

変成岩分布域の土砂災害リスクとその地形的特徴

— 山口県防府市富海地区を例として —

Sediment Disaster and Geomorphic Feature of Metamorphic Rock Distribution Area

-A Case Study of Tonomi, Hofu City, Yamaguchi Prefecture, Japan-

鈴木 素之¹⁾, 楮原 京子²⁾, 松木 宏彰³⁾, 川島 尚宗⁴⁾

1) Motoyuki SUZUKI, 教授, 大学院創成科学研究科, msuzuki@yamaguchi-u.ac.jp

2) Kyoko KAGOHARA, 准教授, 山口大学教育学部, k-kago@yamaguchi-u.ac.jp

3) Hiroaki MATSUGI, 次長, 復建調査設計(株)松江支社, matsugi@fukken.co.jp

4) Takamune KAWASHIMA, 准教授, 広島大学総合博物館, chugoku@jiban-u.ac.jp

山口県内の変成岩分布域の土砂災害リスクとその地形的特徴を把握すべく、ジオスライサーを用いた地盤履歴調査と 2 m DEM を用いた地形解析を実施した。ジオスライサー調査によって剥ぎ取った堆積物の層相を分析し、地盤の形成過程を検討した。また、2 m DEM に対する地形解析により、同エリアの基本的な地形量を算出した。さらに、誰でも入手可能な基盤地図情報の 10 m DEM を用いた解析も実施し、メッシュサイズが異なる双方の結果を比較した。その結果、CI 値と谷密度のそれぞれの違いは 2 m DEM の方が 10 m DEM よりも明瞭に把握することができた。

キーワード：土石流, 変成岩, 地形, 土石流, 数値標高モデル (IGC : A-02, B-11, C-06)

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨では、山口県においても大きな人的・物的被害が発生した¹⁾。特に県南東部の島田川とその周辺地域で発生した浸水被害や河川堤防の決壊は本川および支川に大量の水が一気に流下したためとみられる。この豪雨災害の経験から、県南東部に限らず、地質や地形が異なる県内各所において洪水氾濫、土石流、さらには、両者が複合化した形態の土砂・洪水氾濫の各リスクが潜在する箇所を発見し、豪雨による土砂災害対策に早急に反映させることが重要になっている。筆者らは、時として下流域に甚大な被害をもたらす土砂・洪水氾濫のリスクのある箇所を抽出するプロセスを確立し、土砂供給ポテンシャルを明らかにすることを目的として研究を進めており、脆弱な風化層をもつ花崗岩が分布する島田川流域の洪水氾濫の状況と地形特性については、既に報告している²⁾。

本報告では、変成岩が分布する山口県防府市富海地区(図-1)を主に対象として、ジオスライサーを用いた地盤履歴調査と数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model, 以下, DEM と略記) を用いた地形解析を基に、土砂災害リスクとその地形的特徴について検討を行った結果を述べる。なお、地形解析に用いた DEM は、基盤地図情報の 10 m メッシュ標高モデル(以下, 10 m DEM と表記) および AW3D の 2 m メッシュ標高モデル(以下, 2 m DEM と表記) であり、2 m DEM と 10 m DEM に

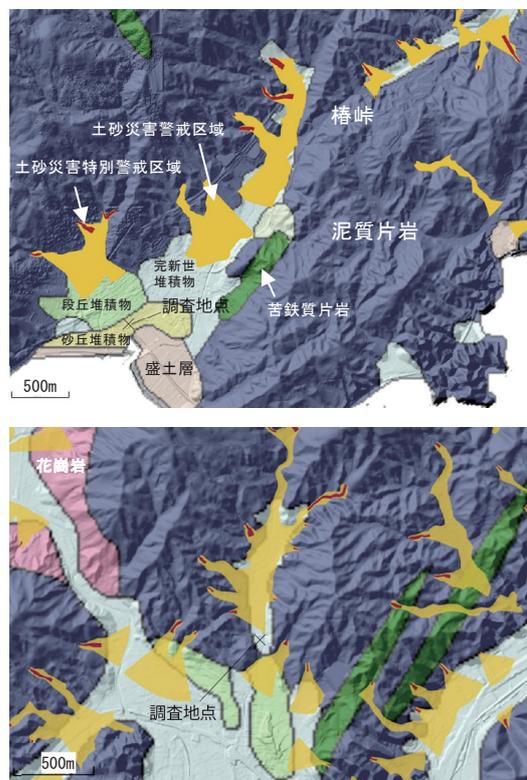


図-1 富海(上)と戸田(下)の両地区の地質状況 (基図：産総研地質調査総合センター, 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2 (データ更新日:2022 年 2 月 14 日), <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html>)



写真-1 富海地区の調査前の現地状況（北東より）

よる解析結果の違いについて考察した。

2. 防府市富海地区の概況

2.1 調査箇所の地質

図-1 に調査箇所周辺の地質図を示す。調査箇所は、防府市東部の富海地区と周南市南西部に位置する戸田（へた）地区である。調査地区を構成する基盤地質は中生代三畳紀～ジュラ紀にかけて形成された泥質片岩が分布し、局部的に苦鉄質片岩がレンズ状に分布する。また、周南市の北西部には中生代白亜紀の花崗岩が分布する。

