

サブグリッドスケール建物情報を考慮した台風 Haiyan による高潮浸水計算 Numerical Modeling of Storm Surge Inundation by Typhoon Haiyan Using Subgrid-scale Building Information

○福井信気・森 信人・金 洙列・志村智也・宮下卓也

○Nobuki FUKUI, Nobuhito MORI, Sooyoul KIM, Tomoya SHIMURA, Takuya MIYASHITA

A subgrid-scale model, iDFM, is applied to numerical modeling of storm surge inundation in coastal urban areas to implement effect of building targeting Typhoon HAIYAN (2013). Furthermore, the wind drag coefficient is changed according to building submergence to consider the wind speed reduction by buildings. The sensitivity analysis of wind drag coefficient showed more than 40% smaller inundation depth and velocity near limit of inundation than when the wind speed reduction was not considered. In addition, the validation of the iDFM using the post survey results showed that the reproducibility of inundated area was improved compared to conventional roughness model.

1. はじめに

我が国の沿岸防災において、高潮は甚大な被害を及ぼすもののひとつであり、被害軽減のために数値計算に基づく長期的な浸水リスク評価を行うことが求められる。

近年では、細かい解像度を利用し建物形状を反映した数値計算も行われている(例えば Blumberg et al., 2015)。しかし、将来起こりうる台風を大量に考慮する高潮浸水リスク評価には、建物形状を反映しつつも、計算負荷を低減した数値計算手法が求められている。

福井ら(2021)は、市街地を対象とした津波浸水計算において、格子内の複数構造物を一括表現するサブグリッドモデル iDFM を開発し、津波計算への適用性を検討した。本研究では、2013 年 11 月に発生した台風 Haiyan による高潮浸水計算を実施し、iDFM の高潮への適用可能性を検討する。

2. 数値計算手法の概要

(1) 平均化個別建物抗力モデル(iDFM)

iDFM (福井ら, 2021) は計算格子内の複数構造物を対象に、格子内建物数と各方向の平均投影面積、平均建物高さから格子内の構造物に作用する単位面積当たりの抗力の総和を計算し、流体場にフィードバックするサブグリッドモデルである(図-1 に概念図を示す)。建物数や平均投影面積、平均建物高さといったサブグリッド建物情報は、高解像度の建物形状データを用いて計算される。

(2) 計算設定

高潮の計算は非線形長波方程式に基づく高潮

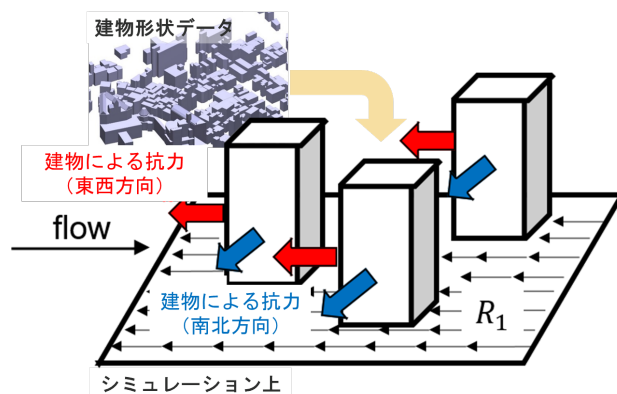


図-1 平均化個別建物抗力モデル(iDFM)の概念図

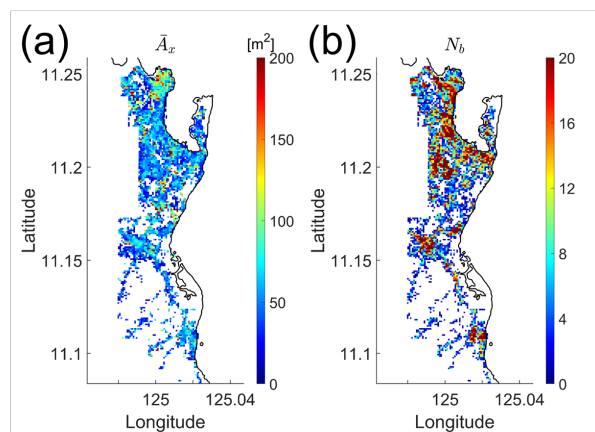


図-2 レイテ島東海岸におけるサブグリッド建物情報
(a: 東西方向の平均投影面積, b: 格子内の建物数)

