

第3章 地形・地質詳細と盛り土履歴

災害発生地において、過去の地形や、土地履歴を把握することは重要である。ここでは崩落箇所とその周辺における地形改変履歴を作成することにより、現在の地形だけを見ては分からない、元々どのような地形だったのかといった災害発生の素因や、盛り土の造成履歴を把握する。

3.1 地形

崩落の最上部は、熱海市伊豆山地区、七尾団地の南側にある逢初川源頭部（河川区域外）の標高 405m 付近である（図 3-1）。この周辺は広く見ると、岩戸山（標高 734m）の東側斜面に当たる。

地形改変が行われる前の 1967 年と、地形改変後の 2019 年の地形を図 3-2 に示す。1967 年の図は過去の空中写真から写真計測により作成したため樹木下の地盤標高を計測できておらず、微細な地形の表現力は劣るが、造成前の地形を概ね把握できる^(注)。一方で航空レーザ計測データから作成した 2019 年の図は樹木下の地形も詳細に表現できている反面、大規模な造成が行われた後であるため造成前の地形は把握しにくい。両者を使用して地形概況を述べる。

岩戸山の東斜面には大きな半円形の滑落崖が見られ、その下流が広い緩斜面（図 3-3）となっていることから、この緩斜面は古い（約 6.6 万年前、後述）大規模崩壊による堆積物と判断される。この大規模崩壊による堆積物は 5 万分の 1 地質図幅「熱海」における Sd（山地緩斜面堆積物、図 3-5）に対応する。地質図による Sd の範囲を参考に航空レーザ計測による詳細な地形図により判読した当該堆積物の範囲を「崩壊堆積物範囲（概略）」として各図面に示す。七尾団地はこの緩斜面上に造成されたものである。一方、伊豆山神社本宮社のある尾根や、それより東の各尾根は、これら緩斜面に比べ標高が高くなっているという状況から判断して、堆積物に埋められずに残った、緩斜面を作った大規模崩壊よりも古い時代に形成された尾根であると考えられる。

鳴沢川の上流部は、伊豆山神社本宮社の位置する尾根との境界部において、大規模崩壊堆積物が作る緩斜面が侵食されて形成された溪流である。鳴沢川の上流部の谷地形は、1967 年の地形で見て取れるように元々浅いが、宅地造成によって 2019 年時点では埋め立てられている。

逢初川は、兩岸を高い尾根に挟まれた V 字谷であり、鳴沢川とはかなり様相を異にしている。1967 年の地形を見ると、岩戸山からの大規模崩壊堆積物が尾根を越えて逢初川に堆積したかどうかは判断しにくい。少なくとも現状において、1967 年時点の地盤に相当する位置に岩盤が露出していることが現地踏査で確認できることから、1967 年時点で逢初川流域内に崩壊堆積物はほとんどなかったと考えられる。

図 3-4 には、1967 年の地形データによる、逢初川を中心とした横断図（一部、推察される内部構造を含む）を示す。鳴沢川と比べると、測線 No. 2 以下では逢初川の方が急激に深くなっており、No. 3 では溪床の標高差が 30m 程度に及んでいる。また 1 本南側の溪流（寺山沢）と比べると、測線 No. 1 と No. 2 では逢初川の方が 20～30m 程度溪床が低い。逢初川は狭い流域面積しか持たないにも関わらず、逢初川が周囲の谷よりも相対的に深い谷地形であることは、逢初川に地下水等が集中しやすい事を示唆している。

