能を開発しました (図4)。



(a) トンネル付近



(b) スラブ



(c) 森林区間



(d) 橋梁

図2：点群データの例

測定する断面の間隔は自由に設定でき、離隔量を連続的に把握することができます。また、測定箇所の座標と周辺の現況画像を保存できるため、工事施工後の検査記録にも利用できます。

(4) 勾配測定

プラットフォームの床面には、排水のための横断勾配やバリアフリー設備付近のすりつけ勾配が設けられ、施工前後に横断・縦断方向の勾配を実測しています。

これらの平面における局所的な勾配については、効率的に把握するための機能を試作しました。この機能は、指定した範囲内で測定間隔ごとに勾配値を算出し、その向きと大きさを矢印で表現することができます。また、平面との差を段彩表示することもできることから、変状の疑いがある構造物の凹凸の確認などに利用できる可能性があります。

(5) 見通し解析機能

3次元の点群データを利用すれば、可視範囲の分析が可能です。例えば、列車の運転席からの信号等の視認性確認や標

識建植箇所の机上検討、線路内作業計画に必要な見張り管理図の作成などにも応用できる可能性があります。

そこで、位置を指定した対象物（標識または見張り員の立哨位置など）と軌道中心線との間の視線における点群の有無によって可視・不可視を判定することができる機能を開発しました。見張り員の視野や車上からの視点移動をわかりやすく再現できるため、安全性向上に寄与できると考えています（図6）。

(6) 位置合わせおよび差分抽出機能

異なる二時期の点群データには、測位精度等の誤差に起因する絶対位置のずれが残存することになります。土工等設備やトンネル等の経年劣化を定量的に把握するためには、異なる二時期点群データの位置を正確に一致させたうえで、差分処理を行う必要があります。

点群データによる変状把握に向けた基礎的検討として、沿線環境に応じた点群データの位置合わせの機能を開発しています。

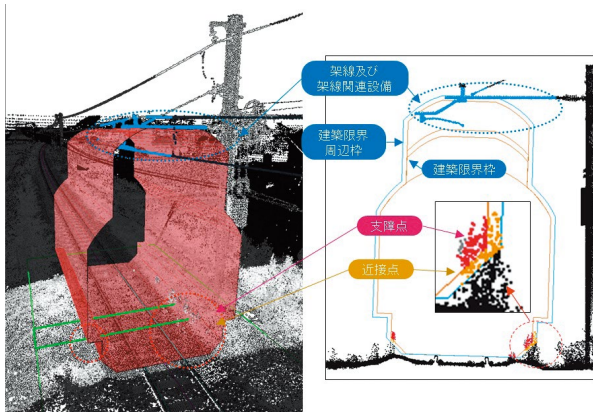


図3：建築限界支障検知

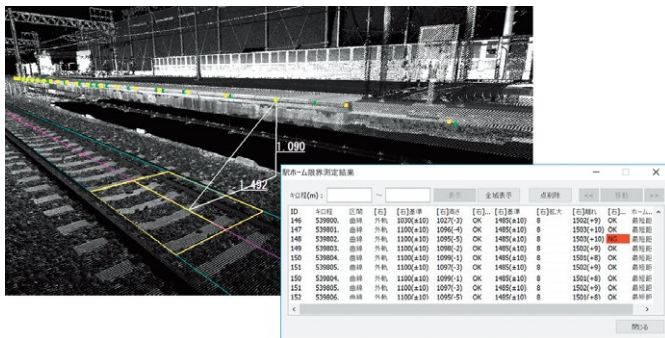


図4：ホーム限界測定

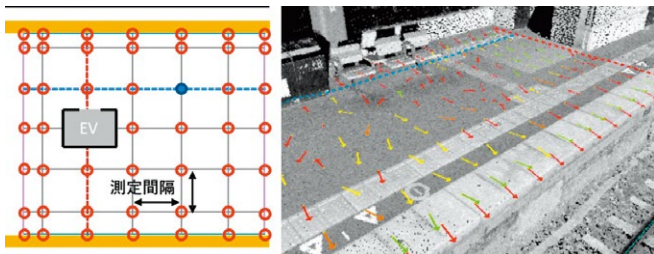


図5：勾配測定

5. おわりに

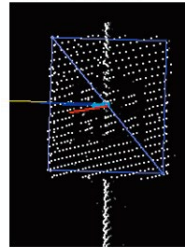
MMS技術を活用することによって、線路や周辺設備の現実空間をコンピュータの中の仮想空間として表現することが可能となってきます。

そのことにより、以下に示すような3つの観点で、働き方改革や生産性向上を進める具体的な取組みとなると考えられます。

まずは、上述したように建築限界支障箇所の検出やホーム限界測定といった検査・調査作業を車上で取得したデータを用いて、解析を事務所内で行うという方法で実施することが可能となります。

次に、工事に関する現場調査や測量において長さや高さ、角度などを測定することを線路内に立ち入らないで実施すること

①対象を指定



②運転士の視点高さを指定



③移動する視線上の点群有無を判定

④可視区間のキ口程を表示

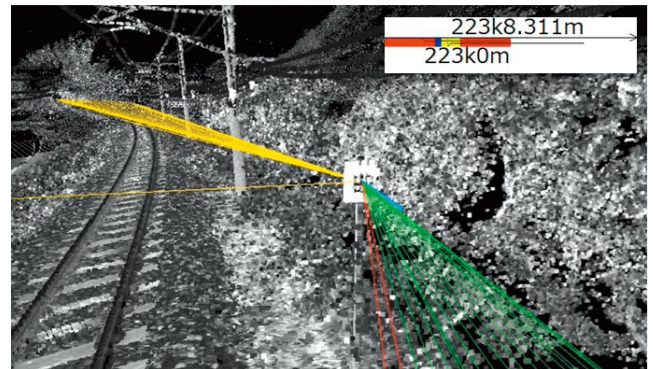


図6：見通し解析

が可能となります。現時点では、位置情報の取得方法の高精度化による測定精度の向上など課題が残る部分がありますが、今後の技術開発や技術革新によって解決可能な見込みです。

最後に、標識や諸標など線路上にあるモノすべてを3次元台帳化し、部門間で共有化することが可能となります。様々なシステムが関係しながら調整を必要とする業務においてコミュニケーションレベルが向上することとなり、鉄道システム全体の信頼性の向上につながると思っています。