Analysis of effect that exiting road only for ambulance introduced into expressway

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00008403

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.

高速道路における
救急車専用退出路の設置効果分析

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，迅速な救急搬送はより多くの患者を救うために不可欠である．現在，3次救急医療施設などの重症患者に対処する高度な医療施設は都市部に集中しており，3次救急医療施設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，搬送時間の増加が問題となる．そこで，高速道路と3次救急医療施設までの搬送距離の短縮を目的とした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，高速道路における救急車専用退出路の設置効果の分析を行い，今後の救急搬送業務の向上を目指す．

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．特に，高齢化が進む過疎地域においては，地方部から3次救急医療施設への搬送時間を短縮するために，ドクターヘリなどのヘリコプターを利用した救急医療施設への搬送が有効であるが，消防施設，都道府県が保有するヘリの台数は全国で71台しかないことに加え，ドクターヘリも全国で19の道府県へ配備されているに過ぎず，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．現状の救急搬送活動においては，地方部の重症患者は救急自動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，安全かつ早急な救急搬送を行うためには，都市間をつなぐ高速道路や自動車専用道路を利用した救急搬送や，地方部への重篤な患者に対応できる新たな救急医療施設の設置が必要となる．しかし，救急医療施設の設置費用は多額であり市や県等の負担が大きくなることや，重篤な患者の処置が可能である医師や医療設備の確保が難しいことから，新規に救急医療施設を設置することは非常に困難である．したがって，現実的には高速道路や自動車専用道路を利用した救急搬送が有効であり，救急搬送活動をより効果的に行うために高速道路や自動車専用道路の整備が望まれる．

その一方で，高齢者人口が増加し，3次救急医療施設への救急搬送件数が増加するなか，高速道路を利用することにより地方部から都市部の3次救急医療施設へのアクセス性は格段に向上する．しかし，高速道路を利用して救急搬送を行ったとしても，3次救急医療施設が高速道路の近くにあるが，高速道路のインターチェンジから離れている場合，インターチェンジから救急医療施設に向かうまでの一般道にて，朝夕のピーク時間帯（交通混雑時）や赤信号交差点の通過，踏切といった交通障害等により，救急搬送時間が増大する可能性がある．そこで，一般道における交通渋滞等の交通障害を回避し，早急な救急搬送を行うために，3次救急医療施設付近で救急車が高速道路から直接退出できる救急車専用退出路の設置が求められる．救急車専用退出路を設置することにより，経路上の交通障害の回避が可能となるだけではなく，インターチェンジから3次救急医療施設までの救急搬送距離を短縮することができ，救急搬送時間が短縮されるこ

とによって，より早期の治療が行えるようになる．しかし，救急車専用退出路は全国でも数十箇所にしか設置されておらず，その整備は未だ不十分である．今後高齢化が進むと重篤な患者の発生数も増加し，高度な救急医療施設への救急搬送需要も増加すると考えられる．こうした状況において，地方部から都市部への救急搬送活動における地域格差の拡大を抑制し，より高い水準の救急搬送サービスを提供するために，救急車専用退出路の設置が有効である．本研究では，既に設置されている高速道路における救急車専用退出路の設置効果の分析を行い，救急車専用退出路の有用性を明らかにすることで，今後，新たに救急車専用退出路を設置する際のひとつの指標とし，今後の救急医療体制の向上ならびに救急搬送業務の効率化に貢献することを目的としている．

