

2016年熊本地震における地表地震断層と活断層の離隔距離の定量的検討 —変位センスに着目して—

A quantitative analysis of the separation distance between interpreted active fault and surface rupture on the 2016 Kumamoto earthquake focusing on slip sense

*今野 明咲香¹、遠田 晋次¹

*Asaka Konno¹, Shinji Toda¹

1. 東北大学災害科学国際研究所

1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

地震断層による地表の変位は、構造物を変形させ大きな被害をもたらす。このような断層変位による被害を最小限にとどめるために、アメリカ合衆国やニュージーランドでは活断層沿いの一定範囲に構造物の建設などの規制を設ける対策を行っている（例えば、Bryant and Hart, 2007 ; Kerr et al., 2003）。このような防災上の目的で、出現した地震断層を主断層（Principal fault rupture）と副断層（Distributed fault rupture）に分け、主断層から副断層までの距離を求めた研究も存在する（Boncio et al., 2018）。しかしながら、地震断層の多くがMw 6.0程度以上の内陸地震で出現することから、規制評価へのフィードバックや新たな知見の取得は頻繁には望めない。既知の活断層沿いの地震断層の出現は、きわめて貴重な機会となる。

2016年4月16日に発生した熊本地震では、変動地形から推定されていた布田川・日奈久断層および出ノ口断層沿いに約30kmの地震断層が出現した（熊原ほか, 2016 ; Shirahama et al., 2016）。地震前に図示されていた活断層と実際に出現した地震断層の一致具合や離隔距離を求められる数少ない例である。本報告では、横ずれを主体とする布田川断層と正断層を主体とする出ノ口断層沿いに出現した地震断層についてGISを用いて活断層と地震断層の離隔距離を定量的に検討し、両者に不一致が生じる要因について空間的な位置関係から検討した。

対象とした布田川断層（および日奈久断層の一部）は右横ずれ変位、出ノ口断層は左横ずれを含む正断層主体の地表変位が認められている（熊原ほか, 2016）。研究の方法は、活断層と地震断層のトレースをGISに取り込み、地震断層を10 m毎に点データに変換、活断層と垂直に交わる線で結んだ距離を離隔距離とした。垂直に交わる所がない場合には、点から活断層トレースまでの最短距離とした。活断層として使用したのは、千田昇によって判読された活断層および推定活断層（中田・今泉編, 2002）のトレースで、実際に地表に現れた断層は、熊原ほか（2016）の地震断層トレースを使用した。

地震断層を10 m毎の点データに変換した結果、布田川断層では2754個、出ノ口断層では974個の標本が得られた。これらの離隔距離のデータから50 m毎の階級に区分したヒストグラムの結果を以下に示す。

布田川断層では、離隔距離が0~50 mの階級で最も多く1144個、50~100 mでは374個となり前の階級の約1/3となる。100~150 mの階級からは漸減し、450~500 mで13個まで減少、それ以上でほぼ横ばいとなる。全体として指数関数的な減少傾向を示す。

出ノ口断層では、布田川断層と同様に0~50 mの階級で最も多く336個、50~100 mの階級では71個で約1/5となり、これより大きな階級ではほぼ横ばいとなる。全体として極端なL型の分布傾向を示す。

活断層と地震断層に離隔距離が生じた要因を検討するために、両者の相対的な位置関係を把握したところ、（1）活断層と位置が全く異なる地震断層、（2）活断層の延長上にある地震断層、（3）活断層と並行し、やや離れた位置にある地震断層、（4）活断層と全く異なる走向の地震断層、の4つの特徴が認められた。

（1）と（2）は、布田川断層のうち益城町堂園から宮園に至る地域で出現した地震断層、出ノ口断層北東部の地震断層が当てはまる。これらの要因は、地震断層と組になる活断層が周囲に無く、より遠い位置にある他の活断層からの距離を計算したためと考えられる。

（3）は、布田川断層、出ノ口断層ともに広く認められる。この要因は、a)地表を堆積物の影響、b)これ

までの活動と性質の異なる活動，c) 判読精度の問題，d) 副次的な断層の出現など複数が考えられる。しかしながら，概ね既知の活断層に沿って分布していることから，変動地形をつくってきた活断層の再活動による地震断層と考えられる。

(4) は，布田川断層の益城町堂園と福原の地震断層に認められる。この要因は，共役断層の出現と，主断層の右横ずれに対して左ステップしたことが要因と考えられる。

防災上有効となるような規制帯の幅を考える上では，「地震前に図示されていた活断層と実際に出現した地震断層の離隔距離」の検討が重要である。そのため，(3) と (4) に該当する地震断層については，離隔距離のヒストグラムとの関係を検討することにした。ただし，今回出現した地震断層が上記のどれかに必ずしも当てはまるわけではなく，複数の特徴を併せ持つ地震断層も存在する。

ヒストグラムの結果では，布田川断層が漸近的な減少傾向を示すのに対して，出ノ口断層では極端なL字型の分布傾向を示した。今回の地震で布田川断層は右横ずれを主体とし，それに起因して(4)の特徴を示す共役断層や雁行する地震断層が出現した。活断層トレースと走向が異なることによって離隔距離が漸減するような分布を示したと考えられる。

一方，出ノ口断層は正断層主体の変位であったため，雁行する地震断層や，走向が異なる共役断層の出現は認められず，主として(3)タイプの地震断層が出現した。出ノ口断層では共役断層の出現は確認されていないが，仮に共役断層が出現しても正断層は多くの場合断層面が高角であるので，共役断層は主断層と並行し，出現位置も主断層から大きく外れないと考えられる。よって，活断層トレースから地震断層までの離隔距離がL字型の分布傾向を示したと考えられる。

このように離隔距離が生じる要因は多様であることに加え，断層の変位センスによっても離隔距離のヒストグラムの分布パターンが異なる。したがって，海外で施行されているような活断層に対する規制帯を日本に適應するには，まず活断層トレースと地震時の地震断層の離隔要因を検討・分類し，断層変位センスなどに応じた規制帯の幅の設定が重要となろう。

文献

- 熊原康博ほか，2016，日本地球惑星科学連合2016年大会予稿集，MIS34-05。
中田高・今泉俊文，2002，活断層詳細デジタルマップ。東京大学出版会。
Boncio et al, 2017, Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 1-22.
Bryant et al, 2007, Calif. Geol. Surv., Sacramento, CA, Spec. Pub. 42, Interim Revision 2007, 41 pp.
Kerr et al, 2003, Report Prepared for the Ministry for the Environment by the Institute of Geological & Nuclear Sciences, Wellington, NZ.
Shirahama et al., 2016, Characteristics of the surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence, central Kyushu, Earth, Planets and Space, 68:191.

キーワード：活断層、地震断層、離隔距離、統計解析、地理情報システム

Keywords: Active fault, Surface rupture, Separation distance, Statistical analysis, GIS