

救急車専用退出路の設置効果分析のための疾患別発症率を用いた救急搬送患者数の将来推計に関する研究

中野 晃太¹・高山 純一²・中山 晶一朗³・二神 透⁴

¹学生員 金沢大学大学院自然科学研究科（〒920-1192石川県金沢市角間町）

E-mail: kabuku@stu.kanazawa-u.ac.jp

²フェロー会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系（〒920-1192石川県金沢市角間町）

E-mail: takayama@t.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学准教授 理工研究域環境デザイン学系（〒920-1192石川県金沢市角間町）

E-mail: snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 愛媛大学准教授 総合情報メディアセンター（〒790-8577愛媛県松山市文京町3番）

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

現在の道路整備では、交通量を中心とした走行時間短縮便益や走行経費減少便益、交通事故減少便益を用いて、その整備効果を費用便益分析によって評価している。環境便益など新たな便益も導入されるようになってきたが、未だに数値化するのが困難な道路整備効果は多い。高齢化が進み、救急搬送の需要が増加するなか、新たな道路整備効果として救急搬送における便益の数値化も必要となる。救急搬送の道路整備効果の表現の仕方としては、道路整備によって救急搬送時間が短縮し、それによって増加した救命可能人数を貨幣価値に換算する方法が考えられる。道路整備の評価期間は数十年と長期に渡るため、救急搬送における道路整備効果を便益として評価する場合、人口動態の変化とそれに伴う救急患者の増減を考慮しなければならない。各疾患の年齢区分ごとの発症率を求める必要がある。本研究では、全国の政令市、中核市、特例市の消防機関を対象に調査票の送付を行い、2001年から2010年までの10年間の救急搬送記録の調査を行う。ここで得られたデータをもとに各疾患の年齢区分別の発症率を算出し、救急医療に関する道路整備として救急車専用退出路の整備効果を検討する。

Key Words : emergency medical transport, exiting road only for ambulance

1. 研究の背景と目的

公共事業費が縮減されるなか、道路整備における整備効果の分析・評価を行い、有用な道路整備であると示すことは非常に重要である。現在の道路整備では、交通量を中心とした走行時間短縮便益や走行経費減少便益、交通事故減少便益といった便益を用いて、道路整備効果を評価している。近年では、これらの便益以外にも、二酸化炭素などの環境汚染物質の排出が抑制されることによって得られる環境負荷低減便益といった新たな便益も導入されるようになってきた。しかしながら、道路の整備効果の便益には、依然として数値化が困難なものも存在しており、本稿で扱っている救急搬送における道路整備の便益もその一つである。高齢化が進み、救急搬送要請の需要が増加するなか、新たな道路整備効果として救急搬送における道路整備の便益を数値化することが必要となる。救急搬送における道路整備効果の表し方としては、

道路整備によって救急搬送時間が短縮し、それによって増加した救命可能人数を貨幣価値に換算して便益とする方法が考えられる。しかし、道路整備の評価期間は数十年と長期に渡っており、その間に少子高齢化や人口減少のような人口動態の変化が生じるため、将来における状況変化を考慮して費用便益分析を行わなければならない。将来的な人口動態の変化を考慮するためには、将来予測人口を基とした各年次の人口に各疾患の年齢区分別の発症率を乗じることで各年次における救急搬送患者数を推計し、地区ごとに道路整備による時間短縮を計測することで救命可能人数の増加分の算出を行うべきである。本研究では、各疾患の年齢区分別の発症率を求めるために、全国の政令市、中核市、特例市の救急搬送記録の調査・分析を行い、求められた発症率を用いて、将来的な人口動態の変化を考慮した救急搬送における道路整備として救急車専用退出路の設置効果の分析を行う。

