

避難計画策定のための避難解析手法の開発

| | | |
|---------|------------|------|
| ○ 河川事業部 | 九州河川部技術課 | 南條雅志 |
| 事業統括本部 | | 和田芳樹 |
| 河川事業部 | 大阪河川部技術課 | 小田二郎 |
| 河川事業部 | 九州河川部技術課 | 横寺 宏 |
| 河川事業部 | 東部河川部技術第二課 | 石倉 俊 |
| 河川事業部 | 九州河川部技術課 | 島本悠生 |

1. はじめに

近年の大規模災害の発生（例えば、H23 東日本大震災による津波被害、H27 年鬼怒川堤防決壊による浸水被害等）に伴い、防災に対する意識が高まっている。河川事業部では、数年前よりハード対策等の防災業務の獲得に注力してきており、洪水氾濫、津波浸水解析、堤防・護岸の設計等に関する技術のノウハウは獲得しつつある。一方で、災害に対してはハード対策だけでなく、ソフト対策を組み合わせた多重防御の減災対策もあわせて求められているが、ソフト対策となる人の行動による避難についてはノウハウが乏しいのが現状である。そこで、本研究開発では、ソフト対策となる避難関連業務の受注増に向けた方向性の整理、避難解析手法の考え方や市販ソフトの適用性の把握、避難解析手法の開発等を行った。

2. 避難計画検討業務の概要整理

国交省と自治体（都道府県）を対象に、河川砂防分野の避難計画検討業務の発注状況や業務概要を整理した。国交省では、災害（洪水、津波、地震）に関連する避難計画・行動計画の策定・検討が含まれる業務は41件（平成23～28年度）発注されていた。一方、自治体では、大部分がハード施設の設計業務となっており、避難計画検討に関連する業務発注は非常に少ないのが実態であった。これより、当面は自治体の発注業務よりも国交省業務のプロポーザル、総合評価での提案に注力することが肝要と考えられる。なお、国交省発注業務での避難・行動計画に関する主な検討内容としては、①事前防災行動計画（タイムライン）の検討、②住民避難に関するシナリオ分析、③自治体の防災や減災に関する取組の支援（防災訓練、防災教育プログラムの作成等）が挙げられた。

3. 既往文献等による避難行動の把握

避難解析手法の考え方を把握するにあたり、災害時の避難行動を規定する要因（性別・年齢等の個性の違い、浸水深や流速等の物理的側面、心理的側面等）を整理した。

（1）避難行動速度（歩行速度）

避難行動の速度は、人々の肉体的条件（性別、年齢等）、集団的条件（グループ歩行か否か）、服装条件（荷物の有無等）、心理的条件（切羽詰まった状況か）、環境条件（土地の勾配や時刻等）が規定する条件となっている。また、集団行動の場合は、群衆流（一方向流、対向流、交差流等）と呼ばれる流れの状態によっても行動速度が影響を受ける。

（2）水深や流速と避難行動の関係

実際の避難行動を想定した水中歩行実験によれば、流水の大きさと歩行の安定性については、成年男子の場合、水深が膝程度（40～50cm程度）の時には、流速がある程度あったとしてもゆっくりであるが安定して歩け、水深が股下程度（80cm程度）の時には、大きく影響を受け、歩きづらくなることが分かっている。

（3）心理バイアスによる行動の違い

災害時に人間が陥りやすい心理状態としては、①正常性バイアス、②多数派同調バイアス、③凍りつき症候群、④パニック、⑤認知不協和、⑥認知の変容、⑦狼少年効果、⑧狼少年効果、⑨経験の逆機能等がある。

例えば、少々の異常を「自分は大丈夫」と正常の範囲の変異と思ひ込み、自分にとって都合の悪い情報を無視し避難しない(①の例)、避難警報が繰り返し出され、予告された災害が実際には発生しない事態(誤報)がくり返されると、次に出された時に災害警報が信用されなくなる(⑧の例)、といった心理作用が働く。なお、このような心理作用により避難しないような実態を受け止め、近年では、ため池から水が溢れ始めたときや用水路が溢れ始めたとき等、地域ごとの可視的な情報から避難を促す、自治会で声をかけあって避難を促す、などの「避難スイッチ」を決めていく取組も注目されている。

(4) 災害別避難行動のルール化に向けて

本研究では、(1)～(3)の文献調査を踏まえて、避難行動のルールづくりに向けた避難行動の支配要因をまとめ(表-1)、解析モデルの構築を実施した。

4. 避難解析モデルの調査と構築

避難解析の市販ソフトの調査から、Artisoc(構造計画研究所)、EXODUS(英国グリニッジ大学)、Legion(ユーデック)、SimTread(A&A)、NetLogo(フリーソフト)等のソフトが利用できていることが分かった。このうち、EXODUSとNetLogoを用いてモデル構築を試行した。

