

航空レーザ測量による 高精度 3次元地形データを 利用した地形の判読



(株) ウエスコ 平川 武

はじめに

山地斜面の地質調査において基本となる技術は、地形判読と地表地質踏査である。これは、筆者が20年以上も前に大学で教えられたことであり、現在でも変わらない真理である。この分野の技術の向上は、各々の技術の研鑽によるものであり、地質調査を始めたばかりの頃の私にとって、先輩技術者の技術は明らかに別次元のものであった。

しかし、近年の3次元測量技術の進歩によって、地形判読技術の一部は簡単に埋めることができるようになったのではと感じることがある。その技術を用いた平面図は、あたかも樹木に覆われた山地斜面を透視したようであり、過去の災害の痕跡や現在の斜面の安定度をそのまま表現している。

3次元測量では、航空レーザ測量・航空写真測量・3Dスキャナなど公共測量で用いられる測量技術のほかに、このところ社会的認知度が向上した無人飛行装置（ドローンやUAVと呼ばれる複数枚の回転翼を備えたラジコン機）による写真測量がある。今回は、航空レーザ測量による地形データを利用した地形判読について話を進める。

1. 航空レーザ測量で取得する地形情報

(1) 航空レーザ測量とは

我々地質調査技術者が用いる地形データは、通常航空写真測量で取得した等高線図と空中写真によるものであり、山地部では、写真で計測した樹木の上面の形状から地形形状を再現する。一方、航空レーザ測量は、地表に向けて発振したレーザの反射波を測定し、その反射波が返ってくるまでの時間から対象物の位置を測定している。樹木の生い茂る山地部では、反射波は1回の発振につき通常複数の反射波が返ってくる。そこで、最も遅く帰ってきた反射波（＝ラストパルス）を地表面に当たったものとして、これのみを抽出して地形データを作成する。（図1参照）

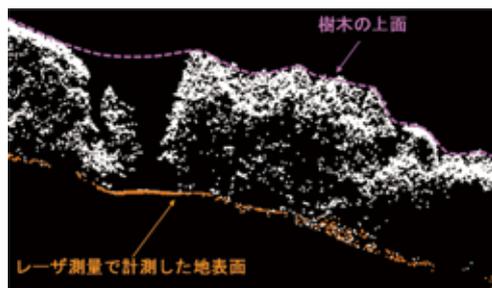


図1 ラストパルスの説明図

注) ラストパルスの点を橙色で示す。白色の点はラストパルス以外の点を示す。

(2) 航空写真測量成果との違い

図2のように樹木に覆われた山地斜面を例として、航空写真測量と航空レーザ測量の違いを説明する。以下に示す図2～図5は同一斜面である。

航空写真測量技術で作成した等高線図を図3に示す。この図では、斜面全体に崖が分布し、凹凸の著しい斜面となっている。

次に、図4に航空レーザ測量技術で取得した3次元地形データより作成した等高線図を示す。図3と異なり、崖の分布は一部に留まり、崖錐性堆積物が広く分布するような崩壊斜面であることがわかる。

(3) 傾斜量による地形表現

3次元地形データより斜面の傾斜角度を色調で表現する手法も用いられる。図5は急角度の斜面を黒、緩い斜面を白で表現したものである。これは傾斜量図と称される表現手法である。

