



## 宮城県沖のスラブ内地震とプレート境界地震の短周期レベルの推定

佐藤智美<sup>1)</sup>

1) 正会員 清水建設技術研究所、研究員、博士(工学)  
e-mail: toshimi.satoh@shimz.co.jp

### 要約

宮城県沖の7つのスラブ内地震と4つのプレート境界地震の加速度震源スペクトルの短周期レベルを推定した。その結果、スラブ内地震である2003年宮城県沖地震( $M_j7.0$ )は、プレート境界地震である1978年宮城県沖地震( $M_j7.4$ )より地震モーメントは小さいが、短周期レベルは大きかったことがわかった。また、平均的には宮城県沖のスラブ内地震の短周期レベルは内陸地震に対する既往の回帰式の約4~6倍、宮城県沖のプレート境界地震の短周期レベルの約3~4倍であり、この特徴は福島県沖の地震と同様であることがわかった。

キーワード：スラブ内地震、プレート境界地震、宮城県沖地震、短周期レベル

### 1. はじめに

入倉・三宅<sup>1)</sup>や壇・他<sup>2)</sup>の震源のモデル化の考え方(レシピ)に基づき震源モデルを設定して強震動を評価する場合、加速度震源スペクトルのフラットレベル(短周期レベル)が重要なパラメータのひとつとなる。内陸地震に対しては、地震モーメントと短周期レベルの回帰式が求められ<sup>2)</sup>、実際に強震動評価にも用いられている<sup>3)</sup>。また、この回帰式は、日本海東縁の1993年北海道南西沖地震( $M_j7.8$ )に対してもその有効性が確認されている<sup>4)</sup>。スラブ内地震については、プレート境界地震に比べ短周期レベルが大きいことが指摘されているものの<sup>例えば 5),6)</sup>、スラブ内地震の短周期レベルの設定方法は未だ確立されていない。そこで、本研究では、2003年5月26日の宮城県沖地震( $M_j7.0$ )やこの地域のスラブ内地震とプレート境界地震の短周期レベルをK-NET強震記録から推定し、既往の地震の短周期レベルとの比較検討を行った。

### 2. データ及び解析方法

地震の諸元を表1に、震央位置、メカニズム解及びK-NET観測点位置を図1に示す。地震モーメント $M_0$ が $10^{23}$  dync-cm以上の地震を選択し、水平成分のS波部15秒間のフーリエスペクトルを解析に用いた。図1の6つの観測点は、佐藤・巽<sup>7)</sup>により経験的地盤増幅率が推定されている観測点のうち、震源距離150km以下で、かつ、表層地盤の卓越周波数が5Hz以上にあり<sup>8)</sup>、2003年宮城県沖地震の際にも今回対象とした4Hz以下では地盤非線形性の影響がみられない硬質地盤あるいは岩盤の観測点である。図1の南側にもK-NET観測点はあるが、軟弱地盤にあり地盤非線形性の影響が無視できないため対象外としている。

はじめに、佐藤・巽<sup>7)</sup>が東日本の海溝性地震の記録から求めている地震基盤からの経験的地盤増幅率と距離減衰特性を用いて観測フーリエスペクトルを補正し、加速度震源スペクトルを算出した。この際、震源での $V_s$ と密度 $\rho$ は、この地域のスラブ内地震の特徴<sup>9)</sup>や地下構造<sup>例えば 10)</sup>を参考に、二重深発面下部のマ

表 1 地震諸元及び推定した短周期レベル A

発震時* y/m/d	$M_j^*$	深さ* (km)	$M_0^{\#3}$ (dyne-cm)	A (dyne-cm/s <sup>2</sup> )
1998/05/21	5.0	84.2	$2.60 \times 10^{23}$	$7.27 \times 10^{25}$
1998/11/15	5.5	46.1	$2.89 \times 10^{24}$	$3.89 \times 10^{25}$
1998/11/24	5.1	83.1	$5.73 \times 10^{23}$	$1.16 \times 10^{26}$
2002/05/06	5.0	40.4	$2.82 \times 10^{23}$	$2.09 \times 10^{25}$
2002/05/12	5.1	96.3	$9.39 \times 10^{23}$	$7.51 \times 10^{25}$
2002/11/03	6.1	46.0	$3.87 \times 10^{25}$	$1.45 \times 10^{26}$
2002/12/05	5.2	40.0	$8.89 \times 10^{23}$	$1.83 \times 10^{25}$
2003/05/26	7.0	72.0 <sup>#1</sup>	$3.49 \times 10^{26}$	$1.09 \times 10^{27}$
2003/05/27	5.0	67.5 <sup>#2</sup>	$1.43 \times 10^{23}$	$1.02 \times 10^{26}$
2003/05/31	4.6	73.8 <sup>#2</sup>	$1.13 \times 10^{23}$	$1.79 \times 10^{25}$
2003/06/10	4.9	66.0 <sup>#2</sup>	$2.19 \times 10^{23}$	$2.60 \times 10^{25}$

