

地すべり GIS のためのバルーン搭載型 CCD カメラによる三次元計測

光岡操, 野村努, 高木方隆

Three-dimensional Measurement by CCD Camera hanged on Balloon for Landslide GIS

Misao MITSUOKA, Tsutomu NOMURA, Masataka TAKAGI

Abstract: At present, more than 1200 areas are designated landslide prevention zone on Shikoku in Japan. A clear explanation of landslide mechanism has not been made currently. And it is very important to reduce the damage of landslide. GIS is a suitable solution for investigation and synthetic analysis for landslide. The most important information in the GIS is detail topography. Aerial photogrammetry is efficient to acquire topographic information. In this study, a balloon is selected as the platform because of low cost measurement. We succeeded to develop controllable camera mount for the measurement. The results showed the accuracy of the analysis indicate approximately ten centimeters. The acquired image has some blur because of shaking platform by wind. If clear digital image from balloon is obtained, the accuracy will be improved. As a further study, stabilizer of the platform should be developed.

Keywords: デジタル写真測量(digital photogrammetry), 地すべり(landslide), 三次元計測(3D-measurement), バルーン(balloon)

1.はじめに

現在, 四国には地すべり防止区域として 1200 箇所以上が指定されており, 地すべりの特徴を知ることが災害を軽減する上でとても重要とされている. GIS は, そんな地すべりの総合的解析や考察を行うのに, 有効的なシステムとして利用されている¹⁾. しかし, そのためには高い精度のデータが必要となる. 特に, 地形データは各種解析において極めて重要である. したがって, 安価なシステムにより, 多くの地すべり地のデータを取

得し, 地形のデータベースを構築する必要がある.

写真測量は, 地すべりの面的な動きを知る事ができ, 且つコストも安価であるためとても有効な技術として注目されている. そこで, 昨年よりデジタル写真測量を取り上げ計測精度の検証を行ってきた. 昨年行った地上からの写真測量では, 約 20m の撮影距離において, 平均で約 1cm と非常に良い結果となった²⁾. しかし, 地すべり地域では必ずしも地上から撮影できるとは限らず, 良好なカメラ位置の取得が困難である. そこで, 地

すべり地域でも良好なカメラ位置の取得が可能な方法の開発が必要とされる。つまり、空中からの安価な三次元計測が必要とされている。

2.目的

本研究では、バルーンをプラットフォームとして選択した。バルーンは、ラジコンヘリ等に比べ落ちる危険性が無く、航空機に比べコストが安く、凧に比べ浮力が一定であり、クレーンに比べ地すべり地での適応が可能だからである。

まず、CCDカメラを搭載するための制御可能なマウントの開発が必要となる。最終的にバルーンにCCDカメラを搭載し、計測精度の検証を行う。要求精度は、地形解析で1m以内、地すべりの監視で数cm以内とする。

3.製作したプラットフォーム

上空では、どうしても風の影響を受けてしまう。そのため、本研究で開発したプラットフォーム(図-1)では、風やロープのねじれなどにより起こり得る回転をジャイロセンサーにより制御を行った。また、どこを撮影するのかわかるように無線機で画像を送信することにより撮影場所の把握を行う。CCDカメラのシャッターはサーボにより押すものとした。

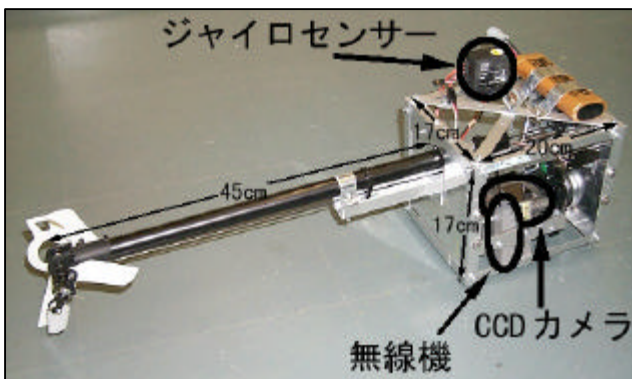


図-1 プラットフォーム

なお、ジャイロセンサーとは、別名自律航法ユニットと言い、独力で方向を測位するシステムの総称である。今回は地物を撮影するためプラットフォームの姿勢を安定させるために使用した。風

