

リスクコミュニケーションのためのコミュニティ防災支援システムの開発*

A Support System for Disaster Mitigation in Community for Risk Communications*

上田健人**・高木朗義***・倉内文孝***・澤田基弘****

By Kento UEDA**・Akiyoshi TAKAGI***・Fumitaka KURAUCHI***・Motohiro SAWADA****

1. はじめに

近年、大規模災害に対して、住民や地域の視点から避難計画を立案することが必要だと言われている。その中の課題として、災害時要援護者の支援態勢や住民の災害リスク認知が挙げられる。そこで本研究では、コミュニティで行われる要援護者支援を考慮した避難計画の策定支援システムを開発するとともに、リスクコミュニケーションツールとしての活用方法を検討する。検討に際しては、岐阜市のある地域を対象に、世帯・コミュニティという避難単位の違いによる社会厚生の影響分析を行う。特に、コミュニティで避難することによる影響（要援護者支援、移動速度低下）を考慮することによって、コミュニティで避難することの優位性を確認する。これにより、コミュニティによる要援護者支援の必要性を示す。また、様々なシナリオでの避難計画が策定できるユーザーインターフェイスを構築し、リスクコミュニケーションツールとしての活用可能性を示す。

2. コミュニティ防災支援システム

(1) システムの概要

本研究で開発するコミュニティ防災支援システムの構成を図1に示す。既往研究¹⁾では世帯単位での最適な避難計画しか策定できなかったが、本システムではコミュニティ単位での避難計画を策定するために改良する。本システムの計算フローは次のとおりである。まず、データ抽出システムにより、避難時の二次災害を防ぐための安全な道路の特定、非浸水避難所候補地の選定、要避難者の抽出等を行う。次に、抽出したデータを利用可能避

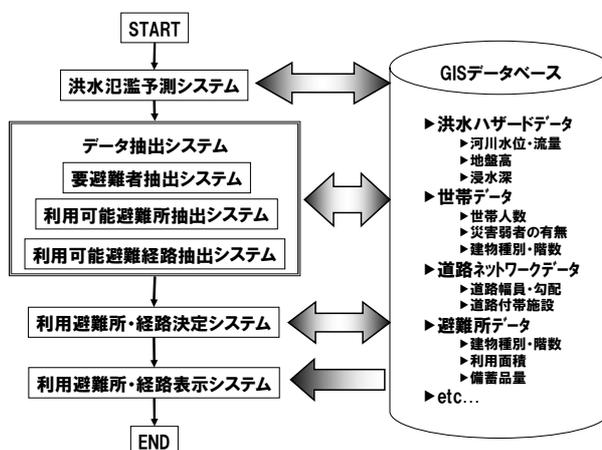


図1 コミュニティ防災支援システム

表1 個別評価指標一覧

一次避難 (主として避難行動の指標)	二次避難 (主として避難所生活の指標)
①移動距離	⑨飲料水
②避難路の高低差	⑩非常食
③移動援助システム	⑪防寒具
④道路幅員	⑫要介護者対応施設
⑤道路の浸水深（洪水時）、 道路の耐久性（地震時）	⑬バリアフリー
⑥用水路の有無（洪水時）、 道路脇の危険（地震時）	⑭衛生状態
⑦倒壊物（地震時）	⑮1人当たり面積
⑧避難所までの誘導	⑯安否確認
	⑰医療設備

難所、道路ネットワーク、要避難者としてデータベースに加える。そして、地域の社会厚生を表現した(1)式の総合評価指標を用いて、世帯単位だけでなく、コミュニティ単位にとって最適な避難計画を策定し、GIS上に各世帯の最適避難所を表示するとともに、リクエストに応じて避難経路を表示する。

$$U_c = \prod_h \sum_i \lambda_i(t, h_1, \dots, h_j, c_1, \dots, c_k) x_i \quad (1)$$

