

津波解析コード JAGURS の富山湾への実装と津波の基礎解析

富山県立大学 学生会員 ○近藤 翔斗
富山県立大学 正会員 呉 修一

1. 研究背景・目的

日本では、地震に伴う津波が過去に多大な被害を及ぼした。大きな被害としては東日本大震災や北海道南西沖地震などが挙げられる。例として東日本大震災を挙げると、地震の規模は M9.0 であり、福島県相馬市では 9.3m 以上の津波が襲い、多大な被害を及ぼした。警察庁¹⁾は死者と行方不明者の合計は 1 万 9009 人、死者の 90%以上が津波による溺死であると報告している。

このような事例を基に、従来から津波の伝播や津波の遡上計算、断層の調査研究がされてきた。津波の伝播の研究では、加島ら²⁾は東北地方太平洋沖地震における津波のソリトン分裂波を再現した。津波の伝播を基に、小谷ら³⁾は GIS を利用した津波遡上計算法を提案し、人的・家屋被害を推定した。竹内ら⁴⁾は音波による調査で呉羽山断層帯の総延長が約 35km であると報告している。また、呉羽山断層海域部の先端は、褶曲構造が放射状に広がり、断層運動による変形が次第に弱まる形という結果も出ている。この結果を基に、松田式から計算される地震規模 M7.4 が想定され、従前の推定値 (M7.2 程度) より大きくなった。

富山湾では、富山県が津波シミュレーション等を実施しているが、解析事例は多くない。本研究では、JAGURS⁵⁾を用いて、富山湾の津波を評価する。

2. 研究手法

2.1 数値計算の概要

JAGURS は、ナビエ・ストークス方程式を長波として近似した式を使用し、その時間発展を有限差分法により解く。これにより、津波の波源から沿岸までの伝搬、陸地への浸水や河川への遡上を算出する。JAGURS の特徴として、多階層のネスティングにより、計算流域内の特定の領域について格子解像度を上げた計算が可能である。本研究で用いる地形データは M7011 を使用する。

計算に用いる連続式(1)と運動方程式(2), (3)を以下に記す。

$$\frac{\partial(d+h)}{\partial t} = -\frac{1}{R \sin \theta} \left[\frac{\partial\{u(d+h)\}}{\partial \varphi} + \frac{\partial\{v \sin \theta(d+h)\}}{\partial \theta} \right] \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{R \sin \theta} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial \theta} = -\frac{g}{R \sin \theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - C_f \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{d+h} \quad \dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{R \sin \theta} \frac{\partial v}{\partial \varphi} = -\frac{g}{R} \frac{\partial h}{\partial \theta} - C_f \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{d+h} \quad \dots\dots(3)$$

ここに、 t は時間、 R は地球半径、 φ は経度、 θ は緯度、 u は流速(経度)、 v は流速(緯度)、 d は水深、 h は波高、 g は重力加速度、 C_f は摩擦係数である。

2.2 富山湾の断層パラメータ

津波が発生するメカニズムは、一般的に地震発生の際に海底の盛り上がりや沈みこみが広範囲に起こり、その力を受けて海水が上下に変動する。その振動が波となって周囲に伝わり、津波が生じる。そのため、津波波高を求めるには波源を表現する断層のデータが必要となる。表-1 に国土交通省⁶⁾や富山県⁷⁾が発表した断層パラメータを示す。

表-1 既往断層モデルの断層パラメータ

	富山湾西側の断層(1)	富山湾西側の断層(2)	糸魚川断層(1)	糸魚川断層(2)	呉羽山断層
緯度	37.2339	37.1319	36.9922	37.3618	36.77
経度	137.3179	137.1774	137.5859	137.9308	137.27
深さ(km)	2	2	1.9	1.9	1.5
走行(度)	228	191	37	55	40
傾斜(度)	45	45	45	45	45
すべり角(度)	103	62	76	102	-
断層長さ(km)	16.2	26.4	51.5	34.1	35
断層幅(km)	18.3	18.3	22.7	22.7	22
すべり量(m)	2.77	2.77	4.66	4.66	2.9

注：呉羽山断層のすべり角のデータはなし

3. 簡易計算結果

JAGURS の試行計算のため、表-1 の断層パラメータを用いず、断層の位置を参考として、計算を行った。

次の図に簡易計算で算出した糸魚川断層による津波波高の一例を示す。図-1は簡易計算における断層モデルの設定図であり、図-2は図-1で設定した断層による津波伝播の様子である。図-3は富山県氷見市における津波波高の時系列である。

