

航空レーザ傾斜量図を用いた斜面・土石流危険箇所抽出の試み Risk prediction of landslide and debris flow using slope gradation map obtained from airborne laser scanning

鈴木茂之 (Shigeyuki SUZUKI)*
宮下征士 (Masashi MIYASHITA)**
平川武 (Takeshi HIRAKAWA)**
藤原身江子 (Mieko FUJIWARA)**
西山哲 (Satoshi NISHIYAMA)***

Abstract

The slope gradation map which is obtained from airborne laser scanning is very important tool to detect hazardous sites of landslide, debris flow and others. The features of the images (what the images are represented) in the map were confirmed by field survey. The study area, Tamagashi is situated in the Kibi Plateau area, Okayama City, Japan. The map helps to distinguish between artificial microrelief and natural microtopography very well. Small scarps (even 0.5m high), rocky cliffs and large blocks (larger than 2m) are identified in the map. The detail images of the microrelief suggest threatening sites. The merit of the map leads us to find the site in the field easily. We will not miss the threatening sites by using the map.

Keywords: Risk prediction, slope gradation map, airborne laser scanning, landslide, debris flow, Okayama

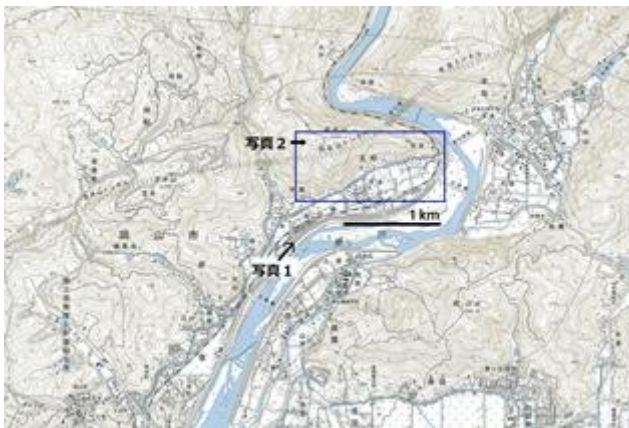
I. はじめに

航空レーザ測量によって1mあるいはそれ以下の段差がある地形や構造物を探知することが出来る。本研究では、航空レーザ傾斜量図の判読と現地調査を合わせて行うことによって①画像イメージと地形や構造物との対比、②斜面崩壊や落石の発生源箇所が航空レーザ傾斜量図ではどのような画像イメージになるか

の確認、③斜面崩壊や土石流の発生箇所予測の可能性についての3項目に取り組んだ。

II. 調査地域の地形概要

調査地域は岡山市北区玉柏の斜面である(第1図,写真1)。周辺の山地の頂部はややなだらかで、吉備高原の一部をなす(写真2)。旭川がこの高原地形を浸食し新しいV字型の谷を形成している(鈴木ほか,2011)。第4図に示すように、傾斜変換線により吉備高原面と新期浸食斜面に分けられる。調査地域あたりから谷底



第1図：調査地域位置図



写真1：南西からの調査地域全景

* 岡山大学大学院自然科学研究科, 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1
* Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Okayama, 700-8530, Japan
** 株式会社ウエスコ, 〒700-0033 岡山市北区島田本町 2-5-35
** WESCO co., Ltd., 2-5-35 Shimadahonmachi, Okayama, 700-0033, Japan
*** 岡山大学大学院環境生命科学研究科, 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1
*** Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, Okayama, 700-8530, Japan

