

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月22日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22656113

研究課題名（和文） 過疎地・離島地域における平常及び緊急医療に対する  
交通計画からの貢献の可能性研究課題名（英文） Possibility of contribution from transportation planning on daily and  
emergency medical treatment in solitary island and depopulation areas

研究代表者

大枝 良直 (OEDA YOSHINA O)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：10253501

研究成果の概要（和文）：本研究は過疎地・離島で主要な問題である医療の状況を考えながら、住民の日常生活を含めた交通政策実現可能のための条件を考え、いくつかの交通政策を検討するための基礎を提供するものである。出発点としてまず「通院」と「緊急（救急）医療」を取り上げる。「通院」を含む日常交通においては「時間軸上での外出行動の需要」に焦点をあてながら、交通政策が及ぼす過疎地・離島における「生活圏確保・拡充の可能性」を探るための人の時間・目的選択モデルを作成する。また、緊急（救急）医療に関しては、医療データ（症例等）を分析し、「搬送時間と救命」の関係を明らかにし、モデル化する。可能な交通政策への検討への準備をする。

研究成果の概要（英文）：This study offers some foundations to estimate some transportation policies in solitary islands and depopulation areas, considering medical situation in these areas and extracting some possible conditions to accomplish transportation policies. At the start, We take "Regular outpatient treatment trip" and "Emergency medical-care carry". About the "Regular outpatient treatment trip" that belong to usual trip, focusing on the trip demand on temporal range, we built a model of choosing both trip purpose and behavior time to find a possibility of expansion and maintenance of living sphere responding to transportation policies in solitary island and depopulation areas. About "Emergency medical-care carry", analyzing data of personal, carry and medical conditions in each six diseases, we make a model to express a relationship "carry time" and "survive rate" and prepare assessment on traffic policies.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	0	800,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	1,700,000	270,000	1,970,000

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：離島、医療、救急医療、過疎地

### 1. 研究開始当初の背景

一般に過疎地や離島問題に対して国内外の交通計画・政策の分野では、全体的な視野で生活環境の向上を目的に行われてきた観があり、本研究で取り上げる医療に関しても単体の「通院」という形で扱われてきた。しかし、同じ「通院」でも、それぞれ症状に応じた通院頻度があり、また病院でも1次病院、2次病院、3次病院があり提供されている医療サービスのレベルが異なっている。また、医療の側からは医師不足、緊急医療などに対して様々な対策を講じている。申請者は緊急（救急）医療に関して搬送時間と救命について若干の研究を行ってきたが、日常生活における交通を考える上で医療の情報は必要であると考えに至り、本研究で医療の状況をふまえた交通政策を検討することになっている。

### 2. 研究の目的

「通院」と「緊急（救急）医療」を取り上げ、「通院」を含む日常交通においては「時間軸上での外出行動の需要」に焦点をあてながら、交通政策が及ぼす過疎地・離島における「生活圈確保・拡充の可能性」を探る。また、緊急（救急）医療に関しては、医療データ（症例等）を分析し、「搬送時間と救命」の関係を明らかにしながら可能な交通政策を検討する。

### 3. 研究の方法

#### 3. 1 通院行動

本研究では通院と日常的買物（食料品や日用品等の買物）の外出行動に関して時間軸上での外出行動の需要を表現するためのモデルを開発する。このモデルは、交通手段の時間に関するサービス（所要時間、運行間隔など）に回答するものとして作成する。通院と買物の2つの行動を選んだ理由には、いずれの行動も必須であり重要度が高く、後述の離島でのアンケート結果においても通院や買物に関する外出行動が多くみられたということが挙げられる。モデルのパラメータを設置するために、離島における行動調査を行い、そのデータをパラメータ推定に用いた。

