



活断層トレンチにおける 透過X線を用いた断層面の観察手法

佐藤比呂志* 奥村晃史** 石丸恒存***

X-radiography of faults in the trenching study of active faults

Hiroshi SATO*, Koji OKUMURA** and Koson ISHIMARU***

Abstract

To determine paleoseismic events from trench walls of active faults, precise observation of displaced horizon by fault are very important. However, fault traces in humic soil and peat are sometimes very difficult to detect. X-radiography was used to identify the fault plane in the samples from the Kamishiro trench across the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line.

The fault which is hardly identified on the eyes was successfully identified by X-radiography. We described the detailed sampling method and condition of X-radiography. X-radiography is useful tool for the precise determination of paleoseismic event form trench walls.

はじめに

一般に活断層のトレンチ調査の主要な目的は、過去の地震の記録をトレンチ壁面から読みとることである。トレンチ壁面から古地震イベントを認定するためには、断層によって変位・変形を被っている地層と断層活動の後に堆積した地層を正確に認定する必要がある。とくに、断層の上端部 (upper termination) において、断層に沿う変位が連続的に解消されるのか、あるいはある層準で不連続的に解消するのかが古地震イベントを認定する上で重要な問題である。しかし、泥層とくに腐植質泥層やピート中では砂・礫層で明瞭に識別される断層のトレースが肉眼では不明瞭になることはよく知られている (千屋断層研究グループ, 1986; Tsutsumi et al., 1991; Lindvall and Rockwell, 1995)。断層が無層理の泥層や土壤中で消滅する場合には肉眼のみで断層面に沿う変位量が連続的に消滅するか、不連続的に消滅するかを区別することはほとんど困難である。したがって、トレンチ壁面からの古地震イベント読みとりの高精度化のためには、肉眼で断層を識別しにくい地層中でも断層を識別できる方法の検討が必要になる。

透過線による堆積構造の観察は60年代から行われ (Hamblin, 1962)、堆積学においては標準的な手法の一つとして定着している (碎屑性堆積物研究会編, 1983)。とくに海洋底掘削計画などで、透過線を用いた堆積層の観察は、その堆積構造を研究する手段として標準的に利用している (例えば Pickering et al., 1986)。しかしながら、トレンチ壁面の観察においてはこれまで、透過線を用いた観察方法はほとんど活用されてこなかった。

本研究では堆積学で標準的に用いられている透過線による観察方法を活断層のトレンチ壁面から採取した泥層中の断層試料に応用し、その方法の有効性について検討を行った。その結果、肉眼では断層を認識できない泥層中でも透過線を用いた観察方法では断層を識別できることが判明した。本論文では透過線による泥層中の断層面の観察方法と観察結果について述べる。

試料採取方法

一般に透過線の撮影装置は、4つ切りサイズのフィルムに対応した大きさ (30cm × 25cm) の試料の撮影が可能である。しかし、大きい地層試料の取り出しには技術的

