

津波データベースを利用した簡易的な津波減衰指標の提案

Proposal of the Tsunami Attenuation Index by using the Database

阿部郁男¹・今村文彦²

Ikkuo ABE, Fumihiko Imamura

As tsunami information, not only issuing but also canceling is important for emergency management. Although tsunami database and real time observation data recorded at stations are available, those are not used for canceling to estimate the tsunami attenuation. This study evaluate the attenuation for 6 hours by using the tsunami database in Sanriku coast with the 394 faults models assumed. The index of the tsunami attenuation for 6 hours is proposed and estimated along the coast and sea regions, which can be used for canceling of tsunami warning after the tsunami wave heights are predicted.

1. はじめに

日本全国には潮位および津波の観測網が構築され、津波が発生した場合にはこれらの観測網が津波の監視に利用されている。これらの津波観測情報は、地震観測情報から推定される初期の津波警報を補い、避難勧告・指示などの判断のほか、救助復興支援などの早期警戒活動、津波監視に当たる消防団員などの安全確保、さらには津波の収束判断、安全確認等に使われ、通常の体制に戻すための判断材料として用いられている（宮城県，2006）。しかし、警報や避難勧告などの発令基準は整えられつつあるが、解除の基準や方法については定量的な検討されていない。また、津波の収束判断に着目すると、津波の減衰を評価する方法が定義されておらず、その収束判断に適した観測場所の選定も行われていないのが現状である。本研究では、地域に着目した津波の収束判断のための簡易的な評価方法を定義し、津波の収束判断に効果的な津波監視場所を選定する方法を提案する。

2. 解析方法

津波収束判断のための簡易的な評価手法の提案と収束判断に適した津波観測場所の選定を行うために図-1に示すような岩手県および宮城県を中心とした領域を対象にケーススタディを行った。これらの沿岸部では様々な形状の湾や直線的な海岸線など、多様な海岸形態が存在するため、津波の局所的な変化が現れやすく、さらには、幾多の津波被害を経験し、市町村独自でも津波監視が行われている地域であり、津波収束判断の評価方法を概観するためには最も適している。

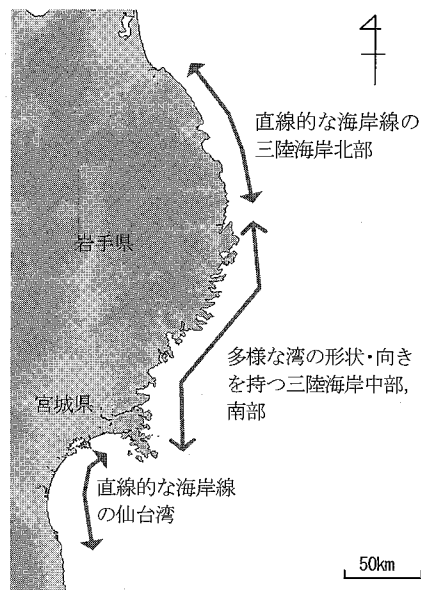


図-1 評価対象地域

(1) 津波挙動特性データベースの構築方法

図-1に示すように対象地域となる東北地方太平洋沿岸には、様々な形状の湾や直線的な海岸など多様な海岸形態があるため、津波が直接入射する波のほかに、湾の固有振動による増幅、他地域からの反射波が影響しあい、津波の増幅または減衰の挙動特性がつくられている（大垣ら，2006）。宮城県沖地震（運動型）を想定した主な地点での時間波形で示すように（図-2），東北地方太平洋沿岸では、多様な海岸形態のため津波の挙動が大きく異なってくる。これらの局所性のある津波の挙動特性を把握するために、日本海溝沿いに394通りの地震断層を設定し津波挙動を分析するデータベースを作成した。

地震断層モデルは、図-3に示すようにM8.0の震源により東北地方の日本海溝沿いが埋められるように設定

1 正会員 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻
2 正会員 工博 東北大学教授 大学院工学研究科

