

## 量的津波予報と津波浸水計算の比較

阿部 郁男\*, 今村 文彦\*

## 1. はじめに

我が国の津波警報システムは、日本近海に 1,500 箇所の地震断層を仮定した津波数値解析を実施した結果として、約 4 万件のデータが格納されたデータベースシステムとなっている。これは、日本近海のどこで地震が発生しても、地震発生直後に日本全国を対象とした予報を行わなければならないという「迅速性」と「広域性」を重視した結果であり、津波警報システムが運用された後には、迅速な予報（情報発信）が行われており、速やかな避難や行政機関による初動対応に大いに役立っている。しかし、陸上遡上を含めた津波数値解析には多くの時間が必要であるため、量的津波予報のデータベース構築には陸上遡上までは含まれておらず、図 1 に示すように、沖合に設定された沖合予測点での津波高さに

グリーンの法則によって決められる係数を乗算して沿岸での津波高さの予測値を算定している。この沖合予測点は、各予報区に数箇所設定されており、その中の最大値が津波予報として発表される。

ところが実際に被害が発生するような津波は浅海域まで伝播し、陸上にも遡上する。今後、津波予報区域の細分化など、地域ごとの津波予報を実施する場合には、陸上への遡上を含めた津波数値解析を行い、グリーンの法則を用いた沿岸での予測高さとの違いを評価しておく必要があると考える。

そこで本検討では、三陸海岸を対象とし、陸上遡上を含めた津波浸水計算を行い、沖合に設定された予測点と沿岸での津波の高さの関係を定量的に評価し、地域における津波防災教育活動や津波予測技術の改良に繋げるための基礎的資料として纏める。

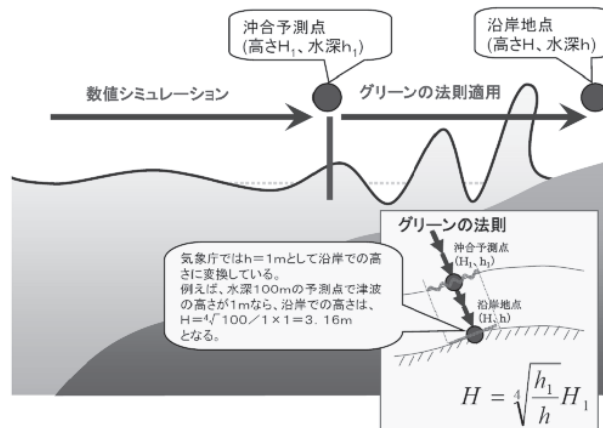


図 1 気象庁の量的津波予報システムにおける沿岸での津波高さの算出方法  
(<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/know/tsunami/ryoteki.html#DB>)

\*東北大学大学院工学研究科

## 2. 検討手法

図 2 に示すように東北地方の太平洋沿岸（岩手県～宮城県）の沖合に、表 1 に示す初期条件で地震断層を設定して津波浸水計算を実施した。マグニチュードは M7.6 から 8.4 まで 0.2 間隔で設定し、この海域で過去に津波を発生させた地震のメカニズムを考慮して、量的津波予報の初期条件から地震断層の幅と長さ、傾斜角、走向の条件設定を拡張させた。最詳細は 50m メッシュで陸上遡上を計算し、想定された地震断層は 3,596 ケースとなっている。

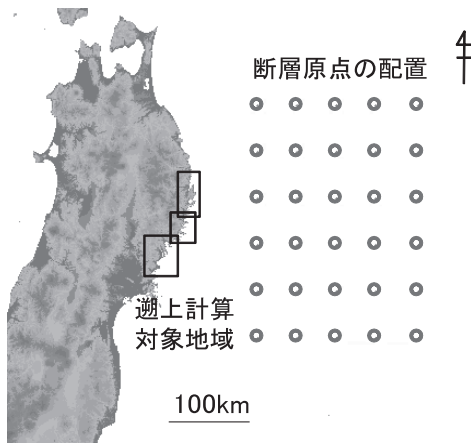


図 2 検討対象地域

## 3. 津波高の比較

気象庁の量的津波予報では、沖合予測点は岩手県沿岸に 7 箇所、宮城県沿岸に 5 箇所が設定されている。陸上遡上を含めた津波浸水計算の実施において、それぞれの予報区内の沖合予測点での最大の津波高を取得し、それらの津波高と沿岸（汀線付近）での津波高との比をケースごとに求めた。ケースごとの比の中で最大となる値を地域ごとに整理したものが図 3 である。実際の津波予報では、図 1 に示すように沖合予測点での最大津波高さにと水深を利用したグリーン法則によって、津波予測が行われる。今回の検討では、潜在的に沖合予測点よりも津波が高くなりやすい地域を明らかとするため、はじめに沖合予測点での最大との比を求めている。

