

大阪市此花区における南海トラフ地震の津波浸水想定に対する 垂直・水平 3D 避難シミュレーションと一時避難場所の創出

白柳 博章(大阪公立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 都市環境コース)

北村 幸定(大阪公立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 都市環境コース)

河川氾濫や高潮・津波浸水といった水災害において、避難所へ向かう際に水災害に巻き込まれ命を落とすといった悲劇が繰り返されている。地方自治体によるハザードマップの公表が進む中でなぜこのような状況が起こるのか？その要因として、水災害に対する防災避難計画＝完全情報下での避難所への水平避難、を前提として計画されており、水災害の避難の際に有効であるとされる垂直避難行動に対する定量的評価がなされていない、という課題があるためと考える。そして、垂直避難行動に対する定量的評価を行うにあたり、国土交通省では 2021 年度に全国 56 都市の 3D 都市モデル (Project PLATEAU) のオープンデータ化を完了させ、順次、3D データの整備対象都市の拡大やデータ拡張が行われている現状にある。

そこで本研究では、大阪市此花区を対象として、南海トラフ地震の津波浸水想定に対する垂直・水平 3D 避難シミュレーションと一時避難場所の創出について定量的な評価を行うこととする。

具体的には、南海トラフ地震発生時における大阪市此花区での避難人数の推計を行う。これは昼間と夜間で大きく異なるが、主に、建物の崩壊により被災した人数と、道路利用者の行き場がなくなったことにより被災した人数、地震動によって直接の被災はしなかったものの津波浸水により被災する可能性のある人数、を合計したものとする。

次に、大阪市此花区の建物の 3D データに基づいて一時避難場所として有効な場所がどの程度あるのかを推計する。さらに、標高の高い道路、例えば歩道橋や高架道路も一時避難場所として有効な場所であると考えて、それぞれの場所での収容人数を推計する。

以上をもとに、避難人数が一時避難場所へ避難する垂直・水平 3D 避難シミュレーションを行い、避難行動や一時避難場所に対する施策の違いにより、避難時間がどの程度変化するのかを考察したい。

最後に、垂直・水平避難行動モデルの構築・シミュレーションの実行により、従来の 2D から 3D へ計画論を発展させる契機になるとともに、今後の水災害のハザードマップ、避難計画、避難所計画のあり方について考える。

大阪市此花区における南海トラフ地震の津波浸水想定に対する 垂直・水平 3D 避難シミュレーションと一時避難場所の創出

白柳 博章(大阪公立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 都市環境コース)
北村 幸定(大阪公立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 都市環境コース)

1. 本研究の背景と目的

河川氾濫や高潮・津波浸水といった水災害において、避難所へ向かう際に水災害に巻き込まれ命を落とすといった悲劇が繰り返されている。地方自治体によるハザードマップの公表が進む中でなぜこのような状況が起こるのか？その要因として、水災害に対する防災避難計画＝完全情報下での避難所への水平避難、を前提として計画されており、水災害の避難の際に有効であるとされる垂直避難行動に対する定量的評価がなされていない、という課題があるためと考える。そして、垂直避難行動に対する定量的評価を行うにあたり、国土交通省では2021年度に全国56都市の3D都市モデル(Project PLATEAU [プラトー])のオープンデータ化を完了させ¹⁾、順次3Dデータの整備対象都市の拡大やデータ拡張が行われている現状にある。

そこで本研究では、大阪市此花区を対象として、南海トラフ地震の津波浸水想定に対する PLATEAU データを活用した垂直・水平 3D 避難シミュレーションと一時避難場所の創出について定量的な評価を行うこととする。

第2章では、従来の水災害に対する防災避難計画における課題を整理した上で、それらを改善するために本研究で提案する垂直水平避難モデルならびにシミュレーションの考え方について提示する。

