

2004 年新潟県中越地震の地表地震断層

鈴木 康弘* 渡辺 満久** 廣内 大助***

Surface Earthquake Fault of the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

Yasuhiro SUZUKI*, Mitsuhsa WATANABE** and Daisuke HIROUCHI***

Abstract

The surface faults of the Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004 appeared along pre-existing active fault traces (lines) of the Obirou fault, as well as the northern part of the western marginal fault of the Muikamachi basin. The vertical displacement of surface faults are within 30 cm, and the three areas with distinct faults can be summarized as follows. At Obirou, in Hirokami village (Uonuma city), the road surface is vertically displaced by approximately 30 cm just along the active fault line, and the waterways located on the fault line are compressed and broken. At Shitakura, in the Horinouchi town (Uonuma city), the surfaces of both the highway and the old road are cracked and vertically displaced by approximately 20 cm. At Aoshima, in Koide town (Uonuma city), the surface faults clearly extend over 500 m in length. Paddy fields, gardens, waterways, roads, and houses are vertically displaced by approximately 20 cm. The facts mentioned above indicate that the Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004 (probably the main shock) was caused by the rejuvenation of these active faults.

Key words: The Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004, active fault, surface earthquake fault

キーワード: 2004 年新潟県中越地震, 活断層, 地表地震断層

I. はじめに

—2004 年新潟県中越地震と活断層—

2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は、魚沼丘陵下の深度 13 km (暫定値) に震源を持ち、17 時 56 分に発生した本震のマグニチュード (M) は 6.8 であった。その後も M 6.3 (同日 18 時 3 分)、

M 6.0 (同日 18 時 11 分)、 M 6.5 (同日 18 時 34 分)、 M 6.1 (10 月 27 日 10 時 40 分) 等、比較的規模の大きな余震が続いた。本震の M 6.8 は、経験的に地表地震断層が出現するかしないかの閾値に近い規模であるため、早急に出現の有無を確認する必要が生じた。

