

9. 異常樹木と簡易レーザー測距儀を用いた山上クラック帯の運動像解析 —高知県の町代次の例—

Analysis of moving picture of ridge-top crack zone used by abnormal tree sensor and a simple laser rangefinder—A case of Yotsugi, Ino Town, Kochi Prefecture—

光本恵美 (高知大学)・本間こぎと (高知大学)・
横山賢治(日本エルダルト株式会社)・横山俊治 (高知大学)

1. はじめに

付加体からなる四国山地の尾根は至る所で裂けている(布施・横山, 2010). 裂け目形成はどのような変形を尾根に生じるのであろうか. 我々は変形時の運動像と尾根の陥没の有無に関心を持っている.

調査地は, 高知県吾川郡いの町代次集落南方の尾根の山上クラック帯である. これまでに, 横山・横山(2004)は, この山上クラック帯において, 異常樹木を用いた解析を行い, 地表面の陥没と谷側への傾動が生じていることを明

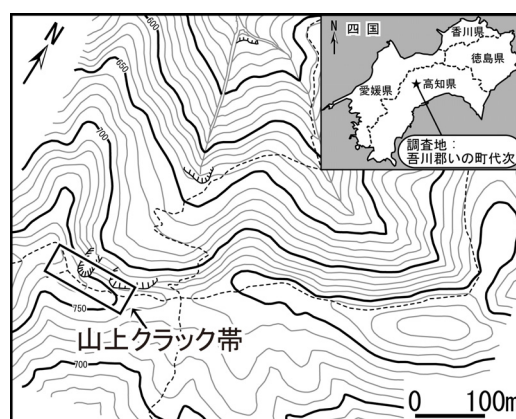


図-1 調査地の位置

らかにした. ただし, 異常樹木から解析できる変動は最近の数10年以内であるが, 地形には尾根の裂け目形成のはじまりから現在までの累積変位が記録されているので, 地形判読からひずみ像, 運動像の解析を行う必要がある. そこで, 異常樹木に加え, 簡易レーザー測距儀を用いて作成した地形断面図と地質構造をマーカーとして, 長期間に累積した変動の運動像解析を試みた.

2. 本調査の既往調査結果

横山・横山(2004)は, 山上クラック帯を構成する多数の線状凹地と異常樹木の分布を明らかにしている. それによると, 山上クラック帯は, 尾根筋にほぼ平行に分布する. 山上クラック帯の北縁は, 小規模な崩壊による滑落崖が連なる. 南縁にあるクラック群は, 連続性がよく, B断面付近で硬質なチャート壁からなる最大高7.5m程度の小崖がある. 山上クラック帯の内部は, ミ型に雁行配列する線状凹地群が発達している.

3. 運動像解析の方法

山上クラック帯の運動像を解析するにあたり, 変動前後の①地形, ②地質構造, ③樹木を考える必要がある. 以下に, 山上クラック帯形成前後における各マーカーの特徴をまとめる.

3.1 変動前後の地形

変動前の尾根の地形は, 調査地周辺にある非変動域の斜面を外挿して復元する. その後, 簡易レーザー測距儀を用い, 変動後の尾根の地形である現地形を明らかとし, 現地

形を(a)変動以前の地形面, (b)変動で生じた破断面に区分し, 地下内部構造を推定する(図-2).

本調査地にある山上クラック帯では, 変状の少ない南斜面は非変動域の斜面を外挿し, 崩壊している北斜面は非崩壊斜面の勾配を現地形にすりあわせたものを変動前の北斜面とし, 両者の交点を変動前の尾根の頂点(図-3 の Δ')として, 変動前の尾根の地形を復元した.