第3章では、南海トラフ地震発生時における大阪市此花区での避難人数の推計を行う。これは昼間と夜間で大きく異なるが、主に、建物の崩壊により被災した人数と、道路利用者の行き場がなくなったことにより被災した人数、地震動によって直接の被災はしなかったものの津波浸水により被災する可能性のある人数、を合計したものとす。また、大阪市此花区の建物の3Dデータに基づいて一時避難場所として有効な場所がどの程度あるのかを推計する。以上をもとに、避難人数が一時避難場所へ避難する垂直・水平 3D 避難シミュレーションを行い、避難行動や一時避難場所に対する施策の違いにより、避難時間がどの程度変化するのかを考察したい。

最後に第4章では成果のとりまとめを行うとともに、垂直・水平避難行動モデルの構築・シミュレーションの実行により、従来の2Dから3Dへ計画論を発展させる契機になるとともに、今後の水災害のハザードマップ、避難計画、避難所計画のあり方について考える。

2. 水災害に対する防災避難計画の課題と垂直水平避難モデル・シミュレーションの提案

(1) 水災害に対する防災避難計画の課題

避難対象地域から避難所へ水平移動での避難イメージを図-1に示し、避難計画策定にあたっての課題を以下の①～④に整理する。

①避難対象地域内にある建物の配置・面積・階数が不明

現状では、水災害のリスクが高まった避難対象地域について、地域全体に居住する人々を避難所へ水平移動にて避難させるのが基本となっている。よって避難地域内における建物の配置・面積・階数といった属性が考慮されていない。

②水災害により建物内で安全な階も不明

①より建物そのものの有無も不明であるため、建物内で安全な階も不明なままである。

③避難対象地域から避難所へ水平移動する際の時々刻々と変化するリスクは反映されない

避難対象地域から避難所へ水平移動する際、避難経路の安全性（リスク）は、水位・流速の他、昼間・夜間といったさまざまな要素により、時々刻々と変化する。しかしながら避難計画においては、経路は常に安全との前提、で話が進められており、避難経路のリスクが反映されておらず、わざわざ危険性を冒し行動を行った結果、避難所へ向かう際に水災害に巻き込まれてしまう、といった悲劇が生み出されている。

④避難対象地域にいる全ての人が避難所に避難すれば容量がオーバーする

①②③より避難対象地域にいる全ての人が避難所に避難する、という前提で避難計画が立てられているが、実際には②の建物内で安全な階に避難する、といった行動が多くを占めており、避難計画の理想と現実の乖離が著しい状況である。