（注）1967 年の空中写真においては、全体に植生が少ない状態であったため、地形推定への樹木の影響はそれほど大きくないものと推定される。

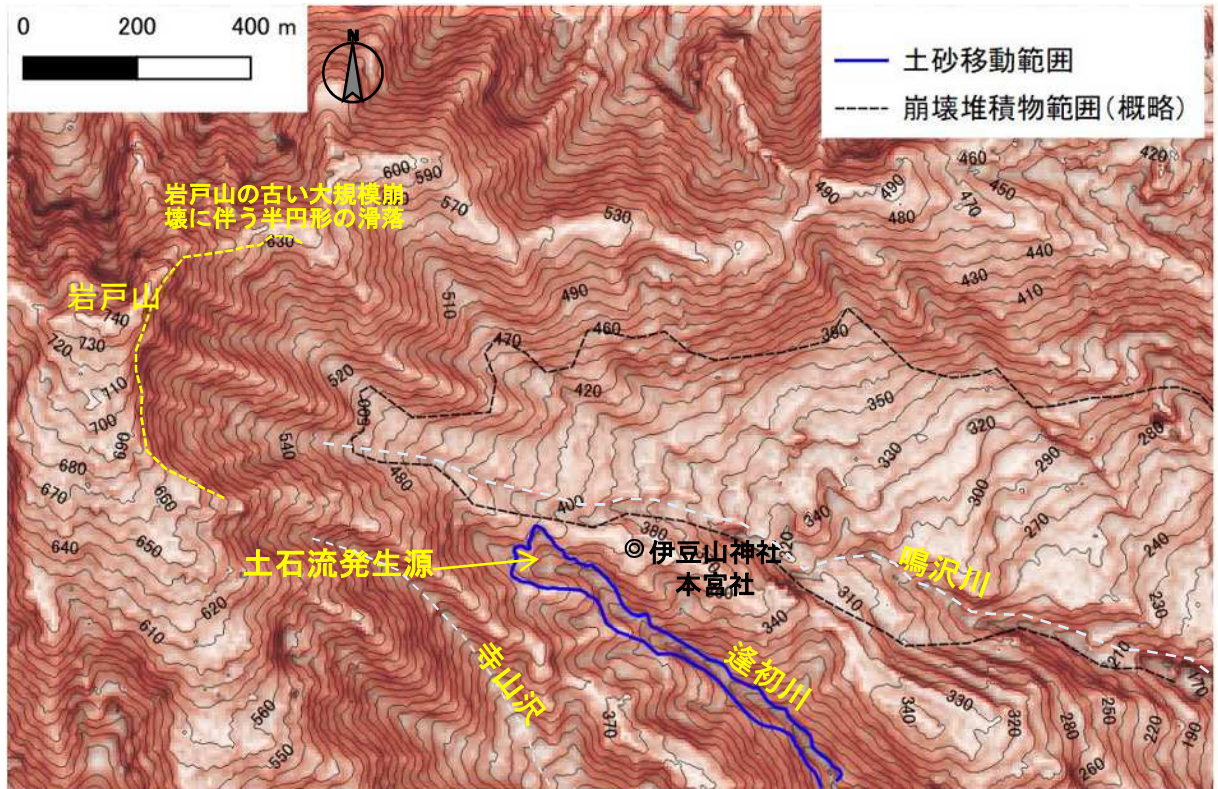


出典：地理院タイル（2017年8月9日撮影）に追記

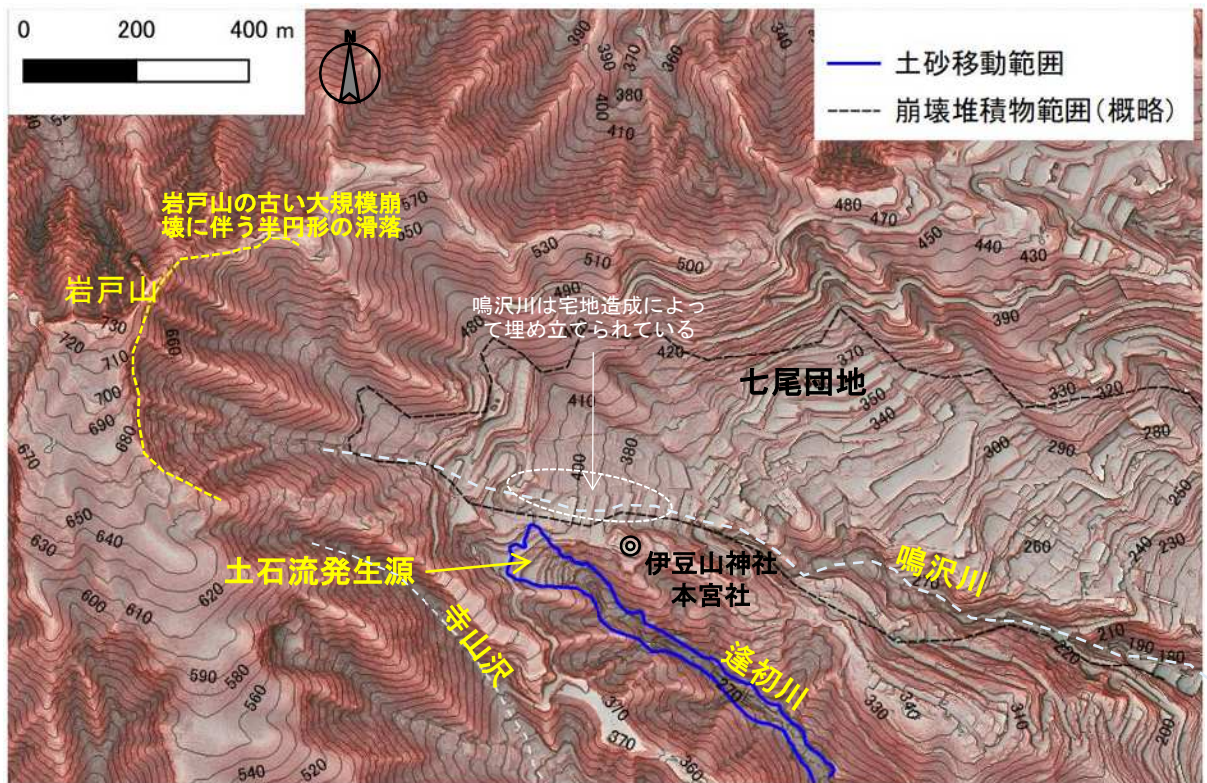


出典：地理院タイル（2001年修正測量）に追記

図 3-1 逢初川源頭部周辺の概況

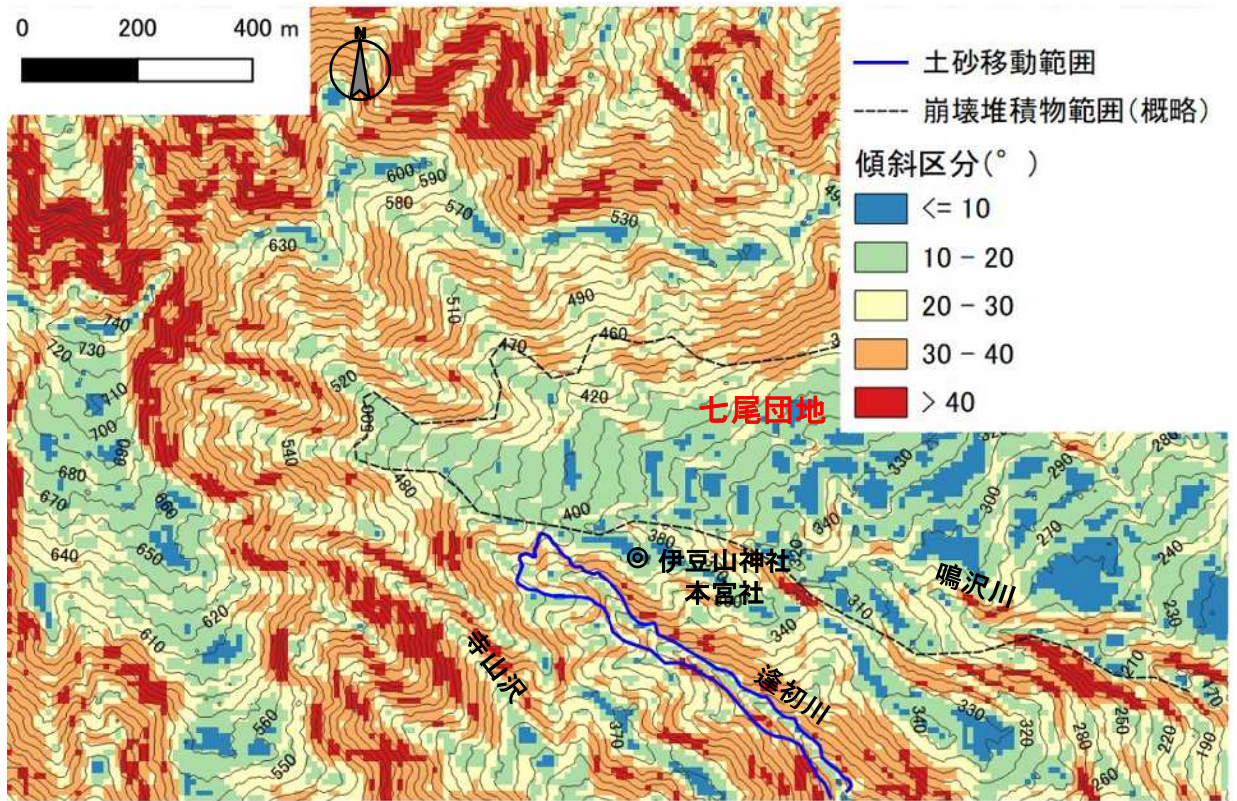


1967年の地形（空中写真から作成）

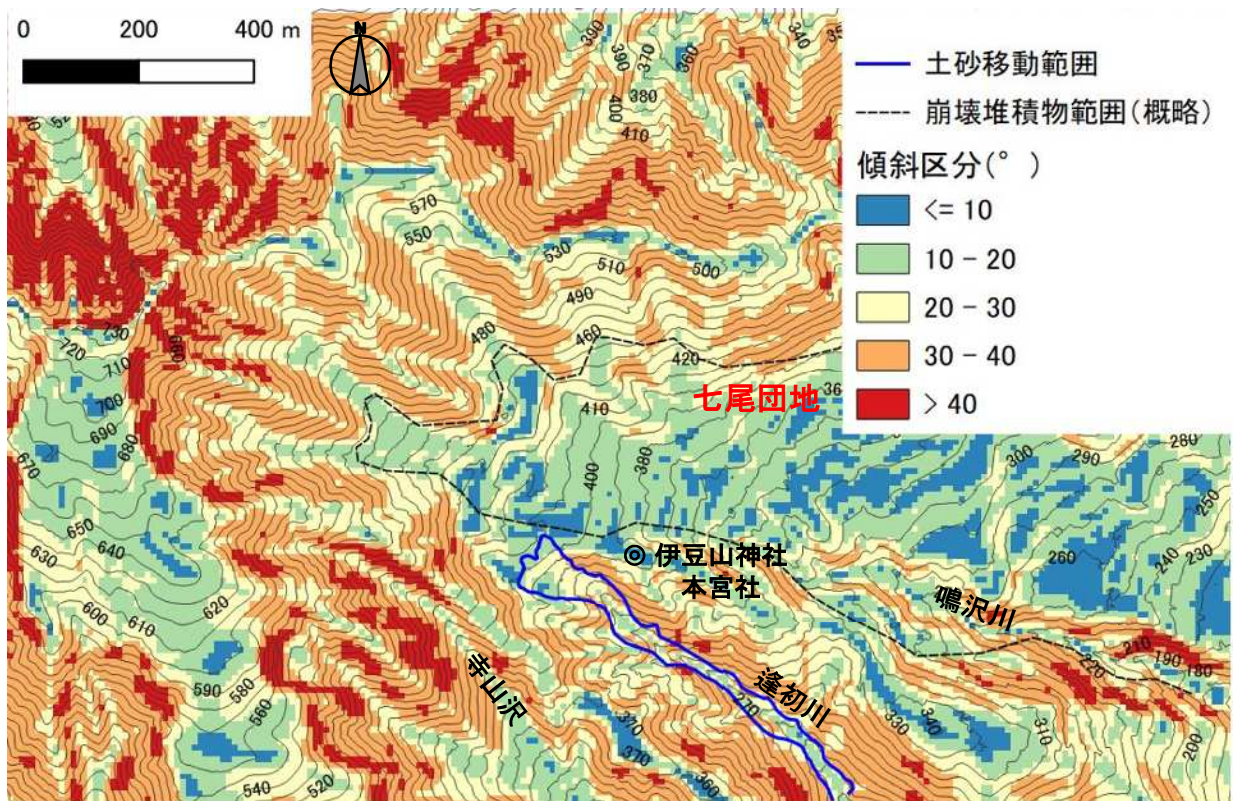


2019年の地形（航空レーザ計測により作成）

図 3-2 逢初川源頭部周辺の地形



1967年の傾斜区分



2019年の傾斜区分

図 3-3 逢初川源頭部周辺の傾斜区分

測線位置

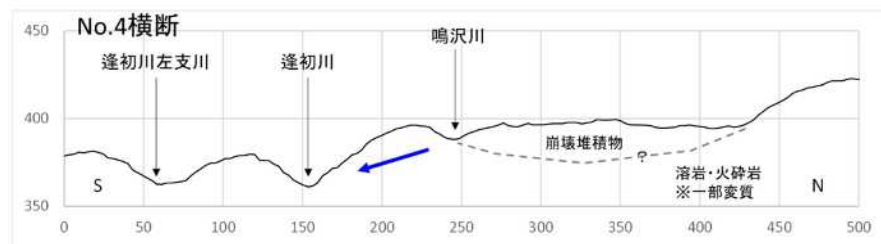
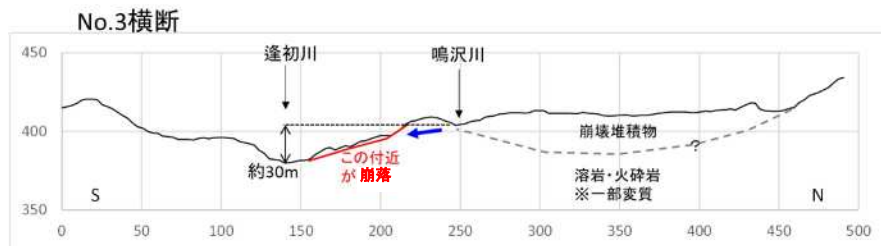
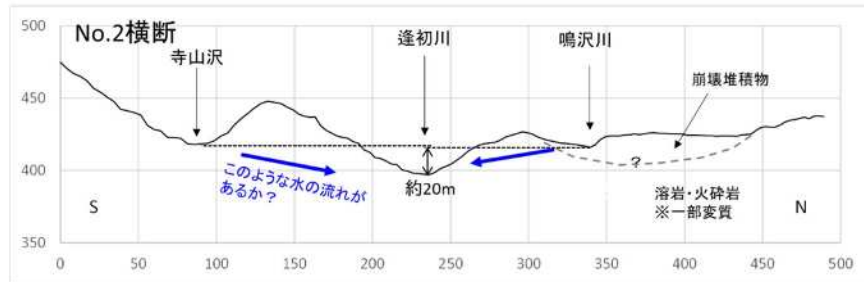
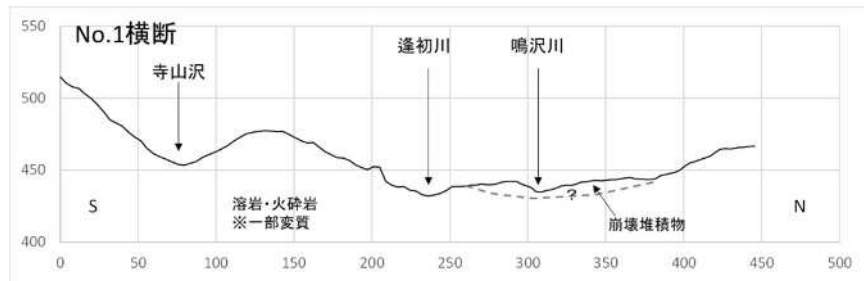
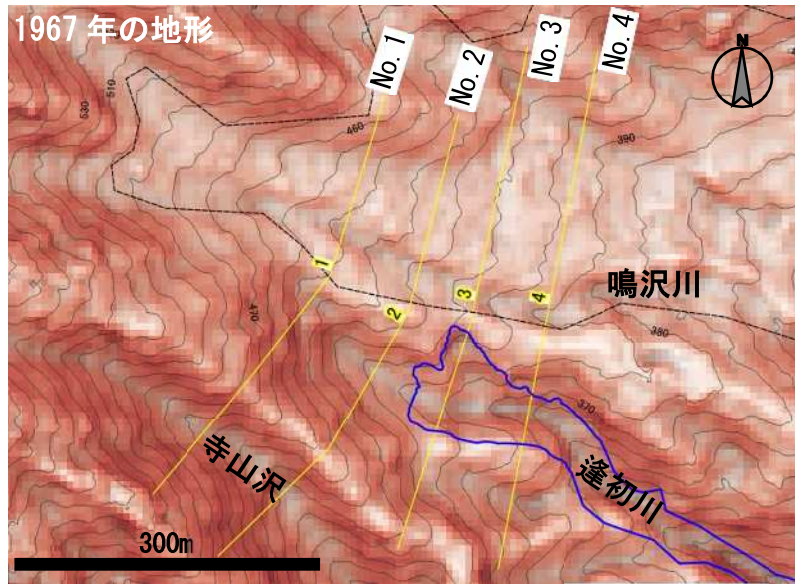


図 3-4 1967年地形による横断面図（下流から見た図）

3.2 地質

既往の地質図^{*1}を図 3-5 に示す。その説明書によると、崩落地周辺には Sy (湯河原火山噴出物-城山溶岩類：安山岩-玄武岩質安山岩溶岩及び火砕岩) と Sd (山地緩斜面堆積物、礫及び砂) が分布する。

Sy は約 40~30 万年前の火山岩類で緻密な¹溶岩と、溶岩と同質な火砕角礫岩及び凝灰角礫岩から成り、部分的に変質作用²を受けている (地質図幅「熱海」)。溶岩と火砕岩 (火砕角礫岩および凝灰角礫岩) が互層し、緻密な溶岩部分に比べ風化を受けやすい火砕岩部分が風化や変質作用を受け粘土化することは、伊豆箱根地域の中期更新世の陸上火山では一般的に見られる。

