

東北地方太平洋沖地震津波による養殖施設・アマモ場への被害関数の推定

東北大学工学部建築・社会環境工学科	学生会員	○福井 謙太郎
東北大学災害科学国際研究所	正会員	Suppasri Anawat
東北大学災害科学国際研究所	正会員	山下 啓
東北大学大学院工学研究科	学生会員	大平 浩之
東北大学災害科学国際研究所	正会員	今村 文彦

1. はじめに

東日本大震災による人的・物的（建物や漁船）の被害実績に基づいて、津波被害関数が提案され¹⁾、津波外力と被害程度の関係性や特徴が調べられてきた。他方、海域における養殖施設やアマモ場などの沿岸生態系の津波被害と外力との関係性は十分に明らかにされていない。また、津波外力とアマモ場被害の関係は詳細に示されてはならず、養殖筏は流速 1.0 m/s 以上で被害が発生する²⁾ことが示されているが、将来の津波被害軽減予測・対策のために定量的な関係を詳細に示すことが望まれる。そこで本研究では数値解析を用いて、2011 年東北津波による宮城県万石浦の養殖施設やアマモ場に関する被害関数を推定する。

2. 津波の数値解析と被害データ

2.1 数値解析

閉鎖的内湾である万石浦を対象に、津波の数値解析を用いて 2011 年東北津波を再現する。空間格子間隔は、第 1 領域 1215 m ～第 6 領域 5 m とし、時間格子間隔は 0.1 s、潮位条件は 2011 年東北津波当時の T.P.-0.42 m とした。なお、基礎理論は非線形長波理論であり、計算時間は 3 時間とした。

まず、万石浦に最適な断層モデルを決定するために JNES モデル³⁾、東北大学モデル Ver1.1⁴⁾、Satake ら⁵⁾の三つの断層モデルで再現計算を行う。各計算結果と東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの調査結果の浸水高を比較し、幾何平均 K と幾何標準偏差 κ を算出する。各標準偏差 κ の中で最も小さい値のモデルを採用し、その幾何平均 K をすべり量に乘じスケールリングを行う。その結果、本研究では JNES モデルを採用し、スケールリング後の値 (K は 1.01, κ は 1.41) は土木学会による推奨値 ($0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$) を満たしたため、当時の津波を再現できたと判断した。スケールリング後の最大流速分布を図-1 に示す。

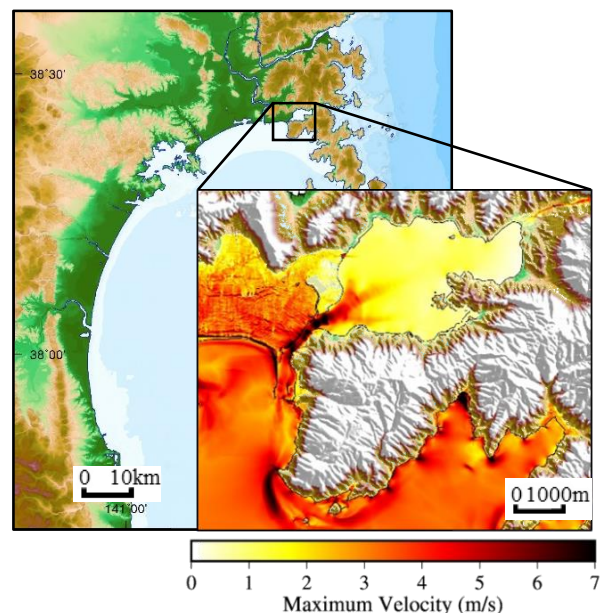


図-1 万石浦の最大流速分布（宮城県石巻市）

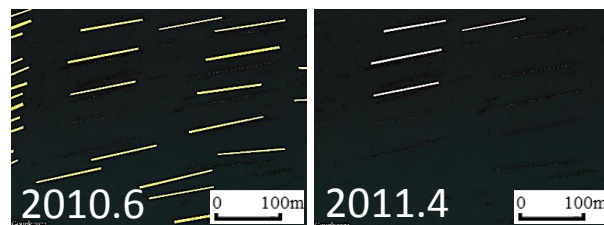


図-2 津波前後の養殖施設のポリゴンデータ

2.2 被害データ

万石浦の養殖施設は、延縄式や筏式、養殖棚などが存在するが本研究では延縄式を対象とする。被害データの作成方法は、図-2 のように、まず、2011 年東北津波以前の延縄式養殖施設のポリゴンデータを Google earth から抽出する。次に、得られたデータを 2011 年東北津波以後の衛星画像と照らし合わせて、養殖施設が確認出来ない、または、破損している場合に該当するポリゴンデータを除く。そして、ポリゴンデータの有無で値の異なる二値の被害データを作成する。

アマモ場の被害データは環日本海環境協力センター、東京大学大気海洋研究所の 2011 年東北津波前後のアマモ場画像⁶⁾を用いる。Image J（画像解析ソフトウェア）

キーワード：東日本大震災、万石浦、津波数値解析、津波被害関数、養殖施設、アマモ場

連絡先：〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 3F-E305

を用いて画像解析し、データを抽出することで養殖施設同様の二値の被害データを作成した。

3. 津波被害関数の推定

3.1 考慮する津波外力

養殖施設の被害形態には、津波外力による直接的な破壊、流出、施設同士の接触などが考えられるが、被害は最大水位に関係なく流速に関係する。

また、アマモ場の被害形態は、津波の強い流れによる切断、土砂の堆積による枯死、砂場の侵食による流出が想定されるが、三つ目の形態が卓越すると考えられる⁷⁾。この侵食規模は底質の砂粒粒径とせん断力に関係するため、流速成分の影響が大きい。

