

CS6 CCDカメラを用いた表面移動量観測システムに関する基礎的研究

日本道路公団	正員	中西	規祥
長岡技術科学大学	正員	鳥居	邦夫
同		高田	孝次
同	正員	小川	正二

1 はじめに

現在、斜面や地すべり地等の危険区域で用いられている代表的な表面移動量調査方法としては、

- 1) 標柱による調査
- 2) 伸縮計による調査
- 3) 傾斜計による調査

などが上げられる。

これらの調査方法は、周辺環境の影響を受け、計測方向が限定され、設置に時間を要するものであり、当然メンテナンスや有人観測が必要である。しかも、観測エリアが大きくなれば観測コストも比例して大きくなる。そこで、本研究では、このような問題を解決するためにCCDカメラを用いた三次元測定方法を斜面の表面移動量計測に適用するものである。斜面監視にCCDカメラを用いれば、カメラの視界内に多くの観測点の設置が可能であり、測点の移動量を三次元的に把握ができ、危険区域内の立ち入りを最小限に抑え、無人観測も可能となる。また、画像処理・計算はパーソナルコンピュータで行うため経済的である。

本計測システムが導入されれば、安全かつ作業性の良い斜面監視が行えるものと考えられる。

2 測定原理

測定原理は、計測座標計O-X Yに予め三次元座標の明確な基準点を設置し、基準点の画像データよりカメラの位置と各軸の傾きを空間後方交会により求め、次に測点の画像データに三角測量法を適用することにより座標値を求める方式である。即ち、図1の左側カメラにおいて基準点 P_1 とレンズ中心点 F_L 、画像点 M_L が直線上にあるという共線条件から、カメラの局部座標系原点 C_L の位置と座標軸の傾き γ_L を求める。測点 i の計測座標値を決定するには、図1のように異なる場所から重複して基準点と測点を測定し、上述された方法により2台のカメラの相互関係を確定し、それぞれのカメラ画像値 M_{L1} , M_{R1} に三角測量法を適用することにより測点 i の計測座標値 (X_i, Y_i) を決定する。

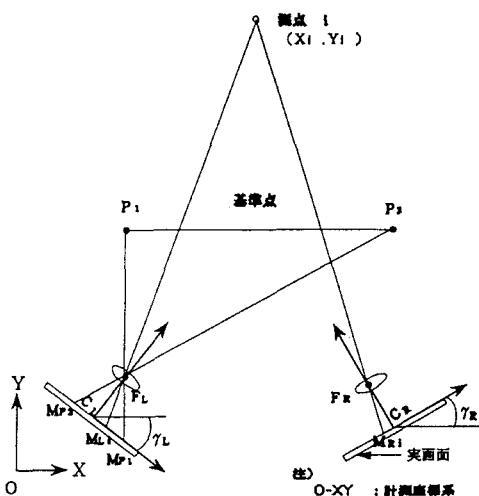


図1 測定原理（二次元モデル）

3 カメラの内部標定要素の検定

カメラを用いて高精度測定を行うにあたっては、カメラの内部標定要素を正確に決定する必要がある。本研究で用いてCCDカメラは、有効画素数41万個を有する一般的なカメラであり検定を行った。検定方法は、単写真標定により行った。ここで対象とした内

部標定要素は、主点のずれ、画面距離、歪曲収差である。検定の結果、主点のずれと画面距離については、 $3\sigma=0.03\sim0.12\text{mm}$ の精度で検定された。歪曲収差の影響は、画像中心から最も遠い位置で3.4%程度影響を受けることが分かった。

4 移動量測定精度の検証

移動量測定精度の検証は、本システムの実用性を確認するために行った。この時の測定精度の検証は、人為的に測点を移動させ、その移動量を本システムがどのように認識するかで検証を行った。図2は、検証を行った実験エリアのレイアウトである。カメラ台A・Bにカメラを固定し、P1～P6に基準点を設け、奥行き方向の40・50・60mの距離に可動の測点を設置し、実験を行った。

5 実験結果

図3～4は、40・60m測定距離における移動量測定の誤差分布である。各測定距離においてもほぼ正規分布の誤差分布を示していることが分かる。測定精度を標準偏差の3倍をもって表すこととすると、測定距離40mにおいては 10.2mm 、60m=14.1mmである。図5は、移動量測定精度(3σ)を各軸方向別に表したものであり、図中の直線は、測定距離におけるCCDセンサ1画素あたりの大きさを示している。この結果より、測定距離にかかわらずCCD1画素あたりの約半分程度の精度で移動量を認識できることを示しており、本システムの有望性を確認することができた。Y方向の測定精度が悪い理由としては、本実験のレイアウトを見ても分かるように基線比が小さいためであり、これは三角測量の原理から自明なことである。

6 結論

- 1) CCDカメラを用いた表面移動量計測システムの有望性を確認できた。
- 2) 移動量測定精度については、測定距離における1画素サイズの半分程度まで認識できることが確認できた。

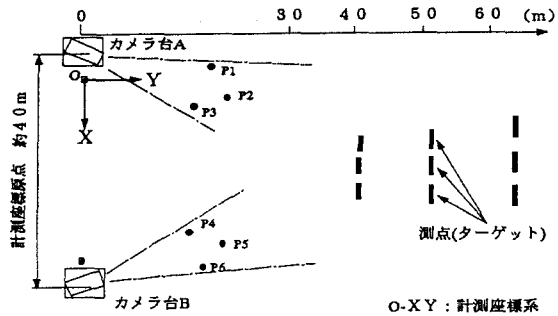


図2 実験エリアレイアウト

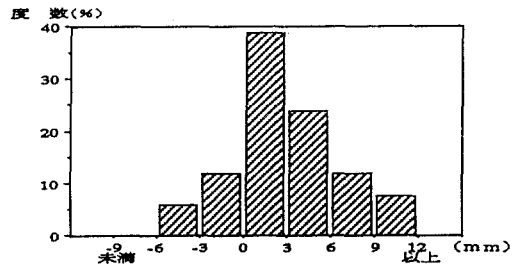


図3 移動量測定誤差分布(40m)

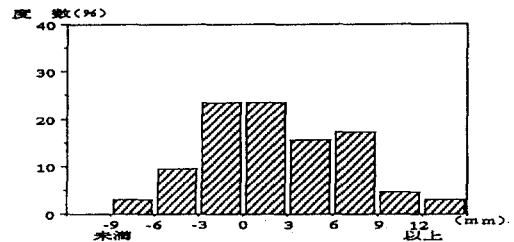


図4 移動量測定誤差分布(60m)

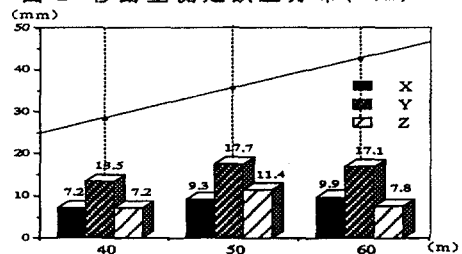


図5 方向別測定精度(3σ)