

平成18年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1. 研究種目名 特定共同研究(C)
2. 課題番号または共同利用コード 2006-C-01
3. 研究課題(集会)名 和文: 防災研究フォーラム活動
英文: _____
4. 研究期間 平成18年4月 1日 ~ 平成19年 3月31日
5. 研究場所 国内外の災害を受けた地域等
6. 研究代表者所属・氏名 東京大学地震研究所・教授
(地震研究所担当教員名) 山岡耕春

7. 共同研究者・参加者名(別紙参照)

共同研究者名 所属・職名 備考		

8. 研究実績報告(成果)(別紙にて約1,000字A4版(縦長)横書)(別紙に作成)

10. 成果公表の方法(投稿予定の論文タイトル、雑誌名、学会講演、談話会、広報等)
成果については、年に1回開催される防災研究フォーラムシンポジウムにて報告される
他、随時関連学会、学術雑誌等で報告される。

- 備考
- ・研究成果を論文等で発表される場合、以下の形式の文章を謝辞等に記載して下さい。
(英語)This study was supported by the Earthquake Research Institute cooperative research program.
(和文)本研究は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。
 - ・特定共同研究Bについては、プロジェクト終了年度に冊子による報告書の提出が必要です。
 - ・研究成果について、本所の談話会、セミナー、「広報」での発表を歓迎いたします。

別紙 1

本共同利用に関しては、防災研究フォーラムの方針に基づき、海外調査およびシンポジウムにかかる経費に支出した。

海外調査については、2006 年 7 月 17 日にジャワ島沖 220km で発生した地震 (M7.7) の調査として、以下の 3 件の調査を実施した。

1) 地殻変動および余効変動調査

代表者 東京大学地震研究所 加藤照之

2) 海岸林や樹木が果たした減災と究明効果

代表者 埼玉大学大学院理工学研究科 佐々木寧

3) 西ジャワ島パンガンダラン地域における津波発生時の情報伝達に関する地域研究的考察 代表者 京都大学東南アジア研究所 浜本聡子

これらの調査報告は、2007 年 3 月 10 日に東京国際フォーラムにて開催された防災研究フォーラムにて報告された。シンポジウムで配布された 3 件の報告に関する要旨を別紙 2 として添付する。

シンポジウムにかかる経費は、幹事機関である防災科学技術研究所および文科省の本フォーラム事業の委託先である地震予知研究総合振興会が支出した。そのうち地震研究所からは、シンポジウム前日に開催されたエクスカージョンの貸し切りバスに関する経費および当日の学生補助アルバイト経費を支出した。

2006 年 7 月ジャワ島南西沖地震における地殻変動および余効変動調査

名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山・防災研究センター

伊藤武男

東京大学地震研究所

加藤照之

1. はじめに

2006 年 7 月 17 日 15 時 19 分（現地時間）にインドネシア共和国のジャワ島の約 220km 南方沖にて M7.7 の地震が発生した。この地震により津波が発生し、650 名以上の人々が犠牲になった。インドネシア共和国では 2006 年 6 月 27 日にもジャワ島中部に位置するジョグジャカルタ近郊にて M6.3 の内陸型の地震が発生しており、その約 1 ヶ月後の出来事であった。

我々はインドネシア共和国のバンドン工科大学（ITB）らと協力して、GPS キャンペーン観測と津波の現地調査を実施した。地震発生約 4 日後の 7 月 23 日から 7 月 30 日までの 8 日間に 29 観測点での GPS のキャンペーン観測を実施した。観測には総勢 20 名が参加し、そのうち日本人は東大の加藤照之と名大の伊藤武男の 2 名であった。他のメンバーは主に ITB の教員（Hasanudin Z. Abidin 助教授ら）と学生である。また、我々は GPS を用いた地殻変動の調査が主な目的であるが、津波についても時間がある限り調査を行うこととした。このためインドネシア科技庁（BPPT）より Agustan 氏が参加することとなり、いずれも我々には旧知のメンバーであったので調査は極めてスムーズに行われた。

