

活断層トレンチ調査結果を用いた 埋没断層変位地形の三次元的把握 —3D-CADによるシュミレーションと実例—

鈴木 敬子

地理学専攻 2003年3月卒業
大学院地理・地域論コース(修士)在学

I. はじめに

日本の活断層研究は、100年以上にわたり続けられている(垣見、1995)。しかし、その理論化、体系化が進んだのは、空中写真利用が普及した1960年代後半以降であった。この時代には、Sugimura and Matsuda (1965)、杉村(1963)、松田(1966)などによる主要な横ずれ活断層の発見があり、活断層運動の一般的性質に関する考察や、断層活動の定量化の試みなどが行なわれた(松田・岡田、1968; 松田、1975)。これら日本の活断層の分布と特徴は、「日本の活断層—分布図と資料」(活断層研究会、1980)で総括された。

1970年代末になると、個々の活断層の活動履歴を解明する目的でトレンチ調査が始められた。トレンチ調査は活断層を掘り下げ、意図的に断層を露出させて最新活動期、活動周期、単位変位量などに関する資料を得ようとするものである。掘削方法も通常の桶型に加え、断層構造の三次元的把握を狙うなど複雑な形態のトレンチも試みられるようになった(例えば岡谷断層発掘調査グループ、1988; 堤ほか、1992など)。これらの成果を受け、

兵庫県南部地震(1995年)以降は、国の交付金による活断層調査が進められているが、トレンチ調査は其中で主要な位置を占めるに至っている。

トレンチ調査は、このように有用な活断層調査法として大きな役割を果たしてきた。しかし、活動履歴資料を重視するあまり、さらにもたらされる他の資料についてはあまり活用されてこなかった。トレンチ調査では、通常断層を横切ってトレンチが掘削されるので、多くの場合は一連の断層構造の切断面資料が複数得られる。このような近距離で複数の切断面は、トレンチ掘削で失われた断層変位構造を三次元的に復元するための重要な手がかりである。断層活動があった層準に位置する地層の表面の立体形は、埋没した変位地形を意味する。トレンチ壁面スケッチは、このような埋没地形を三次元的に把握する上で貴重な資料といえよう。

本報告では、トレンチ壁面スケッチをもとに地下に埋没した変位地形をCADソフトを用いて復元する手法と、その有用性について述べる。

II. 埋没変位地形の復元方法について

1. 用いた CAD とその特徴

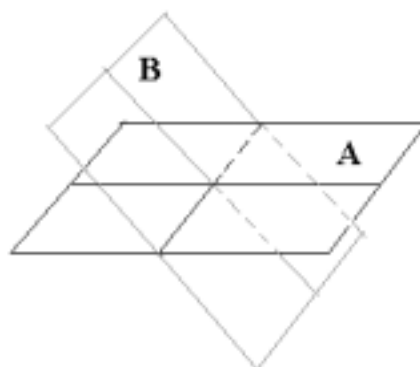
(1) CAD の特徴

地形の復元には、3D-CAD (Computer Aided Design、コンピュータ支援設計) ソフトを使用した。従来、このような地形の画像解析には大型計算機を用いており、使用者にプログラミングなどの高度な技術が求められた (電源開発^(株)建設部設計室 (地質班)、1986)。しかし、CAD を使用した解析には、①コンピュータを専門としない技術者が、比較的簡単に使用できること、②作成したモデルを任意の平面で切断することによって、任意の位置の切断面を作ることができること、③視覚的に三次元の地質構造を理解しやすく、三次元的に矛盾した地質の解釈を避けることができること、④ベクターデータを作成するので、加工が容易であり、拡大、縮小しても解像度が落ちないなどのメリットがある。

