

北海道南西沖地震津波の二・三の特徴について

Some characteristics of Hokkaido Nansei-Oki Earthquake Tsunami

見上敏文*・柴木秀之**・後藤智明***

Toshifumi Mikami, Hidenori Shibaki and Chiaki Goto

The tsunami caused by the Hokkaido Nansei-Oki Earthquake ($M=7.8$) on July 12, 1993 brought severe damages over wide area along the Japan sea. The topical points of the Hokkaido Nansei-Oki Earthquake tsunami are : (1) This tsunami was generated at a location where earthquakes have not been observed before. (2) The runup of this tsunami records maximum height in the recent years. (3) Effects of trapping produced serious devastations at Okushiri Island .

This paper aims to present some characteristics of this tsunami with the analysis of field survey, theoretical analysis and the numerical simulation.

KeyWords : tsunami, Hokkaido Nansei-Oki Earthquake, field survey, theoretical analysis, numerical simulation

1. はじめに

平成5年7月12日22時17分、マグニチュード7.8の地震で発生した北海道南西沖地震津波は、奥尻島を中心とした日本海沿岸に甚大なる被害をもたらした。このように被害が大きくなった理由としては、地震の規模が1983年の日本海中部地震を上回るほど大きく、震源域が奥尻島の直下に近かったことによるものと推測される。

北海道南西沖地震津波に関しては、地震予知、警報体制、災害対策などの視点から以下の項目が活発に議論されている。すなわち、①地震の空白域で発生した津波であること（震源域と波源域の問題）、②近年の最大遡上高を記録したこと（沿岸の津波高の問題）、③奥尻島の周辺に津波がトラップされ被害を大きくしたこと（島による津波増幅の問題）が挙げられる。

本報告は、主としてこれら3項目に着目し、この北海道南西沖地震津波について、現地資料解析、数値シミュレーション解析、理論解析結果を用いて現象の特徴を明らかにする。

2. 震源域と波源域

プレートテクトニクス理論によると、日本列島は、図-1に示すような4枚のプレートの上に乗っていると考えられている。北海道南西沖地震津波は、ユーラシアプレートが東方向に北米プレートに潜り込む境界線上で発生した地震によるものと判断できる。潜り込み境界線付近で発生した近年の地震としては、1741年の渡島大島地震 ($M6.9$)、1964年の新潟地震 ($M7.5$)、1940年の積丹半島沖地震 ($M7.5$) と1983年の日本海中部地震 ($M7.7$) があり、今回の津波はこれらの地震でエネルギーの開放がなされなかった空白域で発生したものと考えられている。（なお、1741年の渡島大島地震は、火山噴火に伴う地震であったという学説もある。）

津波の波源域に関しては、東北大学工学部災害制御研究センターにおいて、奥尻島の地殻変動、津波の痕跡記録や津波の到達時間などの情報および、数値シミュレーションによる現象の再現性の検討から、暫

*正会員 (株) アルファ水工コンサルタンツ 技術開発部 (063 札幌市西区発寒9-14-516-336)

前運輸省港湾技術研究所 水工部 海洋エネルギー利用研究室 (研修生)

**正会員 (株) エコー 第一技術部解析調査課

前運輸省港湾技術研究所 水工部 海洋エネルギー利用研究室 (研修生)

