

## 大規模水害を想定した避難計画のシミュレーション評価に関する考察

湯川誠太郎\* 畑山満則\*\* 多々納裕一\*\*\*

京都大学大学院情報学研究科\* 京都大学防災研究所\*\* 京都大学防災研究所\*\*

## 1. はじめに

ハリケーン・カトリーナによる高潮災害をはじめとし、近年世界的に大規模水害が多発しており、我が国でも大きな被害をもたらす集中豪雨の発生頻度が近年増加傾向にある。中央防災会議に設置された「大規模水害対策に関する専門調査会」の報告（平成22年4月2日）<sup>1</sup>によると、利根川・江戸川・荒川の堤防決壊に伴う浸水想定区域を検討した全てのパターンを重ね合わせた場合、浸水区域内人口は約663万人、仮に避難の対象とすべき条件を「居住空間が水没」もしくは「浸水継続時間3日以上」であることとした場合、要避難者は約421万人となることが指摘されている。このような想定の下で実施すべき対策として、大量な避難者を対象とした広域避難の必要性が掲げられている。しかし大量な要避難者が短時間の内に避難行動をとった場合、交通渋滞の発生による逃げ遅れの発生や、避難所の収容力を上回る避難者の殺到など、従来の規模の避難とは違った問題が生じる可能性がある。大規模水害での被害軽減には、このようなリスクに対応した避難計画を立てることが必要不可欠である。以上の背景から本研究では、大規模水害での避難計画策定を支援する、代替案評価手法を提案し、首都圏大規模水害を対象とした避難計画代替案を提案・評価・考察する。

## 2. 対象地域および用いる手法

## (1) 対象地域

東京都江戸川区を対象に分析を行った。人口約60万人、荒川の下流域に位置し、大部分がゼロメートル地帯である。氾濫時には50k m<sup>2</sup>を越える範囲で2週間以上浸水が継続する可能性がある。一方で上流が破堤した際には、氾濫流の到達までに、比較的長時間の避難が可能である。

## (2) 用いる手法について

大規模水害の特性上、計画分析には膨大なネットワークおよび避難者を扱う必要があるため、一般的に避難の再現などに用いられるMAS等の手法<sup>2</sup>などは適用が難しい。そこで本研究では交通ネットワークの均衡分析の手法を用い計画分析を行う。この手法は、交通工学の分野で理論実証がなされているため、整合性が取れているモ

デルが多数存在し、データ数が膨大でも比較的短時間で計算が可能である。

## 3. 現状リスクに関する定量化分析

分析にはJICA-STRADAを用い、システム最適配分モデルを用いた。このモデルでは全体最適となる様にネットワーク上にOD交通量を配分する。

## (1) データ設定

- ・ネットワークデータ：デジタル道路地図(DRM)の全道路リンク・ノードデータを使用した。歩行に適さない道路を除いた結果、リンク数80500、ノード数57365となった。避難には歩道のみを使用し、幅は3mとした。自由歩行速度(Vmax)は、4.2km/h(1.2m/1s)とした。先行研究<sup>3</sup>から最大交通量は歩行者密度が1.0~2.0人/m<sup>2</sup>の間に達成されることが言われているが、本研究では安全に歩行できる密度の限界が1人/m<sup>2</sup>であると考え、道路交通容量(Qmax)を3m×1人/m<sup>2</sup>×3600秒=10800人/hと算定した。

- ・ゾーン区分：地域には196の町丁目があり、その境界点(422点)をゾーンとして設定した。

- ・リンクパフォーマンス関数：群衆歩行に関する専攻研究<sup>4</sup>などを参考にし、QV式を $V=-Q/3+1(0 \leq Q < 1.5)$ 、 $V=-2.15Q+3.725V_{max}(1.5 \leq Q < 1.7)$ 、 $V=0.07V_{max}(1.7 \leq Q)$ と設定した(それぞれ単位はV:m/s, Q:人/m<sup>2</sup>・s)。

- ・OD交通量：各町丁目の人口をその町丁目に存在する境界点(ゾーン)の数で割り、作成した。全避難者数は611,265人となった。避難先は、ハザードマップの指定を参考に、地域防災拠点3カ所を対象に決定した。

設定を要約すると、「1時間内に一斉に発生した60万人の避難者は、各町丁目から3カ所の避難所へ、リンク上の交通量に応じて速度を変更しながら、歩道のみを避難路として、全体避難時間最短となるルートで逃げる」となる。

## (2) 結果

避難の所要時間の人口分布は表1である。平均所要時間は2.74h、最長所要時間6.79hとなった。混雑のない自由歩行での平均所要時間が0.66hであることから、全ての避難者が効率的なルート選択をした場合でさえ、深刻な渋滞が発生する可能性がこの分析により示唆された。各ゾーンの所要時間をハザードマップ上にプロッ

\*Simulation Evaluation for Flood Evacuation Planning

\*Seitaro YUKAWA

\*\*Michinori HATAYAMA

\*\*\*Hirokazu TATANO

トしたものが図 1 (i) であり、橋を通過すると所要時間が大幅に増えることが分かる。また、3 か所ある避難所の中から避難時間最短の避難所を選んでいないゾーンは、全 422 ゾーン中 225 ゾーンに及んだ。

