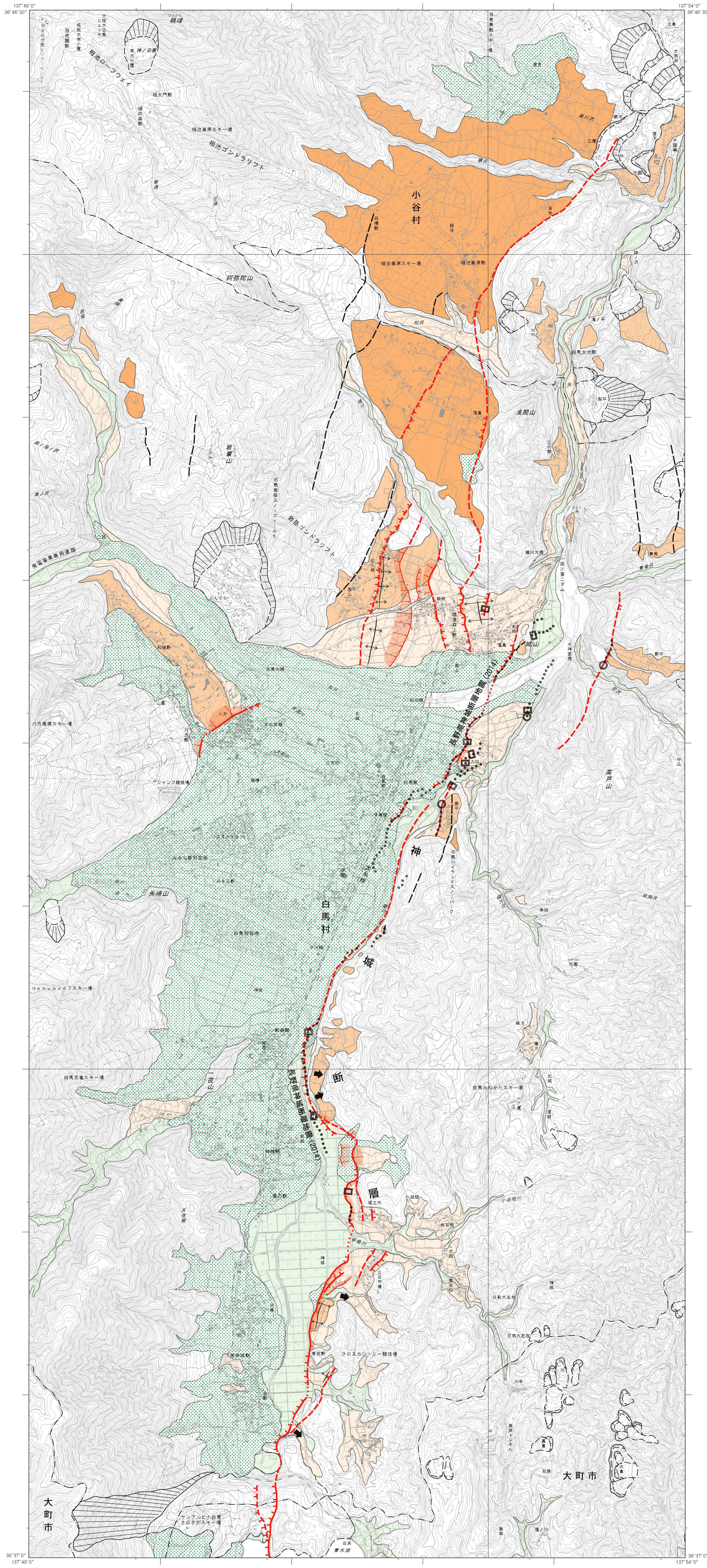
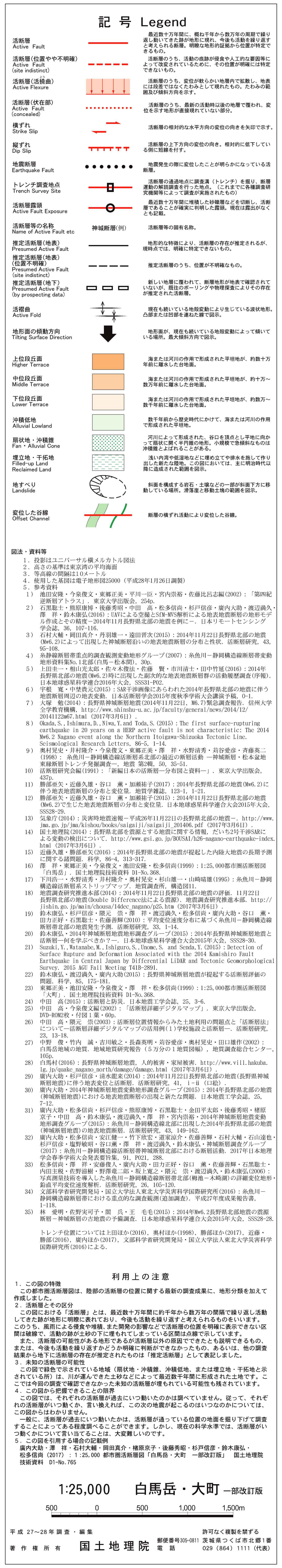