***正会員 東海大学工学部土木工学科

前運輸省港湾技術研究所 水工部 海洋エネルギー利用研究室

定的に表-1に示す断層パラメータおよび、図-2に示すような波源域の推定が行われている¹⁾。この結果によれば、地震断層面は、図-2の中で中破線で示したように、北側および、南側の2つの断層面で構成されている。この断層モデルを用いて弾性論で近似的に求めた海底地盤変動量の分布は²⁾、前述の図-2に、海底地盤変動量が正、すなわち海底および陸地が隆起した部分の等高線を0.5m間隔に細い実線で、海底地盤変動量が負、すなわち海底および陸地が沈降した部分の等高線を0.1m間隔に細い破線で示している。この分布をみると、北側の断層では西下りの逆断層となっているため、海底地盤の隆起部分の西側に海底地盤の沈降する部分が存在している。海底地盤の隆起および沈降量は、断層面の傾きが緩やかで鉛直方向の変位量も比較的少ないため、隆起部分で最高1.0m程度、沈降部分で0.2m程度の変動量となっている。これに対して、南側の断層では東下りの逆断層となっているため、海底地盤の沈降部分は隆起部分の東側に存在している。海底地盤の隆起および沈降量は、断層面の傾斜が急で鉛直方向の変位量が大きいため、隆起部分で最高4.0m程度、沈降部分で0.5m程度と大きな変動量となっている。

また、波源域全体では南北方向に長い楕円形の形状を成しており、津波初期波形の水面勾配は東西方向に急で、南北方向では緩やかである。これより、波源域から伝播する津波エネルギーは東西方向に多く放出され、南北方向に放出される津波エネルギーは比較的少ない。日本海沿岸で被害が大きかった理由の一つはこの津波が持つ指向性によるものである。この特徴は、日本海沿岸に位置する断層プレートの境界面が南北方向に延長を持つため、日本海で発生する津波の波源域は南北方向に長軸を持つ楕円形になることが多い。故に、日本海で発生する津波の指向性は東西方向に強く、南北方向に長い日本海沿岸の海岸線は地理的に津波の被害が大きくなりやすい。

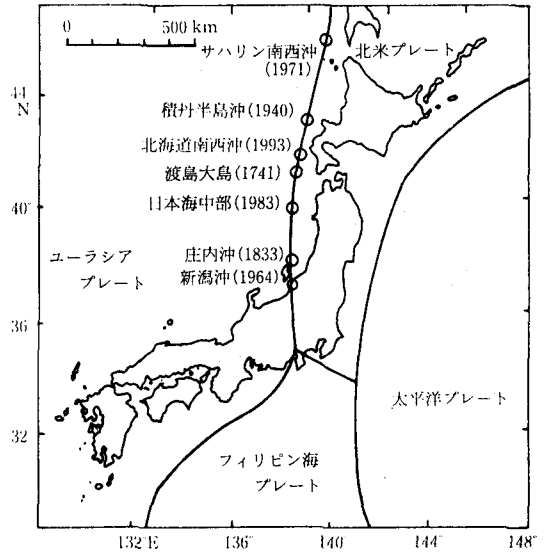


図-1 日本列島付近の地殻プレート

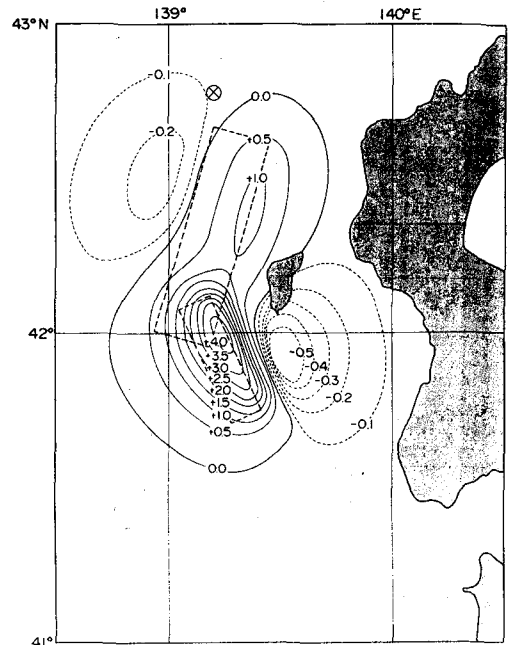


図-2 津波の波源域 (東北大学 DCRC-4 モデル)

表-1 断層パラメータ (東北大学 DCRC-4 モデル)

