

地域住民のための洪水時緊急避難情報提供システムの構築

岐阜大学大学院 学生員 ○山田知寛

岐阜大学 正会員 高木朗義

1. はじめに

わが国では想定以上の水害が相継いで起こっており、従来型の施設整備によるハード中心の対策だけでは対応しきれない現状にある。そのため、多くの地方自治体は様々なソフト対策に取り組み、避難計画の見直しを行っている。避難計画において避難者の特性、特に高齢者などの災害弱者について考えつつ、避難所の位置や規模、避難所までの経路、備蓄品の量を事前に決め、かつ洪水時に有用な情報を住民に提供することは極めて重要である。そこで本研究では、住民の意思に基づいた行動を第一に考えた上で、GISを用いて洪水時の避難情報を提供するシステムを構築した¹⁾。また本システムは、行政の立場において洪水時の避難計画の策定を支援するシステムとして活用できる。

2. 緊急避難情報提供システム

本システムの構成を図1に示す。本システムの特徴は、GISをベースシステムとすることにより、詳細な空間分析が可能である点や入出力データの取り扱いが容易である点、わかりやすく表示できる点などである。特に、可視化は住民に対する情報提供や避難計画の提案などへの活用が期待される。また、以下に示す6つのシステムをサブシステムとして位置付け、汎用性を高めることと拡張を容易にすることを視野に入れて本システムを構築している。

(1) 洪水氾濫予測システム

氾濫原因として河川堤防の破堤を想定し、予測した破堤越流流量を破堤箇所と与える。その結果、予測された浸水深から被災状況を把握することができる。浸水深の表示により住民は被災状況を視覚的に捉え、リスクの認知を行う。

(2) データ抽出

GISデータベース内に蓄積された浸水深データと建物データ、道路ネットワークデータを重ね合わせることで、避難の必要性や避難所として利用可能な建物、道路ネットワークを特定し、避難者や避難所候補地、利用可能道路をそれぞれ抽出する。各システムの詳細を以下に示す。

① 避難可能道路抽出システム

避難時の2次災害を防ぐため、浸水深と道路幅員の設定から安全に利用できる道路を特定し、利用可能な経路を抽出して新たな道路ネットワークを構築する。

② 避難可能場所抽出システム

一般世帯が居住する建物(民家,アパート,マンション)を除

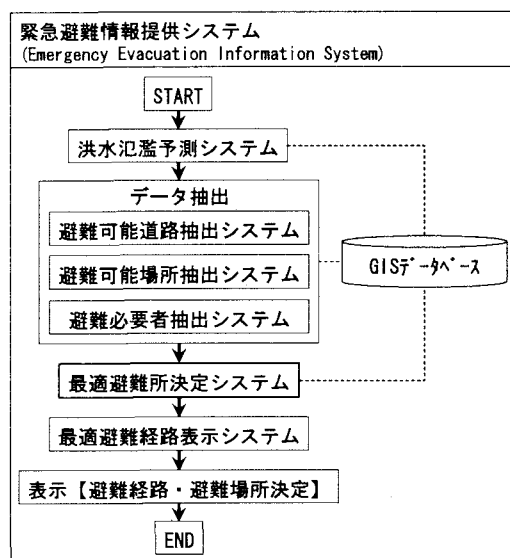


図1 緊急避難情報システムの構成

いた中から避難所として利用可能な建物を選択し、浸水深と建物階数より避難所候補地とその非浸水階数を特定する。

③ 避難必要者抽出システム

浸水深が50cm以上になると避難は困難になる²⁾。また、非避難者による2次災害を防ぐため、2階以上に居住する世帯や2階以上に避難可能な世帯でもライフライン停止等の危険を考慮し、浸水深が50cm以上となる建物では必ず避難することとする³⁾。以上の条件を踏まえ、避難者を抽出する。

(3) 最適避難所決定システム

本研究で提案する利用避難所決定モデルをこの最適避難所決定システムとして組み込む。まず、各世帯は避難所情報を得ていない状態で、最寄りの避難所へ避難する。避難所が決定すると、各避難所の混雑度がわかる。各世帯はこの情報を得て、満足度がより高くなる避難所へ避難場所を変更する。次に、自治体が避難所の位置、使用面積、備蓄品量をコントロールすることで、避難環境が変化する。世帯は再び満足度がより高くなる避難所へ変更する。これを繰り返す、社会厚生が最大の時を利用避難所の決定とする。

(a) 利用避難所決定モデル

各世帯は避難所までの移動時間、避難所で利用可能な一人当たりの使用面積・備蓄品量によって得られる効用を最大とする避難所を自らの意思で選んだ上で、自治体が社会厚生を最大するように避難所の位置、使用可能面積、備蓄品量を決定する問題を考える。本モデルでは、災害接近時ということで災害弱者を含む世帯と含まない世帯によって避難時間が変わること考を考慮している。以上の点を踏ま