1．はじめに

2014年長野県北部の地震（長野県は長野県神城断層地震と命名）は，長野県北安曇郡白馬村東部を震源とするM6.7の内陸直下型地震であり（図1），長野市，小川村，小谷村で震度6弱，白馬村，信濃町で震度5強を観測した．この地震に伴って，明瞭な地表地震断層（以下「地震断層」という）が出現した．国土地理院は，この地震断層が確認された地域を含む1:25,000都市圏活断層図「白馬岳」，「大町」を1999年に調査・公開している．その後，糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ（2007）によっても詳細な活断層位置情報が調査され，公表されている．

2014年長野県北部の地震で出現した地震断層を既存の図に重ねると，「活断層」とはほぼ一致する．一方「活断層（位置やや不明確）」の活断層については，断層線から離れた場所や，これまで活断層が指摘されていなかった位置に地震断層が出現した箇所があった（図2）．

これを受け，地震断層が出現した範囲を中心に，新たな知見を踏まえて改めて調査を実施し，1:25,000都市圏活断層図「白馬岳・大町　一部改訂版」を作成した．ここでは地震断層の位置を図上に示し，見直した活断層線と比較しながら，両者の一致や相違を検討し，主に地形判読に基づく活断層図で何をどこまで表現しているのかなど，地震断層と活断層の関係を踏まえた解説を載せた．この一部改訂版を通して，活断層図や内陸地震被害への理解が深まることをめざしている．

2．2014年長野県北部の地震の概要

2014年長野県北部の地震は，2014年11月22日の22:08に発生したM6.7の地震である．震源位置は長野県北安曇郡白馬村東部の北緯36度41.5分，東経137度53.4分，深さ約5kmで，地震後の余震分布と本震の発震機構から推定される震源断層は，北西南東方向に圧力軸を持ち，南北方向に延びる東傾斜の逆断層とされる（地震調査研究推進本部，2014；気象庁，2014）（図3）．この地震によって，糸魚川―静岡構造線断層帯（以下「糸静線」）北部の神城断層（下川ほか，1995；澤ほか，1999；東郷ほか，1999）沿いに，長さ約9kmの地震断層が断続的に出現した．また国土地理院によるSAR干渉解析では，地震後に神城断層を挟んで東側（上盤側）は西方向・上方に最大約1m変動し，西側（下盤側）は東方向・下方へ最大20cm程度変動したとされる（国土地理院，2014）．

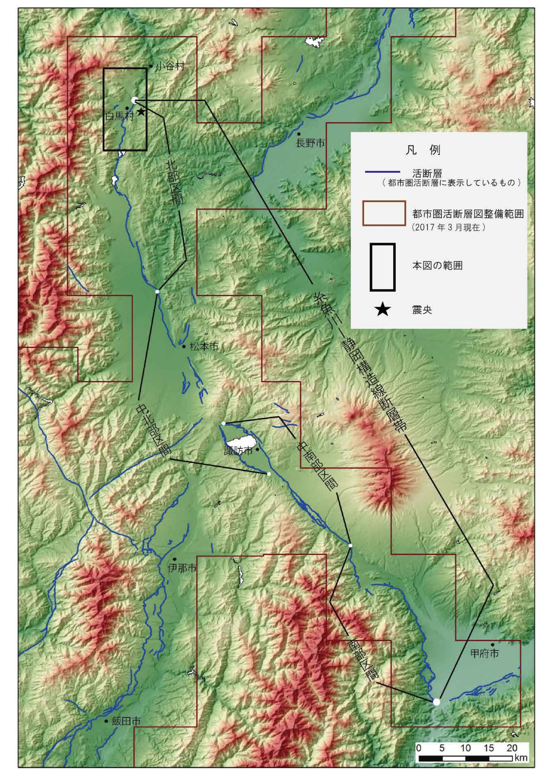


図1　糸魚川―静岡構造線断層帯とその周辺の活断層
（陰影図はSRTM(Shuttle Radar Topography Mission)の90mDEMから国土地理院作成．活断層は都市圏活断層図より引用．）