Sd は礫の最も長い直径が数~十数 cm 程度の円-亜角礫³で構成される粒子の大きさが揃った礫層で、鳴沢川の現河床より標高の高い場所に緩斜面を形成している。層厚は地域によって異なるが、50m は越えない (地質図幅「熱海」)。逢初川の北側に分布する Sd は七尾付近の緩斜面を作っている。この緩斜面を作る Sd は、上述した岩戸山の大規模崩壊堆積物と判断される。Sd は七尾の標高 310m 付近において東京箱根軽石に伴う火砕堆積物に覆われることから、七尾周辺の緩斜面を作る崩壊堆積物は東京箱根軽石の年代である約 6.6 万年前より古い時代に形成された可能性が高い (地質図幅「熱海」)。図 3-5 で示した「崩壊堆積物範囲 (概略)」は、5 万分の 1 地質図幅「熱海」の Sd を参考にしつつ、航空レーザ計測による詳細地形を判読して微修正したものである。

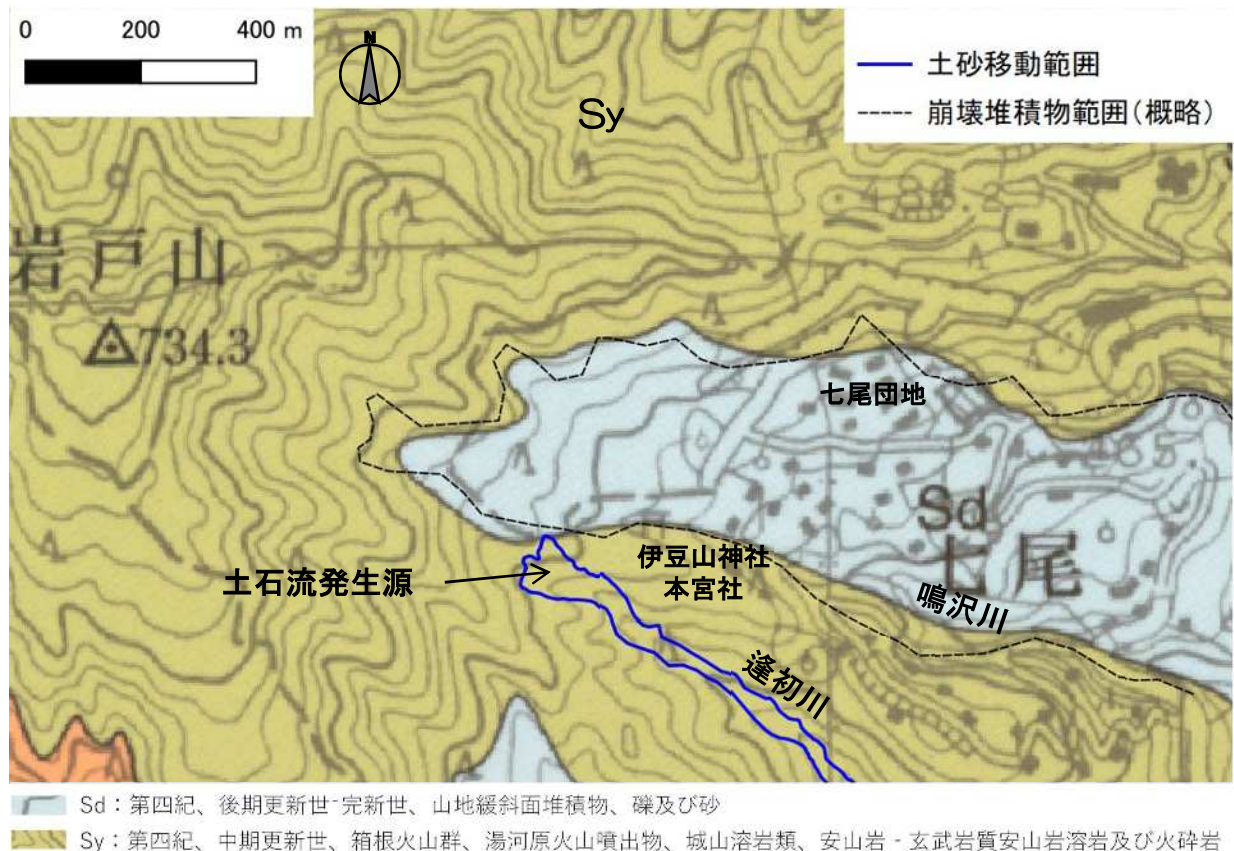


図 3-5 逢初川源頭部周辺の地質 (5 万分の 1 地質図幅 熱海)

¹ 地質学では気泡等の空隙の少ない火山岩を「緻密」と表現する。

² 水の作用の下におこる造岩鉱物の加水変質や加水分解で特徴づけられる変化をいう。

³ 礫の丸みの程度を円磨度といい、丸みの強いものから円-亜円-亜角-角、などに区分される。

木村（2021）^{※2}は、崩落地周辺の基盤の地質構造（湯河原火山噴出物の堆積面）が、南から南南東方向に16～25°の角度で傾斜するとしており、この地質構造は逢初川源頭部の流域面積に比べて6倍もの広さをもつ鳴沢川流域に加え、さらに岩戸山北側のおよそ標高580m以上の流域からの深層地下水が、逢初川源頭部付近に流入する可能性を指摘している（図3-6、図3-7）。

千木良ほか（2022）^{※3}は、逢初川上流部には、かつて岩戸山東側斜面から流出した土石流によって埋積した沖積錐が形成されたとしている。沖積錐を構成する地層を「乱雑堆積物」と呼び、円摩礫を含む砂礫層を挟む褐色の砂質の基質と、不淘汰な安山岩片からなるとしている（図3-10上図）。この乱雑堆積物は、第2章地質踏査結果で示した斜面堆積物（Dt）及び溪流堆積物（Rd）に相当すると考えられる。

静岡県「発生原因調査チーム」が実施した空中写真判読やボーリング結果から、この乱雑堆積物層は鳴沢川上流から南東（東）に向かって低くなっていることが示唆されることから（図3-8、図3-9）、乱雑堆積物層を通して隣接する鳴沢川の流域から地下水が流入しているものと推定している。また、乱雑堆積物の下には難透水性の熱水変質粘土（第2章地質踏査結果では「変質した溶岩」に相当）がある。乱雑堆積物の一部は、この熱水変質粘土との境界にすべり面があり、過去に2回程度、地すべりを起こしていたとしており（ただし、これらの地すべりは古いもので今回の盛り土崩壊時には滑動していない）（図3-9、図3-10下図）、これら古いすべり面の基底部や、乱雑堆積物中の砂礫層から出水を確認している。千木良ほか（2022）^{※3}は、第5章で示す「発生原因調査チーム」が実施したボーリング孔内の地下水流向調査や崩壊地内での水文調査の結果（中間報告書として公開済）を重要情報として、源頭部への地下水の流入が今回の土石流の引き金となった可能性があるとして中間報告書で示した見解を追認する指摘をしている。以上のように、千木良ほかの地質学者による調査によっても、源頭部への地下水流入路となり得る地層の存在があらためて確認された。

これらの文献や第2章の地質踏査結果を踏まえると、以下のことが言える。

- ・元々の基盤（湯河原火山噴出物）構造は、南から南南東方向に傾斜しており、鳴沢川流域に加えて岩戸山北側の流域からも深層地下水が、逢初川源頭部付近に流入する可能性がある。
- ・鳴沢川流域に堆積した（山地）緩斜面堆積物（Sd）は円-亜角礫で構成される粒子の大きさが不揃いな礫層からなることから、浸透性は高いものと想定される。したがって鳴沢川流域の雨水の多くが地下浸透しているものと推察される（後述第5.9.2章からも推察される）。
- ・表層の斜面堆積物（Dt）及び溪流堆積物（Rd）（乱雑堆積物）の構造も、鳴沢川上流から南東（東）に向かって低くなっていることから、これらの堆積物層を通して隣接する鳴沢川の流域から地下水が流入する可能性がある。
- ・地下水の主要な通りみちとしては、以下などが考えられる。
 - ① 溪流堆積物（Rd）（乱雑堆積物層中の砂礫層）。踏査時やボーリングNo.3孔の掘削時においても相当量の出水が確認されている。
 - ② 2章の地質踏査でも確認した直下に難透水性の熱水変質粘土が分布する斜面堆積物層（Dt）（乱雑堆積物層）基底部。



図 3-6 熱海市伊豆山付近の立体地図 (木村 (2021) ※2)

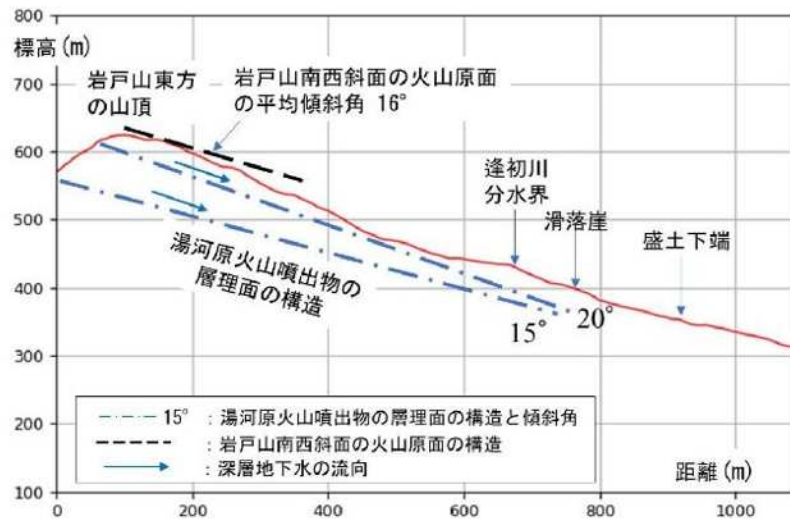


図 3-7 岩戸山東方尾根から逢初川源頭部間の地形断面図。
断面位置は上図の白線の A-B 線 (木村 (2021) ※2)

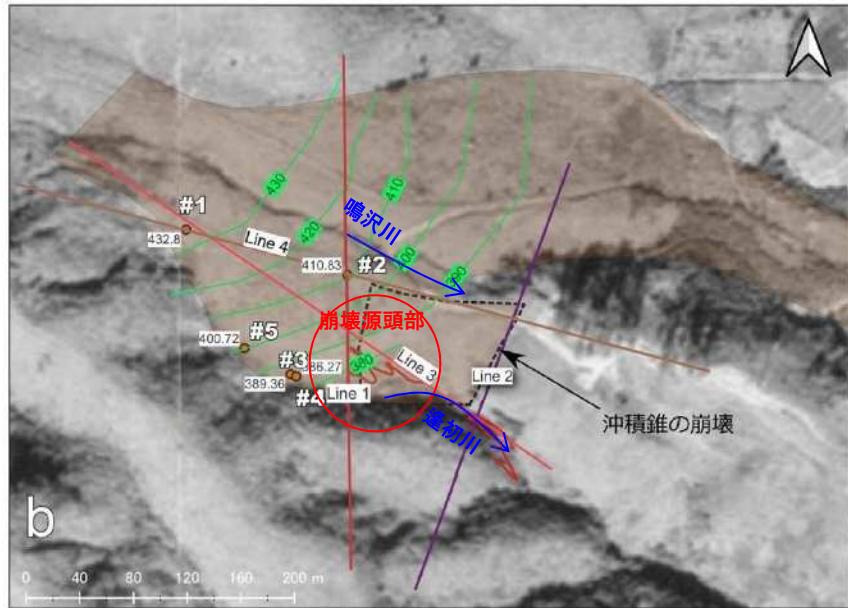


図 3-8 乱雑堆積物層上面の等高線と地形との関係。
 1962年撮影の国土地理院の空中写真に上面等高線を重ねたもの。
 (千木良ほか (2022) ※3 に加筆)

