



## 調査報告

# 新潟県中越地震にみる変動地形学の地震解明・地震防災への貢献 —地表地震断層認定の本質的意義—

Contribution of tectonic geomorphology toward both identifying surface earthquake fault of the  
2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake and discussing disaster mitigation

鈴木 康弘・渡辺 満久

SUZUKI Yasuhiro and WATANABE Mitsuhsa

2004年新潟県中越地震は、1990年代以降に存在が明らかになった小平尾断層と六日町盆地西縁断層の北部が震源となり、断層線上に地表地震断層が出現した。しかし、活断層分布の情報が十分周知されていなかったことと、地表地震断層の変位量が大きくなかったことから、このような認識が徹底されていない。本稿では、地表地震断層の認定根拠を変動地形学の立場から明確にし、地表地震断層の出現が確実であることを最新の研究成果に基づいて解説する。防災上、「地震はどこでも起きる」ことを念頭に置く必要がある反面、地域ハザードを適切に評価する必要がある、変動地形学はこのことに大きく貢献している。

The 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake was generated by the Obiro fault and the northern segment of the western boundary fault of the Muikamachi Basin; these were detected and mapped in the 1990s. This earthquake was accompanied by the emergence of surface earthquake faults. However, at present, this surface earthquake fault could not be recognized widely since new information on the active fault distribution in the Mid-Niigata region was reported only recently and the displacement along this fault was relatively small. We attempt to clarify the logic to identify surface earthquake faults and explain the evidence of surface faults based on our recent reports. Although it is necessary to consider the possibility that earthquakes can occur anywhere, it is significantly more important to evaluate and assess the hazard on a regional scale. Geomorphology can contribute greatly to this assessment.

キーワード：活断層，2004年新潟県中越地震，地表地震断層

Key words: active fault, 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake, surface earthquake fault

## I 地震と地形学

### —もし変動地形学がなかったら—

新潟県中越地震は、活断層が起こした内陸直下地震であった。もし、活断層や地殻変動を地形学の観点から解明する変動地形学がなかったら、このような本質的な理解がなされなかった可能性が高い。そもそも活断層の認定は変動地形に依っているが、とくに中越地震の震源域の活断層は、次章で述べるように、最近になってようやく都市圏活断層図（渡辺ほか 2001；鈴木ほか 2001）や、変

動地形学の研究成果（金 2001；太田・鈴木 2002；池田ほか 2002；中田・今泉 2002）などによって全貌が明らかにされた。もし、これらの成果がなければ、中越地震は「活断層と無縁の地震」とされ、全く別の解釈がなされた可能性すらある。

活断層の認定なくして地表地震断層の認定もあり得ない。特に今回の地表地震断層は、メートル規模の明瞭な変位を伴うことはなかったため、活構造による変動地形との整合性を熟慮しなければ、認定することは難しい。震源断層の変位に伴う地殻変動を反映した地表地震断層が認められて初め

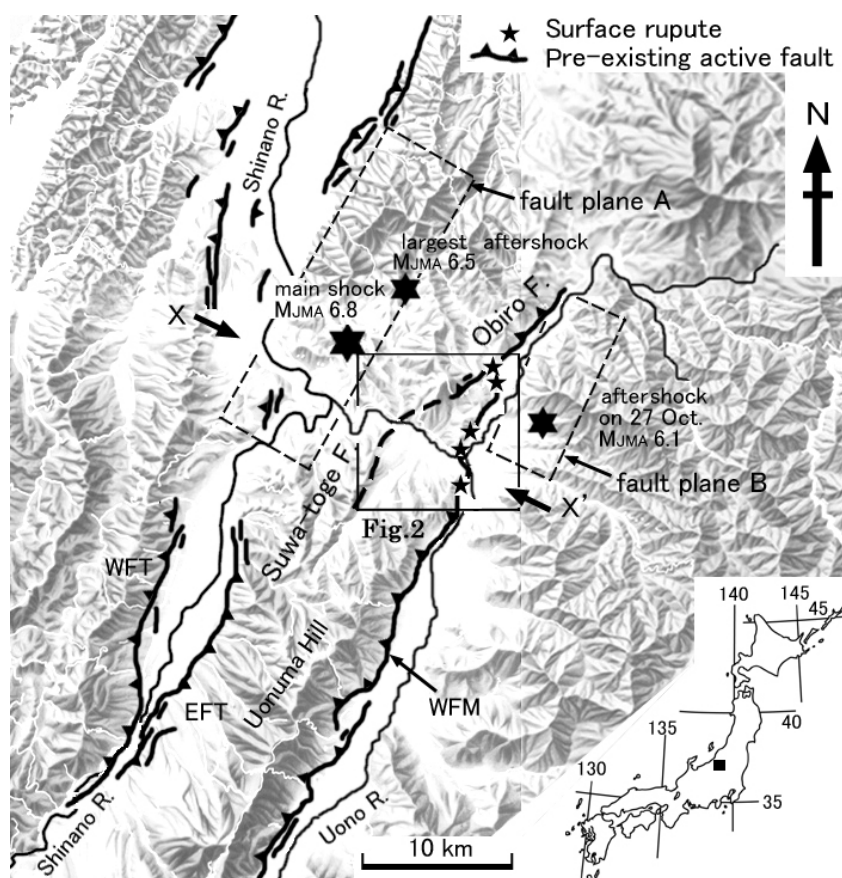


図1 中越地震震源域の活断層と震源分布（渡辺ほか 2005 を簡略化）

WFT:十日町盆地西縁断層, EFT:十日町盆地東縁断層, WFM:六日町西縁断層

Figure 1 Epicenters of the Mid-Niigata Prefecture earthquake and active faults (simplified from Watanabe et al. 2005)

WFM:Western boundary fault of Muikamachi Basin, EFT:Eastern boundary fault of Tookamachi Basin, WFT:Western boundary fault of Tookamachi Basin.