	断層面の長さ	幅	すべり量	横ずれ変位	縦ずれ変位	すべり角	走行	傾斜角	断層面上縁深さ
	L (Km)	W (Km)	D (m)	Us (m)	Ud (m)	λ (°)	ϕ (°)	δ (°)	Zd (Km)
断層1 (北側)	75	25	4.00	0.69	-3.94	80	193	30	15
断層2 (南側)	50	25	8.99	-2.33	-8.68	105	157	60	7

図-5は最大水位分布図，津波第1波到達時刻および最大水位沿岸方向分布の計算値と観測値の比較を示したものである。最大水位の沿岸分布では，波源からの距離が短い奥尻島および北海道沿岸で高くなっているほかに，佐渡島および能登半島先端部において周囲に比較して水位が高く算出されており島および，半島地形が津波をトラップした結果，津波を増幅させていたことが数値計算によっても確認することができる。

計算値と観測値の比較においては，第1波の到達時刻は計算値が観測値よりも10~15分程度早く算出されているが到達時刻の沿岸方向分布の傾向は一致している。また，最大水位については，全体の傾向は計算値と観測値ではほぼ一致しているが，計算値の方が観測値よりも幾分低い値となっている。この結果は，沿岸地形の近似精度の低さに起因しているものと考えられる。これについては今後，沿岸地形の近似精度を向上させるため沿岸部ではさらに格子間隔を小さくして多領域の接続計算を行い，非線形長波理論式に基づき計算を行うことで解決されるものと考ええる。