平野が広がり、岡山平野になる。旭川は曲流し山地を側方侵食するため、地域内の斜面は 30 度を超える急傾斜部が多い。

III. 調査地域の地質概要

古生代末期の地層と推測されている超丹波帯江尻層(鈴木ほか,1988)と白亜紀後期花崗岩および石英斑岩からなる(第2図)。江尻層は泥岩と砂岩の互層からなる。砂岩単層が厚さ 5~30cm 程度で級化層理をなし泥岩と互層するタービダイト(写真3)、厚さ1~2cm 程度の微粒で淘汰が良い砂岩層と泥岩(平行葉理をよく伴う)が互層するコンターライト(写真4)、数 m 程度の厚さの砂岩で構成される。これらの岩石は花崗岩の貫入による熱変成作用でホルンフェルス化しており堅硬である。花崗岩は調査地西部に部分的に分布する(写真5)。地表部付近で一部風化し、風化し残った部分が玉石状をなす。石英斑岩は幅数m程度の薄い岩



写真2 調査地域山頂部をなす吉備高原面 長い地質時代地表にさらされていたため風化帯が厚く古土壌である赤色土が残っている。

脈をなして局部的に分布する。江尻層の地層は E-W ~N70W 走向で北に 30~70°傾斜し、斜面に対して受け盤である。

吉備高原面に露出する岩石はよく風化し、一部表層が赤色化しているのに対して、新期浸食斜面の岩石は全般に新鮮である。

IV. 航空レーザ傾斜量図

航空レーザ計測は、航空機(固定翼、回転翼)に搭載したノンプリズム型レーザ測距儀から地上に向けてレーザパルス照射し、地表面や地物から反射するリターンパルスにより、高密度な三次元データを取得する移動体計測である。航空レーザ計測データのうち、樹木の隙間を抜けて地表面に到達したデータのみを使用し、50cm 間隔の DEM(数値標高モデル)を作成し、DEM から傾斜量図を作成した(第3図)。傾斜量図とは、DEM のピクセルごとの傾斜量を計算し、この値



