

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：26402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760418

研究課題名(和文) 地方部における救急搬送から見た道路整備評価手法の構築

研究課題名(英文) Research of roads evaluation method as seen from the emergency life-saving transfer in region

研究代表者

片岡 源宗 (Motomune, Kataoka)

高知工科大学・公立大学の部局等・助手

研究者番号：20412447

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：救急車による救急救命搬送に着目した研究である。まず高速道路が整備されていない都市間の搬送について分析を行い、最大の速度低下要因は信号交差点付近であることを確認した。また低速走行の特徴を分析し、信号の系統制御の影響を受け、連続的に低速走行を強いられている可能性が確認できた。次に中山間地の狭隘な道路を対象に分析を行い、一般車と比較し、救急車の速度が低い道路条件として、幅員5m未満の狭隘区間、また曲率半径20m未満の急カーブとの結果が得られた。最後に救急救命搬送体制評価手法の構築を目的に、将来の搬送要請需要予測モデルと、搬送時間算定モデルの構築を試みた。

研究成果の概要(英文)：This research focus attention on emergency life-saving transfer. First, Highway is focused on the inter-city transport of undeveloped. As an analysis result, slowdown point was confirmed to be signal intersection. One of the factors, the influence of the signal control that on ly emergency-vehicle receives will be considered. Next, I was focused on a narrow road in semi mountain area. Result of comparing the passenger car and ambulance, speed characteristics were found. Case of ambulance is slow speed, 5m less than road width, and less than 20m radius of curvature. Last, the target of this research is the establishment of emergency life-saving transfer system evaluation method. In this paper, I build to demand forecasting of emergency life-saving transfer. And, I have tried to build to the emergency life-saving transfer time required calculation model.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 土木計画学・交通工学

キーワード：救急車 中山間 需要予測

1. 研究開始当初の背景

近年の大きな課題の一つとして、都会と地方の格差拡大が挙げられる。地方においては、必要な社会基盤整備が行われていないばかりか、行政等の公共機関の統廃合が進んでいる。一つの具体例として、消防署(救急車)や病院の統廃合によって、住民の安全・安心が脅かされる医療過疎が進んでいる地域がある。一方、高齢化に伴い救急車の出動回数は増加しており、これらが相まって、地方においては深刻な問題の一つとなっている。

救急救命搬送は、消防法に定められた行政サービスの一つで、救急車のトリップは、1. 消防署から傷病者が待つ現場へ移動する、2. 傷病者を病院へ搬送する、3. 次の出動に備えて速やかに消防署へ帰署する、3つが挙げられる。しかし、地方の小都市や中山間地域では、道路整備が遅れており、対向車との行き違いすらままならない未改良の道路も多く存在し、緊急車両である救急車においても走行速度が低く、主に消防署から現場、現場から幹線道路までの移動に時間を要している実態がある。またこのような地域においては、高度な医療が可能な病院は離れた個所にあることが多いが、都市間を結ぶ高速道路は未整備であることが多く、病院への搬送に時間を要している実態がある。さらに患者を運んだ病院から消防署までの帰署時は、緊急車両ではないため、通常車両と同じく渋滞の中を走行している場合もあり、救急車が全て出動している救急車空白時間が生じる確率や、その時間の長時間化につながっているなど、3つのケース全てにおいて、大きな時間損失が生じている。一方、救急救命においては、カーラーの救命曲線等、時間経過と死亡率は深い関係にあることが自明であり、救急車のスムーズな移動は、救急救命上、極めて重要であることは間違いない。

2. 研究の目的

本研究では、救急車の観点から道路サービスレベルを定量的に示す方法の構築を試みる。また消防署や病院の過度な統廃合を回避することを目指し、客観的活定量的なデータを示すことも目指す。

3. 研究の方法

該当地域の救急車にプローブ機器を搭載し、走行データを計測し、データ分析等を行う。また過去の研究で取得したデータも活用する。また適宜これまでの研究グループのメンバーらの協力を得て、研究を遂行する。

