

1992年12月12日インドネシア・フローレス島地震津波の調査速報

つじよしのぶ¹・今村文彦²・松富英夫³・河田恵昭⁴・渋谷純一²・
伯野元彦⁵・武尾 実¹・松山昌史⁶・高橋智幸²

1. フローレス島地震津波の概要

1992年12月12日の13時29分(現地時間,日本時間では14時29.5分),インドネシア国 Flores 島東部北側海岸付近で $M 7.5$ (USGS) の大きな地震が起き,付近の海岸に津波がおそった.

この地震の規模はインドネシア気象庁によって, Richter によるマグニチュード 6.8 と発表されたが,その後 USGS からは $M 7.5$ という値が発表された. モーメントマグニチュードは 7.8 と見積られている. USGS による震央位置は Flores 島 Maumere 市西北約 40 km の Batumanuk 岬付近 ($8^{\circ}28.9'S, 121^{\circ}55.8'E$) で,南に深くなる低角傾斜の断層面にそって,南側地盤が北側に対してせり上がる逆断層型の地震であった. Flores 島は小スンダ列島を構成する東西約 400 km にわたって伸びた細長い島であるが,南方海域にはオーストラリア・プレートが南から Flores 島の地底に向かって沈み込む海溝線が東西に走っている. 今回の地震は,その反対側にあたる北側海岸域に生じた. 機構的には,1983年5月26日に秋田県西方海域に生じた日本海中部地震 ($M 7.7$) と同様の,島弧背後に生じた逆断層型の地震ということになる.

本震発生後 16.5 時間以内(世界時の当日)におきた余震の位置をプロットすると,この地震の震源域は,本震震央にあたる Batumanuk 岬を西端とし,東北東に伸びて島の北東端に及ぶ東西約 100 km の領域であったことがわかる.

地震,および津波による死者は全体で 2,080 人(12月30日)で,その半数近くは津波による死者と見られる. このうち震央のあった Flores 島では 1,894 人の死者を数えた. さらにこのうち, Maumere 市を含む Sikka 県での死者は 1,457 人であった.

2. 調査団の派遣

災害の発生が伝えられるや,ただちに調査団の派遣が検討され,文部省からもいち早く緊急災害の科研費の支出が認められた. 団員は文部省の派遣団として津波,地震,地震工学,建築工学の分野から 6 人が選定された. このほかに,土木学会はじめ,独自の資金をなんとか各々調達して

¹ 東京大学地震研究所, ² 東北大工, ³ 秋田大鉦, ⁴ 京都大防災研, ⁵ 東洋大, ⁶ 電力中研

3 人の津波研究者が加わり,合計 9 人の調査団を結成して,12月25日に成田を出発した.

インドネシア側は, Jakarta のインドネシア気象庁 (Meteorological and Geophysical Agency) がわれわれの受け入れ母体となった. 1992 年中に同庁の Sunarjo 氏, Husni の 2 氏が津波研究の研修で各 1 カ月東京大学地震研究所を訪問したことがあり,また Poseidon 計画が縁で,同庁にはわれわれにとって旧知の人が数人いたため,研究協力の打ち合せはきわめて順調に進めることができた. 同庁の Dr. H. Prih, Sunarjo, H. Gunawan, Sariman および Tajan の各氏が, Flores 島の現地での共同調査に加わった. また, Bandon 市にある水資源開発研究所から, Syamsudin 氏が調査に加わった. さらに,米国から,ワシントン大の H. Yeh, コーネル大の P. Liu, 南カリフォルニア大の C. Sinolakis, および大学院生の M. Usman の 4 名, 韓国成均館大の B. H. Choi 教授, 英国コベントリー大の S. Z. Shi 氏がこの調査に参加した.

3. 被災現地 Flores 島 Maumere 市へ

インドネシア国の首都 Jakarta に 12 月 25 日の夕刻に着いたわれわれは, 26 日の 1 日と, 27 日の午前は同国気象庁で, インドネシア側研究者たちとの情報交換と, 調査実施にあたっての打ち合せを行った. 同国の地震, 工学の専門家のなかには, 災害発生の直後にいち早く現地に入った人もおり, 津波による集落被害, 海岸侵食, 最大被災地となった Flores 島 Sikka 県の県都 Maumere 市を中心とした地震による建物の被害, 山崩れや亀裂による道路被害について, 被災直後の生々しいスライド映像を見ることができた. また, 被災地海岸の詳細地図のコピーを入手した. さらに, インドネシア語版の地震, 津波のアンケートシートを 200 部用意した. 調査日程のうち 2 日間, 気象庁長官の Drs. S. Karjoto 氏のご好意で, 軍によるヘリコプターの利用の便宜が与えられることになった.

