

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21710178

研究課題名（和文）広帯域地震動予測に必要な震源の周波数依存性の解明

研究課題名（英文）Investigation of Frequency-Dependent Seismic Source for Broadband Ground Motion Simulation

研究代表者

三宅 弘恵（MIYAKE HIROE）

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：90401265

研究成果の概要（和文）：長周期から短周期に至る周期 0.1～10 秒程度の広帯域地震動予測実現のためには、広帯域な震源破壊過程の推定が欠かせない。本研究では、解析周波数帯の推移に伴い変化する震源像を捉え、巨大地震の広帯域地震動予測を実現する震源モデルを構築した。研究成果として、地震学的に重視されている長周期から地震工学的に重視されている短周期に至る広帯域震源モデルとしての二段階コーナー震源スペクトルモデルを開発すると共に、すべり速度時間関数の短周期拡張手法の有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：Estimates of broadband source processes are essential to perform broadband ground motion simulation from long- to short-period ranging around 0.1 to 10 s. This study focused on frequency-dependent source images and proposed source models for broadband ground motion simulation, especially targeting on large earthquakes. As results, we developed the double-corner source spectral model to simulate long-period and short-period ground motions and validated the methodology to extend slip velocity time functions into shorter period range.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、自然災害科学

キーワード：地震動・地震・震源・強震動予測・固体地球物理学

1. 研究開始当初の背景

長周期から短周期に至る周期 0.1～10 秒程度の広帯域地震動予測実現のためには、広帯域な震源破壊過程の推定が欠かせない。

地震学では、大地震が発生するたびに長周期波形を用いた震源インバージョンが広く行われ、すべり分布が推定されてきた。震源域ですべりが大きな部分はアスペリティと呼ばれることが多く、日本の海溝型地震ではアスペリティが繰り返す事例が複数

報告されてきた。これは、仮にアスペリティが繰り返すべるとすれば、予測される地震動分布も同じになる可能性を意味する。一方、内陸地震ではこのような事例は殆ど報告されておらず、1966 年および 2004 年米国・パークフィールド地震のように、両地震のすべりが相補的であるという逆の結果もある。

一方、地震工学では、被害に直結する短周期波形を再現する震源のモデル化が主流である。短周期地震動再現に関しては、グリー

ン関数を理論的に構築することが極めて困難であるため、経験的グリーン関数法や統計的グリーン関数法が広く使われている。

1995年兵庫県南部地震において、長周期震源過程解析により推定されるアスペリティが、短周期地震動再現のための強震動生成域とほぼ一致する好事例が示された(釜江・入倉, 1997; Kamae and Irikura, 1998). その後、兵庫県南部地震以降に設置された高密度強震観測網 K-NET, KiK-net を活用し、他の内陸地震においても、アスペリティと強震動生成域がほぼ一致することが示され、アスペリティと背景領域から構成される広帯域地震動予測のための特性化震源モデルを提唱された(Miyake et al., 2003).

現時点の政府地震調査研究推進本部の地震動予測地図に導入されている特性化震源モデルは、主にマグニチュード7以下の内陸地震の解析結果に基づいて提案されたものであり、海溝型巨大地震や内陸の長大活断層への適用時には、別途対応となっている。したがって、これらの問題を解決するための新たな研究展開が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究は、解析周波数帯の推移に伴い変化する震源像を捉え、巨大地震の広帯域地震動予測を実現する震源モデルを構築することを目標とする。そして、単にランダムではなく地震の破壊成長過程を反映させた巨大地震の広帯域強震動予測を実現する震源像を提示することを目的とする。

長周期震源過程解析はすべり量の推定には適した方法であるが、破壊の開始・成長・停止メカニズムを推定するためには、震源の短周期生成過程の推定が不可欠である。また、地震被害に直結する短周期源の推定やその繰り返しのメカニズム解明は、地震防災において重要である。

3. 研究の方法

2009年度は、内陸地震と海溝型地震を対象に、震源過程が有する周波数依存性を分析し、長周期から短周期に至る広帯域地震動再現に必要な震源像の絞り込みを行う。

2010年度は、長周期側のアスペリティサイズと短周期側の強震動生成域のサイズに乖離がみられる海溝型地震を対象として、強震動生成域の定量化およびすべり速度時間関数の拡張方法の提案を行う。