防府市と周南市の境界には標高 100 m 前後の椿峠があり、椿峠の西側には北東から南西方向に流れる新川と大平山東麓部から南下する鮎子川が分布し、これらの溪流に沿って丘陵の麓には段丘堆積物が分布し、平坦部には完新世堆積物が分布する。また、海岸沿いには砂丘堆積物が細長く分布し、富海駅の南東部には干拓した盛土層が分布する。椿峠の東側は、夜市川（やじかわ）水系の流域で、夜市川は戸田地区の集落付近で南向きから東向きに流下方向を変えて瀬戸内海へと注いでいる。河川に沿う丘陵の麓には段丘堆積物が分布し、平坦部には完新世堆積物が分布する。また、夜市川の支流の神原川の流れる菅原地区には南北方向に延びる盆地状の平坦地があり、これらの溪流に沿って丘陵沿いには段丘堆積物が分布し、平坦部には完新世堆積物が分布する。

2.2 調査地点の現況と歴史

2.2.1 防府市富海地区

変成岩地域における土試料の採取を目的として防府市富海地区においてジオスライサーによる試料採取が可能な地点で現地踏査を行った（図-1）。防府市富海地区では新川によって形成された谷地形が発達しており、新川右岸に分布する扇状地からの土砂移動による堆積が低地部において観察されると予測された。

富海地区は旧山陽道に面した宿場町であり、さらに港

を有することから、近世まで重要な宿場町として機能していた³⁾。先史時代の遺跡分布はまばらであるが、脇古墳・脇遺跡・小峠遺跡などの弥生時代から古墳時代にかけての遺跡が存在する⁴⁾。この他に中世の城館跡である茶臼山城跡もあり、近代に至るまで交通の要衝として、利用された地域であると考えられる。近世においては、商業が発達し比較的大きな町を形成していた。人口の多い地域における土砂災害のリスクという観点からも当該地域は調査に適していると考えられる。

筆者らは、2021年10月25日に防府市富海の新川右岸を中心に踏査を実施し、ジオスライサー調査が可能な地点を探った。国道2号線の北側では、水田が広がるものの、円礫が多数確認されたことから、ジオスライサー調査には不向きであると判断された。2号線の南側では、堆積物中の礫があまり顕著ではなかった。海蔵寺の北側に小区画の畑があり、地権者に確認したところ、調査の許可を得ることができた。ジオスライサー調査は、2021年12月8日に実施した。調査地の現況は畑であるが（写真-1）、地権者によると、西および北側に広がる水田と同様に、以前は水田として利用されていた。ジオスライサーの結果によると、地表から20 cm程度が耕作土となっている。この下位が以前の水田耕作土に相当すると考えられる。

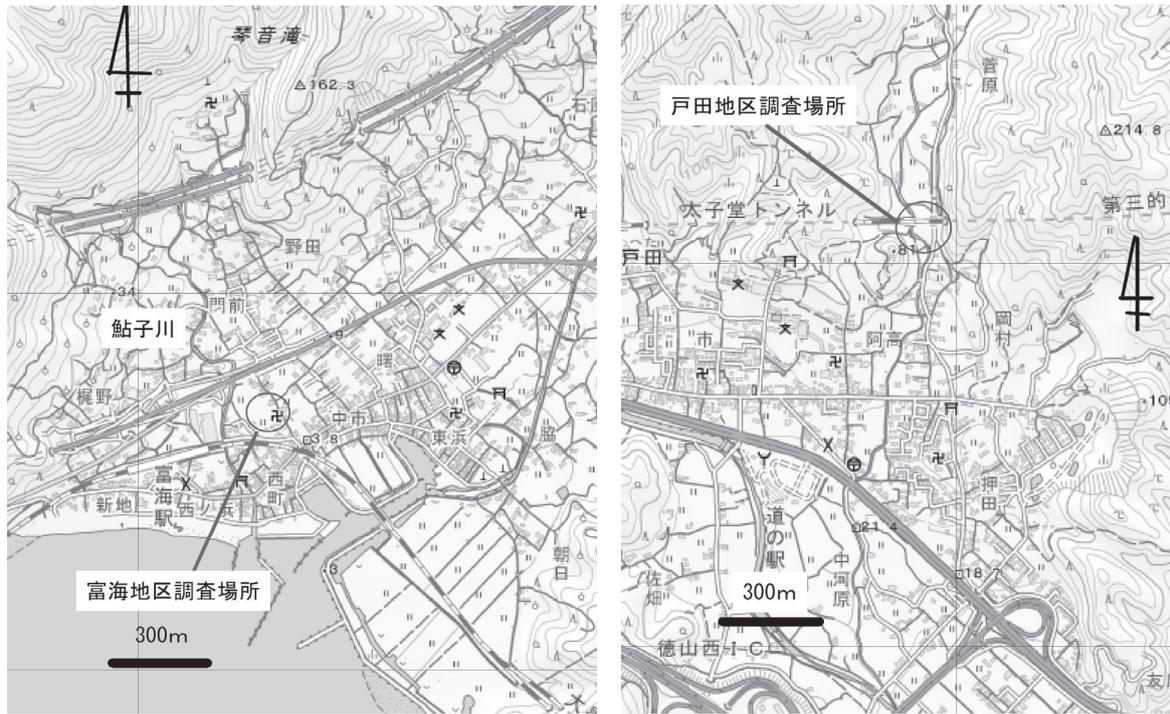
2.2.2 周南市戸田地区

周南市戸田地区は防府市富海地区の東側に隣接する地区である（図-1）。戸田菅原には狭小な谷底平野が形成され、東西の斜面からの堆積物が見込まれた。現地踏査を実施した結果、新幹線高架橋よりも北側では礫が多く含まれていたことから、ジオスライサー調査には不向きであると判断された。高架橋南側に隣接する畑地を観察したところ、ジオスライサー調査が可能であると考え、調査を実施することとした。

