

港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE

OF

THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No. 1211

March 2010

2009年サモア諸島津波の現地調査

有川 太郎

辰巳 大介

松崎 義孝

富田 孝史

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,
Port and Airport Research Institute, Japan

目 次

| | |
|------------------------|----|
| 要 旨 | 3 |
| 1. 序論 | 4 |
| 2. 地震および津波の概要 | 4 |
| 2.1 地震の概要 | 4 |
| 2.2 調査方法 | 4 |
| 2.3 津波被害の概要 | 5 |
| 3. 津波被害の詳細 | 6 |
| 3.1 津波の痕跡高 | 6 |
| 3.2 各地の被害 | 8 |
| 4. 津波数値計算 | 15 |
| 4.1 計算モデルおよび計算条件 | 15 |
| 4.2 計算結果と考察 | 16 |
| 5. 住民の避難行動 | 19 |
| 5.1 ヒアリング | 19 |
| 5.2 死亡率と津波高 | 19 |
| 6. 結論 | 20 |
| 謝 辞 | 21 |
| 参考文献 | 21 |
| 付録1 津波の痕跡高 | 22 |
| 付録2 聞き取り調査の会話 | 25 |
| 付録3 現地行程 | 26 |

Field Survey on 2009 Samoa Islands Tsunami

Taro ARIKAWA*

Daisuke TATSUMI**

Yoshitaka MATSUZAKI***

Takashi TOMITA****

Synopsis

A large tsunami was induced due to an M8.3 earthquake generated in a subduction zone off Samoa Islands in the South Pacific Ocean, at 6:48 on 29 September 2009 (local time). The American Samoa, Samoa and Tonga Islands had suffered serious tsunami damages, and more than 120 persons were suffered to death.

Port and Airport Research Institute dispatched a field survey team as one part of the international survey team to Samoa to investigate characteristics of the tsunami and the induced damage.

Heavy damages were caused in the southern coast, while the damage level was not so severe in the northern coast. Especially in the south-eastern part of the island, more than 6 m tsunami struck and its coastal villages were completely destroyed

The following finding is obtained in the survey;

1) The damage level depends on the inundation depth; Villages are perfectly washed out in the area with the depth more than 5m. In case of 4 to 5m inundation depth, villages are partially damaged. The area where the inundation depth is smaller than 3m has little damage.

2) Almost residents evacuated after their watching tsunami or their hearing tsunami noise. Installation of evacuation center near to residents is very important. The education and disciplines for early evacuation are also necessary to reduce victims.

3) Improvement of warning system and maintenance of seawall are important because tsunami arrival time is very short after earthquake shaking.

Key Words:

* Senior Researcher, Tsunami Research Center
** Researcher, Tsunami Research Center
*** Researcher, Multiphase Flow Group, Marine Information Division, Marine Environment and Engineering Department
**** Research Director, Tsunami Research Center
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone: +81-46-844-5052 Fax: +81-46-844-1274 e-mail: arikawa@pari.go.jp

2009年サモア諸島津波の現地調査

有川 太郎*・辰巳 大介**・松崎 義孝***・富田 孝史****

要 旨

2009年9月30日2時48分(日本時間)サモア諸島南方(南緯15.3度、西経171.0度)を震源としたマグニチュード8.3の地震による津波は、サモア諸島に大きな被害を及ぼした。独立行政法人 港湾空港技術研究所は、来襲津波や被害実態を明らかにするために、2009年10月12日～21日の間、サモア独立国に以下に示す緊急調査団を派遣した。

今回の緊急調査では、国際調査団の一員として、特に大きな被害のあったサモア独立国を対象にして、津波の痕跡を測定することにより来襲した津波の高さを明らかにするとともに、住民からの聞き取りから津波の来襲状況を把握した。

今回の調査で得られた結果は、以下の通りである。

・地盤高が2m～3m程度あるが、浸水高が6mを超える地区では村がほぼ全壊に近く、浸水高が4、5mのところでは一部から半分程度破壊されていた。浸水高が3m程度のところでは護岸の高さとほぼ同じである場所が多く、大きな破壊は見られなかった。

・避難をした人々の多くは、津波を見るか、来襲する音を聞いてから逃げているため、住民の近くにしっかりとした避難場所を作ることは重要である。また、避難訓練の徹底を行い、地震が来たら津波がすぐに来ることが多いということを知り、地震が来たらすぐに避難することも習慣づけるのが良い。

また、津波の来襲時間が早いことから警報の伝達手段を考え直す必要がある。

・護岸の高さと津波の高さがほぼ同じところでは浸水範囲を抑える効果を発揮しているため、護岸の整備をきちんとしておくことにより津波による被害を軽減できる。

キーワード：

* 津波防災研究センター 主任研究官
** 津波防災研究センター 研究官
*** 海洋・水工部 海洋情報研究領域 混相流体研究チーム 研究官
**** 津波防災研究センター 上席研究官
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所
電話：046-844-5052 Fax：046-844-1274 e-mail: arikawa@pari.go.jp

1. 序論

2009年9月30日2時48分(日本時間)サモア諸島南方を震源としたマグニチュード8.3の地震による津波は、サモア諸島に大きな被害を及ぼした。著者らは、来襲津波や被害実態を明らかにするために、2009年10月12日～21日の間、サモア独立国にて調査を行った。

今回の調査では、国際調査団の一員として、特に大きな被害のあったサモア独立国を対象にして、津波の痕跡を測定することにより来襲した津波の高さを明らかにするとともに、住民からの聞き取りから津波の来襲状況を把握した。

2章では地震および津波の被害概要、3章では詳細な被害を記述した。4章は、数値計算による検討を行った。5章では住民からの聞き取りから避難に関する検討を行った。6章はまとめである。

2. 地震および津波の概要

2.1 地震の概要

2009年9月29日6時48分(現地時間)、南太平洋のサモア諸島沖でマグニチュード8.0の地震が発生した。震源の位置は、南緯15.509度、西経172.034度、震源の深さは18 kmであった(米国地質調査所ホームページ、<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2009/us2009mdbi/>)。図-2.1のとおり、震源はサモア独立国の首都Apiaの南190 km、トンガのNiuatoputapu島の東北東185 kmに位置する。

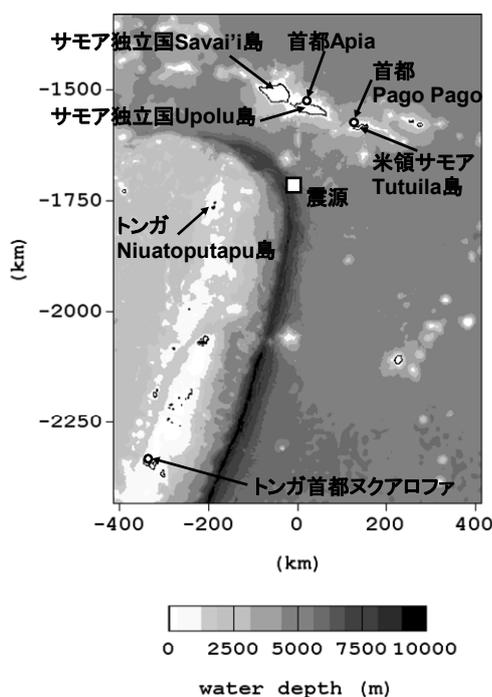


図-2.1 震源周辺の海底地形図

図-2.2は、米国地質調査所の地震カタログ (<http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic.html>) に基づき、1900年以降にサモア諸島周辺で発生したマグニチュード7.5以上の地震をプロットした図である。マグニチュード8.0以上の地震に関しては、発生年も記載した。プレート境界は、米国海洋大気局 (<http://www.aist.go.jp/GSJ/dMG/dMGGold/free/plates/Intro.html>) によった。

サモア諸島の南西には、西から南へ折れ曲がるプレート境界が存在する。プレート境界の北東側に位置する太平洋プレートが、南西側に位置するオーストラリア・プレートの下へ沈み込んでおり、プレート境界周辺では地震活動が活発である。サモア諸島周辺の既往の地震の中では、特に1917年の地震が大きく、この時も今回と同様に津波が発生した。

なお、地震波の解析結果から、今回の地震は、プレート境界で発生した逆断層型の地震ではなく、太平洋プレート内部で発生した正断層型の地震であることが示唆されている(4.津波数値計算の章で説明)。

米国地質調査所によると、サモア諸島における地震の揺れの強さは、修正メルカリ震度階級6(日本国気象庁の震度5弱に相当)程度であった。構造物に大きな損傷を与えるような揺れではないが、多くの人が不安を感じ、食器や本が棚から落下するような揺れであった。

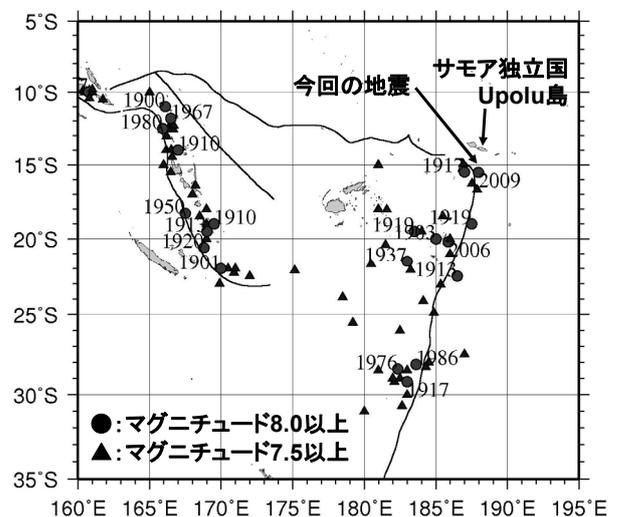


図-2.2 サモア諸島周辺における既往の地震

2.2 調査方法

(1) 行程

- 10月12日 出国
- 10月13日 サモア独立国着
- 10月13～19日 現地調査
- 10月21日 帰国

(2) 国際調査団

国際調査団は、サモア政府の要請により、各国から集まった32のグループによって構成されている。団長は、サモアの南太平洋大学 Randy Thaman (ランディ・サーマン) 教授、副団長はオーストラリアのニューサウスウェールズ大学の Dale Dominey-Howes (ダラー・ドミネイ・ハウ) 教授である。現地では、調査目的ごとに5つの大きなグループに分かれて活動した。

- ・ 津波高さグループ(Inundation and Runup group)
- ・ 環境グループ(Ecology and Environment group)
- ・ 社会インパクト (Social Impact group)
- ・ 地質グループ(Geology group)
- ・ 建物照査グループ(Building group)

港湾空港技術研究所グループは、津波高さグループに所属し、サモア政府関係者と行動をともにした。津波高さグループは、このほかに東京大学地震研究所都司教授、防衛大学藤間教授、電力中央研究所榊山博士およびニュージーランドからの3名の研究者で構成されている。

(3) 現地調査の行程

行程は図-2.3のように4日間に分けて島の南東から西側に行った。具体的な地名は、付録3に示す。



図-2.3 Upolu島における調査行程

2.3 津波被害の概要

今回調査を行ったUpolu島では、おおむねの津波の大きさは、東部～南部においては6m～8mの浸水高、南部においては4～5mの浸水高、南部～西部においては2～3mの浸水高であった。詳細については3章で記述する。

(1) 東部・南東部の被害概要 (浸水高6～8m)

浸水高として6～8m程度来襲した場所である。写真-2.1はSatittoa村の被害の様子の一部を示すものである。この村ではほとんどの建物が破壊され、強固な教会やレストランなどは破壊されずに残されていた。Saleapaga村においてもほぼすべての建物が破壊されるか流されている。ただし建物の多くはファレと呼ばれる