*東京大学地震研究所

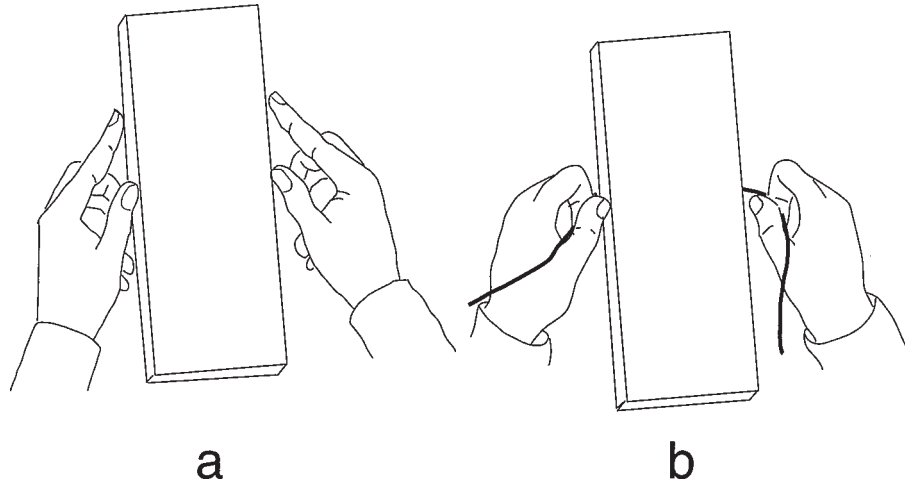
**地質調査所環境地質部

***動力炉核燃料事業団東濃地科学センター

*Earthquake Research Institute, University of Tokyo

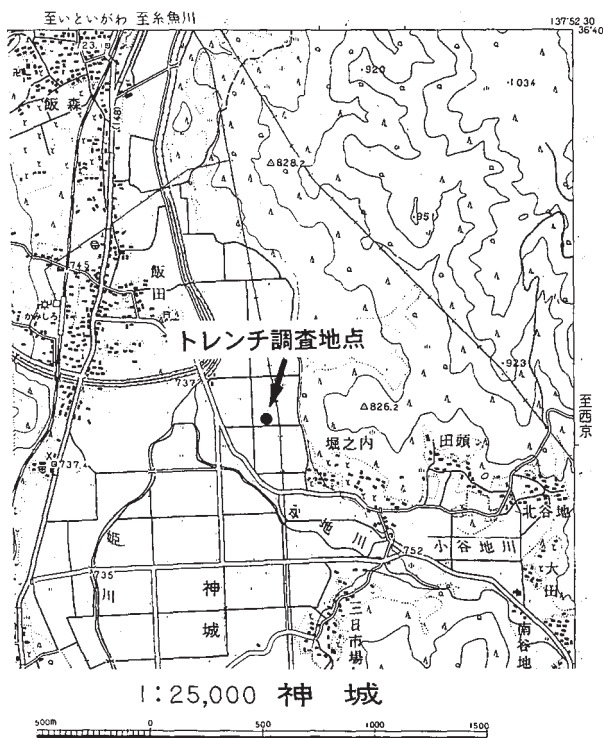
**Geological Survey Japan

***Tono Geoscience Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation



第1図 透過線用試料の採取方法

- (a) 露頭面を平坦に整形後、プラスチックケースをケース底面に地層が密着するまで挿入する。
 (b) ケース回りの地層を除去した後、スチール弦などにより、ケース内の地層を露頭から切り出す。



第2図 トレンチ位置図

国土地理院発行 2万5千分の1地形図「神城」を使用

な困難を伴う可能性があったため、ここでは206mm×76mmの大きさの試料について検討を行った。地層の取り出しには、前述した206mm×76mmで高さ約1cmの、透明なプラスチックケースの蓋を使用した。このケースには、空気抜けのためあらかじめ径1mm程度の孔をケースの上面にあけた。

試料の取り出しの手順を以下に示す。

- (1) 取り出したい地層面の表面を、鎌などを用いて平滑な面に整形する。
- (2) ふた状の透明なプラスチックケースを目的の地層に押しつけ、地層試料を均等にケースに入れる(第1図a)。この際に必要があればクリノメーターを用いて、プラスチックケースの表面の走向・傾斜を側定し、定方位試料とする。
- (3) ケース回りの地層を除去した後、ケースの上面をスチール弦・ピアノ線等でなぞり、ケース内にある地層を露頭から切り放す(第1図b)。この際、均等な厚さで試料を採取するように留意する。不均等な厚さの試料では線写真に濃淡が生じる。礫を含む場合は、礫の回転によって泥・土壌層を攪拌させないように留意して、厚い試料をとり出し、後に室内で切り取る。
- (4) 取り出した試料は、サンプル名などを記載してのち、試料が乾燥しないように密封して保存する。試料の取り扱いを容易にするためには、透明な下敷きをケースの大きさに合わせて切り取り、接合部をビニールテープにより接着させ密封する。(今回はたんにサンプル袋に入れてビニールテープで密封した。)

試料採取に必要な器具

プラスチックケース：試料採取の項で述べたように、目的の条件を満たしたものであればよい。ここでは高野理科硝子製のプラスチックケース(角型ケースno.6)の上蓋を使用した^{注)}。

