

# ラジコンヘリコプターからの地形 形状計測の精度についての検討

(独) 土木研究所寒地土木研究所寒地機械技術チーム ○山崎 貴志  
国島 英樹  
堀田 歩

斜面崩落災害が発生した場合、迅速な災害復旧対策を行うためにも崩落量は重要な災害情報の一つであるが、道路が分断され観測方向が限られる状況等では崩落量の算出が難しい場合がある。本検討は、比較的自由的な位置より観測を行うことができるラジコンヘリコプターからの各種計測方式（3次元写真計測、レーザースキャニング）の精度について、地上からの計測との比較を行うことで検証した。

キーワード：災害情報、ラジコンヘリコプター、3次元写真計測、レーザースキャニング、精度

## 1. まえがき

斜面崩落災害が発生した場合、迅速な災害復旧対策を行うためにも崩落量は重要な災害情報の一つであるが、斜面崩落により道路が分断されるなど観測方向が限られ、崩落箇所の全体像を把握できない状況もある。このような状況では迅速な崩落量の算出は難しく、2次災害の危険があり現場に近づくことができない状況などでは崩落量の算出はさらに困難となる。

本検討では、地上においては計測方向が限られている場合でも、空中の比較的自由的な位置より計測を行うことができるラジコンヘリコプターを計測のプラットフォームとし、3次元写真計測とレーザースキャニングについて、空中移動体という不安定なプラットフォームからの計測の精度が崩落量算出に対して十分なものか、地上設置型のレーザースキャナからの計測結果との比較を行うことで検証した。

## 2. 計測機器・計測方式

### (1) ラジコンヘリコプター

今回の計測のプラットフォームであるラジコンヘリコプターは、北海道開発局石狩川開発建設部の協力を得て、小形無人ヘリコプター（写真-1）を使用した。本機は農薬散布用などで広く普及している産業用無人ヘリコプターYAMAHA製RMAXに自律航行装置が搭載されたものとなっており、GPSにより機体の位置を把握しながら地上のPC画面上で飛行ルートを指示することができる

ため、操縦士の技量の差によらず、精度の良い安定した飛行が行える。また、機体に搭載したCCDカメラで撮影した映像を無線により地上のPC画面上に表示することができる。これらの機能により、操作位置から直接目視できない位置への飛行も可能となっている。



写真-1 ラジコンヘリコプター

### (2) 3次元写真計測

3次元写真計測はステレオ写真計測とも呼ばれ、計測方法には種々の方法があるが、今回の計測では、1台のカメラで撮影された複数枚の写真から3次元モデルを作成する方法を用いた。ラジコンヘリコプターの防振架台上に設置され、ズーム・フォーカスが固定されたデジタルカメラ（Nikon COOLPIX5700、500万画素）により撮影した写真を用いて、計測用ソフトウェア（クラボウ社製「クラヴェス」）により3次元モデルを作成し、計測を行った。作成された3次元モデルにはスケールが無く、モデルにスケールを与えるためには作成された3次元モデル内に長さが既知のものが存在しなければならないが、今回の計測では写真上の代表点3点にレーザースキャニングにより得られた座標値を入力することによりスケールを与えた。

### (3) レーザースキャナ

レーザースキャナとは、機器から発射したレーザーが計測対象に反射して帰ってくる時間から計測対象までの距離を計測し、そのときのレーザーの角度情報と合わせることで、計測対象の3次元形状を計測する機器である。

今回の計測で使用した地上設置型レーザースキャナは、計測速度1800点/秒、計測座標精度±6mm（計測距離50m以内）の仕様を持つLeicaGeosystems社製HDS3000とした。

レーザースキャナを移動体に設置して3次元データを取得するためには、レーザースキャナの位置と向きの情報をGPSやIMUなどによりリアルタイムに得た上でスキャンングデータと同期させるシステムが必要である。このシステムを、ラジコンヘリコプターに搭載可能なほど小型軽量化したシステムがSkEyeS Unlimited社製MP-1であり、これを今回の計測に使用した。（写真-2）



写真-2 ラジコンヘリ搭載レーザースキャナ

## 2. 計測結果

### (1) 計測対象

本検討での計測対象は、写真-3に示す幅約50m、高さ約7mの斜面とした。



写真-3 計測対象斜面

### (2) 3次元写真計測

ラジコンヘリコプターから計測対象斜面を撮影した写真2枚を用いて、代表点数4347点（高密度）と317点（低密度）の2種類の3次元モデルを作成した。（図-1、図-2）