図 3 を見ると津波高の比を概観すると釜石市～大船渡市にかけて沖合予測点よりも大幅に津波が高くなる場所が集中していることが分かる。また、図 4 には沖合予測点での津波高と沿岸での津波高の比について、最大、平均および中央値を纏めたものである。

宮城県側は、平均および中央値は概ね 2 倍程度の範囲に分布し、最大値は 4 倍を超える地点が散在する。岩手県側は、平均および中央値は概ね 2 倍程度の範囲に分布しているも

表 1 津波浸水計算で設定した初期条件

項目	設定内容
マグニチュード	7.6 から 8.4 まで 0.2 間隔
断層サイズ	相似則により決定、幅と長さの比を、1 対 2, 1 対 3 および 1 対 4 とする。
走向	180 度, 195 度
傾斜角	45 度, 20 度
すべり角	90 度
断層上端深さ	1km および 10km
構造物の考慮	考慮しない
地形	50m, 150m, 450m, 1350m のメッシュサイズの地形データの組み合わせ
方程式	メッシュサイズ 50m 領域のみ非線形・浅水理論（土地利用条件に合わせた粗度を与える）、その他の領域は線形長波理論の完全反射条件（領域外は自由透過）
再現時間	2 時間

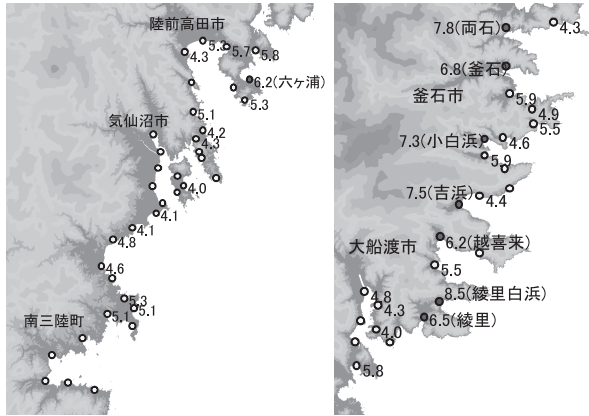


図3 (a) 沖合予測点と沿岸での津波高の比（南三陸町～釜石市）

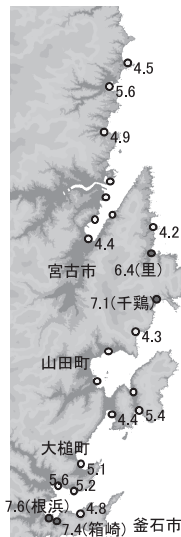


図3 (b) 沖合予測点と沿岸での津波高の比（釜石市～宮古市）

の、最大値は大部分が4倍を超え、6倍を超える地点も多くみられることが分かる。

#### 4. 初期条件の違いが与える影響

次に、沖合予測点と沿岸での津波高の比が6倍を超えている地点が岩手県内に多くみられた原因について検討する。図5は、津波高の比が6倍を超える地点ごとの比の内訳を示したものである。里～箱崎および釜石では最大値が6倍を超えるが、6倍を超えるケースは極めて稀であり、半分以上が2倍未満となる。一方、両石、小白浜、吉浜、越喜来、綾

里白浜は2倍未満のケースは30%以下であり、津波予測点、すなわち、沖合に比べ沿岸で津波が高くなる傾向のある地域である。

次に、これらの地点ごとに初期条件の違いが津波高に与える影響を考察する。傾斜角、走向および断層上端の深さの条件は2つの条件を同じ割合で設定しているため、これら2つの条件の割合がそれぞれ半分（50%）程度であれば、初期条件の違いによる影響は少ないと考えられる。同様に、断層の幅と長さについては3つの条件を設定しているため、それぞれの初期条件の設定は全体の3分の1ずつとなるはずであり、3分の1（33%）程度

