

新しい痕跡を考慮した十勝沖の17世紀の津波波源の検討

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、調査の結果算出された痕跡値は、前述の相田が提唱した断層モデルを用いて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、慶長三陸津波の発生メカニズムの解析を目的とし、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なった。

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。

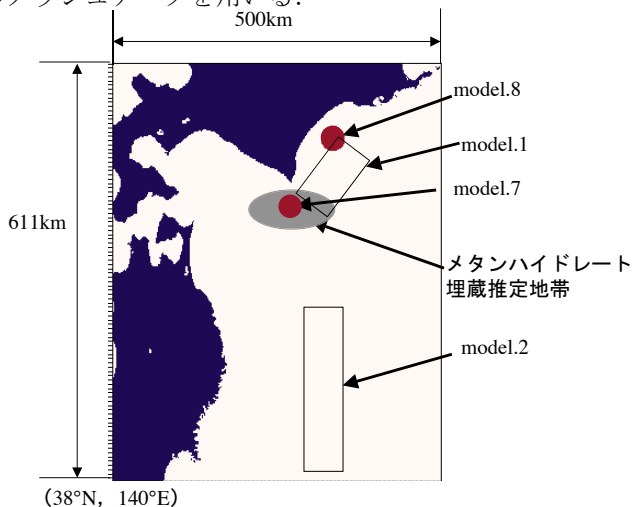


図1. 解析領域

2.2. 断層運動による津波伝播計算

(1) 支配方程式と差分法

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。

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

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

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

方程式は Staggered leap-frog 法を用いて差分法を行ない、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、十勝沖にも断層を設定する。十勝沖の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	4	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

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

キーワード: 慶長三陸津波, 津波波源, 断層モデル, 海底地滑りモデル

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11-1106, 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター,
TEL022(795)7515, FAX022(795)7514

断層による津波伝播計算と同じ計算条件とする。

3. 断層モデルの検討

表 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. 設定した断層モデルと解析結果

モデル	三陸		十勝	
	K	κ	K	κ
model.1	1.594	1.575	8.313	1.458
model.2	6.977	1.743	3.817	1.425
model.3	4.467	1.735	7.558	1.546
model.4 (1+2)	1.548	1.563	3.737	1.424
model.5 (1+3)	1.738	1.436	6.145	1.528

解析結果より，三陸沿岸の最高水位は三陸沖の断層による影響を強く受けるが，同時に設定した十勝沖の断層の影響はほとんどないことが分かる．また，逆に十勝沿岸の最高水位も三陸沖の断層の設定の有無に影響を受けていない．これらの結果より各沿岸の痕跡に対する波源モデルは独立に設定することができると考えられる．

以上の考えより各痕跡に対する断層を独立に設定した．三陸沿岸の痕跡は断層パラメータの変更である程度説明できたが，十勝沿岸の痕跡は断層モデルでは説明できないことが分かった．表 3 に三陸沿岸の痕跡に対する断層波源モデルと解析結果を，図 2 に痕跡値と解析による最高水位の比較結果を示す．

表 3. 本研究における三陸沖波源モデルと解析結果

断層モデル	N (°)	E (°)	L (km)	W (km)	TH (°)	DL (°)	RD (°)	U (m)	H (km)
model.1 (既往モデル)	40.17	144.5	245	50	183	45	270	8	1
model.6 (検討モデル)	41.58	143.58	235	60	183	45	270	7.4	1

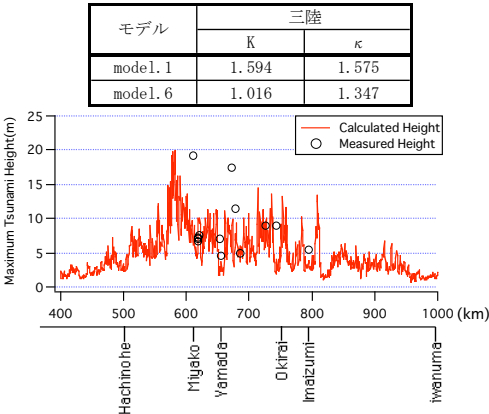


図 2. 痕跡値と解析結果の比較

4. 海底地滑りモデルの検討

十勝沿岸の痕跡は断層モデルによる説明はできなかったため，新たな波源モデルとして海底地滑りモデルを検討した．十勝沖ではメタンハイドレートの存在が

有力視されており，津波発生の原因となりうる危険も無視できないものとなっている．本研究ではメタンハイドレートの存在が推定される地帯と未固結の堆積物が多く存在する十勝川河口の 2 カ所（場所は図 1 に示した）に海底地滑りモデルを設定して検討を行なった．地滑りは単純な円柱とし，半径と層厚をパラメータとして設定した．設定したモデルと解析結果を表 4 に示す．

表 4. 設定した地滑りモデルと解析結果

モデル	位置 (N,E)	半径 R	層厚 T	十勝	
				K	κ
model.7	(41.6°, 143.3°)	15km	100m	0.922	1.358
model.8	(42.5°, 144.1°)	15km	100m	0.987	1.645

解析結果には断層モデルでは再現できなかった局地的な水位の分布が見られた．2 つのモデルによる解析結果を比較し，よりその分布が痕跡と一致した model.8 をもとにパラメータの変更を行ない，model.9 が得られた．表 5 に十勝沿岸の痕跡に対する海底地滑り波源モデルと解析結果を，図 3 に痕跡値と解析による最高水位の比較結果を示す．

表 5. 本研究における十勝沖波源モデルと解析結果

モデル	地滑り設定位置 (N,E)	半径 R	層厚 T	十勝	
				K	κ
model.9	(42.37°, 143.89°)	15km	100m	0.952	1.308

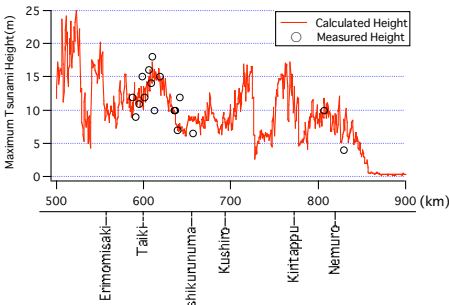


図 3. 痕跡値と解析結果の比較

5. 結論

十勝沖の新たな痕跡を考慮し三陸，十勝各沿岸の痕跡に対して断層モデル，海底地滑りモデルを用いて検討を行なった．その結果，三陸沿岸の痕跡は既往モデルを基にした断層モデルによって，十勝沿岸の断層は十勝川河口より南西に設置した地滑りモデルによって説明することができた．

-参考文献-

1) 相田勇, 1977, 1978, 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・西村裕一 (2005) : 北海道太平洋沿岸の完新世巨大津波—2003 十勝沖地震津波との比較を含めて—, 月刊地球／号外, No. 49, pp. 173-180
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