

# 避難計画検討における 動的な避難行動シミュレーションの活用

エンジニアリング本部 都市・地域計画部

新海 仁

## 1. はじめに

災害時における避難に関して、避難勧告、避難指示の発令権限を市町村長に付与するなどの規定が置かれた災害対策基本法が 1961 年に制定された。その以前、昭和 20 年～30 年代前半には伊勢湾台風など千人以上の人命が失われる大災害が頻発していたが、同法制定以後は、災害死者・行方不明者は著しく減少しており、各種災害対策が一定の機能を果たしてきたといえる。<sup>1)</sup>

一方で、1995 年の阪神・淡路大震災では大量の建物倒壊や市街地火災により死者5千人を超える被害が発生し、市街地における都市計画や建築構造による災害対策の重要性が浮き彫りとなった。

また、2011 年の東日本大震災では巨大津波による大規模な被害が発生し、避難行動や災害教育、自治会単位での災害への備え等の重要性が広く認知されることとなった。また、仙台市や首都圏の市街地では大量の帰宅困難者が主要駅周辺にあふれ、混乱による 2 次災害も懸念された。

気象災害においても近年は短時間強雨が増加傾向にあり、2009 年以降、毎年のように大規模な土砂災害や浸水による被害が多く発生し、危険箇所の評価及び指定の遅れや避難判断・誘導方法の不明確化さが指摘されている。なかでも平成 21 年の台風第 9 号では避難中の人的被害が発生する<sup>2)</sup>など、避難のあり方、災害情報伝達等が課

題となった。

こうしたことから、当社では数年前から災害時の避難行動計画の検討・評価や地域の安全性評価に着目した避難行動シミュレーションに取り組み、様々な防災計画の検討支援を行っている。本稿では、その避難行動シミュレーションをどのように防災計画に活用しているかを紹介する。

## 2. 避難行動シミュレーションの概要

避難行動シミュレーションについては、前号 (Vol.21「防災まちづくり計画策定に係る津波避難シミュレーション」)<sup>3)</sup>でも津波からの避難を例に紹介をしているが、その概要を改めて図 1 に示す。

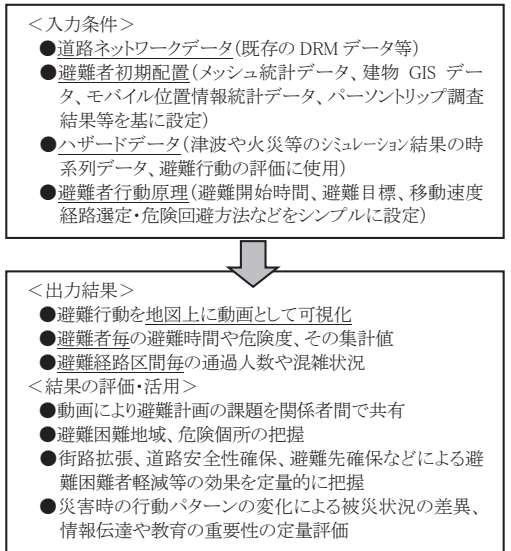


図 1 避難行動シミュレーションの概要

本避難行動シミュレーターは、一般に公開・市販されている既存の道路ネットワークデータをベースとし、そこに既存の統計調査結果等を基に避難者情報を追加することで、事前準備に大きな手間をかけることなく動的な避難行動シミュレーションを行うことができる点に特徴がある。動的なシミュレーションは、GIS での一般的なネットワーク解析とは違い、避難者一人ひとりの行動を個別の状況判断や相互影響も考慮しながら時系列に計算するため、机上検討では評価できない移動経路上での様々な危険を考慮することができ、さらにその結果を動画として誰にでも直感的にわかりやすく表現することが可能である。



図 2 動画で誰にでもわかりやすく表現

### 3. 避難行動シミュレーションの活用

避難行動シミュレーションは、津波や市街地火災からの緊急避難、土砂災害や河川氾濫が懸念される中での避難、帰宅困難者の一次避難や広域帰宅行動など、様々な避難行動の評価に活用できる。以下にそれらの活用イメージを紹介する。

#### 3.1 津波からの避難

津波からの避難は、地震発生後にいかに早く安全な場所へ避難するかが重要となり、浸水区域外

への避難が困難であると想定される場合は、浸水区域内に避難タワーや頑丈なビル等の避難施設を整備しておく必要がある。しかし、従来の避難困難地域の抽出や避難施設の配置検討は、道路ネットワークや避難経路上の危険を考慮せず、避難施設からの直線距離だけで評価して、避難困難地域の設定や、避難施設の設置位置の決定をしたような計画が一般的であった。

