

10. 断層破壊域を考慮した緊急地震速報の高度化

倉橋奨・入倉孝次郎

1. はじめに

緊急地震速報は、点震源仮定による震源位置・地震規模・発震時間と、経験的な距離減衰式および表層地盤の影響を考慮して、地表面の震度が計算される。震源情報が点震源のため、破壊域の広がりが大きくなる巨大地震では、計算される震度が、実測よりも過小評価される地点があるのである可能性が高い。実際に、2011年東北地方太平洋沖地震では、破壊の進行方向となった関東地方では震度が過小評価となった。南海トラフの地震では、東海地方が破壊の進行方向にあたり、予想震度の過小評価が危惧される(図1)。本研究では、破壊の広がりを上下動加速度の加速度記録から推定し、その情報を用いて地表の震度を計算する方法の構築を試みる。

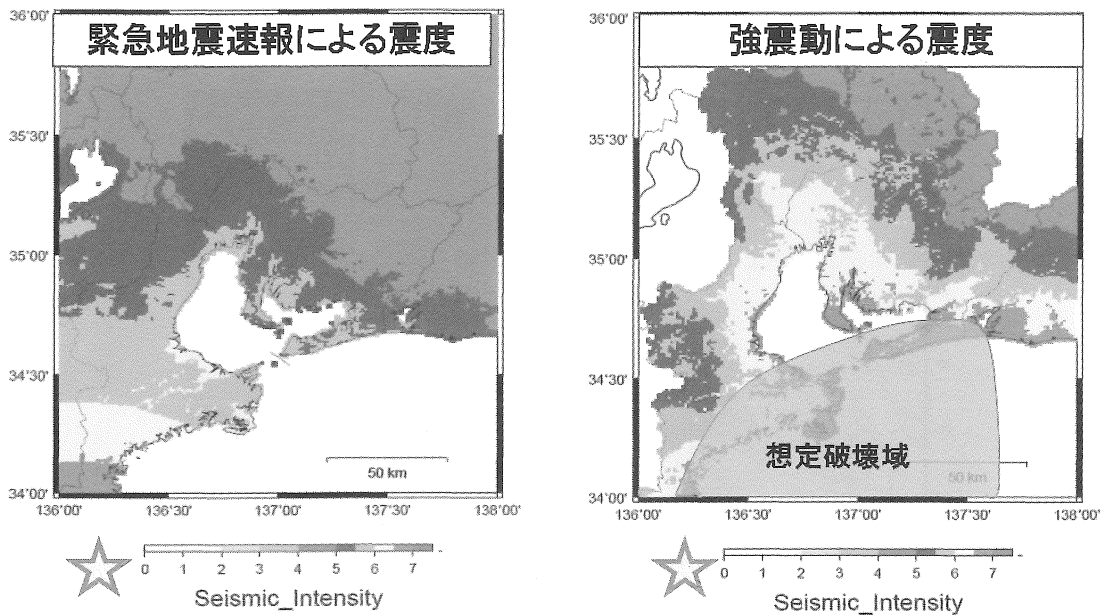


図1 (左) 想定南海地震における緊急地震速報による震度分布と(右) 中央防災会議による地震動シミュレーションから計算された震度分布。星は破壊開始点を、グレーゾーンは、想定破壊域を示している。緊急地震速報は、愛知県で震度1~2階級程度過小評価する可能性が高い。

2. 上下動PGAによる破壊の広がりの推定

倉橋ほか(2010)では、主要動が到達する前までの上下動PGAの距離減衰の飽和域から破壊の広がりの推定を試みている。これは、S波到達前までのP波を用いると、断層破壊域が大きく広がる巨大地震では、観測点と震源(破壊開始点)と強震動生成域との幾何学的な位置関係により、強震動生成域からのP波部分が、別の場所で生成されたS波に隠れてしまい、P波の飽和域がみえないための措置である。中越地震や岩手宮城内陸地震などの上下動PGAは震源近傍で飽和しており、そのレベルはおおよそ200galであった(図2左)。海溝型地震の2003十勝沖地震や太平洋沖地震では、飽和域とまではいかないが、上下動PGAの距離減衰の傾向は水平動PGAと同じ傾向を示している。これは、内陸地震と同様に、上下動PGAの値から破壊の広がりを推定することが可能と考えられる。海溝型地震の場合、飽和域を推定する加速度レベルとして、どの程度がよいかを検討する必要があるが、本研究では飽和域のレベルを200galとして解析を進めた。

