

# 地震被災時の救命制約時間信頼度を考慮した 救急拠点および後方病院の駆付け搬送圏域の評価

柳澤吉保<sup>\*1</sup>・古本吉倫<sup>\*2</sup>・南澤智美<sup>\*3</sup>・高山純一<sup>\*4</sup>

Evaluation of Travel Time Reliability of Emergency Car with a Limit Time to Life-Saving

YANAGISAWA Yoshiyasu, FUROMOTO Yoshinori  
,MINAMISAWA Satomi and TAKAYAMA Jun-ichi

This paper discusses transportation network reliability in time of disaster and the evaluation of emergency care service framework. Analyzing the present condition of an emergency business, in this study we examine the optimal location of fire stations and first-aid station. We propose an accessibility indicator of the travel time reliability to the urgent medical institution of an ambulance. In this paper, the above method is applied to Nagano urban area. In the experimental study, we verified location of fire stations and first-aid station affects a limit time to life-saving. We confirmed accessibility indicator practicality.

キーワード：救急駆つけ搬送，時間信頼性，アクセシビリティ

## 1. はじめに

東日本大震災の発生以後、日本全体で地震に対する意識が上昇し、発生が懸念されている東海地震、東南海地震などのプレート境界型地震や、内陸部に多く存在する活断層を原因とする地震に対して、被害想定が積極的に行われ、その対策が検討されている。長野県にも活断層が多く分布しているが、主要断層である糸魚川―静岡構造線、信濃川断層帯、伊那谷断層帯、阿寺断層帯は県内に大きな被害をもたらす可能性があるため、地震発生時の対策を至急検討しなければならない

い。

大規模地震による被害事例として、阪神・淡路大震災では、交通渋滞により救急活動に大きな影響を与えた。特に被災地外からの応援（消防、警察、自衛隊）が、道路渋滞に巻き込まれ、到着に時間がかかったことは救助活動が大幅に遅れる一因となった。道路渋滞の最大の原因は、落橋などによる幹線道路と鉄道の寸断であったが、安否確認や見舞いなど、救助以外の自動車の殺到や交通規制の難しさも渋滞に拍車をかけた。救助部隊を円滑に到着させる交通規制や、救助部隊を現場や搬送先まで交通渋滞に巻き込まれないような誘導を行うための救急拠点や救護所、搬送先病院の配置も重要な課題である。

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。市民アンケートの中で「消防や救急救命活動が迅速に行われているか」の問に対して、現状で達成しているとした回答は63.4%であり、目標

\*1 環境都市工学科教授

\*2 環境都市工学科准教授

\*3 長野県警察

\*4 金沢大学大学院自然科学科教授

原稿受付 2012年5月18日

値 70%を下回っているのが現状である。とくに、地震発生による被災時の対応として消防、救急、救助体制の充実が求められている。現在長野市では、地震発生時の救急体制として市内に消防署・分署 14 ヶ所、救護所 13 ヶ所、搬送先である後方病院 8 ヶ所が指定されている。救護所で重傷者と判断されれば、救急車は救護所に向かい、重傷者を後方病院に搬送するが、一般的には、救護所は避難場所としての役割が主であり、救護所に向かう多くの被災者は、救護所まで自力で移動できる軽傷者であると考えられる。そこで、緊急車両によって搬送を行う被災者は、倒壊した家屋等の下敷きになる、大量の出血があるなど、自力では病院等まで移動できない重傷者を対象とする。すなわち救急車が対応すべき駆けつけ先は重傷者が発生した地点となる。駆けつけ搬送を効率的に行って救命率を上げるためにも、地震被災発生前に市内のどの場所でどれだけの重傷者が発生するのかを想定しておく必要がある。平成 14 年度長野県地震基礎調査報告によると、長野市における被災対象となる橋梁は 88 箇所、盛り土は 7 箇所、斜面 248 箇所である。このうち、信濃川断層帯により不通となる深刻な被害は、橋梁 5 箇所、盛り土 3 箇所、斜面 57 箇所とされるが、救急車両を被災現場へ配車するための消防署・分署などの救急基地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、重傷者が存在する被災位置の想定を考慮した消防署・分署および搬送先病院の組み合わせを検討する必要がある。

