

## 東北地方を例とした沖合津波観測の有効性について

## Validity of the Offshore Tsunami Observation System to Tohoku Coastal Area

爲廣哲也\*

TAMEHIRO Tetsuya

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

In Tohoku coastal area, great tsunamis have attacked many times and inflicted big damages to the surrounding residents. It will be preferable to detect the tsunami waves at offshore side as early as possible enabling to issue an evacuation order in early stage and to close sluice and lock gates. The present study simulates some typical tsunamis and investigates the time from the detection by the system to the attack of the coast, showing the validity of the proposed system.

*Key Words: tsunami observation, tsunami simulation, GPS tsunami meter, Sanriku Coast*

## 1. はじめに

2004年12月に発生したスマトラ島沖地震の津波による被害は極めて甚大で、津波の恐ろしさとともに津波対策の重要性が改めて認識された。日本列島とその周辺海域は、太平洋プレート、フィリピン海プレート、北米プレート、ユーラシアプレート等の上であり、それぞれのプレート間には地震の震源となる海溝やトラフが数多く形成されている。これらの海溝やトラフに囲まれた我が国沿岸域は、常に津波の危険にさらされている。

特に日本列島の近海では、東海地震、東南海・南海地震の各津波が注目されている。一方、東北地方も過去に三陸沖地震や日本海中部地震等の津波による大きな被害を受けており、切迫性が高いとされる宮城県沖地震を含め、三陸沖から房総沖にかけての地震による津波の発生が懸念されている。

津波に対する防災対策としては、施設整備を含めたハード対策が重要であるが、整備に膨大な時間と費用を要し、想定を越える津波に対する限界もある。そこで、被害を最小化する減災方策として、津波観測、情報伝達、ハザードマップの作成・利活用および防災教育等のソフト対策が不可欠である。しかし、ソフト対策の先進国である我が国でも、いざというときに住民の避難行動に結び付けることが難しい状況である。

そこで、津波を沖合で早期かつ的確に把握し、その情報を住民に伝えることができれば、津波来襲前の避難行動に結び付けられるとともに、水門閉鎖等の減災対応に生かされることが期待される。

本稿では、ソフト対策でのこれらの課題解決の方策として、津波シミュレーションの結果を基に、沖合における想定津波観測地点から津波が沿岸域に到達するまでの時間を算出することにより、沖合における津波観測の有効性を示した。

## 2. 主な津波観測機器

波浪や潮位を沖合で定常的に観測できる観測器の代表としては、海底設置式波浪計が挙げられる。この波浪計は、当初は水圧式が使われていたが、その後、超音波式が開発され、現在では、波向きの観測も可能な超音波式の海象計が使用されている。また、我が国沿岸の波浪情報網としてナウファス（全国港湾海洋波浪情報網：NOWPHAS: Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS）が国土交通省港湾局、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、国土技術政策総合研究所および独立行政法人港湾空港技術研究所の相互協力のもとに構築・運営されている。しかし、海底設置式は、維持補修作業上、一般的には水深50mまでが限界であるため、設置位置までの離岸距離が短く、津波を観測してから沿岸に到達するまでの時間が短くなり、防災対策を講じるための十分な時間の確保が困難である。

一方、近年、係留式のブイにcm単位の高精度測位が可能なGPSアンテナを搭載することにより、波浪や潮位が観測できるGPS津波計（写真-1）が開発された。図-1にGPS津波計による観測イメージ図を示す。

このGPS津波計は、2001年から約3年間に渡って岩



写真-1 GPS津波計  
(出典：日立造船HP)

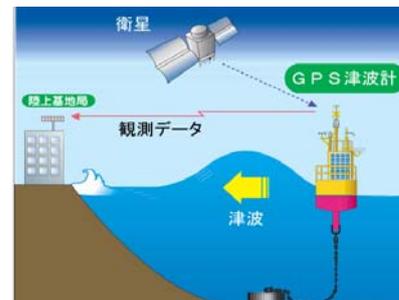


図-1 観測イメージ図

手県大船渡市の沖合約2kmの実海域で実験が行われ、その間に2001年6月のペルー沖地震の津波や2003年9月の十勝沖地震の津波の観測に成功する等多くの成果を上げた。また、2004年には新たに高知県室戸岬の沖合約13kmにGPS津波計が設置され、現在も観測が続けられている。ブイ式は、海底部での維持補修作業が不要なため大水深海域への設置が可能であり、現在のGPS測位技術では陸上基地局から約20kmの沖合までの設置が可能であり、津波が沿岸に到達するまでにおよそ10分程度の時間確保が可能となる。

