

経験的グリーン・テンソル法による強震動シミュレーション (その2)

正会員 ○大堀 道広*
正会員 久田 嘉章**

経験グリーン・テンソル法 波形インヴァージョン
2001年兵庫県北部地震 モーメント・テンソル

1. はじめに

Plicka and Zahradnik (1998, GJI)は、震源位置がほぼ等しい小地震の観測記録を多数利用した波形インヴァージョンによりモーメント・テンソルを既知情報としてグリーン・テンソル(グリーン関数の偏導関数)を推定し、これを用いて任意の震源メカニズムを持つ地震による強震動を合成する経験的グリーン・テンソル法を提案している。この方法は伊藤・他(2001, 震研彙報; 2005, 防災科研報告など)により、震源域が空間的に広がりを持つ場合にも適用できるように拡張されている。さらに、著者ら[大堀・久田(2005, AIJ; 2006, 地震2)]により、グリーン・テンソルの未知数の低減法を提案されている。前報では2001年兵庫県北部地震の震源近傍の1点(HYG004)で得られた余震記録を用いて推定した経験的グリーン・テンソルとこれに基づく本震記録のシミュレーション結果について報告した。本報は、周辺の観測点を加えた計9点のシミュレーション結果を報告する。

2. 対象とする地震と観測点

本研究では、2001年兵庫県北部地震(M_J5.4)を対象とする。この地震は、1月12日に発生した本震として、その前後に活発な地震活動を伴った。防災科学技術研究所のK-NETおよびKiK-netでは、本震と25個の余震(M_J3.1~4.7)による地震動が記録されている。その震央分布は、図-1に示すように、東西方向4km南北方向5kmの範囲に分布する。また、震源の深さは9~12kmに分布している。

本研究では、震央距離40km以内のK-NETおよびKiK-netの観測点を対象とする。加速度記録は、一回積分し、周期1~5秒のバンドパスフィルターを施した速度波形として用いる。

3. 震源モデルの再決定

著者らの関心は震源近傍およびその周辺の観測点にあるため、F-netの解を参考に震源モデルの再決定を行った(詳細は前報を参照)。震源近傍の地盤条件の良い観測点では、震源特性が伝播特性やサイト特性に比較して顕著に現れると考えられることから、震源に最も近くにある

KNET観測点、HYG004(震央距離6~10km)を対象とし、ここで記録が得られている本震と15個の余震(図-1に示す震央のうち、●印、▲印では記録が得られ、×印では記録が得られていない)について、震源モデル(走向、傾斜角、すべり角、すべり速度関数、地震モーメント、震源の深さ)を算定した。その結果を図-2に示す。なお、震源モデルの再決定においては、P波の立ち上がり部分を含む5秒間を解析対象としている。

4. 経験的グリーン・テンソルの推定法

再決定された震源モデルに基づき計算された理論波形と観測波形との一致度を考慮し、11個の余震(3, 17, 19, 26を除く)を選択した。これらの余震が本震と同じ位置で発生したすべり回数1回の単位地震モーメント(1.0×10¹⁵N・m)の地震とみなせるように観測波形と震源メカニズム解に補正[伊藤(2005, 前出)]を加えた上で、波形インヴァージョンを行い、経験的グリーン・テンソルを算出した。この時、各観測点ごとに、使用する波形データをRadial, Transverse, UD成分の成分ごとに独立して解析する。なお、経験的グリーン・テンソルの要素数は各成分に対して9個あるが、モーメント・テンソルの対称性と対角項の和(=0, 体積変化のない震源)の条件により、観測記録から検出できる成分数は5に減じられる。さらに、震源に対する観測点の方位角が北から時計回りに90°となるように震源メカニズム解を水平面内で回転させることで、自由度をRadial, UD成分では3に、Transverse成分では2に減じ、解の安定を図っている。観測点によって異なるが、経験的グリーン・テンソルは最大11個の余震記録を用いて推定した。余震記録による経験的グリーン・テンソルの推定と後述する本震記録のシミュレーションでは波形全体を解析対象としている。(経験的グリーン・テンソルの推定結果の掲載は割愛する。)

5. 本震記録のシミュレーション

推定された経験的グリーン・テンソルと本震に対して再決定された震源モデルを用いて、本震のシミュレーションを行った。図-3には、前報で対象としたHYG004を含む計9点に対する観測波形と経験的グリーン・テンソ

ルに基づく計算波形を地図上に重ね書きして示す。観測波形と計算波形の一致度は観測点によって異なるものの、総じて両者はよく対応している。観測波形に見られる S 波の主要動以降の長い後続波群は平行成層構造を仮定した理論波形からは再現し難いが、計算波形はこの特徴を良く再現している。今後の課題として、短周期の成分に対する検討を実施したいと考えている。

謝辞

本研究では、防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net, F-net の各種データを利用して頂きました。関係者各位に感謝申し上げます。また、同研究所の伊藤喜宏氏、Nelson Plido 氏との議論は研究を進める上でたいへん有益でした。記して謝意を表します。

