

2011年東北地方太平洋沖地震の強震動を対象とした複数の震源モデルの比較

○ 野津 厚¹⁾

1) 正会員 港湾空港技術研究所, 横須賀市長瀬3-1-1, nozu@pari.go.jp

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震は、密な強震観測網によって捉えられた唯一のM9クラスの海溝型巨大地震である。これまで、この地震の強震動を対象として複数の震源モデル¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾が提案されているが、それらの震源モデルのパフォーマンスを包括的に比較・検討することはこれまで行われていない。そこで、本研究では、今後の強震動予測に用いる震源モデルの選択に資することを目的とし、各々の震源モデルから計算される地震動と、実際に観測された地震動との誤差を定量的に評価することにより、震源モデルのパフォーマンスに関する定量的な比較を行った。

2. 対象とした震源モデル

本研究で対象とした震源モデルは、SPGAモデル(スーパーアスペリティモデル)¹⁾、疑似点震源モデル²⁾、およびSMGAモデル³⁾⁴⁾⁵⁾である。SPGAモデルとは、東北地方太平洋沖地震をはじめとする海溝型巨大地震において特徴的な強震動パルスのパルス幅と調和的なサイズのサブイベント(SPGA)から構成される震源モデルであり、サブイベントのサイズは対象地震の場合一辺が数km程度である。一方、SMGAモデルは、より広い領域(対象地震の場合、一辺が数十km程度)からまんべんなく強震動が生成されるとする震源モデルである。これらはいずれも特性化震源モデルの範疇に属するもので、グリーン関数の重ね合わせにより地震動が計算される。それに対して、疑似点震源モデルは、特性化震源モデルよりもさらに単純化された震源モデルであり、各サブイベントに起因する地震動のフーリエ振幅だけが規定される。なお、本地震に対して提案されているSMGAモデルのうちKurahashi and Irikura⁶⁾のものについては本研究では対象としなかった。その理由は、Kurahashi and Irikuraの震源モデルにおいては、2005/8/16宮城県沖の地震(M_w7.2)の記録の後半部分がグリーン関数として用いられているが、一部の観測点では、記録を前半部分と後半部分に分けることが、著者にとっては困難であったためである。本研究で対象とした震源モデルを図1に示す。

3. 地震動の計算

地震動の計算には、基本的に、各々の震源モデルの構築に用いられたのと同様の計算手法を用いた。すなわち、佐藤³⁾のSMGAモデルについては壇・佐藤の経験的グリーン関数法⁷⁾を用い、Asano and Iwata⁴⁾、川辺・釜江⁵⁾によるSMGAモデルについては入倉他の経験的グリーン関数法⁸⁾を用いた。グリーン関数イベン

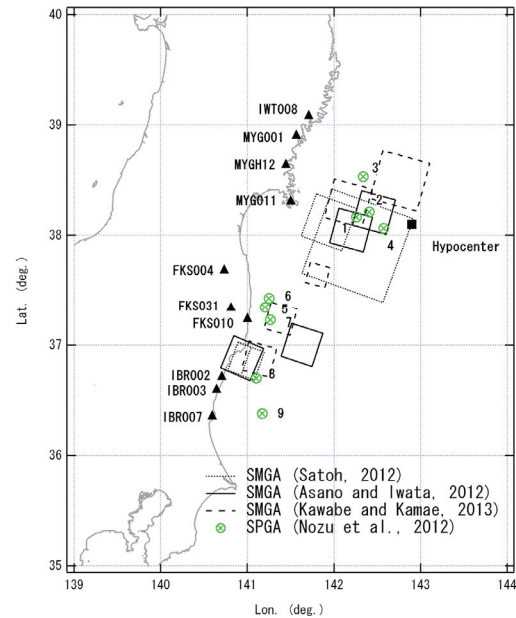


図1 本研究で対象とした震源モデルと対象地点

トとして用いた中小地震も、個々の文献に示されたものと同様である。SPGAモデルと疑似点震源モデルについてはそれぞれ文献1)2)に示された方法で地震動を計算した。対象地点については、①サブイベントが存在する宮城県から茨城県までの範囲をカバーすること、②地盤の非線形挙動の影響が大きいサイトを避けること、③各々の文献で用いられた中小地震記録が漏れなく観測されていることを念頭に置き、図1の10地点を選定した。紙数の制約から、ここでは代表的な地点として、MYGH12における地表NS成分(0.2-1Hz)の比較を図2に示す。観測波形には強震動パルスが明瞭に表れており、SPGAモデルではこれを再現できるが、SMGAモデルでは再現することができない。

4. 誤差評価

文献2)と同様の方法で、速度波形(0.2-1Hz)、速度envelope(0.2-10Hz)およびフーリエスペクトル(0.2-10Hz)に関する誤差評価を行った。結果を図3および表1に示す。図3では、SPGAモデルおよび疑似点震源モデルの結果にSMGAモデルによる結果を重ねている。図3より、佐藤のSMGAモデルは全般に誤差が大きく、Asano and IwataのSMGAモデルは福島県で誤差が大きいことがわかる。SMGAモデルの中では、川辺・釜江のものが、速度波形、速度envelope、フーリエスペクトルのいずれの指標で見ても最も誤差が小さい。しかし、SPGAモデルおよび疑似点震源モデルと比較すると誤差が大きい。