地震発生地域付近の魚沼丘陵の東西両縁には、

* 名古屋大学大学院環境学研究科

** 東洋大学社会学部

*** 愛知工業大学工学研究科

* Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

** Faculty of Sociology, Toyo University

*** Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology

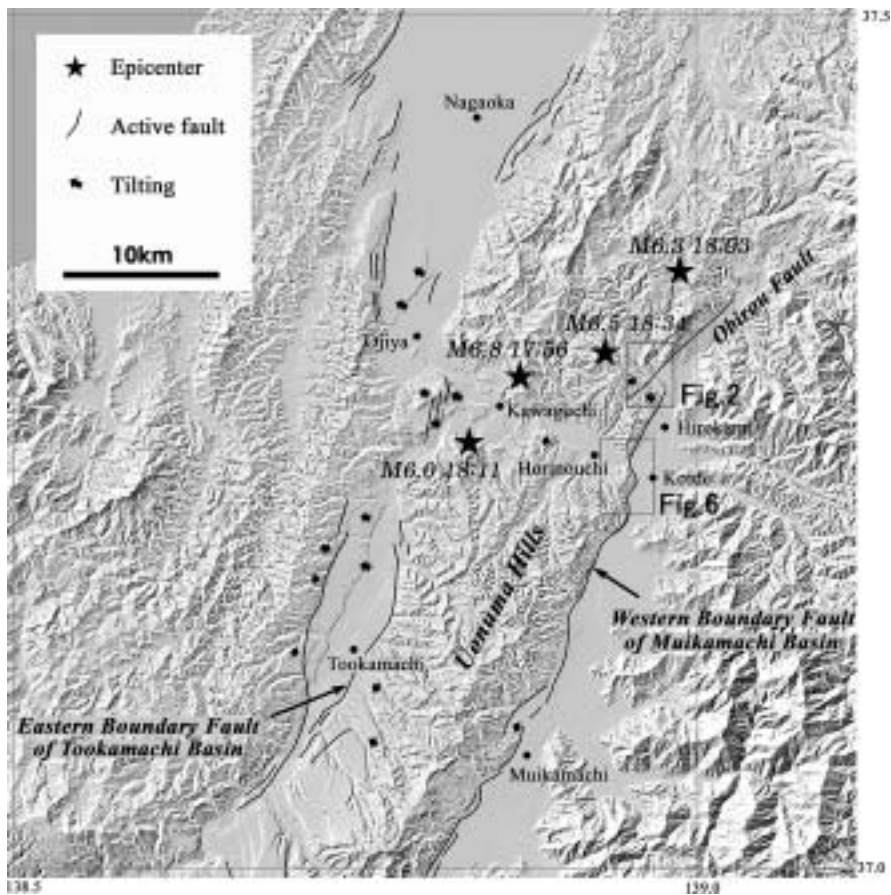


図 1 中越地域周辺の活断層と 2004 年 10 月 23 日の震央分布 ($M \geq 6.0$ 以上)。

Fig. 1 Active faults in the Mid Niigata region and epicenters of the earthquakes ($M \geq 6.0$) occurred on 23th October in 2004.

活断層が複数並走している。しかし、これらの活断層は、鈴木ほか (2001), 渡辺ほか (2001), 太田ほか (1997, 1998), 太田 (1998), 田中 (2000), 金 (2001), 太田・鈴木 (2002) らの研究によって、90 年代後半以降に認定されたため、地震観測諸機関が通常用いていた活断層分布図には描かれていないことが多い。このため地震発生直後、「未知の活断層が起こした」のではないかという意見も聞かれ、混乱が生じた。余震分布や地殻変動のデータ解析の結果、震源断層面は西側傾斜であるとされたため、魚沼丘陵東縁の六日町盆地西縁断層と小平尾断層が震源であった可能性が想定さ

れた (図 1)。

魚沼丘陵東縁の活断層としては、1991 年刊行の『[新編] 日本の活断層』(活断層研究会, 1991) では長さ 8 km の石打断層しか認定されていなかった。このため本地域の活断層は、地震調査研究推進本部の 98 断層の選定からも漏れていた。しかし、2001 年国土地理院刊行の都市圏活断層図「十日町」(鈴木ほか, 2001), 「小千谷」(渡辺ほか, 2001) 図幅には活断層線が明記され、六日町盆地西縁断層と小平尾断層が命名された。それぞれ断層の長さは、これらの図幅の範囲に収まらないために確定していないが、六日町盆地西縁断層: 34

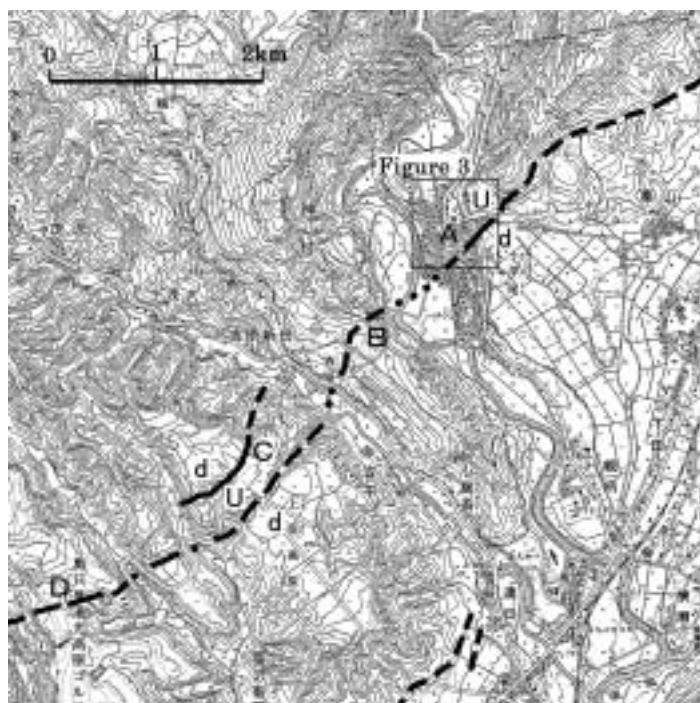


図 2 小平尾断層の位置図。
太線は活断層線，U は隆起側，d は沈降側を示す。A ～ D は地点記号
(本文参照)。(国土地理院「数値地図 25,000」に加筆)

Fig. 2 Locality map of Obirou Fault.

