

## IV-263

火災出火地点への消防車の走行時間  
信頼性の算出による消防施設の最適配置金沢大学工学部土木建設工学科 正会員 高山純一 飯坂貴宏  
金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻 学生会員○黒田昌生

## 1. はじめに

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、至る所で延焼被害が拡大した。この主な原因としては、火災現場までのアクセス道路が被害を受け、消防車が到着不可能になり、消火活動が遅れたことが挙げられる。また、従来の消防署所の配置が道路や交差点の属性、交通量の影響、地震時の道路の閉塞状況を考慮したものではないために、消防車の到達時間が遅れ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。

本研究では、道路や交差点の属性・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、災害時における、消防車の走行性を時間信頼性指標<sup>1)</sup>で表すことによって、消防力低下地域を評価する方法を示し、消防署所の最適配置計画の基本的な考え方を示す。

## 2. 時間信頼性評価のための交通量変動の予測法

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を求める必要がある。そこで、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、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を利用する。

非観測道路区間交通量の平均・分散は未知であるので、既存データを応用するか、過去のある時点に実施された観測データを補正するなどして平均交通量を与える。また、分散は指数関数式から推定する。

## 3. 地震時道路網の構築

地震時の道路網の道路閉塞要因として、予測震度から判定する地盤特性、沿道建物数、道路幅員の3つを挙げ、阪神淡路大震災のデータを実際に分析した研究<sup>2)</sup>を参考に、道路の閉塞危険度係数（表 3-1）を設定する。設定した係数を各リンクの平常時のリンク容量に乗じることで、震災時のリンク容量を決定

し、震災時の道路ネットワークを構築する。

表 3-1 道路閉塞危険度係数

| 震 度  | 単 位 建 物 率 | 幅 員 | 道 路 閉 塞<br>危 険 度 |
|------|-----------|-----|------------------|
| Ⅶ 以上 | 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              |

## 4. 時間信頼性指標の計算方法

ここでは、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示し、OD ペア間の所要時間の確率分布から時間信頼性指標の算出方法を述べる。

## (1) OD ペア間の所要時間の確率分布

一般車両の場合は、交通量( $V_a$ )と走行所要時間  $t(V_a)$  の関係式として、次式のようなリンク交通量に対する単調増加な B.P.R 関数で与えられる。

緊急車両の場合は、一般車両よりも交通量から受ける影響が少ないと考えられるため、緊急車両のリンクパフォーマンス関数を次の2つの場合に分けて考える。

## (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少ないと考えられ、式 4-1 で表す。

$$t_i(V_i) = t_{i0} \left[ 1 + \alpha \left( \frac{V_i}{C_i} \right)^k \right] + \sum_j \sigma_j \rho_j \quad (4-1)$$

$\alpha$  : 交通量影響軽減係数

$\sum_j \sigma_j \rho_j$  : 交差点通過に伴う時間損失項

$\rho_j$  : 交差点  $j$  における時間損失

$\sigma$  : 信号現示が青の場合=0, 赤の場合=1

$r, k$  : パラメータ ( $r=0.15, k=4$ )

**Key Words :** road network reliability, Non-fire-fighting District,

金沢大学工学部土木建設工学科 〒920-0942 石川県金沢市小立野 2-40-20

金沢大学大学院自然科学研究科 TEL 076-234-4560

パラメータ  $\alpha \cdot \rho_i$  は実際の消防車出動データを参考に定める。

#### (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場合のことで、一般車両の場合と交通量から受ける影響が同じと考えられるため、式 4-2 を用いて交通量を走行所要時間に変換する。ただし、道路の属性によって一般車両で道路が満たされている場合でも、緊急車両のすり抜けが可能な場合が考えられるので、道路の属性も考慮する必要がある。

$$t_s(V_s) - t_{s0} \left\{ 1 + r \left( \frac{V_s}{C_s} \right)^4 \right\} \quad (4-2)$$

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ことができれば、OD ペア間の所要時間をリンク走行所要時間の線形和として、OD ペア間所要時間の確率密度関数を算出することができる。

#### (2)OD ペア間の時間信頼性の算出

以上の手順に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すことができ、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】

$$P_{ij}(T) = \int_{-\infty}^T \phi_{ij}(t) dt \quad (4-3)$$

ここに、 $\phi_{ij}(t)$  は OD 交通量の確率密度関数である。

### 5. 消防力低下地域の評価法

#### (1)地域の集約化

消防力低下地域を評価する際に、まず、ノードとリンクに囲まれた地域を分割し、文献 3) に示すような方法によりノードに集約する。

#### (2)消防力の評価

消防力を評価するためには、消防署があるノードから目標時間内までに到達できる確率を式 4-3 の時間信頼性指標を用いて算出し、設定した基準確率を上回るノードについては消防力が行き届いていると判断し、そうでないノードについては消防力が行き届いていない地域と判断する。以上のことを各消防署所について行った上で、各消防署所の消防力が各地域においてどれだけ重なっているかをカウントする。そして、消防力範囲が消防車の必要台数以上重なっている地域は、消防力が十分に満たされている地域と判断する。また、そうでない地域は、消防力範囲の重なりに応じて危険度評価を行う。

### 6. 消防施設の最適配置

配置計画の基本的な考え方としては、現状の消防署所を移動させるのは非常に困難と考えられるので、5 章で評価した消防力低下地域の消防力を補うための手段として閉塞リンクの補強および消防署所の増設の 2 つの方法を考える。

#### (1)閉塞リンクの補強

3 節で閉塞リンクと判定されたリンクに対して、その危険度係数を 0 から 0.4 に上げてやることによって閉塞リンクの補強を行う。

#### (2)消防施設の最適配置

閉塞リンクの補強を行った後も消防力が著しく低下している地域に対して、消防署の増設を考える。増設する位置に関して優先すべき地域は、消防力が 1 つも及んでいない地域（以下消防力最低下地域）である。その消防力最低下地域から時間信頼性を逆算して、目標時間内に基準確率以上でその消防力最低下地域に到達できるノードを算出する。その結果で、算出されたノードの重なりが多いノードに消防署所を配置すれば最も効率よく消防力最低下地域の消防力をカバーできることになる。また、重なりが同程度のリンクが複数存在する場合には、5 節で集約したノードにその地域に存在する危険度により重み付けした建物件数を与え、以下のように、より多くの件数をカバーできるようなノードを決定する。危険度による重み付けとは、危険度が高い地域ほど消防力の必要性が高いので、危険度が高い地域にある建物は、係数を乗じて多くカウントするというものである。

$$\text{【目的関数】} \quad \max . Z = x_i + \sum_j x_j$$

【制約条件】  $P_{ij}(T) \geq a$

i : 消防署の配置ノード

j : i を除くネットワーク全ノード

$x_i$  : ノード i の重み付けした建物件数

$x_j$  : ノード j の重み付けした建物件数

$P_{ij}(T)$  : 目標時間内の i, j 間の時間信頼性指標

a : 基準確率

#### 【参考文献】

- (1)若林拓史、飯田恭敬：交通量変動に起因する道路網の所要時間信頼性評価、第 46 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 IV 部、pp.430~431、1991 年
- (2)塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵：土木計画学研究・講演集 No. 18(2)、pp.843~846、1995 年
- (3)高山純一、黒田昌生、飯坂貴宏：地震時における消防自動車の時間信頼性から見た消防力低下地域の評価法、第 3 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集、pp.549~552、1998