

シミュレーションによる避難路の選定と避難所要時間の算出に関する研究

名城大学 学生 佐藤智則 松本 昇 各務 繁
名城大学 正員 高橋政稔 松本幸正 栗本 譲

1. はじめに

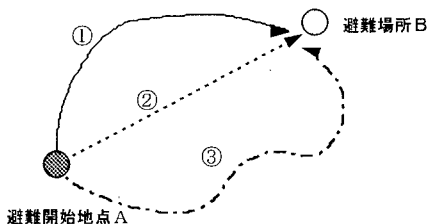
日本の都市社会に甚大な被害を与え五千余人の命を奪った戦後最悪の惨禍、兵庫県南部地震（阪神大震災）をはじめ、近年我が国では、従来の横揺れのプレート型に加えて縦揺れの内陸部の直下型（震源地が近く浅い）の震度6～7（マグニチュード7.5）クラスの地震が頻発するようになり、耐震基準のない縦揺れに襲われた建設物の多くが倒壊、破壊をした。

現代社会の様々な要求に応え、その快適性はおおいに発展したが、その反面、ひとたび都市社会で災害が発生するとそのもろさを露呈しさらには火災などの二次的な災害も増大している。

本研究は特に直下型、震度7の地震が発生した場合に、住民を指定された避難場所へ避難させるため、避難路の選定と避難場所までの所要時間の算出という2つの事柄から、最適避難経路の選定とその経路の所要時間を求めることを目的としている。

2. 避難経路の選定について

住民が避難を開始する際に安全に避難場所にたどり着けるであろう経路（避難経路）を考えるが、その経路は必ずしも安全ではなく多くの障害物や危険が潜んでいる可能性がある。本研究では、その経路の途中に存在する障害物などの“危なさ”を危険度という概念を設けて、避難開始地点から避難場所までのいくつか考えられる避難経路の中から最も危険度の低い、つまり、安全性の最も高いルートを経路として選定することにした。



（図-1） 避難経路の設定のイメージ

例えばAからBに避難をする際に経路が①～③の3通りあったとすると、①～③のそれぞれについて危険度を求めてその中の最も危険度の低いものを最適避難経路として選定する。

※危険度の設定は（表-1）の通りである。尚、設定方法については、過去の地震災害の主な被害状況などを元にして作成した。

（表-1） 危険度の設定

危険度	内 容	例
1	避難者の移動の妨げになるもの	盛土、駐車車両、自動販売機、鉄道、地下鉄
2	避難者の移動の妨げにもなり生命の危険の恐れのあるもの	看板、電柱、鉄塔、土砂崩れ、ガソリンスタンド、橋梁
3	避難者の移動の妨げにもなり生命にも関わるもの	ブロック塀、電線、瓦屋根
4	避難者の生命に関わるもの	高層ビル、工場、飲食店

※ガソリンスタンドについては阪神大震災の際に被害がなかったことから危険度を2に設定した。

$$\text{※} \left(\begin{array}{c} 1 \\ \text{危険度弱} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} 4 \\ \text{危険度強} \end{array} \right)$$

②と③に関して③は確実に生命の危険にさらされる障害物であり、②よりも可能性の面で危険だと判断されるものである。

危険度の設定は、もし地震直後（避難前）に倒壊してその後絶対に動くことがないものなら生命の危険はないものと判断した。

（表-2） 危険度を固定できないと思われるもの

<河 川>

危険度	内 容
1	幅 5m未満、水深60cm以下
2	幅 10m未満、水深 1m以下
4	幅 10m以上、水深 1m以上

<落 石>

危険度	内 容
2	0.5m以下で幅員の30%以下占める恐れのある場合
3	1m以下で幅員の50%以下占める恐れのある場合
4	1m以下で幅員の50%以上占める恐れのある場合

<木 造>

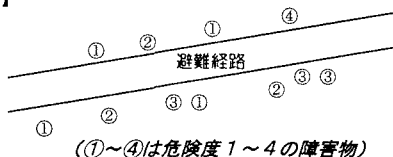
危険度	内 容
2	延長に対して30%以下混入している場合
3	延長に対して50%以下混入している場合
4	延長に対して50%以上混入している場合

以上のように設定するものとする。

(表-3) 以上の設定方法をふまえて、各経路の危険度を求めるが、ある経路のある段階の危険度は各段階に設けた危険物のWeightとその経路にある同段階の危険物の数を乗したもので表すものとする。尚、各段階のWeightは(表-3)の通りである。経路全体の危険度は各段階の危険度の和で求められる。