km 以上，小平尾断層：6 km 以上である。また，両断層は 1 km 程度に近接し，雁行配列をしているため，深部では一連の活断層である可能性が高い。

2004 年新潟県中越地震による一連の地震活動について，余震観測結果から，本震と余震とでは震源断層の位置が異なる可能性も指摘され，複雑な様相が見えている。M 6.8 の本震（もしくは M 6.5 の余震の震源断層）を特定する意味で，地表地震断層の性状を確認することは重要な意義がある。

II. 地震断層の記載

1) 小平尾断層

小平尾断層は，北魚沼郡守門村・広神村（現魚沼市）内を北北東-南南西方向にのび魚沼丘陵と平野部とを境している（図 2）。都市圏活断層図「小千谷」の図幅は東経 139 度より西であるが，この

図の範囲だけで延長は 6 km である。東経 139 度より東側でさらに 5 ～ 6 km 延長する可能性がある。

広神村（現魚沼市）小平尾（図 3）の小平尾断層を横切る 2 本の道路上およびそれらの周辺において，2004 年新潟県中越地震に伴う地表変形が確認される（写真 1）。ここでは北東-南西方向にのびる活断層（小平尾断層）線上において，これとほぼ直交する方向に走る国道 352 号線およびその西方 100 m に位置する道路面が撓曲しており，その上下変位量は約 30 cm である（図 4，口絵 1-写真 1）。断層の隆起側では路面に複数の引張亀裂が見られ，縁石には隙間が数多く見られる（図 4a）。このような亀裂・隙間は，低下側には見られず，地震時に逆断層の上盤側で上に凸型の変形をしたことによって生じたものと考えられる。このことは，図 4a に見られる上下変位が，道路造成時の切

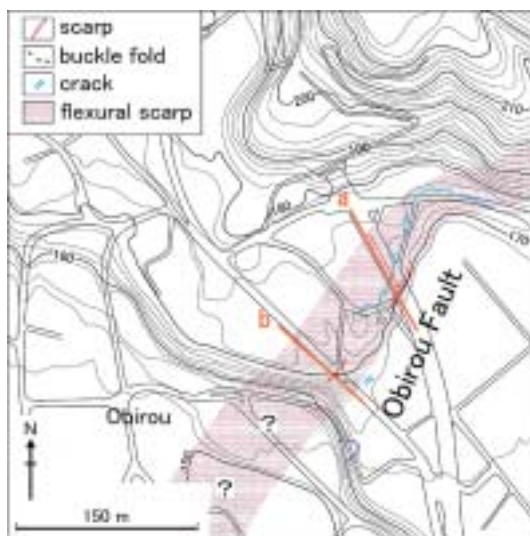


図 3 小平尾地区における断層運動に伴う地変。
a, b は図 4 の測線位置。2,500 分の 1 広神村地形図
を使用。a, b 測線の中間の正方形の位置に破壊した
排水路（図 5）がある。

Fig. 3 Surface deformation associated with the
Mid Niigata prefecture earthquake in
2004 at Obirou.



写真 1 小平尾断層による国道 352 号線の変位。

Photo 1 Surface deformation on the road at
Obirou along the Obirou fault.