木の柱を基にしたものであるが、なかには鉄筋の入ったコンクリート柱のものもあり、根元から壊されているのは印象的であった。また、海岸線より300m程度離れた小高い丘にボートが流されていた(3.3(1))。



写真-2.1 Satittoa村の被害の様子

(2) 南部の被害概要 (浸水高4～5m)

ここでは、建物の半分以上は残されており、人々の生活が復興に向けて行っている様子が見て取れる(写真-2.2, 写真-2.3)。



写真-2.2 Poutosi村の被害の様子



写真-2.3 Poutosi村の人々の様子

(3) 南西部・西部の被害概要（浸水深2～3m）

このあたりでは、浸水被害は多く、また弱い建物では局所的な損壊などが見られるものの、ほぼ人々は普段通りの生活をしているように見えた。写真-2.4はSaanaapu村の様子であるが、写真に示す通り護岸の捨石の散乱、家屋の窓の破壊などがあったものの、大き被害は見て取れない。また、人々がバレーボールをしているのもわかる。



写真-2.4 Saanaapu村の被害・人々の様子

3. 津波被害の詳細

3.1 津波の痕跡高

現地調査では、津波の浸水や遡上の痕跡高を、調査時の海水面からレーザー距離計（Laser Technology社製 Impulse 200）により計測した。調査時の海水面から計測した津波の痕跡高は、推算天文潮位を用いて、津波到達時の潮位上の高さに補正した。推算天文潮位は、国際津波調査団の一員である都司嘉宣 東京大学地震研究所准

教授がApiaを対象に推算した値を使用した。津波到達時刻は9月29日7時30分（現地時間）と見なされ、その時の潮位は平均海面上0.25 mであった。

なお、津波の痕跡高は3種類あり、次のとおり定義される（参照：図-3.1）。

浸水深：地表面から建物の壁等に残る浸水の痕跡までの深さ

浸水高：津波到達時の海水面から建物の壁等に残る浸水の痕跡までの高さ

遡上高：津波到達時の海水面から斜面などに残る遡上の痕跡までの高さ

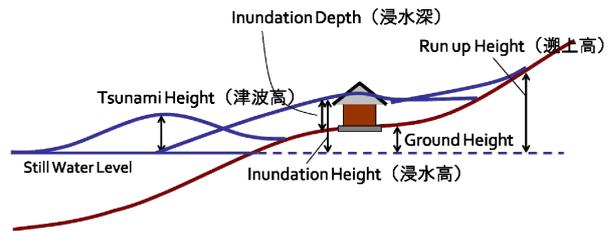
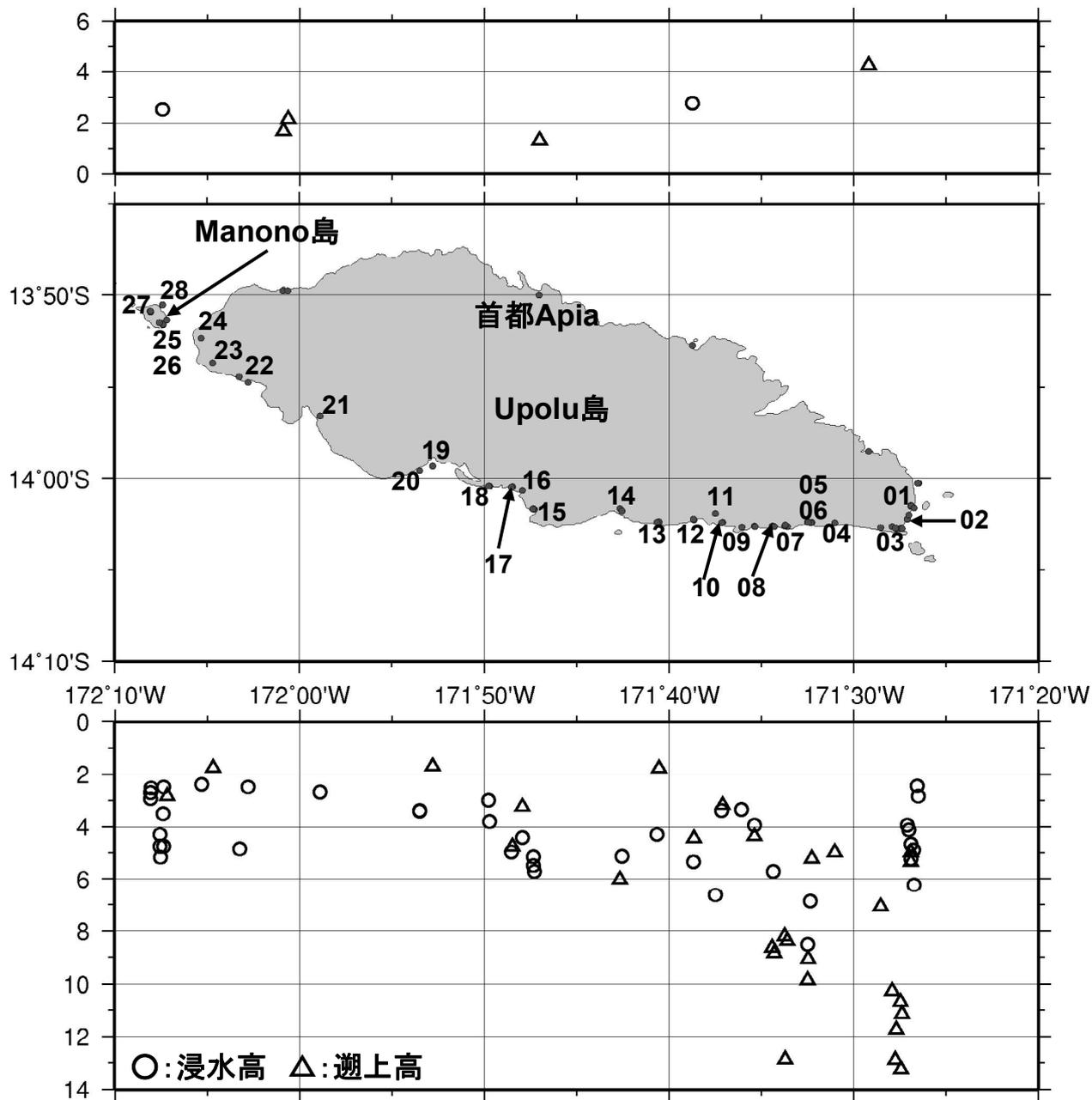


図-3.1 津波高さの定義

著者らを含む国際津波調査団が計測した痕跡高は、図-3.2および付録1のとおりである。サモア独立国のUpolu島およびManono島沿岸で、計74個の痕跡高を計測した。なお、図-3.2では、著者らが調査を実施した28地点をプロットし、図の下に地名を記載した。番号のない地点は、著者ら以外の国際津波調査団が計測を行った場所である。

Upolu島では、南東岸のSatittoaから南岸中央部のCoconuts Beach Resortまでが、浸水高が4.0 m以上と高かった。特に、SatittoaからVavau Beach Bungalowに至る沿岸では、浸水高が6.0 m以上、遡上高が10.0 m以上の地点もあり、非常に大きな津波が来襲したと考えられる。浸水高の最大値はVaigaluの8.50 m、遡上高の最大値はLalomanuの13.24 mであった。一方、南岸でも中央部のTafitoalaより西側、および北岸は浸水高が4.0 m未満と低かった。

Manono島では、南岸のFaleuとPuaiで浸水高が4.0 m以上と高かったが、西岸のApaiおよび北岸のSaluaでは浸水高が3.0 m未満と低かった。FaleuとPuaiの対岸に位置する、Upolu島西部のSamatauやManono-utaでは浸水高が3.0 m未満と低く対照的である。



- | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------|----------|
| 1 Satitua | 5 Lepa | 9 Matatufu | 13 Vaiula Beach Resort | 17 Coconuts Beach Resort | 21 Safaatoa | 25 Faleu |
| 2 Vailoa | 6 Vaigalu | 10 Sapoe | 14 Poutasi | 18 Tafitoala | 22 Siufaga | 26 Puai |
| 3 Lalomanu | 7 Vavau | 11 Salani River Bridge | 15 Swaso | 19 Sataoa | 23 Samatau | 27 Apai |
| 4 Saleapaga | 8 Vavau Beach Bungalow | 12 Sapunaoa | 16 Siumu | 20 Saanapu | 24 Manono-uta | 28 Salua |

図-3.2 痕跡高の測定結果と調査地点の位置

3.2 各地の被害

著者らが調査を実施した、Upolu島24地点およびManono島4地点について、各地の津波被害を説明する。津波痕跡の番号は付録1に従う。聞き取り調査の結果については、付録2にまとめた。

(1) Satitua

津波痕跡30(浸水高4.7 m)、津波痕跡31(浸水高5.2 m)、津波痕跡32(浸水高6.2 m)を計測した。痕跡30は水跡で、汀線から320 m内陸(地盤高3.9 m)の建物室内で地盤上0.8 mに残された。痕跡31は、汀線から320 m内陸(地盤高4.9 m)の建物で地盤上0.3 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。痕跡32は、汀線から28 m内陸(地盤高2.4 m)の建物で2階の床(地盤上3.9 m)まで浸水したという目撃証言に基づいた。

汀線から山の斜面の距離までが300 m以上と長いため、遡上高そのものは特別大きいわけではないが、来襲した津波のエネルギーは大きかった。写真-3.1のとおり、建物は大きな被害を受け、鉄筋入りの柱も倒伏した。また、汀線から300 m以上離れた痕跡31の近くまで、ボートが漂流した(写真-3.2参照)。ただし、痕跡32の建物は、海側前面に別の2軒の建物があったため、汀線近くにあっても全壊を免れた。

写真-3.3は建設中のAleipata港である。上部工の下に入っていた捨石が津波で飛散したため、上部工が不等沈下をした。

目撃証言によると、地震発生後の5~10分後に津波が到達した。リーフのエッジが見える程度まで海が引いた後、津波が来襲した。



写真-3.1 全壊した建物 (Satitua)



写真-3.2 ボートの漂着 (Satitua)



写真-3.3 港湾施設の被害 (Satitua)

(2) Vailoa

津波痕跡2(浸水高3.9 m)を計測した。痕跡2は水跡であり、汀線から87 m内陸(地盤高2.4 m)の建物室内で、床上0.3 m(地盤上1.5 m)に残された。窓を割って津波は室内に流入し、スプラッシュ(水しぶき)が天井まで跳ね上がった。

目撃証言によると、地震発生の数分後に、津波の第1波は海に向かって右側の方向から到達した。第2波は海に向かって左側から来襲した。津波の色は白と黒が混ざった色であった。Vailoaでは津波により1名が亡くなった。

(3) Lalomanu

津波痕跡19(遡上高13.2 m)、津波痕跡20(遡上高11.1 m)、津波痕跡33(遡上高11.7 m)、津波痕跡34(遡上高12.9 m)を計測した。いずれの痕跡も山の斜面に位置する植生と枯草の分かれ目であり、汀線からの距離はそれぞれ251 m、252 m、73 m、132 mであった。汀線から250 m内陸でも遡上高が10 m以上あり、津波高は大きかった。このため、

写真-3.4のとおり、建物に大きな被害があった。



写真-3.4 全壊した建物 (Lalomanu)

(4) Saleapaga

津波痕跡1 (遡上高5.0 m) を計測した。痕跡1は植生と枯草の分かれ目であり、汀線から223 m内陸に位置する。汀線から山の斜面の距離までが200 m以上と長いので、遡上高そのものは特別大きいわけではないが、来襲した津波のエネルギーは大きかった。写真-3.5のとおり車や建材が漂着し、写真-3.6のとおり建物に大きな被害があった。また、写真-3.7は基礎が洗掘された建物である。