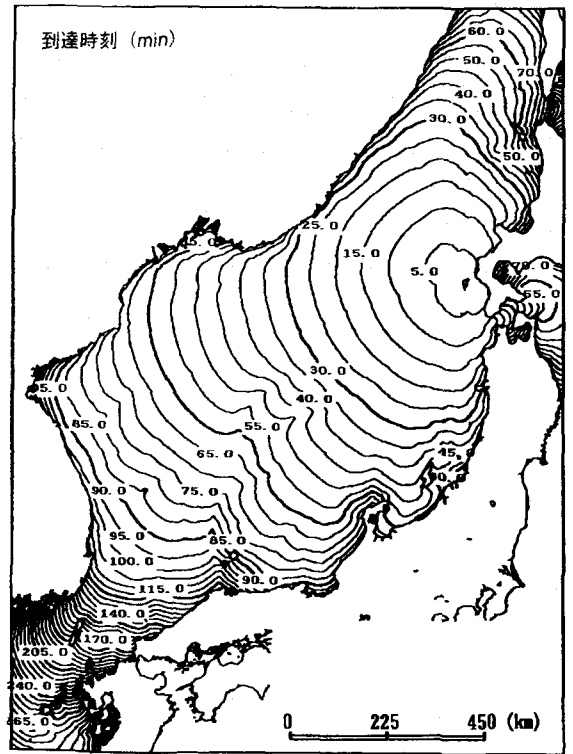


図-4 津波先端の到達時間

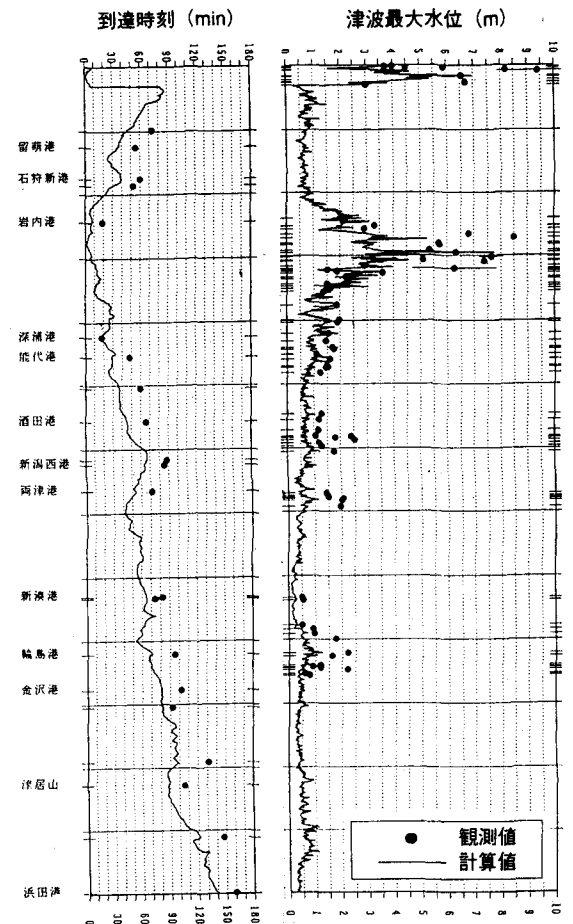
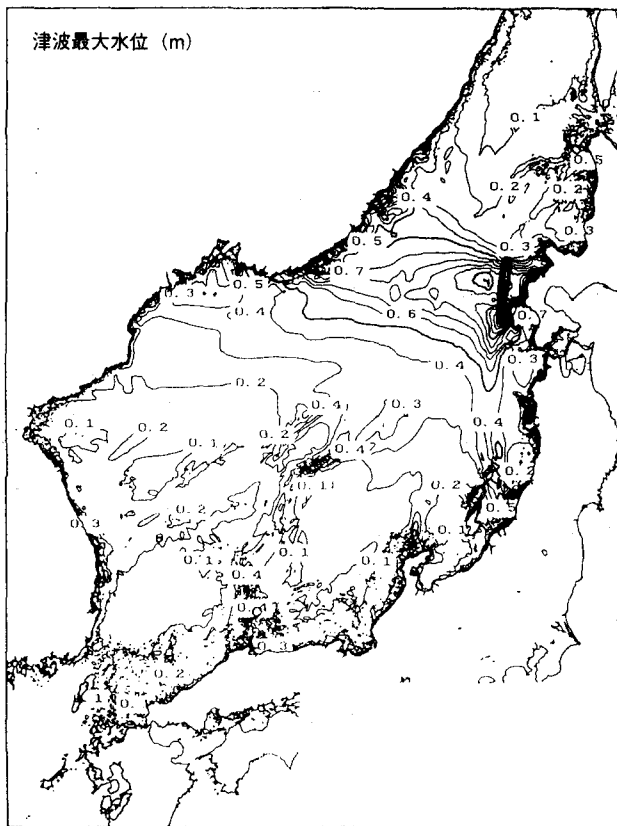


図-5 最大水位，津波先端到達時刻・最大水位沿岸方向分布の計算値・観測値の比較

4. 島による津波増幅

奥尻島の津波被害が最も大きかった理由としては、津波の波源域に位置したことと奥尻島に津波がトラップされたことによる。このトラップ現象については、波源から遠く離れた佐渡島や隠岐でも漁船が流される等の被害があり、島が津波に弱い地形であることが今回改めて確認された。

円形島まわりの津波高に関して、長波が島に捕捉された場合の島周囲における波高分布理論解と奥尻島における津波痕跡値の比較結果³⁾を図-6に示す。奥尻島を図-6(a)の点線で示すような円形島(半径8km, 斜面勾配0.075)で近似した場合、図-6(b)に比較されるように実線(理論解)と丸印(痕跡値)は、島のまわりに沿って津波高の高い地点と低い地点が交互に現れることなど定性的に良好な一致を示す。なお、藻内地区から初松前地区にかけて理論解より痕跡値が大きくなるのは、理論解析で考慮できない局所地形の効果が原因と考えられる。