2. 調査内容

本研究では、将来的な人口動態の変化を考慮した救急搬送における道路整備便益の算出を行うために、各疾患の年齢区分別の発症率の算出を行う。発症率の算出に用いるデータは、各都市の救急搬送データとし、そのデータを得るために全国の政令市、中核市、特例市を対象として調査票をそれぞれの都市の消防機関に送付し、救急搬送データの調査を行う。本来であれば、すべての市町村を対象として調査を行うべきであるが、都市の規模が小規模の市町村では、救急搬送データの入手が困難である可能性が高いため、今回の調査では比較的人口の多い政令市、中核市、特例市への調査票の送付としている。調査の対象期間は、2001年から2010年までの10年間とし、その期間における救急搬送データを調査する。

算出する発症率は、脳内出血、脳梗塞、くも膜下出血、急性心筋梗塞、急性心不全、肺炎、多発外傷としている。本研究では、藤本らの救命率^{1) 2)}を用いて、道路整備によって増加する救命可能人数の算出を行うため、既存の救命率と対応した疾患を調査対象としている。調査項目を表-1に示す。調査対象とする政令市、中核市、特例市は、平成23年7月1日で指定されている都市である。

表-1 調査項目

調査項目	
傷病情報	救急搬送発生日時
	年齢
	傷病程度
	傷病名（疾患名）
	傷病分類名
	収容機関名

表-2 脳内出血の発症率

分類項目	発症率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0	0.004	0.001
15～19歳	0	0	0.014	0	0.003
20～24歳	0.006	0.003	0	0.003	0.003
25～29歳	0.012	0.006	0.006	0.003	0.007
30～34歳	0.008	0	0.008	0.005	0.005
35～39歳	0.009	0.006	0.003	0.006	0.006
40～44歳	0.015	0.015	0.003	0.006	0.010
45～49歳	0.015	0.015	0.009	0.009	0.012
50～54歳	0.020	0.020	0.025	0.028	0.023
55～59歳	0.044	0.037	0.042	0.042	0.041
60～64歳	0.056	0.053	0.012	0.037	0.039
65～69歳	0.069	0.044	0.051	0.077	0.060
70～74歳	0.071	0.059	0.083	0.059	0.068
75～79歳	0.110	0.091	0.067	0.062	0.082
80～84歳	0.141	0.112	0.119	0.119	0.123
85～89歳	0.189	0.102	0.204	0.102	0.149
90～94歳	0.211	0.121	0.030	0.302	0.166
95～99歳	0.324	0.108	0.216	0.216	0.216
100歳以上	0	0	0	0	0
総数	0.032	0.025	0.024	0.026	0.027

3. 分析の経過報告

ここでは、先行して得ることができた愛媛県松山市の救急搬送データの分析結果を示す。松山市での調査では、平成18年～平成21年までのデータが得られたため、表-2から表-8に脳内出血、脳梗塞、くも膜下出血、急性心筋梗塞、急性心不全、肺炎、多発外傷の各年における5歳階級別の発症率を示す。各疾患の発症率は、5歳階級別の人口に対するその階級で救急自動車によって搬送された患者数の割合としている。したがって、ここで言う発症率とは、救急自動車以外で搬送された患者や院内発生した患者が含まれていないため、各疾患の全患者救の発症率ではなく、救急自動車によって搬送される患者の発症率を表したものである。

表-3 脳梗塞の発症率

分類項目	発症率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0	0	0
15～19歳	0.007	0	0	0	0.002
20～24歳	0.003	0	0.003	0.003	0.002
25～29歳	0.006	0.003	0	0.003	0.003
30～34歳	0.003	0	0	0	0.001
35～39歳	0.003	0.006	0.006	0.006	0.005
40～44歳	0.009	0.003	0.009	0.003	0.006
45～49歳	0.003	0.006	0.018	0.015	0.011
50～54歳	0.014	0.031	0.011	0.008	0.016
55～59歳	0.032	0.042	0.030	0.027	0.033
60～64歳	0.059	0.077	0.028	0.031	0.049
65～69歳	0.073	0.095	0.055	0.077	0.075
70～74歳	0.150	0.107	0.115	0.115	0.122
75～79歳	0.162	0.224	0.172	0.129	0.172
80～84歳	0.238	0.231	0.320	0.186	0.244
85～89歳	0.378	0.407	0.422	0.276	0.371
90～94歳	0.302	0.543	0.302	0.573	0.430
95～99歳	0.757	0.541	0.108	0.432	0.459
100歳以上	0	1.887	1.887	0	0.943
総数	0.042	0.047	0.039	0.035	0.041

