

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

中野 晃太¹・高山 純一²・中山 晶一朗³

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

救急搬送活動において、患者を迅速に搬送することはより多くの患者を救うために不可欠である。現在、3次救急医療機関などの重症患者に対処するための高度な医療施設は都市部に集中しており、3次救急医療機関の少ない地方部との間に救急医療サービスの地域格差が生じている。地方部から都市部への搬送には高速道路が用いられているが、救急医療機関が高速道路のインターチェンジから離れていると搬送時間が増加してしまう。そこで高速道路と救急医療機関付近の道路を結ぶ救急車専用退出路を設置することで、経路上の交通障害の回避ならびに、救急搬送時間の短縮が可能となる。本研究は、高速道路を利用した救急搬送における救急車専用退出路の設置を考える。そして、救急車専用退出路を効率よく配置する方策の検討を行う。

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

1. 研究の背景と目的

救急搬送活動において迅速な救急搬送は、より多くの人々の生命を救うために不可欠である。しかしながら、重症の救急患者に対して高度な医療を24時間提供する3次救急医療施設は都市部に集中しており、それらの施設の少ない地方部と都市部の間に救急医療サービスの地域格差が生じている。

地方部から3次救急医療機関への搬送時間を短縮するためには、ドクターヘリなどのヘリコプターを利用した医療機関への搬送が有効であるが、消防機関、都道府県が保有するヘリの台数は全国で71台しかないのに加え、ドクターヘリも全国で19の道府県へ配備されておらず、ヘリコプターによる搬送は全搬送件数の0.06%のみに留まっている。したがって、現状ではほとんどの救急搬送において、地方部の重症患者は救急車によって都市部の3次救急医療施設へ搬送されており、安全かつ早急な搬送を行うために高速道路や自動車専用道路（高規格幹線道路等）の整備が望まれる。

高齢者人口が増加し、3次救急医療施設への搬送件数が増加するなか、高速道路を利用すれば、一般道を利用するよりも、地方部から都市部の3次救急医療施設への

搬送を行う時に比べアクセス性は格段に向上することとなる。しかし、高速道路を利用して搬送したとしても、3次救急医療施設が高速道路のインターチェンジから離れている場合、一般道において交通障害が生じる可能性があり、必ずしも迅速な搬送を行えるとは限らない。そこで、高速道路のインターチェンジから3次救急医療施設までの搬送距離の短縮や経路上の交通障害の回避を行うことを目的とした3次救急医療施設と高速道路を結ぶ救急車専用退出路を設置することにより、救急搬送時間の短縮が可能となる。本研究では、既存の救急車専用退出路の設置効果の分析結果をまとめるとともに、救急車専用退出路配置モデルの検討を行い、新たに救急車専用退出路を設置する箇所の選定を試みる。

2. 救急車専用退出路の概要

地方部から都市部へ高速道路を利用して搬送を行った際の効果として、救急搬送所要時間の短縮が挙げられる。高速道路の利用により走行速度が速くなるのに加え、交差点や踏切など、交通障害となる要因を回避することによって、搬送所要時間が短縮される。さらに、車内振動

の低減効果も挙げられる。山間部における急カーブや急坂、冬季の路面、救急自動車の減速と加速といったような救急自動車に振動を与える要因を回避することで、患者への負担の軽減と救急隊員による救命処置の向上が可能となる。

上述のように高速道路を利用した救急搬送には多くの利点があるが、救急医療機関が高速道路沿いに設置されているにもかかわらずインターチェンジから遠く離れている場合、インターチェンジから救急医療機関までの一般道における交通障害などによって救急搬送に時間がかかる場合がある。そこで高速道路と救急医療機関付近の道路を直接結び、インターチェンジを利用せずに迅速な搬送を可能とする救急車専用退出路の設置が求められる。

インターネットを利用した調査では、全国に13箇所の救急車専用退出路の設置が確認できた。救急車専用退出路は、標識やラバーポールなどによって高速道路ならびに一般道と区切られており、一般道との接続部分に設置されたリモコン操作の自動開閉扉によって、一般車両が通行できないようになっている。