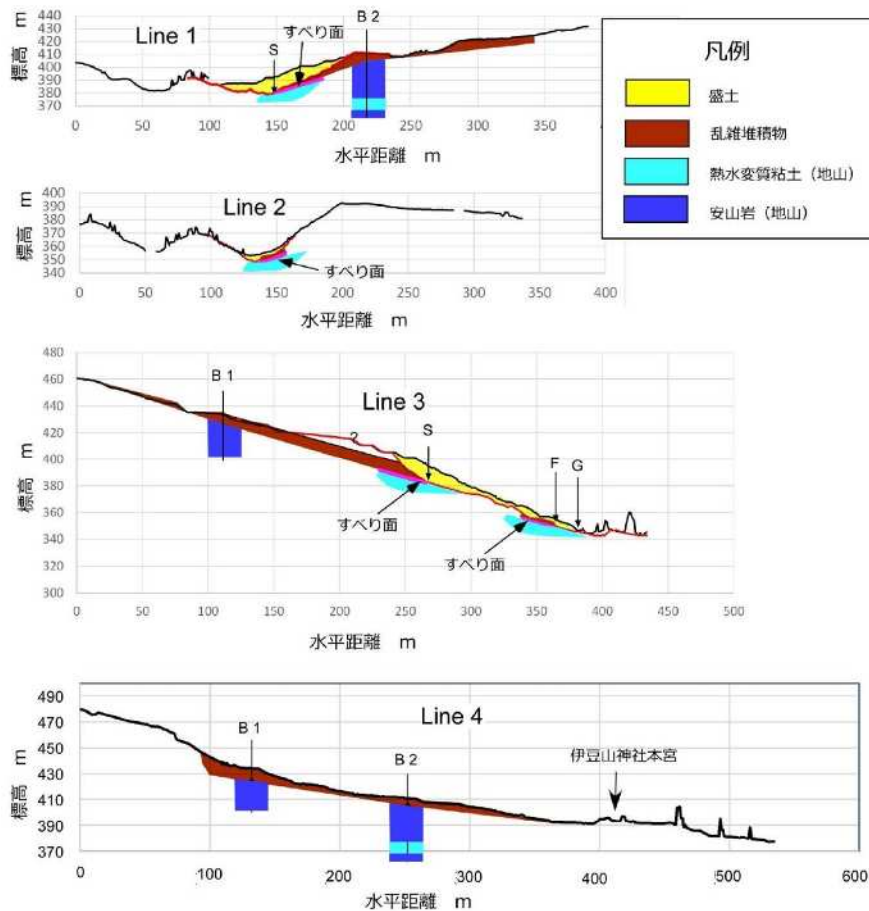


図 3-9 地質断面図。断面位置は上図による。赤線は崩壊後の地表面。
 茶色は乱雑堆積物。黄色は盛り土。ピンクはすべり面 (千木良ほか (2022) ※3)



図 3-10 上図(a)：乱雑堆積物（黄褐色部）。表面には崩壊土石が載っている。
破線はその下底面。

下図(b)：地すべり直下の植物片濃集層と、その下の砂礫とさらに下の熱水変質粘土。植物片濃集層は右側に非対称に変形しており、地すべりが左から右へ移動した。

下図(c)：植物片濃集層。炭化した草や根の付いた細い木が認められる。

(千木良ほか (2022) ※3)

※1：独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター (2011), 5 万分の 1 地質図幅「熱海地域の地質」

※2：木村克己 (2021), 熱海市の逢初川土石流災害の地形・地質的背景, 深田地質研究所年報, No. 22, pp185-202.

※3：千木良雅弘・北村晃寿・木村克己・市村康治 (2022), 熱海市逢初川盛り土崩壊の地質的原因について, 静岡大学地球科学研究報告.

3.3 盛り土履歴調査

災害発生地において、過去の地形や、地形の改変履歴を把握することは重要である。ここでは崩落地及びその周辺における地形改変履歴を作成し、現在の地形のみからはわからない地形条件（もともとどのような地形だったのかといった災害発生の素因）や、盛り土の造成履歴を把握する。

3.3.1 調査方法

過去に撮影された国土地理院の空中写真や、国土交通省や静岡県 of 航空レーザ計測データ、砂防基盤図を収集し、各時期における地形データ（DEM（デジタルの表面データ）またはDSM（デジタルの地形標高データ）、（図 3-11））とオルソ画像（写真のゆがみを補正し地図と重ね合わせられるようにしたもの）を作成し、これらを用い、地形改変履歴を把握した。なお、空中写真から作成した地形データは植生や構造物を含めた DSM データである。



出典：国土地理院 HP「航空レーザ測定の仕組み」 https://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_senmon.html

図 3-11 DSM と DEM のイメージ

過去の空中写真については、地形改変が行われておらず目印となる地物のある地点を基準点（GCP: Ground Control Point）として設定し、位置情報を付与して、各時期の地形データを重ね合わせられるようにした。各 GCP の座標（緯度・経度・標高）は 2019 年 12 月 11 日の航空レーザ計測データより取得した。



図 3-12 GCP の設置例

解析に用いたデータの一覧を表 3-1 に示す。このほか、1983 年・1989 年・1994 年にも空中写真が撮影されているが、1999 年までは崩落箇所付近における積極的な地形改変は行われていないため、本調査の対象外とした。

表 3-1 解析に用いた空中写真等と結果概要

時期	撮影機関 種類 (縮尺)	標高 データ	オルソ 画像	備考
1967 年 10 月 12 日	国土地理院 モノクロ写真 (20,000 分の 1)	DSM	○	全体に植生が少なく DSM ではあるが地形が比較的判読しやすい。
1976 年 11 月 6 日	国土地理院 カラー写真 (10,000 分の 1)	DSM	○	崩落地の地形改変はほぼ認められない。
1999 年 12 月 7 日	国土地理院 カラー写真 (30,000 分の 1)	DSM	○	崩落地の地形改変はほぼ認められない。 樹木等が成長し DSM での地形判読は困難。
2002 年 1 月 23 日	静岡県砂防基盤図	DEM	○	等高線から DEM を作成。 崩落地の地形改変はほぼ認められない。
2005 年 1 月 8 日	国土地理院 カラー写真 (20,000 分の 1)	DSM	○	崩落地の地形改変はほぼ認められない。 崩落地北側の造成が始まっている。
2009 年 6 月 27 日	国土交通省 航空レーザ計測	DEM	○	私道上部が埋め立てられた。崩落地の盛り土が始まっている。 北側造成地の地形変更はほぼ完了。
2012 年 12 月 11 日	国土地理院 カラー写真 (10,000 分の 1)	DSM	○	崩落地の谷底に小段を伴う盛り土が形成された。
2017 年 8 月 9 日	国土地理院 カラー写真 (10,000 分の 1)	DSM	○	崩落地上部の私道上に小規模な盛り土。 南側の尾根にソーラー発電所敷地。
2019 年 12 月 11 日	静岡県 航空レーザ計測	DEM	○	2017 年から大きな地形改変は認められない。 逢初川を埋めた盛り土の最下部では小規模な盛り土の崩落が認められる。

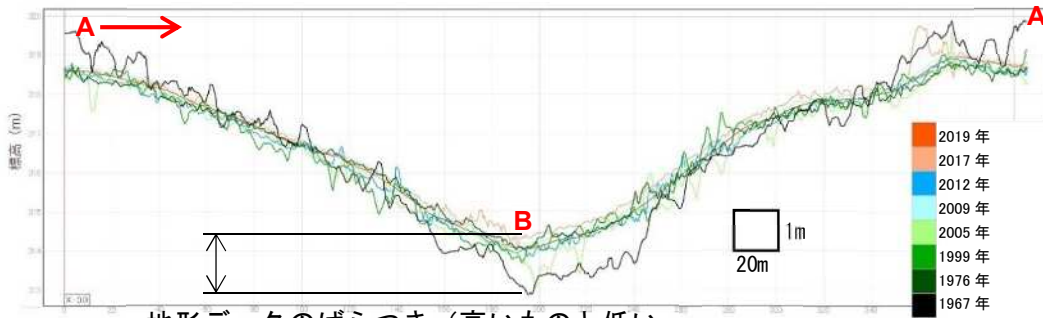
注：このほか、1983 年・1989 年・1994 年にも空中写真が撮影されているが、1999 年までは崩落箇所付近における積極的な地形改変は行われていない。また熱海市の都市計画図もあるが等高線間隔が広い等により、解析には適さなかった。

過去の空中写真から作成した地形データの精度検証は困難である。そこで、植生が無く、地形変化の少ないと考えられる自動車学校（逢初川源頭部から約 700m、七尾地区）の周回コース上で比較断面を作成して検証した。

図 3-13 は、各時期の地形データから周回コース上の標高値を抽出し、断面図として示したものである。この結果、標高値のばらつき（図 3-13 の断面図上において、各地形データのうち高いものと低いものの差）は、おおむね±1m 程度であった。ただし、作成した地形データのすべての場所で同等の精度が確保できているか確認することは困難である。特に、植生のある場所では、植生の影響により、標高値には大きなばらつきが生じる可能性が高い。



コースを一周する測線上で
各時期の地形データの地盤高を抽出して
断面図として描いた



地形データのばらつき（高いものと低い
ものの差）はおおよそ±1m以内

図 3-13 地表面断面図の比較

3.3.2 調査結果 1：各時期の盛り土状況

次ページ以降に、各時期における地形とオルソ画像を示す。図面内には参考として本調査で作成した最も古い時期である 1967 年時点における逢初川の流路および流域界、鳴沢川の流路、2021 年 7 月の土砂移動範囲を示した。

