

デジタルカメラを用いた写真測量によるトンネル内空変位計測実験

山口大学工学部 学 ○仲山 亮史
 山口大学工学部 正 清水 則一
 (株) 東建ジオテック 正 西川 直志

1. 背景と目的

NATMがわが国の山岳トンネルの標準工法となり、現場観察と計測に基づく観測化施工が日常的に行われている。また、最近の山岳トンネルを取り巻く施工環境には急激な変化がみられ、都市化、大断面化がすすみ、これまでもまして安全に・迅速に・経済的に計測データを入手し、施工にフィードバックすることが求められている。また近年では安価で高精度なデジタルカメラの普及、パソコンの処理能力の向上などによって、これまで手間・時間ともに必要だった写真測量の利用が考えられるようになってきている。そして、トンネル内空変位計測などの利用に関する研究が進められている¹⁾。本研究では新しい内空変位計測手法の開発を目的として、デジタルカメラを利用した写真測量による方法を検討する。

2. 写真測量の概要^{2), 3)}

まずデジタルカメラによって対象物の写真を複数枚取りこみ、図1の赤い円で示す3点のような撮影した写真の中で複数の写真に写っている同一点に、同一標点を指定する。次にこの同一標点をもとに三次元座標を求め、対象物を三次元表示することにより、対象物の立体的な形状が解析できる。この三次元座標のある2点間に基準長(実測)を与えることにより標点の三次元座標の計算を行った。写真測量のソフトとしてPhotoModeler ProTM (Victorsoft 社製 ver. 3.0) を用いた。デジタルカメラとしてCAMEDIA C-3030 ZOOM (334万画素, OLYMPUS 社製) を使用した。

3. 内空のデジタルモデリング

モデリング対象として、小断面の管理トンネルを想定して建物内の廊下の内空を実験場所とした(図2及び図3参照)。デジタルカメラによる写真測量により得られた廊下の三次元モデルを図4に示す。しかし小断面の廊下での撮影であったため、鉛直方向の効果的なアングルでの撮影が困難であった。そのため表1に示すように解析結果の鉛直方向の長さが実際の長さより短くなった。

この解析結果の誤差を小さくするため、さまざまなアングル・枚数によりモデリング解析を行った結果、多くの写真で解析するよりも、効果的なアングルで撮影した必要最小限の写真で解析を行ったものが最も誤差が小さくなることがわかった。最も誤差が小さかったモデルの写真とそのカメラ位置を図5、6に示す。

