

2009 年 1 月 3 日パプア、インドネシア地震津波の規模

羽鳥 徳太郎*

1. はじめに

2009 年 1 月 3 日 19 時 43 分 (UTC), 日本時間: 4 日 04 時 43 分に, パプア, インドネシアの近海で強い地震が発生した。その 2 時間 50 分後に, 東側で大きな地震が続発した。津波を伴い, 日本や太平洋諸島各地で観測された。USGS (米国地質調査所) の観測によれば, 最初の地震の震央は $0^{\circ}24.4'S$, $132^{\circ}53.1'E$, 深さ 17km, Ms7.5 (Mw7.6)。気象庁の発震機構の解析では, 北東 - 南西方向に圧力軸をもつ逆断層型であり, 太平洋プレートとインド・オーストラリアプレートの境界で発生したと考えられた。2 番目の地震は, $0^{\circ}42.5'S$, $133^{\circ}20.2'E$, 深さ 23km, Ms7.4 (Mw7.4) と報告される。津波波形のシミュレーション解析から (藤井・佐竹, 2009), 共に南西傾斜の逆断層であり, 断層面上のすべり量はそれぞれ 2m と 1.3m と推定された。

近年ニューギニア近海では津波が頻発して (1996 年イリアンジャヤ, 1998 年・2002 年パプアニューギニア津波), 日本で観測し規模などが解析された (羽鳥, 1997, 2000, 2004)。1996 年地震 (M8.1) は今回より約 480km 東方のビアク島付近で発生し, このときの津波は土佐清水や八丈島で漁船の流失などの被害をもたらした。本稿では, 気象庁やWCATWC などのウェブサイトで公開された検潮記録を用い, 津波の規模や伝播の状況を周辺域の津波と比較検討する。

2. 日本沿岸と太平洋各地の津波記録

気象庁地震・火山月報 (2009 年 1 月) に, 日本で観測した 24 地点の波高値などや

主な検潮記録 (図 1) が示された。最大波の全振幅値は父島 70cm, 熊野市遊木 62cm, 串本 73cm, 徳島由岐 60cm, 枕崎 62cm, 種子島熊野 60cm と読み取れ, 最大波の周期は 15-20 分であった。図 2 には, パプア沿岸における検潮記録例を示す。震央から 380km 離れた Biak では, 地震後 50 分に押し波で始まり, 周期 20 分, 最大波の片振幅値は 18cm である。また, 震源に近い Manokwari も初動は押し波であり, 最大波の片振幅値は 40cm である。

図 3 には, 気象庁の報告から主な地点での最大波の片振幅値 (平常潮位上) の分布を示す。串本で 43cm が最大であり, ついで父島・種子島で 36cm が大きく, 沖縄県の南西諸島では 5-8cm, 北日本では 5-10cm にとどまった。分布パターンは 1996 年津波と共通しており, 近畿~九州間が大きい。そのほか北

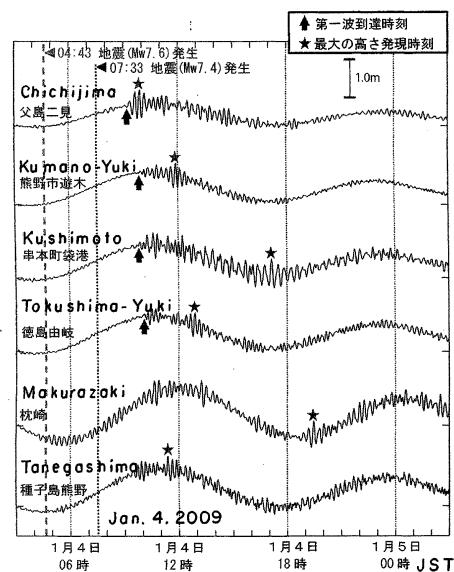


図 1 2009 年パプア、インドネシア津波の検潮記録 (気象庁による)