2. GPS 観測

図 1 に GPS 観測点分布を示す。これらの観測は BPPT の既設の GPS 基準点を利用して実施され、これらの観測点は 1996 年～1998 年にかけて整備された基準点であり、ほとんどの GPS 基準点は 1 周波の GPS 受信機にて数時間程度の測量が設置の時になされているのみであることが非常に残念である。観測点は 50 点以上あったが、日程・観測条件等の関係で観測できたのは 29 観測点であった。これらの多くの観測点は 10 年近く前に設置されているため、観測の環境がかなり変化しており、基準点から数 m のところに建物がある場所などがあった。本観測期間中は図 1 中の GPS01 観測点を基準点として観測を実施するため、連続的な観測を実施した（写真 1）。しかしながら、資材の関係上、他の観測点では日中設置し、翌日回収して次の点に移動する方法をとった。このためいずれも観測時間は十数時間程度～24 時間程度である。前回との位置を比較することで地震時変動が検出できる可能性があると考えられるが、前回の観測も比較的短時間（数時間程度）のものが多く、しかも一周波の GPS 受信機で観測されていたため、解析は困難である。図 2 は GPS 解析により得られた地殻変動を示している。十分な精度の解析結果が得られたのは 5 点のみであった（表 1）。図 3 は Bock et. 2003 によって得られた定常的な地殻変動と本測量調査結果を示している。おもにこれらの結果は広域的な地殻変動の結果と整合性があり、広域的なプレート運動を反映していると思われる。

GPS 観測のより重要な側面は、地震後の余効変動を明らかにすることである。近年地震後の余効変動の重要性が指摘されており、特に近接する断層運動への伝播が懸念されることから、地震後の余効変動の推移をモニターすることが重要である。とくに、この地域はスマトラ断層の延長上にあり、残念ながら今回はキャンペーン観測にとどまり、連続観測点を建設することができなかったが、日をおいて再度観測を実施したいと考えている。

3. 津波の波高測量と聞き取り調査

我々は地震の発生の 6 日後に最も被害が大きかったインドネシア共和国のパダンガラ地域近郊に赴き、上記の GPS 観測の空いている時間を利用して津波の調査を行った。今回の調査では西の Pameungpeuk (107:41:26.6E, 7:40:5.9S) から東は Cijacap 東の Dala Payung (109:15:51.8E, 7:41:53.2S) までの間の 11 カ所で津波の波高を計測し、津波の高さは最大で 7.4m に達した。調査終了後、インドネシア気象局 (BMG) へ立ち寄った際、彼らの調査結果を入手することが出来たのでこれらも用いて津波高を図化したものが図 4 である。図 4 に示すように、BMG と我々の測量の結果の整合性はよく我々の測量の精度を確認することが出来る。また、我々の津波の波高の測量結果を表 2 に示す。

調査結果より得られた津波の波高は、モデル計算から得られた波高よりも有意に高い津波が来たことが想定される。また、調査地点での聞き取り調査では、地震を感じた人は多かったがいずれも揺れは大きくなかったという証言がほとんどであり、地震を感じなかった人もかなりいた。これらの証言は、この地震がいわゆる津波地震であったことを想起させる。写真 2 は聞き取り調査風景である。

謝辞 本調査には本学の「21 世紀 COE プロジェクト」及び防災研究フォーラムからの支援を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献：

Y. Bock, L. Prawirodirdjo, J. F. Genrich, C. W. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S. S. O. Puntodewo, and E. Calais, Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 108, NO. B8, 2367, doi:10.1029/2001JB000324, 2003

