

救急車の走行時間信頼性からみた救急力評価に関する研究

—金沢市における三次救急—

A study on the evaluation of emergency organization by using the reliability index for traveling time
Of The Emergency Vehicle —Emergency for the heavy patient in Kanazawa city—

高山純一**・田中悠祐***・中山昌一郎****

By Jun-ichi TAKAYAMA** Yusuke TANAKA and *** Syouchirou NAKAYAMA****

1. はじめに

消防に付随して実施されるようになった救急搬送サービスは市民に浸透するとともに、その需要は急速に増加してきている。金沢市における平成9年中の救急出動件数は8423件で、搬送人員は7990人であった。これは、1日平均23件の割合で救急隊が出動し、市民の58人に1人が救急隊によって搬送されたことになる。

救急搬送業務は消防に付随した形で実施されるようになったという背景から、また、専門性の強い医療分野の比重が大きくとらえられていたために、消防の分野ほどには研究が進んでおらず、その業務内容は救急隊員の経験によるところが大きい。また、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。さらに、三次救急については指定医療機関が少ないために、地域によって救急搬送サービス水準の偏りが大きいと考えられる。

本研究では、以上のような状況を踏まえ、三次救急搬送業務の現状を分析し、救急車両の走行時間信頼性の算出による救急搬送サービスのサービスレベル評価法を提案する。具体的には、金沢市の8つの救急拠点の三次救急搬送サービスの相対評価を行い、金沢市における三次救急搬送サービスのあり方について考察する。

2. 金沢市における救急搬送需要の現状分析

ここでは、金沢市消防本部の協力によって閲覧が可能となった救急業務報告書のデータを分析することにより、金沢市内各署の三次救急搬送サービス水準の相対評価を行なう。

具体的には得られたデータを分析し、金沢市内各署の三次救急搬送サービス水準の相対評価および三次救急搬送活動の現状把握を行なう。そして、その結果を後述する時間信頼性指標の算出時に、救急車両のリンクコスト関数の設定、三次救急搬送サービスの評価基準の参考とする。

(1) 金沢市救急業務報告書のデータ閲覧内容

現在、金沢市の救急隊はその出動ごとに、その救急業務内容の詳細を救急業務報告書として記録している。この救急業務報告書には、搬送活動の時間経過だけでなく、傷病者の傷病内容等、詳細な情報が記載されている。金沢市消防本部の協力により、平成10年救急業務報告書のデータの一部を閲覧することができたので、それに基づきデータの収集作業を行なった。本研究の調査分析の対象とするのは、平成10年の1年間における業務報告書のデータ(三次救急総出動件数154件)についてである。

残念ながら本研究の特徴となるはずであった傷病別搬送形態の変化に関わる箇所は、閲覧できなかった。救急車両と消防車両の走行性の違いは、事故現場から医療機関への搬送時の走行形態にあり、本来ならば現場出発から医療機関到着までの間の所要時間のデータを利用したいのであるが、搬送先医療機関名は残念ながら閲覧できない結果となった。

(2) 三次救急搬送サービスの相対評価

金沢市救急隊8署において、覚知から医療機関到着までの所要時間分布の累加曲線を図1に、また、所要時間の50パーセンタイル値・80パーセンタイ

*キーワード：時間信頼性指標、救急搬送サービス

**正会員,工博,金沢大学工学部土木建設工学科

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20

TEL 076-234-4613 FAX 076-234-4632,

E-mail takayama@t.kanazawa-u.ac.jp

***学生会員,金沢大学大学院自然科学研究科

****正会員,博(工),金沢大学工学部土木建設工学科

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20

TEL 076-234-4614 FAX 076-234-4632

E-mail snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp

ル値を表2にそれぞれ示す。なお、救急搬送サービス力を相対的に評価するにあたり、走行性に関係ない現場処置時間を含んでいると、適切な評価ができないと思われる。したがって、図1・表1の結果には現場処置時間は含まれていない。

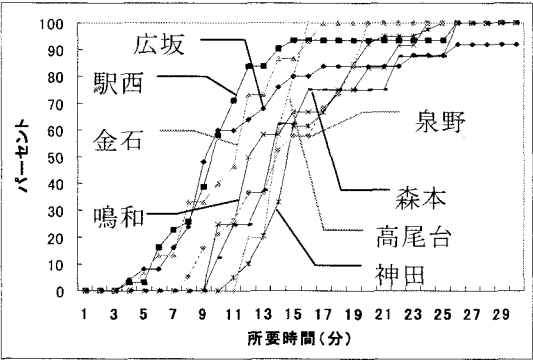


図1 搬送所要時間についての累加曲線

表1 搬送所要時間の50パーセンタイル値
および80パーセンタイル値(分)

