

震災時における消防車の走行時間信頼性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 田中悠祐

金沢大学大学院 学生会員 ○黒田昌生
金沢大学工学部 仁科裕美子

1. 本研究の背景と目的

これまでの都市直下型地震においては、地震動によって同時多発型火災が発生し、至る所で延焼被害を受けた。この要因としては、火災現場までのアクセス道路が被害を受け、あるいは渋滞や放置車両によって緊急車両が到着不可能になったことや、被災地域では、消火栓が使用不能となり、利用可能な消防水利が限定されたことなどによって消火活動が遅れたことがあげられる。また、従来の消防署の配置が道路や交差点の属性、あるいは交通量の影響や地震時の道路の閉塞状況を考慮したものではなく、経験的な配置なために、どうしても消防ポンプ車の出火地点への到達時間が遅れてしまった地域が発生したということにも原因があると考えられる。

また、救急活動においても、救出機材が不足していたことや交通渋滞によって現場到着が非常に遅れたこと、現有救急力では手がまわらなかったことなどにより、その活動は困難を極めた。

このように大震災においては、我国の防災対策に対する甘さが露呈する形となった。そこでこれらの教訓から、都市防災計画においては、どこの地域が消防力および救急力が低下するかを予測するシステムの構築と、それぞれの地域特性に応じた都市防災計画の立案が必要である。そこで本研究では、道路や交差点の属性、あるいは交通量の影響や地震時の道路の閉塞状況を踏まえた上で、緊急災害時における、緊急車両の走行性を時間信頼性指標によって算出することによって、各地域の消防力および救急力を評価することを目的とする。更に、消防と救急が同じ拠点に存在しているのかという点に着目し、両面からの最適配置を検討する。

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。そこで本研究では、非観測

区間交通量を道路区間交通量相互に存在する相関関係を利用して推計するモデル¹⁾を利用する。

(2) 震災時道路網の構築

本研究では、震災時の幹線道路網を構築する際に震害による“道路閉塞”を考慮する。具体的には、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容量に乗じることで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	0.5
		普通	0.6
		狭い	0.7
	少ない	広い	0.3
		普通	0.4
		狭い	0.5
VI以下	多い	広い	0.3
		普通	0.4
		狭い	0.5
	少ない	広い	0.2
		普通	0.3
		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、緊急車両のリンクコスト関数の設定を行い、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。

●緊急車両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。

$$t_i(V_i) = t_{i0} \left[1 + \alpha r \left(\frac{V_i}{C_i} \right)^k \right] + \sum \sigma \rho_i \quad (1)$$

t_{i0} : 自由走行所要時間

C_i : 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、数式で表すと以下のようなになる。

【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. 震災時における消防力の評価

本節では、震災時における消防力評価として、時間信頼性からの幹線道路における評価に加えて、消防水利規模や水利までのアクセス性の評価も行って危険度評価を行う手法を提案する。

(1) 消防力の評価法

まず上記の時間信頼性指標を用いて、消防署ノードから、発生火災現場がある街区に基準確率以上で到着可能な駆け付け時間を算出する。次に、その火災に直近の消防水利にアクセスするのに要する時間損失を算出して幹線道路における時間損失と足し合わせる。これに、ホースの延長などの活動準備時間を加えることによって、覚知から放水活動開始までの所要時間を算出する。

以上で算出した所要時間を消防本部から頂いたデータを用いて求めた時間経過と必要水量との関係に適用して、その水利の消火可能範囲を決定する。

これを各署で行い、消防力が及ぶ地域範囲をそれぞれ求める。そして、各地域においてその範囲がどれだけ重なっているかによって危険度判定を行う。

なお、使用するネットワークは幹線道路において

も細街路においても震災による道路閉塞を考慮したものとする。

4. 震災時における救急力の評価

本節では、震災時における救急力評価として、時間信頼性からの幹線道路における評価を行う手法を提案する。

(1) 救急力の評価法

救急車の走行を駆け付け時と搬送時に分けて、それぞれについて上記の交通量影響軽減係数を設定する。そして、駆け付けから搬送までの時間信頼性指標を算出して、基準確率以上で目標時間以内に搬送可能かどうかを判定し、危険度評価を行う。

5. 消防拠点と救急拠点の最適配置

消防と救急においてそれぞれの需要を考慮し、ネットワーク全体の危険度を最小にする最適配置を検討する。そして、その結果から消防と救急が同一拠点上に存在しているのかという検討を行う。

6. まとめ

本研究では、緊急車両の走行性を評価することで消防と救急における危険度評価を行う手法を提案した。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、消防力および救急力の評価を行った。更にその評価をもとに、それぞれの最適配置を行う事で消防と救急が同じ拠点上に存在しているのかという点を検討した。

なお、結果については、講演時に発表する。

【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：「常時観測量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