写真-3.5 斜面の裾野に溜まった漂着物 (Saleapaga)



写真-3.6 全壊した建物 (Saleapaga)



写真-3.7 建物の基礎が洗掘 (Saleapaga)

(5) Lepa

津波痕跡9 (浸水高6.9 m) を計測した。痕跡9は、汀線から80 m内陸側 (地盤高3.4 m) の建物で地盤上3.5 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。浸水深が大きいので全壊している建物もあったが、土台が高い建物は被害が小さかった。

(6) Vaigalu

津波痕跡10 (浸水高8.5 m) を計測した。痕跡10は、内陸81 m (地盤高4.2 m) に生えた木の地盤上4.3 mに引っかかった漂流物であり、目撃証言とも整合した。地盤高が特に低いわけではなく、津波高が大きかったため、全壊などの大きな建物被害が見られた。また、集落背後の山の斜面は、汀線から100 m程度しか離れておらず、遡上しやすい地形であった。

(7) Vavau

津波痕跡11 (遡上高8.2 m) と津波痕跡12 (遡上高12.9 m) を計測した。痕跡11と痕跡12は両方とも植生と枯草の分かれ目であり、遡上限界を表す。それぞれの痕跡は、汀

線から19 m内陸と68 m内陸に位置する。

地盤高が特に低いわけではなく、津波高が大きかったため、写真-3.8のとおりブロック積みの建物が全壊するなど、大きな建物被害が見られた。また、痕跡12が位置する集落背後の山の斜面は、汀線から70 m程度しか離れておらず、遡上しやすい地形であった。



写真-3.8 全壊した建物 (Vavau)

(8) Vavau Beach Bungalow

津波痕跡13(遡上高8.6 m)、津波痕跡14(浸水高5.7 m)、津波痕跡15(遡上高8.9 m)を計測した。痕跡13は汀線から内陸139 mまで、痕跡15は汀線から125 mまでそれぞれ遡上した。また、痕跡14は、内陸72 m(地盤高3.6 m)に生えた木の地盤上2.1 mに引っかかった漂流物であり、目撃証言とも整合した。

地盤高は低くないが、浸水深が2 mを越える大きさであったため、写真-3.9のとおり、建物は大きな被害を受けた。また、写真-3.10や写真-3.11のとおり、津波による侵食も顕著であった。

目撃証言によると、津波の初動は引き波で、地震発生の5分後には津波が到達した。



写真-3.9 全壊した建物 (Vavau Beach Bungalow)



写真-3.10 舌状に侵食された地盤 (Vavau Beach Bungalow)



写真-3.11 侵食で形成された浜崖 (Vavau Beach Bungalow)

(9) Matatufu

津波痕跡16(浸水高3.4 m)を計測した。痕跡16は水跡

であり、汀線から内陸20 mの建物（地盤高2.5 m）の前面の地盤上0.9 mに残されていた。浸水深が1.0 m未満と小さく、建物の大きな被害はなかった。

(10) Sapoe

津波痕跡17（浸水高3.4 m）を計測した。痕跡17は水跡であり、地盤高2.1 mに位置する建物の前面の地盤上1.3 mに残されていた。写真-3.12のとおり、Sapoeの集落前面には樹木帯が広がるが、樹木の間を流れてきた津波によって、木造の建物が部分的損傷を受けた。また、樹木帯の海側では、写真-3.13のとおり津波による侵食が観察できた。

目撃証言によると、地震発生の5分後に津波が到達した。はじめに海に向かって左の方向から押し波が到達し、次に海が引き、それから海に向かって左と右の両方向から津波が来襲した。幹線道路のあたりまで遡上した。Sapoeでは津波による死者は0名であった。



写真-3.12 部分的な建物損傷と集落前面の樹木帯 (Sapoe)



写真-3.13 樹木の根元の侵食 (Sapoe)

(11) Salani River Bridge

津波痕跡18（浸水高6.6 m）を計測した。痕跡18は、地盤高6.6 mの川岸を津波が越流したという目撃証言に基づいた。汀線からSalani River Bridgeまでの距離は不明であるが、写真-3.14のとおり、河口からかなり離れていた。Salani Riverを遡上した津波のため、川の兩岸の植生は枯れ、植生の分かれ目を確認できた。津波で流された車が、川の中にあった。



写真-3.14 Salani River Bridgeから撮影した下流側・河口

(12) Sapunaoa

津波痕跡35（浸水高5.3 m）を計測した。痕跡35は、汀線から110 m内陸（地盤高4.2 m）の建物において、地盤上1.2 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。津波高は小さくなかったが、汀線から内陸側に向けて上り斜面が続いていることと、汀線の近くには建物がなかったことにより、建物の大きな被害はなかった。

目撃証言によると、地震発生の数分後に津波が到達した。Sapunaoaでは津波による死者は0名であった。

(13) Vaiula Beach Resort

津波痕跡36（浸水高4.3 m）を計測した。痕跡36は水跡であり、汀線から57 m内陸（地盤高2.6 m）の建物側面の地盤上1.8 mに残っていた。痕跡の周囲では、木製の簡便なファレが壊れた。

目撃証言によると、今回の地震は、今まで経験した地震の中で、最も強い揺れの1つであった。地震発生の5分後に津波は到達した。第1波は海に向かって直角（法線）の方向から、第2波は海に向かって右斜め前から来襲した。

(14) Poutasi

津波痕跡37（浸水高5.1 m）を計測した。痕跡37は、海岸線に面して建つブロック積みの建物（地盤高2.3 m）の天井部（地盤上2.9 m）まで浸水したという目撃証言に基づいた。痕跡37の建物では、写真-3.15のとおり海側背面

の壁が打ち抜かれていた。また、写真-3.16のとおり、フェンスが倒れ、奥に建つ平屋の建物の壁まで打ち抜かれるなど、建物被害が大きかった。漁港をかかえるPoutasiは人口も多く、17名が亡くなった。

目撃証言によると、地震発生の5分後に海が引き、その後津波が到達した。



写真-3.15 痕跡37を計測した建物（Poutasi）



写真-3.16 フェンスや建物の被害（Poutasi）

(15) Swaso

津波痕跡49（浸水高5.1 m）と津波痕跡50（浸水高5.5 m）を計測した。痕跡49は樹木の折れた枝であり、汀線から85 m内陸（地盤高2.4 m）において浸水深2.7 mであった。また、痕跡50は枝にひっかかった漂流物であり、汀線から57 m内陸（地盤高2.4 m）において浸水深3.1 mであった。内陸まで低い地盤が続き、津波高が大きかったため、写真-3.17のとおり全壊した建物も多かった。

なお、Swasoは幹線道路から離れてアクセスが悪いため、復旧・復興支援も遅れており、住民はテント暮らしが続

いていた。

目撃証言によると、海に向かって左側から津波の第1波が到達し、合計で3波来襲した。目撃証言で得られた津波の来襲方向は、樹木の倒れた方向と整合した。集落では4名が死亡した。



写真-3.17 全壊した建物（Swaso）

(16) Siumu

津波痕跡38（浸水高4.4 m）を計測した。痕跡38は、汀線から40 m内陸に位置する建物（地盤高3.6 m）で、地盤上0.8 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。地盤が高く、浸水深が小さかったため、室内に若干の浸水があったものの、建物の大きな被害はなかった。

目撃証言によると、地震発生の5分後に海が引き、渦巻いた津波が来襲した。

(17) Coconuts Beach Resort

津波痕跡39（浸水高5.0 m）を計測した。痕跡39は、汀線から76 m内陸に位置する建物（地盤高1.8 m）で、2階の床下（地盤上3.2 m）まで浸水したという目撃証言に基づいた。津波高も大きく、内陸まで低い地盤が続くため、写真-3.18のとおり、木造や石積みの建物が大きな被害を受けた。護岸の一部も破壊し、護岸背後の砂が流出した。また、写真-3.19のとおり砂浜は侵食され、ココナツの木の根元まで海岸線が迫り、倒れかけている木も見られた。

目撃証言によると、地震発生の15分後に津波が到達した。海が引くのは見えず、はじめに腰高まで水位が上がり、次に建物の中まで津波が流入した。



写真-3.18 全壊した建物 (Coconuts Beach Resort)



写真-3.19 砂浜の侵食 (Coconuts Beach Resort)

(18) Tafitoala

津波痕跡40 (浸水高3.8 m) を計測した。痕跡40は、汀線から45 m内陸に位置する建物 (地盤高2.2 m) で、地盤上1.6 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。窓が壊れるなど、建物は部分的に損傷を受けていた。

目撃証言によると、地震発生5分後、海底面が現われるほど海が引いた後、青と白の混ざった色の津波が来襲した。津波は2波来襲し、2波目の方が大きかった。Tafitoalaでは、津波による死者が0名であった。

(19) Sataoa

津波痕跡41 (遡上高1.7 m) を計測した。痕跡41は、汀線から25 m内陸に位置する植生と枯草の分かれ目であり、護岸を越波したという目撃証言と整合した。津波高は小さく、建物の大きな被害はなかった。

目撃証言によると、地震発生5～10分後に津波が到達した。第1波は小さく、数分後に第2波が来襲した。護岸を越波した津波は自動車のタイヤを浸す程度まで浸水し

た。

(20) Saanapu

津波痕跡42 (浸水高3.4 m) を計測した。痕跡42は、汀線から30 m内陸の建物 (地盤高1.9 m) で、地盤上1.5 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。しかし、浸水深は1.5 mであったが、建物の大きな被害は見られず、写真-3.20のとおり、護岸の石が若干流出した程度である。

目撃証言によると、地震発生15～20分後に津波が到達した。海に向かって右手から第1波、左手から第2波が来襲し、第1波の方が大きかった。Saanapuでは8名けがをしたが、死者はいなかった。津波来襲時、学校や仕事へ向かっていて、集落にいない者も多かった。



写真-3.20 石が若干流出した護岸 (Saanapu)

(21) Safaatoa

津波痕跡43 (浸水高2.7 m) を計測した。痕跡43は、護岸を越波したという目撃証言に基づいた。木製の簡易なフェレや道路脇の柵は流されたが、建物の大きな被害は見られなかった。写真-3.21のとおり、護岸の石が流出し、リーフ上に漂着した。

目撃証言によると、地震動で食料・雑貨店の商品が棚から落下した。地震発生後5分で海が引き、津波が2波来襲した。1波目の方が大きかった。



写真-3.21 流出した護岸の石 (Safaatoa)

(22) Siufaga

津波痕跡73 (浸水深4.9 m) と津波痕跡74 (浸水深2.5 m) を計測した。汀線から登り斜面が続いていて、痕跡73は内陸60 mで地盤高3.8 mであった (浸水深1.1 m)。浸水深は大きいですが地盤も高いため、痕跡73の建物などは損傷していなかった。しかし、汀線の近くで地盤が低い地点では、トタンの建物が壊れ、車が流された。

目撃証言によると、地震発生後5分程度で海が引き、茶色の津波が2波来襲した。2波目の方が大きかった。

(23) Samatau

津波痕跡47を計測し、遡上高は1.8 mであった。汀線から緩やかな登り斜面が内陸側へ広がり、内陸70 m、地盤高1.8 mの地点まで遡上した。痕跡の周囲はバナナ畑であり、植生の変わり目 (枯れ跡) を確認した。

