

## 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

長野工業高等専門学校 ○尾曾 真理恵

長野工業高等専門学校 正会員 柳沢 吉保

金沢大学大学院 フェロー 高山 純一

長野工業高等専門学校 松本 隆嗣

岐阜大学 廣川 和希

### 1. はじめに

第四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ひとつとされている。地域防災計画において各種災害に対する予防対策を検討するほか、複雑・多様化する火災や事故などの災害に対して、消防・救急・救助体制の充実が求められている。とくに長野市では「消防や救急救命活動が迅速に行われているか」の問に対して現状は63.4%であり、目標値から大きく乖離している。長野市の災害発生危険地点に対して、救急車両を迅速に搬送先に搬送するため、救急拠点の配置とともに最適搬送経路への誘導方法を検討する必要がある。

緊急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。ただし、陶山らも指摘しているように被災時などの緊急には日常的な交通状態から大きく変化することと、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、ドライバー個々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<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、救急拠点配置および救急搬送車両の経路選択問題にマルチエージェントを適用することを考える。具体的には、(1)緊急拠点、駆けつけ現場、搬送先を含むモデルネットワークの設定、(2)日常時および被災時の交通行動のシナリオの設定、(3)マルチエージェントシミュレーションを考慮した場合の、最適搬送経路の検討を行い、救急搬送問題の課題を明らかにすることを目的とする。

### 2. モデルネットワークの設定

本研究における緊急拠点、駆けつけ現場、搬送先を含むモデルネットワークを図1に示す。

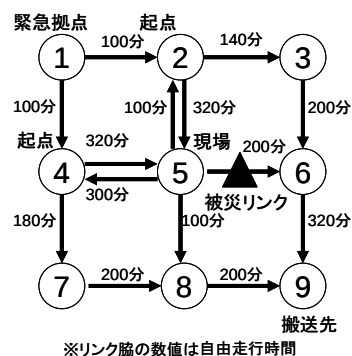


図1 モデルネットワーク

図1に示す起点(セントロイド2と3)から終点であるセントロイド9に向かってトリップが行われているとする。救急車両は救急拠点(ノード1)から出発し、駆けつけ現場(ノード5)に向かい、現場から搬送先セントロイド9に向うネットワークを考える。トリップは矢印方向のみ行われるとする。すなわち OD 数は2で、それぞれ経路数は5とする。

また、被災後時のネットワークは、被災により、被災リンク地点で道路が破損し、通過できない状態となっていることを想定する。したがって救急車両は現場に駆けつけたのち、被災リンクを避け、別のルートで搬送先に向かうものとする。

### 3. 本シミュレーションシステムの概要

本シミュレーションを構成するサブシステムは以下のとおりである。

①モデルネットワークでの経路交通量の初期状態作成: IA法により、初期状態を作成する。リンクBPR関数の $\alpha$ は0.15、 $\beta$ は4とした。

$$t_a = t_{a0} \times \{1 + \alpha (V_a / C_a)^\beta\} \quad (1)$$

②初期状態のネットワークにおいて、OD交通のday-to-day繰り返し行動を収束するまで行う。経路 $r$ の選択確率は、ロジットモデルで与えた。経路選択効用関数は、式(2)のように目的地までの予測所要時間および早着・遅着時間を考慮した。ここで、 $t_r$ は予測所要時間、 $t_d$ は到着指定時刻、 $t_n$ は $n$ 日目の実所要時間、 $a, b, c$ は時間損失効用係数。 $\omega$ は経験に対する重み係数とする。予測所要時間は式(4)により毎日更新される。

$$V_r = a \cdot t_r + C_p \quad (2)$$

$$C_p = \{ \text{早着}(t_d > t_r) : b(t_d - t_r), \text{遅着}(t_d < t_r) : c(t_r - t_d) \} \quad (3)$$

$$t_r = t_r + \omega(t_n - t_r) \quad (4)$$

被災時には、収束状態後に被災リンクを通行止めとして、シミュレーションを1回のみ行う。情報提供による経路誘導を行う場合は、提供情報による予測所要時間の変更を別途行うこととする。

③初期状態のネットワークにおいて、マルチエージェント(M.A)を考慮した day-to-day の繰り返し行動を収束するまで行う。各エージェントの経路選択行動および予測所要時間の更新はサブシステム②に従うものとする。係数  $a, b, c$  および更新係数  $\omega$  は、個々のエージェントごとに値を与えた。ただし、それぞれの平均値は②で与えた  $a, b, c$  および  $\omega$  と一致させた。

④ここでは、②および③で得られた経路選択状態のもとで、救急車両の緊急拠点から救急現場、救急現場から搬送先までの各経路所要時間と最短経路を探索する。救急車両のBPR関数については、高山ら<sup>1)</sup>の研究成果を用い、式(5)のリンクBPR関数について、現場までの  $\gamma$  を0.35、現場から搬送先までの  $\gamma$  を0.7とした。

$$t_a = t_{a0} \times \{ 1 + \gamma \cdot \alpha (V_a / C_a)^\beta \} \quad (5)$$