*元東京大学地震研究所

米でも観測され、カリフォルニア州の Arena Cove 6cm, San Luis 9cm, アリューシャン列島西部の Shemya 4cm であった。

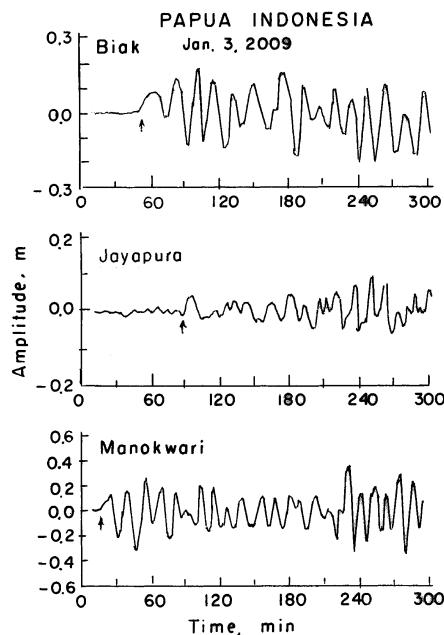


図 2 パプア、インドネシア沿岸の検潮記録
(藤井・佐竹による)

図 3 の左上図には、1996 年以降に津波を伴う地震の震央分布を示し、発生年に地震と津波のマグニチュード $M_{s/m}$ を付記した。津波マグニチュード値は、日本での観測値から筆者が解析した。なお、1996 年イリアンジャヤ津波と 1998 年パプアニューギニア津波は、日本の合同調査チームによって詳しく現地調査された（今村・他、1996; Kawata et al., 1999）。1996 年津波 ($m = 3$) では、震源附近のビアク島で遡上高が 5–7m に達し、集落が流された。一方、1998 年津波は M7.1 の中規模な地震に伴ったが、遡上高が 10–15m に達し死者が 3500 人にのぼった。断層運動に震源域で海底の地すべりが重なった可能性があり（佐竹・谷岡、1999），波高が局地的に増幅した異例な津波であった。

3. 津波マグニチュード

図 4 には、筆者の方法による（羽鳥、1979）津波マグニチュードの判定図を示す。横軸に震央から観測点までの距離、縦軸には最大波の片振幅値をとる。津波マグニチュード m 値は、波高が距離 $\Delta^{-1/2}$ で減衰するとみ

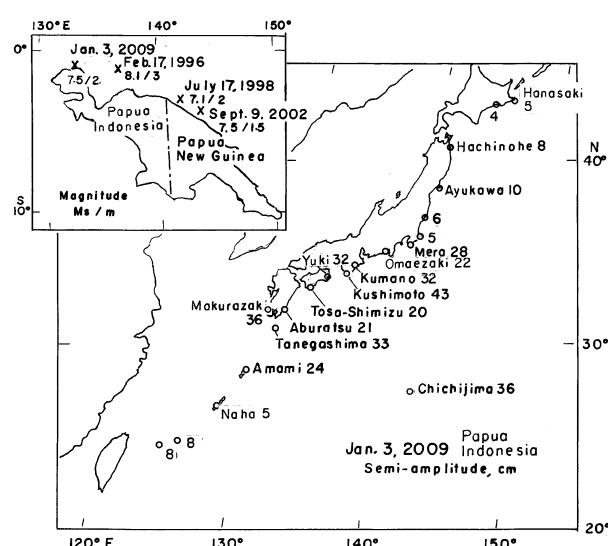


図 3 最大波の片振幅値分布 (単位: cm)。左上図: 津波を伴う震央分布。発生年に地震と津波のマグニチュード $M_{s/m}$ を示す

なし、2.24倍の刻み（エネルギーにして5倍、1階級変わる間隔）で区分する。比較のために、1996年イリアンジャヤ津波と1998年パプアニューギニア津波の観測値を示した。それぞれ観測値は大幅にばらつくが、今回の津波では相互に比較して $m = 2$ と推定される。地震の規模と比べて、1階級（波高にして約2倍）ほど大きい。