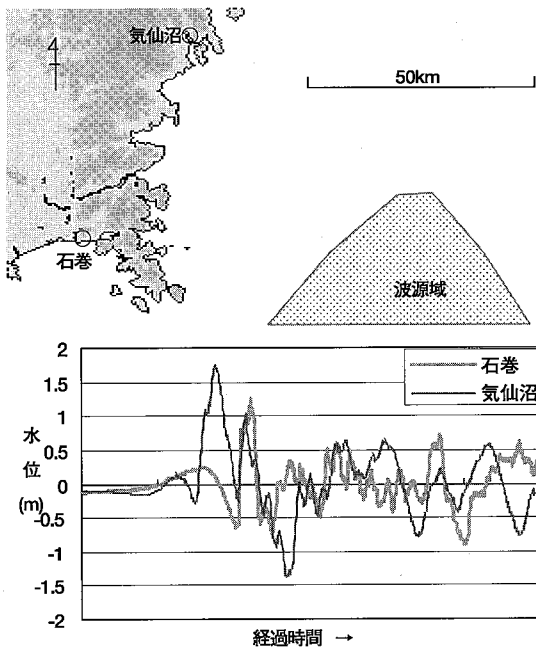


図-2 想定宮城県沖地震における時間波形の相違例

し、断層のすべり量および大きさは相似則に従って設定した。(大竹ら, 2000)

断層長 L ; $\log L = 0.5M - 1.9$ (1)

平均すべり量 D ; $\log D = 0.5M - 3.2$ (2)

断層幅 W ; $W/L = 0.5$ (3)

表-1 相似則による断層の大きさとすべり量の設定

Magnitude	L(km)	W(km)	D(m)
7.7	90	45	4.5
8.0	125	62	6.3
8.3	180	90	8.9
8.6	250	125	12.6

走行および深さはプレート境界を考慮して設定した。また、東北地方太平洋沿岸は1933年の昭和三陸津波のような正断層型の地震による津波も知られている(中央防災会議, 2004; 佐藤ら, 1995)。このため、太平洋プレート側には正断層型の断層パラメータを設定した。マグニチュード8.0の断層を設定した箇所を図-3に、また計算対象領域を図-4に示す。断層の位置は、マグニチュード8.0のサイズで日本海溝沿いが埋まるように設定し、断層の北東端を固定して断層サイズを変更した条件設定を行った。