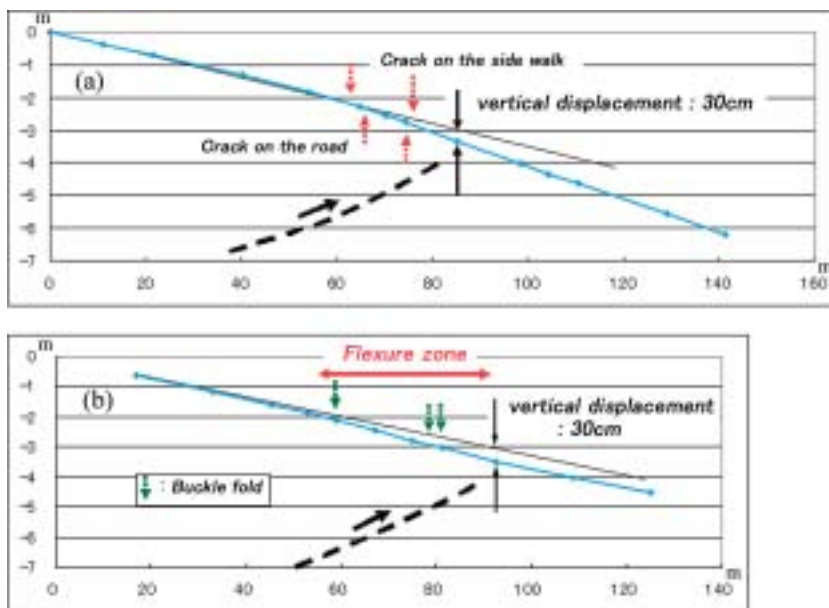


図 4 小平尾断層による道路の撓曲変形。（小平尾地区：測線位置は図 3 に示した）
a：国道 352 号線上，b：その西方 100 m の旧道上。
青線が地震後の実測断面。黒線は撓曲が生じる前の推定断面。

Fig. 4 Cross-sections showing surface deformation caused by faulting at Obirou along the Obirou fault.



写真 2 小平尾断層の撓曲崖と、断層運動により破壊された排水路。

Photo 2 Flexure scarp and a broken water way along the Obirou Fault.

土・盛土境界で生じた二次的な動きではなかったことを示している。また、断層の沈下側が全域にわたって一定量、相対的に沈下していることから、地滑りのような局地的な地盤変状である可能性は否定される。

撓曲崖に沿って、排水弁の明瞭な破壊が認められる（写真 2、図 5）。この排水弁は北西-南東方向に圧された結果、破線で示す基底部に対して、実線で描かれた上部構造が南東方向に押し出され、一部破壊している。この付近の撓曲崖の走向は北東-南西方向であることから、水平短縮の向きは撓曲崖と直交しており、撓曲崖基部において逆断層運動に伴う水平短縮が生じたことを示している。

西方の路面上にも同様な撓曲変形が確認される（図 4b）。路上では複数個所に、短縮変形に伴う路面の局地的な盛り上がりが生じている（写真 3）。このような水平短縮は、小平尾断層の逆断層運動に伴う水平短縮の影響で生じたものと解釈される。なお、斜面の上方に顕著な開口亀裂はなく、表層が地滑りを起こした形跡は全くない。

現地での聞き取り調査によれば、これらの異常は「地震発生時」に現れたものである。ただし、本震・余震のいずれで現れたのかについては判然としない。

小平尾断層沿いで確実に断層変位を認定できる

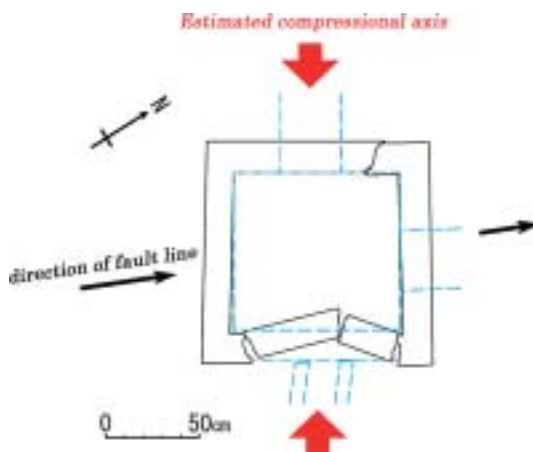


図 5 撓曲崖上にある破壊した排水路。位置は図 3 および写真 2 参照。破壊パターンから断層崖と直交する方向の水平圧縮が推定された。

Fig. 5 A Broken waterway on the flexure scarp.

場所は、上述の図 2 の A 地点のみであるが、断層変位の可能性を示唆する（否定しない）以下の現象が各地点ごとに確認される。

B 地点では、和田川に面する斜面に大規模な斜面崩壊が生じ、小平尾断層を横切る地点では道路路面が、断層線に直交する方向に波打っている。確実な地震時変形を認めることはできないものの、



写真 3 路上の座屈変形（小平尾断層）.

Photo 3 Buckle fold on the road at Obirou.