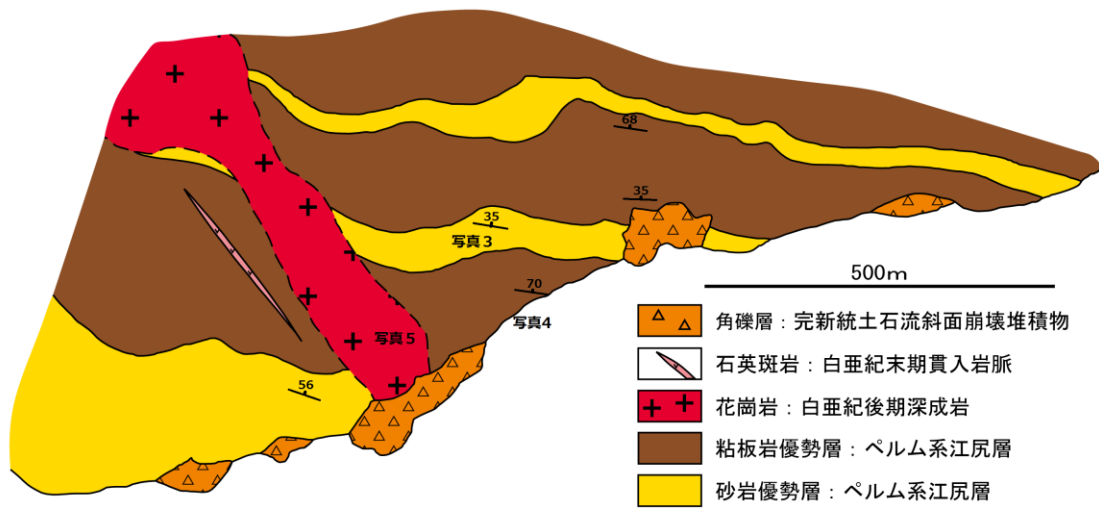
写真4 江尻層コンターライト 薄い細粒~微粒砂岩が平行的に泥岩と互層する。



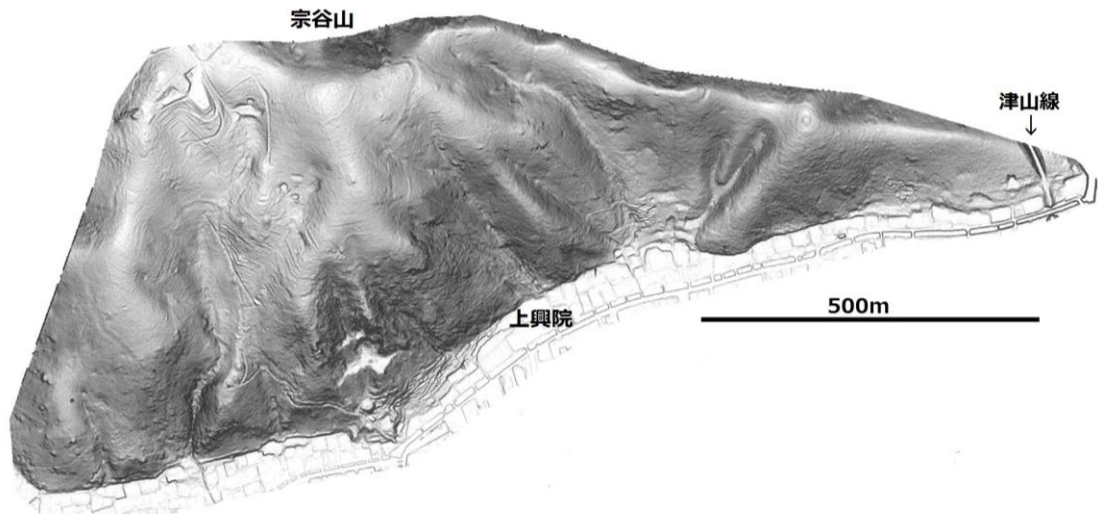
写真3 江尻層タービダイト 砂岩単層は級化をなし、下限はシャープである。上興院北の沢



