

避難過程の危険度を考慮した避難所最適配置に関する研究

山口大学大学院 正会員 麻生 稔彦

山口大学大学院 学生員 ○森下 和久

リョーセンエンジニアズ 正会員 松本 頼一

1.はじめに

近年、日本では自然災害による災害が増加している。災害時に人命を守ることは最優先事項であり、そのために政府、地方自治体により避難所が定められている。しかし、避難所の利便性、特に避難行動との関連について検討された例は少ない。そこで本研究は、ネットワークモデルを用いた避難行動解析により、避難者の挙動を予測し、この避難行動解析結果をもとに、避難所の最適配置について検討する。

2.解析手法

本研究では、広域かつ多人数の避難行動を解析するため、ネットワークモデルを用いて避難行動シミュレーションを行う。また、避難所の最適配置の検討には、遺伝的アルゴリズム(以下 GA)を用いる。GA は図-1 に示すように行い、設定した評価関数によって避難所の最適な配置を算出する。本研究では、まず次に示す評価関数を設定した。これを、避難平均時間を最小とする最適配置指標とする。

$$E_a = \frac{\sum_{h=1}^n t_h}{n} \quad (1) \quad \begin{array}{l} E_a : \text{避難世帯の平均避難時間} \\ n : \text{避難世帯数} \\ t_h : h \text{番目の世帯が避難に要した時間}(s) \end{array}$$

しかし、避難時間のみを考慮した場合には、被災時の避難経路を考慮していないため、避難者の安全は確保できない。そのため、避難経路の通過の容易さを評価関数とした指標を設定する。これを、本研究では危険度と呼ぶ。本研究において、この危険度は、浸水危険度 D_i 、避難危険度 D_d 、高潮危険度 D_f の3要素で構成する。この危険度を各ノードに設定し、避難者が、ノードを通過するごとに、設定された危険度を得るものとする。この操作を繰り返し、得られた危険度の総計が最も少なかった配置を最適配置とする。以下に各危険度の算出式を示す。

・浸水危険度 D_i : 平成2年以降の地域浸水面積の割合により、浸水の程度を評価する

$$D_i = \frac{D_{fa}}{T_a} \quad (2) \quad \text{ここで、} D_{fa} : \text{地域別浸水面積}(m^2) \quad T_a : \text{地域面積}(m^2)$$

・高潮危険度 D_f : 重要水防箇所と指定されている河川、海面における氾濫、高潮の危険性を評価する

・避難危険度 D_d : 解析地域の丁区域ごとの人口密度によって、避難者の避難の容易さを評価する

$$\begin{aligned} D_d &= 0 \cdots D_p - D_a < 0 \\ D_d &= \frac{D_p - D_a}{D_{p \max}} \cdots D_p - D_a > 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 D_p : 地域別人口密度(人/ km^2)、 D_a : 解析地域の平均人口密度(人/ km^2)、 $D_{p \max}$: (地域別人口密度－解析地域の平均人口密度)(人/ km^2)を指している。

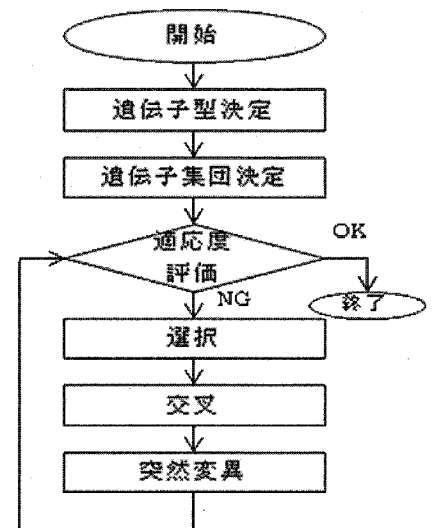


図-1 GA 流れ図

これらの危険度評価を、丁目ごとに算出し、総和することで、安全な地域とそうでない地域を数値化して示す。このような評価を行うことで、危険度総和の低い地域は安全な避難経路、総和の高い地域は安全でない避難経路と定義し、安全な避難経路の使用かつ、早急な避難を行うことが可能となる避難所を探索した。

3.解析結果

避難所の最適配置は、宇部市での緊急の一斉避難を要する水害を想定した。図-2は、解析地域のネットワークモデルであり、大きな点で表される11箇所が指定避難所である。解析地域には約15000人の住民が存在するが、避難の際には家族行動を行い、グループ化が予想されるため、避難グループを1000グループ、避難速度を1.0m/sとして、最も近い避難所に避難を行うとする。図-2(b)は経過時間別避難率である。90%の避難グループが避難所に到着する避難完了時間は17分53秒であるのに対し、最後の避難グループが避難所に到着した避難時間は27分21秒となった。次に、避難平均時間が最小となる最適配置の解析を行った結果、図-3(a)のような配置が得られた。

