

3.4.5.3 非一様な破壊伝播を考慮した震源モデルの構築とリアルタイム強震動予測へ向けた基礎的研究

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

・高速な地震動予測手法などの研究を行い、震源断層モデルや強震動予測の高精度化につなげる。

(b) 平成21年度業務目的

・震源断層モデルや強震動予測の高精度化に資するため、非一様な破壊伝播を考慮した震源解析などの研究を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
九州大学大学院理学研究院	准教授	竹中博士	

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

・震源断層モデルや強震動予測の高精度化に資するため、非一様な破壊伝播を考慮した震源解析の研究を行った。具体的には、初期破壊と主破壊の断層面が異なる可能性のある2007年中越沖地震について解析した。

(b) 業務の成果

1) 2007年新潟県中越沖地震の震源のモデル

これまでP波波形記録に基づくイメージング法を開発し、近年の被害地震に適用し、リアルタイム強震動予測に資する破壊開始初期の震源過程情報を抽出してきた(例えば、Takenaka et al., 2009)。その中で2007年中越沖地震のように初期破壊と主破壊の断層面が異なる可能性のあるイベントがあり、さらにS波部分を解析して主破壊過程について明らかにする必要があるがあった。本研究では中越沖地震について初期破壊面と主破壊面が異なることを経験的グリーン関数法によるモデリングによって明らかにした。以下具体的に記す。

0.3Hzから10Hzまでの広帯域の地震記録を対象とした経験的グリーン関数法を用いて2007年新潟県中越沖地震の震源モデルの推定を行った。その結果、3つのアスペリティのうち、最初に破壊した強震動生成域であるアスペリティ1はTakenaka et al. (2009)が同定した初期破壊と同じく震源を含む北西傾斜面上に位置することが分かった。また、アスペリティ1の南西側の南東傾斜の断層面上にアスペリティ2および3がそれぞれ推定された(表1、図1)。得られた震源モデルは余震分布(Kato et al., 2008; Shinohara et al., 2008; 真保・他, 2009)や既往の研究結果と比べても調和的であり(図2)、本研究で推定された震源モデルによって、広域的な地震動を再現することができた。

本研究で推定されたアスペリティの総面積は92 km²であり、その地震モーメントは3.64 × 10¹⁸Nm (M_w 6.3)である。F-netから求められた本震の地震モーメント $M_0=9.30 \times 10^{18}$

Nm に対し、Somerville et al. (1999)による地震モーメントを用いると断層面積は 458 km² となるが、この値を用いるとアスペリティの断層面積に占める割合は 20.0%となり、Somerville et al. (1999)による平均的なアスペリティの総面積と断層面積との比 22%と調和的な結果となる。また、本研究では、各アスペリティをそれぞれ独立なクラックとして扱っているが、各アスペリティの応力降下量は、アスペリティ 1 は 19.5 MPa、アスペリティ 2 は 14.8 MPa、アスペリティ 3 は 19.5 MPa とそれぞれ推定される。一方、アスペリティモデルに基づくと、本震の断層面積とアスペリティの総面積の比 20% から得られるアスペリティの応力降下量の値は 11.5 MPa となる。3つのアスペリティの応力降下量がすべて等しいと仮定すると、入倉・三宅(2001)に基づいて、3つのアスペリティを持つアスペリティモデルと等価なクラックモデルにおける応力降下量は $11.5 \times \sqrt{3} = 19.9$ MPa となる。この値は、上で3つのアスペリティを独立なクラックとみて推定した応力降下量の各値と同程度である。以上のことは、この地震による応力降下は既往の地震に対して平均的なものであることを示しているといえる。

[謝辞] 本研究では、防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net、F-net、気象庁及びおよび東京電力柏崎刈羽原子力発電所の地震記録の地震波形記録を使用しました。