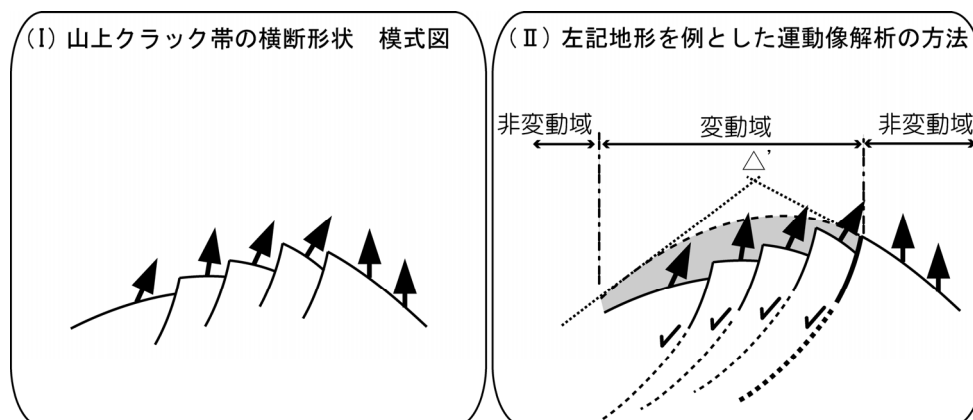


図-2 山上クラック帯の運動像解析方法

- ① 非変動域の斜面を外挿し、変動前の尾根の地形を復元する。
- ② 簡易レーザー測距儀を用いた現地形の横断形状を、(a)変動前の地形面、(b)変動時に生じた破断面に区分し、地下内部構造を推定する。

3.2 変動前後の地質構造

変動前の地質構造は, 後に生じた斜面変動等の影響を受けていない元々の地質構造を指す。元々の地質構造や地質境界は, それをマーカーとして, 山上クラック帯の変動状況を把握することができる。

調査地周辺の非変動域で測定された片理や岩層境界は, おおむね東北東走向($60^{\circ} \sim 75^{\circ}$)で南に $10 \sim 30^{\circ}$ の緩傾斜を示している。これを変動前の地質構造と仮定した。緩傾斜の構造をマーカー(以下、「地質マーカー」という)として, 山上クラック帯にある岩盤の動きを検討した。

3.3 変動前後の樹木

生育場所を移動できない植物は, 周辺の環境に適応しながら成長していく。多くの樹木は, 幹は重力を感じて上方に, 根は地中へ向かって四方に伸びていく。

山上クラック帯周辺にある樹木の一部にも, 足元である地盤の変動に応じ, 現在まで成長を続けているものがあると考えられる。そこで, 山上クラック帯周辺の立木をみると, (a)緊張した樹根, (b)樹幹の傾動, (c)樹幹の絡まりといった地盤の変動に伴う樹木の異常が認められる(写真-1)。横山・横山(2004)は, これらの樹木を「異常樹木」と名付け, その分布を明らかにし, 緊張した樹根の落としの方向や傾動した樹幹の傾動方向を測定し, ここ数十年間の変位を推定した。以下に, 本調査地で確認される異常樹



写真-1 調査地で確認される異常樹木

木の特徴をまとめる。

(a) 緊張した樹根

山上クラック帯の形成に伴い、周辺にある樹木の根は、樹根の伸長方向とクラックの開口方向がほぼ直交する場合、切断されにくい。これら緊張した樹根の存在は、不明瞭な浅い山上凹地の検出にも有効である。

また、開口クラックの両側の地盤が上下変位をもつ場合には、下側に位置する地盤に自生している樹木から伸びる樹根は切断されやすい。このような特徴を利用して、生き残った樹根の方向からクラックの開口方向を推定し、樹根の落としの方向から、地盤の上盤・下盤の判定ができる。

(b) 樹幹の傾動

山上クラック帯の形成に伴う樹幹の傾動は、樹木の足元の地盤の回転を示す。傾動樹幹木には、樹根が切断されていない側に傾いたり、完全に倒れたりするものがある(写真-1の(b))。これは、山上クラック帯の形成に伴い、樹根が切断されるとともに、樹木の足元である地盤が傾動することによるものと考えている。

また、傾動した樹木には、傾動後に樹幹から上に向かって成長した「上伸枝」が観察されることがある。上伸枝の年輪は、地盤の回転した年代を示す可能性が高い。

(c) 樹幹の絡まり

山上クラック帯内を歩いてみると、複数の根幹が絡みついた樹木を見ることができる。絡みついた部分は樹幹が変形し、ときに癒着している。このような異常樹木は、本調査地を含め、他の山上クラック帯でも確認されることから、立木の足元である地盤の変動によるものと考えている。