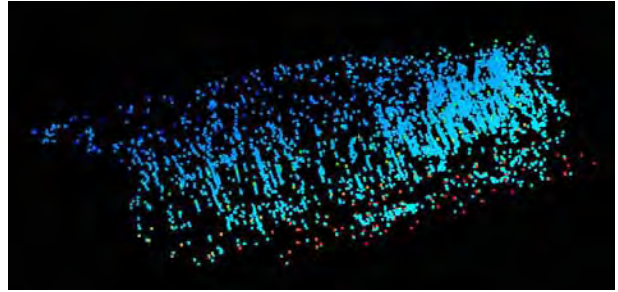


図-1 3次元モデル（高密度：代表点数4347点）

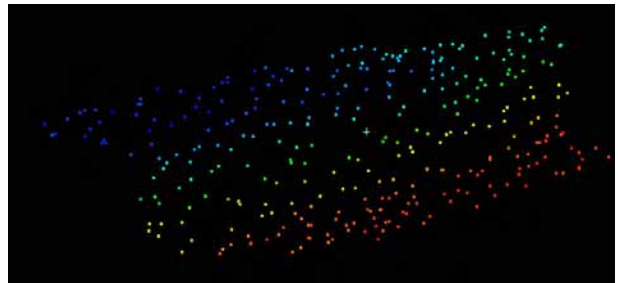


図-2 3次元モデル（低密度：代表点数317点）

### (3) レーザースキャンング（ラジコンヘリ搭載型）

ラジコンヘリコプターからのレーザースキャンングでは、計測対象斜面に対して条件の良い位置からの計測が行えるため、死角となる部分が発生しにくく、計測点を計測対象斜面全体にほぼ均一に分布させることができる。（図-3）計測点の密度が低くなっている部分があるが、これは植生の影響により地表面を計測できなかったためである。

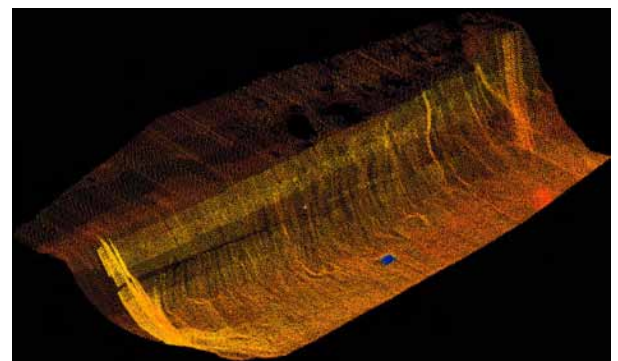


図-3 レーザースキャンングデータ（ラジコンヘリ搭載型）

### (4) レーザースキャンング（地上設置型）

地上からのレーザースキャンングにおいては、1箇所からの計測では死角となる部分が発生し計測対象斜面全

体を計測することができないため、4箇所からの計測結果を地上に設置したターゲットを基準点として重ね合わせた。(図-4) ラジコンヘリからのレーザースキャニングと異なり、レーザースキャナの死角になる部分や計測レーザーの角度が浅くなる部分があるため、計測点の密度が低くなっている部分がある。また、斜面凹凸の陰影が明確に出ており斜面形状は把握しやすいが、オーバーハング等がある場合にはその影になる部分は計測できないということでもある。

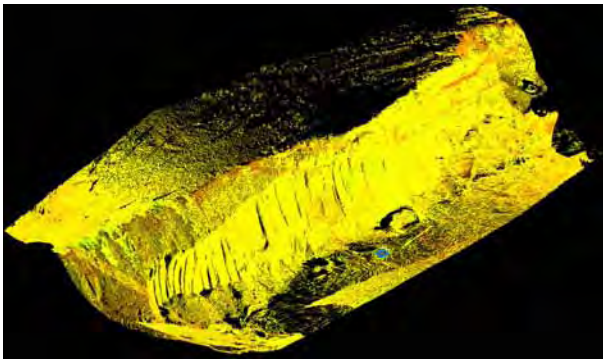


図-4 レーザースキャニングデータ (地上設置型)

### 3. 計測結果比較

#### (1) 計測点比較

斜面手前に置いた看板の部分について、地上からのレーザースキャニングとラジコンヘリからのレーザースキャニングにより得られた計測点を、看板表面に対して横から見た図を図-5に示す。地上からのレーザースキャニングでは計測対象の看板表面に対して計測点のばらつきは1cm程度であるのに対して、ラジコンヘリからのレーザースキャニングではばらつきは10cm程度となりばらつきが大きい。これは、ラジコンヘリからのレーザースキャニングでは、レーザースキャナ自体の誤差の他にGPSの精度に起因する位置誤差やIMUの精度に起因する姿勢誤差などが含まれるためと考えられる。しかし、以降の項での結果を見る限り計測結果への悪影響は少ないと考えられる。

