

2011 東日本沖 Mw9 地震エネルギーの発生 Earthquake Energy Generation of Mw9 East Japan Off 2011

南雲 昭三郎^{1*}

Shozaburo Nagumo^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

1. 論旨

一体何が起こったのか。この2011・3・11 東日本沖 Mw9 大地震は！この素朴な驚きを考察する。この論説は次の2つの見解を提示する。(1) Mw 9 の大エネルギー放出は Volume source (体積震源) によるものであり、断層地震論の断層面震源 (plane source) によるものではない。(2) Mw9 の大エネルギー放出は大規模な応力調節の活動であって、プレート境界面のアスペリティ (固着域) の滑りによるものではない。何故か！解は次の Mw9 特有な観測事実に見出される。

2. 体積震源の示徴

(2-1) 3 発の地震波大放 (東北・南関東縦断ラインアップ地震記録)。(2-2) 長い地震波エネルギー放出継続時間 (震源時間関数)。(2-3) 広大な震源域 (200km × 500km)。(2-4) 海洋マンツルの活動 (OBS 観測)。

3. Volume source の形成のメカニズム

何故 Volume source なのか！地震波の発生は Body Force (物体力) の発生であり、歪エネルギーの解放 (Release) である (弾性論)。これらが起こる 3 次元領域が Volume source (体積震源) と呼ばれる。

Body Force は地震波を生成する。断層地震論でも Equivalent Body force (等価物体力) を用いている (Aki & Richard)。その Body Force の発生は弾性体内部の応力の消失によって生ずる。その消失の原因の一つは、孔隙・クラックの圧潰 (crash) によると考えられ、もう一つは或る領域の周りに作用している拘束圧の低下によると考えられる。

何故なら。まず、地質岩体は含孔隙ひび割れ弾性体とみなされる。この地質岩体は重力及び構造運動の初期応力下であり、増分変形を受け、内部の無数の孔隙・ひび割れの周辺には増分応力の集積が生じている。突然或る領域の孔隙・クラックが圧潰すると、その集積応力が消失する。集積応力の消失が Body Force の発生である。その領域の体積についてみれば、拘束圧の低下である (グリーンのテンソル発散定理)。すなわち地震の発生である。Volume source の形成である。

4. 広域 Volume source 形成

Mw9 という広域 (200km × 500km) の歪エネルギーの解放はどのように形成されたのか？海溝を挟んで両側斜面下の地殻・マンツル内部には、斜面に起因する自重圧力傾度に従い、海溝軸へ向って水平方向の力が作用している。海溝西側ではマンツルに島弧岩体の荷重がかかっている。そこには沈み込みと呼ばれる撓み変形と挫屈変形が生じている。海溝軸付近では更に、エクロジャイト化や蛇紋岩化などマンツル岩石の変成作用によると考えられる上向きの力、また下向きの力が作用しているであろう。

このような水平力による挫屈変形は上下力を受けて弾性不安定性を生じる (Biot, Incremental deformation)。そこには局部的に応力が集中し、その集積が大きい所が幾つもブロック状に存在し、広域に応力不均衡 (imbalance) を生じていたであろう。ブロック状境界のまわりには、長い年月に応力集積が高まる。何処かに一旦岩体破壊が起こると、集積応力が一挙に解放され、等価物体力が発生する。その集積エネルギーの解放は一つのブロックに限られず幾つものブロックが次々と破壊されてゆく。大地震の発生である。広域 volume source の形成である。

5. Mw9 という大規模な応力調節の活動のプロセス

広い領域 (200km × 500km) がどのようにして震源域となったのか？先ず岩体の大規模な挫屈破壊 (buckling fracture) が起こった。この挫屈破壊は海洋マンツル内部の撓み変形と挫屈変形の大きな処に起こり始めた。このマンツル岩体を割

るような破壊は地殻にも及んだ。この岩体破壊によって岩体の分離 (detachment) が生じた。ブロック的分離である。岩体のブロック的分離によって、岩体は周囲からの拘束から解放され、岩体の崩壊 (collapse) 破砕 (fracturing and crash) が生じた。これらのプロセスが最初の東北沖 2 発の地震波の大放出であろう。

これによって岩体の剛性率は失われ、流動化 (fluidization) し、流動化した岩体は岩体流動 (rock flow) を起こす。流動といっても、岩体流動は岩体全体の重力ポテンシャルが低下するような形状変化である。その運動は側方へ押し出るようなものであり、恰も将棋倒しのように伝播するものであろう、この岩体流動はその先端部や周囲に力を及ぼす。それが第 3 発目震源域南部の地震波大放出に至ったのであろう。以上のような一連のプロセスが広域にわたる応力不均衡をなす大規模な応力調節の活動である。