27 日の午後には, 日本政府から派遣されてすでに現地入りをした後 Jakarta に戻ってきていた国際協力事業団 (JICA) の国際緊急援助隊 (阿部勝征団長) から, Maumere 市など被災地の情報を聞くことができた. Maumere 市ではホテル投宿, 食事, 飲料水の調達が可能であること, Maumere 市から Flores 島南海岸の Ende 市にいたる道

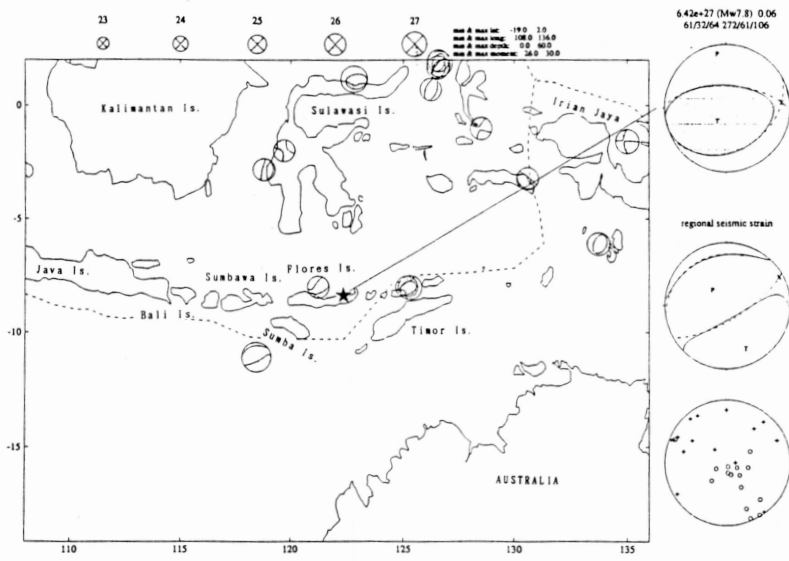


図1. 1992年12月12日の Flores 島地震の CMT 解

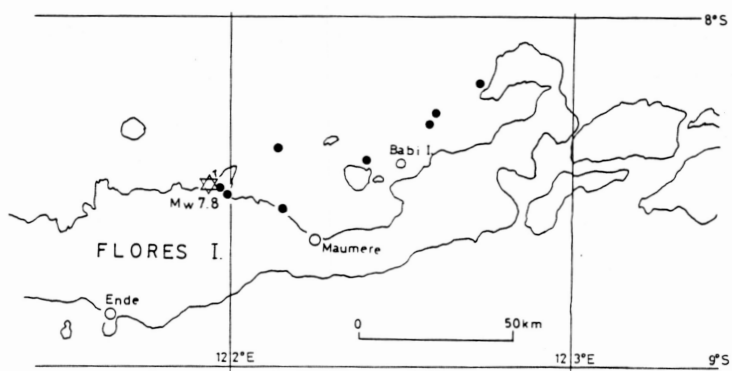


図2. 本震と当日余震の分布



写真1. 地震の被害の著しい Maumere 市街の建物

路は、地震による被害のため今(27日)も通行が不可能であることなどの貴重な情報を得て、12月28日の早朝、われわれの調査団は Flores 島に向けて Jakarta の空港を出発した。途中、Bali 島の Denpasar 空港で乗り継いで Merpati 航空のプロペラ機に乗り換えた。15時ころ、機はいよ

いよ目的の被災の中心地である Maumere 市に近づき、火山島 Palu 島の生々しい渓谷斜面の崩壊跡や、津波で家屋全滅が伝えられた Babi 島の遠景を下にみながら、驚嘆と感慨に胸を高ならせていよいよ Maumere の空港に降り立つ、……はずであった。

しかし、運悪くこの日の午後は、Maumere 空港は気象条件が悪くて着陸できず、その約 200 km 南の Timor 島の Kupang 市の空港に直行着陸して、同市でこの夜は過ごすこととなった。Flores 島は Timor 島、Sumba 島と合わせて Nusa Tenggara Timur (NTT) 州に属する島であるが、Timor 島の Kupang 市はこの州の州都である。われわれにとって Kupang 市に着陸したことは不測の出来事であったが、「怪我の功名」というか、ここに来たおかげで、同州の州知事に面会することができた。同知事は、連日ここから軍のヘリコプターに乗って Flores 島北海岸の被災地を訪問しており、同島東北端近くに津波のため完全

