

デジタルカメラを用いたトンネル断面計測手法の開発

西日本旅客鉄道(株)	正会員	○御崎 哲一
西日本旅客鉄道(株)	正会員	山口 義信
西日本旅客鉄道(株)	正会員	藤原 申次
ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)	正会員	横尾 正幸

1. はじめに

鉄道におけるトンネル断面計測は、安全・安定輸送に必要で、これまでは線路閉鎖・き電停止の上、覆工表面に設置した標点間を高所作業で手計測するなど、多大な労力と時間を必要とした。そこで、デジタルカメラを用いることにより、高所作業を必要とせず、費用対効果に優れたトンネル断面計測機の開発を行ったので報告する。

2. 開発したトンネル断面計測手法の概要

本計測手法は、高解像度デジタルカメラとカメラ固定用の三脚、標点を設定した基準定規、レーザー照射器、画像処理用ノートパソコン、蛍光照明から構成される。図-1に、構成機器を示す。

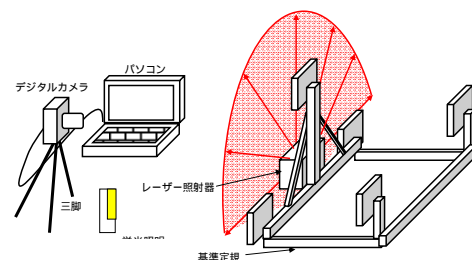


図-1 本計測手法の構成機器

また、図-2のように、基準定規より約5m離れたデジタルカメラにてトンネル断面に描かれたレーザー輝線および基準定規を20~30秒の露光にて写真撮影を行う。

3. 計測原理

本計測は三次元であるが、その考え方を判り易くするため、二次元的(図-3)に説明する。

図-3は、線路(トンネル)を上部からの見下げ図で描いており、X軸は線路直角方向、Z軸は線路方向である。

(Y軸は線路鉛直方向であり、図化されていない。)

ここで、OはXZ座標の原点(=軌道中心)、Cはカメラ位置、A、Bはトンネル断面に描かれたレーザー輝線、a-b面はデジタルカメラ映像データが写り込む仮想画面の平面とする。

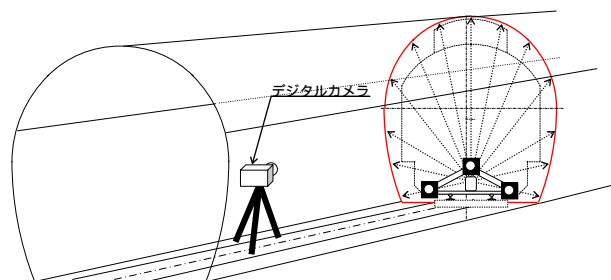


図-2 計測イメージ図

基準定規に計測座標系を設定する(C-XZ座標系)

レーザー(A、B点)は、基準点に平行に照射されるものとする。なお、基準定規の標点(=基準点1、2)は既定である。

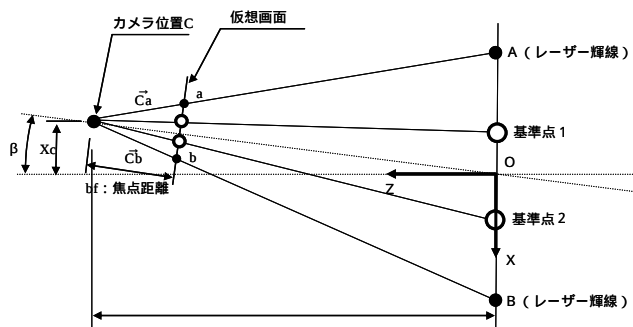


図-3 計測の考え方

デジタルカメラで撮影した仮想画面上の、基準定規の標点位置より、

計測座標系におけるカメラ位置(X_c, Z_c)および視準角 β を求める。

(X_c : 軌間中心からの離隔距離、

Z_c : 原点Oからの線路方向離隔距離)

仮想画面に映ったレーザー計測位置(a、b点)と、上記(X_c, Z_c)および β を用いることにより空間上のCaおよびCbが規定される。

キーワード デジタルカメラ、基準定規、建築限界、レーザー、光切断法

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 西日本旅客鉄道(株) 鉄道本部技術部 TEL 06-6376-8136

CaおよびCbがX軸(標点=基準点1, 2により既定されている)に交わる位置を計算することによりAおよびB点が決定する。

4. 計測誤差要因の検討

本計測手法の原理から考えられる誤差要因のうち, 基準定規の標点等, デジタルカメラ外部の情報から発生する「外部標定要素」は, 計測精度に大きく影響する。それは, カメラの座標を基準定規 (= 外部標定要素) から逆算して, 更にその座標を用いレーザー輝線の計測値を算出するためである。そこで, 外部標定要素の決定に影響のある 標点の個数と配置(奥行き方向, トンネル断面方向)を変化させ, 計測精度を評価した。

