

II-64 水害想定時の避難に関するシミュレーション研究

名古屋工業大学 正員 長尾正志、 学生員 中川 厚、 玉野総合コンサルタント 村雲由喜

1. 研究の概要

名古屋市南部は濃尾臨海低平地に属し、度重なる水害の被災を受けている。とくに最近では、都市化の進展に伴って集中豪雨による内水害が頻発している。本研究は、こうした水害の危険性を内包している名古屋市中川区の水害想定時の避難計画に基づいて、住民の水害避難所への避難行動をシミュレーション解析で分析し、問題点の指摘と考察を行ったものである。

2. 対象地域の特徴

名古屋市中川区は、市の西部に位置し、区内には庄内川、中川運河など多くの河川、運河を有する。区域の広さは32.4km²、人口は19.3万人、世帯数60.6千世帯、したがって人口密度5.96千人/km²、3.18人/世帯(昭和59年現在)で、住宅を主とし、他に若干の工業・商業が含まれる地域である。昭和35~53年の間で、床上浸水約1.2千戸、床下浸水約3.8千戸、あわせて年平均約2.3千戸の浸水被害が出ている。こうした水害に対処するべく避難所が設置されている。現状では、一時避難所が78ヶ所(名古屋市全体で650ヶ所)、収容人員は、約7.26千人(同730.7千人)、収容率は37.9%(同35.0%)である。

3. 避難行動のシミュレーションの基礎条件

(a) ブロック分割・地域分割 区全体を一括して扱うには広すぎるので、区内を9つのブロックに分割した。この分割には避難に際して大きな河川を渡らないこと、できるだけ近くの指定避難所へ行くように、しかもブロック外への避難はないとした。

さらに、計算機の処理能力との関係から、ブロックを町区分の基本的な単位とした幾つかの地域に細分した。したがって、住民の避難行動はこの地域範囲内では一括して計算を行う。

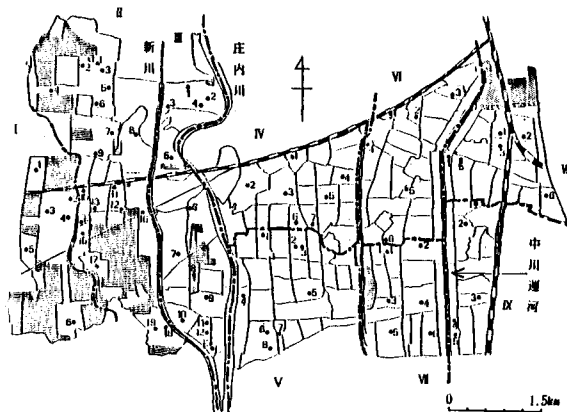


図-1 ブロック分割、地域分割と水害避難所

図-1は、ブロック分割(一点鎖線)、地域分割(実線)、水害避難所(黒丸)とその区内番号を示す。図中の横線部は、田畑または空地など住民の居住していない場所、あるいは計算対象外とした区域である。

(b) 避難人数の想定 避難では、RC高層住宅の住民などは直接避難に関与しないので、避難人数を次式で想定した。 $u_i^* = (u_i - w_i) \times 0.77$ (1) ここに、 u_i : i地域の総人口、 w_i : i地域の高層2階以上の住民数、なお、0.77は57年のアンケート調査で平屋で指定避難所へ避難する回答比率である。

(c) 中川区の標高 航空写真による標高点から標高分布図を作成し、標高ごとの面積比を作成している。たとえば、海拔0m以下の面積比は68.9%である。これより避難における浸水位を設定するが、0m以上では避難行動そのものが困難と考え、ここでは標高0mの浸水のみを対象としている。

4. 避難住民の最適配分

ブロック内の地域数をm、避難所数をn、地域iから避難所jへ避難する際の避難距離を c_{ij} 、避難人数を x_{ij} とする。ブロック内の一人当たりの避難距離 $F(x_{ij})$ は、ブロック内の総避難人数をNとして、

$$F(x_{ij}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot c_{ij} / N \quad (2) \quad \text{であり、これを目的関数として、式(3)、(4)の制約条件の下での最小化をLPで計算する。}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = u_i^* \quad (3)、 \quad 0 \leq \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq k \cdot v_j \quad (v_j: j避難所の定員、k: 収容倍率) \quad (4)$$

浸水のない場合とある場合の計算結果を表-1に示す。ただし c_{ij} は、浸水のない場合は避難所までの最短距離を地図上で計測し、浸水のある場合は、浸水のない経路か最も浸水の浅い経路を選んで、距離を表現している。

