

# 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\*

## A Study of Logit model for the relationship between the EMS transportation time and the survival rate on the 30th day in hospital of the patients with fatal intrinsic diseases or multiple trauma \*

大枝良直\*\*・藤本 昭\*\*\*・角知憲\*\*\*\*

By Yoshinao OEDA\*\*・Akira FUJIMOTO\*\*\*・Tomonori SUMI\*\*\*\*

### 1. はじめに

本研究では、救急患者の覚知から病院までの搬送にいたるまでのデータ（所要時間、個人の状態等）を用いて、搬送時間と病院到着後入院 30 日目の生存率の関係について数学的モデルを用いて表すことを試みるものである。

搬送時間を短縮すると患者の予後が改善される。これは経験的に考えられうることではあるが、十分なデータを集め、統計的な検証を行うことはあまり行われてこなかった。しかし、近年、いくつかの論文で、搬送時間短縮の効果についてデータを用いて論じられてきている。

そのひとつ、鮎川ら<sup>1)</sup>の研究では、急性心筋梗塞（AMI）、クモ膜下出血（SAH）、脳梗塞（CI）、脳出血（CH）、大動脈解離（AD）、の内因性5疾患および多発外傷（MT）に関して報告されている。また、橋本ら<sup>2)</sup>は上記の疾患以外に肺炎等について報告している。

救急搬送時間短縮と生存率向上の関係をとらえることは土木計画の上でも大きな意義があると考えられる。例えば直近な例としては、道路サービスの質をこの医療の観点から論じることができる。先の研究では統計的な検証がなされてはいるが、計画を実務的なレベルで遂行する場合には、救急搬送時間短縮と生存率向上の関係を数学的な関係でとらえておくと都合が良い。

本研究は、鮎川ら<sup>1)</sup>が行った搬送時間と生存率の関係の研究で用いたデータを使ってロジットモデルの作成を試みるものである。

### 2. データ<sup>1)</sup>

用いるデータは 004、2005 年を中心に九州における 9 病院が、データ作成様式を統一し、受け入れた救急車による搬送患者の診療録を調べたものである。対象とした

\*キーワード：救急医療、搬送時間、生存率

\*\*正員、博(工)、九州大学大学院工学研究院環境都市部門  
(福岡市西区元岡744、TEL& FAX 092-802-3406)

\*\*\*正員(長崎市城栄町8-17、TEL090-5485-9773)

\*\*\*\*正員、工博、九州大学大学院工学研究院環境都市部門  
(福岡市西区元岡744、TEL& FAX 092-802-3405)

のは致死的内因性疾患のうち統計処理をするデータ数の確保が見込める急性心筋梗塞（AMI）、クモ膜下出血（SAH）、脳梗塞（CI）、脳出血（CH）、大動脈解離（AD）の5疾患および多発外傷多発外傷（MT）である。秒単位で処置を急ぐ心肺停止状態の症例は除いている。

収集した症例数は 4,285 症例である。この内、①「搬送時間」（覚知時刻から病院着時刻までの時間）と②「転帰」（入院 30 日目状態を死亡と入院中、転院、自宅退院に分類）、③疾患別「重症度」（重症と中等症、軽症に分類）、④「搬送形態」（直送と転送、転院搬送の3区分に分類）の4項目が判明しかつ④「搬送形態」が直送であるデータを基本データとして用いた。この基本データは 1,310 症例である。

直送分を疾患別に分けると、AMI が 197 症例、AH が 131 症例、CI が 360 症例、CH が 416 症例、AD が 75 症例、ISS スコア 18 以上 MT が 131 症例である。

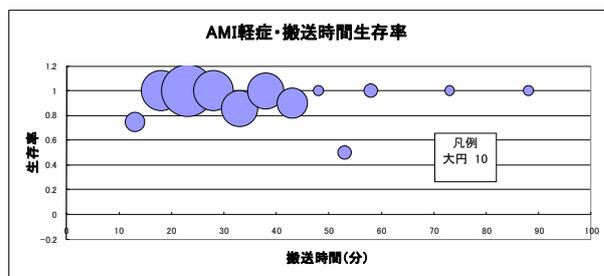
さらに、調査では、上の調査項目のほかに⑤「年齢」、⑥「性別」、⑦患者が「独居」か同居かどうか、⑧「発見」形態は救急車への通報者は誰か（本人か家族及び他人）、⑨9病院到着後の「手術」の有無、⑩「搬送手段」（救急車、自家用車、ヘリ、ドクターカー等）、⑪搬送中の「処置」の有無等を調べている。（「」の言葉を以後の文章ではそれぞれの調査項目の名前とする）