まず, 外部標定要素決定に必要な最低条件の3点(定規前面)のみで計測を行ったが, 精度の確保が困難で十数mm以上のバラツキがあった(図-4,5の基準点3のグラフ)。そこで

奥行き方向に基準点を2点追加する場合

標点間隔を1mと2mに変化させた場合

を評価した。その結果, の計測誤差は, 最大4mm未満であり精度が向上したが, では計測精度に顕著な影響は見られなかった(図-4,5)。

以上より, 簡易性や操作性を重視し基準定規の大きさは1m程度が妥当とし, 高所作業を伴わずに簡易に建築限界計測が可能な手法であると判断した。

5. 本計測手法の試作機による現地計測・評価

試作機で, 単線非電化トンネルで精度および使用性について検証した。本計測手法と, 市販されているトンネル断面計測器の計測データを比較した結果, 両者のデータの差は平均で0.2mm, 標準偏差で1.5mmであり, 有意な差を認められなかった(図-6)。

6. 計測ソフトの開発・評価

計測ソフトの表示画面を図-7,8に示す。

現地ですぐに計算させ, 視覚的にすぐ判断できるように, 1断面あたり撮影から3分程度で表示可能なようにした。また, 事務所に持帰り解析ができるよう, SXF図としても保存できるようにした。

7. おわりに

汎用品であるデジタルカメラを用いて, 鉄道トンネルの建築限界を容易かつ安全に計測でき, かつ既存の計測器と精度は変わらないトンネル断面計測手法を開発できた。これにより, 短時間で計測や建築限界の確認ができ, 高所作業が省略される, 安価なシステムとすることができた。

今後は, 簡易に建築限界を測定できる本計測原理を応用し, 他の建築限界測定のニーズに応じ, 適用範囲を広げるとともに, 計測精度の向上や基準定規の更なる簡易化を目指し, システムの完成度を高めていきたい。

参考文献

・藤原申次他 土木学会第60回年次学術講演会(平成17年9月)6-275

デジタルカメラを用いた画像処理手法によるトンネル断面計測

・(社)日本写真測量学会・解析写真測量委員会(平成9年)

解析写真測量 改訂版

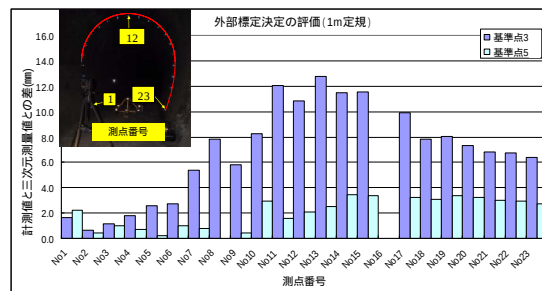


図-4 1m 定規使用時の計測結果

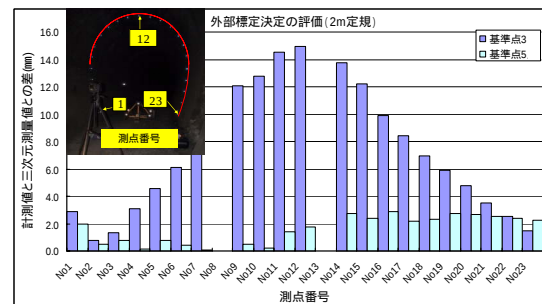


図-5 2m 定規使用時の計測結果

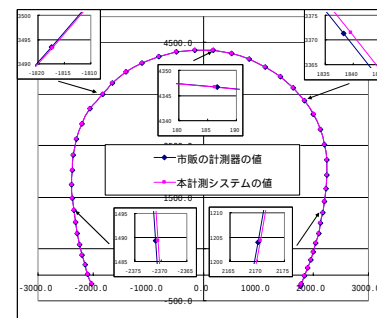


図-6 計測差の比較グラフ

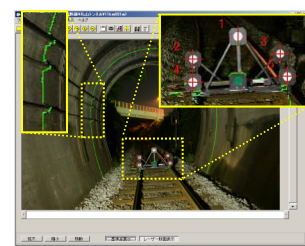


図-7 計測時の取得画像

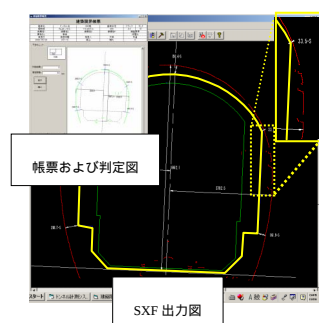


図-8 帳票および判定図