

## 2次元差分法による津波遡上解析における 建築物・堤防のモデル化忠実度が与える差異

仲矢 直樹<sup>1</sup>・浅井 光輝<sup>2</sup>・馬場 俊孝<sup>3</sup>・正垣 翔大<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 九州大学大学院工学府建設システム工学専攻 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

E-mail: nakaya@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 九州大学准教授 工学研究院社会基盤部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

E-mail: asai@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 徳島大学教授 大学院理工学研究部 社会基盤デザイン系

(〒770-8501 徳島市新蔵町2丁目24番地)

E-mail: baba.toshi@tokushima-u.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 応用地質株式会社 社会システム事業部 地震防災部

(〒112-0002 東京都文京区小石川1-1-17とみん日生春日町ビル5階)

E-mail: masagaki-shyouta@oyonet.oyo.co.jp

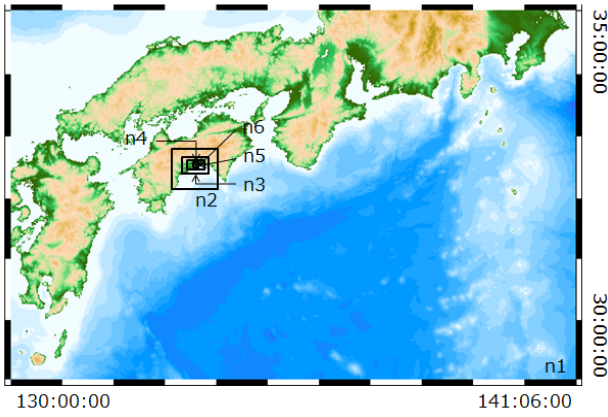
将来発生すると危惧される巨大津波に対する防災計画には、津波による沿岸地域への安全性・危険性を把握することが重要であり、浸水域が的確に推定できる手法が必要となる。実務業務では、津波伝搬から遡上までの津波シミュレーションを2次元解析により実施しているが、3次元問題として取り扱うべき問題に対する誤差が無視できないとの指摘もある。しかし、現状ではスパコンなどの大型計算機を使用しなければならず、実務への直接的な応用は困難である。そこで、本研究では2次元差分解析の範疇のまま、空間分解能を上げることで家屋等の建築物をできる限り忠実にモデル化し、従来の粗度係数を用いた計算結果と比較検討することで津波遡上解析に与える違いを評価し、特に津波遡上解析における注意事項を整理した。

**Key Words :** *finite difference method, 2D tsunami run-up simulation, tsunami arrival time, Kochi-city*

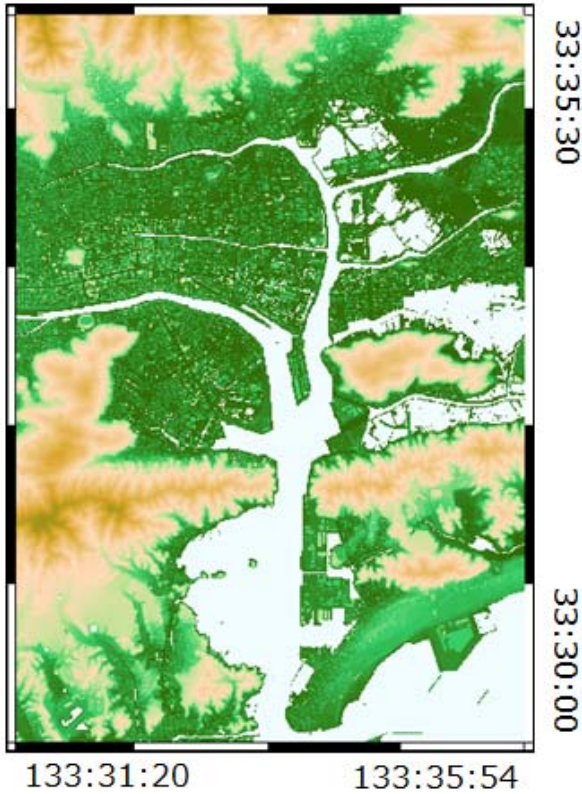
### 1. 諸言

東日本大震災においてマグニチュード 9.0 という我が国観測史上最大の巨大地震、大津波が発生し、東北地方の沿岸部を中心に、甚大かつ広域的な被害をもたらした。最大クラスを想定した災害への備えが不十分であったことが指摘されており、大規模地震の被害想定、対策の見直し、「減災」の考え方を防災の基本理念として位置付け、想定し得る最大規模の浸水等への対策以下の措置が講じられている<sup>1)</sup>。減災のためには、津波による沿岸地域への安全性・危険性を把握することが重要であり、特にソフト防災の一環として行う津波防災地域づくりにおいては、浸水域が的確に推定できる手法が必要となる。上記の目的のために実施する津波シミュレーションの実務においては、鉛直方向に平均流速と静水圧を仮定する浅水長波方程式に基づいた2次元計算が用いられている。特に震源から海岸までの津波伝搬挙動を高速に解析し、

リアルタイムな津波警報に役立てることを目的として利用することが多く、しばしば構造格子を用いた差分法が採用される。また同一の解析手法のまま、津波が陸上へと遡上したあとの市街地の領域まで解析することがある。この際、津波先端部分、建物角部を周る流れなど3次元問題として取り扱うべき問題に対する誤差が無視できないとの指摘もある。著者らもその誤差を推計するためにも粒子法による3次元津波遡上解析<sup>2)3)4)5)</sup>を推進しているが、現状ではスパコンなどの大型計算機を使用しなければならず、実務への直接的な応用は困難である。2次元津波遡上現象の解析において特に留意すべき点は、建物のモデル化であると考えている。これまでの実務では構造格子のまま複雑な形状の建物を取扱うことは困難との考えから、各計算格子に対して家屋の占める割合に応じて粗度係数を設定する方法<sup>6)</sup>が用いられてきた。しかし、赤穂ら<sup>7)</sup>による有限体積法による2次元計算の結果から、粗度係数を用いた計算と建物を直接モデル化した例では、



(a) ネスティングイメージ



(b) 最終的な分解能でのモデル (n6)