2011年度は、被害地震の長周期震源過程解析および広帯域震源解析を行い、広帯域地震動予測に必要な震源の周波数依存性を解明する。

4. 研究成果

2009年度は、内陸地震と海溝型地震を対象

に、震源過程が有する周波数依存性を分析した。そして、長周期から短周期に至る広帯域地震動再現に必要な震源像の絞り込みを行い、震源インバージョンの断層面積の設定方法に依って、長周期側のアスペリティサイズと短周期側の強震動生成域のサイズに乖離がみられる条件を明らかにした。さらに、二段階コーナー震源スペクトルモデルを提案し(Miyake and Koketsu, 2010)、長周期側と短周期側について乖離が生じないアスペリティ面積の設定を行うことで、地震学的に重視されている長周期から地震工学的に重視されている短周期に至る広帯域震源モデルを構築した。

2010年度は、長周期側のアスペリティサイズと短周期側の強震動生成域のサイズに乖離がみられる海溝型地震を対象として、強震動生成域の定量化およびすべり速度時間関数の短周期拡張方法の提案を行った(例えば、三宅・他, 2011)。具体的には、宮城県沖地震や南海地震を扱った。本研究で提案した、南海地震に対するすべり速度時間関数の拡張方法は、政府地震調査研究推進本部から公表された長周期地震動予測地図 2012年試作版に採用された。

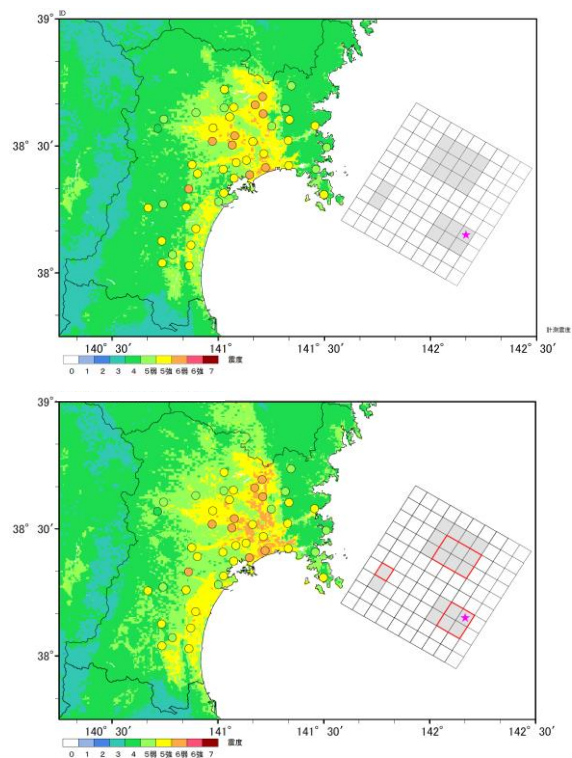


図1. 従来の特性化震源モデル(上)と本研究により提案された二段階コーナー震源スペクトルモデル(下)による1978年型の宮城県沖地震の広帯域地震動評価。丸印はアンケート震度を示し、地図の背景色はハイブリッド波形合成法により評価された地震動の計測震度分布を示す。

2011年度は、2003年イラン・バム地震や2009年イタリア・ラクイラ地震等を対象とした長周期震源過程解析および広帯域震源解析を行い、極大地震動を生成する内陸地殻内地震において、長周期震源と短周期震源の乖離が少ない特徴を明らかにし、査読論文として出版した。また、研究期間に発生した超巨大地震である2011年東北地方太平洋沖地震を対象に、長周期震源と短周期震源の明瞭な乖離を精査すると共に、震源過程が有する周波数依存性を分析した。その結果、断層の摩擦構成則の違いが乖離を支配している可能性が示された。

本研究では、地震学的に重視されている長周期から地震工学的に重視されている短周期に至る広帯域震源モデルの構築における改良方針を考案した。しかしながら、現段階では内陸地殻内地震・海溝型巨大地震・超巨大地震等の異なる地震タイプの震源モデルを统一的に構築することは、短周期の生成メカニズムが異なるために、困難であることが明らかとなった。

