

II-91 十勝沖の新しい津波痕跡を考慮した津波波源の検討

東北大学工学部 学生員 ○平井信悟
東北大学大学院 正 員 今村文彦

1. はじめに

1611年（慶長16年）10月28日に東北三陸地方の沖合でM=8.1程度の地震が発生し、この地震によると思われる津波（慶長三陸津波）が当時の伊達領内、南部津軽から北海道東岸へ来襲し、この地域での人命、財産に大きな被害を与えた。

当初、この津波を引き起こした原因として、三陸沖の正断層が相田¹⁾により推定されていたが、平川ら²⁾によって最近新たに十勝沿岸でこの時代と思われる津波の痕跡の存在が明らかとなり、これによって得られる痕跡値は、前述の相田が提唱した断層モデルをもとに説明するのは困難であることがわかった。

本研究では、新たに発見された十勝沿岸の痕跡を受けて、慶長三陸津波の波源の検討とさらなる波源（海底地滑り）の可能性の検討を主に数値計算によって行い、この津波の発生メカニズムを解析していくことを目的とする。

2. 解析方法

2.1. 解析領域

解析領域を図1に示す。北緯38.0°から北緯43.5°の縦611kmと、東経140°から東経146°の横500kmによって作られる長方形を解析領域とする。地形データは、この領域を縦1220、横997に分割した501m四方のメッシュデータを用いる。

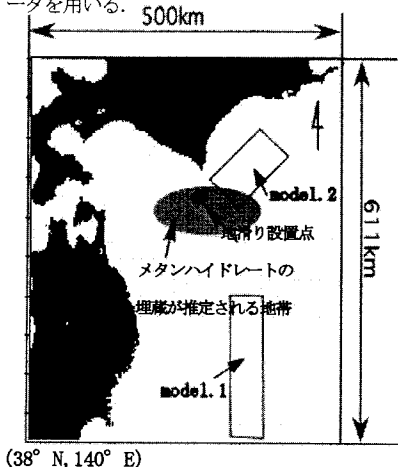


図1. 解析領域

2.2. 断層運動による津波伝播計算

(1) 支配方程式と差分化

津波のように波長に対する水深が小さい波動に対して、長波理論が適用できる。長波理論は以下の支配方程式(1)、(2)、(3)で表される。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (3)$$

ここで、 η は静水面からの水位上昇量、 M 、 N は x 、 y 方向の流量フラックス（単位幅流量）、 D ($h + \eta$)は全水深、 g は重力加速度、 n はManningの粗度係数、 t は時間座標、 x 、 y は水平座標を表す。

方程式はStaggered leap-frog法を用いて差分化を行ない、津波の伝播計算を行なう。

(2) 断層パラメータ

断層パラメータは、相田¹⁾が設定した値を用いる。また、十勝沖にも副断層を設定する。副断層は波源域の異なる1952年十勝沖地震の断層モデル¹⁾（相田, 1978, model. 2とする）、1968年十勝沖地震の断層モデル¹⁾（相田, 1978, model. 3とする）の2つをもとに設定する。本研究で用いる断層パラメータを表1に示す。

表1. 断層パラメータ

断層モデル	N (°)	E (°)	L (km)	W (km)	TH (°)	DL (°)	RD (°)	U (m)	H (km)
model.1 (1611年 慶長三陸)	40.17	144.5	245	50	180	45	270	8	1
model.2 (1952年 十勝)	42.33	145.2	130	100	220	20	76	3.5	1
model.3 (1968年 十勝)	41.58	143.6	150	100	156	20	38	4	1

N, E: 断層位置, L: 断層長さ, W: 断層幅, TH: 走行, DL: 傾斜角,
RD: 滑り角, U: 滑り量, H: 断層の深さ

(3) 計算条件

解析における空間間隔は501m、時間間隔は1秒とし、再現時間は4時間とする。沖からの波は陸地との境界で完全反射し、遡上は起こらない。

2.3. 海底地滑りによる津波伝播計算

(1) 計算方法

海底地滑り及びそれに伴う海底面の移動により発生する津波は、歴史的にみてもその規模・被害ともに大きい場合が多い。本研究では松本ら³⁾によって開発された二層流

数値計算法を用いて津波の伝播計算を行う。

(2) 計算条件

計算条件は断層による津波伝播計算と同じ条件とする。

3. 断層モデルの検討

表 2-1 に示した 3 つのモデルの他, model.2, model.3 を model.1 と同時に設定した計 5 つのモデルで解析を行ない, 相田係数 K 値, κ を求めた。結果を表 2 に示す。

