

赤色立体地図とガンマ線探査による 断層抽出の試み

GEOPHYSICAL METHOD FOR DETECTING FAULTS

BY RED RELIEF IMAGE MAP AND GAMMA-RAY INTENSITY SURVEY

吉川 智彦¹・吉村 辰朗²・小汐 真由美³・北園 芳人⁴

Tomohiko YOSHIKAWA, Taturo YOSHIMURA, Mayumi KOSHIO, Yoshito KITAZONO

¹アジア航測株式会社 (〒812-0016 福岡市博多区博多駅南 3-3-25)

E-mail: tom.yoshikawa@ajiko.co.jp

²復建調査設計株式会社 (〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 3-12-24)

E-mail: t-yoshimura@fukken.co.jp

³アジア航測株式会社 (〒215-0004 川崎市麻生区万福寺 1-1-2)

E-mail: ma.koshio@ajiko.co.jp

⁴熊本大学 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)

E-mail: kitazono@gpo.kumamoto-u.ac.jp

Key Words: faults, airborne lidar, Red Relief Image Map, gamma ray survey

1. はじめに

地すべりや深層崩壊などの災害地形は、断層や活断層等と密接な関係があることが指摘されている¹⁾²⁾。

ここでは、災害地形と密接な関係がある断層、活断層を抽出する手法の一つとして、赤色立体地図による地形判読とガンマ線探査の組み合わせによる方法について、既知の活断層を対象に検証を行った。

2. 調査対象地区

2012年10月に行われた都市活断層図(出水)の見直しでは、図-1に示す位置に活断層が追記された³⁾。この範囲には、赤色立体地図作成に必要なレーザ計測データが整備されており、本地区を検討の対象地とした。

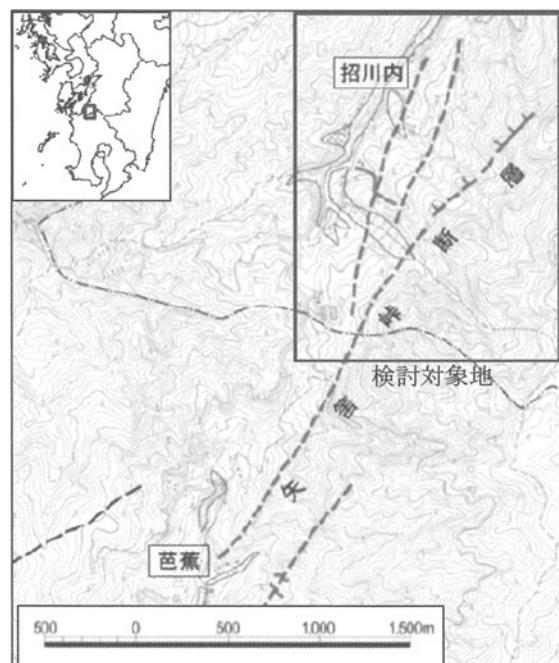


図-1 本検討の対象地と都市活断層図で示された活断層³⁾。

3. 赤色立体地図による地形判読

(1) レーザ計測データによる赤色立体地図の作成

対象地には、国土交通省川辺川ダム砂防事務所が計測したレーザ計測データ(2012年度計測)が存在した。このレーザ計測は、1 m²に1点の密度で計測をおこなわれ、1mDEM (Digital Elevation Model) が整備されている。レーザ計測は、森林においても樹木の隙間を通過したレーザ光が、地表面から反射してくるため、従来の航空写真測量に比較して、より詳細な地形計測が可能である。

赤色立体地図は、DEM の解析により、傾斜度を赤の濃淡で、地形開度を明暗で与えることで地形を立体的に表現する手法である⁴⁾。密度の高いレーザ計測データから得られたDEMを用いて赤色立体地図を作成することで、微地形の判読が容易になる。