ここで、 U_c ：総合評価指標、 x_i ：個別評価指標、 λ_i ：相対的重要度($i = 1 \dots I$ ：項目数)、 h ：世帯属性、 c ：地域属性、 t ：避難情報発令からの経過時間(1次、2次)である。総合評価指標 U_c は、個別評価指標 x_i と相対的重要度 λ_i の積和で表される。 x_i は避難計画において重要となる属性を定量的に評価するための指標(表1)であり、 λ_i は世帯属性 h 、地域属性 c 、時刻 t によって決まる世帯、地域属性を考慮したパラメータである。

*キーワード：防災計画、避難計画、リスクコミュニケーション

**正員、舞鶴市役所

(〒625-8555 京都府舞鶴市宇北吸1044番地、
TEL: 058-293-2300, FAX: 0773-62-2300)

***正員、博(工)、岐阜大学工学社会基盤工学科

(〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1、
TEL: 058-293-2445, E-mail: a_takagi@gifu-u.ac.jp,
TEL: 058-293-2443, E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp)

****正員、日建設計シビル

(〒460-0008 名古屋市中区榮4-15-32、
TEL: 052-261-0851, E-mail: sawada@nikken.co.jp)

(2) 最適避難計画の策定アルゴリズム

コミュニティ防災支援システムでは、世帯またはコミュニティという単位に対して、(1)式で示した地域の社会厚生が最大となる避難計画を最適避難計画と定義する。本システムでは、各避難所の最適避難世帯数（コミュニティ数）を決定後、各世帯の最適避難所を決定する。各避難所の最適避難世帯数は、各避難所の避難所ポテンシャルにより比例配分して決定する。避難所ポテンシャルは、(1)式における表1の2次避難に関する個別評価指標から算出する。コミュニティ単位の場合においても、同様の方法で各避難所の最適避難コミュニティ数を決定する。一方、各世帯の最適避難所は、表1の1次避難に関する個別評価指標から算出される避難経路効用によって決定する。具体的には、各避難所において世帯の避難経路効用が高い順に、各世帯の最適避難所として決定する。ここでの避難経路は、避難可能道路抽出システムによって抽出された、安全に避難できる道路のうち、最短で避難所まで到達できるものである。コミュニティ単位の場合は、コミュニティ構成世帯の平均避難経路効用によって決定する。

(3) システムの改良

コミュニティ単位での避難行動を表現するためにシステムを改良する。まず、コミュニティ単位で避難するためには、避難速度は最も遅い要援護者世帯に合わせるようになる。これをシステムで表現するために、コミュニティ単位の避難速度を構成世帯中で最も遅いものに設定することとし、避難時間の指標を加える。次に、コミュニティ単位で避難することによって要援護者の避難支援が行える。これをシステムで表現するために、個別評価指標の③移動援助システムの評価値に反映させる。

改良したシステムの妥当性を確認すること、およびコミュニティ単位の最適避難計画の優位性を確認するために、世帯単位とコミュニティ単位の最適避難計画を比較する。対象地域は、岐阜市精華鏡島地区とする。このときコミュニティは、日頃からの付き合いがあるとともに、迅速な避難が可能と思われる1街区を基準に設定した。システムによって策定された世帯単位とコミュニティ単位の最適避難計画における地域の社会厚生を表2に示す。コミュニティ単位の最適避難計画では、避難経路効用において、要援護者サポートが行えるというプラスの影響によって一般世帯、要援護者世帯ともに効用が上昇する結果となった。これにより、コミュニティ単位で避難した場合の方が地域の社会厚生が高くなり、コミュニティ単位で避難することの優位性を示すことができた。

次に、コミュニティ単位の最適避難計画を図2に示す。この図は、利用避難所別に色分けされており、コミュニティ単位で利用避難所が決定されていることがわかる。

表2 避難単位による社会厚生と比較

避難単位	世帯属性	社会厚生		合計
		避難所効用	避難経路効用	
世帯	一般世帯	5570	13331	35969
	要援護者世帯	9335	7734	
コミュニティ	一般世帯	5570	13851	37310
	要援護者世帯	8693	9196	