消滅した村があること、Flores 島西部の Maumere から相当離れた北海岸に面する町でも地震、津波の双方の原因による被害が出ているとの教示を得た上、同知事の御好意で翌朝は軍のヘリコプターを特に要請して、われわれを Maumere 市に輸送してくれることとなった。こうしてわれわれは、12月29日の朝、地震発生17日後の Maumere 市の空港に2台のヘリコプターに分乗して降り立ったのである。

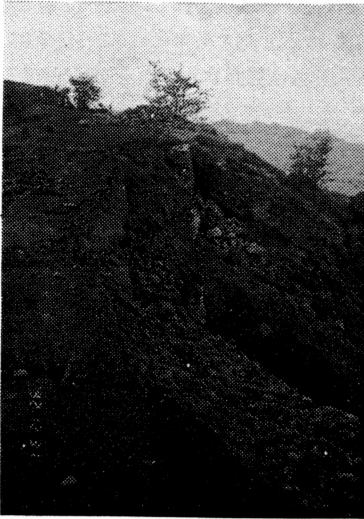


写真2. 地震による路肩の崩落
Maumere 市の西北約 20 km の Koliska
と Deteh の間の道路

4. 調査の日々

われわれは Maumere 空港にほど近い海岸沿いにある Permata Sari ホテルにはいった。年明けの1月6日の朝にここを去るまでこのホテルがわれわれの調査の基地となった。団は4つのチームにわけられ、2つのチームが津波の遠征調査、1チームが被災者たちの聞き取りインタビューに重点を置いた調査、1チームが地震による被害調査を重点的に行った。各調査集落や Babi 島避難民の居住するテントなどを訪れて、約100件にのぼるアンケート調査がなされた。

各チームの現地調査と並行して、われわれは強震計3成

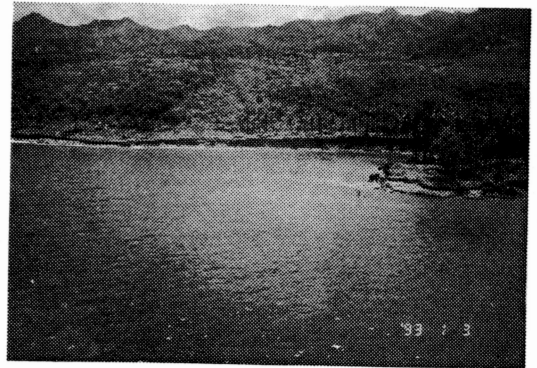


写真3. 津波による侵食の著しい Hading 湾の
Uepadung 海岸
椰子の木が直立したまま海中に滑落して、
木の上端だけが海面上に出ている

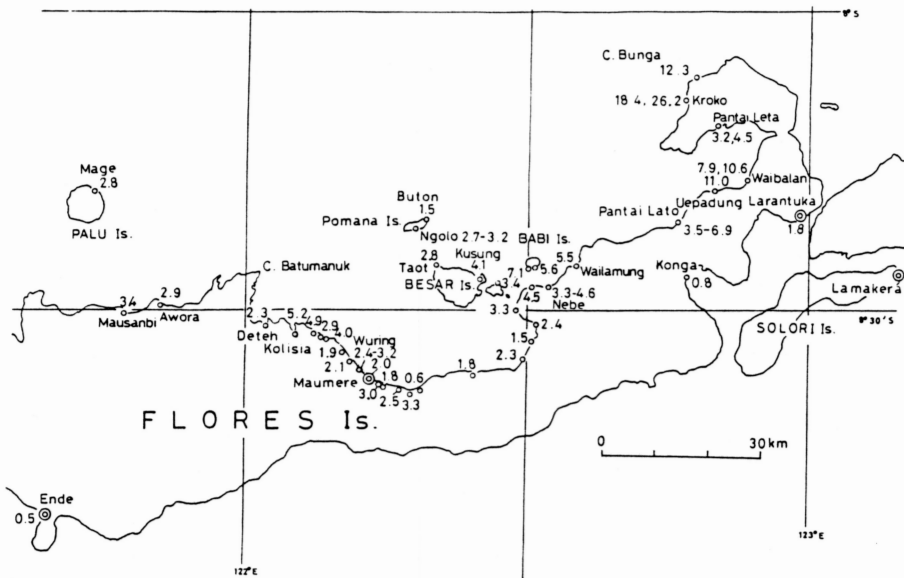


図3. 津波の浸水高 (m)
潮汐補正をして平均海面からの高さで示してある。津波が沿岸をおそった13時29分の天文潮汐による水位は平均海面上 +20 cm であったので、正味の津波高さはこの値から 0.2 m を引けば得られる。ただし、Ende のみは図に正味の津波高を示してある