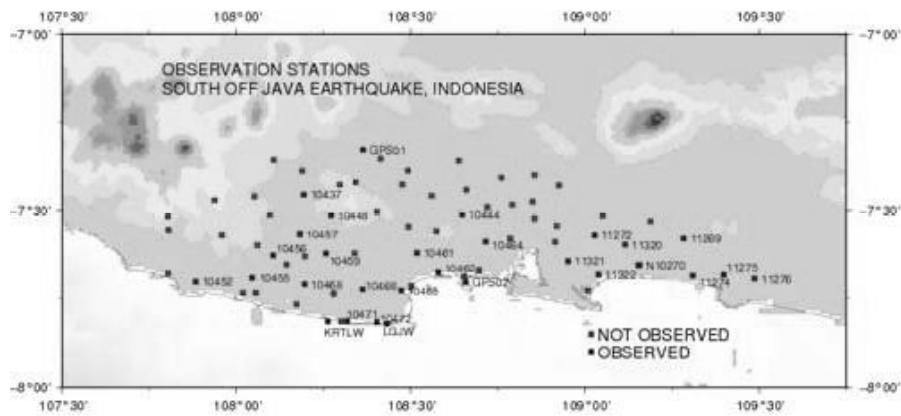


図 1：GPS 観測点の分布図（青で示した観測点を今回調査した）

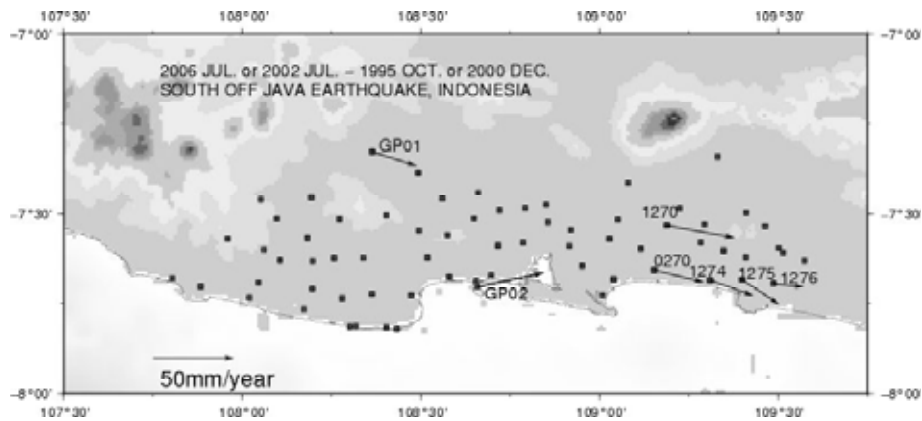


図 2：GPS 解析によって得られた地殻変動速度（座標系は ITRF 準拠、変位速度で表示してある）



写真 1：GPS 観測の基準点となる GPS01 での観測風景

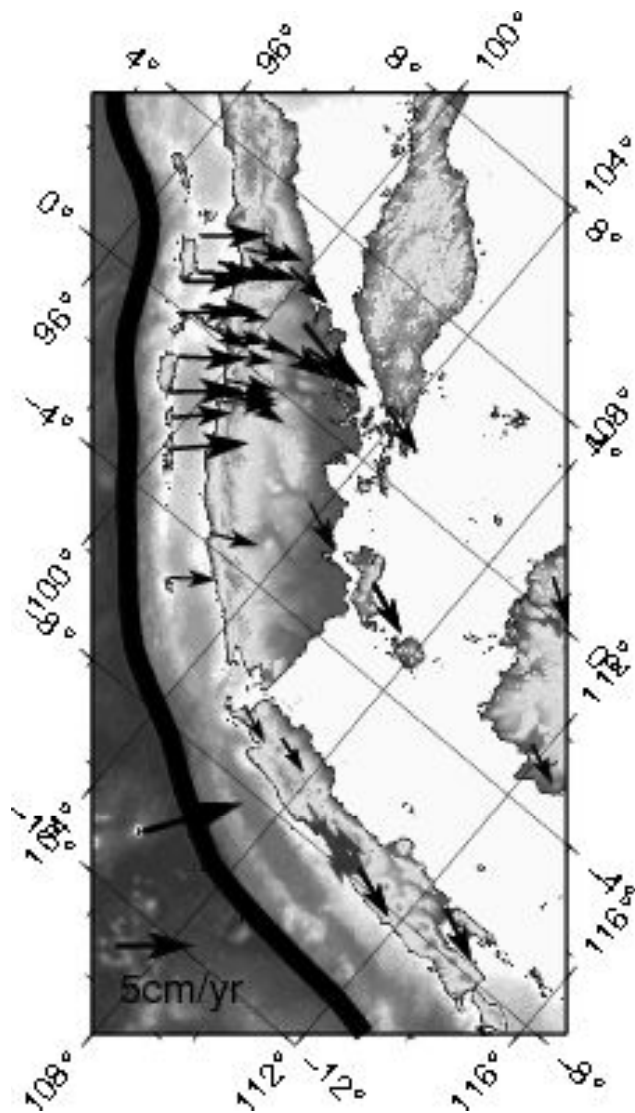


図3：Bock et al. 2001 によって得られた地殻変動速度ベクトル（黒ベクトル）と本研究で得られた地殻変動速度ベクトル（赤ベクトル）

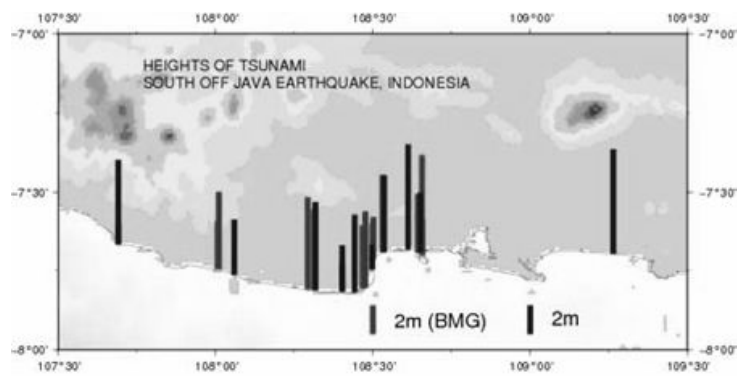


図4：津波の波高測定の結果。青は我々、赤はBMGによる測定結果



写真 2：津波の被害の大きかった Pangandaran での聞き取り調査風景

表 1：GPS 解析の結果(座標系は ITRF 準拠)

Site code	Latitude	Longitude	Observation periods	Rates (mm/yr)	
				EW	NS
0270	-7.6550	109.1527	Oct. 1995-Jul. 2006	30.9	-7.6
1270	-7.5322	109.1871	Oct. 1995-Jul. 2006	42.2	-7.6
1274	-7.6841	109.3094	Oct. 1995-Jul. 2006	26.7	-9.9