調査地点の周囲は建物も少なく、津波による建物被害は見られなかった。

(24) Manono-uta

津波痕跡48を計測し、浸水深は2.4 mであった。痕跡は汀線から30 m離れた食料・雑貨店 (地盤高2.0 m) において、地盤上0.4 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。食料・雑貨店の室内 (床上) までは浸水しなかった。また、食料・雑貨店の周囲で津波の被害を受けた建物も見られなかった。

目撃証言によると、地震発生後の5分後に津波の第1波が到達し、3波続いた。褐色の第2波が最も大きかった。

(25) Faleu

Manono島の南端に突き出る岬の西側に、Faleuの集落は位置する。集落内で津波痕跡55 (浸水深4.8 m) と津波痕跡56 (浸水深3.5 m) を計測した。

痕跡55は、汀線から16 m離れた建物 (地盤高2.1 m) の折れた梁であり、浸水深は2.7 mである。写真-3.22のお

り、梁は壊れ、柱が内陸側に傾いている。また、Manono島は上水道が十分に整備されていないため、雨水貯水槽が多く、雨水貯水槽も横倒しにされた。

痕跡56は、汀線から45 m離れた教会 (地盤高1.7 m) において、地盤上1.8 mまで浸水したという目撃証言に基づいた。

集落の中心部が位置する岬の西側に対して、岬の東側に位置する集落の外れでは、遡上高2.8 m (津波痕跡57) と津波が小さかった。



写真-3.22 痕跡55を計測した建物 (Faleu)

(26) Puai

FaleuからPuaiは徒歩10分程度の距離であり、沿岸の砂浜は写真-3.23のとおり侵食・洗掘を受けていた。また、津波で運ばれた白い砂が沿岸の道路を覆っていた。道路の海側に建っていた建物は大きな被害を受けた (写真-3.24参照)。

Puaiでは、浸水深4.3 m (津波痕跡58) と浸水深4.8 m (津波痕跡59) を計測した。痕跡58と59は、同じ建物 (地盤高2.1 m) のそれぞれ海側背面と海側前面に位置する柱の傷であり、浸水深は2.2 mと2.6 mであった。



写真-3.23 FaleuからPuaiに至る沿岸で洗掘を受けた建物



写真-3.24 道路の海側で全壊した建物 (Puai)

(27) Apai

津波痕跡60 (浸水高2.7 m) と津波痕跡61 (浸水高2.9 m) を計測した。汀線から低い地盤が続いており、痕跡60は71 m内陸で地盤高1.7 m (浸水深1.0 m)、痕跡61は90 m内陸で地盤高2.0 m (浸水深0.9 m) であった。痕跡60の水跡が残された建物は、窓ガラスが割れて、津波が室内へ流入した。

(28) Salua

津波痕跡62 (浸水高2.5 m) を計測した。痕跡62は、汀線から25 m内陸 (地盤高1.4 m) に位置する学校の室内へ、津波が流入したという目撃証言に基づいた。浸水深は1.1 mであり、学校室内で文房具が流された。なお、この学校は日本政府のODAを受けた建物である。

Saluaでは、大きく壊れた建物はなかった。

4. 津波数値計算

津波の全体像を把握するために、津波数値計算を実施した。具体的には、津波波源 (初期水位分布)、津波伝播の経路や到達時刻、最大水位分布の検討を目的とする。

4.1 計算モデルおよび計算条件

(1) 計算モデル

本研究では、3次元レイノルズ方程式において静水圧近似を仮定した多層モデルSTOC-MLを使用した (富田・柿沼, 2005)。

サモア諸島に関しては、高精度な標高および水深データを入手・作成することができず、遡上計算の実施は困難であると判断した。したがって、海岸線で完全反射を仮定して遡上計算は行わず、沿岸に到達する津波に主眼を置いた。また、鉛直方向の分割数は1とし、単層で数値計算を行った。

計算領域内に津波が十分伝播するよう、地震発生から3時間後の現象を対象とした。時間格子間隔は0.5秒である。

(2) 計算領域と水深データ

サモア独立国、米領サモア、トンガに来襲した津波が検討できるよう、計算領域は南緯12度～22度、西経168度～176度の範囲 (東西方向820 km, 南北方向1100 km) に定めた (図-2.1参照)。座標系は西経172度を基準経度とするUTM座標系である。

水深データには、全球を30秒の格子間隔でカバーするGEBCO_08 (http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/) を使用した。GEBCO_08の格子間隔を考慮し、空間格子サイズは900 mとした。

ただし、GEBCO_08は、海岸線の形状やサモア諸島の沿岸に広がるリーフの再現性が低い。そこで、現地調査を実施したUpolu島およびManono島に関しては、より詳細な津波の挙動を検討するため、海図 (Land Information New Zealand, 1993) をデジタルで読み取り、補間によって空間格子サイズ300 mの水深データを作成して、ネスティング計算を行った。海図から読み取った等水深線は、浅場 (リーフと考えられる) を表す基本水準面下5 Fathoms (平均水面下12.06 m) と基本水準面下0 Fathoms (平均水面下3.06 m) の等水深線、および岸線 (平均水面上3.06 m) の3本である。基本水準面下5 Fathomsより深い海域に関しては、GEBCO_08の水深データを補間して利用した。

空間格子サイズ300 mの水深データは図-4.1のとおりであり、水深が12 mより浅いリーフが再現されている。

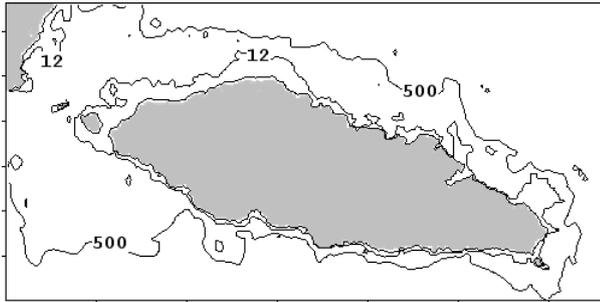


図-4.1 空間格子サイズ300 mの水深データ

(3) 断層モデル

気象庁の発表 (<http://www.jma.go.jp/jma/press/0910/07c/kaisetsu091007.pdf>) によると、今回の地震のメカニズムは正断層型であり、地震波の解析結果だけからでは断層面が南西傾斜であるか北東傾斜であるか決定できないと説明している。本研究では、南西傾斜と東傾斜の両方の断層面を検討している、建築研究所の藤井雄士郎 研究員ら (<http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/Samoa/tsunami.html>) の断層モデルを使用した。断層パラメータは表-4.1のとおりである。

表-4.1 断層パラメータ

| | 南西傾斜 | 東傾斜 |
|---------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 断層基準点の位置 | S 14.81° W 173.20° 深さ10 km | S 16.0° W 172.51° 深さ10 km |
| 走向 (度) | 124 | 345 |
| 傾斜 (度) | 46 | 52 |
| すべり角 (度) | -120 | -61 |
| 断層の長さ (km) | 120 | |
| 断層の幅 (km) | 60 | |
| すべり量 (m) | 5 | |
| 地震モーメント (N m) | 1.07×10^{21} | |
| Mw | 7.95 | |

4.2 計算結果と考察

(1) 初期水位分布と津波伝播

図-4.2と図-4.3は、それぞれ南西傾斜と東傾斜の断層モデルによる、地震発生0分後・15分後・25分後の水位分布である。

南西傾斜と東傾斜の両方の断層モデルにおいて、地震発生15分後までには、第1波がサモア諸島とNiuatoputapu島に到達している。さらに、地震発生25分後の水位分布では、Upolu島とTutuila島の間を伝播した津波が、屈折によりUpolu島北岸へ回り込んでいる。

(2) 代表地点における津波波形

サモア独立国のApia, Lalomanu, 米領サモアのPago pago,

トンガのNiuatoputapu島の4地点における津波波形は、図-4.4のとおりである。

ApiaとLalomanuは津波波源の北東側に位置するため、初動は、南西傾斜の断層モデルで押し波、東傾斜の断層モデルで引き波となっている。一方、Niuatoputapu島は津波波源の南西側に位置するため、初動は、南西傾斜の断層モデルで引き波、東傾斜の断層モデルで押し波となっている。

Pago pagoでは、南西傾斜と東傾斜の断層モデルの間で津波波形が大きく異なる。東傾斜の断層モデルの場合は、断層の走向に対して直角の位置にあるため、Pago pagoに津波のエネルギーが集中している。

気象庁の発表 (<http://www.jma.go.jp/jma/press/0909/30d/kaisetsu200909301530.pdf>) によると、Apiaでは地震発生44分後に0.7 mの津波が、Pago pagoでは地震発生24分後に1.6 mの津波が、それぞれ潮位観測で報告されている。南西傾斜よりも東傾斜の断層モデルの方が、Apiaの津波高・押し波の発生時刻、Pago pagoの押し波の発生時刻を正しく再現している。ただし、東傾斜の断層モデルによるPago pagoの津波高は過大評価である。

(3) 最大水位分布

計算領域全体の最大水位分布を図-4.5に、Upolu島周囲の最大水位分布を図-4.6に、それぞれ示す。

津波のエネルギーは走向に対して直角の方向に卓越するため、南西傾斜の断層モデルでは、Upolu島南岸西部からSavai'i島南岸までとNiuatoputapu島で津波高が大きい。一方、東傾斜の断層モデルでは、Upolu島南岸東部からTutuila島までで津波高が大きい。

図-4.7は、Upolu島南岸における計算結果と現地調査結果を比較した図である。横軸は東西方向の距離に対応する。本研究では遡上計算を行っていないので、現地調査結果に関しては、浸水高のみをプロットした。

南西傾斜と東傾斜のどちらの断層モデルによる計算結果も、Upolu島南岸中央部において現地調査結果を過小評価している。断層パラメータの検討や詳細な標高および水深データを利用した遡上計算の実施が必要である。

現地調査結果によると、Upolu島南岸では、東部から西部に向かうにしたがい津波高が低減している。Upolu島南岸の津波高の定性的な分布に関しては、南西傾斜よりも東傾斜の断層モデルの方が再現性は高い。

