

京都大学大学院	正会員	大西有三
京都大学大学院	正会員	大津宏康
(株)アーステック東洋	正会員	中井卓巳
京都大学大学院	学生会員	○藺田健

1. はじめに

近年、トンネル・斜面等の岩盤掘削工事は施工時の安全性の向上と人的・経済的・時間的コストの削減のために、施工工程の様々な部分での効率化が図られている。そこで注目されているのが、写真画像を数学的に処理することで露頭面上の任意の点の3次元座標を得て、岩盤の3次元形状を再現する、いわゆる地上近接写真測量である。一般的に写真測量では、計測点に反射ターゲットを設置するが、計測点が危険箇所である場合、反射ターゲットの設置は困難である。そこで本研究では、反射ターゲットを用いないで対象点の3次元座標を計測する手法の実用化を目的とする。そのために室内実験を実施し、その精度を検証した。

2. 精密写真測量手法の概要¹⁾

対象物を様々な地点から撮影すると、一つの点が複数の写真に写る。写真を組み合わせて対象となる特定の点がどの位置に写っているかを調べれば、レンズの中心、画像上の対象点の像、対象点の3つが同一直線上に存在するという条件（共線条件）から、その点の3次元的位置を逆算することができる。これが写真測量の基本原理である。

一般的な精密写真測量の手順を図1に示す。ここで、本計測ではノンターゲットによる計測を行うため、『反射ターゲットの設置』にあたる作業は省略することになる。

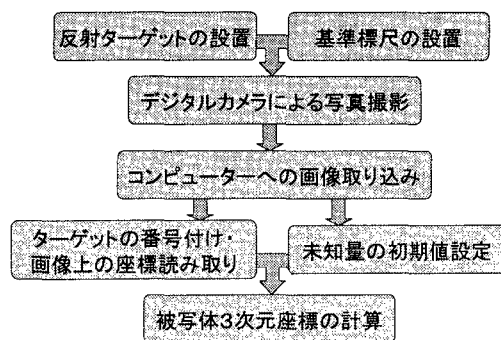


図1 一般的な写真測量の手順

3. 室内実験の概要と結果

①室内実験の概要

ノンターゲットで94点を計測した。また、既知長さとしてスケールを2個与えた。カメラはNikon D1（カラー、画素サイズ0.0118mm、画素数2000×1312）を使用し、24枚撮影した。その撮影位置及び撮影方向を図2に示す。

反射ターゲットのある場合は一定以上の明るさをもつ画素を抽出し、重心計算によって画像上のターゲットの位置を求めているが、ここでは肉眼でポイントを設定した。

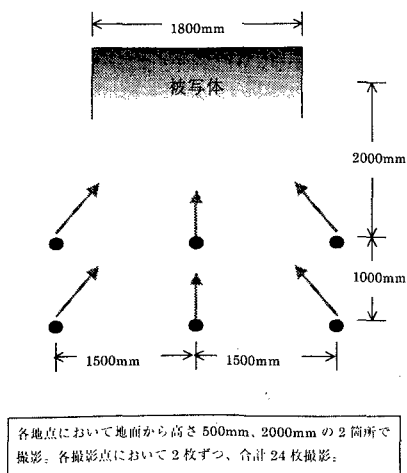


図2 撮影位置及び撮影方向

②解析結果

解析結果を図3に示す。ここで、比較のために反射ターゲットを用いて計測した時のデータを加えておく。ただし、撮影条件が異なるものであるため、あくまで参考データとして取り扱うことにする。また、精度距離比（＝計測精度／計測距離）は、ターゲットなしの場合で 1.0×10^{-3} 、ターゲットありの場合で 1.0×10^{-4} であった。

反射ターゲットを用いずに計測するということで、ターゲットありの場合と比べてかなり精度が悪くなることが予想されたが、数ミリ程度の誤差で3次元座標を求めることができた。この計測実験としては、満足のいく結果が得られたといえるだろう。

しかし、現場での計測を想定した場合には問題点は多い。今回の計測では計測点に全くマーキングすることなく、自分の判断のみで画像上の点をとっていったが、写真によっては影のかかり具合などでポイントの識別が大変困難であった。当然、現場計測ではさらに広い空間で撮影を行うため、どこを写した写真が分からなく可能性もある。撮影枚数や計測点が増加すれば、複数人で分担して解析を行わなければならない。そうなれば、自分だけの判断で画像上の点をとっていくわけにはいかない。このような問題点を解決するためには、やはりマーキングをすべきである。ノンターゲットによる計測の特徴を消してしまうようなマーキングは必要ないが、せめて写真で計測点の識別が可能となる程度のマーキング（例えばスプレーによるマーキング）は必要であろう。

		本計測の解析値 (ターゲットなし) 撮影距離約2500mm	ターゲットありの場合 (参考データ) 撮影距離約3500mm
画像計測誤差[μm]		10.7412	0.2612
対象面上の計測誤差[mm]		1.4569	0.0327
平均内的誤差 [mm]	X軸方向	4.9675	0.2722
	Y軸方向	1.5396	0.6090
	Z軸方向	0.9931	0.2664
	総合	3.0568	0.4147

図3 解析結果

4. まとめ

本計測は、反射ターゲットを用いない精密写真測量手法によって対象点の3次元座標を計測するシステムを実用化するにあたって、改良事項を検討するために行ったものである。その結果、ノンターゲットによる計測としては十分な精度で対象点の3次元座標を求めることができた。また、実用化する上で検討すべき問題点も確認することができた。

このターゲットを用いないで行う写真測量は、ターゲットを用いたときに比べて解析に手間がかかり、精度も悪くなる。しかし、計測の準備にける時間やコストを削減できる、危険な場所にある計測点に反射ターゲットを設置する必要がない、といった利点もある。測量システムが確立されれば、計測の目的によって反射ターゲットを用いるか、用いないかの使い分けが可能となるだろう。

写真測量の分野は、現時点では開発途上であり、今後、問題点の改善と平行して技術の開発を行っていく必要がある。本報告ではターゲットを用いないで対象点の3次元座標の計測を行ったが、これを利用して岩盤不連続面の計測もできる。さらに、ターゲットを用いれば岩盤の変位計測にも利用できる。また、土木の分野だけでなく他の分野にも適用されており、解析の自動化が可能であるという点も考慮に入れると、将来的に非常に有望な分野であると言える。

参考文献

- 1) 秋本圭一・服部進：画像計測の基礎，岡山職業能力開発短期大学校紀要，第11号，1997