図-1 数値実験モデル

特に津波到達時間等に有意な差が生じている。また大石ら<sup>8)</sup>も建物のモデル化の有無と解析精度について議論しているが、この論文では各モデルに対して、被害調査結果と同様な解析が得られる最適な粗度係数および抗力係数をキャリブレーションより評価した内容となっている。以上の背景と潤沢な計算機資源が確保できる現状を鑑み、本研究では2次元差分解析の範疇のまま、空間分解能を上げることで家屋等の建築物をできる限り忠実にモデル化し、従来の粗度係数を用いた計算結果と比較検討することにした。また建築物以外にも、遡上解析において影響度が高いものと予想される堤防高、および河床高に

ついてもできるだけ正確な情報を用いてモデル化することにした。なお、数値実験の対象領域は、南海トラフ地震時に甚大な被害が予想される高知県高知市とした<sup>9)</sup>。

## 2. 解析手法と地震シナリオの設定について

本研究では、2次元差分法として、並列化やネスティングにより大幅に計算負荷を軽減し、高分解な津波計算が可能な JAGURS<sup>10)</sup>を用い、建築物および堤防高までをできるだけ忠実にモデル化した解析モデルにより精緻な計算を実施した。

### (1) 解析手法の説明

まずは JAGURS による津波伝搬・遡上解析の手順とその特徴を下記に整理する。

- 1) 断層パラメータを入力し、Okada<sup>11)</sup>のモデルによる地殻変動解析を実施する。
- 2) 地殻変動から推定される水位変動を初期値・境界値として津波解析を実施する。
- 3) ネスティング解析により、多段階解像度での津波解析を実施する。

以上の解析手順により、地震に伴う地殻変動を考慮した津波伝搬および遡上解析を実施する。また津波の初期値・境界値となる水位変動は、地殻変動による上下変動分に加え、次式によりより求まる水平方向の地殻変動によって生じる鉛直方向の水位変動の両者を考慮している。

$$U_h = -U_x \frac{\partial H}{\partial x} - U_y \frac{\partial H}{\partial y} \quad (1)$$

ここに、 $U_h$  は水平移動に伴う鉛直方向の地殻変動量、 $U_x$ 、 $U_y$  はそれぞれ  $x$ 、 $y$  方向の地殻変動量である。

本研究では、図-1 に示すように  $n1 \sim n6$  までの6つ領域を設定し、ネスティング解析を実施した。その解像度はそれぞれ、18 s、6 s、2 s、2/3 s、2/9 s、2/27 s (1 s は約 30 m) である。18 s、6 s の解析モデルの作成には、陸地・海底地形データセット ETOPO1 を使用し、2 s、2/3 s の解析モデルには国土地理院の基盤地図情報 10 m メッシュの数値標高モデルデータ (DEM データ) を、また 2/9 s、2/27 s の解析モデルは 5 m メッシュの DEM データを用いることで陸域部分の標高を設定した。また、海域の数値実験モデルの作成には、日本水路協会の海底地形データ M7000 シリーズを用いた。ここで DEM データは、航空測量により計測した地表の標高情報を一定の間隔の格子上で保存したデータであり、建物や樹木等の除外した地表面の標高を与えるものである。このため、建築物・堤防・河床の詳細なモデル化方法については 3.(1) にて説明する。

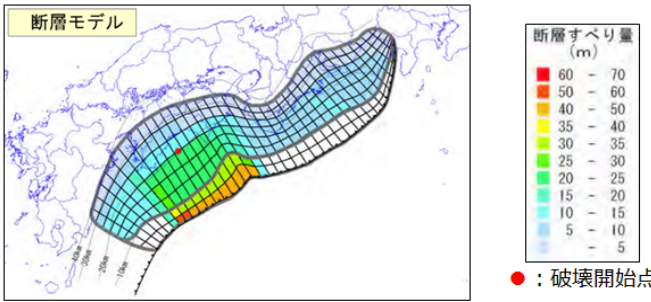


図-2 断層モデル<sup>1)</sup>

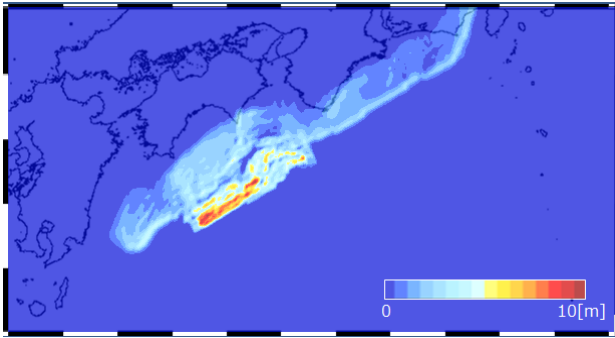


図-3 水位変動分布

## (2) 地震シナリオの設定

本研究では、高知市における最大級の津波被害を推定するため、内閣府想定モデルのケース 4 (四国沖に大すべり域+超大すべり域を設定)<sup>12)</sup>を地震シナリオとし、前節で示した手順にて津波解析を実施した。図-2 にその断層すべり量の空間分布を示す。そこから Okada モデルによる地殻変動量を算出し、式(1)により水位変動量へと変換した結果を図-3 に示している。なお、最も広範な領域である n1 の解析領域は、この際の有意な水位変動を示した領域をすべて包含した領域として設定している。

## 3. 遡上解析モデルの作成手順と粗度係数の設定指針

### (1) 建築物・堤防・河床の形状の反映

図-4 に示すように、地表面形状の設定に使用した DEM データには、建築物等の人工物は含まれない。また DEM データには堤防高を正しく表現できている保障はなく、その扱いは明確ではない。そこで、建物形状の定義には国土地理院より提供された SHP ファイル (建築物の輪郭を外形線として定義したファイル) を用いた。この SHP ファイルは平成 22 年に取得したデータが記載されていたことを追記しておく。また、堤防高、河床高については実測データをできる限り忠実に反映した解析モデルを構築することにした。なお、この堤防高・河床高の実測データを高知県・高知市よりご提供いただいた。

