

ITS を活用した災害時における緊急車両の走行支援に関する研究

○金沢大学工学部

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

田中 健太郎

高山 純一

中山 晶一郎

1. はじめに

近年日本では阪神淡路大震災や新潟中越地震、九州西方沖地震など大規模な地震が多く発生し、異常気象(多数の台風・洪水)により大きな被害を受けている。地震発生数・台風発生数は年々増加しているが、特に台風による被害数や、震度 5 弱以上の大規模地震が大きく増加してきている。災害発生直後には、連続多発の被害が発生し、建物の倒壊や道路破壊により突発的に経路が遮断される恐れがあるため、緊急車両の迅速かつ確実な走行が必要となる。また、緊急車両のルート確保のため、災害発生直後から応急復旧が行われるが、復旧作業人員の不足や災害によるパニックにより復旧作業が思うように進まず、多くの日数がかかってしまうのが現状である。そのため、応急復旧をスムーズに行うためにも、適切で効率的な応急復旧手順を決定する必要がある。

近年 ITS (Intelligent Transport Systems) 技術が発達し、各分野での導入も進んでいる。この ITS 技術は国土交通省によって提示されている 9 つの開発分野にあるように、救急車両の運行支援にも非常に有効である。つまり、ITS を活用することにより、患者をより早く、より確実に搬送する効果を生むと予想される。しかし、緊急車両の運行支援の技術開発は、国土交通省によって提示されている他の開発分野にくらべ研究や導入があまり進んでいないのが現状である。

本研究では、災害時特有の条件下において、経路誘導や信号制御の ITS 技術がどのような効果を及ぼすのか、その有用性を検証し、初期段階において、特に連続多発する出動要請に対応するために、緊急車両走行の視点からリンクの応急復旧優先順位を導出するモデルの開発を目標とする。

2. アプローチ

本研究では、以下の特徴的な点を考慮し検証を行う。

1) 応急復旧

本研究では、路面の完全な復旧ではなく、初期段階の緊急車両走行の視点から考えた応急復旧を対象とする。

応急復旧の考え方としては、対象を、倒壊家屋の路面からの除去、瓦礫の除去、信号機の修理、路面ひび割れの充填など、車両の走行に支障をきたす比較的対処しやすい被害とする。

2) 災害発生後における交通容量の算出方法

先にも述べたが、災害が起これば、建物の倒壊や道路破壊により突発的に経路が遮断される恐れがある。そのため、対象ネットワークの全リンクについて、それぞれの道路閉塞状況を予測し、災害時の交通容量を決定する。道路閉塞要因を①地盤特性による閉塞(道路陥没、段差など)、②路上特性による閉塞(倒壊家屋、瓦礫被害など)に分け、それぞれの道路閉塞危険度指標を平常時の交通容量に乗じることで災害時交通容量を算出する。本研究では応急復旧を対象としているため、応急復旧後は②路上特性による閉塞のみを解消することとする。そのため、応急復旧後でも①地盤特性による道路閉塞危険度指標は乗じられたままとする。

3) 災害時交通量の推計

災害発生直後の OD 交通量に関する交通量データは入手困難なため、平常時交通量をもとに推計する必要がある。被災当日の自動車発生交通量は平常時と比較すると、約3割減となる³⁾ことから、PT データを 0.7 倍し、災害直後の交通量とする。求められた災害時交通量を確率的均衡配分し、リンク交通量を算出する。

4) 経路誘導・信号制御

ITS による経路誘導は、常に最短時間経路を選択できるものとし、ダイクストラ法により求められた経路を走行させる。経路誘導がない場合は、確率的均衡配分から得られた経路を常に選択するものとする。信号制御は、信号遅れなどの交差点内での損失時間を削除するという考え方から、本研究では交差点での損失時間を 0 分とする。信号制御がない場合は、走行車線や横断車線の交通量により信号遅れが生じてしまうため、交差点に到達する度に交差点損失時間 τ (今回は $\tau=0.1$ 分とした) が確率的に与えられるとし、旅行時間に加えることで損失時間を表

現する。

5)緊急車両の走行特徴

緊急車両の場合は、一般車両の場合と異なり、サイレンを鳴らして道路を通過できるため、一般車両の場合よりも交通量から受ける影響が少ないと考えられる。よって自由走行時間の短縮を考慮した加工 *BPR* 関数(式(1))によってリンク走行所要時間とする。