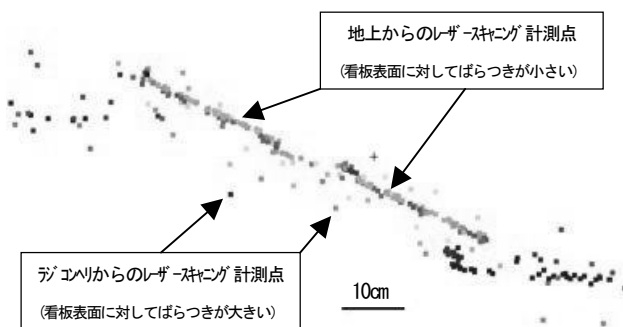


図-5 計測点比較

#### (2) 斜面形状比較

地上からのレーザースキャニング結果より作成した斜面平面図を図-6に示す。なお、図-6内の3次元写真計測モデリング範囲とは、3次元写真計測により作成した3次元モデルの範囲である。

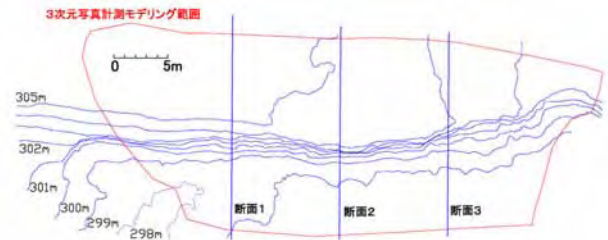


図-6 斜面平面図

また、地上からのレーザースキャニング結果、ラジコンヘリからのレーザースキャニング結果、3次元写真計測により作成した3次元モデル(高密度、低密度)を重ね合わせた状態での、図-6に示す断面線における断面を図-7に、標高300mおよび303mにおける水平断面を図-8に示す。

図-7より、地上からのレーザースキャニングとラジコンヘリからのレーザースキャニングとの比較においては、断面2の斜面下端付近で最大20cm程度の誤差が見られる。また、断面2の上段面では断面形状に差異が見られる。これらは地上からのレーザースキャニングでは死角等となり計測点がほとんどない場所であるため、ラジコンヘリからのレーザースキャニングの方が現況を良く表現している結果となっている。これ以外の場所においては、部分的に10cm程度の誤差はあるものの計測結果は良く一致している。

