

# 陸前高田地域の津波遡上に関する平面2次元流解析によるシミュレーション

明星大学 学生会員 ○千葉 公平  
 明星大学 正会員 藤村 和正

## 1. 研究の背景と目的

沿岸や陸域での津波の挙動や河川遡上を正確に把握し、各地の津波防災に活かすことは極めて重要である。現在、国や各自治体で津波シミュレーションが進められ、浸水深ハザードマップの作製などに活用されている。通常、津波シミュレーションは、高度な解析技術と高性能なコンピュータを必要とする。一方で、比較的容易に解析できる方法も示されている<sup>1)</sup>など。高度な技術を必要としないシミュレーションの信頼性を高めることができれば、地域規模の津波防災を検討する際の有用なツールになりうる。

そこで本研究では、河川の氾濫流計算などを行うソフトウェアの iRIC3.0 Nays2D Flood v5.0 を用いて平面2次元流解析による津波シミュレーションを行い、東北地方太平洋沖地震で発生し陸前高田地域に上陸した津波の挙動を解析し、陸前高田地域内4か所の津波記録を参考にしてシミュレーション結果の再現性について考察することを目的とする。

## 2. 対象地域の被害概要

岩手県陸前高田市は2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の津波によって市街地が壊滅状態となり、死者・行方不明者は1,800名近くにのぼり甚大な被害を受けた。津波は気仙川と支川の矢作川を遡上し、河口から約5km離れた竹駒地区や矢作地区にも到達し、約10m以上の浸水深となり両地区合わせて95戸が全壊した<sup>2)</sup>。

## 3. シミュレーションの方法

### (1) iRIC3.0Nays2DFlood の利用

iRIC3.0 は河川の流れや河床変動を解析する無償で入手できるソフトウェアであり、汎用性が高く国内外で利用されている。本研究では、iRIC3.0 のソルバーの一つで、主に河川の氾濫流解析に使用されている Nays2DFlood v5.0 を利用する。

### (2) 使用データ

津波解析に必要な陸域と海域の地形データとして Web サイトから入手できるデータベースを利用し、基盤地図情報の数値標高モデル (DEM) 5m メッシュと日本海洋データセンターの 500m メッシュ海底地形データを用いた。図 1 に対象地域の概要図を示す。また、陸域の建物データとして、被災前の陸前高田市の建築物外周線を復興支援調査アーカイブの Web サイトから入手し、計算条件の一つとして検討した。

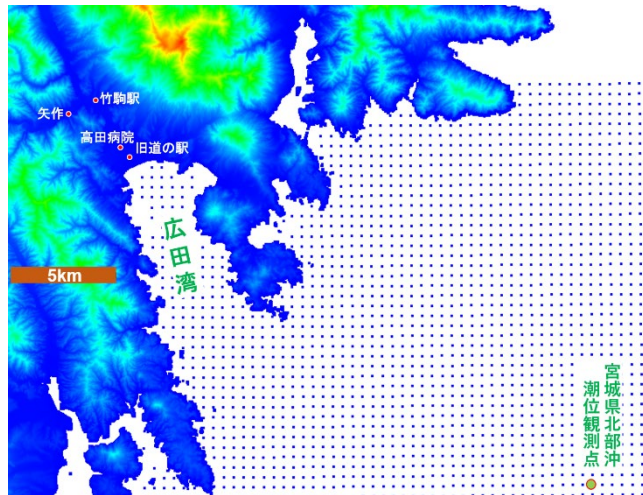
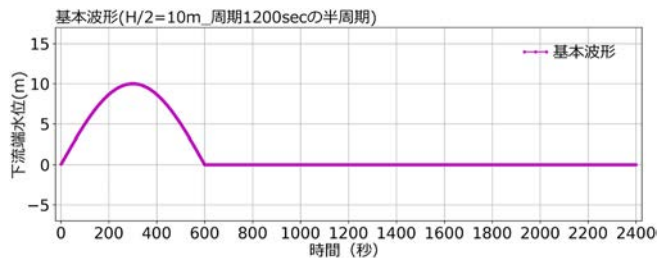
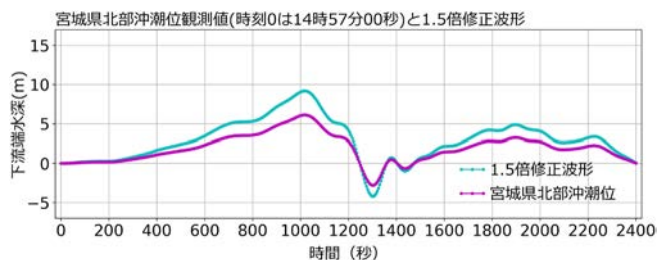


図 1 対象地域の概要図



(a) 基本波形 (正弦曲線、振幅 10m、周期 1200 秒)



(b) 観測波形とグリーンの法則を適用した津波波形

図 2 解析に使用する津波波形

### (3) 解析条件

#### 1) 津波波形

津波波形は基本波形と観測波形の2種類を用いる。基本波形は他の地域の解析でも指標として使用することを考え、振幅 10m、周期 1,200 秒の正弦曲線の半周期分を用い、対象期間を 2,400 秒として設定した (図 2 (a))。一方、観測波形は全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) から入手した 2011 年 3 月 11 日 14 時 57 分 00 秒から 15 時 37 分 00 秒の 40 分間の宮城県北部沖の潮位とし、開

