

## 災害対応の時間連続性に着目した避難・救助統合モデルの開発 Development of an Integrated Evacuation and Rescue Model Focusing on the Time Continuum of Disaster Response.

松木 彰<sup>†‡</sup> 畑山 満則<sup>‡</sup>  
Akira Matsuki Michinori Hatayama

### 1. はじめに

昨今、災害の複雑化や気候変動による既存災害の激甚化、現代的な新たな災害が発生するといった異常な事態に対し、既存の対応策を見直し[1]が求められている。特に、大災害など人的・物的リソースが不足すると見込まれる際、効果的に救助や救急などのリソースを配置するための最適分配が議論されている。しかし、筆者はリソースの分配問題ではなく、避難する住民や救助にあたる舞台など、被災地域で活動する当事者間の協調行動により、大規模化する災害への対応能力を強化する手法を検討する。

### 2. 本研究の立ち位置

これまで、未知の災害への対応や事前の計画立案などで、シミュレーションなどの情報技術が活用されてきた。特に、行動選択や行動実施のコストの高い意思決定を可視化、支援するための手法としてこれらのツールは有用である本節では、従来の視点との違いから、本研究の特徴を説明する。

#### 2.1 既往の研究と対策の視点

災害の影響は、地震などの即時的な被害や、逆に長期浸水などの長期的に被害をもたらすものまで様々である。また、その被害への対処方法として、住民の避難や行政からの情報発信、部隊による救助活動、医療の救急、インフラ復旧、避難所運営など、多種多様な視点からの課題発掘や研究がなされてきた。個々の課題領域も複雑な様相をなし、単純な解決が困難であるため、個々の問題に着目した研究されてきた。

こうした長年の研究や昨今の IT システムの存在とは逆に、実際の災害対応に生かされたという報告は少ない。こうした背景には以下の 2 つの課題があると考えられる。1) 災害のインパクトを局所的・表面的に捉え、実際の行動計画に実行可能性が不足している、2) 災害に携わる各当事者間の合意形成が困難で、協調行動ができていない。大規模な災害は、時間的・空間的に分散している事象が複雑に絡み合う難解な課題であり、要素ごとの影響範囲や長期的な因果関係を内包しており、災害小規模な災害での対応とは異なる視点・アプローチが求められる。

#### 2.2 本研究の視点

前節に示した課題を解決するため、本研究では二つのアプローチを提案する。1) 長期的かつ時間連続的現象として、災害の波及とその対応活動の関係を捉える視点を用意する、2) 災害対応に係る当事者の役割と複雑な相互関係について可視化し、協調行動に向けた情報発信を行う。

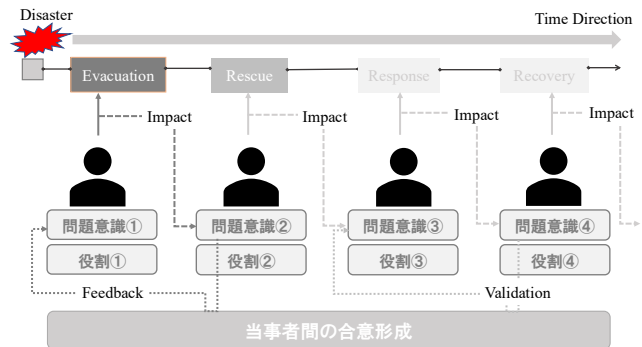


図 1 合意形成に基づく協調行動獲得の流れ

1) について、災害は複雑かつ時間経過により変容する現象であるため、局所的な問題では事態を過小評価する可能性がある。そこで、一連の災害現象に関し時間方向での計算量を確保し、大局的な視点で捉える必要がある。2) については、これまでの避難や救助、道路復旧など、従来より個別の利益や課題が追究され、目的や課題意識の異なる当事者間での合意形成が困難にしていた。そこで、災害対応を包括的な枠組みで捉えることで分野間の影響関係を評価できる仕組みが必要である。

#### 2.3 本研究の目的

そうした視点から、災害対応全体を表現・モデル化した統合シミュレーションを用いて、思考実験上としてのプラットフォームの構築を目指す。そこで、本研究では、プラットフォーム構想のケースモデルとして、住民の避難と行政の救助の時間連続性に着目した統合モデルの開発を行う。具体的に、住民の避難モデルや救助のモデルをエージェントシミュレーションとして実装し、「住民の避難方法や避難完了状況に応じて、救助の効率が変動する」といった、異なる目的を持つ当事者間の相互関係についての評価を試みる。

### 3. 統合モデルの概要

図 2 に本モデルの流れを示す。避難や救助のモデルは、市街地の道路形状や建物配置データを活用した GIS ベースのエージェントシミュレーションとして構築する。

#### 3.1 住民の避難モデル

災害発生時の住民の避難行動については、指定避難所への水平避難、あるいは近場の中高層建物への垂直避難をとるとする。その移動手段として、歩車混合の影響が無視できないという既往の研究[2]を考慮し、歩行エージェントと車エージェントを別々に構築する。その際、歩行者と車両は同じレ

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究科, Graduate School of Informatics, Kyoto University.

<sup>‡</sup> 京都大学 防災研究所, DPRI, Kyoto University.

