

地理空間情報を活用した防災情報・環境保全情報の作成と 効率的な発信に関する研究（第9年次）

実施期間	令和6年度
客員研究員 茨城大学	小荒井 衛
地理地殻活動研究センター	
地理情報解析研究室	吉田 一希

1. はじめに

本研究では、平成30年度～令和2年度に国土地理院が実施した液状化に関する総合技術開発プロジェクトに関連して、液状化評価基準の見直しを検討している。平成30年度は、中埜ほか（2015）の液状化ハザード評価における自然堤防の比高でのしきい値の見直しを検討し、比高2～3mをしきい値にした方が良いという結論を得た。令和元年度は、谷底平野の勾配の違いによる液状化評価基準について検討し、液状化リスク評価を区分するしきい値は現行以上に緩勾配側にした方が良いと判断した。令和2年度は、長野盆地西縁断層帯が位置する長野県飯山市において常時微動観測を実施し、善光寺地震の際に建物被害が顕著だった地域において、基盤深度が深く軟弱な地盤が厚いことを明らかにした。令和3年度は、茨城県水戸市と小美玉市の台地を刻む谷底平野において常時微動観測を実施し、同じ谷底平野であっても勾配や谷幅の違いに応じて地震時リスク評価の細分化が必要と分かった。令和4年度は、地形分類ではなく数値標高モデル（DEM）に着目した研究を行った。尾根谷密度に着目し、DEMの解析によって得られる地形量について、DEMの解像度とデータソースの違い（地形図の等高線起源か航空レーザ測量のデータ起源か）が解析する地形量にどう影響するのかについて検討した。山地では、データソースの異なるDEMで尾根谷密度を解析した場合、解析結果の数値が違っていても、尾根谷密度の数値の大小の空間分布の傾向は一緒であった。一方、平野では、航空レーザによるDEMで尾根谷密度を解析すると人工的な地形を反映した解析結果になってしまい、尾根谷密度の数値の大小の空間分布の傾向が全く違うものになっている。また、航空レーザデータの取得時期が異なる場合でも、空間分布の傾向が違っていることが分かった。

令和5年度以降は、常時微動観測に基づく活断層評価の研究を行っており、令和5年度は新潟県津南町の宮野原断層の活動履歴の検討を行った。令和6年度は、福島県浜通りに存在し、2011年4月に福島県浜通りの地震を引き起こした井戸沢断層（西側）（塩ノ平地区で約2mの地表地震断層が現れたため、以下「塩ノ平断層」と呼称する。）の過去の活動履歴について検討した。

2. 研究内容

研究対象地域は、阿武隈山地南東部に位置する福島県いわき市である（図-1）。いわき市周辺の地質図を図-2に示す。主に前期白亜紀の阿武隈花崗岩類、阿武隈変成岩から成っており、湯ノ岳断層と井戸沢断層に挟まれた楔状の範囲に新生代新第三紀中新世の堆積岩が分布している。塩ノ平断層周辺には、御斎所変成岩と呼ばれる塩基性岩起源の緑色片岩や細粒角閃石を主とした変成岩が分布している。

福島県浜通りの地震は2011年4月11日17時16分に深さ約6kmを震源として発生したM7.0の地震である。この地震は、東北地方太平洋沖地震によって誘発されて発生した大陸プレート内地震で、東北東-西南西方向に引張軸を持つ正断層型の地震であった。この地震により、主に塩ノ平断層と湯ノ岳断層に沿った広い範囲で地表地震断層が出現した。日本国内で正断層型の地表地震断層が出現し

たのは初めてのことである。正断層地震のため、建物被害等は断層線直上に集中して発生した（図-3；小荒井・岡谷，2011）。湯ノ岳断層の南東延長に当たる藤原断層と塩ノ平断層の北西延長にも活断層として認定されていなかった地点（綱木地区周辺）でも地表地震断層が出現した。この地震では、ALOS-InSAR 画像に、湯ノ岳断層、井戸沢断層、塩ノ平断層に沿って干涉縞の不連続が明瞭に見られ（図-4），これらの地点は地表地震断層が出現した場所と一致した（Kobayashi et.al.,2012）。



