

GPS・動画像データを用いた道路構造と救急車両の走行動態の関係に関する分析

宮本 拓史¹・二神 透²・河口 尚紀³

¹学生会員 愛媛大学大学院 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: miyamoto.hiroshi.06@cee.ehime-u.ac.jp

²正会員 愛媛大学 総合情報メディアセンター (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp

³非会員 三井造船システム技研株式会社 (〒261-8501 千葉県美浜区中瀬1-3テクノガーデンD23)

E-mail: kawaguchina@msr.co.jp

救急搬送において、患者をより早く救急病院へ搬送することは、救急患者の救命率の向上につながる。しかし、近年、全国の平均搬送時間は増加傾向にあり、松山市においても例外ではない。例えば、松山市の平均走行時間は、平成18年から平成21年までの3年間で、およそ1分30秒遅くなっている。そこで、本研究では、道路構造の違いにより、発生する走行阻害要因は異なると仮定した。そうすると、救急車がより速く走行できる道路構造の提案が出来るのではないかと考えた。そのために、松山市の救急車両のGPS軌跡と車両走行前方ビデオ画像を採取し、救急車の走行回数が多かった経路の内、特徴的な二つの経路で発生している走行阻害要因を比較した。

Key Words : GPS data, video data, emergency ambulance, prevention factor of driving

1. はじめに

救急搬送において、患者をより早く救急病院へ搬送することは、救急患者の救命率を上げることにつながる。しかし、総務省消防庁がまとめた全国の平均搬送時間の傾向¹⁾を見ると、毎年、搬送時間が増加傾向にある。そこで、松山市の平均搬送時間の傾向を知るために、松山市消防局を訪れ、ヒアリングを行った。その結果、松山市の平均搬送時間も、年々増加しており、平成18年から平成21年までの3年間で、およそ1分30秒増加していることがわかった。この搬送時間の増加について原因の一つとして一般車両による走行阻害が挙げられる。救急車の走行阻害要因の研究としては、名古屋市を対象とした小池ら²⁾の研究や、金沢市を対象とした南部ら³⁾の研究がある。小池らは、救急車の搬送記録と、救急ドライバーに対するアンケート調査の結果をもとに、市街地、郊外地に分けた分析を行っている。しかし、搬送記録からは搬送経路が特定できないため、ゾーン毎の分析に留まっている。南部らは、救急プローブデータに関する研究を行っている。南部らは、2008年総務省消防庁において実施された、金沢市の1か月間の救急車プローブデータと、一般車両の走行データを用いて、昼間・夜間の両車両の走行特性を分析している。しかし、交差点間の

リンク走行速度の分析であり、具体的な阻害要因に関する分析は行われていない。本研究で用いる、GPSによるプローブ調査の研究として、門脇ら⁴⁾は、救急車のGPS軌跡と車両走行前方ビデオ画像を採取し、交差点・リンク毎の走行時間と阻害要因を把握している。

本研究では、門脇らにより、抽出された走行阻害要因が、道路構造に依存して発生していると仮定し、道路構造が異なる二つの路線において、発生する阻害を抽出し、その傾向を比較した。

2. 救急データ取得と分析システム概要

(1) GPS・動画像データ取得方法

図-1は、著者らが構成した、機器の構成図である。図-1に示すように、Webカメラによる動画像データの収集を行うこととし、データをネットブックPCの外付けハードディスク(30GB)に保存する。GPSデータは、GARMIN Map60CSxを用い、12Vの車載電源プラグを、AC電源変換プラグに取り付け、救急車内のAC電源から、PCと同様に電源を取れるようにした。さらに、UPS(無停電装置)を積載することにより、電源停止時の電池の消耗を防ぐことにした。一般的に、救急車からの電

源が停止される場合は、給油時と病院到着後のエンジン停止による待機時である。消防署待機時は、エンジンを停止しているが、救急車外部コンセントにより、救急車に対し、電源供給が行われており、救急車内部のAC電源に常時通電している。今回、構成したシステムでは、PCのバッテリー駆動で約2時間、GPSの電池による駆動で約8時間までの電源供給停止に耐えうるようになっている。