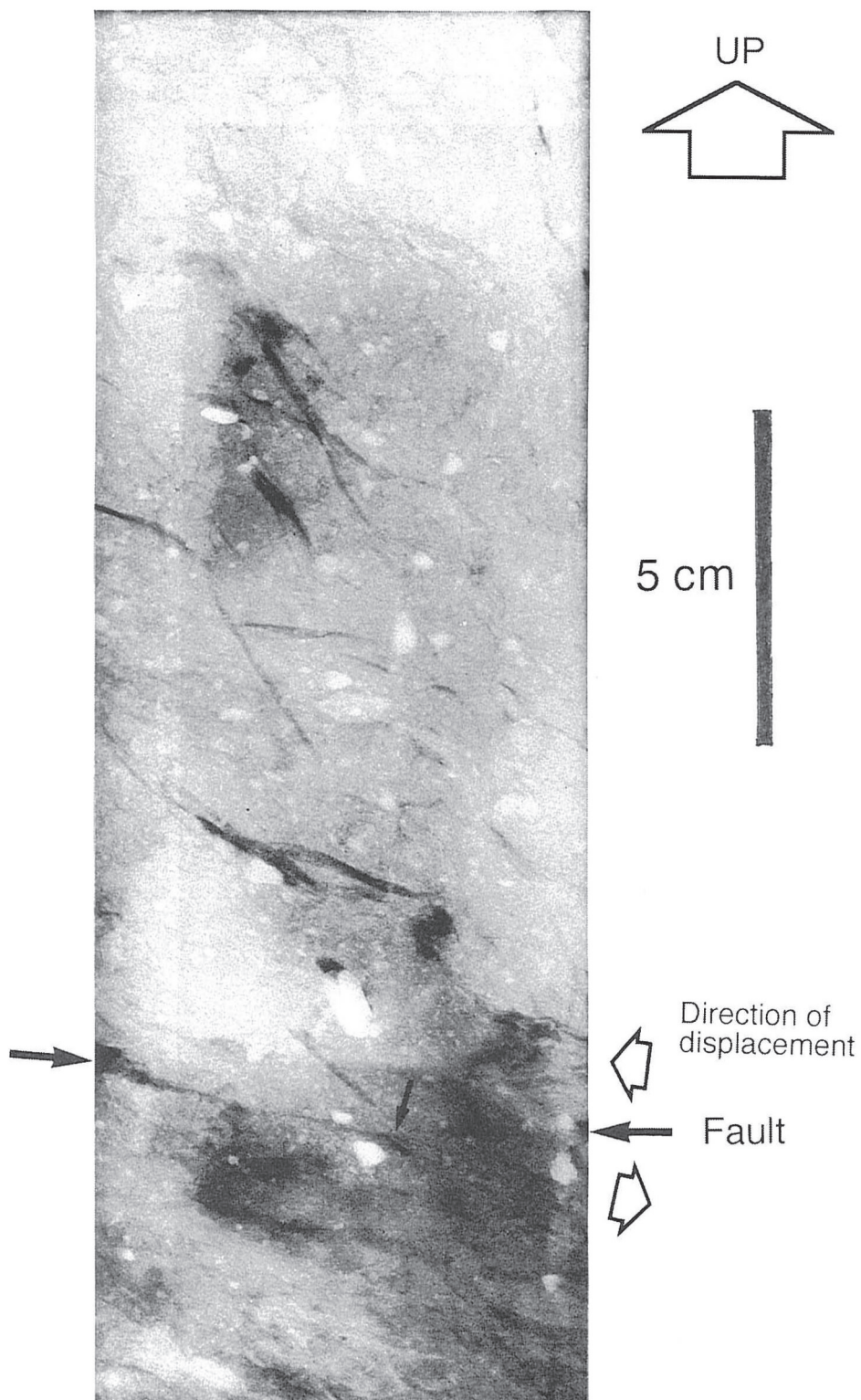
注)「福野理科硝子(03-3252-2641)ではばら売りにも応じている(価格330円)。



第3図 神城トレンチ北壁面で採取した低角逆断層の透過線写真（試料A）



第4図 神城トレンチ南壁面で採取した低角逆断層の透過線写真（試料B）



第5図 神城トレンチ北壁面で採取した低角逆断層の透過線写真（試料C）

スチール弦・ピアノ線：柔らかい素材の金属線が、張力を加えたとき直線性を保ちやすいのでより適切である。曲がった針金のように形状が直線になりにくい素材では、切り取る試料の厚さが不均一になり、透過線映像に試料

の厚さの差による濃淡が生じる。

撮影方法

透過線の撮影には透過線撮影装置ソフテックスを用いた。

- (1) 試料の大きさに応じた透過線用のフィルム (Fuji γ -ray film, for soft γ -ray FR) と試料をセットする。試料はケース底面のプラスチックの面を下に向けて置く。照射距離・電圧・電流は一定とし、照射時間を変えて撮影する。
- (2) 線フィルムを取り出し、現像・定着を行い、得られた画像をチェックし、もっとも適当な画像がえられるまで照射時間を変えて同様な処理を繰り返す。

撮影結果

1995年11月に地質調査所によって掘削された糸魚川静岡構造線活断層系・神城断層トレンチ(白馬村神城地区; 第2図)の壁面から、前述した方法で試料を採取し、透過線を用いた撮影を行った。線の照射距離は約50cm、電圧は30kVp、電流は5mAである。照射時間は1~2分の間で変化させた。