図-1 いわき市の位置図と主な断層

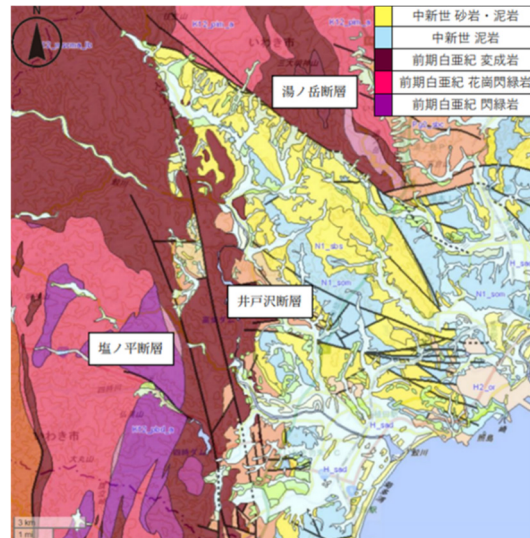


図-2 いわき周辺の地質図（シームレス地質図に加筆）



図-3 福島県浜通りの地震に係る災害現地調査結果
（小荒井・岡谷，2011）

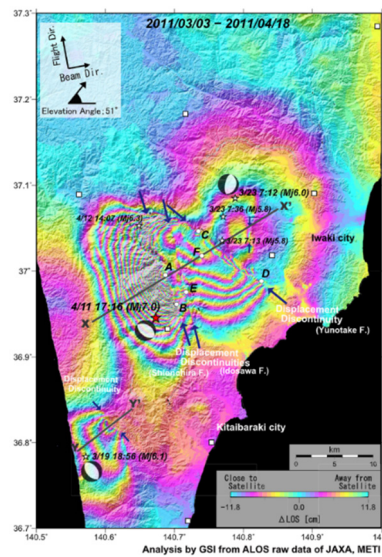


図-4 福島県浜通りの地震の SAR 干涉画像
（Kobayashi et al, 2012）

本研究では、塩ノ平断層について常時微動観測に基づく活断層活動履歴調査を行うこととした。具体的には、明瞭な地表地震断層が出現した塩ノ平地区において低断層崖の両側で常時微動計測を行うとともに、これまで活断層が存在すると知られていなかった綱木地区について、綱木の盆地内の 20 か

所で常時微動観測を行う。これらの計測結果を基に、塩ノ平断層の過去の活動履歴を明らかにするとともに、綱木の盆地の成因について検討する。

3. 得られた成果

3.1 塩ノ平地区での常時微動観測結果と考察

塩ノ平地区の地震直後の状況は、小荒井・岡谷（2011）が詳しく報告している。道路が寸断され約 190 cm の垂直変位があった。その変位は北側・南側の山地内に連続しており、直近の川は西から東に流れており、上流側が上盤側となっていて低下していたため、断層の西側に深さ約 190 cm の淵が形成されていた。対岸には厚さが数十 cm に及ぶ破碎帯が露出しており、厚い破碎帯の存在は繰り返し断層運動が活動してきたことを示唆している。

常時微動の観測は、河床が刻んだ谷内の平坦地で断層線を挟んだ 2 か所(上流側が 04, 下流側が 01)で行った(図-5 の右側)。観測地点の 2 地点の S 波速度構造を図-5 の左側に示す。縦軸が深度(単位は m)、横軸が S 波速度(単位は m/s)である。断層破碎帯を除くと、周辺の地質は変成岩(緑色片岩)が分布しており、やや硬い岩盤である。この地点では地下構造を知ることができるボーリングデータは存在しないが、約 300~400 m/s 前後で大幅に S 波速度が変化する深度を基盤の深度と仮定して検討を行った。基盤深度の S 波速度を 300 m/s と設定して比較すると、5 m 以上(6 m 弱)西側が低下する基盤のズレが確認できた。2011 年で約 1.9 m の垂直変位があったため、過去の活動で同程度の変位が発生したと考えると、河川が形成されてから最低 3 回の活動(変位の累積)があったことが考えられる。地震直後の現地調査では断層を挟んで上流側が 1.9 m 低下して深い淵が形成されていたが、現在は軟弱な堆積物が厚く堆積し深さは 30 cm 程度に変化しており、周辺も水に飽和した軟弱な地盤であった。上流側の常時微動計測結果から、200 m/s に達しない軟弱地盤が深度 4 m 弱、200 m/s 程度の軟弱地盤が深度 7 m 弱まで確認されており、複数の活動による上流側の低下による軟弱層の厚い堆積が示唆される結果である。常時微動観測結果で、断層の低下側に軟弱な層が厚く堆積しているのは、新潟県津南町の宮野原断層でも確認されている(小荒井ほか, 2024)。

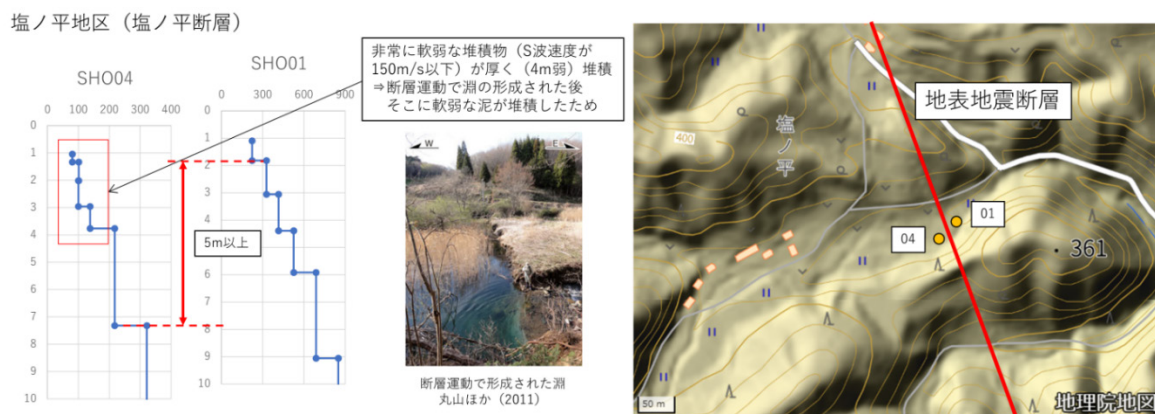


図-5 塩ノ平地区での常時微動観測地点とその地点の S 波速度構造

3.2 綱木地区での常時微動観測結果と考察

綱木地区の観測地点 20 点の位置と各点の深度 30 m までの平均 S 波速度 (AVS30) を図-6 に示す。綱木盆地の西縁の方が比較的小さい値となっているが、断層は盆地西縁に位置しており破碎帯の影響等も考えられる。盆地の南側で 60 cm の西側低下の地表地震断層が出現したが、その周辺(西から地

