

トンネル覆工変状分析のための移動体 3 次元レーザースキャナの情報処理について

(株)地層科学研究所 正会員 里 優 正会員○遠藤太嘉志
岩永 昇二
(株)リアルドットワールド 三ツ谷 洋司

1. はじめに

トンネル構造物の健全性を評価する情報収集技術の 1 つとして、安全で低コストかつ交通規制を必要としない移動体レーザースキャナ技術が開発されている。移動体レーザースキャナは、トンネル全長の覆工面を 3 次元座標の点群で取得することができるため、任意の位置での断面形状を把握することが可能であり、変形モードを推測し外力を想定することができる。また、これまで実施されてきたトンネル点検の精度向上や変形が著しい位置決定により合理的な点検にも寄与する。そこで筆者らは、移動体レーザースキャナによって得られた点群データの処理技術として、自社で開発したサイト特性モデラによるトンネル点群の処理について考案した。本報告は、トンネル覆工壁面の点群処理方法について報告する。

2. 移動体からのレーザスキャニング (MMS) の概要

移動体レーザースキャナ (MMS) は、3 台の GPS アンテナと慣性航行装置 (IMU)、カメラ、レーザースキャナを車両に一体化させ、精度を向上させている。そして、3 台の GPS をトライアングルに配置することにより車両姿勢を高再度で情報を得ることができる。また、全国に配置された国土地理院電子基準点をネットワーク化して GPS 補正を行うことにより長距離の走行計測に対し、連続処理が可能となり、均一な精度を得ることができる。

MMS によりトンネル坑内を走行スキャナーし、点群データを取得することによりトンネル覆工壁面の情報を整理し点検・維持に活用するものである。

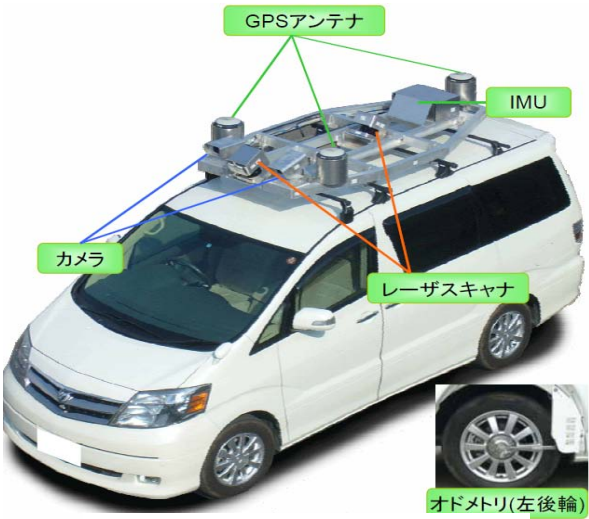


図-1 移動体レーザースキャナ

3. Geo-Grphia によるトンネル壁面 3 次元点群処理方法

Geo-Grphiaは、特定されたサイトの地表面情報や地盤情報を、3次元にモデリングするシステムであり、航空レーザー測量等によって得られる3次元点群座標から数値標高モデル(DEM)を作成し、地形の3次元可視化や地表面の傾斜特性、落石解析のモデル作成用に開発したものである。この3次元可視化モデラをトンネル覆工壁面の形状モデル生成に応用し点群の処理を行った。

移動体レーザースキャナで得られたトンネル壁面の点群データは、レーザーやIMU、GPSに起因するバラツキ(測定誤差)が含まれている。このようなバラツキは、計測システム上、必ず発生するものであり、これを前提としてトンネル覆工の形状をモデリングし、断面形状を推定する。図-2に覆工3次元点群処理方法のフローを示す。

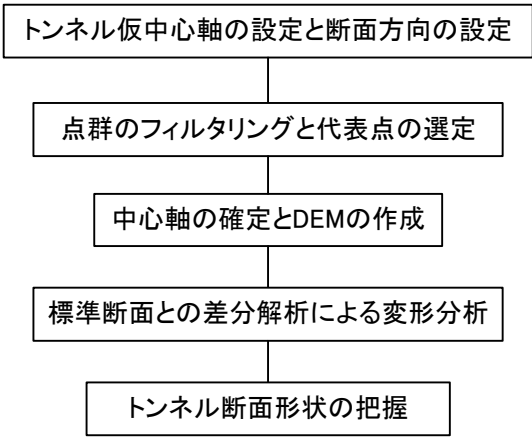


図-2 トンネル覆工 3 次元点群処理フロー

キーワード 移動型 3 次元レーザースキャナ, トンネルDEM生成, 変形の可視化 トンネル覆工変形モード
連絡先 〒241-0014 神奈川県大和市上和田 1794 鳥海ビル 2 階 (株) 地層科学研究所 TEL 046-268-7327

(1) トンネル仮中心軸の設定と断面方向の設定

トンネル線形が明確でないことが多い故、点群データの集合からトンネル仮中心軸を設定し、一定間隔 (@0.5m) で断面方向を決定する。1断面内で一定角度 ($\angle\theta$)、一定距離内の点群に対し ($\angle L$)、仮中心点からの距離が一定範囲である点群を解析の対象とする。(図-3)

(2) フィルタリングと代表点の設定

断面毎の点群を集積し、照明やケーブル等の付帯設備を解析対象とする点群から省くようフィルタリングを行い、点群の値を平均化し、設定した範囲の代表点を決定する。設定された代表点を近似する円を最小二乗法により求め、得られた中心座標を中心点として確定する。