このとき、時間別避難率は、図-3(b)のように示され、90%避難完了時間は15分であり、20分37秒で全グループの避難が完了した。また、危険度を評価関数とした場合の最適配置の解析より、避難所配置は図-4(a)と、時間別避難率は図-4(b)のように、90%避難完了時間は18分53秒、避難完了時間は28分37秒となった。

4.考察

危険度を考慮した配置は、他の解析より避難時間が長くなった。これは、危険度の高い地域付近に避難所が配置されたためである。今回対象とした地域は、主に海辺、川辺である左側地域で危険度が高い。避難グループが持つ危険度の総和を低下させるため、危険度の高い地域付近に避難所を多く配置することで、避難グループの避難距離が短縮された。しかし、危険度の低い地域においては、避難距離が長くなっても、避難所の数が危険度の総和に影響を及ぼすことはあまり考えられない。そのため、避難所の数が危険度の高い地域よりも少なくなり、この地域の避難グループが避難所にたどり着くまでの避難時間が長くなる。今回の研究において、避難時間の短い避難所が地域にとって最も望まれる避難所であるが、危険度の評価関数を導入することで、より安全に配慮した避難所の配置を示すことが可能と考えられる。

5.まとめ

本研究では、避難者の避難予測を示すことが可能となり、評価関数を用いて最適配置を行った。今回提案した危険度の評価関数により、避難時間の短縮だけでなく、避難経路の安全性を考慮した避難所の配置を行うことができる。

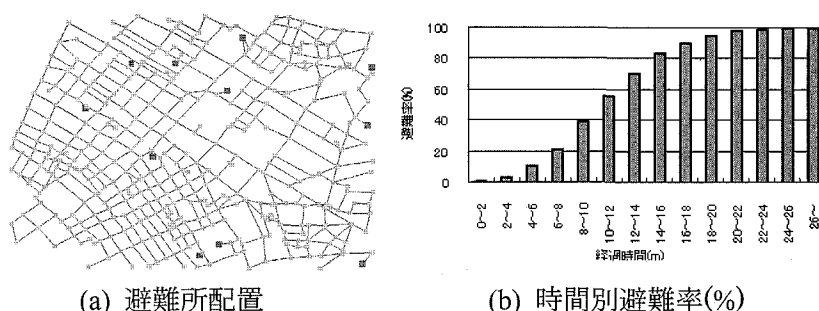


図-2 指定避難所

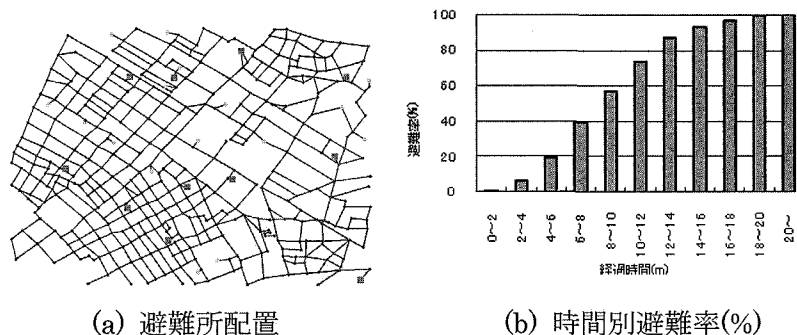


図-3 避難平均時間が最小となる配置

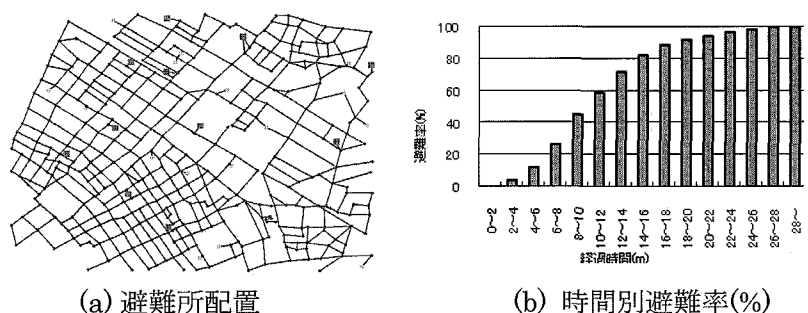


図-4 危険度が最小となる配置