(2) 減衰指標の検討方法

湾の固有振動による増幅特性については湾の形状と地震発生場所についての研究が行われているが(大垣ら, 2006)、収束判断に必要な“減衰”については、多様な

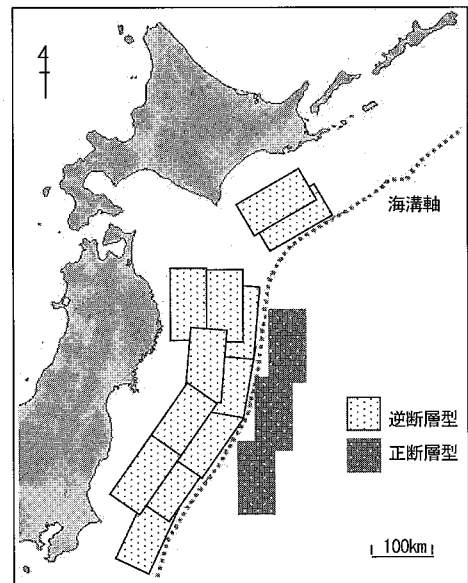


図-3 M8.0 断層の設定位置

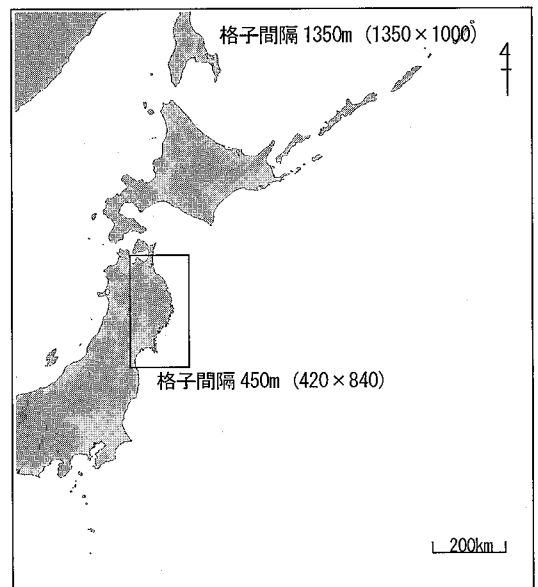


図-4 計算対象領域の設定

海岸地形を有する東北全体を概観できる指標が定義されていない。さらに、観測データを使用するためには、その場所の選定も重要であるが、津波収束判断の視点に立った選定も行われていない。そこで、最初に津波の減衰を簡易的に示すために再現時間6時間の非線形計算を実施し、1時間ごとの最大津波高と再現時間内での最大津波高を取得して、その比率によって減衰指標を求めることとする。6時間の選定理由は津波の物理的な特性ではなく、近地津波に対する警報解除を検討する時間の目安

として考えている。表-2には近年、津波警報または注意報が発表された地震における津波予報発表および解除の時刻の事例を示した(東京大学廣井研究室; 仙台管区気象台; 気象庁)。三陸海岸での近地津波の場合2003年の十勝沖地震以外は1, 2時間で解除されており、ひとつの目安時間としては十分であると言える。また、格子間隔450m領域の最南端にある相馬港において、最も遠い北海道沖の震源を仮定した場合でも再現時間6時間の間に十数波のピークが観測されることとなるため、減衰の傾向を議論するためには十分な時間であるとする(図-5)。

表-2 津波警報・注意報の事例

日 時/地震名	津波警報・注意報	
	発表	解除
1994.12.28 / 三陸はるか沖	21:23	23:45
1995.01.01 / 三陸東方はるか沖	16:05	16:55
1995.01.07 / 岩手県北東沖	07:42	08:35
2003.09.26 / 十勝沖	04:56	15:00
2003.10.31 / 福島県沖	10:55	12:00
2005.08.16 / 宮城県沖	11:50	13:15
2005.11.15 / 三陸沖	06:46	08:38
2006.11.15 / 千島列島	20:29	翌01:30
2007.01.13 / 千島列島	13:36	22:10
2007.03.25 / 能登半島	09:43	11:30