て、「活断層が地震を起こした」ことが結論され、地震の原因論争が決着する。

大きな被害を伴う内陸地震が、もし活断層と無縁であるとなれば、活断層を重視した内陸直下地震対策の社会的重要性が薄れ、「地震はどこでも起きる」ことを強く念頭に置いた防災施策が台頭する。もちろんそれにも一理あるが、防災地理学的視点からすると、一定規模以上の地震は「起こるべく場所」に起きており、阪神大震災や新潟県中越地震のような「低頻度巨大災害」に備えるためには、地域ハザードに応じた対策こそが強く求められる。地表地震断層調査の本質的意義は、単に地震現象の解明に留まらず、活断層の地震防災上の重要度を明確にすることに通じる。

こうした防災のあり方についての社会的議論を進める際、地形学に対する一般の理解レベルが低いことも懸念される。災害脆弱性に応じた防災を実現させるためには、地形は無秩序に形成されるものではなく、地形学が論理的科学であることを周知する必要がある。活断層を巡る議論においても、今なお、活断層を地表付近のみの現象だと誤解する他分野研究者がいる。「活断層は地表付近だけの現象で、本質的に重要なのは地下深部の断層だ」という誤解がまかり通ることもある。

変動地形学は、地表だけの現象として活断層を見ているのではなく、断層運動が作った地形の解析結果から、「地形形成に関わる程度の深部（おおむね地下数キロ～数十キロ程度）から地表にかけ

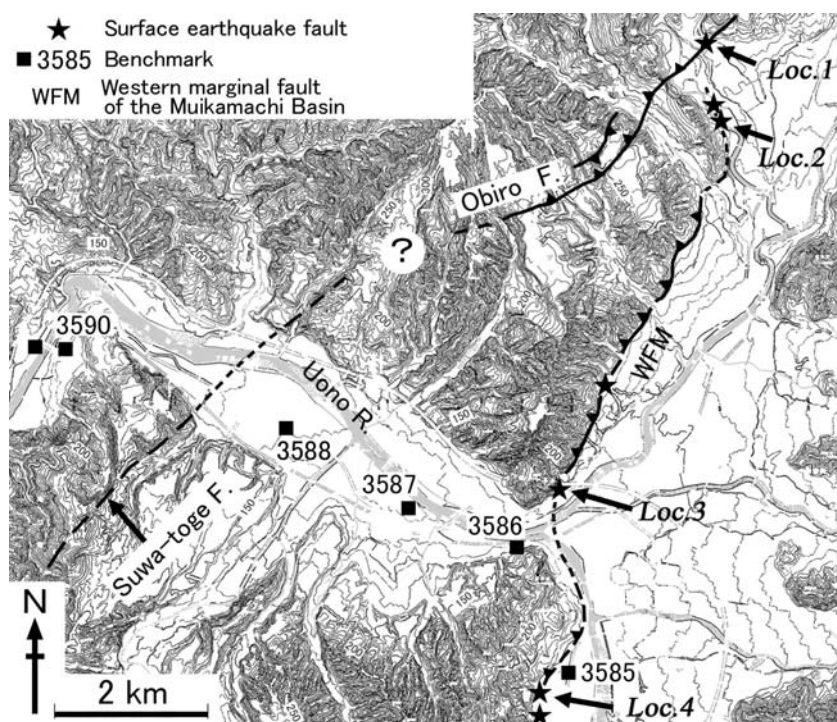


図2 地表地震断層確認地点（渡辺ほか 2005 を簡略化）

Figure 2 Surface earthquake faults and benchmarks of leveling survey (simplified from Watanabe et al. 2005)

て、第四紀後期に活動を繰り返し、今後も活動する可能性のある断層が存在すること」を帰納的・必然的に推定している（渡辺 2005b）。本稿では中越地震を例に、既報論文（鈴木ほか 2004; 渡辺ほか 2005; 鈴木・渡辺 2006）に基づいて地表地震断層調査結果を解説し、変動地形学の立場から「地表地震断層認定の論理」を明確にしたい。

## II 中越地震と活断層・地表地震断層（解説）

### 1. 活断層と震源分布

新潟県中越地域は、第四紀の地殻変動が活発な地域として古くから注目された。池辺（1942）、Otuka（1941）以来、河岸段丘面が地層の褶曲構造と調和的な変形をしていることから、「活褶曲」として注目され、杉村ほか（1952）、宮村ほか（1968）、溝上ほか（1980）、Ota（1969）、高野（1989）など多くの研究者によって詳細な研究が行われた。その後、1990年代に入り、十日町盆地において太田ほか（1997, 1998）、田中（2000）、太田・鈴木（2002）、

