

逆断層のセグメンテーションと断層の不均質構造

Segmentation of reverse faults based on subsurface structures

加藤 直子^{2*}, 佐藤 比呂志², 石山 達也¹, 越谷 信³

Naoko Kato^{2*}, Hiroshi Sato², Tatsuya Ishiyama¹, Shin Koshiya³

¹東北大学大学院理学研究科地学専攻, ²東京大学地震研究所, ³岩手大学工学部

¹Department of Geosciences, Tohoku Univ., ²ERI, University of Tokyo, ³Faculty of Engineering, Iwate University

地表において長さ数kmごとに雁行する活断層群が、それぞれ別個の地震を起こすのか、それとも複数の断層が連動して同時に地震を起こすのかを予め知ることは、活断層のセグメンテーション問題と呼ばれ、活断層から発生する地震の規模を予測する上で非常に重要である。断層面が鉛直に近い横ずれ断層の場合、断層面上の不均質性がマップ上の断層トレースの不連続（ステップおよびジョグ）として容易に認識されるため、その量と実際に発生した地震時の破壊範囲について詳細に議論されてきた（例えばWesnowsky, 2006）。これに対して、逆断層はそのトレースや上盤に発達する褶曲が雁行あるいは複雑に交差するが、横ずれ断層のようにステップ・ジョグに対応する断層面上の不均質構造がマップ上では認識できない。したがって、逆断層のセグメンテーションはトレンチ調査などの古地震学的調査により得られる過去の地震発生時期から断層沿いの古地震イベントの時空間分布を求めることにより議論されてきた。

一方、反射法地震探査に代表される活断層の地下構造のデータが蓄積され、逆断層の詳細な構造が明らかになるにつれて、セグメント毎の断層構造やその不均質性を議論することが可能になってきた。特に近年地震が発生した逆断層では、変動地形・褶曲構造やその地下構造から推定される断層の不均質構造が地震の発生様式を規制したようにみえる。例えば、20世紀初頭より宮城県北部で相次いで発生したマグニチュード6以上の地震のうちの一つである2003年宮城県北部の地震の震源域で行われた反射法地震探査や余震分布・震源メカニズムなどは、震源断層（須江断層）が中新世に形成された正断層が逆断層として再活動したものであることを示す（Kato et al., 2004）。須江断層は、元々中新世の伸張応力場で形成されたハーフグラベンを伴う西傾斜の正断層が、鮮新世以降の圧縮応力場のもとで逆断層として再活動を繰り返した結果、その上盤側で背斜構造が形成されている。東北日本の背弧拡大は島弧の延びと平行する引張応力のみで形成されたものでなく、島弧全体の回転を伴うもので、複数の方向を示す断層やトランスファー断層が形成されている。宮城県北部では、長町-利府断層に代表されるNE方向、2003年宮城県北部地震の震源となった南北方向の須恵断層、WNW方向の加護坊山-箕岳断層など、現在、高角度の逆断層が分布するが、これらはいずれも中新世の正断層である。2008年岩手宮城内陸地震震源域の北東に位置する水沢地域では、反射法地震探査によって北上低地帯の延びと大きく斜交するWNW方向の反転した中新世の南側低下の正断層が分布する。この断層のWNW方向の延長は震源域の北限に相当し、トランスファー断層の構造規制の可能性がある。同様の現象は2007年能登半島沖地震でも認められ（佐藤ほか, 2007）、60度の傾斜を示す震源断層は、かつてのリフト軸に平行な断層であり、それが右横ずれをともなった逆断層として活動した。セグメント境界には、これと直交するトランスファー断層が位置する。こうした最小単位がどの程度連結して割れるのかなど、今後の課題は多いが、すくなくともリフト系の断層の再活動によって発生する地震に対しては、トランスファー断層の存在がセグメント境界を規制している。

これに対して、濃尾平野西縁部に位置する養老断層・桑名断層と四日市断層の上盤側には、複数の雁行する背斜構造で構成されており、それぞれの背斜構造には数百mの構造的な落差が存在する。その一方で、断層帯に沿っては最上部完新統を変位させる撓曲崖地形が連続的に分布しており、古地震学的調査によれば、これらはいずれも1586年天正地震で形成された可能性が高い（須貝ほか，1998；須貝ほか，1999；石山ほか，2002）。したがって、断層の間には大規模な構造的な不連続があるにも関わらず、単一の巨大地震を発生させたことになる。

宮城県北部地域で見られるようなリフト構造の場合、各セグメントの境界部にはトランスファー断層などの存在が想定され、逆断層上盤側の褶曲構造・変動地形や反射法地震探査・重力探査・微小地震の震源メカニズムなどを総合的に解釈し、逆断層の構造的な不連続を検出することによって、逆断層型地震を発生する最小セグメントを認定できる可能性がある。一方、養老断層・桑名断層・四日市断層の例は、セグメント間のテア断層・ラテラルランプの根が浅く、破壊の伝播を妨げない構造的な不均質がセグメント間に存在することを示している。このような二つの例の差異は、断層の起源の違いに起因している可能性が高く、セグメント境界の構造探査などにより具体的な不均質構造をイメージングし、雁行する上盤側の地質構造を説明するような三次元的な断層形状を具体的に解明していく必要がある。