そこで、道路ネットワークを考慮した動的な避難行動シミュレーションを活用することにより、より精度の高い避難困難地域の抽出や適切な避難施設・避難経路の検討を行うことができる(図 3)。

また、動画を用いて浸水範囲の時間変化や避難者の移動状況を可視化することで、関係者間の協議や地元住民のワークショップ等において課題を共有し、対策や行動のより具体的なアイデアを引き出す手助けになる。

#### 3.2 市街地火災からの避難

木造建物が密集して道路幅が狭い地域では、地震時に火災が発生した場合に広範囲に延焼する危険性が高いため、火災発生時には広域避難場所までの速やかな避難が必要となる。しかし、地震により複数の箇所でも火災が発生したり、建物倒壊により道路が閉塞して避難経路が限定されたりした場合、避難者が市街地内を逃げ惑ううちに火災延焼に巻き込まれる危険がある。

そのような地震火災による人的被害を防ぐため、街区整理や避難路の整備が進められている。その整備計画の検討において、道路ネットワークを考慮した動的な避難行動シミュレーションを活用することができる。事前の机上検討においては、避難

**津波到達時間が早い地域では  
地図の上からでは判らない避難困難が発生する。**



**これらの困難発生をシミュレーションで再現、対策を検討する。**

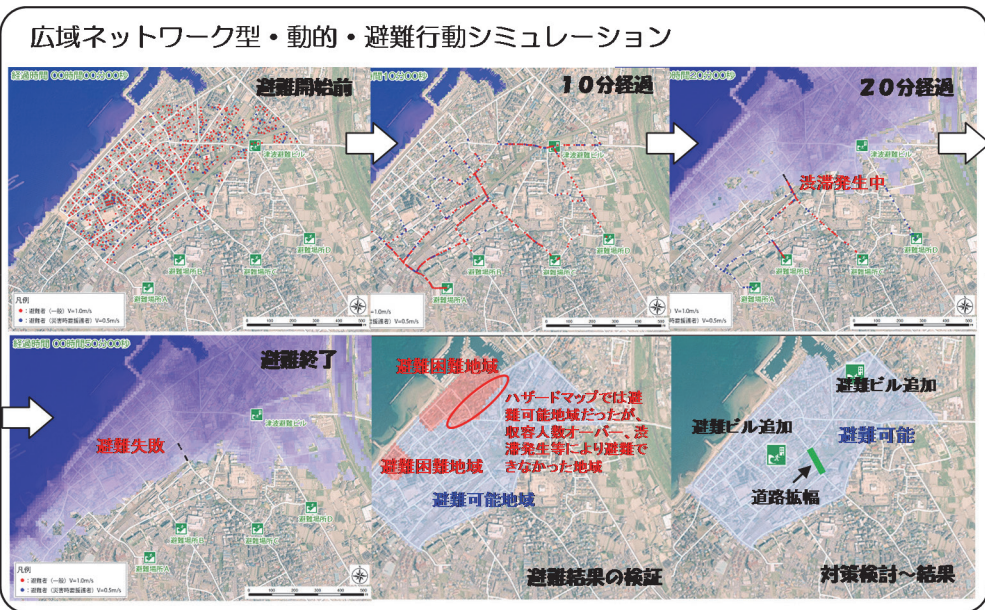


図 3 津波避難計画における活用イメージ

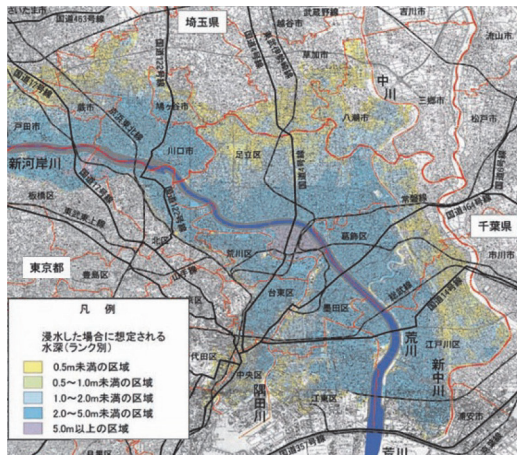
経路の安全性確保や一時避難場所の整備によって避難中の延焼被害の危険をどの程度減らすことができるか、消防活動の拠点や発災直後の出火点や通行不能箇所等の情報収集の強化により延焼被害をどの程度減らすことができるか等の検討ができる(図 4)。また、出火点や通行不能箇所のリアルタイム収集データを考慮した避難誘導情報を避難者へ配信したり、そういった情報配信が実

現できた場合の効果の評価したりすることも可能である。

3.3 土砂災害や河川氾濫からの避難

近年、局所的な短時間強雨や集中豪雨の頻度が増え、それに伴う土砂災害や河川の氾濫による人的な被害が発生する事例が増えている。それらの被害の中には適切な時期に早期避難を行うこと