六日町盆地において金（2001）らの研究を通じて大縮尺空中写真の詳細な判読が実施され、活褶曲基部に大規模な活断層が存在することが次第に明らかになった。

図1は、2001年に刊行された都市圏活断層図「小千谷」（渡辺ほか 2001）、「十日町」（鈴木ほか 2001）、「長岡」（堤ほか 2001）に基づく活断層分布図である。WFT, EFT, WFM, および小平尾断層のほとんどは、活断層研究会（1991）には記載がなく、1990年代以降に存在が明らかになってきたものである。中越地震発生時（2004年）において、これら1990年代以降に新たに明らかにされた活断層の分布情報が十分に周知されず、多くの地震学研究者が利用するデータベースは古いままであったため、「活断層空白域に地震が起きた」という誤解が一時広まった。

最新の活断層分布と余震分布の関係をみると、10月27日の余震（M6.1）を除けば、10月23日に起きた本震や余震は、小平尾断層と六日町盆地西縁断層北部の断層線より西側に位置し、両断層面

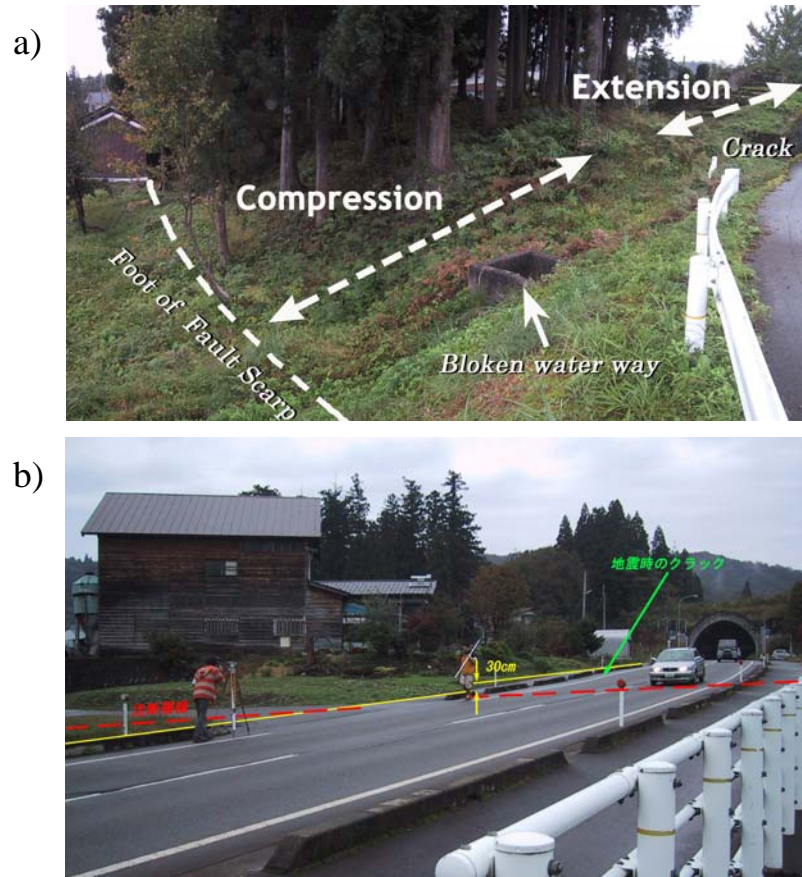


図3 小平尾における地表地震断層 (鈴木ほか 2004; 鈴木・渡辺 2006)  
Figure 3 Surface ruptures at Obiro, Uonuma City (Suzuki et al. 2004; Suzuki and Watanabe 2006)

が西に傾いていることを考慮すると、これらが震源であった可能性を大いに示唆した。しかもそれらは NNE-SSW 走向の逆断層運動によるものであり (Aoki et al. 2005), 活断層と整合的であった。

## 2. 地表地震断層

地表地震断層は、地震直後の筆者らの調査により、旧広神村小平尾 (Loc. 1), 旧堀之内町下倉 (Loc. 3), 旧小出町青島 (Loc. 4) の3地点で見出され、後日、産業技術総合研究所の調査によって、小平尾南方 (Loc. 2) でも確認された。いずれも小平尾断層や六日町盆地西縁断層の断層線上である (図2)。ほぼ同様の見解は Kim and Okada (2005) でも示されている。

旧広神村小平尾 (Loc. 1) では、活断層崖 (厳密



図4 小平尾南方におけるトレンチ調査速報 (産業技術総合研究所 2005)  
Figure 4 Trench wall at the south of Obiro (AIST 2005)