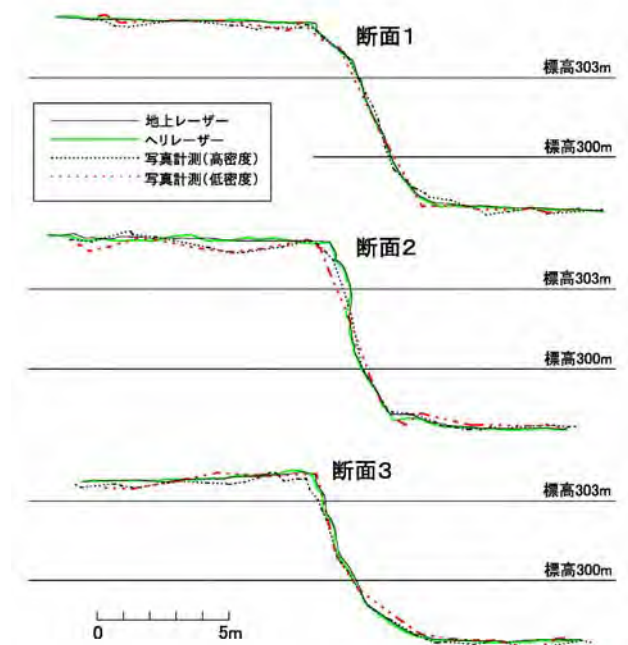


図-7 斜面垂直断面比較

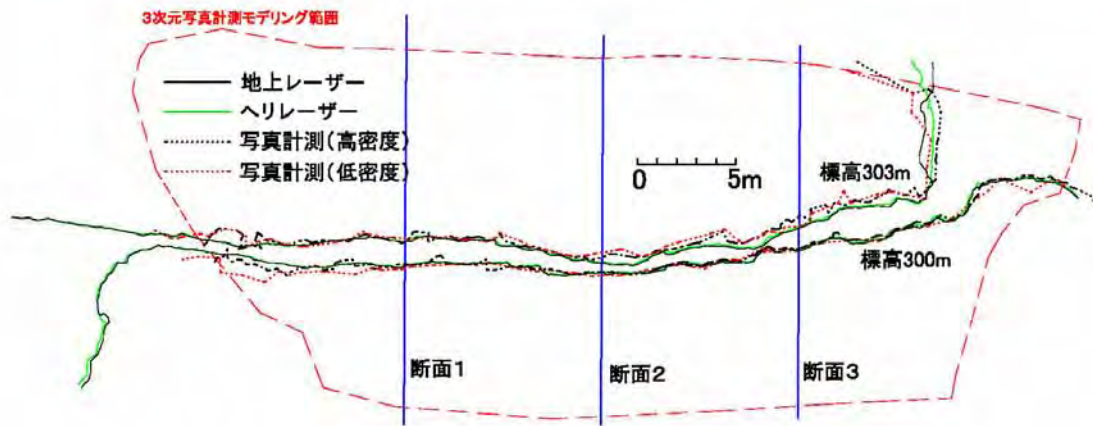


図-8 斜面水平断面比較

地上からのレーザースキャニングと3次元写真計測との比較においては、部分的に最大50cm程度の誤差が見られるが、斜面の大まかな形状把握は十分に行える。

図-8より、地上からのレーザースキャニングとラジコンヘリからのレーザースキャニングとの比較においては、部分的に最大1m程度の誤差が見られるが、これらの場所は斜面勾配が小さいために見た目の誤差が大きく表現されているためである。それ以外の部分では計測結果は非常に良く一致している。

地上からのレーザースキャニングと3次元写真計測との比較においては、斜面形状を表現する代表点数がレーザースキャニングに比べて少ない3次元写真計測であっても、全体的な斜面形状は良く表現している。さらに、代表点数を10分の1以下にした低密度モデルであっても、高密度モデルとの明確な差異は見られない。

### (3) 体積比較

各計測結果よりそれぞれ体積を算出した。体積算出範囲については、平面的には3次元写真計測のモデリング範囲とし、標高297.8mを算出基準面とした。体積算出結果を表-1に示す。

表-1 体積比較

計測方式	体積 (m <sup>3</sup> )
地上からのレーザースキャニング	3143
ラジコンヘリからのレーザースキャニング	3137
3次元写真計測 (高密度)	3137
3次元写真計測 (低密度)	3132

結果としては非常に精度の良い結果となっている。原理的に精度においては不利と考えられた3次元写真計測においてもラジコンヘリからのレーザースキャニングと変わらない結果が得られ、さらに、低密度のモデルであっても高密度モデルとの明確な差異は見られない。

## 4. まとめ

Takashi Yamazaki, Hideki Kunishima, Ayumi Horita

ラジコンヘリコプターからのレーザースキャニングでは、計測点のばらつきにより、精度的には地上からのレーザースキャニングに及ばないが、災害時の緊急的な用途においては十分な精度があることを確認できた。

3次元写真計測では、計測の原理上、地形の詳細な形状を表現することは困難であるが、地形の全体像の把握や体積の算出には十分な精度があることを確認できた。また、代表点数を10分の1以下にした低密度モデルであっても、高密度モデルとの明確な差異は見られなかったことから、代表点数を減らすことによる計測時間の短縮を望める結果となっている。

## 5. おわりに

3次元写真計測では、ぶれの少ない鮮明な写真を用いることが精度の向上につながるため以下の点に注意が必要である。

ラジコンヘリコプターからの写真撮影においては、デジタルカメラは防振架台に設置されているものの、機体の振動の影響を受ける。この対策としてはデジタルカメラのシャッタースピードを上げることが有効であるが、撮影状況によっては撮影された写真が光量不足により暗くなってしまう、計測に使用できなくなる恐れがある。なお、同条件で撮影された写真であっても撮影のタイミングにより、振動の影響に差が出るため、同一位置から複数枚の撮影を行うことが必要である。

3次元写真計測における3次元モデルの作成においてはモデル作成者の経験・技量等の個人差が出るが、今回の検討ではモデル作成未経験者が作成を行ったため、最低でも今回程度の結果は得られると思われる。経験を積んだ者が行えばより精度の高いモデルを作成することも可能と思われる。今回の計測ではモデル作成にかなりの時間を要したが、ソウトウェアの操作に慣れれば1時間程度で今回の低密度モデル程度の作成は可能と思われる。