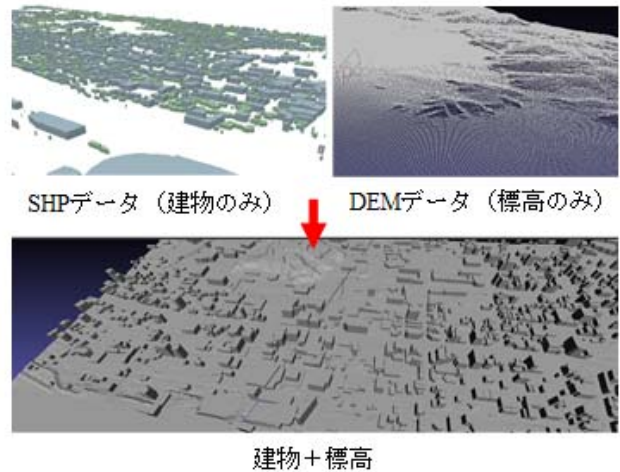


図-4 建築物形状の反映

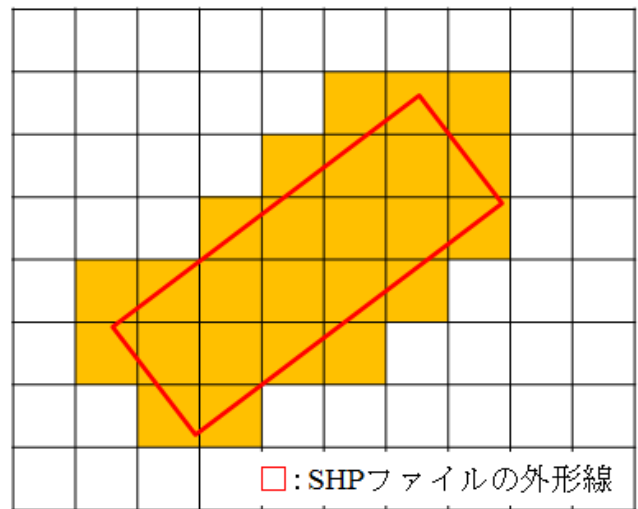


図-5 SHPデータに基づく建築物モデル化

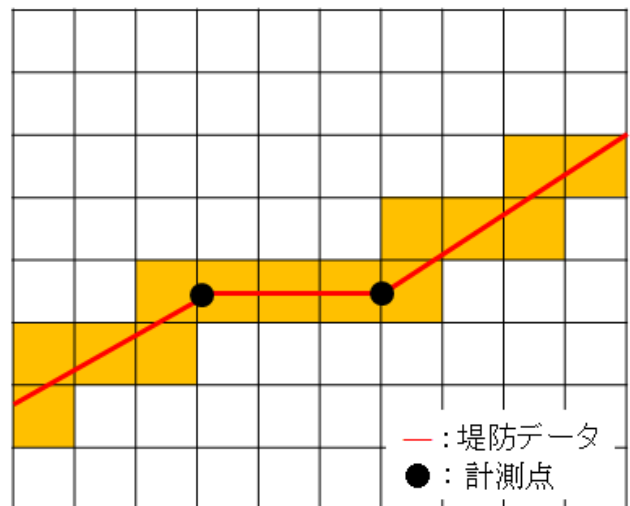


図-6 線分データとして定義した堤防高

まず SHP データは各建物に対してその輪郭と高さ情報が収録されている。図-5 の赤線が SHP データとして定義した建築物の輪郭線を示す。同図中の黒線による構造格子が差分法による解析メッシュを示す。図に示す通り、

輪郭線を含むメッシュとそれにより囲まれたメッシュ状の標高値に SHP データで定義された建築物の高さを追加した値を解析メッシュの標高値として更新した。また、**図-6** に示すように堤防高も計測点間を線分で結んだラインデータとしてデータを保管されていたため、建築物のモデル化と同じようにメッシュ毎に定義する標高値を更新した。この堤防高は絶対標高として定義されていたことから、該当する領域内の解析メッシュの標高値をこの堤防高の値へと上書きすることにした。

なお、堤防高については、現況の調査結果である堤防高をそのまま反映したモデルに加え、過去の地震被害調査結果に基づくレベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアルの指針<sup>13)</sup>に従い、現況の堤防高の25%まで低減するモデルも別途作成し、堤防高の影響を比較比較した。

**(2) 粗度係数の設定指針**

浅水長波理論に準じる2次元差分法により津波遡上を解析する際、土地利用に応じ、マニングの粗度係数に相当する等価粗度係数を適宜変更しながら解析することが簡便的に用いられることが多い。今回は特に建築物の形状を解像度の高い構造格子のままモデル化した影響を調査するため、DEM データから得られた平坦な標高のまま解析する際には、市街地の建物建蔽率等から勘案し、領域全体に一定の粗度係数 ( $n=0.08$ ) を与えることにした。一方で、SHP データに収録されている建築物の高さを反映した解析モデルにおいては、津波は建築物以外の領域(市街地では主に道路に相当)に縮流しながら流れていくため、粗度係数 ( $n = 0.025$ ) と設定した。両者のモデルの違いは、建築物の有無とそれに伴う等価粗度係数の違いのみであり、それ以外の堤防高および河床高を含む条件はすべて同一とした数値実験を実施した。実際に巨大津波が来襲した際、東日本大震災の被災状況からも明らかのように木造家屋等は崩壊・流失する危険性が高いため、別途、木造家屋等の情報はなくし津波が来襲しても流失する恐れのない建物だけを残したモデルも用意した。この判断は SHP データの建物情報として含まれていた建物形式(堅牢建物、普通建物、堅牢無壁舎、普通無壁舎の4種類に分類)に従うものとし、今回の数値実験においては堅牢建物として定義されている建物のみを残すことにした。

本研究で、検討したケースについて、**表-1** にまとめた。なお、ケース名の前半には建物考慮の違いを表すものとし、all, safe, none の3種類に設定した。SHP データに含まれたすべての建物を考慮した場合を all とし、safe が堅牢建物のみを考慮した場合、none が建物考慮しない場合を表す。またケース名の後半部分は、堤防高さに対する

表-1 検討ケース

ケース	建築物	粗度係数	堤防高
all-100	全ての建築物を考慮	陸域: 0.025 海域: 0.025	100%
safe-100	堅牢建築物のみ考慮		
none-100	考慮なし	陸域: 0.08 海域: 0.025	
all-25	全ての建築物を考慮	陸域: 0.025 海域: 0.025	25%
safe-25	堅牢建築物のみ考慮		
none-25	考慮なし	陸域: 0.08 海域: 0.025	



図-7 観測点

る割合を示し、100・25(%)の2種類とし、計6ケースを解析し、比較検討を行った。

**4. 数値解析結果と考察**

前節で示した6つの解析モデルによる相違を比較検討した。比較検討では、ケース all-100, safe-100, none-100 の3種類を比較し、まずは建物の影響に着目して比較検討を実施した。この際、**図-7** に示す6点の観測点を設け、地点ごとの浸水深・津波到達時間の観測を行った。

