

震後延焼下での住民避難率と避難地配置の関係

武蔵工業大学 学生会員 下平 翔悟
武蔵工業大学 正会員 小池 武

1. はじめに

木造家屋が密集する大都市では震後延焼被害の危険性が高いため、従来より地震防災対策として耐震・耐火対策の推進、消火システムの整備、防災避難地区の整備が進められている。

本研究では震後延焼による住民被害を軽減するための避難地最適配置について研究した。

2. 対象地区のモデル化と解析方法

研究の対象地区は世田谷区の松原五丁目周辺とした。

表-1 松原五丁目の都市情報

世帯数	人口密度	合計面積	建物棟数	耐火率
(世帯)	(人/ha)	(ha)	(棟)	(%)
3062	176.2	30.65	1160	46.72

図1左図は500m四方の対象地区GISマップであり、図中の黒線を避難道路、周辺の4箇所の空間（緑色エリア）を避難地としてモデル化した。また同右図はこのモデルをさらに簡易化した解析用モデルである。

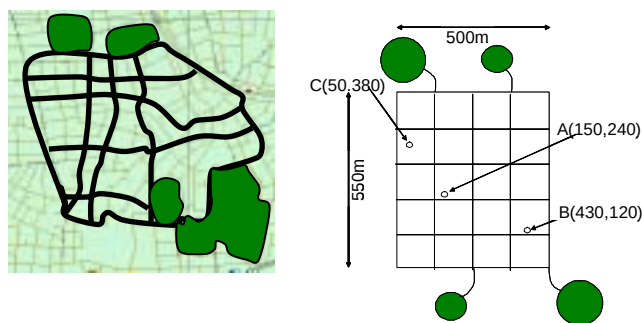


図1. 対象地区の避難道路と避難地および解析用モデル

地震時に対象地盤の一箇所（図1のA,B,Cのいずれか）から出火し、延焼範囲拡大により避難通路が閉塞した場合に、地区住民が指定の避難場所に避難できない可能性について検討した。

火災延焼速度は東京消防庁の推定式により行い、住民の避難シミュレーションは、以下の仮定に基づいて行った。

- 1) 震後、地域の避難住民はすべて各自の家屋が面している街路に集合する。
- 2) 街路内の避難民はそれぞれ予定避難地に向けて一定速度で避難する。
- 3) 健常者と老人・身体障害者などの混在状態では避難速度は健常者の避難速度よりも低下する。
- 4) 火災の先端が街路に到着すると、その街路は通行不可の取り扱いをする。

時刻 t における第 i 街路の避難者数 U_i は、次式で表現する。

$$U_i(t + \Delta t) = U_i(t) - v_i \Delta t + \sum_{j=1}^{N_i} a_{ij} \frac{v_j \Delta t}{M_j} \quad (1)$$

ここで、 v_i は第 i 街路からの単位時間当たりの避難者数、 N_i 、 M_j 、 a_{ij} はそれぞれ第 i 街路に連結する隣接街路数、避難者が第 i 街路に進入する街路数そして街路 i と j の連結有無を指定するマトリックス(連結時 $a=1$ 、非連結時 $a=0$)。

図2は風向きが北東方向の場合の火災延焼傾向を示す。

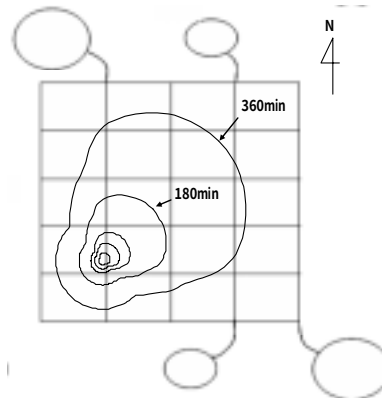


図2 火災延焼シミュレーション

3. 震後延焼下での避難シミュレーション結果

避難シミュレーションに用いる数値条件一覧表を表2に示す。同表では、避難地として最大4箇所を想定した。

表2 解析条件

避難地数	4箇所
住民一人当たりの占有面積	1m ²
健常者・非健常者割合	20%
人の避難歩速	1.3m/s
人口密度	176.2人/ha
平均道路幅 (m)	5.05m
耐火率	46.72%
出火数	1箇所
風速	12m/s