(2) Vector Works の特徴と本研究で使 した機能

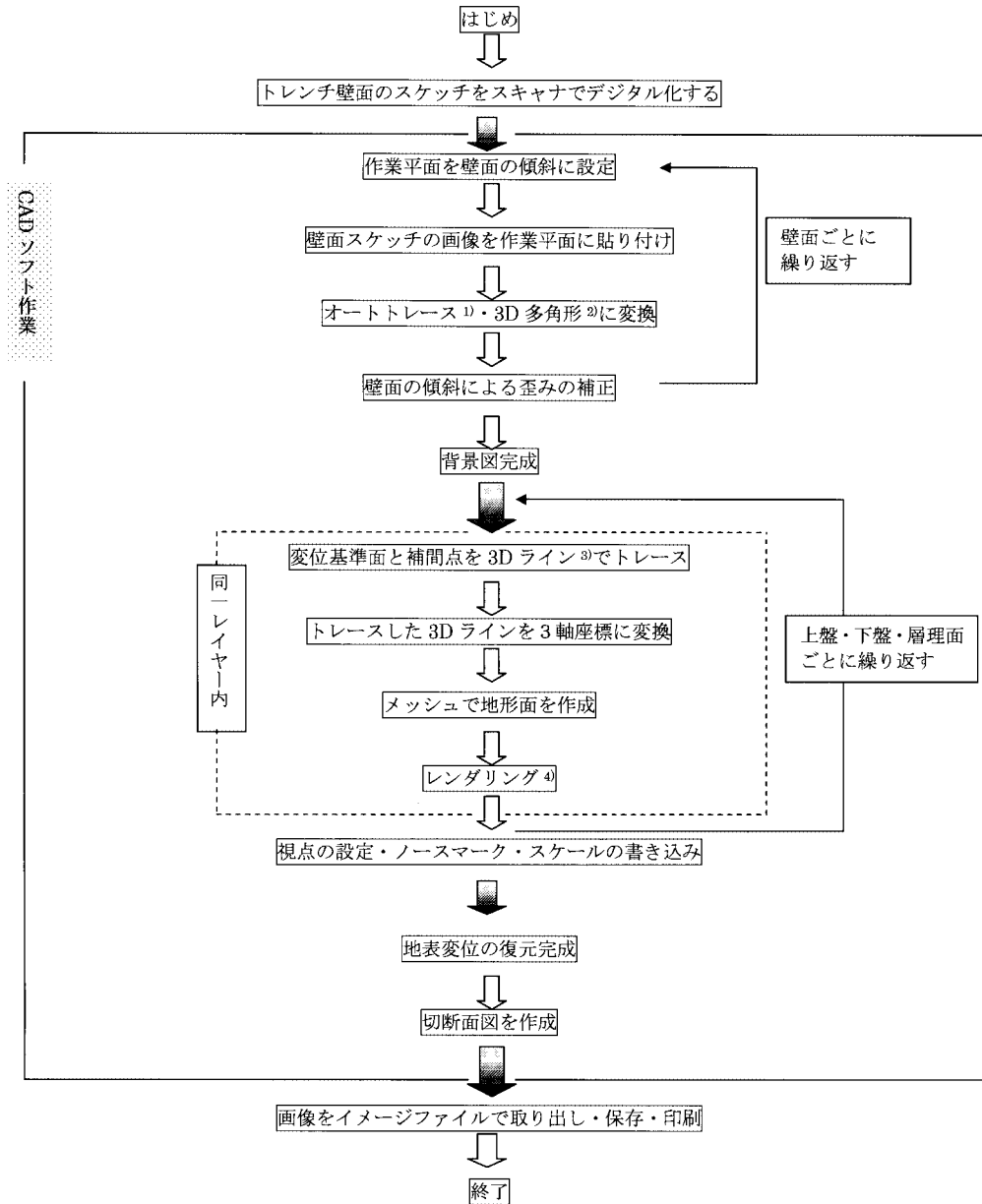
解析には、A&A 社開発の Vector Works 8.5 J (以下、V.W.とする) を使用した。通常、3D-CAD ソフトは 3D 図形を作成する際に、2D データに高度を与えて 3D 図形に変換するものが多く、また建築、機械、測量、土木などの分野が同時に使用できるものは、非常に高価である。V.W.は、3D 空間に直接 3D 図形の作成が可能であり、建築、測量の両分野で使用できる比較的安価な CAD である。本研究では、以下に示すような V.W.の独自の機能を使用した。

- a) 「オートトレース」ツール：ラスターデータをベクターデータへ自動変換する。
- b) 「3D 多角形に変換」ツール：2D 多角形のベクターデータに高度を付与し、3D 多角形分解する。
- c) 「3D ライン」ツール：あらかじめ高さの情報を持った線分を作成する。
- d) 「3 軸座標変換」ツール：3D ラインを x 座標、y 座標、z 座標を持つ座標に変換する。
- e) 地形作成機能：画面に展開された 3 軸座標をもとに、座標点の高さを推定補完して地形面を作成する。
- f) 基準平面と作業平面：V.W.では、3D モデリング時の作業平面が 2 つある。ひとつは、三次元空間の X 軸、Y 軸、Z 軸を持つ絶対座標の「基準平面」と、一時的な補助三次元空間の I 軸、J 軸、K 軸の座標軸を持つ「作業平面」である (第 1 図)。「作業平面」は、ユーザがその都度、生成定義して使うもので、同時に複数の存在が可能である (Diehl Graphsoft Inc. MD.USA/A&A CO., LTD.Tokyo Japan、1999)



第 1 図 基準平面と作業平面の概念

A : 基準平面(xyz 軸の平面)、B : 作業平面(IJK 軸の平面)



第2図 変位地形復元方法・解析手順

1)～4)は、CADソフトの機能である。

1) オートトレース：取り込んだラスター画像を、ベクター画像に変換する機能。

2) 3D多角形：平面座標上にあるデータを3D空間に位置づける機能。

3) 3Dライン：3D座標を与えられている直線。

4) レンダリング：メッシュで作成した地形に、面的に陰影や色などをつける機能。

2. 作業手順（第2図参照）

埋没地形の復元の作業手順は、大別して背景図の作成と地形作成の2つの行程から成る。背景図は、デジタル化した壁面スケッチを「作業平面」を用いて壁面傾斜と壁面掘削位置に置き換えて貼り付け、オートトレースと3D多角形機能を使用してトレンチ掘削時の空間を復元する。スケッチの「作業平面」への貼り付けは、水平面投影図の壁面の場合、壁面の傾斜による歪みの補正が必要である。一方、壁面が垂直面投影図の場合、補正は不要である。このように作成したトレンチを地形復元のための背景図とした。

地形の復元は、背景図上の変位基準を3Dラインでトレースし、3軸座標変換ツールで座標値に変換する。そして、地形作成機能で地形を作成するが、ここではソフトの座標誤認識を避けるため、基本的に一つのトレンチにつき、断層地形の上盤、下盤、断層面の3枚のレイヤーを作成した。また座標補間点は、各壁面の既知座標点間、あるいは既知座標の延長上に作業平面を作成し、その空間平面上に座標を補った。

断面図は、V.W.で作成した断面図をイメージファイルで取り出し、Digital Curve Tracer ver 1.0で座標を付与してから、Excelで描きなおした。Digital Curve Tracer ver 1.0は、画像化されているグラフの座標を読み取って数値化するソフトである。断面の原点は、二次元平面では西側上端に置き、三次元作業においては南側壁面の西側上端に置いた。また地形作成後、レイヤーなどの繋ぎ目が目立つ場合は、ドロー系ソフトでそれが目立たないように処理を行った。

