

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

○金沢大学工学部

所 俊宏

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

高山 純一

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

中山 晶一朗

1. はじめに

緊急搬送サービスは、年々その需要が増加してきている。金沢市における平成 15 年度の救急出動件数は 12,017 件で前年より 919 件の増加、緊急搬送人員は 11,247 人で前年より 745 人の増加であった。過去の出動記録によっても年々、件数は一貫して増加している。救急出動件数のうち急病が 6,710 件で全出動件数の 55.8%を占めており、増加件数も 690 件であり事故種別の中で最も多い。高齢社会に伴い、急病の件数が増加し、ますます緊急搬送サービスの需要の拡大が予想される。

そして、ここ数年二次救急医療体制では対応が困難な心筋梗塞、脳卒中、頭部損傷等の一刻を争う重篤救急患者を扱う三次救急が年々増加する傾向にある。三次救急での救急搬送活動においては、特に、患者を早く、「確実に」搬送することが必要である。

また、近年 ITS (Intelligent Transport Systems) 技術が発達し、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り、患者をより早く確実に搬送する効果を生むと予想される。しかし、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。

本研究ではこのような現状を踏まえ、ある地域に ITS 技術を導入して緊急車両に最適旅行時間を与えた場合、また信号を制御した場合どのような効果が予測できるかをシミュレーションを用いて検証することを目的とする。

2. アプローチ

本研究では、救急活動の ITS 導入効果を評価するにあたって、「救急拠点」～「事故現場」～「救急医療機関」の間の旅行時間を一つの指標とする。これは、三次救急にとって発病から治療にかかる時間が非常に重要であるからである。本研究では以下の 3 つの視点から検討する。

1) 経路誘導

人間の経験によって経路選択を行った場合、そして、情報提供によって最適経路へ誘導した場合、それぞれを想定して、一定期間内でのシミュレーションを行い、2 パターンの

旅行時間を比較することで情報提供の有用性を検討する。ここで、人間の経験による経路選択とは、ネットワーク上で、様々な条件を加味した結果、期待値的に旅行時間が最短であると導き出された経路を毎回選択するものとし、情報提供による経路選択とは確率的に変動する最短経路に対して、毎回最短経路を選択できるものとする。

2) 信号制御

各交差点の信号を制御した場合も、経路選択の条件と同じく、信号制御を行い信号での待ち時間を 0 秒とした場合と、信号制御をしない確率的に待ち時間が発生する場合を想定し、一定期間内でのシミュレーションを行い、2 パターンの旅行時間を比較することによって有用性を検討する。信号の待ち時間の確率は一定分布であるとし、各交差点ごとの影響はないものとする。

以上の 2 つの ITS 技術による支援を同時に行った場合、どれだけの効果があるのかを検証する。

3) 緊急車両の走行特徴

OD ペア間の旅行時間を求めるためには、リンク交通量の変動をリンク走行所要時間の変動へ変換する必要がある。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式(1)によってリンク走行所要時間とする。

$$t_a(V_a) = et_{a0} \left\{ 1 + r \left(\frac{V_a}{C_a} \right)^k \right\} \quad (1)$$

V_a : リンク a の交通量

C_a : 交通容量

$t_a(V_a)$: リンク a の走行所要時間

t_{a0} : 自由走行時間

r, k : パラメータ ($r=0.15 \cdot k=4$)

e : 走行時間軽減係数

(駆け付け時: e_α , 搬送時: e_β)

ヒアリングによると、救急車の傷病者搬送中の速度は、応急処置を行うため震動を避け、出勤途中よりも遅い、という走行に特徴がある。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付け時と傷病者搬送時の2つに分ける必要がある。

具体的な算出の流れは次のとおりである。まず OD 交通量より経路交通量を算出する。次に、算出された経路交通量より、正規乱数を用い、ランダムに経路交通量を算出する。この部分により、日ごとに変化するリンク交通量を生み出す。この経路交通量をリンク交通量に変換しリンク旅行時間を算出する。このリンク旅行時間を用いてダイクストラ法を用いることにより、ある OD 間の日ごとの最短経路と最短旅行時間を導き出す。この経路は先で述べた ITS によって提供される経路となる。

