

トンネルなどの閉空間に特化した三次元計測の効率化の検討

株式会社フィールドテック	正会員	村山 盛行
三井住友建設株式会社	正会員	塩崎 正人
株式会社タクモ		清水 哲也
日本大学理工学部	正会員	佐田 達典

1. はじめに

近年、地形形状などを三次元で計測する技術が進歩し、様々な分野で三次元計測が適用されている。筆者らはこれまでに、レーザースキャナーによるトンネル覆工巻き厚管理計測システム¹⁾を開発してきた。本システムは、これまでのトンネル内空計測手法と異なり、壁面形状を立体的にかつ面的に捉えることができる方法として確立するに至った。しかし、三次元計測を行うための基準点設置作業など前準備が必要であり、更なる計測作業時間の短縮化が課題であった。今回、トンネルなどの閉空間に特化した、短時間で効率よく三次元計測ができる方法について検討したので、以下に報告する。

2. 計測方法の検討と概要

これまで筆者らが行っていた計測方法は、トンネル壁面に 5cm 四方の反射ターゲット(以下、ターゲット)を設置し、これらをトータルステーション(以下、TS)で計測することにより、レーザースキャナー(以下、スキャナー)で取得したデータを現地座標系に基づいた座標値へ変換していた。しかし、この方法ではターゲットの設置作業に時間がかかる。一方、筆者らはこれまでにターゲットを必要としない車載型 GPS/IMU を利用した三次元計測システムを開発²⁾しているが、トンネルでこのシステムの利用を考えた場合、GPS 電波が遮断される時間が長すぎることから、スキャナーの位置・姿勢情報の精度が劣化する問題点があった。そこで今回は、スキャナー本体を車載し、車体に設置したターゲットを TS で計測して座標変換パラメータを求める方法を検討した(図-1)。

この方法の特徴は、スキャナーと車体は同一の座標系で管理できる。スキャナーを取り付けるための治具さえ設置できれば、どの車でも良い。ターゲットは TS で計測しやすい位置に設置すればよい。ターゲットを計測壁面に取り付ける必要が無い。スキャナーとターゲットの設置は1回でよい、といったメリットがある。一方、スキャナーで取得したデータの中には車体に設置したターゲットが映りこまないの、スキャナー座標系におけるターゲットの位置を決定するためのキャリブレーション計測が必要となる。

ターゲットが車体に設置されている場合、スキャナー原点とターゲットの距離が近くなるため、座標変換パラメータを求める際に生じる原点位置の誤差は小さくなるが、姿勢誤差は大きくなる問題がある。しかし、計測実施場所をトンネルに限定して考えた場合、本システムによる1回の計測における有効範囲は最大でも 10m 程度であり、要求される計測精度も 30mm 以下である。よって、座標変換による誤差が、壁面位置において 10mm 以内に収まっていれば要求精度は満足できる。