4. 研究成果

(1) 高速道路未整備地域の地域間救急搬送

高速道路が整備されていない地域を対象に、地域外の3次救急等の大規模病院への救急搬送の実態把握と、速度低下要因の分析を行った。

使用データは、高知県安芸市消防本部に協

力頂き、GPS ロガーを約2ヶ月間救急車に搭載し、計測したデータである。

分析の対象とした搬送事案は、傷病者を收容し、高知市内の3つの医療機関へ搬送した事案、8件である。分析にあたっては、個人情報保護のため、安芸市街地境界を設定し、境界から搬送医療機関までの走行軌跡を対象とした。なお3機関共に、実際の搬送ルートは約37kmである。

まず選択経路を分析した。選択経路は、傷病者を医療機関に搬送する際と、医療機関より消防署に帰署する際に区別し、分析を行った。なお事前のヒアリングより、経路選択の規則は無いと把握している。

分析の結果、傷病者搬送中と帰署時では経路選択に違いが見られた。例として、図1は高知医療センターに傷病者を搬送したとある事案の走行経路であり、図2は同搬送事案の帰署時の走行経路である。なお地図はカシミール3D[®]を使用した。

図より、走行経路が異なることが読み取れるが、経路が異なる区間の道路の特徴として、搬送時は片側2車線、帰署時は片側1車線の道路を選択している。なお走行距離は、搬送時約37km、帰署時約32kmと約5kmの違いがある。このように、搬送時は多少距離が長くとも、可能な限り片側複数車線の経路を、全ての搬送時案で選択していた。一方帰署時は、片側1車線でも距離が短い経路が選択されていた。

この要因として、搬送時は緊急車両として走行するため、一般車の退避行動を前提に、退避が容易な片側複数車線を選択していると言える。一方帰署時は緊急車両ではないため、一般車の退避行動が無い前提で経路選択していると言える。



図1 医療機関搬送中の走行経路



図2 消防署帰署中の走行経路

次に、選択経路の特徴を考慮し、車線数と信号交差点に着目し、走行速度が低下する位

置の分析を行った。速度低下の定義は、搬送時は40km/h未満、帰署時は20km/h未満とした。速度低下要因とその回数の結果を表1に記す。なお表中の数値は8事案の合計回数である。

表1より、以下のことが読み取れる。

- ・ 車線数及び搬送または帰署の走行状況に関わらず、信号交差点が最大の要因である。
- ・ 往復2車線以下より、片側複数車線のほうが、信号交差点の割合が大きい。

この理由として、信号の系統制御と緊急車両の特性が関係していると考えられる。緊急車両は、赤信号であっても安全を確認することで交差点を通過することが可能である。一方、片側複数車線の道路は幹線道路と言え、系統制御が実施されている。そのため、一度赤信号に直面した際、図3に記す様に、連続して赤信号に直面すると考えられる。なお図3の走行軌跡は交通量の少ない22時頃のデータである。このことから、一つの支援策として、現場急行支援システム:FASTの効果が見込めると考えられる。

表1 低速走行回数

| | | 搬送 | 帰署 |
|---------|-------|-----|----|
| 往復2車線以下 | 信号交差点 | 30 | 43 |
| | その他 | 13 | 8 |
| 片側複数車線 | 信号交差点 | 125 | 62 |
| | その他 | 15 | 10 |
| 右左折 | | 20 | 18 |

