

2007 年能登半島地震(Mj6.9)の震源のモデル化と強震動シミュレーション

飛島建設（土木学会技術推進機構）	正会員	○池田 隆明
東京大学（土木学会技術推進機構）	正会員	小長井一男
建設技術研究所（土木学会技術推進機構）	正会員	高津 茂樹
京都大学 原子炉実験所		釜江 克宏

1. はじめに

2007 年能登半島地震(Mj6.9)は、輪島市、七尾市、穴水町で震度 6 強の揺れを観測し、死者 1 名、家屋の全壊 525 棟、半壊 774 棟という大きな被害をもたらした¹⁾。

この地震による観測記録がK-NET, KiK-net, JMAにより観測され公開されている^{2),3),4)}。図 1 に本震記録が得られた観測地点を示す。ISK006 での最大加速度(水平 2 方向合成)は 900cm/s/sを超え、1995 年兵庫県南部地震の観測記録を上回るものであった。被害は震源域の直上と思われる旧鳳至郡門前町（現：輪島市門前町）から輪島市にかけて広がっており、震源近傍域での強震動が非常に大きかったものと推察される。

この地震の震源過程が波形インバージョン解析によって評価されており^{5),6),7),8),9)}、断層面での不均質なすべり分布等が公表されている。本検討では、波形インバージョン解析結果などを参考に、強震動評価のための震源モデルを経験的グリーン関数法によって評価した。

2. 震源のモデル化

波形インバージョン解析による震源破壊過程の結果をまとめると、以下のような傾向が見られる。震源近傍（モデル間のバラツキは大きい）にすべり量の大きい領域が共通に見られる。モデルによっては震源北東にもややすべりの大きい領域が見られる。

本報告では震源破壊過程を参考に、経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングを行った。観測波形と合成波形との比較には K-NET の観測記録を使用した。対象とした観測点は震源域に近い ISK006、および破壊伝播方向と見られる ISK001, ISK002 である。

経験的グリーン関数として用いた地震は 2007 年 3 月 25 日 14:21 (Mj4.1) と、2007 年 3 月 25 日 15:43 (Mj4.3) の記録である。波形の精度を考慮し、0.2~10Hz のバンドパスをかけて使用した。この地震の震源パラメータ

（地震モーメント、断層面積、応力降下量）は KiK-net 観測点の地中記録から震源変位スペクトルを求め、円形クラックの式などから評価した。破壊速度は 2.5km/s, S 波速度は 3.5km/s と仮定した。

フォワードモデリングの結果、震源近傍(Asp-1)とその西側(Aap-2)および東側(Asp-3)の 3 カ所にアスペリティを配置した震源モデルを提案する。図 2 に設定した震源モデルを示す。

破壊は Asp-1 の中央最深部から円状に広がり、Asp-2, Asp-3 にそれぞれ破壊が到達した後、再び円状に破壊が伝播すると仮定した。Asp-1 の大きさ、応力降下量、ライズタイムは (7km×7km, 20MPa, 0.6 秒)、Asp-2 は (5km×5km, 20MPa, 0.5 秒)、Asp-3 は (5km×5km, 10MPa, 0.5 秒) となった。