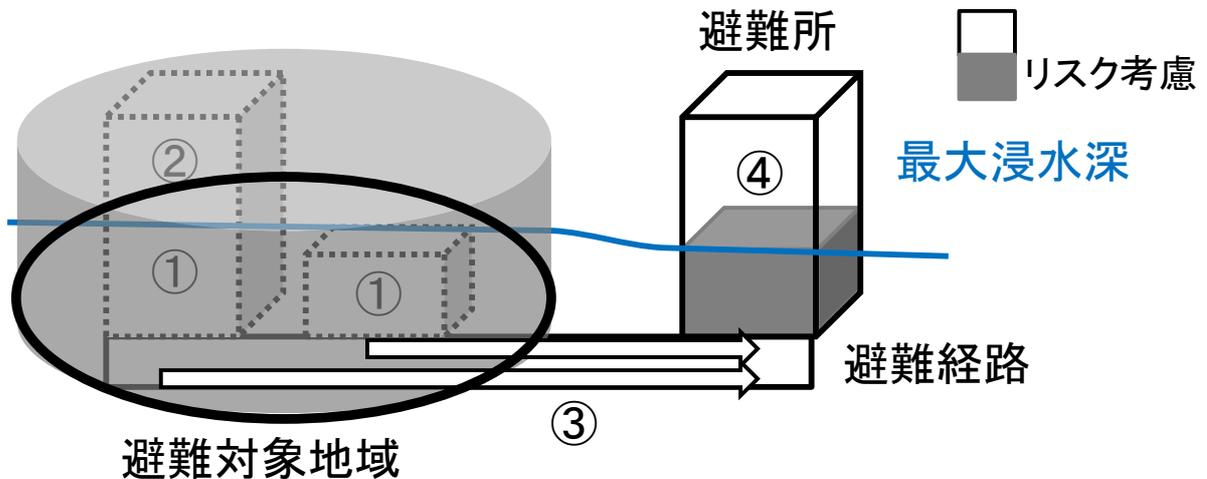


図-1 水災害に対する避難イメージと避難計画における課題

(2) PLEATAU とは

国土交通省では現在 3D 都市モデル(3D PLATEAU)の整備・拡張が急ピッチで進んでいる。これは今まで 2D が主流であった図-2 に示すような空間情報を 3D に拡張したものであり、PLATEAU では図-3 に示すような 3D ハザードマップもコンピューター上で作成可能となっている。

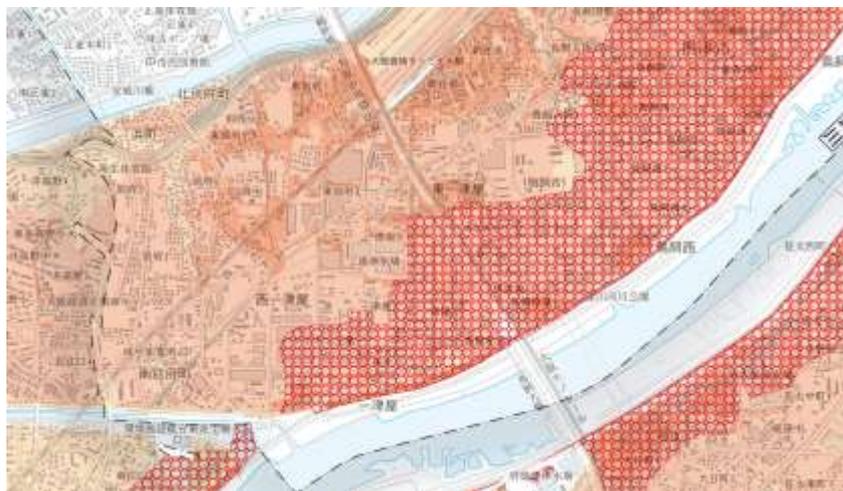


図-2 摂津市 HP²に掲載されている淀川氾濫時の水災害ハザードマップ

しかしながら、多角的な視点で地域を俯瞰する、といった点について著しい進歩を遂げたものの、今までの2Dで利用してきたネットワークデータなどとの連携までには至っておらず、それゆえに3Dデータを用いた分析・評価事例を積み重ねていくことが重要であると考えます。