2. 既存研究

救急医療活動と道路整備に着目した研究には，喜多ら，折田ら，高橋らの研究がある．喜多・瀧本の研究[1]では，医療施設へのアクセス性がサービス水準を決定づける重要な要因となっていると指摘するとともに，救命率をもってサービス提供水準を表す指標とし，いくつかの救急医療システムに対する救急医療サービス提供水準の地点別評価を試みている．折田らの研究[2]では，傷病発生から医療施設までのアクセシビリティを向上させるためには高速道路の利活用が重要との認識に立ち，救急医療活動を支える消防施設，救急隊員の視点からみた今後の高速道路整備のあり方について分析を試みている．高橋らの研究[3]では，北海道を対象に，高規格道路の整備による救急医療施設へのアクセス改善による便益の試算を行うとともに，北海道の積雪を考慮して，冬期と夏期による平均旅行速度の差を取り入れた道路整備の便益を求めている．一方，高速道路への進入路としてのスマートインターチェンジの整備効果について，吉田ら，濱谷らが研究を行っている．吉田らの研究[4]では，高速道路の沿道であるにもかかわらずインターチェンジ（IC）が近くに無いため，高速道路のメリットが受けられない市町村への打開策として注目されているスマートICへの交通シミュレーション適用の可能性について述べている．濱谷らの研究[5]では，スマートIC社会実験の結果の分析を行うことで，スマートICの利用実態と利用台数に影響を及ぼす要因を明らかにしている．また，ドクターヘリによる救急搬送の研究として，滝口，豊田らの研究がみられる．滝口の研究[6]では，世界各国のヘリコプターや航空機を使用した救急搬送の歴史，現状，課題などについて述べている．豊田らの研究[7]では，静岡県西部地区を対象に，多数傷病者例の事案において，ドクターヘリでの現場医療活動，トリアージの経過と直接メディカルコントロールの有用性についての検討を行っている．

救急搬送活動に関する研究は，特定の地域を対象とし，その対象地域における救急医療活動の改善のための方策を検討するものが多く行われており，広域的な道路の建設によって得られる救急搬送への効果を計測するものも見られるが，救急車専用退出路の設置効果を分析しているものは他に見られない．高齢化による救急患者の増加によって地方部から都市部への高速道路を利用した救急搬送の需要が増加するなかで，高速道路整備による救急搬送の高度化に関する研究は充分であるとは言い難い．本研究では，現場急行支援システム（FAST）やドクターカーの導入のような救急搬送活動を高度化する他の方策においても効果が期待できる救急車専用退出路の設置効果の分析を行い，救急車専用退出路の有用性を明らかにしている．

3. 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が回避することによって，搬送時間が短縮する．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，救急医療施設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施設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施設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．救急車専用退出路と設置医療施設を**表-1**に示す．本研究では，これらの救急車専用退出路の中から調査によって十分なデータが得られた青森自動車道，大船渡三陸道路，矢本石巻道路，湯沢横手道路，山形自動車道の救急車専用退出路を対象とし，その設置効果の費用便益分析を行なっている．

表-1　救急車専用退出路と設置医療施設

地域	高規格道路名	設置箇所	退出路設置医療機関
北海道	札樽自動車道	手稲IC～銭函IC	北海道立子ども総合医療・療育センター
東北	青森自動車道	青森中央IC～青森東IC	青森県立中央病院
	八戸久慈自動車	久慈IC～久慈北IC	岩手県立久慈病院
	大船渡三陸道路	大船渡碁石海岸IC～大船渡IC	岩手県立大船渡病院
	矢本石巻道路	石巻河南IC～河北IC	石巻赤十字病院
	湯沢横手道路	湯沢IC～三関IC	JA秋田厚生連雄勝中央病院
	秋田自動車道	太平山PA(上り線)	秋田大学医学部附属病院
	山形自動車道	山形北IC～山形JCT	山形県立中央病院
関東	東名高速道路	厚木IC～秦野中井IC	東海大学医学部付属病院
中部	中央自動車道	岡谷JCT～伊北IC	—
	日本海東北自動車道	中条IC～聖籠新発田IC	新潟県立新発田病院
中国	山陽自動車道	福山東IC内	福山市民病院
九州	長崎自動車道	大村IC～諫早IC	独立行政法人国立病院機構長崎医療センター