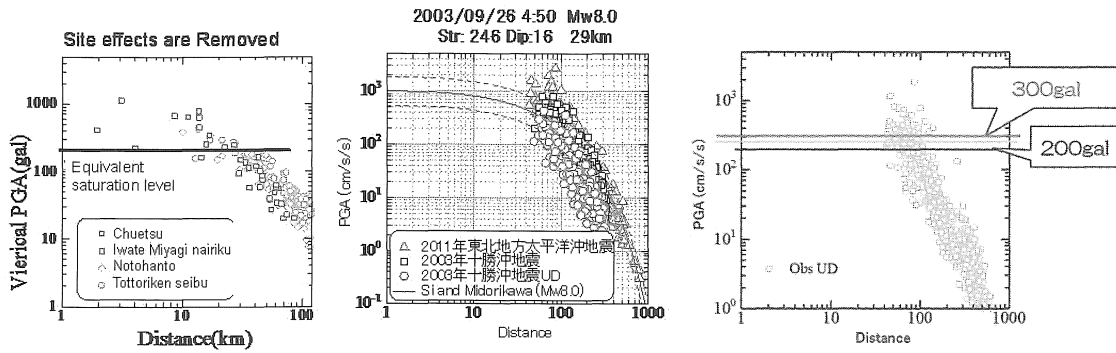


図2 (左) 4つの内陸地震における上下動PGAの距離減衰。(中) 太平洋沖地震と十勝沖地震の水平動PGAと十勝沖地震の上下動PGAの距離減衰。(右) 太平洋沖地震の上下動PGAの距離減衰。

3. 断層破壊域の広がり を考慮した震度推定の手順

破壊の広がり を考慮した地表の震度推定の手順を以下に示す。

- ① 上下動加速度記録が200gal以上の観測点を推定破壊域とする。
- ② その推定破壊域内の観測点とそれ以外の観測点との距離(断層最短距離)と、上下動PGAの距離減衰式から、推定破壊域内の観測点以外の地点の上下動PGAを計算する。
- ③ 観測震度と上下動加速度値との経験的な関係式を用いて、震度を計算する。

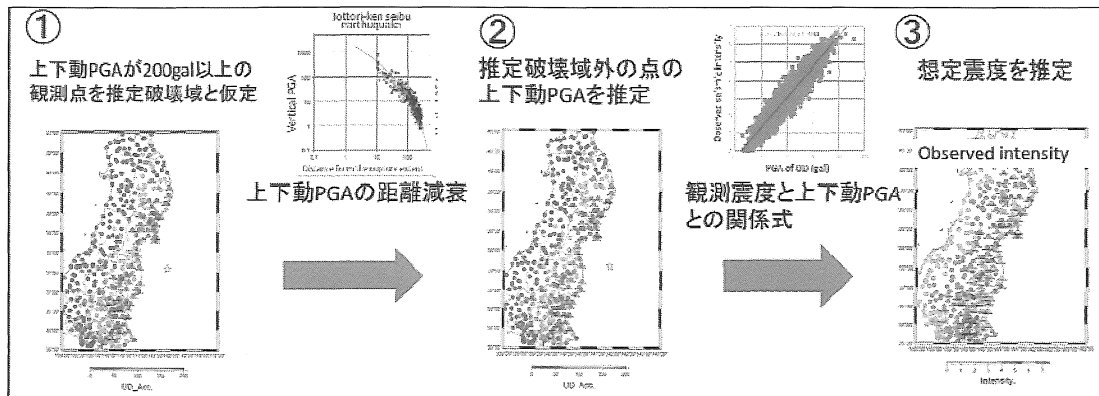


図3. 破壊の広がり を考慮した各地点の震度を計算する手順図

4. 推定破壊域と既往のスケーリング則との比較

ここでは、本研究で推定した推定破壊域の妥当性を検討するため、これまでに発表されている過去の大地震の地震モーメントと震源インバージョン結果から推定された破壊面積との関係性を示したスケーリング則と、本研究で推定した推定破壊域面積を比較した。スケーリング則は、海溝型は Matsushima et al.,2010 を、内陸型は Murotani et al., 2008 で示されているスケーリングを用いた。

本研究の推定破壊域は、隣合う観測点が200galを超えた地点と定義し、その両端の長さを断層長Lとする(図4)。断層幅は、海溝型は $W=L/2$ 、内陸型は18kmとした。図5に、スケーリング則との比較図を示す。本研究で推定した破壊域の面積は、波形インバージョンによる破壊域の面積と地震モーメントとのスケーリング則とよく一致する。