このモデルを用いることにより、交通手段のサービスに対応する人々の行動目的の変化や時間帯による行動の需要を見積もることが可能となる。

#### 3. 1. 1 モデル

アンケート結果では通院のみ行い帰宅する行動パターンと、通院後に買物をして帰

宅する行動パターンが見られるので、「通院と買物をそれぞれ別の日に分けて行う」という行動パターン1と、「通院後に買物をする事で通院と買物の両方を1日で行う」という行動パターン2を仮定し、それぞれのパターンにおける行動の終了時刻決定モデルを提案する。次にモデルの概要を示す。

#### (1) 非効用の仮定

非効用関数を以下のように仮定する。

1) 目的地の滞在時間が短い非効用  $D_1$  :

$$D_1(t_s) = m \exp(-\alpha t_s) \quad \dots \dots (1)$$

2) 帰宅時刻が遅いことによる非効用  $D_2$  :

$$D_2(t_h) = B(t_h - t_b) \quad \dots \dots (2)$$

3) 目的地滞在による飽きや疲れ  $D_3$  :

$$D_3(t_s) = \delta t_s \quad \dots \dots (3)$$

4) 移動における交通抵抗  $D_4$  :

$$D_4(t_n, C) = \gamma_1 t_n + \gamma_2 C \quad \dots \dots (4)$$

ここで、 $t_s$ は目的地滞在時間、 $t_h$ は帰宅時刻、 $t_n$ は交通の所用時間であり、 $m, \alpha, B, \delta$ はパラメータ、 $t_b$ は非効用  $D_2$ を認識しなくなる閾値を表す。

#### (2) 買物行動終了時刻決定モデル

ある1日において買物行動をする場合、その行動の終了時刻を決めるには、その行動で得られる各非効用の和が最小になるような行動を決定すると仮定する。目的地到着、すなわちその行動を開始する時刻  $t_{in}$ を条件とする終了時刻  $t_o$ を決定する際、考慮すべき非効用は(1)で仮定した非効用関数の内、 $D_1, D_2, D_3$ である。

したがって非効用  $D_{123}$ の和は式(5)のようになる。

$$D_{123}(t_o | t_{in}) = D_1 + D_2 + D_3 \quad (5)$$

ここで、式(1),(2),(3)の滞在時間  $t_s$ , 帰宅時刻  $t_h$ は、目的開始時刻  $t_{in}$ と終了時刻  $t_o$ および自宅までの所要時間  $t_n$ より、式(6),(7)のようになる。

$$t_s = t_o - t_{in} \quad (6)$$

$$t_h = t_o + t_n \quad (7)$$

よって、式(5)は以下のようなようになる

$$\begin{aligned} D_{123}(t_o | t_{in}) &= D_1 + D_2 + D_3 \\ &= m \exp\{-\alpha(t_o - t_{in})\} \\ &\quad + B(t_o + t_n - t_b) + \delta(t_o - t_{in}) \end{aligned} \quad (8)$$

また、昼食時間の影響を考慮するために、昼食時間中に選択行動をするときには、一定の非効用が生じるものとし、昼食開始時刻  $t_{ls}$ , 昼食時間間隔  $t_{lc}$ とおく。

人は非効用が最小にするように行動するものとするれば、人が選択する希望終了時刻  $t_{om}$ は  $D(t_o | t_{in})$ を  $t_o$ で微分してゼロとなる時刻を求めることになる。ただし、上で仮定した非効用のうち帰宅が遅いことに関する非効用  $D_2$ は時刻  $t_b$ より帰宅時刻が遅くなった場合のみ感じるものなので、希望終了

時刻  $t_{om}$  が閾値  $t_b$  より早い場合はこの非効用に関しては考慮する必要がなくなる. すなわち,  $t_{om}$  が  $t_b$  より大きい小さいかどうかで場合分けをして式を求める必要がある. 図-1 は  $t_{om}$  が  $t_b$  より大きい場合の帰宅時刻選択行動を表したものである.