島に襲撃する津波に関して特に防災対策上問題となるのは、トラップされることにより津波が増幅することである。図-7は1次元伝播としての斜面上の津波遡上高を基準とした場合の島にトラップされる津波の増幅特性(島の半径・周期等と増幅率の関係)を示したものである。図中の白丸は増幅率： $R_{Hmax}/R_{H1-D}=1.0$ の点をプロットしたもので、黒丸は $R_{Hmax}/R_{H1-D}=2.0$ の点をプロットしたものである。同図が示すように島の場合は複数の共振周波数が存在するため任意の増幅率を示すコンターは非常に複雑な形状となる。図中の折れ線は捕捉特性を示すもので、増幅率が1倍以下、1~2倍および2倍以上の領域を示すのである。これより、周期が長く($1/\beta$ が大きく)、 r_2/r_0 が小さければトラップによる顕著な波高増幅はなく。反対に黒丸でプロットされた点付近では2倍程度の増幅が生じる可能性があることを示す。北海道南西沖地震津波における奥尻島での場合を同図に当てはめると、 $1/\beta=0.37$ 、 $r_2/r_0=2.5$ となり、2倍程度の増幅率となることが分かる。しかしながら、島の半径と周期の組み合わせによっては3~5倍の増幅率となる可能性もあり、島における防災対策では十分な注意が必要である。

