

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
中部復建株式会社 正会員 飯坂貴宏

金沢大学大学院 学生会員 ○黒田昌生
大日コンサルタント株式会社 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、都市直下型地震を想定した消防力評価が必要であり、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、将来の道路網整備や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である。この場合には、一般車両よりも交通量から受ける影響が小さいため、式(1)のように、係数 α を乗じて交通量からの影響を軽減する。

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 p_i

を走行時間に加えるものとする。

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

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

式(1)より、OD ペア間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、式(2)のようになる。

【目標時間 T 以内で OD ペア i, j 間をトリップできる確率】

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

$\Phi_{ij}(t)$: 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から取水地点までの消防車の時間信頼性指標、取水地点から出火地点までの隊員の駆けつけおよび、ホース延長所要時間の検討に加え、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) 消防署から取水地点の時間損失

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、防火水槽を考えた。

(2) 取水地点から出火地点の時間損失

取水地点から出火地点までは、隊員がホースを延長しながら徒歩で向かうため、その所要時間を設定する。消防車 1 台の最大延長ホース数は 10 本で、その範囲は半径 200m の円で表すことができる。この範囲内にホースを延長する所要時間を活動準備時間と定義して、統計データにより 3 分と設定する。

(3) 延焼の時系列的变化

火災の延焼については、経過時間と放水時間との関係を実火災データから式(3)のように算出した。放

水時間 60 分に要する水量は約 40t であるため、40t 級の防火水槽であれば放水時間が 60 分以内、つまり、8 分 30 秒以内に消火活動を開始しなければ、火災を鎮火できないことになる。

$$Y = 0.0049X^{4.3817} \quad (3)$$

X : 覚知~消火活動開始までの損失時間(分)

Y : 放水時間(分)

(4) 消防力評価

各区域において、①消防署から取水地点の時間損失・②取水地点から出火地点の時間損失を算出し、実際の消火活動を開始するまでに要する時間を算出する。それを式(3)に代入し、放水時間を算出する。その放水時間に対しての水量が対象としている水利について十分であれば、火災を鎮火できるものと考え、有効消火可能範囲と判断する。

4. まとめと今後の課題

本研究では、従来の研究⁸⁾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した。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た検討も行った。

また、以下に本研究の今後の課題を整理する。

(1) 震災時道路網の構築について

リンク閉塞について、建物の影響を戸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

消防車リンクコスト関数のパラメータ精度を高める必要がある。

【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・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) 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