

プレート境界と断層の力学 - 高次変形効果と回転運動 -

Plate boundary zones and dynamics of faults-the effect of higher order deformation and rotation-

大内 徹[1]

Toru Ouchi[1]

[1] 神戸大学都市安全研究センター

[1] Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

近年、飛躍的に質の向上した地球科学的観測データが大量に集積しつつあり、従来のテクトニクス論からの描象では必ずしも現実にそぐわない点もいろいろ指摘されてきている。従来の理論の枠組みを越えたより現実的な議論が始まっている(例えば Meyerhoff, 1992 参照)。特にプレート境界域では大幅な議論の見直しがなされている。

GPS 等の結果から、San Andreas 断層(SF)等の大断層系がプレート間相対変形運動の境界になっていないのではないかと考えられるようになってきている。SF では big bend 周辺における変形の染み出しはよく引き合いにだされている。Barrow et al. (1985) は SF に関する詳細な調査で、LA での断層のずれが Jura 紀から現在までで 21km 以上になることはなく、断層系全体でも 102 km であるという興味ある結果を示している。巨大断層系の典型とされる紅河断層でも最近、古地磁気の観測からベトナムの北部域が断層の反対側の南中国ブロックに対し、Cretaceous 紀から動いていない(Takemoto, 2003) ことが明らかにされている。これらのことはこうした巨大断層系が必ずしもプレート境界になってはいないことを示している。このようなことから、むしろかなりの幅をもったプレート境界帯という概念が出されるようになってきている (Stein and Freymueller, 2002)。

一方、以上のようなプレート境界帯での変形と応力との関係に様々な疑問が呈されるようになってきている。SF にみられるような断層近傍に局在したせん断変形、それにほぼ直交した圧縮応力は力学的なパラドックスとされている。断層近傍では直交する圧縮力がプレート間の相対運動によるよりも支配的であること、それらはローカルな重力ポテンシャルエネルギーの差に起因すると考えられるようになってきている(Flesch et al., 2000)。さらに、前弧スリバーに見られる海溝に平行な島弧内における横ズレ大断層の形成にも力学的に共通なメカニズムが内在しているように思える。こうした問題を解明していく上で、チベット高原は重要である。この地域はインド大陸の衝突に伴う強力な圧縮場となっていて、それと直交する横ズレ断層系が顕著に発達し、地震活動もごく活発であり横ずれ型の大地震も多数発生している。

それでは、横ずれ断層を動かす原動力は一体何なのであろうか。一様な変形や既存の応力の効果は考慮されていない通常の弾性論や剛塑性理論的枠組みでは、断層のせん断運動の源を流動、プレート間の水平相互運動に求めることになる。これに対して、断層に直交する圧縮場でのブロックの回転運動に横ずれ断層運動の源を求めるといった考えもある(England and Molner, 1990)。古地磁気の観測からこうした地域では回転変形が顕著であることが明らかにされているからである。しかし、現象論的に回転運動が重要な役割を果たしているとしても、今までの理論的枠組みでは回転変形の発生等に対応しきれない点があり、ともすれば回転運動の影響が低く評価されてきたきらいがある。

しかし、既存外力と高次の変形効果を考慮すると、特別なブロック構造を想定することなく、応力とは直交する方向へのせん断力と変形の発生、従って回転運動の発生が容易に理解される。圧縮場における横ずれ断層運動に回転効果がむしろ本質的な役割を果たすことが示される。さらに収縮場では高次(非線形)の効果により弾性場に大きな異方性が生じることも考えられ、今まで、パラドックスと考えられてきた現象の少なくともいくつかは了解可能になる。

高次変形の効果を考えると地震波の伝播において回転運動が重要である(大内, 2002) が静的な変形を考える上でも回転運動が非常に重要である。従って、プレート境界のみならず各地域のテクトニクスを的確に理解していく上で古地磁気の観測が非常に有効である。