1275	-7.6819	109.3981	Oct. 1995-Jul. 2006	23.1	-15.6
1276	-7.6928	109.4865	Oct. 1995-Jul. 2006	19.1	-2.5
GP01	-7.3282	108.3632	Dec. 2000-Jul. 2006	27.7	-8.4
GP02	-7.7026	108.6582	Dec. 2000-Jul. 2002	40.8	8.8

表 2 : 津波高計測の記録. 潮汐補正済み

地点名	経度 (E)	緯度 (S)	測定値 (m)	備考
Pameungpeuk	107. 6907	7. 6683	5. 98	建物に残った痕跡
Sindongkarta	108. 0599	7. 7647	3. 95	住民による遡上位置指摘
Unknown	108. 4028	7. 8156	3. 20	建物に残った痕跡
LGJW	108. 4423	7. 8195	5. 50	枝にかかった草
BATUKARAS	108. 4976	7. 7468	1. 75	建物に残った痕跡
Batu_Hiu	108. 5359	7. 6922	5. 44	建物に残った痕跡
Bulak_Laut	108. 6120	7. 6837	7. 38	建物のひさしの破れ
Pangandaran	108. 6517	7. 6938	4. 27	建物に残った痕跡
Dara_Payung	109. 2644	7. 6981	7. 39	吹飛ばされた便所の屋根
GPS 10471	108. 3174	7. 8127	6. 23	住民による痕跡の指摘
GPS 10472	108. 4032	7. 8156	1. 86	住民による痕跡の指摘