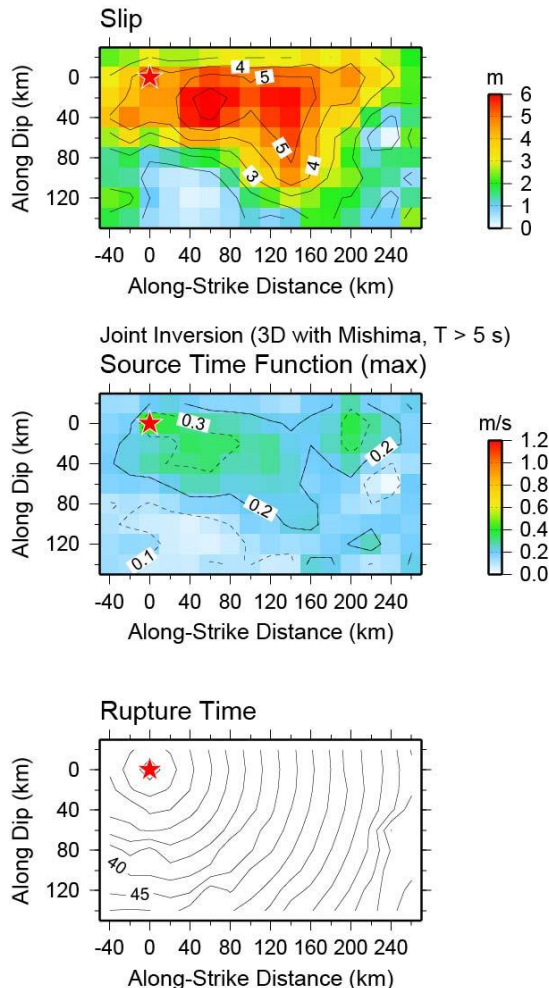


図2. 南海地震（昭和型）の三次元グリーン関数インバージョンによる周期5秒まで長周期震源過程 (Murotani, 2009; Kagawa et al., 2012).

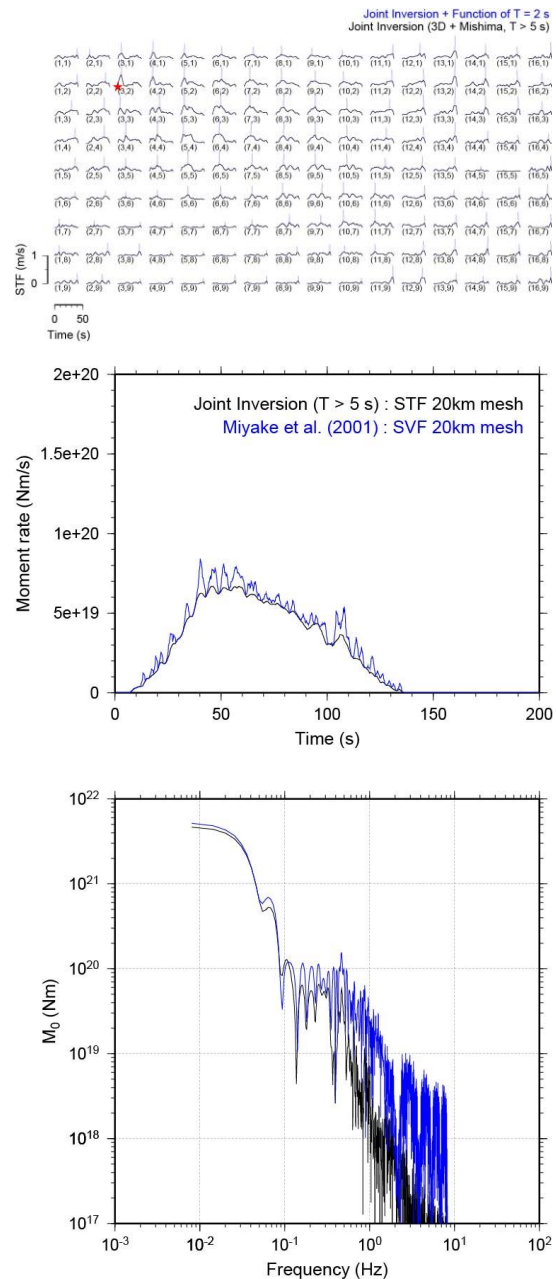


図3. 南海地震（昭和型）の長周期震源過程を周期2秒まで拡張する手法の有効性の確認。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計6件）

- ① Hossein Sadeghi, Hiroe Miyake, and Ali Riahi, Strong ground motion simulation of the 2003 Bam, Iran, earthquake using the empirical Green's function method, Journal of Seismology, 査読有, Vol.17, No. 2, 2013, pp.297-312, doi:10.1007/s10950-012-9317-4
- ② Hiroe Miyake, Minoru Sakaue, Kazuki