3. 運動像解析結果

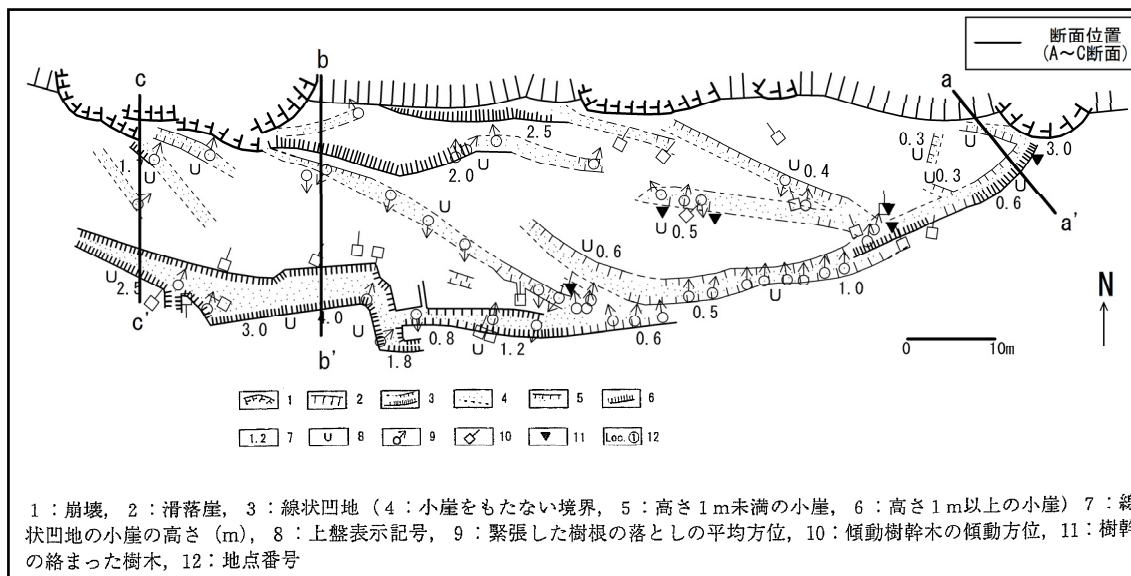


図-3 山上クラック帯と異常樹木の分布平面図

解析の結果、山上クラック帯では、頂部で1.3~4.3mの陥没が推定される。今回、3断面の位置で検討したが、断面ごとに運動像が異なっていることが明らかになった(図-4)。また、異常樹木と露頭の現地状況から、個々の凹地をみてみると、両端のクラックに挟まれた岩盤がその内部に複雑に陥没していることがわかっている(図-3)。

以下より、各断面付近での①地形、②地質構造、③樹木の状況から復元される運動像解析結果をまとめる。

A 断面

クラック群は、変動前の南側斜面に発生している。主要なクラックは北に約 30° 傾斜し、クラックに沿って上盤(北側)の岩盤が下がっている。変位量の最も大きなクラックは南端に位置する。地表面からみても、泥質岩の片理からみても、岩盤の回転は認められない。

本断面付近では、樹幹の絡まった樹木が確認されるのみで、その他の異常樹木は確認されなかった。このことより、本断面では、異常樹木を用いて変動状況を推定することができなかった。

B 断面

南に高角度で傾斜するリストリック断層群によって、岩盤は北に回転しながら陥没し、南斜面はほぼ水平になっている。回転は岩相境界面の傾斜も支持している。南の最大の

線状凹地の開口幅と形状からみて変動域全体が北に移動していると考えている。

本断面付近の樹木をみると、①南縁の北側小崖付近で北北東方向に傾動した樹木、②さらに北の浅い凹地でほぼ南北方向に緊張した樹根がある。この2つの異常樹木の間にある岩塊は、南に向かって陥没したものと考えられ、異常樹木の示す方向とほぼ一致する。

C 断面

本断面上も、山上クラック帯の南を画する規模の大きな凹地がある。この線状凹地の北側の岩盤では、岩相境界面の傾斜が北に傾動を示していることから、南傾斜のリストリック断層が想定されるが、その位置は不明である。