調査地点の南側では、東西方向に旧山陽道が通っており、西へ進むと防府市富海地区へと至る。戸田地区では、旧山陽道沿いに本陣の門や旧家などが残り、当時の面影を残している。当調査地点は新幹線工事によって、旧地形が改変されているものの、本来は土砂災害の危険性の高い地域にあたると思われる。調査地点は、変成岩地域の中でも土砂の堆積が進んでいる箇所と推察され、近世の宿場町であった集落にも近接することから、調査の意義は高いと考えられる。

2.3 土砂災害危険箇所と調査箇所の関係

図-1 に示したように、2箇所の調査地点は土砂災害警戒区域に近接している。富海地区では、調査地点北西に土砂災害警戒区域が設定されている。地図上では、4ヶ所の特別警戒区域があり、それらから供給される土砂が調査地点方向に流れる可能性がある。土砂災害警戒区域下端の標高は約18 m、調査地の標高は約7 mとなっており、最も近い土砂災害警戒区域の最下端から調査地点ま



(a) 富海地区 (b) 戸田地区
 図-2 (a) 富海地区および (b) 戸田地区の地形図 (基図は国土地理院地形図を引用)

で直線距離は約 400 m (平均勾配は 1.6°) である。戸田地区の調査地点は上流側の平野部全体が土砂災害警戒区域となっている。平野部北側だけでなく、東西に分布する複数の溪流より土砂が供給される危険性がある。土砂災害警戒区域は調査地点の北側まで設定されているが、これは新幹線線路建設工事により堤防状の現況となっているためと考えられる。調査地上流の平野部北端で標高 80~90 m、調査地の標高は約 40 m である。

3. 地盤履歴調査

3.1 ジオスライサー調査結果

3.1.1 調査箇所・状況

過去の土石流と洪水氾濫とそれらの堆積物の状況を把握するために実施した、防府市富海地区と周南市戸田地区で調査箇所の位置図をそれぞれ図-2(a)および(b)に示している。富海地区は防府市の東部に位置し、海岸から約 0.4 km 北の水田脇の畑で、主に北から南に流下する鮎子川から供給された土砂によって形成された平地である。周囲は水田や畑として利用されており、民家が点在する程度である。また、JR 山陽線の富海駅周辺は市街地となっている。調査箇所は海蔵寺北側にある水田南東部の畑周辺部の 2 箇所で行った。戸田地区は周南市西部に位置し、夜市川の支流の菅原川沿いの地区で、JR 山陽新幹線が東西方向に通過している。調査地区の南側は、両側に丘陵部が迫る狭窄部となっているが、その北側は盆地状になっており平坦部は田畑として利用されている。調査箇所は JR 山陽新幹線高架橋のすぐ南側の畑内の 2 箇所



写真-2 ジオスライサーのサンプラー引き揚げ状況

所で実施した。

3.1.2 ジオスライサー調査

富海地区および戸田地区の調査では、ハンディータイプのジオスライサー (サンプラー長 2 m) を用いて各地区で 2 本の合計 4 本の堆積物試料を採取した。試料の採取状況の一例を写真-2 に示し、それぞれの試料写真と柱状図を図-3(a)~(d) に示す。GS-1,2 は富海地区、GS-3,4 は戸田地区となる。