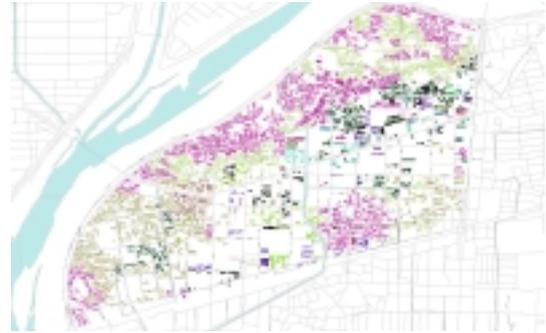


図2 コミュニティ単位での最適避難計画

表3 備蓄品管理シナリオ

シナリオ	備蓄品管理計画
現状	小学校で一括管理
レベル1	現状+中学校、高校で管理
レベル2	教育機関及び体育館などの公共施設で管理
レベル3	全避難所で管理

また、地域の中央に位置する鏡島小学校に集中して避難する計画となっていることが分かる。これは、鏡島小学校に備蓄品が集中管理されており、避難所ポテンシャルが高くなるためである。したがって、鏡島小学校から遠い地区のコミュニティであっても小学校へ避難する世帯も多くなっている。このように精華鏡島地区を現状の条件で最適避難計画を策定した場合、備蓄品の管理されている鏡島小学校へ集中的に避難することとなる。これにより、備蓄品があることによって各コミュニティの避難所効用には公平性が保たれているが、各避難所で利用可能な一人当たりの床面積にはバラツキが生じることとなる。

3. 避難計画の改善案の検討

2. (3)での結果を踏まえ、様々な施策シナリオを設定し、避難計画の改善案について検討した。以下では、その検討結果のいくつかを示す。

(1) 備蓄品管理シナリオ

現状の精華鏡島地区では、備蓄品が鏡島小学校に一括管理されており、各避難所における一人当たりの利用可能床面積に対する公平性が低いという問題がある。そこで、避難計画の改善案として、表3に示すような備蓄品を各避難所に分散させるという備蓄品管理シナリオを設定し、最適避難計画の変化を検証する。シナリオは、レベル1:教育機関で備蓄、レベル2:教育機関及び公共施設で備蓄、レベル3:全避難所で備蓄と設定した。また、ここでの備

蓄品とは、飲料水、非常食、防寒具とし、各避難所の備蓄品数は、避難所の床面積で比例配分する。

各シナリオでの利用可能床面積を図3に示す。現状からシナリオのレベルが上がるに従って、利用可能床面積のばらつきが小さくなっていることが分かる。また、標準偏差をみると、現状の40.7からレベル3では3.5にまで低下しているため、利用避難所の違いによる利用可能床面積に差異がなく、公平性が高まっていることが確認できる。また、図4に示す最適避難計画を見ても、図2に示されている現状の最適避難計画と比較して、利用避難所が分散していることが分かる。さらに、地域の社会厚生も上昇した。

以上のことから、備蓄品を分散させることによって、利用可能床面積の公平性を向上するとともに、地域の社会厚生を上昇させることが確認できた。

(2) 防災意識の向上が最適避難計画に与える影響

地域住民が自助を行うようになったとき、地域住民には防災意識の変化が起きていると考えられる。地域住民が飲料水や非常食などを備蓄するという自助を行った場合、避難時に自ら備蓄した物を持ち出すことによって、どの避難所に避難しても備蓄品の効用を受けることができる。よって、避難所での備蓄品に対する不安感が減少することにつながる。すなわち、地域住民が備蓄するという自助を行うと、備蓄品に対する相対的重要度が低下することになる。そこで、自助による住民の防災意識変化（相対的重要度の低下）が最適避難計画に与える影響を検証する。検証に当たっては、表4に示す防災意識変化シナリオを設定した。

各シナリオにおける地域の社会厚生と比較にあたっては、相対的重要度の変化に直接的な影響を受ける非常食と飲料水に関する個別効用を除いて評価するものとする。結果を図5に示す。防災意識が変化することによって、地域の社会厚生が上昇していることが分かる。これは、避難所での利用可能床面積の公平性が向上したことが理由として考えられる。備蓄品に対する相対的重要度が低下したことにより、備蓄品が一括備蓄されていた鏡島小学校の避難所ポテンシャルが低下する。それにより、鏡島小学校へ避難する世帯数が減少し、利用可能床面積の公平性が向上したことが原因として考えられる。また、鏡島小学校へ避難しなければならない世帯数が減少したことにより、より避難経路効用の高い避難所へ避難することができ、地域の社会厚生が上昇したものと考えられる。このような結果から、備蓄品に対する重要度が低下するという防災意識の変化は、地域の社会厚生を高めることが分かった。したがって、防災教育などを行うことによって、自助の重要性を地域住民に伝えることは、地域全体にとって有効であるといえる。