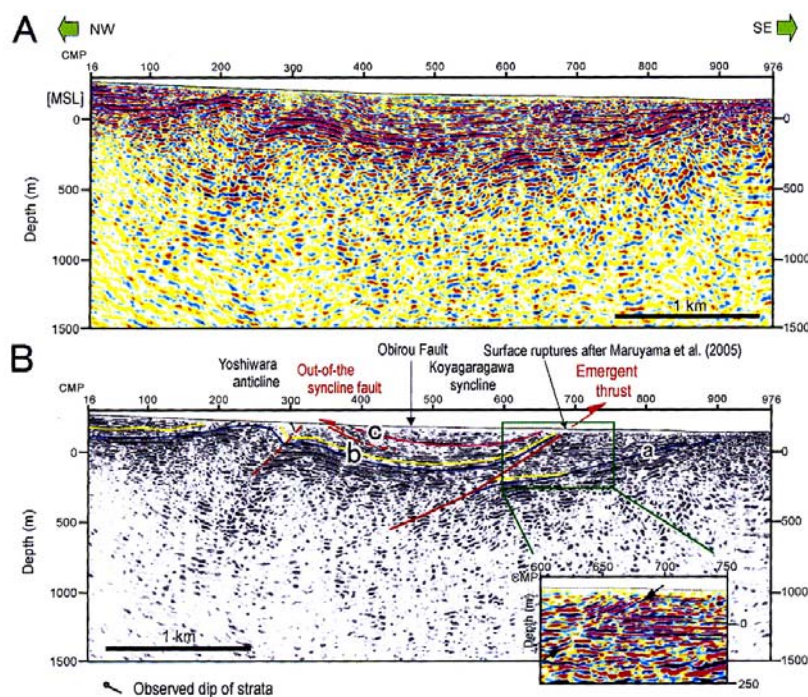


図 5 小平尾南方における浅層反射法地震探査結果 (Kato et al. 2005)  
Figure 5 Seismic reflection profiling at the south of Obiro (Kato et al. 2005)

には活撓曲崖)の基部に圧縮変形、頂部に伸張変形が生じた(図 3a)。また撓曲崖のまさに延長上において、国道 352 号線の路面に上下変位 30 cm 程度の撓曲が生じた(図 3b)。この道路面の変形は、道路建設時の切盛境界部に近接することから不同沈下の可能性も懸念されたが、詳細に検討してみると、変形(撓曲)部より上方、すなわち切土側に伸張クラックが多数確認され、盛土側にはクラックが全く見られない。不同沈下の場合にはクラックは切土側ではなく盛土側に生じるはずであるため、不同沈下の可能性は否定された。

小平尾南方(Loc. 2)では、水田内に延長 350 m 以上にわたって上下方向の変位量 10~15 cm 程度の撓曲が、ほぼ連続的に確認された(丸山ほか 2005)。この地点では 2005 年 11 月にトレンチ調査が行われ、今回の地震断層による変形と、さらにこれより古い活断層運動に伴う地層の変形が確認されている(図 4; 産業技術総合研究所 2005)。

この約 1 km 南方付近では、北北西-南南東方向の測線で反射法地震探査が行われ、その結果、ま

さに地震断層の位置に地層を著しく変位させる逆断層が確認されている(図 5; Kato et al. 2005; Sato and Kato 2005)。

旧堀之内町下倉(Loc. 3)では、関越自動車道の路面に上下変位 20 cm 西側隆起の撓曲変位と伸張亀裂が認められた。また、約 100 m 南方の旧道上においても、約 20 cm 西側隆起の同様な変形が認め

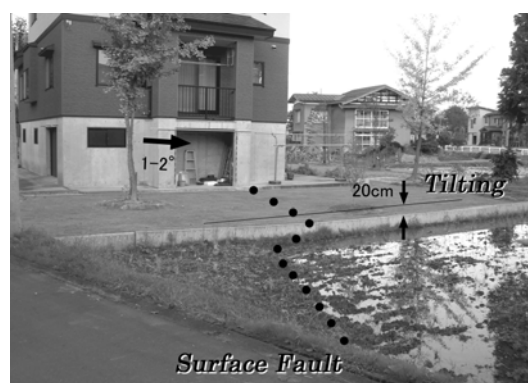


図 6 旧小出町青島における地表地震断層(鈴木ほか 2004)

Figure 6 Surface rupture at Aoshima, Koide Town (Suzuki et al. 2004)

られ、これが地震時の変形であることは住民の聞き取り調査で明らかとなった。関越自動車道については、切盛境界付近で生じた不同沈下の可能性を完全には否定しきれないが、低地上に位置する旧道においても同様な変形が生じていることから、下倉においても撓曲変位が生じたと断定できる。

旧小出町青島 (Loc. 4) では、宅地・水田・畑地内の南北約 1 km にわたって、西上がり約 20 cm 程度の撓曲変形が現れた。図 6 は、水田面に現れた明瞭な西側隆起と、地震断層上で傾いた家屋を示している。小出町の西側丘陵は広域的な地滑り地帯であるため、地表に現れた変形が地滑りの末端である可能性が懸念されたが、青島付近の西側には南北 1 km の地滑りを起こすような地滑りブロックはない。傾いた家屋も地震時以降に傾斜が増すような異常はなく、2005 年 3 月にはジャッキアップによる修復が終了している。こうしたことから、地滑り末端の可能性は否定された。ただし、青島より北方 (魚野川南岸) では地震直後から明らかに地滑りが生じており、この範囲では地震断層の追跡すら困難であった。

筆者らの地表地震断層の認定に対して、切盛境界の不同沈下や地滑りの影響だとする反論もあった。しかし上記の通り、各地点における地変は、活構造による変位であることは確実であった。ただし、変位が観察しえない場所も活断層線上に多いことも事実で、「連続的に明瞭な地震断層が出現した」という表現は適当でない。水田やアスファルト道路面等、検出されやすい条件の場所では確認が可能であり、斜面や剛性の高い地表構造物がある場所では検出できなかった。

### 3. 水準変動と断層モデル

国土地理院は 2004 年 12 月、魚野川沿いにおける水準点標高の改測結果を公表した (国土地理院 2004)。その結果は、以下のように地表地震断層の存在を決定的に証拠づけた。