地震被災時の救急拠点配置に関する既往研究として、高山ら<sup>1)</sup>は、時間信頼性による救急搬送サービスの評価法と、救急拠点管轄エリアの最適配置を検討している。緊急時の情報提供方法に関する既往研究として、陶山ら<sup>2)</sup>は、緊急時の交通流動変化を考慮した交通情報の最適空間配置を検討している。一方、陶山らも指摘しているように被災時などの緊急時には日常的な交通状態から大きく変化すること、救急搬送には、よりシビアに最短経路への誘導が求められることを考慮すると、交通ネットワーク上の経路選択行動に対して、ドライバーの主体的意志決定行動を救急搬送問題に組み込む必要があると考えられる。以上を考慮した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<sup>3)</sup>は、マルチエージェントシミュレーションによる時間信頼性評価によって、最適経路の探索を検討している。ただし、陶山や尾曾らはシミュレーションによる分析であり、実際のエリアを対象に生起する地震の規模および交通ネットワークエリアの被災状況を対象に検討した知見は得られていない。

以上を考慮し本研究では、長野県北部に大きな被害を及ぼすとされる信濃川活断層が、長野都市圏交通

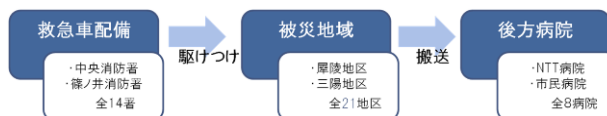


図1 長野市救急駆けつけ搬送体制

ネットワークと長野市の被災時救急駆けつけ搬送行動に与える影響を検討する。具体的には、(1)信濃川活断層の活動による地震発生が長野都市圏交通施設へ及ぼす被害予測を整理し、建物倒壊に基づく被災による重傷者数を予測する、(2)長野市の地震被災時の救急体制と本研究の枠組みを示す、(3)リンク交通量に基づく交通量の変動を考慮した OD 間経路選択モデルを示す、(4)長野都市圏交通ネットワークにおける救命制約時間信頼度に基づく駆けつけ搬送アクセシビリティ(以下 AC と記述する)指標を示す、(5)長野市交通ネットワークをケーススタディとした長野都市圏内駆けつけ搬送 AC を検討する。

## 2. 長野市救急駆けつけ搬送体制と本研究のフレーム

### 2-1 長野市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、救護所が全 13 ヶ所、後方病院が全 8 ヶ所配置されている。ここでは、自力では病院等まで移動できない重傷者を対象とする。したがって被災時には救急車両によって被災重傷者を後方病院に搬送することを前提とする。駆けつけ搬送プロセスは図1に示すとおり、①重傷者発生連絡を受けたのち救急車両が消防署・分署を出発する、②重傷者が存在する被災現場へ駆け付ける、③重傷者を後方病院へ搬送する、である。

### 2-2 本研究のフレーム

長野市の救急駆けつけ搬送体制において、被災現場は出勤要請がなされる不特定の場所となる。このことを考慮しつつ、ここでは時間信頼性評価を便宜的に行うため、被災現場は最小単位の行政区として各地区に一つずつ設置されている支所で代表させることとする。したがって長野都市圏の被災現場対象地区は 21 地区であるが、交通ネットワークデータが平成 13 年度の PT 調査しかないため、平成 24 年 3 月現在の長野市から、鬼無里地区、中条地区、戸隠地区、大岡地区の 4 地区を除いた地区を対象として評価する。各地区には、開業医が存在するが、それぞれどの程度重傷者に対応できるかと、地震被災を受けないかどうか不明である。そこで、本研究における時間信頼性評価の枠組みは、救急車が各消防署・分署から出動し、重傷者の被災現場である各地区の支所に駆けつけ、重傷者は後方

