

12-5 東北地方太平洋沖地震に誘発された福島県浜通りの地震

The Fukushima-ken Hamadori earthquake of 11 April 2011 triggered by the 11 March 2011 Tohoku-oki earthquake

堤 浩之 (京都大学)

Hiroyuki Tsutsumi (Kyoto University)

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) では、長さ約 500 km で幅約 200 km のプレート境界が破壊した。最大変位量が 50 m を超える大きなすべりを伴ったこの地震は東北日本の応力状態を大きく変え、いくつかの地域で地殻内地震が多数誘発されている。福島県南東部のいわき市周辺も3月11日以降に地殻内地震活動が活発になった地域であり、ほとんどの地震が東西あるいは北東-南西方向の T 軸を持つ正断層型の地震であることが特徴である (第1図)。2011年4月11日17時16分に、いわき市直下で Mw6.6 (M_{JMA}7.0) の正断層型の地震が発生し、気象庁により「福島県浜通りの地震」と命名された。この地震に伴って、従来の研究で確実度 II あるいは推定活断層とされていた湯ノ岳断層や井戸沢断層の一部に沿って、明瞭な正断層型の地震断層が現れた (第2図)。

福島県浜通りの地震は、以下のような点において、これまでの活断層研究の常識を覆す地震であった。すなわち、1) プレートの沈み込みによる東西圧縮応力場にあり、南北走向の逆断層が卓越する東北日本において、内陸活断層上で正断層型の大地震が発生した、2) 断層変位地形が明瞭とはいえない確実度 II あるいは推定活断層が活動して、明瞭な地震断層を伴う大地震が発生した、3) ひとつの地震で、独立した2条の断層 (湯ノ岳断層・井戸沢断層) が同時に破壊した、4) 海溝型超巨大地震の発生に誘発されて活動する内陸活断層が存在することが明らかとなった、ことである。2011年3月の海溝型超巨大地震およびそれに誘発された2011年4月の内陸直下型地震は、近代的な地震・活断層研究が始まって以降の100年間では非常に特異なイベントであった。よって、東北地方太平洋沖地震に誘発された4月の地震の地形・地質学的背景を明らかにすることは、活断層評価の高精度化および海溝型超巨大地震と活断層の相互作用を理解する上で極めて重要である。

上記の観点から、地震断層調査とトレンチ掘削調査を実施した。その結果、地震断層の出現位置や変位量分布の概要が明らかとなった。また2011年9月には、井戸沢断層に沿って現れた地震断層のトレンチ掘削調査を行い、4月の地震のひとつ前の断層活動の地質学的痕跡を見いだしたので、ここに簡潔に報告する。より詳細な記載は、別稿¹⁾を参照されたい。

2. 地震断層

明瞭な正断層型の地震断層が、従来推定活断層と認定されていた湯ノ岳断層や井戸沢断層の西側トレースに沿って出現した (第2図)。湯ノ岳断層に沿う地震断層は、一般走向 N50°W の方向に約 15km にわたって追跡できる。井戸沢断層の西側トレースに沿う地震断層は、N20°W の方向に約 14 km にわたって追跡できる。これらの地震断層に沿っては、西落ちの垂直変位が卓越し、最大上下変位量は前者が約 0.9 m、後者が約 2.1 m である。また、高角西傾斜からほぼ垂直の断層面が多くの地点で観察でき、これは地形の起伏にかかわらず直線性が高い断層トレースと調和的である。地震断層が基盤岩からなる山地を横切るところでは、高角に西傾斜する断層面が露出し断層崖を形成し

た(第3a, b図). 一方, 沖積低地を横切るところでは, 地震断層は西側低下の撓曲崖として出現し, 崖の頂部に開口亀裂を伴っていた(第3c, d図). これは基盤岩中の断層変位が堆積層の中では分散し, 撓曲変形するためと考えられる. 開口亀裂は, 地震断層が右ずれ変位を伴う場合には左雁行配列し, 左ずれを伴う場合は右雁行配列するように, リーデル剪断の方向に出現した.