6点の観測点のうち、黒星で示す高知駅、はりまや橋、高知市役所の3点は周りより標高が高くなっており浸水しなかった。そのため、本論文では赤星で示す城東中学校周辺、昭和小学校周辺、海拔0m地帯での結果について議論する。まず上記3点での浸水深の経時変化を**図-8** に示す。本研究では特にモデルによる津波到達時間の違いについて議論することにした。このため、モデルの忠実度の差によりあまり変化の見られなかった海拔0m地

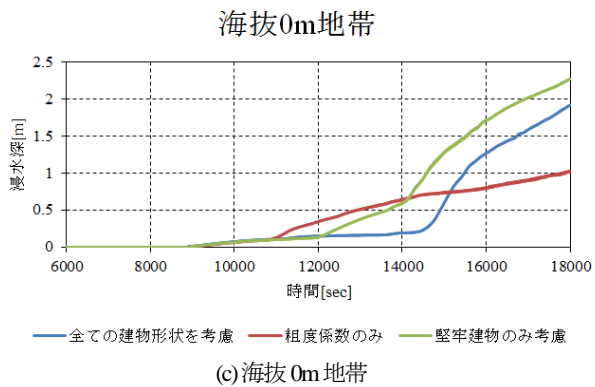
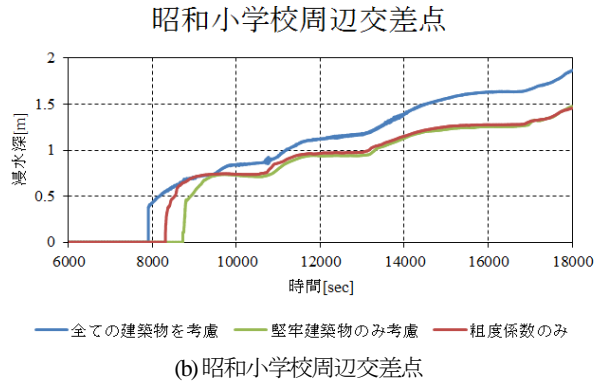
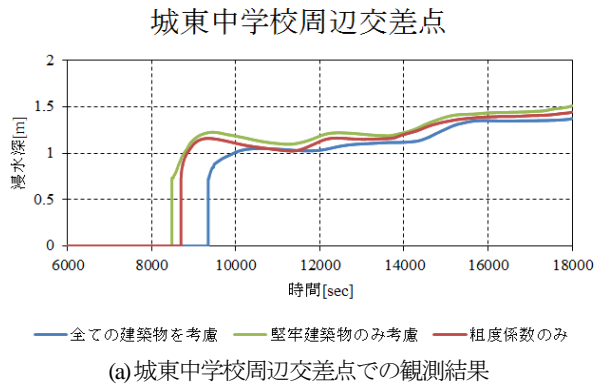


図-8 各観測点での浸水深の経時変化

帯については議論の対象外とし、城東中学校周辺、および昭和小学校周辺における津波到達時間に差異が生じた理由を考察することにした。まず城東中学校周辺で生じた結果について考察する。図-8の(a)に浸水深の経時変化のグラフ、また図-10には観測点周辺の地形を拡大して表示した。ここで、図-10中の黒星は設定した観測点である。こちらの地点では、safe-100、none-100、all-100の順で津波が到達するという結果であった。図-11には、各ケースにおいて、城東中学校周辺の観測点に津波が到達した時間を目安とし、到達から時間を遡り10分前、20分前の浸水深を示すことにした。まずは、safe-100とnone-100の両者より、すべての建物を考慮したall-100が最も遅く津波が到達する理由を考察する。図-10の地形データからも確認できるように、津波が氾濫し始める箇

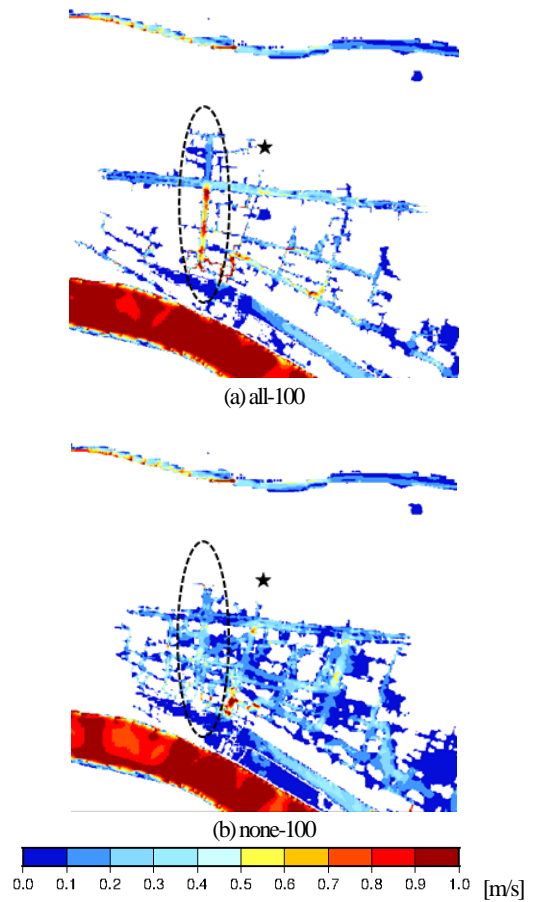


図-9 昭和小学校周辺での流速分布

所は観測点からみて北西の方向にあり、そこから津波は南東方向へと氾濫している。この間には多くの建築物が存在しており、建物をより多く考慮すればするほど、建物により津波の進行を妨げる働きが表れた結果であると考えられる。逆に safe-100 と none-100 の結果を比較すると、建物の一部（堅牢建物のみ）を考慮した safe-100の方が早く到達している。これは、津波の進行方向に存在する堅牢建物の数が少ないため、建物による津波進行を遅らす効果が薄れ、逆に none-100（陸域の粗度係数 0.08）と safe-100（陸域の粗度係数 0.025）の粗度係数の差が表れた結果であろう。

次に昭和小学校周辺での解析結果を整理する。図-8の(b)に浸水深の経時変化のグラフ、また図-9には津波発生から6700秒後の観測点周辺の流速分布を表示した。さきほどの比較と同様に、図-12には観測点周辺の地形を拡大して表示し、図-13には各ケースにおいて、観測点において津波が到達した時間を目安とし、到達から時間を遡り10分前、20分前の浸水深を示すことにした。ここで、図-12中の黒星は設定した観測点である。こちらの地点では、all-100、none-100、safe-100の順で津波が到達するという結果になった。まずは、この地点ではさきほどとは異なり、建物をすべて考慮したall-100のケースが最も津波が早く到達した結果となった理由を考察する。