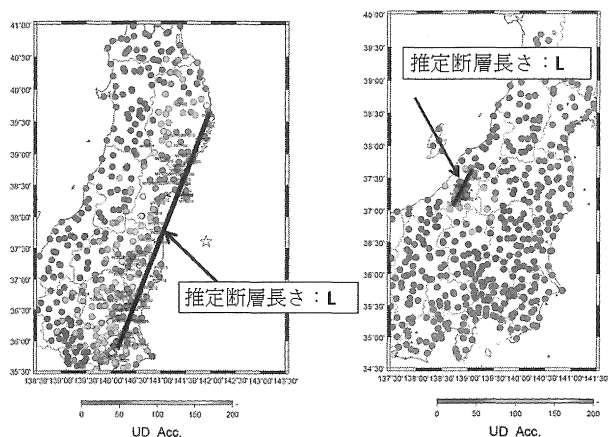


図4 (左) 2011 太平洋沖地震の上下動加速度分布と(右) 岩手内陸地震の上下動加速度分布。黒線は、200gal を超えた地点の両端を結んだラインで、断層長さ L である。

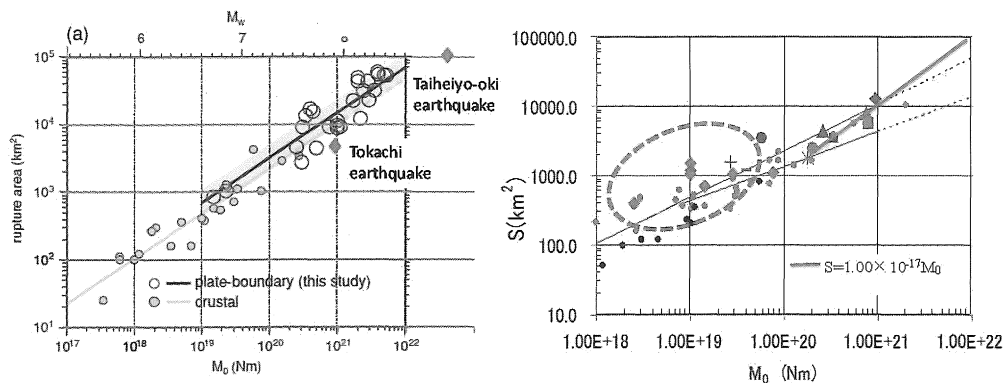


図5 (左) 海溝型の M_0 と破壊面積との比較 (Murotani et al.,2008 に加筆)
 (右) 内陸型の M_0 と破壊域との比較。(Matsushima et al.,2010 に加筆)

5. 上下動 PGA の距離減衰式

飽和域の広がりから飽和域の外側の観測点における上下動 PGA の予測し観測との比較から有効性の検証を行う。予測する点の上下動 PGA は、既存の上下動の距離減衰式の減衰項のみを用いて計算を実施する。すなわち、飽和域内の観測点の上下動 PGA は 200gal とし、その観測点と計算する点との距離に応じて、減衰を考慮して上下動 PGA を計算する。既存の距離減衰式として、西村・堀家 (2003) を利用した。図6に、上下動 PGA と西村・堀家 (2003) の比較図を示す。減衰傾向が調和的であることがわかる。

