

痕跡調査と数値計算に基づく1771年明和大津波の波源推定

東北大学大学院 学生会員 宮澤 啓太郎
千葉工業大学 後藤 和久
東北大学大学院 正会員 今村 文彦

1. 序論

1771年4月24日、明和大津波が琉球列島南西部の宮古-八重山諸島を襲い(図-1)、犠牲者は約12,000名にも及んだ(牧野, 1986)。この津波に関して、複数の津波波源モデルが提案されている。今村ら(2001)は、琉球海溝の内陸斜面の断層と、黒島沖付近での海底地すべりの同時発生を、Nakamura (2009)は、琉球海溝での津波地震を、Miyazawa et al. (2012)は石垣南方沖から宮古島南方沖の複数断層と海底地すべりの複合モデルを提案した(図-1)。しかし、近年の歴史学的、地質学的研究(Goto et al., 2010)および高精度地形データを用いて各モデルを再検討した結果、妥当な波源モデルの決定には至らなかった(宮澤ら, 2010)。波源検討の際に必要な各地域での推定の遡上高や浸水域は、現存する古文書や伝承、津波堆積物(津波石)に基づいて設定される。本研究では、これまでに明和大津波関連情報をまとめた河名(2000)に加え、現地での聞き取り調査により新たな情報も得た。さらに全ての地点においてGPSを用いた測量を行ない、正確な緯度・経度および標高を求め、推定遡上高の更新を行なったうえで波源モデルの再検討を行なった。

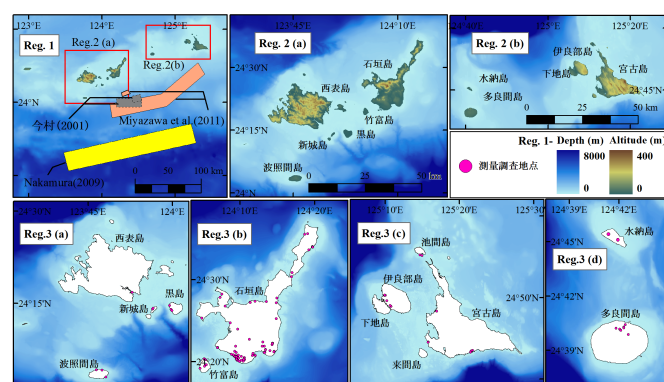


図-1 計算領域。Reg.2: (a)八重山諸島, (b)宮古諸島, Reg.3: (a)西表島, (b)石垣島, (c)宮古島, (d)多良間島

2. 測量調査

測量機器は、MAGELLAN社製のProMark3及びPro-Mark100を用いた。測量地点は計111点で、対象地域は

宮古島, 伊良部島, 下地島, 来間島, 池間島, 石垣島, 竹富島, 黒島, 新城島(上地), 西表島, 波照間島の11島である(図-1)。詳細は別稿に記すが、その結果、推定遡上高の設定地域はこれまでの15地点(Goto et al., 2010; 河名, 2000)から, 30地点へと倍増し, かつ推定遡上高の値も既往研究と比べて変化した(図-2)。

3. 数値計算

(1) 数値計算における支配方程式と計算条件

広領域(Reg.1)から狭領域(Reg. 2, 3)の3領域(図-1)を接続して数値計算を行なった。Reg.1では球面上での浅水波を記述する線形長波方程式を、コリオリ力を考慮して用いた。Reg.2, 3では、直交座標系での浅水波を記述する非線形長波方程式を、底面摩擦を考慮して用いた。それぞれの領域の空間格子間隔は300, 100, 50 mである。時間刻みは0.3秒, 計算時間は津波の発生から6時間後までとした。

(2) 波源モデル

波源モデルとして、今村ら(2001), Nakamura(2009)によるモデル, およびMiyazawa et al.(2012)によるモデルの改良版(本研究による提案)の3つを採用した。本稿ではこれ以降、各モデルをIM, NK, MY12モデルと呼ぶこととする(表-1)。

(3) Aida (1978)による幾何平均 K と幾何標準偏差 κ

計算遡上高と推定遡上高との比較のため、両者の空間的な再現性を評価するための指標である、Aida (1978)の幾何平均 K と幾何標準偏差 κ を用いる。広域の痕跡高を用いて津波波源の妥当性を評価する場合には、「 $0.95 < K < 1.05$ かつ、 $\kappa < 1.45$ 」が目安とされている(土木学会, 2002)。

(4) 計算結果

推定遡上高と計算遡上高の比較を図-2に示す。IMモデルは全域で遡上高の傾向をほぼ再現しているが、石垣島南東~東海岸の数地点で過大評価である。NKモデルは、石垣島南西海岸での遡上高が小さく、伊良部島長浜地域では遡上を確認できなかった。MY12モデルは、石垣島の南西部では過小評価であるが、その他の地域では遡上高

表-1 各波源モデルの断層及び地すべりのパラメータおよび, Aida(1978)による幾何平均 K と幾何標準偏差 κ

		緯度(°)	経度(°)	長さ(km)	幅(km)	走向(°)	傾斜角(°)	滑り角(°)	滑り量(m)	深さ(km)	K	κ
IM $M_w = 7.8$	断層	23.9870	124.5450	40	20	270	70	90	20	5	0.97	1.09
	地すべり	24.0780	124.5450	15	10	260	70	90	90	-		
NK $M_w = 8.0$	断層	23.155	125.356	150	30	255	12	90	16	5	0.73	1.16
MY12 $M_w = 8.2$	断層1	24.2018	125.5184	41	35	246	70	90	14	5	0.84	1.12
	断層2	24.0526	125.1497	40	35	246	70	90	14	5		
	断層3	23.9100	124.8000	35	35	259	70	90	13	5		
	断層4	23.8421	124.4576	36	35	261	70	90	14	5		
	地すべり	24.1348	124.2640	12	8	76	70	90	80	-		