点 18, 19, 20) での計測結果を比較した (図-7). 基盤深度に達する S 波速度を 300 m/s と設定すると, 断層を境に 130 cm 程度の西落ちの基盤のズレが確認できた. 2 回分の変位を記録している可能性がある.

塩ノ平と綱木での常時微動計測結果は, 2011 年の地震と同様の活動が過去も累積していたと考えられるものであった. ただし, 綱木での基盤のズレは 2 回程度と考えられるのに対して, 塩ノ平では 3 回以上の可能性が考えられるので, 過去の活動には縁辺部の綱木までには及ばず, 塩ノ平周辺でのみ動いた変動があった可能性も示唆する. また, 綱木盆地の形成に塩ノ平断層が関与したと考えると, 断層運動が西側低下のため矛盾するが, 綱木盆地内の AVS30 の数値が比較的大きいので, 基盤深度は余り深くはない. このことは, 西側低下の断層運動により盆地がそれほど低下せず堆積層が薄いこととは整合的である.

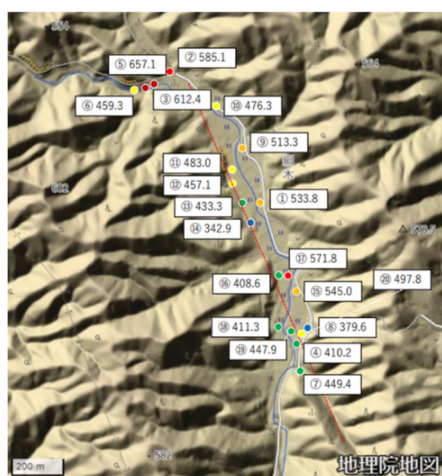


図-6 綱木地区の常時微動観測地点と AVS30 の値

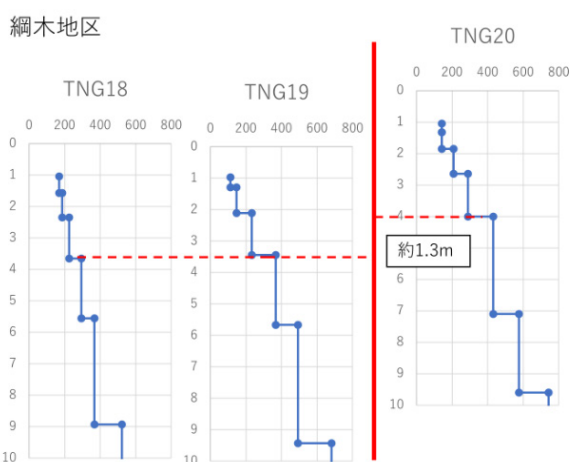


図-7 綱木地区での塩ノ平断層を挟んだ常時微動観測結果

4. まとめ

塩ノ平断層は, 過去にも何回か 2011 年の地震と同センスの活動を繰り返していた. 2011 年の活動の北端にある綱木は, 過去の地震で変位が及ばない地震があった可能性 (毎回活動はしていない可能性) がある. そのため地形痕跡が残されず, 活断層と認識されていなかった. 常時微動計測は断層近傍の地下構造推定に有用で, 断層露頭や断層地形の見られない地域での議論が可能である.

謝辞

データの収集や解析の作業の一部は, 大学院理工学研究科理学専攻地球環境科学コース修士 2 年の金子朋紀氏の修士研究として実施したものである. 本研究の常時微動観測は, 茨城大学と防災科学技術研究所との共同研究協定に基づくもので, 同研究所の先名重樹氏に一次的な解析をしていただいた.

参考文献

- 小荒井衛, 岡谷隆基 (2011) : いわき市内陸部における 4 月 11 日福島県浜通りの地震に係る災害現地調査報告, <https://www.gsi.go.jp/common/000060535.pdf> (accessed 31 July 2025).
- 小荒井衛, 中島展之, 先名重樹, 吾妻崇, 吉田一希, 中楚貴元 (2024) : Sismic hazard risk of Miyanojima fault estimated by micro tremor observation, 日本地球惑星科学 2024 年連合大会.

Kobayashi,T., Tobita,M. , Koarai,M. , Okatani,T., Suzuki,A., Noguchi,Y., Yamanaka,M., Miyahara,B (2012) :
InSAR-derived crustal deformation and fault models of normal faulting earthquake (M_j 7.0) in the Fukushima-
Hamadori area, Earth Planets Space, No.64, 1209–1221.