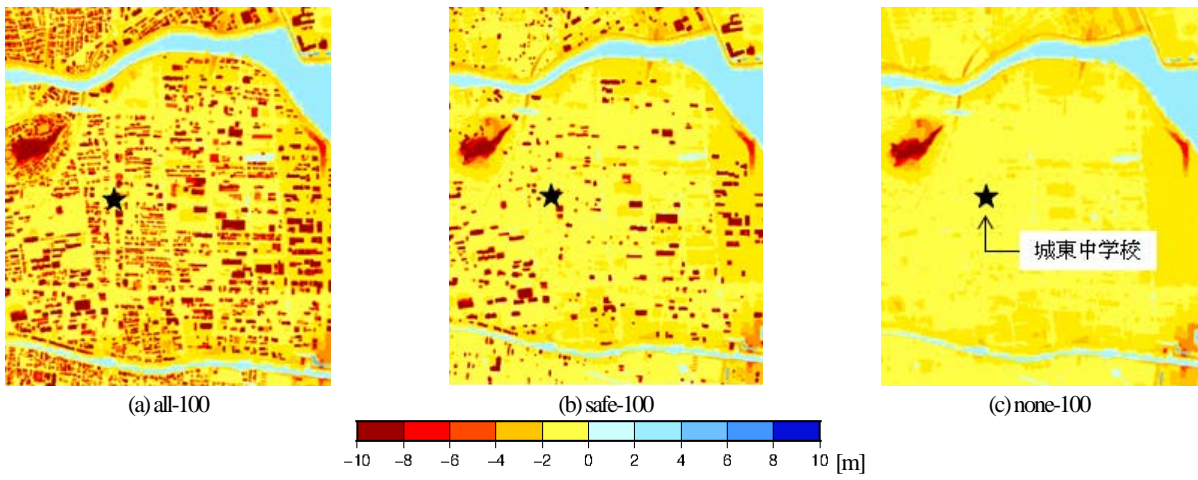


図-10 城東中学校周辺での地形データ

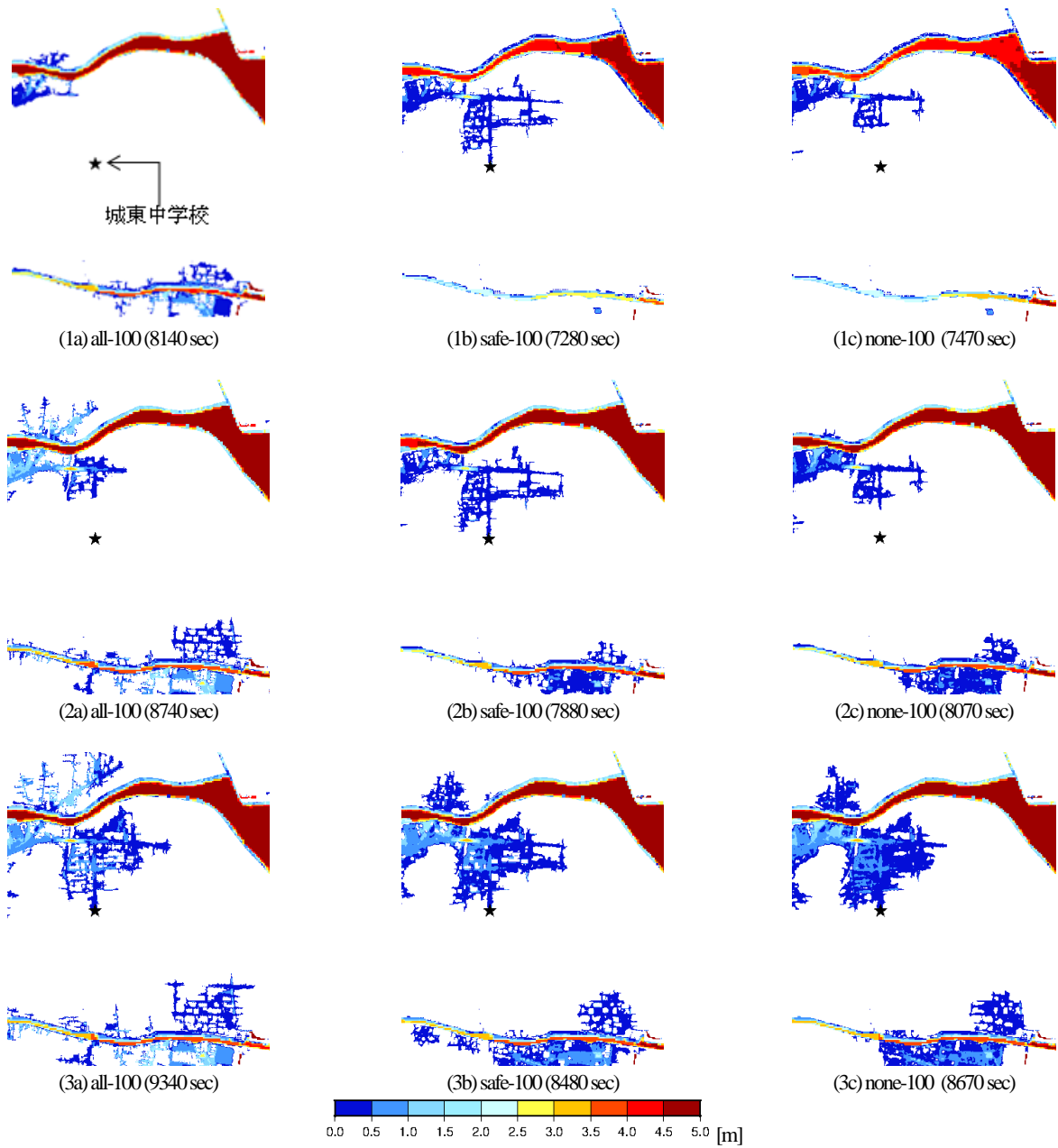


図-11 城東中学校周辺での津波浸水深の変化

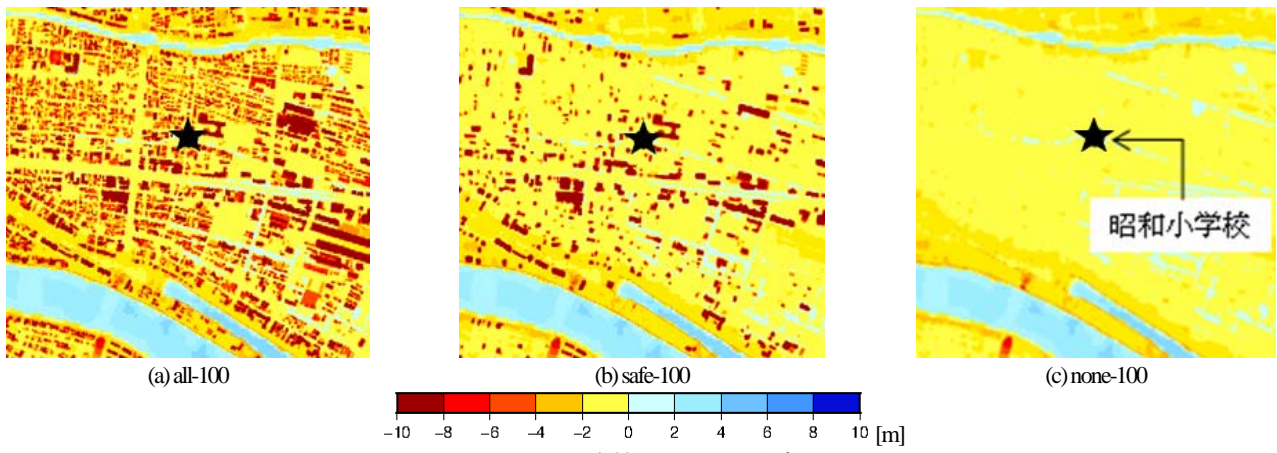


図-12 昭和小学校周辺での地形データ

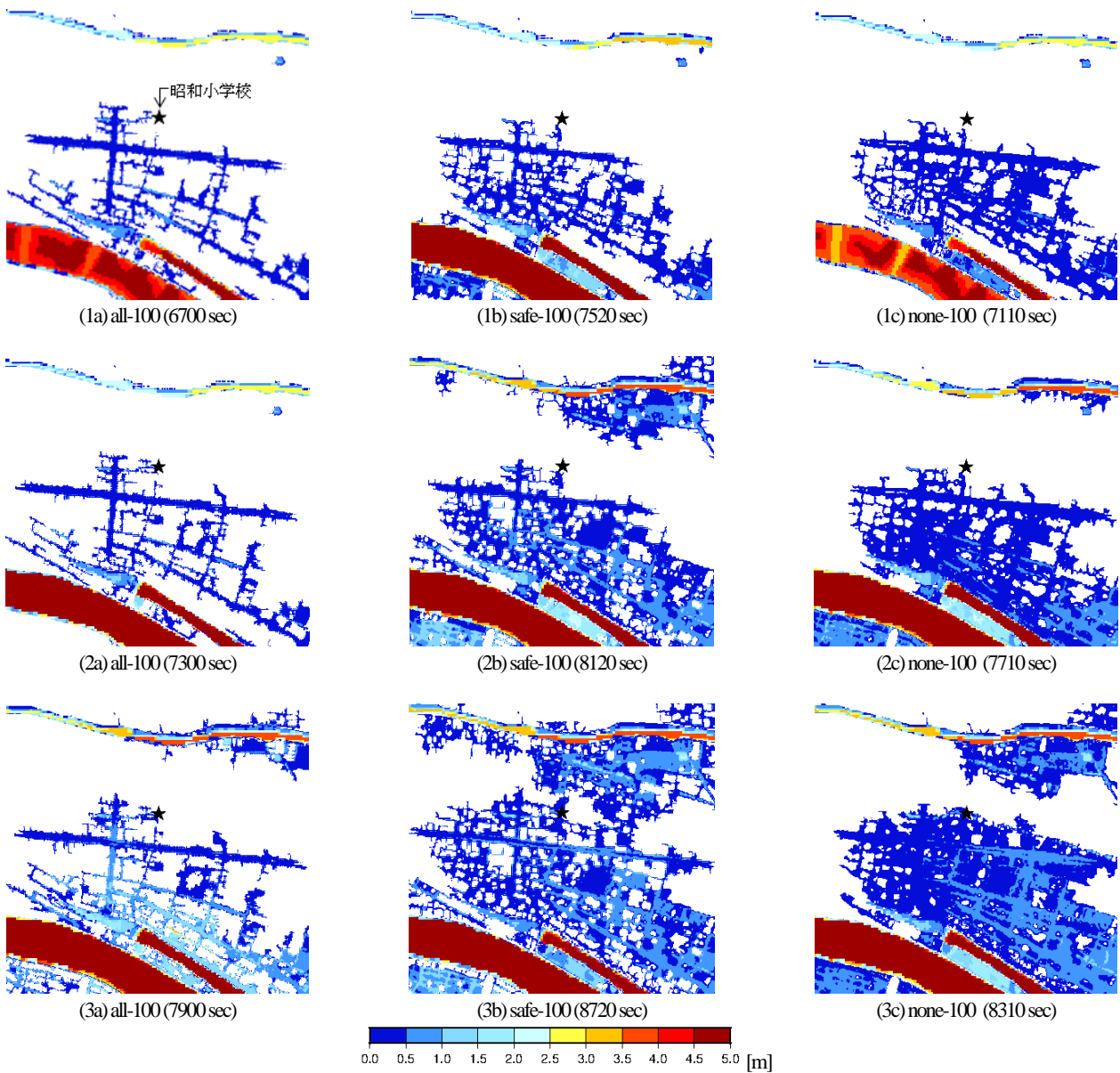


図-13 昭和小学校周辺での津波浸水深の変化

図-13 より, この地点では南側にある境川から津波が氾濫し, 北部へと浸水していることがわかる. 図-9 の(a)に all-100 のケース, (b)に none-100 での観測点周辺での流速分布を示す. 図からも確認できるように, この地域は建物が密集しており, 津波が建物の間の道路に集まる縮流効果により流れが速くなり, 例えば破線楕円で示した南北に向かう道路に沿って津波が急速(最大 3m/s)で流れた結果であると考えられる. また, 図-8 の(b)に示すように建物をすべて考慮した all-100 の結果のみ 18000sec 後の浸水深が他の 2 ケースより, 40cm ほど深くなっていることも流域が狭くなり縮流が生じた結果であると思われる. 建物の一部を考慮した safe-100 の場合にも, 多少は縮流の影響がみられるものの, その影響は小さく, 先ほどの城東中学校の例と同様に, 逆に建物が津波進行を遅らす効果が表れている. このため, safe-100 と比較すれば建物を考慮しない none-100 の方が津波到達が早まったものと考えられる.

