

沿岸域の農地における津波浸水予測技術

A Numerical Simulation Technique of Tsunami Run-up to the Coastal Farmlands

桐 博 英[†] 中 矢 哲 郎[†] 丹 治 肇[†]
 (KIRI Hirohide) (NAKAYA Tetsuo) (TANJI Hajime)

I. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波（以下、「今次津波」という）の後、2011年は農地および用排水路のがれき撤去から除塩へと速やかな農業の再開に向けたさまざまな取組みが行われてきた。2012年に入ってから、沿岸部を含めた地域の復興計画が策定され、海岸堤防の整備など、応急復旧から本格的な復興へと歩み出している。

政府の中央防災会議では、今後の津波対策について、比較的発生頻度が高い津波に対しては海岸保全施設の整備を進めていく一方で、最大クラスの津波に対しては住民などの生命を守ることを最優先に最低限必要な社会経済機能を維持できる総合的な津波対策の確立を求めている。このため、すでに復興計画が策定された地域においても最大クラスの津波による浸水エリアの評価は、ソフト対策の基礎データとして重要である。また、将来の発生が予想されている東海、東南海地震津波は、想定規模が見直され、その対策の見直しが求められている。

本報では、筆者らがこれまで開発してきた沿岸部の農地に適用できる農地氾濫モデルを津波浸水シミュレーションに適用した事例を紹介する。

II. 津波浸水シミュレーションの流れ

本報では、津波浸水予測技術を取り上げるが、近年、使用するデータなどの整備が進んでいるため、データソースを中心に津波浸水シミュレーションのフローを概説する。

津波浸水シミュレーションについては、これまで、内閣府ほか取りまとめた「津波・高潮ハザードマップマニュアル」¹⁾において、数値シミュレーション手法の技術体系が示されていた。また、国土交通省では、「平成23年東北地方太平洋沖地震津波による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き」²⁾で、今次津波後の復旧・復興計画の策定において津波

浸水シミュレーションが迅速かつ適切に行えるよう、標準的な方法を示したほか、地方自治体での津波浸水想定のための手引きへと拡充している³⁾。なお、本報で紹介するシミュレーションにおいても、使用する空間格子間隔や地目別の粗度係数など、この手引きに沿って諸量を設定した。

1. 津波外力の設定

津波のシミュレーションでは、地震の震源を含む広領域を対象に初期水位と地盤変位を津波外力とする方法と沿岸部の限られた領域に対し津波波形を境界条件として与える方法がある⁴⁾。前者の方法では、津波の初期水位と地盤変位を決めるため、表-1および図-1のパラメータを設定する必要がある。これらのパラメータは、一様すべりの断層モデルを仮定し、津波痕跡高との比較によるパラメータスタディもしくはインバージョン解析により決定される。

2. 地形データの作成

(1) 海底地形 海底地形データには、JTOPO 30

表-1 断層モデルのパラメータ一覧

パラメータ	記号 (図-1)
基準点位置	N, E
断層面上縁深さ	d
断層長さ	L
断層幅	W
すべり量	D
走向	θ
傾斜角	δ
すべり角	λ

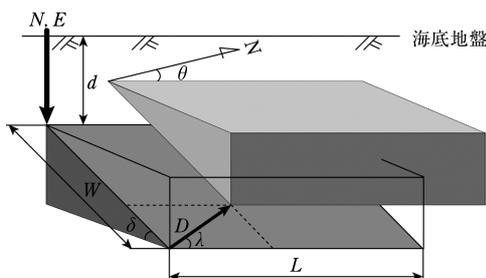


図-1 断層モデルのパラメータ配置

[†]農村工学研究所



(日本近海 30 秒グリッド水深データ) や J-EGG 500 (日本周辺 500 m メッシュ水深データ) のほか, 等深線図を取録した M 7000 シリーズのデジタルデータが活用できる。しかし, これらは沿岸部のデータが取録されていないことがあるので, 海図や沿岸海域地形図のほか, 海岸管理者が作成した深浅測量データを用いる。なお, 海図のほか海岸管理者が作成した深浅測量データには標高が D.L. 標記されている場合があるので, この場合は, T.P. 標記に変換する必要がある。

(2) **陸地形** 陸域の地盤標高データは国土地理院発行の 50 mDEM が容易に入手可能であるが, この標高値は, 1/25,000 地形図の等高線をもとに作成されており, 沿岸部の農地の標高を再現するのが困難で, 浸水域を過大評価する恐れがある。東日本大震災では, 被災地域を中心に地震後の標高がレーザープロファイラで取得され, 解像度が高い地盤標高データが利用可能であった。