疾患別重症度別に集計した症例数とその比率、平均年齢、生存率、搬送時間等を表-1 に示す。患者の平均年齢は MT の 50 歳と SAH の 63 歳を除く他の疾患は概ね 70 歳前後である。搬送時間は MT の約 36 分を除き、他の疾患は平均約 31 分である。

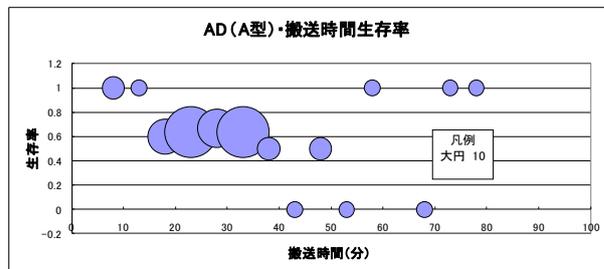
疾患の内、AMI の重症、中等症、軽症の搬送時間と生存率の関係を図-1～図-3にそれぞれ示す。これらは鮎川らの研究<sup>1)</sup>から転記したものである。重症の場合は、搬送時間の増加に伴い生存率が下がっていく様子が見て取れるが、症状が中等症、軽症になるに従って、搬送時間との関係は薄くなっている。他の疾患、CH、CI、SAH もほぼ同様の傾向がみられる<sup>1)</sup>。また、症度の分類が先の4疾患と異なる AD について図-4、図-5に、症度の分類がない MT について図-6に示す。

表一 疾患別重症度別の生存率・搬送時間等

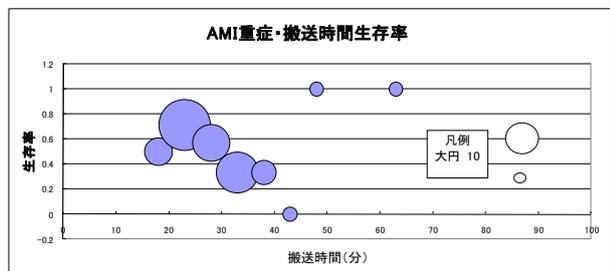
		有効 数	症 例 比 率	平 均 年 齢	生 存 数	生 存 率	搬 送 時 間 (分)
AMI	重症	40	20.3%	72.8	22	55.0%	29.0
	中等症	45	22.8%	68.7	40	88.9%	30.7
	軽症	112	56.9%	66.3	107	95.5%	30.1
	小計	197	100.0%	68.2	169	85.8%	30.0
SAH	重症	52	39.7%	69.3	10	19.2%	31.3
	中等症	29	22.1%	59.9	27	93.1%	30.2
	軽症	50	38.2%	59.7	46	92.0%	30.7
	小計	131	100.0%	63.5	83	63.4%	30.8
CI	重症	46	12.8%	79.0	32	69.6%	30.3
	中等症	61	16.9%	76.7	56	91.8%	33.6
	軽症	253	70.3%	73.3	237	93.7%	30.4
	小計	360	100.0%	74.6	325	90.3%	31.0
CH	重症	127	30.5%	71.7	52	40.9%	33.2
	中等症	91	21.9%	69.0	80	87.9%	32.5
	軽症	198	47.6%	70.4	189	95.5%	32.1
	小計	416	100.0%	70.6	321	77.2%	32.5
AD	A	46	61.3%	67.9	29	63.0%	31.7
	B	29	38.7%	71.4	27	93.1%	34.1
	小計	75	100.0%	69.3	56	74.7%	32.6
MT	スコア18以下	131	100.0%	50.3	84	64.1%	35.8