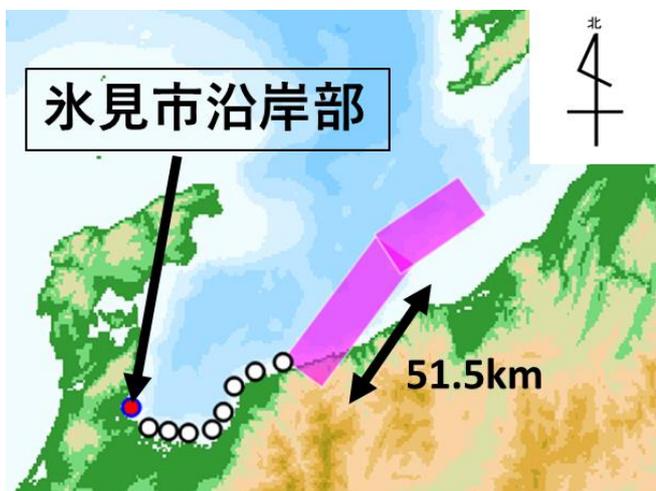


図-1 糸魚川断層の位置

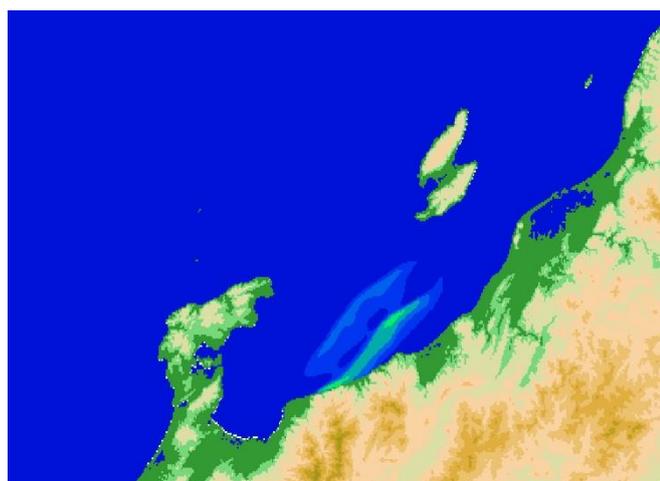


図-2 仮想計算による津波伝播の様子

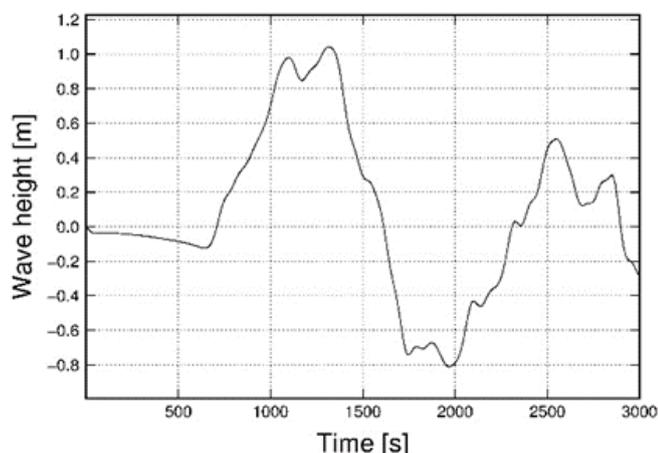


図-3 富山県氷見市の津波波高の時間変位

簡易計算結果より、富山湾における津波は富山県の各市町村に到達する時間が津波発生から地域によっては、1分程度で到達することが明らかとなった。

4. 結論

簡易計算から、富山湾において津波発生から市町村に到達する時間が1分で到達する場所があり、富山県の各市町村への到達時間が短いということが分かった。今後、表-1で示した国土交通省や富山県が発表したデータ等を用いて計算を行い、国土交通省や富山県が発表した津波を評価する。これにより、富山湾で起こりうる可能最大津波の評価に取り組む。

5. 参考文献

- 1) 警察庁：東日本大震災と警察，焦点，第281号，2012.
- 2) 加島寛章，平山克也：現地津波のソリトン分裂特性に関する実験的検討とその再現計算，土木学会論文集(海洋開発)，Vol. 69, No.2, I_694-I_699, 2013.
- 3) 小谷美佐，今村文彦，首藤伸夫：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，土木学会，356-360，1998.
- 4) 竹内章，野徹雄，楠本成寿，渡辺了：呉羽山断層帯海域部の音波探査と陸域との接続関係，日本地質学会学術大会講演要旨，497-497，2011.
- 5) 安藤和人，馬場俊孝，松岡大祐，加藤季広：「京」コンピュータによる大規模津波シミュレーション-津波伝播遡上コードの超高並列向け最適化-，情報処理 Vol. 55, No.8，2014.
- 6) 国土交通省：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書，参考資料2，1-27，2014.
- 7) 富山県庁：津波シミュレーション調査の結果の概要について，資料1-①，1-9，2017.

謝辞

JAGURSの実装に向けて、東北大学災害科学国際研究所の山下啓先生および徳島大学の馬場俊孝先生には、多くのご指導を頂きました。末尾ですが、ここに記して謝意を表します。