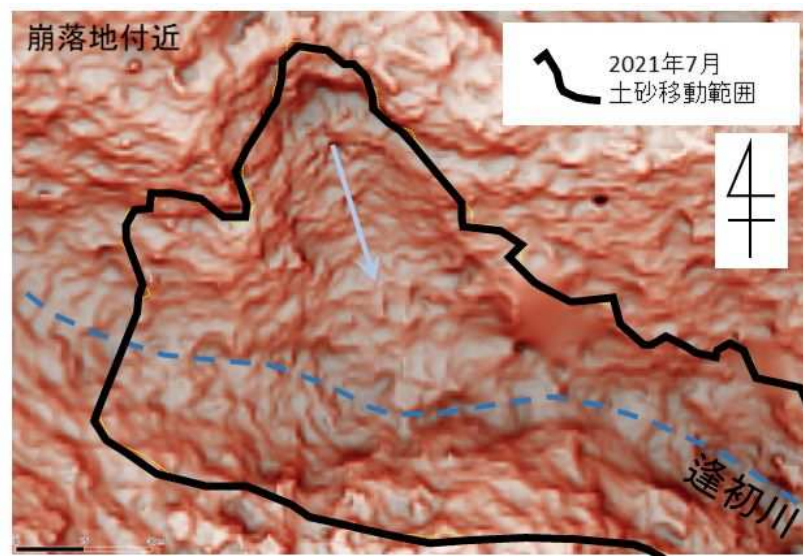
1967 年の地形データは国土地理院の空中写真から作成した DSM データではあるが、裸地と植生部分の高さの差が明瞭でなく、全体に低木に覆われており高木が少ない。そのため、地形改変前の地形形状をある程度推定できていると考えられる。1967 年地形と 2021 年 7 月の崩落範囲を比較すると、特に左岸側の崩落箇所は、1967 年時点で馬蹄形状の谷地形となっていることがわかる（図 3-14）。逢初川上流部の溪流部を埋めた盛り土だけでなく、左岸側の谷地形を埋めた部分が崩落したということになる。この谷地形付近では、北側を流れる鳴沢川溪床は、逢初川溪床より標高が約 30m 高い（図 3-4 参照）。加えて、逢初川上流部も 1967 年時点で馬蹄形状の谷地形を呈する。このことは、逢初川の上流部では盛り土施工前から地山の崩壊が生じていた可能性が示唆され、その原因は元々湧水が多い川であったことが推察される。

1967 年以降、高木が増え森林化するとともに、作業道とみられる小道が多数設置されるようになった（1976 年、1999 年、2002 年の画像を参照）。2002 年から 2005 年の空中写真からは、鳴沢川周辺の造成が行われ、鳴沢川の自然流路は埋め立てられた。2009 年から 2012 年の空中写真では、逢初川最上流から崩落箇所付近にかけての埋め立てが確認できる。

2011 年 8 月 30 日の工事写真では、沈砂池や排水路が設置されたことが分かる。

2012 年の空中写真時点で、主な盛り土は完了しているが、2017 年の空中写真では崩落した私道上部への小規模な盛り土が確認できる。また、逢初川南側の尾根上にソーラー発電所の敷地が造成されている。

その後、2017 年から 2019 年にかけては、顕著な地形改変・変化は認められない。

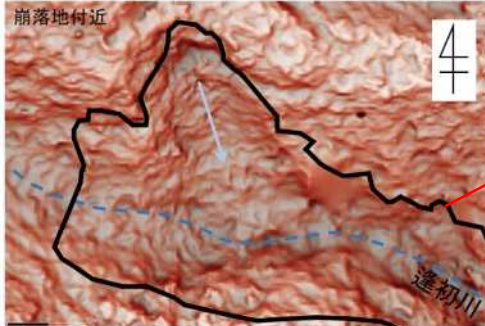


2021年の崩落範囲のうち、北側の大きな崩落部は、1967年時点で谷地形を呈している。

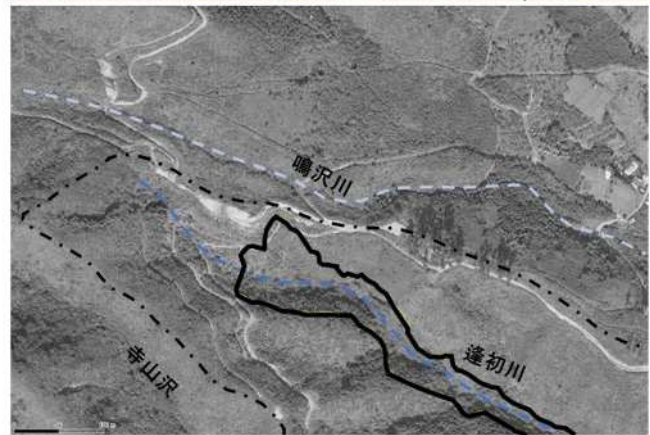
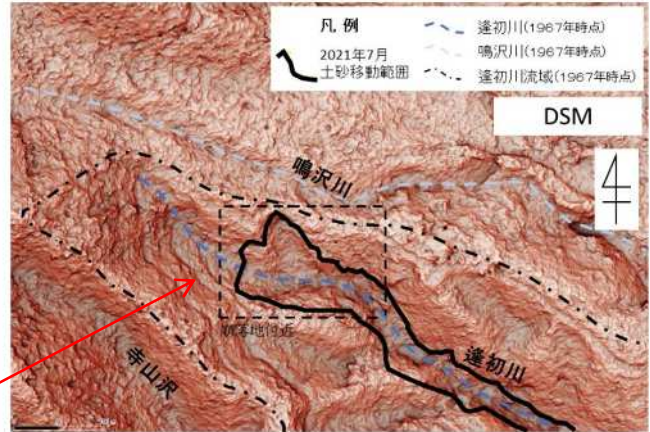
図 3-14 1967 年地形と 2021 年土砂移動範囲の重ね合わせ

1967年10月12日

地形変化が行われる前のほぼ自然地形。
高木は少なく、逢初川内部(特に左岸)も低い植生のみ。



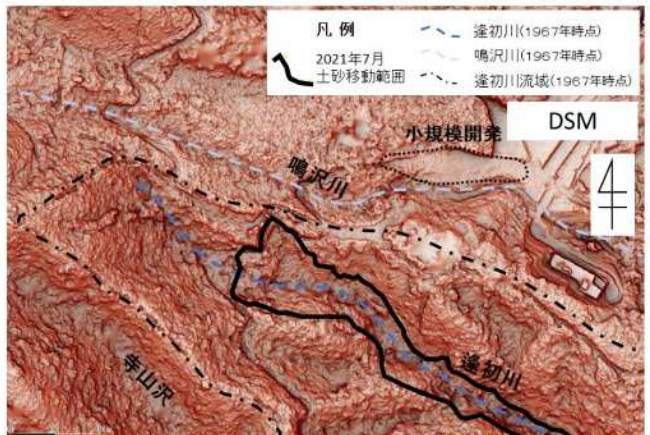
2021年の崩落範囲のうち、北側の大きな崩落部は、1967年時点で谷地形を呈している。



1976年11月25日

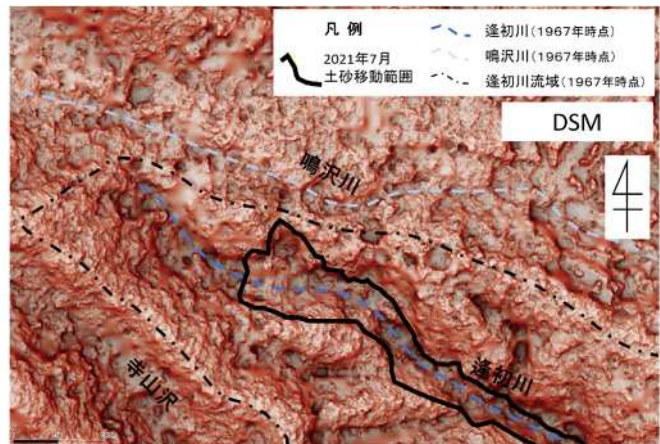
鳴沢川北側で小規模な造成が行われている。
林業等の作業道と考えられる小道が多数認められる。

このような筋状の模様が、
作業道と考えられる小道。



1999年12月7日

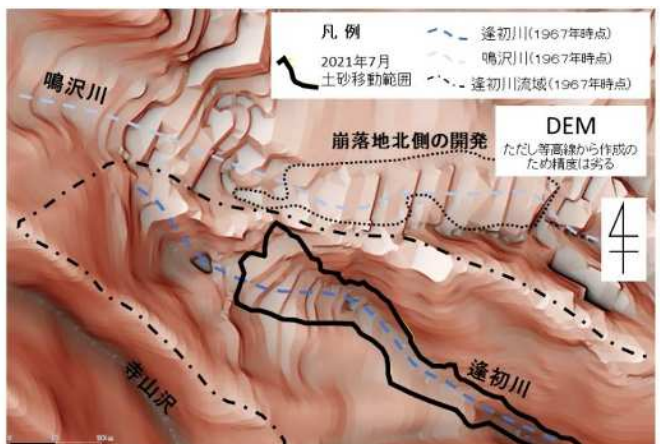
1976年から顕著な地形変化なし。樹木等の成長によりDSMでの地形判読は困難。
山中に多数あった作業道は植生が増えた影響で、空中写真からは判読困難。



2002年1月23日

崩落地北側の造成が行われている。造成部分の鳴沢川は地表面からは確認できなくなる。
崩落地については積極的な地形変化は行われていないように見える(等高線から作成したDEMのため、階段状の地形があるように見えるが、逢初川内での盛り土はまだ行われていない。)

逢初川(旧)源頭部付近
(未改変)



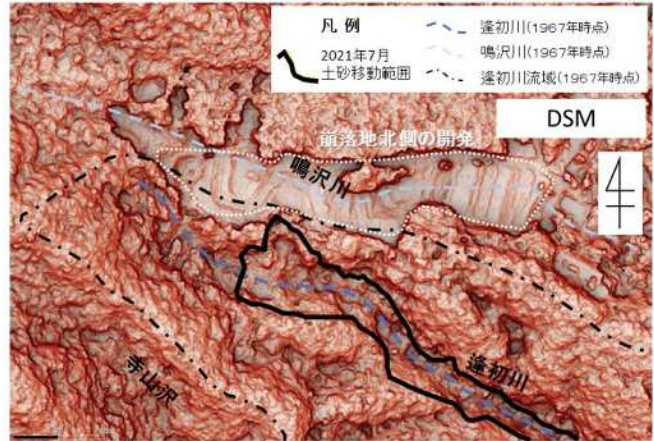
2005年11月8日

崩落地北側の造成が行われている。崩落地については積極的な地形変化は行われていないように見える。

逢初川(旧)源頭部付近



崩落地付近



2007年5月22日

2007年5月22日撮影
(県東部農林事務所現地調査)



沢の本流の標高 350m 付近に転石土留、その 20m ほど上流に土留柵。
森林はすでに広範囲に伐採されている。

2007年7月13日

2007年7月13日撮影
(県東部農林事務所現地調査)



2009年6月24日

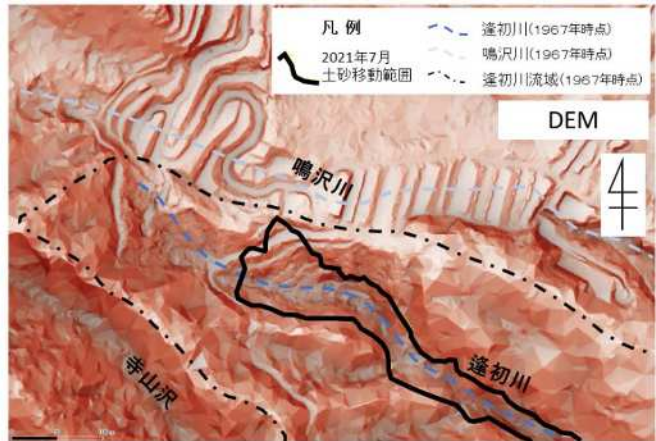
2009年6月24日撮影
(県東部農林事務所現地調査)