3. シミュレーションモデル

津波のシミュレーションでは, 支配方程式に近海では 2 次元浅水長波モデル, 外洋では線型浅水長波モデルが用いられる。ここで, 津波のシミュレーションでは解析領域が広域になるため, コリオリの力を考慮する。また, 遠浅の海域や河川の遡上など波の分散性が無視できない場合は Boussinesq 方程式を用い, 碎波モデルを適用する。

4. 再現計算と予測計算

再現計算では, 地形データの微調整のほか, 断層モデルのパラメータ調整などを行い, 構築したモデルでの浸水状況の再現性を確認する。予測計算は, 設定した津波外力が生じた場合の地域防災計画の評価を行うものである。予測計算では, 再現計算で検証したパラメータをもとに解析を行う。

III. 農地氾濫モデルの概要

解析に使用した農地氾濫モデル⁵⁾の概念を示したのが図-2 である。本モデルは, 海域および氾濫域の流れと水路や小河川の流れを分離し, 前者を 2 次元非線型浅水長波モデル, 後者を 1 次元不定流モデルで解析し, 本間の越流公式で算定した堤防越流量をもとに両者を統合する有限要素モデルである。このように氾濫域と水路・河川の流れを分離することで農地に整備された水路網を伝播して浸水が拡大する様子や水位低下時の水路システムの排水機能を評価できる。また, 用排水路や小河川および道路などで囲まれた農地の区画を 1 つのブロックとし, ブロックごとに解析を行う。ブロックを 1 つの計算単位とすることで, 有限要素定式化の際に組み込まれた解析領域外周での

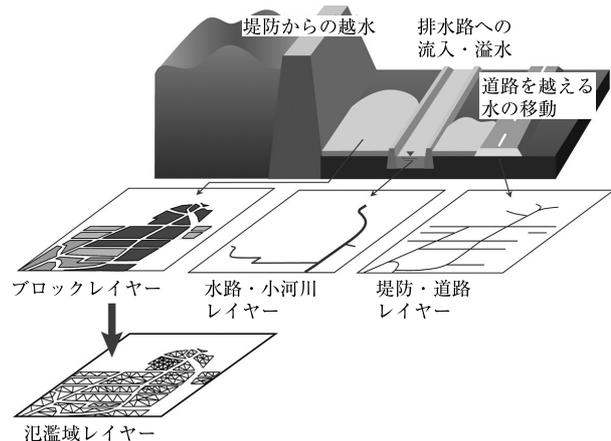


図-2 農地氾濫モデルの概念図

境界条件により, 浸水深がブロック外周に配置された道路などの天端よりも浅い場合に外部に氾濫しないという処理が容易にできる。複雑な地形のモデル化を可能にしている。

IV. 農地氾濫モデルの再現性の検証

1. 対象領域

本研究では, 岩手県三陸南沿岸の山田湾の津波伝播を解析するとともに, 湾奥部の織笠地区を対象に津波浸水シミュレーションを行った。山田湾湾奥部の概要を図-3 に示す。山田湾は, 幅約 2.5 km, 奥行き約 6 km のリアス式の湾であり, 湾中央部の北側に明神崎がせり出して幅約 600 m の狭窄部となっている。また, 湾奥部に大小 2 つの島があるため, 湾内で複雑な波高分布を示すと考えられる。

本報の解析例では, 対象領域の解析メッシュ作成と解析結果の表示に当たり, Google Maps API V 3 を用いた位置座標を取得および浸水深分布を表示する JavaScript を構築した。

2. 計算条件

解析では, 山田湾の湾口から東に 20 km 沖合までを解析領域に設定した。本解析は, 特定の湾の波高分布と津波浸水深の再現が目的なので, 津波外力の評価は波源からの伝播までは評価せずに, GPS 波浪計の観測データを解析領域の東端に境界条件として与えた。GPS 波浪計は, GPS を搭載したブイを浮かべて沖合波浪を観測するために国土交通省が設置したもので, 全国で 15 基が運用されており, このうち 9 基で今次津波の波形が 5 秒間隔で記録されている。岩手中部沖の GPS 波浪計が捉えた津波波高を図-4 に示す。

