

§ 4 牧ヶ洞断層・精密測量

(1) 精密測量の目的

平成11年度において空中写真図化 (S=1:500) を実施したが、平成11年度トレンチ調査位置と平成12年度トレンチ調査位置の間はとくに微細な断層地形 (右横ずれ屈曲したチャネル、逆向きの低断層崖) 等がよく保存されており、縮尺1/500では表現しきれない。したがって微細な変位地形を記録し、変位量を測定するために精密測量を実施し、大縮尺の地形図 (S=1:100) を作成することにした。

精密測量を用いて変位地形を計測し、断層の活動性 (断層位置・性状、平均変位速度・単位変位量) についての具体的数量につながる情報を得ることが目的である。

(2) 精密測量の範囲

精密測量を実施した範囲は、平成11年度トレンチ調査位置と平成12年度のトレンチ調査位置北東方の盛土までの間の約130m、約5,000m²である。

(3) 精密測量の方法

測量を容易にするために、まず下草、下枝の伐採を行った。

その後、昨年の空中写真図化時に使用した仮ベンチから適当な位置に測量基準点を設け、トータルステーションによる精密測量を実施した。今回使用した平成11年度の仮ベンチと測量基準点の位置は、測量成果とともに巻末資料として添付した。

精密測量は、線要素と面要素に分け、まず線要素から測定した。線要素としては、河川、チャネル、低断層崖、段丘崖などである。河川、チャネルについては、幅と形状がわかるように兩岸を適当な間隔で測点した。また、低断層崖、段丘崖については、崖の基部と肩を適当な間隔で測量し、崖の位置と傾斜が再現できるように努めた。そのために崖の形状によっては崖の途中にも測点を設けた。

面要素は、高位・低位の土石流段丘面、谷底平野の面である。これらは、それぞれ大まかな範囲を決定している肩の部分の測量し、その後は面の内部を埋めるようにメッシュで測点を設けて測量した。

測量をした点の位置を図4-1に示す。使用した測量基準点は12点、測量点は4473点である。

(4) 精密測量結果

測量結果は付図2 (S=1:100) としてまとめた。1/200に縮小したものに加筆したものを図4-2に示す。

平成11年度トレンチ調査位置と平成12年度トレンチ調査位置の間はとくに微細な断層地形 (右横ずれ屈曲したチャネル、低断層崖) 等がよく保存されている地域であった。