断層変位がここで起きていた可能性がある。

C 地点では、南東側落ちの主断層沿いにおいて、道路面に開口亀裂が比較的大規模に生じている。重力性の地滑りを併発しているために、断層変位だけを分離することは難しいが、被害の集中度から見て断層変位が起きている可能性は否定できない。また、200 m 北西側に位置する北西落ちの副次断層の断層線に沿っては、地面に小規模な開口亀裂が認められた。

D 地点では、ゴルフ場へ上がる道路が、まさに断層通過地点において複数地点で大規模に崩壊している。

一方、A 地点より北方は大規模な地滑りブロックの中に入るため、地割れや地滑りが多数発生しており、断層変位を検出することは困難である。ただ、守門村須原付近では断層の推定通過地点付近に地割れが多数見出され、須原川南岸では、断層より西側の土地が断層線に向かってわずかに傾斜を急にしている部分もあった。

このように、地表地震断層が断層の全長にわたって連続的に確認されるわけではないが、逆に変位を否定する地点もなかった。小平尾における撓曲変形は、断層運動によるものとしてしか解釈することができない。一部の地域でも、このように断層運動を強く示唆する現象が見つかった事実は重く、小平尾断層が今回の地震時に活動したことの証拠を提示していると判断できる。

2) 六日町盆地西縁断層

六日町盆地西縁断層沿いで地表地震断層が確認

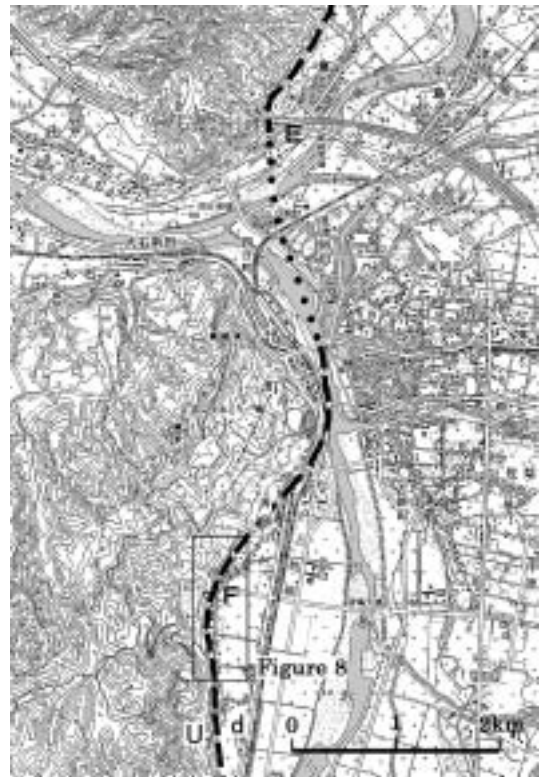


図 6 六日町盆地西縁断層北部の位置図.

太線は活断層線、U は隆起側、d は沈降側を示す。E、F は地点記号（本文参照）。(国土地理院「数値地図 25,000」に加筆)

Fig. 6 Locality map of the northern part of the western boundary fault of Muikamachi basin.

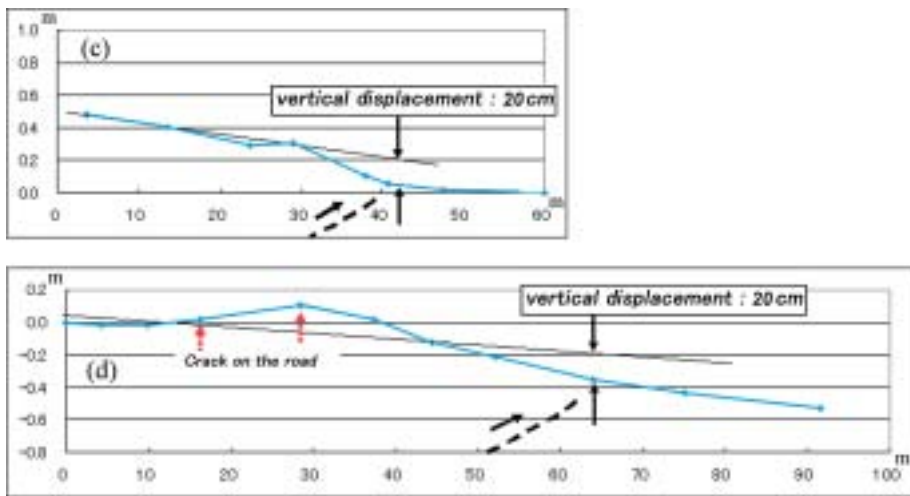


図 7 六日町盆地西縁断層による道路の撓曲変形。(堀之内町(現魚沼市))
c: 関越自動車道上, d: その西方 700m の道路上. 青線が地震後の実測断面. 黒線は撓曲が生じる前の推定断面.