情報の蓄積については、GPSデバイスには、2GBのマイクロSDカードにデータを格納するため、1秒毎のデータは、連続で6カ月強保存できる計算となる。一方、動画は、フリーソフト「Debut VideoCapture Software」を用いて、2時間毎に1つのAVIファイルとして連続保存可能で、一日のデータ量は約3GBである。計算上、30GBの外付けハードディスクで、約10日間のデータが保存可能である。図-2は、GPSで採取した、駆け付け・搬送・帰署データを、GPS可視化フリーソフトウェアであるカシミール上への表示事例と、救急車両へのシステム実装状況である。この図より、300万画素のWebカメラによる鮮明な画像ならびに、連続的な赤い救急車両の走行軌跡が取得できていることが理解できよう。

本実験の期間は、2008年12月11日から2009年4月30までの139日である。ただし、今回も、全ての走行データ

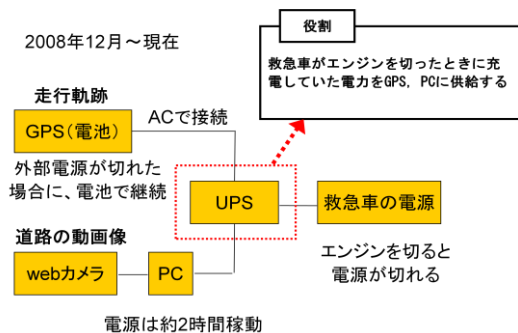


図-1 Webカメラ・PC・UPS・AC電源による機器構成



図-2 救急車両の機器実装と走行軌跡・動画

が取得できたわけではない。それらの理由を、以下の1)から4)に示す。

- 1)長時間の待機によるPC電池切れによる画像データの欠損
- 2)帰署時の救急車への外部AC接続コードの不良による、GPS・PC電池切れによる欠損
- 3)救急隊員が、コードを引っ掛け、電源停止・WebカメラUSBコードの切断等により、データが欠損
- 4)足を運ばなければ、データが取得されているのか不明

1)については、不可抗力であるが、2), 3)については、その都度、配線をし直すなどの対応を取った。4)については、今後、無線でデータをサーバに送信して、研究室でデータ収集するシステムの開発を検討している。

結局、得られたデータは、GPS: 462件、動画: 353件GPSデータと動画データが対となっているデータは、353件であった。しかし、今回得られたデータは、救急車両の実走行に関する走行動態・道路状況・交通状況を記録したものであり、救急搬送阻害要因を分析するための貴重なデータとなった。

(2) 分析ツール概要

本研究では、採取したGPS・動画データを実率的に分析するために、これらのデータを同時に再生することができるシステムを用いた。具体的には、GPS画像の速度走行軌跡の動的表示と動画データの同期再生システム機能を持つ解析システム（以下、救急走行動態再現システムとする）である。

図-3に走行動態再現システムの基本構成画面を示す。①は、松山市の地図データ（道路部分・道路輪郭部分）の表示画面である。②は、動画の再生画面である。③は、後述するGPSデータ、動画データの解析用各種コマンド画面である。図-4は、図-3における①の部分である、GPS軌跡描画面面である。

図-4の色のついた軌跡は、救急車両の走行軌跡であり、図中心部分の赤い矢印①が、救急車の現在位置と進行

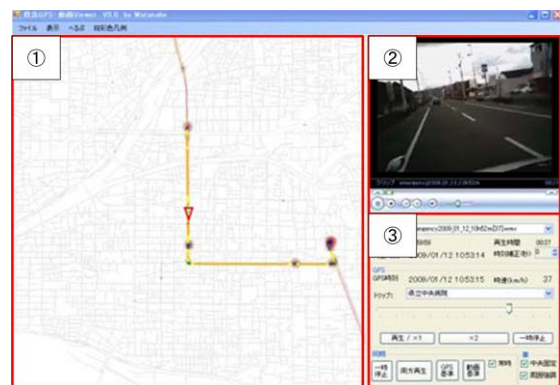


図-3 救急走行動態再現システムの様子



図-4 GPS軌跡描画面

方向を表す。また、軌跡の色の違いは、走行速度の分布を表している。以下に、速度分布を示す。

- 0~10k m/h 青
- 10~20k m/h 緑
- 20~30k m/h 黄
- 30~40k m/h 橙
- 40k m/h~赤

同様に、図中の道路上③~⑥の丸は、救急車が停止した時間を色の濃淡で表している。色の濃淡の定義は、0~60秒停止 透き通った赤から停止時間を変数とする 濃い赤へ変化

60秒以上停止 濃い赤

図-3の①・②の部分で、それぞれGPSデータと動画データが再生できる。図-3の③の部分で、その二つのデータを、同時に再生・停止・再生速度の変更等の操作が可能である。

このように、「走行動態再現システム」の特徴は、GPSデータから速度を算定して視覚的に表示するとともに、速度低下あるいは停止場所を瞬時に把握し、各種コマンドツールを用いて対応する動画データを読み出し、阻害要因を確認できる点にある。

3. GPS・動画データを用いたリンク分析概要

(1) GPSデータを用いたリンク分析概要

リンクの走行時間を効率的に算出するため、本研究では、Excelのマクロ機能を用いて開発した「交差点・リンク走行時間算出マクロ」を用いている。交差点とリンクでは起こり得る阻害が異なると考えられるため、交差

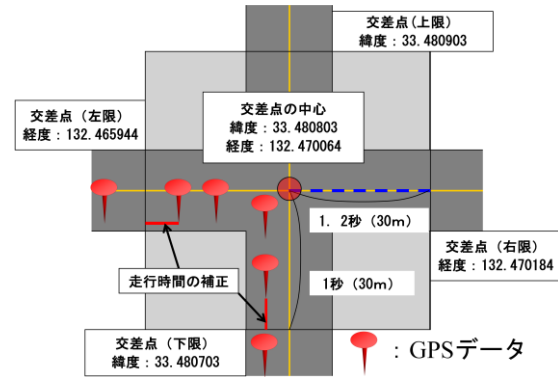


図-5 交差点定義(天山交差点)

点とリンクを区別し、リンクの走行時間のみを抽出した。具体的には、走行時間算出マクロを用いると、信号交差点や病院、駆け付け場所の緯度・経度を入力すれば、得られたGPSデータから自動的に、各交差点・リンクの走行時間を算出する。そのためには、交差点とリンクを区別するため、交差点を定義する必要がある。今回、後の分析で明らかとなった、救急走行のボトルネックとなる、松山環状線と国道33号線が交差する天山交差点の定義を図-5に示す。図-5では、車両信号停止線上となる、交差点中心の緯度・経度から上下左右30m以内の60m四方を範囲として定めている。交差点内の救急車両の走行軌跡は、1秒毎の移動点であるため、図-5のように、停止線を挟む場合がほとんどであるため、跨ぐ2点の位置と停止線の位置より補正計算を行っている。

表-1 阻害の項目とその内容

項目名	阻害内容
道路中央走行	救急車が二つの車線をまたいで走行する
逆走行	救急車が反対車線を走行する
踏切	踏切により救急車の速度が低下または停止
避讓行動不足	一般車両が道を譲る余地があるにもかかわらず道を譲らず救急車の速度
避讓行動不可	一般車両が道を譲ることが出来ず救急車の速度が低下または停止
路上駐車	一般車両の路上駐車により救急車の速度が低下または停止
市電	市内電車(路面電車)の通行により救急車の速度が低下または停止
自転車	自転車により救急車の速度が低下または停止
歩行者	歩行者により救急車の速度が低下または停止

表-2 ビデオ画像を用いた走行阻害データの整理

出発交差点→到着交差点	道路中央走行	逆走行	踏切	避讓行動不足	避讓行動不可	路上駐車	市電	自転車	歩行者
12→6	20.3	12.3	0	0	0	0	0	0	0
	↑				↑				
	かかった時間				0, 1であるなし				

(3) 動画像データを用いたリンク分析概要

動画像データの分析は、前章(2)で述べた救急走行動態再現システムを用いて行った。設定したリンクを走行する動画像データに対して、表-1に示す阻害の項目について、有り・無しを判別した。また、道路中央走行と逆走行については、その所要時間を計測した。この作業は、実際に我々が動画像データを持着視し、行った。表-2に、集計に用いた表を示す。道路中央走行・逆走行があった場合は、その秒数を記入し、そのほかの項目は、有りの場合1、無しの場合0を記入した。(4) 分析対象区間

図-6 は、分析対象である、はなみずき通りと国道 33



図-6 分析対象道路



図-7 交差点図

号線を示している。図-6 の右下に、松山南消防署があり、救急指定病院の多くが、図上側の市街地あるいは、北東の、北西に位置している。従って、取得データの殆どが、国道 33 号線を北上するデータ、あるいは、図中北西の松山県立病院方向への搬送データである。国道 33 号線は、松山市の道路で最も交通量が多く、救急車の走行データも多数採取できた。はなみずき通りには、中央分離帯は存在しない。救急車は、中央分離帯のあるリンクを避けて運転されることが多いことが救急車ドライバーへのヒアリングから明らかになっている。そのため、県立中央病院へ搬送する場合、図中央左の、はなみずき通りを走行している。以上の理由から国道 33 号線とはなみずき通りを分析の対象エリアとした。

次に、交差点と走行時間を算出するリンクを、図-9 に番号を付けて示す。一方、リンクに関しては、例えば交差点 1 から交差点 2 に救急車が走行している場合は、「リンク 1→2」と称する。図-7 では、対象リンク数 16 となる。国道 33 号線と、はなみずき通りの道路構造に着目すると、交差点 1 から 9 までの国道 33 号線は、片側 2 車線で中央分離帯があることが特徴である。一方、交差点 10 から 17 までのはなみずき通りは、片側 1 車線で中央分離帯がないことが特徴である。

本研究では、これらの道路構造の違いにより阻害が異なると考え比較する。

4. 国道 33 号線とはなみずき通りの阻害要因の分析

(1) 国道33号線の分析結果

動画像データの分析により抽出された阻害の割合を要因別に図-8に示す。各リンクの全走行回数は908回であり、その内阻害が発生した回数は230回であった。割合にすると25%である。阻害要因の中で最も多かったも

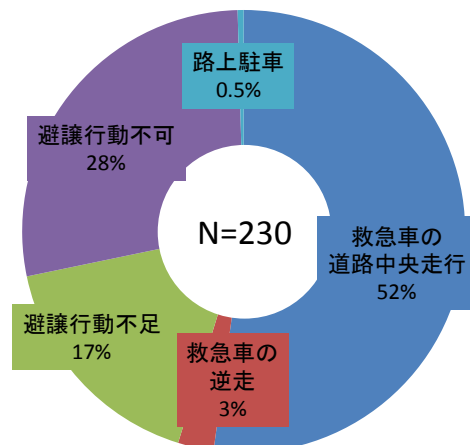


図-8 国道 33 号線における阻害要因の割合

のは、救急車の道路中央走行であり、阻害の52%を占めている。これは、国道33号線の交通量が多いため、一般車両が道路の両端に避譲し、その中央を救急車が走ることが多かったためである。国道33号線には中央分離帯があるため、救急車の逆走はあまり見られない。救急車の

道路中央走行に次いで多かったのは避譲行動不可であった。これは、国道33号線の路肩が狭く、また、中央分離帯があることから、渋滞時には一般車両が避譲しにくくなっているためであると考えられる。なお、国道33号線は、歩道と車道が樹木によって分離されている部分が多いため、歩行者による阻害は見られなかった。

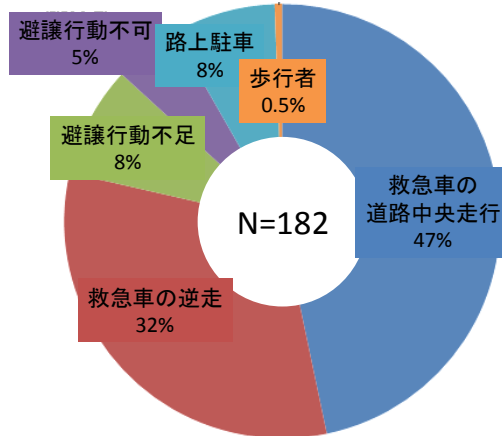


図-9 国道33号線における阻害要因の割合

(2) はなみずき通りの分析結果

動画データ分析により抽出された阻害の割合を要因別に図-9に示す。各リンクの全走行回数は702回であり、その内阻害が発生した回数は182回であった。割合にすると26%である。阻害要因として救急車の道路中央走行が47%と最大であった。次いで救急車の逆走が32%と多い。これは中央分離帯がないため、反対車線を走りやすいためであると考えられる。避譲行動不足と避譲行動不可はそれぞれ8%と5%であった。これは、はなみずき通りの交通量が国道33号線と比べると少ないこと、路肩の幅が比較的大きいためであると考えられる。路上駐車による阻害は8%であり、はなみずき通りの路

表-3 搬送時のリンク別走行時間の差

経路名	リンク	走行時間(阻害なし) (秒)	走行時間(阻害あり) (秒)	時間差 (秒)	主な走行阻害要因
国道33号線	1→2	16.1	33.6	17.5	車間走行
	2→3	34.3	62.9	28.6	車間走行
	3→4	18.9	29.4	10.5	車間走行
	4→5	13.1	21.6	8.5	車間走行・避譲行動不足
	5→6	20.6	25.7	5.1	避譲行動不可
	6→7	3.8	8	4.2	車間走行・避譲行動不可
	7→8	22.7	32.4	9.7	車間走行
	8→9	13.4	21.6	8.2	避譲行動不可
	平均値	—	—	11.5	—
	はなみずき通り	4→10	10.7	9.5	-1.2
10→11		8.7	—	—	—
11→12		37.8	35.6	-2.2	路上駐車
12→13		24.4	32.8	8.4	避譲行動不可・不足
13→14		23.8	27.4	3.6	避譲行動不可
14→15		22.4	23.2	0.8	路上駐車
15→16		9.8	—	—	—
16→17		26.23	30.6	4.4	避譲行動不可
平均値		—	—	2.3	—

表-4 駆け付け時のリンク別走行時間の差

経路名	リンク	走行時間(阻害なし) (秒)	走行時間(阻害あり) (秒)	時間差 (秒)	主な走行阻害要因
国道33号線	1→2	13.5	27	13.5	車間走行
	2→3	29.5	48.3	18.8	車間走行
	3→4	15.5	22.6	7.1	避譲行動不足
	4→5	11.4	23.5	12.1	車間走行
	5→6	16.7	27.6	10.9	避譲行動不足
	6→7	2.8	4.4	1.6	避譲行動不可
	7→8	18.1	25.3	7.2	車間走行
	8→9	10	17.6	7.6	車間走行
	平均値	—	—	9.9	—
	はなみずき通り	4→10	9	—	—
10→11		7.8	—	—	—
11→12		32.2	32.3	0.1	自転車
12→13		20.5	—	—	—
13→14		—	—	—	—
14→15		—	—	—	—
15→16		—	—	—	—
16→17		—	—	—	—
平均値		—	—	0.1	—

肩が広いこと、路上駐車されやすいと考えられる。歩行者による阻害は0.5%とわずかながら発生した。

(3) GPSデータによるリンク走行時間の比較

動画データからの分析により、国道33号線とはなみずき通りで、発生する阻害要因の割合が異なることが分かった。それでは、その違いがリンクの走行時間にどのような影響を与えているのか、GPSデータからリンク別走行時間を求めた。それらを阻害無しの場合と有りの場合に分け、平均値を求め、比較した。駆け付け時のリンク走行時間を表-3に、搬送時のリンク走行時間を表-4に示す。

表-3では、はなみずき通りのリンク4→10、10→11、12→13の阻害ありのデータが存在しなかった。また、リンク13→14以降は駆け付けのデータが存在しなかった。このリンクは消防署から離れているため、すでに搬送に移っているデータが多かったためである。国道33号線では車間走行や避讓行動不足、避讓行動不可が主な阻害要因として挙げられ、阻害なしとありの場合で10秒以上の時間差が生じているリンクも存在する。はなみずき通りのリンク11→12では0.1秒の時間差しか見られない。

表-4では、はなみずき通りのリンク10→11と15→16において阻害ありのデータが存在しなかった。そのほかのリンクはデータが存在し、国道33号線とはなみずき通りで比較すると、国道33号線では阻害なしとありのリンク走行時間差が10秒を超えるリンクが3つあり、時間差の平均値も11.5秒であるのに対し、はなみずき通りでは、時間差がマイナスであるリンクや、1秒以下のリンクが存在し、平均値は2.3秒である。このように経路によって阻害なしとありの時間差が異なっていることが分かる。はなみずき通りでは、阻害が起きたとしても、リンク走行時間に大きな影響を与えていないといえる。

5. おわりに

本論文では、松山南消防署の救急車にGPSとWebカメラを用いて、走行軌跡ならびに、救急車両前のビデオ画像を採取した。さらに、それらのデータを同期し、地図上で再現するシステムを用いて、国道33号線、はなみずき通りにおける、リンクの走行阻害要因を抽出し、二つの経路の道路構造の違いを考慮し、阻害要因発生傾向を分析した。

国道33号線の道路構造の特徴としては、片側2車線であること、中央分離帯が存在すること、樹木によって歩道と車道が分離されていることが挙げられる。はなみずき通りの道路構造の特徴としては片側1車線であること、

中央分離帯が存在しないこと、路肩が国道33号線に比べ広いことが挙げられる。

二つの経路において阻害が発生する割合は25%程度で、ほぼ変わらないことが分かった。また、どちらの経路についても最も発生頻度の高かった阻害要因は救急車の道路中央走行であった。

そのほかの阻害要因の発生頻度は二つの経路で異なり、経路の構造による影響を大きく受けていることが表された。救急車の逆走については、中央分離帯のある国道33号線では少なく、中央分離帯のないはなみずき通りでは多かった。避讓行動不足・不可については、国道33号線で多く、はなみずき通りで少なかった。これは、交通量と路肩幅の影響を受けていると考えられる。路上駐車については、国道33号線で0.5%、はなみずき通りで8%となった。路上駐車についても路肩幅の大きさが関係していると考えられる。

さらに、リンク走行時間を阻害あり・なしに分け、その平均値の差を比較すると、国道33号線の方が時間差が大きく、阻害がリンク走行時間に対し大きな影響を与えていることが分かった。

本論文では二つの経路のみで阻害要因の傾向を比較した。したがって二つの経路における特徴が、他の道路構造の似ている経路において当てはまるのかどうか比較・検証する必要がある。現在、松山市北部に位置する松山市中央消防局城北支署においてGPS・動画データを採取している。このデータを分析することで他の経路において、道路構造による走行阻害の傾向の違いを比較・検証することが出来よう。

謝辞：本研究を進める上で貴重な資料の提供をいただいた、南松山病院の前川聡一医師をはじめ、松山南消防署の方々、ならびに松山消防の救急隊の方々、松山中央消防署前署長竹村様に心より御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 平成22年版 消防白書：総務省消防庁
<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h22/index.html>
- 2) 小池則満, 秀島栄三, 山本幸司：地域特性と救急車の走行速度に関する分析-名古屋市を事例として-, 地域学研究 (第30巻1号), pp.127-140, 1999.
- 3) 南部繁樹, 吉田傑, 赤羽弘和：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, IATSS Review, Vol.34, No.3, pp.55-62, 2009.
- 4) 門脇玄治, 二神透：松山市における救急搬送シミュレータ構築のための基礎的研究, 第43回土木計画学研究発表会, CD-R, No.63, 2011.

(2011.8. 受付)