この調査範囲では、山地側の高位の土石流段丘の末端部に湧水地点を持つチャネルが、低位の土石

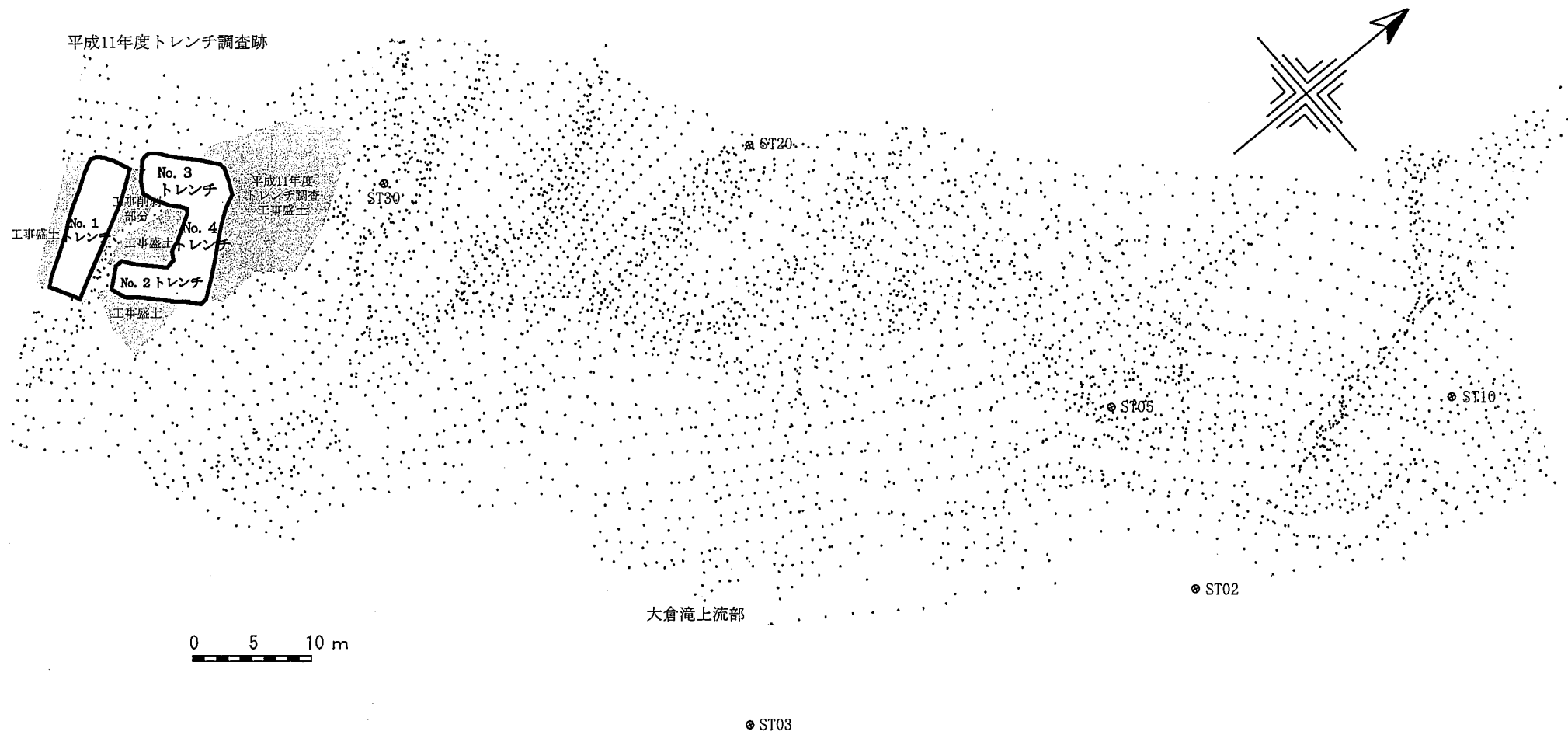


図4-1 測量点配置図 (S=1:500)

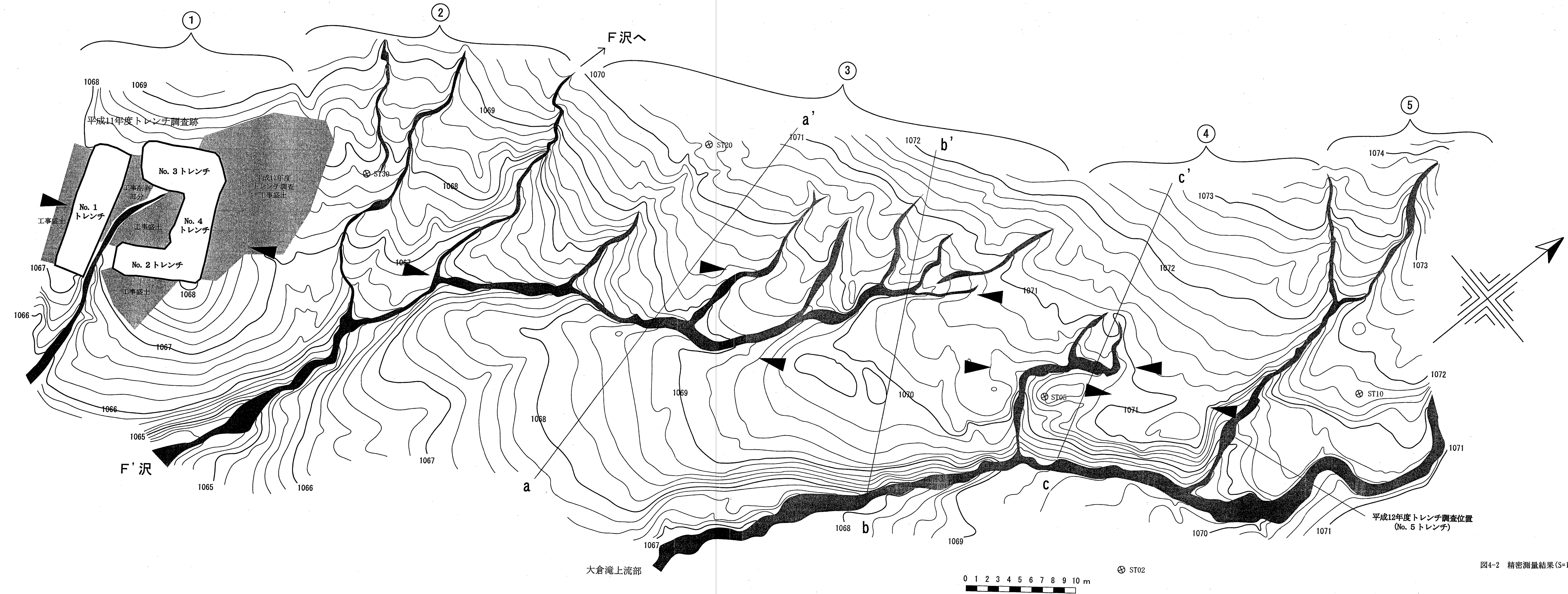


図4-2 精密測量結果 (S=1:200)