3．神城断層の位置情報に関するこれまでの研究

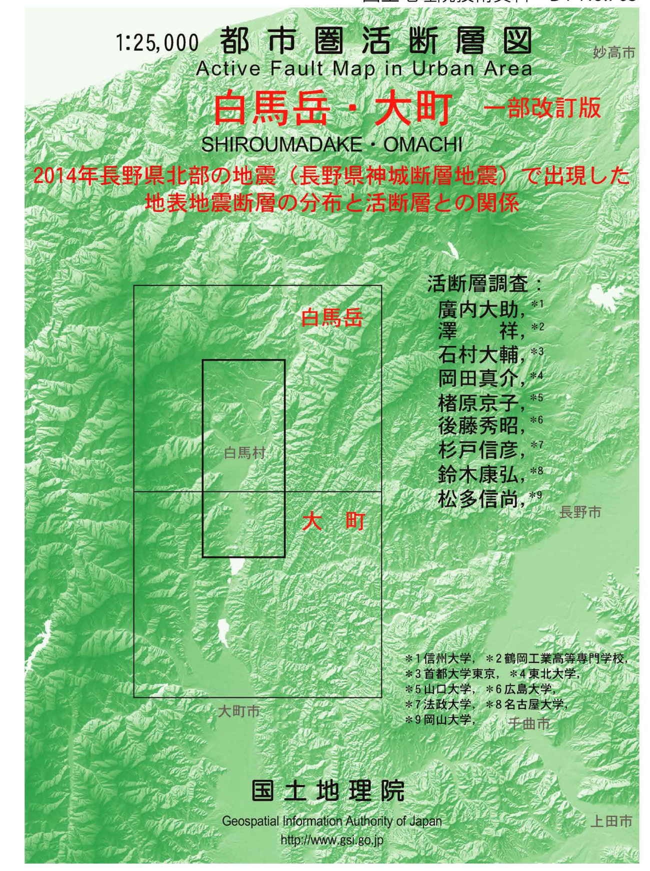
神城断層を含む糸静線では，下川ほか（1995）「糸魚川―静岡構造線活断層系ストリップマップ」によってその位置と研究成果が網羅的にまとめられ，その後，1：25,000都市圏活断層図（澤ほか，1999；東郷ほか，1999）が刊行された．これらは，1:200,000地勢図を基図とする活断層研究会（1991）「新編日本の活断層」に比べ，より詳細な位置情報が図示されている．その後に発行された池田ほか編（2002）や中田・今泉（2002）の神城断層の断層線は，澤ほか（1999），東郷ほか（1999）と概ね一致する．

2005～2009年度には糸魚川―静岡構造線断層帯における重点的な調査観測（以下「糸静線重点調査観測」）が行われた（松多ほか，2006；糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2007；鈴木ほか，2010）（図4）．これらの研究では，詳細な地形面区分とともに断層変位地形が網羅的に記載され，従来以上に詳しい変動地形が図示された．この研究では，オルソ画像上に断層線が図示されており，断層の正確な位置情報が明示されている．また，写真測量によって地形改変の少ない時代の地形に基づいた鉛直変位量が計測されており，断層の認定根拠がより明確に示されている．

以上，述べてきた研究における活断層線の位置は，基本的にいずれも整合的なものである．松多ほか（2006）と糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ（2007）は本図の活断層線と概ね一致するが，本図ではいくつかの地点で断層変位地形を追加したほか，断層線の連続を変更した．

4．2014年長野県北部の地震で出現した地震断層

2014年長野県北部の地震に伴って出現した地震断層は，多くの場所で既知の神城断層に沿って出現した．地表変位は北部の塩島～大出間とその南延長部，飯森，飯田付近で明瞭である．起震断層は東傾斜の逆断層であり（図3），大出や飯田，堀之内の地震断層は，波長の長い撓曲変形を伴う．また，地震断層がいくつか並走する箇所も存在する（図2）．地震断層については，大学や研究機関が現地調査を行い，報告してきた（例えば，大塚ほか，2014；Okada et al，2015；勝部ほか，2015；廣内ほか，2015；林ほか，2015など）．本稿では主に廣内ほか（2015）を中心にして地震断層を紹介する．廣内ほか（2015）では撓曲変形を考慮して，通常の地形断面測量に加えてUAV（小型無人航空機）などから撮影した画像に基づいて作成したDSM（数値表層モデル）上で測線をとり地形計測を行った



