

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 10 年次）

実施期間	令和 7 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	吉田 一希
地理情報解析研究室	

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 2～3 m 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）の過去の活動履歴について検討した。令和 7 年度は、福島県浜通り地方の活断層である双葉断層について、常時微動計測を用いて検討した。

2. 研究内容

研究対象地域は、福島県浜通り地方の阿武隈山地東縁に位置する双葉断層である（図-1）。双葉断層は地形としてはっきりとしたリニアメントが観察される地質断層であるが、活断層として活動的な部分は北部に限定されており（活断層研究会，1991）、南相馬市から相馬市にかけての活動が明らかになっている。周辺の地質は、双葉断層の東側がジュラ系の堆積岩類、西側が中新世の塩手層の堆積岩類または天明山の火山岩類となっている（図-1）。

鈴木・小荒井（1989）は、南相馬市鹿島区の真野川沿いの栃窪地区と上真野川沿いの檜原地区とで、段丘礫層に約 1.2 m 東落ちの変位を与えている断層露頭と、それに連続する段丘面上に約 1.2 m の低断層崖を報告している。両地区の地形面区分については、段丘をⅠ面からⅤ面の五つに区分している。

一方、それよりも北にある宇多川沿いの相馬市山上地区では、松本（1976）が空中写真判読から低断層崖を報告しているが、その低断層崖の両側は違う時代に形成された段丘面であり、宇多川の河岸では段丘礫層が観察されず、河床露頭でも地質断層は観察されていない。そのため、相馬市周辺での双葉断層の活動状況は明らかにされていない。この地域は都市圏活断層図（金田ほか，2013）が整備されており、地形面については中位面，低位1面，低位2面，沖積面に区分されている。栃窪地区と榑原地区の二つの地形区分結果については、図-2 に示す。

その様な背景の下、南から榑原・栃窪・山上の3地区において常時微動観測を行い、周辺の地下構造を推定して、双葉断層の活動履歴の検討を行った。常時微動とは日常の振動等による地盤の揺れのことであり、それを観測することにより地盤の揺れやすさ、地盤の固さなどを推定することが可能である。本研究では観測点のS波速度構造を求める。S波速度が大きいほど固い地層であり、S波速度が大きく変化する深度が地層境界の深度となる。これらの情報から段丘礫層の基底と基盤岩の境界の深度を推定し、活断層の活動の評価に活用する。常時微動観測は非破壊で行うことができる物理探査手法であり、1回の計測が15分のため、機材の設置等の時間を含めても1点30分程度の時間で計測可能である。そのため、地下構造の分かっていない地域で面的に観測点を配備することによって、面的広がりを持って地下構造の推定が可能であり、露頭が少ない地域やボーリングデータが少ない地域において、地質調査を面的に補完する手法として期待できる。

本研究では、3地区において同じ段丘面上で低断層崖を挟んで崖に直交する方向に計測点を配備することによって地下構造を推定した。榑原地区では計38地点で、栃窪地区では計25地点で、宇多川沿いの山上地区では計15点で観測を行った。

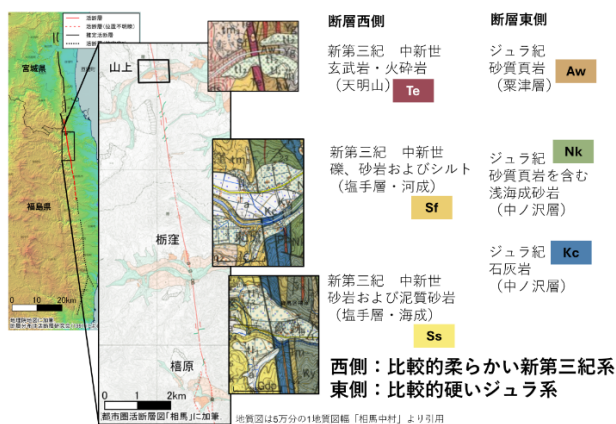


図-1 研究対象地域の位置図とその地域の地質図
(地質図は5万分1地質図「相馬中村」)

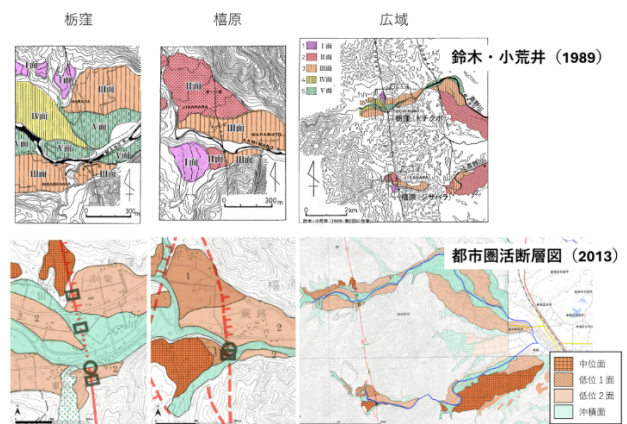


図-2 榑原地区と栃窪地区の地形面区分結果
(鈴木・小荒井，1989と金田ほか，2013)