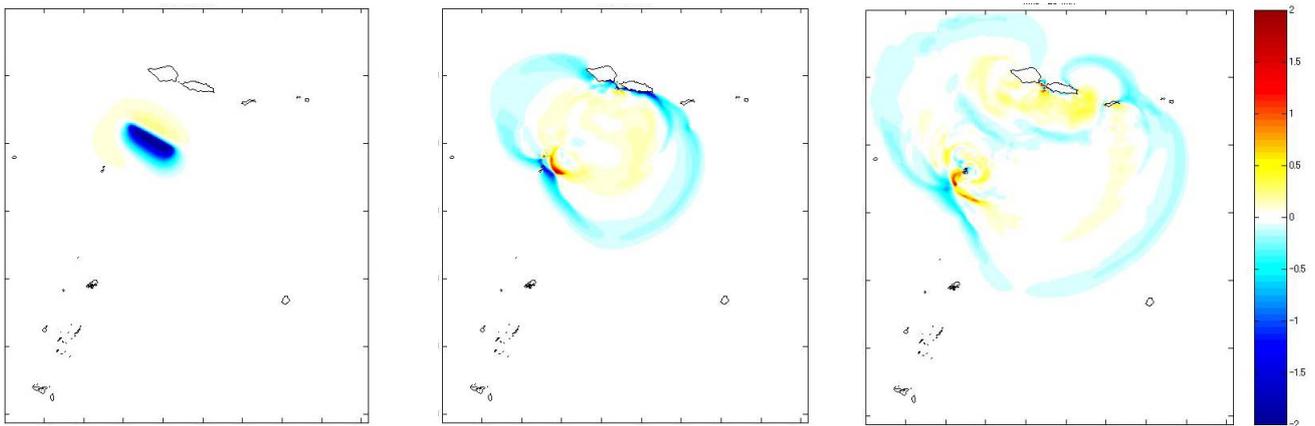


図-4.2 南西傾斜の断層モデルによる地震発生0分後（左）・15分後（中央）・25分後（右）の水位分布

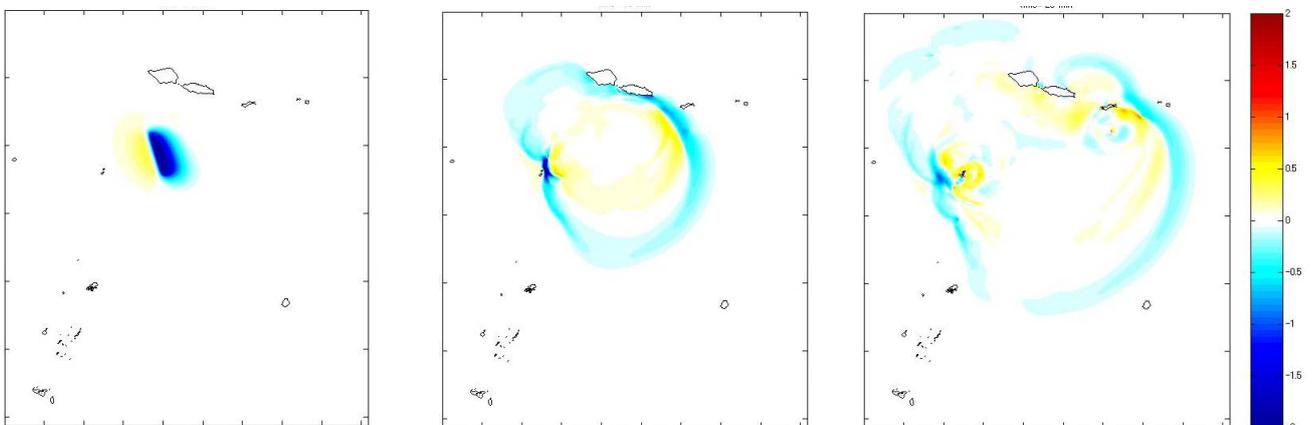


図-4.3 東傾斜の断層モデルによる地震発生0分後（左）・15分後（中央）・25分後（右）の水位分布

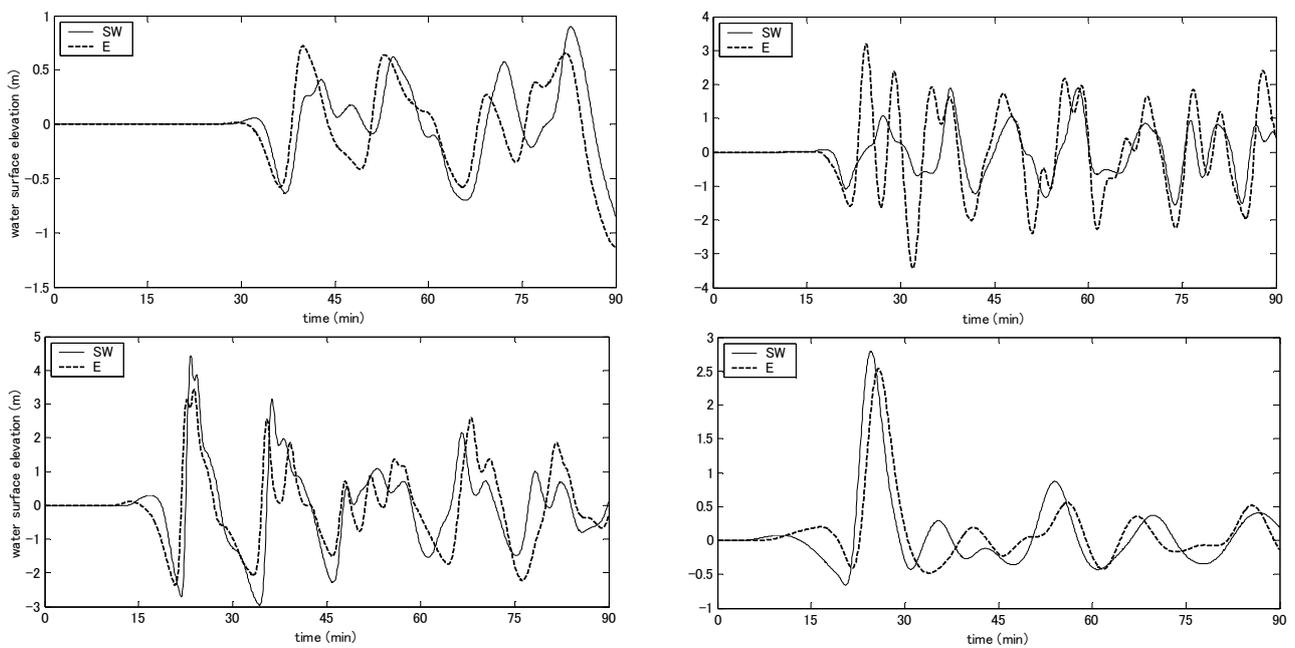
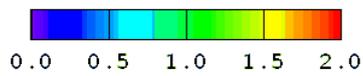
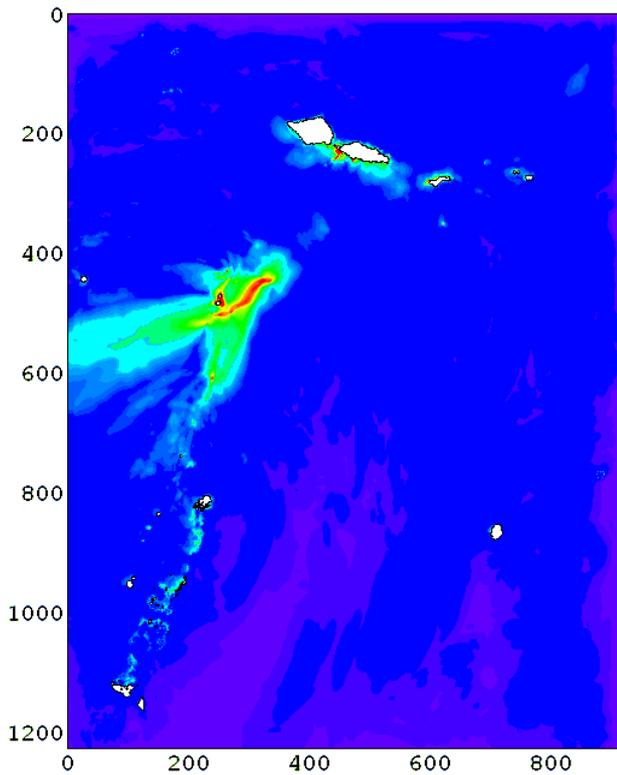
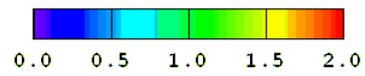
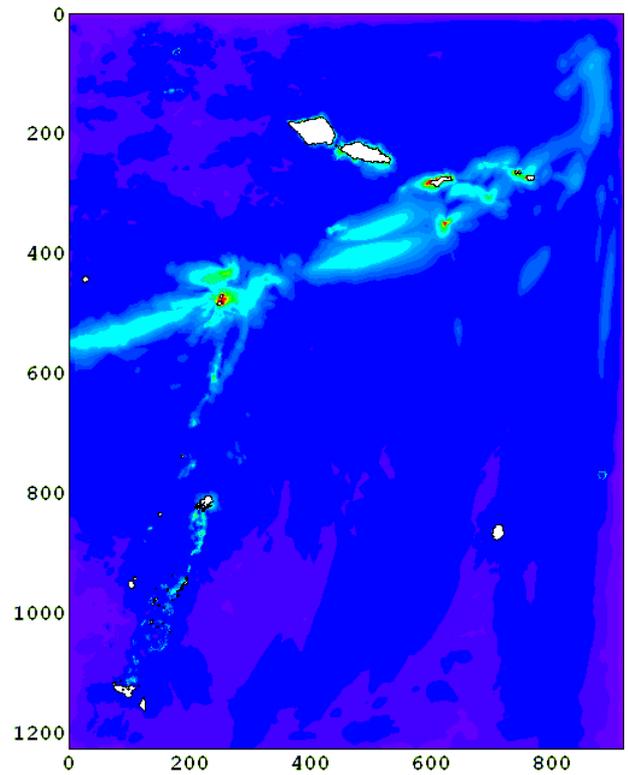


図-4.4 Apia（左上）、Lalomanu（左下）、Pago pago（右上）、Niutoputapu島（右下）における津波波形。実線と破線は、それぞれ南西傾斜と東傾斜の断層モデルの計算結果を表す。

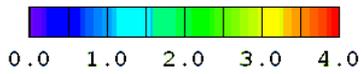
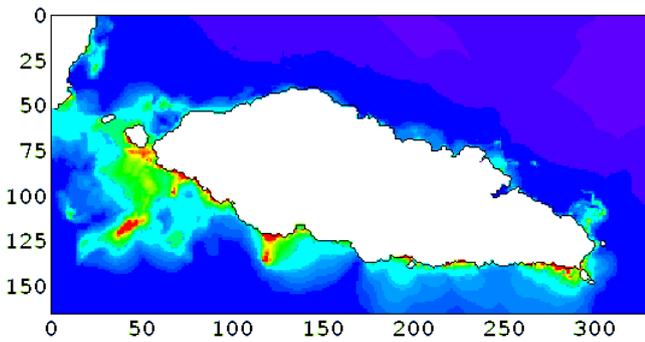


max tsunami height (m)

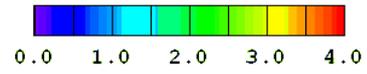
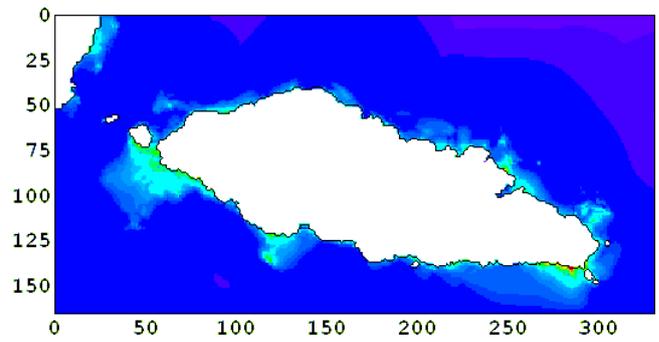


max tsunami height (m)

図-4.5 計算領域全体の最大水位分布 (左：南西傾斜, 右東傾斜の断層モデル)



max tsunami height (m)



max tsunami height (m)

図-4.6 Upolu島周囲の最大水位分布 (左：南西傾斜, 右東傾斜の断層モデル)

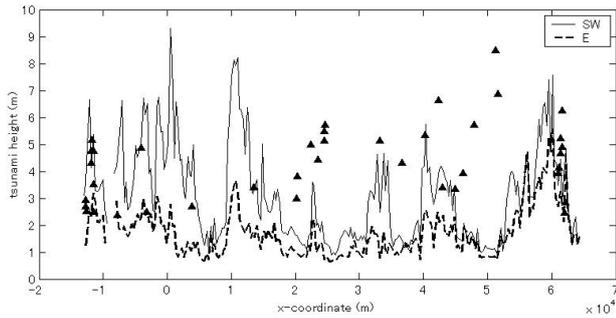


図-4.7 Upolu島南岸における計算結果(実線:南西傾斜, 破線:東傾斜)と現地調査結果(▲)の比較

5. 住民の避難行動

5.1 ヒアリング

(1) ヒアリングの内容

測定した多くの村において1名(場所によっては2名)の証言から避難状況を確認した。ある程度は質問の内容を同じにしたが、状況によっては聞けなかった場合もある。質問した内容は表-5.1の通りである。なお、ヒアリングの会話の全文は付録2に掲載した。全14地点17名に対して行った。

表-5.1 ヒアリング内容

- 1 津波の高さはどのくらいでしたか?
- 2 地震が起きてから津波が来るまでどのくらいの時間でしたか?
- 3 何回津波が来ましたか?
- 4 津波から逃げましたか?
- 4a 逃げた場合地震が生じた後に逃げましたか? 警報がなったあとに逃げましたか? 津波を見てから逃げましたか?
- 5 警報は鳴りましたか?
- 6 津波はどのような感じでしたか? 色や音など
- 7 避難訓練は行いましたか?
- 8 逃げる場所をっていましたか?
- 9 津波に関する知識を持っていましたか?
- 9a 持っている場合、どのようにしてその知識を得ましたか?
- 10 1917年に生じた似た津波を知っていましたか?