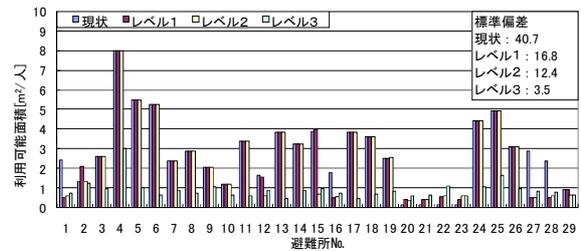


図3 備蓄品管理シナリオにおける利用可能面積

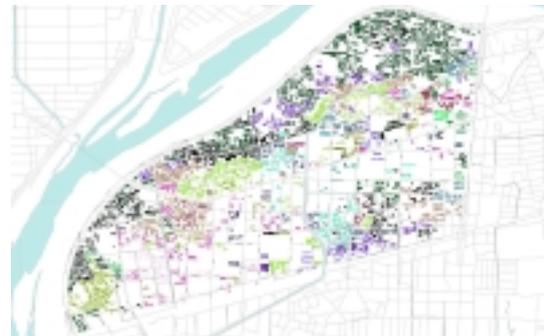


図4 備蓄品管理シナリオにおける最適避難計画

表4 防災意識変化シナリオ

シナリオ		相対的重要度	自助	
			非常食	飲料水
意識変化	現況	—	—	—
	レベル1	元の1/2	+2食/1世帯	+2本/1世帯
	レベル2	元の1/10	+4食/1世帯	+4本/1世帯

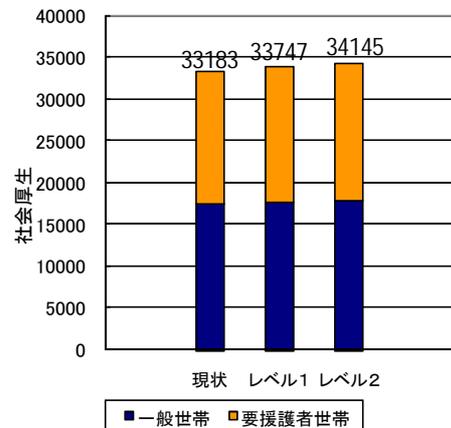


図5 意識変化シナリオにおける社会厚生

4. リスクコミュニケーションへの活用

(1) ユーザーインターフェースの構築

リスクコミュニケーションツールとしての活用を目的として、本システムにユーザーインターフェースを追加した。その一例として、図6に「防災意識変更システム」を示す。

このシステムは、デフォルトの相対的重要度をユーザーが自由に変更し、最適避難計画を策定可能とするものである。デフォルトで設定されている値は、地域のアンケート調査結果から算出されたものであり、自身の地域が持っている防災意識を確認することができる。その上

で、相対的重要度をユーザー自身が自由に設定することによって、自らの防災意識を認識することができる。また、地域住民の防災意識を変更した場合の最適避難計画を比較することによって、防災意識が避難計画に与える影響を把握することができる。

さらに、設定した相対的重要度のもとで策定された避難計画のアウトプットとして、図7に示すような各世帯の最適避難経路を表示する「最適避難経路表示システム」が構築した。最適避難経路は、避難可能道路抽出システムによって抽出された安全に避難することのできる道路であり、避難所までの最短経路である。GIS上に利用避難所、避難経路が表示されることによって、視覚的に分かりやすく空間情報を把握することができる。また、利用する避難所の詳細な情報が表示される。表示される利用避難所の情報としては、避難所の状況（利用者数、一人当たりの利用可能面積、備蓄品量）や避難所までの移動距離などである。

