

大規模水害時を想定した避難者配分計画に関する研究

愛知工業大学 学生会員 ○原田 明日香
愛知工業大学 正会員 小池 則満

1. はじめに

大規模水害に備えて避難所を確保することは重要な防災対策と考えられるが、行政の避難所だけでは収容能力の不足が懸念される。解決策として大規模集客施設等の民間施設の活用などが考えられるが、立地の偏りや災害リスクについて、検討する必要がある。

そこで本研究では、線形計画法のうちのひとつである輸送問題を用いて地域の避難所の配置状況と住民の避難先の配分を考え、よりリスクが少なく、多数が避難できる避難者配分計画を考えるとともに、民間施設を活用した場合の効果について検討することを目的とする。

2. 調査方法

対象地区に対して避難の出発地と避難先を設定し、それに至るまでの移動リスクを最小化させる形で定式化する。移動リスクには、距離、想定浸水深、河川の有無などが考えられる。例えば図-1のS1からの避難を考えるとき避難先の候補としてD1, D2が考えられるが、浸水エリアの通過を考えれば、距離の近いD2よりD1の方が望ましいかもしれない。また、近道であっても河川を渡らなくてはならないときは心理的・物理的にも抵抗がある、このように洪水を想定した避難行動は単純に距離だけで論ずるべきではなく、想定される河川の氾濫や浸水深に基づいた避難計画を立てなければならない。

避難の出発地*i*の人口を a_i 、避難所*j*の容量を b_j 、*i*から*j*への移動リスクを c_{ij} 、移動人数を x_{ij} とする。このとき、移動リスクの総和は式(1)のように求められ、これを最小化するような避難先を住民が選択できる避難計画を考える。それに対して、式(2)が総人口をそれぞれ示す、式(3)はそれぞれ示す避難先の容量、式(4)が需給バランスをとるために住民の総和と収容能力の総和を一致させるための条件式である。また、移動リスクに関しては式(5)のように避難経路における浸水深ごとの距離 d に浸水深に応じた係数 e_k をつけ、その合計に河川の有無を示すダミー f を加算する。係数は浸水深 0.5m 未満の場合、通常通りに歩行可能と想定し、1.5 とした。0.5m以上で 1m 未満の場合は歩行可能であるが通常よりも困難であると判断し、3.0、1m 以上 2m 未満の場合は通常よりもかなり困難と判断し、5.0、2m 以上の場合は歩行不可能と判断し、係数を 100.0 とした。式(6)は非負条件である。

3. 計算事例

(1) 対象地域

先述の計算モデルを愛知県名古屋市西区へと適用する。本研究では図-2に示す通り、名古屋市西区の19ある小学校区のうちの10の小学校区を取り上げ、そのうちの河川の北側にある2つの小学校区と河川の南側にある3つの小学校区からそれぞれの代表地点を避難の開始地点として設定し、同様に避難先も河川の北側から

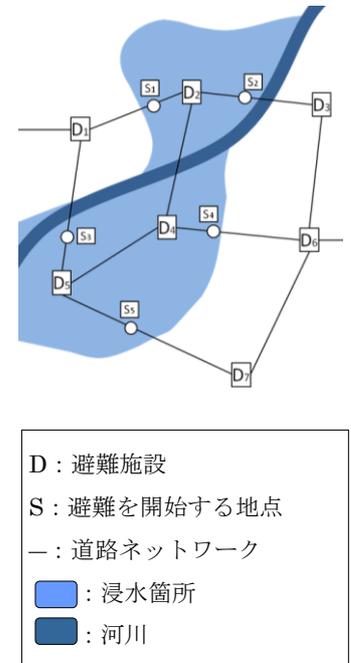


図-1 被害想定図

$$\min. Z = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \tag{1}$$

$$\sum_j x_{ij} = a_i (i = 1, 2, \dots, m) \tag{2}$$

$$\sum_i x_{ij} = b_j (j = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j \tag{4}$$

$$c = \sum_k e_k d + f \tag{5}$$

$$x_{ij} \geq 0 \tag{6}$$

キーワード 水害, 避難

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL0562-48-8121

2つの小学校区, 南側から3つの小学校区から避難先になる施設をそれぞれ設定した. 大規模集客施設である m が対象地域の木炭に位置している.

それぞれの避難開始地点から避難先までのルートを設定し, 距離を算出した. 避難所の収容能力が不足しているためダミーの避難所として D6 を用意した. 最適計算については, エクセルのソルバー機能を用いた. ¹⁾

(2) 結果

計算した配分の結果を表-1 から表-6 に示す.