GS-1 地点では長さ $L=0.35$ m の試料を採取した。地表から $GL=0.15$ m までは淡褐色を呈する耕作土であり、 $GL=$

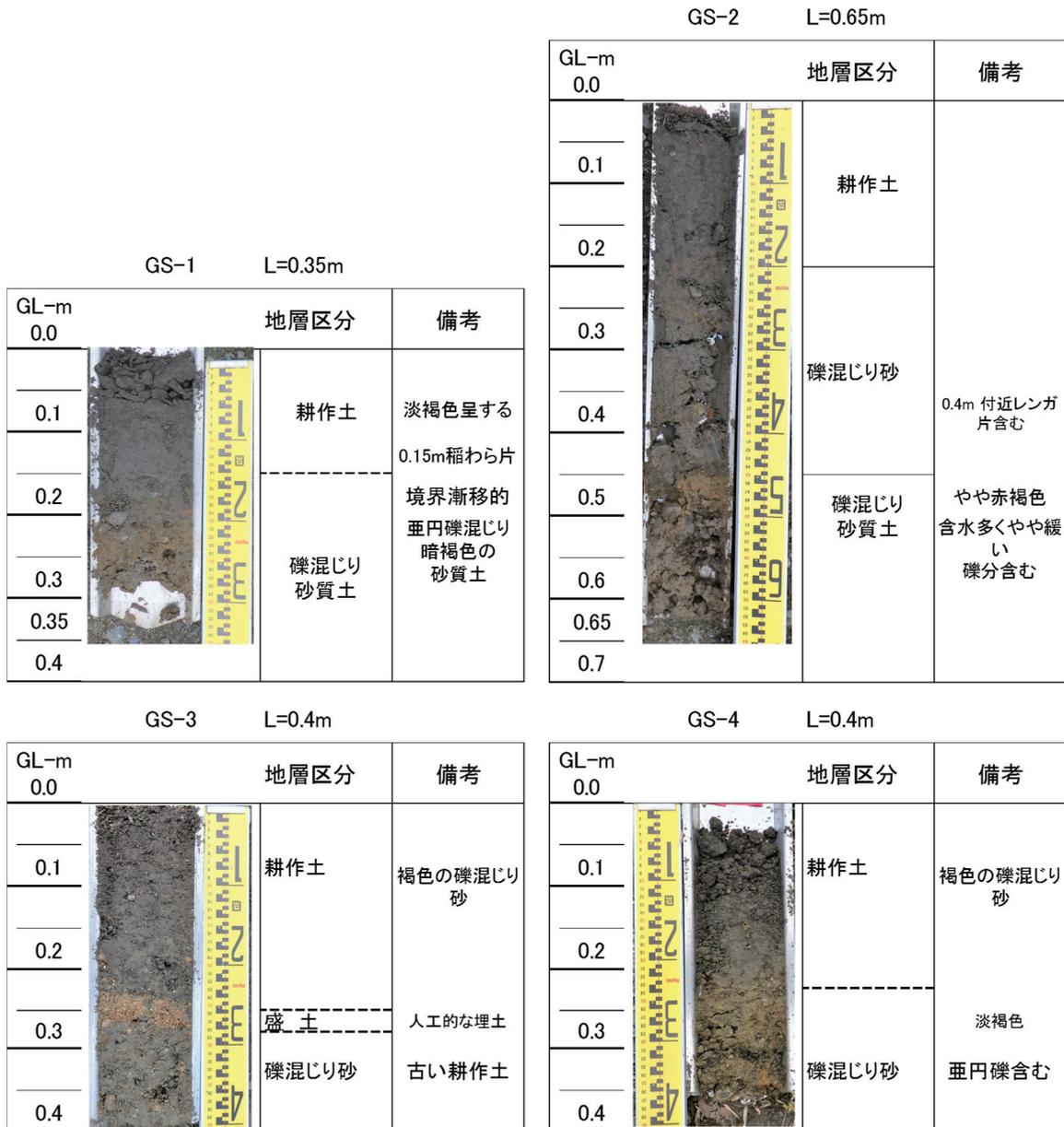


図-3 各地点における試料写真と柱状図 (左上：(a)GS-1, 右上：(b)GS-2, 左下：(c)GS-3, 右下：(d)GS-4)

0.15 m 付近に稲藁片を含んでいる。その下位は亜円礫を含む暗褐色の砂質土で、耕作土との境界は漸移的である。これより下は礫を含む地層のため、いくつか場所を変えてサンプリングを試みたが、採取不能であった。

GS-2 地点では L=0.65 m の試料を採取した。地表から深度 0.2m までは灰褐色を呈する耕作土である。その下位は暗褐色の礫混じり砂で、GL-0.4 m 付近にレンガ片を含んでおり、人工的な地層のかく乱の可能性はある。GL-0.45 m 以深は礫混じり砂質土で、含水分のやや多い地層であった。

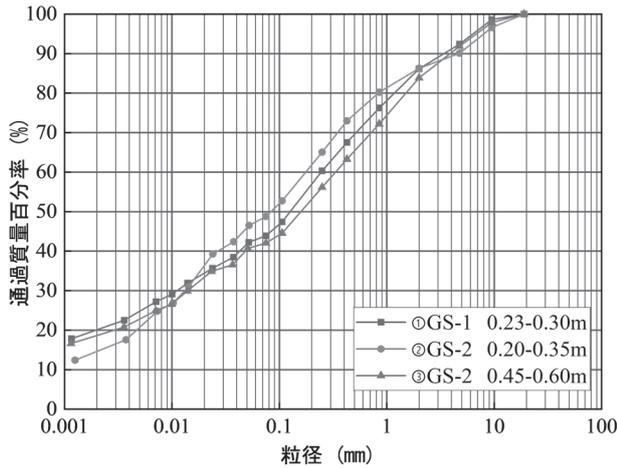
GS-3 地点では、L=0.4 m の試料を採取した。このうち地表から、0.25 m までは褐色を呈する耕作土で礫混じり砂よりなる。GL-0.23~0.28 m 付近には赤褐色の砂質土を挟んでおり、これは地権者の話では、10~20 年くらい前に建物の解体時に発生した壁土を入れたもので、人工的



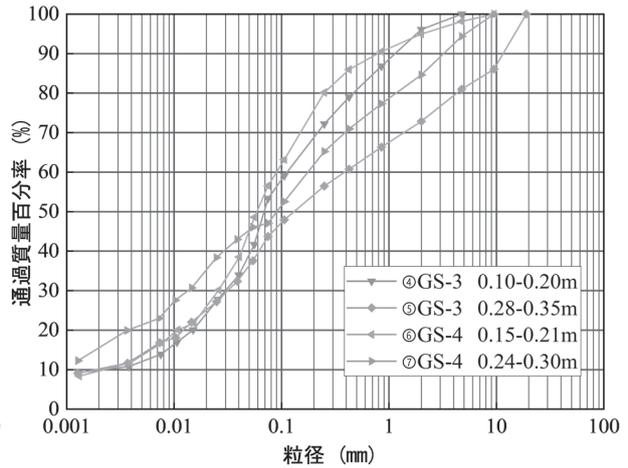
写真-3 戸田地区の溪流沿いの石礫の堆積状況

表-1 採取試料の物理試験結果

調査地点	GS-1	GS-2		GS-3		GS-4	
試料採取深度	①0.23-0.30m	②0.20-0.35m	③0.45-0.60m	④0.10-0.20m	⑤0.28-0.35m	⑥0.15-0.21m	⑦0.24-0.30m
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.680	2.652	2.696	2.593	2.645	2.630	2.665
最大粒径 (mm)	19	19	19	5	19	9.5	9.5
平均粒径 (mm)	0.013	0.089	0.170	0.070	0.120	0.060	0.091
細粒分含有率 (%)	43.9	48.8	42.1	53.4	43.7	56.6	47.1
土質分類	(SF-G)	(SF-G)	(SFG)	Fm	(SFG)	Fm	(SFG)



(a) 富海地区 (GS-1, 2)



(b) 戸田地区 (GS-3, 4)

