

# 2009年米領サモア地震津波における津波被害関数の検討

東北大学大学院 学生会員 郷右近 英臣  
東北大学大学院 正会員 越村 俊一  
産業技術総合研究所 非会員 松岡 昌志  
東北大学大学院 今井 健太郎

## 1. 序論

### (1) 研究の背景・目的

2009年9月29日、米領サモアの南西沖でM8.1の地震が発生した。地震に伴う津波はサモア諸島やトンガに達し、死者184人、行方不明者7人の犠牲が発生した。発災後、津波被災地の現地調査が数多く行われ、浸水域や浸水高、浸水深などのような津波流況や、死者数、建物被害棟数のような実被害の全容が明らかになってきた。

津波流況と被害の程度に関連性の解明は、被害推定を行う上で重要である。これまでに世界で発生した津波災害においても、それらの関係性を示す指標である津波被害関数が数多く構築されてきた（たとえばKoshimura et al., 2009）。しかし、本災害における津波流況と実被害の関係性は未だ解明されていない。様々な津波災害における被害関数を整備することが重要である。そこで本研究では、津波被害関数を構築することにより、2009年サモア地震津波における津波流況と実被害の関係を明らかにすることを目的とする。

### (2) 本研究の手順

まず、津波数値計算を行うことにより、被災地における津波流況を再現する。次に、高解像度衛星画像（QuickBird衛星）の目視判読により、津波被災地の建物被害を把握する。次に、津波流況と建物被害分析結果をGIS上で統合分析することにより、津波被害関数の構築を行う。

## 2. 津波数値解析

### (1) 遠地津波数値計算

まず、DARTにおける観測波形の再現精度の検証を行うため、線形長波理論に基づく遠地津波計算を行う。断層パラメータとして、Beavan et al. (2010)に提案されたメカニズム解を参考にし、DARTにおける観測波形と比較・評価する事で断層位置を調整する。地形データには、30秒メッシュのGeneral Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)を

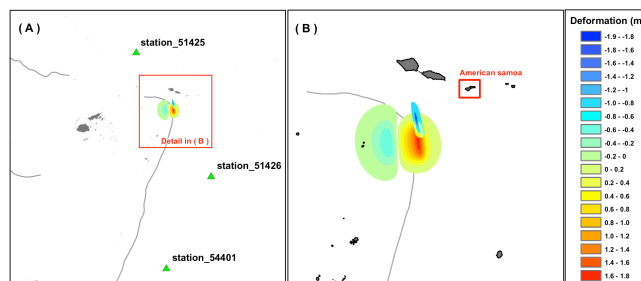


図-1 初期水位分布

使用する。計算領域と、DARTの位置、初期水位分布を図-1に示す。特にここでは、地震発生メカニズムをより忠実に再現するために、Lay et al.(2010)を参考にし、断層破壊継続時間も検討した。図-2に、DARTにおける観測波形と津波数値解析結果を示す。解析結果は実測値と概ね一致しているため、ここで決定した津波波源モデルを近地津波解析に適用することとする。

### (2) 近地津波数値計算

米領サモアにおける津波の氾濫解析を行う、そのために、GEBCOの格子間隔30秒の地形モデルと、NGDCが公開している高解像度DEMを組み合わせて地形モデルを作成した。浸水域における地形の再現性を高めるために、キネマティックGPSによる高精度地形測量を行い、GIS上でDEMの補正を行う。

以上の波源と地形モデルを使用して津波氾濫解析を行う。津波浸水計算結果と、USGSの調査報告および著者らITSTの現地測量結果を元に作成した瓦礫漂着ラインを図-3に示す。

Pago PagoとPoloaでは、概ね浸水ラインは一致しているものの、LeoneとAmanaveでは解析結果が過小に再現されており、これらは様々な不確定要素（地形モデル、津波数値解析結果、現地調査結果）による誤差であると考えられる。今後、本対象領域における津波被害関数の精度を上げるためには、各領域ごとに現地調査結果を満たすような波源を推定する必要がある。