国土地理院技術資料　D1-No.765

1:25,000 都市圏活断層図
Active Fault Map in Urban Area

白馬岳・大町　一部改訂版
SHIROUMADAKE・OMACHI

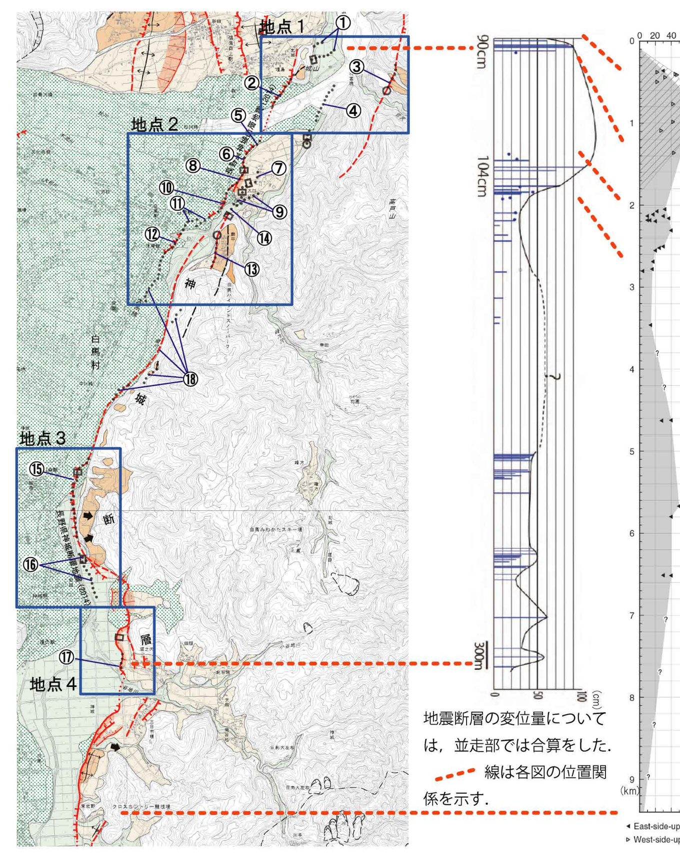
2014年長野県北部の地震（長野県神城断層地震）で出現した地表地震断層の分布と活断層との関係

活断層調査：
廣内大助，*1
澤　祥，*2
石村大輔，*3
岡田真介，*4
楮原京子，*5
後藤秀昭，*6
杉戸信彦，*7
鈴木康弘，*8
松多信尚，*9

*1信州大学，*2鶴岡工業高等専門学校，*3首都大学東京，*4東北大学，*5山口大学，*6広島大学，*7法政大学，*8名古屋大学，*9岡山大学，

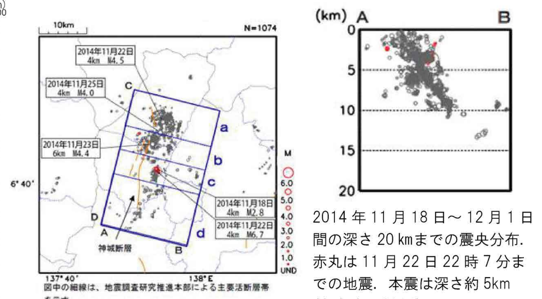
国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan
http://www.gsi.go.jp

1:25,000　都市圏活断層図　　白馬岳・大町　一部改訂版



地震断層の変位量については，並走部では合算をした．■線は各図の位置関係を示す．

図2 地震断層位置図（左図）と変位量分布図（右2図）
（変位量図の詳細は，廣内ほか（2015）（左）とOkada et al.(2015)（右）を参照）



2014年11月18日～12月1日間の深さ20kmまでの震央分布．赤丸は11月22日22時7分までの地震．本震は深さ約5km（気象庁，2014）．

図3　本震前後の地震活動
左図は分布平面図．右図はA-Bから見た投影断面図．

（図5）．堀之内付近では，水田の傾きなどから微細な変位を抽出して，正確な上下変位量の計測に努めた（石黒ほか，2016）．

4-1塩島（図2の地点1．○数字は図2地震断層位置）

地震断層は，①北端では城山から北東へ最大約300m出現した一方，②松川左岸では城山から松川までの約300mに渡って東側上がりで出現した（図6）．変位量は約85～90cmであった．③また塩島の東方約1kmの野平では，これまで断層が指摘されていない箇所に西側隆起の低崖が約250m出現し，上下変位量は約30～50cmであった．さらに④松川と姫川合流点付近から姫川左岸に沿って，西側隆起の崖が約700mにわたって断続的に出現した．

4-2大出～白馬（図2の地点2．○数字は図2地震断層位置）

松川右岸では，⑤下位段丘の縁に沿って流れる用水路を南東側上がりに断続的に離水させ，段丘崖を横切る農道を約16cm南東側上がりに変位させる地震断層が認められた．⑥その南で地震断層は，農地に南北方向に東側上がりの変位を与えている．大出北方を東西に横切る道路では，路面が短縮により座屈変形し，その傍らの農地でも東側上がり約27cmの変