3. 井戸沢断層の活動履歴

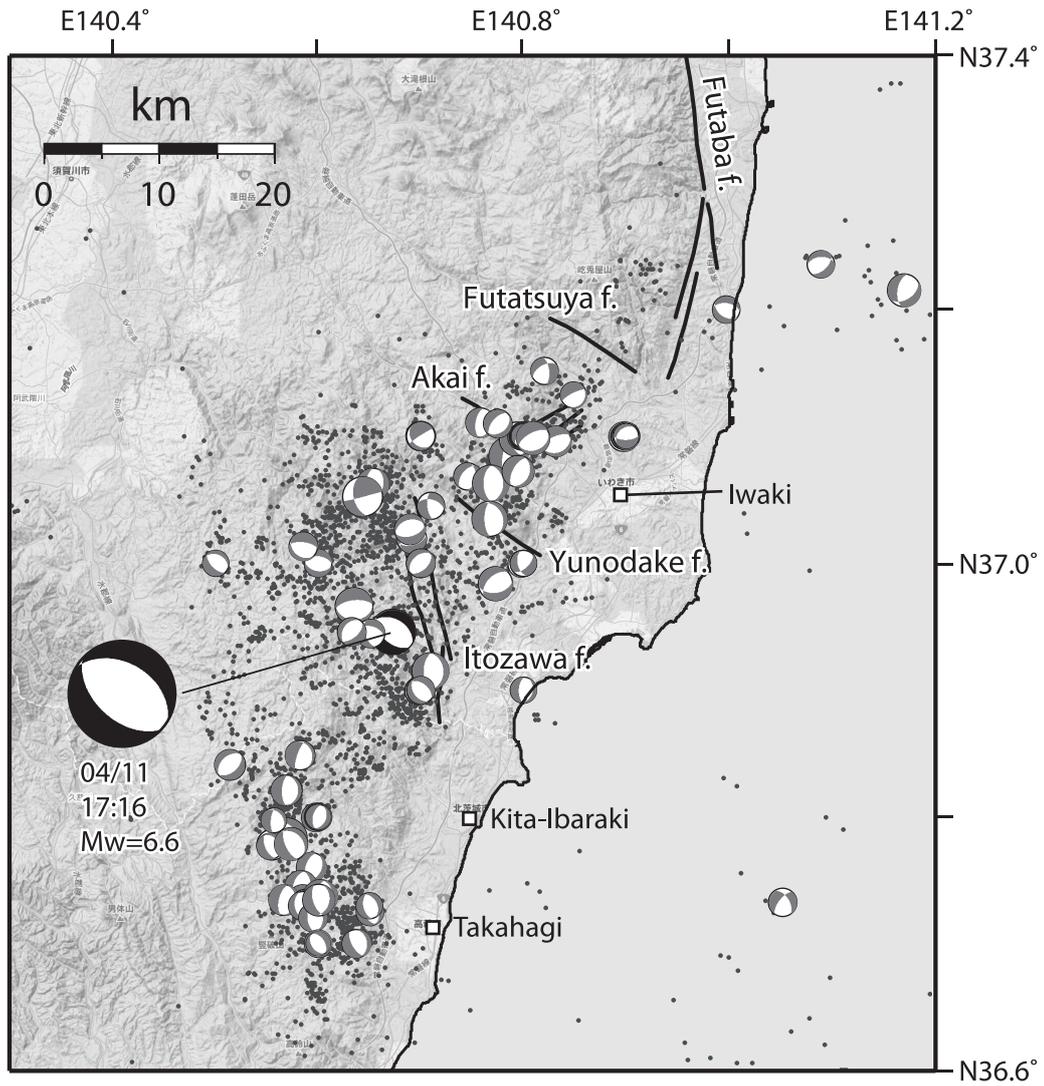
誘発された正断層大地震の地震断層の活動史を調べることによって海溝型超巨大地震の履歴を間接的に明らかにできる可能性があると考え, 井戸沢断層の西側トレースでトレンチ掘削調査を行った(第3e図). 調査は, 2011年9月に田人町黒田掛橋の別当川南岸で実施した. この地点では, 別当川が形成した河岸段丘を横切って, 35 cmの右横ずれ変位を伴う高さ1.2 mの西落ちの地震断層が出現した. 掘削したトレンチは長さ約15 m, 幅約7 m, 深さ約3.5 mである. トレンチ壁面には, 別当川が運んできた礫層とそれを覆う砂層・シルト層・腐植土層, およびそれらを変位させる高角度西傾斜の正断層が露出した(第4図). 断層帯の東西両側に分布する地層を層相に基づいてA~F層に区分し, さらに断層の低下側(西側)のみに分布するあるいは厚く堆積する地層をX・Y層として区分した.

