

地震被災者数と救急車両の配置を考慮した救命制約時間信頼性評価分析

長野工業高等専門学校 学生員 ○南澤 智美 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 学生員 藤森 康弘
 金沢大学大学院 フェロー 高山 純一

1. はじめに

長野県北部を縦断する信濃川断層は、北信地域に多大な影響を与えるとされており、地震発生時における対応策を至急検討しなければならない。特に、県庁所在地である長野市では第4次長野市総合計画において、災害に強いまちづくりおよび防災対策の推進が主要政策の一つとされているため、地震発生による被災者への対応として消防・救急・救助体制の充実が求められている。しかしながら、長野市の救急駆けつけ搬送拠点には必ずしも被災による不通リンクを考慮して配置されているわけではないため、不通リンクを考慮した拠点を再配置する必要がある。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が、本研究では、地震発生時における救急車の時間信頼性を被害者の多い地区を経由する経路での検討を行う。具体的には、(1)信濃川断層の活動による被害状況の予測、(2)木造住宅などの家屋倒壊などによって重症者数が多いと予測される救護所周辺被災地域を算出、(3)被災地区ごとの時間信頼性の算出、(4)被災前後の最適な救急駆けつけ搬送拠点、搬送先病院の組み合わせを検討する。

2. 信濃川活断層が長野市に及ぼす被害予測

平成14年長野県地震対策基礎調査報告書²⁾によると、道路における被害箇所は橋梁、盛土、斜面で生起する。特に中山間部に多く存在する斜面は十分に整備されていないため、被災時に被害を受ける可能性が高い。被災時に通行不可となる長野市内の道路及び橋梁の箇所数を表-1に示す。

表-1 信濃川断層帯による地震被災時の被害生起箇所

	盛土	切土	橋梁
災害の対象となるリンク	7	248	88
通行不可となる箇所	3	39	5

3. 地震被災時の長野市の救急駆けつけ搬送体制

本研究で想定する緊急搬送体制は、図-2に示す通りである。地震発生時、住民はまず救護所への避難を開始する。このとき、救護所へ避難できる被災者は軽傷

者とし、家屋倒壊などによって動くことのできない重傷者を救急車によって搬送を行う。救急車は消防署・分署から出動し、被災現場で重傷者を救出し、後方病院へと搬送する。長野市内の地区別に算出された木造住宅の数などをもとに、重傷者の多発する被災地区の特定を行う。また、被災地区ごとに木造住宅の数を基にして算出した重傷者数を表-2に示す。

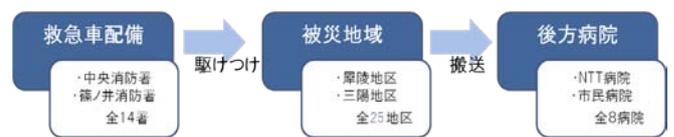


図-1 緊急搬送体制

表-2 地区別重傷者数 *平成22年3月の世帯数を用いた。

救護所	周辺地区	世帯数	H ₃ (%)	R ₃ (%)	重傷者数
東部	三輪, 吉田	14613	6.1	0.6	86
西部	鬼無里, 戸隠他	18657	4.3	0.5	87
三陽	古牧	10293	25.1	1.5	158
東北	柳原, 古里他	8873	30.8	1.8	156
北部	浅川, 若槻, 豊野	10597	29.1	1.7	179
裾花	安茂里, 中条他	10421	15.2	1.1	114
犀稜	芹田, 大豆島他	21890	24.2	1.5	327
篠ノ井	篠ノ井, 信更他	16758	20.0	1.3	220
松代	松代	6885	19.4	1.3	89
若穂中	若穂	4293	12.7	1.0	42
川中島	川中島	9633	12.2	0.9	91
更北	更北の一部	2787	4.4	0.5	13
広徳	更北	8949	31.3	1.8	159

犀陵地区などの住宅地の多い地区は、世帯数の割に重傷者が多く算出されていることがわかる。一方、西部地区などの山間部は住居人数が少ないために重傷者は少ないと予測されている。

4. 被災時の長野市交通ネットワーク信頼性評価

(1) 交通ネットワーク信頼性評価システムの構築

①交通ネットワークの初期状態作成：H13年度長野都市圏PT調査データを用いる。IA法による配分交通量結果より得られた各経路をドライバーが選択可能な経路とする。さらに配分された交通量に基づき、リンク平均所要時間と分散を初期状態として算出する。

②ドライバーの予測所要時間分布の更新：ドライバーは経験した利用経路の実平均所要時間 $E(t_{r,n})$ および分散 $V(t_{r,n})$ を考慮し、予測平均所要時間 $E(\tilde{t}_{r,n})$ および分散 $V(\tilde{t}_{r,n})$ からなる予測所要時間分布を更新する。予測値と実測値との差を考慮し、次式により更新するものとする。 ω は実所要時間に対する重みとする。

$$E(\tilde{t}_{r,n}) = E(\tilde{t}_{r,n-1}) + \omega \times \{E(t_{r,n-1}) - E(\tilde{t}_{r,n-1})\} \quad (1)$$

$$V(\tilde{t}_{r,n}) = V(\tilde{t}_{r,n-1}) + \omega \times \{V(t_{r,n-1}) - V(\tilde{t}_{r,n-1})\} \quad (2)$$

