

## 地震時における避難危険度評価に関する研究

豊橋技術科学大学大学院 学生員 ○飯吉勝巳  
 同 上 安井 精  
 豊橋技術科学大学 正 員 新納 格  
 同 上 正 員 栗林栄一

### 1. 序論

地震時において、住民は、住居の倒壊や火災の接近によって、身の危険を感じた場合に避難行動を開始すると考えられる。都市の耐震化は、このような状況にならないように、又、なったとしても、最小限、住民の避難が安全になされるようにすることが重要である。本研究は、避難面からみた地震時における脆弱な地域を推定するために住民の避難危険度を種々の地震災害モードの内、最も被害の大きくなるものと思われる同時多発火災の発生・延焼による影響を考慮して定量的に評価する手法を示し、これを上海市のNanshi区に適用したものである。

### 2. 同時多発火災の発生・延焼<sup>1)</sup>

対象地域を幅員20m以上の道路、線路、河川、農地、公園等に囲まれたブロックに分割し、木造住宅による出火を考える。ブロック内で1つでも出火点が存在した場合には、そのブロックは焼失すると仮定する。ブロック内に出火点の生起する確率は、文献(1)での手法によって算定し、出火点の位置は、ブロックの重心で代表させる。火災の延焼は、浜田の延焼速度式<sup>2)</sup>に従い、出火点の風下側では長径を風下延焼距離、短径を風側延焼距離とする楕円に、風上側では、長径を風側延焼距離、短径を風上延焼距離とする楕円上に広がり、火災の到達時に避難路は遮断されるとする。避難路が遮断される確率は、その避難路の両側にあるブロックの出火点確率から求める。

### 3. 避難路及び避難群集の表現

避難路は、ノードとリンクによるネットワークで表現し、ノードは交差点、屈曲点、ブロックや避難地の境界に位置させる。ブロックの内部から広幅員の避難路へ流出する方向は、火災の延焼形態を考慮すると、出火点からの方向によって異なることが予想できる。従って、ブロックの重心を原点とする南北軸と東西軸によって、ブロックを4分割し、それぞれに、各ブロックに避難特性の違いに応じて仮想ノードを1~4個設定し、またその仮想ノードとブロック周囲のノードを結んだ仮想リンク(距離0)を設定する。ただし、避難路との兼ね合いもあるので、仮想ノード数が1~3個という例外も有り得る。この区分けされたゾーンの仮想ノードから目的方向に近いノードに避難を開始させる。

避難群集は500人を1組とする粒で表現する。住民は、延焼によって身の危険を感じた場合に避難を順次開始するだろうし、また、ブロックが焼失するまでには、避難を終えなければならない。この点を考慮して、区分けされたゾーン周囲のすべてのリンクが遮断される時間までに避難が終わるように均等間隔で避難群集を出発させる。

### 4. 経路選択問題

住民の避難について考えるには、経路選択問題が重要となる。その地域の住民と、何かの理由でこの地域に滞留している人々とは、当然ながら、その近隣地区の地理的情報についての認識度に大きな違いがある。しかし、本研究の目的は、震災時において脆弱な地域を示すところにあるので、浮動人口については考慮せず、その地区の居住人口のみについて危険度評価を行う。従って、避難群集は、地理的情報に詳しく、最も近い避難地に向けて、最短経路をとって避難する。火災によって、最短経路中のリンクが遮断された場合には、そのリンクを削除して、再び、そこから最短経路にしたがって避難を開始する。

### 5. 避難危険度評価

5-1 前提条件 避難危険度を算定するにあたり、避難群集に対しての前提条件を以下に示す。

1) 避難者は全て自力で避難できる。2) 老若男女を問わず全員が同一の避難特性を持つものとする。3) 避難

者はブロック内に一様に分布して存在する。4)道路空間等の初期避難者は無視する。5)歩行速度は、密度によらず一定(60m/分)とする。6)道路構造物本体の被害による歩行速度の軽減は考えない。