地層の変形パターンや変形量から, 2011年4月11日の地震に先行するイベントの痕跡を見いだした. A~C層は地表と同様に變形し, 上下変位量が約1.2 mで撓曲の基部がS6付近に位置する. それに対して, 下位のD~F層は上下変位量が約1.5 mとより大きく, 撓曲の基部がより西方のS5付近に位置する. すなわち, 上位の地層と下位の地層で変形量と変形構造が異なる. またA~F層は変形帯を挟んでほぼ同じ層厚であるのに対して, 断層の低下側のC層とD層の間には低地を埋めた堆積物であるX層とY層が分布する. また, S4.5~5付近のD層とE層には開口クラックとそれを埋めた構造が見られ, 北面では同じ層準に腐植質シルト層に挟まれた粗~中粒砂層が液状化して流動した痕跡が認められる. これらの観察事項に基づき, 2011年地震に先行する断層活動のイベント層準をD層の上面に認定した. ただし, このイベントに伴う西落ち変位量は約30 cmであり, 最新イベントの上下変位量と比べて有意に小さい. また, 開口クラックの出現位置が撓曲崖の頂部ではなく基部にあるのは最新イベントと同様な地表変形では説明が困難であり, 先行するイベントの断層運動は2011年とはかなり異なっていた可能性がある.

この古地震イベントの時期を特定するために, 壁面から採取された木片や炭の年代測定を行った. イベント層準の下位のD層やE層からは19400~16820 cal. yBPの4つの年代値が得られ, イベント層準の直上のX層からは, 12890~12620 cal. yBPの年代値が得られた. よって先行するイベントは, 12500~17000年前に発生したと考えられる. すなわち, 2011年3月の地震に匹敵する津波を伴ったと考えられている西暦869年の貞観地震前後には, 井戸沢断層の西側トレースは活動しなかったことが判明した. 福島県南東部には, 湯ノ岳断層や井戸沢断層と同様の北西走向の正断層が数条分布している. 今後, これらの正断層群のトレンチ掘削調査を進める必要がある.