病院に搬送されるとする。

### 3. 信濃川断層のよる被害予測

#### 3-1 信濃川断層の概要

長野県に影響を及ぼす主な地震は、糸魚川-静岡構造線、信濃川断層帯、伊那谷断層帯、阿寺断層系による地震、および東海地震である。このうち、おもに長野県北部に大きな影響を与える信濃川断層帯による地震を対象に、長野都市圏交通ネットワークおよび建築物に与える影響を分析する。信濃川断層地震による長野県内震度分布を図1に示す。長野県地震対策基礎調査<sup>4)</sup>によると断層の長さは43km、断層の幅は21kmと大きく、断層の範囲は飯山市から長野市へとつながっている。地震動が最大となる断層上端深さは3km、最大想定地震規模はM7.5で、計測震度は平均値5.9、最大値は6.2にも達すると予測されている。本断層による地震被害は建築物の倒壊による人的被害のほかにも、交通施設およびライフラインにも甚大な被害を与えると予測されている。

#### 3-2 長野都市圏交通ネットワークの被害予測

地震により交通ネットワークに与える被災事象はリンクの通行不可を考慮する。長野市周辺では液状化や地滑りが起こりやすい場所が多くあり、土砂災害が被害を大きくする可能性がある。平成14年長野県地震対策基礎調査では、表1に示すとおり道路被災箇所として盛土、切土、橋梁部について道路通行不可箇所が予測されている。切土が存在する道路では多くの箇所被害を受けることがわかる。また、橋梁は交通ネットワークにおいてとくに交通量が集中しやすい重要な箇所となる場合が多く、橋梁が被災した場合、救急搬送や物資輸送に大きな影響を与えることが想定される。

#### 3-3 信濃川断層被災時の重傷者数

信濃川断層帯による地震が発生した場合の、救命救急処置が必要な重傷者数を、前節で示した支所単位の21地区ごとに算出する。前節前項で算出した住宅被害率に基づき、平成14年長野県地震対策基礎調査報告書で提示された住宅被害率および重傷者数算定式を用いて、以下のアルゴリズムで重傷者数を算出する。

- ①地区  $j$  周辺地区の総世帯数  $F_j$  を、長野市統計書を用いて調べる。
- ③周辺地区  $j$  を構成する  $500m \times 500m$  メッシュをあてはめる。
- ④周辺地区  $j$  内の木造・非木造建物の全・半壊メッシュ数を数える。
- ⑤周辺地区  $j$  すべての住宅被害率  $H_j$  は、(全壊メッシュ数 + 1/2 半壊メッシュ数) / 対象地区内全メッシュ数

表1 信濃川断層による地震被災時被害生起箇所

	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

表2 各地区で発生する重傷者数

\*平成22年3月の世帯数を用いた。

地区名	世帯数	H <sub>j</sub> (%)	R <sub>j</sub> (%)	重傷者数
三輪	26314	3.8	0.1	25
芋井	3994	22.4	0.3	3
古牧	10385	30.4	0.4	41
柳原	2677	20.7	0.3	8
古里	5358	34.8	0.4	23
長沼	901	93.3	0.8	8
浅川	2803	12.3	0.2	6
若槻	7847	26.5	0.4	28
豊野	3541	40.7	0.5	17
安茂里	12763	12.0	0.2	27
小田切	515	11.9	0.2	1
七二会	838	27.2	0.4	3
芹田	11772	20.6	0.3	36
大豆島	4564	29.6	0.4	18
朝陽	5794	44.2	0.5	29
篠ノ井	15353	24.1	0.3	51
信更	1020	16.3	0.3	3
松代	6901	20.9	0.3	21
若穂	4343	15.3	0.2	11
川中島	9833	12.7	0.2	21
更北	11947	28.1	0.3	38

で算出する。

⑥周辺地区から救護所  $j$  に運ばれる重傷者の発生率は、 $\log R_j = 0.676 \cdot \log H_j - 1.409$  を用いて算出する。

本推計方法では、重傷者をさらに重傷度(心臓停止・呼吸停止・大量出血)別に推計することはできない。そこで本手法で推計された重傷者は地震による被災を考慮し、大量出血者とした。

