

地表地震断層と地割れ

西南学院大学文学部

正会員

松田 時彦

1. 地表地震断層と活断層

地震に伴って地表にあらわれた断層線(断層面と地表面の交線)を地表地震断層あるいは地震断層という。地表地震断層には、①地震波を発生させた地下の震源断層の延長ないし分岐した断層、②他所で生じた地震波のために既存の割れ目・断層にそってずれ変位が生じたもの、③震源断層での変位によって地表付近の岩盤が破壊されたものなどがある。ずれの量や長さが最も顕著なものは①である。

すくなくとも①の地震断層は、いずれも地質学的に把握される既存の断層にそって生じて最近の地質時代を通じて繰り返し同様の活動をしていることが確かめられている。そのような断層が活断層である。活断層が活動したときの地表形態がその地震の地震断層(あるいは地表地震断層)であり、主な地震波を発生させた地下の部分が震源断層である。

2. 断層の階級性

断層は主にその規模によってつぎのような階級性がみとめられる。

階級Ⅰ：直接観察できる地変の地表形態。地割れ・低崖・プレッシャーリッジなど。個々の規模は数米～数百米程度。

階級Ⅱ：それらをつらねて得られる地図上に一つの線として表現される断層線。

階級Ⅲ：同じ方向の地震断層線が寄り集まって带状にのびる断層帯。

簡単にいえば、階級Ⅰの個々の形態の集合が階級Ⅱの形態であり、Ⅱの集合がⅢである。このほか、全体として一つの系をなしているとみられる断層群を断層系ということがある。

Ⅰ～Ⅲの階級性は、その順に地下深所の形態の表現であり震源-地表間に層状構造があることを示唆している。Ⅲの断層帯の存在は一つの地震でも震源において複数の断層面がずれを起こすことがありうることを示唆している。

3. 地震の規模と断層の規模

地震は断層面に沿う岩盤のずれによって発生するから、その規模はずれの生じた断層面の面積とずれの量とに比例する。断層面の剛性率にも比例するがそれは地震によらずほぼ一定とみなされている。経験的には、マグニチュードMと地表地震断層の長さL(およびずれ量D)との間に大雑把な比例関係がある。実際には大きなばらつきがあるが次のような比例式が知られている。

$$\log L_{(km)} = 0.619 M - 2.77 \quad (\text{全世界, Bonilla, et al., 1984})$$

$$\log L_{(km)} = 0.6 M - 2.9 \quad (\text{日本内陸, M7程度以上, 松田, 1975})$$

このようなL-M関係性は、活断層から将来おこる地震の規模予測に用いられているが、その場合のLは上述の断層帯(階級Ⅲ)あるいは断層系の長さである。活断層が活動するとき、全長が地表でずれるか、一部分しかずれないかをあらかじめ知ることは多くの場合困難なので、その全長をLすることが多いがその場合に得られるMは、その断層からの地震の最大値に相当する。

キーワード：(地表)地震断層、活断層、雁行地割れ、断層線、断層帯、

住所：☎ 819 福岡市西区姪の浜3-39-2-802 Tel. & Fax. 092-885-4938

4. ずれの量の断層沿いの変化率

上記の諸階級のいずれの場合でも、一回の地震によるずれ量はそのほぼ中央部で最大であり末端にむかって減少し零になる。その場合の最大のずれの量 D とずれが生じた破断面の大きさ（長さ L ）との比（ D/L ）は、階級Ⅰ～Ⅲの順に小さい。両者の間には経験的に大略次の（1）～（3）のような関係がある。なお、（3）の ΣD は地質学的長期間に累積したずれ量（累積変位量）である。

- (1) 地震断層帯の場合（ $L \geq \text{数 km}$ ） $D/L = 10^{-4}$
- (2) 雁行地割れの場合（ $L \leq \text{数 m}$ ） $D/L = 10^{-1}$
- (3) 累積したずれ量 ΣD の場合（ $L \geq \text{数 km}$ ） $\Sigma D/L = 10^{-1}$

（1）と（2）の大きな差異は、深部と表層部の岩盤・地層の性質（固結度）の違いを反映している。（1）と（3）の差異は、長期間における断層末端部の岩石の体積変化ないし流動を示唆している。なお、 10^{-4} はほぼ測地的に知られる地殻の剪断限界歪値でもある。

5. 断層の規模別頻度分布

断層の規模は断層の長さ、ずれ変位量、破碎帯の厚さなどで表現される。概して規模の大きなものほどその数はすくない。

断層の長さ別頻度分布は、

$$(4) \quad \log N = a - b \cdot L$$

または (5) $\log N = a - b \cdot \log L$

で表わされる。（4）において、サンアンドレアス断層の1906年地震断層の地震断層線（階級Ⅱ）では $b=0.276$ であること、日本内陸の活断層では b の値は火山地域で大きく（ $b > 0.2$ ）、非火山（大地震）地域で小さく（ $b < 0.2$ ）かつ特別に長い断層線が存在することが指摘されている。

このように、断層の規模別存在数が広域における地震の規模・頻度に関するグーテンベルグ・リヒターの関係に似ていることは、一つの断層が大きささまざまな地震をランダムに起こしているのではなく、さまざまな長さの活断層がグーテンベルグ・リヒターの関係を満足させるような頻度で分布していることを示唆している。その場合各断層がそれぞれの長さに応じた決まった規模の地震だけをおこす（固有地震説）と考えられる。

6. 雁行地割れと雁行地割れ帯

地表形態（階級Ⅰ）を代表する雁行地割れと地下の断層（階級Ⅱ～Ⅲ）との関係について述べる。

（雁行の型）：雁行地割れは地下の断層の動きに横ずれ成分がある場合にあらわれる。各地割れはずれが左ずれの場合はミ型雁行、右ずれは杉型雁行になる（“逆撫での法則”）。この法則は地震断層線（階級Ⅱ）の配置に対してはかならずしも成り立たない。また、横ずれ断層では雁行の型（ミ型か杉型か）は断層線のどこでも同じであるが、縦ずれ断層や地滑りに伴う雁行地割れでは場所によって異なる。

（地割れと断層帯の斜交）個々の地割れの走向と雁行地割れ帯の走向は $30 \sim 40^\circ$ 程度斜交することが多い。通常、後者の走向が階級Ⅱの地下の断層の走向を表している。

松代群発地震の場合には雁行地割れ帯（地震断層線）がさらに雁行して出現した（二重の雁行）。このため、地表で観察された各地割れの走向と地震学的・測地的に推定された震源断層の走向（階級ⅠとⅢ）は 52° も斜交した。しかし、それにもかかわらず横ずれの向きはどの場合にも左ずれで不変であった。

（地割れの発達）：松代群発地震の際に出現した雁行地割れは、その出現の初期にはずれを伴わない開口（引張）割れ目であった。地割れは地震活動が継続した数か月のうちに次第に長く多数になり、かつそれにそって横ずれ成分があらわれた。このことは雁行地割れはもともとは引っ張り割れ目であって剪断割れ目ではないことを示している。