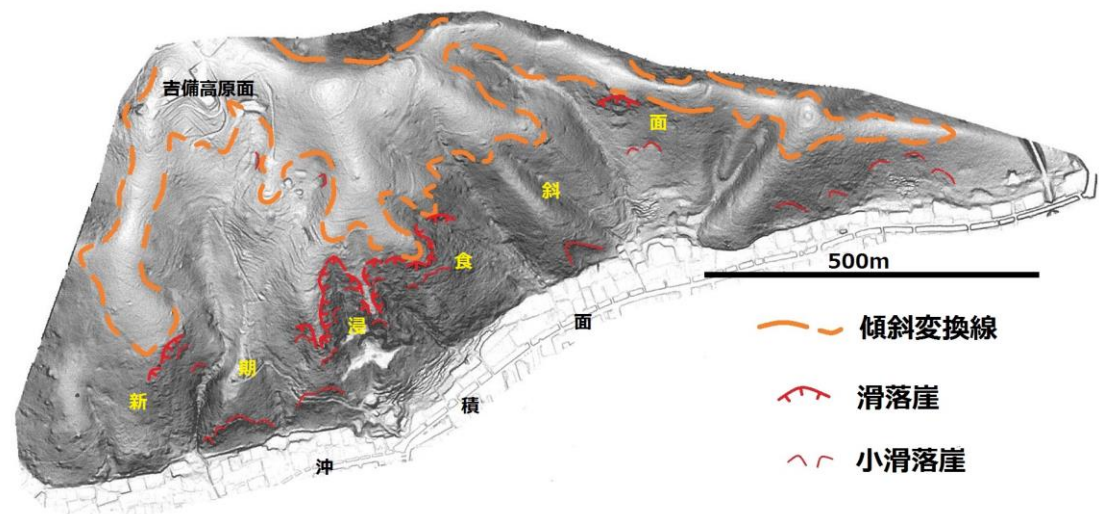
写真5 花崗岩 表層部は風化している。墓地裏の放棄された石切り場



第2図 調査地域の地質図



第3図 航空レーザ傾斜量図



第4図 地形判読図

に応じて明度を変化させて地形を表現する方法である(公益財団法人日本測量調査技術協会, 2013)。緩い地表面は明るく、急斜面は暗く表され、立体的に地形が判読できる。本研究に用いた傾斜量図では数 10cm 程度の段差が識別でき、微地形の判読に優れている。なお本作業に使用した航空レーザ計測の諸元は以下のとおりである； 機体：回転翼機 R44； 搭載機材：LiteMapper 6800 (Riegl 社製 LMS-Q680i)； パルスレート：200kHz； 照射密度：15 点/m²

V. 航空レーザ傾斜量図を用いた危険箇所の抽出

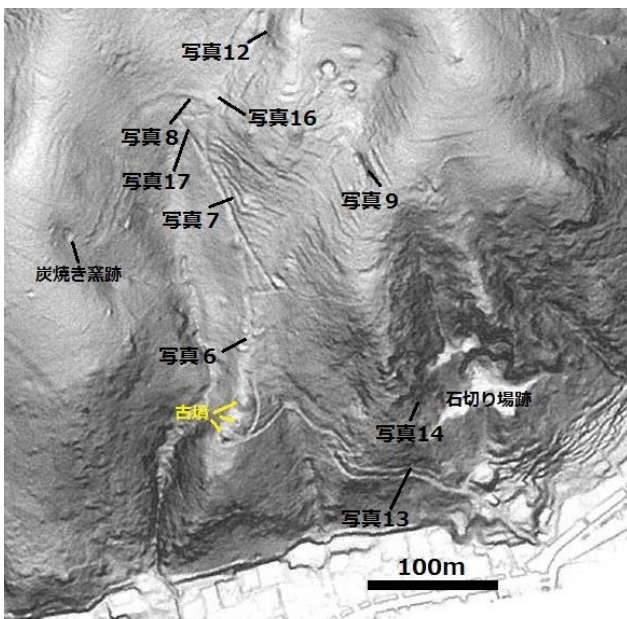
①画像イメージと地形や構造物： 人為的な地形としては山道(人が通れる程度)・造成地・炭焼き窯跡・石垣・農地・池跡・古墳などが、自然の地形としては露岩・崩壊地・滑落崖・ガレ場などが読み取れる。山道は連続した細く明るい帯として認められ識別しやすい。灌木や下草が茂って通れない状態でもイメージとして現れる。造成地は第5図の石切り場跡のように切土と盛土による平坦面と急斜面のセットで識別できる。高さが 1m 程度の地形も傾斜量図で識別できる(写真6)。炭焼き窯跡は小さい造成地として識別できる。石垣も線状に連続する暗い斜面として表れる(写真7)。写真8の箇所は筋が円弧をなすことから、急崖かと予測したが、現地で石垣であることが判明した。高位側が平坦すぎるのでこのような形は人為的であるといえる。農地や農地跡も石垣や造成地のイメージの形から推測できる。濃い斜面で縁取られた印象の地形は池の跡と考えられる(写真9)。古墳は周囲の地形と不調和な円形の高まりとして認められる。