#### 4. 数値実験結果

経路選択効用と予測所要時間更新に関し、 $a = -0.06$ ,  $b = -0.06$ ,  $c = -0.15$ ,  $\omega = 0.4$  とした。紙面の都合上、今回は被災が生起していないケースについてのみ数値実験結果を示す。前章で示したM.Aを適用しない場合の、起点からの最短経路を図2に、そのときの救急車両の最短経路を図3に示す。つぎにM.Aを適用した場合の、起点からの最短経路を図4に、そのときの救急車両の最短経路を図5に示す。

M.Aを考慮しないときのOD間最短経路は、OD1が経路1、OD2が経路2で、それぞれ総走行時間は59分であった。このときの緊急車両の最短経路はOD1経由が経路1、2、OD2経由が経路2、3の4経路であり走行時間は55分であった。

M.Aを考慮したときのOD間最短経路は、OD1が経路1、2、OD2が経路2、3で、それぞれの総走行時間は58分であった。緊急車両の最短経路はOD1経由が経路2、OD2経由が経路3の2経路あり、それぞれ走行時間は54分でM.Aを考慮しない場合の最短経路とは異なった。

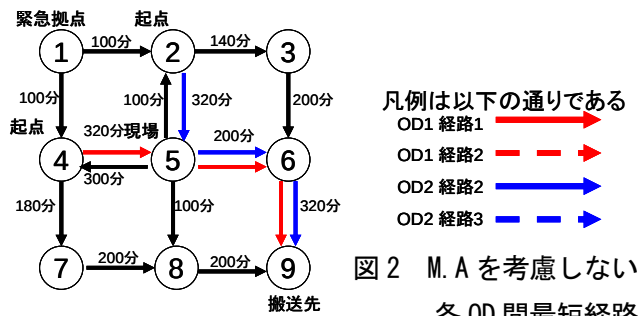


図2 M.Aを考慮しない  
各OD間最短経路

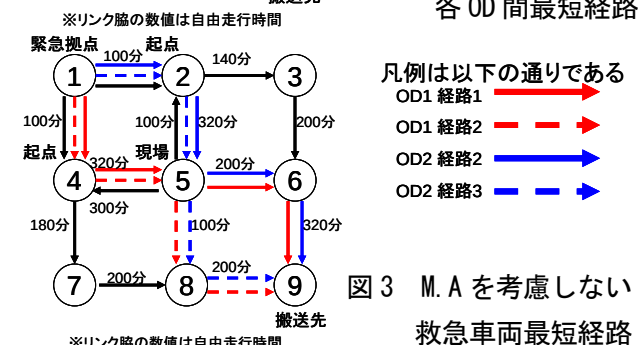


図3 M.Aを考慮しない  
救急車両最短経路

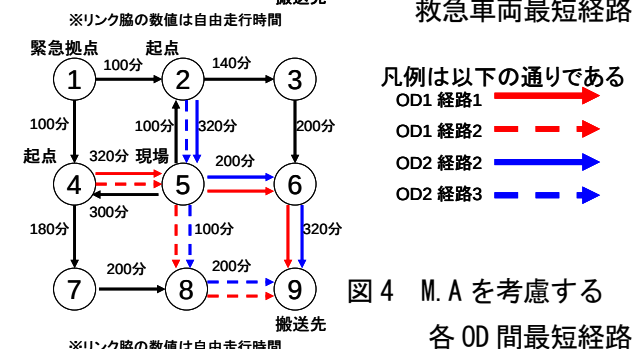


図4 M.Aを考慮する  
各OD間最短経路

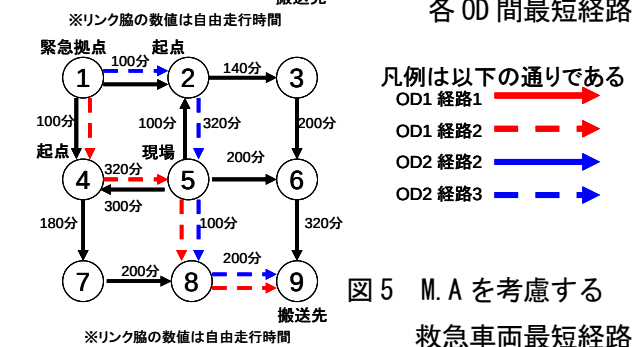


図5 M.Aを考慮する  
救急車両最短経路

#### 5. まとめ

本研究の数値実験によって、個々のドライバーの意思決定を考慮した、より現実的な経路交通状態において、緊急車両を最短経路への誘導するための情報提供や緊急拠点の配置を検討する必要があることが分かった。発表時には、さらに被災時の数値実験結果も示し、救急搬送問題の課題を整理する。今後の課題は、広域合併市町村における消防署(救急拠点)の再編統合計画の検討システムの提案を行う。

#### <参考文献例>

- 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、都市計画論文集、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) 柳沢、高山、廣川：マルチエージェントを適用したネットワーク信頼性評価のための交通行動モデルの構築、長野高専紀要 Vol. 42、ウェブ版、2008.6