### 3. 津波シミュレーションの実施

#### 3.1 数値シミュレーション方法

津波シミュレーションは、遡上計算を含まない完全反射の側面境界条件とし、時間差分スキームにはリーブ・フロッグ法を用い、空間スキームには線形長波理論に基づく有限空間差分法を用いた。

津波シミュレーションに利用する水深データは、海洋情報研究センターの「日本近海30秒グリッド水深データ」を基盤データとして利用した。ただし、岩手県から宮城県北部にかけての三陸海岸は、複雑な海岸地形であり、格子間隔が粗い上記水深データでは湾の形を正確には表現できない場合がある。その場合、湾奥にある港湾施設への到達時間は、格子間隔450mの水深データを併用することにより推定した。

各対象震源モデルによる津波シミュレーションでは、第一波が十分に到達するまで（太平洋側の津波を想定した場合は青森県津軽海峡沿いから福島県まで、日本海側の津波を想定した場合は青森県津軽海峡沿いから山形県に到達するまで）をシミュレーションの時間として設定した。

#### 3.2 対象とする地震津波

対象とする地震は、表-1の9ケースとした。断層パラメータは、「日本の地震断層パラメータ・ハンドブック」（佐藤良輔編著：鹿島出版会）や再現シミュレーションに関する文献を参考にして設定した。このうち、昭和8年三陸地震を例として、表-2に断層パラメータ、図-2に初期水位分布図を示した。

表-1 対象地震

	地震名称	震源位置
①	明治29年三陸地震	太平洋側
②	昭和8年三陸地震	
③	昭和43年十勝沖地震	
④	想定宮城県沖地震	
⑤	想定福島県沖地震	
⑥	想定茨城県沖地震	
⑦	昭和58年日本海中部地震	日本海側
⑧	平成5年北海道南西沖地震	
⑨	想定佐渡北方沖地震	

表-2 昭和8年三陸地震の断層パラメータ

断層原点	緯度	40.16°
	経度	144.50°
	深さ	1km
走向	180°	
傾斜角	45°	
滑り角	270°	
断層長	185km	
断層幅	50km	
滑り量	6.60m	

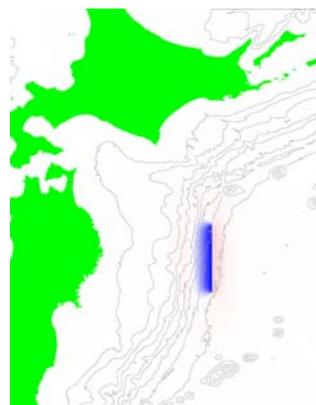


図-2 昭和8年三陸地震による津波の初期水位分布 (青色：引き波，赤色：押し波)

#### 4. 津波計の配置設定

GPS津波計の配置は、沖合約20kmで、太平洋側および日本海側は、それぞれ最北の尻屋岬、竜飛崎を基点に概ね50km間隔になるように設定した。なお、配置に際し、より波源域に近いこと、および比較的水深が深い地形では津波がより早く到達する（津波の伝搬速度は、水深が深いほど速くなる。）等の特性を考慮し、岬、半島および島を有効に活用できるように配慮した。津波計の配置を図-3に示す。

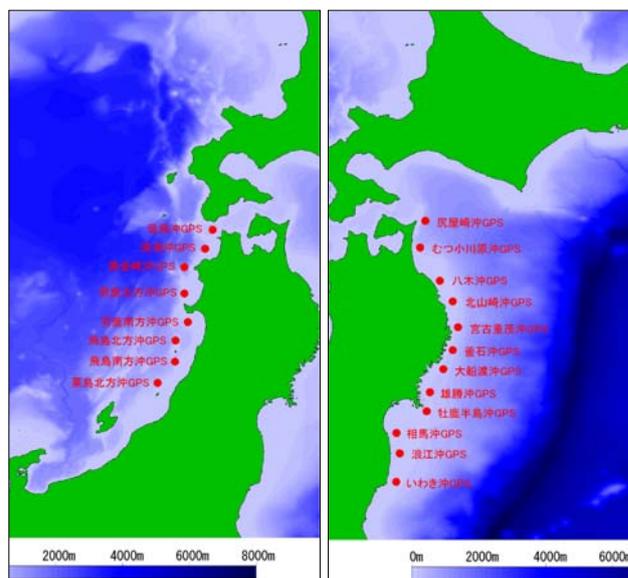


図-3 津波計配置図

### 5. 津波到達時間の算出

津波到達時間を算出する対象港湾の一覧を表-3 に、位置を図-4 に示す。

昭和8年三陸沖地震に対する津波シミュレーション結果として、津波伝播図を図-5 に、地震発生から沖合の津波計で津波の第1波目のピークを観測できる時間および主な港湾に津波が到達する時間を表-4 に示す。