イタリアックはプレート境界地震(図 1 の緑)  
 その他はスラブ内地震(図 1 の赤)

\*気象庁

<sup>#1</sup> 防災科学技術研究所 (<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/news/miyagi>)

<sup>#2</sup> 防災科学技術研究所 (<http://www.hinet.bosai.go.jp/>)

<sup>#3</sup> 防災科学技術研究所 (<http://www.fnet.bosai.go.jp/freesia/event/hypo/joho-j.html>)

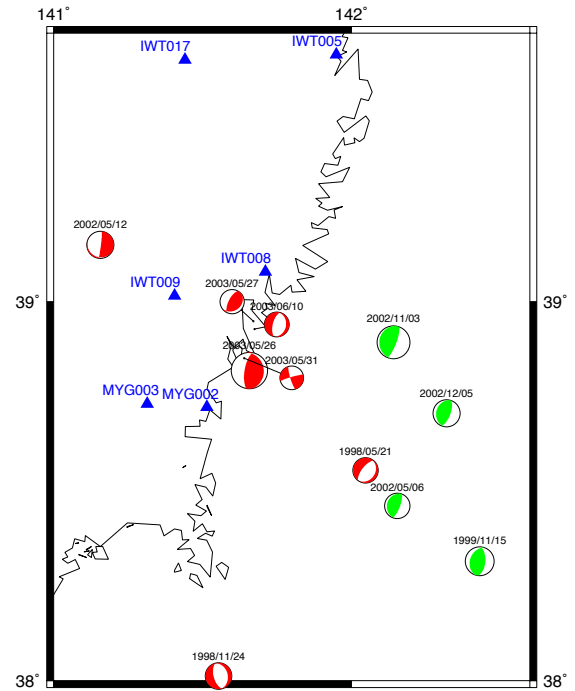


図 1 用いた地震の震央位置、メカニズム解及び K-NET 強震観測点位置(青三角)

ントルで発生した 2 つの down dip extension タイプの地震では  $V_s=4.5\text{km/s}$ ,  $\rho=3.25\text{g/cm}^3$  を、その他の地震では  $V_s=4.0\text{km/s}$ ,  $\rho=3.0\text{g/cm}^3$  を用いた。地震基盤の  $V_s=2.83\text{km/s}$  と  $\rho=2.65\text{g/cm}^3$  を考慮したインピーダンスの補正<sup>例えは<sup>10)</sup></sup>も行った。ラディエーションパターン係数<sup>11)</sup>は S 波の算術平均である 0.60 を  $2^{1/2}$  で除した値とした。そして、F-net の  $M_0$ (表 1)を用いて、0.2~4Hz での水平 2 成分の加速度震源スペクトルの rms 値と  $\omega^2$ モデルとの残差の全観測点での和が最小となるようにコーナー周波数を推定し、短周期レベル A を求めた(表 1)。なお、佐藤<sup>8)</sup>では余震と過去の宮城県沖のスラブ内地震の強震記録を用いて Q 値を求め、佐藤・巽<sup>7)</sup>の Q 値とほぼ同じとなることを確認しているが、データ数が少ないため周波数による変動が大きかったことから、本研究では佐藤・巽<sup>7)</sup>の Q 値を用いた。図 2 には用いた経験的地盤増幅率<sup>7)</sup>を、図 3 には 2003 年宮城県沖の地震(本震)の記録に基づく加速度震源スペクトルと  $\omega^2$ モデルとの比較を示す。記録に基づく加速度震源スペクトルは、平均的には  $\omega^2$ モデルでほぼ説明可能であることがわかる。

