

福島沖における固着の変化を含む東北地方太平洋沖地震発生サイクルシミュレーション Simulations of the 2011 Tohoku giant earthquake cycle including the change of plate coupling in Off-Fukushima

大谷 真紀子^{1*}, 平原 和朗¹, 堀 高峰², 兵藤 守²

OHTANI, Makiko^{1*}, HIRAHARA, Kazuro¹, HORI, Takane², HYODO, Mamoru²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 海洋研究開発機構

¹ Grad. School Science, Kyoto University, ² JAMSTEC

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は宮城沖から茨城沖に至る広大な領域を破壊した Mw9.0 の超巨大地震である。最大すべり量は 60m に達し、特に大きいすべりは宮城沖の浅部に局所化している [国土地理院, 2011]。また、このように大きな地震が 400 年 ~ 800 年間隔で発生していることが津波堆積物の調査より分かっている [澤井・他, 2010]。この超巨大地震破壊領域には、少なくとも最近百数十年間、再来間隔数十年で発生していた Mw7 級の地震の震源域が含まれている。深部宮城沖では約 30 ~ 40 年に一度 [Yamanaka and Kikuchi, 2004]、茨城沖では約 28 年に一度 Mw7 級の地震が発生している。また福島沖では、1997 年から 2000 年に比べて、2007 年から 2010 年ではすべり欠損率の低下が観測されており [国土地理院, 2011]、これは超巨大地震発生直前の準備段階の一部を示しているのではないかと指摘もなされている。

これらの特徴をもつ東北地方太平洋沖地震に対して、現在複数の発生サイクルモデルがたてられている。階層アスペリティ (HA) モデル [Hori and Miyazaki, 2011] では超巨大地震破壊領域全体が不安定な摩擦特性を持つと設定することで長い再来間隔及び大きなすべり量の地震を再現している。[Kato and Yoshida, 2011] は宮城沖を仮定した二次元断層モデルにおいて、アスペリティの周囲が安定すべりを起こす従来のアスペリティ (SA) モデルを仮定し、強く固着するアスペリティ (強アスペリティ) を浅部に設定することで長い再来間隔及び大きなすべり量の地震を再現している。これらのモデルの違いは、超巨大地震破壊領域の摩擦特性にある。本研究では、これら両モデルを各々仮定した三次元準動的な地震発生シミュレーションを行い、両者の比較を行った。

計算では、馬場・他 [2006] の三次元プレート形状を断層面と仮定し、N=200,704 個の三角小断層に離散化した。各小断層面上で慣性の項を近似した運動方程式と摩擦方程式の連立方程式をたて、適応刻み幅制御 5 次 Runge-Kutta 法 [Press, 1996] で時間発展を計算した。摩擦の式としては速度状態依存摩擦構成則 (Composite law [Kato and Tullis, 2001]) を用いた。また、計算の高速化を図るために H-matrices 法を用いた近似計算を行っている [Ohtani et al., 2011]。

両モデルにおいて、深部宮城沖及び茨城沖に A-B 負で常に不安定すべりを起こすアスペリティを、浅部宮城沖に A-B=-0.8 ~ -0.95MPa と強く固着するアスペリティを設定した。HA モデルでは超巨大地震破壊領域全体が地震を起こしうるポテンシャルを持つように A-B 負に設定したが、SA モデルでは上記アスペリティの周囲は常に安定すべりを生ずる A-B 正に設定した。また、SA モデルでは福島沖で複雑なふるまいを示すように A-B 負の不均質を設定した。なお、本研究では宮城沖から茨城沖のみを考慮し、その南北の地域については考えていない。

シミュレーションの結果両モデルで、超巨大地震の長い再来間隔及び広大で特に大きいすべりが局所化した地震時すべり分布、内部の再来間隔数十年の Mw7 級地震など、観測された東北地方太平洋沖地震サイクルの特徴を再現することができた。大きなすべりの局所化は、宮城沖浅部に強アスペリティを設定したためである。HA モデルにおいては、この浅部の強アスペリティを設定しなくても長い再来間隔及び大きなすべりを再現することは可能である。しかしながら、この場合、すべりは宮城沖浅部から茨城沖浅部にかけて広がり、大きなすべりの局所化を再現するには浅部に強く固着するアスペリティの設定が必要であることが分かった。

超巨大地震後、HA モデルでは超巨大地震破壊領域全体が固着するのに対し、SA モデルでは A-B 負のアスペリティ以外の領域は余効すべりの後定常すべりにおちつく。この両者の違いは超巨大地震直後の M7 級地震の発生や超巨大地震間の各地点の固着状態・定常すべり速度の変化においても違いを生じさせた。つまり、顕著な違いは超巨大地震発生後にみられ、両モデルの妥当性は今後のプレート間固着を観測することで検証できると考えられる。

福島沖では超巨大地震前にプレート間固着のはがれが観測されているが、本研究では両モデルにおいて福島沖でスロースリップが繰り返し発生する結果が得られ、これがはがれの原因である可能性がある。繰り返し発生するのは、浅部の強アスペリティで十分応力蓄積するまで超巨大地震が発生しないからであり、両モデルにおいてスロースリップの発生が超巨大地震直前の準備段階の一部であるとはいえない。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 地震サイクル, 福島沖

Keywords: Tohoku earthquake, cycle, Off-Fukushima