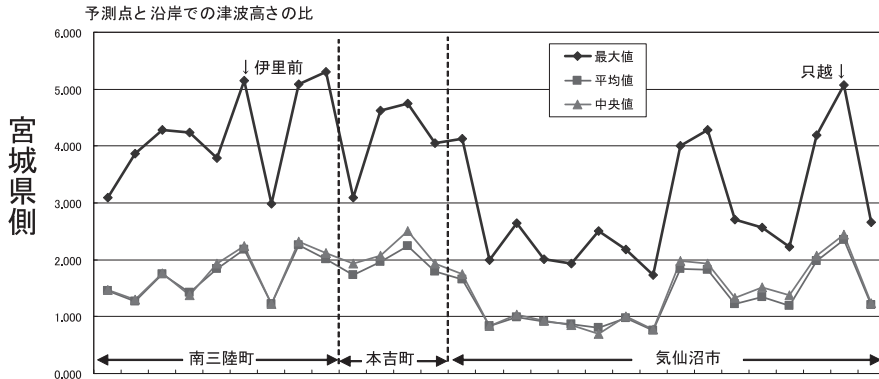


図 4 (a) 沖合予測点と沿岸での津波高の比 (平均および中央値)

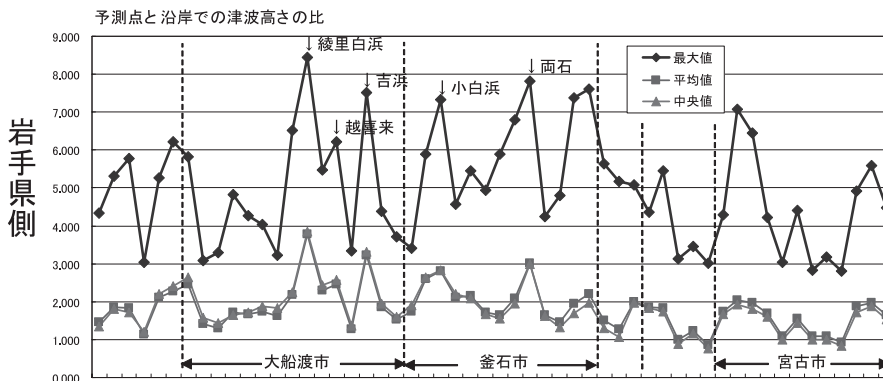


図 4 (b) 沖合予測点と沿岸での津波高の比 (平均および中央値)

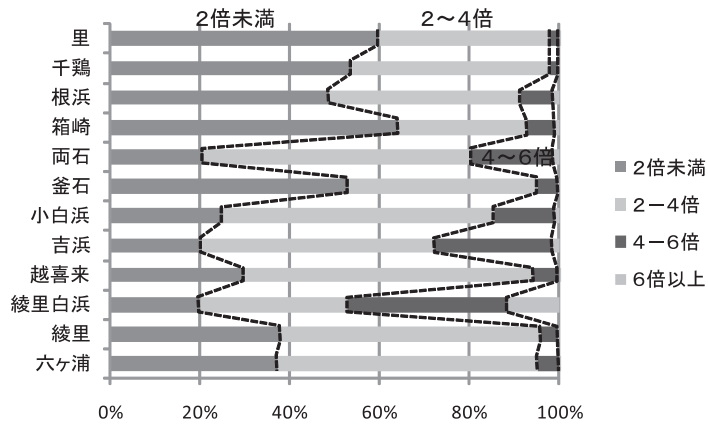


図 5 津波予測点と沿岸での津波高の比の内訳

であれば初期条件の違いによる影響は小さいと考えられる。

(1) 大船渡市綾里白浜

図3に示すように綾里白浜はV字型の湾の湾奥に位置している。V字型の形状を持つ湾の奥では津波が高くなることが知られており、1896年の明治三陸地震による津波が標高38mの地点にまで遡上した場所でもある。綾里白浜における初期条件ごとの津波高の比の違いを図6に示す。

図6で示すように傾斜角の違いによる影響では6倍以上となるケースの殆どが傾斜角20度である。その他の走向、断層の幅と長さ、断層上端の深さにおいては大きな傾向の違いは見られない。