## 4. 長野市交通ネットワークの時間信頼性評価

### 4-1 救急車両の救命制約時間信頼性評価フロー

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。分割配分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。 $\omega$  は実所要時間に対する重みとする。

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

$$V(\tilde{t}_{r,n}) = V(\tilde{t}_{r,n-1}) + \omega \times \{V(t_{r,n-1}) - V(\tilde{t}_{r,n-1})\} \quad (3)$$

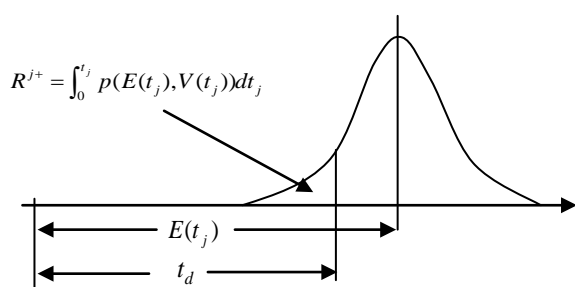


図2 時間信頼性指標の概念

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、当該経路での実現が期待される予測平均所要時間より多めに見積もった所要時間 $\hat{t}_{r,n}$ と、その所要時間を超過しまう見積所要時間超過確率 $F(\hat{t}_{r,n})$ を考慮した以下の経路選択効用を知覚する<sup>5)</sup>。

$$V_{r,n} = \beta \times \hat{t}_{r,n} + \gamma \times F(\hat{t}_{r,n}) \quad (4)$$

したがって、ドライバーは式(4)で表される経路選択効用が最小になる見積所要時間 $\hat{t}_{r,n}$ を知覚し、複数の選択可能経路のなかから、見積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<sup>6)</sup>により、効用関数パラメータ $\beta$ は-0.054、 $\gamma$ は-2.825とする。経路選択行動は、式(4)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。

$$p_{r,n} = \frac{\exp V_{r,n}}{\sum_{r=1}^R \exp V_{r,n}} \quad (5)$$

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 $\varepsilon$ 以内に入ったら収束状態とし、次の⑤で示す時間信頼の計算に移行する。

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救命制約時間を $t_d$ 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 $j$ において救命制約による指定所要時間までに駆けつけ搬送行動が完了する確率 $R^{j+}$ を時間信頼性指標とする。

#### 4-2 リンク所要時間およびその平均と分散の算出方法

前節(1)におけるリンク所要時間は、経路選択行動により生じたリンク交通量 $x_l$ により、式(6)、(7)で示すBPR関数を用いて算出することになる。BPR関数パラメータとして、 $\kappa=0.15$ 、 $v=4$ を用いた。また、救急車両と一般車両を区別するため、救急車両の式(7)では交通量軽減係数 $\eta$ を乗じた。既往研究<sup>1)</sup>により、

交通量軽減係数 $\eta$ は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 $\eta=0.35$ と設定した。

・一般車両の場合

$$t_l = t_{l0} \times \left\{ 1.0 + \kappa \times \left( \frac{x_l}{C_l} \right)^v \right\} \quad (6)$$

・救急車両の場合

$$t_l = t_{l0} \times \left\{ 1.0 + \kappa \times \eta \times \left( \frac{x_l}{C_l} \right)^v \right\} \quad (7)$$

しかしながら、本研究では被災時の交通量が大きく変動することを考慮するため、式(6)、(7)の $x_l$ は確率変数として扱う。そこで、積率母関数の性質を用い、実平均所要時間の期待値(平均値)は式(8)(9)で、分散は式(10)で示す。

・一般車両の期待値

$$E(t_l) = E\left[ t_{l0} \left\{ 1.0 + \kappa \left( \frac{x_l}{C_l} \right)^v \right\} \right] = t_{l0} \left\{ 1.0 + 0.15 \cdot \frac{E(x_l^4)}{C_l^4} \right\} \quad (8)$$

・救急車両の期待値

$$E(t_l) = E\left[ t_{l0} \left\{ 1.0 + \kappa \eta \left( \frac{x_l}{C_l} \right)^v \right\} \right] = t_{l0} \left\{ 1.0 + 0.15 \cdot \eta \cdot \frac{E(x_l^4)}{C_l^4} \right\} \quad (9)$$