試料Aはトレンチ北壁面の礫まじり腐植質泥層と褐色泥層を隔てるほぼ水平な逆断層近傍から採取した。また、試料Bはトレンチ南壁面の泥層中の断層から試料を採取した。試料Cは試料Aを横切る断層の西方推定延長部から採取したもので、この部分では無層理の腐植質泥層からなり、トレンチ壁面において肉眼で断層の位置を認定することは困難であった。

得られた結果を第3・4・5図に示す。試料A、Cについては線の照射時間は1分間、試料Bは2分間である。これらは、いずれもポジティブ画像である。つまり、線を通しにくい(密度の高い)部分は白く、線を通し易い部分は黒く表現される。

第3図の透過線写真では、試料中央部に位置する断層が筋状に識別される。主断層は図中に矢印で示した部分であるが、この他にも断層の下盤側の礫質泥層にもこれと平行するいくつかの断層が筋状に存在することが分かる。写真右下の黒色の部分は、試料の厚さの不均質によって生じたものである。

第4図の写真も第3図と同様に肉眼で識別可能な断層近傍から採取した試料の透過線写真である。試料中央部の断層の下盤側は礫質の泥層であり、礫は白色に映っている。上盤は腐植質の黒色泥層であり、肉眼では識別できないが透過線写真では成層構造が見られる。この泥層は断層に沿って引きずり変形を被り、断層の運動方向に調和的

に変形している様子が観察される。

第5図の写真は、第3・4図とは異なり肉眼では断層を識別できない腐植質黒色泥層の写真である。写真で両端が細くなった黒色の紐状のものが見えるが、これは腐植質泥層内の植物片である。また、肉眼では塊状に見える泥層中にも弱い成層構造が発達していることが読みとれる。写真下部では、成層構造や植物片を断ち切るように、黒色の筋が観察される。トレンチ壁面の地質から判断して、採取した試料内を断層が通過することは確実であり、この成層構造を断ち切る不連続線が断層であると判断される。上盤側の地層は植物片の並びで表現されているように、第4図に示した試料と同様に、断層の変位と調和的な引きずり変形を被っている。

まとめ

神城トレンチの例からも明らかのように、透過線による観察は肉眼では無構造に見える泥層中での断層の位置や、泥層の内部構造について有用な情報を提供する。とくに断層の上端部がこうした泥層中にある場合、活断層によって変形を被った層準を識別する際に、極めて有効な手法となろう。

謝辞

高知大学理学部 岡村 眞教授には、ピストンコア試料からの透過線試料の採取方法についてご教示いただいた。国立科学博物館動物研究部 篠原現人研究員には、透過線の撮影装置を提供していただくと共に、撮影方法全般についてご指導いただいた。同国立科学博物館齊藤靖二博士・千葉とき子博士には、試料の採取方法を含めご助言いただいた。高知大学理学部 堤 浩之博士には、文献を御教示いただいた。以上の方々に感謝いたします。なお、本研究の一部には地震予知事業費(古地震)を使用した。

文献

- Hamblin, W. K., 1962, X-radiography in the study of structures in homogenous sandstones. *J. Sed. Petrol.*, **32**, 201-210.
- Lindvall, S. C., and Rockwell, T. K., 1995, Holocene activity of the Rose Canyon fault zone in San Diego, California. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 24121-24132.
- 碎屑性堆積物研究会編, 1983, 堆積物の研究法, 地学双書 24, 地学団体研究会, 378p.
- 千屋断層研究グループ, 1986, 千屋断層(秋田県)の完新世の活動と断層先端部の形態—千畑町小森での発掘調査. 地震研究所彙報, **61**, 339-402
- Pickering, K. T., J. Coleman, M. Cremer, L. Dronz, B. Kohl,

W. Normark, S. O'Connell, D. Staw and A. Meyer-Wright
1986, A high sinuosity, laterally migrating submarine fan
channel-levee-overbank: results from DSDP Leg 96 on the
Mississippi Fan, Gulf of Mexico. *Marine Petroleum Geology*,
3, 3-18 .

Tsutsumi, H., Okada, A., Nakata, T., Ando, M., and Tsukuda,

T., 1991, Timing and displacement of Holocene faulting on
the Median Tectonic Line in central Shikoku, southwest
Japan. *J. Structural Geology*, 13, 227-233 .

(1996年9月10日受付)

(1996年9月28日受理)

キーワード

透過X線, トレンチ調査, 活断層, 断層面, 神城断層

Key words : X-radiography, trenching survey, active fault, fault plane, Kamishiro fault