東日本大震災では, 地震に伴い東北地方で 0.4~0.8 m 程度の地盤沈下が生じたことが知られている。本解析で用いた陸域の地盤標高データは, 震災後の

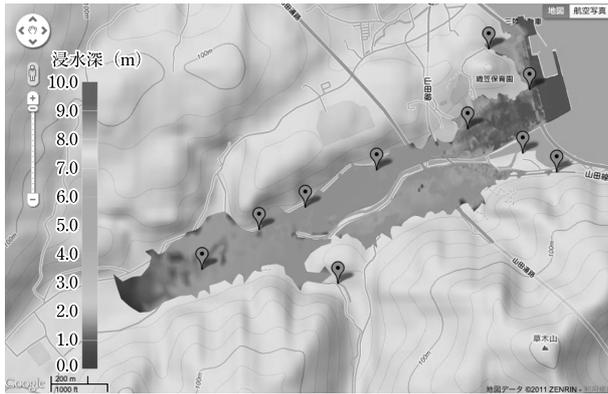


図-6 織笠地区の津波浸水深分布

4. 津波浸水深の分布

織笠地区の津波浸水深分布の解析結果を図-6に示す。図-6中のマーカーは、「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による浸水痕跡標高の調査地点⁶⁾を示す。この合同調査は、今次津波の後、土木学会海岸工学委員会と地球惑星連合が中心となって、津波浸水深、遡上高を計測した大学、研究機関および行政機関がデータを持ち寄り、一元的に品質を管理・整理したものであり、筆者らが計測した農地海岸の津波浸水深もこれに含まれている。津波浸水域の湛水は、浸水最末端で津波浸水痕の測点より上流側に達しているのが見られるものの、それ以外では津波浸水痕の調査結果とほぼ整合する結果が得られている。なお、津波浸水域の解析結果が調査結果よりも上流側に達するのは、同地区を対象に他機関が実施したシミュレーションでも同様の傾向があり、解析では海岸堤防がどの時点で破堤したのかを再現することができないこと、地形勾配が小さく氾濫域を過大評価していること、などの理由が考えられる。

V. まとめ

本報では、震災からの地域復興計画案の津波被災リスクを評価するツールである津波浸水シミュレーション手法について、そのフローを概説するとともに、岩手県の山田湾を対象に行った解析結果を紹介した。

本報で示したシミュレーションは、震災後の被害状況調査や津波遡上の水理模型実験と並行して実施したものである。このため、入手できたデータや解析領域が限られるが、海岸堤防の高さの目安を示すなど、一定の役割を果たしたと考えている。なお、紙面の制約から本報には示さなかったが、同様のシミュレーションを大船渡市吉浜地区でも実施しており、ここでは地

元の復興計画案の津波リスクを評価している⁷⁾。

被災地の1日も早い復興を願うとともに、本報で紹介した手法が将来予想されている東海、東南海地震への対応に役立てば幸いである。

引用文献

- 1) 内閣府、農林水産省、国土交通省：津波・高潮ハザードマップマニュアル，平成16年3月（2004）
- 2) 国土交通省：平成23年東北地方太平洋沖地震津波による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き，平成23年7月（2011）
- 3) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き，Ver.1.20，平成24年4月（2012）
- 4) 高橋智幸：津波防災における数値計算の利用，日本流体力学会数値流体力学部門Web会誌12(2)，pp.23～32（2004）
- 5) 桐 博英，久保田富次郎，登坂宣好，丹治 肇，中矢哲郎：有限要素法による小水路を考慮した農地氾濫モデル，応用力学論文集7(1)，pp.423～430（2004）
- 6) The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group：NATIONWIDE FIELD SURVEY OF THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE TSUNAMI，土木学会論文集B2（海岸工学）67(1)，pp.63～66（2011）
- 7) 桐 博英，丹治 肇，福与徳文，毛利栄征，山本徳司：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震を対象とした減災農地の津波減勢効果の検証，農村工学研究所技報213，pp.279～286（2012）

[2012.5.25.受稿]

桐 博英 (正会員)



略 歴
1991年 筑波大学第二学群卒業
農林水産省農業工学研究所
2011年 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所水利工学研究領域主任研究員
現在に至る

中矢 哲郎 (正会員)



1998年 明治大学大学院修了
農林水産省農業工学研究所
2010年 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構本部
2012年 同・農村工学研究所水利工学研究領域主任研究員
現在に至る

丹治 肇 (正会員)



1978年 東京大学農学部卒業
農林水産省農業土木試験場，農林水産技術会議事務局，農業工学研究所
2011年 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所水利工学研究領域上席研究員
現在に至る