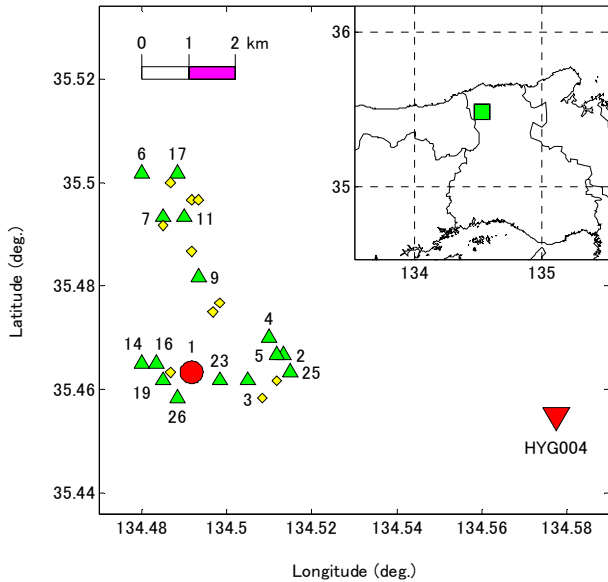


図-1：震央と震源モデルの再決定に用いた観測点 HYG004 の位置関係（1：本震，2-26：余震）

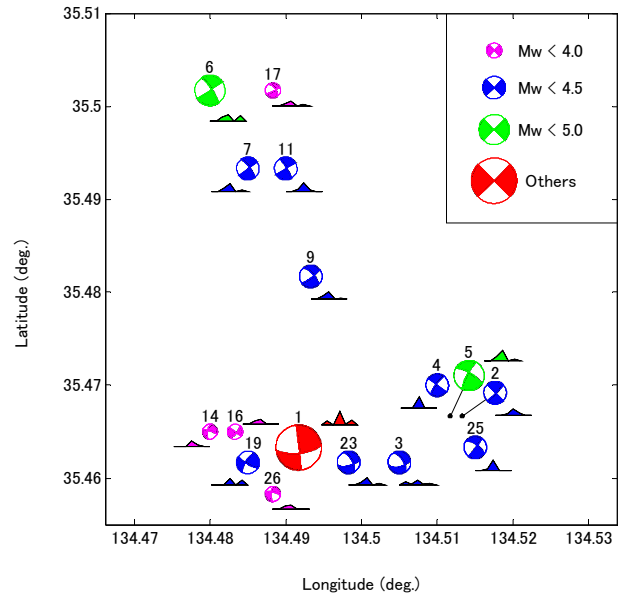


図-2：再決定された震源モデル [4 余震（3, 17, 19, 26）は以降利用せず。]

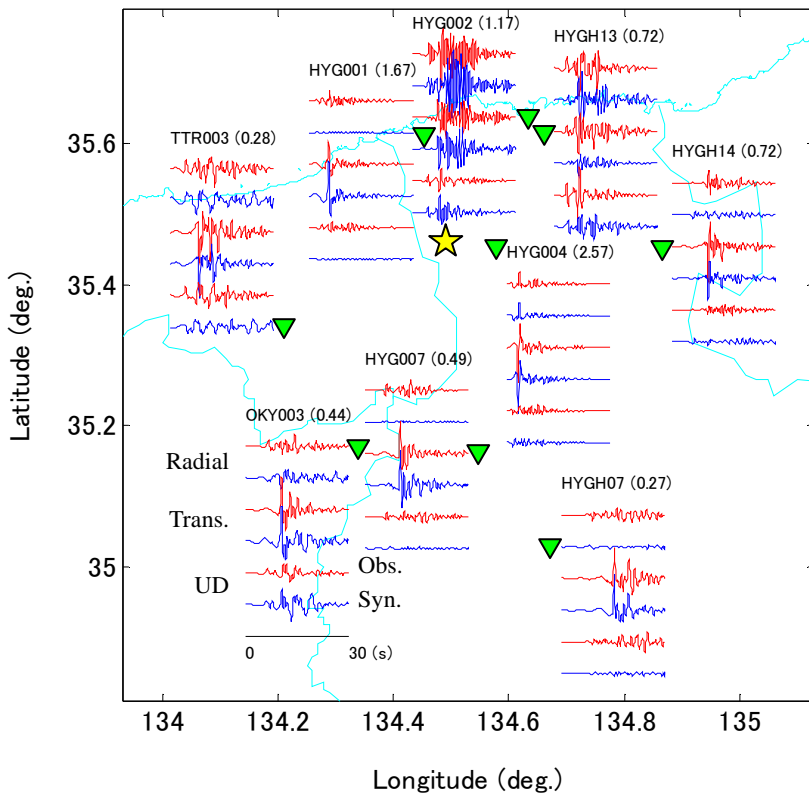


図-3：本震の観測波形と経験的グリーン・テンソル法による計算波形の比較 [各観測点の速度波形は括弧内の最大速度（単位は kine）で基準化している。]

* 東京工業大学 都市地震工学センター 研究員
**工学院大学 建築学科 教授

* Research Fellow, Tokyo Institute of Technology
** Professor, Kogakuin University