表-4 くも膜下出血の発症率

分類項目	発症率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0.004	0	0	0	0.001
10～14歳	0	0	0.004	0	0.001
15～19歳	0	0	0.003	0.003	0.002
20～24歳	0.009	0.012	0.003	0.006	0.008
25～29歳	0	0	0.003	0.003	0.001
30～34歳	0.005	0.003	0.005	0.008	0.005
35～39歳	0.018	0.006	0.003	0.009	0.009
40～44歳	0.015	0.006	0.006	0.006	0.008
45～49歳	0.009	0.018	0.003	0.009	0.010
50～54歳	0.017	0.006	0.008	0.006	0.009
55～59歳	0.027	0.022	0.007	0.015	0.018
60～64歳	0.022	0.019	0.022	0.034	0.024
65～69歳	0.029	0.033	0.037	0.007	0.026
70～74歳	0.063	0.016	0.044	0.028	0.038
75～79歳	0.033	0.029	0.024	0.029	0.029
80～84歳	0.074	0.052	0.022	0.037	0.047
85～89歳	0.044	0.044	0.029	0.029	0.036
90～94歳	0	0.060	0.030	0.030	0.030
95～99歳	0.108	0	0	0	0.027
100歳以上	0	0	0	0	0
総数	0.017	0.012	0.011	0.011	0.013

表-5 急性心筋梗塞の発症率

分類 項目	発生率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0	0	0
15～19歳	0	0	0	0	0
20～24歳	0	0	0	0	0
25～29歳	0	0	0	0	0
30～34歳	0	0.010	0.003	0.003	0.004
35～39歳	0	0	0.003	0	0.001
40～44歳	0.015	0.003	0.009	0.003	0.008
45～49歳	0.018	0.003	0.003	0.009	0.008
50～54歳	0.020	0.017	0.006	0.020	0.015
55～59歳	0.049	0.022	0.017	0.015	0.026
60～64歳	0.043	0.019	0.025	0.028	0.029
65～69歳	0.044	0.077	0.026	0.047	0.048
70～74歳	0.051	0.071	0.040	0.028	0.047
75～79歳	0.076	0.043	0.038	0.062	0.055
80～84歳	0.186	0.074	0.082	0.067	0.102
85～89歳	0.102	0.029	0.145	0.073	0.087
90～94歳	0.121	0.090	0.151	0.121	0.121
95～99歳	0.108	0.216	0	0	0.081
100歳以上	0	0	0	0	0
総数	0.025	0.018	0.014	0.015	0.018

表-7 肺炎の発症率

分類 項目	発生率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0.013	0.013	0.013	0.009	0.012
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0.004	0.004	0.002
15～19歳	0	0	0	0.003	0.001
20～24歳	0.003	0	0.003	0	0.002
25～29歳	0.003	0	0.009	0	0.003
30～34歳	0.003	0.005	0.008	0	0.004
35～39歳	0	0.003	0	0.003	0.001
40～44歳	0.003	0.006	0	0.006	0.004
45～49歳	0.003	0	0.006	0.015	0.006
50～54歳	0.003	0.006	0.006	0.003	0.004
55～59歳	0.007	0.015	0.025	0.005	0.013
60～64歳	0.012	0.019	0.022	0.019	0.018
65～69歳	0.026	0.044	0.029	0.033	0.033
70～74歳	0.083	0.091	0.087	0.055	0.079
75～79歳	0.129	0.115	0.158	0.105	0.127
80～84歳	0.276	0.238	0.261	0.335	0.277
85～89歳	0.276	0.422	0.553	0.524	0.444
90～94歳	0.422	0.573	0.603	0.392	0.498
95～99歳	1.297	1.514	0.757	0.757	1.081
100歳以上	0	0.943	0.943	3.774	1.415
総数	0.030	0.034	0.038	0.033	0.034

