

(70) 微地形強調図とタブレット端末を用いた 落石調査の効率化に向けた検証

吉川 慶¹・宮下 征士²・崎田 晃基³・西山 哲⁴

¹正会員 株式会社ウェスコ (〒700-0033 岡山市北区島田本町 2-5-35)

E-mail:k-yoshikawa@wesco.co.jp

²正会員 株式会社ウェスコ (〒700-0033 岡山市北区島田本町 2-5-35)

E-mail:m-miyashita@wesco.co.jp

³学生会員 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)

E-mail:pq1i4u6h@s.okayama-u.ac.jp

⁴正会員 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)

E-mail:nishiyama.satoshi@okayama-u.ac.jp

落石調査の効率化に向けて航空レーザ測量成果から作成された微地形強調図と、端末上で作動する GIS を用いて、端末が示す自己位置の精度検証を実施した。現地調査の結果、調査員が現地にて微地形強調図と落石発生源との位置関係から想定した想定自己位置と、タブレット端末上で示される端末自己位置の較差の平均は 2.17m であった。また、実験フィールドは上空視界の状況が悪く通常の GPS 測位が困難な地域であったが A-GPS 方式を用いることで自己位置の測位が可能であった。以上の結果から、上空視界の状況が悪い山中においても、携帯ネットワークエリア内であれば、微地形強調図と端末、端末上で作動する GIS を用いることで、自己位置を活用した落石調査の効率化が実現できる可能性が確認できた。

Key Words: aerial laser surveying, micro terrain map, geolgraphic information system, tablet terminal

1. はじめに

急速なスマートフォンやタブレット端末（以後端末と呼ぶ）の発展により、自己位置と地図を重畳し、目的地との関係を確認することは一般の行為となっている。一方、近年の落石事故を受けて重要度が増す落石対策事業では、森林基本図や道路台帳図等の目的地（落石発生源）が表示されていない図面を用いた現地調査が実施されており、落石発生源の位置精度不良や調査漏れが問題視されている。本研究では航空レーザ測量より得られた

点群データから作成した微地形強調図を端末上で作動する GIS (Geographic Information System; 地理情報システム) に展開し、端末内蔵の GNSS (Global Navigation Satellite System; 全球測位衛星システム) 受信機から得られる自己位置情報と重畳しながら微地形強調図と落石発生源の位置関係について確認し、端末から得られる自己位置情報の有効性を検証したので報告する。実験フィールドは図-1 に示す岡山県内の国道沿いの防災カルテが作成されている山地である。

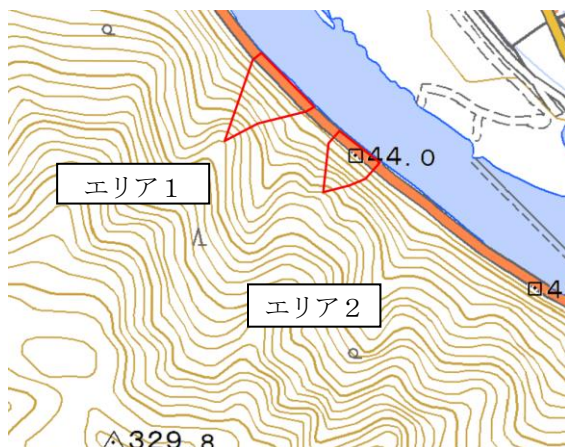


図-1 実験フィールド

2. 航空レーザ測量・微地形強調図

落石調査に先立ち、図-2 に示す航空レーザ計測システムを用いて実験フィールドを計測した。取得したオリジナルデータからフィルタリング処理を実施することでグラウンドデータを作成した。グラウンドデータから 50cm 間隔のグリッドデータを生成し、等高線図、傾斜量図¹⁾、ウェーブレット解析図^{2), 3)}を作成した。各図面はいずれも微地形を表現したものであるが、メリット・デメリットがあり、単体で落石調査に利用することは難しい。等高線図は、等高線による勾配や尾根谷の判別は



