

2003 年十勝沖地震津波の波源域の推定

永田祐一郎* ・高橋 智 幸**・松 富 英 夫***
今井健太郎****・鈴 鹿 陽*****

北海道十勝沖には予てより想定震源域が設定されており, 巨大地震の発生が懸念されていた。そして, 2003 年 9 月 26 日, この海域においてマグニチュード 8.0 の地震が発生し, それに伴う津波が北海道から東北地方の太平洋沿岸の広い範囲に來襲した。しかし, 津波に関する現地調査結果 (高橋ら, 2004) は想定域の西側部分で大きな津波エネルギーが発生した可能性を示唆していた。そこで, 津波数値計算により断層モデルに関するパラメータ・スタディを実施し, 地震津波の波源の推定を行った。その結果, 十勝沖想定震源域の東側部分では依然として歪みエネルギーが開放されていない危険性の高いことが明らかになった。

1. はじめに

2003 年 9 月 26 日の午前 4 時 50 分頃に北海道十勝沖を震源とするマグニチュード 8.0 の地震が発生した。この地震に伴う津波 (以下, 2003 年津波) は北海道から東北地方の太平洋沿岸の広い範囲に來襲して各地に被害を与えた。

十勝沖では 1952 年にもマグニチュード 8.2 の地震により巨大津波 (以下, 1952 年津波) が発生しており, 津波危険度の極めて高い地域である。千島海溝付近には十勝沖の他に根室沖, 色丹島沖, 択捉島沖といった想定震源域が存在する (図-1)。地震調査研究推進本部 (以下, 推本) (2003) によるとこの地域での今後 30 年以内の巨大地震の発生確率は根室沖と色丹島沖が 20%~30%, 択捉島が 40%程度であり, 今回の十勝沖地震を考慮しても, 千島海溝付近での巨大地震の危険性は依然として高い状態にある。特に, 十勝沖の想定震源域は根室沖の想定震源域と接続しているため, 2003 年十勝沖地震で応力を十分開放していない場合, 今後根室沖地震と同時に発生する可能性が高い。その場合, 広い範囲により大きな津波が來襲する危険性があり, 今後の津波災害の危険度を定量的に評価しておく必要がある。

そこで, 本研究は 2003 年十勝沖地震津波について提案されている断層モデルを基本としてパラメータ・スタディを実施し, 津波数値計算結果と現地調査結果や検潮記録を比較することにより, 2003 年津波の波源の推定を行うことを目的とした。

2. 波源域の推定方法

波源の推定は現地調査結果 (高橋ら, 2004) で得られた遡上高分布と津波の数値計算結果を比較することに

よって行った。図-2 に十勝沖想定震源域及び根室沖想定震源域を示す。推本は図-2 の領域 A を十勝沖震源域と想定しており, 今回の地震がこの領域で発生したとすれば当面地震発生危険性は下がることになる。しかし, 被災直後に行われた津波に関する現地調査結果によると 2003 年津波による遡上高分布は 1952 年津波に比べて西側で高くなっている。1952 年津波は領域 A で発生しているが, これらの相違から 2003 年津波は領域 B のみで

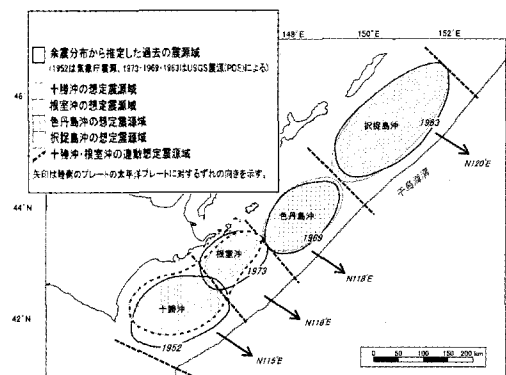


図-1 推本 (2003) による震源域及び想定震源域

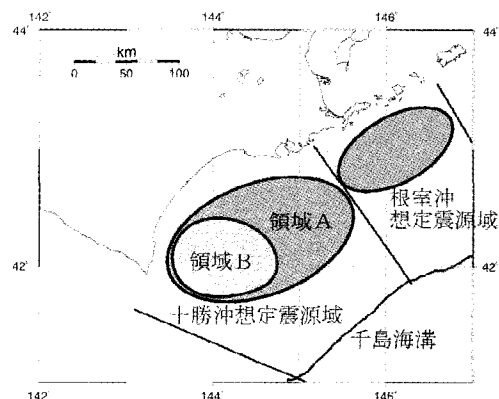


図-2 十勝沖想定震源域及び根室沖想定震源域

* 正 会 員 株式会社浅沼組
** 正 会 員 博(工) 秋田大学助教授 工学資源学部土木環境工学科
*** 正 会 員 工 博 秋田大学助教授 工学資源学部土木環境工学科
**** 学生会員 修(工) 秋田大学大学院工学資源学研究所
***** 学生会員 秋田大学大学院工学資源学研究所