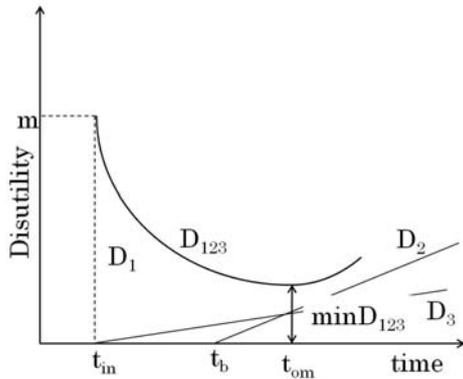


図-1 帰宅時刻選択の概念図

希望行動終了時刻  $t_{om}$  は人により変動するはずである. 集団の中においてそれぞれの人の違いによるばらつきを表現するために, 個人差を非効用関数  $D^1$  中の  $\alpha$  と,  $D^2$  中の非効用を感じだす時刻である  $t_b$ , またモデルに昼食時間の開始時間  $t_{ls}$ , 昼食の継続時間  $t_{lc}$  に導入する.  $\alpha$  は対数正規分布で与え, その他は正規分布で与える.

(3) 行動パターンへの仮定

1) パターン 1 (通院と買物をそれぞれ別の日に分けて行う場合)

①通院後に帰宅する場合

人々は病院での診察時間を自分で決めることができないため, 病院での滞在時間は人の意志とは無関係に決定されるものとする. また, 診察中においても特に非効用は発生しないものとする. この場合, 仮定する非効用は  $D_2, D_4$  の二つであり, 1日での総非効用  $D_h$  は式(9)のように表わされる.

$$D_h = B(t_h - t_b) + 2\gamma_2 t_{nh} + 2\gamma_2 C_h \quad (9)$$

②買物後に帰宅する場合

買物行動の場合, 前述の通院行動とは異なり, 人々は買物先からの退出時間を自由に決定できる. この場合,  $D_1$  から  $D_4$  までの全ての非効用を仮定し, 退出時刻には (2) で述べたように非効用  $D_1, D_2, D_3$  の和が最小となる時刻が選択される. 図-2 にその概念図を示す. この総非効用  $D_s$  は式(2.19)のように表わされる. そしてパターン1の総非効用  $D_1$  は式(2.20)のように,  $D_h$  と  $D_s$  の和となる

$$D_s = \text{mexp}(-\alpha t_s) + B(t_h - t_b) + \delta t_s + \gamma_2 t_{ns} + 2\gamma_2 C_s \quad (10)$$

$$D^1 = D_h + D_s \quad (11)$$

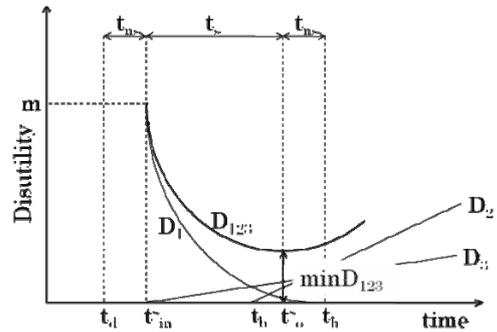


図-2 パターン 1(買物行動のみ)の概念図

ここで,  $t_d$ : 自宅からの出発時刻,  $t_{in}^s$ : 買物先への入館時刻,  $t_o^s$ : 買物先の退出時刻,  $t_s$ : 買物先での滞在時間,  $t_h$ : 帰宅時刻,  $t_{nh}$ ,  $C_h$ : 自宅から病院までの所要時間と, その移動の際にかかるコスト,  $t_{ns}$ ,  $C_s$ : 自宅から買物先までの所要時間と, その移動の際にかかるコスト

2) パターン 2 (通院後に買物を行う場合)

パターン 2 は通院後に買物をするという行動パターンで, この場合でも病院での滞在時間が自動的に決まり, また買物先からの退出時刻には非効用  $D_1, D_2, D_3$  の和が最小となる時刻が選択される. 図-3 にその概念図を示す. パターン 2 の総非効用  $D^2$  は式(12)のように表わされる.

