

2016 年度 第 1 回 断層活動性評価の高度化小委員会 議事録

1. 日時：8 月 30 日（火）16：00～17：30
2. 場所：土木学会講堂
3. 参加者（敬称略）：
委員長 金折裕司（元山口大学）
委員 阿部信太郎（産総研），大野裕記（四国電力），片川秀基（北陸電力），高木秀雄（早稲田大），遠田晋次（東北大），伝法谷宣洋（電源開発），平松良浩（金沢大），廣瀬丈洋（JAMSTEC），丸山正（産総研），三和公（東北電力），村田明広（徳島大），吉田英一（名古屋大）
幹事長 上田圭一（電中研）
幹事 相山光太郎（電中研），青柳恭平（電中研），木村治夫（電中研），佐々木俊法（電中研），秦弘和（中部電力），久松弘二（中部電力），溝口一生（電中研），岡崎和彦（ダイヤコンサルタント），田中竹延（阪神コンサルタンツ），飯田高弘（セレス）
オブザーバー 仲村治朗（中部電力），氏家禎男（北海道電力）鳥越祐司（東北電力），荒川武久（東京電力），米津和哉（関西電力），清木（中国電力），東（九州電力），牟田隆司（日本原電），山田晃裕（セレス）
4. 議題：
 - (1) 熊本地震に関する断層活動性の観点からの課題（フリーディスカッション）
 - (2) 「破碎部性状等による断層の活動性評価手法の高度化に関する研究」経過報告
 - (3) 関連する電中研の研究紹介
 - ① 凍結乾燥法及び包埋法を用いた断層ガウジの微細構造解析
 - ② 断層摩擦滑りに伴って生成される断層破碎物質（断層ガウジ）の特徴
 - (4) その他次回の日程調整 候補日：11 月上旬
5. 配布資料
 - No.1 委員名簿
 - No.2 前回議事録
 - No.3 熊本地震の特徴と断層活動性に関する課題
 - No.4 「破碎部性状等による断層の活動性評価手法の高度化に関する研究」報告資料
 - No.5 「凍結乾燥法及び包埋法を用いた断層ガウジの微細構造解析」スライド
 - No.6 「断層摩擦滑りに伴って生成される断層破碎物質（断層ガウジ）の特徴」スライド

6. 議事録概要：

金折委員長より、開会の挨拶がなされた。

また、前回資料 No.2 の前回議事録に基づいて議事内容の確認と承認がなされた。

(1) 熊本地震に関する断層活動性の観点からの課題（フリーディスカッション）

Q：日奈久断層が今回高野 - 白旗区間で動いたとのことであるが、日奈久区間と、高野 - 白旗区間の区分はどのように分けられているのか。

A：確かに断層トレース的にはどこで区切っているかわかりにくいですが、最新活動の範囲を考えると、途中のどこかで区切る必要があったと思う。

Q：地表地震断層が現れるのは 6km くらいの範囲であるが、余震分布をみると確かにこの区切りで別れるので、なんらかの構造的な違いがあるのではないか。

A：きちんとフォローはしていないのでわからないが、今後古地震の記録などをより詳細にみていくと、この区間わけがずれる可能性はあるのではないか。

C：日奈久断層帯での重力異常のデータから見ると、ちょうど、現在の日奈久区間と高野 - 白旗区間の区分けに合致している。おそらく地下構造の違いがありそうなので、地質構造との対応がつくと考えている。

Q：今回の地震は、地形・地質調査をしっかり行っていれば、いつ動くかというのはわかりにくいと思うが、動きやすい位置としては把握できていたという認識で良いか。

A：そのように考えている。木山断層と北甘木断層 2つの断層がグラーベン状に對をなしているとの意見があったが、震源断層を考える上で北傾斜の断層面だけを考えればいいのか気になる。木山断層と北甘木断層の関係はわかっているか。

A：変形がより顕著なのは南側の北傾斜の断層なので、これがメインだと考えている。西に向かってほうき状に枝分かれ、あるいは広がっているような可能性もある。走向方向に形を変えている可能性はある。

Q：断層変位との関係について。堂園から西に向かって分岐断層と言われている地表地震断層は、反射法で捉えた木山断層と近い位置にあるが、同じものと考えられるか。

A：反射でとらえているフラクチャーと 1 対 1 で対応するとは言い難いが、雁行しながら西に延びている可能性がある。

Q：日奈久断層が 85km、布田川断層も 50km くらいのマッピングがされており、その長さから考えると、M8 クラスが最大で予測されるので、今回の M7.3 は十分予測の範囲内ということで規模の予測としても問題なかったと言える。ただ、細かく検討していった場合、震源モデルが予測できるかという問題があって、地下の震源断層が地表地震断層としてどの程度認められるのか。今回は地表地震断層調査では 30km とのことだが、SAR のデータを考慮したりすると最大どの程度、地表の観測から動いたと言えるのか。

