

住民のリスク選好を考慮した水害時の避難経路モデルに関する考察
**Analysis of evacuation route model
based on residents' risk preferences under inundation conditions**

○馬場 千瑳・畠山 満則
○Chisa Baba・Michinori Hatayama

Climate change has recently intensified the frequency of water-related disasters and landslides. As structural measures have limitations, the importance of proactive evacuation is growing, requiring individuals to incorporate various evacuation options into their mental models. This research validated an evacuation route selection model based on weighted network Voronoi tessellation. Additionally, an analysis of risk preferences within a neighborhood association showed that residents' actions differ based on their risk tolerance, ultimately identifying four primary behavioral clusters.

1. 水害時の避難の課題

水害が日常的に発生した時代には、水害を「我がこと」として捉え、自ら対処しようという意識が根付いていた。しかし「かつての主体的な意識が薄らぎ、『水害は施設整備によって防止するもの』へと変化してきた」ことが指摘されている。河川改修が進んだことによって、人的被害は着実に減少してきているが、近年、気候変動の影響により、台風の巨大化と集中豪雨に伴う水害や土砂災害が激甚化・頻発化しており、施設の能力を超えるような洪水の発生頻度が高まると予想されている。これらを踏まえ、改めて「自らの命は自らが守る」という主体的な避難の重要性が高まっている。

また 2009 年の兵庫県佐用町を中心とした豪雨災害では、指定避難所を目指した避難行動により、避難中の犠牲者が多数生じ、「指定避難所に立ち退き避難する」行動が必ずしも安全ではないということが指摘された。平成 25 年には災害対策基本法が改定され、避難とは「立ち退き避難」だけでなく、「屋内安全確保」も含む言葉として表現されるようになった。しかし避難訓練は「指定避難所に立ち退き避難する」シナリオで実施されることも多く、このような訓練が繰り返されることで、実際の洪水時にも状況を考慮せず、訓練通りの避難行動が行われる可能性が考えられる。これらを踏まえ、本稿では、想定される危険箇所を回避する避難所・避難経路の選択肢を事前に備えるため、重み付きネットワークボロノイ分割を用いた分析手法を提案する。また滋賀県彦根市の上後三条町自治会を対象にアンケート調査、分析を行い、住

民の意向を踏まえた避難行動について考察する。

2. 避難行動の形成と目的

人はこれまでの経験や知識からメンタルモデルを構築し、これに従って行動すると言われている。避難行動においても、避難メンタルモデルの形成が避難の意思決定に影響を与えることが指摘されており、川島ら(2006)は避難メンタルモデル内部に、状況を考慮した複数の代替案が備わっていることの必要性を唱えている。また行動経済学の分野では、人の意思決定に関わる嗜好として、リスク選好や時間選好、社会選好が研究されている。特にリスク選好には「リスク回避型」「リスク中立型」「リスク愛好型」があり、各人の選好によって避難時の移動距離を優先するか安全性を優先するか等の意思決定に違いが生じると考えられる。

このように、各人の経験や知識に基づくリスクの認知、リスク選好も踏まえた意思決定によって選択されることが望ましい避難行動が、避難訓練に倣った行動によって塗り替えられ、選択肢が狭まっていることが懸念される。日常的に使用する道や訓練通りの経路を使用することは、迷わずにたどり着くことはできるが、避難中に遭難する可能性については十分に考慮されているとは言い難い。つまり、メンタルモデルに基づき、本来各々の意思決定で決まるはずの避難所・避難経路等の選択が、避難訓練によって固定化されてしまう可能性がある。さらにタイミング・状況に關係なく訓練通りの行動になることで、佐用町のような事例が再発する可能性があると考えられる。

のことから、本研究では、各人のメンタルモデルの中に、避難経路に応じた複数の避難の選択肢が備わることを目的に掲げる。そして本稿では、提案モデルの構築と検証、上後三条町自治会を対象としたアンケート調査やワークショップの実施から、考察を行う。

3. 分析と検証

一般的に、降雨の時間や強度が増すにつれ、河川の水位は高く、浸水深はより深くなることで避難は困難になり、冠水した道を利用することによって人命を落とす可能性は高くなると考えられる。このことから、時間に伴って変化する浸水や氾濫による人命に関わる危険性を「リスク」として、時間変化に伴う避難経路について考察する。リスクを考慮した避難については、前述の通り、河川や浸水箇所に接近することが人命に関わると考えられることから、これらを重みとしたネットワークボロノイ分割を行う。

道路ネットワークと最大浸水深データ、水涯線データを重ね合わせ、リンクごとに河川を横断するか否かとリンクの最大浸水深を取得する。更に最大浸水深の程度によって、リンクの長さに異なる重みをかけ、最大浸水深が大きくなるほどリンクの長さが長くなるようにする。最大浸水深を反映したリンク評価値（重み付き距離）WL の計算式は以下の通りである。

$$WL = \text{リンクの長さ}(m) * \text{リスク係数}$$

例えば、河川を横断する 1.0m のリンクにリスク係数を 100 付与することは、河川を横断するよりも、100m 長いが他の経路を選択する方が想定リスクを回避する、ということを意味する。リスク係数を変化させることは、状況によって変化するリンクごとのリスクを反映し、遭難する可能性の高い場所を任意の重みで回避する避難経路を算出するモデルとなっている。

例えば図 1 は彦根市全体を分析した一部拡大した図である。全体としては、100 年確率の場合と比べ、10 年確率の場合は近くの小学校へ避難をすることができ、200 年確率の場合には本来の小学校区より遠くなるが、最大浸水深ができるだけ浅い経路や水路を避けた経路を選択して、避難を行う場所が多くなる傾向となった。左図が示す 10 年確率の場合には、水涯線を避ける傾向が表れているが、右図が示す 100 年確率の場合は浸水する範



図 1. リスクを考慮したネットワークボロノイ分割の結果 (左:10 年確率, 右:100 年確率)

囲、大きさが変化したことで浸水を避けるような傾向が見られる。今回分析した時間変化は、浸水深の変化によって、あるリンクの重みが変わることを反映したものであるため、河川・水涯線と重なる部分の重みが変化していない点が結果に影響していると考えられる。実際には、河川を横断するリンクの重みも、各人の意向が反映されることで状況に応じて変化することになる。

4. リスク選好の調査とワークショップの実施

上記の通り、各経路や状況に対してどの程度リスクを感じるかは、人によって異なるものである。そのことから、上後三条町自治会にて、リスク選好に関連したアンケートを実施した。その結果、同じ自治会内であっても、避難に対する意向は様々であり、リスクの回避を優先する方もいる一方で、既存の避難所配置では実現が困難なパターンや、偏った選好の方が存在することも明らかとなつた。またクラスター分析を行った結果、慎重に行動する型や状況に応じて判断を変える型等の 4 つのクラスターに分けられた。

さらに、これらの結果を踏まえ、水害時の避難行動を考えるワークショップを実施した。33 名の方が参加し、過去の事例や地形的特徴等の知見が継承された。また上記のような選好が異なる場合の結果や代替案を可視化し、具体的な行動を示した上で、住民間の意見交換の時間を設けた。これにより、分析結果が示す様々な避難行動を参考にした、新たな代替案や更なる懸念点等の議論が生じており、結果のフィードバックとワークショップが改めてより具体的な避難行動を考えるきっかけになったと考えられる。