流段丘面上を浅く下刻しながら南東へ流下し、牧ヶ洞断層による逆向きの低断層崖にぶつかって、流れを南西に変え、低断層崖沿いに流下する様子が出ている。精密測量範囲での変位地形について南西側から順に詳述する。

①平成11年度トレンチ調査地点

平成11年度のトレンチ調査付近の微地形は、工事による盛土のため不明な点が多いが、牧ヶ洞断層の南東側が高位の土石流段丘による微高地になっていたことは間違いない。逆向きの低断層崖の有無については、トレンチの周辺に工事盛土が存在するため、詳細については不明である。

No. 1 トレンチとNo. 4 トレンチの間を、高位の土石流段丘面をわずかに下刻して小チャネルが南東方向へ流出するが、トレンチ調査で確認できた牧ヶ洞断層の位置付近で、右横ずれ屈曲を示す。高位の土石流段丘面上における右横ずれ屈曲量は少なくとも4m以上である。

②F' 沢流出口付近

付図1の空中写真判読結果において、F' 沢と表したチャネルが牧ヶ洞断層南東側の高位の土石流段丘を下刻して南へ流出する地点付近を中心に約14m間である。

F 沢から流出するチャネルへ連続する比較的流量のあるチャネルが、山地から押し出してきた高位の土石流段丘面上を深く（60～100cm）下刻しながらほぼ北から南へと流下して、牧ヶ洞断層を横切りF' 沢として流出している。その西側にも、高位の土石流段丘面上を浅く（20～30cm）下刻しながらほぼ北西から南東へ流下して、F' 沢へ流出しているチャネルが2本認められる。

この区間では、平成11年度のトレンチ調査地点での牧ヶ洞断層の位置と、次に述べる③地区の牧ヶ洞断層の低断層崖とを結ぶ線上には、逆向きの低断層崖やチャネルの右横ずれ屈曲などの断層変位地形は認められない。

③F' 沢へと続く低断層崖沿いの約60m間

付図1の空中写真判読結果において、F 沢へと続くチャネルが北から南へと流下してきて、低断層崖にぶつかる地点から、牧ヶ洞断層による低断層崖沿いに北東方向へ約60m間である。

この区間では、山地側の高位の土石流段丘の末端部に湧水地点を持つ小チャネルが、低位の土石流段丘面上を浅く下刻しながら南東へ流下し、牧ヶ洞断層による逆向きの低断層崖にぶつかって、流れを南西に変え、次々と合流しながら低断層崖沿いに流下する様子が出ている。

さらに小チャネルの屈曲を詳細にみると、屈曲点が2系統に分離できる。したがって、大局的には連続する1本に見える低断層崖であるが、③の区間だけでも雁行した2本の低断層崖で構成されているのが判明した。

南側の長い方の低断層崖は約28m連続する。この低断層崖は高位の土石流段丘面を変位させて

いる断層崖である。低位の土石流段丘面上を流下してきた小チャネルは、全てこの低断層崖にぶつかって南西方向に屈曲している。チャネルの最小の右横ずれ屈曲は約12mで、最大の右横ずれ屈曲は約26mである。

低断層崖の比高は、付図2の等高線を読みとると、10～80cmまで変化する。§5の踏査結果（付図3参照）で実測した比高を示しているが、場所によってかなり異なる。これは、低断層崖の南東側の高位の土石流段丘面がいくつかの面が複合したものであること、緩やかに南西方向に傾斜していることと、低断層崖沿いに南西方向へ流下するチャネルの下刻が均一でないためと考えられる。全体としてチャネルは南西側ほど深く下刻しているため、南西側の比高は大きくなり、最大の比高は約90cmに達する。

この区間のほぼ中央で作成した断面図を図4-3-1に示す。断面図では、逆向きの低断層崖および断層崖沿いに流れるチャネルが明瞭に現れている。また、断層の北西側のやや傾斜の大きい低位の土石流段丘面と、断層の南東側のやや傾斜の緩い高位の土石流段丘面が読みとれる。