近畿～九州間は津波波源に直面して、指向性の効果が大きく、琉球島弧と伊豆マリアナ海嶺に囲まれ、水位がトラップされる状況がシミュレーション解析から認められた（藤井・佐竹、2009）。さらに、共鳴による波高の増幅作用が重なったようだ。波形のスペクトル解析によると（阿部、2009），卓越周期が17分台に集中したという。図5には、太平洋諸島の片振幅値分布を示す。 $m = 2$ として、図4で振幅値が $m = \pm 0.5$ の範囲内を標準（白丸）とみなし、それより上回る地点を大（黒丸）、下回る地点は小と区分して示した。パプア沿岸の観測点は、波源の長軸方向に位置して10-40cmと小さい。一方、西日本では前に述べた要因から振幅値が大幅に大きい。半面、北日本・琉球列島や太平洋諸島では10cm以下にとどまった。なお、米国カリフォルニア州沿岸での振幅値6-9cmは標準的であり、アリューシャン列島のShemyaで4cmは小さい。

4. 伝播時間

図6には、震央を津波波源にとり、波面を10分間隔で作図した伝播図を示す。津波初動の振幅が小さく、ノイズと重なって到達時刻の不明な地点もあるが、主な地点の伝播時間（発震時から津波初動までの所要時間、時：分）を付記した。実測値は例えば父島で4:34、串本5:06、土佐清水5:08、油津5:03であった。父島での波面が約30分先行したが、近畿～九州間で5時間の波面は実測値とほぼ調和する。

震央距離に対して、第1波の伝播時間（小丸）と最大波の出現時間（大丸）との関係は

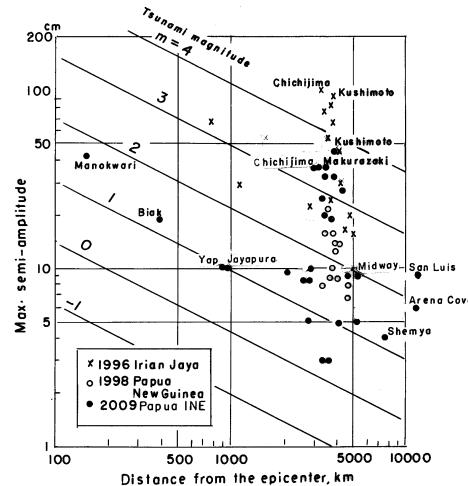


図4 震央距離と片振幅値の関係。津波マグニチュードで区分

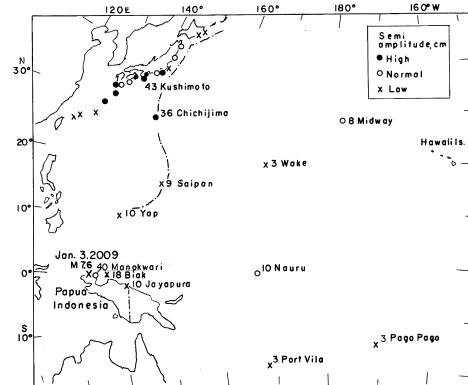


図5 2009年パプア、インドネシア津波の片振幅値分布（単位：cm）。振幅偏差で区分

図7のようになる。1996年津波の観測値と比較すると、大きな差はない。第1波の伝播速度はおよそ12.5km/分になり、平均水深4400mを伝わる直達波とみなされる。一方、最大波の出現時間はかなりばらつくが、震央距離とともに伸びている。平均的な伝播速度を8.1km/分とすれば、水深は1900mになり、島弧沿いにエッジ波のように伝播したこと示唆する。2番目の津波と重なり、継続時間がきわめて長い。