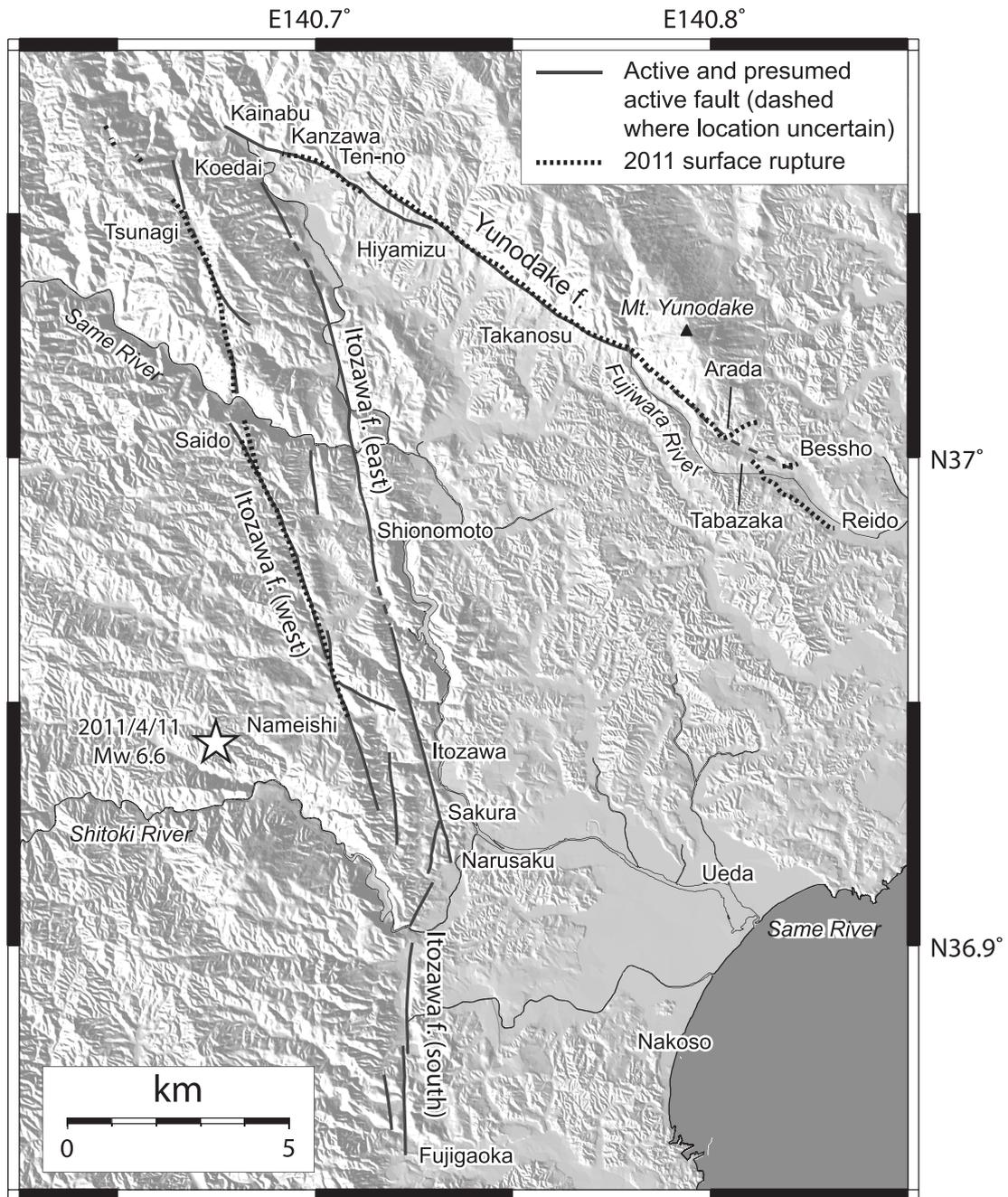
参考文献

- 1) 堤 浩之・遠田晋次, 2012, 2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌. 118, 559-570.