牧ヶ洞断層の上下変位成分については、断層の両側の地形面が同一の面でないので、低断層崖の比高から求めることは正しくはない。敢えて測定すると見かけ20cm程度となる。したがって、牧ヶ洞断層の上下変位成分は、断面位置では小さい可能性がある。逆向きの低断層崖として目立つ崖は、牧ヶ洞断層の上下変位の現れというよりはむしろチャネルによる浸食崖に近い可能性があり、逆向きの低断層崖の比高には、チャネルによる下刻量が大きく関与していると思われる。

一方、南側の逆向きの低断層崖から北側に約7m離れて雁行する北側の逆向きの低断層崖は約22m連続する。この低断層崖は低位の土石流段丘面上での断層崖である。低位の土石流段丘面上を流れている小チャネルが、次々に右横ずれ屈曲をしている。最小の右横ずれ屈曲は約2.5～3mである。

低断層崖の比高は、付図2の等高線を読みとると、10～20cm程度である。

この区間のほぼ中央で作成した断面図を図4-3-2に示す。断面図では、逆向きの低断層崖および断層崖沿いに流れるチャネルが明瞭に現れている。また、断層の北西側は低位の土石流段丘面でも傾斜がやや大きいものに対して、断層の南東側は同じ低位の土石流段丘面および高位の土石流段丘面においても傾斜が緩いのが読みとれる。この断面では、断層の両側の地形面が同一の面なので、牧ヶ洞断層の上下変位成分について断面図上で計測すると、ほぼ25cmである。§5の踏査結果（付図3参照）で実測した比高を示しているが10～30cmとなっており、ほぼ一致する。

④F' 沢の次のチャネルの流出口から約20m間

付図1の空中写真判読結果において、F' 沢の流出口から北東へ約95mの地点で、小チャネルが牧ヶ洞断層による逆向きの低断層崖と高位の土石流段丘面を突っ切って大倉滝上流へ流入し