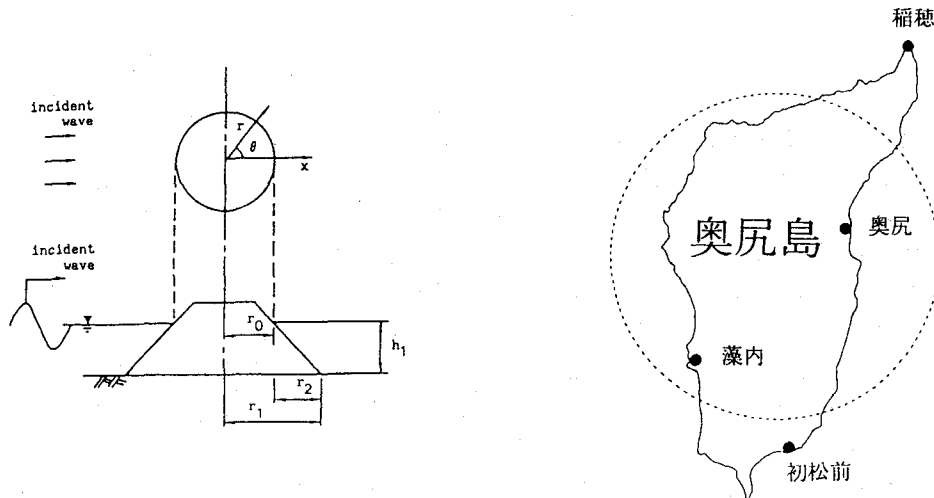


図-6(a) 奥尻島の円形島近似

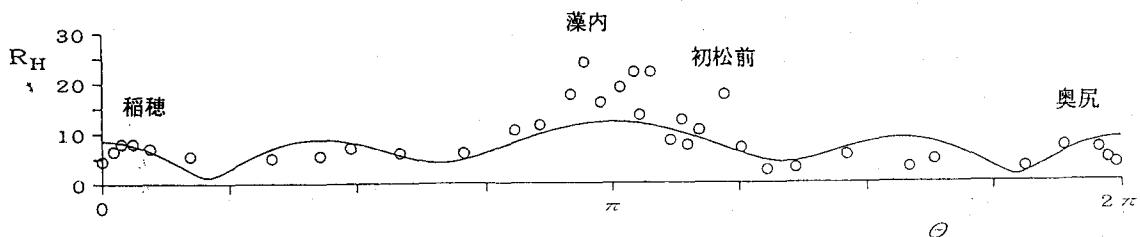


図-6(b) 奥尻島の津波高に関する理論解と痕跡値の比較

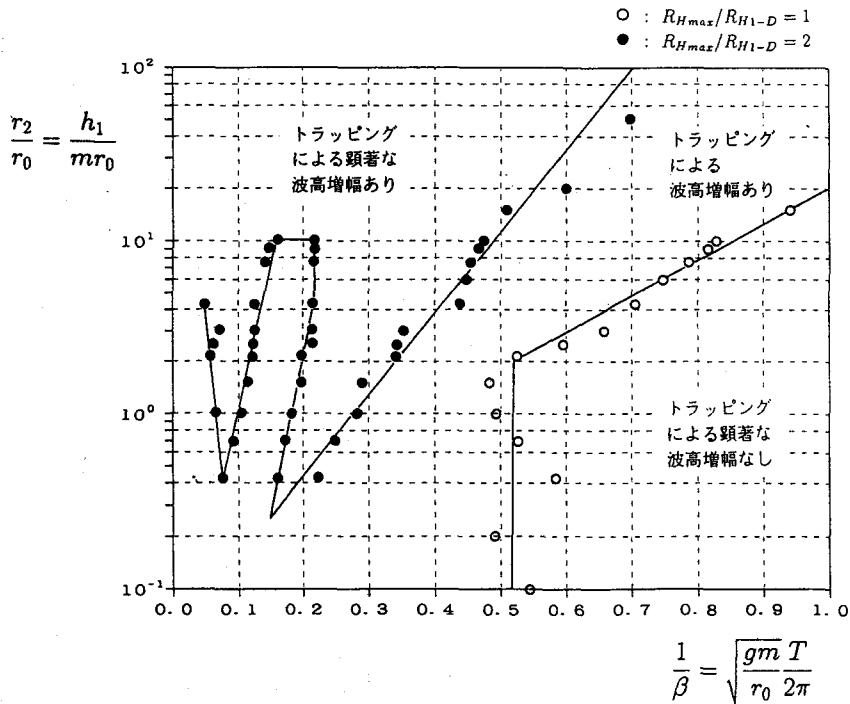


図-7 円形島における津波の増幅特性 (m: 斜面勾配, r_0 : 島半径, h_1 : 水深, T: 津波の周期)

5. おわりに

本報告では、北海道南西沖地震津波について、現地資料解析、数値シミュレーション解析、理論解析を行い、現象の特徴について述べた。主要な結論は以下のとおりである。

- ①津波の波源域は奥尻島を含む形で南北に長い形状をしており、津波エネルギーが放出する指向性は東西方向に強い。このため奥尻島および日本海沿岸での被害が大きくなった。
- ②津波痕跡値の現地資料および、数値シミュレーション結果から津波の規模が非常に大きなものであったこと、奥尻島、佐渡島、能登半島などにおいては地形により津波がトラップされていることが確認された。また、数値シミュレーション結果と津波到達時刻、痕跡値の観測値は定性的に一致する。
- ③長波が円形島に捕捉された場合の波高分布理論解と奥尻島における津波痕跡高は定性的に良い一致を示す。

以上のように、本報告では北海道南西沖地震に関する特徴を概略的に述べたが、今後は詳細な数値シミュレーションの実施や、運輸省港湾局において実施されている波浪観測システム (NOWPHAS system) で観測された津波波形との比較等から、現象の詳細な解明を行う予定である。

謝辞：本報告のとりまとめにあたっては、防衛大学校藤間功司講師、運輸省港湾技術研究所水工部海洋エネルギー利用研究室青野利夫氏 (科学技術庁特別研究員, 現東亜建設工業) の助言を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高橋智幸, M. Ortiz, 高橋武之, 首藤伸夫: 津波を説明するための北海道南西沖地震津波初期波形, 日本地震学会講演予稿集, 1994年度春期大会
- 2) Mansinha, L. and D. Smylie: The displacement fields of inlined faults, Bull., Seismol. Soc. Am., Vol.61, p.1433, 1971
- 3) 藤間功司, 後藤智明: 円錐形の島に捕捉された長波の特性, 土木学会論文集 (投稿中)