12-12 「世界の巨大地震・津波」 地中海地域 Giant earthquakes and tsunamis in the world: Mediterranean Sea

海洋研究開発機構 堀高峰 · 金田義行 Takane Hori, Yoshiyuki Kaneda Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

1. はじめに

世界の巨大地震・津波というと、環太平洋地域を対象とした議論が中心であり、2004年スマトラ・ アンダマン地震・津波以降は、インド洋地域も加わってきたが、地中海地域については、これまで あまり注目されてきたとは言えない.これは、20世紀以降に発生した M9以上の地震が、環太平洋 ならびにスマトラ・アンダマンに限られていたからであろう¹⁾.しかし、津波堆積物による履歴調 査や、過去の堆積物と対比できる 2011年東北地方太平洋沖地震とそれに伴う大津波の発生が示した 通り、巨大地震・津波を調べるには数百年以上の履歴を遡る必要がある.実際、1755年リスボン地 震(Mt8 1/2~8 3/4)²⁾をはじめとして、19世紀以前に遡れば、地中海地域でも、巨大地震とそれに 伴う津波によって大きな被害が起きてきた歴史がある.そこで本報告では、インド西方から地中海 にかけてのプレート境界とその周辺で、数百年以上前に発生した巨大地震・津波のうち、被害が大 きく、また近年調査研究が比較的進んでいるものを取り上げた.網羅的なレビューにはほど遠いが、 この地域の巨大地震・津波への関心が高まるきっかけになれば幸いである.

2. インド西方から地中海にかけてのプレート境界付近のテクトニクス

この地域は、図1に示したように、プレート間の相対運動速度は2~4cm/年であり、世界的に見て、 収束境界としては他の地域に比べて小さい傾向である³⁾.また、ヒマラヤ地域と同様な、衝突境界 が中心というのが特徴である.しかし、沈み込み帯(図1の黒線)や北アナトリア断層のような横 ずれの境界も、部分的には存在する.今回取り上げるのは、これらの沈み込み帯で起こる地震とそ れに伴う津波、そして北アナトリア断層のうちマルマラ海を通る津波被害を過去に起こしたことの ある部分である.

3.巨大地震と津波の例

3-1.1755 年 Lisbon 地震

この地震でリスボンの街の 85%が倒壊,数日間続いた火災や 15m 程度に達したとされる津波の影響もあり,6万人以上が亡くなったとされている⁴⁾. この地震の震源断層については諸説あるが, M8 後半の地震を起こす震源域の広がりを稼ぐには,ジブラルタル海峡の西側の沈み込み帯に発達 する付加体における低角逆断層を考えるのが妥当であろう⁵⁾(図2).現在も沈み込みは継続してい ると考えられるが,陸上・海底共に地殻変動観測が不十分で,どの程度の割合で歪みを蓄積しつつ あるかはわかっていない⁶⁾.

3-2.1693 年 Catania 地震

シシリー島東部でメルカリ震度 XI を記録し、全体で 6 万人、カターニアで当時の人口の約 6 割 に当たる 12,000 人が亡くなったとされる⁷⁾. 津波も 5-10m は遡上したとされ、Tsunami intensity V と大きかった⁸⁾. この地震は、シシリー島東方の Calabria 沈み込み帯における低角逆断層の地震と 考えられ、地震時のすべり量は 2m と推定された⁹⁾(図3).この地震の繰り返しと考えられているのは 1169 年の地震であり、500 年程度の再来間隔であるが、これは、地震時のすべり量とこの地域の収束速度 4-5mm/yr と矛盾しない.なお、これらの地震と近い時期にエトナ火山の大噴火による被害が出ていることも注目すべきである(1169 年と 1669 年).

3-3.365 年 Crete 地震

宇津による世界の被害地震の表によれば、この地震による死者は 50,000, M は 8.3 である¹⁰⁾. この地震は、Hellenic 沈み込み帯で起きた低角逆断地震と考えられ、地殻変動から推定された規模は Mw8.3-8.5 である¹¹⁾. 同様な地殻変動は 4500 年程度の繰り返しで起きたと考えられるが、Hellenic 沈み込み帯に沿って、場所を変えて同程度の地震・津波が起きる可能性と考えると、 800 年に一度 程度は起こりうることになる. そして、365 年の地震以降は 1303 年の1度しか知られておらず、この沈み込み帯での地震・津波の可能性を考えておく必要がある.

3-4. 北アナトリア断層の地震

この断層に沿っては、繰り返し被害地震が起きており、さらに、東から西に順に震源域が移動し てきた歴史があることは、日本でもよく知られている. 1939年以降、西に移動し、1999年 Izmit 地 震が最後で、その西隣のマルマラ海が壊れ残っており、マルマラ海のさらに西は 1912年に破壊した と考えられている¹²⁾.マルマラ海では過去にも大地震とそれにともなう津波が知られており、近い 将来それが繰り返す可能性が高い. ところが、この地域では、Izmit 地震や 2011年の Van 地震でも 明らかになったように、建物の耐震性の低さ等により、地震規模に比べて被害が大きい. そのため、 この地域の防災意識を高め、地震・津波に強い街作りを促すため、JICA-JISTによる SATREPS プロ ジェクト(マルマラ海域の地震・津波災害軽減とトルコの防災教育、代表:金田義行)を提案し、 来年度からの本格的な計画遂行に向けた準備を進めている.