本断面付近では、山上クラック帯の内部に、ミ型に雁行配列する浅い凹地があり、北北東～北東方向に緊張した樹根があり、山上クラック帯内部の岩塊が北北東～北東方向に動いたものと考えられる。この方向は、異常樹木以外のマーカである地形と地質から復元される運動像と一致する。

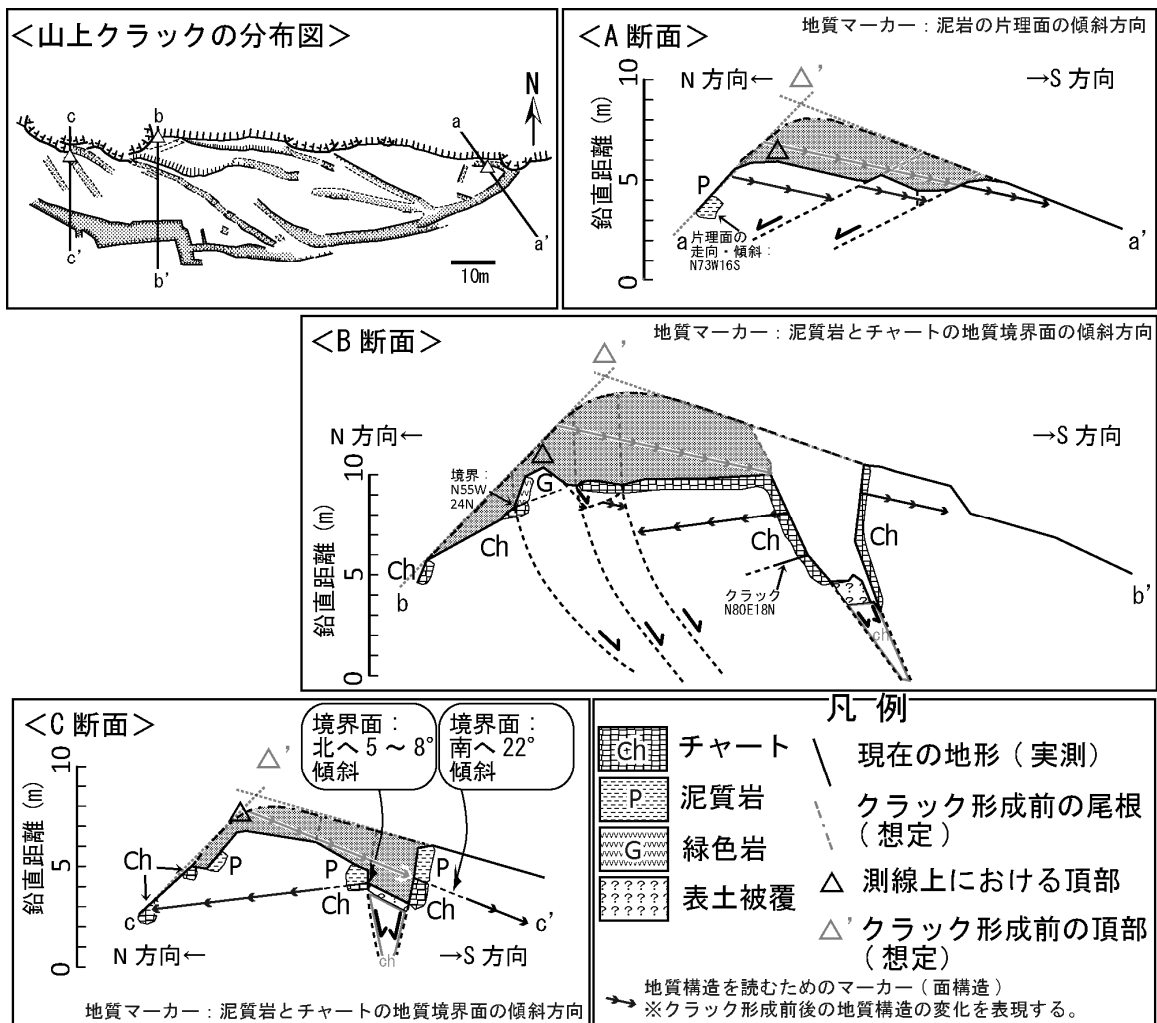


図-4 山上クラック帯の運動像

4. 考察

今回の事例から山上クラック帯の特徴をまとめると、変動域は、尾根の頂部を含み、変動の進行方向とは反対側の斜面に変動域と非変動域境界をなす断層がしばしば連続性の良いやせ尾根（尾根向き小崖）を形成している。その結果、尾根から変動の進行方向側の斜面にかけては、陥没が起こっている。この陥没形成に関わる基本的な断層系は、開口型の①面状正断層群、②リストラック正断層群、③共役面状正断層群、④共役リストラック正断層群の4タイプがある(図-5)。

5. まとめ

今回の調査で、変動以前の尾根を復元し、現地形を、変動以前の地表面と破断面に読み分けることより、山上凹地の運動像を明らかにすることができた。以下に、調査結果より得られた山上クラック帯の長期にわたって累積した変動の運動像とその特徴をまとめる。