$$D^1 = \text{mexp}(-\alpha t_s) + B(t_h - t_b) + \delta t_s + \gamma_2 (t_{ns} + t_{nhs} + t_{ns}) + \gamma_2 (C_h + C_{hs} + C_s) \quad (12)$$

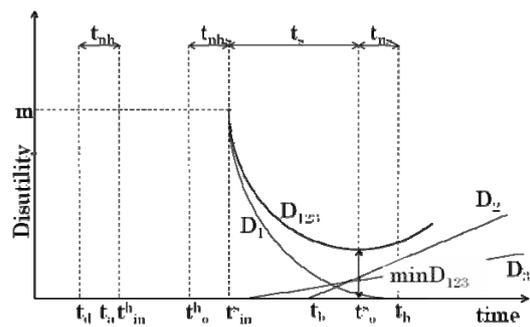


図-3 パターン 2 の概念図

ここで,  $t_{in}^h$ : 病院への入館時刻,  $t_o^h$ : 病院からの退出時刻,  $t_{nhs}$ ,  $C_{hs}$ : 病院から買物先までの所要時間と, その移動の際にかかるコスト

(4) 行動選択モデル

1) 基本概念

2 つの行動パターンからどちらを選択するのは, 時刻決定モデルで求めたそれぞれの行動パターンの総非効用  $D^1$  と  $D^2$  を用い, 総非効用の小さい方の行動パターンが

選択されるものとする。

つまり、 $D^1 - D^2 > 0$  のときはパターン 2 が選択され、 $D^1 - D^2 < 0$  のときはパターン 1 が選択されるものとする。

## 2) 場合差の導入

同一条件にありながらその個人はそのつど行動を変えることがある。このことをモデルに導入するために、人々の非効用の感じ方に対して、前述のような確定的に決まる確定項と、その場合ごとでの不確定要素を含んだ誤差項に分けて取り扱う考え方を導入する。

(3) で仮定した、パターン 1 を行った場合の総非効用  $D^1$  およびパターン 2 を行った場合の総非効用  $D^2$  は、買物開始時刻  $t_{in}^i$  の関数であり、 $D_1(t_{in}^i)$ 、 $D_2(t_{in}^i)$  と表現する。場合差を表現するには、それぞれ平均  $\mu = 0$ 、標準偏差  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  に従う確率分布誤差項（確率的に変動する部分）である  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  を導入し、パターン 1 の非効用関数を  $D_{p1}$ 、パターン 2 の非効用関数を  $D_{p2}$  とすると、それぞれの非効用関数は式(13)と(14)のように表される。

$$D_{p1} = D^1(t_{in}^i) + \varepsilon_1 \quad (13)$$

$$D_{p2} = D^2(t_{in}^i) + \varepsilon_2 \quad (14)$$

$D_{p1} - D_{p2} > 0$  のとき、パターン 2 を選択し、 $D_{p1} - D_{p2} < 0$  のとき、パターン 1 を選択するものとする。

非効用関数  $D_{p1}$ 、 $D_{p2}$  は確率的に変動しているため、パターン 2 の行動を選択する確率  $P_{p2}$  は以下の(15)式のように表現できる。

$$P_{p2} = \Pr[D_{p1} > D_{p2}] \\ = \Pr[D^1(t_{in}^i) + \varepsilon_1 > D^2(t_{in}^i) + \varepsilon_2] \quad (15)$$

ここで、 $\Pr[*]$  は\*の成立する確率である。なお、今回は  $\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2$  として取り扱う。