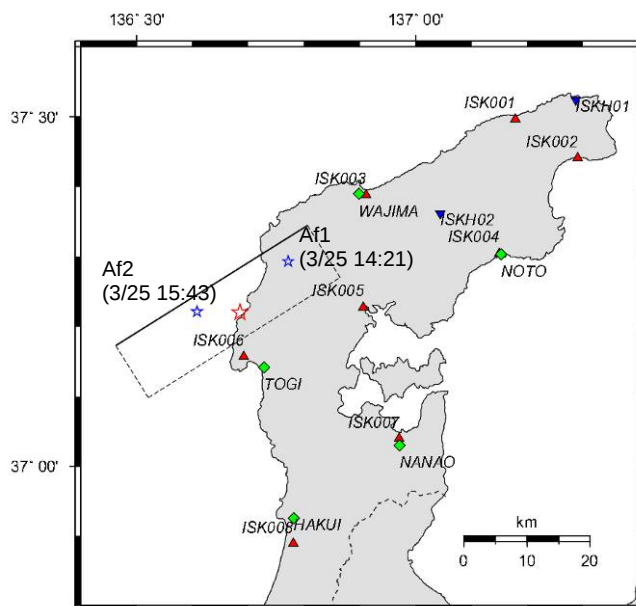


図 1 震源と震源周辺の観測点との位置

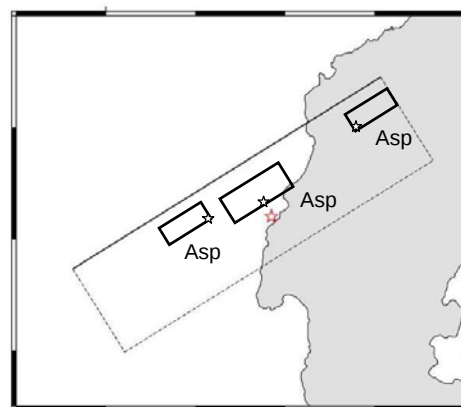


図 2 震源モデル

震源モデル、経験的グリーン関数法、強震動、アスペリティ、特性化

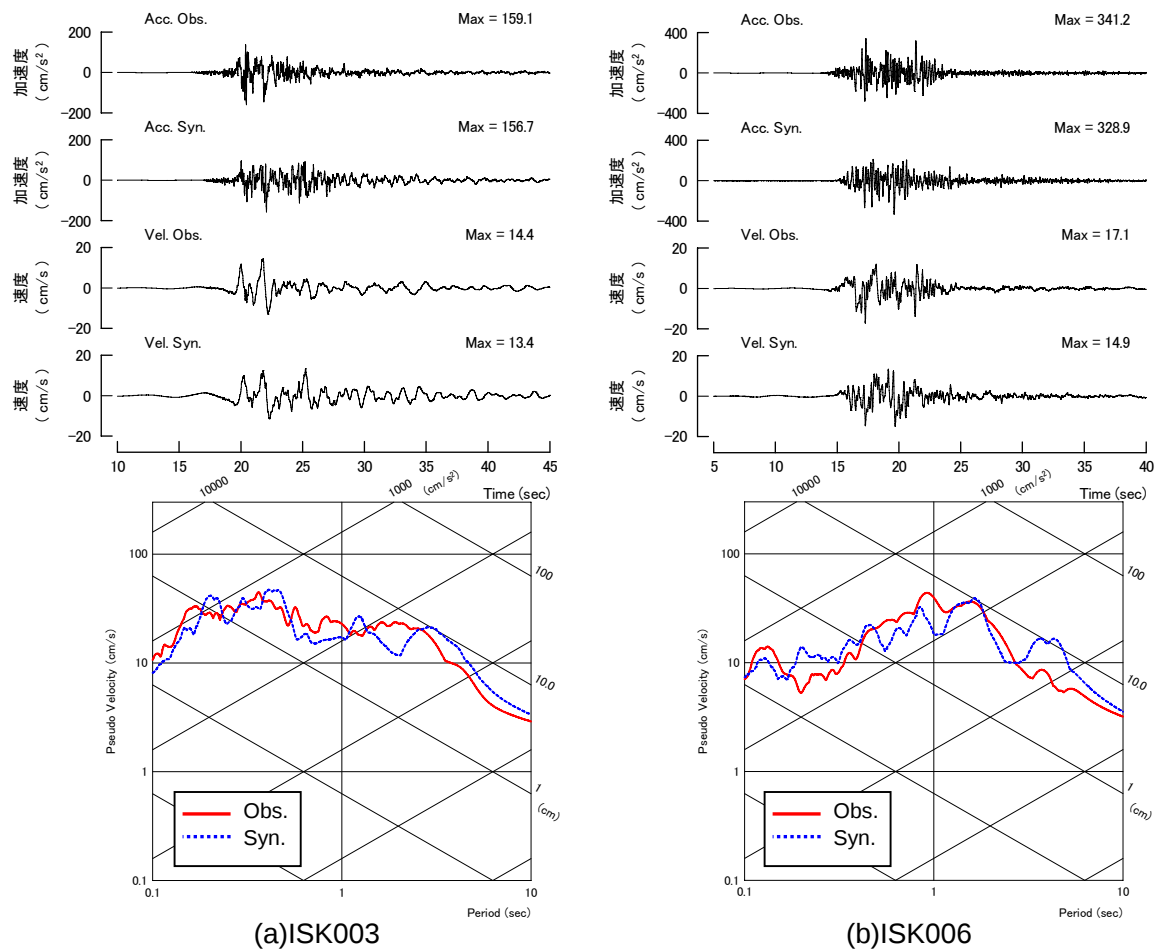
〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 Bw-303 活褶曲プロジェクト室 03-5452-6149

