

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
京都大学大学院	正会員	西山哲
京都大学大学院	正会員	矢野隆夫
京都大学大学院	学生会員	○足立純

1. はじめに

近年、視覚認識の構造を理解しその数理を論じるコンピュータビジョン研究の成果が、各種工業計測において利用されている。土木の分野においても、岩盤斜面やトンネル内部などの遠隔からの高精度多点変位計測についても、この技術を利用した精密写真測量が行われようとしている。そこで本研究では、この技術を室内試験の変位計測の分野にも応用し、従来の計測システムよりも多数の計測点を高精度に、かつその変位を3次元的に捉えるための新しい計測システムの構築を行う。本研究の変位計測システムは、不動点を3点選んで座標軸を固定する最小拘束法によって解析する。ここでは、拘束条件と精度の関係を検証し、さらに一軸圧縮試験を実施し、3次元変位の精度を検証した結果を報告する。

2. 計測法の概要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²⁾)から、その点の3次元的な位置を逆算することができる。これが本研究での計測の基本原理である。

計測の手順を図1に示す。ここで本研究では、被写体3次元座標の計算においては、不動点を3点設置し、その座標を利用して解析を行う最小拘束法を用いる。

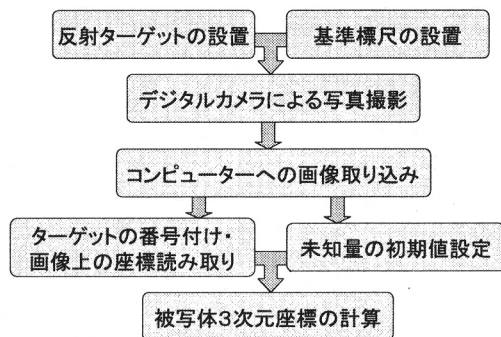


図1 一般的な精密写真測量の手順

3. 室内実験の概要と結果

①室内実験の概要

計測点としてのターゲットは、精度検証の実験が92点(供試体上:30, 台や後ろの壁:62)、一軸圧縮試験の方は57点(供試体上:24, 試験機上:33)。また、既知長さとして基準尺を5本(ターゲット数:20)与えた。カメラはデジタルカメラ Nikon D1(カラー、画素サイズ0.0118mm、画素数2000×1312)を一台だけ使用し、撮影距離1.5mで、さまざまな撮影位置から合計60枚撮影した。その撮影位置および撮影方向を図2に示す。なお供試体には比較的小さな応力で大きな変形をおこす樹脂(ウレタン90度)を用いた。

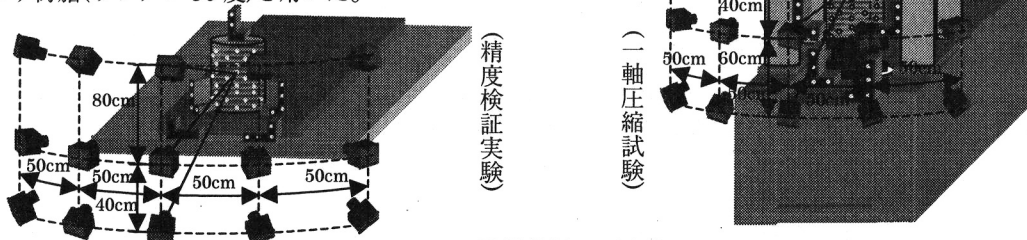


図2 撮影位置及び方向

②実験及び解析結果

A) 精度検証実験

拘束点をいろいろと変えた場合の精度変化の様子と拘束点の位置を図3に示す。この結果からも分かるように拘束点を計測対象に対して広く均一に配置することで精度が向上すると言える。

B) 一軸圧縮試験

本実験においては、変位量の計測値の検証用として、ひずみゲージを図4のように供試体に貼付し、本研究の計測結果と、ひずみゲージによるひずみ量とを比較した。その結果を図5に示す。本研究で計測されたひずみ量は、ひずみゲージによるそれに比べ倍ほど大きくなっている。これは、ひずみゲージの剛性が供試体として用いた樹脂よりも大きかったためと考えられる。実際、試験機に変位の目安として設置していたダイヤルゲージは、軸方向に供試体高さの約0.5%にあたる1.5mmの変形量を示しており、一方ひずみゲージは、その半分にも満たない約0.6~0.7mm程度の変位しか起こしておらず、正確な精度検証は行えなかった。しかし、本実験において計算から求められたシステムの分解能に相当する内的精度は、平均で0.018mmであり、本計測システムは高精度に変位計測が行えるものであるということが実証できた。しかし、今後この計測システムを使って実

際に岩石の変形特性などを調べようとする際には、従来の計測システムとの比較・検証は必要不可欠となると考えられる。ただ本研究で開発した計測システムは、従来のものでは測ることのできなかった3次元的な変位量を計測しようとするものであり、どのような値について比較するかということも含めて、他の計測システムとの比較ということについては今後の大きな課題の一つである。

4. まとめ

本研究では、デジタル画像を利用したコンピュータビジョンの手法を、室内の変形試験の変位計測に利用するための基礎的研究を行った。その結果、計測システムの分解能は、岩石試験などの変位計測手法として十分に利用できるものであるという結論を得た。他の計測システムとの精度の比較は、課題として残ったが、今後高精度のデジタルカメラが安価に提供され、解析の自動化も可能であるということも考慮に入れば、本研究による室内試験用変位計測システムは、将来的に非常に有望な手法であると言える。

参考文献

- 1) 秋元圭一・服部進：画像計測の基礎，岡山職業能力開発短期大学紀要，第11号，1997
- 2) 林訓裕・大西有三・大津宏康・矢野隆夫：岩盤斜面モニタリング技術としての精密写真測量の可能性，第2回最近の地盤計測技術に関するシンポジウム発表論文集，2000

拘束点	内的精度の平均[mm]			
	x座標	y座標	z座標	全座標
100-116-107	0.0091	0.0112	0.0126	0.0111
108-45-115	0.0103	0.0093	0.0138	0.0113
46-116-52	0.0128	0.0116	0.0131	0.0125
31-45-35	0.0172	0.0219	0.0350	0.0258
37-41-38	0.1843	0.2434	0.3912	0.2865

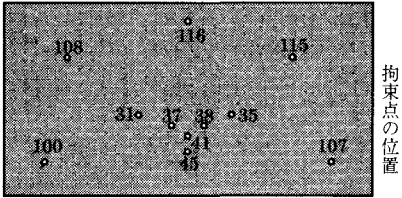


図3 精度検証結果

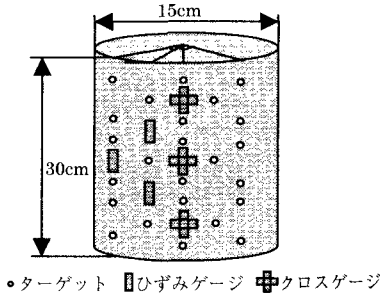


図4 供試体の図

ひずみゲージ		写真測量	
ひずみゲージの番号	ひずみ量 [10 ⁻⁶]	ひずみゲージの面端のターゲット番号	ひずみ量 [10 ⁻⁶]
①	2230	10と11	4806
②	1101	7と16	2734
③	2281	12と13	4890
④	1042	8と17	2713
⑤	2167	14と15	4484
⑥	1170	9と18	2733
⑦	1266	7と8	5023
⑧	1618	8と9	4972
⑨	2004	3と4	5022

図5 ひずみ量の比較