分、および高感度地震計による余震の観測を行った。この観測は当初1日はホテルで、30日午前からは Maumere の市街地の背後の、放送局がある丘の頂上で観測を行った。

われわれは、1月5日の夕刻まで、現地で正味8日間をわたって調査を行った。地震と津波による被災地の調査は、各チーム1台のレンタカーを利用して行った。1月3日、および5日にはヘリコプターによる遠方調査を実施することができた。またほぼ毎日1チームは、漁船を利用して Babi 島、Besar 島などの離島や、自動車道路の利用できなかった遠方海岸の調査を行った。

Maumere 市街地の西北側約 2 km のところに小さな半島状の突き出た砂州があり、ここにバジョー族の人々が高床式の木造家屋を連ねて人口約 1,000 人の Wuring の市街地を形成していた。ここには地震発生後5分で平均水面上 3 m 前後の津波が押し寄せ、大部分の木造家屋が全壊あ

るいは流失し、約 90 人の人が亡くなった。われわれはこの地区の地盤高、津波高の分布をやや詳しく調べた。

Flores 島の東北端部は車によっても片道 6~8 時間を要する。このため1月1日から2日にかけて、2つのチームは島最東端の小都市 Larantuka に別の宿を取っての遠征調査を行った。このとき、今回の津波の最高浸水高を記録した Kroko 村での調査が行われ、ここでは河にそって遡上した津波が平均海面上 18 m の高さに達していることが見いだされた。また翌3日のヘリコプター遠征によって、そこでの津波高さが、河口南岸の斜面で 26.2 m に達していたことが確認された。

1月4日は、団の大部分のメンバーは今回の津波で最大の被災地となった Babi 島に上陸し、この島の2つの集落の詳細調査が行われた。Babi 島は、Maumere の東北東約 40 km の所に位置する直径約 2.5 km の運動帽のようにみえる円形の島である。人口は約 1,000 人で、イスラム教



写真 4. 上空から撮影したバビ島イスラム教徒の村の跡
津波によって家屋は全戸完全に流失してあとはなにもない平地がひろがっている

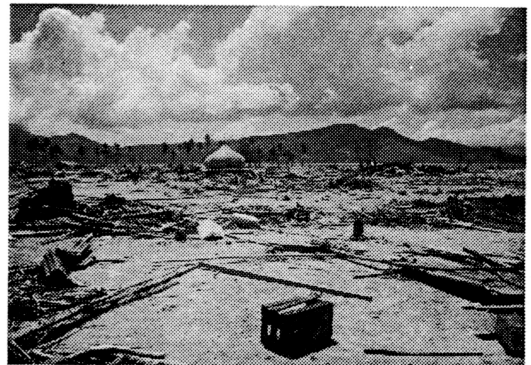


写真 5. 津波で全戸完全流失したバビ島イスラム教徒の村柱や屋根材の散乱するなかにもスク(イスラム教会)の屋根の部分だけが原型を保って取り残されていた

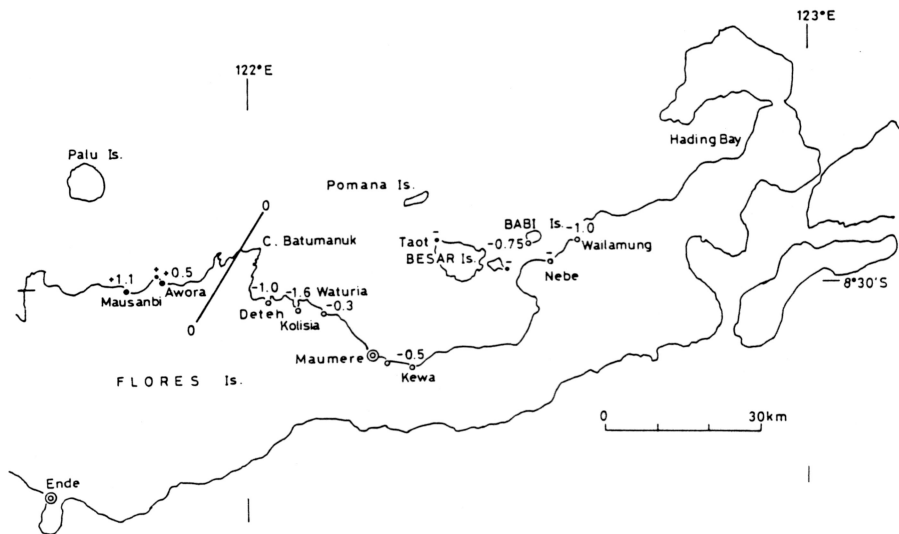


図 4. 地盤変動の分布 (m)