III. 断層構造の三次元的把握の試み

1. モデル構造の復元テスト

(1) 逆断層を対象としたことについて

逆断層は、断層を境に破碎された上盤が下盤に乗り上げる構造をする。それをコンピュータでモデル化すると一つの位置座標(x座標、y座標)に対して、複数の高さの座標(z座標)が存在することになる。これによりCADが座標の誤認識をしてしまい、単純に座標間を計算させるだけでは地形を作成できない可能性がある。そこで本項では逆断層を対象にモデルを作成し、検証した。

(2) 各モデル設定

モデル壁面は、逆断層を基本に実際のトレンチ調査で出現する可能性のある壁面を作成した(第1表)。断層の変位量は、断層面に対して直交するように求めるが、トレンチ調査において断層がトレンチに直交せずに出現した場合(第3図)、その断面の変位量は正確ではない。そこで、三次元的に断層面に直交させて断面を得なければならないモデルを設定した(モデルC~G)。また壁面間で変位量が増加している壁面では、断面図を作成する位置で変位量や断面形態が変化することを考え、それぞれ複数地点で断面を求める必要があるようにモデルを設定した(モデルB、E)。変位方向も、基本的には西側低下にしたが、東側低下の断面でも地形が復元できるか試みた(モデルD)。それらを複合したものが、蝶番断層(モデルF、G)を想定したものである。

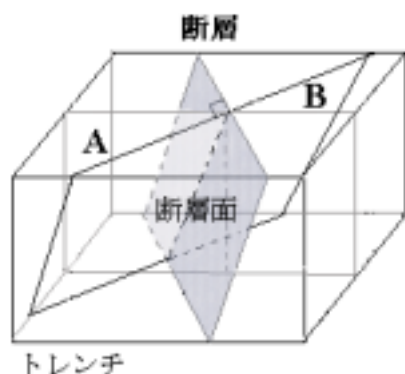
第1表 壁面モデルの概要

モデル	断層の種類	モデルトレンチ 走向に対する 断層の走向	壁面間の 変位量の変化	変位方向 (低下方向)
A	逆断層	直交	無し	W
B	逆断層	直交	$N < S$	W
C	逆断層	斜交	無し	W
D	逆断層	斜交	無し	E
E	逆断層	斜交	$N < S$	W
F・G	蝶番断層	斜交	無し	

壁面間の変位量の変化と、変位方向欄のN、S、Wは方角を示す。

$N < S$: 南側壁面より北側壁面の変位量大きい。

$N < S$: 北側壁面より南側壁面の変位量大きい。



第3図 トレンチ走行に対して断層が斜交する場合の変位量の求め方

A: トレンチ走行に平行する断面、

B: 断層に直交する断面

2. 復元結果とその評価

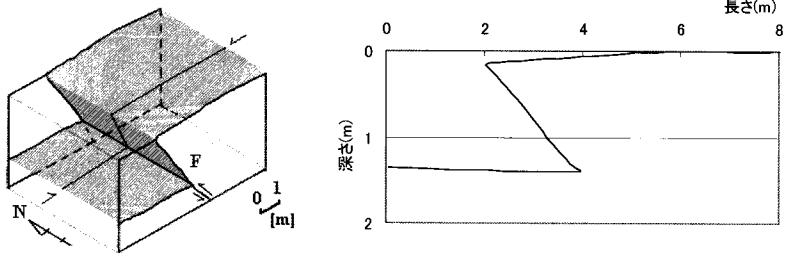
モデル A～G において、各形態に対応した断層地形が作成できた (第4図)。逆断層特有の下盤の上盤への押しつぶせによる座標の誤認識は、レイヤーを使用することで防ぐことができた。作成した断層変位地形は、トレンチに対して直交する断層、斜交する断層だけではなく、壁面間の変位量に差がある場合も可能である。変位方向も西側低下だけではなく東側低下も復元でき、あらゆる方向へ対応できると考えられる。また断面図は、復

元した地形とモデルとよく調和するものもある (モデル A) が、異なるものも多い。モデル C は、トレンチに直交する断面、断層に直交する断面で比較すると、変位量による大きな差は認められないが、断層面形態は変化した。モデル B、D などでは、断面を作成する位置によって、大きく変位量も断面形態も変化する。

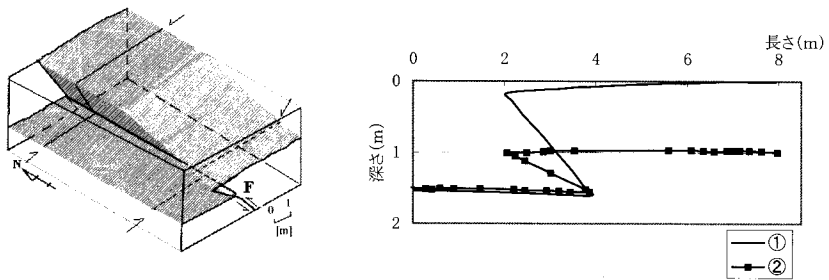
実際の埋没断層変位地形は、ここでシュミレーションを行ったような変位地形を複数組み合わせた複雑な地形を形成していると考えられる。

3. モデルの限界点

モデルによるシュミレーションにおいて、不可能な部分もあった。すでに述べたように、逆断層などの地形や地層の押しつぶせ構造がある場合、断層面周辺でレイヤーを用いた座標補間が必要である。桜井ほか (1997) によると、現在の地質解析ソフトなどの多くは、断層面以外でも地形が複雑な曲面を成すので、微妙な曲面形状の位置指定、変更などは自動化できず、使用者の判断が必要である。それは V.W.でも同様であった。また、V.W.は

