

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。

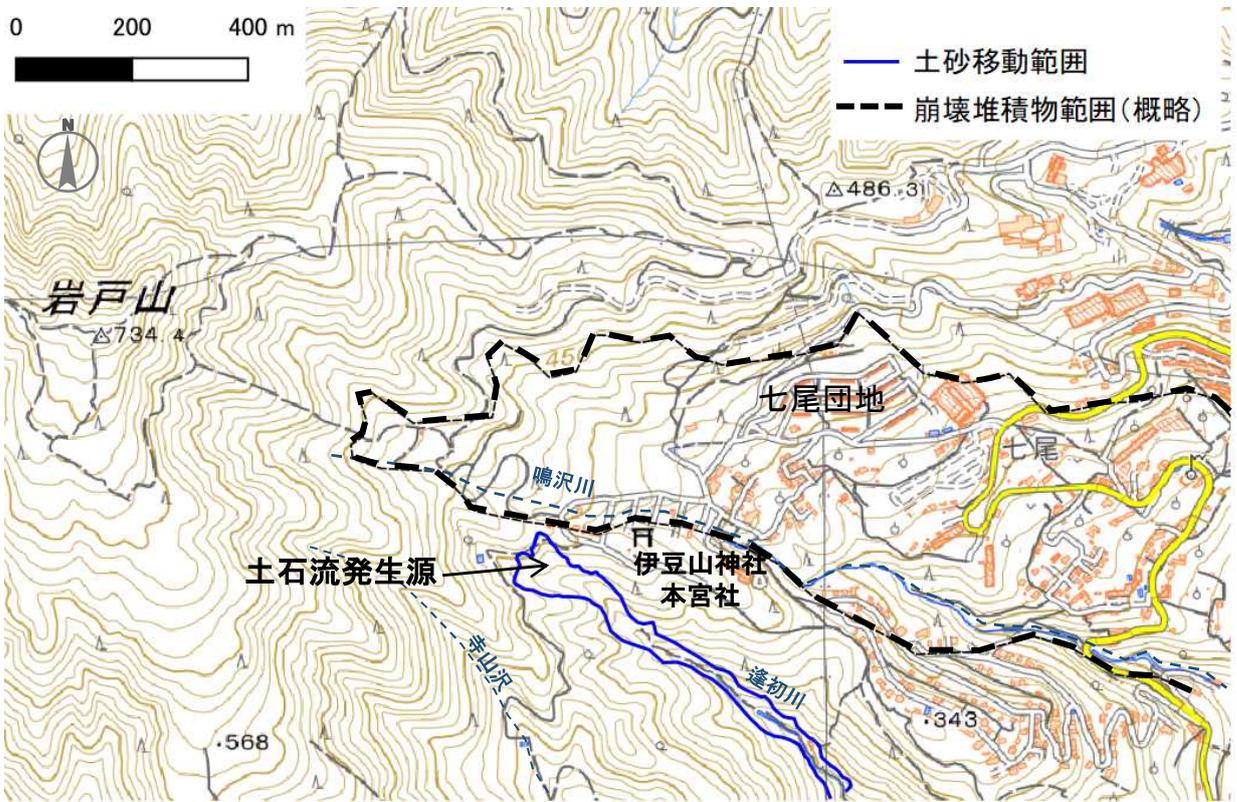
逢初川は、兩岸を高い尾根に挟まれた V 字谷であり、鳴沢川とはかなり様相を異にしている。1967 年の地形を見ると、岩戸山からの大規模崩壊堆積物が尾根を越えて逢初川に堆積したかどうかは判断しにくい。少なくとも現状において、1967 年時点の地盤に相当する位置に岩盤が露出していることが現地踏査で確認できることから、1967 年時点で逢初川流域内に崩壊堆積物はほとんどなかったと考えられる。