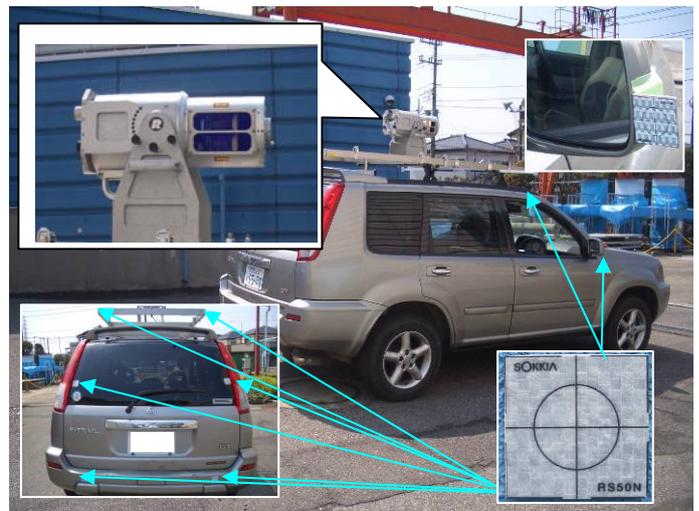


図-1 車載したスキャナーとターゲットの様子

キーワード レーザースキャナー、トンネル、三次元計測

連絡先 〒110-0016 東京都台東区台東 2-24-10 STビル 1F TEL 03-6303-2662 FAX 03-3831-5320

3. 実験フィールドの準備

トンネル内壁にターゲットを設置して計測した場合と同程度の変換精度が得られるのかを確認するため、スキャナーとターゲットを車載して実験を実施した。実験はトンネル内壁を仮想して、建物の壁面に挟まれた場所(壁面同士の距離は約10m)で行い、計測車両は双方の壁面の中間付近に配置した(図-2)。スキャナーから1m以上離れた位置の車体部分に10個のターゲットを設置し、座標変換精度の検証用に双方の壁面に24個のターゲットを設置した。車体に設置したターゲットは、車の背面、両側面、両ドアミラーに配置し、ターゲット位置が三次元的な広がりを持つように配慮した。また、車体後方から20m程度離れた位置にTSを設置し、そこからターゲットの計測を行った。スキャナーにはRiegI社製LMS-Z210(計測精度 $\pm 15\text{mm}$ (平均化処理後))を使用した。

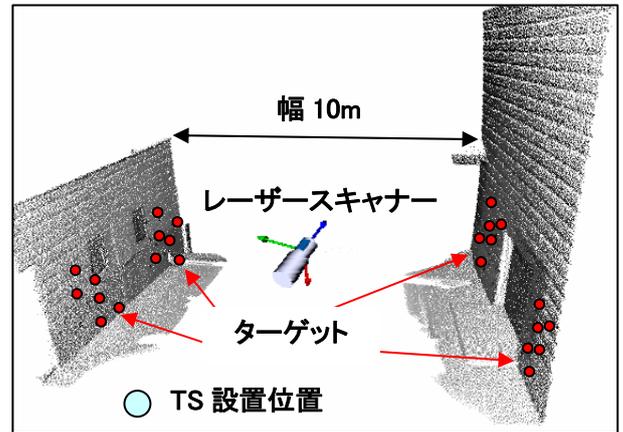


図-2 実験フィールドの状況

4. 実験計測の実施

スキャナーによる壁面の計測とTSによるターゲットの計測を行った。最初にスキャナー座標系における車体のターゲット位置を決定するためのキャリブレーション計測を実施し、その後、座標変換の精度検証を行うための計測を3回実施した。3回の計測はそれぞれ車両の位置を変更して実施した。

キャリブレーション計測のデータから車体のターゲット位置を逆算し、車体に設置したターゲットのスキャナー座標系における値を決定した。次に、壁面に設置したターゲットから計算した変換パラメータ(1)と車体のターゲットから計算した変換パラメータ(2)をそれぞれ求めた。変換パラメータ(1)の求め方は、これまで現地作業で行ってきた方法である。方法(1)(2)求めたパラメータでスキャナーのデータを座標変換し、変換後の壁面ターゲット座標値のばらつきを比較検証した。

5. 変換精度の検証と考察

24個の壁面ターゲットにおいて、TSで計測した座標値と方法(1)(2)のパラメータから計算した座標値との距離差を求め、標準偏差を比較した(表-1)。3回の計測ともに標準偏差で10mm以内に収まる結果となった。また、これまで現地作業で実施してきた方法(1)と車体に取り付けたターゲットを使用する方法(2)の差も3mm程度となり、大差ない結果となった。

以上のことから、今回の方法で計測を実施した場合においても、トンネルなどの閉空間における計測ではこれまでと同等の変換精度が得られることがわかった。今回は3回の計測しかしていないが、ターゲットを車体に設置する際にターゲット間の相対位置を三次元的に配慮する、キャリブレーションによる車体ターゲットの位置の決まり具合を向上させる、などを考慮すれば変換精度の向上が期待できる。この方法で計測を行うことで、トンネルにおける作業時間はこれまでの1/2~2/3の時間で実施することが可能となる。

6. まとめと今後の展望

今回の実験では、トンネルなどの閉空間において、効率の良い計測を実施するための方法について検討した。今後は、これまで開発してきた要素技術を集約し、トンネルにおける迅速な三次元計測システムの開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 塩崎正人・佐田達典・村山盛行・清水哲也・車田茂美：トンネル覆工巻き厚管理への3次元レーザー・スキャナーの適用 第31回 土木学会年次学術講演会論文集、2006.9
- 2) 村山盛行・佐田達典：地上型レーザー・スキャナーとGPS/IMUを用いた三次元形状計測システムの開発 第15回 日本測量協会応用測量技術研究発表会、2004.6

表-1 標準偏差の比較表(単位 m)

	計測1	計測2	計測3
パラメータ(1)	0.007	0.008	0.010
パラメータ(2)	0.008	0.005	0.010