図-2 航空レーザ計測システム

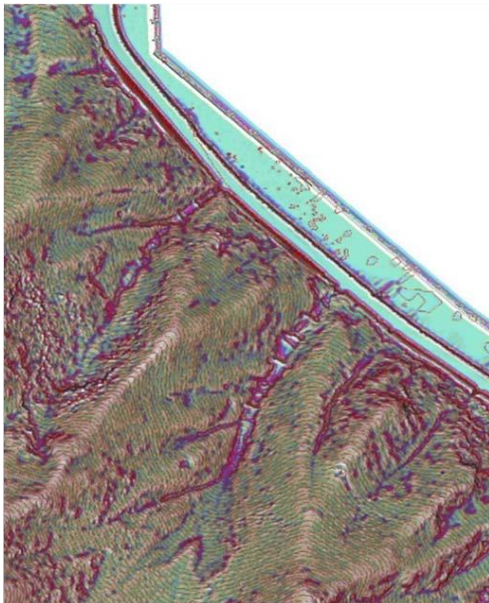


図-3 微地形強調図

可能であるが、等高線間の微地形を表現することができない。傾斜量図は傾斜量が色の濃淡で確認できるものの、高低差を確認できないため尾根谷の判別がつきにくい。ウェーブレット解析図は凸地形を白色、凹地形・急傾斜地を赤色で表現するため尾根谷の判別は可能であるが高低差や傾斜を表す表現がないため、微地形の判読が難しい。本研究で用いる微地形強調図（図-3）は、各図面の弱点を補うために、これらの図面を透過合成させた図面であり、既往研究にて落石発生源を抽出するのに有用であることが確認されている^{4), 5), 6), 7)}。

3. 使用するタブレット端末・自己位置測位手法及びソフトウェア

前章までに作成した微地形強調図を利用して落石調査を実施する際、山中では図面のみでの自己位置の把握が困難であり、微地形強調図と実際の落石発生源との相関を確認するには時間を要する。そこで、図-4 に示す自

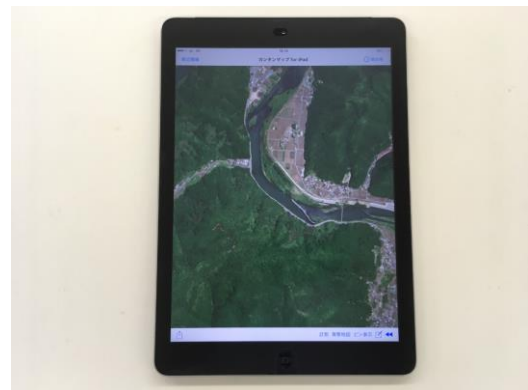


図-4 自己位置が取得可能な端末

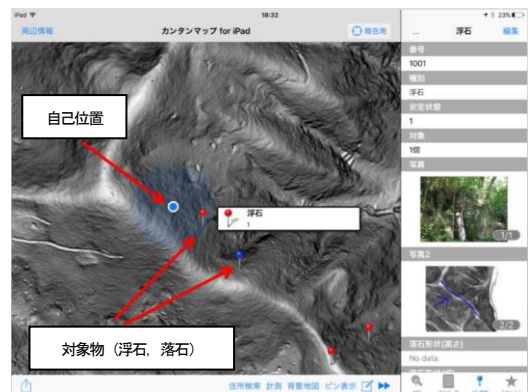


図-5 使用した GIS のイメージ

己位置を取得可能な端末と端末上で任意の図面と自己位置を重畳できる GIS を用いた調査手法を提案する。

実験に使用した端末には位置情報に関する機能として A-GPS（Assisted GPS; 補助 GPS）及び GLONASS（Global Navigation Satellite System; グロナス）受信の機能が搭載されている⁸⁾。端末の位置情報で使用する A-GPS は、各携帯キャリアが提供するネットワーク網を利用し、各基地局から得られる概の位置や GPS 衛星の軌跡情報など、GPS 測位に必要なデータを端末へ配信し、端末側では GPS 時刻情報を衛星から受信することで測位できる方式である。通常の GPS 測位に比べ、比較的受信しやすい GPS 時刻のみを利用するため、樹木などで上空視界が開けていない山中においても測位が可能である。