写真6 対になった灯籠 図では台座が識別できる。



写真7 段々畑であったと推測される。画面の横は 2m で石垣の高さは 70 cm 程度。



第5図 人口改変地の見え方



写真8 石垣 高さは約 1m。破損しており斜面がずれて変形している可能性がある。



写真 9 かつて寺院と集落があったころの用水池だろうか。第5図では明瞭な窪地が読み取れる。



写真 12 小滑落崖の状況 吉備高原面との境界である傾斜変換線の直下に位置する。



写真 10 露岩の状況 横約 5m 受け盤をなす粘板岩からなる。



写真 11 孤立した岩塊 横 2.5m 吉備高原内にあり、周囲の風化部が浸食され、硬い未風化部が残ったものと推測される。



写真 13 急傾斜斜面の不安定な岩塊 ネットで保護されている。

自然地形では露岩(写真10)は急傾斜斜面として暗いイメージで現れる(第7図)。孤立した岩塊(写真11)は小さい粒状な形(第7図)として認められる。これは緩傾斜地内であるので、粒状の組織が明瞭である。崩壊地や滑落崖(写真12)は円弧状の形態の急斜面として判読できる(第4図)。急傾斜地内の不安定岩塊(写真13)も傾斜量図では粒状のイメージとして識別できる(第5図)。落石が多いガレ場と地表が表土に覆われた斜面の違いは、後述するように前者はざらつき後者はなめらかなイメージをなす。

②斜面崩壊・落石発生源箇所の画像イメージ: 調査地域の山頂部では起伏が緩やかで厚い赤土化した表土に覆われる。この地形面は吉備高原面の一部でおよ

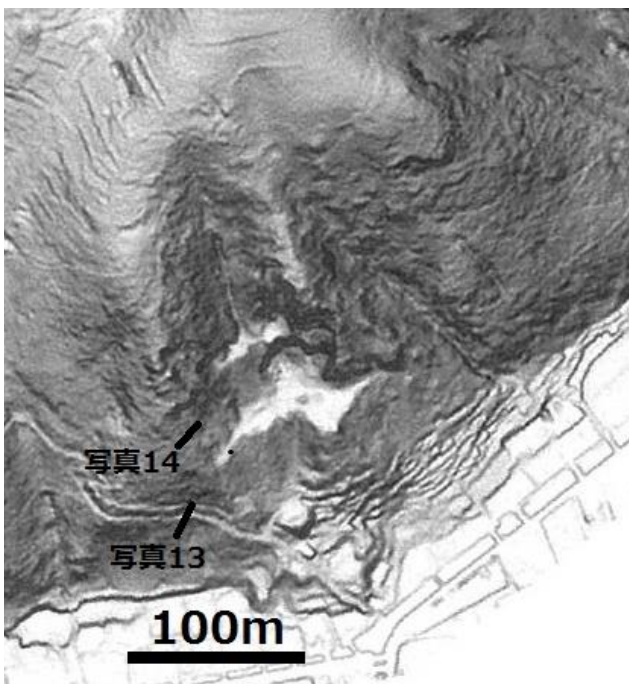
そ1500万年前から保存された古い地形で、当時の熱帯環境で形成された古土壌が所々赤土として保存されている。この古い吉備高原面の下は、傾斜変換線を境に急傾斜地になる。この斜面を新規侵食斜面としたが、斜面崩壊や落石が発生している。ほぼ同じ勾配の新期侵食斜面内でも落石が多発している場所と、ほとんど発生していない場所がある。現地調査で確認したところ、前者の領域の傾斜量図は数10cmから1mの落石群(写真14)を反映してざらざらしたイメージ(第6図)になっている。一方後者は落ち葉に覆われて平らな斜面になっており(写真15)、図では平滑なイメージになり(第7図)その違いが識別できる。