図 7 (a) は国土地理院が推定した断層モデルである。断層面 A (傾斜角度  $53^\circ$ 、断層面上端の深さ 2.8 km) はほぼ本震に相当し、断層面 B は 10 月 27 日の余震に相当する。これにより計算される地殻変

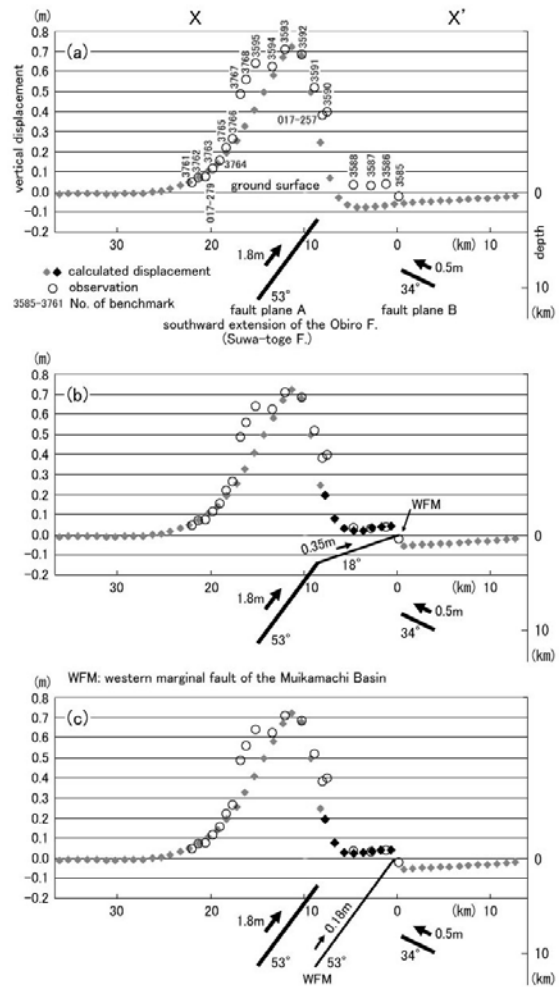


図 7 水準変動と断層モデル (渡辺ほか 2005)  
Figure 7 Elevation changes of benchmarks and fault modeling (Watanabe et al. 2005)

動は、水準変動の観測結果とおおむね一致するが、3590～3585 間の変動を説明し得ない。

これに対し図 7 (b)・(c) は、地表地震断層を考慮して、渡辺ほか (2005) が新たに推定した断層モデルである。浅い部分に、(b) では変位量 35 cm、(c) では変位量 18 cm の、地表まで延びる断層を推定した。こうした断層モデルを推定することで、3590～3585 間の変動をようやく説明することができる。(c) は、余震観測結果から、断層面が 2 面存在する可能性 (Aoki et al. 2005; Sakai et al. 2005; 渡辺ほか 2005) を尊重したモデルである。

図 7 の断面は魚野川沿いであるため、ここに見られる地表地震断層は六日町盆地西縁断層に当た

る。さらに北部の小平尾付近においては、図 7 の断面とはやや異なり、むしろ深部の断層がそのままの形状で、変位量を減じて地表に到達している可能性が高い（渡辺ほか 2005）。図 7 (b)・(c) のどちらが正しいかは断言できないが、いずれにしても大局的に見て、変位量を漸減しながら地表に到達する地表地震断層が存在しなければ水準変動を説明し得ない。

なお、3767～3595 間は現状の断層モデルでは上手く説明できない。この付近に別の小規模な断層（バックスラスト）が存在する可能性があり、これについては今後の課題である。

### III 地表地震断層は如何に認定されるべきか ー変動地形学の論理ー

地表地震断層とは、元々、地震時に地表に現れる断層のことを指し、現象そのものを記述する用語だった。しかし、兵庫県南部地震以降、「地震を起こした活断層の直接的な地表への現れ」に限定して用い、2 次的に生じた小規模な断層については地表地震断層と呼ばないようにしようという動きがあり、筆者らもその考えに賛成である。明らかに地震そのものに依らない、例えば重力性の断層等とは区別して、「地震を起こした活断層」を明確にしたいためである。この場合、地質学的に狭義の「断層」にかかわらず、「撓曲」も地表地震断層と同義に扱うことになる。

今回の地震断層はメートルオーダーの変位量を持って、延々と続くような明瞭なものではなかった。地表付近での変位量が数十センチ程度であれば当然のことである。条件の悪い場所では検出が困難で、不連続的にしか地表地震断層の出現を確認できない。このような場合、連続性が悪いからという理由で地震断層の出現を否定することは間違いである。たとえ断片的であっても、「地下の活断層の動きを考えなければ説明できない現象」が存在するか否かが重要である。

活断層の動きを明らかにするために地表地震断層を認定する場合、どのような認定根拠が重要か？ この点について、鈴木・渡辺（2006）は以下

の 1)～4) を挙げた。

1) 変動地形（活断層地形）との整合性：活断層が地震を起こすとすれば、その動きは第四紀後期以降の活動史の最新局面であるため、過去における活断層運動の累積結果である変動地形との整合性を確認する。

2) 重力性変形との区別：地滑りや地表変位の 2 次的な変位でないかどうかを確認する。滑落崖と地滑りブロックとの位置関係や、切盛境界における不同沈下の可能性を地形学的に考慮する。

