

1998年バブアニューギニア津波の陸上での流勢と被害

秋田大学○正員 松富英夫

東京大学 都司嘉宣 防衛大学

京都大学 高橋智幸

岩手県立大学 首藤伸夫

藤間功司 東北大学 今村文彦

理化学研 牧 紀男

京都大学 河田恵昭

電中研 松山昌史

韓国気象庁 韓 世燮

1. まえがき 1998年7月17日18時49分（日本時間17時49分）、バブアニューギニア・西セピック州北岸のAitape沖約60 km (2.78° S, 142.57° E), 深さ15 kmを震源とした $M_w=7.1$ の海底地震により大津波が発生した。まだ、津波主要部の発生原因は特定されていない。この津波は震源正面のやや西に位置する Sissano Lagoon海岸を直撃し、Lagoonの右岸砂嘴上で最大津波高14.8 mを記録した。この津波による死者は確認されただけで2205人に達し、他に500人以上の行方不明者、476人の負傷者をもたらした（同年7月31日現在）。

著者らは、日本と米国を中心とした国際津波調査団を組織し、同年8月3日～6日（正味）と9月30日～10月3日（正味）の2回、現地調査を行った。本研究はこれらの調査で判明したことの一部、すなわち陸上での津波の流勢と家屋被害を報告するものである。

2. 現地調査 調査域は、西のSissanoからWarapu, Arop2, Arop1, Malol を経て、東のAitapeまでの延長約35 kmの海岸である。ただし、内陸方向の調査範囲は、物理的な制約（時間、道、移動手段など）や安全性（蚊やワニなど）から、一部分を除いて汀線から100～200 m程度までである。調査域（太線）の概略と震央を図-1に示す。特徴的な陸上地形が Warapu から Malol の西部にかけて見られ、これらの地域では海岸線の直ぐ背後がLagoonや低湿地といった1山（海側がやや急な非対称形）の“こぶ地形”となっている。

調査項目は、①津波高、浸水深とそれらの測点位置、②家屋の前面と背面での浸水深、その家屋の平面形状と諸元、③浸水域での家屋諸元の平均像、④浸水深と家屋の被害程度、⑤砂地盤の侵食深、粒径と侵食域近傍での浸水深、⑥津波の状況、⑦地震の状況、⑧余震観測である。本研究では①、③、④の結果を報告する。

3. 津波高と浸水深の分布 図-2に津波高、浸水深と推定陸上流速の空間分布を示す。津波高は来襲時の潮位からに補正してある。本海域のこの時期の潮差は65 cm程度で、来襲時はほぼ低潮（低潮から約+10 cm）であった。図中、○は津波高、縦棒は浸水深または推定流速の値域、■は著者ら（1996）がこれまでに推定した最大流速、▲はこれまでに報告されている推定最大流速である。Warapu からMalolの西部にかけての海

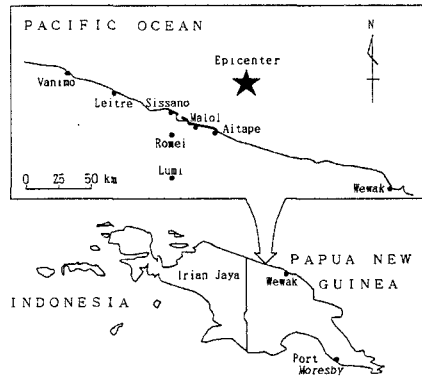


図-1 津波調査域と震央

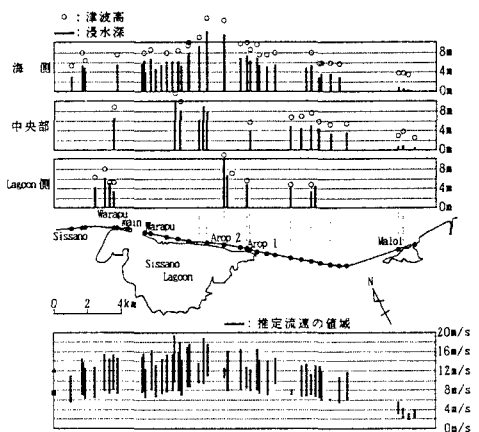


図-2 津波高、浸水深と推定陸上流速の空間分布 側、中央部、Lagoon側の区別は、汀線から砂嘴などの頂部をやや越えた辺りまでを海側、頂部の背後で洗掘された所からLagoonの水際までをLagoon側、残りを中央部と思えばよい。流速推定法については後述する。

津波高と浸水深の空間分布から、①Arop2のやや西で津波が最も大きく、津波高は10 m以上、浸水深は8 m以上に達した、②全体的に見れば、津波高と浸水深は海側で大きく、Lagoon側で小さい、などが判断される。

津波は周期の長い波であるから、波峰が砂嘴上を通過する時は準定常流と見なせ（松富ら、1998）、沖の流れは常流と考えられる。よって、上記②の分布を考慮すると、砂嘴上で限界流が生じたと推定される。

そこで、海側で限界流が生じたとして、海側の浸水

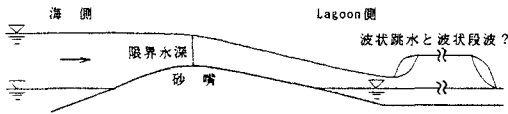


図-3 砂嘴周辺での推定流況

深を用いて限界流速を評価したものが推定流速の下限値である。海側の浸水深が測定されていない場合は、海側により近い浸水深を限界水深とした。上限値は次のどちらか一方で評価した。1つは、砂嘴横断線上の複数箇所での浸水深が測定されている場合で、流量連続条件を用いる方法、もう1つは平坦地に適用できる経験的な最大流速推定式（松富ら, 1998）を用いる方法である。後者は限界流速の2倍の流速を与える。図中、推定流速の値域が狭いものは前者で評価したもので、全データ49個中、11個がそれに該当する。図から、①Lagoonの右岸砂嘴上で、流速が12m/s以上に達した所がある、②流速が6m/s以上に達した海岸線の延長は16km以上に及んだ、などが判断される。