Fig. 7 Cross-sections showing surface deformation caused by faulting at Horinouchi along the western boundary fault of Muikamachi basin.

される地点は、堀之内町と小出町（いずれも現、魚沼市）の活断層線上にある（図 6）。堀之内町の地点 E では、都市圏活断層図に示された活断層線のまさに真上、関越自動車道の下倉トンネルの東側入り口付近の路面（写真 4、図 7c、口絵 1- 写真 2）と、その南側の旧道の路面（図 7d、口絵 1- 写真 3）に比高 20 cm 程度の撓曲変位が認められる。路面上には今回の地震時に生じた複数の亀裂が認められる。近隣住民の話では旧道の撓みは地震前にはなかったという。なお、旧道の西方に位置する国道 17 号線の新道は、もともと西へ緩やかに傾斜しており、今回の西上がりの撓曲変形が生じたかどうかの見分けがつかない。

魚野川左岸の青島地区においては、地表地震断層が 500 m 以上にわたって確認され（図 8）、水路・水田面・畑面・道路等が変位している。もともと水平だった芝生面（口絵 1- 写真 4）と、緩やかな坂道に高度不連続が生じており、計測した撓曲変位は共に上下方向に約 20 cm である（図 9）。水路や畑面（口絵 1- 写真 5）での観察結果では、断層面は西に傾く逆断層運動であることがわかった。数カ所で家屋直下を通過し、家屋が傾いた（写真 5）。



写真 4 下倉トンネル入り口付近の撓曲変位（六日町盆地西縁断層）。

Photo 4 Surface deformation on the road at Horinouchi along the western boundary fault of Muikamachi basin.

複数地点において住民に尋ねたところ、こうした断層変位は本震の際に生じたとのことであった。

なお、この地点は、都市圏活断層図に描かれた断層線からはやや西側へ離れていた。これは、この付近では活断層による累積的な変位地形が魚野川の側方浸食によって失われていると判断され、現在見られる山麓の崖は断層崖そのものではなく、浸食により断層崖がやや後退していると推定され

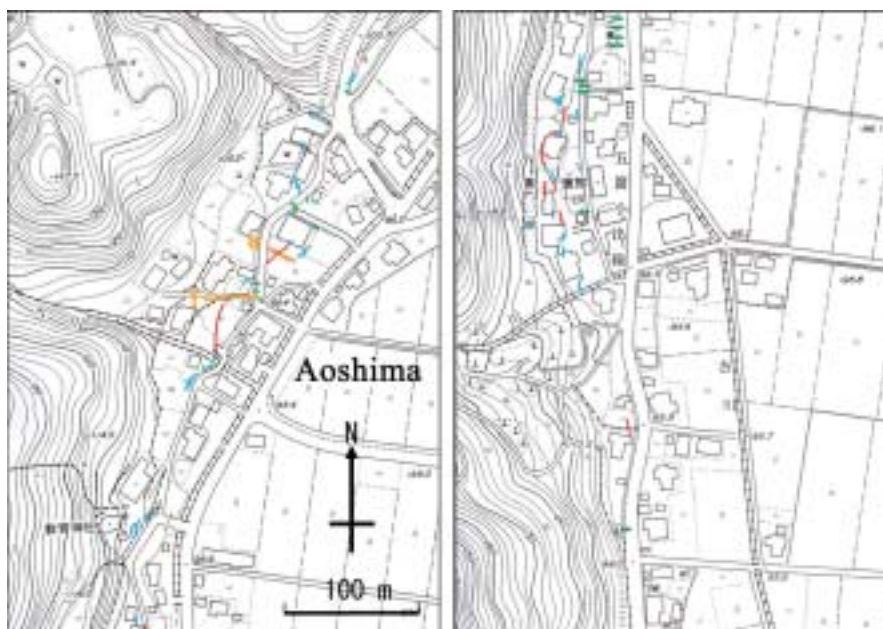


図 8 青島地区における断層運動に伴う地変.

