



4-2 震源断層モデルの高度化 に関する調査研究 (京都大学防災研究所)

平成20年度業務とその成果（概要）

首都直下で発生するスラブ内地震等の強震動予測のための震源断層モデルを高度化するため、平成20年度は以下のような調査研究を実施した

- (1) スラブ内地震の震源インバージョン結果の収集・分析と断層パラメータのスケーリング経験式の構築
波形インバージョンによるスラブ内地震の震源モデルを追加収集した。破壊領域、アスペリティ領域とも内陸地殻内地震やプレート境界地震よりも面積が小さいことはスラブ内地震に共通する震源特性である。断層面積、アスペリティ総面積、平均すべり量の地震モーメントに対する経験式を構築した。
- (2) スラブ内地震等の広帯域震源モデルの構築
2008年7月24日岩手県沿岸北部の地震を対象に、経験的グリーン関数法を用いた広帯域震源モデリングを実施した。
- (3) 重要なスラブ内地震・プレート境界地震の記録が得られた強震観測点のサイト特性調査
2003年（スラブ内）、2005年（プレート境界）宮城県沖地震の強震観測点での微動観測を実施した。

収集した震源モデルの情報

| 発震日 | 地震名 | Mw | 震源 深さ | 断層 タイプ | 震源モデル |
|-----------|----------------------|-----|----------|-----------|-------------------------------|
| 2008/7/24 | 岩手県沿岸北部の地震 | 6.9 | 115 km | 正断層 | Suzuki et al. (2008) |
| 2005/6/13 | Tarapaca地震 (Chile) | 7.7 | 108 km | 正断層 | Delouis and Legrand (2007) |
| 2003/5/26 | 宮城県沖の地震 | 7.0 | 72 km | 逆断層 | 青井・他 (2005) |
| 2001/3/24 | 芸予地震 | 6.8 | 46 km | 正断層 | Takehi (2003) 関口・岩田 (2002) |
| 2001/2/28 | Nisqually地震 | 6.8 | 56 km | 正断層 | Ichinose et al. (2004) |
| 2001/1/13 | El Salvador地震 | 7.7 | 54 km | 正断層 | Vallée et al. (2003) |
| 1999/9/30 | Oaxaca地震 (Mexico) | 7.5 | 40 km | 正断層 | Hernandez et al. (2001) |
| 1997/1/11 | Michoacán地震 (Mexico) | 7.0 | 35 km | 正断層 | Santoyo et al. (2005) |
| 1994/10/4 | 北海道東方沖地震 | 8.3 | 64 km | 逆断層 | Shao et al. (2006) |
| 1965/4/29 | Seattle-Tacoma地震 | 6.6 | 60 km | 正断層 | Ichinose et al. (2004) |
| 1949/4/13 | Olympia地震 | 6.8 | 60 km | 正断層 | Ichinose et al. (2006) |

※11地震の12震源モデルについて、Somerville et al. (1999)で提案されている規範に従い、破壊領域とアスペリティの特性化を行った

※Cascadiaの3地震については、原論文にSomerville et al. (1999)の方法に基づく特性化の数値が記載されているので、スケーリングの検討にはその情報を使用した

