

## 2006 年千島列島沖地震津波の我が国への伝播特性

宗本 金吾\*・越村 俊一\*・今村 文彦\*

## 1. はじめに

2006 年 11 月 15 日に発生した千島列島沖地震津波は、規模こそ小さかったが特徴的な津波であった。その特徴とは、津波第一波が到達してから最大波が到達するまでの時間が非常に長かったという点にある。具体的には、多くの検潮所で第一波から 4 ~ 5 時間以上遅れて最大波が観測された。中でも特に、東北地方の大船渡や石巻鮎川では、津波注意報解除後の第一波来襲から 6 ~ 7 時間後に最大波が観測され、また同時間帯に漁船被害が発生した。こういった事態を招いた背景には、気象庁の津波データベースが、発生から一時間以上経過後に来襲する遠地津波に対して、整備が不十分であることが挙げられる。そのため遠地津波に関しては、知見の積み重ねが重要になってくる。そこで本稿では、本津波における最大波出現時間について検討を行なう。ところで、一般に津波の最大波は第一波であるとは限らない。最近の例においても、1994 年北海道東方沖地震津波や、2003 年十勝沖地震津波のケースなどにおいて、第一波到達から数時間経過後に最大波が観測されている。越村ら (1996) や大垣ら (2004) によると、これらの事例では陸棚上を屈折反射を繰り返しながら到達するエッジ波が発生していたと考えられている。エッジ波の経路は、波源から直接到達する直接波と比べ、屈折・反射を繰り返す分長くなるので、到達時間は遅くなる。よって本津波でもエッジ波が発生していた可能性がある。しかし、既往の研究によるとエッジ波の到達時間は、5 時間 (1994 年東方沖地震津波の際の釧路)、また

は 6 時間以内 (2003 年十勝沖地震津波) であるのに対して、本津波における最大波の遅れは第一波来襲から 6 ~ 7 時間後と、エッジ波によってのみ引き起こされたとするには遅すぎる感がある。また、本津波を数値シミュレーションで可視化を行なったところ、太平洋上の天皇 - ハワイ海山列上で散乱波が発生し、我が国に到達していることが確認出来る。散乱波は波源から一度天皇 - ハワイ海山列に到達し、反射して我が国に到達するので経路がかなり長くなる。そのため、最大波の遅れに関与していた可能性がある。そこで本稿では、本津波における最大波の到達時間に関して、散乱波の影響に絞り検討を行なった。

## 2. 解析方法

本研究では、まず天皇 - ハワイ海山列において発生した散乱波の影響について数値実験により検討を行う。具体的には、天皇 - ハワイ海山列を地形データ上で除去して数値計算を行い、実地形に基づいた計算結果と比較することで、天皇 - ハワイ海山列の影響 (散乱波) を考察する。ここで天皇 - ハワイ海山列除去後の地形データは、元の地形データ上で天皇 - ハワイ海山列に対応する領域のうち (図 -1 の実線で囲まれた部分)、水深 5000m 以下の領域の水深を 5000m の一定値で表現することで作成した。また散乱波の我が国への到達時間について、波向線法により検討を行った。解析領域を図 -1 に示す。地形データは英 General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) から 2 分のグリッドを作成した。津波の支配方程式には地球座標系の線形長波理論を用い、差分化には Staggered Leap Frog 法を用いた。また数値解析に用いた断層パラメータは、東京大学山中 (2006) の解を参考にした。

\* 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター 津波工学研究室

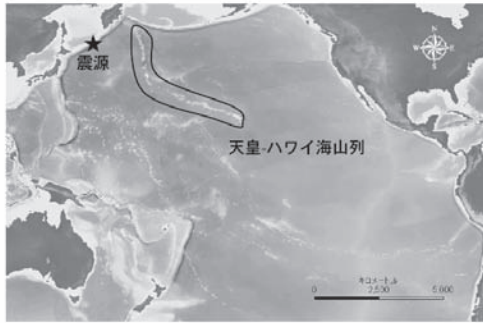


図-1：解析領域

### 3. 解析結果

#### 3.1 検潮記録と計算波形の比較

津波注意報解除後に最大波が観測された大船渡における実地形データをを用いた計算波形 (case1) と観測波形 (津波成分) を比較したものを図-2a に示す。ここで、時間軸は原点を地震発生時とした。この図において、第1波の到達時間と波高に良好な再現性が見られること、また最大波が遅れる傾向も見られることがわかる。また、最大波 (500 分頃) を計算では再現できていないことがわかる。

