

# 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

高知工科大学 野村 努  
高木 方隆

## 1.はじめに

地すべり発生メカニズムは複雑で未解明の部分が多い。そのため、地すべりの監視は災害の発生を事前に防ぐために非常に重要である。現在、地すべりの監視は伸縮計や坑内傾斜計などを用いて行われている。伸縮計は、地すべりの動きを点間の距離でしか計測することができないため、地すべりの面的な動きの特性や規模を知ることが困難である。坑内傾斜計は、地中内部の動きをとらえることが出来るが、地表面の動きを捕らえることには適していない。しかし、デジタル写真測量は、短期間に面的計測を行うことが可能であり、地すべり土塊と不動土塊を含めた3次元地形モデルの作成を行うことで、地すべりの面的な動きの特性や規模を知ることが可能である。それらを知ることは地すべりの危険予測及び対策工法の検討を行う上で非常に重要である。

一方、近年民生用デジタルカメラは、急速に低コスト化、高性能化が進んでいる。また、写真測量用のソフトウェアも安価で入手でき、デジタル写真測量も低コストな計測技術として注目を集めている。ところで近接写真測量は、一般にカメラ位置と撮影対象のなす角度が90°に近いほど精度が良い。また、理想的なカメラ位置は、撮影対象を中心に円を描くように数点を配置することとされている。しかしながら地すべり地を対象とした場合には、そのようなカメラ位置をとる事が困難である。本研究は、432万画素の民生用のデジタルカメラと市販の写真測量用ソフトウェアを使用して地すべり地の3次元地形モデルを作成し、地すべりの3次元移動追跡の適用可能性について検討を行った。

## 2.精度検証

### 2-1.使用カメラ

撮影は民生用デジタルカメラを使用し、キャリブレーションは市販写真測量用ソフトウェア同梱のキャリブレーションソフトで行った。

表1 カメラ情報

CCD総画素数	432万画素 (2400×1800)
焦点距離 (広角設定)	8.2979mm
CCDサイズ	7.5239×5.6500mm
中心点	3.8071×2.9107mm

### 2-2.検証手法

まず、GPSとトータルステーションを用いて基準点と検証点の計測を行った。図1は基準点、検証点、カメラ位置の位置図である。カメラ位置は約5m間隔で8点用意し、それぞれのカメラ位置から基準点及び検証点の撮影を行った。解析は、2シーン一組で行い、全28通りの結果を得た。