距離のみを考慮した表-1 と河川の有無を考慮した表-2 では配分に変化はないが, 浸水係数を付けた表-3 では D5 への配分が S4 からとなっていたものが, S3 からとなっている. これは浸水リスクの影響を受けた結果であると考えられる.

大規模集客施設 m への避難を想定した表-4 から表-6 では, ダミーの場合では D2 に配分されていた人数が 0 になっている. これは S1 から D2 へ行くよりも単純に距離が近いためである. 表-5, 表-6 で配分がないが, これは, 途中に川を横断する必要があることと, 移動経路の浸水深が D2 へ行くときよりも m へ向かう時の方が浅いため同様の結果になったと考えられる. また浸水係数を追加した表-6 では D1 への配分が S1 からではなく S3 から, D3 への配分が S4 からではなく S5 からとなっている. これは全体のリスクを考えたとき, 最寄りの避難所へ行くよりもリスクが小さくなるからだと考えられる.

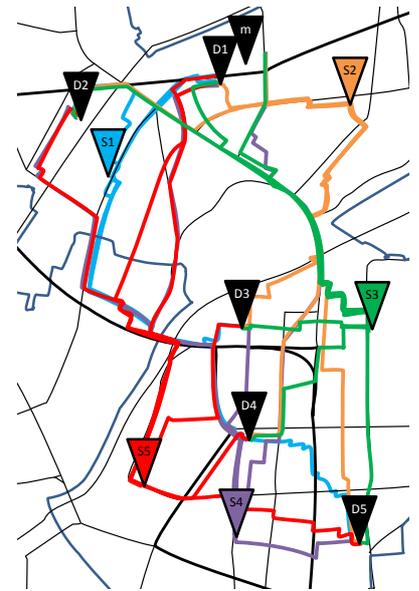


図-2 対象地域の避難経路図

表-1 避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	合計	人口
S1	922	532	0	0	0	9746	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	0	0	757	0	0	11645	12402	12402
S4	0	0	0	1174	361	3284	4819	4819
S5	0	0	0	0	0	7472	7472	7472
合計	922	532	757	1174	361	42465		
容量	922	532	757	1174	361	42465		

表-2 避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離, 河川の有無)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	合計	人口
S1	922	532	0	0	0	9746	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	0	0	757	0	0	11645	12402	12402
S4	0	0	0	1174	361	3284	4819	4819
S5	0	0	0	0	0	7472	7472	7472
合計	922	532	757	1174	361	42465		
容量	922	532	757	1174	361	42465		

表-3 避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離, 浸水係数, 河川の有無)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	合計	人口
S1	922	532	0	0	0	9746	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	0	0	757	0	361	11284	12402	12402
S4	0	0	0	1174	0	3645	4819	4819
S5	0	0	0	0	0	7472	7472	7472
合計	922	532	757	1174	361	42465		
容量	922	532	757	1174	361	42465		

表-4 m を利用した場合の避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離)

	D1	D2	D3	D4	D5	m	合計	人口
S1	922	0	0	0	0	10278	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	0	0	0	0	0	12402	12402	12402
S4	0	0	757	1174	361	2527	4819	4819
S5	0	0	0	0	0	7472	7472	7472
合計	922	0	757	1174	361	42997		
容量	922	532	757	1174	361	89025		

表-5 m を利用した場合の避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離, 河川の有無)

	D1	D2	D3	D4	D5	m	合計	人口
S1	922	0	0	0	0	10278	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	0	0	0	0	0	12402	12402	12402
S4	0	0	757	1174	361	2527	4819	4819
S5	0	0	0	0	0	7472	7472	7472
合計	922	0	757	1174	361	42997		
容量	922	532	757	1174	361	89025		

表-6 m を利用した場合の避難開始地点から避難先への避難者の配分結果 (人) (距離, 浸水係数, 河川の有無)

	D1	D2	D3	D4	D5	m	合計	人口
S1	0	0	0	0	0	11200	11200	11200
S2	0	0	0	0	0	10318	10318	10318
S3	922	0	0	0	0	11480	12402	12402
S4	0	0	0	1174	361	3284	4819	4819
S5	0	0	757	0	0	6715	7472	7472
合計	922	0	757	1174	361	42997		
容量	922	532	757	1174	361	89025		

4. まとめと今後の課題

本研究では, 大規模水害時に際しての避難開始地点から避難先への距離や浸水深, 河川の有無を移動リスクとして避難者の配分を行った. 今回名古屋市西区を取り上げたが, 他の複数の地域にも適用し, 地域の地形や特徴が反映された避難計画について検討したいと考えている.

参考文献

1) 大野勝久, 田村隆善, 伊藤崇博: Excel によるシステム最適化, pp.7, 57-107, コロナ社, 2001.