

救命制約時間を考慮した地震被災時の救急駆けつけ搬送体制の検討

長野工業高等専門学校 学生員 羽田 裕貴 長野工業高等専門学校 正会員 柳沢 吉保
 長野工業高等専門学校 正会員 古本 吉倫 長野工業高等専門学校 正会員 轟 直希
 長野工業高等専門学校 学生員 和田 彩花 金沢大学大学院 フェロー 高山 純一

1. はじめに

国土強靱化計画が閣議決定され、地方自治体でも順次その対策が検討されている。地震被災に着目すると、信濃川断層帯による地震によって長野市内の橋梁5箇所、盛り土3箇所、斜面57箇所が不通になるとされるが救急車両を被災現場へ配車するための消防署・分署などの救急拠点および後方病院などの搬送拠点が必ずしも、被災位置や重傷者数を考慮して配置されているわけではない。そこで、重傷者の発生数を想定した被災位置を考慮した消防署・分署および搬送先後方病院の組み合わせを検討する必要がある。また、災害危険地域の被災確率および被害規模を考慮する必要がある。被災時における駆けつけ搬送経路の評価に関する既往研究として、尾曾ら¹⁾は、救急車の駆けつけ搬送体制の時間信頼性を救護所を経由する経路で検討している。

本研究では、長野市域の災害危険地域における被災確率、災害規模を考慮するとともに、緊急時の駆けつけ搬送時間信頼性を考慮した望ましい消防署の配置および救急車両の配車方法について検討することを目的としている。

2. 被災時の長野市交通ネットワーク信頼性評価

(1) 被災緊急時の長野市の救急駆けつけ搬送体制

長野市の搬送体制は図-1に示すとおりである。市内には消防署・分署が全14ヶ所、後方病院が全8ヶ所配置されている。救急車が対応することになる主な駆けつけ先は被災による重傷者が発生した被災現場となる。

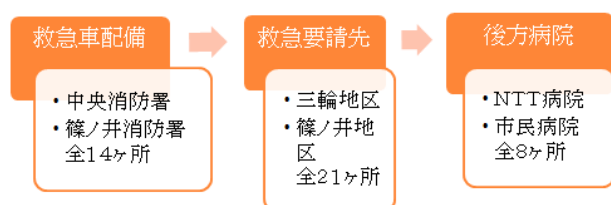


図-1 長野市の救急駆けつけ搬送体制

(2) 交通ネットワーク信頼性評価システムの構築

時間信頼性評価は、被災による重傷患者の程度により駆けつけ搬送先病院までの到達制約時間を t_d とし、各経路の実所要時間分布は平均所要時間 $E(t_r)$ および

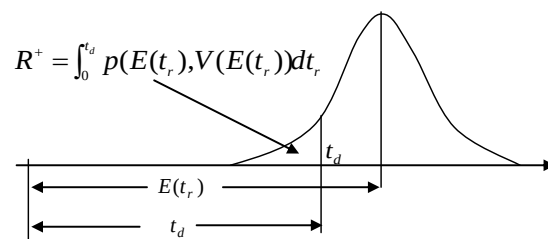


図-2 救命制約時間 t_d の時間信頼性

分散 $V(t_r)$ により与えられる。経路 j において指定所要時間 t_d までに駆けつけ搬送行動が完了する確率 R を時間信頼性指標とする。概念を図-2に示す。

消防署の配置および救急車両の配車を検討するにあたり、被災による通行止めとなるリンクを考慮することと、被災地における重傷者の数、消防署で配車できる救急車両数も考慮した、被災地までの近接性を示す指標として式(1)の救命制約アクセシビリティ $C_{j|i,k}$ (救命制約 AC と呼ぶ)を用いる。

$$C_{j|i,k} = E_i \left\{ \frac{P_{ijk}(t \leq t_d)}{P_j} \right\} \quad (1)$$

ここで i : 消防署・分署番号, j : 被災地区番号, k : 後方病院, E_i : 救急車両数, $p_{ijk}(t \leq t_d)$: 消防署 j から支所を経由し後方病院に搬送するときの駆けつけ搬送時間信頼性, P_j : ゾーン j 内で発生した重傷者数

