

トンネル計測管理における RANSAC 法の適用

佐藤工業(株) 技術部 正 ○瀬谷 正巳, 京免 継彦
 佐藤工業(株) 設計部 吉田 直人
 佐藤工業(株) 技術研究所 正 黒田 千歳

1. はじめに

当社ではCIM (Construction Information Modeling / Management) への展開を考え、3D レーザースキャナを導入した。3D レーザースキャナには様々な用途があるが、その一環として山岳トンネルの計測管理への適用を検討している。

ただし、3D レーザースキャナによる計測では精度の良い結果を比較的簡単に得られる一方で、その膨大なデータ量の処理や特定の点の継続した計測が難しいといった特性があり、従来のトータルステーションによる計測の代替として用いるには必ずしも適しているとは言えない。そのため統計的手法の一つである RANSAC 法を用いてデータを処理することでトンネル中心点座標を求め、それに基づいてトンネル線形の管理や地山挙動を簡便に把握することのできる手法を考案したので報告する。

2. トンネル坑内での 3D レーザースキャナによる計測

3D レーザースキャナで計測した計測データの例を図-1, 2 に示す。

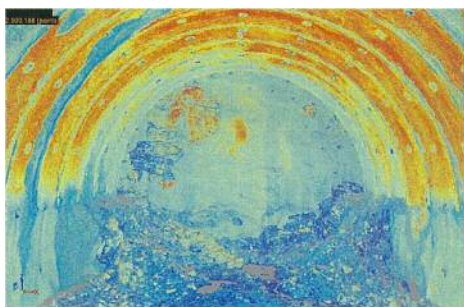


図-1 3D スキャナ計測データ (切羽面)

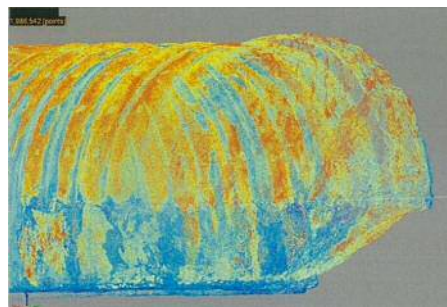


図-2 3D スキャナ計測データ (切羽付近俯瞰)

3. 計測データ (点群データ) の処理

3D レーザースキャナで計測することによりトンネル内面の形状を点群データ (それぞれが 3 次元座標を持つ点の集合) として取得できる。

この点群データについて、次の手順で処理を行う。

- ① 全点群データから、トンネル軸上の任意の位置における断面を構成する点群を抽出する。
- ② 断面を構成する点群データに対して統計的手法を用い、トンネル設計形状を構成する単純な図形 (一般に上半部では円弧) にフィッティングさせる。
- ③ このトンネル設計形状に最も適合した図形の中心点座標を求め、それに基づきトンネルを管理する。

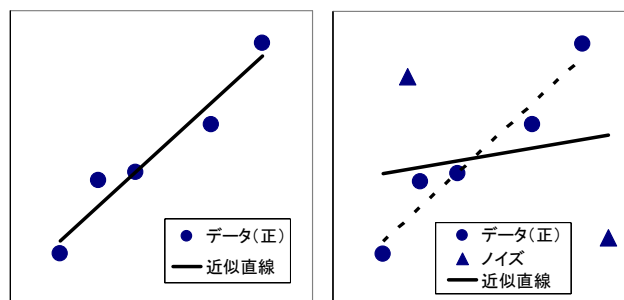


図-3 ノイズの最小二乗法への影響

一般にフィッティング (直線, 曲線への近似) に際しては最小二乗法が用いられるが、トンネル坑内での計測では、計測データの中に内空壁面の形状データ以外の不用なデータ (ノイズ) が含まれていることがある。内空壁面の断面形状 (輪郭) を単純な図形にフィッティングさせる場合、これらのノイズの影響により最小二乗法では適切な結果が得られないことがある (図-3)。したがって、ノイズを含んだデータの中からノイズを除去するために、統計的な手法として RANSAC (RANdom SAmple Consensus) 法を適用する。

キーワード トンネル, 計測管理, 3D レーザースキャナ, RANSAC, トンネル中心点, トンネル線形
 連絡先 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 佐藤工業(株) 土木事業本部 技術部 TEL : 03-3661-4794

4. RANSAC 法

RANSAC 法の手順を下記に示す¹⁾

- ① 全ての計測点のデータから n 個の点のデータをランダムに選択する. なお, n はフィッティングの対象となる図形を決定するために必要なパラメータの数である (ex. 直線の場合 $n=2$, 円の場合 $n=3$).
- ② 選択した n 個の点全てを通る図形のパラメータを求める.
- ③ 全てのデータ (計測点) について, 求めた図形とデータ (計測点) との距離を個々に求める.
- ④ 各データ (計測点) 毎の距離について, あらかじめ決めておいた閾値と比較して, 閾値より距離が小さいデータ (計測点) の数を集計する.
- ⑤ ①~④を N 回繰返し, 図形から閾値内に最も多くのデータ (計測点) を含む図形のパラメータを求める.
- ⑥ ⑤で求めた図形との距離が閾値より大きいデータ (計測点) をノイズとして除去する.

