

トルコ、イスタンブール周辺域における地震発生確率予測 歴史地震の再検討と1999年コジャエリ地震による影響

Probabilities for large earthquakes near Istanbul: Reconsideration of the historical shocks and interaction-based calculation

遠田 晋次[1], Tom Parsons,[2], Ross S. Stein,[2], Aykut Barka,[3], James H. Dieterich,[2]

Shinji Toda[1], Tom Parsons,[2], Ross S. Stein,[2], Aykut Barka,[3], James H. Dieterich,[2]

[1] 東大・地震研, [2] 合衆国地質調査所, [3] イスタンブール工科大

[1] ERI, University of Tokyo, [2] USGS, [3] ITU

著者らは、今後イスタンブールに強震動を与えるマルマラ海周辺の大地震の確率を評価するために、歴史地震の再検討と1999年8月のコジャエリ地震(M7.4)の影響による地震確率の変化を検討した。その結果、マルマラ海に分布する活断層の個々の活動間隔と最新活動時期を明らかにし、条件付き地震確率を算出することができた。また、コジャエリ地震による静的応力変化と地震活動度変化の関係を考慮すると、コジャエリ地震はイスタンブール周辺域の今後30年間の地震発生確率を3割程度増加させるものと予測される。

1999年8月に発生したM=7.4のコジャエリ地震は、1939年に始まった一連の北ナトリア断層沿いの西進の結果であり、これは断層活動による応力の伝搬・トリガリング(stress transfer, stress triggering)により説明されている(例えば、Stein et al., 1997)。8月の地震では、活動した断層長は約120kmにおよび、その東端はDuzce南西10km、西端は少なくともGolcuk西方まで達した。この地震の影響で、これまで未破壊であったDuzce断層東半分が引き続き1999年11月にM=7.1の地震を起こし、顕著な被害をもたらした。著者らの計算では、11月の震源域はコジャエリ地震により1~2barのクーロン破壊応力の増加が見込まれていた。

以上の背景から、今後イスタンブール近郊域での大地震が危惧される。著者らは、イスタンブールに強震動をもたらすマルマラ海周辺の大地震の確率を評価する目的で、歴史地震の再検討と1999年8月のコジャエリ地震の影響による地震確率の変化を検討した。今回考慮した断層は、マルマラ海に分布する、ヤロバ(Yalova)、プリンスズアイランド(Prince's Islands)、マルマラ(Marmara)の3セグメントである。

まず最初に、地震確率算出の重要なパラメータである各セグメントの平均活動間隔を求めるため、歴史地震の見直しを行った。その際に、Ambraseys and Finkel (1995)等の西暦1500年以降のカタログをもとに、Bakun and Wentworth (1997)の手法を用いて地震の規模と震源域を特定した。また、各地震を発生させたと考えられる既知の活断層を割り当て、Wells and Coppersmith (1994)の経験則を用いて断層の破壊域を推定した。これにより、上記3断層の他、1999年8月の震源であるイズミット(Izmit)セグメント、1912年に活動したガノス(Ganos)セグメントも含めた5つの断層それぞれの平均活動間隔(190年~540年)と最新活動時期(AD 1509~1999)を推定した。ちなみに、推定された地震規模と断層破壊域より算出されるマルマラ海周辺の右横ずれ変位速度 $23.5 \pm 8 \text{ mm/yr}$ は、GPSから求められた $22 \pm 3 \text{ mm/yr}$ と整合的である。

次に、歴史地震から求められた今後の地震発生確率に、1999年8月のコジャエリ地震による影響を加えた。コジャエリ地震の震源域の西端からマルマラ海東海域では、本震以降地震活動が高まっている。11月に発生したデュージェ地震にみられるように、地震活動の活発化は今後の連鎖的な破壊を引き起こす可能性があることを意味している。マルマラ海東海域の広域的な余震活動は、計算されたコジャエリ地震によるクーロン応力変化増加域に対応し、地震活動度の変化や時間的増減過程は速度・状態依存摩擦構成則(Dieterich, 1994)で説明できる。つまり、個々の評価対象断層に加わった応力変化を地震活動度変化、すなわち、地震確率変化に導くことができる。コジャエリ地震は、ヤロバ、プリンスズアイランド、マルマラセグメント上でのクーロン破壊応力を0.2~5.0bar増加させ、歴史地震記録から求められた今後30年間の地震発生確率を3割程度増加させるものと予測される。