

救急車の走行時間信頼性からみた救急搬送サービスの評価に関する研究*

A Study on the Evaluation of Emergency Care by the Time Reliability of an Ambulance

高山純一**・黒田昌生***・田中悠祐・仁科裕美子

By Junichi TAKAYAMA**, Masao KURODA***、Yusuke TANAKA and Yumiko NISINA

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。最近では、医療施設の老朽化による建て替えや医療保険制度の改正の影響などにより、医療機関の郊外化がすすんでおり、救急業務にも影響をあたえている。

本研究では、以上のような状況をふまえ、救急搬送業務の現状を分析し、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、金沢市における救急搬送サービス水準を評価するとともに、近年の医療機関の郊外化が救急搬送業務に与える影響を評価する。また、サービス水準向上策として、救急需要を考慮した救急拠点管轄エリアの最適化について検討する。

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、金沢市内各署の救急搬送サービス水準の相対評価および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、救急車両リンクコスト関数の設定、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、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1月～6月の半年間における救急業務報告書のデータ(総出動件数4421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) 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グラフを図1に示す。なお、救急搬送サービス力を相対的に評価するにあたり、全出動件数を用いる場合、医師の依頼による転送や傷病者本人のかかり付け医療機関への搬送など、必要以上に所要時間が長くなる場合が含まれるので、ここでは、直近(医療機関選定者が救急隊であり、医療機関選定理由が直近適応の場

*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 076-234-4650 FAX 076-234-4644,

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

合)の件数のみを本分析の対象とした。

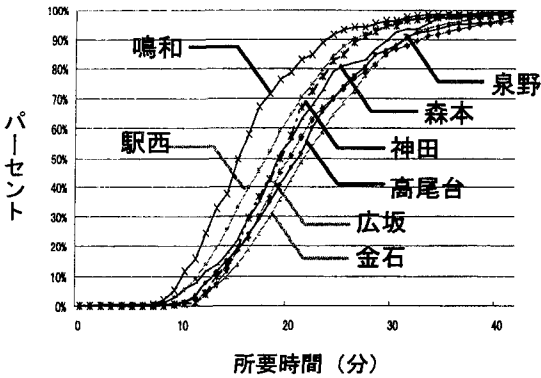


図1 搬送所要時間についての累加曲線

この結果、もっとも早く累積値が80%を越えるのは、鳴和署であり、駅西署、神田署、森本署、泉野署、高尾台署、広坂署、金石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鳴和署で、サービス水準が最も悪い傾向にあるのは、金石署であった。

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られる。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_a)の関係式として、次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。

しかし、救急車などの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。そこで、ここでは消防車の場合と同様に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。

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

t_{a0} : リンクaの自由走行所要時間
 C_a : リンクaの交通容量
 r, k : パラメータ

(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。

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

t_{a0} : 自由走行所要時間
 C_a : 交通容量
 r, k : パラメータ
 α : 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、所与の時間で目的地へ到達できる確率を表し、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】

$$P_{ij}(T) = \int_0^T \phi_{ij}(t) dt \quad (3)$$

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 α 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ナルトリップ調査報告書⁴⁾の配分交通量、混雑度、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。

● α 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 α を駆け付け時と搬送時の2つに分けて設定する。

α の設定は、まず救急業務報告書のデータから、救急拠点から出勤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ナル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、 α に任意の値を代入して求ま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る。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、 α 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な α を決定する。

以上より、金沢市において駆け付け時 $\alpha=0.35$ 、搬送時 $\alpha=0.7$ であった。これより、駆け付け時に比べ搬送時は、ゆっくり走行していることがわかる。

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において、救急搬送サービス水準を評価する。

(1) 時間信頼性指標からの救急搬送のサービス評価
まず救急拠点(消防署)ノードから目標時間内まで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20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の平均値20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、搬送件数が比較的多い13の医療機関(全体の80.7%の搬送件数を占める)を選定した。