この表現の地形図は、あたかも樹木を伐採した後をモノクロ写真で撮影したような精細で立体的なものとなる。

傾斜量図は、地形変化をイメージしやすい表現手法であり、かつ従来手法よりも精細に地形変化が表現されているので、地形判読に適している。

なお、傾斜量図は航空レーザ測量を行わなくても、3次元メッシュデータ（国土地理院公開の5mメッシュ程度）より作成可能

であるが、作成には専用の処理ソフトが必要である。

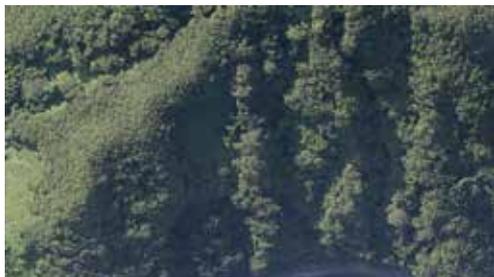


図2 樹木に覆われた山地斜面の一例

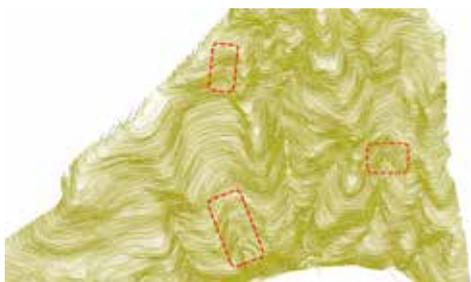


図3 航空写真測量による等高線図



図4 航空レーザ測量による等高線図

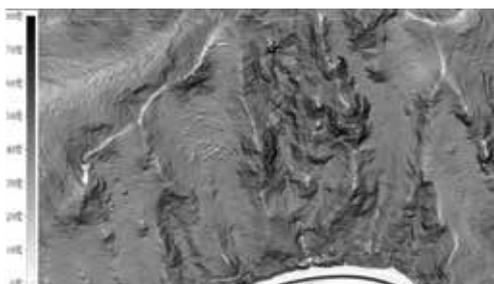


図5 傾斜量図

2. 傾斜量図の判読事例

傾斜量図を用いた地形判読の事例を示しながら、順に説明を加える。

(1) 表土層の状況

図6では表土の有無や荒廃の状況が現れた地形を読み取ることができる。表土層が発達した箇所では、下草が繁茂している。このような箇所では、地表面だけでなく下草からの反射波もラストパルスとなるので、ややざらざらした地形表現となる。

一方、尾根筋などの表土層が薄い箇所では、下草が少ないため、地表面のみの反射波となるので、地表面の表現は滑らかなものとなる。

また崩壊土砂が堆積する箇所は、その中間的な凹凸表現となっている。

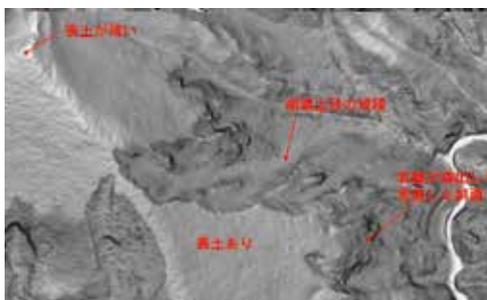


図6 表土の有無や荒廃の状況が現れた地形

(2) 表層崩壊斜面

表層崩壊の地形は非常に明瞭に表現される。図7の斜面は、図中央の尾根筋の左右斜面において、繰り返し表層崩壊を生じている状況を判読できる。

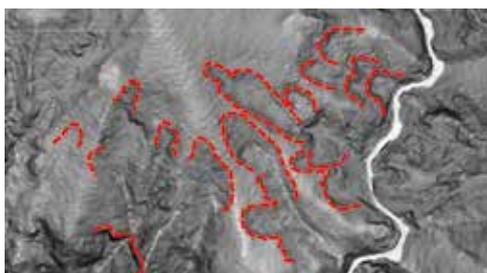


図7 表層崩壊地形

(3) 落石斜面

崖は急角度を示す黒色に表現されるので(図8では黄土色に着色している)、その

形状や位置を容易に判読できる。さらに、崖の下方斜面には転石を含む堆積土砂の分布する斜面（赤破線で囲んだ範囲）も判読できる。

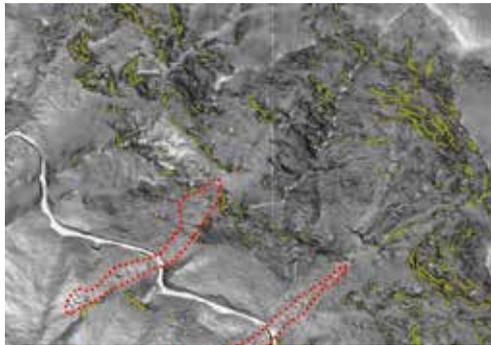


図8 落石の多い斜面地形

(4) 土石流地形

図9では急峻な斜面の表層崩壊地形と共に崩壊土砂の移動に伴って削剥された細長い凹地形と末端の扇状の土砂堆積地形を読み取ることができる。これらの地形は土石流の発生箇所で見られるものである。

