

- 3 スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究 Study on the damages caused by the 2004 Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami

(研究期間 平成 16 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

奥田泰雄
Yasuo Okuda

原 辰彦
Tatsuhiko Hara

古川信雄
Nobuo Hurukawa

八木勇治
Yuji Yagi

Synopsis: We improved seismological techniques to determine space-time distribution of the moment release and slip on earthquake faults. We applied these techniques to the 2004 Sumatra earthquake to find that it is possible to obtain stable solutions. We also determined aftershock distribution for this event using the modified JHD. BRI also requested Mr. Goto and Dr. Kobayashi from NILIM to explore Banda Aceh city, in order to identify the reality of damages to houses caused by the great earthquake and tsunami.

【研究目的及び経過】

2004 年 12 月に発生したスマトラ島沖大地震及びインド洋津波の被害の解明に向けて、以下を目的として研究を実施した。(1) 国際地震工学センターで実施している地震データ解析(震源メカニズム、余震分布、震源過程モデル)の手法を M9 級の巨大地震に対応できよう拡張し、スマトラ島沖大地震の解析を行う。(2) 津波により消滅した住宅等の実像の復原、廃墟の中に独り残る津波等に耐えた住宅の特長、地震と津波による破壊過程の識別、建材生産・流過程と価格変動の把握を目的とし、治安等の安全面が懸念されたため、現地経験の豊富な国総研の後藤哲郎・小林英之両氏への出張依頼により調査を行う。後藤氏は先行して出発し、2 月 23 日のバンドンでの復興に向けた技術検討会に参加した。両氏は、2 月 28 日～3 月 8 日の間、バンダアチエ市に滞在して現地調査を行った。小林氏は調査終了後、3 月 16 日にバンドンで報告会を実施した。

【研究内容】

研究目的の(1)に関しては以下の 3 項目を実施した。

(1a) 震源メカニズムの推定については震源領域に小震源を 3 次元的に分布させ、地震時のモーメント開放の時空間分布を推定できるようにコードを拡張した。小震源の設定にはマグニチュードの値が重要なので、地震発生後短時間でマグニチュードを決定する方法についても検討した。

(1b) M9 級の地震の断層面上の滑りの時空間分布を推定する場合、長周期成分が不安定になる傾向があるので、安定に扱えるように解析手法を改良した。

(1c) 余震分布については、データを蓄積し、精度の向上を図った。

(2) に関しては、主要な類型を把握した上で、被災住宅、原形を留める住宅等の実測採図を行った他、約

3,500 枚の写真を撮影し、聞き取り調査の記録を作成した。

【研究結果】

(1a) IRIS DMC から取得した VHZ チャンネルのデータを解析した(時系列長は約 3 時間、解析周期帯は 400-500 秒)。余震分布に基づいてグリッド間隔約 100 km の空間グリッドを設定した(深さは 20km に固定)。震源時間は 420 秒とし、時間グリッド間隔を 30 秒とした。理論地震波形の計算には Direct Solution 法(Hara et al., 1991)を用いた。地震開始から 270 秒まで逆断層メカニズムのサブイベントが北に進んでいく様子が捉えられた。

マグニチュードの推定方法については、ハイパス・フィルターをかけた広帯域地震波形記録のエンベロープ波形から震源時間を見積もることを試みた。過去 10 年に起きた Mw7.2 以上の浅い地震を解析したところ、Ekström et al. (1992)の経験式と調和的であった。

(1b) IRIS によって収録されている広帯域地震計観測点の記録 30 点を解析に使用した。地震波形全体から地震計特性を取り除き、P 波を切り出すことによって長周期成分が以前の手法と比べて安定した。震源時間は 400 秒以上であることが示唆されるが、適用している地震波解析スキームでは 200 秒以上の震源過程を求めるのは困難であり、地震発生後から約 200 秒間の震源過程モデルを求めた(図 1)。地震発生後約 70 秒間に亘って、マグニチュード 8.2 相当の破壊が進行した。この破壊後に、M9.1 に相当する地震モーメントを開放している。破壊が開始して 200 秒間は、破壊は北へ約 2.5km/sec で伝搬し、約 500km の範囲を破壊している。

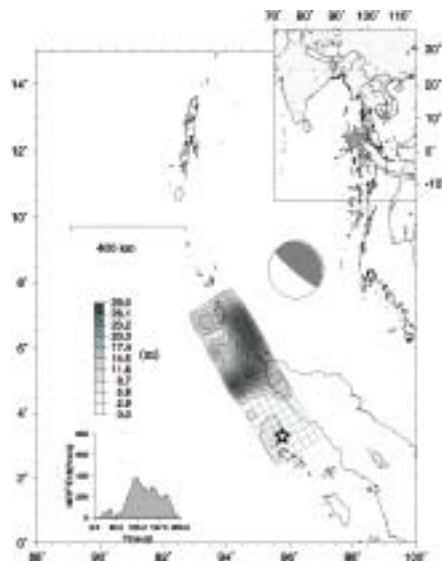


図 1：滑り量分布と震源時間関数

(1c) 米国地質調査所 (USGS) のウェブサイト公表された P 波初動読取値を用いて、2004 年 12 月 26 日から 31 日までに発生した本震と余震の震源位置を改良連携震源決定法によって決定した (図 2)。余震域の大きさは、長さ (ほぼ南北方向) 約 1200km、幅約 200km であり、本震断層面は CMT 解の 2 節面中、東北東傾斜の低角節面であることが示された。