ジャワ津波災害において海岸林や樹木が 果たした減災と救命効果



埼玉大学大学院理工学研究科

佐々木寧

田中規夫

樹林被害ならびに樹林特性調査

2006年9月10日から9月14日にかけてインドネシア、ジャワ島南海岸線沿いの Cilacap, Ciamis, Tasikmalaya, Garut 県の約 200km 区間、約 27 箇所について、津波の痕跡（折れた枝の高さ、壊れた屋根の高さ）、樹林帯の特性（幅、樹林構成種、樹木の胸高直径、樹林密度）および現地住民へのヒアリングを行った。

本調査では、現地植生が果たした役割とその限界を調査し、インド洋大津波時に確認された傾向の検証と相違点を明らかにすることも目的である。津波被害を受けた地域の代表的植生として、以下の植生が観察された。

- 1) ココヤシ *Cocos nucifera* (海岸に多い栽培植物)
- 2) アダン *Pandanus odoratissimus*
- 3) タコノキ *Pandanus boninensis*
- 4) オオハマボウ *Hibiscus tiliaceus*
- 5) クサトベラ *Scaevola sercea*
- 6) ゴバンノアシ *Barringtonia asiatica*

これらの海岸主要 6 種類の樹木と樹形に注目、その抵抗特性、主幹のなぎ倒しと破断破壊、および海岸洗掘による倒伏等について調査した。

一般的被害と地形特性、土地利用の関連

ジャワ島南部の海岸地域には古いラグーン、新ラグーンおよび旧砂丘と新砂丘の二重砂丘よりなる地形構造をしている。そのため建物被害、人的被害を受けたのは新砂丘上に開発された観光地か沿岸の漁労作業中の漁民がほとんどであった。インド洋大津波の被害国スリランカの海岸線構造が類似するが、新砂丘の利用がスリランカほど進んでおらず、津波浸水深が 1-7m と大きかったのにもかかわらず、被害はスリランカほど出ていない。

Ciamis 県の Pangandaran 市は、島に続く砂州上に発達した街であり、津波は西海岸に押し寄せた後、1 分ほどの時間差で、島を回折した津波が東海岸に押し寄せた（インド洋大津波時にけるスリランカの Galle 市の状況に似る）。ここでは西海岸、東海岸の津波浸水深はそれぞれ約 5 m, 3 m であり、海岸構造物や沿岸の家屋・住民が、今災害最大の被害を受けた。

海岸林の被災状況

被災形態は大きく①樹木主幹の破断破壊、②主幹のなぎ倒し、③海岸線の全体的洗掘による倒伏、④樹木幹周辺の局所洗掘と抗力モーメントの相乗作用による根の引っ張り破壊に伴うなぎ倒し、に分けられる。

①はスリランカではアダン、オオバヒルギ、タイではフタバナヒルギ、オオバヒルギに多く見られた被災形態である。②はジャワ津波においてアダン、クサトベラで多くみられた被災形態である。③はブブジョ海岸で観測された。④は津波浸水深さが 7m 程度と大きかった **Wetan** または 3m と低いものの **Pangandaran** 東海岸 の新砂丘上の前列の若いココヤシで多く見られた。

流水抵抗特性の大きいアダン、タコノキと代表的海岸林のココヤシに焦点を絞ってその効果と限界をまとめた。

アダンとココヤシの破壊限界

海岸林の主要樹アダン、ココヤシは、津波浸水深さが概ね樹高の 8 割、7 割の値線をこえるとなぎ倒しが起こっている。アダンの方がココヤシよりも、なぎ倒し限界値が高いのは気根の効果と考えられる。アダンのように剛性が高い樹木は

- 1) 傾いて元に戻る（加わった外力モーメントが主幹の降伏モーメントより小）
- 2) 傾いたまま元に戻らない（加わった外力モーメントが主幹の降伏モーメントより大だが、破断モーメントより小）
- 3) 破断破壊（加わった外力モーメントが主幹の破断モーメントより大）の三つのパターンが考えられる。