(2) ヒアリングの結果

地震が生じてから津波が来るまでの時間については、回答のあった13人のうち11人が10分以内と答えている。さらに、11人のうちの8人が5分以内と答えている。これは、ほとんど時間が無かったと感じた人が多いことを示唆している。

また、回答したすべての人が津波を見るか、異常な津波の来襲音を耳にしたときに、内陸に逃げていることがわかった。

警報については、教会が鉄製の空気ボンベ状のものをたたいてを鳴らすようになっていたようであるが、政府からの警報が間に合わず、教会司祭が津波を見てならししているところはあった。ヒアリングによると5/13の場所で鐘の音を聞いたとの回答が得られた。ただし、その鐘よりも先に津波を見て逃げた人も多かった。

避難訓練については、ヒアリングによると9/12の人が避難訓練を行ったと認識していた。また、避難訓練を行ったと認識していた人達は、少なくとも高い場所に逃げることを知っており、場合によっては避難場所も覚えており、避難訓練は役だったという感想であった。ただし、津波の知識については、テレビなどで知ってはいるものの、その早さや怖さに驚いていた人がほとんどであった。しかし、1917年に生じた似た津波については、知っていた人は2名のみであり、ほとんど伝承されていないことがわかった。避難方法としては、ほとんどの人が走って逃げているが、車で逃げたという人も数名いた。

ヒアリングの結果から得られる結論としては、背後に逃げられる丘がすぐ近くにあったことは被害を少なくした要因の一つであると考えられる。

5.2 死亡率と津波高

(1) 死亡率

表-5.2は、赤十字によって調査された各地区における死亡者および行方不明者を示すものである。死亡・行方不明の数は全体の数に比べて1.9%である。

表-5.2 死亡率(赤十字によって、9月30日~10月1日に調べられたもの)

| 村名 | 人口 | 死亡 | 行方不明 | 怪我 |
|------------------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| Lalomanu | 169 | 4 | 0 | 8 |
| Lepa | 434 | 5 | 0 | 20 |
| Lotopue | 201 | 0 | 0 | 0 |
| Malaela | 108 | 3 | 0 | 4 |
| Mutiatela | 64 | 0 | 0 | 0 |
| Poutasi, Falealili | 182 | 6 | 0 | 12 |
| Salani | 159 | 0 | 0 | 6 |
| Saleapaga | 76 | 0 | 0 | 2 |
| Saleapaga Village Camp | 350 | 18 | 11 | 20 |
| Saleaumua | 218 | 3 | 0 | 4 |
| Salesatele | 111 | 0 | 0 | 0 |
| Satitua | 379 | 8 | 1 | 27 |
| Tiavea Tai | 116 | 0 | 0 | 1 |
| Vailoa | 486 | 0 | 0 | 2 |
| Vaovai, (Falealili) | 42 | 3 | 0 | 3 |
| Vavau | 54 | 0 | 0 | 0 |
| Siupapa | 145 | 1 | | 11 |
| Grand Total | 3294 | 51 | 12 | 120 |

(2) 死亡率と津波高さ

図-5.1には、地震津波における死亡率と津波高さとの関係を示す。下向き▲がサモアにおける津波高さと死亡率を表す。右向き△は2004年のスマトラ沖地震津波におけるBanda Aceh市における津波高さと死亡率を示したものであるが、津波高さが同程度の部分を比較してもBanda Acehのほうが、数倍異常死亡率が高いことがわかる。

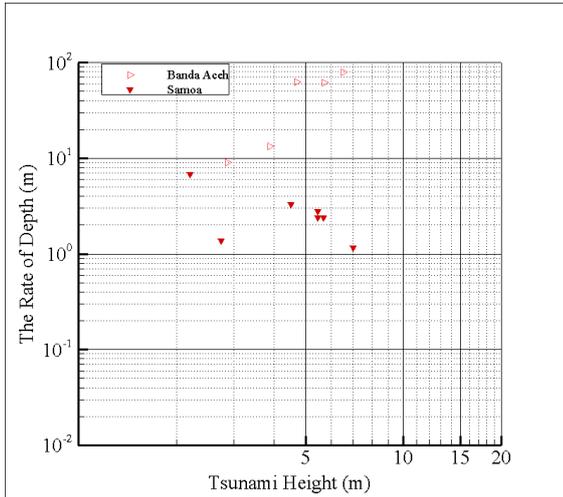


図-5.1 津波高と死亡率 (Banda Acehのデータは、河田(1997)より取得)

(3) 死亡率と避難の関係

ヒアリング調査でもわかる通り、ほとんどの人が津波を見てから逃げている。津波の波速は \sqrt{gH} で計算すると、2mの浸水深では4.4m/s、4mの浸水深では6.3m/sとなる。また、ほとんどの地域ではリーフがあり、そのため、碎波していたと考えると、先端流速のフルード数は1.0~2.0程度であることが予想されるため、先端部は津波の波速とほぼ同じ程度であったと考えられる。リーフの長さは場所によって異なっていたが数100m程度であり、300mと仮定するとリーフの先端部から海岸線までの到達時間は、68s~48sとなり、総じて1分以内で来襲したと考えて差し支えないと考えられる。よって、1分以内に逃げ場所があれば死亡率は下がる可能性がある。

図-5.2、図-5.3に、LepaおよびSaleapaga地区の断面図および周辺状況を示す。この地区は隣あっており浸水深としても5m程度で同程度であった。しかし、死亡率はLepaでは1.2%、Saleapaga (Campも含む)では6.8%であり、5%以上も違っていることがわかる。これは、Saleapagaのほうは後ろが急な斜面になっているため、その場所に逃げ込むことが難しかった可能性が考えられる。写真-5.1は、Banda Acehにおける津波来襲前と後の比較であり、広い範囲にわたって浸水している様子がわかる。これは、津波

高さが大きいことおよび、平坦な土地であったことが要因であった。このことから今回のケースでは、数百m以内に逃げられる場所があることで、死亡率を低減させたと考えられる。



図-5.2 Lepaの近辺

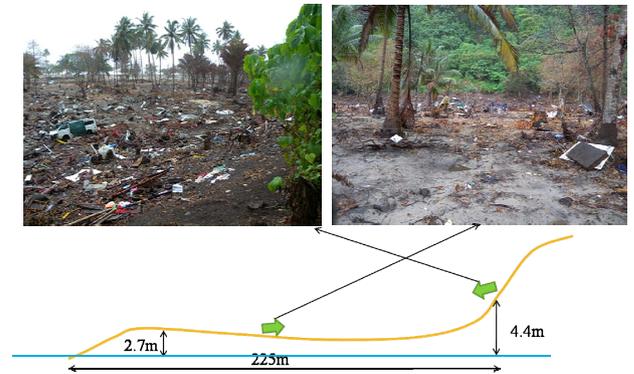


図-5.3 Saleapagaの近辺



(a) 2003年1月10日

(b) 2004年12月29日

写真-5.1 Banda Acehの津波来襲前と後の比較

6. 結論

今回の調査で得られた結果は、以下の通りである。

- ・地盤高が2m~3m程度あるが、浸水高が6mを超える地区では村がほぼ全壊に近く、浸水高が4、5mのところでは一部から半分程度破壊されていた。浸水高が3m程度のところでは護岸の高さとほぼ同じである場所が多く、大きな破壊は見られなかった。

・護岸の高さと津波の高さがほぼ同じところでは浸水範囲を抑える効果を発揮しているため、護岸の整備をきちんとしておくことにより津波による被害を軽減できる。

・避難をした人々の多くは、津波を見るか、来襲する音を聞いてから逃げているため、住民の近くにしっかりとした避難場所を作ることは重要である。また、避難訓練の徹底を行い、地震が来たら津波がすぐに来ることが多いということを知り、地震が来たらすぐに避難することも習慣づけるのが良い。

また、津波の来襲時間が早いことから警報の伝達手段を考え直す必要がある。

・今回のケースでは、数百 m 以内に避難場所が確保されていたことで、死亡率を減少させたことが示唆された。

(2009年11月27日受付)

謝辞

今回調査をするにあたりサポートいただいた、外務省、JICA および国土交通省の関係部局、ならびに UNESCO、SOPAC、USP およびサモア政府関係者に感謝の意を表します。

最後に現地の早急な復興を願っています。

参考文献

富田孝史・柿沼太郎 (2005) : 海水流動の3次元性を考慮した高潮・津波数値シミュレータSTOCの開発と津波解析への適用, 港湾技術研究所報告, 第44巻第2号, pp.83-98.

Land Information New Zealand (1993): Samoa Islands, New Zealand Chart No.86.

河田恵昭(1997) : 大規模地震災害による人的被害の予測, 自然災害科学, 16:3-13.

付録1 津波の痕跡高

著者らを含む国際津波調査団が計測した津波の痕跡高を、IUGG Tsunami Commissionが規定したフォーマットでとりまとめた。

「計測高」は、調査時の海水面から計測した痕跡高であり、津波到達時の潮位上の高さへ補正する前の痕跡高である。

「遡上と浸水の別」は、その痕跡高が浸水高 (I) と遡上高 (R) のいずれであるかを示す。

「信頼性」は4種類あり、次のとおり定義される。

信頼性A：痕跡が明瞭で測定誤差が小さい

信頼性B：痕跡は不明だが聞き込みや周囲の状況などから信頼ある水位を知ることができ、測定誤差が小さい

信頼性C：砂浜などで異常に波が這い上がったと考えられる、あるいは痕跡が海辺から離れていて測定誤差が大きい

信頼性D：高潮、高波等の影響で痕跡が重複し不明瞭

「測定時の潮位」と「地盤高」は平均海面上の高さである。これに対して、「浸水深」は地表面から痕跡までの深さ、「痕跡高」は津波到達時の潮位上の高さである。津波到達時刻は9月29日7時30分(現地時間)と見なされ、その時の潮位は平均海面上0.25 mであった。

付録 1.1 痕跡の測定方法

痕跡等の測定は、家屋の壁などに残っている海水痕(写真-付録 1.1)、目撃証言(写真-付録 1.2)、枯れ草との境目(写真-付録 1.3)や漂流されたものが枝などに引っかかった痕などを目印として測定する。

今回は調査に入った日程が遅かったこと、海水がきれいだったこと、雨期になりかかっていたとたくさん雨が降ったことなどの影響により海水痕や枯れ草との境目などがわかりにくいところが多かったので、証言とその根拠に基づくデータが半分ぐらいとなっている。