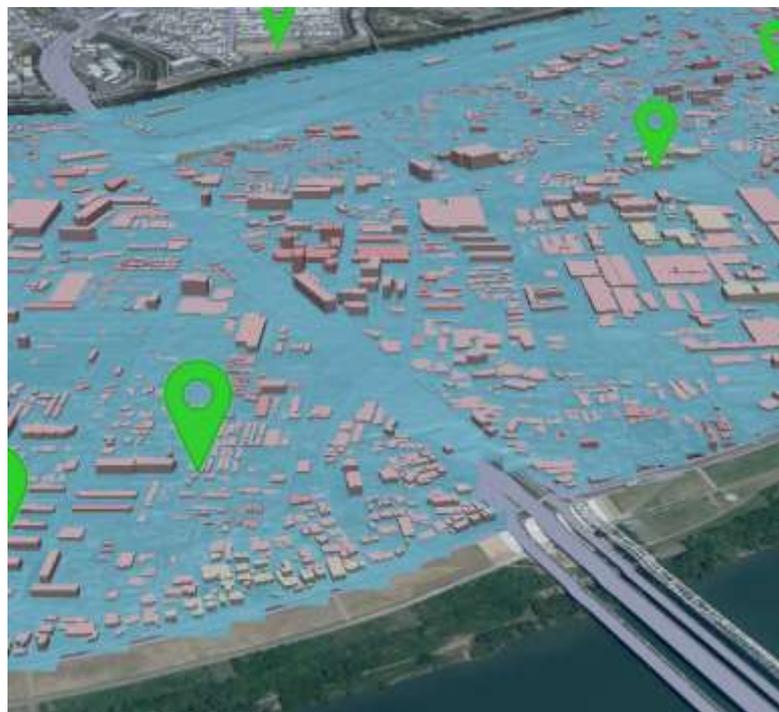


図-3 淀川氾濫時の大阪府摂津市内の浸水状況（PLEATAU内の図化システムより作成³⁾）

(3) 垂直水平避難モデル・シミュレーションの提案と防災避難計画への適用

上記(1)(2)で示す水災害に対する防災避難計画における課題に対する解決方法として、本研究では、PLEATAUデータを用いた垂直水平避難モデル・シミュレーションの提案を行い、防災避難計画への適用について記述する。そのイメージを図4に示し、以下の①～⑤に整理する。

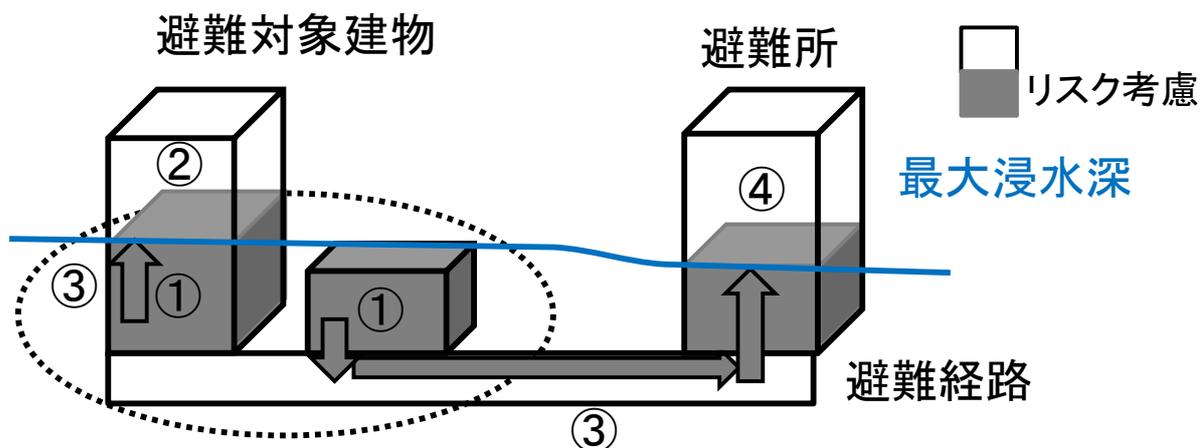


図-4 垂直水平避難モデル・シミュレーションのイメージと防災避難計画への適用

①避難対象建物の特定

PLEATAU データにより、避難地域（マクロ視点）内における建物の配置・面積・階数（マイクロ視点）を特定できる。

②避難対象建物内での安全な階の特定

PLEATAU データにおいて、建物における水災害ごとの最大浸水深、浸水時間といったデータがある場合には、最大浸水深より上に位置する階＝建物内での安全な階、と判定できる。

③垂直・水平避難行動のモデル化

②で判定した安全な階にいる人々については水災害時には安全な階にとどまってもらうことが最もリスク最小な行動となる。それ以外の人々については、②安全な階 or④避難所に向けて垂直・水平避難行動を行うこととなるが、その際には避難時間が最小、または避難時間×リスクが最小となるように、適切な②安全な階 or④避難所、を選択することとなる。

④避難所計画における適切な収容人数の算定

③により、避難所へ避難する人数を算定することにより、避難所計画においてより現状に即した収容人数の算定を行うことができる。

⑤ハザードマップの見直し

以上を踏まえて、今までのようなXY平面上での2Dハザードマップではなく、XYに加え標高のZ、時刻のTを付加した3Dハザードマップ+動画が作成できる。また住んでいる建物を示せば、避難行動をどうとるべきかをシミュレーションすることが可能となる。