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。

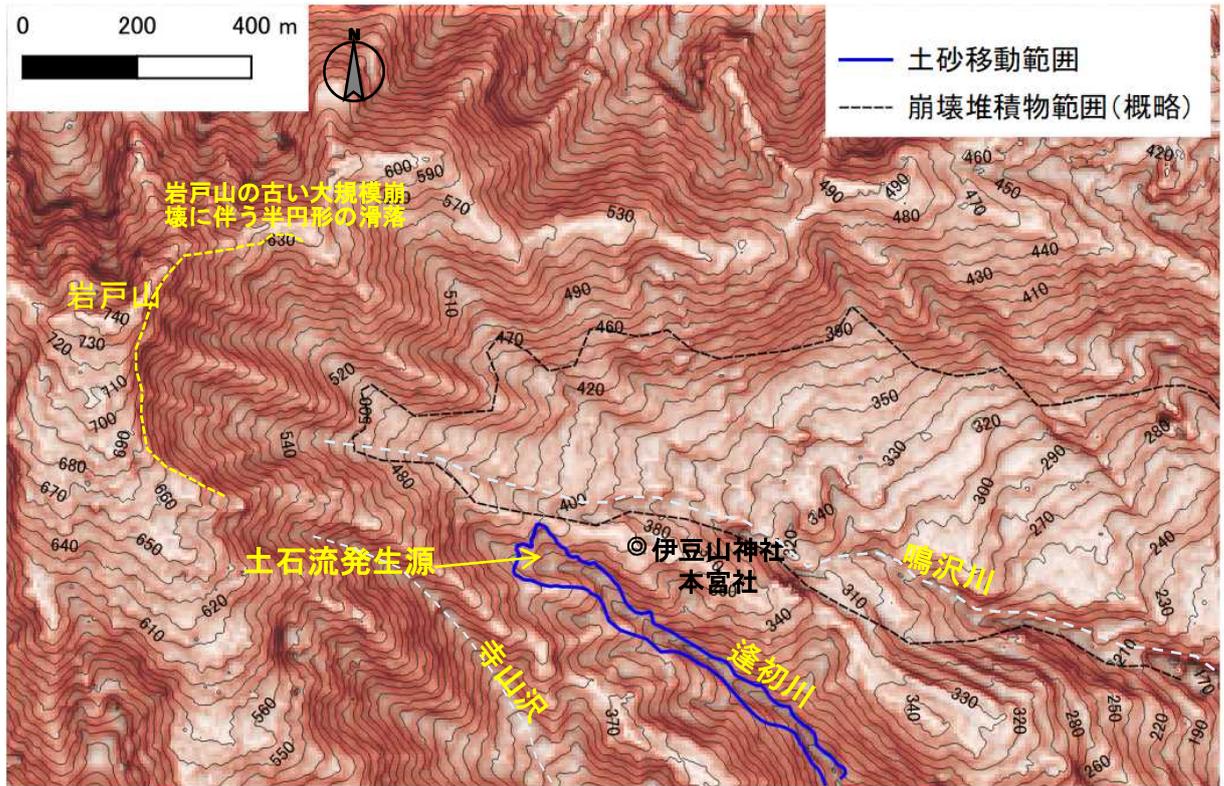


出典：地理院タイル（2017年8月9日撮影）に追記

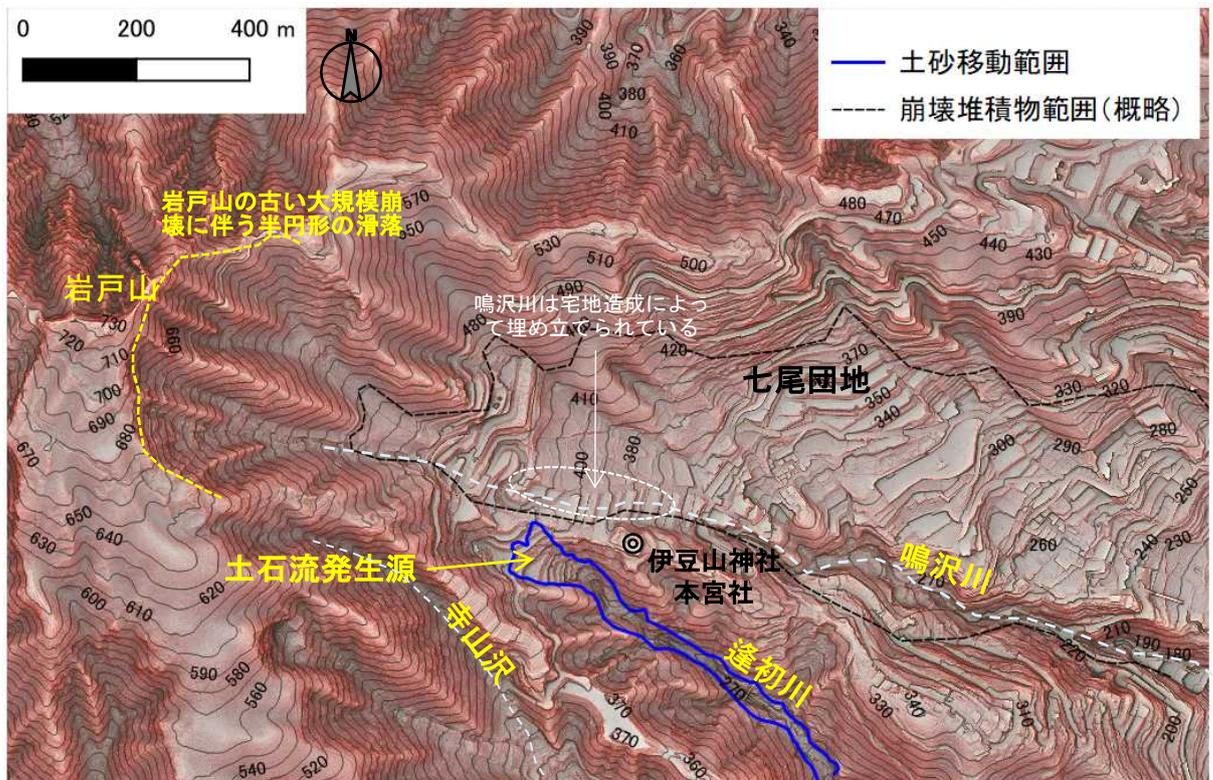