## 3. 1. 2モデルの適用

### (1) 利用データの概要

今回提案した終了時刻決定モデルおよび行動選択モデルの中の各種パラメータの値を推定するために、調査対象として福岡県内の離島である C 島の居住者を選び、2009 年の 7、8 月に 2 週間における外出行動について実施したアンケートを用いた。C 島は本土から渡船で約 20 分の距離にあり、本土への定期便が 1 日に 8 便ある。なお C 島でのアンケートの期間内、豪雨が続いたため、外出行動に関するアンケートがとれたのは実質約 1 週間分である。

アンケートの内容は、年齢、自動車運転免許の有無、家族構成、利用可能な交通手段などの個人属性に加え、2 週間での外出行動の目的、出発時刻、目的地、使用した交通手段、到着時刻を質問した。

### (2) パラメータの推定

本章では、得られたアンケート調査結果

をもとに、今回提案したモデルの中で利用したパラメータの値を推定した。

### (3) モデルの適用結果

2 つの行動パターンの中からいずれかの行動を選択した場合に、観測地でのそれぞれのパターンをとった人の総数である 90 人を、終了時刻決定モデルと行動選択モデルによる計算によって分配したところ表 1 のようになった。

表 1 各行動パターン選択人数の観測値と計算値

	観測値(人)	計算値(人)
パターン 1	56	54.8
パターン 2	34	35.2

2 つの行動パターンにおいてそれぞれの買物先からの退出時刻について終了時刻決定モデルから計算した結果を、図 4 と図 5 に示す。

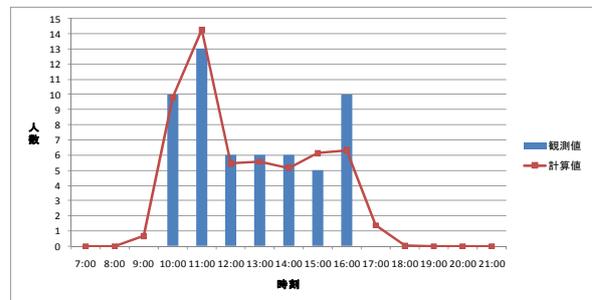


図 4 買物先からの退出時刻 (パターン 1)

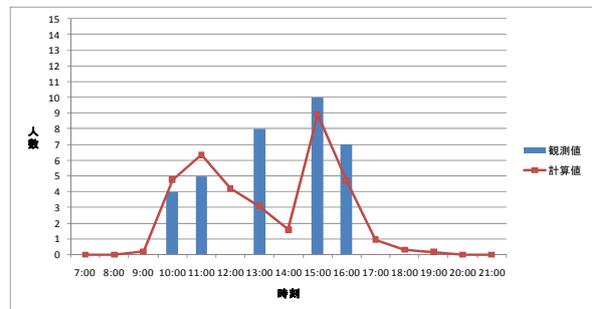


図 5 買物先からの退出時刻 (パターン 2)

ここで終了時刻決定モデルにより各パターンにおける買物先からの退出時刻の計算値の妥当性について検討する。計算値と観測値の値を比較する方法として、「計算値は観測値に従う」という仮説のもと K-S 検定を行った。その結果、両パターンの買物終了時刻は全て有意水準 20% で妥当であった。よって今回提案したモデルによる計算値は観測値に従うと言える。

## 3. 1. 3モデルの拡張

前節で構築したモデルをさらに、通院行動の詳細に用いるために、診療科ごとにモ

デルの適用を行った。

モデル適用のため調査を、福岡県の離島であるC島を選び、2010年6月～9月の間の4週間における外出行動の記録を取った。

調査結果より、島民が通院している科目を外科、内科、歯科、眼科に分け、行動時間の異同を統計的に分析した結果、内科と外科、歯科と眼科の2つのグループに分けることにし、通院。買物行動モデルに適用し、パラメータを設定した。統計的適合度は比較的良好であり診療科目ごとのモデルを作成できた。