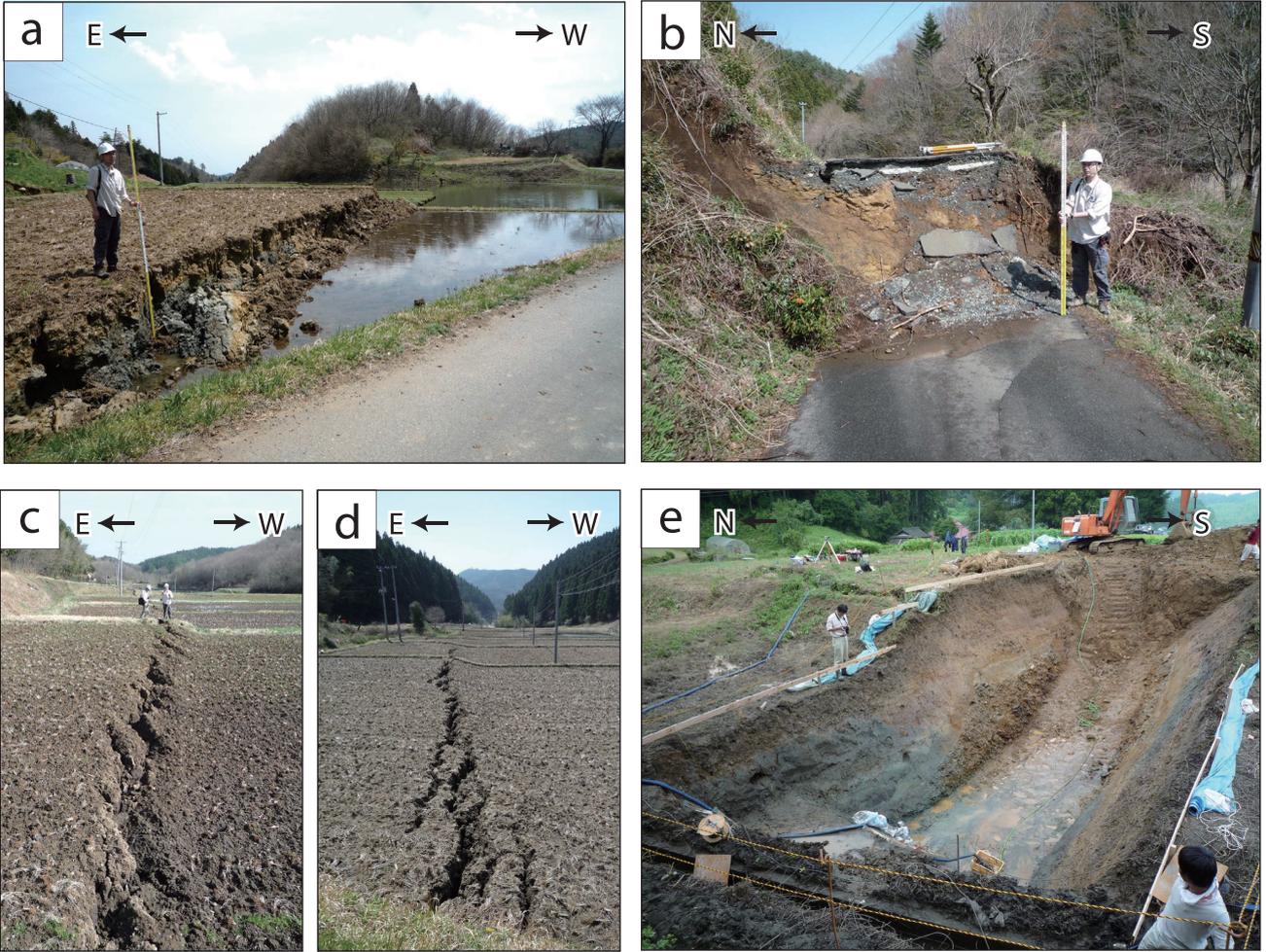
第1図 2011年3月11日以降のいわき市周辺の地震活動。

Fig. 1. Focal mechanisms of large shallow earthquakes including the 11 April 2011 Iwaki event since the Tohoku-oki mainshock (F-net catalog from NIED). Small dots are earthquakes occurred after the Tohoku-oki mainshock (depth ≤ 20 km, 2011/03/11-2011/08/10).

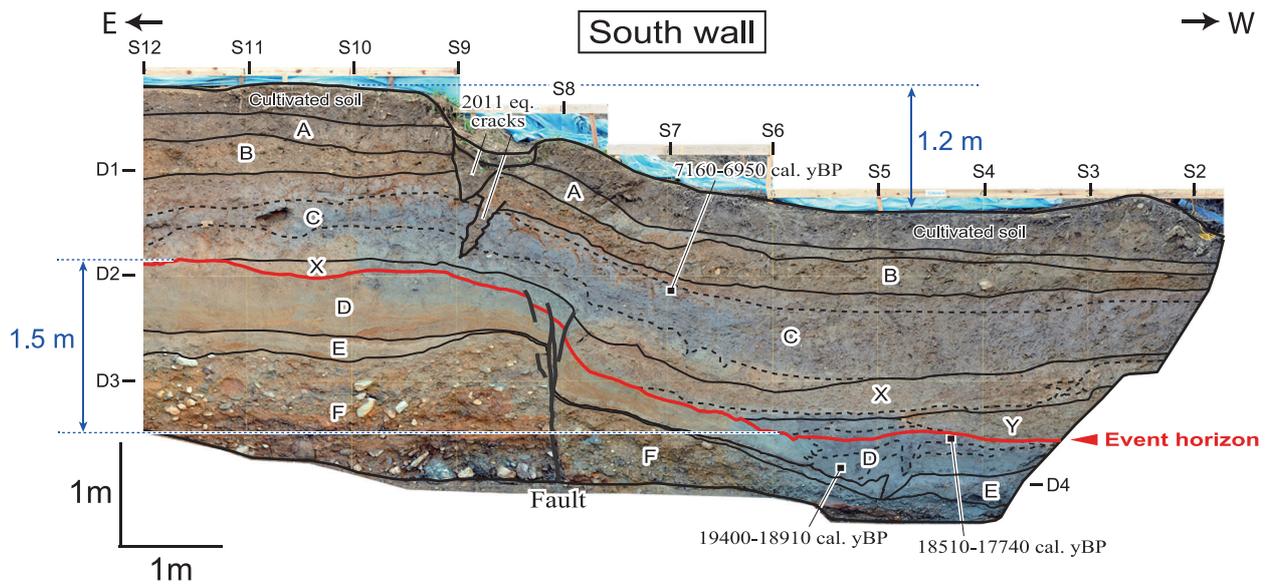


第2図 震源域周辺の活断層と福島県浜通りの地震の地震断層

Fig. 2. Spatial relation between the surface rupture of the 2011 Fukushima-ken Hamadori earthquake and active and presumed active faults.



第3図 地震断層と井戸沢断層の西側トレースで掘削されたトレンチの現地写真
 Fig. 3. Field photographs of the surface rupture and trench across the western strand of the Itozawa fault.



第4図 井戸沢断層の西側トレースで掘削されたトレンチの南壁面の写真と地層区分
 Fig. 4. Log and photo mosaic of the south wall of the trench excavated across the western strand of the Itozawa fault.