3) 水準測量等、広域変動との整合性：地表地震断層は、震源断層の本質的な変位の地表延長であるため、地表地震断層を挟む水準測量の改測結果があれば、そこには断層モデルで計算され得る隆起沈降パターンが存在する。

4) 余震分布や深部断層モデルとの整合性：余震分布の位置精度は、地表地震断層の位置精度に比べると一桁以上悪く、地下数キロ程度の浅部では余震そのものの発生が少ない。そのため、余震分布から見た断層面の地表到達位置を過度に重視してはいけない。それでも、余震分布から推定される断層モデルの傾向と調和的かどうかを確認することは重要である。

観察事実として地表地震断層が、①どの程度連続的に確認されたか、②変位量がどの程度大きく明瞭であったか、を記載することは重要であるが、この 2 点は地表地震断層そのものを認定する場合の根拠にはならない。

### IV 地表地震断層認定の防災上の意義と問題

地表地震断層認定は地震の原因論に深く関わる。地震がなぜ起きたかを広く一般の人が理解することに、災害報道は重要な役割を果たす。また深刻な被害を目の当たりにして、災害を繰り返さないためにはどうしたら良いかを多くの人が考える。災害直後は、このように防災上特に重要であるが、誤解が生じやすい時期でもある。以下の 2 点に特に留意することが重要である。

#### 1. 災害報道テーマの推移

表 1 中越地震直後の主な新聞記事タイトル

Table 1 The titles of articles in newspapers just after the Mid-Niigata Prefecture earthquake

日 付	記 事 タ イ ト ル
10 月 24 日	「長岡平野西縁断層が震源?」, 「見えない伏在断層震源説(T 大 K 教授)」, 「活褶曲との関係(N 大 S 教授)」(以上, 朝日新聞) 「長岡平野西縁断層ではない未知の断層が震源(T 大 A 教授)」(読売新聞)
10 月 25 日	「最大震度7が確認」, 「地理院 GPS 観測の結果, 断層は西傾斜長さ 21km, ずれは 1.8m」 (以上, 朝日新聞) 「震源は六日町盆地西縁断層か? (T 大 O 教授)」(毎日新聞) 「余震が多いのは小さな断層が多いから(N 大 A 教授)」(毎日新聞) 「最大加速度は小千谷 1500 ガル」(日本経済新聞) 「地震調査委員会の見解 『長岡西縁断層ではない, 周辺の活断層か未知の断層なのか特 定できない』」(中日新聞) 「小千谷に地震断層出現か? (Y 大 T 教授)」(朝日新聞)
10 月 26 日	「六日町断層が動く? 地震原因, 研究者ら見方(根拠は地理院の断層モデル)」, 「小千谷地震断層説は否定」(朝日新聞) 「揺れは活断層と直行方向, 土木学会」(毎日新聞)
10 月 27 日	「力ためた断層 極大の揺れ 1750 ガル, 波打つ地形が特徴, プレート境界が存在か?」 (朝日新聞) 「『小平尾断層』震源か, 日本地理学会調査チーム」(読売新聞, 日本経済新聞) 「地震起こした活断層? 産業技術総合研究所が確認」(毎日新聞) 「難航する地震断層特定」(静岡新聞) 「生きていて・・・不明母子3人」(読売新聞)
10 月 28 日	「2歳男児, 4日ぶり救出」(朝日・読売・毎日新聞が同じ見出し)
10 月 29 日	「増える“車中泊死”」(朝日新聞)

「地表地震断層の出現」は大きな報道テーマになる。兵庫県南部地震の際の野島断層のように、断層が地表を切り裂くシーンがセンセーショナルであるという理由もさることながら、科学ジャーナリズムにおいては、地震後数日間は「地震の正体」を報道すべしという考えに基づいている。つまり社会的に重要なことは、活断層が地震を起こしたかどうか、その証拠があるかどうか、である。

中越地震後の1週間の新聞記事は、表1のように推移した。地震の原因論に注目が集まったのは、わずかに4日間(10月24～27日)であり、こうした限られた時間内に、社会的な世論のかなりの部分が形成される。そのため、前章で述べた1)～4)のうち、1), 2)を重視して地表地震断層の出現に関する結論を下すことになる(渡辺 2005a)。

## 2. 活断層の防災上の意義

中越地震の地表地震断層が、これまで述べてきたようにメートル規模の明瞭なものではなかった

ため、「中越地震では明瞭な地表地震断層は現れなかった」という表現もあり得る。しかしこの表現は、発言者の意図に反して、いつの間にか「明瞭な」が省略され、地表地震断層を完全に否定しているかのように受け取られることがあるので注意しなくてはいけない。兵庫県南部地震の際の神戸市内でも、全く同じ状況があった。

さらに問題なのは、地表地震断層が出現しなかった地震は、活断層と無関係な地震であると曲解されることである。内閣府防災会議資料の中にも、地表地震断層が出現しなかったM7.0以上の地震のリストがあり、こうした地震は活断層以外で起きたとされている。さらに、「活断層が地表に見られていない潜在的な断層によるもの」であるから、M7.3以下の地震は「どこでも発生する可能性がある」(中央防災会議 2002)とされていく。

