

# 時間発展型合成等価粗度モデルに関する検証と再考

東北大学大学院

学生会員 ○林 里美・Bruno Adriano

東北大学災害科学国際研究所 正会員

Erick Mas・越村 俊一

## 1. 序論

2011年東北津波による甚大な被害の発生を受け、将来の国難災害における被害想定の見直しが進められている。しかし、実務で用いられる被害想定手法では、津波氾濫に伴って段階的に進行する被災状況が反映されないため、実際に起こりうる流況の変化を再現することが難しい。そこで、津波流況および建物被害の推定精度を向上させるため、建物流失被害の時空間的な発展に対応した新しい抵抗則の付与手法(以下、時間発展型合成等価粗度モデル)の検討が行われている(Adriano et al., 2014; 林ら, 2014)。

本研究では、時間発展型合成等価粗度モデルの妥当性と問題点について論じることを目的に掲げる。具体的には、仙台市若林区荒浜地域に対して本モデルを適用し、氾濫流況および流失建物分布の再現性に関して検証を行う。

## 2. 時間発展型合成等価粗度モデルの概要

時間発展型合成等価粗度モデルは、津波の浸水状況に応じて建物を流失させ、被害状況を合成等価粗度係数として反映することで、より実現象に近い抵抗則を逐次設定する手法である。具体的には、建物被害程度と津波外力の関連性を表す津波被害関数を導入することで、ある計算ステップにおいて流失させるべき建物棟数を決定し、建物破壊条件に基づいて流失対象となる建物を抽出する。計算ステップごとの建物流失判定フローを図-1に示す。

### (1) 流失限界棟数 $N$ の算定

本研究では、Adriano et al.(2014)による流失建物棟数の算定手法を採用し、各計算ステップにおいて流失させる建物の限界棟数  $N$  を決定した(図-1(1))。まず、各計算ステップで得た浸水深分布と、浸水深に関連した仙台市の津波被害関数(林ら, 2013)を照合することで、浸水深 1 m ごとの浸水棟数  $n$ 、およびその浸水深に対する建物流失率  $P_D$  を把握する。そして、条件付き確率の考えに基づいて、同時に流失する可能性の高い棟数  $N$  を算出し、これを流失させるべき建物棟数の限界値とした。

### (2) 流失対象となる建物の選定

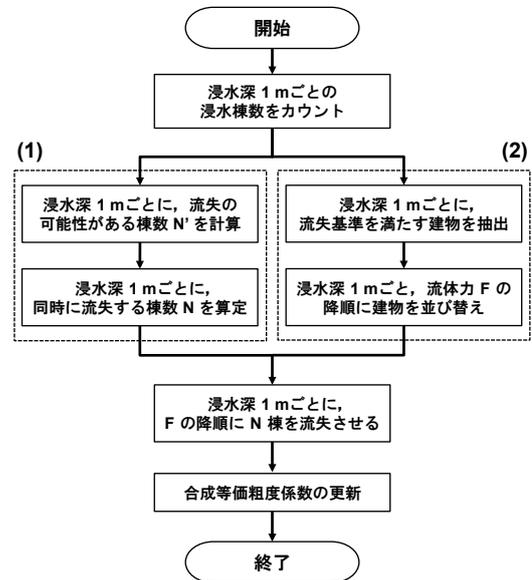


図-1 建物の破壊判定および粗度係数更新の流れ

表-1 本研究で用いた防潮林および建物流失基準 [ $A_C$ : 浸水縦断面積( $m^2$ ),  $h$ : 浸水深( $m$ )]

防潮林	木造建物	鉄骨造・RC造建物
$h \geq 4.0$	$h \geq 1.5$	$A_C \leq 6.8h$

時間発展型合成等価粗度モデルでは、津波の氾濫状況に応じて防潮林と建物を流失させる。本研究では、既往研究や今次津波の被害状況を踏まえて、荒浜地域(図-2)に適した防潮林および建物流失基準を設定した(表-1)。

防潮林に関しては、首藤(1985)に基づき、浸水深  $h \geq 4.0$  m となった際に流失させることとした。また、木造建物の破壊基準は主に浸水深と関連づけて論じられ、今次津波においても同様の傾向が確認されている(国土交通省都市局, 2011)。したがって、流失棟数が急激に上昇した浸水深  $h \geq 1.5$  m にて流失対象建物の選定を行い、抗力の降順に流失させることとした。一方、鉄骨造およびRC造に関しては、浸水深や氾濫流速のみで被害程度を論じることは困難であるものの、建物の浸水縦断面積  $A_C$  によって破壊程度が良好に分類される(松富ら, 2013)。本稿では、松富ら(2013)の建物流失基準を採用し、他構造と同じく抗力の降順に流失させることとした(図-1(2))。