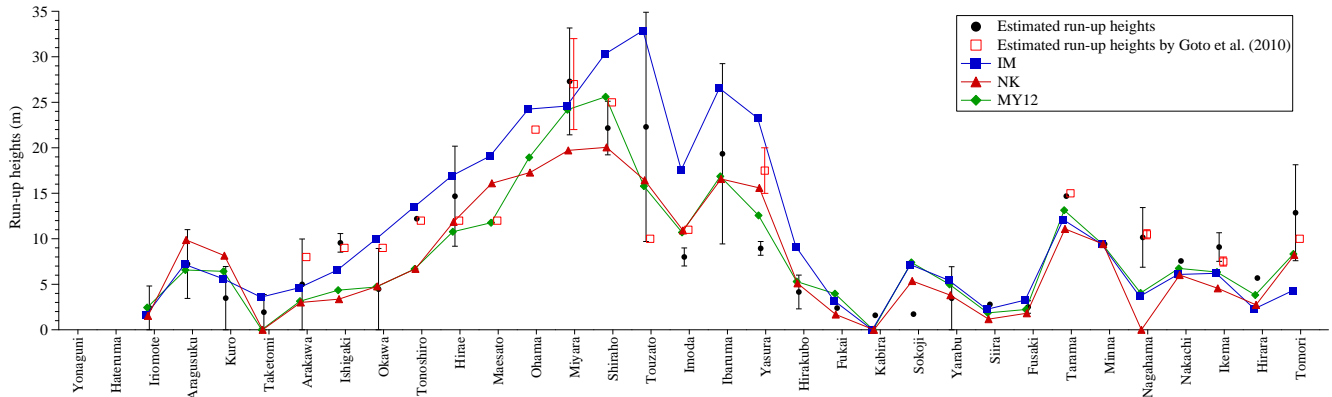


図-2 河名(2000), Goto et al. (2010)および本研究による推定遡上高(推定遡上高を1つの値に定められない地域に関しては、遡上のあった標高の範囲とその中央値を示している)と、各波源モデルによる計算遡上高との比較

分布を精度よく再現している。全てのモデルに共通する点としては、石垣島川平地域で遡上が確認できなかったことである。また、Aida(1978)の数式を用いて、各モデルの幾何平均 K と幾何標準偏差 κ を求めた(表-1)。その結果、最も妥当な値を示したのは、IMモデルであった。その他2つのモデルは、幾何標準偏差 κ の範囲は満たしているものの、幾何平均 K を満たすことができなかった。

4. 議論

IMモデルのみがAida(1978)の式による K と κ の両方を満たすが(表-1)、このモデルでは石垣島の3点で推定遡上高よりも最大で13~15m過大であり、宮古島友利地区で過小評価である。さらには、断層のすべり量が20mと非常に大きく、現時点で最良の波源モデルとは断定できない。他の2つのモデルは $\kappa < 1.45$ のみを満たしていた。

5. 結論

1771年明和大津波の痕跡情報を測量調査などによって再整理し、推定遡上高の更新を行なった。さらに、既往の波源モデルに加え、新たな波源モデルについて数値計算による検討を行った。現時点ではどのモデルについても改善の余地があり、最良のモデルの提案には至らなかった。ただし、本研究ではAida(1978)の式を用いて各モデルの妥当性の検証を行なったが、痕跡値に幅がある場合には中央値を用いて計算値と比較しており、必ずしも妥

当な評価が出来ているとは言えない。そのため、この点は今後改善を要すると考えられる。

謝辞

本研究の測量調査では、安谷屋昭氏、久貝弥嗣氏、島袋綾野氏、島袋永夫氏、正木譲氏、宮城邦昌氏に多大なるご協力を頂きました。また、本研究の一部は文科省科研費(22241042)の支援を受けました。ここに記し、深謝の意を表します。

参考文献

今村文彦, 吉田功, アンドリュー・ムーア(2001): 沖縄県石垣島における1771年明和大津波と津波石移動の数値解析, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 346-350.

河名俊男(2000): 琉球列島南部の宮古諸島と八重山諸島における1771年明和津波の遡上高と岩塊の移動, 及び沖縄県南部における大型台風の高潮と古津波による岩塊の移動, 東海・東南海・南海地震津波研究会津波防災対策現地調査ガイドブック, 2000.

土木学会(原子力土木委員会津波評価部会)(2002): 原子力発電所の津波評価技術, 321p., 土木学会.

牧野清(1986): 改訂増補 八重山の明和大津波, 城野印刷.

宮澤啓太郎, 後藤和久, 今村文彦(2010): 1771年明和津波の波源推定におけるサンゴ礁地形の効果, 土木学会平成22年度東北支部技術研究発表会講演概要集.

Aida, I.(1978): Reliability of a tsunami source model derived from fault parameters. Journal of Physics of the Earth, 26, 57-73.

Goto, K., Kawana, T., Imamura, F. (2010f): Historical and geological evidences of boulders deposited by tsunamis, southern Ryukyu Islands, Japan. Earth-Science Reviews, Vol. 102, 77-99.

Miyazawa, K., Goto, K., Imamura, F. (2012): Re-evaluation of the 1771 Meiwa Tsunami source model, southern Ryukyu Islands, Japan. Advances in Natural and Technological Hazards Research, Submarine Mass Movements and Their Consequences, Springer, Vol. 31, 497-506.

Nakamura, M. (2009): Fault model of the 1771 Yaeyama earthquake along the Ryukyu Trench estimated from the devastating tsunami. Geophys. Res. Lett., 36, L19307.