あり、本震断層面は CMT 解の 2 節面中、東北東傾斜の低角節面であることが示された。

(2) 採図した住宅等の一覧を表 1 に示す。これにより、罹災した住宅の実像 (空間構成、構造、材料等) がほぼ明らかになり、衛星画像によるマクロ的な把握を補う情報が得られた。国総研の QuickBird 衛星画像が利用できる範囲に関しては全て被災前後の位置照合を行った。

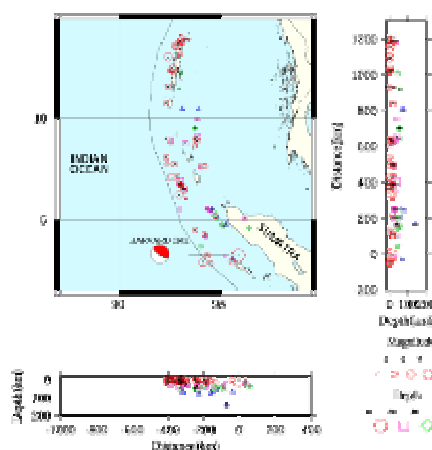


図 2：再決定震源分布図。震源の標準誤差をプラス記号で示す。ハーバード大学による本震の CMT 解も示す。

表 1：調査した主なバンダアチェ市内・周辺の住宅・建築物の一覧表 (調査期間 2005 年 2 月 28 日 ~ 3 月 8 日)

整理番号	図面番号	種別	所在地	1F 面積	2F 面積	構造	地震被害	津波被害
T1	25	アチェの伝統的住宅	Jl. Punge	126	0	W	無被害	少し移動
C1	4	コロニアル住宅	Jl. Mesjid Raya	168	0	W	無被害	一部損壊
C2	9	コロニアル住宅	Jl. Dirmutala	87.5	0	W	無被害	浸水汚損・除却中
C3	11	コロニアル住宅	Jl. Khairil Anwar	144	0	W	無被害	浸水
F01	5	漁家	Kel. Loknga	83	0	CM	未詳	基礎を残し流失
F02	12	漁家	Desa Menasagudei	56	0	CM	未詳	基礎を残し流失
F03	12	漁家	Desa Menasagudei	65	未詳	CM	未詳	基礎を残し流失
F04	12	見張小屋	Desa Menasagudei	30	0	CM	無被害	無被害、独り残る
F05	12	漁家	Desa Menasagudei	36+	0	CM+W	未詳	基礎を残し流失
F06	13	漁家	Desa Menasagudei	172	0	CM	未詳	基礎を残し流失
F07	13	漁家	Desa Menasagudei	83	42.75	CM	未詳	一部損壊、独り残る
F08	16	漁家	Desa Uteuen Badeue	239	0	CM	未詳	一部損壊、独り残る
F09	16	漁家	Desa Uteuen Badeue	45	0	W	未詳	浮遊移動
F10	17	漁家	Desa Uteuen Badeue	72	0	W	未詳	浮遊移動
M1	15	モスク	Desa Menasagudei	342	0	RC	無被害	独り残る
M2	5	モスク	Kel. Loknga	916	0	CM	無被害	一部損壊、独り残る
S1	11	店舗	Jl. Khairil Anwar	未詳	460.8	CM	下層崩壊	崩壊後浸水
S2	2	連棟式店舗(2F)	Jl. Syiah Kuala	48	56	CM	無被害	一部損壊、独り残る
S3	7	連棟式店舗(3F)	Jl. Sultan Aladin	未詳	72	CM	下層崩壊	崩壊後浸水
S4	3	店舗併用住宅(2F)	Jl. Lapangan Golf	135	96	CM	無被害	2F が浮遊移動
S5	8	百貨店(4F)	Jl. Pante Pirak	未詳	未詳	RC	全壊	浸水
S6	10	電力公社庁舎	Jl. Mohamad Daud Beureueh	3140	未詳	RC	一部損壊	浸水
S7	1	財務省庁舎	Jl. Tgk Chik Ditiro	未詳	未詳	RC	1 棟全壊	範囲外
S8	10	電話会社庁舎	Jl. Mohamad Daud Bereueh	未詳	未詳	RC	大破	浸水
U1	23	戸建都市住宅	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	120	0	CM	無被害	範囲外
U2	20	戸建都市住宅	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	128	66	CM	無被害	範囲外
U3	19	戸建都市住宅	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	125	98	CM	無被害	範囲外
U4	20	二戸一都市住宅	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	91	0	W	無被害	範囲外
U5	18	戸建都市住宅	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	120	74.5	CM+W	無被害	範囲外
U6	27	戸建都市住宅	Jl. Syiah Kuala	201	31	CM	未詳	一部損壊、独り残る
U7	24	戸建都市住宅	Jl. Ulee Lheue	未詳	未詳	CM	未詳	基礎を残し流失
U8	14	病院宿舎	Desa Menasagudei	54	0	CM	無被害	屋根以外残る
L1	22	住環境	Jl. Hasan Saleh, Lorong Karya	--	--	CM+W	無被害	範囲外
E1	26	応急仮設住宅	Jl. Mujahidin	12	0	W	事後新築	被災地跡地
E2	6	応急仮設住宅	Jl. Lapangan Golf	12	0	W	事後新築	高台の空地