このリストには、1894年庄内地震(M7.0)、1858年飛越地震(M7.1)、1854年伊賀上野地震(M7.3)等も含まれている。地震時においてどの程度の調



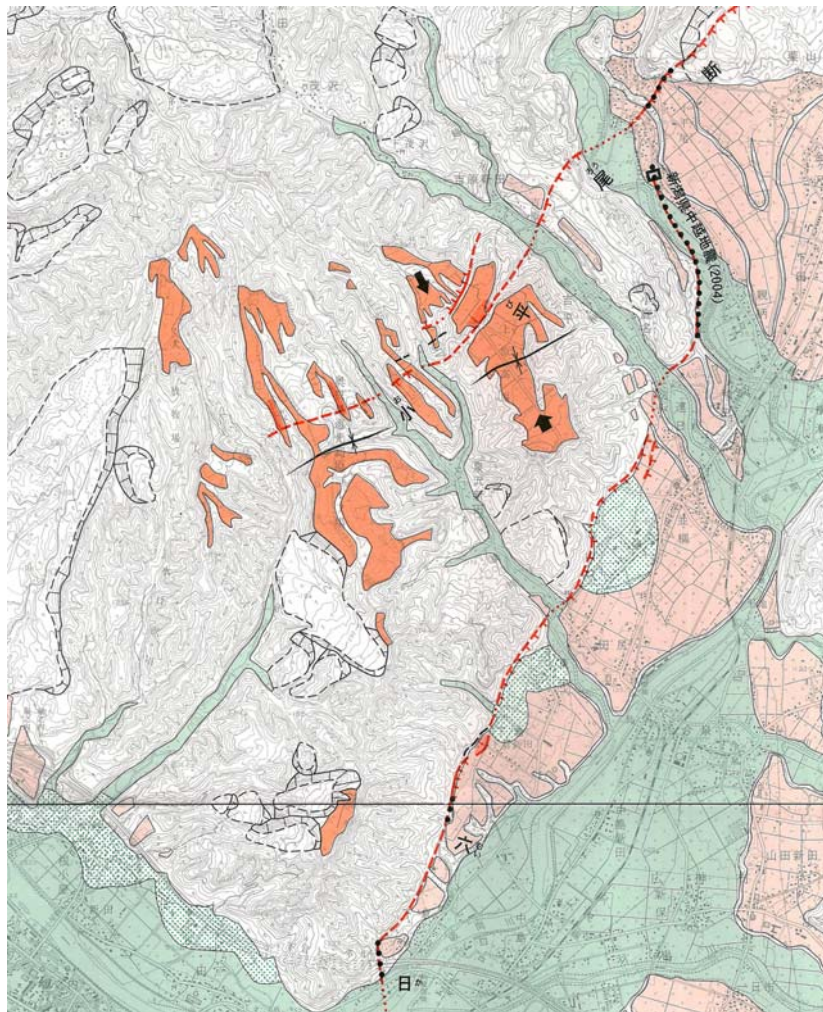


図 8 都市圏活断層図「小千谷」改訂版 (渡辺ほか 2006)

Figure 8 Active faults map in urban area "Ojiya", revised version (Watanabe et al. 2006)

査が行われ、検証されたかどうかは個別に異なるが、いずれも庄内平野東縁断層、跡津川断層、木津川断層等が深く関与していたことは明らかであり、このような取扱いは適当でない。「明瞭な地表地震断層が確認されない」＝「活断層が震源でない」ということではないことを主張するとともに、そのような誤解が生じやすいことにも留意して、活断層と地震の関係について、わかったこと、わからないことを明快に区別して説明する必要がある。

#### V 終わりに—今後の防災のために—

国土地理院は平成 17 年 12 月に、都市圏活断層図「小千谷」を改訂した(図 8; 渡辺ほか 2006)。

比較的明瞭に地表地震断層が出現した地点と、トレンチ掘削地点とを加筆した。また、地表地震断層出現の情報を考慮して、変動地形を改めて観察し直して活断層の位置情報を修正した。こうした改訂は、都市圏活断層図刊行以来初めてのケースで、活断層に注目した地震防災対策が重要であることを改めて指摘する資料となった。この都市圏活断層図には、(改訂以前から)地滑り地形も示されており、中越地震の地盤災害に対しても警鐘を鳴らす総合的なハザードマップであったことがわかる。こうした地図が今後の他地域における、「地域特性を重視した防災」に十分活かされることが期待される。

今回の中越地震は、活断層と地震の関係について

て大きな課題を残した。地震調査研究推進本部の活断層評価手法では、活断層はその全域が一気に活動し、長さに相応な規模の固有地震を起こすとされている。しかし、中越地震はやや小規模であり、いわゆる活断層の固有地震といえるかどうか議論が分かれる。本稿では誌面の都合でこの議論を紹介し得ないが、渡辺ほか（2005）は今回の地盤変動と変動地形の特徴を比較し、「小平尾断層はこの程度の地震しか起こさず、六日町盆地西縁断層はもっと大きな地震を起こす」という考えを提示している。トレンチ調査結果等を参照して、この議論は今後が続くことが予想されるが、最も重要なことは、今回の現象を正確に記載し理解することであり、それがなければ、中越地震の教訓を今後の活断層評価に活かすことはできない。