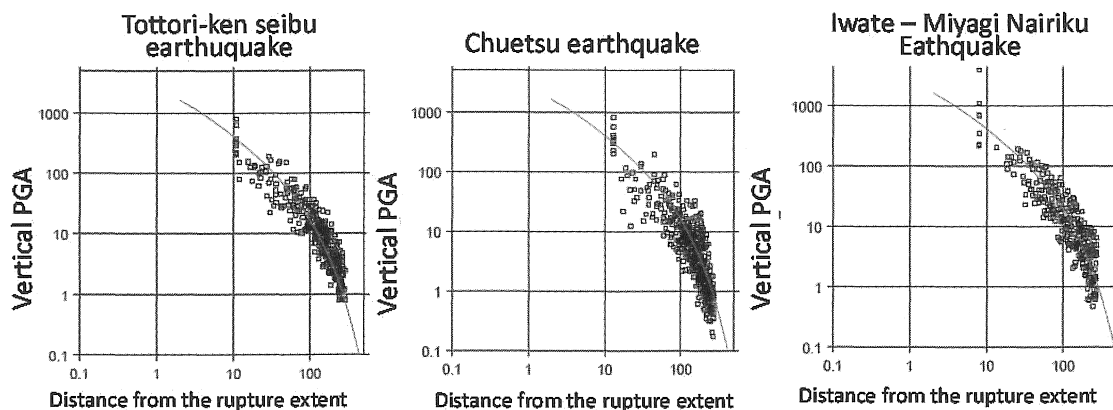


図6 観測上下動 PGA と西村・堀家 (2003) による距離減衰式の減衰部分との比較

6. 観測震度と上下動 PGA との経験式

推定破壊域より外側で推定された上下動 PGA から震度への変換は、観測震度と上下動 PGA との経験式を利用する。図 7 に観測震度と上下動 PGA との関係式を示す。実線は、最小二乗法により推定された関係式を示す。両者は比例した関係があるが、ばらつきもあることがわかる。

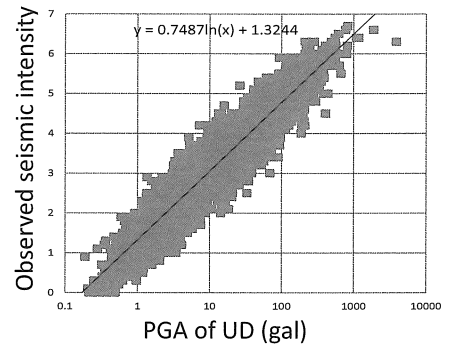


図 7 観測震度と上下動 PGA との関係式

7. 計算上下動 PGA と計算震度

上下動 PGA が計算できた後、上下動 PGA と震度の経験的な関係から震度を計算する。図 6 には岩手宮城内陸地震と東北地方太平洋沖地震における観測上下動 PGA と予想上下動 PGA の分布図を、図 7 には観測震度と予想震度の分布図を示す。また、図 8 にはそれら比較のグラフを示す。飽和域内のみならず周りの観測点については観測上下動 PGA と予想上下動 PGA 観測震度と調和的な結果が得られている。しかしながら震度の方は、上下動 PGA よりもばらつきが大きい。これは、上下動 PGA と観測震度の経験式にばらつきが大きいためと考えられる。また、現段階ではサイト特性の考慮をしていないため、今後は、精度の向上を検討していく予定である。