(2) 活用方法の検討

構築したインターフェイスを用い、本システムを実際の地域で運用するために、リスクコミュニケーションツールとしての活用可能性を検討した。その活用体系を示したものが図8である。実際に地域コミュニティでリスクコミュニケーションと行う場合には、“家庭”、“地域”、“行政”という3主体が考えられる。家庭では、「最適避難経路表示システム」を用いて、最短で避難できる避難経路を事前に把握することができる。地域では、災害時に通行できない道路などの「地域特性の把握」が行える。行政では、「避難人数制限」により各避難所の避難人数の決定が行える。また、各主体間でも、各種シナリオを用いて「要援護者対策」や「自助」、「備蓄品管理」の必要性を示すことに活用できると考えられる。このように、コミュニティ防災支援システムを用いることによって、情報の提供や共有や、自助・共助の重要性を伝えることに活用されることが期待できる。

5. おわりに

本研究では、まず、コミュニティ単位での避難行動が表現可能となったことによって、実際の避難行動に近い表現が行えるようになった。これにより、コミュニティでの要援護者対策の効果を示すことができた。また、備蓄品の管理方法や住民の意識変化が避難計画に与える影響を検証し、避難計画の改善案として効果があることが確認できた。さらに、ユーザーインターフェイスを構築したことによって、ユーザーを一般市民にまで広げることができたと思われる。これにより、リスクコミュニケーションツールとしての利用可能性を示すことができた。



図6 防災意識変更システム

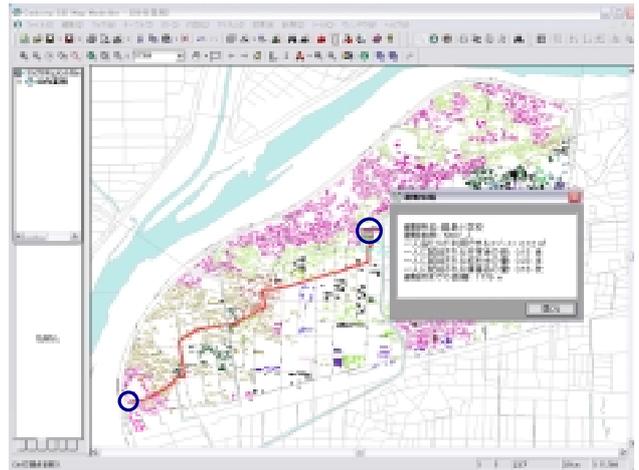


図7 最適避難経路表示システム

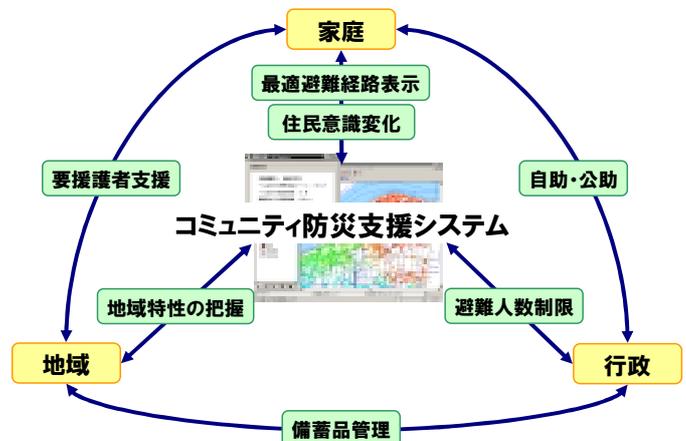


図8 リスクコミュニケーションツールとしての活用法

今後の課題としては、実際の地域でコミュニティ防災支援システムを運用し、住民の防災意識変化などの効果を確認することなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 片田敏孝, 木村秀治, 児玉真, 及川康: 災害リスク・コミュニケーションツールとしてみた洪水ハザードマップの可能性, 土木計画学研究・講演集, 2007.
- 2) 高木朗義, 廣住菜摘, 澤田基弘: 地域住民の特性を考慮した避難計画の総合評価, 環境システム論文集, Vol.34, pp.227-284, 2006.