阪神大震災の事例では出火率は一万世帯あたり約2～3件であり、今回の対象地区は3062世帯のため概算出火数は1箇所とした。

図3は、避難箇所数が住民の避難率に及ぼす影響を検討したものである。同図では、避難地数が1～4箇所の場合について火災発生からの経過時間に対して避難地へ到着した住民数の全住民数に対する割合を示したものである。同時に延焼下非閉塞街路数割合も実線で示している。

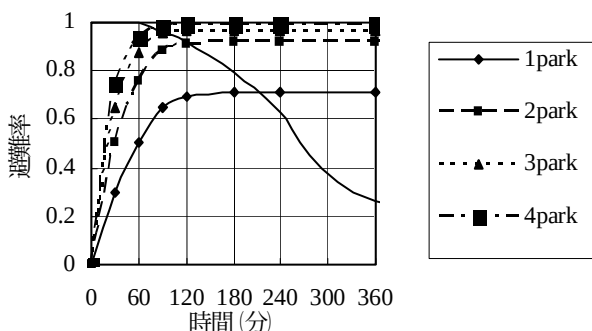


図3. 避難地数が避難率に及ぼす効果

キーワード 地震 火災 延焼

連絡先 〒188-0012 東京都西東京市南町 3-9-14 TEL: 042-462-7657 E-mail: simodairasyougo1012@jcom.home.ne.jp

同図によると、避難地数が1箇所の場合には避難率が相対的に低下するが、避難地数が3箇所以上になると99%以上が避難可能となることを示している。

図4は、対象地区の住宅の耐火率が避難率に及ぼす効果について検討したものである。同図より、耐火率が70%以上の場合には、ほぼ100%の避難が可能だが、耐火率が50%以下では避難地に到着できない人々が若干発生することを示している。

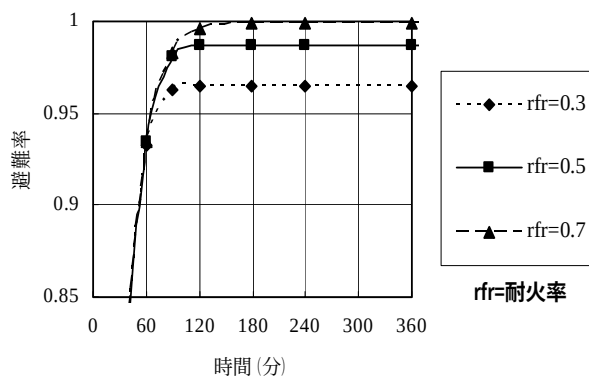


図4. 耐火率が避難率に及ぼす効果

図5は、健常者・非健常者が混在している場合に全体の避難速度が低減すると仮定して、非健常者による避難速度低減が避難率に及ぼす影響について検討したものである。同図の結果は非健常者の避難速度低減の影響があまり顕著でないことを示している。

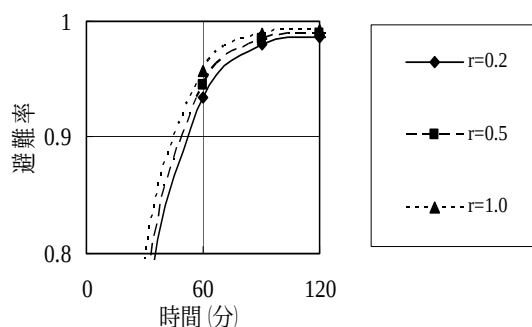


図5. 健常者・非健常者混在率が避難率に及ぼす影響
(r:非健常者の避難速度/健常者の避難速度)