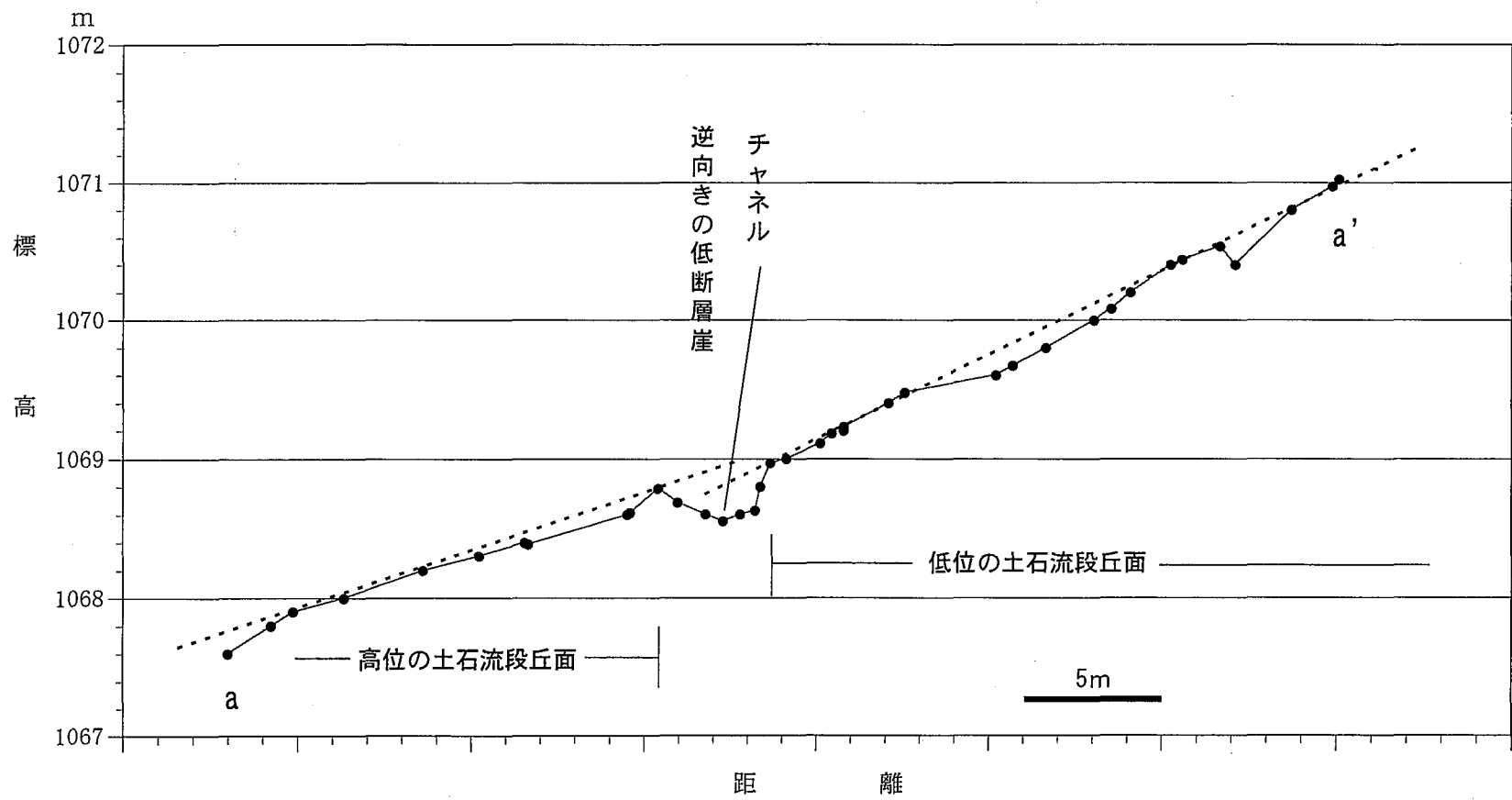


図4-3-1 a-a' 地形断面

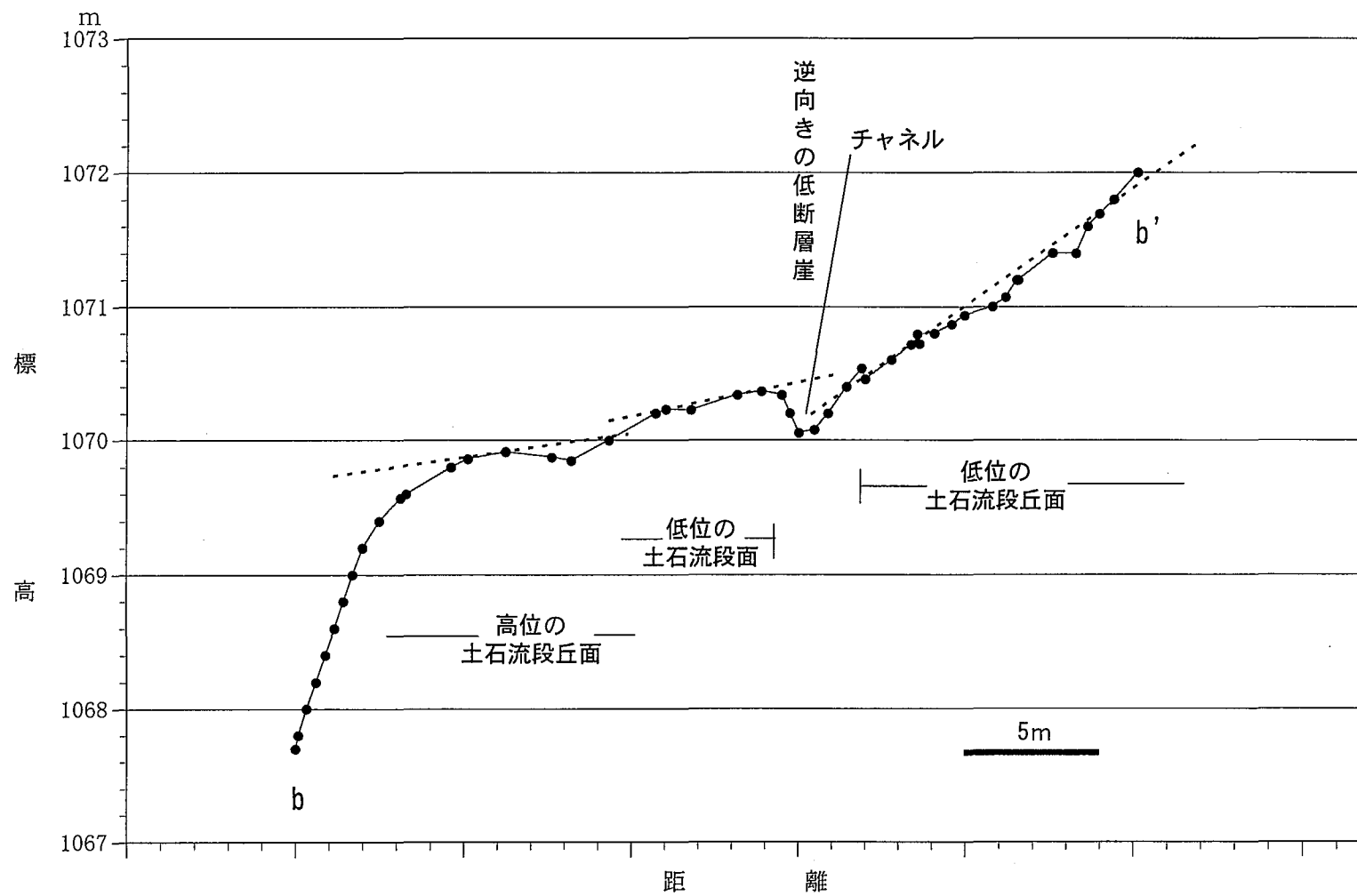


図4-3-2 b-b' 地形断面図

ている。この小チャネルの流出口から約20m、次のチャネルの流出口までの間の区間である。

この区間では、山地側の低位の土石流段丘面上の湧水地点から流れ出たチャネルが、低位の土石流段丘面上を浅く下刻しながら南東へ流下し、牧ヶ洞断層による逆向きの低断層崖にぶつかって、流れを南西に変え、小チャネルと合流しながら低断層崖沿いに流下する様子が出ている。

さらに小チャネルの屈曲位置を詳細にみると、③の区間で2系統みられた低断層崖のいずれにも連続しない、独立した低断層崖である。

この小チャネルに沿った逆向きの低断層崖は約20m連続する。この低断層崖は高位の土石流段丘面を変位させている断層崖である。チャネルの最小の右横ずれ屈曲は1本目の小チャネルの合流点までの約4mで、最大の右横ずれ屈曲は2本目の小チャネルの合流点までの約8mである。

低断層崖の比高は、付図2の等高線を読みとると、20～50cmまで変化する。§5の踏査結果（付図3参照）で実測した比高を示しているが、場所によってかなり異なる。これは、低断層崖の南東側の高位の土石流段丘面がいくつかの面で構成されていることと、低断層崖沿いに南西方向へ流下するチャネルの下刻が均一でないためと考えられる。全体としてチャネルは南西側ほど深く下刻しているため、南西側の比高は大きくなり、最大の比高は約60cmに達する。

