

12-14 M9 クラス巨大地震のすべり量分布とスケーリング

Scaling relations and slip distributions of M~9 earthquakes

東京大学地震研究所・建築研究所

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo/

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute

2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、M9クラスの地震に対応するための防災対策が全国各地で行われている。日本ではこれまでM9クラスの地震の発生は知られていなかったが、世界各地では1950年以降M9クラスの海溝型巨大地震が数回発生しており、これらについては津波波形もしくは津波波形と測地データを用いて、すべり分布や地震モーメントが推定されている。そこで、同じ手法によって解析された7つの巨大地震(2011年東北地方太平洋沖地震¹⁾、2010年チリ地震²⁾、2004年スマトラアンダマン地震³⁾、1964年アラスカ地震⁴⁾、1960年チリ地震²⁾、1957年アリューシャン地震⁵⁾、1952年カムチャツカ地震⁶⁾)を対象として、日本付近で発生したM7~8クラスのプレート境界地震に対するスケーリング則⁷⁾との比較を行った。

Murotani *et al.* (2008)⁷⁾は、日本付近で発生したMw 8.4以下の26個のプレート境界地震についてSomerville *et al.* (1999)⁸⁾の方法に従って、地震モーメント、断層面積、平均すべり量、アスペリティ面積についての関係をまとめている。しかし、津波・測地インバージョンでは、解析する断層面として様々なサイズの小断層を組み合わせて設定することが多く、同じ方法を適用することが難しい。そこで本研究では、津波・測地インバージョンにおいて非負の拘束条件付最小二乗法で得られたゼロでない小断層の面積の合計を震源域の破壊領域と定義した。この時、小断層上のすべり量分布を大きい順に並べてみると、小断層のサイズに依存するものの、全体として指数的な分布を示した(第1図)。これらのすべり量分布から、地震モーメントと平均すべり量を新たに求めた。また、最大すべり量は2011年東北地方太平洋沖地震の38mが最大で、1960年チリ地震(30m)、2004年スマトラアンダマン地震(25m)、1964年アラスカ地震(22m)と続く。最大すべり量は、平均すべり量の2~4倍であった。また、平均すべり量以上のすべりを持つ小断層の総面積は全体の25~52%、平均すべり量の1.5倍以上のすべりを持つ小断層の面積は全体の16~32%、平均すべり量の2倍以上のすべりを持つ小断層の面積は全体の12~19%であった。M7~8クラスのプレート境界地震のアスペリティ抽出の際は、平均すべり量の1.5倍以上の小断層をアスペリティとすることで、安定してアスペリティを抽出できた⁷⁾。そこで、津波・測地インバージョンについても、平均すべり量の1.5倍以上のすべりを持つ小断層の合計をアスペリティ面積として採用し、比較を行った。

第2図に、2011年東北地方太平洋沖地震¹⁾の例を示す。新たな破壊領域を青、アスペリティを赤で塗りつぶした。その結果、破壊領域は92500km²(断層面積の84%)、アスペリティ面積は25000km²(同27%)となった。