図6は、図1のA,B,Cの3箇所の内のいずれか一箇所で火災が発生した場合に、住民避難率に及ぼす影響について検討したものである。同図によると、出火地点Aの場合はその他の出火地点の場合よりも避難率が高い。これは、避難地から等しく離れているために、特定の避難地へのアクセス

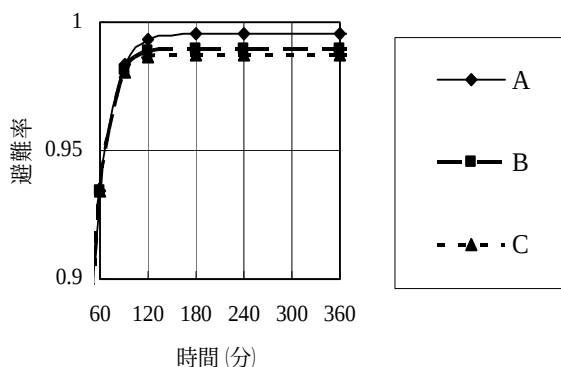


図6. 出火地点が地区住民の避難率に及ぼす影響

が喪失する可能性が低く、結果的に多数が避難できたことを示している。

図7は、街路毎に避難すべき避難地が事前に決められている場合（一方向指示）と、必ずしもどちらとも決められていない場合（両方向指示）を想定して、それぞれの街路に避難方向指示記号が設置され、住民はその方向に忠実に従う場合に、避難率への影響を検討したものである。シミュレーション結果は、避難当初は両方向指示の方が避難率が高いが、時間経過とともに一方向指示の場合が逆に大きくなる。ただし、その両者の相対的な差異は必ずしも大きくはない。この結果は、出火当初は避難方向が両方向の方が相対的に避難が効率的であるが、時間経過とともに一方向に整然と避難する方が次第に効果的になるという傾向のあることを示唆している。

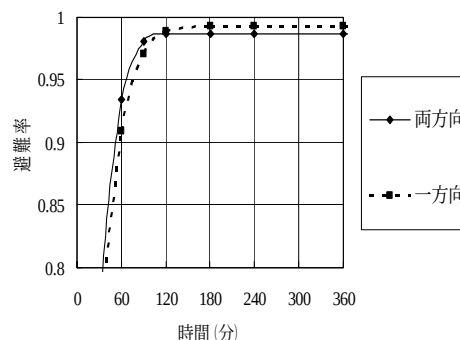


図7. 避難指示（両方向、一方向）の相違が避難率に及ぼす影響

5. 結論

本研究は、震後延焼火災発生時の住民避難率について数値シミュレーションにより作用要因の影響を検討したものである。検討した作用要因としては、避難地数、耐火率、非健常者による避難速度低下、出火場所、避難方向指示を採用した。数値検討結果によれば、下記の事項が明らかとなった。

- 1) 避難地数が3箇所以上では住民避難率が高い。
- 2) 耐火率が70%以上に向上すると、避難率が非常に高くなる。
- 3) 非健常者による避難速度低下が避難率に及ぼす影響は小さい。
- 4) 出火場所により避難率に差異が発生する。周辺部に避難地が配置されている場合は、対象地域中心部から等距離にある中心地区で出火した場合の方が避難率が高い。
- 5) 避難指示方向が両方向の場合は、出火初期には避難率向上を高めるが、最終的には一方向指示の方が避難率が高まることが判明した。

参考文献

- 1) 世田谷区ホームページ（土地利用現況調査）
<http://www.city.setagaya.tokyo.jp/030/d00004885.html>
- 2) 東京消防庁＜公表・報告＞
<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/kk/16k.htm>
- 3) 居住環境の防災と安全
大阪市立大学 大学院生活科学研究科 宮野道雄教授
<http://www.informatix.co.jp/sis/case/sym06.pdf/osaka.pdf>
- 4) 阪神・淡路大震災における火災からの教訓
独立行政法人 消防研究所
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/7/shiryout1.pdf>