ができれば被害を防ぐことができたと思われるケースもある。しかし、その避難経路上における危険箇所を把握した上で事前に避難先や避難経路を検討しておかなければ、適切な避難判断に支障をきたす恐れがある。特に、氾濫による浸水想定区域に数百万人の住民がいる荒川下流域(図 5)のように、浸水範囲が広域に及ぶ都市部での河川氾濫においては、大勢の避難者を遠方まで段階的・計画的に避難させるために、その交通手段や経路、避難所要時間、建物内での垂直避難も含めた避難先の判断基準などを事前に十分に検討し、一般に周知することが重要である。



(荒川下流河川事務所 HP より)

図 5 荒川下流域の氾濫想定図



図 4 火災延焼避難シミュレーションのイメージ

### 3.4 帰宅困難者等の広域避難行動

平日の日中に発生した平成 23 年の東日本大震災では、首都圏において震災直後にはほぼ全ての交通機関が停止し、何百万人もの帰宅困難者が生じ、帰宅しようと主要ターミナル駅へと向かう大量の歩行者が集中したり、帰宅困難者を送迎しようとする自動車等により一般道路が大渋滞したりと、大きな混乱が発生<sup>4)</sup>した。しかし、震源がより首都圏に近い箇所で大地震が発生した場合、交通機関の停止だけでなく、建物倒壊や火災延焼、道路閉塞、膨大な救急ニーズなどの同時発生により東日本大震災以上の混乱が発生する可能性が高いと考えられる。そのような混乱の中で、避難者や帰宅困難者がどのような行動をとり、どこにどのような方法で誘導すべきか、救急・消防・緊急支援等の車両の移動を円滑にするためにはどのような準備や計画が必要か、被害を減らすために求められる街区整備とは何か、など多くの検討課題がある。

それらの課題の検討、及びその基礎資料の作成のため、都心から半径 40km 程度の範囲を対象

とした広域の避難行動及び帰宅行動のシミュレーションにも現在取り組んでいる(図 6、図 7)。このシミュレーション結果を、帰宅困難者の帰宅行動による歩道や車両交通の混雑状況、その際に火災延焼や緊急搬送ニーズが発生した場合の相互影響による被害拡大などについて予測・検証し、今後の様々な対策検討の基礎資料として活用することができると考えている。