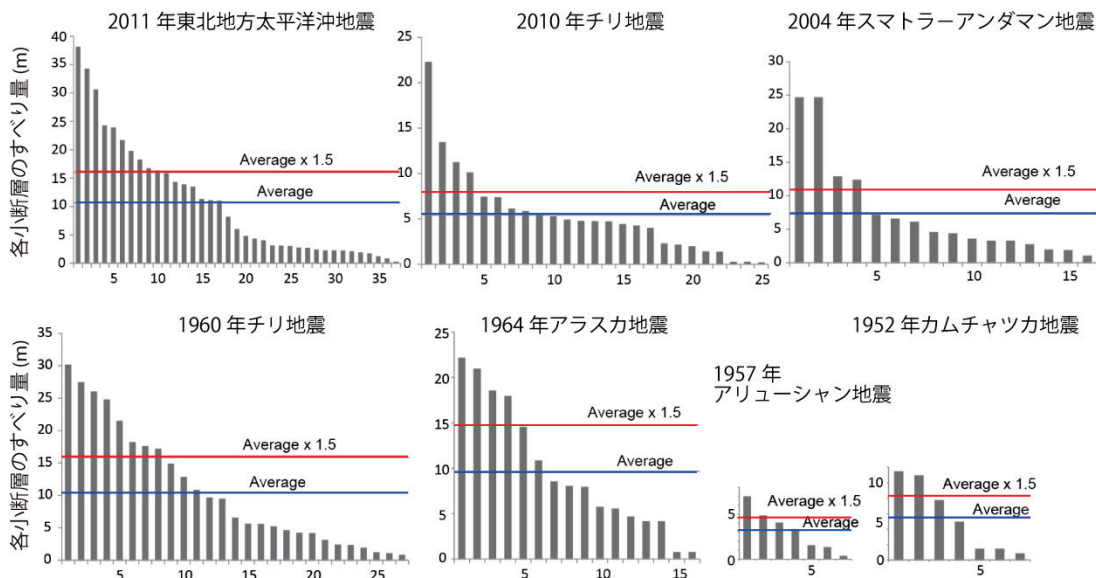
第3図に、Murotani *et al.* (2008)⁷⁾、Somerville *et al.* (1999)⁸⁾のスケーリングに、本研究での7個の地震を追加したものを示す。断層面積の設定方法の違いが見られるものの、全ての関係でスケーリング則に概ね $\pm\sigma$ の範囲で一致していることが分かる。プレート境界地震の津波予測のための断層モデルはM9クラスの地震に対しても、M7~8クラスの地震と同様なスケーリング則が適用できる可能性がある。ただし、断層長さや幅、アスペリティの位置の設定は、予測断層モデルを作成する対

象によって、個々に検討を重ねる必要がある。

(室谷智子・佐竹健治・藤井雄士郎)

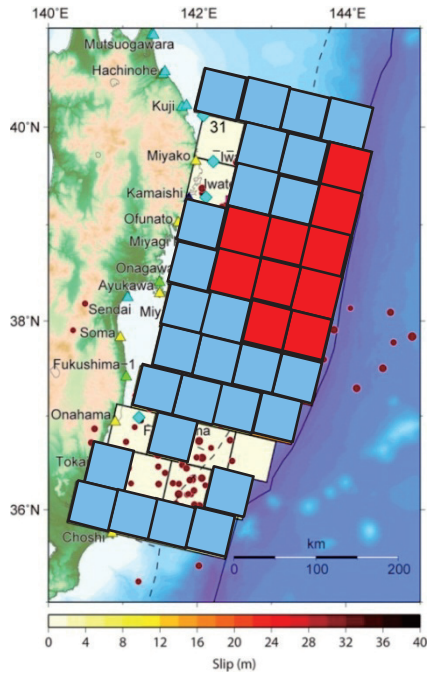
引用文献

- 1) Satake *et al.* (2013), Time and space distribution of coseismic slip of the 2011 Tohoku earthquake as inferred from tsunami waveform data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 103, doi: 10.1785/0120120122..
- 2) Fujii and Satake (2012), Slip distribution and seismic moment of the 2010 and 1960 Chilean earthquakes inferred from tsunami waveforms and coastal geodetic data, *Pure Appl. Geophys.*, doi:10.1007/s00024-012-0524-2.
- 3) Fujii and Satake (2007), Tsunami source of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake inferred from tide gauge and satellite data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 97, No.1A, S192-S207.
- 4) Johnson *et al.* (1996), The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, *J. Geophys. Res.*, 101, 523-532.
- 5) Johnson *et al.* (1994), The 1957 great Aleutian earthquake, *Pure Appl. Geophys.*, 142, 3-28.
- 6) Johnson and Satake (1999), Asperity distribution of the 1952 Great Kamchatka earthquake and its relation to future earthquake potential in Kamchatka, *Pure Appl. Geophys.*, 154, 541-553.
- 7) Murotani *et al.* (2008), Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, *Earth Planets Space*, 60, 987-991.
- 8) Somerville *et al.* (1999), Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground morion , *Seismol. Res. Lett.*, 70, 59-80.



