

震災時における消防車の走行時間信頼性の算出からみた消防力評価

金沢大学工学部 正会員 高山純一
金沢大学工学部 正会員 飯坂貴宏

金沢大学大学院 学生会員 ○黒田昌生
金沢大学工学部 藤澤正子

1. 本研究の背景と目的

1995 年の阪神・淡路大震災においては、地震動によって同時多発型火災が発生し、至る所で火災の延焼被害が拡大した。この原因としては、火災現場までのアクセス道路が被害を受け、消防車の走行性が低下したこと、あるいは交通渋滞や放置車両によって消防車が到着不可能になり、消火活動が遅れたことがその一つとしてあげられる。また、従来の消防署の配置が道路や交差点の形状、あるいは交通量等の影響を考慮したものではなく、また地震時の道路閉塞状況を考慮したものではないために、消防車の出火地点への到達時間が遅れたことにも原因があると考えられる。

この教訓から、都市防災計画においては、都市直下型地震を想定した消防力評価が不可欠であり、消防力増強のための都市防災計画立案が重要である。特に、消防車の走行性に大きく影響する道路の整備計画、防災施設の配置などはより有効なものでなければならない。そこで本研究では、消防車の時間信頼性指標からの消防力評価を可能にすることによって、将来の道路網整備、消防署の配置計画などの都市防災計画の立案をより有効に行うことを目的とする。

2. 時間信頼性指標の算出方法

(1)交通量変動の推計

道路網の時間信頼性指標を求めるためには、全リンクの交通量変動が必要である。しかし、実際に交通量変動が求まるリンクは交通量観測が行われているものに限定される。よって、道路網の時間信頼性指標を計算するためには、非観測区間の交通量を何らかの形で推計して、全てのリンクの交通量変動を求めることが必要である。

ここでは、道路区間交通量の変動分布形を正規分布と仮定し、道路区間交通量相互に存在する相関関係を利用して擬似的に相関を持つ正規乱数を発生させることによって、非観測区間交通量を推計するモデル⁶⁾を利用することにする。

(2)震災時道路網の構築

本研究では、震災時の道路網を構築する際に震害による“道路閉塞”を考慮してネットワークを作成する。具体的な手法としては、道路閉塞の要因に「震度」・「沿道建物数」・「道路幅員」を考え、この3要因から総合的な道路の閉塞危険度を予測し、道路閉塞危険度係数(表1)を定める。そして、その道路閉塞危険度係数を平常時の道路の容量に乗じることによって震災時の道路容量を予測する。

表 1 道路閉塞危険度係数

震 度	単位建物率	幅 員	道路閉塞危険度係数
Ⅶ	多い	広い	0.6
		普通	0
		狭い	0
	少ない	広い	0.8
		普通	0.4
		狭い	0
Ⅵ以下	多い	広い	0.8
		普通	0.6
		狭い	0
	少ない	広い	0.8
		普通	0.6
		狭い	0.4

(3)時間信頼性指標の算出

OD ペア間の時間信頼性指標を求めるためには、リンク交通量の変動をリンク走行所要時間の変動へ変換する必要がある。ここではまず、交通量の変動をリンク走行所要時間の変動へ変換する方法を提案し、それを用いた OD ペア間の所要時間の確率分布について考え、その確率分布から時間信頼性指標を算出する方法を述べる。

●消防車のリンクコスト関数の設定

(A)非渋滞時の場合

非渋滞時とは、道路が交通渋滞によって閉塞していない場合のことである。この非渋滞時の場合には、一般車両の場合よりも交通量から受ける影響が小さいと考えられ、式(1)のように、係数 α を乗じて交通量からの影響を軽減してやる。

また、金沢市消防本部へのヒヤリング調査では、交差点の通過の際に信号の現示が赤の場合は一旦停止を行うようにしているということから、通過交差点の信号現示が赤の場合は交差点*i*での時間

損失項として ρ_i を走行時間に加えるものとする。

$$t_i(V_i) = t_{a0} \left[1 + \alpha r \left(\frac{V_a}{C_a} \right)^k \right] + \sum \sigma \rho_i \quad (1)$$

t_{a0} : 自由走行所要時間

C_a : 交通容量

r, k : パラメータ ($r=0.15, k=4$)

α : 交通量軽減係数 ($=0.035$)

$\sum \sigma \rho_i$: 交差点通過に伴う時間損失項

σ : 信号現示が赤の場合=1, 青の場合=0

ρ_i : 交差点 i における時間損失 ($=6$ 秒)