(2) 救急搬送サービス水準の評価

交通量変動、交通容量、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。その結果を図2に示す。

20分以内に80%以上の確率で搬送可能なノードは、市の中心部に多い。これは、医療機関が中心部に多く分布していることが要因であると考えられる。

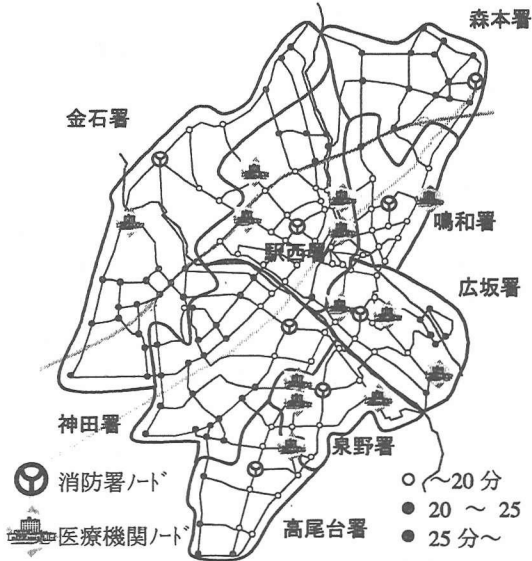


図2 金沢市における救急搬送サービス水準の評価

6. 医療機関の郊外化による影響評価

ここでは、近年の医療機関の郊外化が救急搬送業務に与える影響を考察するために、15年前の医療機関の位置での救急搬送サービス水準を評価する。その結果を図3に示す。

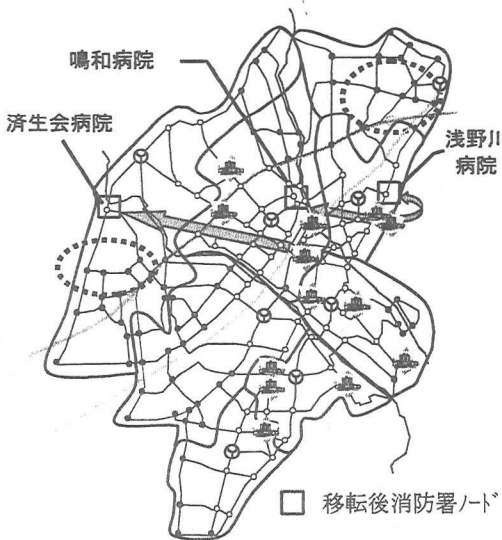


図3 15年前の救急搬送サービス水準の評価

15年前の医療機関の位置で現在と異なってい

るのは、済生会病院、鳴和病院、浅野川病院であるが、浅野川病院に関しては比較的移転位置が近いために影響はみられなかったが、済生会病院、鳴和病院に関しては、市内中心部から郊外へ移転しているため、金石署、森本署それぞれの管轄エリアの救急搬送サービスに多少なりとも影響を与えていることが分かる(図3楕円内)。

7. 救急需要を考慮した管轄エリアの最適化

ここでは、5節での評価結果に基づき、救急搬送サービス水準の向上策として、各署の管轄エリアの最適化を行う。

その際、より有用な管轄エリアを設定するため、救急需要を考慮する。救急需要 (D_j) は、救急業務報告書のデータから各ノードの救急需要件数を把握し、全体に占める割合で表すものとする。

最適化を行う際の目的関数を次式に示す。

【目的関数】

$$\min. Z = \sum_j P_{ijk}(T) \cdot D_j$$

i: 出動先救急拠点ノード

j: 救急需要現場ノード

k: 搬送先医療機関ノード

$P_{ijk}(T)$: 目標時間 T 以内での i-j-k 間の時間信頼性指標

D_j : ノード j での救急需要

T: 目標時間 (=20分)

最適化の結果については講演時に発表したい。

8. 本研究の成果

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、搬送までの所要時間に着目して定量的に評価できれば、今後、救急拠点の最適位置や最適配車計画などの検討が現実的なものになると考えられる。さらに、震災時についても、道路容量を制限して搬送時間の遅れを考慮すれば、救急搬送サービスの評価を行うことも可能である。

[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ペア間信頼その指標」, 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年度金沢都市圏ハートネット調査報告書