出典：地理院タイル（2001年修正測量）に追記

図 3-1 逢初川源頭部周辺の概況

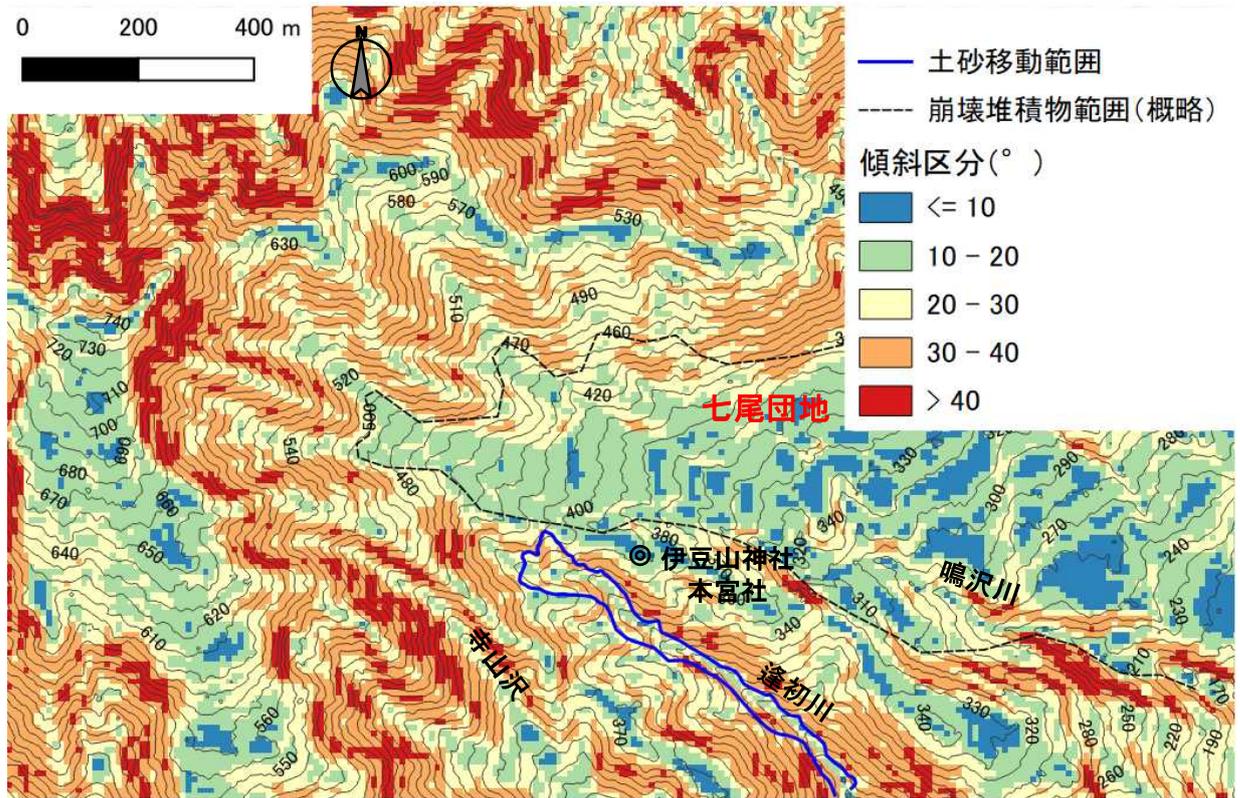


1967年の地形（空中写真から作成）

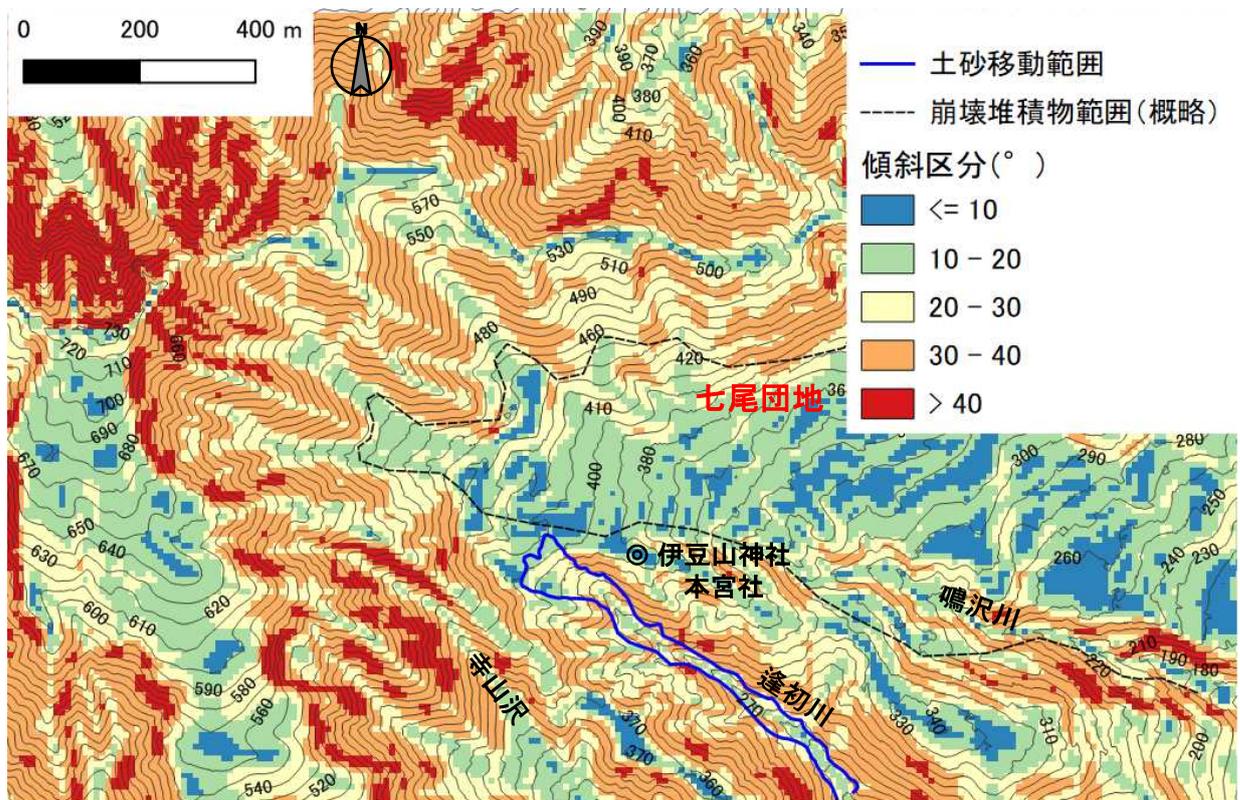