始時刻（14時57分00秒）の水位をゼロ基準とした水位を設定した。津波は沿岸に近づくにつれて波高が高くなる性質があり、①式のグリーンの法則で表されている。

$$H_1 = \sqrt[4]{\frac{h_0}{h_1}} H_0 \quad \dots \textcircled{1}$$

ここに、 $H_0$ ：沖合の津波高（14m）、 $H_1$ ：沿岸の津波高、 $h_0$ ：沖合の水深（160m）、 $h_1$ ：沿岸の水深（30m）。

①式から沿岸の津波高を求めると沖合の約1.5倍である。そのため、観測波形の1.5倍を津波波形とする（図2(b)）。これらの津波波形は、広田湾の湾中央部に設定した解析下流端の境界条件として与える。

## 2) 格子サイズと計算時間ステップ

安定した計算が可能で、かつ、効率的な解析時間となる格子サイズと計算時間ステップを設定し、それぞれ、80mメッシュと0.1秒である。粗度係数は陸域に0.030、海域および河川に0.020を設定した。

## 4. 結果と考察

解析結果として観測波形による解析の浸水域の例を図3に示す。津波は気仙川を遡上している様子が分かる。次に、被災当時、県立高田病院屋上から撮影した旧道の駅方向の写真<sup>3)</sup>と、2012年7月21日に共著者藤村が訪問した竹駒地域、矢作地域の状況を参考とし、旧道の駅、高田病院、JR大船渡線竹駒駅、下矢作地区中島地点の合計4地点の浸水深を抽出して検討する。

### (1) 基本波形の解析結果

基本波形の解析では、主に、計算の安定性を確認した。その結果、次の知見が得られた。

- (a) 移流項の差分方法の選択は、風上差分よりCIP法の方が安定した結果が得られ、解析時間も短時間であった。（Intel(R) Core(TM) i7-3770K CPU @ 3.50GHz、4コア使用時の解析時間：187秒）
- (b) 市街地を特徴づける建築物外周線は、CIP法では障害物ポリゴンとしのみ反映できる。しかし、障害物セル付近の浸水深が過大になり不安定性が生じた。
- (c) 旧道の駅から高田病院までの津波到達時間を浸水深2.5m付近で確認したところ、1分40秒であった（図4）。

### (2) 観測波形の解析結果

- (a) 旧道の駅と高田病院の浸水深波形はノイズが生じたため3格子の平均値で表した。旧道の駅の実際の津波高は18mであるが、今回の解析では浸水深は約10mであり実際に比べて低い結果である。
- (b) 旧道の駅から高田病院までの津波到達時間は、浸水深4mで確認したところ1分であった（図5）。実際の津波到達時間は1分～2分程度と推定され、妥当な結果であった。

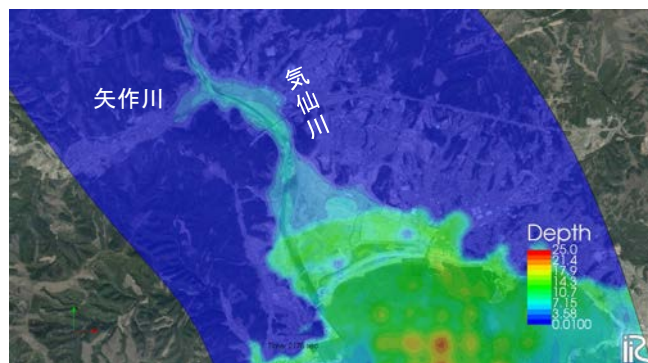


図3 観測波形による解析の浸水域

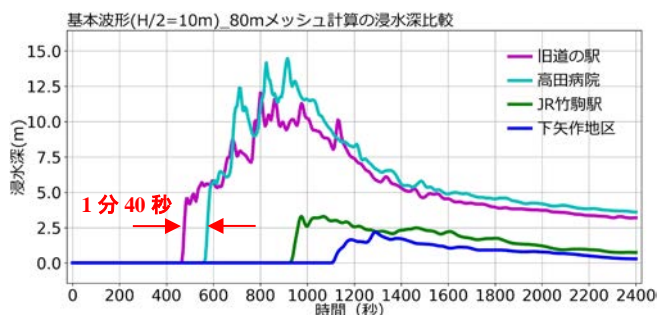


図4 基本波形の解析結果：4地点の浸水深比較

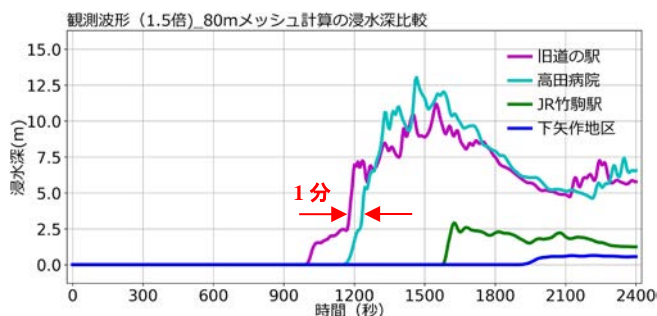


図5 観測波形の解析結果：4地点の浸水深比較

- (c) 津波は実際の浸水深より小さいものの竹駒地区と矢作地区にも到達していることが確認された。

## 5. おわりに

本研究による平面2次元流解析による津波シミュレーションは、良好な再現性を示すには至らなかったが、定性的には、浸水深、陸上に上陸した津波移動時間を表現している可能性がある。今後は、計算格子サイズなど計算条件を調整するなどして解析精度を向上させ、他地域での検討を考えている。

### 【参考文献】

- 1) 林・齋藤・鎌滝・渡辺・田中：数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討、東北地域災害科学研究、第56巻 pp.63-68、2020。
- 2) 岩手県：第2章第3節市町村被害状況陸前高田市、岩手県東日本大震災津波の記録、pp.28-30、2013。
- 3) 日経メディカル：病院を大津波が襲った日、岩手県立高田病院 2011年3月11・12日の記録、<https://medical.nikkeibp.co.jp/leaf/all/report/t148/201107/520697.html> (2023年1月16日閲覧)