危険度	Weight
1	1
2	2
3	3
4	4

【例】



(図-2)

例えば(図-2)のような避難経路があったとすると下の(表-4)のことが読み取ることが出来る。

(表-4)

危険度	Weight	障害物の数	各段階の危険度
1	1	4	1×4= 4
2	2	3	2×3= 6
3	3	3	3×3= 9
4	4	1	4×1= 4
Σ			23

※各段階の危険度=Weight × 数

よって、この経路の危険度は「23」であることにする。このようにして各経路の危険度を求め、その中の最も危険度の低いものを最適避難経路と選定する。

3. 避難場所までの所要時間の算出について

2. で選定した最適避難経路で避難を行う際にかかる時間をコンピューターのプログラムを用いて求める。その際の条件を(表-5)に列挙する。

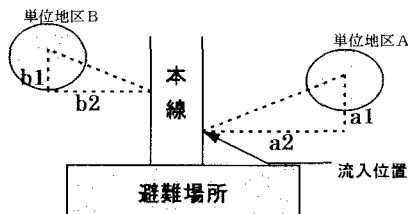
(表-5) 所要時間算出の際の条件

- ① 避難完了時間は住民が各单位地区(学区全体を1つ1つの地域に分割された地区)を出発してからすべての住民が避難場所に流入し終わるまでの時間をいう。
- ② 住民の移動は各单位地区の中央地点から開始するものとする。
- ③ 避難者は開始地点に逆戻りしないものとし、導入ルートの方線長は、開始地点と流入位置を結んだ線を斜辺とする直角三角形の残りの2辺の和とする。
- ④ 歩行速度には、 $V=34$ (m/min)を使用する。
- ⑤ 避難路の人口密度には、 $k=3.36$ (人/m²)を使用する。

※ ④、⑤は、速度式 $V=1.32\log(9.16/k)$ 「避難誘導システムの開発に関する調査研究」(名古屋市防災会議)より移動量が最も多くなる場合の値である。

○導入路線について

2で選定された最適避難経路は避難所要時間を求める際に避難経路本線として扱うものとする。



(図-3) 避難経路

(図-3)のように各单位地区(図の場合はA、B)の避難開始地点から最適避難経路まで出て、本線を通じて避難場所へ避難活動をするが、計算の簡略化のために各单位地区のすべての人口は、その単位地区の中心点から避難を開始する。各单位地区の流入位置と中心地点を結びそれを斜辺とする直角三角形を描き、残りの2辺の和を各单位地区から本線への流入位置の距離(つまり導入路線長)とする。よって単位地区Aの導入路線長は $a1+a2$ となる

○避難開始の順番について

各单位地区からの避難開始の順番については、避難開始地点から避難場所までの距離が最も短い単位地区から避難を開始するものとする。そして、全単位地区の全人口が避難場所に入った時点で避難完了とする。避難開始からこの避難完了までの時間を避難所要時間と考える。

○避難所要時間算出のプログラムについて

避難所要時間算出の式を以下の2通りに定める。

$$\textcircled{a} \quad T=T1(a)+T2(a)+T3(a)+T3(a-1)-T4(a-1,a)$$

$$\textcircled{b} \quad T=T1(a)+T2(a)+T3(a)$$

T : 避難完了時間

$T1(a)$: 単位地区(a)の1人が本線に流入するまでの時間

$T2(a)$: 単位地区(a)の1人が本線に流入してから避難場所に流入するまでの時間

$T3(a)$: 全人口が(1人目が本線に流入してから)本線に流入しきってしまうまでの時間

$T4(a-1,a)$: 単位地区(a)が単位地区(a-1)の流入位置に達するまでの時間

所要時間に2通りの式が考えられる理由としては導入路線の長さ、流入位置から避難場所までの距離が関係している。しかし、本研究の考え方では早く本線に流入し始めた人々が遅く本線に流入を始めた人々を待たなければならないなどのケースが生じることがある。それらによるタイム・ロスも考慮されるようにプログラムを作成している。

4. おわりに

危険度の設定により最適避難経路の選定が可能になった。さらに、避難所要時間の算出プログラムと併用することにより最適避難経路の避難所要時間を算出することが出来た。

しかし、本研究は震災が起こったときの避難の方法について論じているので、避難以外の行動、例えば政府の初動体制、住民の事前の準備など話し合っておく必要があると思われる。