そこで本研究では養殖施設及びアマモ場の被害関数を推定するにあたり、津波外力として流速を考慮する。

3.2 養殖施設・アマモ場の津波被害関数

津波被害関数とは、被害の規模を津波の流体力学的な諸量との関連で記述したものである⁸⁾。本研究では、越村らを参考とし、最小二乗法による回帰分析により被害関数を推定する。津波外力と被害の関連は一般的に対数正規分布か正規分布により示されるが、本研究では養殖施設及びアマモ場の両方で対数正規分布を採用した。表-1 に各被害関数の回帰パラメータを示す。なお、 λ は数値解析で求めた流速の自然対数 $\ln x$ の平均値、 ξ は標準偏差である。延縄式養殖施設及びアマモ場の被害関数を図-3、図-4 に示す。図-3 から、延縄式養殖施設の被害関数の立ち上がりは鋭く、流速 0.8m/s 以上で被害率は 5 割以上、1.3m/s では 9 割以上となる。また、図-4 から流速 1.0m/s 以上でアマモ場の被害率は 5 割以上、3.0m/s 以上で 9 割以上となり、津波外力と被害の定量的な関係を推定した。

但し、「2.2」の方法によって「被害なし」と判断された養殖施設であったとしても、海面下の養殖資源が流出している場合が考えられる。このため、推定した延縄式養殖施設の被害関数は、実際の被害と比べると過小評価になる可能性がある。また本研究で推定した被害関数は、万石浦を対象としたものであり、地形や底質・植生、または、養殖施設の構造の条件が異なる地域への適用性については今後に検討する必要がある。

4. おわりに

本研究では、津波数値解析を用いて延縄式養殖施設及びアマモ場に関する津波被害関数を推定し、2011 年東北津波による養殖施設及びアマモ場被害の特徴を定

表-1 各被害関数の回帰パラメータ

	λ	ξ	R^2
養殖施設	-0.292	0.346	0.65
アマモ場	-0.031	0.875	0.74

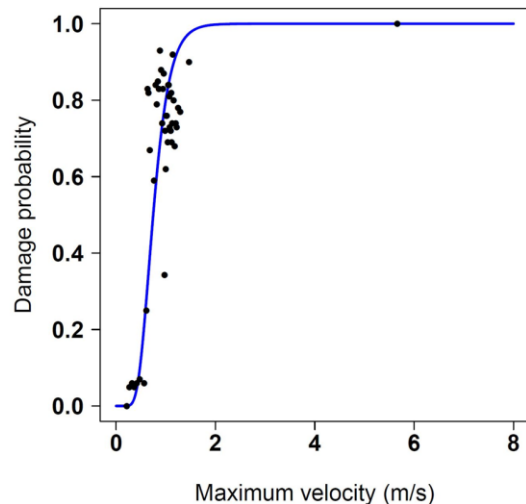


図-3 延縄式養殖施設の被害関数(プロット：100 メッシュ)

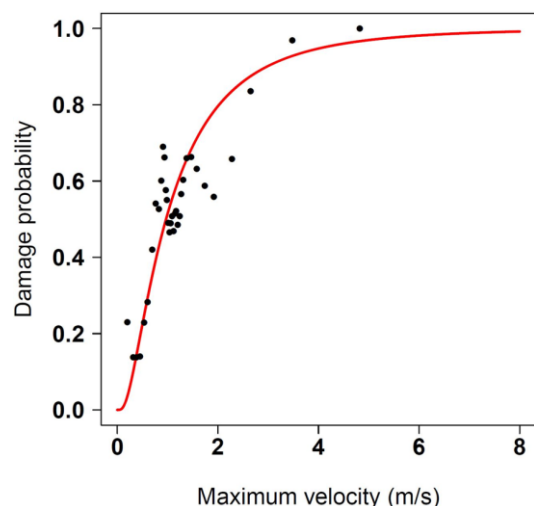


図-4 アマモ場の被害関数(プロット：5000 メッシュ)

量的に示した。今後、養殖施設は構造種別での分類、アマモ場は底質粒径を考慮した津波土砂移動計算によって被害関数を高度化したい。また、各被害関数の他地域への適用性の検証が今後の課題である。

参考文献 1) Suppasri et al., Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering-ASCE, 140 (5), 04014018, 2014. 2) 首藤, 東北大学津波工学研究報告, 第9号, pp.101-136, 1992. 3) 杉野ら, 日本地震工学会論文集, 第13巻, 第2号, pp.2-21, 2013. 4) 東北大学, 東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデル (version1.1) (オンライン), <http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/>, 2012. 5) Satake et al., Bull. Seism. Soc. Am., 103, 2B, pp.1473-1492, 2013. 6) 環日本海環境協力センター, 東京大学大気海洋研究所, 東北地方における漁業復興のためのリモートセンシングデータによる藻場被害及び復元支援マップの作成 2011 年度上半期報告書, 2012. 7) 山下ら, 平成 27 年度東北地域災害科学研究集会及び講演会, 2016. 8) 越村ら, 土木学会論文集 B, Vol.65, No.4, pp.320-331, 2009.