③ドライバーの経路選択行動：ドライバーは予測した所要時間分布に基づき、当該経路の実現が期待される所要時間 $\hat{t}_{r,n}$ と、その所要時間を超えてしまう遅刻確率 $F(\hat{t}_{r,n})$ を考慮した以下の経路選択効用を知覚する。

$$V_{r,n} = \beta \times \hat{t}_{r,n} + \gamma \times F(\hat{t}_{r,n}) \quad (3)$$

したがって、ドライバーは式(3)で表される経路選択効用が最小になる期待所要時間 $\hat{t}_{r,n}$ を知覚し、複数の選択可能経路のなかから、知覚した所要時間に基づく経路選択効用が最小になる経路を選択することになる。ここで既往研究³⁾により、 β は-0.054、 γ は-2.825とする。経路選択行動は、式(3)に基づくロジットモデルを用いて、各経路の選択確率 $p_{r,n}$ を算出する。

$$p_{r,n} = \frac{\exp V_{r,n}}{\sum_{r=1}^R \exp V_{r,n}} \quad (4)$$

得られた経路選択確率に基づいて各 OD の経路およびリンク交通量を算出する。

④収束の確認：②～④の過程を繰り返し当日の経路交通量と前日の経路交通量の差が許容範囲 ε 以内に入ったら収束状態とし、次の⑤で示す時間信頼性の計算に移行する。

⑤時間信頼性評価：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 とする。各経路の実所要時間分布は収束状態後に得られた、実平均所要時間 $E(t_{r,n})$ および分散 $V(t_{r,n})$ により与えられる。経路 j において指定所要時間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。指標の概念を図-2 に示す。

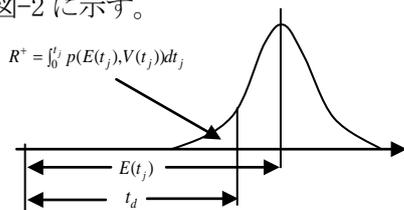


図-2 時間信頼性指標の概念

5. 数値実験による被災時ネットワーク信頼性評価

各地区における地震発生時の時間信頼性の計算結

果を図-3 に示す。山間部は消防署・分署、後方病院が遠方にあるため、信頼性は低くなっている。一方、市街地では、消防署・分署、後方病院が周辺に点在し、複数のリンクが存在するため、信頼性が高いことがわかる。

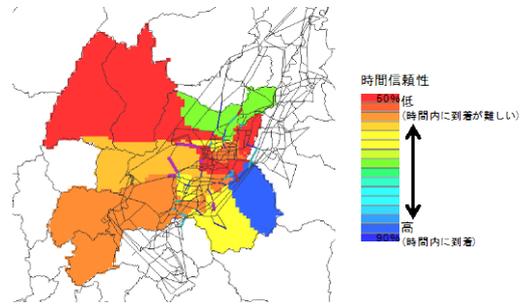


図-3 時間信頼性

つぎに地区ごとに重傷者数の違いが見られるため、一人当たりの時間信頼性を図-4 に示す。

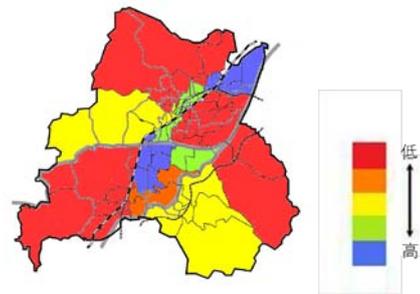


図-4 一人当たりの時間信頼性

図-3 と比べると、地図中心部の犀陵地区において、木造住宅数が多いため発生する重傷者が多く、一人当たりの救命信頼性が低くなっていることがわかる。

6. まとめ

重傷者を考慮した一人当たりの時間信頼性を算出した結果、単純な時間信頼性で救急駆けつけ搬送体制の救命信頼性を評価することができないことがわかった。今後は、各地区が保有する緊急車両の数も考慮し、分布図を作成する。そして、被災地区の時間信頼性、重傷者数、救急車両配車数に基づく救急救命アクセシビリティを計算し、消防署・分署等の緊急車両の最適な配置について検討する。

<参考文献>

- 1) 尾首、柳沢、高山他：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、第43回土木学会研究発表会、CD-ROM、2010.11
- 2) 平成14年長野県地震対策基礎調査報告書
- 3) 飯田、柳沢ほか：通勤ドライバーの出発時刻と経路の同時選択に関する行動分析、交通工学、Vol. 28, No. 6, pp. 11-20, 1993.