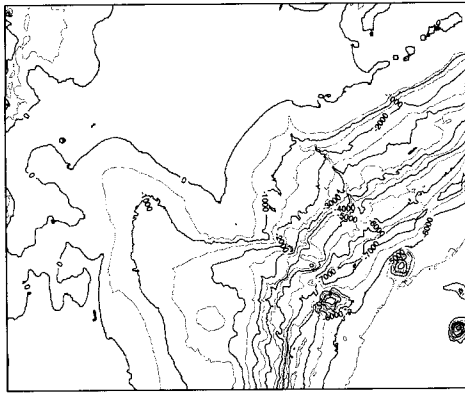


図-3 数値計算領域

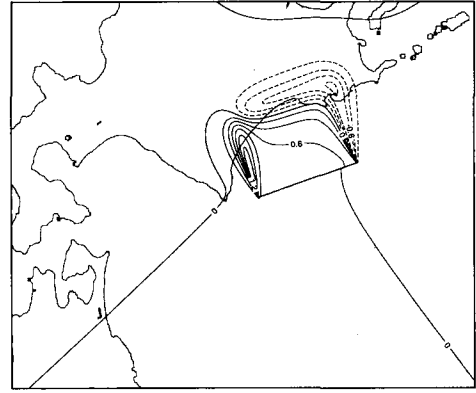


図-4 モデル A による初期波形

発生した可能性が示唆されている。領域 B のみで断層運動が生じたとすると、領域 A の東側部分では応力開放が行われていないため、根室沖想定震源域と連動して巨大地震の発生する危険性が高くなる。そこで、領域 A 及び B を波源域とした津波数値計算を実施し、現地調査結果や潮位記録と比較することにより、2003 年津波の波源域の推定を行った。

3. 計算条件

数値計算範囲は北緯 40 度～44 度、東経 140 度～147 度、格子間隔は 405 m と設定した。計算範囲を可視化したものを図-3 に示す。また、津波波源は領域 A を震源域とした断層モデルとして Harvard 大学の CMT 解 (以下、モデル A)、領域 B を震源域としたものとして東大地震研の遠地実体波解析結果 (以下、モデル B) を採用し、Mansinha・Smylie (1971) の理論を用いて求めた。モデル A による初期波形を図-4 に、モデル B による初期波形を図-5 に、またそれぞれの断層パラメータを表-1 に示す。初期波形の図では実線が海面の隆起、点線が沈降を表している。なお、モデル A による最大隆起は 1.51 m、最大沈降は -0.91 m、モデル B ではそれぞれ 1.12 m と -0.50 m であった。津波の伝播計算は線形長波理論を

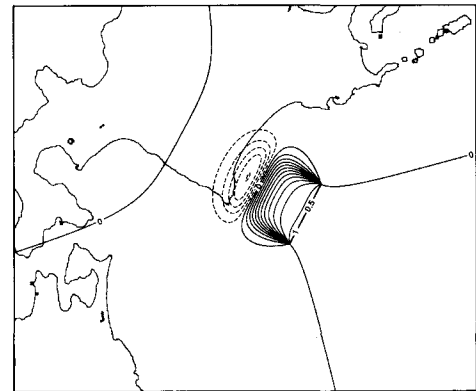


図-5 モデル B による初期波形

支配方程式とした Staggered Leap-frog 法によって行った。境界条件は陸側を鉛直壁、海側を自由透過とした。時間ステップは $t=1$ s、再現時間は 2 h と設定した (高橋, 2002)。

4. 計算結果

(1) 汀線での遡上高分布の比較

汀線での遡上高分布の数値計算結果と現地調査結果の比較を行う。今回の数値計算では格子間隔を 405 m に設定した。1952 年津波及び 2003 年津波の遡上高分布の現地調査結果を図-6 に、モデル A 及び B から計算した遡上高の分布を図-7 に示す。ただし、同図では、両モデルによる分布特性を比較するため、メカニズム解から与えられたすべり量をそのまま用いており、遡上高に応じた調整は行っていない。モデル A では西側が低く、東側が高い分布となり、2003 年津波の現地調査結果との対応は悪い。むしろ 1952 年津波による津波遡上高分布との対応は良く、領域 A を波源とする場合は東側により多くの津波エネルギーが伝搬したことを示している。一方、モデ