実験に使用した GIS のイメージを図-5 に示す。落石調査では、図面に加え、カメラや防災カルテ等の既存資料を持ちながらの調査を実施し、現場から戻ったのち写真やメモと調査箇所を突合整理することが一般である。提案する手法を用いれば、調査箇所にポイント情報を作成し、端末の機能を用いて作成・撮影したメモや写真をポイント情報の属性として現場で自動的に結びつけることが可能となる。また、事前に電子化した防災カルテ等を登録することで、現地調査に持っていく荷物を極力減らすことができる⁹⁾。

4. 実験手法

実験フローを図-6に示す。

- ① 作成した微地形強調図を GIS の背景図に座標を保持したままセットアップする。
- ② 実験フィールドへ GIS をセットアップした端末を持ち込み、表示される自己位置を参考にして微地形強調図と落石発生源の位置関係を現地で確認する。
- ③ 端末が示す自己位置上にポイントデータを作成し、GIS に位置座標を登録する。
- ④ ②で確認した位置関係から、自分が立っている場所が微地形強調図のどの位置にあるかを想定し、ポイントデータを作成し、GIS 上に位置座標を登録する。
- ⑤ 登録した 2つの座標を比較し、現地で調査員が想定した自己位置と端末が示す自己位置の較差を算出し、端末が示す自己位置の有用性について評価する。

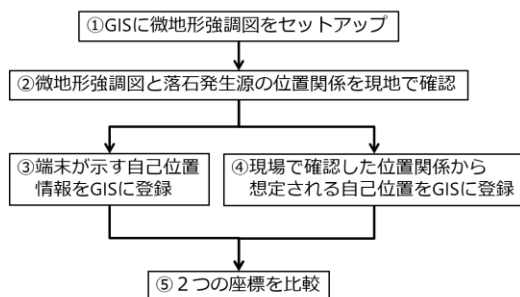


図-6 実験フロー

5. 実験結果

実験結果を図-7に示す。実験では微地形強調図から落石発生源であろうと思われた 22 箇所を対象に実施した。白いピンは調査員が現地の位置関係から確認した想定自己位置を現地でプロットしたものである。赤い三角マークは端末が示す自己位置をそのまま現地でプロットしたものである。両者のプロット状況を比較すると、完全には一致しないものの調査員が想定した自己位置の近くに端末が示す自己位置がプロットされていることが見て取れる。さらに詳しく解析するために位置座標の較差を算出した。

各プロットの比較結果を表-1、比較結果の集計を表-2に示す。完全に一致したものは 4 箇所、最大 6.15m、平均 2.17m、標準偏差 1.51m であった。本実験における較差とは、調査員が現地状況と微地形強調図から想定した自己位置と端末が示す自己位置との比較結果であり、較差が小さいほど調査員を対象箇所へ案内する精度が高く効率的と言える。今回得られた結果は、何も目印がない山中における落石調査の効率化において寄与するものと考えられた。また、図-7 の写真で示す通り通常の GPS 測量では測位が困難な上空視界が不良な箇所においても自己位置情報を示すことも確認できた。



図-7 自己位置情報の精度検証結果

表-1 各プロットごとの想定自己位置と端末自己位置の較差

点番号	エリア名	端末自己位置座標		想定自己位置座標		2 点間距離(m)
		X	Y	X	Y	
1	エリア1	-129985.15	-37059.69	-129982.40	-37054.19	6.15
2	エリア1	-129999.80	-37057.73	-129995.82	-37054.15	5.35
3	エリア1	-130000.44	-37063.50	-130000.46	-37059.75	3.75
4	エリア1	-130031.83	-37065.36	-130031.72	-37065.36	0.11
5	エリア1	-130043.03	-37064.49	-130043.03	-37064.49	0.00
6	エリア1	-130023.62	-37037.98	-130024.05	-37040.18	2.24
7	エリア1	-130013.27	-37045.99	-130015.92	-37048.93	3.96
8	エリア1	-130013.42	-37035.10	-130013.42	-37035.10	0.00
9	エリア1	-129995.78	-37036.31	-129995.78	-37036.31	0.00
10	エリア2	-130072.61	-36965.36	-130075.73	-36960.62	5.68
11	エリア2	-130080.83	-36963.11	-130080.94	-36963.20	0.14
12	エリア2	-130090.71	-36959.40	-130087.85	-36955.55	4.80
13	エリア2	-130091.74	-36953.09	-130090.75	-36950.80	2.50
14	エリア2	-130100.49	-36956.33	-130099.36	-36960.26	4.09
15	エリア2	-130098.34	-36967.30	-130099.67	-36966.75	1.44
16	エリア2	-130108.31	-36969.90	-130107.31	-36970.44	1.14
17	エリア2	-130117.85	-36941.58	-130116.97	-36940.57	1.34
18	エリア2	-130106.28	-36949.40	-130106.28	-36949.40	0.00
19	エリア2	-130097.21	-36943.14	-130096.55	-36942.41	0.99
20	エリア2	-130097.38	-36929.79	-130098.82	-36930.62	1.66
21	エリア2	-130103.28	-36924.33	-130102.72	-36924.23	0.56
22	エリア2	-130108.89	-36935.32	-130108.35	-36933.49	1.91