図-2b, 図-2c には、御前崎および大船渡における天皇海山除去前 (case1) と天皇海山除去後 (case2) の計算波形を示す。これらの図より、case1 と case2 の計算波形が異なることがわかる。case1 と case2 を計算する際に異なるのは天皇-ハワイ海山列の有無だけなので、計算波形の変化は天皇-ハワイ海山列の影響 (散乱波) と考えることが出来る。ゆえに本津波では散乱波の影響があったと考えられる。また、二つの図において、計算波形に違いが始める時間 (散乱波の到達時間) および最大波高の変化量が異なる。最大波高に関しては、天皇-ハワイ海山列を除去した事により、御前崎では 36%, 大船渡では 23% 最大波高が減少した。これらの事から、散乱波の影響に地域差があった事がわかる。ところで、計算波形は最大波の再現性が良くないのであった。よって最大波に対する散乱波の影響について検討する為に、波向線法を導入する。

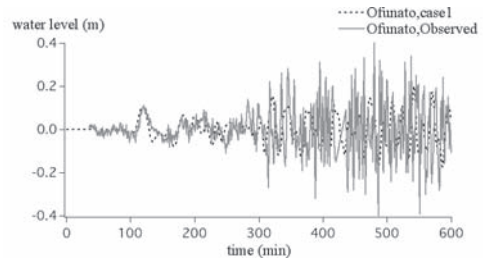


図-2a 大船渡における検潮記録と計算波形

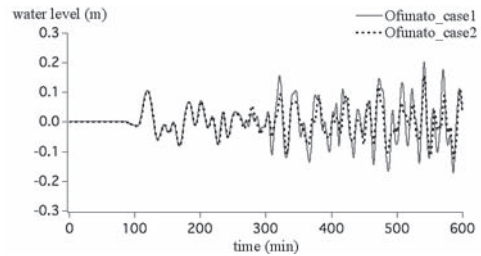


図-2b 大船渡における計算波形の違い

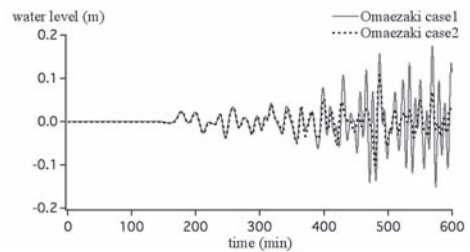


図-2c 御前崎における計算波形の違い

### 4. 波向線による散乱波到達時間に対する検討

波向線とは、津波伝播の軌跡を表すもので、波向線の集中は津波エネルギーの集中を表す。

図-3a は震源域から放出された波向線を一時間毎にプロットすることで、時間毎の津波フロントを描いた図である。この図から、津波の走時がわかる。図の上端部中央に位置している×印は津波の波源域を表しており、また中央やや右よりに複数ある×印は、天皇海山列の代表的海山の位置を表している。

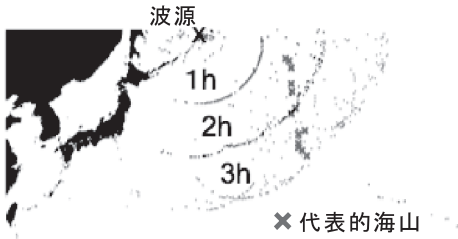


図-3a 波源域から出た津波の走時

ここで代表的海山とは、海山頂上部における水深が1500mより小さい海山を指す。H. O. Mofjeldら(2000)によると、北太平洋上に存在する頂上部分の水深が1500m以下の海山上では、かなりの量の津波エネルギーが散乱すると考えられている。ゆえに、散乱波の発生を仮定するならば、頂上における水深が1500m以下の海山上で散乱波は発生していたと考える事ができる。そこで以下では、波源域を出てこの代表的海山列に辿り着いた津波により散乱波が発生し、我が国の東北地方に辿り着くまでの時間を検討し、散乱波の影響が我が国に出始める時間を検討する。