4.　救急車専用退出路の設置効果分析

(1)　研究の概要

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．

(2)　救急車専用退出路利用による搬送時間短縮の算出

本研究では，研究対象である救急車専用退出路の効果がもっとも高くなると考えられる高速道路を利用した救急搬送を対象とし，救急医療施設にもっとも近いインターチェンジを利用した場合と救急車専用退出路を利用した場合の搬送時間の差，すなわち，救急医療施設付近のインターチェンジから救急医療施設までの搬送所要時時間と，救急車専用退出路から救急医療施設までの搬送所要時間を算出し，この2つの差を救急車専用退出路設置による搬送時間の短縮とする．インターチェンジおよび救急車専用退出路から救急医療施設への救急自動車による搬送経路は，地方整備局等の救急車専用退出路に関するホームページ上にて経路が公開されているものはその経路を用い，公開されていない救急車専用退出路からは救急医療施設までの最短経路を走行するものとした．

救急搬送に関する研究の場合，しばしば救急搬送時間や救急搬送速度が設定される．高橋ら[3]や藤本ら[8]の研究では，交通センサスの旅行速度や県別級種別平均速度を参考にして走行速度の設定を行なっている．また，折田ら[2]の研究のように，搬送時間そのものをデータとして得ている研究もある．本研究では，対象としている救急車専用退出路とインターチェンジから救急医療施設までの搬送所要時間が不明であり，それぞれの搬送所要時間を求めなければならないが，対象地域での搬送速度が入手できなかったため，岩井ら[9]が救急隊員に対して行ったアンケート調査の結果から得られた搬送速度を用いている．救急車の搬送所要時間を求めるために，救急車専用退出路を設置している医療施設への搬送経路をもとに，搬送速度を設定した多機能地図ソフトスーパーマップルデジタルを用いて搬送距離および搬送所要時間の算定を行った．搬送時間の算定に用いた救急自動車の搬送速度は，高速道路で83km／時，国道や県道等の主要道で48km／時，一般道で38km／時と設定している．以上の条件を用いて，救急車専用退出路を利用したことによ

る搬送時間の短縮を求める．搬送時間は分単位である．**表-2**にその結果を示す．ただし，今回の搬送時間の算定では，一般道における渋滞等の交通障害を考慮していない．救急車は，緊急走行時には優先走行が可能であり，一定水準以上の走行性の確保が可能であると言える．その一方で，踏切や渋滞等の交通障害や路面状況等から少なからず走行阻害を受けている．小池ら[10]や南部ら[11]の研究では，救急隊へのアンケートやプローブデータを用いて救急車の緊急走行時における走行実態を明らかにするとともに，救急車の走行阻害要因についての分析を行なっている．これによって救急車の走行阻害要因については明らかとなった部分もあるが，それらの要因が救急車の走行にどの程度影響を及ぼすかということについては詳細が明らかになっておらず，今後の研究が期待される．したがって，今回はインターチェンジおよび救急車専用退出路から救急医療施設までの搬送距離と救急自動車の搬送速度から搬送時間の算定を行っている．

⑶ 搬送時間短縮による救命率の向上

救急車専用退出路の搬送時間短縮による救命率の向上を，藤本，橋本[12]の救命曲線により算出する．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ため，本研究でもこれらの6 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．この救命曲線を用いて，救急車専用退出路を利用した時の搬送時間とインターチェンジを利用した時の搬送時間それぞれの救命率を求め，2つの救命率の差から退出路利用時の救命率の向上を求める．

救急搬送活動において，救急要請は日々様々な地域から発生しており，救急搬送における出発地や搬送のすべての経路を予測することは非常に困難である．本研究の調査で得られた救急車専用退出路の利用回数も市町村毎のものであり，市町村内での救急車専用退出路による救急搬送患者の分布が不明であるため，救急搬送患者はすべて市町村の役所から発生するものとし，市町村の役所からインターチェンジを利用して救急車専用退出路設置医療施設への搬送所要時間を基準の搬送所要時間とする．市役所からインターチェンジまでの経路には最短の経路を用い，高速道路上を含め，搬送距離と搬送速度から搬送所要時間を求める．そして，インターチェンジを利用した時の搬送時間から救急車専用退出路を利用したことによる時間短縮分を引いたものを救急車専用退出路の利用による搬送時間とし，それぞれの搬送時間における救命率を算出する．なお，CPAに関しては，搬送時間が20分以上の場合は救命率が負となるため，搬送時間が20分以上のものは除外する．また，大船渡病院と石巻赤十字病院には退出路が上下線の2箇所に設置されているため，上下線それぞれの退出路による救命率の平均値を用いている．