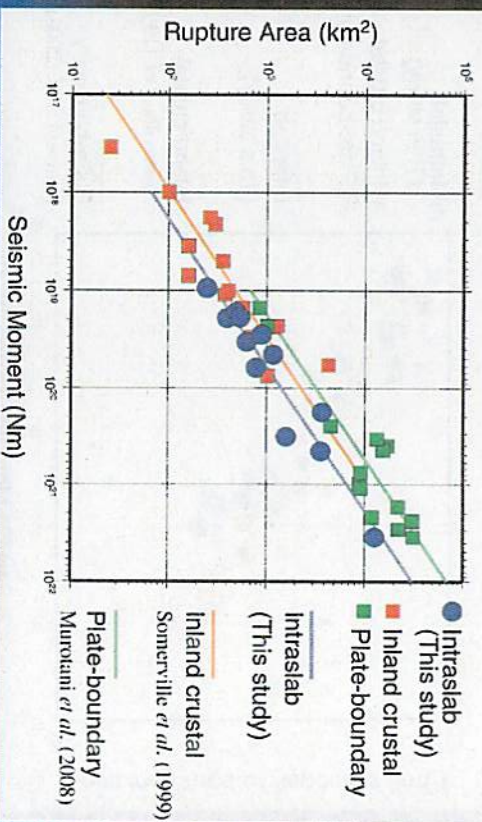
スラブ内地震の断層パラメータ

| 地震名 | Mw | 震源深さ (km) | 断層面積 (km ²) | | アスペリティ ティ(km ²) | | S _d /S | Δσ _d (Mpa) |
|---------------------|-----|--------------|----------------------------|------|--------------------------------|------|-------------------|--------------------------|
| 2008 岩手県沿岸北部 | 6.9 | 115 | 900 | 94% | 96 | 45% | 0.11 | 24 |
| 2005 Tarapaca | 7.7 | 108 | 1600 | 29% | 400 | 32% | 0.25 | 60 |
| 2003 宮城県沖 | 7.0 | 72 | 784 | 48% | 108 | 30% | 0.14 | 49 |
| 2001 芸予 | 6.8 | 46 | 540 | 74% | 81 | 49% | 0.21 | 24 |
| | 7.0 | 46 | 630 | 58% | 135 | 56% | 0.15 | 24 |
| 2001 Nisqually | 6.8 | 56 | 496 | 74% | 45 | 30% | 0.09 | 40 |
| 2001 El Salvador | 7.7 | 54 | 3600 | 58% | 733 | 53% | 0.20 | 25 |
| 1999 Oaxaca | 7.5 | 40 | 3713 | 113% | 731 | 99% | 0.20 | 10 |
| 1997 Michoacán | 7.0 | 35 | 1176 | 89% | 320 | 108% | 0.27 | 10 |
| 1994 北海道東方沖 | 8.3 | 64 | 12705 | 53% | 2640 | 49% | 0.21 | 29 |
| 1965 Seattle-Tacoma | 6.6 | 60 | 248 | 54% | 28 | 27% | 0.11 | 52 |
| 1949 Olympia | 6.8 | 60 | 396 | 54% | 36 | 22% | 0.09 | 65 |