表-6 急性心不全の発症率

分類 項目	発生率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0	0	0
15～19歳	0	0	0	0	0
20～24歳	0	0	0	0	0
25～29歳	0	0	0.003	0	0.001
30～34歳	0	0	0	0	0
35～39歳	0	0.003	0	0	0.001
40～44歳	0	0	0	0	0
45～49歳	0	0	0	0	0
50～54歳	0.008	0.006	0	0	0.003
55～59歳	0	0.002	0.002	0	0.001
60～64歳	0.003	0	0.006	0	0.002
65～69歳	0.022	0.004	0.011	0	0.009
70～74歳	0.016	0.016	0.008	0.008	0.012
75～79歳	0.024	0.005	0.014	0.029	0.018
80～84歳	0.022	0.037	0.007	0.007	0.019
85～89歳	0.058	0.058	0.029	0.044	0.047
90～94歳	0.121	0	0.030	0.030	0.045
95～99歳	0	0	0.108	0.108	0.054
100歳以上	1.887	0	0	0	0.472
総数	0.006	0.004	0.003	0.003	0.004

表-8 多発外傷の発症率

分類 項目	発生率 (%)				
	H18	H19	H20	H21	平均
0～4歳	0	0	0	0	0
5～9歳	0	0	0	0	0
10～14歳	0	0	0	0	0
15～19歳	0	0.014	0.003	0	0.004
20～24歳	0.006	0.003	0	0	0.002
25～29歳	0	0.003	0.003	0.003	0.002
30～34歳	0.008	0.005	0.003	0	0.004
35～39歳	0.003	0.009	0	0	0.003
40～44歳	0.003	0	0	0	0.001
45～49歳	0	0	0	0	0
50～54歳	0	0	0	0.006	0.001
55～59歳	0	0	0.005	0.002	0.002
60～64歳	0	0.006	0.006	0.003	0.004
65～69歳	0	0	0	0	0
70～74歳	0	0	0	0.004	0.001
75～79歳	0.010	0	0	0	0.002
80～84歳	0	0	0	0	0
85～89歳	0.015	0	0	0	0.004
90～94歳	0	0	0	0.030	0.008
95～99歳	0	0	0	0	0
100歳以上	0	0	0	0	0
総数	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002

この結果を見てみると、多発外傷を除く7つの疾患において、若い年代と比較して高齢者になるにつれて疾患発生率が大きくなっていることがわかる。このなかでは、脳に関する疾患である脳内出血、脳梗塞、くも膜下出血において、比較的低い年齢からも疾患が発生していることが分かる。一方、多発外傷については、他の疾患と異なり、外発的要因によって生じる疾患であるため、他の疾患のように高齢者になるにつれて発症率が大きくなるということがなく、どの年齢階級においても同様に発生している。全国の政令市、中核市、特例市を対象として

行った調査・分析によって得られた発症率は、発表会時に示す。

4. 救急車専用退出路の設置効果分析

3次救急医療施設への搬送と一般的な救急搬送では、その搬送活動に異なる点がある。それは、救急搬送先が特定されているかどうかということである。一般的な救急搬送の場合、覚知後に現場へ出動し、現場において搬送先の医療施設の選定を行っているのに対し、3次救急

医療施設への搬送は、搬送先の医療施設がほぼ決定されているため、搬送するルートとして特定の道路を利用することとなる。本研究で分析している救急車専用退出路は、救急車専用退出路を利用による救急搬送時間の短縮から、初期治療の開始時間の早期化を目的とするものであり、高度な救急医療施設と接続しているため、重篤な患者の救急搬送に効果がある。その一方で、高速道路を利用しない地域からの救急搬送には効果を得ることができない。したがって、対象地域の設定においては、救急車専用退出路および高速道路を利用できる地域である必要がある。