この区間のほぼ中央で作成した断面図を図4-3-3に示す。断面図では、逆向きの低断層崖および断層崖沿いに流れるチャネルが現れている。また、断層の北西側のやや傾斜の大きい低位の土石流段丘面と、断層の南東側のほぼ水平に近い高位の土石流段丘面が読みとれる。

牧ヶ洞断層の上下成分については、断層の両側の地形面が同一の面でないので、低断層崖の比高から求めることは正しくはない。敢えて測定すると見かけ約30cm程度となる。したがって、牧ヶ洞断層の上下変位成分は、断面位置では小さい可能性がある。逆向きの低断層崖として目立つ崖は、牧ヶ洞断層の上下変位の現れだけでなく、チャネルによる浸食分も加算された結果の可能性が高い。

⑤平成12年度トレンチ調査地点上流側16m間

④のチャネルから約16m上流側の大倉滝上流へ流入しているチャネルから上流側に16m間、谷埋めの盛土までの区間である。

この区間では、山地側の高位の土石流段丘の末端部に湧水地点を持つチャネルは、④と⑤の区間の境界をなす。すなわち、このチャネルの南西側までは、低断層崖とその背後の大倉滝上流に沿う高位の土石流段丘がつくる微高地が認められるが、チャネルの北東側は大倉滝上流の狭い氾濫原となっており、全く断層変位地形は認められない。低位の土石流段丘の末端はややゆるい段丘崖となって大倉滝上流の狭い氾濫原に接している。