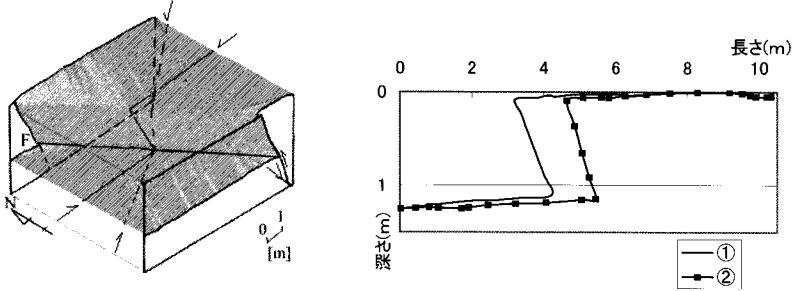


1)モデル A から復元した地形と断面図



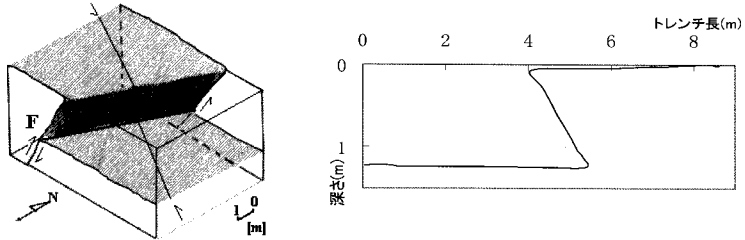
2)モデル B から復元した地形と断面図

①トレンチ幅 3m 地点 (実線) での断面図、②トレンチ幅 8m 地点 (破線) での断面図



3)モデル C から復元した地形と断面図

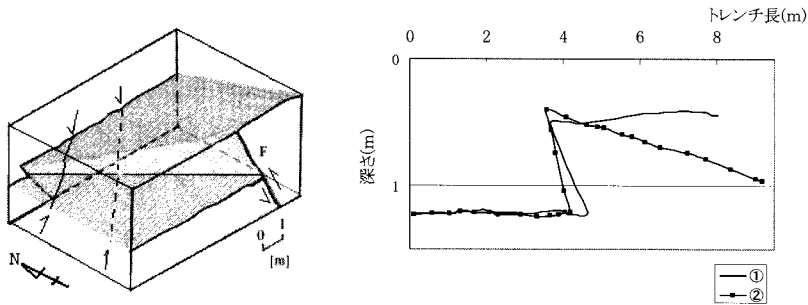
①トレンチに平行する断面図 (実線)、②断層に直交する断面図 (破線)



4)モデル D から復元した地形と断面図

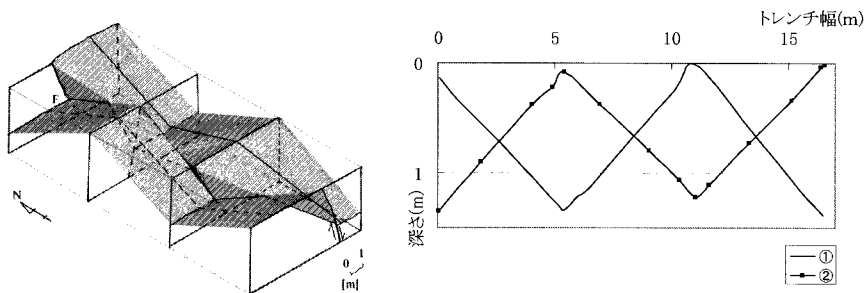
第 4-1 図 モデル A～F によるシュミレーション

図中の地形上の実線と破線は、断面図を作成した位置を示す。
シュミレーションに用いたモデル壁面は、太線で示した。



5)モデルEから復元した地形と断面図

①図上の実線で作成した断面、②図上の破線で作成した断面



6)モデルF,Gから復元した地形と断面図

① トレンチ東側地塊の断面 (実線)、②トレンチ西側地塊の断面 (破線)

