

リスクコミュニケーションのための避難計画総合評価指標の提案*

An Integrated Evaluation Indicator in Evacuation Plan for Risk Communications*

澤田基弘**・高木朗義***・廣住菜摘****

By Motohiro SAWADA**・Akiyoshi TAKAGI***・Natsumi HIROZUMI****

1. はじめに

近年、国内においても自然災害が頻発しており、中でも地震、洪水による災害は、国内のどこでも発生しうる事象であり、人口・資産が集中する都市部においては、災害が一旦発生すると、社会的、経済的な被害は甚大なものとなる。この被害を最小化するため現在、内閣府防災担当の「避難対策に関する検討会」をはじめ、中央防災会議、国土交通省、地方自治体関係部署による被害予測、対策案が検討され、住民に対して事前にその情報を的確に伝達し、住民の災害に対する危機意識の向上、早期の安全な避難行動の開始及び事前の備え（備蓄、避難訓練等）を求めているところである。

一方、災害が発生した場合、一般的に避難命令があっても避難率は住民の2〜3割程度といわれており¹⁾、特に水害の場合は地震と比較し住民が事前に災害発生情報を把握することが可能な状況下でも実際の避難率は低いのが現状である。その要因には「避難所が遠く大変」、
「自宅の方が安全と判断」²⁾等、様々なものが挙げられている。

今後さらに安全な避難を可能にし、避難率を向上させるためには、事前対策の一つである避難計画について、真っ先に個々の問題を取り上げるのではなく、住民や地域特性の視点から避難計画について総合的に評価する必要がある。

避難計画に関する研究として、片田ら³⁾は避難にはその距離が大きな規定要因となっている傾向があるとされており、また、世帯の避難行動には性別、年齢別の明確な役割が存在し、その役割に応じた避難行動を行っている⁴⁾とされている。さらに、住民避難の適切な誘導の検討の際、避難経路については道路の危険箇所の把握や早め

の避難勧告等が有効で、避難誘導については地域コミュニティに係わる連絡体制や支援体制の整備が有効とされている²⁾。また、避難行動シミュレーションによる減災のための住民意識啓発に関する研究として、例えば中西ら⁴⁾は災害対策の事前評価等のため、Virtual Realityによって構築した仮想的な空間における避難行動を再現することにより、有効な誘導方法を得ることができるとされている。さらに山田・高木⁵⁾は避難に対する住民の選好と地域における高齢者の居住分布、避難所の性質等を考慮した洪水避難情報システムを構築し、現況の避難所よりも公平性を考慮し、効率性を高めるような避難所の配置と規模が存在する可能性を示している。また、避難計画に与える要因として避難時間・利用面積・備蓄品量の3つを取り上げている。

本研究は以上の状況を踏まえ、地震・洪水という2種の災害を対象として、住民の意思を反映した避難計画を総合的に評価する。このため、避難計画に関する総合評価指標を構築し、避難計画を定量的に評価する。その際、特に高齢者など世帯属性、住民同士のつながりなどの地域属性を考慮することで、より現実に近いと考えられる避難計画の総合的な評価を試みる。また、本総合評価指標による住民のリスクコミュニケーションへの適用可能性について提案する。

2. 避難計画総合評価指標

(1) 総合評価指標

本研究における避難計画に対する総合評価指標を、避難路・避難所の地域住民に対する適切さを評価する指標と定義する。この総合評価指標を用いることで、まず地域に潜在する避難路・避難所の脆弱性を明らかにすることが可能となる。また、判明した避難計画の脆弱性に着目した改善案の検討が可能となり、地域住民に適したソフト対策、ハード対策を住民や行政に提供することが可能となる。さらに、避難計画に関する住民の意識調査により、リスクコミュニケーションが図られ、防災意識や判断力の向上が期待される。地域における避難計画の総合評価指標を(1)式により表現する。

*キーワード：防災計画、意識調査分析、避難計画、
リスクコミュニケーション

**正員、日建設計シビル

(名古屋市中区栄4-15-32, sawada@nikken.co.jp)

***正員、博(工)、岐阜大学助教授 社会基盤工学科

(岐阜市柳戸1-1, a_takagi@cc.gifu-u.ac.jp)

****学生員、岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻
(岐阜市柳戸1-1, 13121031@guedu.cc.gifu-u.ac.jp)

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

ここで、総合評価指標 U_c は個別評価指標の水準値 x_i とその相対的重要度 λ_i の積和によって表現する ($i = 1 \dots I$: 項目数). λ_i は世帯属性 h , 地域属性 c , 時刻 t によって変化する. この指標を用いた現況の避難計画から改善案評価までの主要な手順を図-1 に示す.