2019年の地形（航空レーザ計測により作成）

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

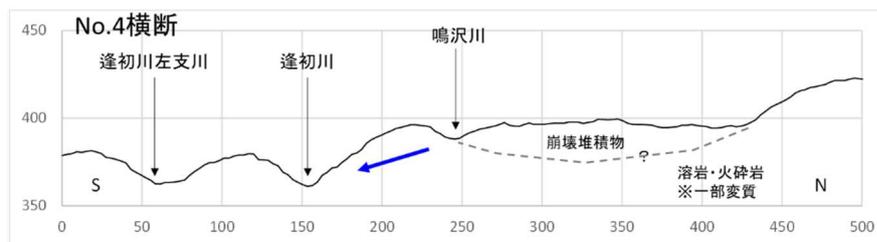
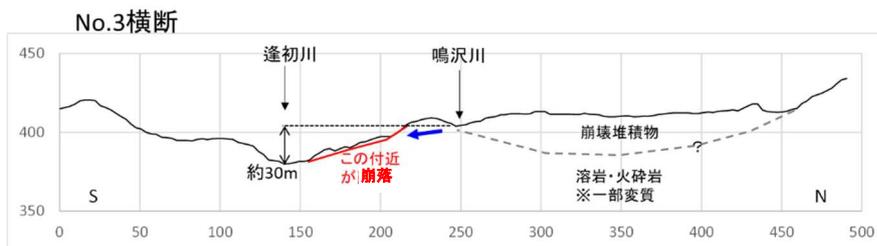
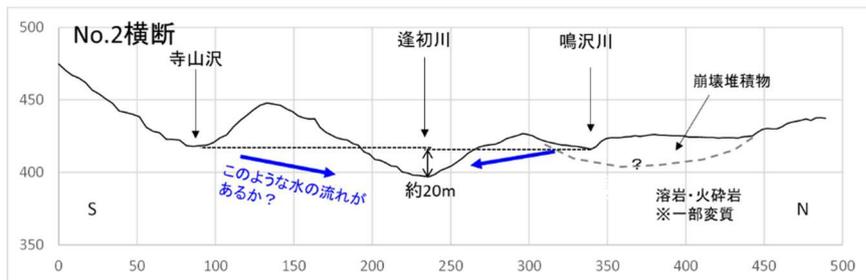
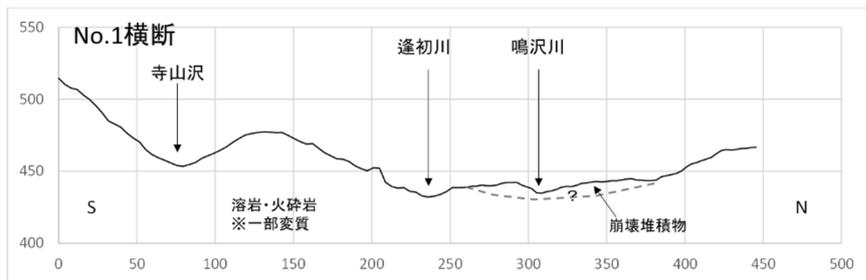
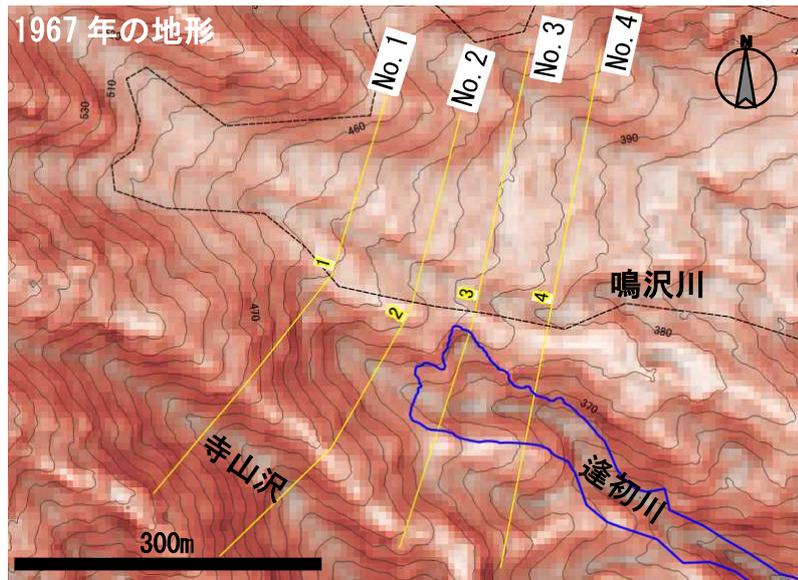