第4-2図 モデルA~Fによるシュミレーション

図中の地形上の実線と破線は、断面図を作成した位置を示す。
シュミレーションに用いたモデル壁面は、太線で示した。

オートトレース機能に粗さが残り、地形作成においてもレイヤーの繋ぎ目が出ることもある。その場合はドロー系ソフトで繋ぎ目を処理せねばならない。

IV. 丹那断層子乃神地区の埋没断層変位地形

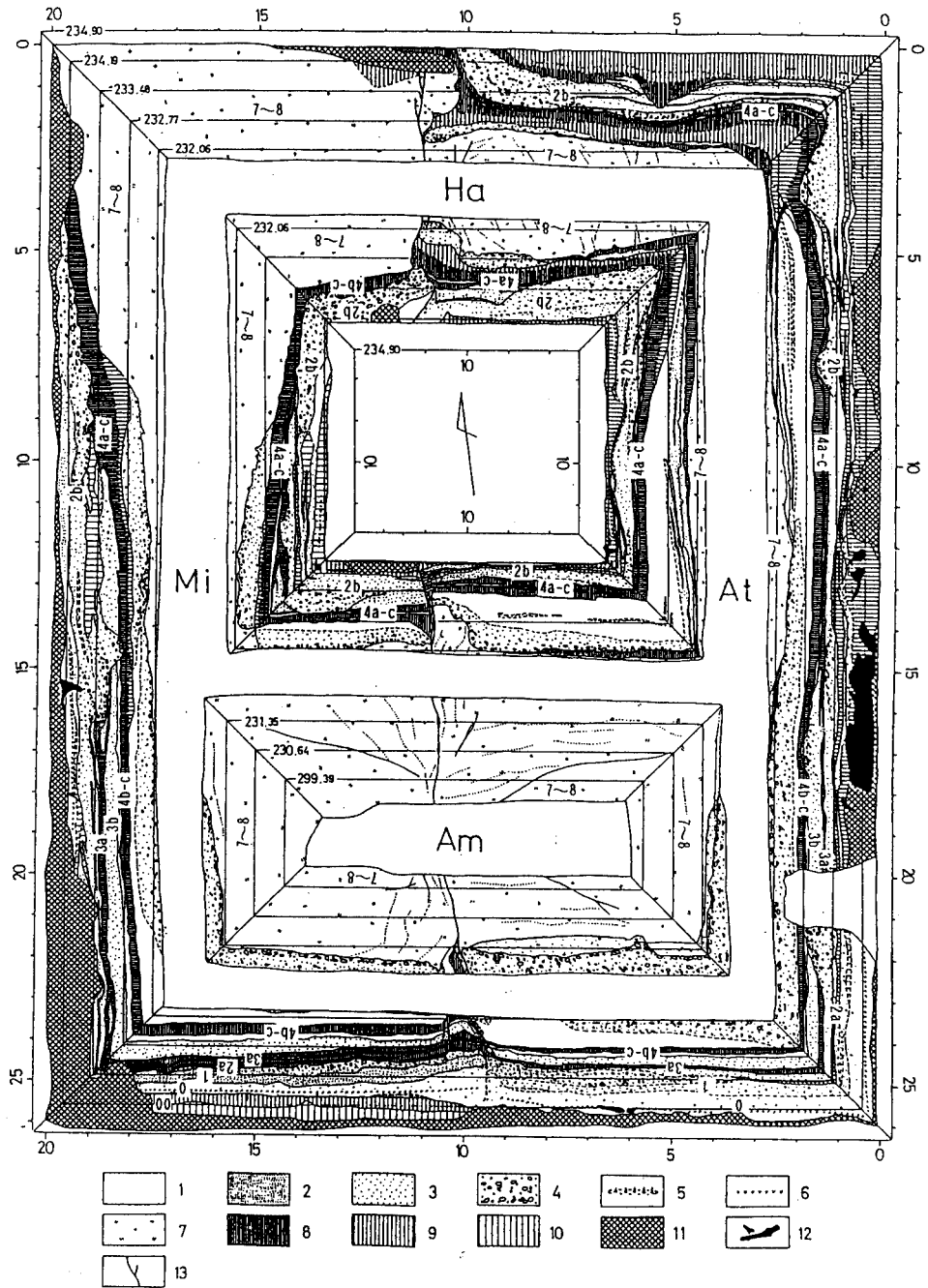
1. 資料と埋没地形復元方法

北伊豆断層系丹那断層は、1930年に発生した北伊豆地震(M7.3)で活動した左横ずれ活断層で、北伊豆地震では、丹那盆地で最

大3.5mの水平変位を観測した(松田、1972)。

子乃神地区では、活断層の三次元的構造の把握を狙ってHa、Am、Mi、Atの4本のトレンチを組み合わせた大型トレンチが掘削された。トレンチ全体の原点はHaトレンチ東端に置き、トレンチの中央部分には、HaとAmトレンチによる凹凸がある。本研究では、その壁面スケッチを合成した水平面投影図(第5図)を地形復元のための基礎資料とした。

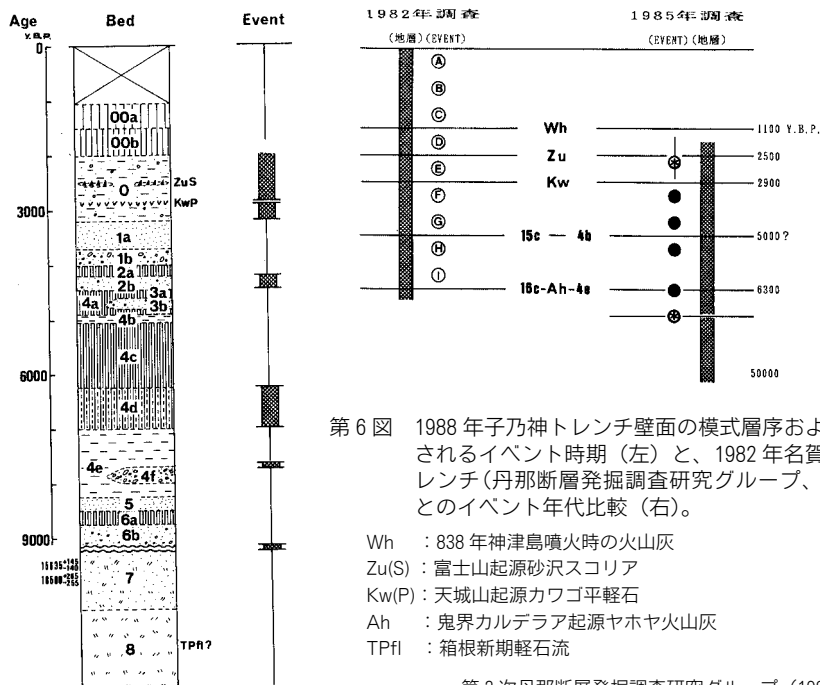
壁面からは、7層準で6回の断層活動が認定されている(第3次丹那断層発掘調査研究



第5図 トレンチ壁面の水平面投影図

1:シルト、2:砂、3:細～小礫、4:中～大礫、5:砂沢スコリア、6:カワゴ平軽石、
7:火砕流堆積物、8～10:腐植土、11:人工攪乱土、12:樹幹片、13:断層