3. 得られた成果

3.1 上真野川沿い榑原地区での常時微動観測結果と考察

段丘礫層の変位が観察できる双葉断層の露頭直上で常時微動観測を行った結果では、断層の西側のジュラ系が基盤の場所ではS波速度が300～400 m/sを越える深さが段丘礫層と基盤岩の境界深度だったのに対し、西側の新第三系塩手層が基盤の場所ではS波速度が200～300 m/sを越える深さが段丘礫層と基盤岩の境界深度であった（図-3）。その結果に基づき榑原地区の地下構造を推定したところ、Ⅱ面，Ⅲ面共に段丘礫層の基底深度に約1.5～2 mの差が認められた。Ⅲ面での観測結果を図-4に示す。この変位量は、Ⅱ面，Ⅲ面上の低断層崖の比高（約1.5 m）とおおむね一致している。栃窪の結果

で述べるように、断層活動 1 回当たりの垂直変位量が約 70 cm と推定されることから、Ⅱ面形成期とⅢ面形成期の間に断層活動は無く、Ⅲ面形成後 2 回の活動があったものと推定される。

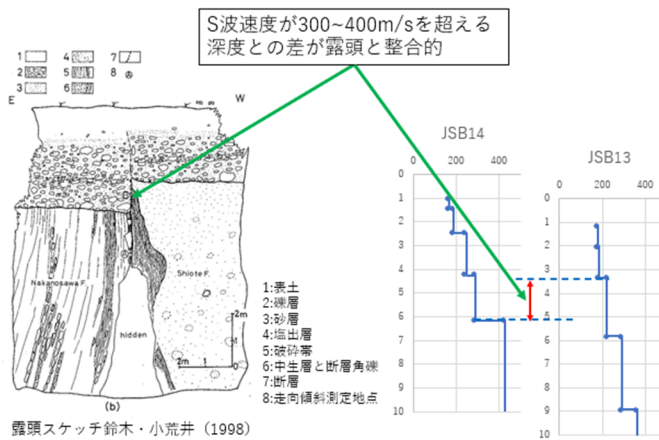


図-3 檜原の活断層露頭スケッチとその地点の S 波速度構造

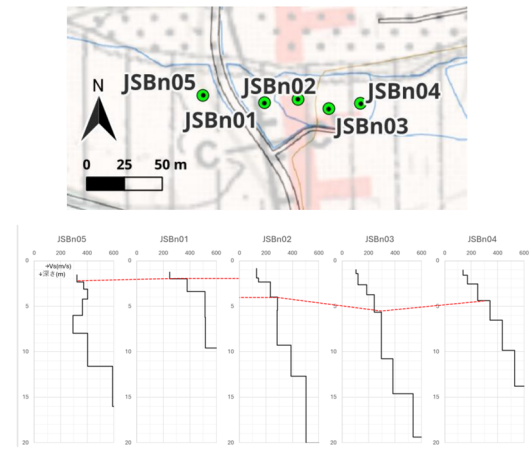


図-4 檜原地区Ⅲ面での常時微動観測地点とその地点の S 波速度構造

3.2 真野川沿い析窪地区での常時微動観測結果と考察

段丘礫層の変位が観察できる双葉断層の露頭直上で常時微動観測を行った結果では（現在露頭は被覆されているが、比高 1.2 m の低断層崖が存在する）、断層の西側では S 波速度が 200~300 m/s を越える深さが段丘礫層と基盤岩の境界深度、東側では S 波速度が 300~400 m/s を越える深さが段丘礫層と基盤岩の境界深度であった。その結果に基づき、析窪地区全体の地下構造を推定したところ、Ⅲ面では断層延長部を挟んで段丘礫層の基底深度に東落ち約 1.5 m の差が認められた。一方Ⅴ面では断層延長部を挟んで段丘礫層の基底深度に東落ち約 0.7 m の差が認められた。現在Ⅴ面には断層変位地形が残されていないが、このⅤ面で福島県が行ったトレンチ調査のスケッチ（図-5）を見ると、段丘礫層と基盤岩の深度に約 0.6 m のズレが残されているが、それを新しい砂礫層が埋めてしまっている。鈴木・小荒井（1989）は、断層より上流側にのみ鳥嘴状にⅣ面が存在するのは、断層運動で相対的に隆起した上流側にⅣ面が形成され、支流の侵食作用と堆積作用によりⅣ面が鳥嘴状に削られ、Ⅴ面上に存在した低断層崖が消失したと考察した。今回の常時微動観測結果はこの考察と矛盾せず、トレンチ調査の断面はこの考察を裏付ける内容である。