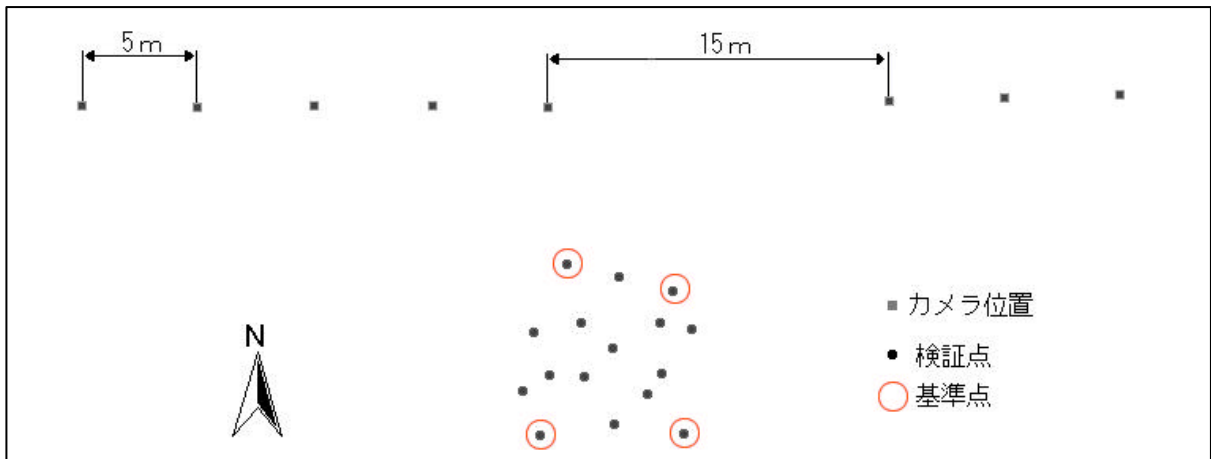


図1 基準点、検証点、カメラ位置の位置図

### 2-3. 検証結果

今回使用したデジタルカメラの空間分解能で、発生しうる誤差をシミュレーションによってグラフ化した。図2、図3における曲線は、対象までの距離ごとにカメラ位置のなす角度による誤差の関係を表わしたものであり、図4により求められる。また、グラフ上の各点は実験で得た結果をプロットしたものであり、点の大きさによって対象までの距離を表わしている。X軸方向(図2)においては、プロットした点が各距離ごとのシミュレーションによる誤差以内であった点が28点中21点であり、全体で1cm程度の誤差であった。Y軸方向(図3)においては、曲線の誤差以内であった点は、28点中10点のみであった。Y軸方向で誤差が大きかった原因は、市販の写真測量用ソフトウェアの内部計算法を知る事ができず不明である。