（2005年12月2日受付 2006年2月18日受理）

## 文 献

- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編 2002.『第四紀逆断層アトラス』東京大学出版会。
- 池辺展生 1942. 越後油田褶曲構造の現世まで行われていることに就いて(演旨). 石油技協誌 10: 108-109.
- 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. 日本地理学会発表要旨集 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. 日本地理学会発表要旨集 53: 80-81.
- 活断層研究会 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. 六日町盆地北西縁の活断層. 第四紀研究 40: 161-168.
- 国土地理院 2004. 平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震に伴う緊急測量結果について—地震による大きな地殻変動を把握.  
<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2004/1227.htm>
- 産業技術総合研究所 2005. 新潟県中越地震に伴う地震断層トレンチ調査のお知らせ.  
<http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/trench/niigata/index.html>
- 杉村 新 1952. 褶曲運動による地表の変形について. 震研彙報 30: 163-178.
- 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.
- 鈴木康弘・渡辺満久 2006. 新潟県中越地震の地表地震断層—地震断層認定の論理と回避すべき誤解—. 月刊地球 号外 53: 90-96.
- 鈴木康弘・渡辺満久・廣内大助 2004. 2004 年新潟県中越地震の地表地震断層. 地学雑誌 113: 861-870.
- 鈴木康弘・渡辺満久・廣内大助 2004. 2004 年新潟県中越地震の地表地震断層（速報）. 地学雑誌 113: 口絵.
- 高野武男 1989. 新潟県魚沼地方の地形から見た地殻変動と六日町盆地の形成過程. 地球科学 43: 366-391.
- 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.
- 中央防災会議 2002. 内陸部の地震による工学基盤の揺れの強さの考え方. 東南海・南海地震等に関する専門調査会（第 5 回）資料.  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/5/siryou2.pdf>
- 堤 浩之・東郷正美・渡辺満久・金 幸隆・佐藤尚登 2001. 1:25000 都市圏活断層図「長岡」. 国土地理院技術資料 D・1-No. 388.

- 中田 高・今泉俊文編 2002. 『活断層詳細デジタルマップ』東京大学出版会.
- 丸山 正・伏島祐一郎・吉岡敏和・栗田泰夫 2005. 平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震に伴い地表に現れた地震断層の性状. 地質ニュース 607: 9-12.
- 溝上 恵・中村一明・井筒屋貞勝 1980. 精密水準改測による小千谷地域の活褶曲の検出. 震研彙報 55: 199-224.
- 宮村摂三・溝上 恵・中村一明・岡田 惇・杉村新 1968. 水準点新設による活褶曲の研究. 第 5 回災害科学シンポジウム: 169-170.
- 渡辺満久 2005a. 中越地震発生直後の地表地震断層調査. 地理 50-6: 52-55.
- 渡辺満久 2005b. 活断層変位地形と推定地下構造. 地理科学 60: 149-159.
- 渡辺満久・鈴木康弘・伊藤武男 2005. 変動地形に基づく 2004 年中越地震の断層モデル. 地震 58: 297-307.
- 渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登 2001. 1:25000 都市圏活断層図「小千谷」. 国土地理院技術資料 D・I-No. 388.
- 渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登 2006. 1:25000 都市圏活断層図「小千谷」. 国土地理院技術資料 D・I-No. 450.
- Aoki, S., Nishi, M., Nakamura, K., Hashimoto, T., Yoshikawa, S. and Ito, H. 2005. Multi-planar structures in the aftershock distribution of the Mid Niigata Prefecture earthquake in 2004. *Earth Planets Space* 57: 411-416.
- Kato, N., Echigo, T., Sato, H., Tateishi, M., Ogino, S., Sakai, S., Toda, S., Koshiya, S., Ito, T., Toyoshima, T., Imaizumi, T., Kato, H. and Abe, S. 2005. Geologic fault model based on the high-resolution seismic reflection profile and aftershock distribution associated with the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake (M6.8), central Japan. *Earth Planets Space* 57: 447-452.
- Kim, H. Y. and Okada, A. 2005. Surface deformations associated with the October 2004 Mid-Niigata earthquake: Description and discussion. *Earth Planets Space* 57: 2093-2102.
- Ota, Y. 1969. Crustal movement in the late Quaternary considered from the deformed terrace plains in northeastern Japan. *Japanese Journal of Geology and Geography* 40: 41-61.
- Otuka, Y. 1941. Active rock folding in Japan. *Proc. Imp. Acad. Japan* 17: 518-522.
- Sakai, S., Naoshi, H., Kato, A., Kurashimo, E., Iwasaki, T. and Kanazawa, T. 2005. Multi-fault system of the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake and its aftershocks. *Earth Planets Space* 57: 417-422.
- Sato, H. and Kato, N. 2005. Relationship between geologic structure and the source fault of the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake (M6.8), central Japan. *Earth Planets Space* 57: 453-457.



<著者略歴> 鈴木 康弘 (すずき やすひろ)

1961年 愛知県生まれ。東京大学理学部，同大学院理学系研究科地理学専攻博士課程修了。名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山・防災研究センター教授。主著「活断層大地震に備える」（ちくま新書, 2001）

公式ホームページ <http://www.env.nagoya-u.ac.jp/>



<著者略歴> 渡辺 満久 (わたなべ みつひさ)

1956年 新潟県生まれ。東京大学理学部，同大学院理学系研究科地理学専攻博士課程修了。東洋大学社会学部教授。主著「活断層地形判読－空中写真による活断層の認定－」（古今書院, 1999） 公式ホームページ <http://www.soc.toyo.ac.jp/socio/>