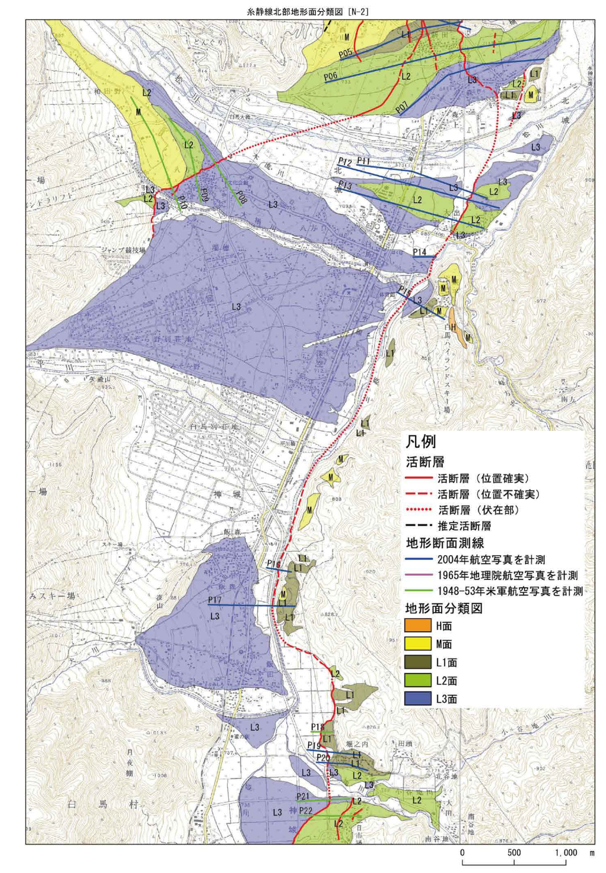


図4　糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ（2007）作成の断層図

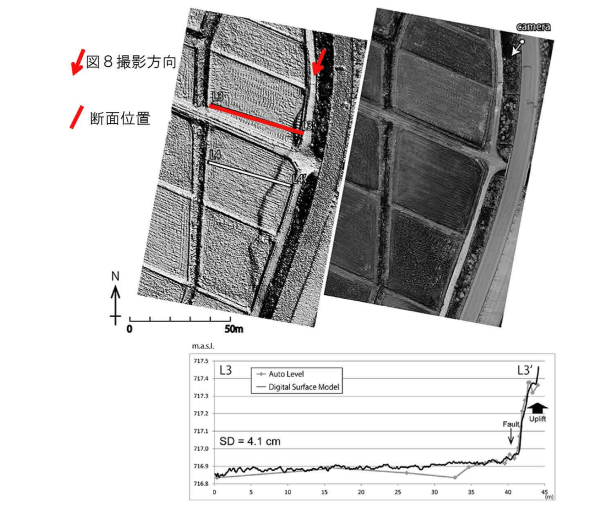


図5　UAVによる撮影写真から作成したDSMと地形断面（石黒ほか，2016）

図6　塩島地区に現れた地震断層（撮影者は廣内大助）
水田中道路を横切る地震断層．東側隆起の変位が見られる．

位が認められた（図7）．⑦～⑩付近ではいずれも東側上がりの3条の地震断層が出現した．⑧最も西側は既存の撓曲崖が，さらに成長する形で西へ撓む変形が認められ，撓曲崖基部にも東側隆起の変位が認められた．また⑨下位段丘上にこれまで認められていなかった東側上がり約20～30cmの低断層崖が湾曲しながら約300m，その南の姫川左岸にも変位が連続した．⑩最も西側の地震断層は国道406号線を横切り，南北方向で東側隆起約20～40cmの変位を与えながら，さらに南へ断層崖を出現させた．⑪大出の南では，走向を北東から東北東方向に変化させながら西へステップし，平川の扇状地上に白馬駅の東約150m付近へ断続的に追跡できる．⑫白馬駅の東より南へも約1.1km東側隆起の地震断層が断続的に出現した．

⑬蕨平では大出で出現した地震断層の延長が姫川右岸の段丘上にも東側隆起数十cmで出現し，途中段丘崖で途切れるものの，中位段丘上まで約850mにわたって出現した．⑭姫川右岸の下位段丘では，2014年長野県北部の地震に伴う約1mの左横ずれ変位が報告され，さらに鉛直・水平変位の累積がわかる変動地形が報告された（Suzuki et al.,2015）．

4-3 飯森～飯田（図2の地点3．○数字は図2地震断層位置）

⑮飯森では県道33号の築堤西側の水田に，東側隆起約20～50cmの低断層崖がほぼ南北走向で出現した（図5・図8）．その南では県道33号線を東へ横切り飯田へ連続する．

⑯飯田では北西走向で湾曲しながら雁行する2条の地震断層が出現した．いずれも北東側隆起で，撓曲を伴いながら水田を約20～50cm変位させる．南側の断層崖は，既知の活断層線よりも平野側に約100～150m張り出して出現した．

4-4 堀之内（図2の地点4．○数字は図2地震断層位置）

⑰既存の断層線と県道33号線が交わる撓曲崖基部に，東側隆起の撓曲変位が出現した．他にはアスファルトの短縮などが認められたが，明瞭な地震断層は見られない．一方，水田面の一般勾配と西へ増傾斜した水田の勾配との差分から，約100mの地形断面で東側隆起の長波長撓曲変位約20～60cmが報告された（石黒ほか，2016）．また勝部ほか（2015）では，三日市場の既存断層線上で西側隆起の地震断層を報告した．