などによりテール部分が回転しようとしても、センサーが反応して元の位置を維持しようとするものである。

4.手法

まず、対空標識を設け、バルーンに搭載したCCDカメラにより撮影する。その撮影した画像を数枚使用し、市販の写真測量用ソフトウェアによりそれぞれの画像において対応点を選択する。数個の対応点は、コントロールポイント(基準点)としてGPS及びトータルステーションにより計測した三次元座標を与えた。他の対応点については、三次元座標の値を導き、検証点として利用した。図-2は、本実験における対象物とカメラの位置関係を三次元的に表現したものである。

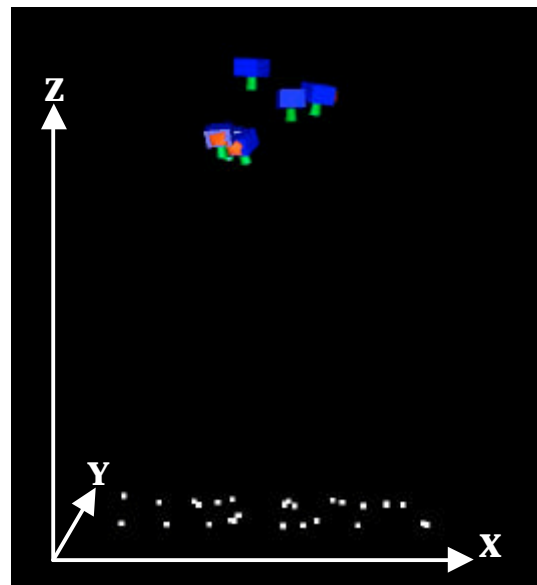


図-2 対象物とカメラの位置

5.計測結果

図-3, 4, 5は、今回のバルーンでの計測結果の誤差を撮影距離とカメラのなす角度ごとに示したものである。撮影した画像2枚を一組として、X, Y, Z軸方向それぞれに全15通りの結果をプロットした。図-3, 4, 5にプロットされている点の形は、それぞれのカメラ位置から地物までの距離それぞれにおける誤差を表している。実線及び破線は、カメラから地物までの距離(20m,

25m, 30m)それぞれについて,空間分解能に伴う推定誤差量をシミュレーションにより示したものである(図-6).今回バルーンは約25~30mの高さに上げたので誤差はX,Y軸方向で約1cmと予想されたが,実際には,X軸方向で約5cm,Y軸方向で約12cmとなった.Z軸方向では,推定誤差量の線付近に分布しているため誤差量は少ないと予想されたが,実際には約8cmの誤差となり,XとY同様悪い結果となった.