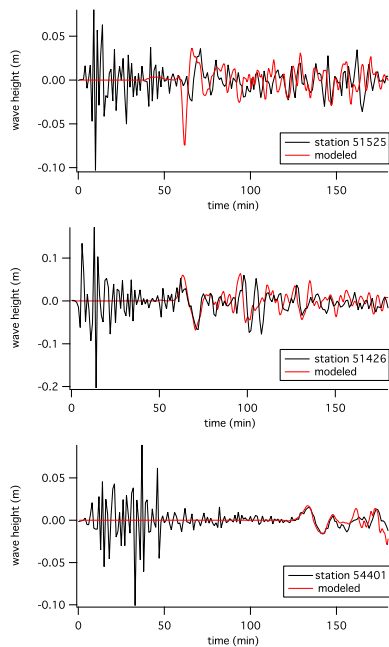


図-2 観測波形と解析結果の比較

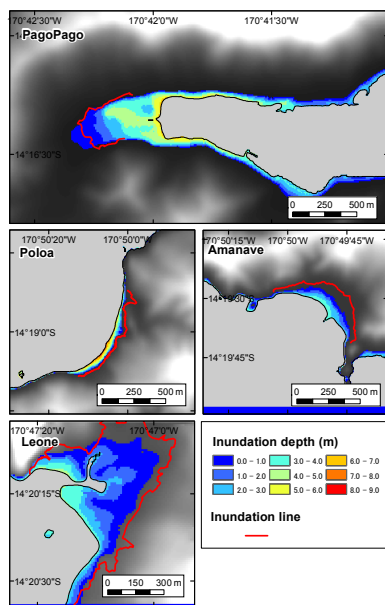


図-3 数値計算による浸水予測結果

Damage category	Number of house [PagoPago/Amanave/Poloa/Leone/Total]
a) Washed-away	34/42/13/28/117
b) Collapsed	7/3/1/7/18
c) Major damage	14/2/0/12/28
d) Survived	54/34/4/196/288

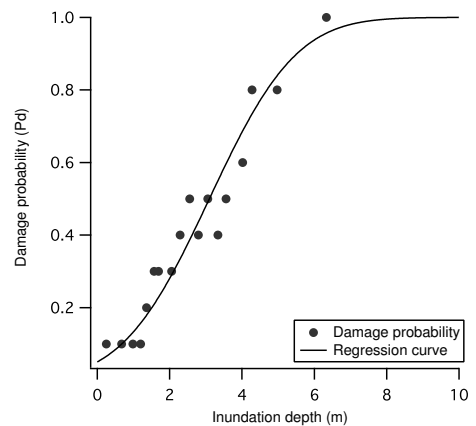


図-4 上:建物被害棟数,下:津波被害関数

### 3. 衛星画像による建物被害分類

津波被災地を捉えた被災前後の高解像度衛星画像をGIS上で表示し、建物屋根の形状変化に着目した家屋被害調査を行う。被災前の衛星画像には、米国GeoEye社のIKONOS衛星画像(2007年4月15日)および、米Digital Globe社のQuickBird衛星画像(2009年9月24日)を使用し、被災後の衛星画像として米Digital Globe社のQuickBird衛星画像(2009年9月29日, 2009年10月2日, 2009年11月2日撮影)を使用する。建物被害の分類には、Miura et al. (2006)が提案した分類基準を参考にする。建物被害分類結果を図-4の上の表に示す。

### 4. 津波被害関数の構築

#### (1) 被害関数とは

津波被害関数とは、家屋・人的被害の規模を津波氾濫流の流体力学的な諸量との関連で記述したものである(Koshimura et al., 2009)。津波被害関数は、被害情報(家屋被害率 $P_D$ )と津波流況の関連性を回帰分析により求め、対数正規分布や正規分布を仮定した次式で表される。

$$P_D(x) = \Phi\left[\frac{\ln x - \lambda}{\xi}\right] \quad (1)$$

$$P_D(x) = \Phi\left[\frac{x - \mu}{\sigma}\right] \quad (2)$$

ここで、 $x$ は最大流速, 最大浸水深, 津波外力などの外力

指標で、 $\lambda$ (または $\mu$ ),  $\xi$ (または $\sigma$ )はそれぞれ $\ln x$ または $x$ の平均値と標準偏差である。本稿では一例として、最大浸水深と家屋被害率に着目し、2009年米領サモア地震津波における津波被害関数を構築した(図-4下図)。

### 5. 結論

本研究では、DARTによる沖合津波観測波形の検証を通じて、2009年地震津波における津波発生メカニズムの検討を行った。さらに、米領サモアにおける津波氾濫解析を実施し、衛星画像による建物被害分類結果と統合する事により、暫定的ではあるが津波被害関数を構築した。今後は、津波氾濫解析の精度を高め、米領サモアにおける家屋の津波に対する脆弱性を明らかにすることが課題である。

#### 参考文献

- Miura, H., A. Wijeyewickrema, and S. Inoue (2006): Evaluation of tsunami damage in the eastern part of Sri Lanka due to the 2004 Sumatra earthquake using remote sensing technique, *Proc. 8th National Conference on Earthquake Engineering*, Paper No.8, NCEE-856.
- Koshimura, S., Y. Namegaya and H. Yanagisawa (2009): Tsunami Fragility – A new measure to assess tsunami damage, *Journal of Disaster Research*, Vol. 4, No. 6, pp.479-488, 2009.
- Beavan, J., X. Wang, C. Holden, K. Wilson, W. Power, G. Prasetya, M. Bevis and R. Kautoke (2010): Near-simultaneous great earthquakes at Tongan megathrust and outer rise in September 2009, *Nature*, Vol 466, 19, doi:10.1038/nature09292
- Lay, T., C. J. Ammon, H. Kanamori, L. Rivera, K. D. Koper, A. R. Hutko (2010): The 2009 Samoa/Tonga great earthquake triggered doublet, *Nature*, Vol. 466, 19, doi:10.1038/nature09214.