(3) 経路配分と所要時間分布

本研究では各 OD 間の経路配分を行う際に、所要時間を確率変数として与える。被災時の交通量 x_l が大きく変動することを考慮し、 x_l は確率変数として扱った。リンク所要時間の算出には、式(2)の BPR 関数を用いて所要時間を算出する。

$$t_l = t_{l0} \times \{1.0 + \kappa \times \eta \times (x_l / C_l)^v\} \quad (2)$$

ここで、 l : リンク l , t_l : 所要時間, t_{l0} : 自由走行時間, x_l : 交通量, C_l : 交通容量, BPR 関数パラメータとして、米道路局の $\kappa=0.15$, $v=4$ を用いた。また、救急車両と一般車両を区別するため交通量軽減係数 η を乗じた。交通量軽減係数 η は一般車両では 1.0 である。既往研究¹⁾により、救急車両で現場まで駆けつける場合、前方の車両の影響が少なく信号を無視できるため、一般車両より速く到達できることを考慮して 0.35 と設定した。一方、後方病院までの搬送は、重傷者を乗せ

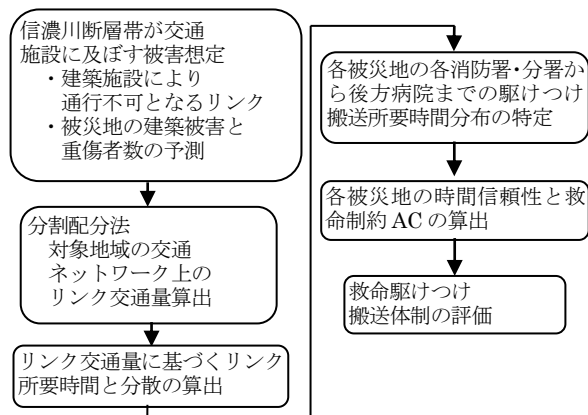


図-3 救命制約時間信頼性評価フロー

ているので、安全を考慮し 0.70 と設定した。本研究では日常的に交通量が大きく変動することを考慮し、交通量 x_i は確率変数として扱い、積率母関数の性質を用いることで所要時間の変動を与えた¹⁾。

(4) 信頼性評価アルゴリズム

図-3 に示す時間信頼性評価フローに基づき、時間信頼性及び救命 AC を求め、被災地区ごとの最適な救急車両配車と搬送先病院の組み合わせを検討する。

3. ケーススタディ

緊急時救急車の速達性指標である C_{jik} を用いた評価のケーススタディとして、信濃川活断層が長野市に及ぼす影響を示す。平成 13 年度 PT 調査の交通量配分で用いられた市内交通ネットワークと整合させるため、市内を PT 調査でゾーニングされた支所単位の 21 地区に分割した。信濃川断層による被害として、平成 14 年長野県地震対策基礎調査²⁾に基づき、住宅の被害率、重傷者の発生率によって、長野市内各地区の重傷者数を算出したものを図-4 に示す。長野市中心市街地に近い三輪・古牧・芹田地区や篠ノ井地区といった世帯数が多い地区では重傷者数が多い。被災リンクが 47 本生起した場合を想定し、市内 14 箇所に設置されている消防署・分署の位置、配備されている救急車両数、各地区の被災重傷者数を考慮に入れた市内各地区の時間信頼性と救命制約 AC を図-5 に示す。

長野市市街地および国道などの幹線沿いの地区に消防署・分署が配置されている場合が多いため市街地および幹線沿いの地区は時間信頼性が高い。一方、三輪・更北地区を除き中心市街地で時間信頼性が高くても救命制約 AC が低い傾向を表している。これは重傷者数が多いのに対し駆けつけ元となる消防署に配備されている救急車両が 1 台と少ないためである。結果として救命制約 AC が低く十分な搬送体制とは言えない状況が明ら