	広坂	駅西	金石	鳴和
50パーセン タイル値	9.2	9.6	11.1	12
80パーセン タイル値	15	11.7	13.5	19.6
	神田	泉野	高尾台	森本
50パーセン タイル値	14.6	13.8	13.8	13.5
80パーセン タイル値	18.5	18.6	15	21.4

この結果、もっとも早く累積値が80%を越えるのは、駅西署であり、金石署、広坂署、高尾台署、神田署、泉野署、鳴和署、森本署の順になっている。グラフでは曲線が右側にシフトしているほど、その署における医療機関までの所要時間が長く、覚知から医療機関到着において、サービス水準が低いことを示している。この図1において、最もサービス水準が良好と思われるのは駅西署で、サービス水準が最も悪いのは、森本署であった。

3. 時間信頼性指標の算出

本節では、救急搬送サービス水準を評価するための指標である、救急車の走行時間信頼性指標の算出方法を示す。

まず、道路ネットワーク全リンクの交通量をリンク間相互の相関関係を考慮して把握する方法を示す。次に、救急車のリンクコスト関数を、現場駆け付け時と医療機関搬送時に分けて設定し、時間信頼性指標の算出手法を示す。

(1) 交通量変動の推計

道路網の時間信頼性指標を求めるためには、すべてのリンクの交通量変動が求まっていなければならない。しかし、実際に交通量の変動特性が求まるリンクは交通量観測が常時行われているものに限定される。したがって、道路網の時間信頼性指標を計算するためには、交通量観測が実施されていない非観測区間の交通量を何らかの形で推計して、全てのリンクの交通量変動を求めることが必要である。

ここでは、道路区間交通量の変動分布形を正規分布と仮定し、交通量相互に存在する相関関係を利用して擬似的に相関を持つ正規乱数を発生させることによって、非観測区間交通量を推計するモデル³⁾を利用することにする。

(2) 時間信頼性指標の算出

ODペア間の時間信頼性指標を求めるためには、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。ここではまず、交通量の変動をリンク走行所要時間の変動へ変換する方法を提案し、それを用いたODペア間の所要時間の確率分布について考え、その確率分布から時間信頼性指標を算出する方法を述べる。

●救急車のリンクコスト関数

一般車両の場合、一般に交通量(V_a)と走行所要時間 $t(V_a)$ の関係式として(1)式のようなリンク交通量に対する単調増加なB.P.R関数が用いられている。

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

V_a : リンクaの交通量

C_a : 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の自由走行所要時間

r, k : B.P.R関数のパラメータ

しかし、救急車などの緊急車両の場合是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。そこで、ここでは救急車のリンクコスト関数を次の2つの場合に分けて考える。

(A) 非渋滞時の場合

非渋滞時とは、道路が交通渋滞によって閉塞していない場合のことである。ここで道路の閉塞とは、リンクが一般車両によって満たされ緊急車両のすり抜けが出来ない状態のことをいう。この非渋滞時の場合には、一般車両の場合よりも交通量から受ける影響が小さいと考えられ、式(1)の第2項の交通量に関する項に、係数 α を乗じて交通量からの影響を軽減してやる必要がある。

$$t_e(V_a) = t_{a0} \left\{ 1 + e r \left(\frac{V_a}{C_a} \right)^k \right\} \quad (2)$$

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 の自由走行所要時間

r, k : B.P.R 関数のパラメータ

e : 交通量影響軽減係数

(B) 渋滞時の場合

渋滞時とは、道路が交通渋滞によって閉塞している状態で、一般車両の場合と交通量から受ける影響がほぼ同じものとする。この場合は一般車両と同様のリンクコスト関数式(1)を用いて走行所要時間を推定する。

●OD ペア間の時間信頼性の算出

リンクコスト関数の設定により、OD ペア間の所要時間の確率分布関数、確率密度関数を求めることができる。以上により最終的に求まる時間信頼性指標は、「所与の時間(T)で目的地へ到達できる確率(P_{ij})」を表し、数式で表すと以下ようになる。