(2) 大船渡市越喜来

図2に示すように越喜来も湾の最も奥に位置している。越喜来における初期条件ごとの津波高の比の違いを図7に示す。

越喜来では6倍以上となるケースは2件しかないため4~6倍までを含めて考えた場合、図7で示すように傾斜角の違い、走向の違いによる影響が顕著である。傾斜角は20度の低角逆断層で津波が大きくなりやすく、また走向は195度の条件で津波が大きくなる。越喜来は東南東方向に湾口が向いている湾奥にあるため、走向が大きくなった原因として湾口の向きが考えられる。

(3) 大船渡市吉浜

図2に示すように吉浜も湾の最も奥に位置している。吉浜における初期条件ごとの津波高の比の違いを図8に示す。

吉浜で6倍以上となるケースに着目した場合、傾斜角20度、走向195度、断層上端深さ1kmという条件となる。また、4~6倍に着目すると走向や断層上端深さには顕著な傾向は見られないが傾斜角については低角逆断層の方が、沖合から沿岸にかけて津波が大きくなりやすいことが明確である。

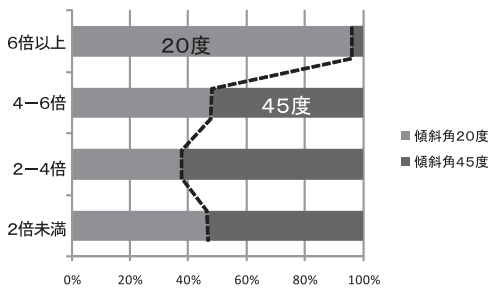


図6 (a) 津波高の比の初期条件による影響 (傾斜角)

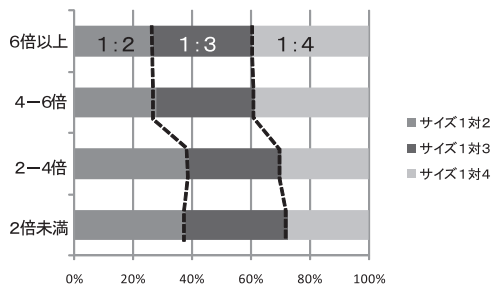


図6 (c) 津波高の比の初期条件による影響 (幅と長さ)

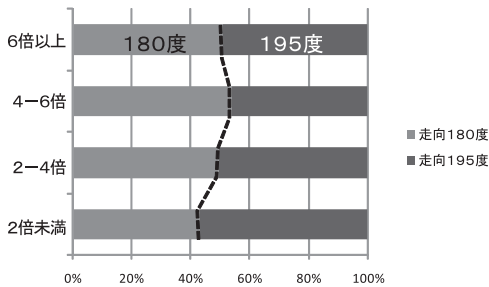


図6 (b) 津波高の比の初期条件による影響 (走向)

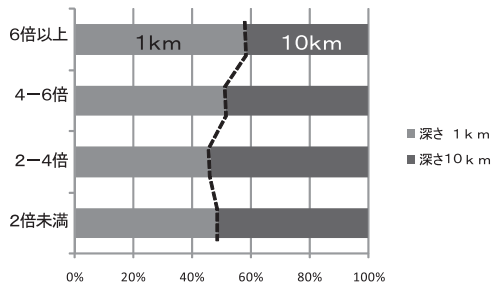


図6 (d) 津波高の比の初期条件による影響 (上端深さ)

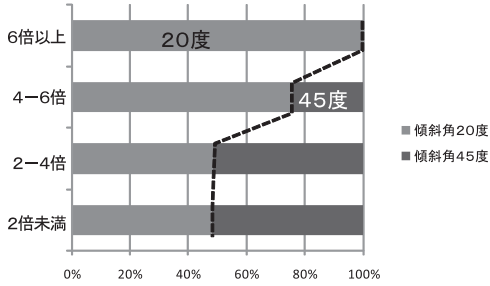


図 7 (a) 津波高の比の初期条件による影響 (傾斜角)

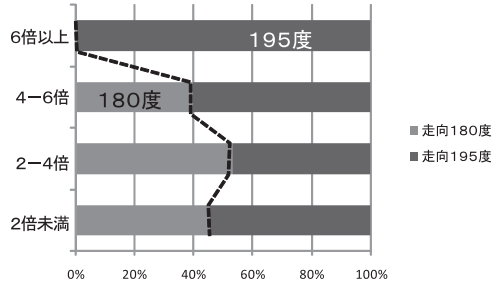


図 7 (c) 津波高の比の初期条件による影響 (幅と長さ)