表-1 採用した断層モデルのパラメータ

	モデル A	モデル B
Length (km)	130	80
Width (km)	100	80
Depth (km)	0	0
Strike (deg)	252	210
Dip (deg)	11	17
Slip (deg)	136	91
Dislocation (m)	4.6	3.6
Longitude (°)	E 145.22	E 144.65
Latitude (°)	N 42.33	N 42.148

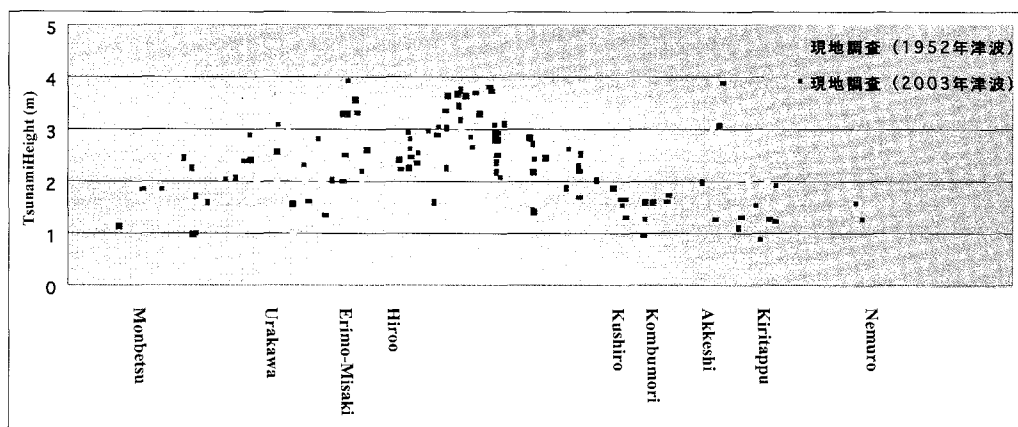


図-6 1952年津波及び2003年津波の遡上高分布の現地調査結果

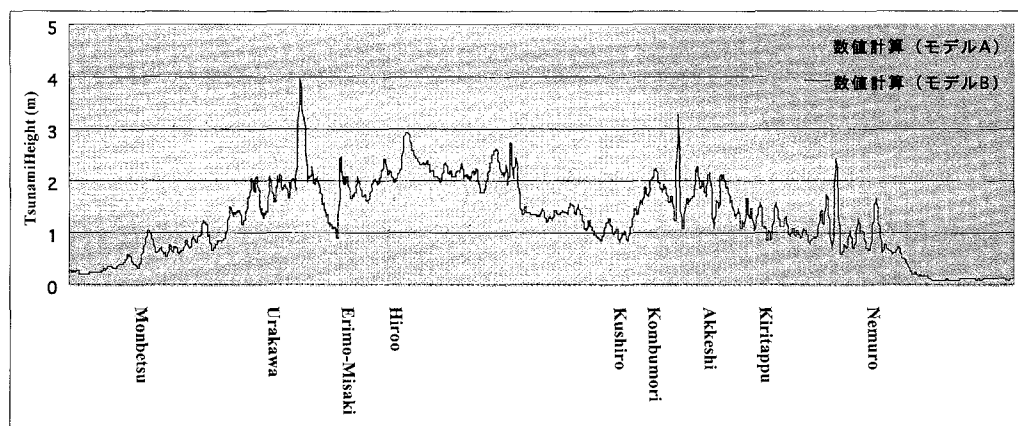


図-7 モデル A 及びモデル B から計算した遡上高分布

ル B では 2003 年津波と同様に西側が高く、東側が低い分布となっており、今回の現地調査結果との対応は良い。このことから、2003 年津波では領域 B で多くのエネルギーが発生した可能性を示している。

(2) パラメータ・スタディ

モデル A で 2003 年津波の分布特性を再現できなかった原因としては、波源域の位置と津波の指向性の二つが考えられるが、(1)では前者を仮定して考察を行って

る。よって、ここでは後者が原因でないことを確認するため、走向に関するパラメータ・スタディを行った。走向は 252° (モデル A) $\sim 202^\circ$ まで 10° ずつ変化させ、数値計算を行った。パラメータ・スタディに用いた断層パラメータを表-2 に示す。また、計算結果の一例として、走向 202° のケースとモデル B の比較を図-8 に示すが、いずれのケースにおいても 2003 年津波を再現することはできなかった。これらのことより、モデル A の問題は津波の指向性ではなく波源域の位置であると考えられる。