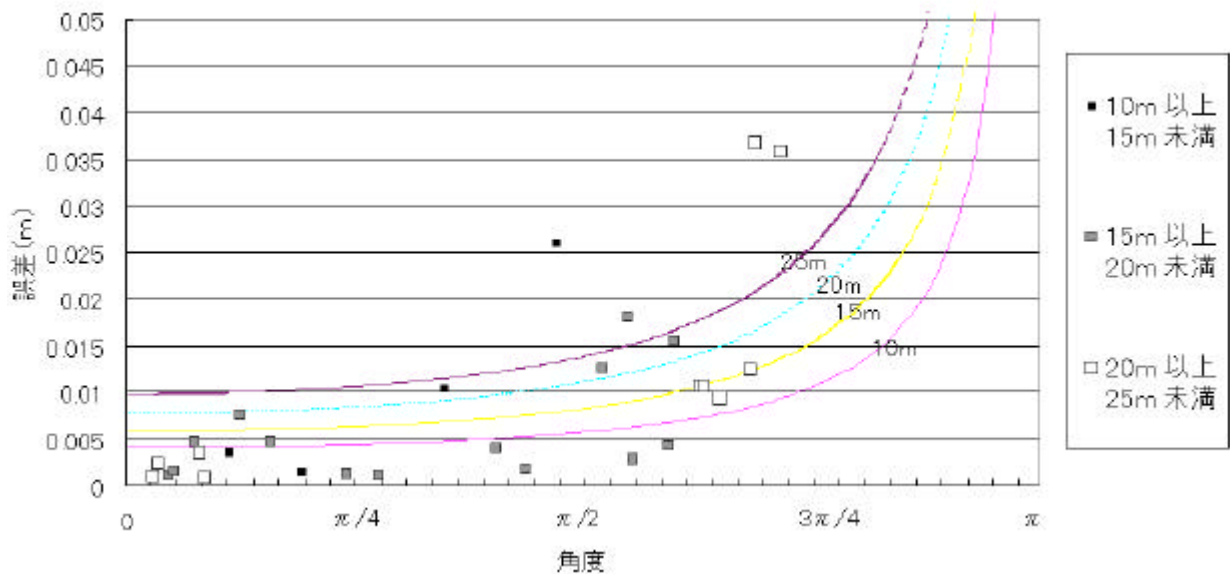


図2 X軸におけるカメラ位置のなす角度と誤差の関係

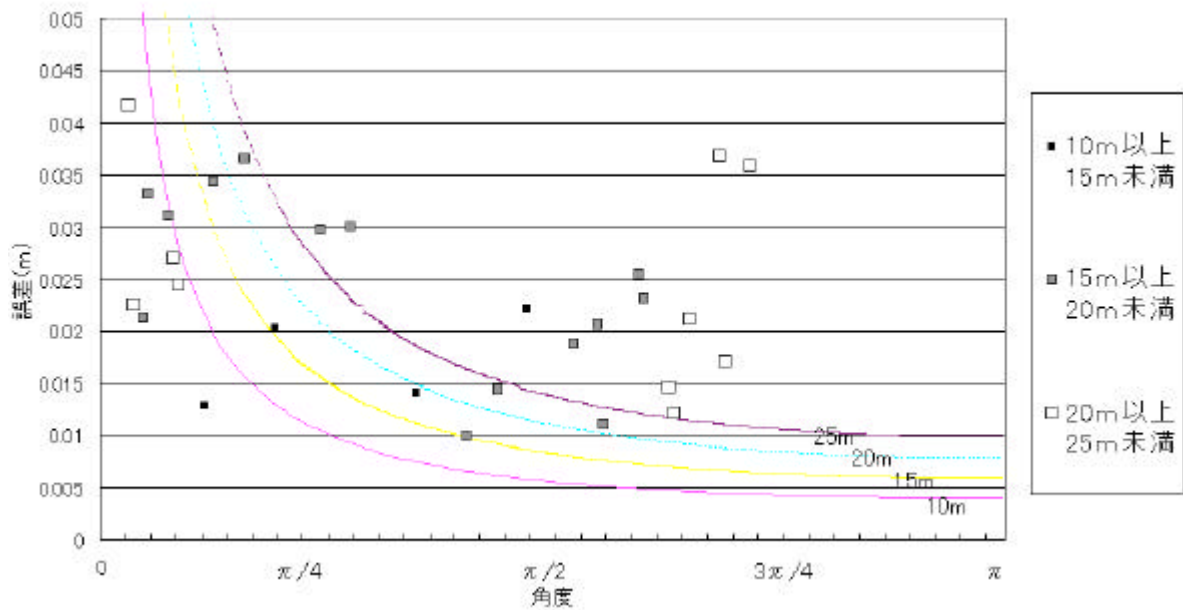


図3 Y軸におけるカメラ位置のなす角度と誤差の関係

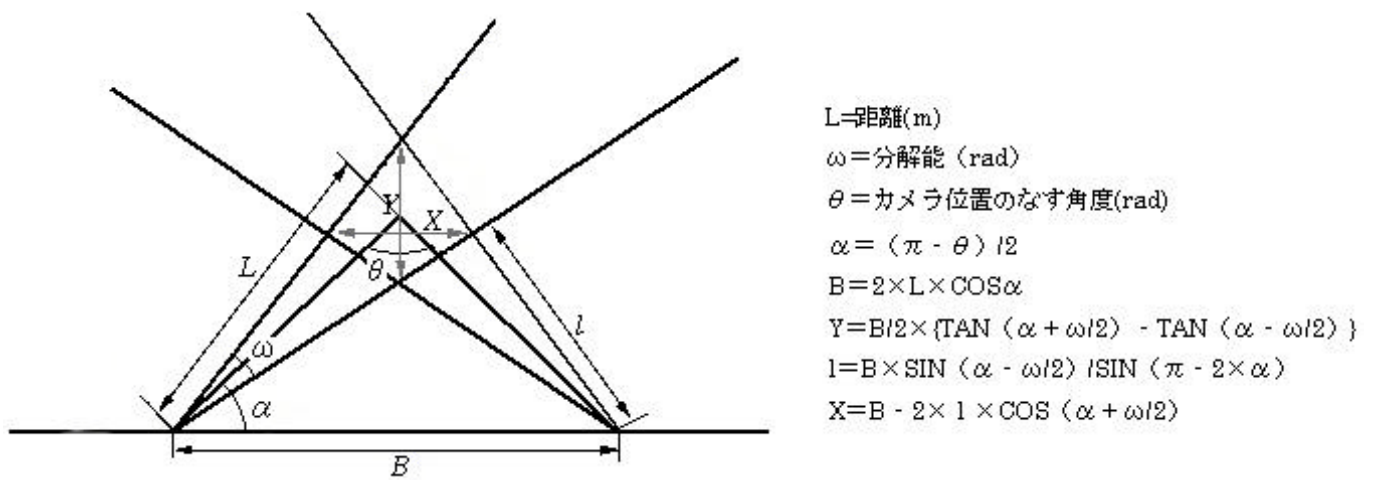


図4 発生しうる誤差の模式図

### 3.地すべり観測への適用

本研究では、高知県大豊町にある地すべり地防止区域（西上組地区）の3次元地形モデルを作成し3次元移動追跡への適用を行った。この地すべり地は、農地で植林がほとんどない場所であり、GPS及びトータルステーションでの計測も容易である。また、地すべり地を挟んで左右両方に丘が存在し、カメラの設置に適している。図5は、地すべり地の現況であり、破線は地すべり土塊と不動土塊の境を表わしている。