3. 救急車専用退出路配置モデルの定式化

(1) 救急車専用退出路配置モデルの概要

3次救急医療機関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。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機関の選定を行っているのに対し、3次救急医療機関への搬送は、搬送先となる医療機関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。本研究で対象とす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、高度な救急医療機関と接続しているため重篤な患者の搬送に効果がある。その一方で、高速道路を利用しない地域からの搬送には効果を得ることができない。したがって、本モデルでは、高速道路を利用した救急搬送が前提であり、一般道を利用した救急搬送よりも高速道路を利用した救急搬送の方が搬送時間が短くなる地域が対象となる。

また、救急車専用退出路は、一般的な高速道路のインターチェンジとは異なり、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、交通事故減少便益など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。この救

急車専用退出路設置の便益を設置候補地の評価値とし、評価値が最大となるような地点を最適な設置箇所とする。

(2) 救急車専用退出路配置モデルの定式化

疾患 s の年間発生率(%/年)が θ_s であるとき、ある地域 i における人口が N_i 人だとすると、地域 i における疾患 s の患者数 a_{is} は以下ようになる。

$$a_{is} = N_i \times \theta_s \quad (1)$$

本研究では、同一の地域から救急搬送を行う場合は、同様の方法によって救急搬送を行う。例えば、一般道を利用した時の救急搬送時間よりも高速道路を利用した時の救急搬送時間の方が短い場合、救急患者はすべて高速道路を利用して救急搬送されるものとする。

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の効果を救命人数の増加として表す。すなわち、救急車専用退出路を利用した時の救命率とインターチェンジや一般道を利用した時の救命率の差を救急搬送患者数に乗じたものを、救急車専用退出路を利用したことによる救命人数の増加(救命率向上効果)として算出する。

救命率は、藤本、橋本ら¹⁾の救命曲線を用いている。藤本らの研究では、脳内出血、くも膜下出血、急性心筋梗塞、急性心不全、肺炎、CPA(心肺停止)の6つの救命率曲線が提示されているが、CPAは搬送時間が20分以上の場合に救命率が負となり、2次救急医療機関への搬送も可能であることから、本研究ではCPAを除いた5疾患について考える。藤本らの研究では、5分以下および60分を超える搬送は特異事例であるため救命曲線から除かれている。そこで、本研究においては、救急搬送時間(分)が $5 < t < 60$ の範囲にあ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ブニッツ式を用いる。

$$b = q \sum_{p=1}^n \frac{A}{(1+m)^p} \quad (2)$$

ここで、 b は損害の現在価値(逸失利益)であり、 A は年収(円)、 q は $(1 - \text{生活費控除})$ 、 m は年利率、 n は就業可能年数を表している。式(2)より、ライブニッツ係数 S を式(3)、逸失利益を式(4)のように表す。

$$S = \frac{\{1 - 1/(1+m)^n\}}{0.05} \quad (3)$$

$$b = AqS \quad (4)$$

式(4)によって得られた逸失利益を救命人数に乗じたものを救急車専用退出路の設置効果（設置便益の評価値）とする。

$$Z = \sum_i \sum_s a_{is} \{R_s(t_{exit}) - R_s(t_{another})\} b_{is} \quad (5)$$

$$t_{exit} < t_{another} \text{ かつ } 5 < t_{exit} < 60 \quad (6)$$

Z : 救急車専用退出路設置候補地の評価値
 a_{is} : 救急要請地域 i から搬送される疾患 s の患者数
 $R_s(t)$: 疾患 s の救命率
 b_{is} : 地域 i における疾患 s 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