えて、世帯の行動モデルを式(1)～(8)のように定式化する。

$$\max u_{ij} = \alpha t_{ij} + \beta \ln a_j + \gamma \ln s_j + \delta \quad (1)$$

$$s.t. \quad t_{ij} = l_{ij} / v_i \quad (2), \quad l_{ij} \leq 1.2 \quad (3), \quad a_j = A_j / N_j \quad (4)$$

$$s_j = S_j / N_j \quad (5), \quad \forall A_j = \text{const.} \quad (6), \quad \forall S_j = \text{const.} \quad (7),$$

$$\sum_j N_j = N \quad (8)$$

ここで、 l_{ij} :経路距離、 v_i :移動速度(世帯属性により異なる)、 a_j :一人当たりの避難所利用可能面積、 s_j :一人当たりの利用可能備蓄品量、 A_j :避難所の使用可能面積、 S_j :避難所の備蓄品量、 N_j :収容避難者数。

次に自治体の行動モデルとして、以下のように定式化する。ただし、施設と備蓄品の管理費用 c が発生するものとし、避難所の使用面積と備蓄品量に対して発生する管理費用を効用に置き換えた形で考える。

$$\sum_i u_{ij} - \sum_j (\mu A_j + \eta S_j) \quad (9)$$

(b) パラメータ推定

一対比較アンケート調査から世帯の行動モデルのパラメータ推定を行った。その結果、各パラメータは $\alpha = -0.0469$ 、 $\beta = 2.263$ 、 $\gamma = 0.583$ となった。各パラメータの t 値は全て有意であり、的中率は77%であった。

(4) 最適避難経路表示システム

最適避難所決定システムで決定された避難所までの、各世帯の最短避難経路をGISソフトウェアのツール(2点間の最短経路を計測する機能)を利用して表示する。視覚的に捉えることが可能で、住民への情報提供を行うことができる。

3. 実地域における検討

岐阜市鏡島地区を中心とする地域を対象とし、世帯単位での検討を行った。本システムを適用した結果を以下に示す。ボロノイ図法⁴⁾と本システムを用いて算出した各世帯の利用避難所をそれぞれ図2、図3に示す。図3では、避難所の位置・規模、世帯の分布状況、世帯属性による不均質さから、より遠くなる避難所へと避難する世帯や互い違いになる世帯が見られた。さらに、本システムの社会厚生はボロノイ図法と比較して約1%増大したことから、効率性は高くなったと言える。また、アンケートによる住民の選好と近い結果が得られたと思われる。次に、避難所における一人当たりの使用面積を図4に示す。本システムはボロノイ図法と比較して、避難所ごとの一人当たりの使用面積の差分は小さくなっており、地域全体の標準偏差は約86%減少したことから、公平性は高くなったと言える。

以上より、現実的な利用避難所を決定するためには、距離だけではなく、施設や世帯の空間情報や属性情報などを考慮する必要がある。本システムにより、避難所の混雑を

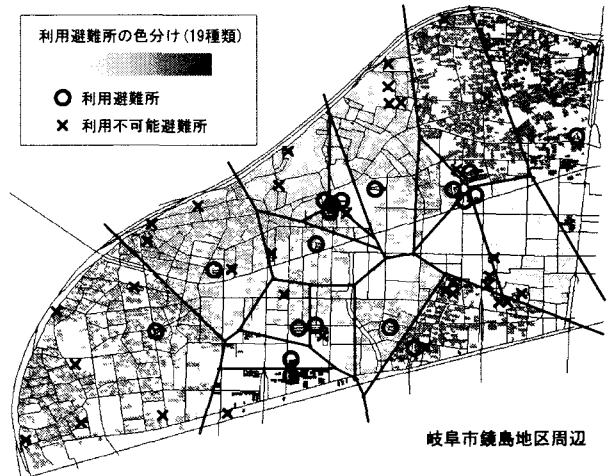


図2 各世帯の利用避難所(ボロノイ図法)



図3 各世帯の利用避難所(本システム)

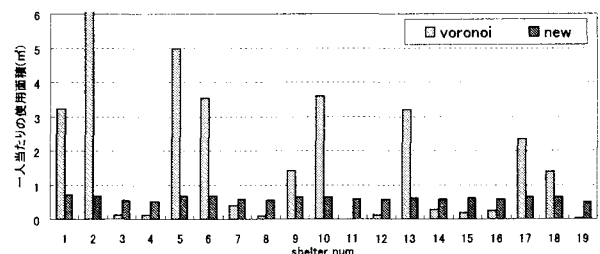


図4 各避難所における一人当たりの使用面積

避け、住民に対して公平かつ効率的な利用避難所を提案できたとと思われる。

4. おわりに

これまでに構築したシステムの基本的な部分について、ボロノイ図法と本システムとの比較から、本システムの優位性を確認した。今後は世帯間のコミュニティ等を考慮し、より現実的な避難情報を提供できるシステムへの改良を考えている。また、洪水発生時だけではなく地震発生時などのマルチリスクに対応できるシステム構築を目指したい。

【参考文献】

- 1) 山田知寛,高木朗義:住民の視点から見た避難所配置計画の策定支援システムの構築,土木計画学研究・論文集 vol.21,no.2,pp.325-334,2004.
- 2) 岐阜市:岐阜市洪水避難地図長良川左岸地域版2002.
- 3) 京都大学防災研究所編:地域防災計画の実務 pp.127-150,鹿島出版会,1997.
- 4) 岡部篤行,鈴木敦夫:最適配置の数理 pp.9-51,朝倉書店,1992.