3. 南海トラフ地震発生時の大阪市此花区での避難人数の推計と一時避難場所の創出

本論文では、大阪市此花（このはな）区役所がある春日出北（かすかできた）1丁目を対象にして避難人数の推計を、以下の(1)~(4)の手順で行っていく。図-5は当該地区の建物・道路状況を3Dで図示したものである⁴⁾。

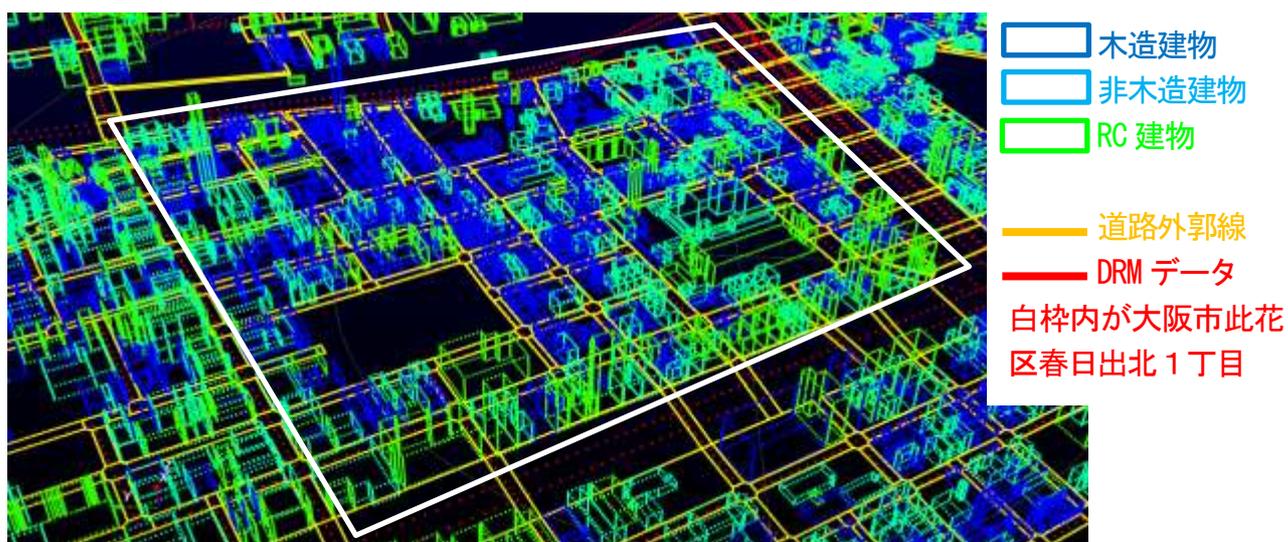


図-5 2D・3Dデータの融合（道路ネットワークデータ、建物敷地・高さ・道路外郭線データ）

(1) 建物軒数ならびに昼間・夜間人口

当地区の昼間人口は1,777人（夜間人口は1,403人）、建物軒数は530軒である。建物のうち1階建てが50軒、2階建てが311軒、3階建てが129軒、4階建て以上が40軒であり、住宅地と商業地が混合した地区である。

(2) 津波により想定される最大浸水深

建物ごとに津波により想定される最大浸水深がデータ化されている。平均値は4.16m、最大で5.08mである。なお、地盤標高の平均値は-1.78mで、最小は-2.36m、最大は2.47mと、概ね海拔0mを切るエリアとなっている。

(3) 安全な階が存在する建物軒数

4階建て以上の建物40軒については、安全な階が必ず存在している。3階建ての建物129軒のうち2階もしくは3階が安全な階と判定されたのは126軒、2階建ての建物311軒のうち2階が安全な階と判定されたのは54軒であり、安全な階が存在する建物は530軒中220軒となった。