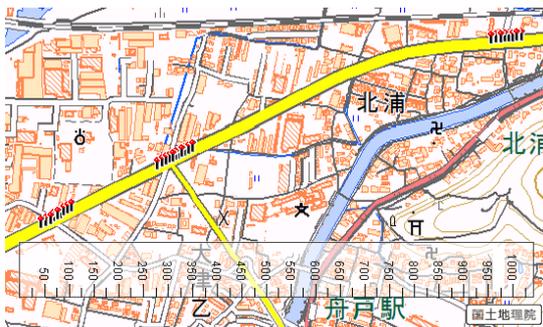


図3 連続低速走行の例

(2) 1.5車線の道路整備地域の救急搬送

中山間地の狭隘な道路として、1.5車線の道路整備が行われている路線を対象に分析を行った。

使用したデータは、南国市消防本部北部出張所に協力頂き、GPSロガーを約2ヶ月間救急車に搭載し、計測したデータである。分析の対象としたデータは、高知県道269号重倉笠ノ川線である。同路線は高知県が1.5車線の道路整備を実施している路線である。計測したデータを集計し、速度算定モデルの推定を行った。なお一般車のデータは、過去の研究²⁾において計測したデータである。

表2~4より、一般車のモデルは重相関係数が低く、適合度は高くない。また有意性のあるパラメータも十分ではない。一方、それぞれのパラメータを見ると、一般車の幅員6m未満を除き、狭幅員及び急カーブほど減速方向にあり、定性的には一致していると考えられる。ただし、モデル精度には課題があると言え、モデルの精緻化や回帰モデル以外の適用等の検討が今後の課題である。

次に推定したモデルを用いて、一般車と救急車の走行速度を、道路幅員及び曲率半径の関係から比較した。結果の一例を図4及び図5に記す。今回のモデル結果では、幅員が5m未満では一般車の走行速度が高く、6m未満より広幅員であれば救急車が高い。また同じ5m未満の幅員であっても、曲率半径が25m未満であれば救急車の速度が高く、幅員が広いほど、緩カーブほど、一般車より救急車の速度が高いことが判明した。

表2 速度算定モデル推定結果

| | 一般車 | 救急車 |
|-------|-------|-------|
| 重相関係数 | 0.131 | 0.685 |
| 重決定係数 | 0.017 | 0.469 |

表3 一般車の速度算定モデル推定結果

| | base | カテゴリ | 係数 | t値 |
|------|-------|-------|-------|---------|
| 切片 | - | - | 29.58 | 126 *** |
| 道路幅員 | 4m未満 | 5m未満 | 0.67 | 1.91 * |
| | | 6m未満 | 0.22 | 0.39 |
| | | 6m以上 | 0.88 | 1.47 |
| 曲率半径 | 15m未満 | 20m未満 | 0.30 | 0.39 |
| | | 25m未満 | 1.23 | 2.32 ** |

*: 10%有意, **: 5%有意, ***: 1%有意

表4 救急車の速度算定モデル推定結果

| | base | カテゴリ | 係数 | t値 |
|------|-------|-------|-------|----------|
| 切片 | - | - | 25.21 | 12.6 *** |
| 道路幅員 | 4m未満 | 5m未満 | -0.15 | -0.45 |
| | | 6m未満 | 7.64 | 1.92 * |
| | | 6m以上 | 13.20 | 4.46 *** |
| 曲率半径 | 15m未満 | 20m未満 | -0.33 | -0.10 |
| | | 25m未満 | 6.90 | 1.69 * |