救急車の傷病者搬送中の速度は、応急処置を行うため振動を避け駆けつけ時よりも遅いという特徴がある。したがって、救急車両のリンクコスト関数を設定するにあたり、リンクコスト関数は「現場駆け付け時」と「搬送時」の2つに分ける必要がある。そこで、走行時間軽減係数 *e* を、「駆け付け時：*e_α*」,「搬送時：*e_β*」に分け、走行の違いを表現する。

$$t_a(V_a)=t_{a0}\left\{1+er\left(\frac{V_a}{C_a}\right)^k\right\}$$

(1)

- V_a*：リンク *a* の交通量

C_a：リンク *a* の交通容量

t_a(V_a)：リンク *a* の走行所要時間

t_{a0}：リンク *a* の自由走行時間

r, *k*：パラメータ(*r*=0.15・*k*=4)

e：走行時間軽減係数
- (駆け付け時：*e_α*,搬送時：*e_β*)

具体的な算出の流れは次のとおりである。まず推定した災害時 *OD* を確率的均衡配分し、リンク交通量を算出する。それをもとに加工 *BPR* 関数からリンク所要時間を算出する。そして、ア) *ITS* なし、イ)経路誘導のみあり、ウ) *ITS*あり(経路誘導、信号制御あり)の3つのパターンを比較し、*ITS* 技術の有用性を検証する。

応急復旧の優先順位の算出は、緊急車両の走行上の道路利用度、分散の点から優先順位を求める。

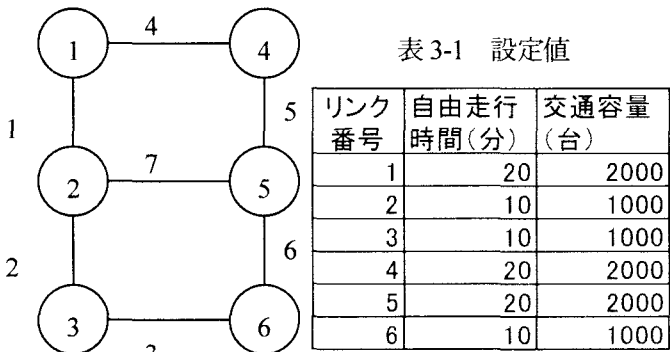


図 3-1 仮想ネットワーク

3. 仮想ネットワークへの適用

後に述べる広域地域ネットワークへの適用の前段階として、図 3-1 に示す単純な仮想ネットワークに適用し、検討を行う。加工 *BPR* 関数のパラメータは *r*=0.15 *k*=4、配分する *OD* 交通量は、ノード 1 からノード 6 までの 2500 台とする。このシミュレーション上で2つの検証を行う。i)このネットワークにおいて、起点ノードを①、終点ノードを⑥とし、ア) *ITS* なし、イ)経路誘導のみあり、ウ) *ITS* あり(経路誘導、信号制御あり)の3つのパターンを比較し、*ITS* 技術の有用性を検証する。ii) 1 起点全終点の最短経路から緊急車両の走行上の道路利用度、旅行時間の分散の点から応急復旧優先順位を求める。そこで、優先順位から算出された最も効果的なリンクを応急復旧させた場合と、ランダムに選択されたリンクを応急復旧させた場合とを比較し、優先順位を決定する指標の有用性を検証する。

4.広域地域ネットワークへの適用

ここまでで示してきた方法論を実際の広域地域の道路ネットワークに適用してケーススタディを行う。そしてどのような地域にどの程度の効果が見込めるのかを考察する。

5. おわりに

本研究では、災害時での緊急車両における経路誘導・信号制御の導入効果の算出方法の提案、また導入効果の予測、効果的な応急復旧順位の提案を行った。仮想ネットワークでの検証結果と、広域地域での適用結果は講演時に発表する。

参考文献

1) 高山 純一, 中山 晶一郎:災害時における ITS を考慮した緊急車両の走行時間信頼性解析モデル, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol: 58, pp.733-734 , 2003 年

2) 所 俊宏, 高山 純一, 中山 晶一郎:時間信頼性を考慮した緊急車両の経路誘導・信号制御の導入効果に関する研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.391-392, 2004 年

3) 富田 安夫 他:自動車交通の削減可能性からみた兵庫県南部地震後における交通行動実態分析, 第31回日本都市計画学会学術研究論文集, pp775-780, 1996 年