写真-付録1.1 家の中に残った海水痕 (Satitoa)



写真-付録1.2 目撃証言の例(Siufaga(Falelatai) 村)



写真-付録1.3 枯れ草との境目の例(Vavau村)

| 調査地点 | 緯度 | 経度 | 計測高 (m) | 汀線からの 距離 (m) | 測上と 浸水の別 | 痕跡の説明 | 信頼度 | 測定日時 | 測定時の 潮位 (m) | 浸水深 (m) | 地盤高 (m) | 痕跡高 (m) | 測定者 |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|-------------|--|-----|-------------|----------------|------------|------------|------------|----------|
| 1 Saleapaga, Upolu | S 14°02' 26.0" | W 171°30' 02.0" | 4.40 | 223.3 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/14 15:40 | 0.83 | | 5.23 | 4.98 | 港空研 |
| 2 Vaifoa, Upolu | S 14°02' 14.0" | W 171°26' 06.0" | 3.39 | 87.3 | I | 建物室内の水跡 | A | 10/14 16:40 | 0.80 | 1.50 | 2.69 | 3.94 | 港空研 |
| 3 Lepa, Upolu | S 14°02' 24.7" | W 171°31' 15.6" | 5.39 | 175.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 <small>ロイロフ目撃証言、建物 の張り出し部の床土</small> | A | 10/15 11:02 | 0.08 | | 5.47 | 5.22 | 藤間・神山・都司 |
| 4 Seabreeze Resort, Vavau, Upolu | S 14°02' 37.6" | W 171°32' 35.6" | 8.40 | 0.0 | R | | C | 10/15 12:10 | 0.23 | | 8.63 | 8.38 | 藤間・神山・都司 |
| 5 Lotofaga, Upolu | S 14°02' 36.3" | W 171°34' 22.5" | 4.20 | 165.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 13:10 | 0.42 | | 4.62 | 4.37 | 藤間・神山・都司 |
| 6 Lotofaga, Upolu | S 14°02' 37.2" | W 171°34' 21.4" | 3.77 | 140.0 | I | 住民の目撃証言 | C | 10/15 13:10 | 0.42 | 1.30 | 2.89 | 3.94 | 藤間・神山・都司 |
| 7 Sapoe, Upolu | S 14°02' 24.3" | W 171°36' 05.1" | 2.56 | 190.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 16:16 | 0.88 | | 3.44 | 3.19 | 藤間・神山・都司 |
| 8 Lalomanu, Upolu | S 14°02' 45.5" | W 171°26' 27.6" | 10.13 | 140.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 17:48 | 0.81 | | 10.94 | 10.69 | 藤間・神山・都司 |
| 9 Lepa, Upolu | S 14°02' 26.0" | W 171°31' 20.0" | 7.00 | 79.7 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/15 11:19 | 0.12 | 3.45 | 3.67 | 6.87 | 港空研 |
| 10 Vaigatu, Upolu | S 14°02' 24.3" | W 171°31' 29.4" | 8.60 | 81.4 | I | 住民の目撃証言と木に ひっかかった漂流物 | A | 10/15 11:35 | 0.15 | 4.30 | 4.45 | 8.50 | 港空研 |
| 11 Vavau, Upolu | S 14°02' 36.2" | W 171°32' 43.5" | 8.20 | 19.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 12:15 | 0.25 | | 8.45 | 8.20 | 港空研 |
| 12 Vavau, Upolu | S 14°02' 33.3" | W 171°32' 42.7" | 12.80 | 68.3 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 12:35 | 0.31 | | 13.11 | 12.86 | 港空研 |
| 13 Vavau Beach Bangalo, Upolu | S 14°02' 36.5" | W 171°33' 24.0" | 8.40 | 139.2 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 13:25 | 0.48 | | 8.88 | 8.63 | 港空研 |
| 14 Vavau Beach Bangalo, Upolu | S 14°02' 36.1" | W 171°33' 21.2" | 5.40 | 71.8 | I | 住民の目撃証言と木に ひっかかった漂流物 | A | 10/15 13:50 | 0.57 | 2.10 | 3.87 | 5.72 | 港空研 |
| 15 Vavau Beach Bangalo, Upolu | S 14°02' 37.8" | W 171°33' 18.6" | 8.50 | 124.9 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 14:05 | 0.61 | | 9.11 | 8.86 | 港空研 |
| 16 Mataufu, Upolu | S 14°02' 39.1" | W 171°35' 3.5" | 2.75 | 19.6 | I | 建物前面の水跡 | A | 10/15 15:40 | 0.85 | 0.85 | 2.75 | 3.35 | 港空研 |
| 17 Sapoe, Upolu | S 14°02' 26.1" | W 171°36' 9.1" | 2.77 | | I | 建物前面の水跡 | A | 10/15 16:16 | 0.88 | 1.28 | 2.37 | 3.40 | 港空研 |
| 18 Salani River Bridge, Upolu | S 14°01' 55.7" | W 171°36' 28.5" | 6.00 | 78.2 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/15 16:55 | 0.89 | | 6.89 | 6.64 | 港空研 |
| 19 Lalomanu, Upolu | S 14°02' 44.2" | W 171°26' 25.2" | 12.70 | 251.1 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 18:00 | 0.79 | | 13.49 | 13.24 | 港空研 |
| 20 Lalomanu, Upolu | S 14°02' 44.0" | W 171°26' 23.2" | 10.60 | 252.1 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/15 18:00 | 0.79 | | 11.39 | 11.14 | 港空研 |
| 21 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 29.3" | W 171°25' 53.9" | 5.19 | 330.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/16 11:24 | 0.05 | | 5.24 | 4.99 | 藤間・神山・都司 |
| 22 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 30.6" | W 171°25' 53.2" | 5.56 | 320.0 | R | 漂流物 | A | 10/16 11:24 | 0.05 | | 5.61 | 5.36 | 藤間・神山・都司 |
| 23 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 35.2" | W 171°25' 45.4" | 5.10 | 90.0 | I | Saifitoo Hotel 前面の水跡 | A | 10/16 11:24 | 0.05 | 2.45 | 2.70 | 4.90 | 藤間・神山・都司 |
| 24 Laomanu, Upolu | S 14°02' 38.1" | W 171°26' 55.4" | 10.27 | 230.0 | R | 漂流物 | A | 10/16 13:03 | 0.26 | | 10.53 | 10.28 | 藤間・神山・都司 |
| 25 Sapunaoa, Upolu | S 14°02' 15.9" | W 171°37' 38.4" | 4.09 | 40.0 | R | 漂流物 | A | 10/16 14:37 | 0.61 | | 4.70 | 4.45 | 藤間・神山・都司 |
| 26 Vaiala, Upolu | S 14°02' 22.3" | W 171°39' 31.7" | 1.31 | 120.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/16 15:09 | 0.72 | | 2.03 | 1.78 | 藤間・神山・都司 |
| 27 Poutasi, Upolu | S 14°01' 38.3" | W 171°41' 39.7" | 5.46 | 160.0 | R | 目撃証言 | C | 10/16 15:49 | 0.83 | | 6.29 | 6.04 | 藤間・神山・都司 |
| 28 Siunu, Upolu | S 14°00' 40.3" | W 171°46' 55.6" | 2.59 | 25.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/16 16:30 | 0.90 | | 3.49 | 3.24 | 藤間・神山・都司 |
| 29 Maninoa, Upolu | S 14°00' 28.0" | W 171°47' 28.2" | 4.09 | 135.0 | R | 漂流物 | A | 10/16 17:20 | 0.93 | | 5.02 | 4.77 | 藤間・神山・都司 |
| 30 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 32.1" | W 171°25' 53.7" | 4.85 | 319.6 | I | 建物室内の水跡 | A | 10/16 11:35 | 0.07 | 0.75 | 4.17 | 4.67 | 港空研 |
| 31 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 30.7" | W 171°25' 53.1" | 5.40 | 319.6 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 11:35 | 0.07 | 0.30 | 5.17 | 5.22 | 港空研 |
| 32 Saifitoo, Upolu | S 14°01' 36.5" | W 171°25' 44.0" | 6.40 | 28.2 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 12:00 | 0.09 | 3.85 | 2.64 | 6.24 | 港空研 |
| 33 Lalomanu, Upolu | S 14°02' 45.4" | W 171°26' 41.9" | 11.70 | 72.5 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/16 13:10 | 0.29 | | 11.99 | 11.74 | 港空研 |
| 34 Lalomanu, Upolu | S 14°02' 43.0" | W 171°26' 45.2" | 12.80 | 131.6 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/16 13:25 | 0.34 | | 13.14 | 12.89 | 港空研 |
| 35 Sapunaoa, Upolu | S 14°02' 13.8" | W 171°37' 40.1" | 4.95 | 109.9 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 14:45 | 0.64 | 1.15 | 4.44 | 5.34 | 港空研 |
| 36 Vaiala Beach Resort, Upolu | S 14°02' 23.8" | W 171°39' 38.6" | 3.80 | 56.5 | I | 建物側面の水跡 | A | 10/16 15:20 | 0.75 | 1.75 | 2.80 | 4.30 | 港空研 |
| 37 Poutasi, Upolu | S 14°01' 47.1" | W 171°41' 31.9" | 4.50 | 0.0 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 16:05 | 0.87 | 2.86 | 2.51 | 5.12 | 港空研 |
| 38 Siunu, Upolu | S 14°00' 40.2" | W 171°46' 56.4" | 3.75 | 39.5 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 16:45 | 0.92 | 0.80 | 3.87 | 4.42 | 港空研 |