*: 10%有意, **: 5%有意, ***: 1%有意

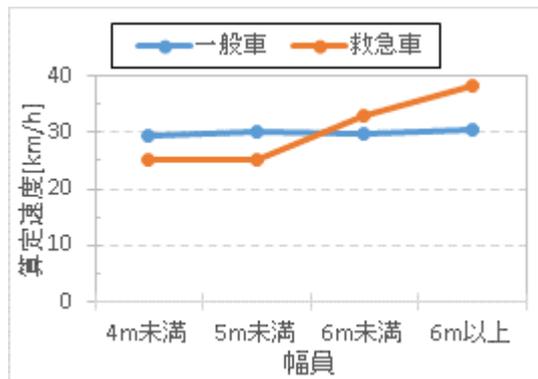


図4 幅員と速度の関係

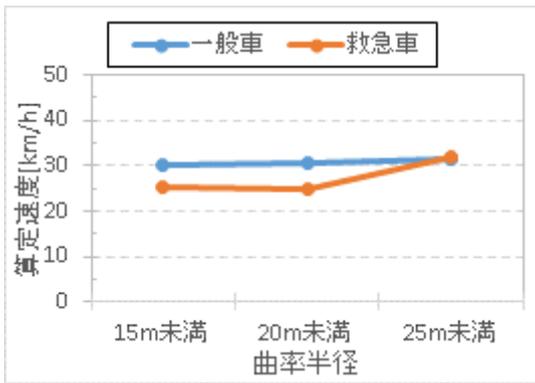


図5 幅員5m未満時の曲率半径と速度の関係

(3) 救急救命体制評価モデル

真に評価を行うためには、救急救命搬送全体を取り扱い、その一部として道路整備効果を評価する必要がある。そこで救急救命搬送体制の評価方法を確立することを目指し、救急救命搬送需要予測モデルと、救急救命搬送時間算定モデルの検討を行った。

救急救命搬送需要予測モデルは次の式である。

$$S_{m,h,w,g,l}^{i,j} = r_{m,h,w,g,l} (\alpha \cdot P_n^{i,j} + \beta \cdot P_d^{i,j})$$

$S_{m,h,w,g,l}^{i,j}$: 年齢層*i*・地区*j*における季節*m*・時間帯*h*・曜日*w*の際に発生する疾病分類*g*・傷病程度*l*の年間搬送件数の期待値[件/年]

$r_{m,h,w,g,l}$: 年間総搬送件数の内、季節*m*・時間帯*h*・曜日*w*の際に発生する疾病分類*g*・傷病程度*l*が占める割合

$P_n^{i,j}$: 年齢層*i*・地区*j*の夜間人口[人]

$P_d^{i,j}$: 年齢層*i*・地区*j*の昼間人口[人]

α, β : パラメータ

パラメータの推定を行う。推定に使用したデータは松山市消防局、2007~2012年の実搬送データ、117,058件である。

5つの年齢層毎に回帰分析を行い、モデル推定を行った。結果を表5及び表6に記す。表5より、いずれの年齢層においても十分な重相関係数が得られた。また昼間人口と夜間人口には多重共線性の恐れがあるため、昼間人口と夜間人口を比較VIFはいずれも10以下であった。表6より、年少においては昼間人口が、また前期生産年齢においては夜間人口が有意でない結果が得られた。よってこの年齢層においては、有意な人口のみを用いて需要を算定することとした。

算定結果を実搬送件数と比較する。結果を表7に記す。結果より、いずれの年齢層においても、高い精度で推定できていることが確認できる。

表5 需要予測モデル推定結果

| | 重相関係数 | VIF |
|--------|-------|-----|
| 年少 | 0.982 | 6.8 |
| 前期生産年齢 | 0.934 | 5.3 |
| 後期生産年齢 | 0.968 | 4.2 |
| 前期高齢 | 0.975 | 3.3 |
| 後期高齢 | 0.983 | 2.4 |

表6 各需要予測モデル推定結果

| | 夜間人口(α) | 昼間人口(β) |
|--------|---------------------|---------------------|
| 年少 | 0.01209 17.595** | 0.00464 6.302 |
| 前期生産年齢 | 0.00115 0.612 | 0.02477 12.852** |
| 後期生産年齢 | 0.00944 7.364* | 0.01873 14.393** |
| 前期高齢 | 0.03137 15.262** | 0.02310 11.236* |
| 後期高齢 | 0.09874 28.727** | 0.02232 6.860* |

上段: パラメータ値, 下段: t値
*: 10%有意, **: 5%有意, ***: 1%有意

表7 各需要予測モデル推定結果

| | 実搬送件数(計) | 推定値(計) | 重相関係数 |
|--------|----------|---------|-------|
| 年少 | 7,290 | 7,120 | 0.965 |
| 前期生産年齢 | 25,120 | 25,305 | 0.879 |
| 後期生産年齢 | 30,011 | 29,945 | 0.932 |
| 前期高齢 | 17,845 | 18,341 | 0.946 |
| 後期高齢 | 36,792 | 38,483 | 0.964 |
| 合計 | 117,058 | 119,194 | 0.941 |