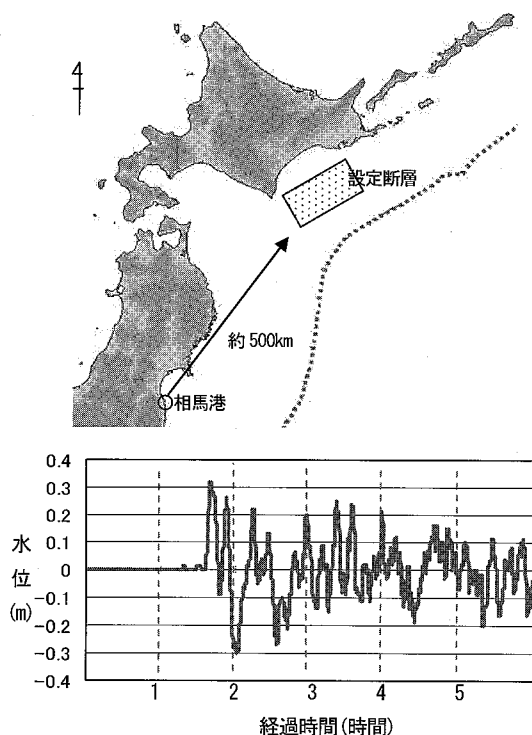


図-5 相馬港における水位の時間変化と設定断層

(3) 減衰関数の適用による予測の検証方法

事例として宮城県沖地震を想定したケーススタディでは、観測される最大津波高の時間変化を指数関数で近似することにより、その後の津波高を簡易的に予測する方法の検証を行う。ケーススタディでは、図-4の格子間隔450m領域に内包した格子間隔150mおよび格子間隔50mの領域を設定し、海底摩擦項にマンニングの粗度係数を設定した非線形長波方程式による詳細な解析を実施した(首藤ら, 1988; 小谷ら, 1998)。

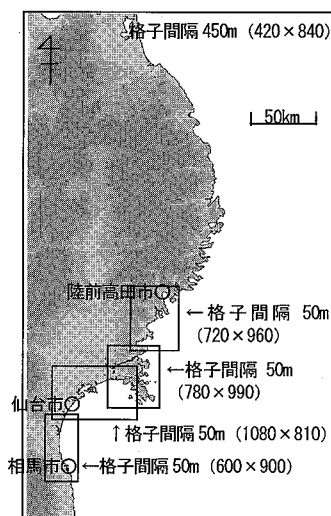


図-6 ケーススタディにおける領域の設定

3. 津波減衰指標の提案とケーススタディ

(1) ケーススタディによる減衰傾向の分析

中央防災会議による宮城県沖地震連動型モデルを想定したケーススタディにおいて、福島県相馬市から岩手県陸前高田市までの最大津波高と減衰指標(再現時間6時間)の関係を図-7に示す。なお、減衰指標とは再現時間を1時間ごとに区切り、それぞれの時間区切り内における最大津波高の変化を求め、再現時間全体での最大津波高との比によって定義する。津波が減衰しにくい場所を容易に識別できるように、津波高の減少分ではなく最大津波高の比を減衰指標としている。減衰指標が1に近いほど津波が減衰しにくいことを示しており、総和をとることによって地域全体を概観できるようにした。今回のケーススタディのように再現時間6時間とした場合には、「減衰指標=経過時間5から6時間における最大津波高÷再現時間全体の最大津波高」とする。例えば、図-5の相馬港においては、最大津波高0.31m、経過時間5から6時間における最大津波高0.11mのため、そ

が高くなっており、津波収束判断のために重要な海域であることが分かった。

(3) 津波減衰指標を利用した減衰関数と予測への適用

津波減衰の状況を簡易的な減衰指標として表現し、それらの値を関数近似することによる津波減衰予測の可能性について検討を行った。これまでも津波観測データを利用した津波予測では、大垣ら (2006) による逆伝播方法や小池ら (2000) による wavelet 変換による方法について検討が行われている。今回の検討は、より簡便な手法により、リアルタイム津波観測データに基づいた減衰予測の可能性について検討したものである。中央防災会議による宮城県沖地震運動型モデルを利用し、石巻市雄勝町における時間ごとの最大津波高の推移の算定を行った数値実験の結果を図-10 に示す。図-10 は、再現時間 6 時間分のデータを津波の観測値とみなし、1 時間ごとに最大津波高を求めたデータに対して関数近似を行い、求められた関数によって 12 時間後の津波の高さの予測を行ったものである。関数近似は指数関数 $y=ab^x$ および対数関数 $y=a \log x+b$ で行った。

簡易的な情報ではあるが、津波の収束判断に役立つ情報を提供できる可能性があると考ええる。この関数は日常使用している表計算ソフトなどでも簡単に求めることができるものであり、この関数を予め地域毎に求めておき、地図上に示しておけば、津波継続性の特性が理解され、どの地域の観測データに注目しておけば、より適切な解除の判断になるかを検討できる。