図-4 採取試料の粒径加積曲線

な埋土層である。GL-0.28 m 以深は、亜角礫を含む淡褐色の礫混じり砂で、古い耕作土である。これより下は礫を含む地層のため、採取不能であった。

GS-4 地点では L=0.4 m の試料を採取した。地表から 0.22 m 付近までは暗褐色を呈する耕作土で直径 5 mm 程度の小礫を含む、礫混じり砂よりなる。GL-0.22 m 以深は直径 1~2cm の亜円礫を含む礫混じり砂であり、やや粘土分を含む。これより下は礫を含む地層のため、採取不能であった。

いずれの地点でも、年代測定用の炭化物試料を採取することができなかった。また、土石流により形成された土層を確認することはできなかった。しかしながら、戸田地区の調査箇所近傍の溪流沿いの露頭観察では直径 10~20 cm 程度の石礫が 1 m 以上の層厚で確認されたことから(写真-3)、その存在は否定されるものではないと考える。

3.2 採取試料の物理試験結果

表-1 に採取試料の物理試験結果を示す。また、図-4(a) および(b)にそれぞれ富海地区および戸田地区においてジオスライサーを用いて採取した試料の粒径加積曲線を示す。

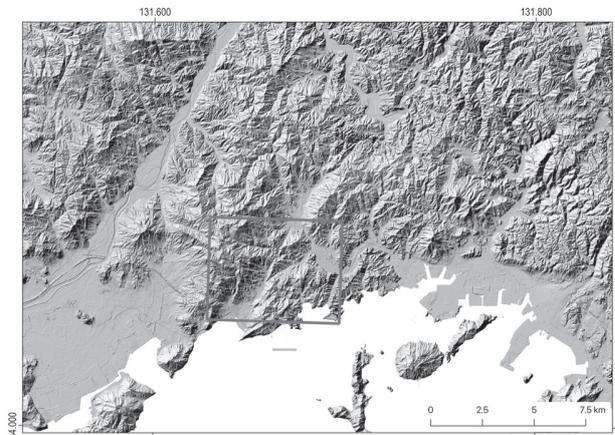


図-5 富海地域のデータ解析範囲

表-2 2 m DEM の諸元

[File Format]	GeoTiff
[Projection]	Transverse Mercator JPCS zone3
[Spheroid]	GRS 1980
[Datum]	JGD2011
[Upper Left X]	-49728.91
[Upper Left Y]	-211517.9
[Width]	3277
[Height]	2599
[Pixel Size X]	2.0 meters
[Pixel Size Y]	2.0 meters
[Data Type]	Float
[Elevation Info]	JGD2011