以上の 3 箇所と比較検討から, 建築物の扱い方によって, 津波到達時間, 津波の進行方向に大きな影響を与えることが顕著であることが確認できた. しかしながら, その傾向は一律な傾向ではなく, 建物を考慮することで津波到達が 14 分ほど早まる地点もあれば, 逆に 15 分ほど遅くなる地点もある. 現時点では 6 地点での計測のみを行ったが, 他の観測点でもその傾向は一律ではないため, 安易な結論は控えるが, 津波到達時間まで精緻に評価するためには, 建物倒壊危険性も含め, 建物をできる限り詳細にモデル化する必要がある. 赤穂ら<sup>7)</sup>の先行研究においても建物のモデル化の有無と建物への津波の透過性により, 津波到達時間および最大浸水深が変化することを示されている. 本計算結果では建物のモデル化の有無により, 各観測点における津波到達時間の差異を具体的に評価し, プラス・マイナス 15 分ほど違いが生じる可能性を示した.

考察の最後として, 6 つの各ケースから評価された全体的な津波到達域の差を比較検討する. 図-14 に各ケースでの最終的な(津波発生後 18000sec)浸水深を示す.

まずは堤防高を同じ設定とし, 建物のモデル化レベルの違いによる津波到達域の差を考察する. 特に沿岸から離れた領域に着目すると, 堅牢建物のみを残した場合(safe-100 あるいは safe-25)が一番津波到達域が広がる傾向にある. これは小園らが実施した「津波波力に基づく建物倒壊を考慮した津波解析の検討」<sup>14)</sup>での考察と同じ傾向であり, 本論文では建物を考慮しない従来の津波解析あるいは建物を現況のまますべて残したモデルを用いると津波到達域を過小評価する危険性があることを具体的な津波到達時間の観測結果に基づいて議論した.

次に, all-100 と all-25, safe-100 と safe-25, none-100 と

none-25 をそれぞれ比較することで, 堤防高の影響を考察する. 自明ではあるが, 堤防高を現況のままする場合より, レベル 2 地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアルの指針に従い現況の 25%の高さとしたケースにおいて, 浸水域が大幅に広がっていることが確認できる. この堤防高の影響が与える解析結果の感度は先に詳細を議論した建物の考慮の影響よりも明らかに大きく, 地震時および津波越流時の堤防の安全性を事前評価する重要性を示唆している. 実際, 地震による液状化などの影響で地盤沈降するあるいは一部が崩壊する場合, 今回のように一律 75%減となることは考え難く, 一部の堤防のみが決壊するなどのシナリオも考えられる. この場合には, 今回の堤防高を現況の 25%と設定した今回の結果よりも一部の地域では被害が大きくなることが予測されるため, 浸水マップの公開, あるいは防災計画立案の際にはさらなる注意が必要であろう.

## 5. 結言

実務で使用する 2 次元差分法による津波遡上解析の精度および信頼性向上に向けて, 計算機性能の向上およびソフトウェアの機能向上の恩恵を受け, 高詳細なモデルにより建築物および堤防高をできる限り忠実にモデルに反映した津波遡上解析を実施した.

従来は建築物を取り除いた DEM に準じて等価粗度係数を用いた解析を実施してきた. しかし, 本数値実験が示した通り, 建築物の扱い方により, 特に津波到達時間, 津波の進行方向に大きな影響を与えることを確認した. また, その影響は一律ではなく, 観測地点ごとによって異なるため, 等価な粗度係数では再現できない現象であった. 最終的な津波到達域については, 津波による建物流失を模擬し, 一部の建物を残した解析モデルが広範囲に広がる結果であった. これは小園ら<sup>14)</sup>の研究でも考察された結論と同様の傾向であり, 従来のまま等価粗度係数のみにより津波遡上解析した結果が過小評価する危険性があるため, 注意が必要である. また堤防高の影響を検討した結果, 建物を詳細にモデル化した場合よりも影響が大きく, 堤防沈降の精緻な予測モデルが必要となることを示唆する結果を得た. なお, 今回の比較検討では, 2 次元解析における解析モデルの差異を議論したにすぎない. 特に建物周辺の縮流, あるいは建物前面で生じる堰上げの影響は 2 次元解析では限界があるため, 今後はスパコンなどの利用した 3 次元解析結果<sup>23, 24, 25)</sup>とも比較検討することで, より精緻な津波遡上解析へと発展させていきたいと考えている.