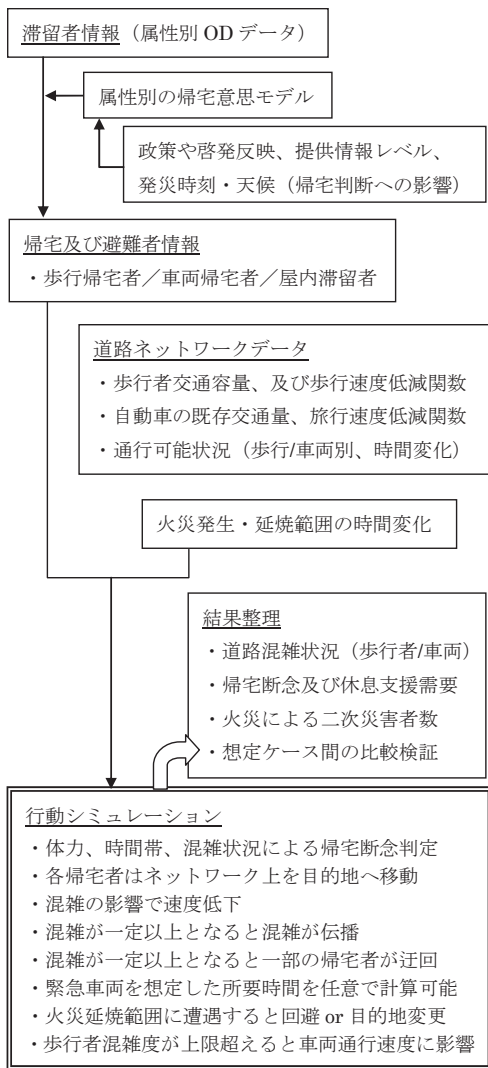


図 6 帰宅困難者の行動シミュレーション

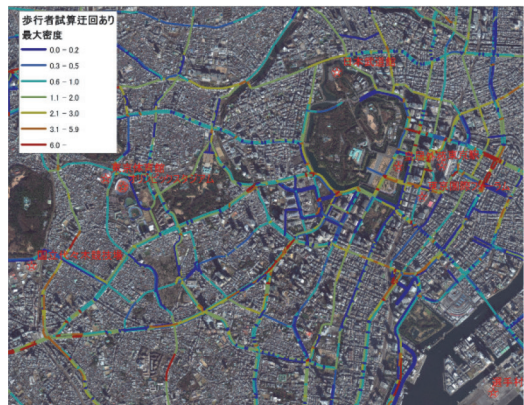


図 7 首都圏帰宅困難者の歩行者混雑計算例

## 4. まとめと今後の課題

### 4.1 まとめ

ここまでで紹介した避難行動シミュレーションは、主に自治体等の行政や港湾管理者等が避難計画を検討したり、協議会やワークショップなどで関係者が議論する際の基礎資料として活用したりすることを想定したものである。平成 23 年の東日本大震災による津波被害や、近年増加している局地的な豪雨等による土砂災害や浸水被害等の気象災害を受け、行政としてもハード対策だけでなく事前の避難計画等のソフト対策による減災に力を入れるようになってきている。しかし、行政だけでできることには限界があり、被害地域内の一人ひとりの普段からの準備による自助や共助を一層推進するための取組が今後ますます重要になる。その取組の際に現状の課題を整理するための基礎資料として、また関係者間で情報共有や課題共有、仮想訓練を行う際の視覚化ツールとして、今後も地域の局所的な避難行動や都市圏全体での広域避難行動のシミュレーションを行い、様々な減災計画や防災訓練に貢献していく所存である。

## 4.2 モバイル機器と防災支援

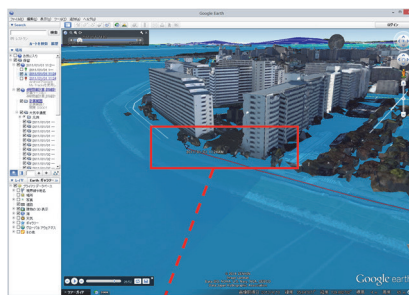
減災における避難行動のソフト対策としては、事前の訓練や、共助のための取り決め等が必要であるが、そこに地域住民以外の学生や労働者等の若年層をいかに参加させるか、関心をもって取り組んでもらうかが重要である。そこで、最近は従来型の防災マップの印刷物配布だけでなく、インターネットやスマートフォンを活用した防災情報の発信や効果的な避難訓練に活用できるツールの開発も進んできており、当社でもインターネット上での情報配信やスマートフォン等のモバイル機器の活用を念頭に置いた支援メニューの検討を行っている。

例えば、避難訓練行動中の移動経路をトラッキングして、津波浸水域の時系列データと重ね合わせて評価するツール(図 8)、避難訓練中に訓練参加者のスマートフォンに現在地の浸水到達予定時刻を知らせたり、危険区域を移動する場合に警告を発したりすることにより、より臨場感のある避難訓練の実施を支援するツール等を開発している。また、避難訓練時に収集したこれらのトラッキングデータを収集して分析することにより、避難行動シミュレーション及び避難計画の妥当性の検証やデータのフィードバックによるモデルの精度向上を図ることができる。また、シミュレーションにより訓練時とは異なる状況下での避難行動の課題抽出等を行うこともできる。

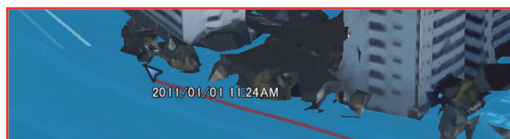
更には、避難行動シミュレーションや行動履歴データ、浸水や火災延焼等の被害想定結果等を活用したゲーム形式のアプリケーションを、学校教育での防災教育等で活用することも提案していきたい。

当社では、今後も津波や火災延焼からの避難、

帰宅困難等に関する様々な減災計画を支援すべく、被害想定シミュレーション、避難行動シミュレーション、インターネットによる地図情報配信、モバイル機器による位置情報取得等を組み合わせた支援メニューの拡充に取り組んでいく予定である。



(一部拡大)



避難行動訓練の位置情報時系列データと浸水範囲の時間変化を、アニメーションとしてGoogleEarthアプリ上に三次元表示

図 8 津波浸水と避難行動の 3 次元動画イメージ

## <参考文献>

- 1) 「災害時の避難に関する専門調査会報告」(2012 年 3 月,中央防災会議,災害時の避難に関する専門調査会)
- 2) 「佐用豪雨災害に関する住民意識調査と防災情報の課題」(宇野ら,2010 年,平成 21 年台風 9 号による河川災害調査報告書 48-71 頁,土木学会関西支部)
- 3) 「防災まちづくり計画策定に係る津波避難シミュレーション」(2013 年 12 月,OGI テクニカルレポート Vol.21)
- 4) 「帰宅困難者対策 Q&A」(廣井悠・中野明保,2013 年 9 月,株式会社清文社発行)