なお、住民意識に基づいて避難計画を検討した事例としては、例えば山田・高木⁵⁾による避難所配置計画支援システムがある. また、市民の価値観を反映し市場財と非市場財を包括してプロジェクトの整備効果进行评估する意識評価法としては、例えば林・土井・杉山⁶⁾によるQoL (Quality of Life)及び杉山・土井ら⁷⁾によるQoT (Quality of Transport)がある.

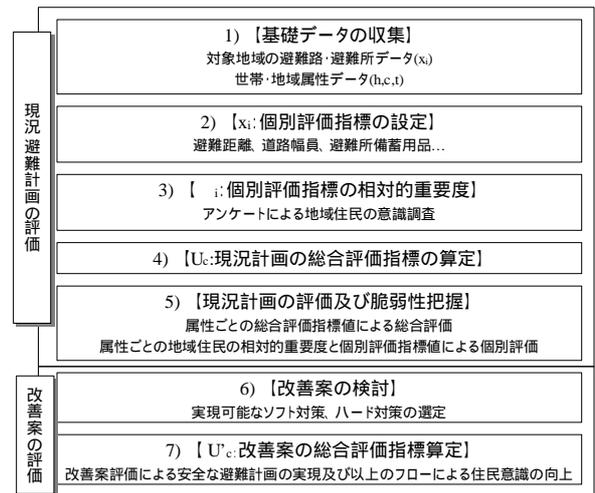


図-1 避難計画総合評価指標の算定手順

表-1 個別評価指標

| 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道路の耐久性 (地震時) | ⑬バリアフリー |
| 道路の浸水深 (洪水時) | ⑭衛生状態 |
| ⑥道路脇の危険 (地震時) | ⑮1人当たり面積 |
| 用水路の有無 (洪水時) | ⑯安否確認 |
| ⑦倒壊物 | ⑰医療設備 |
| ⑧避難所までの誘導 | |

表-2 世帯属性・地域属性

| | |
|-------------|---|
| 世帯属性 h | 世帯人数, 居住年数, 外国人, 要介護者, 高齢者, 障害者, 12歳以下, 妊婦, ペット, 防災知識, 防災意識, 防災行動, 消防団員, 水防団員, 災害ボランティア |
| 地域属性 c | 防災意識, 防災訓練, 防災組織, ボランティア組織, 施設充足度, 地域コミュニティ |

(2) 相対的重要度 λ_i と個別評価指標 x_i

相対的重要度とは、避難について住民が意識する個別評価指標間の重要度を表す尺度である. 個別評価指標とは、避難計画を評価するために必要な要因である. これらの要因は多数の既往研究調査において検討がなされており、本研究ではこれらの資料を整理して表-1 に示す個別評価指標を設定した. 個別評価指標と既存調査研究資料との関係は割愛するが詳しくは参考文献⁸⁾を参照されたい. なお、地震と洪水では避難計画が異なる. 地震時は発災までの時間が短く発災後に避難する一方で、洪水時は発災までの時間が長く発災前に避難するため、個別評価指標の一部を地震時と洪水時に区別し、全体として地震時で17指標、洪水時で16指標を設定している.

(3) 相対的重要度に関わる世帯属性 h ・地域属性 c

災害弱者を含む世帯は、距離が長くとも他者の援助が得られることを望む場合がある. しかし自力での避難が可能な世帯では避難距離が短いことを重要と考える可能性がある. また、地域コミュニティが形成されている地域では被災時にお互い協力し、円滑な避難行動が行われることが予想される. このように世帯・地域によって避難所・避難路の選択が異なり得ることがわかっている³⁾. これらを捉えるため、個別評価指標の相対的重要度に世帯・地域属性を反映させることとする. 具体的には世帯属性として高齢者や年少者などの15項目、地域属性として防災組織の有無などの6項目を設定した (表-2).