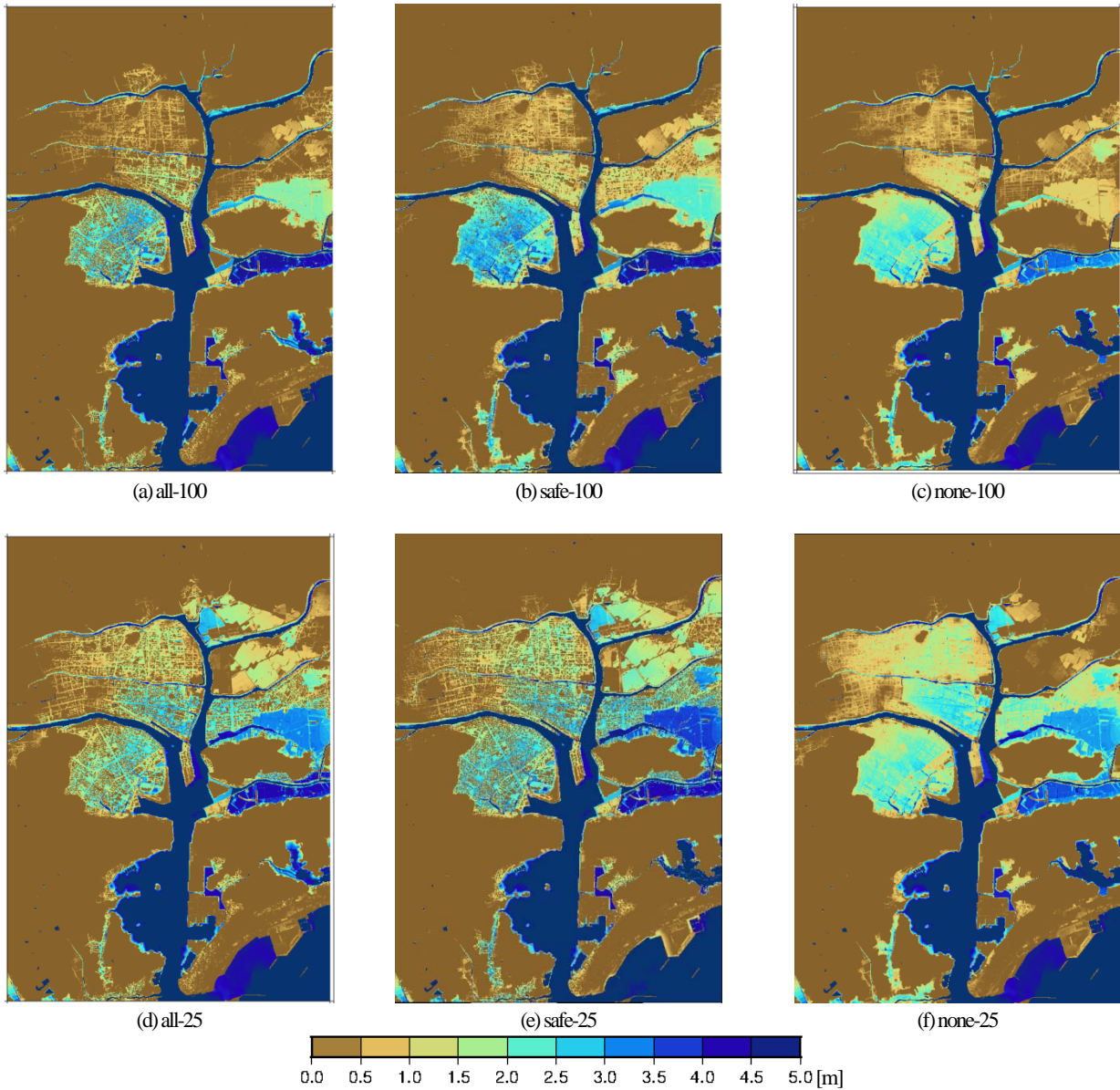


図-14 各ケースでの最終的な浸水深 (18000sec)

謝辞：本研究の一部は JPS 科研費・基盤研究 (B)17H02061 の助成を受けたものです。また、高知県からの受託研究「南海トラフ地震高知市長期浸水避難対策に関する研究」にもその一部をサポートいただきました。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室：浸水設定の手引き (平成 24 年 10 月 ver2.00)
- 2) Asai, M., Miyagawa, Y., Idris, N., Muhari, A. and Imamura, F.: Coupled tsunami simulation based on a 2D shallow-water equation-based finite difference method and 3D incompressible smoothed particle hydrodynamics, *Journal of Earthquake & Tsunami*, 2016.6.
- 3) Isshiki, M., Asai, M., Eguchi, S. and O-tani, H.: 3D tsunami run-up simulation and visualization using particle method with GIS-based geography model, *Journal of Earthquake & Tsunami*, 2016.6.
- 4) 江口史門, 浅井光輝, 大谷英之, 一色正晴：建物群

- を含む地表面詳細モデルを用いた粒子法による三次元津波遡上解析, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 72, No. 4, pp. I\_367-I377, 2016.
- 5) 宮川欣也, 浅井光輝, Abdul Muhari, 今村文彦：仮想造波板による平面 2 次元解析と 3 次元粒子法の連成型津波遡上解析, 土木学会論文集 A2 (構造・地震工学), Vol. 72, No. 4, pp. I\_473-I\_481, 2016.
- 6) 劉曉東, 堺茂樹, 小原忠和, 三上勉, 岩間俊二, 今村文彦, 首藤伸夫：市街地への津波遡上・氾濫に関する数値解析, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 341-345, 2001.
- 7) 赤穂良輔, 石川忠晴, 畠山峻一, 小島崇, 都丸真人, 中村恭志：岩手県釜石市街地における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の氾濫解析, 土木学会論文集, Vol. 71, No. 1, pp. 16-27, 2015.
- 8) 大石祐介, 今村文彦, 菅原大助, 古村孝志：津波解析における信頼性の高い市街地浸水モデルに関するパソコンを用いた検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 72, No. 2, pp. I\_409-I\_414, 2016.
- 9) 高知県：高知県沿岸における津波浸水想定説明資料,

- [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/ka-senbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai\\_siryou2-5.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/ka-senbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai_siryou2-5.pdf)  
(2017年1月5日参照)
- 10) Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Ando, K., Matsuoka, D. and Kato, T.: Parallel implementation of dispersive tsunami wave modeling with a nesting algorithm for the 2011 Tohoku tsunami, *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 172, pp. 3455-3472, 2015.
- 11) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 82, No. 2, pp. 1018-1040, April 1992.
- 12) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告），[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829\\_2nd\\_report01.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf)（2017年1月5日参照）
- 13) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：河川堤防の耐震点検マニュアル（平成28年3月）
- 14) 小園裕司，高橋智幸，桜庭雅明，野島和也：津波波力に基づく建物倒壊を考慮した津波解析の検討，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 71, No. 2, pp. I\_163-I\_168, 2015.
- (2017.11.9 受付, 2018.3.7 修正, 2018.3.7 受理)

## DIFFERENCES ON DIFFERENT FIDELITY LEVEL IN MODELING OF BUILDING AND EMBANKMENT HEIGHT ON TSUNAMI RUN UP SIMULATION BY 2D FINITE DIFFERENCE METHOD

Naoki NAKAYA, Mitsuteru ASAI, Toshitaka BABA and Shota MASAGAKI

It is important in disaster prevention planning to grasp safety and danger of coastal area against predicted future huge tsunami, and an accurate numerical simulation method is strongly desired. In practical works, tsunami simulations for tsunami propagation and run up into ground is carried out by 2D simulation, but it is pointed out that some numerical errors especially in the tsunami run up simulation, which should be treated as a 3D problem, can not be ignored. It is necessary for the 3D simulation with the current computer power to utilize a super computer, and it is almost impossible to apply directly to practical use. Therefore, in this research, we tried to model houses, building and embankments as precisely as possible within framework of the 2D simulation. Numerical results by the 2D finite difference method with different level of fidelity of structure modelling gave us quite different results especially in the tsunami arrival time.