救急救命搬送時間算定モデルを算定する。まず使用データには、覚知時刻等の事象が記録されている。そこで各時刻差より指令時間等の救急救命搬送に要する時間が算出可能である。

本研究では収容所要時間を構成する5つの時間毎に所要時間を算定するモデル推定する。

まず指令時間は次の式より算定する。

$$TC_{Di,Ne,g,l,Is}^{Gm,Gh,Gw,i} = \alpha_{Gm} + \alpha_{Gh} + \alpha_{Gw} + \alpha_i + \alpha_{Di} + \alpha_{Ne} + \alpha_g + \alpha_l + \alpha_{Is} + C$$

$$TC_{Di,Ne,g,l,Is}^{Gm,Gh,Gw,i} : \text{覚知月 } Gm \cdot \text{覚知時間帯 } Gh \cdot$$

覚知曜日 Gw ・年齢層 i ・直行ダミー Di ・最寄ダミー Ne ・疾病分類 g ・傷病程度 l ・離島ダミー Is の指令時間の期待値 [秒]

α : パラメータ

C : 定数項

次に出勤時間は次の式より算定する。

$$Ta_{Di,g,l,Is}^{Gm,Gh,Gw,i} = \beta_{Gm} + \beta_{Gh} + \beta_{Gw} + \beta_i + \beta_{Di} + \beta_g + \beta_l + \beta_{Is} + C$$

$Ta_{Di,g,l,Is}^{Gm,Gh,Gw,i}$: 覚知月 Gm ・覚知時間帯 Gh ・
覚知曜日 Gw ・年齢層 i ・直行
ダミー Di ・疾病分類 g ・傷病
程度 l ・離島ダミー Is の出勤
時間の期待値[秒]

β : パラメータ

続いて、到着時間は次の式より算定する。

$$Tf_{Is}^{Fd,Ah} = \gamma_{Fd} \cdot Fd + \gamma_{Ah} + \gamma_{Is} + C$$

$Tf_{Is}^{Fd,Ah}$: 現場距離 Fd ・出勤時間帯 Ah ・
離島ダミー Is の到着時間の期待
値[秒]

γ : パラメータ

そして滞在時間は次の式より算定する。なお、まず容易な条件として、搬送機関の決定に時間を要しにくい病院群輪番制（以後「輪番」とする）が導入されている都市を想定した。

$$Tv = \delta_{Dh} + \delta_{Hn} + \delta_i + \delta_g + \delta_l + \delta_{Is} + C$$

Tv : 現場到着時間帯 Dh ・收容機関ダミー Hn ・年齢層 i ・疾病分類 g ・傷病程度 l ・離島ダミー Is の滞在時間の期待値[秒]

δ : パラメータ

搬送時間は次の式より算定する。

$$Tt_{g,l,Is}^{Hd,Vh} = \varepsilon_{Hd} \cdot Hd + \varepsilon_{Ah} + \varepsilon_g + \varepsilon_l + \varepsilon_{Is} + C$$

$Tt_{g,l,Is}^{Hd,Vh}$: 病院距離 Hd ・現場出発時間帯 Vh ・疾病分類 g ・傷病程度 l ・離島ダミー Is の搬送時間の期待値[秒]

ε : パラメータ

パラメータの推定を行う。使用したデータは救急救命搬送需要予測モデルと同じである。各所要時間の結果を述べる。なお紙面の制約から分散分析表は省略する。

指令時間の分散分析結果より、有意差が無い覚知曜日 Gw 及び直行ダミー Di を除き、回帰分析を行った。結果を表 8 に記す。結果より、説明力の高いモデルが出来たとは言えない。