・一般車両と救急車両の分散

$$V(t_l) = \int_{-\infty}^{\infty} (t_l - E[t_l])^2 p(t_l) dt_l = \int_{-\infty}^{\infty} t_l^2 p(t_l) dt_l - E[t_l]^2 \quad (10)$$

ただし、一般車両の分散の $E(t_l)$ は式(8)に従い、救急車両の分散の $E(t_l)$ は式(9)に従う。

#### 4-3 救命制約時間信頼度を用いた救命ACの算定

被災時のように同時多発的に発生する被災者の救命を考慮するは、駆付け搬送時間だけでなく、被災地で発生した病院への搬送を必要とする重傷者数と、重傷者の搬送に対応できる救急車両数も考慮する必要がある。本研究で用いるアクセシビリティは、各地区での発生が予想される重傷者数、各消防署に配備されている緊急車両台数を考慮し、以下のように構築する。

①消防署・分署 $i$ の救急車両が救命制約時間 $T_S$ 内に要請のあった被災地区 $j$ に駆け付け、後方病院 $k$ に搬送できる確率を $p_{ijk}$ とし、消防署・分署 $i$ の救急車両数が $E_i$ とすると、消防署・分署 $i$ の救急車両が救命制約時間内に重傷者の救命に対応できる可能性は、

$$E_j \times p_{ijk} (t \leq T_S) \quad (11)$$

である。 $p_{ijk} (t \leq T_S)$ の算定には、救急駆けつけ搬送所要時間関数(7)を用いる。

②被災地区 $j$ で発生した重傷者数を $P_j$ とすると、被災者一人当たり、消防署・分署 $i$ から駆けつけた急車両を割り当てられる可能性は、

$$E_j \times \{ p_{ijk} (t \leq T_S) / P_j \} \quad (12)$$

と表す。そこで被災地 $j$ の重傷者が救命制約時間内に後方病院へ搬送される可能性を表すアクセシビリティとして、以下の指標で表すこととする。

表3 パラメータの設定

効用関数パラメータ		$\beta = -0.054$
		$\gamma = -2.825$
BPR 関数パラメータ		$\kappa = 0.15$
		$\nu = 4$
交通量軽減係数	駆けつけ	$\eta = 0.35$
	搬送	$\eta = 0.70$
救命制約時間		30分
日々の学習係数		$\omega = 0.40$

$$C_j = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K E_i \left\{ \frac{p_{ijk}(t \leq T)}{P_j} \right\} \quad (13)$$

ここで

$C_j$ : 都市圏内の消防署・分署から出動した救急車両が地区  $j$  の重傷者を救命制約時間内に都市圏内後方病院搬送できる可能性を示すアクセシビリティ

$E_i$ : 消防署・分署  $i$  が所有する救急車両台数

$p_{ijk}(t \leq T_s)$ : 消防署・分署  $i$  から出動した救急車両が地区  $j$  の重傷者を救命制約時間内  $T_s$  に後方病院  $k$  に搬送できる時間信頼性

$P_i$ : 地区  $i$  内で発生した重傷者数

## 5. ケーススタディ

### 5-1 ケースの設定

カーラーの救命曲線から死亡率が 50%まで上がってしまう確率は重篤度ごとに、①心臓停止後約3分、②呼吸停止後約10分、③多量出血後約30分であることがわかっている。先に論じたとおり、被災者は大量出血者として、救命率 50%のケースを評価することとし制約時間を 30 分とした。また交通行動、リンク、救急車交通量軽減等のパラメータは表 3 に示す。

### 5-2 救命時間信頼性アクセシビリティ分析

式(13)を用いた各地区の救命制約時間信頼性を図3と4に、信頼性ACを図5と6に示す。被災リンクが1本もないケース1と、被災リンクの全てが寸断されるケース2について評価を行う。駆付け搬送経路が存在する場合、一番信頼性の高い経路を採用している。