2009年6月27日

崩落地北側の造成はほぼ完了。
逢初川源頭部の埋め立てが行われている。
崩落地付近でも盛り土作業が行われている。
崩落した盛り土の下端に近い位置に何らかの構造物(矢印)
が作られている。

逢初川(旧)源頭部付近



2009年10月9日

2009年10月9日撮影
(県熱海土木事務所現地調査)



雨水により、開発地の転圧不足の土砂が
流れ出ていることを確認。



2009年10月9日

2009年10月9日撮影
(県熱海土木事務所現地調査)



2010年8月30日

2010年8月30日撮影
(熱海市現地調査)



写真3 2010(平成22)年8月30日 崩れた土砂の成形成業を確認

写真3 2010(平成22)年8月30日 崩れた土砂の成形成業を確認

2010年8月30日

2010年8月30日撮影
(熱海市現地調査)



写真3 2010(平成22)年8月30日 崩れた土砂の成形作業を確認

写真3 2010(平成22)年8月30日 崩れた土砂の成形作業を確認

2010年8月31日

2010年8月31日撮影
(県東部健康福祉センター現地調査)

残土処分場の中腹あたりで、固化剤を混ぜながら修復していた。



崩れた場所から上段を望む。赤い線あたりから上の土に木くずが混入している。



残土の状況。20~30cm程度の木の棒がかなり混入している。



2010年10月13日

2010年10月13日撮影
(熱海市現地調査)



写真4 2010(平成22)年10月13日 調圧槽手前に大量の土砂を確認

2011年3月4日

2011年3月4日撮影
(県東部農林事務所・熱海市合同現地調査)



写真6 2011(平成23)年3月4日 県及び市で合同調査

2011年8月30日

2011年8月30日提出
(施工者から熱海市に提出された工事写真 1/5)

2011.8.30

工 事 写 真 帳

工事番号 平成 23 年度 工事 号

工事名 伊豆山車中谷法面補修工事

工事箇所 _____

工期 着手 平成 23 年 8 月 / 日

竣工 平成 23 年 8 月 30 日

工事施工者 _____

260 42020704348920707

写真8 D社が市に法面補修工事写真帳を提出



着工前
下流沈砂池



掘削
下流沈砂池



掘削
下流沈砂池

2011年8月30日

2011年8月30日提出
(施工者から熱海市に提出された工事写真 2/5)

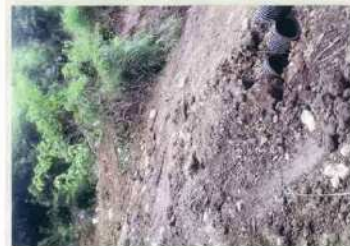
着工前 下流沈砂池	
掘削 下流沈砂池	
完了 下流沈砂池 湧水	



着工前
下流沈砂池



完了
下流沈砂池
湧水



掘削管
下流沈砂池
φ250 x 3本

2011年8月30日

2011年8月30日提出
(施工者から熱海市に提出された工事写真 3/5)



2011年8月30日

2011年8月30日撮影
(県東部健康福祉センター現地調査)



排水状況が悪く、小段の上に水たまり、左岸側に水みち、崩壊が見られる

2011年10月7日

2011年10月7日撮影
(熱海市現地調査)

2011. 10. 7



写真9 2011(平成23)年10月7日 現地調査

28

2012年4月5日

2012年4月5日撮影
(県東部農林事務所現地調査)



残土による盛り土法面



法面の浸食発達状況



法面の緑化状況



小段勾配の処理の悪さによる盛り土法面の水溜り

2012年5月8日

2012年5月8日撮影
(熱海市現地調査)

2012.5.8



写真10 2012(平成24)年5月8日 現地調査

30

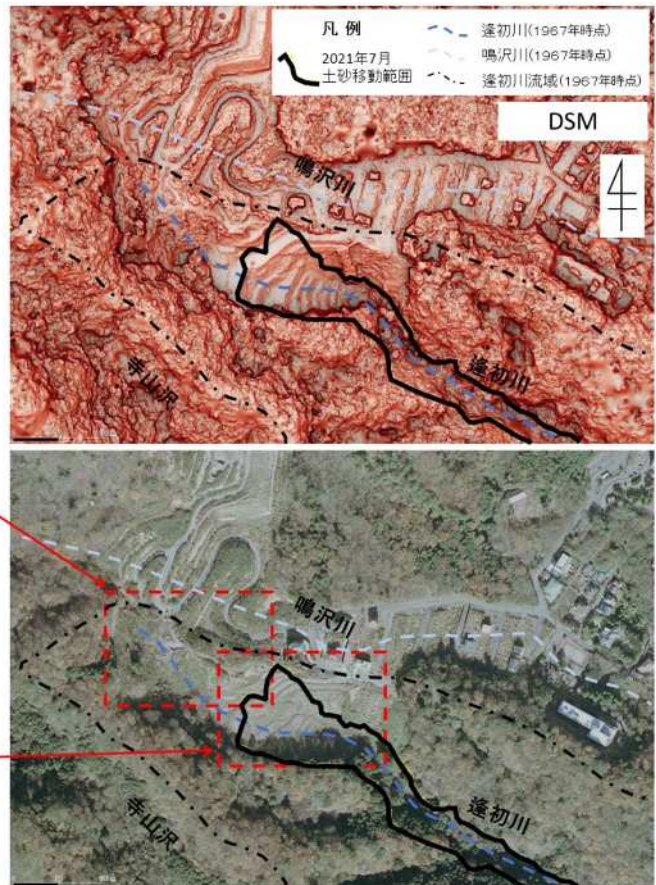
2012年12月11日

逢初川源頭部には礫？が積み上げられている。
崩落地北側の造成地は変化なし。
崩落地付近の盛り土がほぼ完了。

逢初川(旧)源頭部付近



崩落地付近



2017年8月2日

2017年8月2日撮影
(県東部健康福祉センター現地調査)



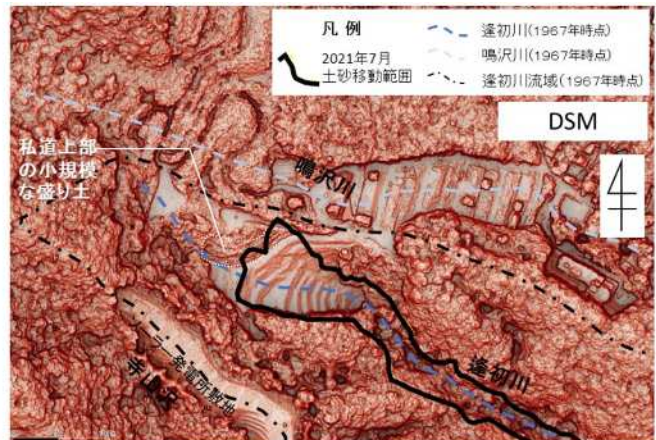
2017年8月9日

逢初川源頭部付近に露出していた礫？は整理・整地された。
崩落地の私道上部に小規模な盛り土が行われた。
崩落地の南側の尾根にソーラー発電所の敷地が造成された。

逢初川(旧)源頭部付近

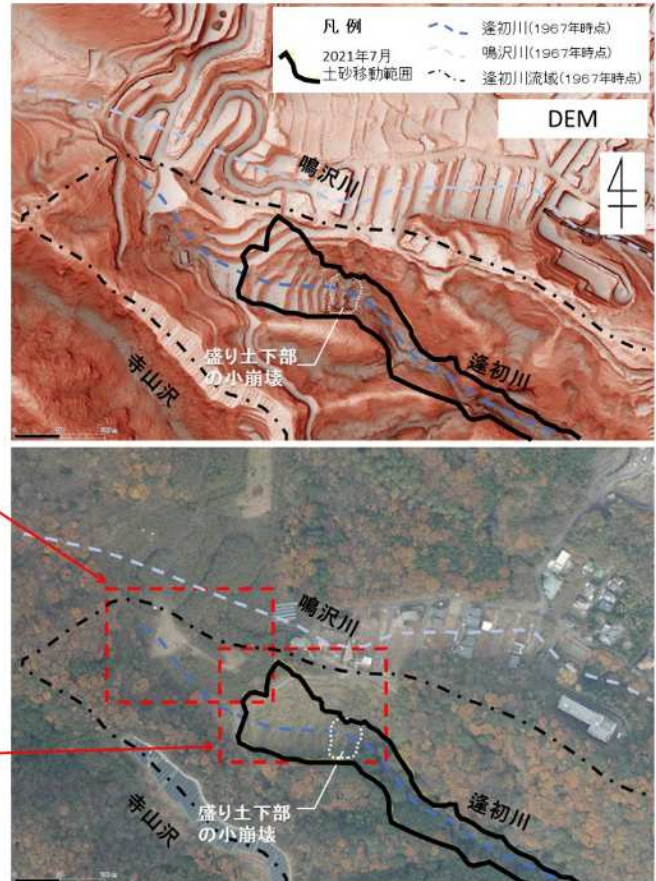


崩落地付近



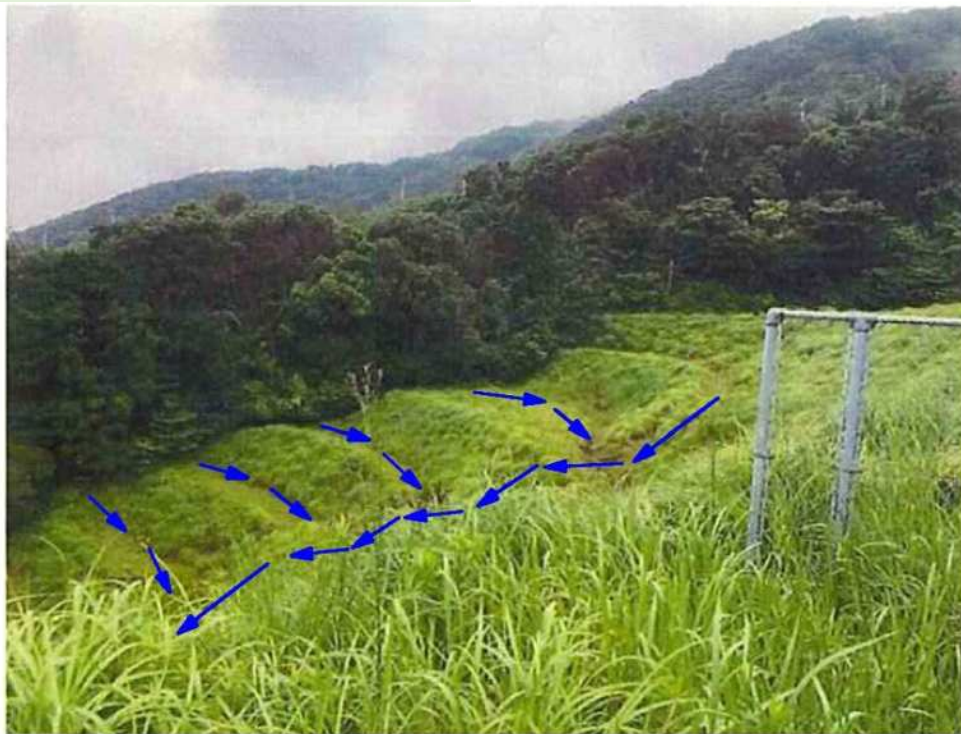
2019年12月11日

2017年と比べ、大きな地形改変は行われていない。
崩落地の盛り土下部の小段に小崩壊が認められる。



2021年6月30日

2021年6月30日撮影
(県東部健康福祉センター現地調査)