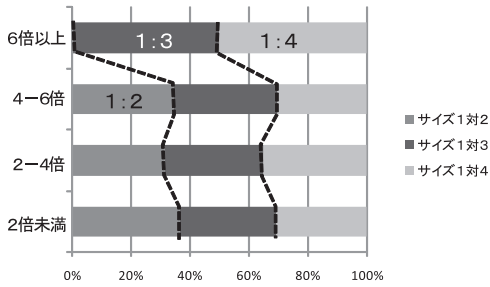


図 7 (b) 津波高の比の初期条件による影響 (走向)

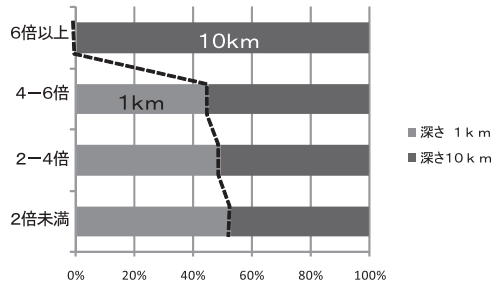


図 7 (d) 津波高の比の初期条件による影響 (上端深さ)

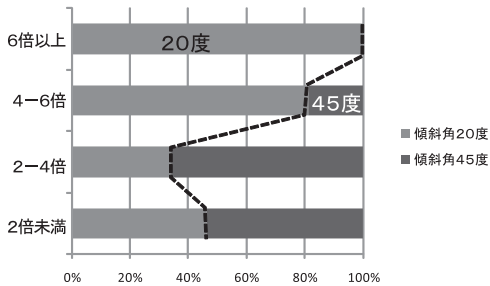


図 8 (a) 津波高の比の初期条件による影響 (傾斜角)

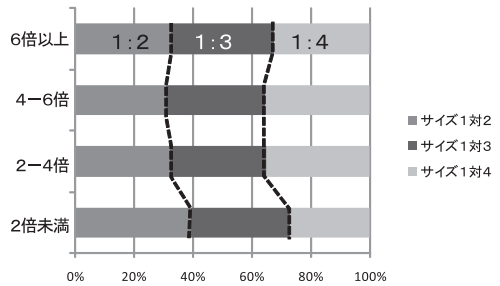


図 8 (c) 津波高の比の初期条件による影響 (幅と長さ)

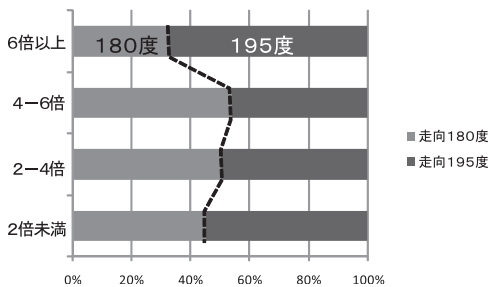


図 8 (b) 津波高の比の初期条件による影響 (走向)

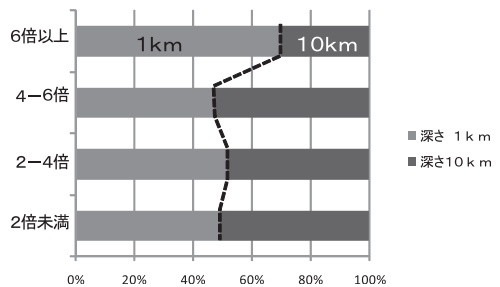


図 8 (d) 津波高の比の初期条件による影響 (上端深さ)