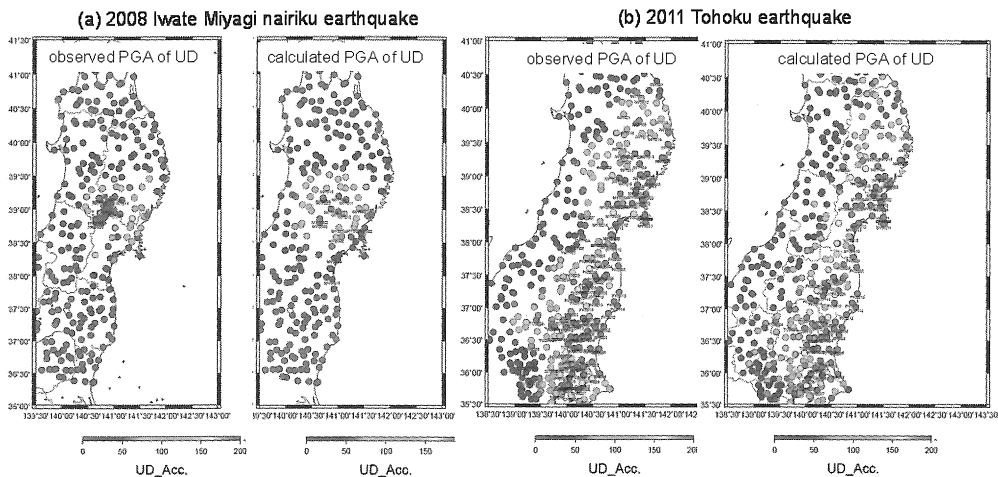


図 8 岩手宮城内陸地震 (a) と太平洋沖地震 (b) における観測上下動 PGA と計算上下動 PGA との比較

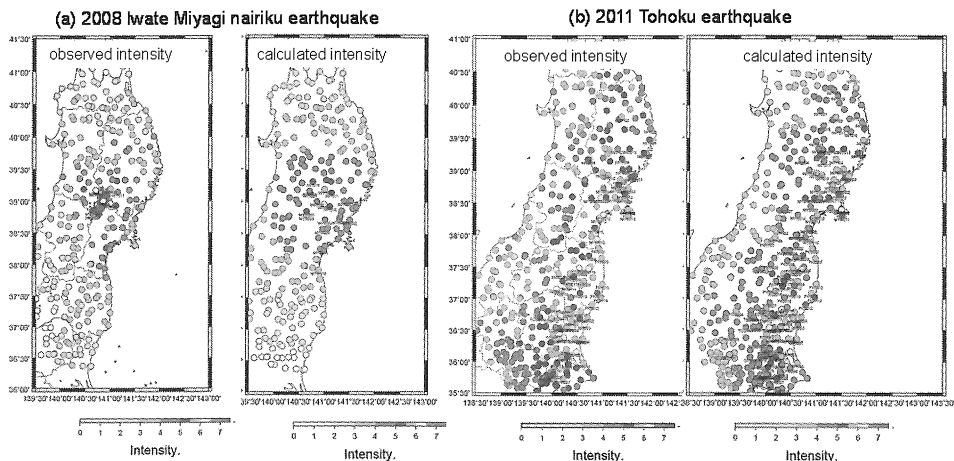


図 9 岩手宮城内陸地震 (a) と太平洋沖地震 (b) における観測震度と計算震度との比較

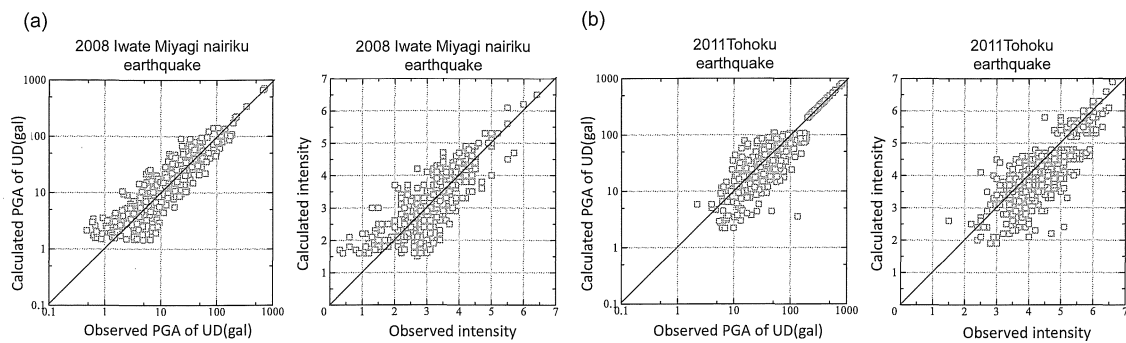


図 10 観測上下動 PGA と計算上下動 PGA および観測震度と計算震度およびとの比較

8. まとめ

本研究では、巨大地震時でも緊急地震速報の予想震度が過小評価されないために、上下動 PGA から断層破壊域を推定し、それをを用いて震度を推定する手法を提案し、東北地方太平洋沖地震に適用した。ここでわかったことを以下にまとめる。

- ・海溝型地震である十勝沖地震や太平洋沖地震では、上下動 PGA は S 波の距離減衰と同様の傾向である。このことから、内陸地震と同様にある閾値を与えることで、上下動 PGA から断層破壊域を推定できる可能性がある。
- ・上下動 PGA から推定した断層破壊域(断層面積)と、地震モーメントと破壊面積のスケーリング則とを比較し、整合的であることを確認した。
- ・推定破壊域より外側の地点は、既往の上下動距離減衰式の減衰項を用いて計算した。これにより計算された推定震度は、概ね観測震度を表現できた。本研究の手順は、巨大地震に対応する緊急地震速報システムの一つとして利用可能と考えられる。

参考文献

中央防災会議、東南海、東南海、南海地震に関する報告(案)、南海地震等に関する専門調査会、<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/16/siryou2zuhyou.pdf>、倉橋、上田(2009)

Murotani, S., H. Miyake, and K. Koketsu, (2008). Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, *Earth Planets Space*, 60, 987-991

Matsushima, S., S. Murotani, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa. (2010). Estimating Magnitudes of Inland Mega-Fault Systems for Strong Motion Simulation, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, S54B-01, 2010.6.

西村・堀家(2003)、強震ネットワーク(K-NET)データから推定した水平・上下動最大加速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、第571号、63-70