本検討で作成した赤色立体地図を図-2 に示す。図-2 の北側についてはデータが広く存在し、南側については図の下端までがデータ存在範囲となっている。

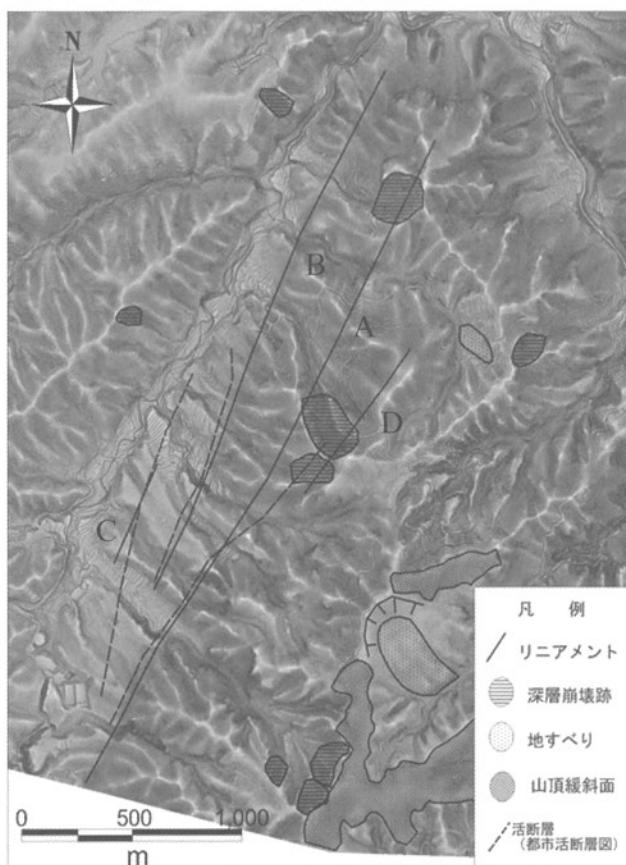


図-2 赤色立体地図による判読結果。

(2) 赤色立体地図による地形判読結果

赤色立体地図による地形判読図を図-2 に示す。判読項目は、リニアメント、深層崩壊跡地、山頂緩斜面、地すべりである。

断層、活断層はリニアメントとして判読されるため、ここではリニアメントとして整理している。

判読結果は下記の通り総括される。

- ①リニアメントが 4 本判読された。
- ②リニアメント沿いに深層崩壊跡が分布する。
- ③山頂緩斜面端部にも深層崩壊跡が存在する。

判読された 4 本のリニアメントに、A, B, C, D で名称を付している。

各リニアメントの判読根拠は以下の通りである。

- A:尾根筋に鞍部が連続的に分布する。
- B:尾根筋に勾配変化点が連続的に分布する。
- C:谷筋の屈曲が判読される。
- D:尾根上に鞍部が連続的に分布する。

上記に記したリニアメントの判読根拠は、従来の空中写真判読では第三者に説明するのが困難な情報である。赤色立体地図を利用することにより、判読の精度が向上するとともに、判読結果の情報共有においても有効である。

前述した都市活断層図では、本対象地に 3 本の活断層が記載されているが、赤色立体地図での判読では 4 本のリニアメントが判読された。

都市活断層図との比較のため、赤色立体地図上に都市活断層図の活断層を破線で記入した。

赤色立体地図で判読したリニアメント A の南側、リニアメント B の南側、リニアメント C が都市活断層図の活断層とほぼ重なっている。しかしながら赤色立体地図で判読したリニアメント A の北側、リニアメント B の北側、リニアメント D については、都市活断層図では活断層とされていない。リニアメント A については、その存在状況より、図面南端よりもさらに南に延伸している可能性が高い。

4. ガンマ線探査による断層破碎帯の確認

一般にガンマ線探査(放射能探査)は、測定方法や解析方法に曖昧な点があり、実際の断層位置から数 m ~ 数 10m ずれることが多く、物理探査手法としては概査段階の手法として位置付けられてきた。本項では、従来の放射能探査の解析法及び解釈の見直しを行い、岩石の磁性を考慮した放射能探査法を新たに提示する。