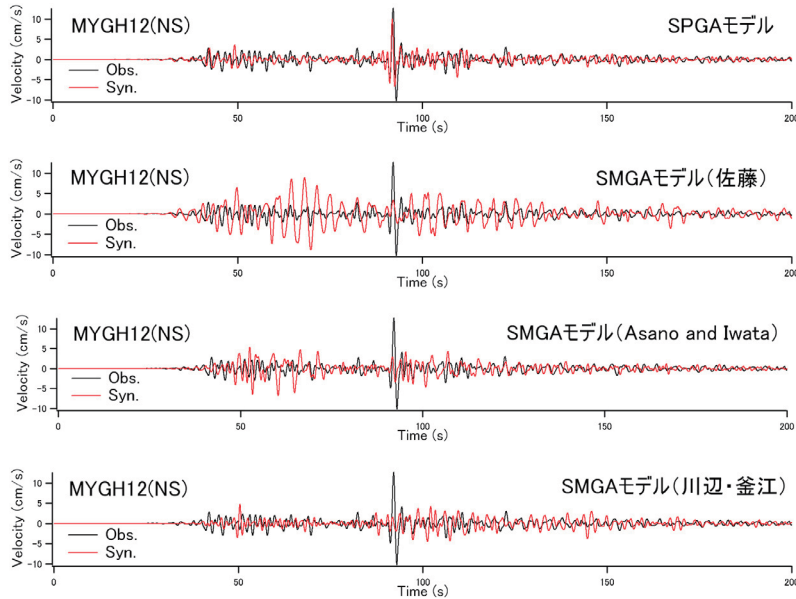


図2 速度波形の計算結果の例 (MYGH12の地表NS成分) (バンドパスフィルタ0.2-1Hz)

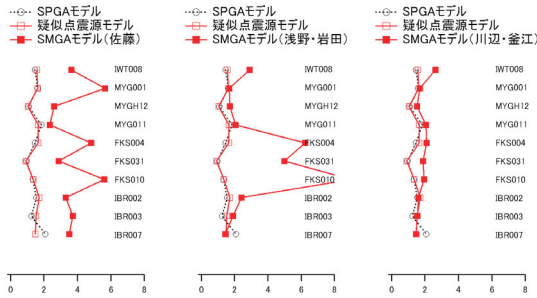


図3 速度波形 (0.2-1Hz) における誤差評価の結果

表1 各種の誤差の全地点における平均

	速度 波形	速度 envelope	フーリエ スペクトル	1-2秒 震度
SPGAモデル	1.46	0.52	0.096	0.21
疑似点震源モデル	1.45	0.52	0.067	0.30
SMGAモデル(佐藤)	3.81	0.87	0.124	0.47
SMGAモデル(浅野・岩田)	3.43	1.61	0.171	0.80
SMGAモデル(川辺・釜江)	1.84	0.68	0.109	0.57

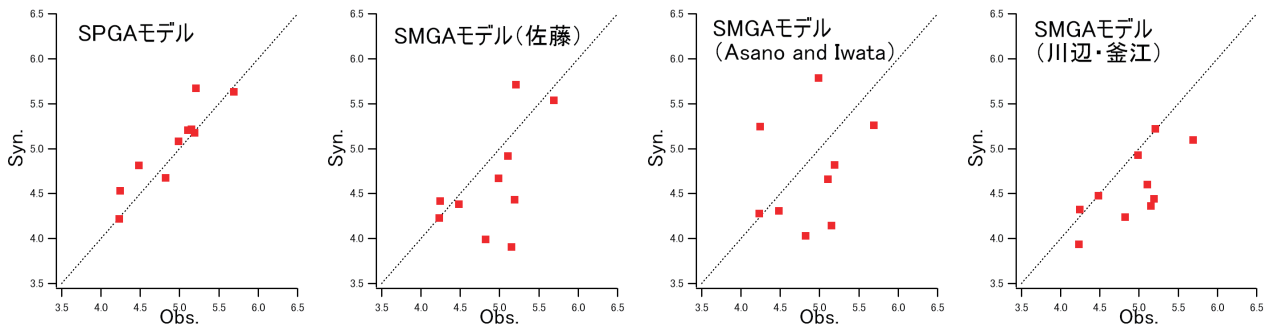


図4 境・他⁹⁾による「1-2秒震度」の観測値と計算値の比較

次に、建物被害と対応の良い指標として境・他⁹⁾により提案されている「1-2秒震度」の計算を行った。観測波による「1-2秒震度」と合成波によるそれとの比較を図4に示す。この図から、SPGAモデルは観測波の「1-2秒震度」を概ね再現できているのに対し、SMGAモデルは再現できていないことがわかる。「1-2秒震度」の誤差を全地点に対して平均したものを表1に示す。SMGAモデルではSPGAモデルに対して2.2倍～3.8倍程度の誤差が生じている。

5. まとめ

以上のように、建造物の地震時挙動に大きく影響すると考えられる強震動パルスを再現できること、建物被害と対応の良い指標である「1-2秒震度」の再現性が良いことなどから、一般的な建造物の耐震検討に用いる地震動を評価するための震源モデルとしてはSPGAモデル (または疑似点震源モデル) が適していると考えられる。

参考文献 1)野津・山田・長尾・入倉(2012), 日本地震工学会論文集, 12, 209-228. 2)野津(2012), 地震2, 65, 45-68. 3)佐藤(2012), 日本建築学会構造系論文集, 675, 695-704. 4) Asano and Iwata (2012), EPS, 64, 1111-1123. 5) 川辺・釜江(2013), 日本地震工学会論文集, 13, 75-87. 6) Kurahashi and Irikura (2013), BSSA, 103, 1373-1393. 7) 壇・佐藤(1998), 日本建築学会構造系論文集, 509, 49-60. 8) 入倉・香川・関口(1997), 日本地震学会講演予稿集. 9) 境・神野・瀧瀬(2002), 日本地震工学シンポジウム, 17-22.