(4) 時刻 t に関わる一次避難と二次避難の区分

避難計画は時々刻々と性質が変化する. このような避難計画の時間変化を表現するために、時刻 t を避難所へ着くまでに安全であるかどうかの「一次避難」、安全を確保した後の最低限の避難所生活水準を確保可能な「二次避難」の二段階に区分し個別評価指標に対する相

表-3 時間経過に伴う避難情報ニーズの変化 (地震時)
(⁹⁾をもとに作成)

| | |
|-------|---|
| 平常時 | 自宅の安全性・避難所の位置・地域の危険性 |
| 発災～3日 | 余震情報・被災状況・安否情報・復旧情報・自宅の安全性 |
| ～1週間 | 余震情報・被災情報・安否情報 |
| ～1ヶ月 | 余震情報・被災状況・安否情報・行政の対応 (生活再建) 交通機関, 道路被害状況, 飲食物の配給・配給場所 |
| ～6ヶ月 | 生活に密着した復興関連情報 (銀行・義援金受取) |

対的重要度を推定する. また、この一次避難と二次避難において住民が必要とする情報は、時刻 t の経過に伴い刻々と変化する. 地震時の例を表-3 に示す.

3. 避難計画の定量化と総合評価

2章で示した総合評価指標による分析例を示す. アンケート実施による相対的重要度を求め、避難計画の現況と設定した改善案について総合評価による感度分析を行った.

(1) 意識調査による相対的重要度の推定

岐阜市精華地区住民と岐阜大学社会基盤工学科3年生にアンケート調査を実施し、最尤推定法により個別評価指標の相対的重要度を推定した(2006年1月, 1週間の期限で実施。500部調査票を配布, 有効回答118部(回収率23%))⁸⁾。アンケート調査は現実性が高い回答が得られ, 回答時間が短い選択型コンジョイントを採用した。コンジョイント分析は評価対象に対する選考を回答者に直接尋ね, 属性別に価値を評価することが可能なため採用した。また, 個別評価指標は多岐にわたるため, 回答数が少なく, 回答者の負担が小さい2属性で2つのプロファイルを選択する一対比較法を採用した。調査票の一部を表-4に示す。

調査結果を用いて地震時の避難計画を対象に時刻(一次避難・二次避難), 世帯属性(一般世帯・災害弱者を含む世帯・学生世帯)に分別し, 6通りの相対的重要度を求めた。この結果を一次避難, 二次避難に分けて図-2~3に示す。なお, 的中率は十分な値が得られ, t値はすべて有意水準99%を満たしている。

a) 一次避難の相対的重要度(図-2)

世帯属性に関わらず, 道路耐久性, 倒壊物, 避難路の高低差の指標を重視しており, 当該避難路ではこれらの指標への対策が世帯属性全体に有効と考えることができる。属性別の特徴としては, 災害弱者を含む世帯は移動距離の指標, 学生世帯は道路脇の危険性及び道路幅員, 移動援助システムの指標の重要度が相対的に高い。

b) 二次避難の相対的重要度(図-3)

世帯属性に関わらず, 避難所の衛生状態, 防寒具, 医療設備及び要介護者対応施設の指標を重視しており, 当該避難所ではこれらの指標への対策が世帯属性全体に有効と考えることができる。属性別の特徴としては, 災害弱者を含む世帯は安否情報及びバリアフリーの指標, 学生世帯は非常食, 飲料水の指標の重要度が相対的に高い。

(2) 総合評価と感度分析

岐阜市内地区のある世帯について図-4に示す3種類の避難計画(A~C)を設定し, 推定した個別評価指標の相対的重要度を用いて評価を行った。本論文には一般世帯の一次避難の評価結果のみを掲載し, この現況と設定した改善案についての感度分析の結果を次に示す。

避難計画評価の感度分析を行う一次避難計画の改善案(i),(ii)の内容を表-5に示す。現況の避難計画B, Cの一次避難の評価がAより劣るため(図-5), この問題点を改善するためである。なお, 対象世帯の指定避難所はBであり二次避難の評価は優れているが, この一次避難がA, Cより劣ることが分かり改善点が明確となる。この改善案の評価結果を図-6, 7に示す。改善案(i),(ii)はそれぞれ表-5に示す改善内容を基に, 個別評価指標の水準を表-6のように変化させている。なお, 水準の変化によ