この手法で、赤色立体図で判読されたリニアメントの確認し、伸長方向と規模を求めた。

(1) ガンマ線探査の原理と探査方法

a) ガンマ線探査で用いた測定機器と用具

ガンマ線探査に用いた測定機器と用具を写真-1に示す。ガンマ線の強度を計測する装置は、シンチレーションサーベイメータ(アロカ社製 TCS-151 型)を用いている。



写真-1 ガンマ線探査に用いた測定機器と用具。

測線は推定される断層伸長方向にほぼ直交するように設定し、尾根において測定した。測点間隔は 3m で、 γ 線強度異常値が出現した地点では 10cm 間隔で測定し γ 線強度異常値区間を詳細に求めた。この測定法で異常値区間境界点(α 点)を求め、測線より 50cm~1m シフトさせて同様に境界点(β 点)を 10cm オーダーで求め、 α 点と β 点を結んだ方向を破碎帯の走向とした。走向に直交するする γ 線強度異常値区間を断層場幅(破碎幅)と定義した(図-3)。

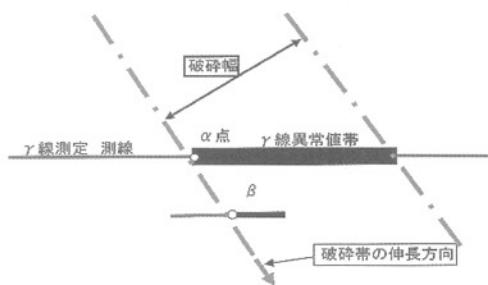


図-3 γ 線探査で検出した断層場幅(破碎幅)。

b) ガンマ線探査で計測するガンマ線異常について

従来の放射能探査の教科書(「新版 物理探査適用の手引き」⁵⁾等)では、図-4 に示す通り、断層破碎帶では、断層破碎帶を通過していく放射能によりガンマ線強

度が高くなると説明してきた。

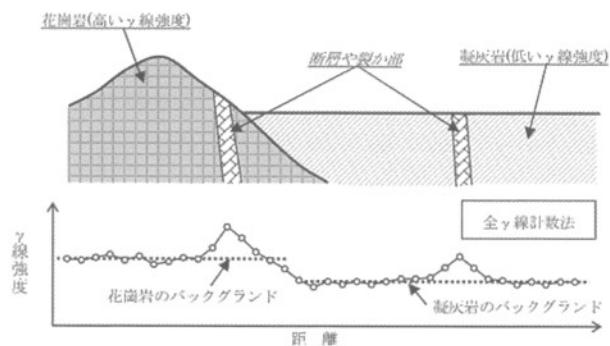


図-4 従来の教科書による断層破碎帯のガンマ線強度⁵⁾。

兵庫県宍粟市に分布する波賀複合花崗岩体中のカタクレーサイトでは、帯磁率異常が生じ高帯磁率・低ガンマ線を呈する⁶⁾。大分県野津原に分布する荷尾杵マイロナイト中の変形帶では、低帯磁率・高ガンマ線が検出された⁷⁾。これらの現象を基にガンマ線の減衰実験を行った結果、高帯磁率のガンマ線吸収量が大きいことが明らかになった⁸⁾。帯磁率は、磁性鉱物の大きさ、磁性鉱物量の増減、磁性鉱物の風化・変質によって変化する。断層破碎帶におけるガンマ線は、断層物質の磁性特性によって変化し、非破碎部のガンマ線強度より高ガンマ線や低ガンマ線が検出されると考えられる。

吉村によれば、断層場幅(破碎幅)と断層長には、図-5 の関係があるとされている⁹⁾。雲仙普賢岳付近の B 級活断層である千々石断層の断層場幅(破碎幅)は 20.7m で、断層長は 8.1km は下式より算出され、松岡ほか(2005)に記載されている断層長と同様である¹⁰⁾。