(B) 渋滞時の場合

渋滞時とは、道路が交通渋滞によって閉塞している状態で、一般車両の場合と交通量から受ける影響がほぼ同じものとし、通常の BPR 関数を用いる。

●OD ペア間の時間信頼性の算出

リンクコスト関数の設定により、OD ペア間の所要時間の確率分布関数、確率密度関数を求めることができる。よって最終的に求まる時間信頼性指標は、所与の時間で目的地へ到達できる確率を表し、数式で表すと以下ようになる。

【目標時間 T 以内で OD ペア i, j 間をトリップできる確率】

$$P_{ij}(T) = \int_{-\infty}^T \phi_{ij}(t) dt \quad (2)$$

$\phi_{ij}(t)$: OD 所要時間の確率密度関数

3. 消防力低下地域の評価

本節では、震災時における消防力評価を消防署～当該水利までの消防車の時間信頼性指標、当該水利～出火地点までの隊員の駆けつけ時間からのアクセス性に加え、各地域での火災延焼の時系列的変動を考慮した消防力評価法を示す。

(1) 消防署～当該水利のアクセス性

消防署ノードから、その火災に直近の消防水利まで目標確率以上で到達できる時間を式 (2) を用いて計算する。ここで、対象とする水利としては、震災時においては消火栓がほとんど使用不可能と考えられるため、主要河川、用水、大規模防火水槽 (100 ㍓) を考えた。

(2) 当該水利～出火地点のアクセス性

当該水利から出火地点までは隊員が徒歩で向かうものと考え、その距離に応じて所要時間を設定する。

(3) 延焼の時系列的变化

火災の延焼については、経過時間と延焼面積が S 字カーブで表されるという研究結果⁸⁾を参考に、延焼の時系列的 (経時的) 変化を考えた。

(4) 消防力評価

各地域における延焼特性を把握した上で消防力が対抗できる延焼規模 (焼損面積で判断) の限界を設定し、対抗限界時間を算出する。そして、その対抗限界時間以内に消防署から当該水利を経て出火地点まで到達することができれば、その火災を鎮火できるものと考え、安全と判断する。

このように、到達所要時間と対抗限界時間との関係を指標化し各地域の消防力評価を行う。

4. まとめと今後の課題

本研究では、従来の研究⁹⁾に加え、消防水利、火災の延焼を考慮した消防力評価法を提案する。

また、この方法論を実際の金沢市の道路ネットワークに適用し、消防力評価の検討を行う。なお、結果については、講演時に発表する。

本研究の今後の課題を整理すると次のようになる。

(1) 震災時道路網の構築について

リンク閉塞について、建物の影響を数のみで評価しているため、今後は建物属性等をデータに組み込んだ道路の閉塞危険度を評価する必要がある。

(2) 時間信頼性の算出について

消防車のリンクコスト関数のパラメータの精度を高めていく必要がある。

(3) 消防力低下地域の評価について

幹線道路での各地域のアクセス性に加え、細街路まで考慮したアクセス性の評価が必要である。

【参考文献】

- 1) 若林拓史：「地震災害時の道路網連結信頼性と確率重要度による重要区間の評価：阪神間道路網を例として」, 土木計画学研究・講演集, No.18(2), pp.613~616 1995 年 12 月
- 2) 塚口博司・戸谷哲男・中辻清恵：「空中写真を用いた震災直後の道路被害状況分析」, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, 1996
- 3) 家田仁・上西周子・猪股隆行・鈴木忠徳：「阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響」, 土木学会論文集, No.576/IV-37, pp.69-82 1997 年
- 4) 朝倉康夫・柏谷増男・藤原健一郎：「交通ネットワークにおける迂回の限度を考慮した OD ペア間信頼性指標」, 土木学会論文集, No.555/IV-34, pp.41-50 1997 年 1 月
- 5) 井上博司・飯田祐三：「確率利用者均衡を用いた道路網の時間信頼性評価」, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.747~750, 1997 年
- 6) 高山純一・飯田恭敬：「常時観測データを用いた非観測区間交通量の簡易推計法」, 第 18 回日本道路会議論文集, pp.1146-1147
- 7) 平成 9 年度金沢都市圏パーソントリップ調査報告書, 1998 年
- 8) 保野健治郎・難波義郎：「地震時における建物火災の延焼特性に関する基礎的研究」, 第 2 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.395~398, 1997 年
- 9) 高山純一・黒田昌生：「火災出火地点への消防車の走行時間信頼性からみた消防力評価に関する研究」, 平成 11 年度都市計画論文集, pp.709~714, 1999 年