(4) 既に安全な階にいる人数、安全な階へ避難する人数、避難所へ避難する人数の算定

建物ごとに図形面積が記載されており、建物の階ごとの面積は図形面積に等しいと仮定し、さらに昼間人口を図形面積に応じて建物の階ごとに割り振った。避難モデルとして、A) 既に安全な階にいる人はその場所にとどまる、B) 安全な階が存在する建物にいるがその場所が安全でない人は、上の階に垂直避難する、C) 安全な階が存在しない建物にいる人は、避難所へ垂直・水平避難する、を仮定したとき、当該地区においてA)は661人、B)は574人、C)は542人と算定された。避難所へ避難すべき人数の割合は地区全体の人数のおよそ30%となった。

(5) 一時避難場所の創出

当地区においては、此花区役所への避難の他、公共用地として図-6に示す此花公園があるため、盛土で地盤のかさ上げをすることにより一時避難場所としての活用が可能であるとする。



図-6 一時避難場所の創出（此花公園）⁵⁾

4. 本研究の成果と今後の課題

本研究では、従来の水災害に対する防災避難計画における課題を整理した上で、それらを改善するために本研究で提案する垂直水平避難モデルならびにシミュレーションの考え方について提示をまず行った。そして南海トラフ地震の津波浸水想定をもとに、大阪市此花区春日出北1丁目において、津波により建物全体が安全でなくなるため避難所へ避難すべき人数を算定したところ、地区全体の人数のおよそ30%にとどまることが定量的に明らかとなった。さらに一時避難場所の創出として、区役所の他、地区内にある公園の活用の可能性について記述した。

今後の課題を下記I)II)III)に示す。

I) 安全な階へ避難する際の課題

安全な階が存在する建物にいるがその場所が安全でない人は、上の階に垂直避難できるものと仮定しているが、セキュリティなどの問題で上の階が開放されていないといった懸念がある。

II) 避難する際の課題

垂直・水平避難において、避難経路が損害を受けて通行不可能になる問題がある。また身体が不自由な方の場合、垂直・水平の移動に時間を要するもしくは不可能になる問題がある。

III) ハザードマップや防災計画への適用についての課題

今回は津波浸水を対象としたが、水災害には高潮、河川外水氾濫、河川内水氾濫など多種多様なケースがあり、それらを想定する必要がある。現在、ハザードマップもさまざまな水害ケースを想定したものが公表されてきているが、ハザードマップが多数ありすぎると情報が氾濫してしまい、避難行動への混乱を招く恐れがある。それゆえに、住んでいる建物を示せば、避難行動をどうとるべきかをシミュレーションし、住民にわかりやすい情報提供を模索していく必要がある。

謝辞

本研究は、一般財団法人近畿建設協会の令和5年度研究助成を受けたものです。研究の進捗に際して甚大な御協力を受け賜りましたこと、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) PLATEAU : 国土交通省ホームページ <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (2023/08/23閲覧)
- 2) 新しい洪水ハザードマップを全戸配布しました : 大阪市摂津市役所 総務部 防災危機管理課 <https://www.city.settsu.osaka.jp/soshiki/soumubu/bousaikikikanrika/hazardmap/14267.html> (2023/08/23閲覧)
- 3) 3D都市モデル (Project PLATEAU) 摂津市 (2020年度) : 国土交通省PLATEAUホームページ内 <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-27224-settsu-shi-2020> (2023/08/23閲覧)
- 4) 3D都市モデル (Project PLATEAU) 大阪市 (2020年度) : 国土交通省PLATEAUホームページ内 <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/plateau-27100-osaka-shi-2020> (2023/08/23閲覧)
- 5) Google map ストリートビュー : Google https://www.google.co.jp/maps/@34.6827776,135.4504348,3a,75y,190.78h,99.19t/data=!3m7!1e1!3m5!1sqRY34Gv1VDhtXAcNt1-FWQ!2e0!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fpanoid%3DqRY34Gv1VDhtXAcNt1-FWQ%26cb_client%3Dmaps_sv.tactile.gps%26w%3D203%26h%3D100%26yaw%3D25.93084%26pitch%3D0%26thumbfov%3D100!7i16384!8i8192?entry=ttu (2023/08/23閲覧)