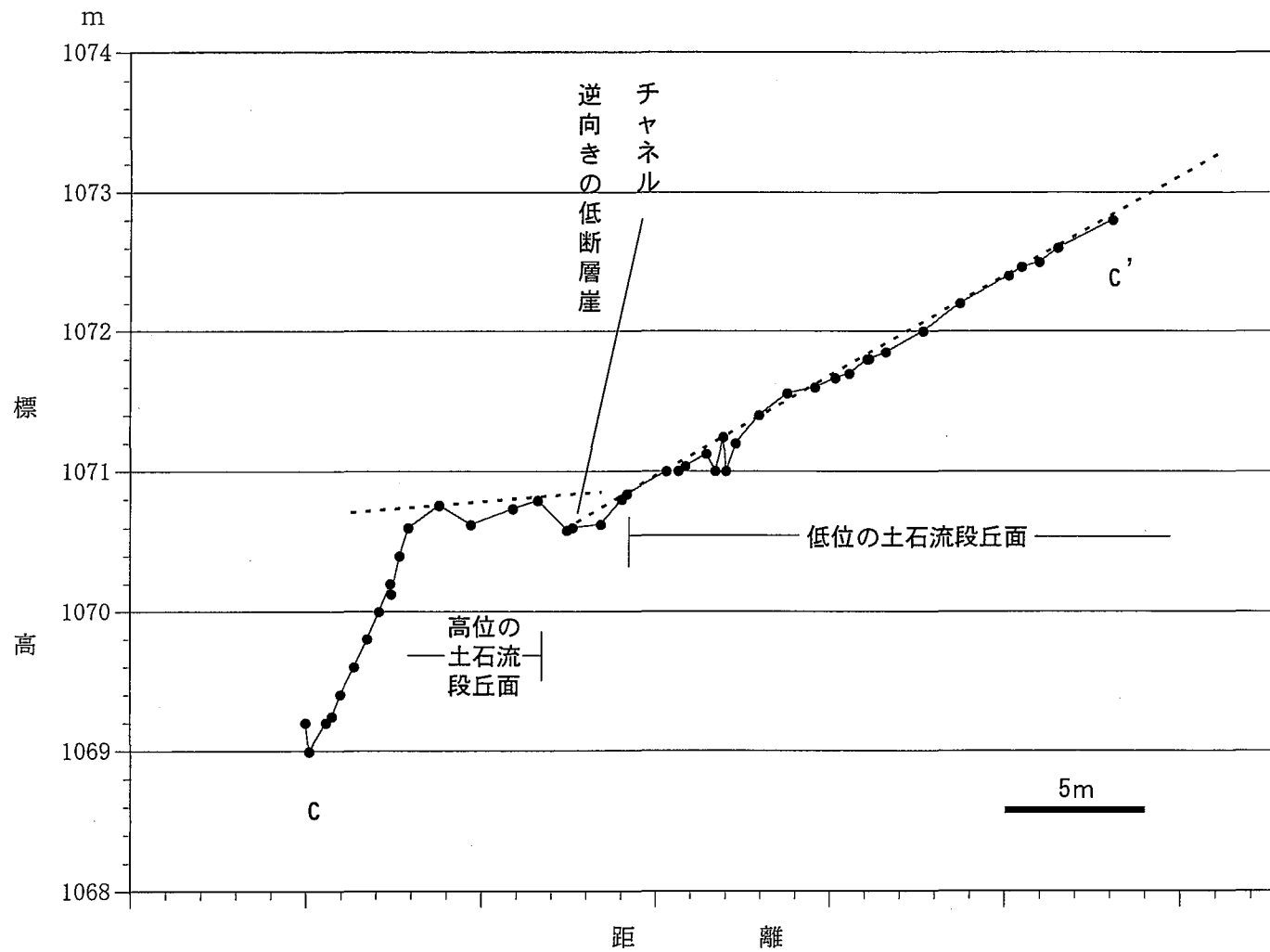


図4-3-3 c-c' 地形断面図

（５）精密測量結果のまとめ

＜変位地形＞

平成11年度トレンチ調査位置と平成12年度トレンチ調査位置の間はとくに微細な断層地形（右横ずれ屈曲したチャネル、低断層崖等）が連続的によく保存されている地域とされていた。

精密測量の結果、断層変位による微地形を詳細にみると、明瞭な断層変位地形が認められる区間と、全く断層変位地形が認められない区間とに分かれることが明らかになった。

断層変位地形が認められる区間としては、①、③、④の区間である。

③の区間（§ 3のF-F' 沢）では、小チャネルの屈曲を詳細にみると、大局的には連続する1本に見える逆向きの低断層崖であるが、屈曲点が2系統に分離でき、雁行した2本の逆向きの低断層崖で構成されているのが判明した。また④の区間（§ 3のF' 沢から約95m上流側）で認められた低断層崖も、③の区間のいずれにも続かない独立した逆向きの低断層崖で、雁行していることが明らかになった。