図5 地すべり地の現況

### 3-1.モデリング手順

GPS とトータルステーションを用いて基準点と検証点の計測を行った。図 6 は地すべり地の基準点、検証点、カメラ位置の位置図である。3 点のカメラ位置からそれぞれ撮影を行った。まず、基準点を用いて外部標定要素を求めた。次に、対応点を目視によって抽出し、3 次元地形モデルの作成を行った。

### 3-2.モデリング結果

図 7 は、作成した 3 次元地形モデルである。基準点及び検証点は、4 c m 程度の誤差で解析を行うことが出来た。しかし、場所によって Y 軸方向に 10 c m 程度の誤差を含む場所が存在する。とくに対応点の抽出が困難だった場所では、X 軸、Y 軸あるいは Z 軸方向に 10 c m 以上の誤差を含んでいる点が存在すると予想される。

### 4.考察

本研究で作成した 3 次元地形モデルの誤差発生要因として次のことが考えられる。地すべり地の規模が大きく、カメラ位置と地すべり地の距離が大きくなることで、空間分解能の誤差が大きくなり 10cm 程度の誤差を発生していると思われる。この結果から、本研究で作成した 3 次元地形モデルは安全側で見積もって 10 c m 以上の動きであれば捉える事が可能である。また、精度検証結果から同じ地すべり地であってもカメラ位置を変えることにより対象までの距離及びカメラ位置のなす角度が変化することから、良好なカメラ位置で撮影することで 10 c m 以内の地すべりの動きを捉えることも可能である。実際に地すべり地の 3 次元地形モデルの作成を行い誤差は 4 c m 程度と良好であった。

今回の研究では、地すべりの動きを捉える事ができなかったが、今後もデジタル写真測量による地すべり地の 3 次元移動追跡を行いたい。

### 参考文献

- 1) 「測量」編集委員会・編,高性能化するデジタルカメラと計測への応用, 日本測量協会,「測量」p13,2000.6
- 2) 武井有恒,地すべり・崩壊・土石流 予防と対策,鹿島出版社
- 3) 村井俊治,空間情報工学,社団法人日本測量協会

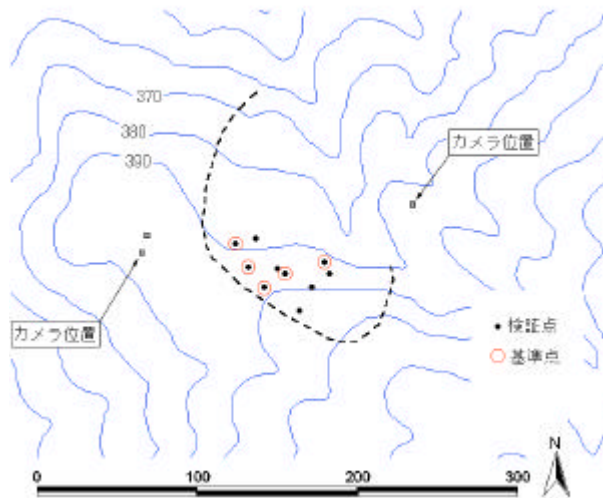


図 6 基準点、検証点、カメラ位置の位置図

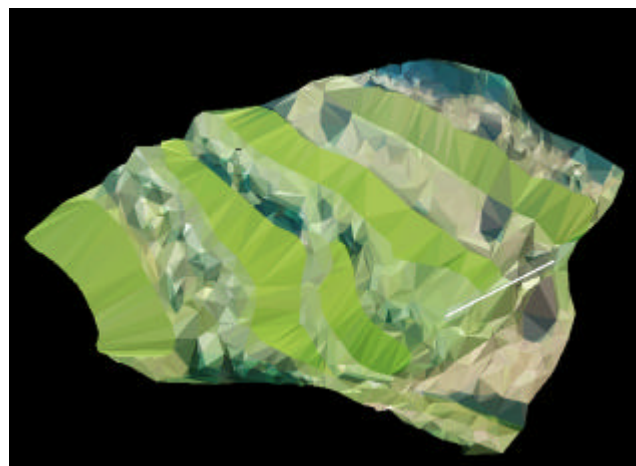


図 7 3次元地形モデル