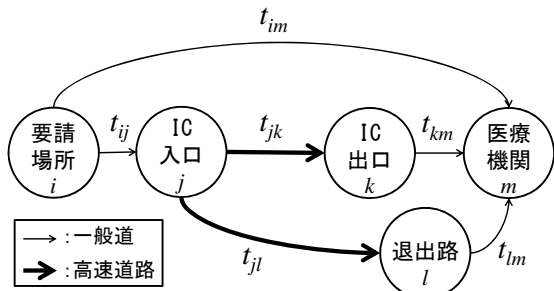


図-1 救急搬送時間の概念図

4. 既存の救急車専用退出路の設置効果

(1) 既存の救急車専用退出路における評価値の算出

救急車専用退出路は全国に13ヵ所設置されている。ここでは、東北地方の青森自動車道、大船渡三陸道路、矢本石巻道路、湯沢横手道路、山形自動車道の5ヵ所に設置されている救急車専用退出路を対象として、その設置効果の分析を行った。対象としている5ヵ所の退出路は平成15年から平成18年にかけて設置されており、短い期間ではあるが救急車専用退出路の利用実態の調査が可能である。したがって、救急要請地域 i から搬送される疾患 s の患者数 a_{is} に代わり、調査によって得られた救急車専用退出路利用回数から推計した搬送患者数を用いる。

表-1 救急車専用退出路を利用した年平均推計搬送患者数(人)

退出路設置医療機関	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎
青森県立中央病院	12.6	12.6	4.8	5.7	6.5
大船渡病院	16.9	7.4	11.8	8.8	16.6
石巻赤十字病院	33.1	13.8	22.1	30.3	22.1
雄勝中央病院	10.4	6.1	7.3	8.9	11.5
山形県立中央病院	0.8	10.1	34.5	43.8	68.1

また、インターチェンジを利用した時と救急車専用退出路を利用した時の救急搬送時間の差から得られた救命率の向上分を表-2に示す。

算出した各救急車専用退出路におけるそれぞれの疾患の推計搬送患者数と救急搬送時間の短縮による救命率の向上を用いて、インターチェンジから搬送した場合と救急車専用退出路から搬送した場合の救命人数を求める。このインターチェンジによる搬送の救命人数と退出路による搬送の救命人数の差を、救急車専用退出路設置による救命人数の向上効果として算出する。(表-3)

求めた救急車専用退出路利用による救命人数の向上効果を用い、救急車専用退出路の設置効果（設置便益の評価値）の算出を行う。逸失利益の算出に用いる年収は、厚生労働省が行っている国民生活基礎調査²⁾のデータを用いた。国民生活基礎調査は3年ごとに大規模調査を行っているため、本研究では大規模調査の年にあたる平成19年の調査による平均所得を用いている。表-4に逸失利益を用いて算出した救急車専用退出路設置による救命率向上の利益の算定結果（設置便益）を示す。

表-2 救急車専用退出路利用による救命率の差(%)

退出路設置医療機関	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎
青森県立中央病院	5.50	6.89	6.07	0.72	4.19
大船渡病院	5.52	7.10	6.33	0.74	4.18
石巻赤十字病院	3.73	7.85	8.56	0.92	2.56
雄勝中央病院	2.41	2.29	1.80	0.28	1.94
山形県立中央病院	4.30	5.79	5.25	0.59	3.23

表-3 救急車専用退出路利用による救命人数の増加(人)

退出路設置医療機関	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎
青森県立中央病院	0.70	0.87	0.29	0.04	0.27
大船渡病院	0.93	0.52	0.75	0.07	0.69
石巻赤十字病院	1.24	1.08	1.89	0.28	0.56
雄勝中央病院	0.25	0.14	0.13	0.02	0.22
山形県立中央病院	0.04	0.59	1.81	0.26	2.20

表-4 救急車専用退出路設置による利益(万円/年)

退出路設置医療機関	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎
青森県立中央病院	309	397	107	14	122
大船渡病院	547	238	271	25	307
石巻赤十字病院	1152	494	687	133	251
雄勝中央病院	194	62	48	12	100
山形県立中央病院	16	267	659	100	674