この内③の区間の南側の逆向きの低断層崖と④の逆向きの低断層崖は、ともに高位の土石流段丘面を変位させている低断層崖である。低断層崖はそれぞれ約28m、約20m連続し、チャネルの右横ずれ屈曲はそれぞれ最小約12mと最大約26m、最小約4mと最大約8mである。低位の土石流段丘面上を流下してきた小チャネルは、全てこの低断層崖にぶつかって南西方向に屈曲している。低断層崖の比高は10～80cmまで変化するが、断面図でみると、逆向きの低断層崖として目立つ崖は、牧ヶ洞断層の上下変位の現れだけでなく、チャネルによる下刻量が大きく関与していると思われる。

③の区間の約7m北側に離れて雁行する逆向きの低断層崖は約22m連続し、最小の右横ずれ屈曲は約2.5～3mである。低断層崖の比高は10～20cm程度で、断面図上で計測するとほぼ25cmである。

①の区間（平成11年度のトレンチ調査地点）は工事による盛土のため不明な点が多いが、高位の土石流段丘面上を浅く下刻するチャネルの右横ずれ屈曲は、少なくとも4m以上である。上下成分については、少なくとも断層の南東側が高位の土石流段丘による微高地になっていたことは間違いない。

断層変位地形が認められない区間としては、②、⑤の区間である。

②の区間は、F 沢からF' 沢へと続くチャネル付近である。大局的には断層変位地形が連続する区間であるが、低断層崖やチャネルの右横ずれ屈曲などの微細な変位地形は認められない。

⑤の区間は、④の区間の北東側（平成12年度のトレンチ調査地点）である。大倉滝上流に沿った高位の土石流段丘は分布せず、山地側の低位の土石流段丘の末端はややゆるい段丘崖となって大倉滝上流の狭い氾濫原に接しており、全く断層変位地形は認められない。

＜平均変位速度＞

平成11年度、平成12年度のトレンチ調査で得られた年代測定結果に基づいて牧ヶ洞断層の平均変位速度について検討する。

精密測量の結果、調査地域内の断層の内南側の2本は、高位の土石流段丘面を変位させて逆向

きの低断層崖を形成している。これらの小チャネルの最小の屈曲量約4m, 最大の屈曲量約26mであった。

小チャネルの最小の屈曲量は、高位の土石流段丘面が面として固定されて以降の牧ヶ洞断層による断層変位を表しており、最大の屈曲量は、高位の土石流段丘が堆積を開始して以降の牧ヶ洞断層による断層変位を蓄積している可能性が高い。

§ 6 のトレンチ調査の結果、調査地域の山間小盆地の地形をほぼ形成しているD層の堆積年代は、断層の南東側ではBP11, 520±180年～BP25, 730±770年、断層の北西側ではBP11, 480±110年～BP26, 850±760年であった。

以上の年代測定結果を用いると、小チャネルの最小の屈曲量約4mは、BP11, 500年以降の断層変位を表している可能性が高い。この場合の右横ずれの平均変位速度は、0.3m/1,000年である。一方、小チャネルの最大の屈曲量約26mは、高位の土石流段丘が堆積を開始して以降、即ちBP26, 000年以降の断層変位を表している可能性がある。この場合の右横ずれの平均変位速度は、1.0m/1,000年である。

したがって、牧ヶ洞断層の右横ずれ成分の平均変位速度は、0.3m/1,000年から最大でも1.0m/1,000年といえる。

一方、牧ヶ洞断層の上下成分については、F-F' 沢の北側の逆向きの低断層崖を除いて、他の逆向きの低断層崖の山側（北西側）には低位の土石流段丘面が、南東側には高位の土石流段丘面が分布する。牧ヶ洞断層の上下成分については、断層の両側の地形面が同一の面でないので、低断層崖の比高から求めることは正しくない。

牧ヶ洞断層は、右横ずれ成分のみでみれば、B級の活断層といえる。

<単位変位量>

精密測定の結果、調査地域内の断層の内、F-F' 沢の北側の逆向きの低断層崖は、低位の土石流段丘面上での低断層崖である。この断層による小チャネルの最小の右横ずれ変位量は約2.5～3mである。一方、断層の両側の地形面が同一の面なので、低断層崖を挟んだ地形面から求めた上下変位成分は約25cmである。これらの変位地形はきわめて微細な変位地形であることから、牧ヶ洞断層のただ1回の断層変位の上下成分を表している可能性がある。

これらの値を用いた牧ヶ洞断層の運動センスの縦横比は、1：10もしくはそれ以上となる。