同規模の内陸地殻内地震に対して、Somerville et al. (1999)の経験式から予測される面積に対する比

断層面積と地震モーメントの関係

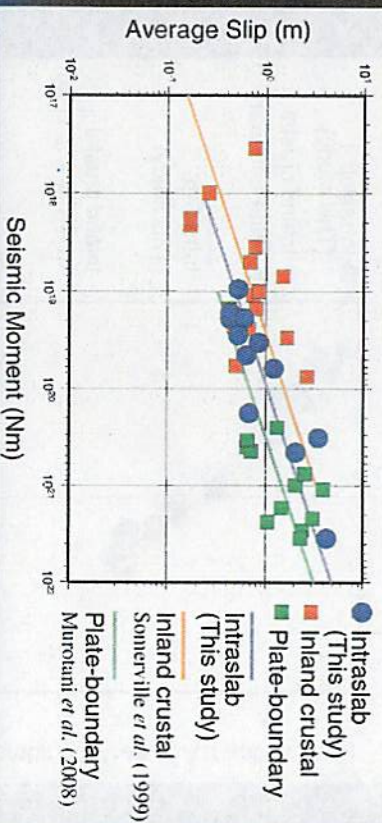
Rupture Area vs Seismic Moment



断層面積は同規模の内陸地殻内地震に比べて約67 ± 22 %の値

平均すべり量と地震モーメントの関係

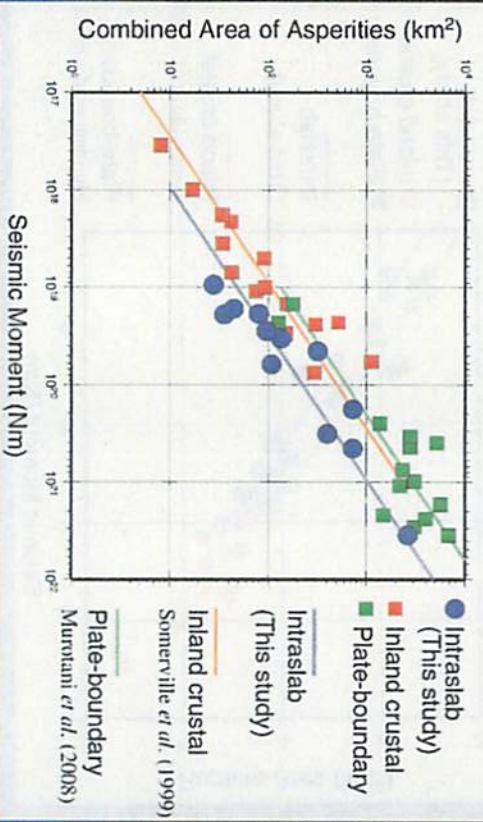
Average Slip vs Seismic Moment



平均すべり量は同規模の内陸地殻内地震に比べ小さいが、プレート境界地震よりは大きい

アスペリテイ総面積と地震モーメントの関係

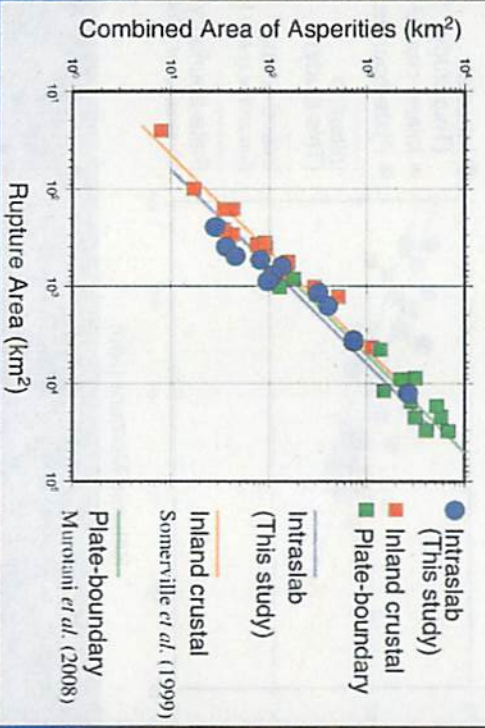
Combined Area of Asperities vs Seismic Moment



アスペリテイ総面積は同規模の内陸地殻内地震に比べて約50±26%の値

断層面積とアスペリテイ総面積の関係

Combined Area of Asperities vs Rupture Area



スラブ内地震のスケーリング経験式の構築

1) 断層面積 S [km²] と地震モーメント M_0 [Nm]

$$S = 6.57 \times 10^{-11} M_0^{2/3}$$

2) アスペリティ総面積 S_a [km²] と地震モーメント M_0 [Nm]

$$S_a = 1.04 \times 10^{-11} M_0^{2/3}$$

3) 平均すべり量 D [cm] と地震モーメント M_0 [Nm]