出勤時間の分散分析結果より、有意差が無い覚知月 Gm 、覚知曜日 Gw 及び直行ダミー Di を除き回帰分析を行った。また回帰分析の過程において、疾病分類間に有意な差が見られなかったため、疾病分類 g も除外し、パラ

メータ推定を行った。表 8 の結果より、一定の説明力を持ったモデルが出来たと言える。

現着時間の分散分析結果より、3 つの説明変数を用いて回帰分析を行った結果を表 8 に記す。結果より、高い説明力を持ったモデルが構築出来た。

滞在時間の分散分析結果より、有意差が無い收容機関ダミー Hn を除き回帰分析を行った。收容機関ダミーは以下の 5 分類とした。なお松山市の実態より、小児と周産期を専門とした 2 機関が存在したため、特異な医療機関を区別した。分散分析の結果、收容機関ダミー Hn のみ有意差が無かったため、除外し、回帰分析を行った。結果を表 8 に記す。結果より、説明力の高いモデルが出来たとは言えない。

- ・ 輪番当番の二次救急医療機関
- ・ 非輪番当番の二次救急医療機関
- ・ 三次救急医療機関
- ・ 特異な医療機関（小児，周産期専門）
- ・ 上記以外の医療機関

搬送時間の分散分析結果より、5 つの説明変数を用いて回帰分析を行った結果を表 8 に記す。結果より、高い説明力を持ったモデルが構築出来た。

今後の課題として、指令時間及び滞在時間のモデル精度の向上、及び救命率等からの救急搬送効果算定モデルの構築が挙げられる。

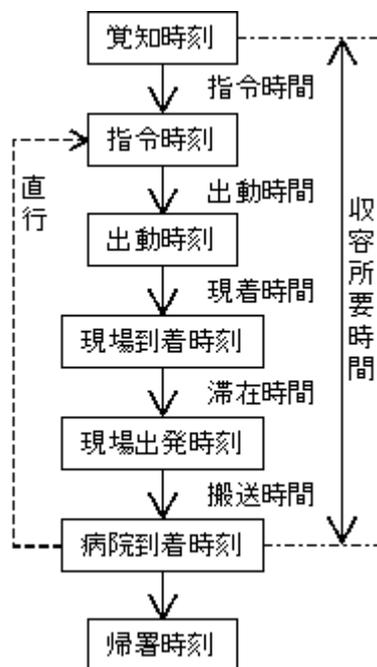


図 6 救急搬送時間の構成

表 8 各所要時間の推定結果

| | 重相関係数 | 標準誤差 |
|------|-------|-------|
| 指令時間 | 0.190 | 0.762 |
| 出勤時間 | 0.384 | 0.525 |
| 現着時間 | 0.845 | 1.752 |
| 滞在時間 | 0.181 | 5.403 |
| 搬送時間 | 0.881 | 2.956 |

さらに今回構築した救急救命搬送需要予測モデルと救急搬送時間算定モデルも含め、数値計算を行い、全体評価を行う必要がある。

謝辞

本研究にあたっては、安芸市消防本部、南国市消防本部、松山市消防局より、データ提供や計測、貴重なご意見等を頂いた。また多くの方にアドバイスを頂いた。ここに記し、感謝を表します。

参考文献

- 1) カシミール 3D : <http://www.kashmir3d.com/>
- 2) 廣川ほか：中山間地域の狭隘区間を含む道路における走行速度要因に関する研究：第 30 回交通工学研究発表論文集，2010

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

1. 片岡源宗、吉井稔雄、二神透、大口敬、救急救命搬送要請頻度に関する分析、第 48 回土木計画学研究発表会、査読無、Vol148、2013、CD-ROM
2. 片岡源宗、吉井稔雄、二神透、大口敬、救急救命搬送サービス時間に関する研究、第 48 回土木計画学研究発表会、査読無、Vol148、2013、CD-ROM

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 源宗 (KATAOKA MOTOMUNE)
高知工科大学・地域連携機構・助手
研究者番号：20412447