

## 断層の剪断破壊強度：断層の走向と変位場(III)

### Shear fracture strength of faults: Relation between fault-strikes and displacement vector fields (III)

山本 清彦<sup>1\*</sup>

Kiyohiko Yamamoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>なし

<sup>1</sup>none

はじめに：断層近傍で行われた応力測定の結果を基礎に破碎帯とアスペリティーからなる断層帯模型が提案されている（山本・矢部，2009）。これによれば，断層の剪断破壊強度は，深さ10 km以内では5 MPa程度より小さく，深さ10 kmでは静岩圧の1/50程度で極めて小さい。いま，ある領域内にあるすべての点の変位方向が平行であるとすると，その変位方向は応力の主軸方向にある。さらに，断層面の剪断応力をゼロで近似すると，断層面は主軸方向に平行あるいは直交している。すなわち，この領域では断層面は変位方向にほぼ平行か直交していなければならない。山本・矢部(2007, 2008)は，以下の仮定をして，最近の比較的大きな地震の発震機構や地質調査から得られている断層の走向方向をGPS測定点のGRS80座標系での水平移動の方向と比べた。すなわち仮定は，1)応力場は領域ごとに一様である。2)変位場は深さ方向に変化しない。3)場は時間変化しない。4) GPS測定点のGRS80系での座標移動方向は絶対座標系でのそれと見なせる。5)断層の破壊強度は無視できる程度に小さい。6)変位ベクトルは水平方向にある。

彼らによれば，発震機構解による場合で約15°，地質調査による場合で約20°の違いで断層の走向は変位方向と一致あるいは直交している。この15°あるいは20°誤差は，地質構造の非一様性や変位場の時間的な変化のほか，仮定の不備も誤差要因になり得る。ここでは，仮定(5)と(6)によって生じ得る誤差について検討する。

結果:仮定(5)から，変位ベクトルは断層面内にあるか，あるいは断層面に直交している。仮定(6)によって生じる誤差を議論するために，逆断層の断層面を考える。走向方向と変位方向をそれぞれxとXにとり，鉛直上方をz，断層面の法線方向をZとする。また，zとZがなす角を(De)，xとXがなす角を(Th)で表す。(De)は断層面の伏角に相当する。このとき，Xとzがなす角は $[\sin(De)\sin(Th)]$ で表される。ここで，(De) = 30°，(Th)を-15°にとると変位方向は水平面から約7°下方に向く。すなわち変位には沈降成分が含まれる。一方，変位方向が走向に垂直な場合，誤差は断層面の伏角に依存しない。

仮定(5)そのものも近似であるから，誤差を生じる原因になる。深さ約10 kmでは，断層の剪断強度 $t_c$ は約5 MPaである。応力の主軸方向から(Ph) Deg.傾いた断層面上の剪断応力をtとすると， $t = t_m (\sin 2(Ph))$ と書ける。ここで $t_m$ は断層を含む領域での最大剪断応力である。今この断層が応力の主軸方向から20°傾いているにもかかわらず安定であるとすれば， $t < t_c$ の条件から，その領域での最大剪断応力 $t_m$ は約8 MPaを超えない。一方，静岩圧は約250 MPaである。議論と結論:仮定(6)に関する議論の結果から，逆断層の近傍では応力の主軸は鉛直方向にはない可能性が大きい。このことは断層の周囲での3次元の応力測定によって確かめることが出来るであろう。また，断層の上盤の応力と下盤の応力は断層面への法線応力をのぞいて不連続であって良い。したがって，上盤と下盤の両方で測定することが望ましい。

断層周囲の応力差が断層の剪断強度に等しい場合あるいはそれよりも小さい場合は，断層面の向きは応力によっては定まらない。すなわち差応力の小さな場では断層面の向きの自由度は大き

くなることが期待される。断層の最大剪断応力は深さ10 kmでは静岩圧の5%以下である。比較的大きな方位の誤差は少なくとも断層周囲には小さな差応力しか働いていない場で生じている可能性がある。

キーワード:地殻応力,主軸,変位,走向,断層の剪断破壊強度,弱い断層

Keywords: in-situ stress, principal axis of stress, displacement, strike, shear strength of faults, weak faults