表 2. model.1~5 の解析結果

model	三陸		十勝	
	K	κ	K	κ
1	1.59	1.57	8.31	1.46
2	7.93	1.75	4.47	1.4
3	4.47	1.73	7.56	1.55
4 (1+2)	1.57	1.56	4.27	1.38
5 (1+3)	1.74	1.45	6.15	1.53

解析の結果, やはり model.1 (相田の正断層) では十勝沖の痕跡を説明できないことがわかる。また, model.2 は十勝沿岸の痕跡に対して model.3 よりも K 値, κ 共に良好な結果が得られた。

図 2, 図 3 は三陸地方沿岸に沿った最高水位を示す。図 2 は model.1 を設定した場合を, 図 3 は model.1 と model.2 を同時に設定した場合を表す。同様に図 4, 図 5 はそれぞれ model.2 を設定した場合, model.1 と model.2 を同時に設定した場合の十勝～根室沿岸に沿った最高水位を表す。

図 2~5 より, 三陸沿岸の最高水位は三陸沖の断層と同時に設定した十勝沖の断層による影響をほとんど受けないこと, またその逆も成り立つことがわかる。

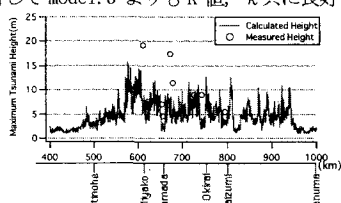


図 2. model.1 の三陸沿岸水位

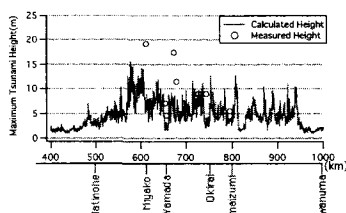


図 3. model.1+2 の三陸沿岸水位

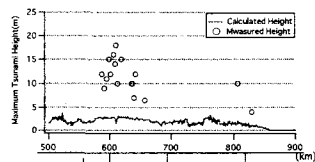


図 4. model.2 の十勝沿岸水位

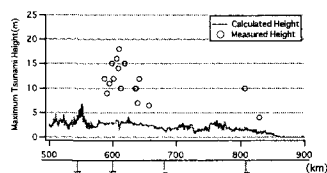


図 5. model.1+2 の十勝沿岸水位

4. 海底地滑りの検討

現在, 十勝沖におけるメタンハイドレート埋蔵地帯の存在が確実視されている⁴⁾。メタンハイドレートは新たなエネルギーとしての注目を浴びる一方, その不安定な物性から海底地滑りの原因となり得ると言われている。今回はその地帯の中の沿岸に近い地点に地滑りを設定し, 解析を行った。

地滑りは半径と層厚を持つ単純な円柱とし, 半径と層厚を変えた 2 つのモデル (model.6 と model.7) について検討を行なった。設定したモデルと解析結果を表 3 に示す。

表 3. 設定した地滑りモデルと解析結果

モデル	N (°)	E (°)	半径 (m)	層厚 (m)	三陸		十勝	
					K	κ	K	κ
model6	143.3	41.6	2000	70	14.13	1.52	17.8	1.77
model7	143.3	41.6	4500	30	8.22	1.55	9.75	1.71

2 つのモデル, 特に model.6 では 2 つの地域の痕跡に対する K 値が大きく, 水位がさほど上昇しなかったことがわかる。一方, κ にはモデルによる差は見られない。等しい地点に設定したことから, 水位の伝播が同様に起こったためと考えられる。

5. 結論

十勝沿岸の最高水位には三陸沖に同時に設定した断層の影響はほとんどないことがわかった。逆も同様である。これらにより, 1611 年慶長三陸津波と十勝沿岸で発見された 17 世紀初頭の巨大津波の発生時間に差があった可能性も示唆される。

海底地滑りを設置し滑らせた結果, 水位はさほど大きくならなかったが, 層厚よりも半径の方が津波の高さへの影響が大きかった。これは, 地滑りの体積を考える際に層厚は 1 次関数で効くのに対し, 半径は 2 次関数で効いてくるためだと考えられる。今後はパラメータを変化させて痕跡との比較・検討を進めていく。

<参考文献>

- 1) 佐藤良輔 (1989) : 日本の地震断層パラメータハンドブック, pp. 122, 219, 269
- 2) 平川一臣・中村有吾・越後智雄 (2000) : 十勝地方太平洋沿岸地方の巨大古津波, 月刊 地球/号外 No. 31, pp. 92-98
- 3) 松本智裕・他 (1998) : 土石流による津波発生モデルの開発, 海岸工学論文集, 第 45 巻 (1), pp. 346-350
- 4) MH21 ホームページ : <http://www.mh21.japan.gr.jp/mh-1.html>, 独立法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構