### 3. 2 救急医療

救急医療において救急搬送に関しては、交通計画からは道路網整備などのアプローチが考えられる。その時の一つのポイントは、搬送時間の短縮である。これは、現時点では経験的なものでとらえられている。本研究では、いくつかの緊急を要する症例に関してデータを集め、それを統計的な手法を用いて、搬送時間と患者の転帰（生存、死亡）の関係を求めることを目的とした。

対象となる症例は、急性心筋梗塞（AMI）、クモ膜下出血（SAH）、脳梗塞（CI）、脳内出血（CH）、大動脈瘤乖離（AD）、そして多発外傷（MT）である。ロジットモデルを用いて搬送時間と患者の生存率の関係を表すモデルを作成し、簡単な検討を試みた。

#### 3. 2. 1 (データ)

九州の地方中核的な9病院が2004年と2005年に受け入れた救急車搬送患者の診療録から統計学的処理をするための症例数が見込めそうな急性かつ致死的内因性の5疾患と多発外傷のデータを集めた。搬送時間（覚知時刻から病院着時刻までの時間）と転帰（死亡、生存等）、症度が判明する直送データ1,310症例を分析した。疾患別の内訳については表-2に示す。表-3には搬送関係時刻の定義を示す。

表-2 症例別搬送時間、生存率

疾患名	症度	分析データ数	症度比率	発症平均年齢	生存率	搬送時間(分)	覚知現着時間	現着現発時間
急性心筋梗塞AMI	重症	40	20.3%	72.8	55.0%	28.0	6.4	11.7
	中等症	45	22.8%	68.7	88.9%	30.7	6.9	13.0
	軽症	112	56.9%	66.3	95.5%	30.1	8.0	8.9
	全体	197	100.0%	68.2	85.8%	30.0	7.4	10.9
クモ膜下出血SAH	重症	52	39.7%	69.3	19.2%	31.3	8.4	9.8
	中等症	29	22.1%	59.9	93.1%	30.2	7.1	10.4
	軽症	50	38.2%	59.7	92.0%	30.7	8.8	12.7
	全体	131	100.0%	63.5	63.4%	30.8	8.1	10.9
脳梗塞CI	重症	46	12.8%	79.0	69.8%	30.3	7.6	12.0
	中等症	61	16.8%	76.7	91.8%	33.6	8.0	12.6
	軽症	253	70.3%	73.3	93.7%	30.4	7.2	11.7
	全体	360	100.0%	74.6	90.3%	31.0	7.3	11.9
脳内出血CH	重症	127	30.5%	71.7	40.9%	33.2	8.0	11.7
	中等症	91	21.9%	69.0	87.9%	32.5	8.5	12.8
	軽症	198	47.6%	70.4	95.5%	32.1	7.1	11.8
	全体	416	100.0%	70.6	77.2%	32.5	7.7	12.0
大動脈解離AD	A	46	61.3%	67.9	63.0%	31.7	7.3	9.7
	B	29	38.7%	71.4	93.1%	34.1	8.2	12.3
	小計	75	100.0%	69.3	74.7%	32.6	7.7	10.7
	多発外傷MT	全体	131	100.0%	50.3	64.1%	35.8	7.5

表-3 搬送に関する各時刻の定義

関係時刻	内容
覚知	消防が119コールを確認した時刻
現着	救急車が現場に到着した時刻
現発	救急車が現場から病院に向けて出発した時刻
病着	救急車が病院に到着した時刻

データには指令、発症、出場、接触、取容、引渡、帰着等の時刻もある

#### 3. 2. 2 救急搬送について (モデル)

救急搬送における救急患者生存率のモデル化にあたっては、ロジット回帰を用いることにする。この方法は、交通行動分析で用いられるロジットモデルのキャリブレーションの方法そのものであり、説明変数を搬送時間とし救命率を被説明変数とする。

信頼性については必ずしも高いとは言えないことから、救急搬送における生存のメカニズムを医療処置前の患者の重症度が患者固有の生命力と医療効果の与える生存限界を超えると死亡すると仮定する類のモデル化を別途検討中である。