第3次丹那断層発掘調査研究グループ(1988)より



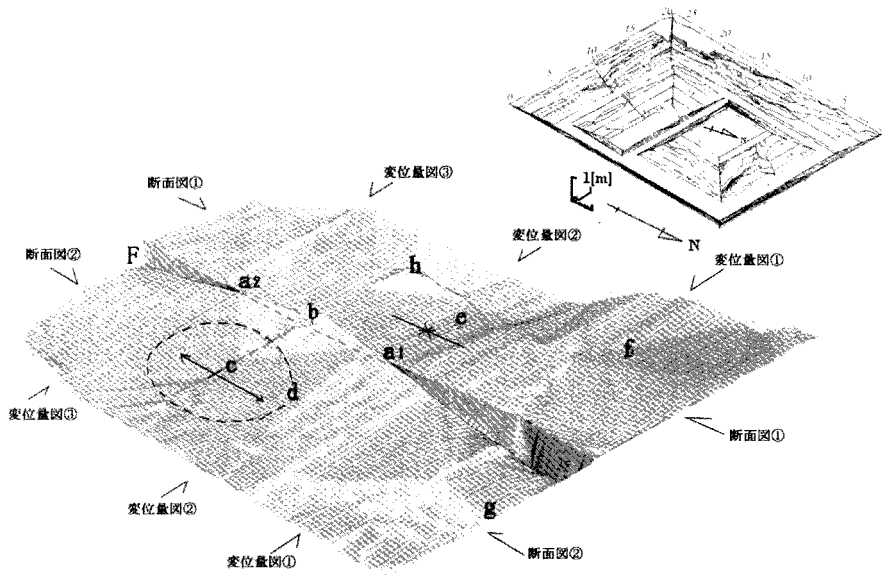
グループ、1988)。壁面に現れた各層準ごとの起伏を復元すれば、断層活動ごとの変位地形の発達過程が分かるはずであるが、本研究では出現した6層準のうち、連続性の良いイベントIVとVI層準の起伏を復元することにした。第3次丹那断層発掘調査研究グループ(1988)によれば、イベントIVの層準では、4d層堆積以降8回、イベントVIの層準では、7層堆積以降10回、それぞれ丹那断層による断層活動を経験していることになる(第6図)。

復元方法はII-2と同様であるが、既に述べているように復元する際に一つの位置座標に複数の高さの座標が存在してしまう場合が断層面や両側地塊で考えられたので、ここではより多くのレイヤーを用いて複雑な地形の復元を行った。また復元した起伏は断層崖が

良く見える方向で示した。第7図では北東方向、第10図では北西方向から起伏を望んでいることになる。

2. イベントVI層準からの起伏復元結果

第7図は、イベントVI層準から復元した起伏を北東方向からみたものである。Ha、Amトレンチ10~11m部分にこの大型トレンチを貫く低崖がみられる。崖の走向はほぼNSであるが、上下のくい違いは部分的に異なり、Atトレンチ10m付近(a1)までは東側低下、約10~16mでは西側低下、約16m(a2)以降は再び東側低下となる。これはイベントVI層準が、壁面スケッチ(第5図)のAmトレンチ南壁面で東側低下、同トレンチ北壁面で西側低下、Haトレンチ南壁面で再び東側低下になることと、Atトレンチ



第7図 トレンチ全景とイベントVI層準から復元した起伏（北東から望む）（箱根新期軽石流堆積以降、約50000年間で10回のイベントを経験）

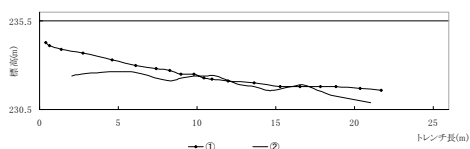
F：断層、図中a～hは本文参照。断面図①②、変位量図①～③：本文図7、8、12、13で得た断面の測線

5～10 m にみられる層準から復元されたものである（第5図）。Am トレンチ北壁面では、地層の搾り出し構造があり、bではそれが曖昧に表現されたと考えられる。

東側地塊では、全体的に At トレンチ約 12 m 地点に背斜軸をもち、EW 方向に高まりを形成する (c)。しかし、断面図 (第8図) にもみられるように背斜頂部には凹みを作っている (d)。西側地塊では、Mi トレンチ 13 m 付近 (第5図) に向斜軸を持ち、EW 方向に緩やかに撓む (e)。北側では、Mi トレンチ 0～8 m (第5図) にかけて急激に高度を増し、それを復元すると丘のような高まりになる (f)。東側地塊北端では、Ha トレンチ 9 m 付近 (第5図) を中心にした僅かな高まりと、その両延長が緩く傾き下がる様子が復元された (g)。第5図の Am トレンチ

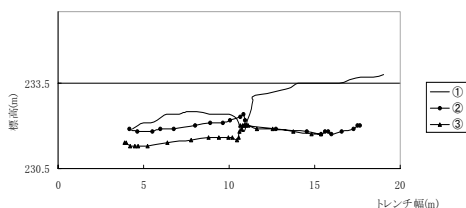
北壁面 15 m 付近と Mi トレンチ東壁面 15 m 付近の層準からは、突起状の高まりが表れた (h)。

イベント VI の層準は、本来水平に堆積したと考えられる 7 層準 (火砕流堆積物) が低崖を境にして断ち切られ、西側地塊では向斜、東側地塊では背斜とそれぞれ異なった起伏を示す。両側地塊の背斜、向斜は EW 方向に軸を持つので、NS 方向から応力が働いた可能性があり、この一連の地形は、NS 方向から応力を受けた横ずれ断層運動によって形成されたと考えられる。断面図 (第9図) から出した断層の上下変位量は、At トレンチ-Mi トレンチ 5 m 地点で 1.2 m の東側低下、同じく 10 m 地点で 0.4 m の西側低下、20 m 地点でも 0.4 m の東側低下だった。



第8図 イベントVI層準から復元した起伏の断面図

- ①西側地塊
(Ha トレンチ15m-Am トレンチ15m を通る断面)
- ②東側地塊
(Ha トレンチ5m-Am トレンチ5m を通る断面)



第9図 イベントVI層準から復元した起伏の上下変位量

- ①At トレンチ5m 地点、② At トレンチ10m-Mi トレンチ10m 地点、③At トレンチ15m-Mi トレンチ15m 地点、

3. イベントIV層準による起伏復元結果

第10図は、イベントIV層準による起伏を復元したものを、北西方向から見たものである。西側地塊は、Mi トレンチ約0~3.4m 部分で変位層準が存在しないので、起伏は復元できなかった。また、垂直比が小さいので、小起伏は良く表現されていない。