5．干渉SARや航空レーザ測量に見いだされる地震断層

2014年長野県北部の地震発生後，干渉SARや航空レーザ測量を利用した地震断層の検出と変位量の検討（宇根・中埜，2015；鈴木ほか，2015）が行われた．

図7　大出北方の地震断層（撮影者は廣内大助）

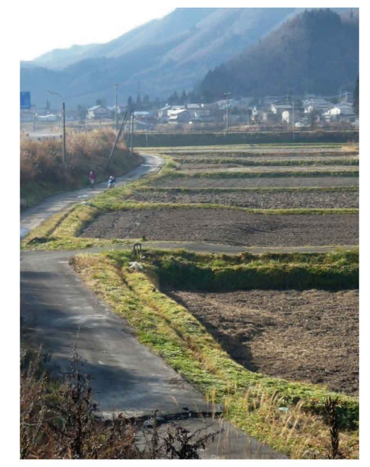


図8　飯森付近の地震断層（撮影者は鈴木康弘）

宇根・中埜（2015）は，JAXAが観測した合成開口レーダー画像を分析し作成した5つのSAR干渉画像を用いて，干渉縞のパターンが急激に変化する境界線と地震断層の位置関係を検討した（図9）．両者は神城断層北部の塩島～蕨平～深空と，南部の飯森～堀之内においてほぼ一致する．堀之内よりも南へ離れるにつれて干渉縞の間隔が広くなり，比較的緩やかな隆起または西向きの変動（水平距離約500mで1周期分（電波照射方向に約12cm）の変動）を示し，北とは異なる地殻変動様式が指摘されている（宇根・中埜，2015）．このことは，堀之内より南で地震断層が不明瞭な事実と整合する．

Suzuki et al.（2015）は，2014年長野県北部の地震後に観測した航空レーザ測量データと国土交通省松本砂防事務所提供の2008・2010・2012年計測データとの差分図を1mメッシュで作成した．地震前後の差分量が東上がり0.2～0.3　m以上で現れた場所は，地表踏査で確認された地震断層とよく一致しており，塩島～堀之内～三日市場まで線状に明瞭に連続する．地震断層踏査で不明瞭な場所も含め，地震前後の標高変化を0.1m程度の精度で稠密に推定・検出できることを示し，この手法の地震断層調査への有効性が指摘されている（Suzuki et al., 2015）．

6．地震断層と活断層の比較．これまでの断層図との主な変更点

この都市圏活断層図は，空中写真および，航空レーザ測量データから作成した図のステレオ実体視を行い，変動地形学的な地形判読に基づいて作成した活断層図である．一連の地形面が変位・変形するような確実な変動地形が認められれば，断層の存在や位置の信頼性が高く，この場合は単に「活断層」と表現されている．一方で侵食や堆積層による被覆，人為改変によって変動地形が一部ないし，全部が失われている場合，活断層の位置を正確に認定し，表すことが難しくなり，都市圏活断層図では，このような場合，「活断層（位置やや不明確）」と表現している．一方，変動地形が認められるが第四紀後期以降の活動を特定できないものや，その位置が不明確なものを「推定活断層」としている．

2014年長野県北部の地震は，都市圏活断層図（澤ほか，1999；東郷ほか，1999）や糸静線重点的調査観測（糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2007）の成果である活断層図で図示した範囲に，地震断層が出現した．したがって，2014年長野県北部の地震は，出現した地震断層の位置が活断層図でどのように表現されていたのか，検証できる貴重な事例である．当時の知見や空中写真の判読技術から作成された活断層図が，

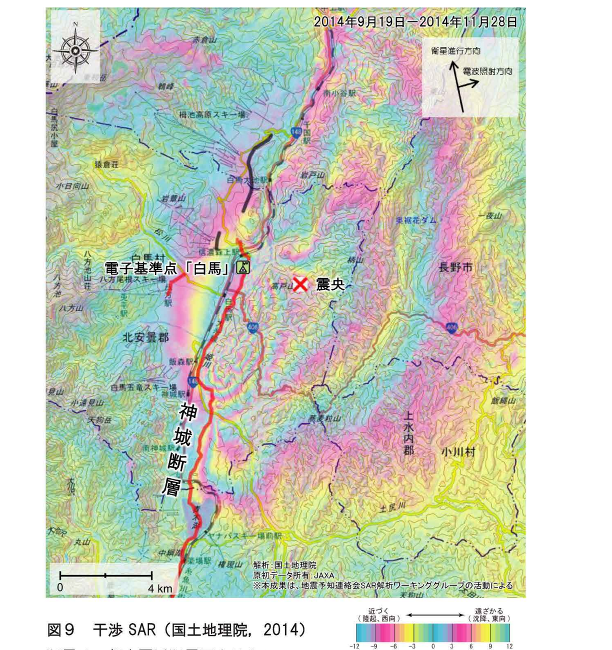


図9　干渉SAR（国土地理院，2014）
断層は，都市圏活断層図よりトレース
（赤線：活断層［含む伏在部］，黒線：推定活断層［含む位置やや不明確］）

2014年長野県北部の地震の地震断層をどの程度的確に表していたのかを検証し，地震断層が活断層の位置と大きく異なったり，地震断層出現前に活断層を認定できなった箇所について，その事実と背景を整理しておくことは，活断層図の適切な利用や変動地形研究の進展に必要と考えられる．地震断層と活断層図が異なった原因は3つに分けられ，A：侵食・堆積・人為改変による変位地形の消失，B：根拠不十分による非認定ないしは見落とし，C：活断層線位置不明確箇所における地震断層出現位置との相違（存