次に、救急車専用退出路の設置効果分析の分析方法の概要を説明する。救急車専用退出路は、一般的な道路とは異なり、救急自動車以外の一般自動車は走行しないことが特徴である。したがって、通常の道路整備の効果計測に用いられる旅行時間短縮便益や環境負荷低減便益、交通事故減少便益等の便益を適応することは困難である。そこで本研究では、救急車専用退出路を利用したことによる救急搬送時間の短縮を救急車専用退出路の設置効果とし、その救急搬送時間の短縮によって救命が可能となる人の価値を便益として算出する。救急車専用退出路の設置によって増加した救命人数そのものを便益値とすると、救急車専用退出路の設置費用や維持管理費との比較ができないため、死亡一人当たりの逸失利益を生命の価値とすることで、救命が可能となる人数を金額に換算する。

本研究での分析の評価指標としては、純現在価値（NPV）、費用便益比（CBR）、内部収益率（IRR）を用いる。費用便益分析の諸条件は、国土交通省道路局都市・地域整備局の費用便益分析マニュアルを参考に、現在価値算出のための社会的割引率 r を4%、基準年次を評価時点、検討年数を50年として計算を行う。評価期間が50年間と長期に渡っているため、第3章で求めた各疾患の発症率を用いて、将来的な人口動態の変化を考慮した救急車専用退出路の設置効果の分析として費用便益分析を行うために、対象地域の5歳階級別の人口にそれぞれに対応した発症率を乗じ、将来の各年次における救急搬送患者数を推計する。これによって評価期間が長期となるなかで、人口動態の変化による便益の歪みを減少させることを図っている。対象とする救急車専用退出路は、既に設置されているものを対象とする。救急車専用退出路の設置便益の評価値は、以下の式で表す。

$$a_{id} = N_i \times \theta_d \quad (1)$$

$$Z = \sum_i \sum_d a_{id} \{R_d(t_{exit}) - R_d(t_{another})\} T_d \quad (2)$$

Z ：救急車専用退出路設置による便益

a_{id} ：救急要請地域 i から搬送される疾患 d の患者数
 N_i ：救急要請地域 i における人口
 θ_d ：疾患 d の救急車に搬送される患者の発症率
 $R_d(t)$ ：疾患 d における藤本らの救命率
 T_d ：疾患 d の人を救命したときの一人当たりの利益
 t_{exit} ：救急車専用退出路を利用した場合の搬送時間
 $t_{another}$ ：インターチェンジあるいは一般道を利用した場合の最小の搬送時間

救急車専用退出路を利用した搬送の方がインターチェンジや一般道を利用した搬送より搬送時間が短くなる時に救急車専用退出路の効果があるため $t_{exit} < t_{another}$ となる。また、藤本らの救命曲線¹⁾では、5分以下および60分を超える救急搬送は特異事例であるため救命曲線から除かれており、本研究ではそれを考慮して、搬送時間が $5 < t_{exit} < 60$ となる地域を対象とする。

この救命率を用いて退出路を利用したことによる救命人数の増加を求める。救命率は疾患によって異なっているため、疾患ごとに救命人数の増加を求め、それらの和を地域における救命人数の増加とする。しかし、増加した救命人数そのものを評価値とすると、設置費用や維持費との比較が困難であるため、死亡一人当たりの逸失利益を生命の価値とすることで、救命人数を金額に換算する。逸失利益の計算には、交通事故裁判などで用いられているライプニッツ式を用いる。詳細な分析結果については、発表会時に示す。

謝辞：本研究では、全国の政令市・中核市・特例市の消防機関に調査票を送り、救急搬送データを調査した。調査にご協力していただいた消防機関の方々に感謝したい。本研究は科学研究費補助金基盤研究(B)（代表者高山純一、金沢大学）による研究成果の一部である。ここに記して、感謝したい。

参考文献

- 1) 藤本昭，橋本孝来：救急患者の収容所要時間・救命率曲線を使った道路整備の救命向上効果計測，九州技報第31号，pp.15-21，2002年7月
- 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～経済性を偏重しない道路整備効果説明方法の提案～，交通工学，Vol.45，No.5，pp.47-56，2010年
- 3) 中野晃太，高山純一，中山晶一郎：高速道路を対象とした救急搬送高度化のための救急車専用退出路設置方策の検討，土木計画学研究．講演集，Vol.43，2010年