図 3-4 1967年地形による横断図（下流から見た図）

3.2 地質

地質図（産業技術総合研究所 5万分の1地質図幅「熱海」）を図3-5に示す。崩落地周辺にはSy（安山岩－玄武岩質安山岩溶岩および火砕岩）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规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流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。

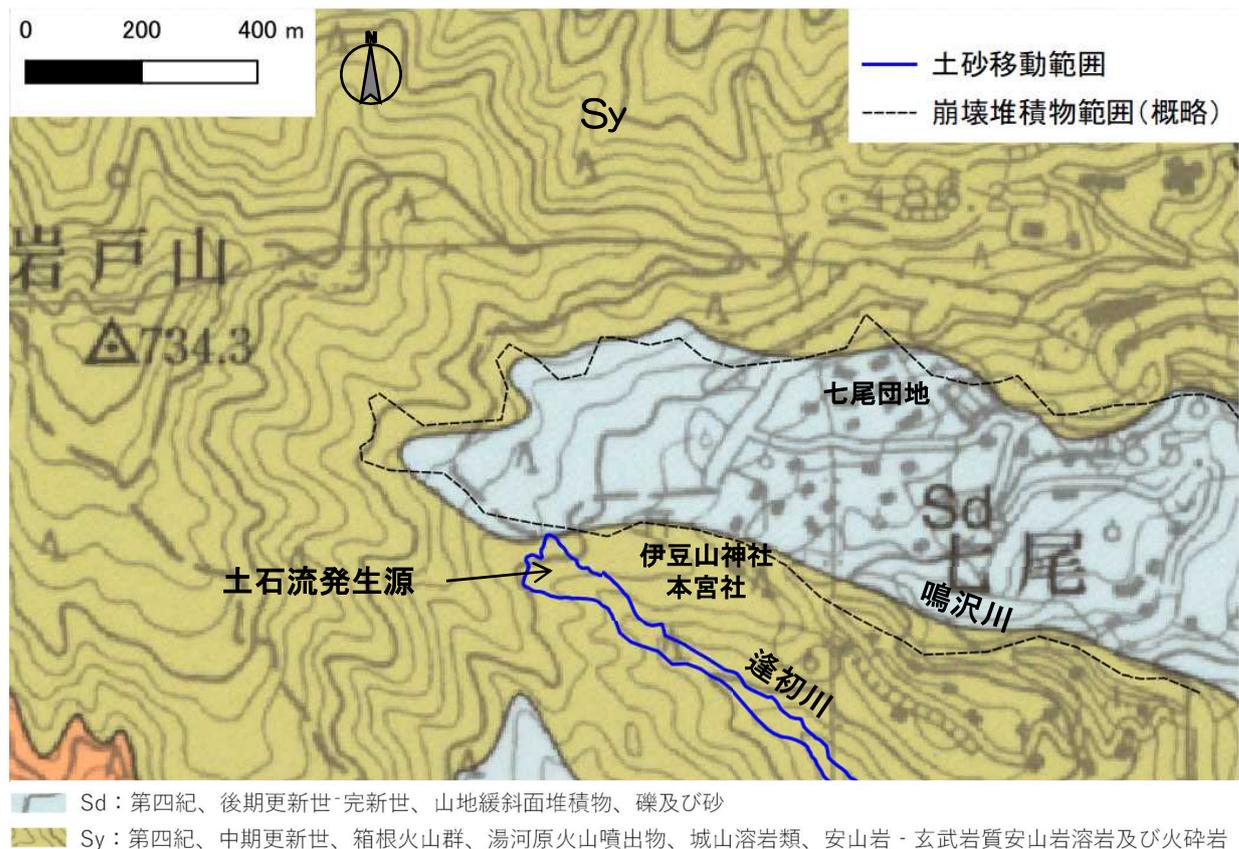


図 3-5 逢初川源頭部周辺の地質（5万分の1地質図幅 熱海）

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。

逢初川で崩落面などに露出した地盤を確認した結果によれば、崩落箇所における Sy に相当する部分は節理（亀裂）の発達した溶岩（図 3-6）と赤褐色の火砕岩からなり、それらが互層している。火砕岩のほとんどは風化や変質により粘土化していた（図 3-7、図 3-8）。

逢初川上流部の溪床には一部、比較的堅固な（ただし破碎・風化はしている）安山岩質溶岩が露出していた（図 3-9）。