(1) EXODUS(建築物内での避難を想定したソフト)

歩行者のみの避難であればEXODUSでの対応は可能であるが、浸水被害との連携や市街地での車両を伴う避難解析については、対応が困難であることが確認された。ただし、内水氾濫による地下街での避難解析の有効性は高いと考えられた。

(2) NetLogo(自然現象や社会現象の解析を想定したソフト)

自社モデルとして、H27鬼怒川水害を想定し、以下の要素を組み込んだモデルを構築した。

- 1) 歩行者と車両の避難速度の変更
- 2) 群衆行動(Boidモデルを適用)
- 3) 浸水による避難困難性
- 4) 対象空間のポテンシャル分布の時間変化(障害物の考慮、避難発令による避難施設の開閉、災害から逃げる等の時々刻々の避難しやすさの状態を表す空間状態)

同モデルでは、様々な水害シナリオ(水害の規模、パターン)のもと、住民や滞在者が最適な避難所への避難行動を行った際の避難状況の相違の評価が可能である。

5. おわりに

本研究開発でとりまとめた避難に関する文献調査結果は、今後避難計画を検討する上で有用な資料になると考えられる。また、開発したモデルは、防災マップ作成支援ツールや避難計画ツールとしての発展が期待される。本研究開発が、今後の住民避難を検討する上での一助となっていくことを期待したい。

表-1 避難行動の支配要因

| | 要因 | 内容 |
|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 水害経験や意識・生活形態など水害時避難行動に対する初期条件となる要因 | 水害意識 | ✓ 水害時の避難行動決定するまでのプロセスに影響 |
| | 生活形態 | ✓ 生活形態と水害時の時間帯により情報入手状況が左右され、避難行動へ影響 |
| | 避難場所、避難経路の知識 | ✓ 知識のあるものは最短距離での避難行動 ✓ 知識のないものは避難場所のある方角へ移動あるいは他者の行動に追従 |
| | 個性 | ✓ 年齢、性別等により歩行速度へ影響 |
| | 地下街 | ✓ 屋内避難者の避難行動特性に影響 → 自社モデルは外水氾濫を対象にしているためここでは対象外 |
| | 移動方法 | ✓ 歩行、車両 |
| | 水害時に提供される情報や降雨・浸水状況といった外的要因 | 気象情報 |
| 避難勧告 | | ✓ 避難行動を開始するまでの時間に影響 |
| 浸水深、流速 | | ✓ 避難経路を移動できるかどうかに影響 |
| 他の避難者 | | ✓ 他者(誘導者、リーダー)の避難行動に追従 |
| 標識 | | ✓ 避難ルートへの標識や浸水深の標識により避難経路へ影響 |
| 信号 | | ✓ 信号による歩行者、車両への避難時間の影響 |
| 情報に対する反応の基礎となる内的要因 | 危険認識度 | ✓ 初期条件に外的要因が反応し、避難開始決意までのプロセスに影響 |

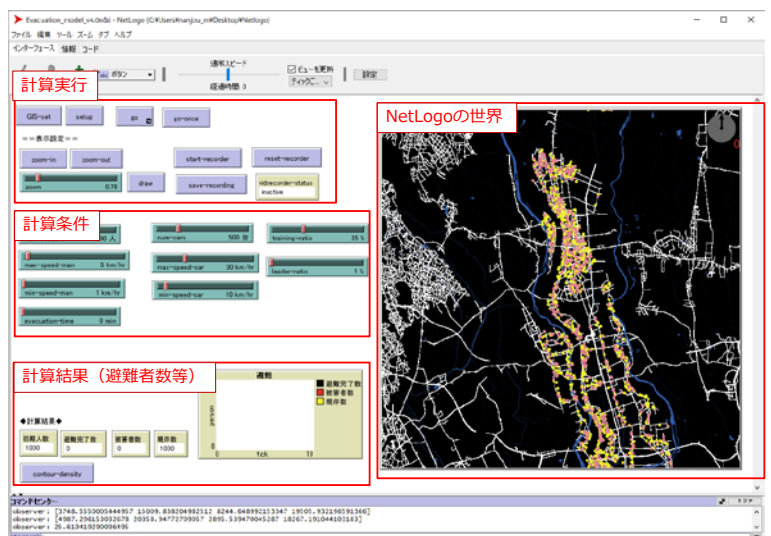


図-1 NetLogoで構築した避難解析モデル