昭和8年三陸沖地震モデルの津波シミュレーション結果では、対象港湾の中で津波が最も早く到達するのは岩手県の小本港で、地震発生40分後であった。この津波の第1波目のピークを図-3の津波計配置では、地震発生35分後で捉えられることが分かった(表-4)。

表-3 津波到達時間を算出する対象港湾一覧表

県名	種別	港湾名称
青森県	重要港湾	青森港, むつ小川原港, 八戸港
	地方港湾	深浦港, 七里長浜港, 大間港, 仏ヶ浦港, 尻屋岬港
岩手県	重要港湾	久慈港, 宮古港, 釜石港, 大船渡港
	地方港湾	八木港, 小本港
宮城県	特定重要港湾	仙台塩釜港
	重要港湾	石巻港
福島県	重要港湾	相馬港, 小名浜港
	地方港湾	江名港, 中之作港
秋田県	重要港湾	能代港, 船川港, 秋田港
	地方港湾	戸賀港, 本荘港
山形県	重要港湾	酒田港
	地方港湾	加茂港, 鼠ヶ関港

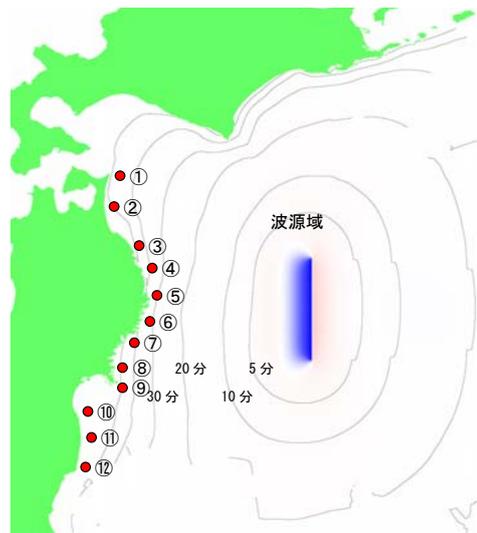


図-5 昭和8年三陸地震による津波伝播図

表-4 昭和8年三陸地震による水位変動時系列

地震発生後の経過時間	港湾での潮位変動	沖合GPS津波計による第一波ピーク観測
3 5分		宮古重茂沖GPS
3 6分		釜石沖GPS
4 0分	小本で20cm潮位変動開始	
4 2分		大船渡沖GPS
4 3分	釜石で20cm潮位変動開始	
4 4分	宮古で20cm潮位変動開始	北山崎沖GPS
4 6分	大船渡で20cm潮位変動開始	

図-6 は、昭和8年三陸沖地震に対する津波シミュレーション結果より、釜石沖GPS津波計位置と小本港における津波水位の時系列を示したものである。小本港で潮位偏差が20cmになる4分前、釜石沖GPS津波計位置で津波第一波のピークとなることが分かった。さらに、小本港の潮位が基準海面より高くなる時刻を対象とした場合、岩手県および宮城県沿岸に設置した多くの観測点で、その時刻より前に津波の第1波目のピークを観測できることが分かった。

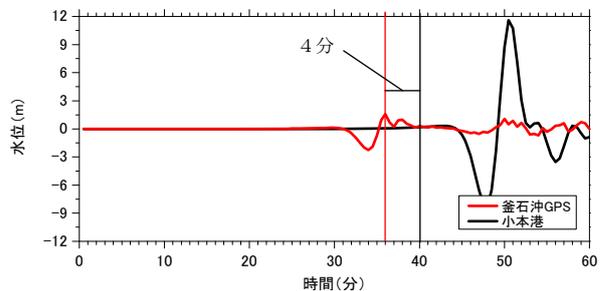


図-6 小本港と釜石沖GPSの水位時系列

図-4 対象港湾位置(国土交通省東北地方整備局HP)



### 6. 津波計配置の効果

図-3の津波計配置における津波の早期検知能力について、表-5に太平洋側、表-6に日本海側の評価を示す。ここで、評価区分は次の3パターンとした。表中◎印は津

波計が計算対象沿岸での潮位変動±20cmの開始時刻より10分以上前に第一波のピークを観測できる、○印は潮位変動±20cmの開始時刻より前に第一波のピークを観測できる、△印は潮位が基準海面より20cm以上上昇する時刻より前に第一波のピークを観測できる観測点を示す。

今回評価した津波計配置(図-3)は、沿岸からの距離が比較的短い、それでも沿岸部にて潮位が基準海面より20cm以上高くなる時刻より前に第1波のピークを観測できる(△印)ことが表-5、表-6から分かる。