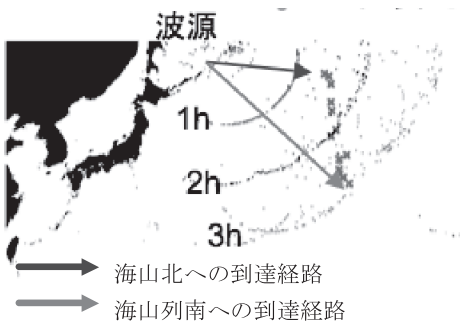


図-3b 波源から出た津波の走時

図-3bは、波源から出た津波の走時を表した図である。これより、代表的海山の最北端(海山北)には1~2時間で津波が到達していることがわかる。また、同様に最南端にある海山(海山南)に約3時間で津波が到達している事がわかる。

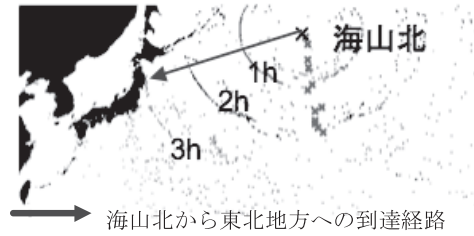


図-3c 海山北で発生した散乱波の走時

図-3cは海山北で発生した散乱波の走時を示した図である。これより、海山北で発生した散乱波は約3時間で東北地方に到達している事がわかる。この場所に津波が到達するのが1~2時間後のことなので、散乱波は、最も早いケースで4~5時間後に東北地方に到達する。

図-3dには海山南で発生した散乱波の走時を示す。これより、海山南で発生した散乱波は約4時間で東北地方に到達する事がわかる。海山南に津波が到達するのは約3時間後のことであるので、ここで発生した散乱波は地震発生から約7時間で東北地方沿岸部に到達していることがわかる。つまり、散乱波の東北地方への影響は、地震発生から4~7時間後に出始めていたと考える事が出来る。

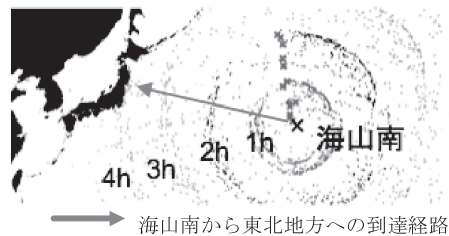


図-3d 海山南で発生した散乱波の走時

ここで、観測記録によると東北地方の沿岸部では地震発生から5~9時間後に最大波が観測されている。(表1参照)つまり、散乱波の影響が出始めてから最大波が観測されているので、本津波における最大波の到達時間に散乱波の影響があったと考える事が出来る。

表 1 東北地方で観測された最大波到達時間

検潮所名	地震発生から最大波到達までの時間
八戸	6 時間 8 分
宮古	5 時間 14 分
大船渡	7 時間 59 分
石巻鮎川	8 時間 47 分
釜石	5 時間 47 分

## 5. まとめ

本研究では、2006 年千島列島地震津波において、散乱波が発生していたと考えられることを示した。また、発生した散乱波の影響に地域差があったと考えられることを示した。さらに波向線法により、発生した散乱波は、東北地方に到達したのは地震発生から 4～7 時間後であったと考えられることを示した。さらに、観測記録にみられる最大波の出現時間は、上記の散乱波の到達時間の後のことであることから、散乱波の影響であると考えられることを示した。今後は、散乱波の発

生に関して、海山のスケールや、入射する津波に関連してより詳しい検討を行う予定である。また、遠地津波に対する警報解除の基準や、本津波におけるエッジ波の発生の有無についても検討を行う予定である。

## 参考文献

- 大垣圭一・今村文彦 (2004) : 現地データを利用した 2003 年十勝沖地震津波の数値解析と特性の把握, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 271-275.
- 越村俊一・今村文彦・高橋智幸・首藤伸夫 (1996) : 境界波としての津波の挙動特性とその数値解析海岸工学論文集, 第 43 巻, pp. 276-280.
- 東北大学津波工学研究室ホームページ : URL, <http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/c-indexj.html>, 参照
- 山中佳子 (2006) : EIC 地震学ノート URL, [http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2006/EIC183.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2006/EIC183.html), 参照 2006-11-16