A：地表踏査で変位をマッピングできるのは30 km程度である。SAR で何かしらの変化が認められる範囲とすれば高野 - 白旗区間あたりまで、40 kmくらいになる。日奈久断層だと最大が80 kmくらいになるが、毎回その最大の長さが動いているというのは断層の変位量からすると辻褄が合わない。データで検証しにくい非現実的ではある。そう考えるとやはりいくつかの区間ごとで動いており、時折連動するというモデルになる。原子力施設ではやはり最大を考慮する必要があると思うが、地震予測の面で考えれば、連動区間を長くとり規模を大きくすると、その分地震の頻度が少なくなる計算になってしまう。頻度に関して考えることも重要であるため、現実的な区分けで検討していくのが必要である。

Q：熊本地震と大分の地震活動との関係については、今まで我々が知っている連動性・誘発地震のイメージと異なる印象を受けたが、如何か。

A：湯布院断層帯は震源域から50 kmと離れていないので、影響を及ぼしても問題ない距離である。気象庁では今まで観測されたことがないとの発表があるが、連動・誘発といっても様々なメカニズムが考えられるし、歴史地震を見れば連動・誘発している地震と思われるものも多いため、今回特別なことが起きたとは思っていない。ただ、大分の地震に関して講演では静的応力変化によるメカニズムで説明したが、地震動による誘発だという意見もある。

Q：本地域のような、横ずれ成分と正断層成分があるような地域があった場合、地表調査に基づいて断層モデルを作成する上で注意する点はあるか。

A：今回の断層は北西に60°くらい傾斜している。日奈久断層も西に傾斜している。普通横ずれ断層は垂直に考えたりする。例えば今回の結果を考慮すると中央構造線が傾斜している可能性も出てくるので横ずれ断層の断層面の傾斜に関してもよく考えて行く必要がある。

Q：雁行しているなどの地表断層の特徴があげられていたが、これらの特徴は火山噴出物が地表面に多いことと関連していると考えた方が良いのか、また阿蘇カルデラの外輪山を越えて地表地震断層が出ているが、カルデラの構造と地下の断層の関連をどう考えていけば良いのか。

A：阿蘇カルデラの一部に関しては累積変位の地形が認められている。後付けになってしまうが、やはり断層運動によって、累積的に地形変動が起こっている箇所は存在すると言える。

A：糸静線での例でいえば、粒径がそろっていない岩屑なだれの堆積物などが断層を覆っている。このようなところでは断層変位が上部の堆積物に覆われて地表に出ていない。逆に本地域のように火砕流堆積物などに覆われている場合、その下での断層変位が上部に出やすくなる可能性もある。火山噴出物だとどうなるかは言いにくいですが、断層を覆っている堆積物の性質によって地表断層が出やすい・出にくい・断層の出方の特徴などに影響することは確かである。

Q：実験から言えることなどはあるか。

A：雁行状配列は実験でも出る構造であるし、阿蘇の堆積物がこのような雁行状配列の特徴に影響している可能性はあると思う。ただ 1km の分布幅をもつ地表断層の特徴を全部堆積物の影響で説明するのは難しいと思われる。地下での断層の分岐なども考えられるし、地表断層への影響を考える要因はたくさんある。

A：SAR のデータにより、数 cm クラスの変位が確認できるようになってきた。これらの変位がどのように起こっているのかを議論していく必要はある。特にその断層が地下でどうつながっており、自分で動くメインの断層なのか、メインの断層の動きに合わせて受動的に動く断層なのかの判断も必要になる。しかし、例えば、受動的に動く断層だとしても例えば 2000 年で 2 cm 動くとして、2 万年で 20 cm となると C 級活断層相当になるため、受動的と言っても避けて通れない存在になる。

Q：そのような微小に動いている断層というのは起震断層にはならないのではないか。

A：地震を起こさないとしても、地表のズレが継続的に累積しているという点で原子力サイトを置くわけには行かないし、きちんと評価する必要があると思われる。

Q：渡辺一徳先生が読まれた地形区分が SAR のデータ（地震断層）とよく重なるとの紹介があったが、それは変動地形的なデータでもそのくらいの精度で読むことができると理解して良いのか。

A：今回の渡辺先生の地形判読は非常によくあっているが渡辺先生は地質の情報などもかなり加味して判読されている。地形地質のデータをどう活用し読み取っていくかは、まだ課題もあるが、電中研で今後とも取り組まれていくと思われる。

A：渡辺先生は火山学の先生でもあるので地質を十分に考慮して判読されている。古い論文であるが、詳細に地形判読されており細かいところもあっているのが非常に驚いている。これからは DEM 等も活用してより詳細な判定を行い、どの程度まで判読が可能なのかを研究していく。

(2) 「破碎帯性状等による断層の活動性評価手法の高度化に関する研究」経過報告

溝口幹事、相山幹事より、資料 No.4 に基づいて、表記研究の今フェーズの成果概要が説明され、以下の質疑応答があった。

Q：現時点で断層の活動性を評価する上で一番有効と考えている分析手法は何か。

A：この後報告する凍結乾燥法などでの観察に期待は持っているが、今のところ決め手はない。その原因としては、断層により地質状況が異なり、断層活動の影響だけを抽出しづらいことが挙げられる。そのためまずは、活断層、非活断層両者において同じ地質・熱水史でバックボーンが同じ状況下での比較が重要であると考えている。