右図が北部. 左図はその南.

凡例は図 3 に同じ. e, f は図 9 の測線位置. (2,500 分の 1 小出都市計画図を使用)

Fig. 8 Surface deformation associated with the Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004 at Aoshima.

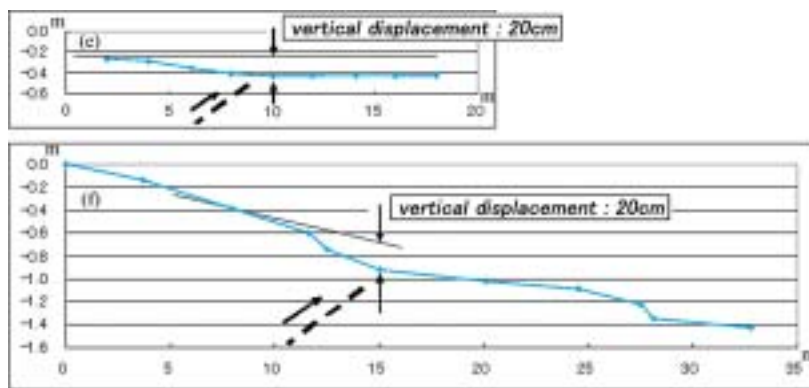


図 9 六日町盆地西縁断層による撓曲変形. (青島地区: 測線位置は図 8 に示す)

e: 家屋の庭先, f: 道路上.

青線が地震後の実測断面. 黒線は撓曲が生じる前の推定断面.

Fig. 9 Cross-sections showing surface deformation caused by faulting at Aoshima along the western boundary fault of the Muikamachi basin.



写真 5 宅地の庭に現れた地震断層（六日町盆地西縁断層）。

Photo 5 Surface rupture on the ground at Aoshima along the western boundary fault of Muikamachi basin.

たためである。今回の地表地震断層の出現によって、後退の程度が予想したほど大きくなかったということが判明したが、都市圏活断層図における表記は破線（「位置やや不明瞭」）であり、事実認定に誤りはなかった。こうした個所において、地震発生前に断層の位置を正確に知るためには、掘削調査等を併用する必要がある。

青島地区の西側の魚沼丘陵内には比較的大規模な地滑り地形も存在しており、上述の変形がその影響でないかどうかの判断が必要となる。地滑りブロックの分布を確認すると、主な地滑りブロックは青島よりも北方に位置しており、当該地域の西には、差し渡し 500 m もの地表地震断層に対応する規模を有する地滑りブロックは全く存在しない。地震後数日経ってから誘発された小規模な地滑りはあるが、少なくとも地震直後に撮影された航空写真では滑落崖は認められない。以上のことから、青島地区の地変が地滑りによって生じた可能性は否定される。

六日町盆地は、小出町南縁付近にある「城山」を境に、北部と中・南部とが地形的に分かれている。今回、六日町盆地西縁断層の北部のみが活動したことは、活断層の活動区間がこのあたりで分割されることを示している可能性がある。

III. 結 論

小平尾断層と六日町盆地西縁断層北部の断層線に沿って、数多くの地点で断層変位が確認された。しかし、確認できない場所もあった。部分的に地震断層が検出できたというのが、今回の地震の特徴とすることができる。地震の規模が $M 6.8$ と、さほど大きくなかったことと関係していると考えられる。