ISK001, ISK002, ISK003 などでは, 観測波形と合成波形は広帯域で良好な一致度が得られた. 図 3 に ISK003 と ISK006 における観測記録と合成結果との比較を示す. 震源に最も近い ISK006 では経験的グリーン関数の影響を受けやすく, 一致度はやや劣るものの, 観測波形の特徴は十分再現されている. ただし, ISK005 や ISK007 では合成波形の短周期成分が過大評価となり, 本震時における軟弱な表層地盤の非線形化の影響が想定される.

図 4 にアスペリティの総面積と地震モーメントとの関係式を示す. 実線はSomerville et al.¹⁰⁾が示したスケーリング則である. 能登半島地震の震源モデルは, このスケーリング則を満足していることがわかる.

3. まとめ

2007 年能登半島地震の震源モデルを経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングによって評価し, 3つのアスペリティを定量化した. 得られたアスペリティの震源パラメータは内陸地殻内地震の震源のモデル化手法(レシピ)に存在するばらつきの範囲内である.



(a)ISK003

(b)ISK006

図 3 時刻歴波形と加速度応答スペクトル ($h=5\%$) の比較

謝辞:

本研究は, 文部科学省科学技術振興調整費による委託を受けて行う研究開発(活褶曲地帯における地震被害データアーカイブの構築と社会基盤施設の防災対策への活用法の提案, 研究代表者: 小長井一男)の一環として実施いたしました. K-NE および KiK-net の地震観測記録を使用させていただきました.

参考文献:

- 1)消防庁, <http://www.fdma.go.jp/detail/710.html>
- 2)防災科学技術研究所, <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 3)防災科学技術研究所, <http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- 4)気象庁, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/data.html
- 5)青井真・関口春子, <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/topics/noto070325/>
- 6)気象庁, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/shingen_katei.pdf
- 7)山中佳子, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/
- 8)堀川晴央, <http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/notohanto/hakaikatei2.html>
- 9)八木勇治, http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/20070325/
- 10)Somerville, P. G. et al., Seism. Res. Lett., 70, 59-80

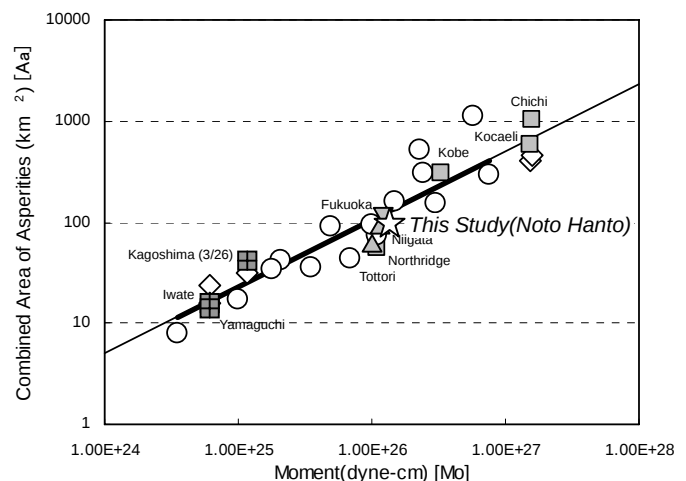


図 4 アスペリティの総面積と地震モーメントとの関係