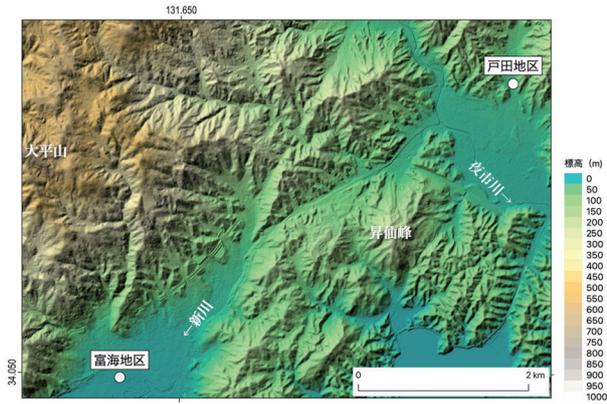


図-6 標高段彩図（背景の陰影は同じDTMを用いて作成）

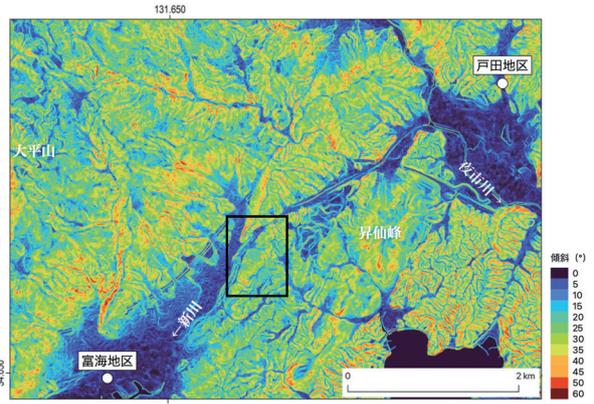


図-7 傾斜量図

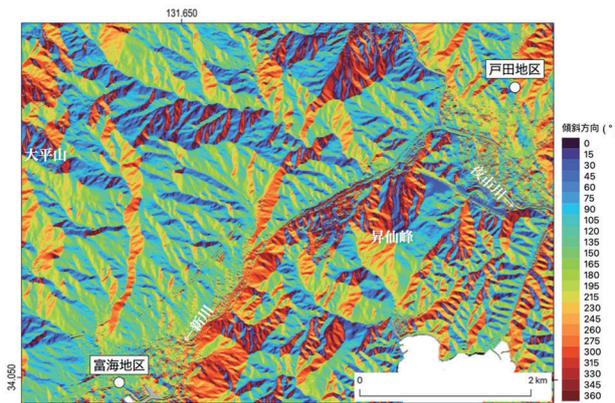


図-8 傾斜方位図（北をゼロとして時計回りの角度で方位を示す）

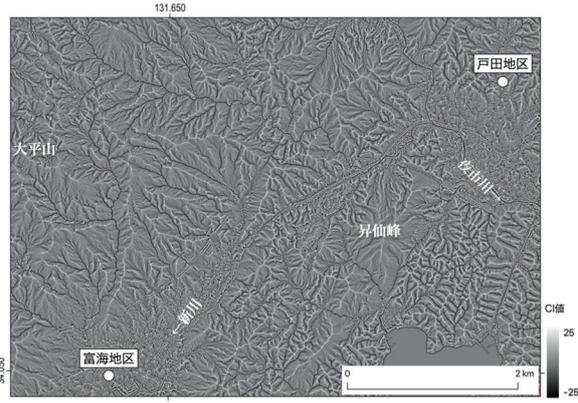


図-9 収束指数図（地形の凹凸度が表現されており、白は凸部（尾根）、黒は凹部（谷）である）

4. 数値標高データを用いた地形解析

4.1 地形解析範囲とデータ諸元

変成岩が卓越する富海地域において 2 m DEM の整備と地形量の算出を行った。図-5 に 2 m DEM を整備した範囲（赤枠）を示す。この範囲は変成岩からなる山地や河川の狭窄部を有するが、平成 30 年 7 月豪雨の際には顕著な崩壊が発生していない。また、2 m DEM は（一財）リモート・センシング技術センター（RESTEC）と NTT データ社が共同開発した AW3D であり、ALOS 画像を用いて 2 m 解像度の数値地形モデル DTM（Digital Terrain Model）である。その諸元は表-2 に示すとおりである。

4.2 地形量とその分布

既報²⁾での検討と同様に、表-2 に示した標高データとフリーソフトウェアである QGIS3.16 および SAGA を用いて、基本的な地形量である標高、傾斜、傾斜方位、収束指数（CI: Convergence Index, 以下、CI と表記⁵⁾を算出した（図-6～図-9）。また、それぞれの地形量の変化（ばらつき程度）等については、地域性をとらえることを目的として、DTM の中心点を基準に DTM の範囲が網羅されるように東西 100 m、南北 100 m のグリッドを作成し、そのグリッド内でメッシュサイズごとに各地形量の標準偏差を計算した（図-10～図-12）。以下に、それぞれの分布傾向について述べる。

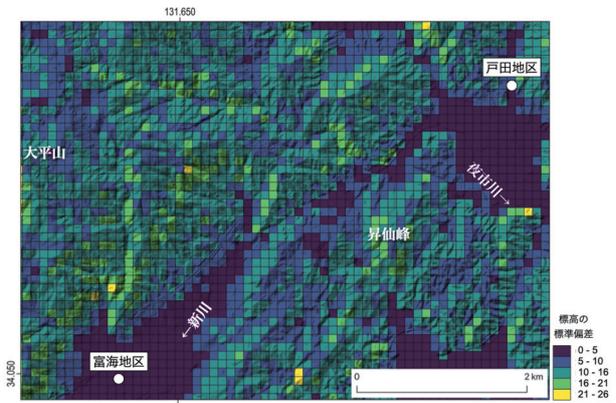


図-10 高度分散量（背景には陰影図を配置）

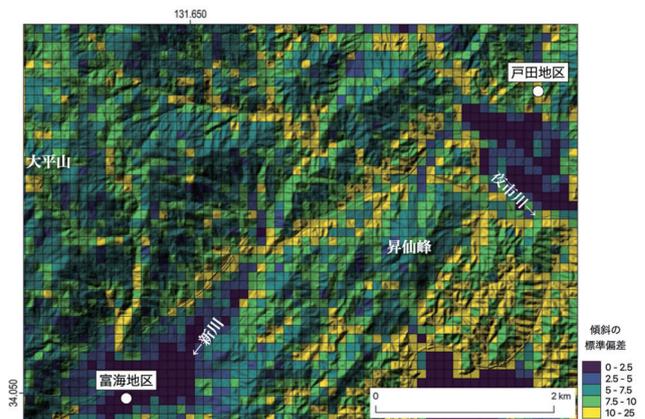


図-11 傾斜の標準偏差

4.2.1 標高

対象地域は、大平山（631 m）を最高峰として、夜市川および新川の谷底平野～河口の一部を含み、その標高は概ね 0～600 m である（図-6）。山地高度は西高東低の傾向を示し、夜市川および新川の谷底平野（主に氾濫原）は概ね標高 20 m 以下、山麓に広がる沖積扇状地や崖錐は概ね標高 15～60 m で、氾濫原との間に明瞭な崖が形成される箇所もある。また、夜市川の狭窄部より上流側に平地が広がり、その標高は概ね 40～50 m で、一部の離水した古い扇状地では標高 100 m 近くに発達するものも認められる。標高のばらつき方をみると、ばらつきの高低の分布が縞状に配列しているように見える（図-10）。この地域が変成岩（広域変成作用を受けた地質）であることと照らし合わせると、地質の面構造等に支配された地形をとらえているのではないかと推察される。花崗岩地域で認められた標高が高いほど分散する傾向²⁾は顕著ではない。

4.2.2 傾斜

本地域は概ね傾斜 35°以下の斜面で占められているが、谷に沿った斜面では急傾斜となる傾向が強い（図-7）。花崗岩地域では、傾斜 40°以上となる地域は高度分散量の高かった地域に限定的にみられたが²⁾、本地域では標高 150 m 以下の丘陵部に急な斜面が密に発達している様子が読み取れる。特に、昇仙峰東方の丘陵で顕著である。谷底平野の傾斜は 2 m DEM の特性によって小さなでこぼこを反映した状態となっているが、概ね 3°以下であり、それより上流側（山地より）にみられる沖積錐や扇状地の傾斜は概ね 3～15°であった。沖積錐や扇状地の傾斜は花崗岩地域²⁾に比べて急である。また、傾斜の標準偏差をみると、山麓付近や河川の狭窄部において高い傾向がある（図-11）。この点は、花崗岩地域²⁾と同様であり、定性的に理解される土砂・洪水氾濫で土砂の堆積が促される場所を表現しているようにも見受けられるという解釈を指示する。一方で、昇仙峰東方の丘陵地における傾斜のばらつきの大きい領域は、等高性のある低い丘陵が開析され、小規模な谷が密に発達していることに起因する。