地震直後に、「明瞭な地震断層が出現したか」に注目が集まり、明瞭なもの以外を追求しない風潮が阪神・淡路大震災の際にもあったが、そもそも二元論で論じることは無意味である。地震の規模によっては、今回の地震のように、局地的にしか地震断層が検出されないことはごく当たり前のことであろう。とくに堀之内町以北で想定される地表変形は、活断層地形の特徴からみて、幅数十メートルの範囲に現れる緩やかな撓曲であり、変位量が小さい場合には、変位を検知し得る条件の良い場所（たとえば平坦な舗装道路等）でのみ確認され、その他の場所では検知できない。コンクリート舗装等、割れやすい物性の個所では例外的に開口亀裂を伴うが、剛性の高い構造物は多少傾くだけで破壊せず、変位を見逃し易い。このため断層変位がすべての場所で確認されるとは限らず、確認できない場所の存在を持って断層運動を否定することは不適當である。たとえ一部の地点であったとしても、活断層が変位したとしか解釈できない現象が見つかったことの意義は大きく、このことにより、本震の震源断層が小平尾断層と六日町盆地西縁断層であった可能性が強く示唆される。

また、両断層沿いに地表地震断層が確認されたことで、小平尾断層と六日町盆地西縁断層が地下では一連の活断層であり、広義の六日町盆地西縁断層として、総延長は 50 km を越えていることが示された。今回はそのうちの北半分が破壊し地震を発生させ、南半分は割れ残った。小平尾の撓曲崖の形成が本震によるものか否かは断言できないが、少なくとも小出町青島に認められる断層変位は、10 月 23 日の本震の際に出現した。

謝 辞

被災地の皆さまには、地震直後にもかかわらず調査にご協力下さり、心より御礼申し上げます。以前から活断層調査のために現地を訪れ、成果を公表していたにもかかわらず、地域の防災力向上に貢献できなかったことを申し訳なく、残念に思います。犠牲となられた方々のご冥福を心からお祈りし、被災地の一日も早い復興を祈念いたします。

本調査結果は、日本地理学会災害調査団としての成果として位置づけられる。調査費の一部は、文部科学省科学研究費補助金（特別研究促進費（1））「2004年新潟県中越地震の余震に関する調査研究」（代表者：東京大学地震研究所 平田 直教授）による。

文 献

- 活断層研究会編（1991）：新編 日本の活断層—分布図と資料—。東京大学出版会。
- 金 幸隆（2001）：六日町盆地西縁の活断層。第四紀研究，**40**，161-168。
- 太田陽子（1998）：庄内平野および十日町盆地東縁における活断層の発見とトレンチ調査による古地震の検討。月刊地球，号外，**20**，454-459。
- 太田陽子・鈴木康弘（2002）：陸域の活断層と古地震。大竹政和・平 朝彦・太田陽子編：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス。東京大学出版会，70-94。
- 太田陽子・渡辺満久・小林真弓・鈴木郁夫・澤 祥・鈴木康弘・金 幸隆・廣内大助・尾崎陽子・谷口 薫・信濃川断層発掘グループ（1997）：信濃川沿岸鳥越断層および十日町断層の変位地形とトレンチ調査。日本

地理学会講演要旨集，**51**，116-117。

- 太田陽子・渡辺満久・鈴木郁夫・鈴木康弘・澤 祥・谷口 薫・尾崎陽子（1998）：十日町盆地東部における活断層の認定とトレンチ調査からみた十日町断層の性質と活動期。日本地理学会講演要旨集，**53**，80-81。
- 鈴木康弘・東郷正美・渡辺満久・金 幸隆・佐藤尚登（2001）：1:25,000 都市圏活断層図「十日町」。国土地理院技術資料，D・1-No.388。
- 田中真弓（2000）：信濃川中流域，十日町盆地における河成段丘の変位からみた活褶曲と活断層の関係。第四紀研究，**39**，411-426。
- 渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登（2001）：1:25,000 都市圏活断層図「小千谷」。国土地理院技術資料，D・1-No.388。

（2004年11月11日受付，2004年12月13日受理）

補 遺

脱稿後，産総研活断層センターが、本稿の内容に深く関わる以下の2点をホームページ上で報じた。

（1）青島地区の六日町西縁断層に沿う地表変形が，さらに南方の水田面上にも確認され，全長1 kmに及ぶ。

（2）同様の水田面の変形は小平尾付近にも確認される。その場所は必ずしも都市圏活断層図に明記された断層線上ではないものの，明らかにその延長上（図2の小平尾と連日を結ぶ線上）である。このように六日町盆地西縁断層と小平尾断層の合流する付近に地震断層が出現したことは，両断層が地下では連続しているという本稿の解釈を強く支持する事実である。