

地震被災時の救急駆けつけ搬送救命制約時間信頼性を考慮した 交通ネットワーク評価システムの構築

長野工業高等専門学校 学生員 ○戸澤 謙弥
 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 学生員 和田 彩花

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 轟 直希
 金沢大学大学院 フェロー 高山 純一

1. はじめに

長野県地震対策基礎調査報告書によると、長野県北部において、信濃川断層帯の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予想されている。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。羽田ら¹⁾による既往研究において、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システムを構築している。しかしながら、救命制約時間を考慮した緊急路の整備や、通行不可が予想されるリンクの増強による救命率の維持については十分に検討されていない。

本研究では、信濃川断層により引き起こされる地震で被災するリンクが、緊急時の駆けつけ搬送時間信頼性に与える影響を明らかにし、救命率を維持するために重要なリンクを抽出するシステムを構築することを目的とする。



図-1 長野市の救急駆けつけ搬送体制

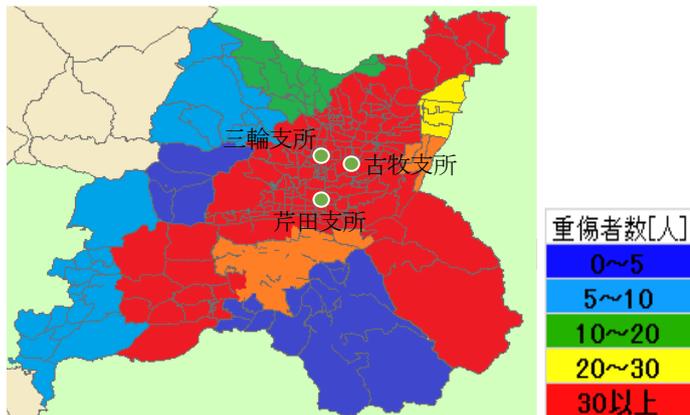


図-2 長野市の重傷者数

2. 地震被災時の長野市救急駆けつけ搬送体制と信濃川断層帯被災時の被災状況

(1) 長野市救急駆けつけ搬送体制

長野市における搬送体制は図-1に示すとおり、市内に消防署・分署が計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であるが、本システムの駆けつけ先は、被災地区の支所全21箇所とした。

(2) 信濃川断層帯被災時の重傷者数の算定

平成14年長野県地震対策基礎調査²⁾に基づき、住宅の被害率と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-2に示す。長野市中心市街地に近い三輪・古牧・芹田地区等といった世帯数が多い地区では重傷者数が多いことがわかる。

(3) 被災により通行不可となる道路区間

長野県地震対策基礎調査報告書²⁾より、信濃川断層帯の地震で通行不可の恐れがあるリンクは、長野市内で806中47リンク存在する。

3. 長野市交通ネットワークの時間信頼性評価システムの構築

(1) 救命制約時間信頼性の概念

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救命制約時間を t_d とし、各経路の実所要時間分布は平均所要時間 $E(t_r)$ および分散 $V(t_r)$ により与えられる。経路 j において救命制約時間 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-3に示す。

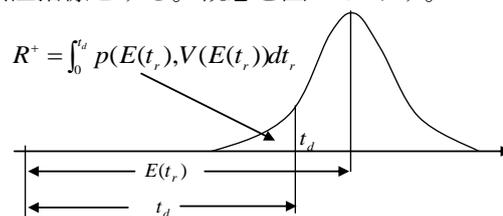


図-3 救命制約時間 t_d の時間信頼性

(2) 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、米国道路局の $\kappa=0.15$, $v=4$ 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_l 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⁾。

(3) 救命制約時間信頼性評価フロー

図-4 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、救命率を維持するために重要なリンクを抽出する。