(3) 中心軸の設定とDEMの作成

得られた中心軸と断面毎の半径 r をもとに、3次元DEMを作成する。(図-4)

(4) 標準断面との差分解析

標準断面を定め、これと点群との差を表示する。標準断面は、中心点と半径で定義されるもの、あるいは何らかの基準で定めた特定断面とする。設計や施工資料がない場合は、これまでの変状が無いものとして標準断面を設定し、半径 r と中心座標の関係で繰り返し計算を行い点群との誤差が最も小さいものを標準断面として採用する。標準断面との差は、中心点からの距離の差として表現し点群を色分けする。

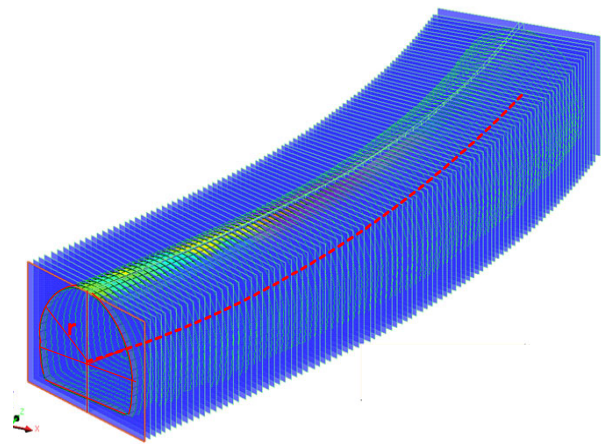


図-3 中心軸設定と断面作成と半径, 中心点の設定

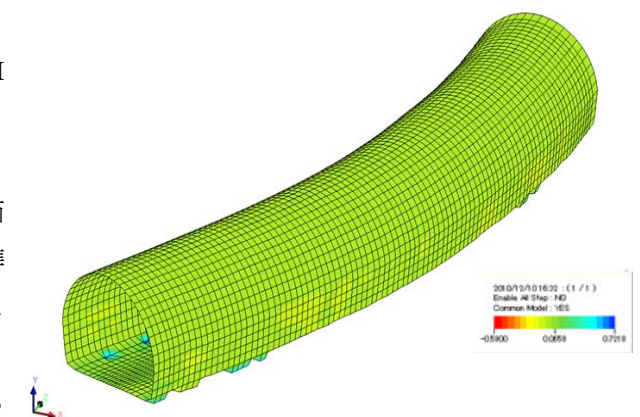


図-4 覆工表面のDEMの作成と差分解析

4. トンネル3次元点群データ処理結果

試験的にトンネルを測定し、処理結果を比較した。測定は、同じトンネルで二時期のデータ比較を考慮し、同方向からの測定を時間差で実施した。標準断面と点群との差分コンタを図-5に示す。この標準断面との差分解析から、二時期の測定の差分を算出し、差分コンタを図-6に示した。同一トンネルを二時期の差分で解析結果を比較することにより、その差は、5mm以下の結果を得ている。

5. まとめ

トンネル覆工の変形モードの分析・評価に際しては、二時期の変位が、測定誤差以上の変位 (5mm以上) で、認められれば、分析・評価が可能になると判断される。

今後、トンネル点検業務において、トンネル断面形状から推定する外力想定や建築限界との対比に、非常に有効な処理方法と考えている。また、活線拡幅工事等における既存トンネルの覆工状況の掌握や設計に活用することもできるものと考えられる。

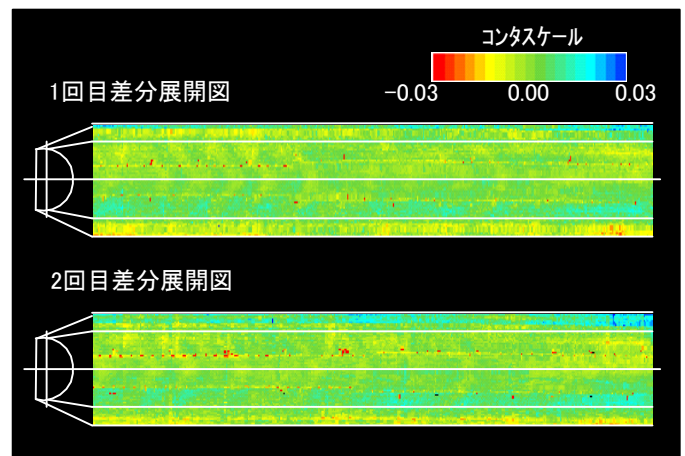


図-5 時間差測定の差分解析結果

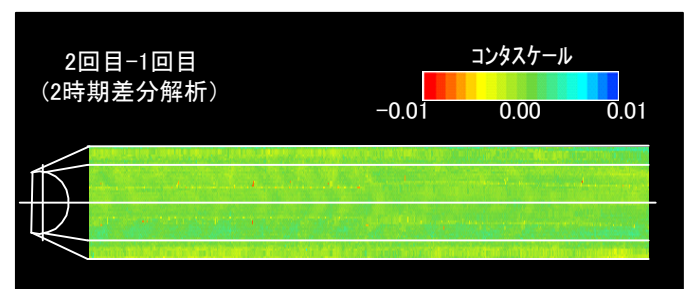


図-6 二時期の差分解析結果