表-2 救急車専用退出路利用による時間短縮(分)

退出路設置医療機関	インターチェンジ	退出路	時間短縮
青森県立中央病院	17.018	10.930	6.088
大船渡病院(大船渡IC)	8.097	4.031	4.066
大船渡病院(大船渡碁石海岸IC)	12.095	4.123	7.972
大船渡病院(平均)	10.096	4.077	6.019
石巻赤十字病院（河北IC)	7.700	4.114	3.586
石巻赤十字病院（石巻河南IC)	5.618	2.929	2.690
石巻赤十字病院(平均)	6.659	3.522	3.138
JA秋田厚生連雄勝中央病院	11.506	8.421	3.085
山形県立中央病院	5.794	1.213	4.581

⑷ 救急車専用退出路による救命人数の算定

救命率の向上から，救急車専用退出路利用による救命人数増加の算定を行う．ここでの救命人数は，退出路を利用した搬送患者数に増加分の救命率を乗じて求める．各救急車専用退出路設置医療施設における救急車専用退出路使用時の疾患別搬送患者数は，各医療施設において，退出路使用回数に全搬送人数に対する各疾患の搬送人数の比を乗じることで算出する．

救急車専用退出路の使用回数に関しては，救急車専用退出路と接続している医療施設が設置されている市とその医療施設に搬送を行う周辺市町村の消防施設，救急車専用退出路を管理している道路管理者への調査票の送付によりデータを得た．**図-1**に平成15年から平成20年までの退出路設置医療施設への退出路使用搬送件数を図示する．山形県立病院に接続している退出路を除く4箇所の救急車専用退出路は，平成15年以降に設置されたものであり，設置年の途中から供用開始となっている．そのため設置初年の救急車専用退出路を利用した搬送件数は，それ以降の年に比べて少なくなっている．また，雄勝中央病院に接続している退出路に関しては，平成19年8月26日に新たなインターチェンジとして雄勝こまちICが供用開始となっており，このインターチェンジの利用が可能となったことで，平成19年9月以降の退出路使用件数が増加している．したがって，救急車専用退出路の1年当たりの平均使用回数の算出をするにあたり，退出路設置初年の搬送件数と新たにICが供用開始となった年の搬送件数を除いている．救急車専用退出路の1年当たりの平均使用回数は，それぞれの救急車専用退出路における各年次の救急車専用退出路を利用した搬送件数の平均値として求めている．**図-1**から，石巻赤十字病院と雄勝中央病院への救急車専用退出路を利用した救急搬送件数は，上昇傾向にあり今後も増加するものと予想される．これら2つの救急車専用退出路に関しては，救急車専用退出路の設置初年度の搬送件数を除いたとしても，1年当たりの救急車専用退出路の平均使用回数は，上昇傾向が落ち着いた時点の平均値と比べて低めに算定されると考え