なお, 繰返し回数 N は, 求める結果が正しいと期待される確率に基づく値である.

5. 実点群データの処理結果

実点群データに RANSAC 法を適用した例を図-4 に示す. この事例で掘削断面は上半部と下半部に分かれているが, 上半部の形状である円弧にフィッティングさせたところ, 上半部のみが正しいデータとして選択された.

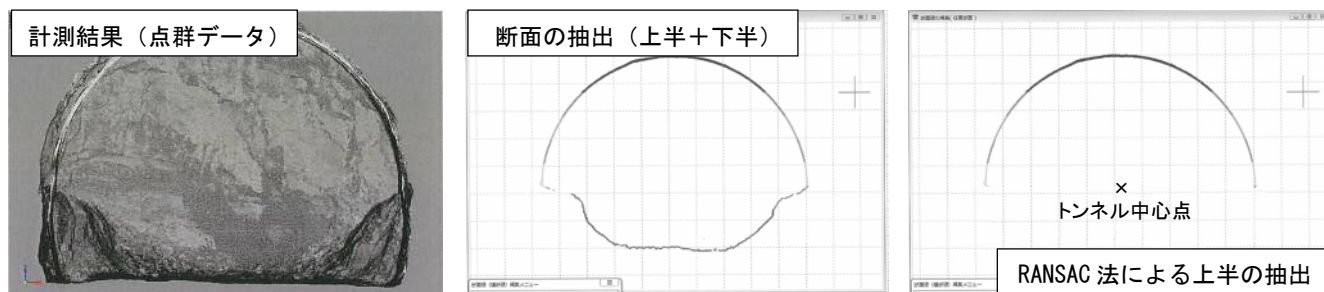


図-4 実点群データの処理結果の例

6. 計測管理への適用

上記手順で求めたトンネルの中心点座標を利用したトンネル管理の手法を二つ紹介する. 一つはトンネルの線形管理である. 適切な間隔でトンネルの中心点座標を取得し, その中心点を結べば, 実掘削トンネルの線形が得られる. 従来, 厳密なトンネルの線形管理は実質行われてこなかったが, 本手法により精密な実トンネル線形を容易に得ることが可能となる. もう一つが地山挙動の管理である. トンネル中心点を時系列で計測管理すれば, 簡易に地山挙動観察が可能となる. 実際の地山の変位は局所点で起きるのではなく, ある影響範囲(面)で発生する. そのため点群データ(面)から取得される近似図形の中心点で管理する本計測技術は, 従来の「点」で管理する計測に比べ, より実際の地山挙動を観測できる手法として有効と思われる.

トンネルの線形管理のイメージを図-5 に, トンネルの地山挙動管理のイメージを図-6 に示す.

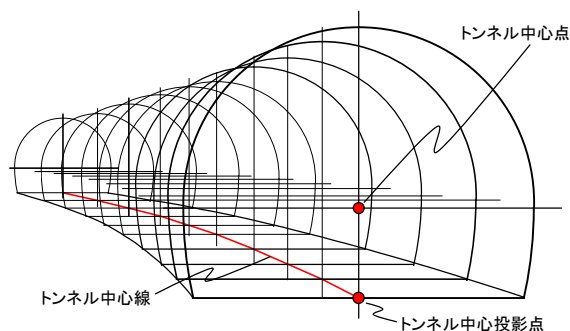


図-5 トンネルの線形管理イメージ

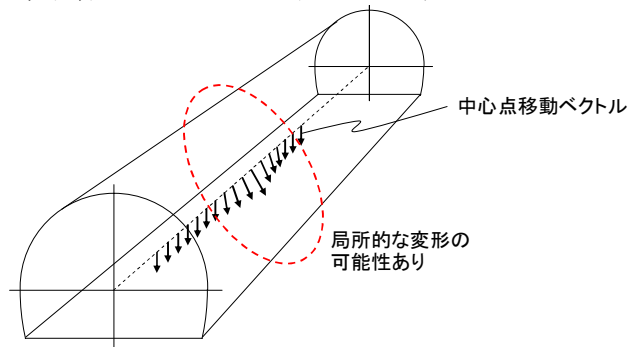


図-6 トンネルの地山挙動管理イメージ

参考文献

- 1) 松場亮太郎, 国島丈生, 横田一正: パノラマ仮想空間構築のための RANSAC を用いた方位推定法, 第 12 回情報科学技術フォーラム講演論文集 (第 2 分冊), pp. 135-136, 2013