$$D = 2.25 \times 10^{-5} M_0^{1/3}$$

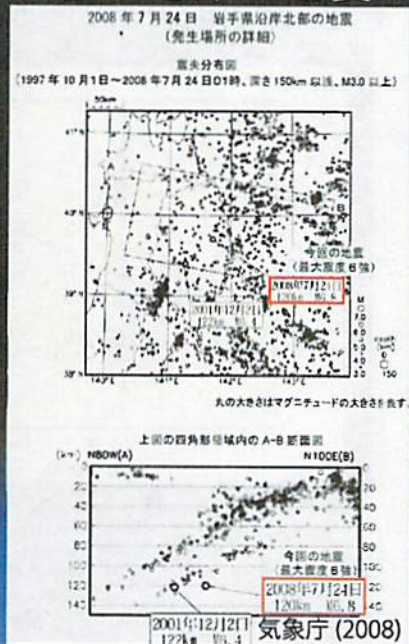
2008年7月24日岩手県沿岸北部の地震

太平洋スラブの二重地震面の下面で発生した正断層型の地震
 M_{JMA} 6.8, M_W 6.8

東北地方の下面の地震としては
 1923年以降で最大の地震

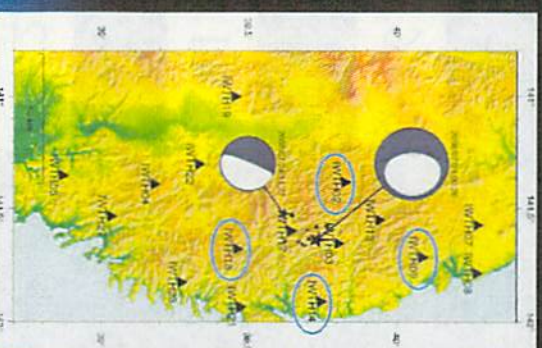
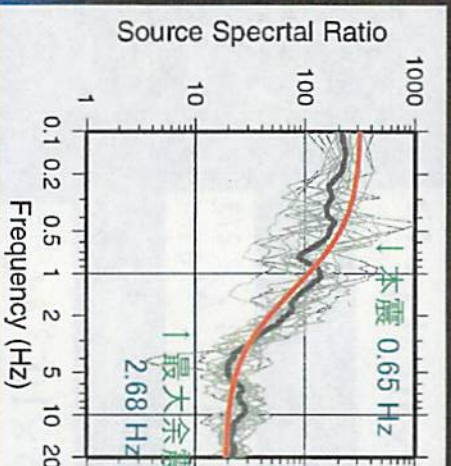
経験的グリーン関数法を用いた
 広帯域強震動シミュレーション
 によって2008年岩手県沿岸北
 部の地震の震源モデルを推定し、
 既存のスラブ内地震との比較を
 実施した

解析にはKIK-netの強震記録を使用した



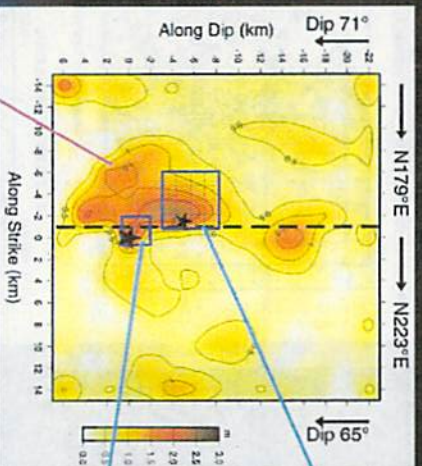
本震と余震(EGF)のスペクトル比の解析

本震：2008年7月24日00時26分 M_w 6.8
 余震：2008年7月24日11時28分 M_w 5.1



Spectral Ratio Fitting Method (三宅・他, 1999)を用いて、本震と余震のコーナー周波数を推定 (モーメント比はF-netの値)