(1) 山上クラック帯は、全体的に 1.3～4.3m 程度陥没し、変動前よりも平坦になっている。B断面やC断面では、陥没は岩盤の回転を伴っている。

(2) 山上クラック帯の主要な変動は、尾根を越えた南斜面で生じ、主要な変動より北側斜面を変動域とする。

(3) 異常樹木から推定された、ここ数10年間の山上クラック帯の動き(横山・横山, 2004)と長期にわたる累積変動は調和的である。

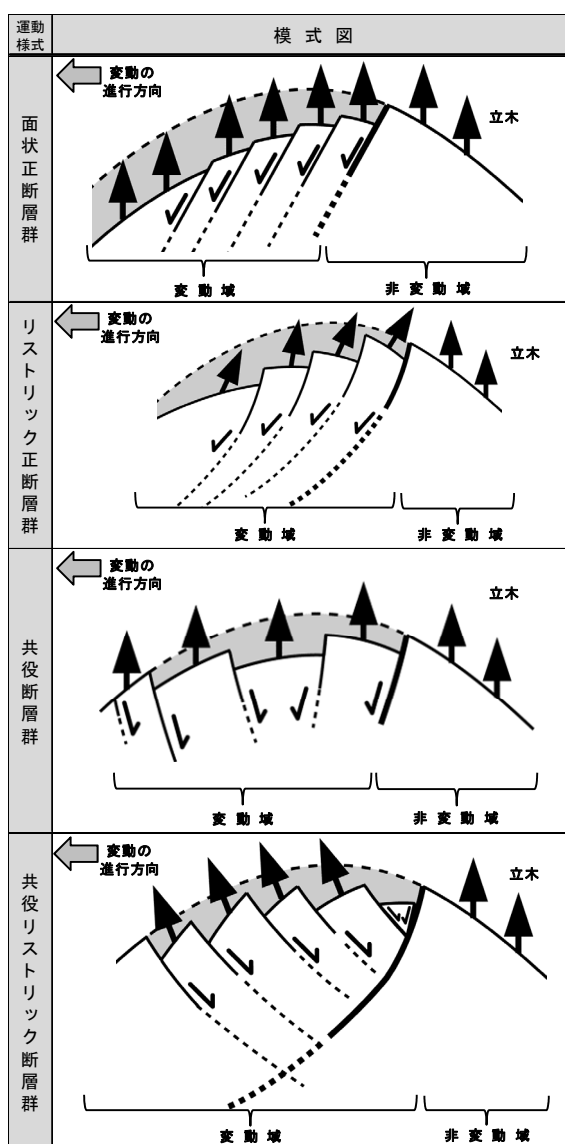


図-5 山上クラック帯の運動様式
模式図

引用文献

- 1) 布施昌弘・横山俊治(2010) : 5.4.1 中国四国地方の線状凹地の特徴, 日本応用地質学会中国四国支部編「中国四国地方の応用地質学」, pp.167-168.
- 2) 横山賢治・横山俊治(2004) : 異常現象を示す樹木をセンサーとする地すべり性開口クラックの検出と解析, 日本地すべり学会誌, Vol.41, No.3, pp.217-224.