### 3. 解析結果

図 4 には、今回推定した 11 地震と既往の研究に基づく  $M_0$  と A との関係を示す。今回推定した 11 地震に対しては、加速度震源スペクトルの平均値 ± 標準偏差に対して推定された A も縦線で表示した。太実線は、壇・他<sup>2)</sup>が内陸地震のデータから回帰分析した  $M_0$  と A との関係、細実線はその倍と半分である。福島県沖地震<sup>12)</sup>は、ハーバード大学の CMT 解に基づきスラブ内地震とプレート境界地震に分類した。2003 年宮城県沖地震やこれと同じメカニズムをもつ余震の A は、壇・他<sup>2)</sup>の関係の約 6 倍と大きく、本震の応力降下量は 104MPa にも達する。しかし、中規模のスラブ内地震(2001 年芸予地震、2001 年静岡県中部地震)の A と比べるとやや大きい程度であり、壇・他<sup>2)</sup>の関係の 13~14 倍の A をもつ大規模スラブ内地震である 1993 年釧路沖地震( $M_j 7.8$ )や 1994 年北海道東方沖地震( $M_j 8.1$ )と比べて小さい。また、2003 年宮城県沖地震は 1978 年宮城県沖地震<sup>10)</sup>( $M_j 7.4$ )より  $M_0$  は小さいが A は大きく、震源での短周期の励起が大きかったことがわかる。規模の大きなスラブ内地震が起こっていない<sup>9)</sup>二重深発面上面で発生したと考えられる正断層タイプの余震と横ずれ断層タイプの余震を除くと、宮城県沖のスラブ内地震の A は壇・他<sup>2)</sup>の回帰式の約 4~6 倍、宮城県沖のプレート境界地震の約 3~4 倍である。なお、2003 年宮城県沖地震は破壊領域が海洋性地殻からマントルにまで達している<sup>13)</sup>ため、マントルの  $V_s$  と  $\rho$  を用いて計算すると A は約 1.4

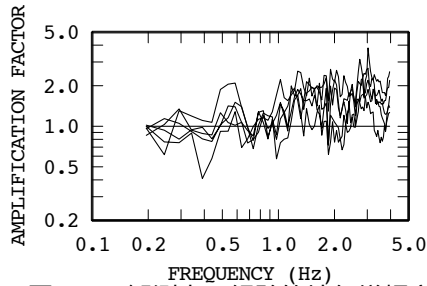


図2 6観測点の経験的地盤増幅率<sup>7)</sup>

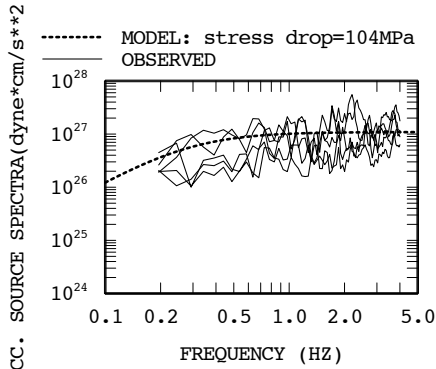


図3 2003年宮城県沖の地震(本震)の記録に基づく加速度震源スペクトルと $\omega^{-2}$ モデルとの比較

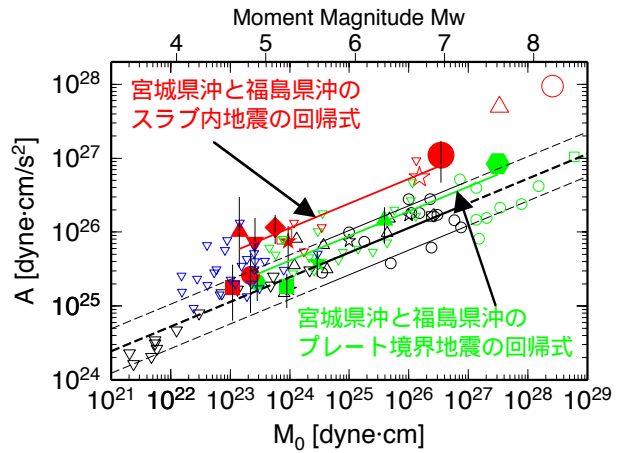
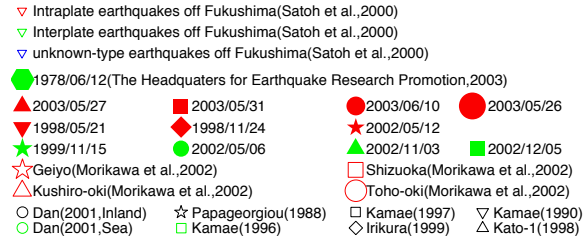


図4 本研究と既往の研究<sup>2),5),10),12)</sup>に基づく $M_0$ と $A$ の関係の比較。赤がスラブ内地震、緑がプレート境界地震、黒が内陸地震。(壇・他<sup>2)</sup>に加筆)