(2) 救急車専用退出路設置による費用便益分析

救急車専用退出路の設置評価値を便益とし、救急車専用退出路の設置事業費および維持管理費を費用として費用便益分析を行った。費用便益分析を行うにあたり、救急車専用退出路の道路管理者に調査表を送付し、各救急車専用退出路における退出路設置事業費および維持管理費の調査を行った。表-5、表-6にその調査結果を示す。

表-5 救急車専用退出路の設置費用（百万円）

退出路設置医療機関	道路施工費	退出路ゲート費	全体
青森県立中央病院	40	18	58
岩手県立大船渡病院	74	25	99
石巻赤十字病院	73	7	80
雄勝中央病院	62	2	78
山形県立中央病院	62	14	76

表-6 救急車専用退出路の維持費用（百万円/年）

退出路設置医療機関	道路維持修繕費	設備維持費	合計
青森県立中央病院	0.99	0.54	1.53
大船渡病院	1.03	0.33	1.36
石巻赤十字病院	0.81	0.40	1.21
雄勝中央病院	0.48	0.20	0.68
山形県立中央病院	0.48	0.45	0.92

表-7 退出路設置における費用便益分析の評価指標

退出路設置医療機関	NPV	CBR	IRR
青森県立中央病院	99.47	2.13	0.14
大船渡病院	149.09	2.18	0.13
石巻赤十字病院	433.63	5.17	0.32
雄勝中央病院	4.41	1.06	0.04
山形県立中央病院	245.47	3.60	0.21

(*NPVの単位は百万円)

JA秋田厚生連雄勝中央病院の救急車専用退出路については、データを得ることができなかつたため、他の4つの救急車専用退出路の設置費用の平均を用いている。今回は東北地方の救急車専用退出路が対象であるため、維持費として雪寒費がかかっていることが特徴である。

調査結果をもとに、救急車専用退出路の設置に関する費用便益分析を行う。本研究では、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40年として計算を行っている。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。それぞれの救急車専用退出路におけるNPV、CBR、IRRの算定結果を表-7に示す。

費用便益分析の結果、5箇所の救急車専用退出路において $NPV > 0$ 、 $CBR > 1$ 、 $IRR > r$ を満たす結果が得られた。したがって、費用便益分析からは、救急車専用退出路設置による搬送時間短縮効果が認められ、救急車専用退出路の設置は救急搬送活動を向上させるものと考えられる。ただし、JA秋田厚生連雄勝中央病院の救急車専用退出路は、他の4つの救急車専用退出路と比較すると救急車専用退出路を利用した推計搬送患者数が少なく、救急車専用退出路設置による便益は出ているもののNPV、CBR、IRRの値は小さくなっている。

また、救急車専用退出路はそれ自体が設置されてから間もないため、救急搬送のデータ数が少なく、その維持補修費用も不確定な部分が多いため、今後も継続的に調査を行っていく必要がある。



図-2 救急車専用退出路設置箇所の候補地

5. 新規の救急車専用退出路設置箇所の検討

本研究で定式化したモデルを用いて、新規に救急車専用退出路を設置する箇所の検討を行う。救急車専用退出路の設置効果が得られる条件としては、1) 救急搬送先の医療機関が高速道路沿いに立地している、2) 救急医療機関が最寄りのインターチェンジから離れている、といったことが考えられる。そこで、本研究では、新規に救急車専用退出路を設置する箇所の候補地として、富山県黒部市にある黒部市民病院を対象とする。黒部市民病院は北陸自動車道沿いに立地しており、最寄りの魚津インターチェンジと黒部インターチェンジから比較的距離が離れているため救急車専用退出路による救急搬送時間の短縮効果が見込まれる。北陸自動車道と一般道が重なっている10カ所の地点を候補地とし、各地点における救急車専用退出路設置の評価値の算出を行う。評価値の算出結果および費用便益分析結果は発表時に示す。

謝辞：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

- 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) 厚生労働省：平成 19 年 国民生活基礎調査の概況，<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19-1.html>
- 3) 高山純一，中山晶一郎，鈴木敬仁，福田正輝：高速道路における救急車専用退出路の設置効果に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.39，2009 年