全体としては草が繁茂している。左岸側に水みちがみられる。

← 推定される水の流れ

3.3.3 調査結果 2：過去の空中写真等により抽出した地形変化

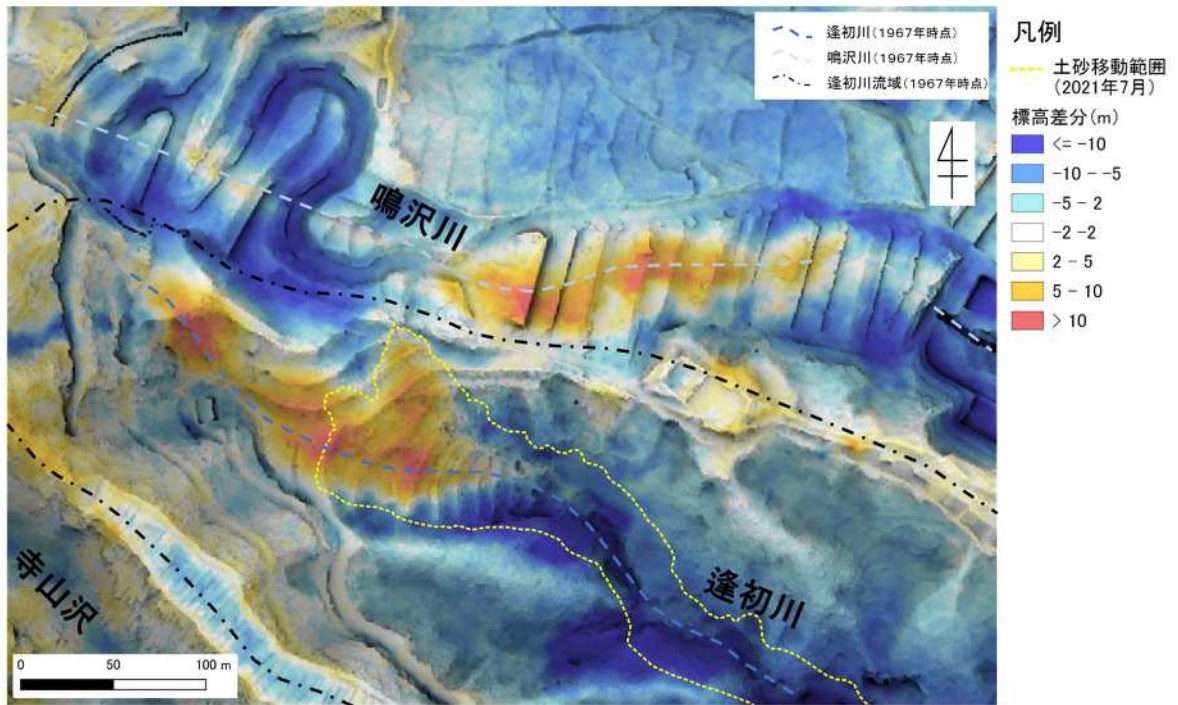
1967年空中写真によるDSMと、2019年航空レーザ計測によるDEMの差分により、崩落地とその周辺における地形変化量を図に示した(図3-15)。逢初川・鳴沢川ともに厚いところでは10mを超える盛り土が認められる。一方、鳴沢川の上流部では宅地造成に伴って広く切土され、その下では盛り土が行われている。ただし、1967年DSMは植生などの影響があるので、推定量には相当な誤差がある。

盛り土造成前地盤(地山)の断面図を図3-16に示す。盛り土造成前地盤高さの復元は以下のような方針で実施した。

- ・ 1967年DSMは植生の頂部を表しているため、精度が悪く、地山はそれより低い位置にあると考えられる。
- ・ 2009年時点で盛り土や切土がなされていない範囲では、2009年DEMが地山を表す。
- ・ ボーリングで盛り土底面が確認されている箇所ではそれと整合させる。

図3-16から以下が判読できる。

- ・ 1967年DSMと2009年DEMを比較すると、標高360m～390m付近で切土がなされたように見えるが、これは1967年DSMが植生の頂部を表しているためであり、実際にはこの区間には切土はされておらず、地形は変わっていないと推察される。
- ・ 1967年DSMと2009年DEMを比較すると、標高405m～435m付近で盛り土がなされており、これは空中写真で明らかになっている逢初川源頭部の開発(2005年以降～2009年頃)とほぼ合致する。
- ・ 2009年DEMと2012年DSMを比較すると、標高360m～405m付近で盛り土がなされており、これは盛り土履歴の写真等(2009年頃～2012年頃)とほぼ合致する。



1967年の地形データは植生を含むDSMであるため、標高差分値には誤差を含む。

図 3-15 1967年から2019年にかけての地形改変

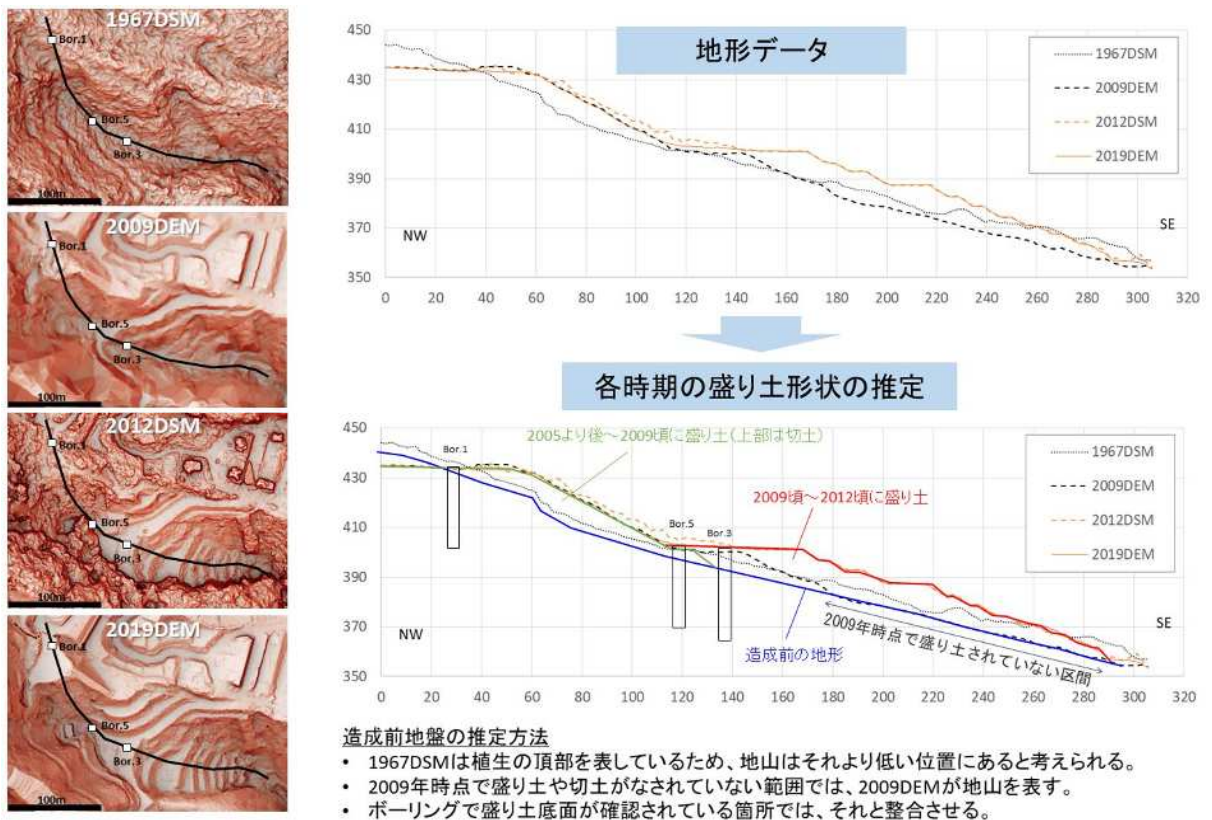


図 3-16 地形データから推定される地山断面図

3.3.4 調査結果3：崩落地内における過去の変状等

以下に、崩落地の盛り土施工中（2009年）及び施工後（2012年以降）における状況を示す。

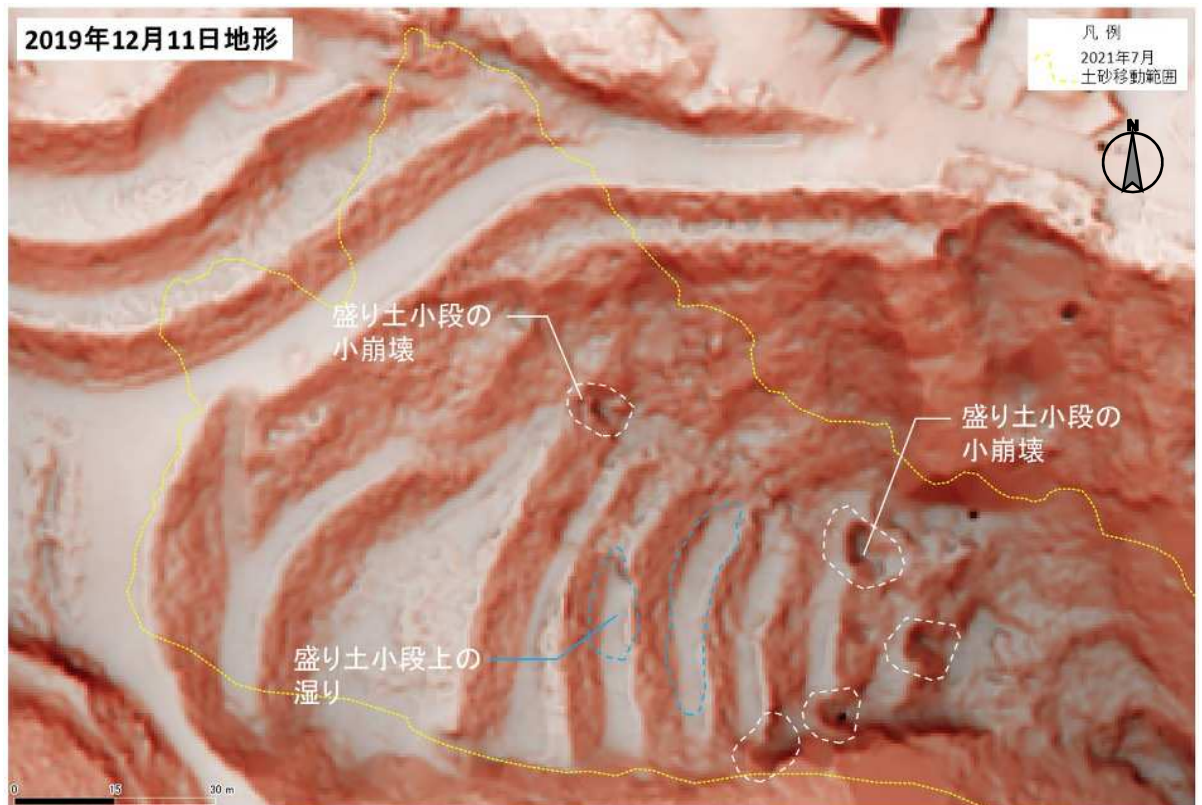
施工中の2009年には、盛り土下部に逢初川を横断する構造物が認められる。ただし、この構造物についての詳細は不明である。