Lagoon側の流れは射流と推定された。Lagoon内には水が存在する。よって、大体のフルード数（ < 2 ）から推して、Lagoonの水際近くで波状跳水が生じたと思われる。また、波先端部では波状段波が生じたと思われる。砂嘴周辺での推定流況を図-3に示す。

今回の最大津波高は比較的容易に透過できるLagoonの砂嘴上で記録された。この状況は1983年日本海中部津波（水沢川河口北の急傾斜地で津波高は約15m、河口付近の大きく氾濫した所で約7m）、1993年北海道南西沖津波（奥尻島藻内で津波高は約24m、直ぐ隣の南西岸で約15m）や1994年東ジャワ津波（Bandialitの急傾斜地で津波高は約11m、大きく氾濫した所で約6m）の場合と異なる。仮に、砂嘴の地盤高を2m、浸水深を10m、流速を10m/sとし、砂嘴上に急斜面があるとして、ベルヌーイの定理を用いて津波高を評価すると約17mとなり、急斜面がない場合の1.4倍程度になる。これは定常流としての議論であって、上で過去の事例を示したように、実際は1.6～2.1倍程度になり得て、津波高は20m程度以上に達するものと思われる。

4. 家屋の実際と被害

(1) 家屋の諸元

浸水域での家屋諸元例を表-1に示す。家屋の抽出は無秩序に行った。浸水域では、教会や学校などの公的なものを除いて、ほとんどの家屋が高床式である。表から、どの村の家屋も諸元は基本的に同じで、床面積は日本の家屋に比べて極端に狭くはないと言える。

Malol のデータは大破や中破（後述）を免れた家屋

表-1 浸水域での家屋諸元例

	杭列 (本)	杭高 (m)	杭径 (m)	床面積 (m^2)	面積 (m^2)	備考
Sissano #	4×9 3×6 3×5	1.5 1.45 0.75	0.15 0.25 0.20	4.7×11.8 4.8×10.0 3.5×7.7	55.5 48.0 27.0	
Warapu main #	4×5 3×5 3×5	1.28 1.45 1.45	0.18 0.11 0.11	5.0×7.7 5.0×8.8 3.4×8.2	38.5 44.0 27.9	
Arop 2 #	3×5 3×6 3×5 3×4	1.56 1.35 2.3 1.7	0.18 0.10 0.21 0.14	5.6×12.4 3.8×9.3 6.0×7.0 4.4×7.0	69.4 35.3 42.0 30.8	0.37mm 角材
Arop 1 #	4×4 3×4 4×6	1.6 1.55 1.22	0.14 0.15 0.17	5.0×7.5 4.0×7.0 5.0×8.5	37.5 28.0 42.5	
Malol main #	4×7 3×6 3×6 3×4	1.4 1.4 1.2 1.4	0.14 0.16 0.20 —	5.0×12.7 5.1×11.6 3.6×9.3 4.0×5.4	63.5 59.2 33.5 21.6	2階建て
平均	3.3×5.4	1.55	0.156	4.6×8.9	41.4	

時的な流れの堰上げや偏向などにより、実際はそれよりも大きくなった所もあったと思われる。事実、村の中心に位置する教会での堰上げ浸水深（ $=h_i$ ）は1.14mに達しており、杭高1.2m以上の家屋がほとんど無傷で残ったことと整合している。このことから、流水が家屋壁面に直接当たらない限り、大破することはないと言えよう。ただし、これには限界の浸水深や流速があると思われるが（杭の埋め込み長さや砂地盤の粒径分布なども関係しよう）、それらの値は判っていない。

Sissano, Warapu, Arop では浸水深が大き過ぎて、沿岸部の家屋は全て残っていても杭のみであった。

(2) 浸水深と家屋の被害程度 平坦地に建てられた木造家屋（教会）に対するデータのみが得られた。それも、2データのみである。図-4に浸水深と家屋の被害程度の関係を示す。黒塗りが本津波で得られたデータ、白抜きが過去の津波で得られたデータ（日本）である。浸水深は家屋前面水深を採用している。被害程度の定義は既報（松富ら, 1996）と同じである。

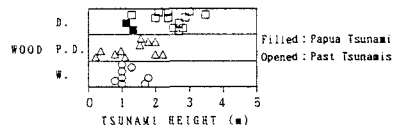


図-4 浸水深と木造家屋の被害程度の関係

図によると、本地域の木造家屋は1.1m程度の浸水深で大破(D.)に至っている。日本では、漂流物が関与しない限り、2m程度である。

5. むすび 主な結論は、①Sissano Lagoonの砂嘴上で流速は12m/s以上に達した、②津波に対する本地域の木造家屋強度は日本のものに比べて弱い、などである。今後、砂嘴などのこぶ地形を越える津波や海底地滑りによる津波発生の実験が必要と思っている。

謝辞：科学研究費の補助を受けた。謝意を表する。

参考文献 1) 松富ら：海岸工学論文集, pp. 311-315, 1996. 2) 松富ら：海岸工学論文集, pp. 361-365, 1998.