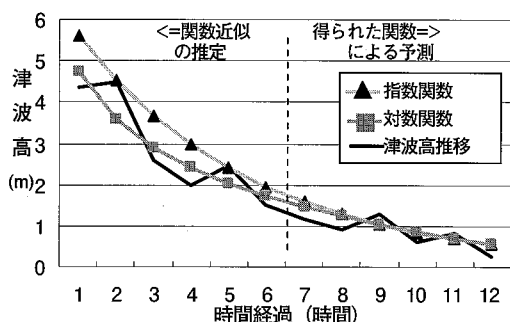


図-10 津波減衰指標の関数近似による予測例

4. ま と め

東北地方の日本海溝沿いに 394 通り震源断層を設定した数値解析により、時間ごとの最大津波高の変化を減衰指標という簡易的な数値で表現したデータベースを構築した。このデータベースにより、地域ごとの津波減衰特性の簡易的な比較を行うことが可能となり、津波の収束判断に役立つ観測場所の選定および判断条件の提案が行えることができた。他の地域においても同様の手法によ

り、津波収束判断に役立つ観測場所の選定が可能になると考える。今回、簡易的な指標を設けたことにより、多くのケーススタディを実施することが可能となり、地震発生場所を特定できないケースやすべり量の偏在などの考慮が必要な地域においても同様の検討が可能である。

また、津波減衰指標の関数近似による予測への適用については、石巻市雄勝町を対象にケーススタディによる分析を行い、津波減衰指標の関数近似による予測の可能性について例示することができた。今後はさらに解析を進めて、減衰指標と地域の地形的特徴による関係を検討する必要がある。

謝辞：今回の検討にあたり(独法)日本原子力研究開発機構から計算設備を借用させて頂いた。特に、中島憲宏氏をはじめとするシステム計算科学センターの方々には、計算設備の借用手続でお世話になった。なお、本研究は(独法)日本原子力研究開発機構との共同研究の一環として実施した。ここに記して厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- 大垣圭一・安間友輔・越村俊一・今村文彦(2006)：リアルタイム観測情報を利用した津波予測の段階的修正法，海岸工学論文集，第 53 巻，pp. 216-220。
- 大竹政和・村松郁栄・木下繁夫・福島美光・香川敬生・佐藤春夫・藤原広行(2000)：強震動の基礎ウェブテキスト版，防災科学技術研究所，<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/gk/publication/>，参照 2007-02-02。
- 気象庁：「平成 19 年(2007 年)能登半島地震」の特集，http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_03_25_noto/index.html，参照 2007-05-15。
- 小池信昭・今村文彦(2000)：Wavelet 変換による津波初期波形の推定とリアルタイム予警報への応用，海岸工学論文集，第 47 巻，pp. 356-360。
- 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998)：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，第 45 巻，pp. 356-360。
- 佐藤良輔・阿部勝征・岡田義光・島崎邦彦・鈴木保典(1995)：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック，鹿島出版会，pp. 172-178。
- 首藤伸夫・後藤智明・今村文彦(1988)：津波予警報に対する数値シミュレーションの利用，土木学会論文集，第 393 号/II-9，pp. 181-189。
- 仙台管区気象台：地震解説資料，<http://www.sendai-jma.go.jp/jishin-kazan/j-kaiset.htm>，参照 2007-05-15。
- 中央防災会議(2004)：日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告，沖合津波観測情報を活用した津波減災対策検討調査報告書，参考資料-1，pp. 参 3-参 26。
- 東京大学大学院情報学環・学際情報学府廣井研究室：津波予報アーカイブス，http://www.iii.u-tokyo.ac.jp/~hiro/index-genzai_no_sigo-to-tsunami_joho-archives.pdf，参照 2007-05-15。
- 宮城県(2006)：津波に強い東北の地域づくり検討調査における「宮城県における津波防災対策検討調査」の報告，国土交通省 沖合津波観測情報を活用した津波減災対策検討調査報告書，参考資料-1，pp. 参 3-参 26。