倍となる。2003年宮城県沖地震の $A$ は、福島県沖地震の $M_0$ と $A$ の関係のほぼ上限に相当しているが、宮城県沖と福島県沖の地震の $M_0$ - $A$ 関係はほぼ同じである。そこで、上述の2地震を除く9個の宮城県沖と福島県沖のスラブ内地震で回帰分析を行なった結果、 $A$ が壇・他<sup>2)</sup>の回帰式の4.6倍となる回帰式が得られた。また、23個のプレート境界地震では、 $A$ が壇・他<sup>2)</sup>の回帰式の1.7倍となる回帰式が得られた。

#### 4. おわりに

K-NET強震記録を用いて5月26日の宮城県沖地震とその余震を含めたこの地域のスラブ内地震及びプレート境界地震の短周期レベルを推定し、既往の地震の短周期レベルとの比較を行なった。スラブ内地震の震源のモデル化の確立に向け、今後もこのようなデータを蓄積していく必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究では、防災科学技術研究所のK-NET強震記録、F-netによるメカニズム解、Hi-netによる震源位置の情報、気象庁による震源情報、ハーバード大学のメカニズム解を使用しました。記して感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 入倉孝次郎, 三宅弘恵: シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, Vol.110, No.6, 2001, pp.849-875.
- 2) 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透: 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第545号, 2001, pp.51-62.
- 3) 石井透, 藤原広行, 青井真, 佐藤俊明, 渡辺基史, 佐藤智美, 松島信一, 早川崇, 篠原秀明, 先名重樹, 入倉孝次郎: 活断層と海溝型のシナリオ地震による地震動予測地図作成手法の検討, 地震学会講演予稿集, 2002, P027.
- 4) 壇一男, 宮腰淳一, 八代和彦: 経験的グリーン関数法による1993年北海道南西沖地震の札幌および秋田における地震記録の再現 強震動予測のための震源モデルの特性化手法の検証, 日本建築学会構造系

論文集,第 554 号, 2002, pp.53-63.

5) 森川信之, 笹谷努, 藤原広行 : 経験的グリーン関数法によるスラブ内地震の震源モデルの構築, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, CD-ROM, 2002, 27.

6) 壇一男, 渡辺基史, 宮腰淳一 : 既存のスペクトルインバージョン結果と震源インバージョン結果から推定されるアスペリティの実効応力と断層タイプ及び深さとの経験的關係, 日本建築学会構造系論文集, 第 565 号, 2003, pp.55-62.

7) 佐藤智美, 巽誉樹 : 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 556 号, 2002, pp.15-24.

8) 佐藤智美 : 強震記録に基づく 2003 年宮城県沖の地震の大加速度の成因に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 2003(投稿中).

9) Igarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino, and A. Hasegawa : Spatial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquakes associated with the subducting pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone, J. Geophys. Res., Vol.106, 2001, pp.2177-2191.

10) 地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会 : 宮城県沖地震を想定した強震動評価手法について, 2003, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>.

11) Boore, D. M. and J. Boatwright : Average body-wave radiation coefficient, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.74, 1984, pp.1615-1621.

12) 佐藤智美, 小林義尚, 八代和彦 : 強震動の高周波フーリエスペクトル特性  $f_{max}$  と応力降下量, 日本建築学会構造系論文集, 第 527 号, 2000, pp.79-87.

13) 瀬野徹三 : スラブ地震としての 2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震, 2003, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/seno/res.slab.miyagi.eq.html>.

(受理: H15 年 6 月 18 日)

(採用決定: H15 年 12 月 5 日)

## Short-period Spectral Level of Intraplate and Interplate Earthquakes Occurring off Miyagi Prefecture

SATOH Toshimi<sup>1)</sup>

1) Member, Researcher, Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng.

### ABSTRACT

I estimate short-period spectral level of acceleration source spectra for 7 intraplate earthquakes and 4 interplate earthquakes occurring around off Miyagi prefecture. It is found that the short-period spectral level for the 2003 Miyagiken-oki earthquake ( $M_j7.0$  intraplate earthquake) is higher than that for the 1978 Miyagiken-oki earthquake ( $M_j7.4$  interplate earthquake). On the average the short-period spectral level of intraplate earthquakes occurring off Miyagi prefecture is a factor of 4 to 6 higher than an previous empirical relation for crustal earthquakes and a factor of 3 to 4 higher than that interplate earthquakes occurring off Miyagi prefecture. This feature is similar to that for intraplate and interplate earthquakes occurring off Fukushima prefecture.

*Key words: Intraplate earthquake, Interplate earthquake, Miyagiken-oki earthquake, short-period spectral level*