3.3 宇多川沿い山上地区での常時微動観測結果と考察

山上地区の基盤岩は、断層の東側がジュラ系、西側が中新世の天明山の溶岩・火砕岩のため、両側共に硬い地質である。そのため、段丘礫層と基盤岩の境界深度は S 波速度が 300~400 m/s を越える辺りの深度と仮定し、山上地区の地下構造を推定した。低位 1 面には低断層崖等は認められないが、常時微動観測による S 波速度構造を比較しても、断層を挟んで段丘礫層と基盤岩の境界深度に差は認められなかった。一方、中位段丘は断層を挟んで連続的には分布しないが、断層を挟んで段丘礫層と基盤岩の境界深度に約 2.5~4 m の差が認められた。中位段丘での観測結果を図-6 に示す。松本（1976）が報告した低断層崖は、同時代面を変位させている断層崖ではないが（中位面と低位 2 面の境界）、中位面に複数回の断層活動による高度差を与えている。しかし、最新活動は低位 1 面の形成より前であると考えられる。

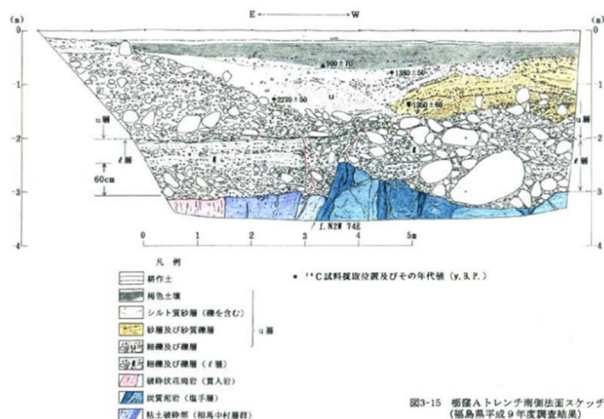


図-5 榎窪 A トレンチ南側法面スケッチ
(福島県, 1999)

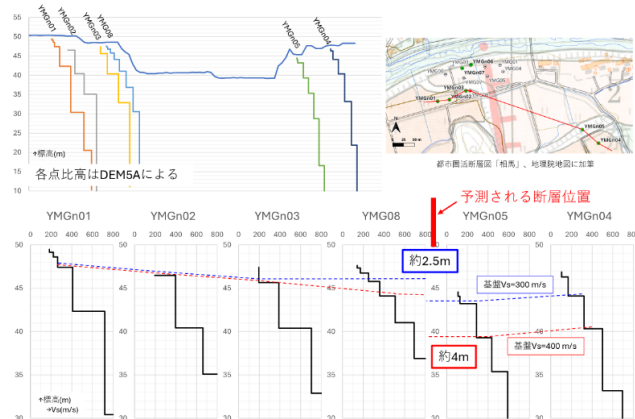


図-6 山上地区中位面での常時微動計測結果と
その地点の S 波速度構造

4. まとめ

双葉断層の北部地域に当たる榎原, 榎窪, 山上で常時微動観測を行った。その結果, 各観測地点の S 波速度構造を明らかにすることができ, 段丘礫層と基盤岩の境界の深度が明らかになった。その深度は双葉断層を境に高度差があることが明らかになった。榎原地区と榎窪地区の結果をまとめると, III面形成後に2回(1回当たりの垂直変位量が約70 cm)の断層活動があったが, 最新の活動の際にIV面が形成され, その後支流からの侵食・堆積によりV面が形成されたと考えられる。この結果は, 鈴木・小荒井(1989)の考察結果を裏付ける内容であった。また, より北部の宇多川沿いの山上地区では, 低断層崖を挟んで中位段丘の段丘礫層の基底深度に約2.5~4 m程度の垂直変位があるのに対し, 低位面では断層を挟んで基盤深度の変位は認められなかった。このことは, 双葉断層の最も活動的なエリアは南相馬市周辺であって, 北方延長の相馬市では過去に南の方が活動しても活動が到達しなかった場合もあったことを示唆しており, 最新の活動は低位2面形成期よりも前であったと考えられる。

謝辞

データの収集や解析の作業の一部は, 令和6年度に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(双葉断層の部分の研究成果)に, 令和7年度に4年生の長谷海王氏が卒業研究として追加解析した結果を合わせたものである。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博士に一次的な解析をしていただいた。

参考文献

- 福島県(1999):平成10年度地震関係基礎調査交付金双葉断層に関する調査成果報告書, 109p.
- 金田平太郎, 後藤秀昭, 廣内大助(2013):1:25,000 都市圏活断層図双葉断層帯とその周辺「亘理」「相馬」「南相馬」解説書。国土地理院技術資料, D1-No.643, 18p.
- 活断層研究会編(1991):新編日本の活断層一分布と資料一。東京大学出版会, 437p.
- 松本秀明(1976):阿武隈山地北東縁・塩手山付近の活断層。東北地理, 28, 176.
- 鈴木毅彦, 小荒井衛(1989):福島県相馬郡鹿島町における双葉断層(大谷断層)の断層露頭と最近の活動に関する一考察。活断層研究, 6, 23-29.