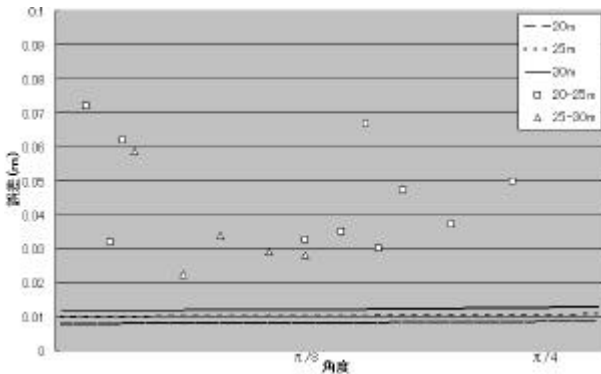


図-3 X軸方向におけるカメラ位置のなす角度と誤差の関係

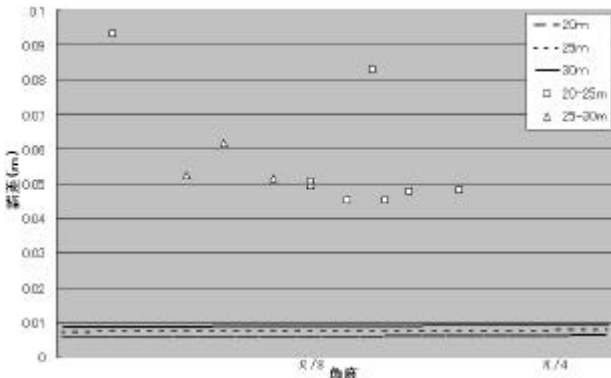


図-4 Y軸方向におけるカメラ位置のなす角度と誤差の関係

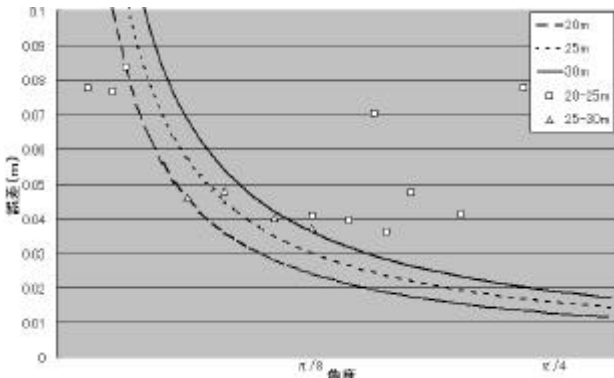
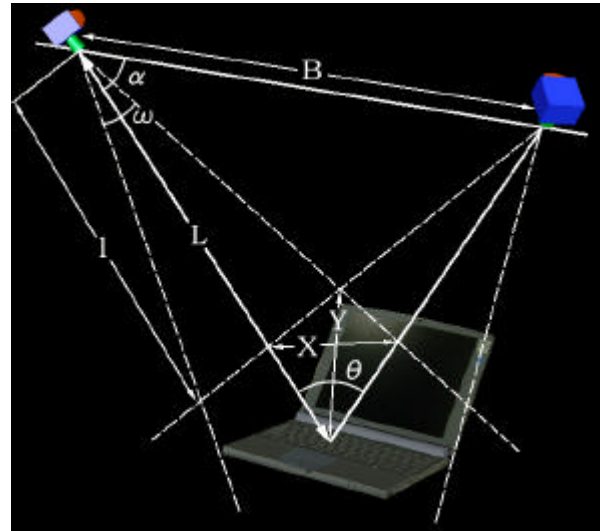


図-5 Z軸方向におけるカメラ位置のなす角度と誤差の関係



L =カメラから対象物までの距離(m)

α =カメラの空間分解能(rad)

ω =カメラ位置のなす角度(rad)

$B = 2 \times L \times \cos(\omega/2)$

$X = B/2 \times \{ \tan(\omega/2 + \alpha/2) - \tan(\omega/2 - \alpha/2) \}$

$l = B \times \sin(\omega/2) / \sin(\omega - 2 \times \alpha)$

$X = B - 2 \times l \times \cos(\omega/2)$

図-6 推定誤差量の求め方

6.考察

今回のシステムにより得られた三次元座標の誤差発生要因として次のことが考えられる.以前行った地上での写真測量ではCCDカメラを三脚に固定して行ったが,今回はバルーンを使用した.バルーンは不安定なため,プラットフォーム自体に風やモーターの振動によって揺れが生じてしまった(図-7).そのため撮影した画像にはブレが生じた.そのブレにより精密な対応点の取得が困難であったために大きな誤差が発生したと考えられる.



図-7 ブレ

本研究の目標精度は、地形解析において1m以内、地すべりの監視において数cm以内とした。しかし、今回の解析結果は、地形解析には対応できるとは思われるが、地すべりの監視としてはY軸方向で10cm以上の誤差が出てしまったため、要求精度を満たさない結果となった。

また、解析には出来るだけブレの少ない画像を使用して行ったが、モーターの振動による目視では確認しづらいブレも存在し、解析に大きな影響を与えた。

7.まとめ

図-8は昨年行われたデジタル写真測量の三次元モデルである。撮影時はカメラを三脚に固定して行ったため、誤差は約数cmと良いものであった。これだけの少ない誤差であれば、要求精度をクリアしているため、地すべりの監視をするには十分な精度である。



図-8 大豊地すべりの三次元モデル

今回は、バルーンによる良好なカメラ位置の取得を試みたが、風によりどうしてもバルーンに抵抗が加わるためプラットフォームに揺れが生じてしまった。したがって、画像にはブレが生じてしまい、精密に対応点を取ることが困難であった。そこで、今後の課題として、ブレの無い画像の取得のために、シャッタースピードを上げることやプラットフォームの免震化などが挙げられる。また、精密な対応点の取得のために、画像の補正やステレオマッチングについても検討しなければならない。

8.参考文献

- 1) 元久慎哉・高木方隆,「リモートセンシングとGISによる地すべり防止区域の土地被覆解析」,[157-160P],地理情報システム学会講演論文集2000
- 2) 野村努・高木方隆,「デジタル写真測量による地すべり地の3次元移動追跡への適用可能性」,[287-290P],日本写真測量学会平成12年度秋季学術講演会発表論文集2000
- 3) 村井俊治,「空間情報工学」,社団法人日本測量協会