図3と4は、時間信頼性を40%から100%の間で6段階に分け、21のゾーンに色別で分布を示したものである。赤色に近づく程、制約時間である30分以内の到着が難しくなり、青色に近づく程、到着に30分を要さないことを表している。図3、4より、市街地などの消防署から支所、支所から病院の距離が近い地区では時間信頼性が高いことが分かる。例えば、中央消防署と

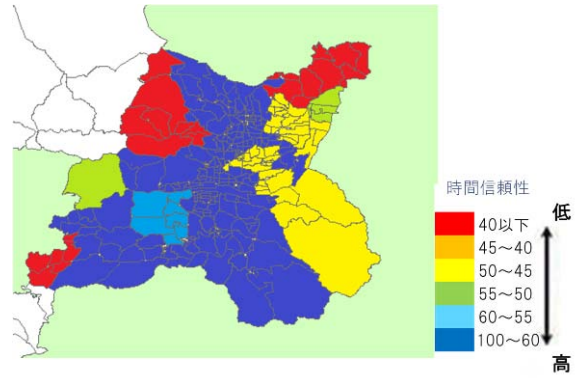


図3 ケース2の救命制約時間信頼性分布

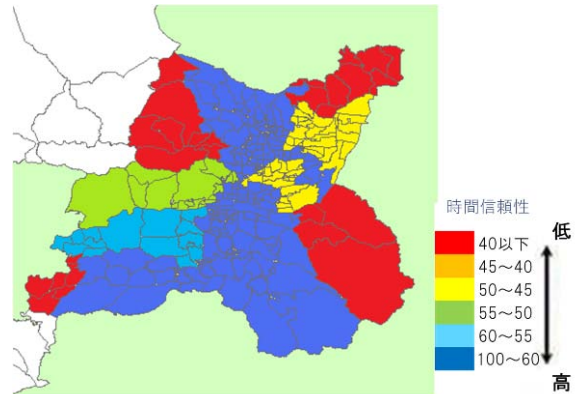


図4 ケース1の救命制約時間信頼性分布

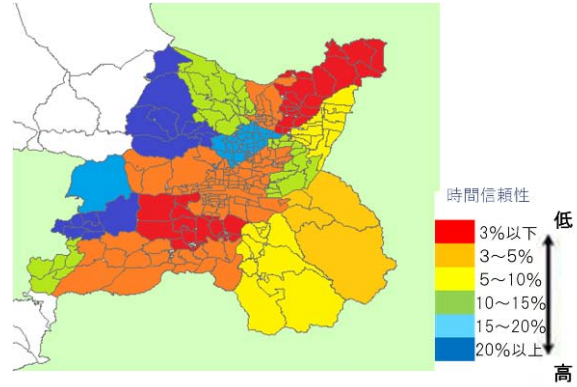


図5 ケース1の救命制約時間信頼性AC分布

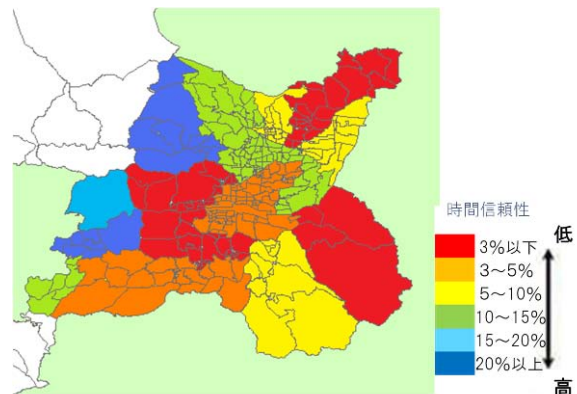


図6 ケース2の救命制約時間信頼性AC分布

中央病院のある三輪地区では、距離がかなり近い  
ため、救命制約に対する時間信頼性が高いことがわかる。  
一方、山間地区や病院が地区内に無い地区では、時間  
信頼性が低いことが分かる。さらに、ケース1よりも  
ケース2の方が通行不可のリンクが増えたため、全体  
的に時間信頼性が減少していることがわかる。とくに  
中心市街地から西にかけてのゾーンで時間信頼性が低  
下していることがわかる。