(3) 検潮記録との比較

各地点における計算された水位の時間変化と検潮記録の比較を行う。検潮所での記録値は、実際に陸域へ遡上した津波に比べて小さくなることが多い。これは検潮記録の目的が潮位観測であり、潮位の周期に合わせて設計されているためである。したがって、潮位変化に比べて周期の短い津波の振幅は減衰して記録される場合が多い。また、検潮記録には津波が検潮所を通過する際の水

表-2 パラメータ・スタディに用いた断層パラメータ

	Strike= 242°	Strike= 232°	Strike= 222°	Strike= 212°	Strike= 202°
Length (km)	130	130	130	130	130
Width (km)	100	100	100	100	100
Depth (km)	0	0	0	0	0
Strike (deg)	242	232	222	212	202
Dip (deg)	11	11	11	11	11
Slip (deg)	136	136	136	136	136
Dislocation (m)	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Longitude ($^\circ$)	E 145.287	E 145.301	E 145.285	E 145.238	E 145.162
Latitude ($^\circ$)	N 42.452	N 42.577	N 42.714	N 42.841	N 42.960

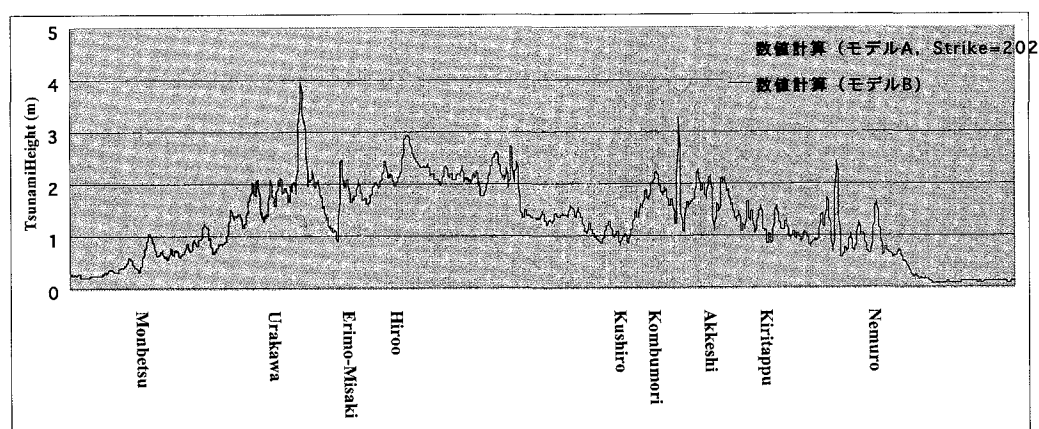


図-8 遡上高分布の計算結果 (モデル A (Strike=202°), モデル B)

表-3 2003 年 9 月 26 日各地点での第一波と最大波の到達時間と水位

	第一波		最大波	
	到達時間	水位 (m)	到達時間	水位 (m)
函館	26 日 6:05	0.3	26 日 8:18	0.8
室蘭	26 日 5:26	-0.1	26 日 7:26	0.3
浦河	26 日 5:07	0.2	26 日 6:24	1.3
釧路	26 日 5:06	1	26 日 9:03	1.2
根室市花吹	26 日 5:27	0.9	26 日 5:40	0.9

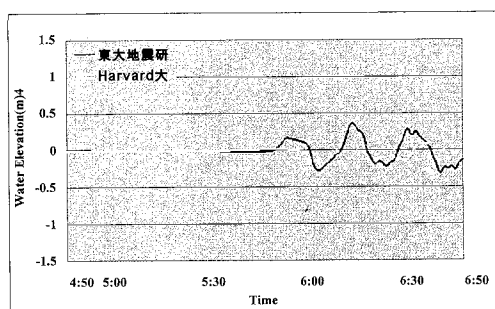


図-9 函館での水位の時間変化の数値計算結果 (モデル A (Harvard 大学), モデル B (東大地震研))

位が記録されているが、計算結果では津波の進行が終了した時、すなわち位置エネルギーのみになった時の高さを出力している。以上の理由から数値計算結果と検潮記録は、津波の到達時間や波の押し引きなどの時間変化について比較を行う。