(c) 結論ならびに今後の課題

経験的グリーン関数法を用いて 2007 年新潟県中越沖地震の震源モデルの推定を行った。その結果、最初に破壊した強震動生成域であるアスペリティ 1 は震源を含む北西傾斜面上に位置することが分かった。また、アスペリティ 1 の南西側の南東傾斜の断層面上にアスペリティ 2 および 3 がそれぞれ推定された。推定された各アスペリティの応力降下量から、この地震による応力降下は既往の地震と比較して平均的であるといえる。本研究で、中越沖地震について初期破壊面と主破壊面が異なることが明らかになった。破壊の初期ステージで断層面が替わるケースを想定した強震動予測のための震源モデル構築が今後の課題となるであろう。

(d) 引用文献

- 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, 特集号「地震災害を考える 予測と対策」, 110, 849-875, 2001.
- 2) Kato, A., S. Sakai, E. Kurashimo, T. Igarashi, T. Iidaka, N. Hirata, T. Iwasaki, T. Kanazawa and Group for the aftershock observations of the 2007 Niigatoken Chuetsu-oki Earthquake, Imaging heterogeneous velocity structures and complex aftershock distributions in the source region of the 2007 Niigatoken Chuetsu-oki Earthquake by a dense seismic observation, Earth Planets Space, 60, 1111-1116, 2008.
- 3) 真保 敬, 他 8 名, 海底地震観測網を用いた 2007 年中越沖地震の余震分布, 日本地震学会 2009 年度秋季大会, P3-82.
- 4) Shinohara, M., T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nahigashi, S. Sakai, R. Hino, Y. Murai,

A. Yamazaki, K. Obana, Y. Ito, K. Iwakiri, R. Miura, Y. Machida, K. Mochizuki, K. Uehira, M. Tahara, A. Kuwano, S. Amamiya, S. Kodaira, T. Takanami, Y. Kaneda, and T. Iwasaki, Precise aftershock distribution of the 2007 Chuetsu-oki Earthquake obtained by using an ocean bottom seismometer network, Earth Planets Space, 60, 1121-1126, 2009.

- 5) Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, A. Kowada, Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seism. Res. Lett., 70, 59-80, 1999.
- 6) Takenaka, H., Y. Yamamoto and H. Yamasaki, Rupture process at the beginning of the 2007 Chuetsu-oki, Earth, Planets and Space, 61(2), 279-283, 2009.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
2000年鳥取県西部地震の初期破壊過程に関する研究、ポスター発表	小野浩介・山本容維・大島光貴・竹中博士	日本地球惑星科学連合2009年大会	2009年5月	国内
2005年福岡県西方沖地震の高精度すべり時空間分布の推定、ポスター発表	大島光貴・竹中博士	日本地球惑星科学連合2009年大会	2009年5月	国内
Novel FDTD approach for seismic response of three-dimensionally heterogeneous model to an oblique plane-wave incidence、ポスター発表	竹中博士・岡元太郎・中村武史	American Geophysical Union, Fall Meeting	2009年12月	国際
Finite-difference simulation of strong motion from a sub-oceanic earthquake: modeling effects of land and ocean-bottom topographies、ポスター発表	中村武史・竹中博士・岡元太郎・金田義行	American Geophysical Union, Fall Meeting	2009年12月	国際

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所	発表時期	国際・国内
------------	-------	------	------	-------

		(雑誌等名)		内の別
経験的グリーン関数法を用いた2007年新潟県中越沖地震の震源のモデル化	山本容維・竹中博士	地震 第2輯	2010年8月	国内

マスコミ等における報道・掲載
なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1)特許出願
なし

2)ソフトウェア開発
なし

3) 仕様・標準等の策定
なし

(3) 平成22年度業務計画案

・2007年中越沖地震や2009年駿河地震のように破壊の初期ステージで断層面が替わる(別の断層面に移る)イベントが存在することが分かってきた。これは、ごく最近の稠密な観測により明らかになった現象である。このようなケースに対応するため、(断層面を仮定しない)3次元のイメージングに基づく破壊過程のイメージング法を開発する。

表 1 . Estimated source parameters of the three-asperity model.