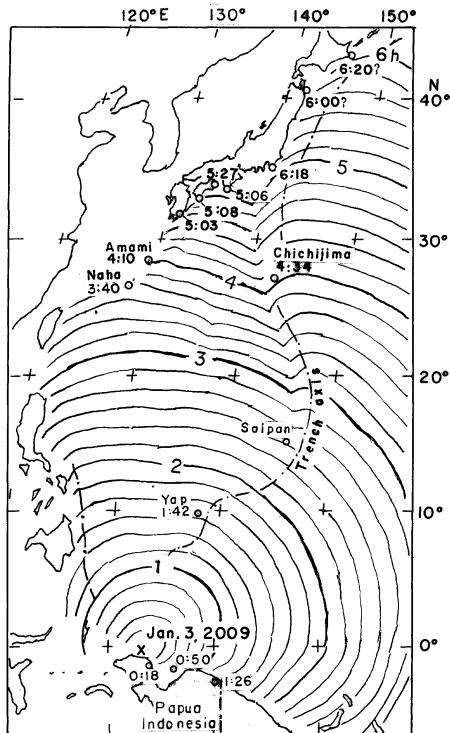


図 6 2009 年パプア、インドネシア津波の伝播図（波面：10 分間隔）。実測伝播時間（時：分）

5. むすび

日本沿岸と太平洋諸島の検潮記録をもとに、2009 年 1 月 3 日パプア、インドネシア津波の規模と伝播の状況を、周辺域の津波と比較検討した。津波の伝播時間は、近畿～九州間で約 5 時間であった。同区間では全振幅値も大きく串本 73cm、父島 70cm、枕崎 62cm、津波の周期は 15–20 分である。波高は 1996 年イリアンジャヤ津波 ($m = 3$) より下回ったが、分布パターンは共通する。

津波マグニチュードは $\Delta - H$ 図によると $m = 2$ と推定され、地震の規模 (Mw7.6) と比べ 1 階級ほど大きい。太平洋諸島の波高は小さいが、西日本では約 2 倍ほど上回った。津波初動から最大波までの時間間隔は震央距離とともに伸び、串本・枕崎では発震時から 12 時間以降であった。継続時間が長く、将来

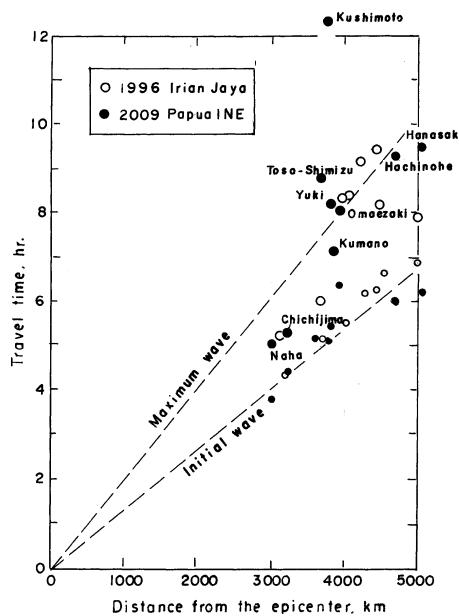


図 7 津波初動・最大波の伝播時間と震央距離の関係

の津波に対して留意したい。

謝辞

本解析にあたり、建築研究所 国際地震工学センターの藤井雄士郎氏が、各観測機関のウェブサイトから集めた検潮記録を利用させて頂いた。深く感謝し、お礼申し上げます。

参考文献

- 阿部邦昭, 2009:2009 年パプア地震津波における伝達関数の静振スペクトルによる近似, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, S154-002.
- 藤井雄士郎・佐竹健治, 2009:2009 年パプア、インドネシア地震の津波波源モデル, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, S154-001.
- 羽鳥徳太郎, 1979: 津波の規模階級とエネルギーとの関係, 地震研究所彙報, Vol.54, pp.531–541.
- 羽鳥徳太郎, 1997: インドネシア、フィリピ

- ン津波の規模特性—日本沿岸における波高分布, 津波工学研究報告, No.14,pp.61–72.
- 羽鳥徳太郎, 2000: 日本の検潮記録による1998年パプアニューギニア津波の解析, 津波工学研究報告, No.17,pp.49–54.
- 羽鳥徳太郎, 2004:2002年9月9日パプアニューギニア津波の規模—日本の検潮記録から, 津波工学研究報告, No.21,pp.15–19.
- 今村文彦・他, 1996:1996年2月17日Irian Jaya 地震津波の現地調査, 津波工学研究報告, No.13,pp.81–99.
- Kawata,Y. et al,1999:Preliminary report on the tsunami caused by the Sissano earthquake at, west Sepik, Pog on 17 July 1998. Tsunami Engin.Tech. Rep.Tohoku Univ.,No.16, pp.61–86.
- 気象庁, 2009:1月4日のニューギニア付近(インドネシア)の地震, 平成21年1月地震・火山月報(防災編).
- 佐竹健治・谷岡勇市郎, 1999:1998年7月パプアニューギニア地震津波の発生メカニズム, 日本地震学会講演予稿集, C75.