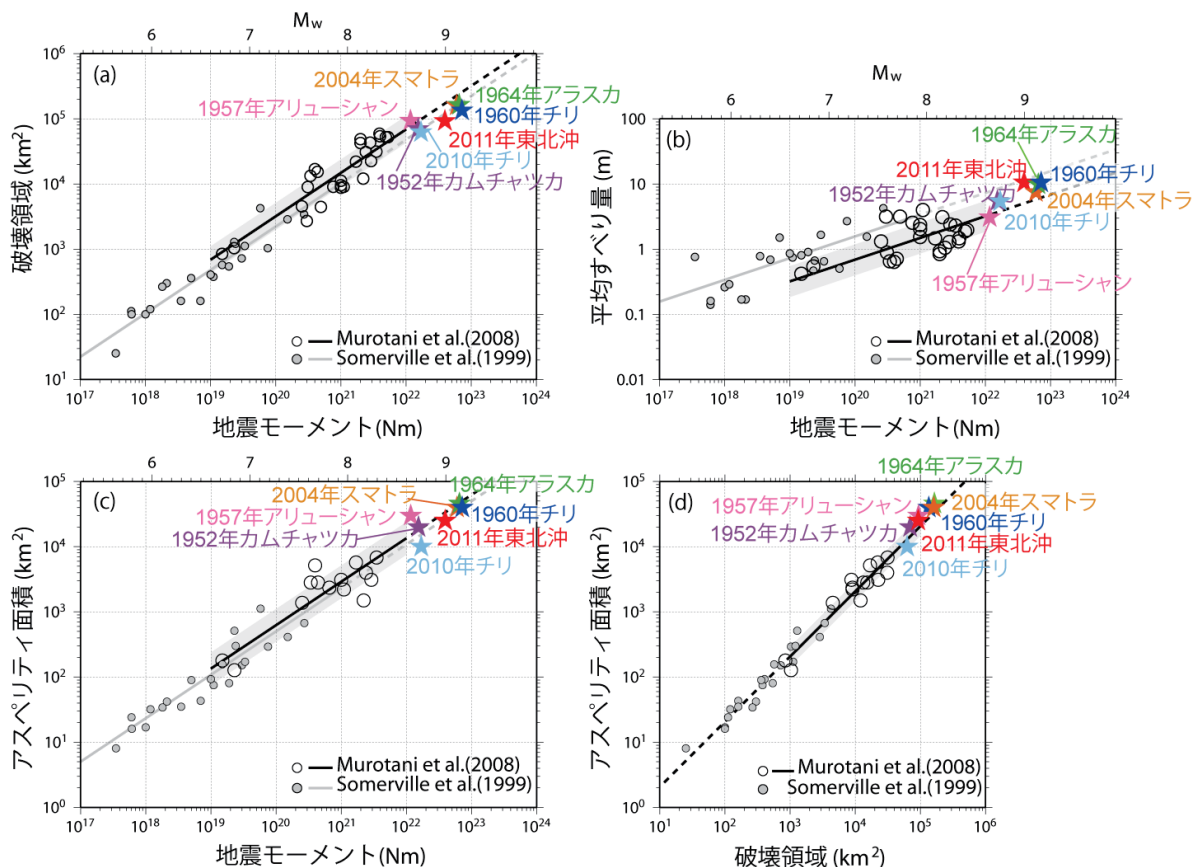
第1図 各小断層ごとのすべり量。青線は、各地震での平均すべり量，赤線は平均すべり量の1.5倍を示す。

Fig.1 Slip distribution on subfaults. Vertical axes are slip(m). Horizontal axes subfault numbers arranged for slips in descending order. Blue and red lines show the average slip and 1.5 times of the average slip, respectively.



第2図 本研究で設定した2011年東北地方太平洋沖地震の破壊領域とアスペリティ. Satake *et al.* (2013)¹⁾ によるすべり量分布に, 小断層のすべり量が0 m以上の領域を青, 平均すべり量の1.5倍以上すべった小断層を赤で加筆.

Fig.2 Rupture area and asperity of the 2011 Tohoku earthquake estimated in this study. For slip distribution estimated by Satake *et al.* (2013)¹⁾, subfaults with estimated slip of more than 0 m are painted with blue, and subfaults with slip more than 1.5 times of the average slip are painted with red.



第3図 Murotani *et al.* (2008)⁷⁾のスケーリングと本研究で扱ったM9クラスの地震との関係. (a)地震モーメントと破壊領域. (b)地震モーメントと平均すべり量. (c)地震モーメントとアスペリティ面積. (d)破壊領域とアスペリティ面積.

Fig.3 Scaling relationships between M-8 and M-9 earthquakes for plate-boundaries. (a) Rupture area, (b) average slip, and (c) combined area of asperities with respect to the seismic moment, and (d) combined area of asperities and rupture area.