盛り土の施工完了後の2012年には、盛り土の北側（左岸側）に雨裂が生じており、盛り土上を表流水が流れていたことが示唆される。2017年空中写真では、盛り土の小段上に湿り（あるいは水たまり）が認められる。

空中写真が撮影された2017年8月9日の前日2日間（7日～8日）には累計19mm（網代観測所）の降雨があったことから、小段の上に水が溜まったものと考えられる。また、左岸部に小規模な崩落が見られ、不明瞭ではあるが土留工が設置されているように見える。2019年空中写真及び地形図には、小段上の湿りのほか、小段の小崩落も認められる。







3.4 盛り土の材料及び形状

盛り土材の中には、木片やコンクリート片、金属片など様々なものが混入しており、崩落地内の現地踏査でも同様に確認された。

2009年には逢初川源頭部で本格的に盛り土が開始され、2012年には今回の崩落前の地形に近い状態になっている。航空レーザ測量の結果等から盛り土形状を見ると、概ね高さ5m程度ごとに小段が設けられている。

変更届の計画断面図（図3-17）では高さ15m（盛り土天端高はEL=380.55m、小段は3段）とされているが、実際にはそれ以上に盛り土された。

申請では集水暗渠が敷設される計画であったが、現地踏査では有孔管（φ20cm）が盛り土末端部と思われる箇所を確認された。この有孔管は排水施設として敷設されたと考えられるが、機能していたかどうかは不明である。

申請図には、集水暗渠以外の排水施設は記載がなく、崩落後の現地調査でも有孔管以外の排水施設は確認できなかった。

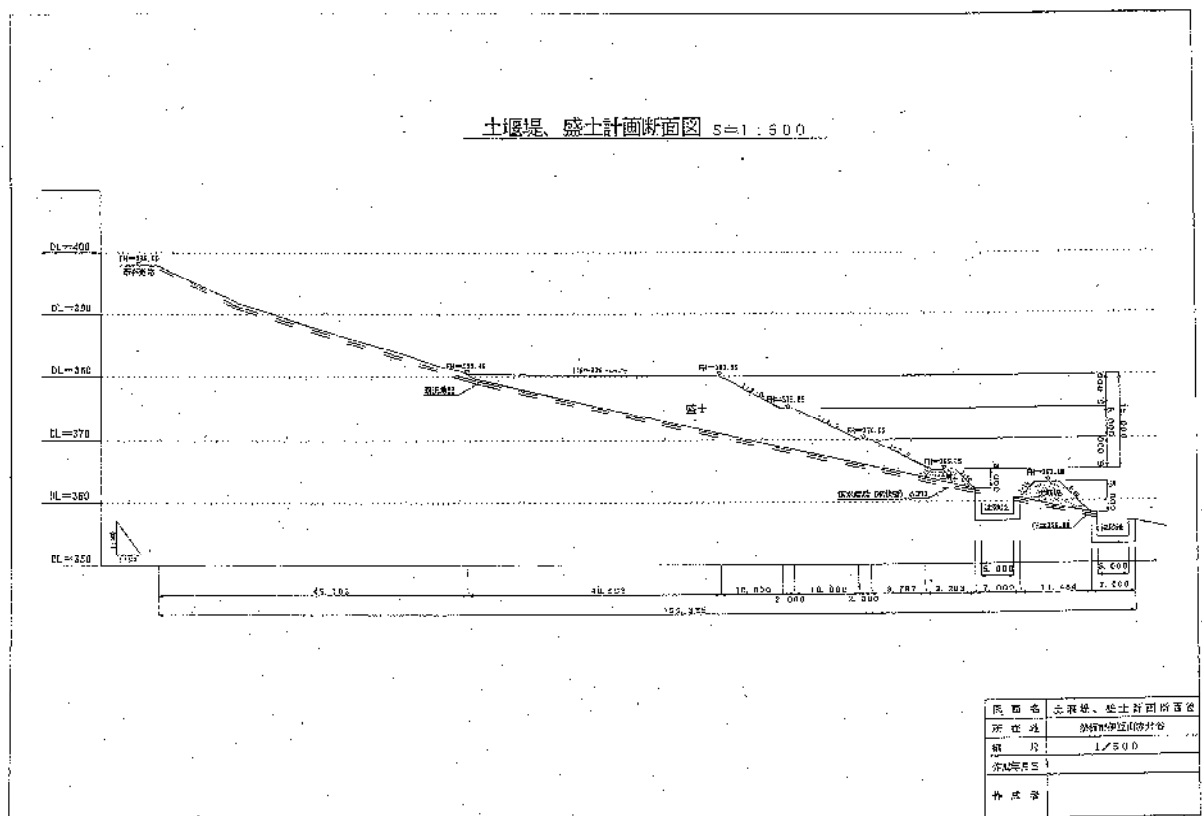


図 3-16 静岡県土採取等規制条例に基づく土の採取等変更計画届出書にある
計画断面図（2009年12月9日）

3.5 盛り土施工に関わる関係者へのヒアリング

県では、今回崩落した盛り土がどのように施工されたかを把握するため、施工に関わった関係者のヒアリングを実施した。

ヒアリングは、2021年10月18日に県が公表した公文書を基に、連絡が取れた新旧土地所有者や盛り土施工に関わった施工業者等の6社（者）に対し、2021年12月から2022年3月にかけて実施した。

ただし、連絡が取れずにヒアリングができなかった関係者がいることや内容の信頼度には疑問が残ることから、流出した盛り土の施工状況を正確に把握することは困難である。その前提で証言や公文書を基に、崩落前の盛り土の施工状況等を整理する。

3.5.1 盛り土施工の経緯

土採取等規制条例に基づく手続きと証言や公文書を基に時系列を整理すると図 3-18 のとおりである。

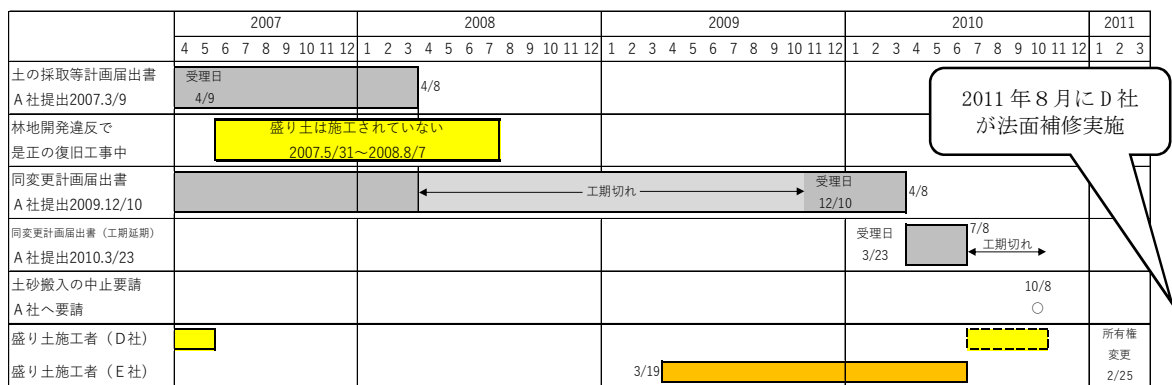


図 3-18 土採取等規制条例等の手続きと施工時期

関係者一覧

関係者	関係者の説明
A社	前土地所有者
D社	土採取等規制条例届出書 現場責任者（2007.3.9～2009.12.9）
E社	土採取等規制条例届出書 現場責任者（2009.12.9～） ・現場作業は2009.3.19から2010.6まで実施（証言による）
K社	現土地所有者が経営するグループ会社

3.5.2 関係者の主な証言と公文書から見た現場状況

(1) 盛り土の状況について

- ・ 2009年3月以前は、やりっぱなしの状況（注：上部から土砂を谷に落とし込むだけの状態）で「ぐちゃぐちゃ」の状況であった。
- ・ 2009年3月以降、施工業者が変わり、やりっぱなしの土砂も含め、転圧や地盤改良をしながら盛り土を実施し、盛り土法面の植生を残し2010年6月までに完了した。
- ・ 2010年7月から施工業者が変わり、盛り土の斜面形状を変えるといった届出とは異なる盛り土が施工された。
- ・ 盛り土施工の際に転圧を行っていたとの証言もあったが、重機で踏んだ程度で、管理をしていたとは言えない。
- ・ E社は盛り土施工時に地山を段切りしていたとの証言であったが、公文書の写真では確認できていない。
- ・ 沈砂池の管理ができるよう盛り土の右岸側に重機が入るための道があったが、2010年8月に埋められた。

林地開発違反時



2007. 5. 22 復命書に添付 (A008)

E社の施工初期



2009. 6. 24 復命書に添付 (A067)

E社の盛り土完了(植生未施工)



2010. 7. 1 復命書に添付 (A098)



2010. 7. 26 報告書に添付 (A104)



2010. 10. 7 報告書に添付 (A115)



2010. 8. 31 報告書に添付 (A106)



2006. 10. 2 申請書に添付 (A001)



2007. 5. 22 復命書に添付 (A008)



2010. 8. 31 報告書に添付 (A106)



2011. 8 法面補修工事(熱海市写真8)

(2) 盛り土材について

- ・ 持ち込まれた土砂の受け入れを拒否したことはなかったとの証言であり、多様な土砂で盛り土が形成されていると考えられる。
- ・ 地盤改良を実施していたとの証言であったが、持ち込まれた土砂に対し、現場の感覚で固化材を入れていたとのことであり、盛土材の性状がばらついていると考えられる。
- ・ E社が行った地盤改良ではセメント系の「タフロック 3E」を使用していたとの証言であった。

(3) 排水について

- ・ 旧溪床部分に暗渠排水管（φ30cm）を2～3本設置し沈砂池まで導いていたとの証言であったが、盛り土上部には入れていなかったとのことであった。
- ・ 盛り土の左右岸に暗渠排水管が施工されているとのことであったが、盛り土の形状が変わった段階で排水部が埋塞した可能性がある。
- ・ E社では盛り土の小段に土手を作り、雨水が直接斜面を流れないようにしたとの証言であったが、表面排水施設の設置の証言は得られなかった。
- ・ 2011年8月、D社が木製縦排水路を設置し、沈砂池も復旧した。
- ・ K社の証言では、2012年10月以降（時期不明）に現場に入った時には、沈砂池はなく、木製の縦排水路も壊れていたとのことであった。この時にはすでに流出した土砂で沈砂池が埋塞していた可能性がある。
- ・ K社からは、斜面の小段の法尻側には365日水が染み出しており、場所によっては水たまりもあった。全体がぐしゃぐしゃだったとの証言であり、排水不良であった。



2009. 6. 24 復命書に添付 (A067)

D社が施工した
木製縦排水路



2011. 8 法面補修工事 (熱海市写真 8)