- Koketsu, and Yasuo Izutani, Borehole strong motion observation along the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, 要旨査読有, 2012, Paper No.0871, http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_0871.pdf
- ③ Natalia Poiata, Hiroe Miyake, Kazuki Koketsu, and Kazuhito Hikima, Strong-motion and teleseismic waveform inversions for the source process of the 2003 Bam, Iran, earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 査読有, Vol.102, No.4, 2012, pp.1477-1496, doi:10.1785/0120110198
- ④ Natalia Poiata, Kazuki Koketsu, Alessandro Vuan, and Hiroe Miyake, Low-frequency and broad-band source models for the 2009 L'Aquila, Italy, earthquake, Geophysical Journal of International, 査読有, Vol.191, No.1, 2012, pp.224-242, doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05602.x
- ⑤ Daniel Lavallée, Hiroe Miyake, and Kazuki Koketsu, Stochastic model of a subduction-zone earthquake: Sources and ground motions for the 2003 Tokachi-oki, Japan, earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 査読有, Vol.101, No.4, 2011, pp.1807-1821, doi:10.1785/0120090318
- ⑥ Hiroe Miyake, Kazuki Koketsu, Kazuhito Hikima, Masanao Shinohara, and Toshihiko Kanazawa, Source fault of the 2007 Chuetsu-oki, Japan, earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 査読有, Vol.100, No.1, pp.384-391, 2010, doi:10.1785/0120090126
- [学会発表] (計11件)
- ① Hiroe Miyake, Frequency-dependent rupture processes for the 2011 Tohoku earthquake, 2012 American Geophysical Union Fall Meeting, 2012年12月04日, San Francisco, USA
- ② 三宅弘恵, 2011年東北地方太平洋沖地震の破壊過程における周波数依存性, 日本地震学会2012年度秋季大会, 2012年10月17日, 函館市民会館・函館市民体育館 (函館市)
- ③ 三宅弘恵・瀬藤一起, 2011年東北地方太平洋沖地震のポストディクシオン, 日本地球惑星科学連合2012年大会, 2012年05月21日, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市)
- ④ Hiroe Miyake, Yusuke Yokota, Hongjun Si, and Kazuki Koketsu, Earthquake scenarios generating extreme ground motions: Application to the 2011 Tohoku earthquake, 2011 American Geophysical Union Fall Meeting, 2011年12月09日, San Francisco, USA
- ⑤ 三宅弘恵・横田裕輔・司宏俊・瀬藤一起, 極大地震動を生成するシナリオ地震: 2011年東北地方太平洋沖地震への適用, 日本地震学会2011年度秋季大会, 2011年10月13日, グランシップ (静岡市)
- ⑥ 三宅弘恵・瀬藤一起・増田徹・鈴木晴彦・甲斐田康弘, 宮城県沖地震の広帯域地震動予測, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月23日, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市)
- ⑦ Hiroe Miyake, Kazuki Koketsu, and Yusuke Yokota, Source process and strong motion of the 2011 Tohoku, Japan, earthquake, Seismological Society of America 2011 Annual Meeting, 2011年04月14日, Memphis, USA
- ⑧ Hiroe Miyake, and Kazuki Koketsu, Testing the double corner source spectral model for long- and short-period ground motion simulations, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, 2010年12月17日, San Francisco, USA
- ⑨ 三宅弘恵, 広帯域地震動予測における震源のモデル化 (招待講演), 日本地震学会2010年度秋季大会, 2010年10月27日, 広島国際会議場 (広島市)
- ⑩ 三宅弘恵・瀬藤一起・木村武志・引間和人・古村孝志・増田徹・鈴木晴彦・甲斐田康弘, 宮城県沖地震の震源モデルと強震動予測, 日本地震学会2009年度秋季大会, 2009年10月21日, 京都大学 (京都市)
- ⑪ Hiroe Miyake, Kinematic, pseudo-dynamic, and dynamic source modeling for subduction-zone earthquakes, French-Japanese Workshop on Earthquake Source, 2009年10月08日, Paris-Orléans, France

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三宅 弘恵 (MIYAKE HIROE)
 東京大学・地震研究所・助教
 研究者番号: 90401265

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし