

## プローブデータの分析に基づく救急車への 緊急走行支援方策の検討

南部繁樹\*

吉田 傑\*\* 赤羽弘和\*\*\*

近年、救急車の出動件数ならびに搬送人員数の増加に伴い、現場への到着時間、病院への搬送時間はともに増大している。また、自治体消防の広域化に伴い救急隊の活動範囲も拡大することが想定され、運用の効率化と走行時間の短縮、信頼性の向上を両立させる方策の必要性が高まっている。本研究では、金沢市における救急車と一般車のプローブデータを統合分析し、救急車の緊急走行の実態と特徴を明らかにした。さらに、救急車および一般車のプローブデータを利用した、専用ナビゲーションシステムの適用性を示した。

### A Study of Ambulance Run Support Measures Based on an Analysis of Probe Data

Shigeki NANBU\*

Suguru YOSHIDA\*\* Hirokazu AKAHANE\*\*\*

Recently, times that ambulances have taken to arrive on scenes and to transport patients to hospitals have been increasing with increment of the dispatches of ambulances and of the transported patients in Japan. Measures that can balance efficiency of operations of ambulance with reduction in ambulance running times are increasingly required because areas that ambulance teams cover are expected to be enlarging with merging areas of fire services. This study showed actual conditions and characteristics of ambulance runs based on an integrated analysis of hybrid probe data collected not only by ordinary vehicles but also by ambulance vehicles in Kanazawa City. It resulted in emphasizing applicability of exclusive navigation systems for ambulance vehicles using the hybrid probe data.

#### 1. はじめに

2008年度版消防白書によると、平成19年の救急車の出場件数は、前年より52,520件増加し、5,290,236件、搬送人員は前年に比べ10,160人増加し、4,902,753人となっている。救急活動時間を見ると、覚知から現

場到着までの旅行時間は全国平均で7.0分(前年6.6分)、現場到着から搬送先病院までの旅行時間は26.4分(前年25.4分)となり、いずれもワースト記録を更新している<sup>1,2)</sup>。

他方では、「市町村の消防の広域化に関する基本指針(平成18年制定)」に基づき自治体消防の広域化が推進されつつあり、各救急隊の活動範囲はますます拡大する傾向にある。

本論では、これらの救急救命活動を取り巻く厳しい環境への対応策の一つとして、道路・交通の側面からの救急車の走行支援方策を検討した。具体的には緊急走行時の救急車の走行実態を明らかにした上で、救急車の走行時間短縮と信頼性の確保に向けた

\* (株)トラフィックプラス代表取締役

Chief Executive Officer, Trafficplus Co.,LTD

\*\* (株)本田技術研究所四輪R&Dセンター主任研究員

Chief Researcher, Honda R&D Co. Ltd.

Automobile R&D Center

\*\*\* 千葉工業大学工学部教授

Professor, Faculty of Engineering,

Chiba Institute of Technology

原稿受理 2009年8月5日

課題を把握し、救急車の走行時間短縮に資する経路情報提供方法について考察を行った。

## 2. 研究概要

救急車は緊急走行時において、一般車の避譲効果により優先走行が可能となり、高い走行速度が保たれていると考えられているが、その走行実態の詳細は明らかではない。交通事故救急に関しては、これまで通報のための通信や救急車での移動・搬送における道路状況の旅行時間への影響について、都市部<sup>3)</sup>および都市間道路<sup>4)</sup>を対象とした研究例がある。また、神戸市内の出勤データのマクロ分析により、救急活動の実態把握と救急活動の評価手法の検討例がある<sup>5)</sup>。

本研究では、救急車と一般車の実走行プローブデータを収集して詳細かつ統合的な分析を行い、救急車の緊急走行時の走行実態と一般車の避譲効果を明らかにした上で、救急車の旅行時間の増大の原因となる道路・交通の問題点を把握した。さらに、救急車の円滑な走行を支援するための方策としての、経路情報提供方法について考察した。

具体的な分析・検討内容は次に示すとおりである。

### ①救急車と一般車の旅行時間推定モデルの構築

Table 1 データの概要

	一般車	救急車
総トリップ数	10,967トリップ*	2,073トリップ
(1日平均)	358.8トリップ/日	66.9トリップ/日
総走行距離	44,704.3km	4,865.5km
(1日平均)	1,442.1km/日	157.0km/日
(1トリップ平均)	4,076m/トリップ	2,347m/トリップ
総走行時間	1,373'29"34	129'40"30
(1日平均)	44'18"22	4'09"40
(1トリップ平均)	7'21	3'45

注) \*: 2分を超えて停止した場合、別トリップとして計上。

Table 2 分析対象範囲の概要

対象エリア	金沢市および周辺部
面積	約1,200km <sup>2</sup>
対象エリア内の道路延長 (DRMリンク延長)	4,814km (幹線1,080km、非幹線3,734km)*

注) \*: DRMがもつ属性情報の道路種別が、高速道路・国道・主要地方道・県道である路線を幹線道路、それ以外を非幹線道路と定義する。

\* 1 DRMとは、Digital Road Map(電子道路地図)の略称であり、位置データや道路情報、交通情報などを数値化したデジタルデータで表現される道路地図である。(財)デジタル道路地図協会がデジタル道路地図データベースを提供している。

- ②緊急走行時の救急車の旅行速度の把握
- ③緊急走行時の救急車の旅行時間の把握
- ④救急車の旅行時間を増大させるボトルネックの特定とボトルネック箇所が救急活動時間に与える影響の把握
- ⑤救急走行を支援する経路情報提供方法の検討

## 3. 分析対象データの概要

救急車の走行データは、2008年に総務省消防庁において実施された「現場急行支援システムに関する検討会」で収集した金沢市の救急車プローブカーデータを収集し、一般車の走行データは、本田技研工業(株)インターナビ推進室から提供いただいた金沢市のフローティングデータを使用した。

両データを電子道路地図(DRM<sup>\*1</sup>)と座標マッチングを行い、統合データベースを作成し分析を行った。対象データはいずれも平成19年11月5日から同12月5日の1か月間の同一地域のデータである。

Table 1に、同データの概要を示す。1日の総走行距離は、一般車1,442.1km、救急車157.0km、総走行時間は一般車44.3時間に対して救急車は4.2時間であり、それぞれ一般車が救急車の9.5倍、10.5倍であった。一般車に対して救急車の1トリップ平均走行距離は1.8km短く、また、走行時間は3.7分短かった。

Table 2は分析対象範囲の概要である。

## 4. 救急車・一般車の旅行時間推定モデルの構築

### 4-1 推計モデルとデータ抽出方法

救急車と一般車の旅行速度、旅行時間を比較検討するために、式(1)に示す重回帰モデルを、救急車の出勤(消防署-現場)および搬送(現場-病院)の活動区分別、時間帯別に構築した。同モデル構築には、同一経路を走行する救急車と一般車のデータを使用した。

$$T = aX_1 + bX_2 + c \quad \dots\dots(1)$$

ただし、

T: 旅行時間 (秒)

X<sub>1</sub>: 幹線道路延長 (m)

X<sub>2</sub>: 非幹線道路延長 (m)

a, b, c: パラメータ

分析に使用する救急車、一般車の軌跡データの抽出方法は次に示すとおりである。

(1)救急車の走行軌跡上の各ノード間を通過した一般

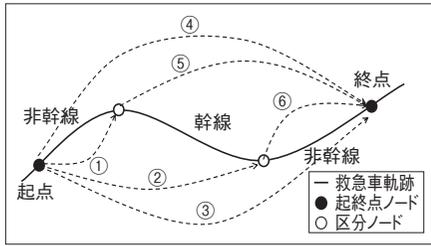


Fig. 1 一般車走行軌跡の抽出

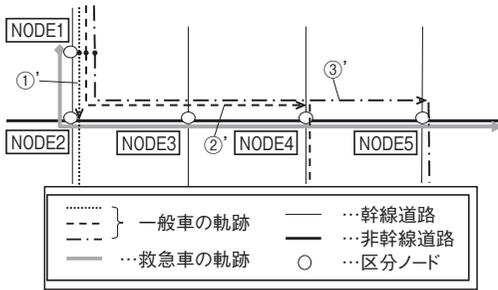


Fig. 2 区間単位の照合による一般車走行軌跡の切り出し

車走行軌跡の抽出(1次抽出)

各救急車の起終点ノードに加え、それらの走行軌跡上の幹線と非幹線との交差点に区分ノードを設定する。その上で、各ノード間のいずれかを通過した一般車走行データを抽出する。Fig.1に、一つの救急車に走行軌跡に対して、1次抽出される一般車の走行軌跡の①～⑥を示す。

(2)幹線および非幹線の区間単位の照合による一般車走行軌跡の切り出し(2次抽出)

1次抽出された一般車の走行軌跡を、各救急車の走行軌跡と、交差点を両端とする区間単位に照合する。その結果、走行軌跡の内で、通過区間の並びが完全に一致する部分のみを切り出す。Fig.2に、救急車の一つの走行軌跡に対して、一般車の走行軌跡の一部が切り出される例を、軌跡①'、②'、③'として示す。

(3)重複する一般車経路データの除外

2次抽出で、異なる救急車の走行軌跡に対して、同一の一般車の走行軌跡が切り出され得る。その場合には、切り出し区間長が最大の一般車走行軌跡のみを使用する。

Table 3に示すとおり、分析対象は救急車で計1,601軌跡、一般車で計4,204軌跡となった。

4-2 旅行時間推定モデルの同定結果

Table 4に、旅行時間推定モデルの同定結果を示す。救急車の推定モデルの決定係数は、全ての活動および時間帯に対して0.896~0.978であり、全説明

Table 3 分析対象軌跡数

平休	昼夜	活動区分	分類	幹線道路	非幹線道路	計
平日	昼間	出動	救急車	225	226	451
			一般車	886	746	1,632
		搬送	救急車	342	245	587
	夜間	出動	救急車	89	79	168
			一般車	230	226	456
		搬送	救急車	121	81	202
休日	昼間	出動	救急車	35	29	64
			一般車	93	65	158
		搬送	救急車	48	29	77
	夜間	出動	救急車	18	21	39
			一般車	25	22	47
		搬送	救急車	9	4	13
救急車計				887	714	1,601
一般車計				2,389	1,815	4,204

Table 4 旅行時間推定モデル

平休	昼夜	活動区分	分類	偏回帰係数			決定係数
				幹線道路延長	非幹線道路延長	定数項	
平日	昼間	出動	救急車	0.700*	0.072*	8.547*	0.896
			一般車	0.119*	0.127*	10.120*	0.630
		搬送	救急車	0.074*	0.080*	13.864*	0.935
	夜間	出動	救急車	0.100*	0.123*	24.896*	0.722
			一般車	0.066*	0.074*	8.248*	0.935
		搬送	救急車	0.106*	0.104*	7.829*	0.733
休日	昼間	出動	救急車	0.074*	0.080*	14.735*	0.896
			一般車	0.102*	0.100*	14.735*	0.782
		搬送	救急車	0.070*	0.073*	7.923*	0.932
	夜間	出動	救急車	0.112*	0.118*	11.985*	0.744
			一般車	0.074*	0.086*	11.932*	0.966
		搬送	救急車	0.096*	0.114*	38.889*	0.730
夜間	出動	救急車	0.062*	0.074*	7.018*	0.962	
		一般車	0.104*	0.137*	2.313*	0.877	
	搬送	救急車	0.074*	0.117*	6.038	0.978	
一般車				0.091*	0.162	17.860	0.658

注) \*: P値が1%未満で有意。

力が高い。一般車の推定モデルの決定係数は、平日昼間の出動時の0.630、休日夜間の出動時の0.877となり、説明力のばらつきが相対的に大きい。軌跡サンプル数が少ない休日夜間を除く全てのケースでP値は0.01未満と、高度に有意である。

5. 緊急走行時の救急車の走行速度

5-1 平均旅行速度

旅行時間推定モデルの偏回帰係数値から、救急車および一般車の平均旅行速度を算定し比較した。Fig. 3には、時間帯別、活動別、幹線・非幹線別の救急車、一般車の平均旅行速度を、Fig. 4には、救急車と一般

車の平均速度の差を示す。

救急車の速度は、搬送時より出動時のほうが高く、一般車に対する速度の優越性も出動時のほうが高い。患者への配慮や救急処置実施の必要性から、搬送時には走行速度が抑制されていることがうかがわれる。救急車の速度は、いずれの時間帯、活動においても

幹線の速度が非幹線より高い。一般車では、この関係が逆転している時間帯がある。また、救急車の時間帯による速度の変動は、一般車よりも小さい傾向にある。これは、一般車の避譲や交差点における優先通行等の効果により、救急車の走行が一般車よりも、相対的に交通状況の変動の影響を受け難いことの証左であろう。

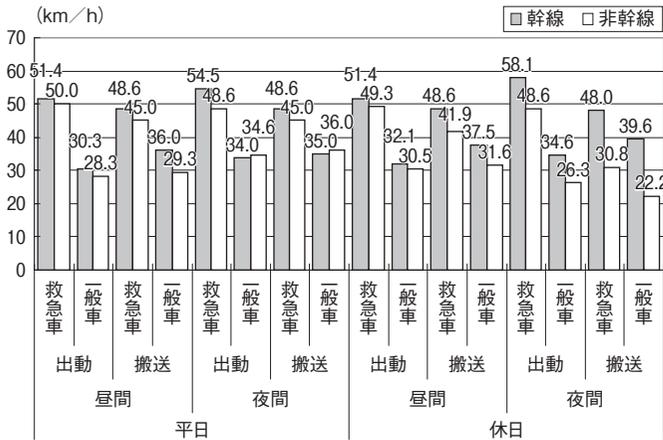


Fig. 3 平均旅行速度

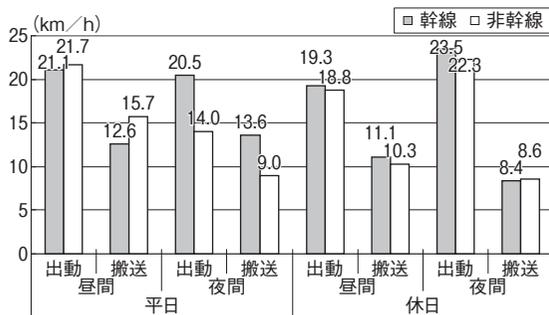


Fig. 4 救急車と一般車の平均旅行速度の差



Fig. 5 同一起終点の救急車と一般車の走行経路例

### 5-2 救急車と一般車の最短旅行時間経路の差異

前節に総括した緊急走行時の救急車と一般車の平均走行速度の特性と、両者における経路選択の差異との関係を、実際の走行事例から示す。

Fig.5は、起終点が同一の走行で、救急車と一般車の走行経路が異なる例である。この事例の一般車と救急車が同一ルートを走行した場合の旅行時間を、Fig.3に示した一般車の平均旅行速度に基づいて算定した。Fig.6に、算定結果による走行軌跡を示す。

仮に一般車が実走行経路を走行せず、救急車と同一の経路を走行した場合、幹線道路を利用するため走行距離は575m短縮される。しかし、当該経路上の交通渋滞のため、旅行時間は53秒増加することになる。救急車の旅行時間と比較すると2.8倍の旅行時間となる。

すなわちこれは、一般車の避譲等により救急車の優先走行環境が確保されている状況では、救急車と一般車の最小旅行時間経路が異なる例である。

## 6. 緊急走行時の救急車の旅行時間

### 6-1 旅行時間の分布

4章の旅行時間推定モデルにより算出した旅行時間の期待値に対する実旅行時間の残差を、救急車と一般車とで比較した。

Fig.7およびFig.8には、平日昼間の救急車と一般車の旅行時間について、出動、搬送別に残差の度数分布と累積度数分布とを示す。一般車に対して救急車の旅行時間の変動がはるかに小さいことがわかる。さらに、一般車の実

旅行時間が期待値より大きな方向に分布の裾がのびていることに対して、救急車の分布は期待値周りでほぼ対称であることが特徴である。Fig.9 に示す残差の変動係数値の救急車と一般車との差も顕著であ

る。このように、緊急走行時の救急車の旅行時間の信頼性はかなり高い。

6-2 救急車の旅行速度と旅行時間との関係

Fig.10 は、救急車の平日昼間の走行について、前節で算定した実旅行時間の期待値に対する残差と、実旅行速度の平均値との関係を示す。実旅行速度の平均値の低下に伴い、実旅行時間が期待値よりも非線形的に大きくなる。また、残差の分布領域も拡大していることから、旅行時間の信頼性が大きく損なわれている様子もうかがわれる。この傾向は、出勤時の緊急走行においてより顕著である。救急車の緊急走行時の平均速度の低下がわずかであっても、旅行時間の信頼性の低下は小さくないことがわかる。

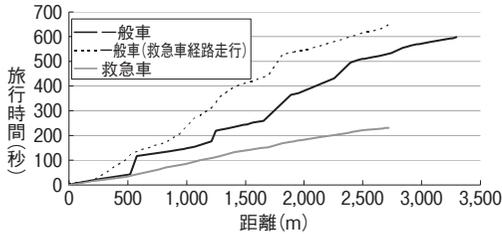


Fig. 6 同一起終点の救急車と一般車の走行軌跡

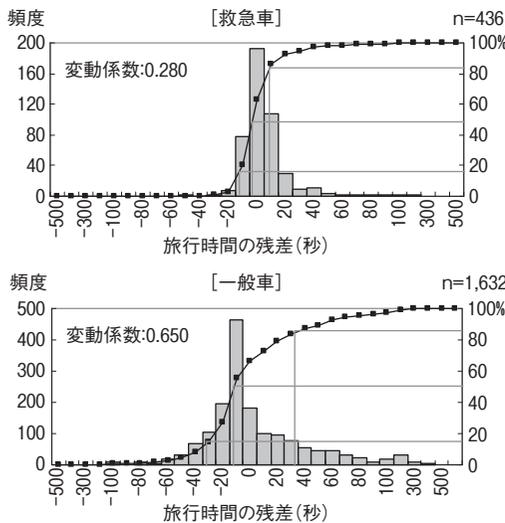


Fig. 7 救急車と一般車の残差の度数分布：出動

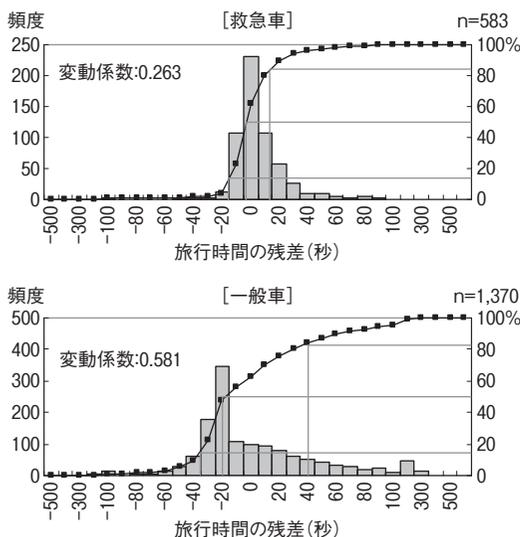


Fig. 8 救急車と一般車の残差の度数分布：搬送

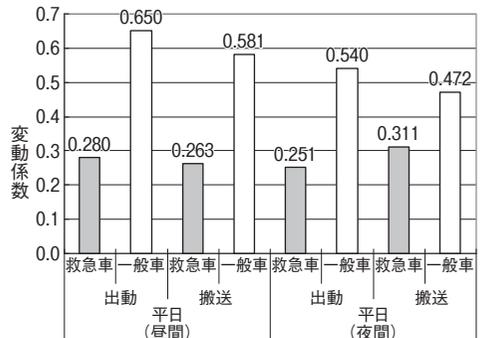


Fig. 9 救急車と一般車の残差の変動係数

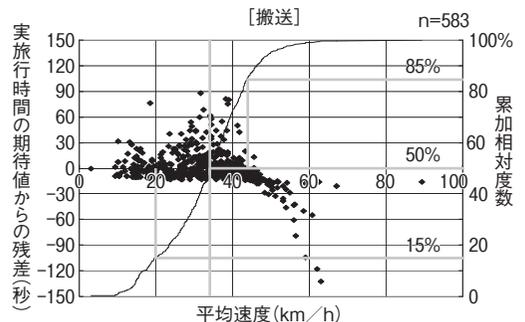
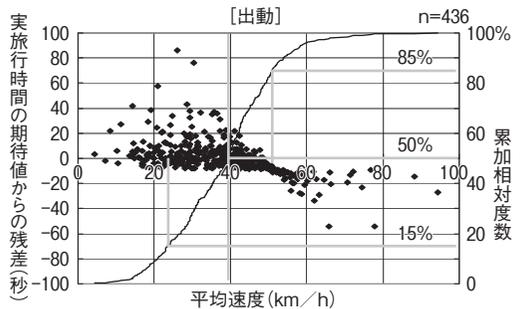


Fig. 10 救急車の平均旅行速度と残差の関係

### 7. 救急車の走行速度低下区間

前述したように、金沢市においては一般車の避讓等の効果は高く、緊急走行時の救急車の旅行速度は高水準に保たれている。しかしながら、実旅行時間が期待値に対して大きく遅れ、現場到着時間、搬送時間の信頼性が低下したケースも見られる。

ここでは、救急車の旅行時間増大につながっているボトルネック箇所を抽出し、それらの箇所の詳細分析から救急車の緊急走行時の走行速度低下要因を明らかにする。

#### 7-1 走行速度の低下区間の抽出

平日昼間の時間帯のサンプルについて、6-1において算出した救急車の実旅行時間の期待値からの残差を、さらに期待値で除して正規化した。さらに、正規化残差がその標準偏差の2倍より大きい区間を抽出した。Table 5 および Fig.11 に示すように、幹

Table 5 速度低下区間の特徴

区分	No.	場所	特色 (速度低下影響要因)
出動	1	国道159号、武蔵交差点付近	■連続する大規模交差点の流入部
	2	市道、金石東付近	(現場到着時滞中で速度が大きく低下しているものと考えられる)
	3	(県)金沢停車場南線、金沢駅東口付近	■大規模交差点流入部の混雑
	4	国道159号、橋場交差点付近	■大規模変形交差点流入部の混雑
	5	市道、上荒屋付近	(現場到着時滞中で速度が大きく低下しているものと考えられる)
	6	(県)金沢停車場西線、京町付近	■橋梁取付部 ■道路の屈折
	7	(県)金沢停車場南線、(主)金沢美川小松線	■混雑区間の大規模変形交差点
	8	(主)金沢湯涌福光線、金沢市役所付近	■左折時の路上駐車障害
	9	(県)金沢停車場南線、金沢駅西口付近	■細街路から幹線への右折
	10	国道159号、武蔵交差点付近	■大規模変形交差点流入部の混雑
搬送	1	(県)金沢井波線、金沢大学病院入口部	■搬送先病院入口のアプローチ部
	2	国道159号、香林坊付近	■大規模交差点の右折時
	3	(主)金沢湯涌福光線、兼六園下交差点付近	■搬送先病院入口の直近
	4	国道159号、浅野川大橋交番前付近	■橋梁取付部
	5	(県)上安原昭和町線、松島東付近	■一方通行から幹線への右折流入
	6	(県)寺中西金沢線	■大規模混雑交差点の通過
	7	(県)野ノ位置西金沢停車場線	■踏切直近および大規模交差点流入部の混雑
	8	国道159号、武蔵交差点付近	■混雑区間の変形交差点
	9	市道、兼六園南西部	■道路の屈折
	10	市道、三池町-国道159号	■細街路から混雑した幹線への左折流入

線道路で17区間、非幹線道路で3区間が抽出された。

#### 7-2 走行速度低下要因の分析

これら抽出された区間について、道路状況、交通状況、救急車のリンク別走行速度の変化を基に分析を行い、走行速度低下要因を整理した。Table 5に、その結果を示す。これらを大別すると、以下のように整理される。

- ・大規模交差点への流入部における交通渋滞
- ・大規模変形交差点への流入部の交通渋滞
- ・橋梁の取付部での速度低下
- ・左折時の路上駐車による阻害
- ・大規模交差点の右折通過
- ・細街路から交通量の多い幹線道路への右左折流入時
- ・踏切および踏切近傍通過時
- ・搬送先病院入口へのアプローチ部
- ・道路の連続した屈折

#### 7-3 ボトルネック区間が緊急走行に与える影響

前節で抽出した走行速度低下をもたらすボトルネック区間について、該当するDRMリンクを通過する救急車の平均速度と、リンク旅行時間の最大値の期待値に対する比との関係を、Fig.12に示す。全ボトルネック区間において、リンク平均速度は同時帯の各活動時の幹線道路の平均速度51.4km/h、および非幹線道路の50.0km/hより低い。また、リンク平均速度のわずかな低下が、リンク旅行時間を著しく増大させる可能性を高めていることがわかる。

Fig.13 に、平日昼間にこれらボトルネック区間を通過した救急車の、起点から終点までの平均旅行



Fig. 11 救急車の走行速度低下区間

速度と旅行時間の変動係数の関係を示す。ボトルネック区間の通過が、出動時間および搬送時間全体の平均速度低下をもたらしていることがわかる。さらに、この平均速度の低下と、旅行時間の変動係数との相関関係も明らかである。特に搬送時の変動係数値は、Fig.9に示した同一区分の変動係数値が0.26程度であることと比較すると、著しく悪化している。

救急車の広域運用体制下で救急隊が馴染みのない地域で活動する際には、このようなボトルネック区間に関する情報の系統的な収集と提供が、旅行時間の信頼性を向上させる効果を期待できそうである。

### 8. 救急走行の支援方策

これまでの分析結果を踏まえ、救急走行を支援する方策について考察する。

#### 1) 救急車専用の最短旅行時間経路情報の活用

これまでの分析結果が示すように、救急車は緊急走行時に、一般車の高い避讓効果等や救急隊の経験に基づく経路選択により、走行速度はおおむね高水準に保たれている。一方で、大規模交差点を先頭とする交通渋滞、踏切近傍の交通状況、あるいは連続した屈折などの道路状況から速度低下を余儀なくされるボトルネック区間も存在している。このボトルネック区間の速度低下が、出動時間および搬送時間の増大や、信頼性の低下の招いている可能性が高い。

このような状況への対応策として、日常的に救急車のプローブデータを収集・分析し、ボトルネック区間を特定することが想定される。これにより、ボトルネック区間を迂回する信頼性が高い代替経路の情報等、救急車専用の最短時間経路情報を提供できる。これは、救急隊の高度な経験値に科学的な情報を付加し、より安定性の高い緊急走行を可能にする体制となると期待される。また、この体制は、救急隊の経路選択のみならず、派遣する救急隊の選択もより高度に最適化し得る。

#### 2) 救急車専用最短旅行時間経路情報の共有

近年、管制システムを活用した救急活動の広域化が進んでいる。この結果、救急隊が土地勘のない地域での救急活動を行う頻度が増えていると聞き及ん

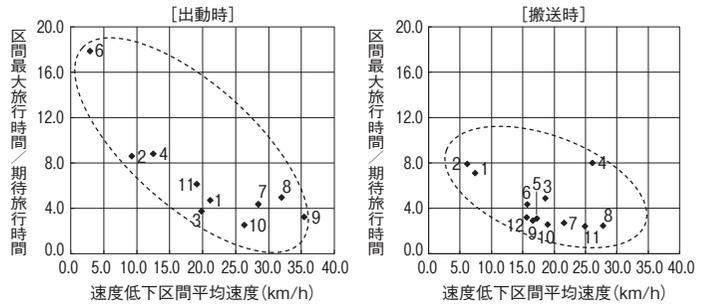


Fig. 12 速度低下区間における平均速度と最大旅行時間

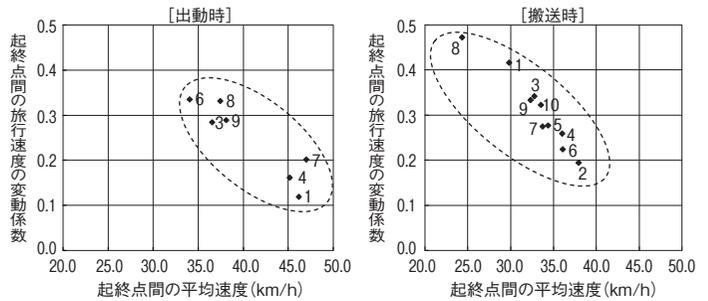


Fig. 13 速度低下区間通過救急車の起終点間の平均速度と旅行時

でいる。

これらへの対応策として、前述した救急車プローブカーデータの分析による、救急車専用の最短走行経路情報を広く共有することが考えられる。走行経験の少ない地域において、その地域を活動拠点とする救急隊の蓄積されたデータの活用は、多大なる支援となるものと期待される。

#### 3) 一般車の最短走行経路情報の活用

直近の消防署から救急車を出動させることができない場合には、他の消防署から救急隊を振り向けることになる。これらのケースを削減するためには、救急活動サイクルの短縮するために、搬送先病院から帰署する時間も無視できない。帰署時には、救急車は緊急走行ではないため、一般車と同様の走行状態である。

インターネットデータなどの一般車のプローブデータを活用した一般車の最短旅行時間経路の情報活用は、帰署に要する時間の短縮に有効な支援策となると期待される。

### 9. まとめ

本研究では、同じ期間の金沢市の救急車プローブカーデータとインターネットのフローティングデータの統合分析を行い、緊急走行時の救急車の走行実態

の把握、および救急車の緊急走行時の速度低下要因と、速度低下が救急活動に及ぼす影響について明らかにした。具体的な成果は次のとおりである。

(1)緊急走行時の救急車と一般車の走行状況を比較するために、同一経路を走行する救急車と一般車のデータを抽出し、それに基づいて旅行時間推定のための重回帰モデルを同定した。その結果、幹線道路および非幹線道路の走行距離により、時間帯区分ごとの旅行時間が一定精度で説明できることを示した。

(2)各区分の推定モデルから算定された走行速度の期待値より、いずれの時間帯においても救急車の走行速度は一般車より高く、特に出動時に速度差が大きい傾向が明らかとなった。平日の昼間においては、出動時に幹線、非幹線道路いずれにおいても20 km/h以上もの速度差が見られた。救急車と同じ経路を同じ時間帯に一般車が走行した場合、旅行時間において救急車の2.8倍の時間を要すること等、救急車の優先走行状況が把握された。

(3)推定モデルから算定される期待旅行時間に対する実旅行時間の残差分析から、救急車の旅行時間の信頼性の高さを示した。また、救急車の緊急走行時の平均速度の低下がわずかであっても、旅行時間の信頼性の低下は小さくないことがわかった。

(4)実旅行時間の期待値に対する残差をもとに走行速度の低下区間を特定し、速度低下要因を明らかにした。特に、搬送時の残差の変動係数値は、ボトルネック区間の通過により著しく増大する場合があり、旅行時間全体の信頼性を低下させていることがうかがわれた。

これらの分析結果は、近年の救急車の現場到着時間、病院への搬送時間の増大傾向や救急活動の広域

化への有効な対応策として、緊急走行時の救急車のプローブデータの収集・分析に基づく救急車専用の最短時間経路情報の提供と、同情報の他地域との共有の有効性を示唆している。また、救急車の帰署走行時等において、インターナビデータなどの一般車のプローブデータに基づく最短旅行時間経路情報が提供されることも、救急活動サイクルの短縮に有用であろう。

〔謝辞〕本研究においては、2008年に総務省消防庁において実施された「現場急行支援システムに関する検討会」で収集した、金沢市の救急車プローブカーデータを活用させていただいた。また、一般車データを分析するにあたり、本田技研工業(株)インターナビ推進室より金沢市のフローティングデータを提供いただいた。関係組織各位には、ここに記して感謝の意を表する次第である。

#### 参考文献

- 1) 総務省消防庁『平成20年版 救急・救助の現況』2009年
- 2) 消防庁編『平成20年版 消防白書』(株)ぎょうせい、2008年
- 3) 小池則満他「救急車の走行阻害要因と走行支援方法に関する基礎的研究」『土木計画学研究講演集』No.22(2)、pp.627-630、1999年
- 4) 元田良孝他「交通事故救急における道路と通信の時間的影響 - 国道106号の事例研究」『第20回交通工学研究発表会論文報告集』交通工学研究会、pp.85-88、2000年
- 5) 高井広行「救急活動の実態と評価に関する一考察」『土木計画学研究講演集』土木学会、(CD-ROM)』2004年