在自体はわかっても正確な位置は指摘できない）にまとめられる．今回の一部改訂版では原因Bについては，可能な範囲で活断層線を追加したが，AやCについては，根拠となる地形の消失という手法的限界により，見直しが難しい箇所が多い．ここではこれらの事例について取り上げ，地形判読によって作成される活断層図への理解と，適切な利用について考えていく．

6-1 塩島・野平（図2の地点1．○数字は図2地震断層位置）

塩島②では，糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ（2007）が指摘した位置に東側隆起の地震断層が出現した（図10）が，その北東の城山から約300m出現した①地震断層は沖積低地を横切っており，変動地形は見当たらず事前には指摘できない地点であった．

③の野平では約1.7kmの長さの断層線を新たに認定した．野平の中位段丘西端付近には南北約250mの地震断層が出現した．段丘は孤立丘に阻まれ西方は狭窄部となっている．下流側が高い閉塞丘以外は，連続性に乏しく活断層とする根拠に弱いとしてきたが，これを見直した．南の菅沢では，鮮新統岩戸山層（中野ほか，2002）に礫層が衝上する断層露頭の出現が認められ，活断層の重要な証拠といえる（図11）．

6-2 大出・蕨平（図2の地点2．○数字は図2地震断層位置）

大出北部から国道406号線とその南部付近まで（⑤⑥⑧⑩）は，明瞭な変動地形の分布から活断層図で位置確実な「活断層」とされており，地震断層はほぼ同じ位置に出現した．一方，この東に並走して2条の地震断層（⑦⑨）が出現し，そのうち西側の地震断層で実施されたトレンチ調査では累積変位が認められたが（上田ほか，2016），人為改変などにより変位地形が認められず，地震前に活断層を指摘できていなかった．地震後に空中写真等で地形を再判読しても，変動地形の認定は難しい．

姫川右岸にあたる⑬の蕨平では段丘上に約850mの活断層を新たに追加した．ここには東側隆起を伴う左横ずれを示す地震断層が出現した．林間に分布する変動地形であることから，2014年長野県北部の地震発生以前には，変動地形と認識することはできていなかったが，綿密な現地踏査と航空レーザ測量データの利用により，累積的な変位を示す変動地形が新たに指摘された（Suzuki et al.,2015）．

6-3　白馬駅東方～飯森（図2の地点2とその南方．○数字は図2地震断層位置）

⑱姫川右岸の丘陵とその基部に中位～高位段丘が点在し，これらは活断層の変位によって隆起したと解釈され，澤ほか（1999），東郷ほか

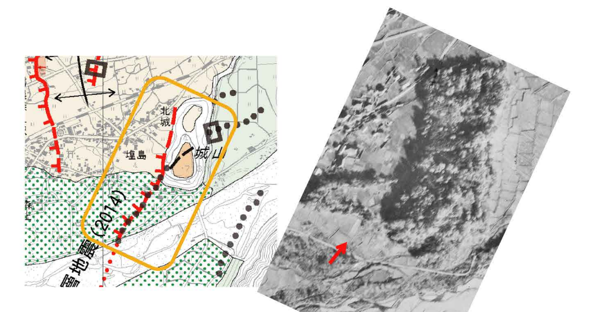


図10　城山南の地震断層
糸静線重点的調査観測変動地形グループ（2007）指摘の断層線上に地震断層が出現．
空中写真（米軍M432-82）で変形地形が確認できる．（黄枠は写真範囲）

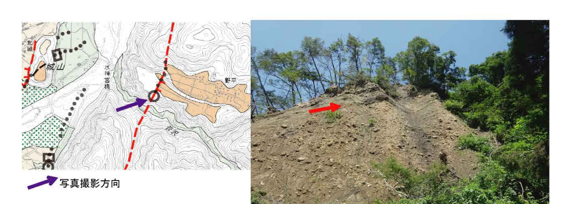


図11　菅沢に出現した断層露頭
礫層に衝上する鮮新統岩戸山層
（中野ほか，2002）（撮影者は廣内大助）

（1999）では，「活断層（位置やや不明確）」として姫川沿いに描かれてきた．2014年長野県北部の地震では，姫川右岸の山腹に地震断層が出現した．澤ほか（1999）や東郷ほか（1999）の活断層の位置と地震断層の出現位置が一見異なっているように見える．しかし，この区間は前述の根拠から，「活断層（位置やや不明確）」の表現となっている区間であり，出現位置が異なったわけではない．