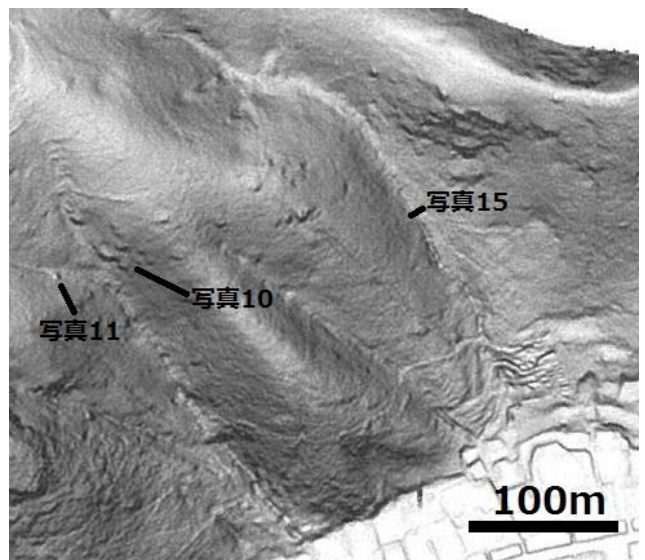
写真14 急傾斜斜面の落石群



写真15 落石がほとんど認められない斜面



第6図 落石が多い急傾斜斜面のイメージ



第7図 落石がほとんど無い斜面のイメージ

③斜面崩壊や土石流の発生箇所予測：第4図の地形判読図には斜面に円弧状の線状イメージにより小滑落崖が示されている。現地を確認したところ比高1m弱の滑落崖伴う崩壊地跡である。このような低い滑落崖は現地でも藪に妨げられて識別は容易でない。傾斜量図では円弧状の小崖の連続が判読できるが、現地では藪で見通せないためその形態は把握しにくい。傾斜量図の判読と現地調査を併せて取り組むことによって、このような崩壊跡などの変状を見出すことができる。このように変状箇所の分布を正確に把握することで、将来崩壊が発生する可能性がある危険箇所の抽出が期待される。一方危険箇所の抽出には、その他に現在変状が進行しているかどうか、湧水箇所があるかなども重要な要素である。狛犬台座の傾き(写真16)や石垣の変状(写真8)また湧水箇所(写真17)は現地調査で見出されたものである。このような現象は傾斜量図では見出せない。傾斜量図の判読によって崩壊地などの崩壊跡地の分布を把握し、その確認を含め



写真16 狛犬の台座が傾いている。この斜面が動いている可能性がある。



写真17 湧水箇所。狛犬を南方に約50m下った地点。周囲は竹林になっている。

て現在変状が進行している箇所や、地下水が集まる湧水箇所を見出し、以上を総合して危険箇所を絞り込むことが出来るのではないかと考えている。

VI. まとめ

航空レーザ測量による傾斜量図を斜面防災調査に適用することにより、以下のような傾斜量図の利点や可能性があることがわかった。

- 1) 50cm 間隔の DEM より作成した傾斜量図によると数10cm程度の段も識別できる。
- 2) 山道、農耕地跡、造成跡などの人工改変地は、現地では草木に覆われて不明瞭であるが、傾斜量図では判別しやすい。
- 3) 急傾斜地が把握しやすく、その中の滑落崖や円弧状の小崖が判読できる。
- 4) 落石が多い斜面はざらついたイメージであるのに対して、落石がない斜面は平滑に見え、両者は識別できる。
- 5) 小崖が藪に隠されるため、現地調査だけですべての滑落崖を把握することは困難であるが、傾斜量図に現れた急崖を現地調査で確認することによって、問題個所の取りこぼしが格段に防げる。
- 6) 傾斜量図による滑落崖など微地形の分布・形状の正確な把握と、現地調査による変状の有無の確認や湧水箇所の探索によって、実効性がある災害危険度予想マップの作成が今後進展するであろう。

謝辞

岡山大学理学部、藤原貴生氏には本稿体裁の調整をしていただいた。図面製作にあたって岡山大学大学院自然科学研究科、井口勝洋氏に手伝っていただいた。金沢大学大学院自然科学研究科、福島義博氏には現地調査などに協力していただいた。以上の方々には厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 公益財団法人日本測量調査技術協会. 2013. 航空レーザ測量による災害対策事例集, pp.194
- 鈴木茂之・西岡敬三・光野千春・杉田宗満・石賀裕明. 1988. 岡山県瀬戸地域の超丹波帯. 地質雑, **94**, 301-303
- 鈴木茂之・大溝佑奈・平田 稔・西垣 誠. 2011. 岡山市北部吉備高原地域における地形区分—斜面防災のための試み—. 岡山大学地球科学研究報告, **18**, 5-10