なお、図-7及び図-8は、本稿において対象とした地震津波の初期波源を太平洋側及び日本海側について重ね合わせた図である。

表-5 GPS津波計の評価(太平洋側)

地震津波	明治29年三陸地震	昭和8年三陸地震	昭和43年十勝沖地震	想定宮城県沖地震	想定福島県沖地震	想定茨城県沖地震
GPS津波計						
尻屋岬沖	△		△			
むつ小川原沖	△					
八木沖	△					
北山崎沖	△		△			
宮古重茂沖	△	○	△	△	○	
釜石沖	△	○	△	△	○	
大船渡沖	△			△	○	
雄勝沖				△	△	
牡鹿半島沖				△	△	
相馬沖						
浪江沖						
いわき沖					○	○

表-6 GPS津波計の評価(日本海側)

地震津波	昭和58年日本海中部地震	平成5年北海道南西沖地震	想定佐渡北方沖地震
GPS津波計			
竜飛沖			
深浦沖	△	○	○
黄金崎沖	○	○	○
男鹿北方沖	△		○
男鹿南方沖			○
飛島北方沖			◎
飛島南方沖			○
粟島北方沖			○

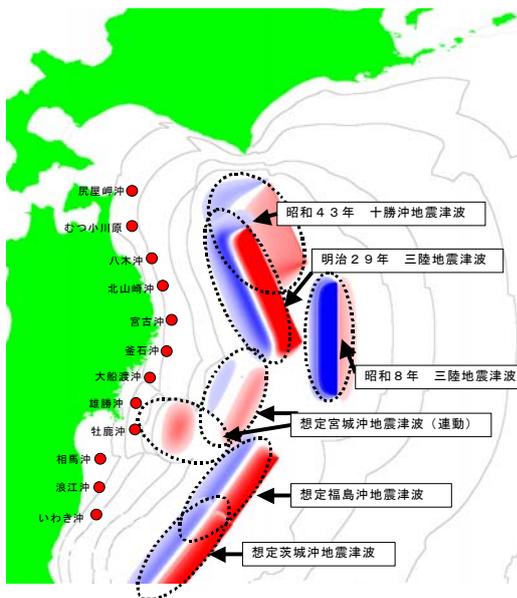


図-7 津波波源の重ね合わせ図(太平洋側)

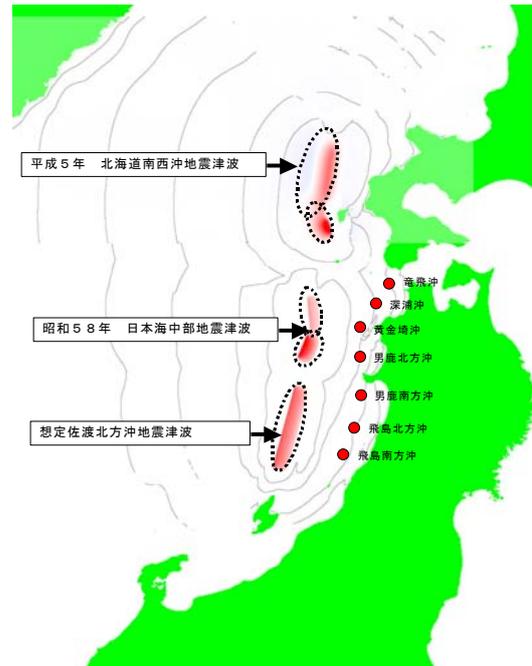


図-8 津波波源の重ね合わせ図(日本海側)

## 7. おわりに

今回は、GPS津波計を約20km沖合に、ほぼ50km間隔で整備した場合において、津波計による沖合での第1波の観測時刻と沿岸部への津波到達までの余裕時間を評価した。その結果、沿岸部で潮位が基準海面より20cm以上高くなる時刻より前に沖合の津波計で第1波のピークを観測できることが分かった。

本技術の実用化に当たっては、今後、より最適な津波計配置の検討が必要である。その際、沿岸部に来襲する津波の規模のより正確な予測が防災上重要であり、今回実施した時間的観点だけではなく、地域ごとの津波予測精度の観点からの津波計配置の検討も必要である。

また、津波防災を担うシステムとして、観測データのノイズや機器の誤作動の識別等、システムの信頼性の確保が不可欠であり、さらには沖合での津波情報を防災対策に活用するための方策の検討も必要であると考えられる。

最後に、本稿は、国土交通省東北地方整備局より受託した「平成16年度東北地方の港湾における津波対策基礎調査」の成果の一部を取りまとめたものであり、ここに記して関係各位に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) (独)港湾空港技術研究所：平成16年度日本沿岸沖合津波観測網の構築に関する基礎調査検討業務(報告書)，2005.3.