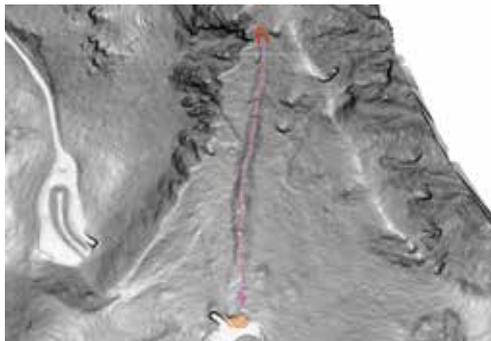


図9 土石流的な崩壊-移動-堆積地形

(5) 地すべり

表層崩壊と同じく地すべり地形の判読は容易である。特に図10に示すように滑落崖や地表面の亀裂が明瞭に表現されていることが多い。さらに、地すべり初期段階の引張亀裂のみの状況であっても、地すべりブロックを判読できる。

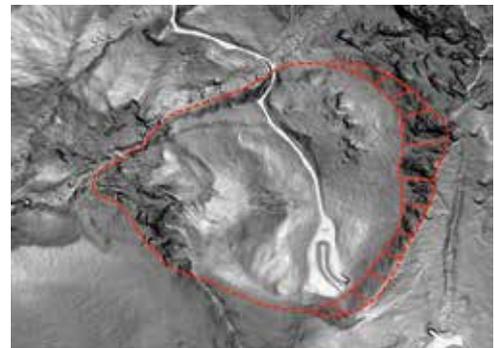


図10 地すべり地形

3. 微小な地形変化の判読結果の確認事例

3次元地形データより作成した傾斜量図を用いて、特徴的な地形変化を判読し、現地確認した事例を紹介する。これらの事例は、航空レーザ測量が、数m程度の微小な地形変化を計測できることを示している。図11はある斜面を傾斜量図で図化したものである。当該地は人工的に地形改変された斜面であり、微小な地形変化が多い。このうち、特徴的な4箇所について現地写真と合わせて説明する。赤字は確認事例の箇所と写真番号を示す。

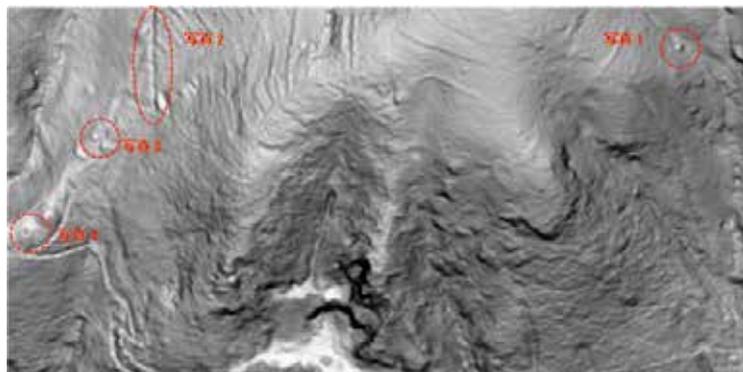


図11 特徴的な微小地形



写真1 孤立した岩塊

0次谷の出口に凸状の微地形が表現されている。現地には3m四方の転石が停止していた。



写真3 石灯籠

里道を挟んで2つ並んだ凸状の微地形が表現されている。現地には0.5m四方高さ2m弱の石灯籠が設置されていた。



写真2 石積みのある里道

片側に崖面のある直線状で細長い平坦面が表現されている。現地には、片側に石積み(高さ1m弱)のある里道が延びていた。



写真4 露出している古墳の石棺

真中が落ち窪んだ小山状の地形が表現されている。現地には古墳があり、中央が落ち窪んだ石棺が露出していた。

おわりに

精度の高い3次元地形データを得ることは、地形判読や地表地質踏査といった地質調査の精度を向上させることにつながる。特に山地斜面では、航空レーザ測量技術で取得した3次元データより作成した地形図には、精細な地形変化が表現されているため、技術者のレベルにかかわらず、ある程度の高い精度で地形判読が可能となる。

地形判読ができれば、机上段階で現行の航空写真測量による地形図で表現されないような里道等の微地形まで判読できるため、効率良く地表地質踏査計画を立案することができる。また、机上で地形の異常を

発見することで、踏査時に場所を絞って確認できるため、現地調査作業時間の短縮が見込まれる。さらに、調査地全体の状況を予め精度よく把握しておくことができるので、現地での見落としのリスクも減少すると考える。

この技術は、今後の地質調査業界にとって、技術レベルを維持しつつ作業の省力化に寄与する有益な方策と考える。

文献

- 1) 鈴木茂之・西垣 誠(2015):3Dレーザ測量を利用した斜面崩壊危険箇所抽出法の開発