【目標時間T以内でOD ペア i, j 間をトリップできる確率】

$$P_{ij}(T) = \int_{-\infty}^T \phi_{ij}(t) dt \quad (3)$$

ここに、 $\phi_{ij}(t)$ は OD 所要時間の確率密度関数である。

(3) リンクコスト関数のパラメータ設定

ここでは、式(2)で使用したパラメータ e を実際の救急業務報告書のデータを利用して設定する。

●使用データ

使用データは、平成9年度金沢都市圏パーソントリップ調査報告書⁴⁾の配分交通量、混雑度と金沢市消防本部から頂いた救急業務報告書のデータである。

● e の設定方法

救急車の走行性は、現場までの駆け付け時と、医療機関までの搬送時では異なる場合が存在する。現場までの駆け付け時では、どんな状況にも対応できるように、とにかく早く駆け付けけるが、医療機関までの搬送時は、その傷病内容や傷病程度によって、振動を与えないように、また、応急処置が行えるようゆっくり搬送する場合があるため、走行性が異なる。本研究では、式(2)の交通量影響軽減係数 e を駆け付け時と搬送時の2つに分けて設定する。

e の設定は、まず救急業務報告書のデータから、救急拠点から出動現場までの駆け付け所要時間、現場から医療機関までの搬送所要時間を把握する。次に各署から現場までの経路に沿って通行リンクを抜き出し、それぞれのリンクについて式(2)に平成9年度金沢都市圏パーソントリップ調査報告書から得た交通量、混雑度、BPR 関数のパラメータ値($r=0.15, k=4$)を与え、 e に任意の値を代入して求める所要時間を求める。その和をとり、署から現場までの所要時間を求めた。求めた所要時間と救急業務報告書のデータの所要時間とを比較し、 e を変化させて実際の所要時間との誤差が最小となるように e を決定する。

なお、 e の値は、講演時に発表したい。

4. 救急搬送サービス水準の評価

本節では、時間信頼性指標から救急搬送サービスの水準を評価する方法を示し、金沢市幹線道路ネットワークを対象に、三次救急に関する搬送サービス水準を評価する。

まず、救急拠点(消防署)ノードから目標時間内に医療機関まで到達できる確率を式(3)を用いて、それぞれ計算する。次に、救急車が到達できるであろうと思われる基準確率を設定し、それを上回るノ

ードについては救急搬送サービスが行き届いていると判断する。以上の方法により、各地域の三次救急搬送サービスのサービスレベルを評価する。

本研究では目標時間・基準確率をそれぞれ14分・80%と設定した。目標時間の設定は、傷病内容によっても異なるため、今回は救急業務報告書の総搬送所要時間(三次救急)の平均値14分を設定することで、相対的な評価とした。また、基準確率は安全性・現実性を考慮するために80%と設定した。

5. 金沢市におけるケーススタディ

(1) 対象道路ネットワーク

今回適用した金沢市の道路ネットワークはノード数152・リンク数260の幹線道路ネットワーク(図2)である。今回は、将来の幹線道路の整備計画を検討するために細街路は考慮せず、幅員6m以上の道路のみを対象とする。

なお、搬送先医療機関は、三次救急医療に指定されている3つの医療機関(金沢大学医学部附属病院・石川県立中央病院・金沢医科大学病院)を選定した。



図2 金沢市における対象ネットワークと救急拠点(消防署)

(2) 三次救急の搬送サービス水準の評価

平成9年度金沢都市圏パーソトリップ調査報告書に記載されている交通量、混雑度、また3節で設定した救急車のリンクコスト関数から、時間信頼性指標を金沢市の8署について算出し、各地域の救急搬送サービス水準を評価する。

その結果については講演時に発表したい。

6. 本研究の成果

本研究では、時間信頼性を用いた救急力の定量的評価を行う手法を示した。また、その手法を金沢市の対象ネットワークに適用し、金沢市の三次救急の救急力評価を行った。

本研究で示すように、複雑な救急業務のサービス水準について、三次救急医療体制における出動から搬送までの所要時間に着目して定量的に評価できれば、近年盛んに行われている大型病院の郊外移転の移転先の決定や三次救急医療の指定病院の決定などに、非常に有用な情報を提供できるものと思われる。

7. 今後の課題

時間信頼性の算出に際して緊急車両のリンクコスト関数を設定したが、得られた救急車の出動データに記載されている情報が大きめで少ないため、十分に正確なパラメータを設定することができなかった。よって今後、消防署に対するヒヤリング調査を重ねて、データの収集などを行い、さらに精度の高い緊急車両のリンクコスト関数を設定していかなければならない。

[参考文献]

- 1) 若林拓史・飯田恭敬:「交通管理運用策による道路システムの信頼性向上効果」, 土木計画学研究・講演集, No.14(2), pp.51~54 1991年
- 2) 朝倉泰男・柏谷益男・藤原健一郎:「交通ネットワークにおける迂回の限度を考慮したODペア間信頼性の指標」, 土木学会論文集, No. 555/IV-34, pp. 41-50, 1997年1月
- 3) 高山純一・飯田恭敬:「常時観測量データを用いた非観測区間交通量の簡易推計法」, 第18回日本道路会議論文集, pp. 1146-1147
- 4) 平成9年度金沢都市圏パーソトリップ調査報告書, 1997年3月
- 5) 高山純一・黒田昌生:「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, No.35, pp. 595~600, 2000年11月