生存確率  $P$  は式(1)で表わされる。

$$P = \frac{1}{1 + \exp(D)} \quad (1)$$

ここに、

$$D = B_0 + a_1 y \quad (2)$$

であり、 $B_0$  は定数、 $y$  は搬送時間、 $a_1$  はそのパラメータである。

パラメータ結果を表-4に示す。

表-4 パラメータ推定結果

説明変数	AMI	CI	AD	MT
	重症中等症	全体	全体	全体
搬送時間(分) $a_1$	0.0734	0.0610	0.0405	0.0469
(t値)	(1.8056)	(1.7220)	(0.8816)	(1.3102)
定数項(関値) $B_0$	-3.0526	-3.9901	-2.2882	-1.7345
(t値)	(2.4763)	(3.7847)	(1.7513)	(1.6270)
サンプル数	74	305	60	98
選択度数	2	2	2	2
尤度比	0.15	0.551	0.199	0.017
的中率	71.622	90.492	76.667	59.184

#### 4. 研究成果

医療を通して、交通政策が及ぼす過疎地・離島における「生活圏確保・拡充の可能性」を探るために、最初のステップとして「通院」行動を軸とした外出行動の需要を交通政策、特に時間に関わるサービスとの関係で表すことを試みた。最初は通院行動と買物行動の組合せを考慮して、交通サービスの変化に応じた交通目的の選択と行動時間決定を表現するモデルを作成した。これにより、離島や過疎地の地理的条件を考慮しながら様々な交通政策を評価できる一つの基礎ができた。当初の目的の一つであった交通政策の評価、特に高速フェリー、小型航空機を利用した時の検討は今後の課題である。また、さらなる研究を進めるために、買物以外の交通目的を含むモデルへ

の拡張なども今後の課題となる。

救急医療に関しては、緊急を要する6疾患について、搬送時間と生存率の関係をモデル化し、救急搬送における交通政策評価をするための準備ができ、簡単なデモンストラーションを行ってみた。今後は、具体的な救急搬送対策、高規格道路網の整備、搬送ヘリの使用などを検討する必要がある。現在のモデルは、生存率に対して搬送時間のみを考慮しているが、搬送時の処置、病院着以降の処置なども考慮する必要があり、全体としての救急医療の評価を試みる必要がある。

## 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)

[雑誌論文] (計2件)

- ①藤本昭・角知憲・大枝良直他2名、ロジット回帰を活用した道路整備の救急医療改善効果推計、交通工学、査読無、2012、47-2、pp.57-62
- ②藤本昭・角知憲・大枝良直他2名、道路整備による救急医療改善効果推計方法についての提案、交通工学、査読無、46-3、2011、pp.66-69

[学会発表] (計4件)

- ①大枝良直、藤本昭、角知憲：致死的内因性疾患と多発外傷における救急車搬送時間と入院30日目生存率のモデルの作成、第42回土木計画学研究発表会、2010年11月23日(火) 山梨大学 甲府キャンパス (山梨県)
- ②吉本友美、大枝良直、角知憲：離島住民の診療科ごとの通院行動に関する研究、平成22年度土木学会西部支部研究発表会 2011年3月5日(土) 九州工業大学 戸畑キャンパス (北九州市)
- ③山口翼、大枝良直、角知憲；小都市を持つ長距離離島に関する研究、土木学会西部支部研究発表会 2012.3.3 鹿児島大学 (鹿児島市)
- ④徳永 大樹、大枝良直、樋口尚弘、角知憲；生活サイクルと交通サービスレベルを考慮した長距離交通の宿泊・日帰り選択に関する研究、土木学会西部支部研究発表会 2012.3.3 鹿児島大学 (鹿児島市)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大枝 良直 (OEDA YOSHINAO)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：10253501

### (2) 研究分担者

松永千晶 (MATUNAGA CHIAKI)

九州大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：80325513