4.2.3 傾斜方向

この地域は南東～南向き斜面が多い傾向がある（図-8）。これは最高峰である大平山とその裾野を反映しているためである。島田川流域では地質構造に規制された直線的な地形配置（山地と河川・谷底などの配置）を示す系統性が認められたが²⁾、解析を行った範囲では、そうした特徴が認められるのは東半分の一部であり、その規模も小さい。

4.2.4 収束指数

傾斜と同様に、谷底平野ではわずかな凹凸が影響して CI 値が複雑となっている（図-9）。本地域の山地は尾根線で見ると樹枝状でいくつも連結した形状をしていることが分かるが、水系（谷）は樹枝状の谷が大半を占めているものの連結度が低い。傾斜の項で特徴的な地域としてあげた昇仙峰東方の丘陵地は、直線的な小谷が細かく

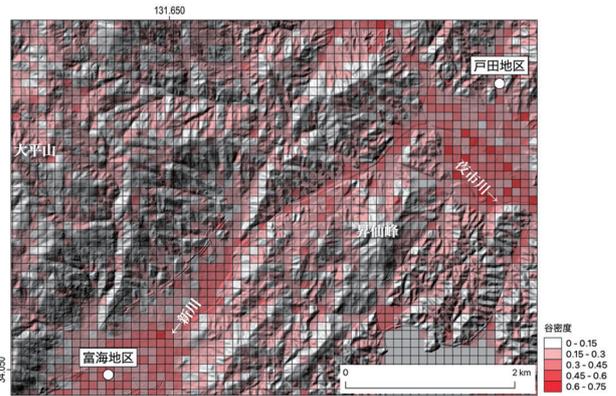


図-12 収束指数を基にした谷密度（グリッドにおける CI 値-6 以下のピクセル数の割合）

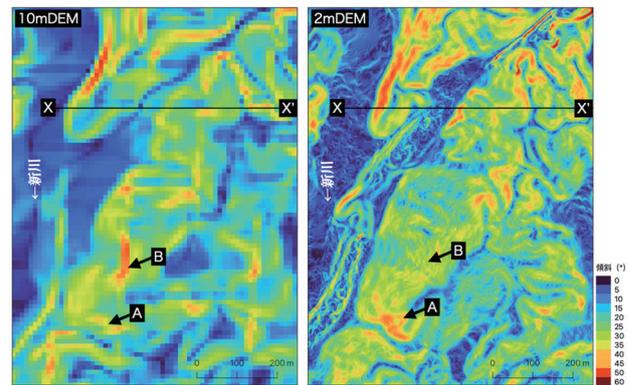


図-13 10 m DEM (左) と 2 m DEM (右) における傾斜量図の比較

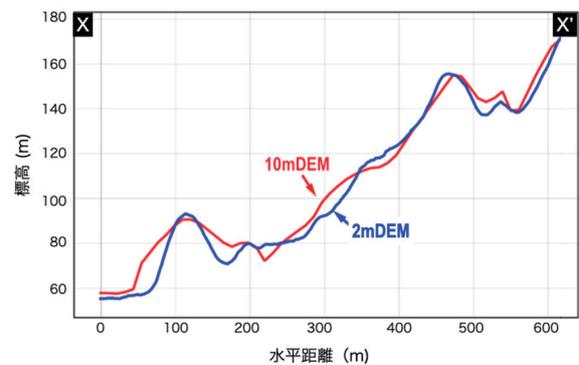


図-14 同一測線上の標高値の違い（赤線：10 m DEM, 青線：2 m DEM）

発達し、周囲の山地・丘陵地との水系模様の違いが顕著である。また、山地内にも限定的に細かな谷の多い領域があり、それらは谷密度図で谷密度が高い箇所として読み取ることができる（図-12）。

4.3 メッシュサイズが異なる DEM を用いた地形量の比較

ここでは、国内の DEM データとして最も整備されている 10 m DEM を用いて、2 m DEM と同様の解析を行い、地形量の算出とその後の解析において生じる差について検討する。