表-4 地震災害時避難に対するアンケート調査票の一部

| ① | | ② | | 回答欄 |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|-----|
| 避難所までの距離 750 m | 避難所までの道は坂が多い | 避難所までの距離 1500 m | 避難所までの道は緩やかな坂 | |
| 非常食の配給 1人3日分 | 避難所の衛生状態は普通 | 非常食の配給 1人1日分 | 避難所の衛生状態はよい | |

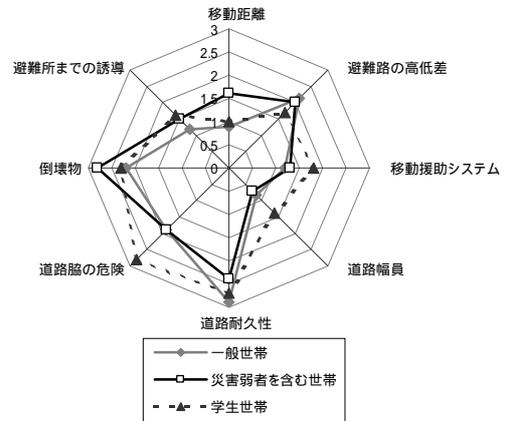


図-2 一次避難時の個別評価指標の相対的重要度

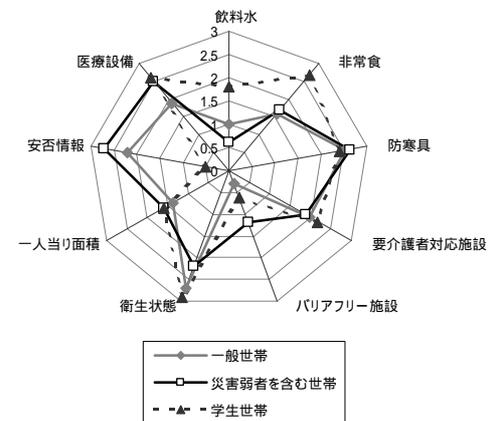


図-3 二次避難時の個別評価指標の相対的重要度

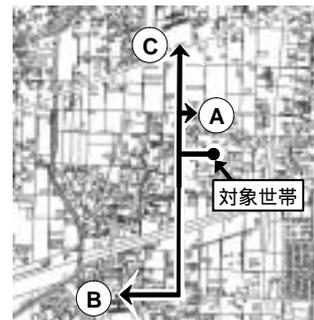


図-4 評価対象とした3種類の避難計画

表-5 一次避難計画の改善案(i), (ii)

| | 対象避難計画 | 改善内容 |
|---------|--------|--|
| 改善案(i) | B, C | ハード対策(公助): 自治体の避難路整備(道路の耐久性向上, 倒壊物減) |
| 改善案(ii) | | ソフト対策(共助): 住民による共助(道路脇危険物, 倒壊物撤去, 避難所誘導) |

て相対的重要度は変化しないものとしている。以上の改善案の評価により, 避難計画B, CはAの水準に近づくことが定量的に分かり, 住民に避難路の複数提供の可能

性を示すことが可能となる。また、表-5のように⑧、⑨はハード対策(道路整備)、ソフト対策(住民共助)それぞれの効果を検証したとみることができ、例えば改善案(i)のハード対策をすぐに実施できない場合でも、改善案(ii)のソフト対策の実施で避難計画を同等の水準まで改善していることを示すことも可能となる。

4. リスクコミュニケーションへの適用と課題

被害は予測した通り発生することは稀であり、安全、円滑に避難を実行するためには、様々な被害の事象に対して住民自身の普段の空間認知による判断力向上が重要と考える。このため現在の自治会、NPO等による避難訓練等は有効であり、さらに本総合評価指標による体系的な評価に住民が加わることがより効果的と考えられる。これにより避難計画の計画的、学習的、体験的な立案、見直しが可能となり、住民の避難に対する判断力、防災意識の向上につながると考えられる。また、総合評価において世帯属性別に大きく評価に差異がある場合などは、図-8に示す手順によりリスクコミュニケーションを適用しながら避難計画を見直すことが有効と考えられる。