徒、キリスト教徒がおのおの別個の集落をつくって、帽子の「つば」の部分にあたる島の南がわに住んでいる。津波によって両集落の家屋はすべて1戸も残らず流失した。助かった人は全員、現在 Flores 本島の Nangahale にある避難テントで生活していて、島は当分の間無人島になっている。ここでは約700人が津波によって死に、約300人がかろうじて助かったと報道されている。しかし、避難キャンプ地に掲げられた被害統計表では、被災時この島の人口は1,093人で、死者が男88人、女175人の263人で、830人は生存となっている。2月2日現在、このいずれが正しいのかは確認できないが、数字の細かさからみて、この統計表が正しいように思われる。(この点、インドネシア側研究者に問い合わせ中である)津波は地震発生後3分でこの島を襲った。

今回の地震では、Maumere 市を含む北に開いた湾内から Babi 島にかけての海岸で地盤が1m前後の地盤沈下が発生した。これに対して、Maumere 市の西北方、Batumanuk 岬の西に位置する Mausambi と Awora の集落では地盤の隆起が認められた。

5. Jakarta に戻って

われわれは、Flores 島を1月6日の朝に発ち、Bali 島 Denpasar の測候所のテレメータ地震観測施設を見学したのち、1月8日と9日にはふたたび Jakarta の気象庁に戻った。ここでは、調査の直後報告、インドネシアでの地震津波対策上のアドバイスなど、主としてわれわれの側からの研究発表を行った。津波高と地盤変動の分布や被災地の光景が紹介された。建造物の大部分を構成する煉瓦が弱いこと、コンクリートは石灰が主成分で弱く、日本のように天然砂利による粗骨材を用いて強化すべきこと、柱と基礎、壁と基礎、壁と柱相互の連結性が悪いこと、および海岸線地殻での地盤の液状化が地震による被害を大きくした原因であると指摘された。また、地震に強かった木造家屋も斜め材(すじかい)を用いた例がほとんど見られなかったこと、基礎、低部を重くして津波に容易に流されない木造家屋に改善すべきことが指摘された。その他、国民の間に地震の後には津波が来る可能性があるという常識を普及させるべきこと、沿岸集落の背後に避難用高台と連結道路を設けること、海岸と居住地との間に椰子などの木を密に配置して津波のエネルギーを殺すこと、集落内に「火の見櫓」を設けることなどが提案された。いずれもこの国の経

済状態を考慮したうえでの提案であった。また、将来的にはインドネシアが日本の気象庁で行っているような津波警報システムを持つべきであり、それにむけて地震観測点の密度強化テレメータ化、技術者の養成の必要性が論じられた。いまはまだ東西400kmもある Flores 島にすら定常地震観測点が1点もない状態である。しかし、インドネシア全体では Bali 島地域などに局地的には密な地震観測網があって、無線によるテレメータがなされており、津波警報システムの導入のための条件の整っている地域もある。

6. 帰りの機内で考えた

海溝を各島々の前面の海域に控え、また歴史的にも地震津波火山活動を多く経験しており、山の多い島々からなるこの国は、地震や津波を含め自然災害の発生パターンに日本との共通性が多くある。この国で起きた地震、津波の災害事例は、わが国の災害対策の参考となりうる要素を数多く見いだすことができる。今回調査のパートナーとなったインドネシア気象庁や大学の人々の資質は、日本の大学や研究所などに在籍する研究者たちと比べても決して劣ることはない。われわれは、調査終了後、調査に使った標尺、レベル、ハンドレベルなどをインドネシアの友人たちに寄贈してきた。今回パートナーとなったインドネシア側の研究者たちは、今後きっと立派な地震津波の調査を自力で進めてくれるに違いないと考えたからである。

この国がもっと密な地震観測網をもってテレメータ通信網を充実させることが出来れば、信頼度の高い津波警報を発することが出来るようになり、何人かの人は死ななくて良かったはずである。また、この国で地震データが集積されるようになれば、わが国での地震予知にも活用でき、共同で研究して相互に最も利益を与え合うパートナーとなるであろう。

今回の調査では、インドネシア入国後被災地に入る前に3泊、出た後帰国までに3泊と、前後にゆとりをもたせた日程を組んだ。けっきょく、今回はこれで良かったんだと思う。同国の研究者の話を聞いて、現地に入る前にわれわれが現地ですべきことをより鮮明に把握することが出来た。また、調査後、率直なアドバイスをじっくり語りかける時間も取れた。成果として最も大きかったことの一つは、日本・インドネシアの両国の研究者間の信頼感と親密さが大きく深まったことであろう。