(4) 釜石市小白浜

図2に示すように小白浜も湾の最も奥に位置している。小白浜における初期条件ごとの津波高の比の違いを図9に示す。

小白浜では6倍以上のケースとなるのは、傾斜角20度、断層上端深さ10kmの条件が多い。また、4～6倍に着目した場合には、傾斜角の影響が大きくなる。

(5) 釜石市両石

図2に示すように両石も湾の最も奥に位置している。両石における初期条件ごとの津波高の比の違いを図10に示す。

両石では6倍以上のケースとなるのは、傾斜角20度、サイズ1対4の条件が多く、その他の要素には大きな傾向の違いが見られない。

5. グリーンの法則と遡上計算との比較

今回の検討で、沖合予測点と沿岸での津波高さの比が大きいことが分かった綾里白浜、吉浜、両石について、グリーンの法則によって求めた沿岸津波高さと、遡上計算を行った汀線付近での津波高さの比を比較したものを図11に示す。これらの地点のうち、吉浜と両石については、グリーンの法則から求めた津波高さと、遡上計算まで行って求めた汀線付近の津波高さの比は0.9～1.1（グリーンの法則との10%の相違）で分布のピークとなる。また、比が1.1以下となるケースが両石では全体の70%程度、吉浜では60%程度となる。しかし、綾里白浜では、比が1.3から1.5に分布のピークとなり、2倍を超えるケースも少なくなく、比が1.1以下となるケースは全体の50%以下である。綾里白浜は、

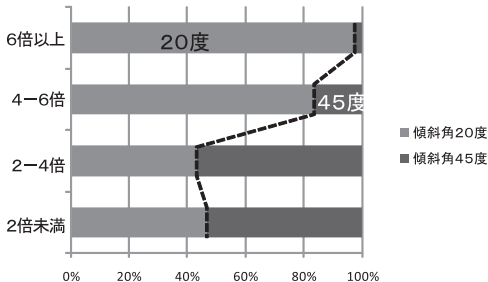


図9 (a) 津波高の比の初期条件による影響 (傾斜角)

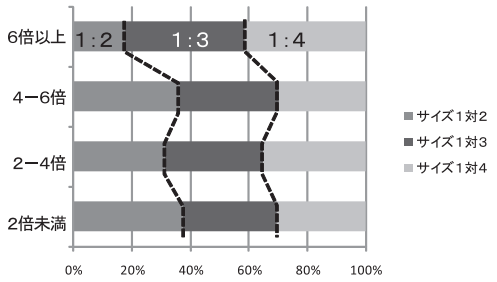


図9 (c) 津波高の比の初期条件による影響 (幅と長さ)

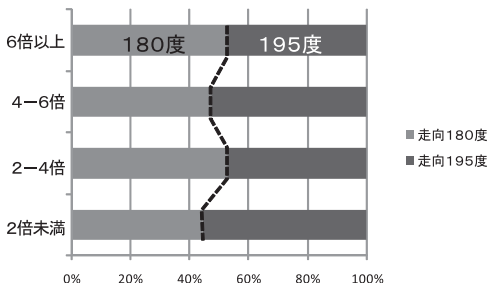


図9 (b) 津波高の比の初期条件による影響 (走向)

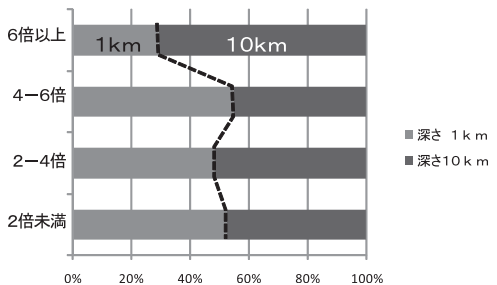


図9 (d) 津波高の比の初期条件による影響 (上端深さ)

1896 年の明治三陸津波においても 38m の地点にまで津波が駆け上がったことが知られているが、グリーン の法則との比較においても、特徴的な場所であることが分かる。

### 6. 綾里白浜における検討

今回の検討で、沖合予測点と沿岸での津波高さの比が最大となった綾里白浜について、

さらに検討を進める。綾里白浜において、沖合予測点と沿岸での津波高さの比が 8 倍を超えるケースは 4 ケースとなっている。それぞれのケースについて、沖合予測点と沿岸での水位の変化を図 12 に示す。4 ケースのうち、後続波によって最大波が出現したのは僅か 1 ケースであり、残り 3 ケースは第一波で最大となる。このため、この 3 ケースについては、ほかの地域からの反射などで津波が高くなっ