表-1 最適化配分をした際の一人当りの避難距離 (m)

ブロック	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	平均
浸水ナシ	874	687	492	593	723	766	533	467	406	640
浸水アリ	1219	800	513	—	723	—	653	—	412	683

5. 避難情報の伝達モデル

情報伝達の定式化には、以下の確率モデルを採用している。

$$dP/dt = (1-P)\sum_{j=1}^k (-1)^{j-1} F_j, \quad F_1 = \sum_{i=1}^k \beta_i, \quad F_2 = \sum_{1 \leq i < j \leq k} \beta_i \times \beta_j \quad (5)$$

P: 情報を知っている人の割合、 β_j : 単位時間当りの情報接触者数、k: 情報伝達の数、ここでは、伝達手段として ①広報車 ②テレビ・ラジオ ③電話・くちコミ の3種を選んだ。したがって式(5)の解である式(6)を伝達モデルとした。ただし、③では $\beta_1 = \alpha P$ と仮定し、 $\beta = \beta_1 + \beta_2 - \beta_1 \cdot \beta_2$ である。

$$P = \beta \{ \exp \{ (\alpha + \beta - \alpha \beta) t \} - 1 \} / \{ \alpha (1 - \beta) + \beta \exp \{ (\alpha + \beta - \alpha \beta) t \} \} \quad (6)$$

ここで、 α : 電話・くちコミによる伝達率、 β_1 : テレビ・ラジオの視聴率、 β_2 : 広報車による広報率

6. 避難行動のシミュレーション

以上により、避難勧告が発令されてから、ある単位時間ごとに避難所に到着する人数や避難者の比率などをコンピュータでシミュレートした。主な設定条件は以下のようである。

- (a) 避難経路は4.と同じとする。(b) 避難先は最適化配分によって配分された避難所とする。(c) 避難は情報伝達モデルに従い、避難勧告を知った時点から始める。(d) 避難はすべて徒歩とし、歩行速度は浸水のない時は60m/s、浸水のある時は、40m/sとする。(e) (6)式中の定数には、伊豆大島近海地震の余震デマ情報の伝達時の推定値やTVの視聴率の調査などから、表-2の値とする。(f) 避難時刻は午後6時、住民は全員在宅とする。

表-2 避難情報伝達の定数

パラメータ	α	β_1 (視聴率)	β_2 (広報率)
浸水なし	0.305	0.552	0.07
浸水あり	0.305	0.779	0.04

7. シミュレーション結果とその考察

図-2にブロックIでの避難の進行状況のシミュレーションを示す。ただし実線、破線は浸水のない場合、ある場合である。このように浸水があれば避難はかなり遅れてくる。実用的な避難完了という意味から、避難勧告の発令から避難総数が99.5%を越す、あるいは避難者がなくなるまでの時間を完了時間とし、5分単位で計算したブロックごとの値を表-3に示す。表-2、3より総合して、以下の結論がえられる。

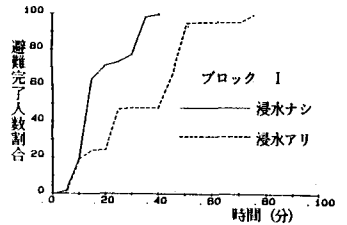


図-2 避難の進行状況のシミュレーション

表-3 ブロックごとの避難完了時間

ブロック	避難完了時間(分)	
	浸水なし	浸水あり
I	40	75
II	40	60
III	30	35
IV	25	—
V	30	40
VI	45	—
VII	25	50
VIII	20	—
IX	20	35
平均	31	41

(a) 避難距離 浸水のない場合、一人当りの避難距離はブロックI、V、VIが、他より長い。浸水の影響の最も大きいのはIで、345mも長くなる。IIIでも100m以上長くなる。III、V、IXではほとんど影響がないし、IV、VI、VIIでは浸水は起こらない。

(b) 避難時間 浸水のない場合、完了時間はブロックVIII、IXで20分が最短、VIの45分が最長である。浸水のある場合、Iで75分、IIで60分とかなり長く、VIIでも50分を要する。これらのブロックではそれぞれ浸水のない場合より35、20、25分も長くなり、浸水の影響を大きく受ける。たとえば、浸水の影響のないIV、VI、VIIIを除外した平均では、浸水なしで31分、浸水ありで47分であるので、浸水の恐れのある地域では、平均して16分も避難時間が長くなり、危険も増すことになる。

なお、以上の計算では、準備時間、途中での混雑による遅滞、避難住民の偶発性などが入っていないために、現実の避難では、これよりさらに長時間を要すると考えられ、今後これらを勘案していく予定である。