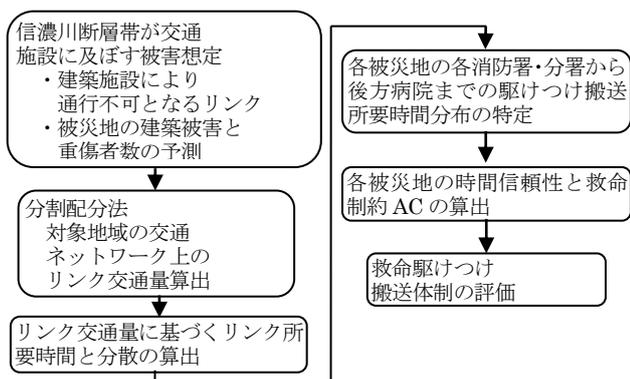


図-4 救命制約時間信頼性評価フロー

4. 救命時間信頼性を考慮した消防署・分署および後方病院の配置に関するシミュレーション

(1) 救命制約時間の設定

緊急事態における時間経過と死亡率の関係を表すカーラーの救命曲線より、死亡率が 50%まで上がる確率は、大量出血後 30 分とされている。本研究では、地震被災による重傷者の状態を大量出血、また死亡率 50%のケースを仮定し、救命制約時間を 30 分とする。

(2) シミュレーション

以下の図-5 に被災リンクがない場合の時間信頼性分布と、被災確率が 30%を上回るリンク計 9 本が寸断された場合の時間信頼性分布を示す。

いずれのケースも長野市中心市街地や国道などの幹線沿いの地区は、付近に消防署・分署が配置されている場合が多いため時間信頼性が高い。

一方で、小田切地区・七二会地区といった中山間地域では時間信頼性が低い傾向にあり、特に小田切地区では被災リンク発生時に 10%を下回る結果となった。

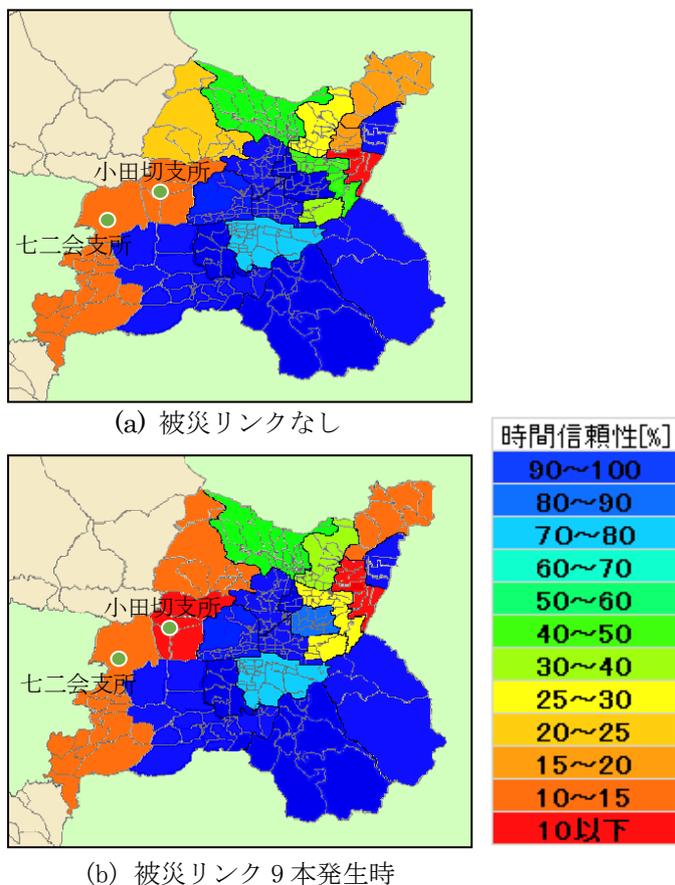


図-5 信濃川断層帯地震による時間信頼性分布

5. まとめ

以上の解析から、地震被災後に救急駆けつけ搬送による救命が十分になされない地区が存在することが分かった。今後は、被災リンク 1 本ごとに解析を行い、時間信頼性に与える影響の大きいリンクを抽出することで、交通ネットワーク評価システムの構築を目指す。

<参考文献>

1) 羽田裕貴, 柳沢吉保, 古本吉倫, 轟直希, 和田彩花, 高山純一: 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. 平成 27 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 (20616.3)
2) 平成 14 年度長野県地震対策基礎調査報告書