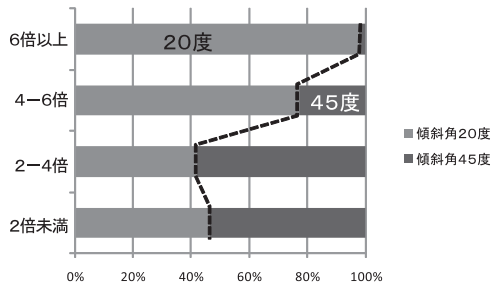


図 10 (a) 津波高の比の初期条件による影響 (傾斜角)

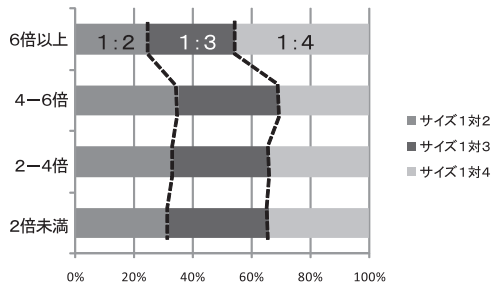


図 10 (c) 津波高の比の初期条件による影響 (幅と長さ)

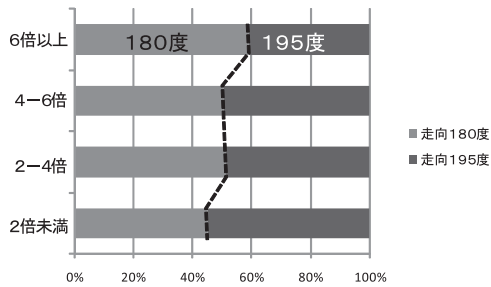


図 10 (b) 津波高の比の初期条件による影響 (走向)

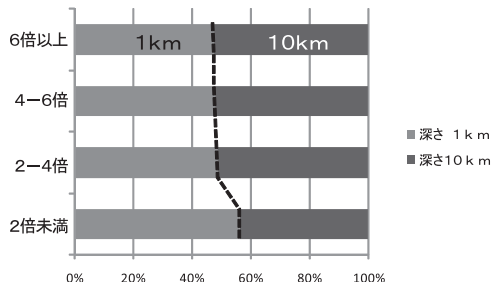


図 10 (d) 津波高の比の初期条件による影響 (上端深さ)