まず、両標高データは、作成手順が異なっていること、

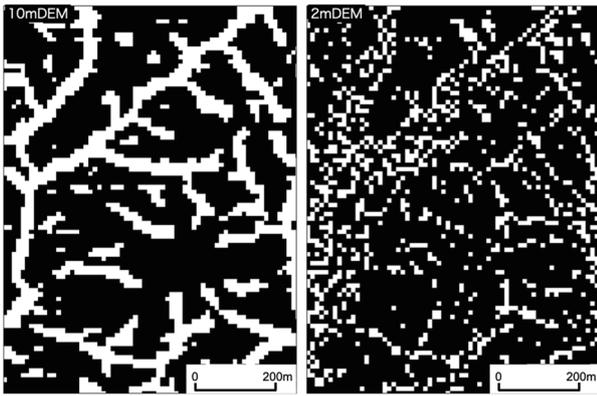


図-15 CI値にみる谷の抽出結果の違い（左：10 m DEM，右：2 m DEM）

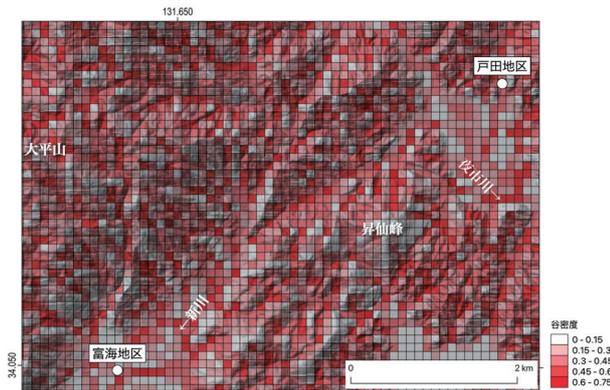


図-16 10 m DEM を基に算出した谷密度

もとの地表（現実の）をとらえた時期も異なることから、それらに伴う差が必然的に存在する。ここでは、その評価ではなく、地形の捉え方に着目したい。図-13に10 m DEMと2 m DEMで作成した傾斜量図を示す。標高値のサンプリングが精細である2 m DEMでは、地形表現が細かいため、斜面の中でも特に急になっている範囲がどこか、その程度はどれくらいであるのかを読み取ることができる（例えば、図-13のA）。また、Bのように、10 m DEMでは周囲よりも急斜面となっている箇所が、2 m DEMでは尾根の張り出しがあり周囲よりも急であるものの、その程度は40°以上となっていない。一方で谷底平野に近い場所では、2 m DEMの方が、急斜面が続いているとみなしている。同一測線上（図-13のX-X'）で標高値を見比べると、10 m DEMと2 m DEMとの間には、ほぼ一致するところもあるものの、2 m DEMの凹凸を10 m DEMで均すように系統的にずれているのではないことが分かる（図-14）。特に、ずれが大きいのは、山麓などの斜面下方～谷の部分で、逆に、尾根（ピーク）の位置は、谷の部分ほどは大きくずれていない。一方、傾斜から小河川（新川）の位置を確認すると、10 m DEMでは視認できるのに対して、2 m DEMでは判読が難しい。図-15の谷の抽出結果についても、同様の指摘ができる。筆者らが縮尺1/2.5万地形図を地域の特徴をつかむ第一の資料として調査等に用いてきた経験からみると、本地域における河川や谷の再現性は10 m DEMの方が高いと感

じ、抽出結果の図もそのように映る。しかし、図-16のように、10 m DEMでとらえた谷の密度を100 mグリッドで表現しようとするとき、本地域の河谷の再現性が大きく崩れる。

以上の検討から、2 m DEMは地形を詳細にとらえ、表現できるものの、解析を通して何かしらの地形を抽出しようとした場合には、より大きいメッシュサイズのDEMが適している場合もあることが示唆される。したがって、DEMを用いた地形解析では、地形の規模や形態（線状か面的か）に応じて適切なメッシュサイズとなっているのかを留意する必要がある。なお、今回の例では、谷底平野の傾斜やCI値がばらついていたことを考えると、谷底平野の平らさを表現（抽出）するには、メッシュサイズとして2 m DEMが小さすぎたと評価される。しかし、谷の抽出において、2 m DEMを用いてCI値を計算し、その結果を元に100 mグリッドで谷密度として評価したため、谷の粗密は100 mグリッドを通して正しくとらえることができたと考える。

5. まとめ

本研究で示したことを以下にまとめる。

- (1) 変成岩分布域の調査地点2箇所において、ジオラライサーによる地盤履歴調査を実施したが、土石流等の堆積物を確認できなかった。ただし、調査箇所近傍の溪流沿いの露頭観察において直径10～20 cm程度の石礫が1 m以上の層厚で確認されたことから、土石流堆積物の存在は否定されないことに留意すべきである。
- (2) 地形解析および土石流氾濫解析に用いるための細密DTM（2 m DEM）を作成し、簡易的な地形解析を実施し、変成岩分布域の基本的な地形量を算出した。
- (3) 調査箇所周辺には土砂災害警戒区域が多く存在し、地形的にも発生土砂の移動・堆積を伺わせる場所であったことから、上記（1）に記した堆積物の有無でもって土砂災害リスクを判断するのは早計である。
- (4) 基盤地図情報の10 m DEMと今回作成した2 m DEMを用いた解析を実施し、結果を比較した。その結果、2 m DEMは地形を詳細に捉えられるものの、谷のような地形を抽出しようとした場合には、より大きいメッシュサイズのDEMが適している場合がある。

謝辞

本研究は科研費基盤研究(A)（鈴木素之，19H00785）ならびに（一財）山口県建設技術センターとの共同研究の一環として実施したものである。各箇所の土地所有者の方々には現地調査にご理解とご協力をいただいた。また、試料採取等には山口大学大学院特命助教の居石和昭氏（現 ヒロセ補強土）、同博士後期課程学生の石丸太一氏にご助力いただいた。ここに記して謝意を表明する。

参考文献

- 1) 鈴木素之, 太田岳洋, 大和田正明, 河内義文, 楳原京子, 片岡 知, 西山健太, 西川智樹:平成 30 年 7 月豪雨による山口県南東部の地盤被害の状況, 第 61 回地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.117-124, 2018.
- 2) 鈴木素之, 楳原京子, 松木宏彰, 川島尚宗:山口県周南市島田川沿いの土石流・洪水氾濫の状況と堆積物の特徴, 地盤と建設, Vol.39, No.1, pp.113-120, 2021
- 3) 防府市史編纂委員会:防府市史 資料 I (自然・民俗・地名), 防府市, 1994.
- 4) 防府市史編纂委員会:防府市史 資料 II (考古資料・文化財), 防府市, 2004.
- 5) 太田岳洋, 八戸昭一:数値標高モデルによる地形計測の現状と応用例, 応用地質, 46 巻, 6 号, pp.347-360, 2006.

(2022 年 6 月 13 日 受付)