| 調査地点 | 緯度 | 経度 | 計測高 (m) | 汀線からの 距離 (m) | 測上と 浸水の別 | 痕跡の説明 | 信頼度 | 測定日時 | 測定時の 潮位 (m) | 浸水深 (m) | 地盤高 (m) | 痕跡高 (m) | 測定者 |
|--------------------------------|---------------|----------------|------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|-----|-------------|----------------|------------|------------|------------|-------|
| 39 Coconut Beach Resort, Upolu | S 14°00'29.1" | W 171°47'31.9" | 4.30 | 76.3 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/16 17:25 | 0.93 | 3.20 | 2.03 | 4.98 | 港空研 |
| 40 Taftitola, Upolu | S 14°00'26.4" | W 171°48'42.1" | 3.81 | 45.0 | I | 目撃証言 | A | 10/17 9:39 | 0.24 | 1.63 | 2.42 | 3.80 | 藤間・榊山 |
| 41 Sataoa, Upolu | S 13°59'20.3" | W 171°51'47.1" | 1.88 | 25.0 | R | 植生と枯草の分かれ目, 護岸を越波 | A | 10/17 10:45 | 0.07 | | 1.95 | 1.70 | 藤間・榊山 |
| 42 Saanapu, Upolu | S 13°59'35.2" | W 171°52'29.1" | 3.63 | 30.0 | I | 目撃証言 | C | 10/17 11:35 | 0.03 | 1.47 | 2.19 | 3.41 | 藤間・榊山 |
| 43 Safaatao, Upolu | S 13°56'34.8" | W 171°57'53.6" | 2.85 | 10.0 | I | 目撃証言, 護岸を越波 | C | 10/17 12:30 | 0.08 | | 2.93 | 2.68 | 藤間・榊山 |
| 44 Sawasa, Upolu | S 14°01'41.9" | W 171°46'17.7" | 5.03 | 70.0 | I | 漂流物 | A | 10/17 17:23 | 0.95 | 1.20 | 4.78 | 5.73 | 藤間・榊山 |
| 45 Taftitola, Upolu | S 14°00'26.4" | W 171°48'46.5" | 3.03 | 53.1 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/17 9:45 | 0.22 | 1.43 | 1.82 | 3.00 | 港空研 |
| 46 Saanapu, Upolu | S 13°59'35.2" | W 171°52'29.0" | 3.62 | 33.8 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/17 11:35 | 0.03 | 1.47 | 2.18 | 3.40 | 港空研 |
| 47 Samatau, Upolu | S 13°53'40.6" | W 172°03'42.1" | 1.70 | 69.1 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/17 14:00 | 0.32 | | 2.02 | 1.77 | 港空研 |
| 48 Manono Uta, Upolu | S 13°52'20.5" | W 172°04'19.0" | 2.17 | 30.1 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/17 14:35 | 0.46 | 0.42 | 2.21 | 2.38 | 港空研 |
| 49 Swaso (Saagaifua), Upolu | S 14°01'39.4" | W 171°46'20.9" | 4.45 | 84.8 | I | 折れ枝 | A | 10/17 17:10 | 0.94 | 2.70 | 2.69 | 5.14 | 港空研 |
| 50 Swaso (Saagaifua), Upolu | S 14°01'40.4" | W 171°46'21.2" | 4.80 | 57.1 | I | 木にひっかかった漂流物 | A | 10/17 17:10 | 0.94 | 3.10 | 2.64 | 5.49 | 港空研 |
| 51 Faleu, Manono | S 13°51'33.5" | W 172°06'21.8" | 2.28 | 80.0 | I | 目撃者からの聞き取り, 建物の青色の壁のり | A | 10/19 9:55 | 0.46 | 1.32 | 1.42 | 2.49 | 藤間・榊山 |
| 52 Puai, Manono | S 13°51'29.1" | W 172°06'32.6" | 5.13 | 45.0 | I | 目撃証言 | C | 10/19 10:45 | 0.28 | 0.40 | 5.01 | 5.16 | 藤間・榊山 |
| 53 Apai, Manono | S 13°50'54.7" | W 172°07'02.4" | 2.63 | 60.0 | I | 目撃証言 | A | 10/19 11:38 | 0.14 | 0.80 | 1.97 | 2.52 | 藤間・榊山 |
| 54 Muivai, Apia, Upolu | S 13°49'59.2" | W 171°46'01.0" | 1.13 | 150.0 | R | JICAオフィスの上流に位置するレストラン近くの川の水位, 写真よ | A | 10/19 15:36 | 0.42 | | 1.55 | 1.30 | 藤間・榊山 |
| 55 Faleu, Manono | S 13°51'35.4" | W 172°06'22.6" | 4.50 | 15.6 | I | 壊れた梁 | A | 10/19 9:40 | 0.51 | 2.70 | 2.31 | 4.76 | 港空研 |
| 56 Faleu, Manono | S 13°51'33.5" | W 172°06'23.1" | 3.28 | 45.0 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/19 9:50 | 0.48 | 1.78 | 1.98 | 3.51 | 港空研 |
| 57 Faleu, Manono | S 13°51'20.6" | W 172°06'10.4" | 2.65 | 15.5 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/19 10:00 | 0.44 | | 3.09 | 2.84 | 港空研 |
| 58 Puai, Manono | S 13°51'28.9" | W 172°06'34.2" | 4.25 | 36.6 | I | 柱の傷 | A | 10/19 10:40 | 0.30 | 2.15 | 2.40 | 4.30 | 港空研 |
| 59 Puai, Manono | S 13°51'29.1" | W 172°06'34.1" | 4.70 | 26.2 | I | 柱の傷 | A | 10/19 10:40 | 0.30 | 2.60 | 2.40 | 4.75 | 港空研 |
| 60 Apai, Manono | S 13°50'51.3" | W 172°07'4.5" | 2.80 | 70.9 | I | 建物前面の水跡 | A | 10/19 11:35 | 0.14 | 0.95 | 1.99 | 2.69 | 港空研 |
| 61 Apai, Manono | S 13°50'51.4" | W 172°07'3.5" | 3.05 | 90.3 | I | 建物前面の水跡 | A | 10/19 11:35 | 0.14 | 0.90 | 2.29 | 2.94 | 港空研 |
| 62 Salua, Manono | S 13°50'31.9" | W 172°06'24.9" | 2.70 | 24.7 | I | 住民の目撃証言 | B | 10/19 12:30 | 0.06 | 1.10 | 1.66 | 2.51 | 港空研 |
| 63 Eua, Upolu | S 13°52'43.6" | W 171°37'43.9" | 2.42 | 16.0 | I | 目撃証言 | C | 10/20 9:54 | 0.60 | 1.45 | 1.57 | 2.77 | 藤間・榊山 |
| 64 Tiavea, Upolu | S 13°58'32.8" | W 171°28'11.0" | 4.17 | 100.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/20 11:15 | 0.33 | | 4.50 | 4.25 | 藤間・榊山 |
| 65 Saleaunua, Upolu | S 14°00'16.6" | W 171°25'29.6" | 2.93 | 110.0 | I | 建物側面の水跡 | D | 10/20 12:22 | 0.15 | 1.24 | 1.84 | 2.83 | 藤間・榊山 |
| 66 Saleaunua, Upolu | S 14°00'15.5" | W 171°25'32.4" | 2.55 | 190.0 | I | 目撃証言と建物側面の水跡 | A | 10/20 12:22 | 0.15 | 1.07 | 1.63 | 2.45 | 藤間・榊山 |
| 67 Ulutogia, Upolu | S 14°02'00.7" | W 171°26'00.5" | 4.29 | 50.0 | I | 目撃証言と建物室内の水跡, 最も高い水跡の0.9mと1.1m下方に水跡 | A | 10/20 13:14 | 0.08 | 2.44 | 1.93 | 4.12 | 藤間・榊山 |
| 68 Cape Tuioleunu, Upolu | S 14°02'41.5" | W 171°27'32.2" | 7.26 | 30.0 | R | 漂流物 | A | 10/20 14:00 | 0.07 | | 7.33 | 7.08 | 藤間・榊山 |
| 69 Vaigalu, Upolu | S 14°02'22.5" | W 171°31'29.0" | 9.97 | 130.0 | R | 漂流物 | A | 10/20 14:44 | 0.15 | | 10.12 | 9.87 | 藤間・榊山 |
| 70 Vaigalu, Upolu | S 14°02'23.9" | W 171°31'28.1" | 9.17 | 120.0 | R | 漂流物 | A | 10/20 14:44 | 0.15 | | 9.32 | 9.07 | 藤間・榊山 |
| 71 Airport, Upolu | S 13°49'45.2" | W 171°59'52.3" | 1.27 | 10.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/21 10:13 | 0.65 | | 1.92 | 1.67 | 藤間・榊山 |
| 72 Airport, Upolu | S 13°49'45.1" | W 171°59'37.2" | 1.78 | 10.0 | R | 植生と枯草の分かれ目 | A | 10/21 10:26 | 0.61 | | 2.39 | 2.14 | 藤間・榊山 |
| 73 Siufaga, Upolu | S 13°54'25.5" | W 172°02'14.8" | 4.88 | 60.0 | I | 目撃証言 | C | 10/21 12:36 | 0.23 | 1.10 | 4.01 | 4.86 | 藤間・榊山 |
| 74 Siufaga, Upolu | S 13°54'43.8" | W 172°01'46.9" | 2.51 | 40.0 | I | 漂流物 | A | 10/21 12:36 | 0.23 | 1.50 | 1.24 | 2.49 | 藤間・榊山 |

付録2 聞き取り調査の会話

聞き取り調査の結果を表にまとめた。質問は以下の10点である。

- ①地震が起きてから津波が来るまでどのくらいの時間でしたか？
- ②何回津波が来ましたか？
- ③津波から逃げましたか？
- ④逃げた場合地震が生じた後に逃げましたか？警報がなったあとに逃げましたか？津波を見てから逃げましたか？
- ⑤警報は鳴りましたか？
- ⑥津波はどのような感じでしたか？色や音など
- ⑦避難訓練は行いましたか？
- ⑧逃げる場所を知っていましたか？
- ⑨津波に関する知識を持っていましたか？
- ⑩1917年に生じた似た津波を知っていましたか？

| | 地区 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ |
|----|-----------------------|--------|-------|------|------------|-------------|--------------|---|----------------|------|--------|
| 1 | Lepa | 7, 8分 | | | 津波 | No | 茶色 | | | | |
| 2 | Sapoe | | | | 津波の音 | No | | 有 | ブッシュ | | |
| 3 | Satitoo1 | 10分以内 | | | 地震中 | ベルが鳴ったが遅すぎた | | 無 | | | No |
| 4 | Satitoo3 | 5分～10分 | | | 津波 | No | ゴーという音 | | | | |
| 5 | Sapunaoa | たぶん2分 | | | 警報と津波が一緒程度 | 津波が来る前に鳴った | | 有 | 知 | | |
| 6 | Vaiula Beach Resort | | | | 津波 | | | | | 海の異常 | |
| 7 | Poutasi | | | | 津波 | | | 有 | | | |
| 8 | Siumu | 5分 | | | | 鳴っていた | 竜巻のよう | 有 | 知 | | |
| 9 | Siufaga (Falelatai) | 5分 | 2回 | | | No | | 有 | 知 | | |
| 10 | Siufaga (Falelatai) 2 | 5分 | | | 津波 | | 茶色 | 有 | 知っていたが別の場所に逃げる | | 知らない |
| 11 | Manono Uta | 5分 | | | 津波 | No | 茶色 | 無 | | | |
| 12 | Swaso (Saagafuai) | | | | 津波 | No | | | | 無 | |
| 13 | Faleu | 15分 | 2回 | | 津波 | 子供が知らせる | 白色 | 有 | 知 | | 老人から伝達 |
| 14 | Puai | 約45分 | | | 津波 | No | 大きな音・白色 | | | | |
| 15 | Apai1 | 5分 | 4, 5回 | 逃げない | | | 白色, 竜巻のよう | 無 | | 知らない | |
| 16 | Apai2 | 5分 | | | | 教会の鐘 | 白色 | 有 | 高い場所 | | |
| 17 | Salua | 2分 | 2回 | | 津波 | No | 深青色, ヘリコプター音 | 有 | 知 | No | No |

付録3 現地行程

現地における詳細な行程を示す。時間は測定した時間を示している。

| 日時 | 村の名前 |
|--------|----------------------------|
| 10月14日 | 15:40 Saleapaga |
| | 16:40 Vailoa |
| 10月15日 | 11:19 Lepa |
| | 11:35 Vaigalu |
| | 12:15 Vavau |
| | 13:25 Vavau Beach Bangalo |
| | 15:40 Matatufu |
| | 16:16 Sapoe |
| | 16:55 Salani River |
| | 18:00 Lalomanu |
| 10月16日 | 11:35 Satitoa |
| | 13:10 Lalomanu |
| | 14:45 Sapunaoa |
| | 15:20 Vaiula Beach Resort |
| | 16:05 Poutasi |
| | 16:45 Siumu |
| | 17:25 Coconut Beach Resort |
| 10月17日 | 9:45 Tafitoala |
| | 11:35 Saanapu |
| | 13:40 Siufaga(Falelatai) |
| | 14:00 Samatau |
| | 14:35 Manono Uta |
| | 17:10 Swaso(Saagafuai) |
| 10月19日 | 9:40 Faleu |
| | 10:40 Puai |
| | 11:35 Apai |
| | 12:30 Salua |

港湾空港技術研究所資料 No. 1211

2010. 3

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 昭和情報プロセス株式会社

Copyright © (2010) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。