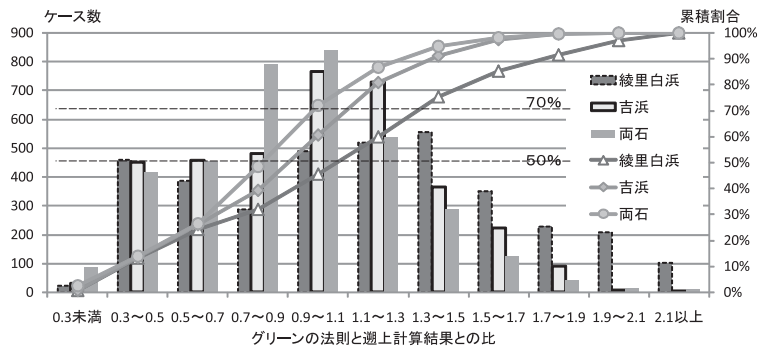


図 11 グリーンの法則と遡上計算の比較



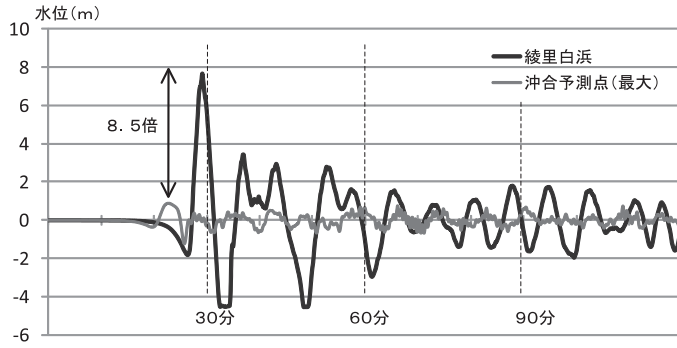


図 12 (a) 綾里白浜と沖合予測点での水位の時間変化

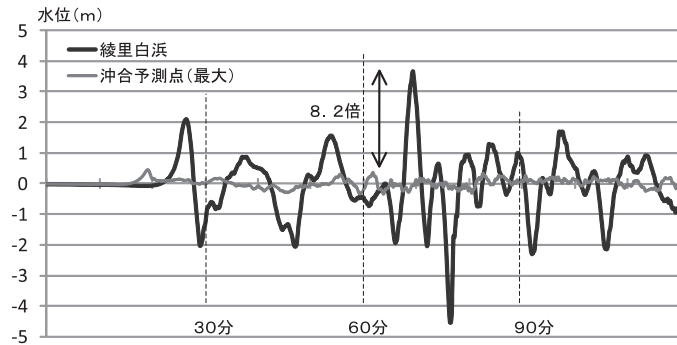


図 12 (b) 綾里白浜と沖合予測点での水位の時間変化

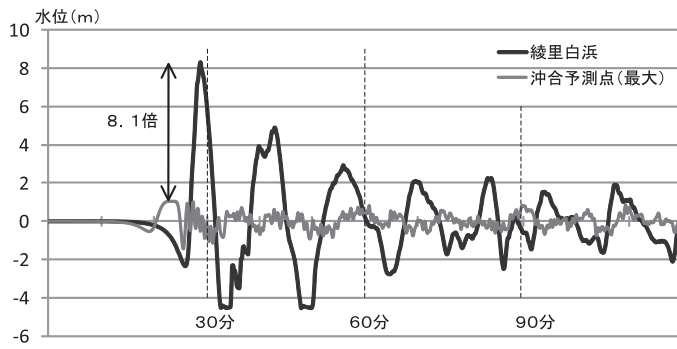


図 12 (c) 綾里白浜と沖合予測点での水位の時間変化

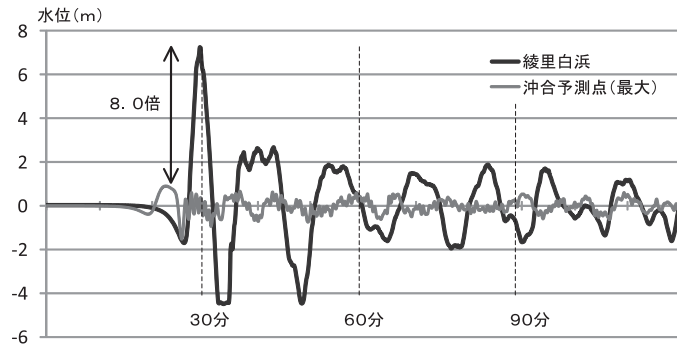


図 12 (d) 綾里白浜と沖合予測点での水位の時間変化

たのではなく、沿岸の地形の影響を受けて第一波の津波が集中したのではないかと考えられる。なお、この 3 ケースについては、グリーンの法則で求めた沿岸での津波高さは 3.0 ~ 3.4m であり、これを津波予測の値と考えた場合には綾里白浜での津波高さは予測の 2 倍以上となることが分かる。

## 7. まとめ

今回の検討では、岩手県南部から宮城県北部地域を対象とした津波浸水計算を行い、沖合予測点と沿岸での津波高の違いを定量的に評価した。概観すると、沖合予測点と沿岸での津波高の違いは平均値で 2 倍未満の地域が多く存在する。一方、限定的ではあるが沿岸での津波高が沖合に比べ 6 倍を超える地点も存在する。また、これらの地域で共通して見られる初期条件の影響として地震断層の傾斜角が考えられる。今回の調査では沖合と沿岸での津波の高さの比を調査したが、今後はグリーンの法則を用いて算出した場合には実際にどれだけの高さとなるかも考慮しつつ、津波が局地的に高くなりやすい可能性のある場所の推定を進めていくことが必要である。津

波予報区の細分化などを進める場合には、より広い地域を対象とした地域での津波高の影響を十分に評価して、初期条件を設定する必要があると考える。

## 謝辞

本研究は、気象庁地震火山部と東北大学との共同研究「量的津波予報と浸水予測に関する研究」の一環として実施されたものである。共同研究の締結および推進にご協力頂いた関係者各位にこの場をお借りして厚く御礼申し上げる。

## 参考文献

- 今村文彦・首藤伸夫 (1989) : 津波高さに及ぼす断層パラメータ推定誤差の影響, 海岸工学論文集, 第 36 巻, pp. 178-182.
- 気象庁: 津波を予測するしくみ, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/know/tsunami/ryoteki.html>, 2010.02.18
- 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.