#### 4. 避難計画代替案の評価分析

本章では代替案を設計し、どの程度結果が改善されるかを前章と同様の方法で分析する。

##### (1) 代替案の設計

前章で明らかになった問題点を参考に、以下の A~E の代替案を設計した。

A.混雑箇所の解消：特に混雑するリンク(橋) に関して交通規制を行い、車道の半分を歩行者避難に用いる場合。橋リンクの交通容量を車道幅分増加させた。

B.目的地の変更：町丁目ごとの目指す避難場所を変更した場合。各ゾーンの目的地を 3 つの避難所の中から最短時間に近づくように変更した。

C.鉄道網の利用：駅周辺の住人が鉄道を利用する場合。特に混雑する北部・西部避難者を対象に 3 路線 (5 経路) の 1 時間輸送力を算定し、それ以下の数の住民が駅を目的地とするように、駅周辺のゾーンの OD 交通量を変更した。

D.意図的に逃げない地域を指定：浸水深の低い地域を避難しない地域に指定した場合。ハザードマップ上で浸水が 1m 以下となるゾーンを抽出し、発生する OD 交通量を 0 にした。

E.段階的避難：従来の避難情報に合わせ、段階的に避難するように指示した場合。時間帯別配分モデル<sup>5</sup>を導入し、2 時間帯に OD 交通量を分割した。

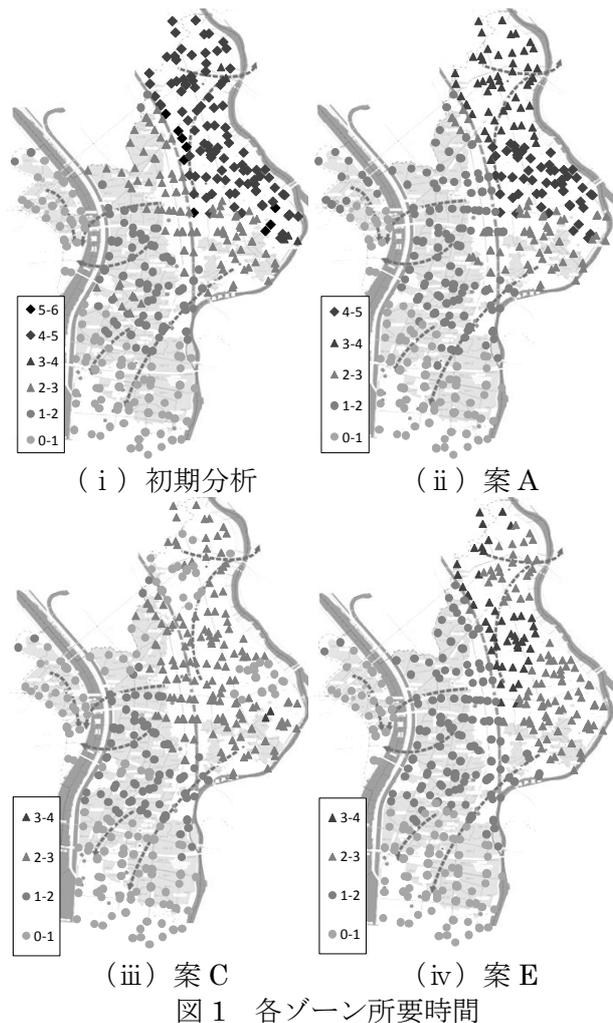
##### (2) 分析の実行および結果

分析および結果の評価には、利用者均衡配分モデルを用いた。このモデルでは、個人最適となる様に交通量が配分される。そのため、前章のモデルよりも避難状況の再現精度に優れ、代替案評価に適切であると考え採用した。データ設定は前章に準拠している。

それぞれの代替案における平均避難時間 (Tave)・最長避難時間(Tmax)および、改善時間を纏めた物が表 2 である。特に案 C は Tave の減少に、また案 E は Tmax の減少に効果が高い事が分かった。案 A, C, E の各ゾーン所要時間を図 1 (ii), (iii), (iv) に示す。

#### 5. おわりに

本研究では、大規模水害における避難計画代替案を、ネットワーク均衡配分を用いて評価する手法を提案し、首都圏大規模水害を例に実際に代替案を設計・評価した。今後は今回挙げた代替案の複合的な適用も検討すべきである。



所要時間(h)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
避難者数(人)	205344	122225	127970	7186	134134	14450	0
累積割合(%)	33.6	53.6	74.5	75.7	97.6	100.0	100.0

表 1 初期分析の所要時間の分布

代替案	A	B	C	D	E
Tave(改善時間)	1.91(0.83)	2.11(0.63)	1.28(1.46)	1.97(0.77)	1.59(1.15)
Tmax(〃)	4.77(2.02)	4.04(2.75)	3.38(3.41)	5.02(1.77)	3.06(3.73)

表 2 各代替案の Tave・Tmax (単位：h)

#### 参考文献

- 1 大規模水害対策に関する専門調査会：大規模水害対策に関する専門調査会報告,中央防災会議,2010.
- 2 湯川誠太郎,畑山満則他：エージェントベースシミュレーションを用いた姉川・高時川下流域における広域避難に関する考察,情報処理学会, Vol.2009-IS-109 No.6,2009
- 3 毛利正光・塚口博司：歩行路における歩行者挙動に関する研究,土木学会論文報告集,第 268 号,pp.99-108,1977
- 4 John.J.Fruin：歩行者の空間,鹿島出版会,1974
- 5 藤田素弘ほか：時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究,土木学会論文集,No.389/IV-8,pp.111-119, 1988.