⑫の白馬駅東側の地震断層は，従来から指摘されている断層線より約

250m西側に出現しており，少なからぬ違いとなっている．2014年長野県北部の地震以前の空中写真で見ると，地震断層東側に小丘が存在し，北方延長には，侵食で後退しているが，扇状地上に西落ちの低崖を認めることができる（図12），この地点は事前に詳細な検討ができれば，活断層の存在を推定できた可能性があり，新たに「活断層（位置やや不明確）」の線を追加した．できうる限り，人工改変前の地形を判読し，それを正確に表現する必要があることがあらためて認識された．

一方，姫川右岸山腹に断続的に出現した地震断層（Okada et al.,2015；大塚，2014）は，変位基準に乏しく空中写真等から事前に変動地形を見出すことは難しく，地震断層のみの表現とした．

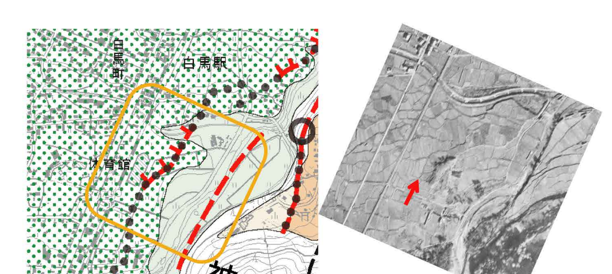


図12　体育館東の地震断層
地震断層位置の空中写真（米軍M432-82）で，変位地形が確認できる．（黄枠は写真範囲）

7．地震断層と被害の関係

地震では，耐震性の低い構造物が強震動によって倒壊し，人的被害が発生することが最も大きな問題である．一方，耐震性の高い構造物でも活断層の真上に位置する場合は，地震断層の変位（ずれ）・変形による被害を免れない（中田，2015；中田・隈元，2003）．

2014年長野県北部の地震の規模はM6.7であったが，東側隆起の地震断層が出現し，それらは撓曲・背斜状の膨らみ・傾動や亀裂として現れ，これらに伴う地盤の撓みや傾動によって建物被害が生じた例が報告されている（廣内・2014年神城断層地震変動地形調査グループ，2015）．強震動だけでなく地震断層に伴う地盤変状がおこす建物被害に注意する必要がある．

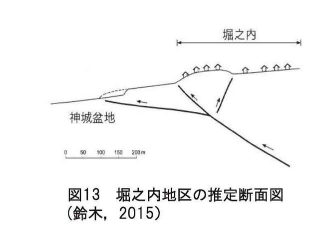


図13　堀之内地区の推定断面図
（鈴木，2015）

白馬村での家屋被害は堀之内地区に集中し，白馬村の住家全壊総戸数42戸のうち，33戸（約79%）におよぶ（白馬村，2015；2015年12月1日現在）．この被害の集中の原因を，軟弱地盤によって説明しようとする説がある．しかし，軟弱地盤が堀之内地区より厚く堆積している神城断層西側の神城盆地内では家屋に目立った被害はなく，墓石の倒壊も少ない（鈴木ほか，2015）．鈴木ほか（2015）は，堀之内地区の被害集中を，断層上盤側（隆起側）に生ずる激しい揺れと，複数の断層からなる複雑な構造による地盤変状等に起因する可能性を指摘している（図13）．地震断層による変位を含んだ地殻変動と建物被害の関係は不明な点も未だ多く，これは2016年熊本地震についても同様であり，今後より詳細に解明されることが期待される．

8. おわりに

本図では2014年長野県北部の地震で出現した地震断層を記載するとともに，活断層の分布を見直し両者の位置を比較・検討した．多くの地点ではほぼ既知の断層線に沿って地震断層が出現しており，活断層図が地震前に作成され，公表されていたことは地域防災を考える上で，一定の意味があった．一見して既知の断層線と地震断層の出現位置が異なる地点については，その多くが活断層図の表現の問題，すなわち人為改変や堆積・侵食によって変動地形が消失し位置が特定できなかったことによる「活断層（位置やや不明確）」であり，活断層図の調査作成方法とその検出限界とも関わっている．すなわち「活断層（位置やや不明確）」については，活断層の存在は指摘できる一方，その位置は推定根拠に応じて一定の幅を持って表現されたものである．

活断層図の作成にあたっては，地下構造探査や現地踏査を直接実施するなど，空中写真等の地形判読に加えて，複数の調査を組み合わせてより正確な情報を取得し，活断層を表現していく努力を続けていく必要がある．一方で活断層の位置については表現が難しく，特に活断層図の凡例が示す線種の意味を正しく周知し，活断層情報の使い方について丁寧に説明していく努力も必要である．