5. おわりに

住民意識、地域の特性等を踏まえた避難計画の総合評価指標の枠組を示し、リスクコミュニケーションへの適用性を提案した。住民にとっては空間認知等による判断力の向上、行政側にとっては住民の意識や行動予測によるハード面、ソフト面で有効な対策の立案と評価が可能である。今後は、4章で示したリスクコミュニケーションへの適用性について実証していく必要がある。

参考文献

- 1) 仲谷善雄：大規模災害に対する減災情報システム(前編)情報処理学会誌Vol.45.No.11,pp.1164-1174,2004.
- 2) 及川康・片田敏孝ほか：洪水避難御中における世帯行動特性と世帯員の役割分担に関する研究水工学論文集第44巻2002.
- 3) 片田敏孝：高齢者の避難行動と避難御中に関する調査報告書、2000.
- 4) 中西英之ほか：市民参加による避難シミュレーションに向けて、人工知能学会誌、Vol.18, No.8,pp.599-605,2004.
- 5) 山田知寛、高木朗義：住民の視点から見た避難御中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, 325-334, 2004.
- 6) 林良嗣・土井健司・杉山郁夫：生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究、土木学会論文集No.751, pp.54-70,2004.
- 7) 杉山郁夫・土井健司ほか：歩行空間における移動の質の定量化による市民と技術者の協働設計に関する研究、土木学会論文集No.800/TV-69,37-50,2005.

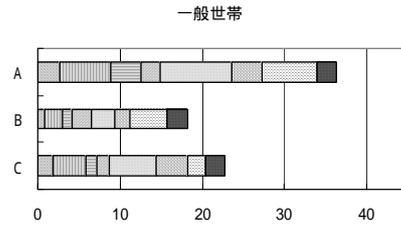


図-5 現況 一次避難計画の評価

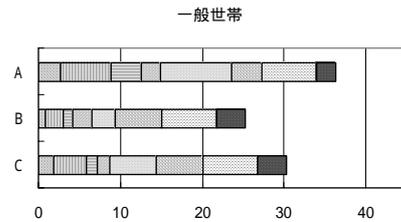


図-6 改善案(i) 一次避難計画の評価(ハード対策)

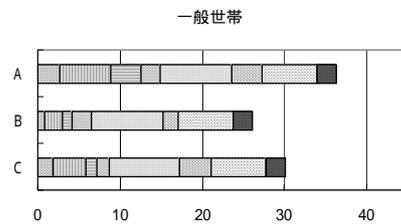


図-7 改善案(ii) 一次避難計画の評価(ソフト対策)

表-6 個別評価指標の現況水準¹⁰⁾と改善水準(一次避難)

| 個別評価指標 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
|---------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| 現況 | (A) | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| | (B) | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| | (C) | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 改善案(i) | (A) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | (B) | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| | (C) | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 改善案(ii) | (A) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | (B) | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| | (C) | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |

(対応する個別評価指標の内容は表-1参照)

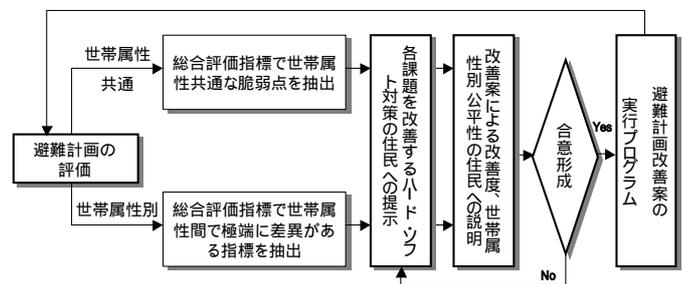


図-8 避難計画改善手順とリスクコミュニケーション

- 8) 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、環境システム研究論文集Vol.32,2006(投稿中).
- 9) 内閣府防災担当：防災情報のページ<http://www.bousai.go.jp>、中央防災会議「防災情報の共有化に関する専門調査会」(第八回)2003.
- 10) 岐阜市防災会議：岐阜市地域防災計画16年度版、2004.