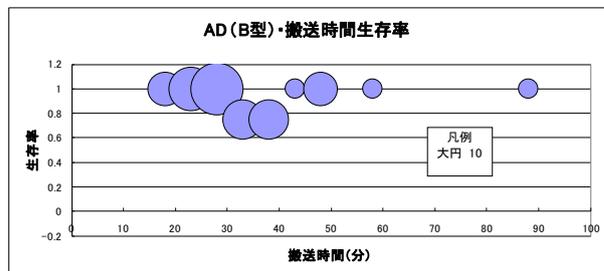
図一 3 搬送時間と生存率 (AMI 軽症) 1)



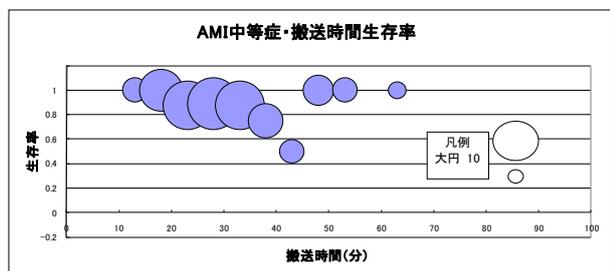
図一 4 搬送時間と生存率 (AD-A型) 1)



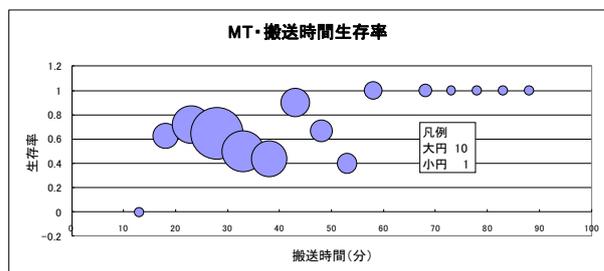
図一 1 搬送時間と生存率 (AMI 重症) 1)



図一 5 搬送時間と生存率 (AD-B型) 1)



図一 2 搬送時間と生存率 (AMI 中等症) 1)



図一 6 搬送時間と生存率 (MT) 1)

### 3. モデル

救急搬送における生存のメカニズムを次のように考える。搬送時における、処置、搬送時間など様々な医療活動を医療レベルとする。このレベルがある閾値を越えなければと生存するとする（あるいは逆の定義も可）。このときの閾値を患者の状態を表すものとすれば、医療処置や搬送時間などの関数としての医療レベルと患者の属性である閾値を比較して、その大小を判定する弁別モデルを作成することが可能になる。

救急搬送における生存率のモデル化にあたっては、線形関係では、生存率の最大値 100%や最小値 0 を超える値が出てしまうし、ここでは広く弁別モデルとして用いられているロジットモデルを用いることにする。このモ

デルは、古くは類似のプロビットモデルとともに、薬物量（毒物量）と生物の死亡率などに用いられてきたものであり、精神物理学などでよく用いられてきたものである。また、交通行動分析で用いられる非集計モデルなども選択肢間の効用差の弁別モデルであるといえる。本研究では非集計ロジットモデルを採用する。

まず、医療レベル  $D$  を式(1)のように定義する。

$$D = \sum a_i x_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

ここに、 $a_i$  はデータから推測すべき定数、 $x_i$  はそれぞれ医療活動における使用（あるいは消費）した量や活動の有無などをあらわす変数である。

また、患者の状態を表す閾値  $D_0$  を式(2)のように定義する。

$$D_0 = b_0 + \sum b_i y_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2)$$

ここに、 $b_0$ 、 $b_i$  は推定される定数、 $y_i$  は患者の属性、

表一 2 ロジットモデルのパラメータ推定結果 (1)

説明変数		AMI		AD		CH	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数	$b_0$	3.4437	2.7570	4.9665	2.5316	3.8496	4.5808
年齢	$y_1$ 70以上	-0.7050	-1.1124	0.0569	0.0756	0.0540	0.1713
性別	$y_2$ 男性	0.2751	0.4171	-1.0887	-1.3201	-0.1123	-0.3591
発見	$y_3$ 本人	2.1207	3.0817	1.8188	2.1227	0.3007	0.8515
重症度	$y_4$ 中等症	-0.9950	-1.3753			-0.9770	-1.9762
	$y_5$ 重症	-2.7029	-3.9262	-2.4764	-2.4602	-3.2393	-7.4916
搬送時間	$x_1$	0.0466	1.8626	0.0283	1.2224	0.0060	0.5241
処置	$x_2$ あり	-2.5983	-2.6620	-2.0912	-1.3334	-0.3278	-0.9886
地域	$x_3$	0.9303	1.1459	2.3647	2.2020	0.9304	1.5009
使用データ数			166		65		373
選択肢数			2		2		2
尤度比			0.605		0.445		0.453
尤度比(自由度調整)			0.582		0.367		0.439
的中率			89.759		89.231		82.842