また一方で、同じ OD 交通量より算出された経路交通量を、そのままリンク交通量に変換して最短経路を導き出す。この経路を期待值的に最短である経路であるとする。この経路が先に述べた、人間の経験により短時間で走行できると判断される経路となる。この経路上の、日々のリンク旅行時間の総和が、人間が最短であると判断した経路の日々の旅行時間となる。

最後にこれら2つの旅行時間を比較する。

3. 仮想ネットワークへの適用

後に述べる金沢都市圏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。表 - 1 のように BPR 関数を設定した。尚パラメータは $r=0.15$ $k=4$ 、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、1000 日間のシミュレーションを行った。今回は経路誘導のみをおこなった。

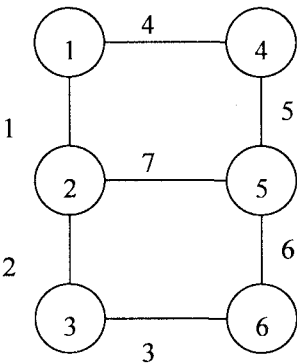


図 3-1 仮想ネットワーク

表 3-1 設定値

リンク番号	自由走行時間(分)	交通容量(台)
1	20	2000
2	10	1000
3	10	1000
4	20	2000
5	20	2000
6	10	1000

誘導を行った場合、平均 41.04 分、期待值的に最短経路を通った場合、平均 41.74 分であった。また、最適経路の変化率は 18.7%であった。

4. 金沢都市圏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金沢市の道路ネットワークに適用して、金沢市の三次救急についての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。ネットワーク図は以下に示すものである。

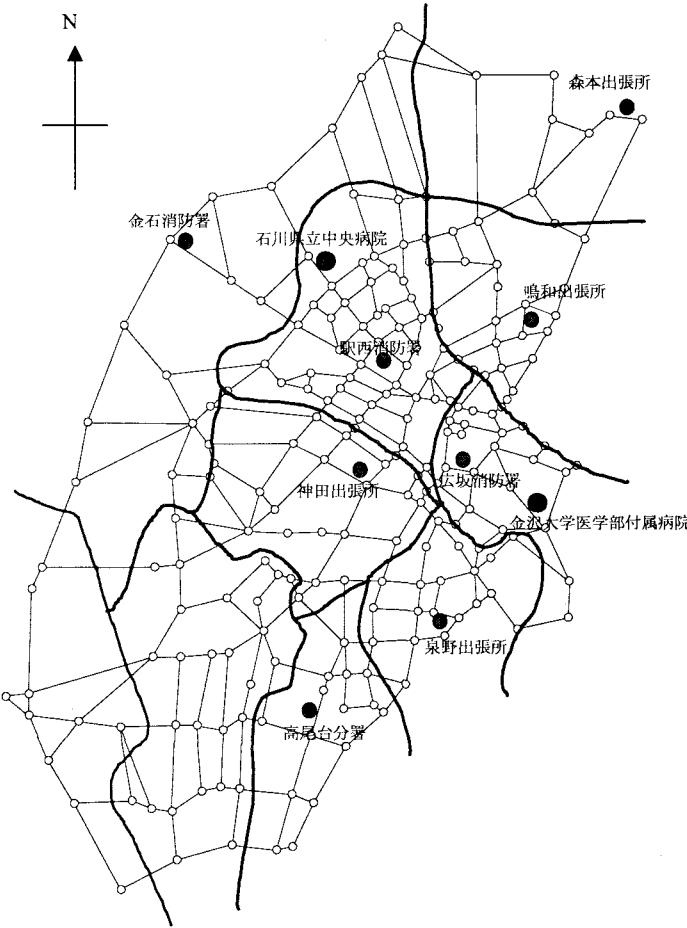


図 4-1 金沢市ネットワーク図

5. おわりに

本研究では、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を行った。金沢市ネットワークへ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, 2003 年, pp.733-734
2) 島崎 翔子, 高山 純一, 中山 晶一郎:ITS を用いた緊急車両の走行支援に関する研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 2003 年, pp.329-330