復元した起伏は、Ha トレンチ10m 付近から Am トレンチ10m 付近(第5図)へほぼNS 走行の低崖があり、その上下くい違いは常に西側低下であった。両地塊とも北部では、各トレンチの凸部で既知の座標点が多かったので、それに伴う小起伏が復元された(a、b)。

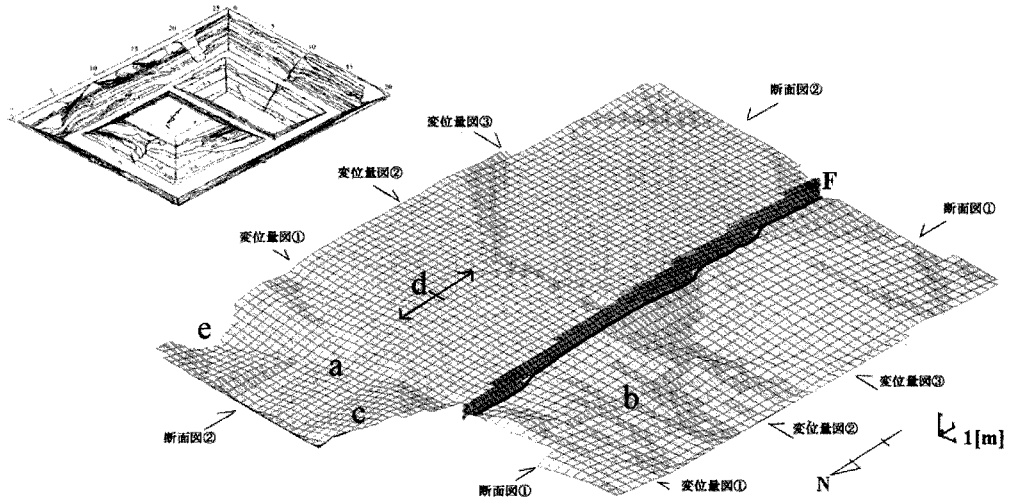
東側地塊では、壁面スケッチ(第5図)で Ha トレンチ南壁面4m 付近から断層にかけて高くなっている様子が表れている(c)。同

じく壁面スケッチより東側地塊では At トレンチ10m 付近で、層準がNS 方向へ緩やかに撓んでいるのがわかる。これも三次元的に見ると、この地点を背斜軸にして、EW 方向に背斜を形成している(d)。この背斜は、第10図では顕著ではないが、Ha トレンチ5m 地点での断面から確認できる(第11図)。西側地塊は、壁面スケッチからも Mi トレンチ10~25m 付近では層準がわずかに南へ傾いているのがわかる。しかし復元した地形からは、その傾きは殆ど判別できない。断面図では南方へ傾いていることが分かるが、褶曲は見られない(第11図)。また第5図の At トレンチ東側壁面2~4m では、イベントIV 層準が上位層に浸食されたと考えられる部分があり、その凹状の部分も表れた(e)

イベントIV層準は、復元した起伏からトレンチ中央部で直線的に断ち切れ、常に西側低下の低崖を形成している。この層準は、下位層による起伏を埋めて堆積しているので、本来ならば、このような崖は形成されないはずである。低崖の両側の地塊は、東側ではEW 方向に背斜軸を持ち、西側では南へ傾く。少なくとも東側地塊では、NS 方向から応力が働いていることが考えられ、低崖がNS 方向から応力を受けた横ずれ断層運動による変動地形である可能性が強い。断面図(第12図)から出した上下変位量は、At トレンチ-Mi トレンチ5m 地点で0.4m、同10m 地点で0.3m、同20m 地点で0.2m だった。

4. 両起伏の比較

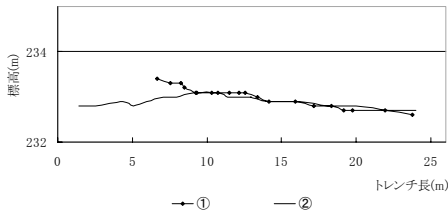
丹那断層子乃神地区トレンチ結果より復元したイベントVI層準とイベントIV層準の起伏を比較すると、両者とも東側地塊の At トレ



第 10 図 トレンチ全景とイベントIV層準から復元した起伏（北西から望む）
（アカホヤ火山灰降下期以降、約 6300 年間で 8 回のイベントを経験）

F:断層、図中の記号 a~e は、本文を参照。

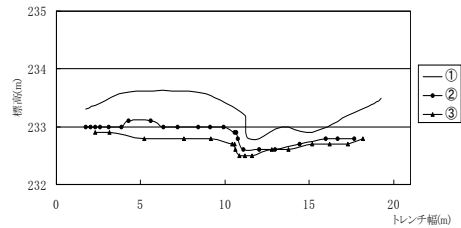
断面図①②、変位量図①~③：本文図 10~13 で得た断面の測線



第11図 イベントVI層準から復元した起伏の断面

- ①西側地塊
(Ha トレンチ 15m-Am トレンチ 15m を通る断面)
- ②東側地塊
(Ha トレンチ 5m-Am トレンチ 5m を通る断面)

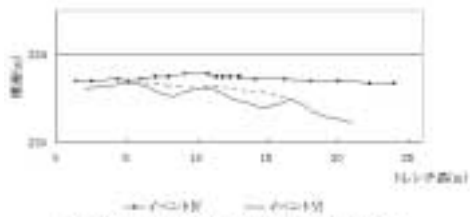
ンチ 10~12m 付近に EW 方向の背斜軸を持ち、背斜構造を形成し（第 13 図）、西側地塊でも地形は両者とも南へ傾く（第 14 図）という共通性がある。一方で両起伏は、同じ垂直比で復元したが、イベントVI層準によるものの方が、IV層準によるものよりも起伏が大きい。また、イベントIV層準は断層崖が常に西側低下であるが、VI層準からは断層崖の変位方向が部分的に異なることなど、両起伏に