つぎに救命制約時間信頼性ACを図5、6に示す。時  
間信頼性を、発生するとされる重傷者数で除して、一  
人当たりの時間信頼性が算出されているために、信頼  
性が低いことがわかる。図3、4と図5、6とを比較す  
ると、消防署や病院が近くに配置されていても、重傷者  
の数が極めて多い、または重傷者の数に対して緊急車  
両台数が少ないと時間信頼性は低下していることが分  
かる。例えば、篠ノ井消防署と篠ノ井病院のある篠ノ  
井地区では、距離は近いが、重傷者数が極めて多く、  
さらに、緊急車両台数が重傷者数に対して少ないため、  
時間信頼性が低下している。

## 6. まとめ

本研究では、信濃川断層で地震が発生した時の長野市  
の被害状況や交通状況を整理し、所要時間における時  
間信頼性の評価を行い、これにアクセシビリティを考  
慮することによってより実態に則した被害予測を行っ  
た。さらに、これを考慮して各消防署、各病院の時間  
信頼性を評価し、最適な勢力圏を決定した。本章では  
研究から得られた知見を述べる。

(1) 平成14年長野県地震対策基礎調査報告書から、  
長野市の被害状況として、盛土、切土は多数存在し、  
その被害箇所も多いことがわかった。特に切土は、被  
害箇所がおおく、高い確率で被災することが分かった。  
これより、地震の被害はもちろん、地盤崩壊でも大き  
な被害が及ぶことが分かった。

(2) 盛土、切土のみでなく、橋梁部分での被災も多  
いことが分かった。これは、橋自体の崩壊だけでなく  
液状化による橋脚部分の被災も含めて予測されている  
ため、液状化による橋周辺への被害もあると予測され  
ることが分かった。

(3) 各地区の住宅被害率は、市街地、山間地区での

違いよりも、木造住宅戸数の多い、少ないに大きく関  
わっていることが分かった。よって、総世帯数が多く  
ても、木造住宅でなければ被害は軽減できることが分  
かった。また、これに伴い、住宅の崩壊により下敷き  
になるなどの被災が軽減できるので重傷者数も減少す  
ると予測できる。

(4) アクセシビリティを考慮しない状態で時間信頼  
性の評価を行うと、リンクの多い市街地の信頼性は高  
く、山間部では病院や消防署も少ないために時間信頼  
性は低いことが分かった。また、通行可能リンクが多  
いほど長野市全体の時間信頼性は上昇することが分か  
った。

(5) 豊野地区では、最近合併したこともあり、長野  
市よりも須坂市に近い消防署や病院があるため、長野  
市での検討では時間信頼性は低くなってしまった。

(6) アクセシビリティ型信頼性として分布図にする  
と、重傷者数の多い地区は時間信頼性が低かった。し  
かしながら、重傷者数が多くても、消防署や病院の位  
置が近く、なおかつ、出勤元の消防署の所持する緊急  
車両台数が多ければ、アクセシビリティ型信頼性は高  
くなることが分かった。

## 参考文献

- 1) 高山、黒田：救急車の走行時間信頼性からみた救急  
拠点の最適配置に関する研究、日本都市計画学会  
学術論文集、pp. 595-600、2000. 10.
- 2) 陶山、秋山、奥嶋：都市道路網における緊急時交通  
情報提供の効率的運用に関する検討、第23回交通  
工学研究発表会、論文報告集、pp. 201-204、2003. 10
- 3) 尾曾、柳沢、高山他：マルチエージェントを適用し  
た被災時救急搬送サービスの評価について、平成20  
年度土木学会中部支部研究発表会概要集、  
pp. 403-404、2009. 3
- 4) 平成14年長野県地震対策基礎調査報告書
- 5) 内田 敬：情報提供を考慮した動的経路選択の交通  
行動分析に関する研究、pp. 113-136、1993. 12
- 6) 増井、尾曾、柳沢、古本他：信濃川断層を考慮した  
被災時救急搬送サービスの信頼性評価に関する研究、  
平成21年度土木学会中部支部研究発表会概要集、  
pp. 393-394、2010. 3