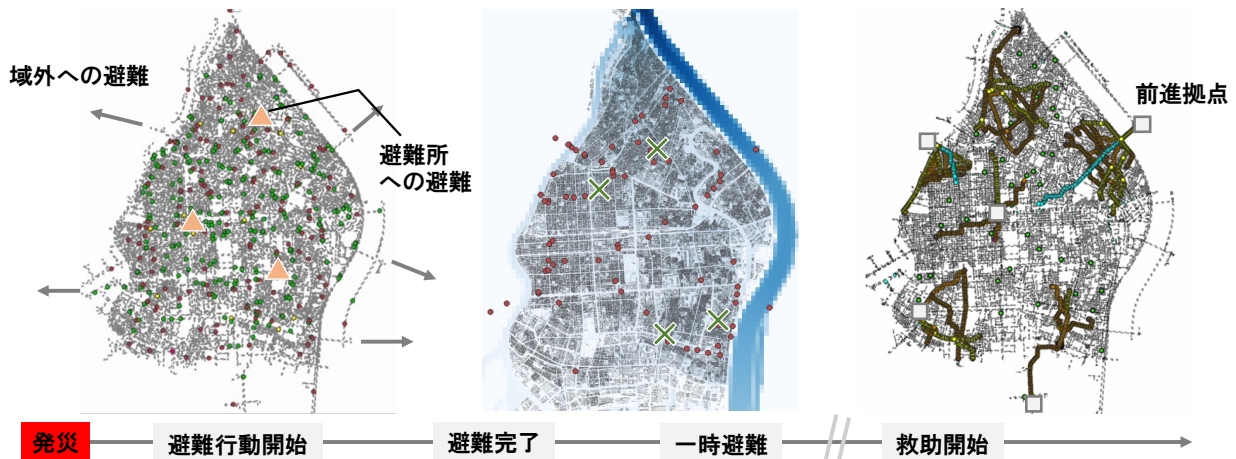


図 2 時間に伴う災害対応活動のフェーズ転換

イヤー上で移動するものとし、衝突の危険性がある場合には、衝突の回避動作をとるものとする。モデル内容を図 3 に示す。

### 3.2 ボートでの救助モデル

3.1 節での避難時に、浸水領域外に避難できず、浸水域内に留まっている住民(孤立住民)については、洪水氾濫が落ち着いてから、ボートによる救助活動が開始されるものとする。長期浸水域におけるボート救助モデルについては、既報のモデル[3]を利用する。本研究では、住民の避難状況に応じて救助のマネジメント能力への影響を評価するため、救助戦略については一貫したルールに則るとする。

### 3.3 氾濫シミュレーション

本研究では、IRIC を利用した氾濫シミュレーションを採用して、市街地での洪水氾濫を疑似的に発生させる。iRIC 内で採用されている浸水計算の基礎式については、Nays2DFlood[4]の HP を参照していただきたい。

## 4. ケーススタディ

災害発生前、日常的な社会活動が営まれている。しかし、災害発生とともに、避難行動の選択を迫られる。災害とは、日常から非日常への強制的に意識を切り替えさせるトリガーである。しかし、突然降りかかる災害に対して、その時の状況を踏まえた行動選択の良し悪しが被害の有無を決定していることは否定できない。

そこで、避難開始から避難完了（避難行動不能）までを評価するのではなく、その先の救助活動に至るまで、より長期の視点での評価を行うこととする。

具体的には、1) 発災後、各歩行者・車両のエージェントは当該地域外及び域内の避難所に向けて避難を開始する。2) 時間の経過に伴い、浸水範囲が市街地へ広がる。避難の過程で、避難遅れや一時避難者となった住民は要救助者として扱われる。3) 2) で発生した浸水域内の孤立住民に対してボートを用いた救助活動を実施する。

発災時の市街地の状況については、平常時の人流や交通量データから推定し、初期値として設定した。また、避難開始時間や避難先の選択など、避難に関する住民の意思決定について複数のシナリオを用意し、最終的な被害状況をシナリオ間で比較した。住民避難の影響を評価しやすいよう、救助の方針については固定している。

## 5. まとめと今後の展望

本報告では、従来独立した現象として扱われてきた住民避難と救助活動を連続事象として表現した。その結果、避難行動に伴う救助マネジメントへの影響を明らかにした。特に、要救助者が同等のシナリオ間でも、前進拠点との往路距離や高層ビルへ多くの住民が留まる場合には、制約の多い浸水域での救助活動にとって大きな影響を与える結果となった。

今後は、避難行動が救助活動に与える影響のボトルネックを、複雑系の解析手法等を用いて特定、影響の推定手法を提案していきたい。

### 謝辞

本研究は JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業 JPMJFS2123 の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] Disaster Management in Japan, Cabinet Office Japan (2021), White Paper on Disaster Management 2021.
- [2] 中居 楓子, 畑山 満則, “住民の避難行動の分析及び地域住民との連携による避難計画の検討と評価: 高知県黒潮町における災害リスクコミュニケーションの事例研究”, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, No.54, 2013.
- [3] 松本 彰, 畑山 満則, “長期浸水域での浸水深さの動的変化を考慮したボート救助モデルの開発”, 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集, DVD-ROM, 2022.
- [4] The International River Interface Cooperative: Public Domain Flow and Morpho Dynamics Software for Education and Applications, Advances in Water Resources, 93A, pp.62-74, 2016.

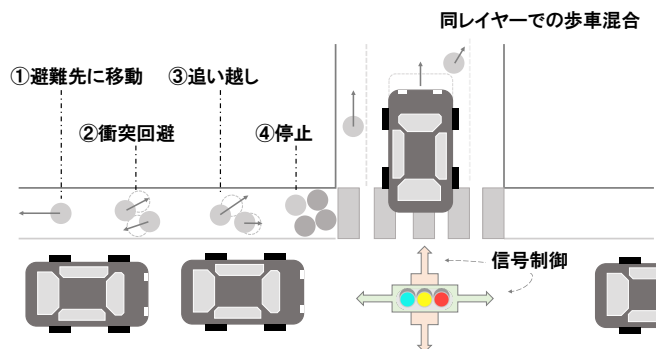


図 3 歩車混合モデルの概念図