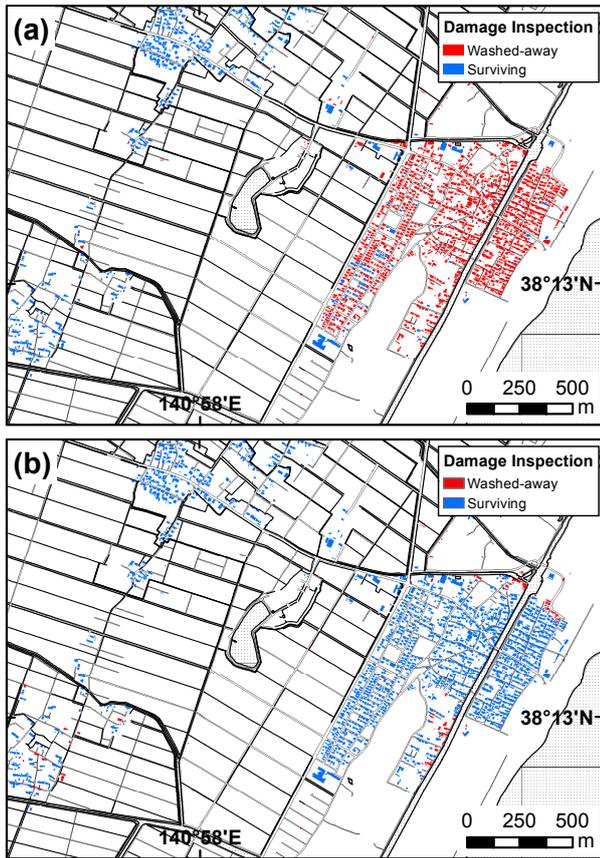


図-2 (a)国土交通省都市局(2011)の現地調査による建物流失被害分布 [流失(Washed-away), 残存(Surviving)]. (b)時間発展型合成等価粗度モデルにより推定された流失建物分布.

### 3. 時間発展型合成等価粗度モデルの検証

上記の建物破壊基準を用いて時間発展型合成等価粗度モデルを構築し、陸上域の最終計算格子間隔を10mとする津波数値計算を実施した。初期条件としては、仙台平野における再現性が高いSatake et al.(2013)の波源モデルを採用した。建物被害分布の実測値と推定値の比較を図-2、建物流失率の実測値と推定値の比較を表-2に示す。

荒浜地域の海岸線沿いでは、被災前、樹林帯幅50mにおよぶ防潮林が広がっていたが、その大部分は津波第一波の襲来と同時に破壊されたことが津波被災映像より明らかになっている。本解析で、表-1に基づいて防潮林の流失判定を行った結果、林帯の破壊状況は概ね再現されていることが分かった。また、最高浸水深分布についても良好な再現性が確認されたほか、津波被災映像から判明している浸水深の時系列変化に関しても概ね整合した。

しかし、津波流況の再現性が良好であるにもかかわらず、防潮林の背後地に位置する密集住宅街(海岸線から1km以内)では、流失と推定された建物棟数が実現象の10%程度に留まり、実測値から大幅に乖離することが確認された(図-2, 表-2)。その一方、海岸線から1km以上離れ

表-2 現地調査(国土交通省都市局, 2011)による建物流失率と時間発展型合成等価粗度モデルによる推定値の比較

	流失棟数	残存棟数	流失率(%)
現地調査結果	1736	1671	50.95
数値解析結果	196	3211	5.75

た内陸部では、実際に破壊されていない家屋が流失と判定されるなど、被害を過大評価する傾向にあることが分かった(図-2)。なお、地域内の建物配置が酷似している名取市閑上・小塚原地域においても、荒浜地域と同様の検証結果が得られている(林ら, 2014)。したがって、本モデルにおける流失建物棟数 $N$ の算定手法や建物破壊基準を再考し、被災建物棟数の評価精度を向上させるほか、市街地の被害評価においては、漂流瓦礫の衝突などその他の破壊要因を本モデルに組み込む必要性が明らかになった。

### 4. 結論

本稿では、時間発展型合成等価粗度モデルの検証を行い、手法の妥当性について論じた。その結果、津波流況の整合性は良好であるものの、沿岸部の密集市街地では流失棟数が過小評価された。一方、内陸部では過剰に流失する傾向が確認され、流失建物分布の推定値は実測値を大幅に下回った。今後は、被害棟数の算定手法を改良するほか、家屋破壊の要因を整理・考慮する予定である。

### 参考文献

国土交通省都市局(2011): 東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査のとりまとめについて, <http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi-hukkou-arkaibu.html>, 2013年5月18日閲覧。  
 首藤伸夫(1985): 防潮林の津波に対する効果と限界, 第32回海岸工学講演会論文集, pp.465-469。  
 林里美, 成田裕也, 越村俊一(2013): 東日本大震災における建物被害データと数値解析の統合による津波被害関数, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I.386-I.390。  
 林里美, B. Adriano, E. Mas, 越村俊一(2014): 建物破壊を考慮した陸域遡上モデルの構築による津波数値計算手法の高精度化, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I.346-I.350。  
 松富英夫, 決得元基, 齋藤雅大(2013): 開口部を有する鉄筋コンクリート造建物に働く津波流体力に関する基礎実験, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I.326-I.330。  
 Adriano, B., E. Mas, and S. Koshimura(2014): An integrated GIS-based model to evaluate the tsunami vulnerability of building using fragility function and tsunami simulation, 平成25年度土木学会東北支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), II-74。  
 Satake, K., Y. Fujii, T. Harada, and Y. Namegaya(2013): Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, Bulletin of the seismological society of America, Vol.103, No.2B, pp.1473-1492。