5-2 評価手法 避難危険度は、ネットワーク問題でよく用いられているモンテカルロシミュレーションによって、各ブロックごと、及び、対象地域について避難不能となる確率を求める。この場合の避難不能とは、避難群集が、遮断されたリンクによって孤立した場合、全ての避難地が定員をこえた後、避難地に到達した場合、のどちらかを指す。計算手順を以下に説明する。

- 1.各ブロックに乱数を与える。
- 2.乱数の値が、ブロックの出火点生起確率より小さい場合に避難群集を出発させる。
- 3.避難地までの最短経路を探索する。
- 4.ブロックkから第Jノードに到達した避難群集について、式(1)によって第Jノードと第J+1ノードからなるリンクNが火災の延焼によって遮断されるかどうかの判断を行う。

$$RND(K) \leq AF(N) \quad (1)$$

AF(N):リンクNの遮断確率 RND(K):ブロックKに与えられた乱数

- 5.式(1)においてリンクNが遮断されると判断された場合において、第Jノードを最短経路探索問題におけるHOMENODEとして再び最短経路を探索し、その最短経路に従って避難群集を移動させる。
- 6.周囲を火災によって囲まれ、避難地に到達できない場合には、避難不能群集としてカウントする。
- 7.全避難住民を避難地に移動させた後、到着順に避難群集を並びかえる。
- 8.最も早く定員をこえる避難地において、定員をこえて到達した避難群集を最も近い避難地へ再び最短経路にしたがって移動させる。
- 9.全避難地について、7,8の作業を行い、全避難群集が、避難できれば、避難不能群集は0、最終避難地にも収容できなかった避難群集があれば、その数をブロックごとにカウントする。
- 10.1~9の過程を1000回繰り返す。

1から10までの過程を行って、避難不能群集を合計し、式(2)によって避難危険度評価を行う。

$$\text{避難危険度} = \frac{\text{避難不能群集の合計}}{\text{避難群集数} * 1000} \quad (2)$$

5-3 避難危険度評価 風向を北、風速を12mと仮定し、上記の手法を上海市のNanshi区に適用した。その結果、市区避難危険度は0.099、各ブロックの避難危険度は0~0.233という値が得られた。各ブロックの避難危険度を図1に示す。図1より、Nanshi区は市区南西部において危険度が低い事が読み取れる。その理由としては、1.避難地が、南西部に集中している、2.避難路が北部と比較して充実している、3.ブロックが細分化されている、等が考えられ、今後の震災対策にはこれらの点を参考にして行う必要があると思われる。

6. 結論

震災時の避難行動は、人口分布、避難場所の面積・位置、避難路網の充実度、火災の発生・延焼状況等、様々な要因の違いによって、その危険性が変化する。本研究では、これらのデータを用いて避難危険度を評価する手法を提案し、その適用例を示したものである。しかし、多くの仮定条件が含まれており、今後、より詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1)飯吉勝巳他：地震火災の延焼を考慮した道路網の震災危険度評価,第8回地震工学シンポジウム論文集,日本学術会議地震工学研究連絡委員会,1990年12月
- 2)浜田稔他：建築学体系21建築防火論,彰国社,昭和53年
- 3)横浜市：広域避難場所昭和60年度版,昭和61年3月

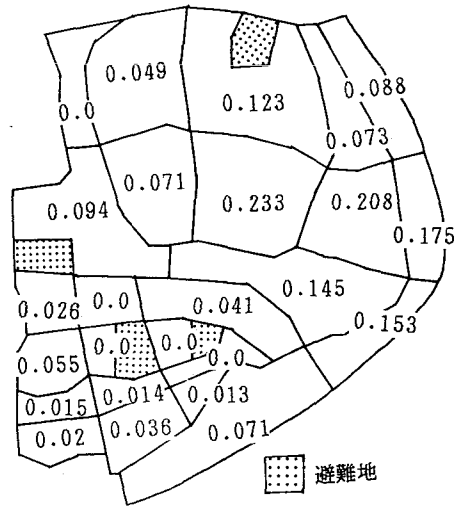


図1 避難危険度算定結果(Nanshi区)