モデル SuWAT(Kim et al., 2015)を用いる。計算領域は、格子間隔を 2430m から 90m まで 1/3 の比で 4 段階ネスティングしたものを用いる。地形は、海域では GEBCO2014, 陸域ではレーザー測量結果を用いて作成した。最終ドメイン (90m 格子) では、OpenStreetMap によって入手した建物形状データを用いて計算されたサブグリッド建物情報を入力する(図-2)。外力となる海面更正気圧, 10m 高度風速は Mori et al. (2014)による計算結果(領域気候モデル WRF 使用)を用いる。SuWAT における海面抵抗係数 C_w は、海域では Janssen, 陸域では本多・光易(1980)の手法に従い、風速制限 30 m/s とする。陸域では建物による風速低減効果の計算結果への影響を検討するために、浸水深が建物高さよりも小さい場合に C_w の値を 0 にするケース (WDBuildSub) と C_w の値を変更しないケース (WDON)について比較する。

3. 結果と考察

(1) 陸域での海面抵抗係数に関する感度実験

図-3 は、WDBuildSub と WDON における浸水深と最大流速の相対差(WDBuildSub - WDON)の平面分布である。WDBuildSub では WDON よりも風応力が増える時間が短くなり、浸水深と流速ともに小さくなる傾向である。相対差の大きさは、汀線付近では 20%未満であるが、遡上先端付近では 40%以上の部分も見られる。これは、高潮の遡上過程で流速差が積算されたためであると考えられる。このように、陸域での C_w の取り扱いによる浸水深や流速の違いは見られるものの、一般的な手法が確立されておらず、今後も詳しく検討する必要がある。以後は、WDBuildSub に着目する。

(2) 高潮の再現性

痕跡調査(Tajima et al., 2014)による最大浸水深(痕跡 15 点)と浸水範囲を用い、計算結果の再現性を検証する。建物考慮有無の計算結果への影響を評価するために、iDFM を用いた場合(iDFM)と iDFM の代わりに一定粗度(Manning 係数 0.04)を用いた場合(CNTL)について比較する。最大浸水深の RMSE を計算すると iDFM では、0.84 m, CNTL では 0.81 m となり両者の差はほとんど見られない。これは、汀線付近の痕跡点が多く、建物の影響を受けにくいためである。一方、最大浸水範囲を比較すると、iDFM は CNTL よりも遡上先端が汀線側に後退し、再現性も向上している。

4. おわりに

本研究では、高潮モデルに対してサブグリッドモデル iDFM を適用することで、高潮浸水計算において建物形状を考慮する手法を提案した。陸域での海面抵抗係数に関する感度実験を行い、建物による風速低減効果が浸水深と流速に与える影響を評価した。建物の没水状態により、海面抵抗係数を変更することで、遡上先端付近での浸水深と流速が 40%以上減少することを明らかにし、既存の陸域での海面抵抗係数の取り扱いについて検討の余地があることが示唆された。

さらに、痕跡調査結果と比較することにより浸水深と浸水範囲の再現性を検討した。浸水範囲は粗度利用時よりも汀線側に後退し、痕跡調査との再現性も向上した。

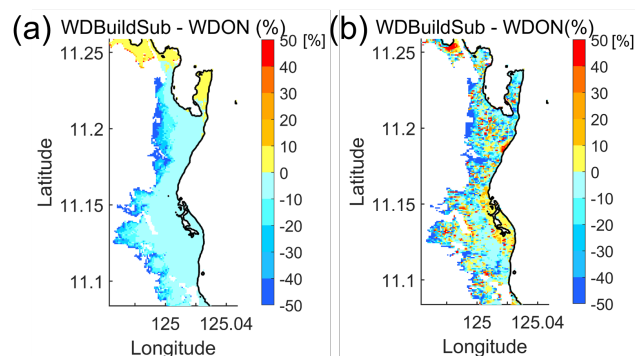


図-3 建物情報から海面抵抗係数へのフィードバックの有無による(a)最大浸水深、(b)最大流速の相対差(Case WDBuildSub-Case WDON)

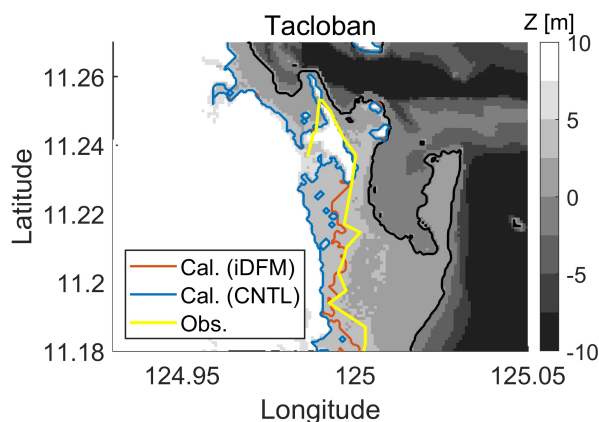


図-4 タクロバン地区の浸水範囲の比較 (赤: iDFM, 青: CNTL, 黄: 痕跡調査結果), 背景の色の濃淡は標高を示す。