また、同様の溶岩は崩落地の上部にあたる岩戸山山頂付近にも露出する（図 3-10）。



図 3-6 冷却節理等が発達した溶岩（崩落地南壁）



図 3-7 風化・変質した溶岩または火砕岩（赤褐色部）

（左：尾根上、右：崩落地底部）



図 3-8 赤褐色の変質層の下位に露出した、緑白色に変質した層（盛り土下端付近の溪床）



図 3-9 風化・変質を受けていない比較的堅固な安山岩（砂防堰堤よりも下流の溪床）



図 3-10 岩戸山山頂付近に分布する風化の程度が低い溶岩（Sy）

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。

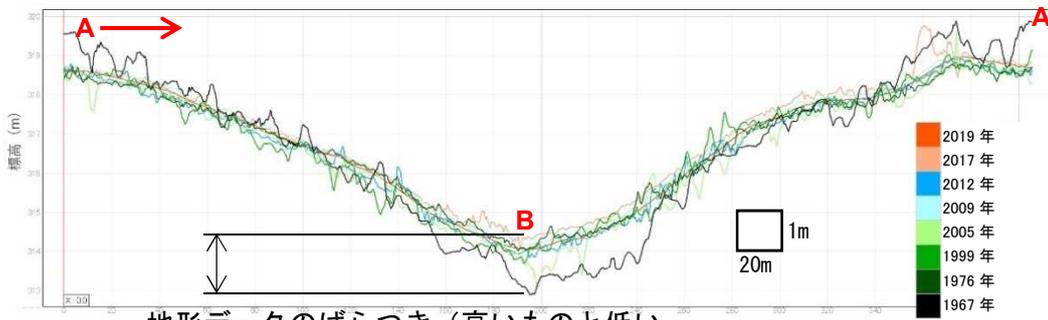
注：このほか、1983 年・1989 年・1994 年にも空中写真が撮影されているが、1999 年までは崩落箇所付近における積極的な地形改変は行われていない。また熱海市の都市計画図もあるが等高線間隔が広い等により、解析には適さなかった。

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）はおよそ±1m以内

図 3-13 地表面断面図の比較