推定された震源モデル

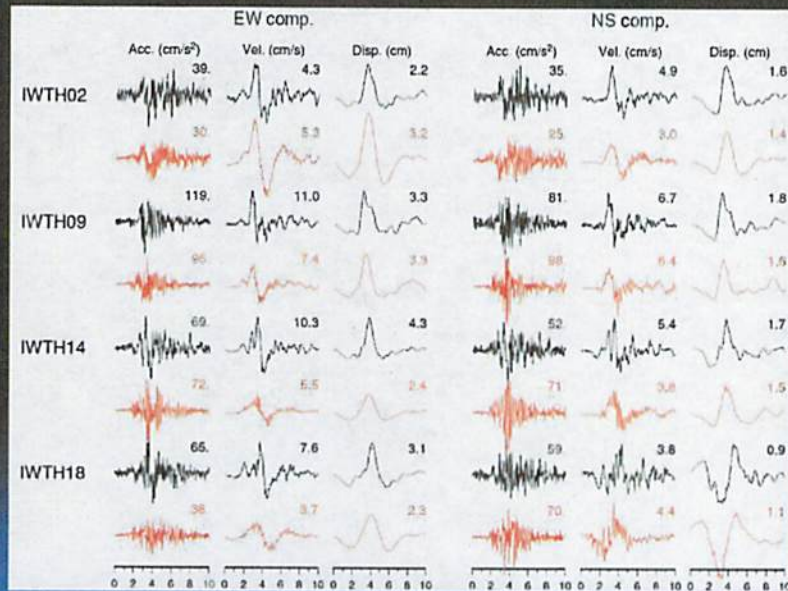


| | |
|-------------|--------------------------|
| 強震動生成領域No.2 | |
| 長さ | 5.2 km |
| 幅 | 5.2 km |
| 面積 | 27.0 km ² |
| ライズタイム | 0.16s |
| M_0 | 1.51×10^{19} Nm |
| 応力降下量 | 262 MPa |
| 破壊時刻 | 1.9 s |

| | |
|-------------|--------------------------|
| 強震動生成領域No.1 | |
| 長さ | 2.6 km |
| 幅 | 2.6 km |
| 面積 | 6.8 km ² |
| ライズタイム | 0.08s |
| M_0 | 1.89×10^{18} Nm |
| 応力降下量 | 262 MPa |

すべり分布はSuzuki et al. (2008)による強震波形(0.1-1Hz)のインバージョン解析から求められたもの

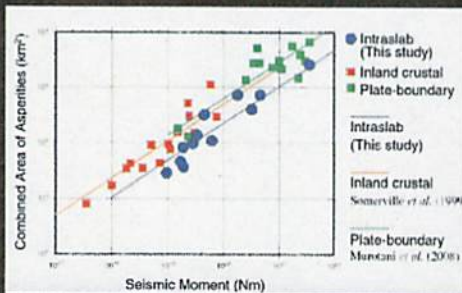
観測波形と合成波形の比較(0.2-10Hz)



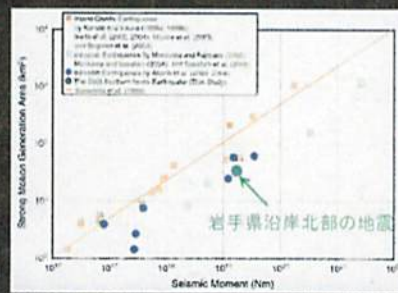
KIK-netの地中記録, 数字は最大振幅値

アスペリティと強震動生成領域

波形インバージョンによる
アスペリティ



広帯域強震動シミュレーションによる
強震動生成領域



アスペリティと強震動生成領域のスケージングはほぼ対応している

強震動生成領域(Miyake et al., 2003)は断層面内の特に広帯域強震動を放射するすべり速度・応力降下量の大きな領域
内陸地殻内地震ではアスペリティと強震動生成領域の場所・大きさが対応関係にあることがMiyake et al. (2003)で示されている

平成21年度業務計画

平成20年度までに得られたスラブ内地震のデータベースに基づいてすべり分布の不均質性の特性化を行った。これらの分析によって得られた不均質特性を反映させた震源モデル構築手法に従って、既存のスラブ内地震の強震動評価を行い、その妥当性や適用性を検討するとともに、強震動予測の高度化に向けたパラメータの整理を行う。対象とする地震としては、2003年宮城県沖、2001年芸予地震等とする。いくつかの破壊シナリオを設定し、経験的グリーン関数法、及び統計的グリーン関数法による強震動シミュレーションを行い、観測強震記録と比較して、モデル構築手法の適用性を検討する。