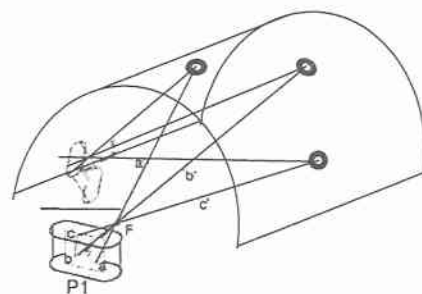


図1 対象物の撮影

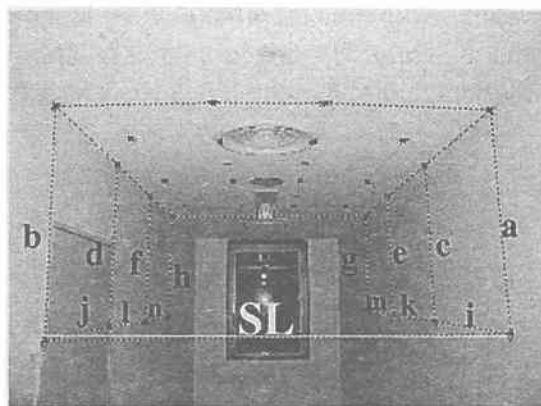


図2 モデリング対象範囲

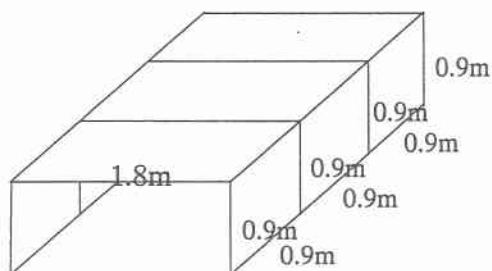


図3 対象範囲概略図

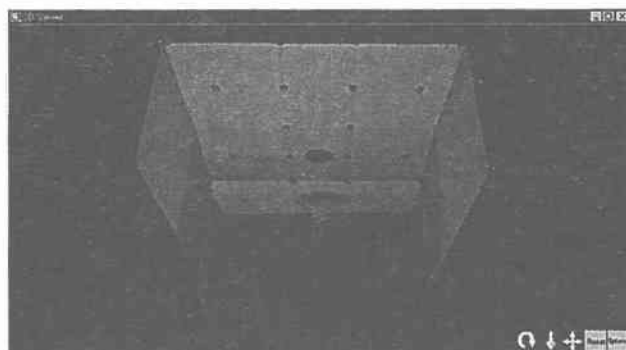


図4 廊下の三次元モデル

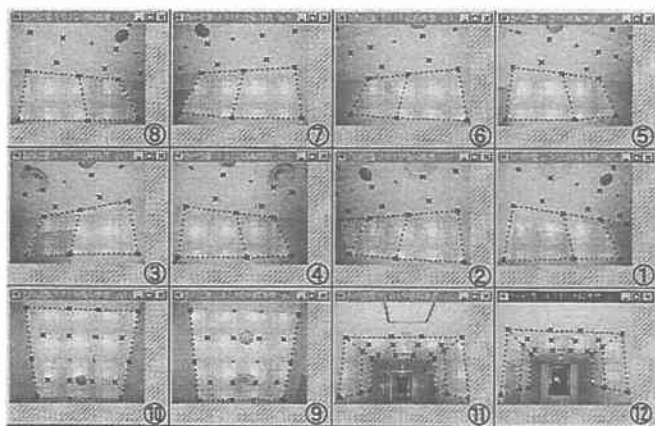


図5 解析に用いた写真

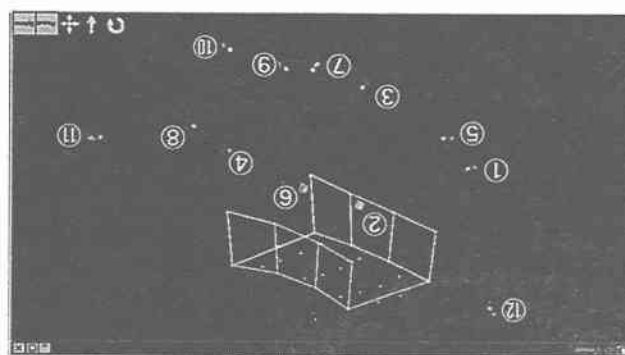


図6 カメラのアングル

ここで、①～⑧は壁面下部から他壁面を、⑨、⑩は廊下中央の床から天井を、⑪、⑫は廊下中央の目の高さからのアングルである。

4. 内空変位計測実験

内空変位を模擬するために図7に示すようなスペーサーを壁面に取り付ける。そして、それに対して三次元モデリングを行い、スペーサーを取り付けていない三次元モデルとの測線SLを比較して内空変位計測を模擬した。8cm, 4cm, 2cmのスペーサーで内空変位を与えたとき、測線i～nに実測値を入れて計測したそれぞれのパターンの誤差の結果を図8に示す。この内空変位計測値の平均はそれぞれ11.1cm, 6.1cm, 3.9cmとなり、誤差の平均は3.1cm, 2.1cm, 1.9cmとなった。

以上より本研究では、数cmの誤差がありmm単位の精密な計測は困難であることがわかった。デジタルカメラを用いる場合、写真測量の精度は計測点に対するカメラの分解度(単純には画素数)に依存するので、より精度を上げるには画素数の多いカメラを用いることが考えられる。しかし、対象物を外側から撮影する一般の写真測量と異なり、内空の限られた方向からしか撮影できないことが、精度向上のための大きな拘束となることがわかった。

5. まとめ

本研究から、次のことが示された。

- 1) PhotoModeler Pro™による内空の三次元モデリングに成功した。また、同一標点の指定とともにカメラのアングルが三次元モデリングの精度に大きく作用していることがわかった。
- 2) 三次元モデルの比較による内空変位計測は数cmの誤差が生じたためPhotoModeler Pro™による内空変位計測は困難であった。今後、モデルの精度の向上のために、画素数の多いカメラを用いることや、さらに効果的なアングルを再検討することが考えられる。

参考文献

- 1) たとえば、山本拓治、松山政雄、三浦悟、今井道男、大西有三：デジタル写真測量技術のトンネル断面変位計測への応用検討，土木学会全国大会，2000.10
- 2) 原井揚子：デジタルモデリングによる三次元写真測量とその応用，山口大学卒業論文，pp.5-10，2000.3.
- 3) PhotoModeler Pro. User Manual，ピクトリーソフト，1998.1.

表1 各辺の誤差

辺	実測値(cm)	pmr値(cm)	誤差(cm)	誤差(%)
a	92.75	89.34	-3.41	-3.68
b	94.25	94.43	0.18	0.19
c	91.70	83.70	-8.00	-8.73
d	92.80	85.41	-7.39	-7.96
e	89.65	82.03	-7.62	-8.50
f	95.15	86.86	-8.30	-8.72
g	87.80	86.91	-0.89	-1.01
h	91.75	89.76	-1.99	-2.17
i	88.70	95.83	7.13	8.03
j	89.70	95.48	5.78	6.45
k	92.75	99.82	7.07	7.62
l	92.35	100.47	8.12	8.80
m	90.50	93.57	3.07	3.40
n	90.30	93.13	2.83	3.13



図7 スペーサー (4cm)

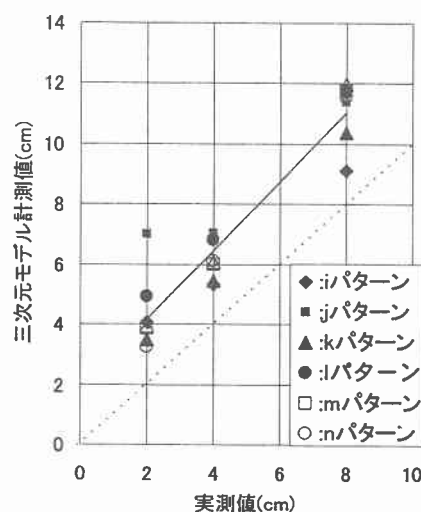


図8 変位計測による誤差