表一 3 ロジットモデルのパラメータ推定結果 (2)

説明変数		CI		SAH		MT	
		係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数	$b_0$	4.7505	3.6459	4.5807	2.6202	0.3751	0.5159
年齢	$y_1$ 70以上	-0.4422	-0.7330	-0.2774	-0.4093	-0.9022	-1.3728
性別	$y_2$ 男性	0.3198	0.7299	-0.5559	-0.7160	0.2363	0.4052
発見	$y_3$ 本人	1.7507	2.7032	-0.0795	-0.1149	12.0661	0.1103
重症度	$y_4$ 中等症	0.1171	0.1915	-0.4038	-0.3957		
	$y_5$ 重症	-0.7097	-1.3117	-4.3142	-5.1531		
搬送時間	$x_1$	0.0519	2.8414	0.0113	0.5054	-0.0042	-0.2470
処置	$x_2$ あり	1.4587	3.2781	0.6791	0.8050	-0.3566	-0.6286
地域	$x_3$	0.4199	0.4564	1.2921	1.1719	0.6438	1.1736
使用データ数			318		112		67
選択肢数			2		2		2
尤度比			0.652		0.541		0.157
尤度比(自由度調整)			0.642		0.501		0.058
的中率			90.881		89.286		65.672

初期の症状あるいは状態等を表す変数である。本研究では閾値  $D_0$  に対して医療レベル  $D$  が小さければ患者は生存できると定義する。そこで生存確率  $P$  は式(3)で表わされる。

$$P = \frac{\exp(D_0)}{\exp(D_0) + \exp(D)} \quad (3)$$

#### 4. モデルの適用

本研究で考慮したモデルを2章で述べたデータに適用する。2章で述べたデータの内、モデルで述べた医療レベル  $D$  の  $x$  変数に用いるものは、救急搬送における「搬送時間」、「処置」、地域の特徴をあらわすものとして救急患者発生数を考慮して新たに「地域特性」を考慮する。表一2、表一3はパラメータ推定結果を示すものであるが、説明変数の欄に考慮した変数を示す。

説明変数の「搬送時間」は実時間を与え、それ以外は0か1の値を与え、表中の説明変数の欄のように「処置」が「あり」の場合、 $x_2 = 1$  とし、それ以外の場合は  $x_2 = 0$  とする。

また、個人の状態を表す閾値関数  $D_0$  の  $y$  変数には「年齢」、「性別」、「発見」、「重症度」を考慮し、変数にはすべて0か1を与える。表中、説明変数の右欄の内容であれば1を与えることとした。また、「重症度」の場合は、AMIなどの4疾患は重症、中等症、軽症と3タイプあるため変数を2つ使い、重症の場合、 $y_4 = 0$ 、 $y_5 = 1$ 、中等症は  $y_4 = 1$ 、 $y_5 = 0$ 、軽症は  $y_4 = 0$ 、 $y_5 = 0$  と表すこととした。ADは1変数、MTは変数を使わなかった。

「独居」については、「発見形態」に含まれるものと考え、また「手術」は「重症度」と相関が強いと推測して省いた。

表一2と表一3にパラメータの推定結果を示す。

表—4 MT パラメータ推定結果 (40 分以上カット)

説明変数			MT	
			係数	t値
定数	$b_0$		1.1472	0.7675
年齢	$y_1$	70以上	-1.3953	-1.7484
性別	$y_2$	男性	0.4867	0.7743
発見	$y_3$	本人	12.5413	0.0961
重症度	$y_4$	中等症		
		重症		
搬送時間	$x_1$		0.0233	0.4516
処置	$x_2$	あり	-0.2172	-0.3403
地域	$x_3$		0.6262	0.9979
使用データ数				53
選択肢数				2
尤度比				0.167
尤度比(自由度調整)				0.04
的中率				66.038