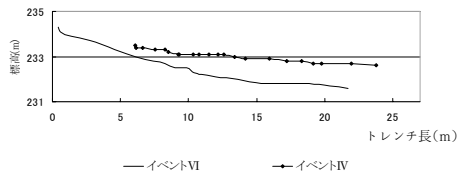
第 12 図 イベントVI層準から復元した起伏の上下変位量

- ①At トレンチ 5m 地点、
- ② At トレンチ 10m-Mi トレンチ 10m 地点、
- ③At トレンチ 15m-Mi トレンチ 15m 地点

は共通しない部分もあった。これらは、より多くのイベントを経験するイベントVI層準による起伏の方が、イベントIV層準による起伏よりも変位を累積しているためであると考えられる。つまりイベントVI層準からは少なくとも 10 回、イベントIV層準では 8 回（第 5 図）のイベントを経験した地形であり、このイベント経験回数の差が、両者の起伏の差に繋がっていると考えられる。



第 13 図 イベント VI 層準の起伏とイベント VI の起伏の東側地塊断面
破線は浸食前の地形面 (推定)



第 14 図 イベント VI 層準とイベント IV 層準から復元した起伏の西側地塊断面図

IV. 有効性と意義

本研究は、トレンチ壁面より地下に埋没した変位地形の復元を試みた。通常、地下に埋没した地形は人の目に触れられることは無く、さらにトレンチ調査では、その掘削した部分の地形・地質情報が永久に失われてしまう。本研究は、失われた埋没地形の復元を行なうことができ、さらに任意の測線で断面を得ることができるので、第 9 図、第 12 図のように研究者の必要に応じた部分で上下くい違い量が把握できる。

また、トレンチ壁面から復元されるのは、変位の累積した地形であり、それらを分解してイベント 1 回ごとの地形が復元できれば、壁面から読み取れない新しいイベントの発見や、横ずれ量を解明できる可能性がある。また、ある地域における断層運動の定量化や、断層地形発達史を説く鍵にもなる。それらの事柄について、本研究は有効である。

IV. まとめ

本研究は地下に埋没した断層変位地形を、活断層トレンチ調査壁面をもとに 3D-CAD を使用して復元することを目的とした。断層変位地形は、3D-CAD で比較的容易に復元でき、埋没した断層変位地形からは、従来の壁面の解釈では不可能であった断面形態や変位量が求められた。

III-3 でも述べたが、地形は複雑な曲面の組み合わせなので滑らかさに欠ける部分もあり、復元する際には使用者による座標の補間や位置変更をしなければならない。また、この研究はトレンチ調査において、活動履歴が精度良く見分けられていることが前提である。それにはトレンチ掘削地点の選定を慎重に行なうなど、調査の方法を見直す必要もある。

丹那断層子乃神地区トレンチ結果で復元した地形は、トレンチ壁面から解釈されたイベント層準による起伏なので、イベント直後の地形ではない。壁面からイベント時の地形断面を読み取り、イベント直後の地形を復元すること、そしてその地形をさらにイベント 1 回ごとの地形へと分解していくことが今後の課題である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、東郷正美先生 (法政大学社会学部教授) に御指導、御助言をいただきました。また先生には、Macintosh と CAD ソフトの使用の便宜も図っていただきました。ここに記し、深く感謝いたします。

参考文献

- 岡谷断層発掘調査グループ (1988) : 1983 年糸静線活断層系 (岡谷地区中島 A 遺跡地) トレンチ調査, 活断層研究, 5, 3-10.
- 垣見俊弘 (1995) : 古地震研究の歩み—古地震から大地震の再来を予測する, 太田陽子, 島崎邦彦編「古地震を探る」, 古今書院, 3-26.
- 活断層研究会編 (1980) : 日本の活断層—分布図と資料—, 東京大学出版会, 363 p.
- 桜井英行, 難波治之, 遠藤高志, 古宇田亮一, 河野愛 (1997) : 地質構造の三次元モデリングと可視化, 計算工学講演会論文集, Vol 2, 503-507.
- 杉村新 (1963) : 柳が瀬断層, 第四紀研究, 2, 220-231.
- Sugimura, A and Matsuda, T (1965) : Atera fault and its displacement vectors. Geological Society of America bulletin, 76, 509-522.
- 第3次丹那断層発掘調査研究グループ (1988) : 1985 年丹那断層 (丹那・子乃神地区) トレンチ調査, 活断層研究, 5, 42-49.
- 丹那断層発掘調査研究グループ (1983) : 丹那断層 (北伊豆・名賀地区) の発掘調査, 東京大学地震研究所彙報, 58, 797-830.
- 堤浩之・岡田篤正・中田高・安藤雅孝 (1992) : 中央構造線岡村断層の地表付近の構造と完新世の活動—1988 年春季西条地区トレンチ発掘調査—, 地質学論集, 40, 113-127.
- Diehl Graphsoft Inc. MD.USA/A&A CO., LTD.Tokyo Japan (1999) : Vector Works 8 J Users Guide, エーアンドエー株式会社, 636.
- 電源開発(株)建設部設計室 (地質班) (1986) : CAD による 3 次元地質モデル, 応用地質, 27, 21-27.
- 松田時彦 (1966) : 跡津川断層の横ずれ変位, 東京大学地震研究所彙報, 44, 1179-1212.
- 松田時彦・岡田篤正 (1968) : 活断層, 第四紀研究, 7, 188-199.
- 松田時彦 (1972) : 1930 年の北伊豆地震の地震断層, 星野通平, 青木斌編「伊豆半島」, 東海大学出版, 73-83.
- 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第 2 輯, 28, 269-283.