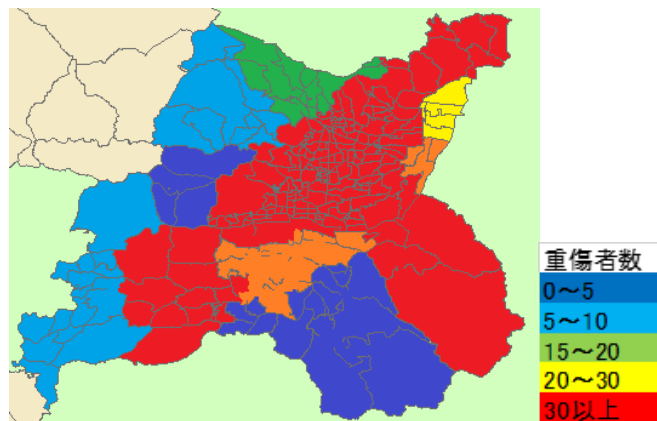
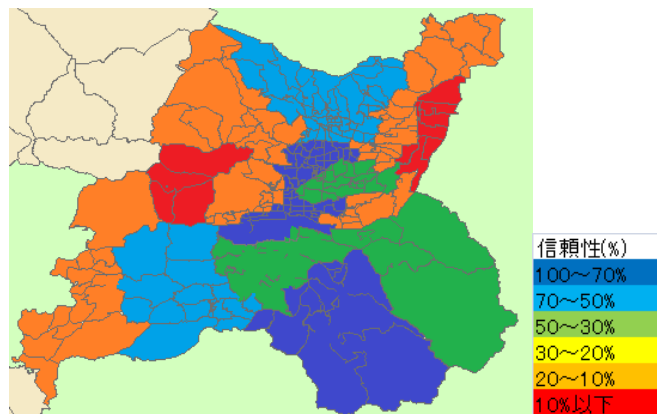
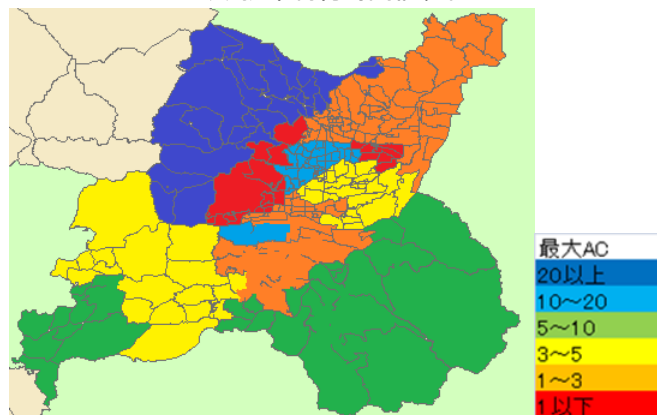


図-4 長野市の重傷者数



(a) 救命制約時間信頼性



(b) 救命制約 AC

図-5 信濃川断層地震による時間信頼性評価になった。

4. まとめ

今回の解析の結果から、地震被災後は被災リンクの生起によって十分な機能を発揮できない消防署・分署および後方病院も存在するのでこれらの再編を検討する必要があることがわかった。今後、自然災害による被災リスクの算定はシナリオの設定に基づいて被災地区ごとの最適な救急車両の配車および搬送先後方病院の組み合わせを検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 尾曾真理恵, 柳沢吉保, 古本吉倫, 高山純一, 和泉佑紀: 救命制約時間を考慮した救急車両の地震被災地への未到達危険度評価. 土木計画学研究・講演集 No. 42, 講演番号 117, 2010.11
- 2) 平成 14 年度長野県地震対策基礎調査報告書