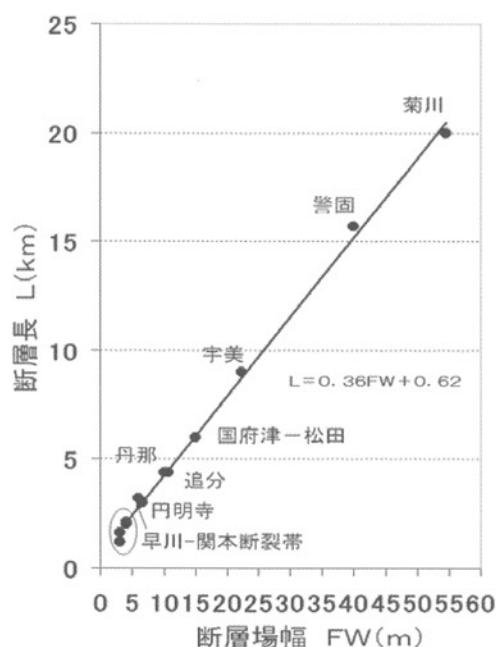


図-5 断層場幅と断層長の関係⁹⁾。

(2) 判読したリニアメントにおけるガンマ線探査

a) 測線設定と測定状況

赤色立体地図で判読されたリニアメント沿いでガンマ線探査を実施した。測定実施箇所(測線)は、図-6にA・B・Cで示す箇所である。

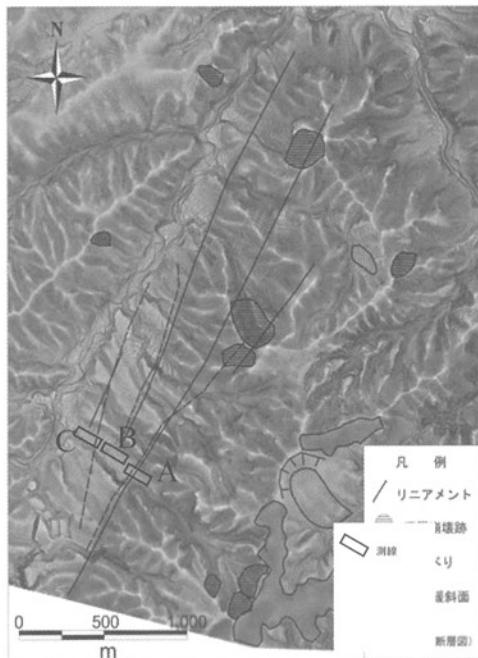


図-6 ガンマ線探査の実施箇所。

ガンマ線測定状況を、写真-1に示す。



写真-2 測線の設定と測定状況(2013.2.21.)。

b) 測定結果

本測線での測定結果を図-7～9に示す。ガンマ線探査で検出された断層場幅(破碎幅)は、A測線43.6m、B測線8.2m、C測線4.6mである。断層推定箇所のガンマ線強度は周囲と比較して、A測線で相