Q：活断層、非活断層の比較で粘土鉱物に着目するのは良いと思う。しかし原岩が凝灰質砂岩なのに、破碎帯にイライトができてるのはどういうメカニズムだと考えている

のか。イライトというどうしても熱水の影響を想定してしまうが、例えば凝灰岩層が深部にあるときに断層ができ、そこに熱水が侵入してイライトが生成される。その後その弱面を使って断層が活動している、というイメージでよいのか。

A：同じように考えている。原岩にイライト/スメクタイト混合層がないので、破碎帯のイライト/スメクタイト混合層は、断層運動により弱面ができ、そこに熱水が侵入してイライトが生成されたと考えている。また、原岩では熱水の影響を受けず地表で斜長石が風化しハロイサイトになったのではないかと考えている。

C：花崗岩起源の破碎帯では地下の熱水の活動によってイライトが生成されて破碎帯中の粘土鉱物として含まれていることが多い。破碎帯を構成する粘土鉱物の種類として今回の宗像断層の破碎帯はイライトが含まれるということになると、花崗岩の破碎帯の性状と似てくるのではないか。これは花崗岩での手法が使えるという利点になるかもしれないが、せっかく堆積岩特有の性状を調べようとしている本研究の目的とはそぐわない可能性が出てくるので注意した方がよい。

C：地震が起こった時に震源域になるような地点でスメクタイトがあると、断層運動による摩擦発熱によってスメクタイトがイライト化するという報告もあるので、イライトの成因を熱水だけにこだわらず、ほかの成因についても考慮しながら観察すると良い。

Q：広域地質図を見ると、断層は花崗岩と古第三紀堆積岩の境界となる正断層という解釈でよいのか。

A：その解釈でよい。文献ではそのように記載されている。

Q：傾斜方向はどうなっているか。

A：傾斜は南西傾斜である。

Q：地質図の表現を見ると高角な傾斜に見えるが、露頭で見ると傾斜は 41° である。この場合、断層露頭付近を通る北東南西方向の断面を見た時の断面図がイメージしにくい。この露頭では、断層は完全に古第三紀堆積岩の中を通っているのか。

A：今回の調査では確認されていないが、中村・水野(2012)では段丘礫層の下に花崗岩があると記載されている。それが確認できていないことが、この露頭を調査する上での問題になる。

Q：三次元的に考えた場合、花崗岩との離角はどうなっているのかがわからないので、現状露頭での断層は堆積岩の中のみを通っているとしても、破碎帯が花崗岩の影響を受けていないのか、堆積岩のみを原岩とする断層としての特徴が出てくるのかが気になる。また、宗像断層がインバージョンを起こした時期がわからない。さらに、調査露頭周辺のほかの露頭では、変質状況はどうなっているのか。高い温度の地下水の湧出など、現在の高めの地熱兆候があるのかないか把握しておくことは、この断層の解釈をする上で良いと思われる。

A：今後広域の岩分布、変質分布について検討したい。

Q：CT 観察で主断層面と記載されている箇所があるが、ここでは主断層面を最新活動面

としてとらえているという認識でよいのか。

A：その認識でよい。露頭の上部まで続く断層はこの一条しか認められなかった。

Q：薄片では断層ガウジ全体がせん断変形帯のように見える。薄片での主断層面はどこにあるのか。

A：薄片右側の割れ目が開いてしまった部分に主断層面が通っている。薄片を作成する際、粘土が乾燥して開いてしまったためわかりにくくなってしまった。

Q：資料を見たとき、薄片が見にくく断層が続いているのか分からなかった。主断層面としては明瞭度が落ちるが、今後どのように考察を進めていくのか。

A：薄片の割れ目が開いてしまっているので、この薄片で明瞭度を議論するのは難しい。

(3) 関連する電中研の研究紹介

① 凍結乾燥法及び包埋法を用いた断層ガウジの微細構造解析

相山幹事により、資料 No.5 に基づいて、電中研で実施している上記研究が紹介され、以下の質疑応答があった。

Q：今紹介があったのは井戸沢断層のような、活断層であることが明らかな断層で分析されているが、先程の宗像断層のような最新面がわかりにくい断層についても同じような分析を行うことは考えているのか。

A：現在処理を行っているが、処理作業に非常に時間がかかるため、まだ完成していない。

② 断層摩擦滑りに伴って生成される断層破碎物質（断層ガウジ）の特徴

溝口幹事により、資料 No.6 に基づいて、電中研で実施している上記研究が紹介され、以下の質疑応答があった。

C：まだまだ今後も研究が続いていく予定とのことなので、この委員会でもまたご意見を頂いて進めて行って頂きたい。

(4) その他

次回の日程調整

上田幹事長より、今回は 11 月くらいを目途に考えていること、現地開催も検討していく予定であることが伝えられた。日程調整は、改めてメールで行われることになった。