表-3 は 2003 年 9 月 26 日午前 0 時から午後 10 時までの検潮記録から各地点での第一波と最大波の到達時間と水位を読み取ったものである。また図-9～図-13 は各地点での水位の時間変化についてモデル A とモデル B を用いて数値計算を行った結果である。検潮記録と各数値計算結果を比較すると、函館を除いた全地点において、モデル B ではモデル A と比較して第一波の到達時間

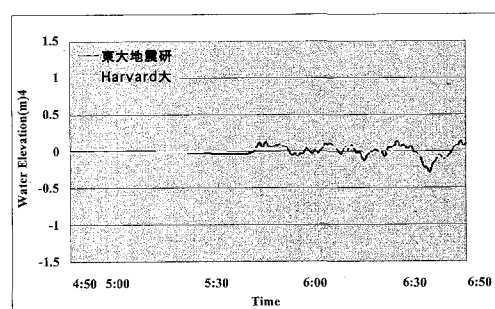


図-10 室蘭での水位の時間変化の数値計算結果 (モデル A (Harvard 大学), モデル B (東大地震研))

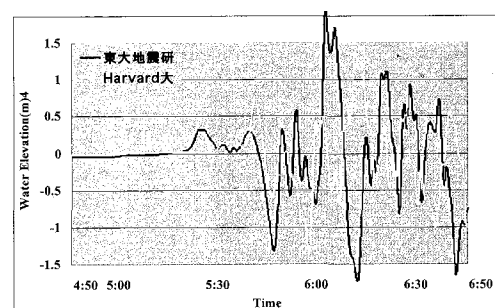


図-11 浦河での水位の時間変化の数値計算結果 (モデル A (Harvard 大学), モデル B (東大地震研))

がよく再現されている。特に釧路では第一波以降の津波到達時間の対応も良い。また、室蘭では第一波が引き波で到達しているという特徴も再現されている。なお、函館においては、モデル A 及びモデル B とも再現性が低いがこの原因は不明である。

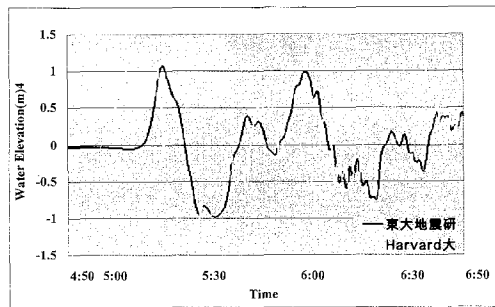


図-12 釧路での水位の時間変化の数値計算結果 (モデル A (Harvard 大学), モデル B (東大地震研))

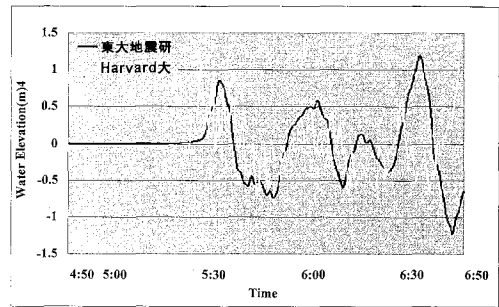


図-13 根室市花咲での水位の時間変化の数値計算結果 (モデル A (Harvard 大学), モデル B (東大地震研))

5. 結 論

モデル B (想定震源域の西側部分で津波が発生したと仮定したケース) による計算結果は 2003 年十勝沖地震津波を良好に再現することができたが、モデル A (想定震源域の全体で津波が発生したと仮定したケース) 及びこれに基づくパラメータ・スタディでは今回の津波を再現するには至らなかった。また、モデル A について走向に関するパラメータ・スタディを行った結果、全てのケースで 2003 年十勝沖地震津波を再現することができず、モデル B の問題は津波の指向性ではなく、波源域の位置にあると考えられた。

以上の 2003 年十勝沖地震津波に関する調査・観測資料と数値計算結果の比較から、2003 年十勝沖地震は十勝沖想定震源域の西部 (領域 B) で発生した可能性が高いことが示された。よって、十勝沖想定震源域の東部では依然

として応力が蓄積された状態にあるため、根室沖想定震源域と連動して巨大地震が発生する危険性が高いと考えられる。

参 考 文 献

- 地震調査研究推進本部 (2003): 千島海溝沿いの地震活動の長期評価, 31 p.
- 高橋智幸 (2002): 津波の解析技術—南海地震津波を例として—, 土木学会水工学シリーズ, 02-B-5.
- 高橋智幸ら (2004): 2003 年十勝沖地震津波に関する現地調査, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 1356-1360.
- 東京大学地震研究所ホームページ (<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/EISED>)
- Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971): The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.
- Tanioka et al. (2003): Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake Earth planet and Space, 印刷中.