3-5. Makran 沈み込み帯

さらに東に行って、インド西方の Makran 沈み込み帯は、テクトニクスとしては典型的な付加体が 1000km 近くに渡って発達した地域として知られている¹³⁾. その東半分では、1945 年 M8.1 の地 震をはじめ、比較的地震活動度が高いのに対して、西半分は 1483 年に大地震が起きて以来、現在も 地震活動度の低い状態が続いている. 仮に、1483 年以降、6cm/yr の収束速度の 100%近くですべり 遅れを蓄積してきたとすると、Mw8.5 以上の地震を起こすポテンシャルを持っていることになる. この沈み込み帯の西端はホルムズ海峡であり、このような世界的に影響の大きな地域での大地震・ 津波が起こるリスクについての評価も必要であろう.

4. 最後に

以上のように、地中海~インド西方にかけては、過去数百年以上遡れば、巨大地震と津波による 被害が起きてきたことや、今後もその可能性があることがわかる.トルコは従来から関心が高く、 今後もさらに共同研究が進められる計画である.一方、今回紹介した他の地域については、関心が 低かったと思われる.しかし、こうした地域も大地震・津波のリスクを抱えていることを踏まえ、 海域での観測をはじめとした、日本がこれまで培ってきた知見や技術を防災・減災に活かしていく 必要があると考える.

引用文献

- 1) Satake, K. and B. Atwater (2007). Long-term perspectives on giant earthquakes and tsunamis at subduction zones. Annu. Rev. Earth Planet Sci. 35, 349-374.
- Abe, K. (1979). Size of great earthquakes of 1837-1974 inferred from tsunami data. J. Geophys.Res. B4(84), 1561-1568.
- 3) Schellart, W.P. and N. Rawlinson (2010). Convergent plate margin dynamics: New perspectives from structural geology, geophysics and geodynamic modeling, Tectonophys., 483, 4–19.
- 4) Gutscher, M.A. (2012). Subduction Beneath Gibraltar? Recent Studies Provide Answers, Eos, 93, 133-134.
- Gutscher, M.A. et al. (2009). Deep structure, recent deformation and analog modeling of the Gulf of Cadiz accretionary wedge: Implications for the 1755 Lisbon earthquake, Tectonophysics, 475, 85–97.
- 6) Gutscher, M.A. et al., (2012). The Gibraltar subduction: A decade of new geophysical data, Tectonophysics, 574–575, 72–91.
- 7) Tinti, S., A. Armigliato, and E. Bortolucci (2001). Contribution of tsunami data analysis to constrain the seismic source: The case of the 1693 eastern Sicily earthquake, J. Seismol., 5, 41–61.
- Tinti, S., A. Maramai, and L. Graziani (2004). The new catalogue of the Italian tsunamis, Nat. Hazards, 33, 439–465.
- 9) Gutscher, M.A. et al. (2006). Source of the 1693 Catania earthquake and tsunami (southern Italy): New evidence from tsunami modeling of a locked subduction fault plane, Geophys. Res. Lett., 33, L08309, doi:10.1029/2005GL025442.
- 10) 宇津徳治 (1990). 世界の被害地震の表(古代から 1989 年まで), 東京, 243 p.
- 11) Shaw, B. et al. (2008). Eastern Mediterranean tectonics and tsunami hazard inferred from the AD 365 earthquake, Nature Geosci., doi:10.1038/ngeo151.
- 12) Meghraoui M. et al. (2012). Paleoseismology of the North Anatolian Fault at Güzelköy (Ganos segment, Turkey): Size and recurrence time of earthquake ruptures west of the Sea of Marmara, Geochem. Geophys. Geosyst., 13, Q04005, doi:10.1029/2011GC003960.
- Byrne, D. E., L. R. Sykes, and D. M. Davis (1992), Great thrust earthquakes and aseismic slip along the plate boundary of the Makran Subduction Zone, J. Geophys. Res., 97(B1), 449–478, doi:10.1029/91JB02165.



- 第1図. 地中海周辺からインド西方にかけてのテクトニクス (Schellart and Rawlinson, 2010 より抜粋). ここでは主な沈み込み帯 (Be:, Cb:, Hl:, Mk:) とトルコの北アナトリア断層を取り上げる.
- Figure 1. Tectonics from the area around Meditarenian Sea and that west to India (modified from Schellart and Rawlinson, 2010). Some subduction zones in Mediterenian (Be: Betic—Rif, Cb: Calabria, HI: Hellenic, Mk: Makran) and North Anatolian fault in Turkey are mentioned in this report.



- 第2図.(左) Lisbon 地震の震源域と考えられている沈み込み帯(緑線.図1の Be は赤線).(右) 構造探査側線(上)と反射ならびに屈折法探査断面(下).付加体の発達がよくわかる. (Gutscher et al., 2012)
- Figure 2. (Left) Subduction zone where Lisbon earthquake may have occurred (green curve. Be in Figure 1 corresponds to red curve). (Right) Structure survey line. Reflection and refraction profiles. These clearly indicate the development of an accretionary prism. (Gutscher et al., 2012)



- 第3回. Calabrian 沈み込み帯と Catania 地震による震度,津波の原因となったと推定される海底の 隆起・沈降モデル (Gutscher et al., 2006).
- Figure 3. Calabrian subduction zone, Seismic intensity in Sicilly, Crustal deformation estimated for Catania earthquake (Gutscher et al., 2006).



第4図. Hellenic 沈み込み帯(左)と Crete 地震による地殻変動(右). (Shaw et al., 2008) Figure 4. Hellenic subduction zone (left) and crustal deformation due to Crete earthquake (right) (Shaw et al., 2008)



第5図. Makran 沈み込み帯の全体像(左). 過去の大地震の分布(右). (Byrne et al., 1992) Figure 5. Map view of the Makran subduction zone (Left). Large earthquake distribution (Right). (Byrne et al., 1992)