対的に低く、B測線・C測線では逆に高い。

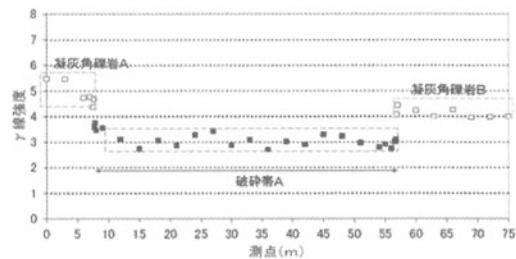


図-7 A測線のガンマ線強度測定結果。

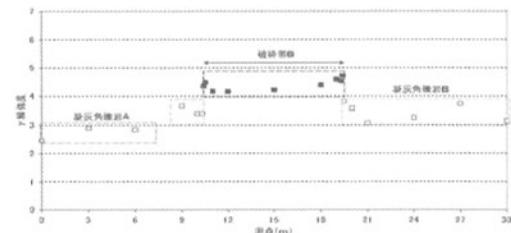


図-8 B測線のガンマ線強度測定結果。

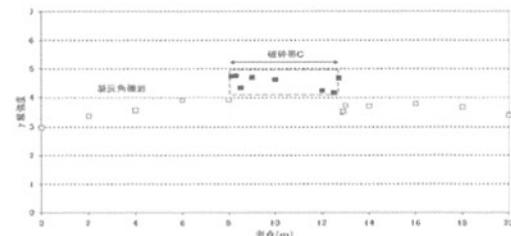


図-9 C測線のガンマ線強度測定結果。

図-5の断層場幅(破碎幅)と断層長の関係を本地区の破碎帯に適用すると、本断層の長さはA測線16.3km、B測線3.6km、C測線2.3kmと算出される。

断層場幅より推定される断層長を表-1に整理する。

破碎帯名	異常値区間	断層場幅	方向(走向)	断層長
破碎帯A	7.7m～56.7m	43.6m	N30° E	16.3km
破碎帯B	10.4m～19.4m	8.2m	N30° E	3.6km
破碎帯C	8.1m～12.7m	4.6m	N26° E	2.3km

表-1 ガンマ線探査結果。

断層場幅から推定される断層長と赤色立体地図で判読された断層長の関係を表-2に示す。断層場幅から推定される断層長は、赤色立体地図で判読された断層長より、いずれも大きい結果となった。

断層名	ガンマ線探査 断層幅	断層幅より推定 される断層延長	判読された断層 延長
断層A	43.6m	16.3km	3.2km
断層B	8.2m	3.6km	2.5km
断層C	4.6m	2.3km	0.5km

表 - 2 ガンマ線探査と赤色立体地図判読により推定される断層長の比較.

リニアメントAについては検討範囲南側への延伸について確認されていないため議論できない.

リニアメントBとリニアメントCについては、赤色立体地図判読で推定される断層長は、地表の変化(風化・侵蝕・土地利用等)により、本来の断層の全長を判読できていないことが考えられる.

5. まとめと課題

レーザ計測データから作成した赤色立体地図の判読の結果により、都市活断層図(出水)で見直しされた活断層に相当するリニアメントが判読された。判読されたリニアメントは、既往の活断層図の分布と重なる部分もあるが、一部で差異がみられた。ガンマ線探査によって推定された断層場幅(破碎幅)から推定される断層長は、赤色立体地図で判読されたリニアメント延長より、いずれも長い結果となった。

上記の結果より、赤色立体地図の判読とガンマ線探査のみから、活断層の分布範囲を説明することはできなかった。活断層の分布範囲を精度よく確認するためには、より詳細な調査を行う必要があるが、赤色立体地図

判読とガンマ線探査は、いずれも安価な調査手法であり、詳細調査の予備調査として有用であると考えられる。

九州地区は、国土交通省により広くレーザ計測が実施されている。地震被害や深層崩壊に關係の深い活断層や断層破碎帯を正しく把握するため、赤色立体地図判読とガンマ線探査を広く実施することを提案したい。

参考文献

- 1)今村達平:設計上考慮すべき地下水に絡む諸問題, 建設コンサルタンツ協会講演会資料, 2000.
- 2)独立行政法人事木研究所:深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案), 2008
- 3)国土地理院:都市活断層図(出水), 2012.
- 4)千葉達朗・鈴木雄介・平松孝晋:地形表現手法の諸問題と赤色立体地図, 地図, Vol.45, No.1, 2007 物理探査適用の手引き, 2008.
- 5)物理探査学会:新版 物理探査適用の手引き, 2008.
- 6)吉村辰朗: γ 線強度に影響する断層の帶磁率, GET 九州, 33, 14-18, 2012.
- 7)吉村辰朗・後藤啓治:マイロナイト中のシル分布から推定される下部地殻の変形帯, 日本地質学会第 116 年学術大会講演要旨集, 150, 2009.
- 8)吉村辰朗・大野正夫:断層破碎帯における帶磁率異常に伴う γ 線量の変化, 物理探査, Vol.65, No.3, 2012.
- 9)吉村辰朗:破碎幅を尺度とした活断層の活動度評価—破碎幅と断層長の関係式—, 活断層研究, Vol.33, 2010.
- 10) 松岡 晓・堤 浩之・竹村恵二・星住英夫・松本哲一:雲仙断層群の変位速度と活動史, 活断層研究, Vol.25, pp.135-146, 2005.