## 5. 考察

尤度比、的中率をみると、MT 以外は良好な結果が得られており、モデルの再現性が高いことがうかがえる。

「搬送時間」に関しては、MT 以外はすべて正值をとり、「搬送時間」と生存率の関係がうまく表されている。ただし、t 値をみると、AMI、AD、CI が良好で、CH と SAH は低い。

「重症度」に関しては、すべてのケースで重症の場合生存率が低くなる傾向が表れている。

「年齢」、「性別」、「処置」に関しては、疾患ごとに正負が異なり、疾患に与える影響が異なる。疾患にはそれぞれ性質があり、ここでは一概に正負どちらが正しいとは言えないので、本研究ではこのまま用いることにした。

「発見」については、SAH 以外は「本人」で正值をとっている。これは「本人」であるならば比較的患者の状態が悪くないので生存率が高くなることを示していると考えられる。

鮎川ら<sup>1)</sup>の研究による結果では、生存率に対して搬送時間短縮の効果がみられるのは、AMIの重症と中等症、CIの中等症と軽症、ADのスタンフォードA（本研究では重症）およびB（本研究では中等症）、ISS18以上の多発性外傷となっている。多発性外傷（MT）以外は本研究で用いたロジットモデルの結果と良く一致している。

ところで、図-1から図-6に示す搬送時間と生存率のグラフでは搬送時間40分あたりを過ぎたあたりから生存率が高くなっている。搬送時間短縮と生存率向上の関係に反するデータである。これは鮎川ら<sup>1)</sup>、藤本ら<sup>2)</sup>が指摘していることであるが、その理由として、藤本ら<sup>2)</sup>は、救急救命士等が重篤な患者はとにかく3次病院以外の近隣の病院に運び、患者の安定を図るのに対し、比較的安定している患者に対しては、長距離であっても3次病院に運ぶ例がみられるからである<sup>2)</sup>と述べている。

本研究では、40分以上のデータを含めてモデルを適用し、良好な再現性を得ているが、藤本ら<sup>2)</sup>の言う患者の状態がモデルの「発見」や「処置」などで表現できていると考えられる。ただし、MTに関しては、搬送時間と生存率の関係がうまく表現できていない。そこで、搬送時間40分以上のデータを省いてパラメータを推定した結果を表-4に示す。

## 6. まとめ

本研究では、救急医療における搬送時間の短縮が患者の予後の状況に大きく寄与することを考慮して、患者の状態と医療サービスの関係についてロジットモデルを適

用してみた。その結果、3疾患は良好な結果を得ることができ、残りの3疾患についてもある程度の再現性が得られた。医療サービスに関してさらに詳細な情報が得られれば、搬送サービス以外のサービスの評価を行うことも可能である。

本稿を終えるにあたり、以下9名が前記3名のほか、共同執筆者であることを記す。

### 前記3名以外の共同執筆者

鮎川勝彦:飯塚病院 副院長  
 高山隼人:長崎医療センター 救命救急センター長  
 前原潤一:済生会熊本病院 救命救急部長  
 井 清司:熊本赤十字病院 救急救命部長  
 藤田尚宏:佐賀県立病院好生館 救命救急センター長  
 有村敏明:鹿児島市医師会病院 副院長  
 中村夏樹:新別府病院 院長  
 島 弘志:聖マリア病院 院長  
 宮城良充:沖縄県立中部病院 副院長

### 参考文献

- 1) 鮎川勝彦、高山隼人、前原潤一、井清司、藤田尚宏、有村敏明、中村夏樹、島弘志、宮城良充、藤本昭：『致死的内因性疾患および多発外傷における救急車搬送時間と入院30日目の生存率との関係』、日本臨床救急医学会誌、Vol.12、No.6、pp535-542、2009
- 2) 藤本昭、鮎川勝彦、高山隼人、前原潤一、井清司、藤田尚宏、有村敏明、中村夏樹、島弘志、宮城良充：『道路整備による救急医療改善効果』、交通工学研究会誌に投稿中（投稿2009年7月）
- 3) 橋本孝来、栗原正紀、井上健一郎、岩崎義博、藤本昭：救急患者収容所要時間と救命率の関係、日本臨床救急医学会誌、Vol.14、No.8、pp285-292、2002