樹高が高いタイ・スリランカのココヤシは一部の地域（スリランカ **Kalutara** 等）を除き、なぎ倒しはあまり発生していない。しかし、品種改良などで樹高が低いココヤシや若いココヤシが植えられているジャワ島では、なぎ倒しが比較的多く見られた。

まとめ

調査結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 津波浸水深が1-7 mと大きかったにも関わらず、ラグーンや砂丘の地形構造の違いで被害は最小限度だった。今後、海岸の土地利用計画が重要。
- 2) 陸に乗り上げた後の津波氾濫流に対し、強い抵抗となるアダンの破壊限界は樹木高さの 8 割を津波浸水深が超える付近で発生する。ココヤシのなぎ倒し限界も樹木高さの 8 割程度であった。
- 3) ジャワ津波のアダンなぎ倒し限界は、インド洋大津波時のタイ・スリランカ破断限界と同程度の値であった。
- 4) 海岸際に繁茂するアダン（タコノキも含む）を育成し樹高を高く維持管理することが津波防御という視点で重要である。
- 5) インドネシア特有の条件として樹木の過剰伐採がある。社会林業を改良もしくは両立する形で、居住区近傍に樹林を有効に配置が、地域の防災上必要である。
- 6) 今後、樹林特性と地形特性を考慮した数値モデルで、津波を減勢させる海岸防潮林構造の検討が必要。

2006 年 7 月 17 日インドネシア西ジャワ州パンガンダラン地域に おける津波発生時の情報伝達に関する地域研究的考察



京都大学東南アジア研究所・研究員

浜元聡子

Pusat Studi Asia Pasific, Universitas Gadjadara, Peneliti

Tri Lindawati

調査期間：2006 年 8 月 30 日～2006 年 9 月 11 日

場所：西ジャワ州チアミス県パンガンダラン郡およびその周辺地域、中ジャワ州チラチャップ県

本研究は、標題で示したとおり、西ジャワ津波の主要な被災地であるパンガンダランの海浜部およびその後背地において、津波発生がどのような経路で、地域住民に伝達されたかを、被災者からの聞き取り調査によって調査したものである。浜元は、地元の文化観光局、教育文化省、ホテル経営者からの聞き取りと、被災集落を巡回していた地域外からの医療援助チーム、被災地住民からの聞き取りをおこなった。Lindawati は、浜元の調査に同行する際はスンダ語およびジャワ語通訳をおこなうとともに、ババカン村内の一個の避難村の全戸に対する聞き取り調査をおこなった。今回の調査によって、ひじょうにはっきりとわかったことは、2004 年 12 月 26 日に発生したインド洋沖大地震・津波以後、海浜部集落における自然災害対策あるいは防災訓練等が一切、存在しなかったことである。パンガンダランは、西ジャワ南海岸部における有数の観光海岸として知られる。地元の住民はもとより、ジャカルタ、ボゴール、バンドゥンといった西ジャワ地域の都市部から、おおくの観光客が毎年、訪れるため、相当の設備を有する 5 つ星ホテルが数軒存在する。南極まで開かれた海ということで、サーフィンやウィンドサーフィンといったマリンスポーツを楽しむことができる場所として、インドネシア在住の外国人にも広く親しまれてきた場所である。このような観光地としての背景は、2004 年 12 月のアチェ大津波直後、観光業に大きな打撃を与えていた。文化観光局によれば、2005 年 7 月までに、記録されている観光客は毎月数名程度であり、2005 年の断食月が開けてから、ようやく回復傾向にあったという。さて、このような経験があったにもかかわらず、なぜ適切な防災対策が取られることがなかったのだろうか？本報告では、1) 「パンチャ・ロバ」(季節の変わり目の気候の変化)、2) 海浜部スクウォッター地区の住民と文化観光局との確執、3) 中ジャワ州チラチャップ県でおこなわれた大規模防災訓練の様子、について報告する。また、今後のインドネシアにおける防災訓練のあり方について一つの方向性を示す例として、現在、浜元がジョグジャカルタ・バントウル県で取り組んでいる地域単位の防災対策を紹介する。