表-2 想定自己位置と端末自己位置の較差の集計

	△S(m)
点数	22
最大値(m)	6.15
最小値(m)	0.00
平均(m)	2.17
標準偏差(m)	1.51

6. 考察と今後の展望

落石調査の効率化に向けて航空レーザ測量成果から作成された微地形強調図と、端末上で作動する GIS を用いて、端末が示す自己位置の精度検証を実施した。現地調査の結果、調査員が現地にて微地形強調図と落石発生源との位置関係から想定した想定自己位置と、タブレット端末上で示される端末自己位置の較差の平均は 2.17m であった。また、実験フィールドは上空視界の状況が悪く通常の GPS 測位が困難な地域であっても A-GPS 方式を用いることで測位が可能であった。以上の結果から、上空視界の状況が悪い山中においても、携帯ネットワークエリア内であれば、微地形強調図と端末、端末上で作動する GIS を用いることで、自己位置を活用した落石調査の効率化が実現できる可能性が確認できた。今後は、既存の手法と今回の手法を比較するなどの検証を進める予定である。

謝辞：本研究は、国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所に実験フィールドを提供頂き、現地調査時には貴重な意見を頂戴した。あっとクリエーション株式会社の黒

木紀男氏にはタブレット端末搭載型 GIS について貴重な意見を頂戴した。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 神谷泉, 田中耕平, 長谷川裕之, 黒木貴一, 早田靖博, 小田切聡子, 政春尋志：傾斜量図の作成とその応用, 情報地質 Vol.10 No.2, pp.76-79, 1999.
- 2) Booth, A.M., Roering, J.J., Perron, J.T. : Automated landslide mapping using spectral analysis and high-resolution topographic data, Puget Sound lowlands, Washington, and Portland Hills, Oregon. *Geomorphology* 109, pp.132-147, 2009.
- 3) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム：土木研究所資料, 地すべり地における航空レーザ測量データ解析マニュアル(案), pp.11-12, 2009.
- 4) 宮下征士, 今西将文, 宮田真考, 西山哲：レーザデータを使用した微地形強調図による落石発生源抽出の検証, 土木学会論文集 F3 (土木情報学) Vol.73 No.2, pp. I_92-I_108, 2017.
- 5) 宮下征士, 今西将文, 宮田真考, 西山哲：異なる 2 時期の航空ヘリレーザデータを使用した落石発生源抽出の基礎的検証, 土木学会中国支部第 69 回研究発表論文集, pp.373-374, 2017.
- 6) 宮下征士, 西山哲, 竹山竜太, 井上真：異なる 2 時期の航空ヘリレーザデータを使用した落石発生源抽出の基礎的検証, 平成 29 年度日本応用地質学会論文集, pp.175-176, 2017.
- 7) 菊池輝行, 秦野輝儀, 千田良道, 西山哲：S-DEM データを利用した地すべり地における変動ベクトル解析技術の開発, 応用地質 日本応用地質学会 Vol.157 No.6, pp.277-288, 2017.
- 8) Apple Inc. : iPad, <<https://www.apple.com/jp/ipad/>>, (入手 2018.4.5)
- 9) あっとクリエーション株式会社：かんたんマップ, <<http://www.at-creation.co.jp/system/map.html>>, (入手 2018.4.5)