	Asperity 1	Asperity 2	Asperity 3
Length (km)	4.5	6.0	6.0
Width (km)	4.5	6.0	6.0
Seismic moment (Nm)	7.03×10^{17}	1.27×10^{18}	1.67×10^{18}
Stress drop (MPa)	19.5	14.8	19.5
Rupture velocity (km/s)	2.7	2.8	2.8
Rise time (s)	0.3	0.5	0.5
Ruprute time (s)	0.0	2.3	5.9

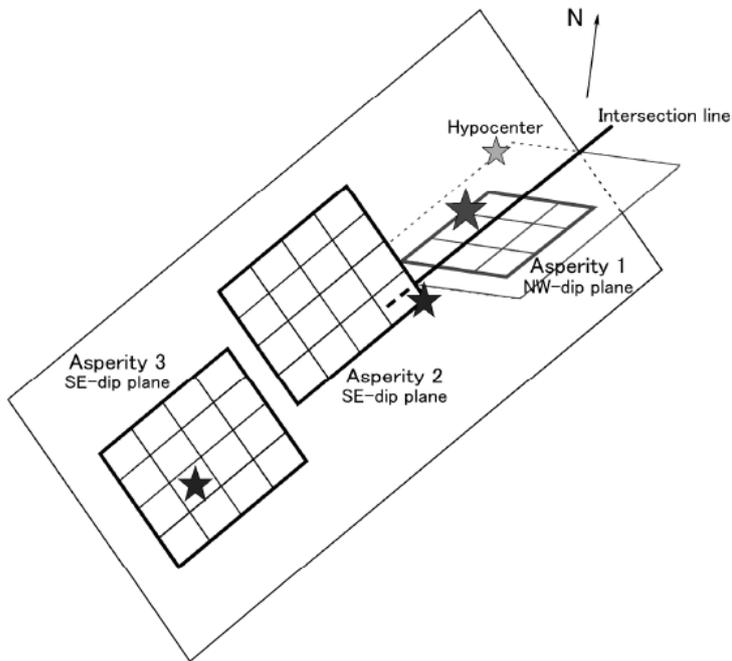


图 1 . Geometrical configuration of asperities. Asperity 1 is located on the NW-dipping plane including the hypocenter, while Asperities 2 and 3 are both located on the SE-dipping plane.

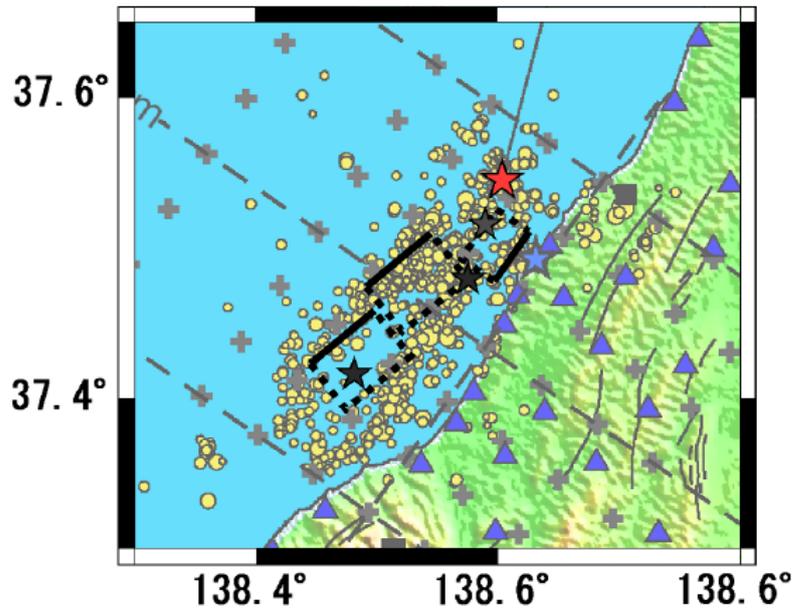


図 2 . Comparison between our estimated source model and the aftershock distribution that was determined by Kato et al. (2008). The red star is the epicenter of the main shock, and the rectangles are asperities estimated in this study [modified from Kato et al. (2008)].