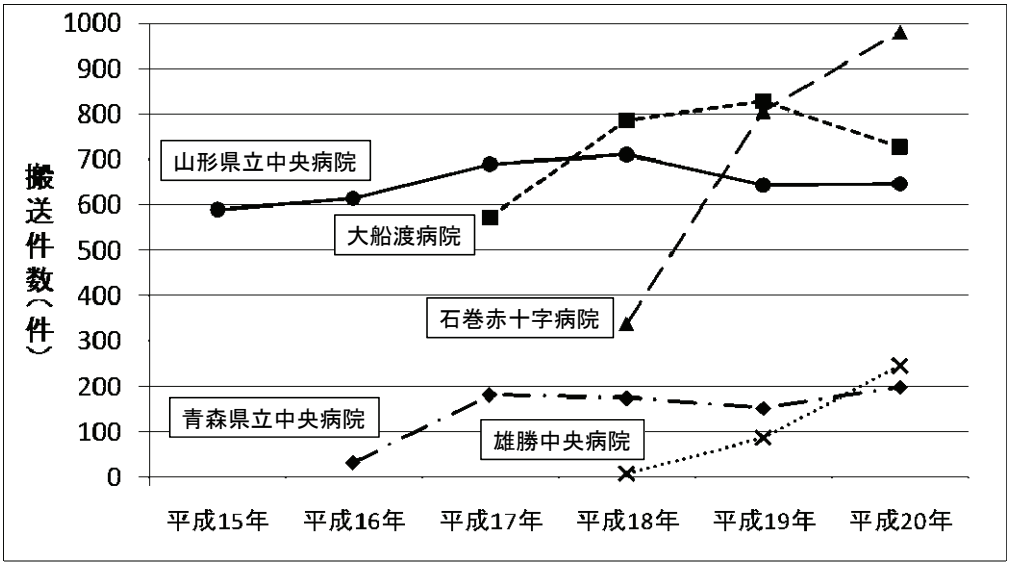

図-1　救急車退出路を利用した救急搬送件数(件)

られる．したがって，救急車専用退出路は，使用回数が多いほど救急車専用退出路の利用による救命人数が増加し，救急車専用退出路の設置効果が大きくなるため，石巻赤十字病院と雄勝中央病院への救急車専用退出路を利用した救急搬送件数が上昇傾向にある以上，低めに算定された救急車専用退出路の1年間の平均使用回数は安全側の予測となる．本研究では，年次ごとの救急車専用退出路を利用した搬送件数の平均値を，1年当たりの救急車専用退出路の平均使用回数として扱っている．**表-3**に対象としている各救急車専用退出路の1年当たりの平均使用回数を示す．

算出した各退出路設置医療施設におけるそれぞれの疾患の推計搬送患者数と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の算出を行った．インターチェンジによる搬送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として算出している．大船渡病院と石巻赤十字病院に接続している退出路にはそれぞれ上下線ごとに2つの退出路が設置されているが，搬送件数が上下線別になっていないため，ここでは上下線の退出路の平均値を用いている．**表-4**，**表-5**に退出路を利用した際の推計搬送患者数と救命人数の増加を示す．

⑸　救急車専用退出路設置による設置効果の算出

算出した救急車専用退出路利用による救命人数の向上を用い，救急車専用退出路の設置効果としての便益の算出を行う．本研究では，救急車専用退出路設置によって得られる救命1人当りが生み出す利益を死亡1人当りの逸失利益として算出する．逸失利益の算定には，交通事故の裁判などで用いられているライプニッツ式計算法を用いる．逸失利益を現時点の価値で算定する場合には，

表-3　救急車専用退出路の平均使用回数(回/年)

退出路設置医療機関	1年間の退出路平均使用回数
青森県立中央病院	177
岩手県立大船渡病院	780
石巻赤十字病院	893
JA秋田厚生連雄勝中央病院	247
山形県立中央病院	648

表-4　退出路を利用した推計搬送患者数（人/年）

医療機関名	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	CPA
青森県立中央病院	12.64	12.64	4.83	5.68	6.53	7.33
岩手県立大船渡病院	16.93	7.36	11.78	8.83	16.56	22.45
石巻赤十字病院	33.08	13.78	22.06	30.33	22.06	57.89
雄勝中央病院	10.42	6.14	7.26	8.93	11.54	10.05
山形県立中央病院	0.82	10.12	34.45	43.75	68.09	6.84

表-5　退出路を利用した救命人数の増加（人/年）

医療機関名	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	CPA
青森県立中央病院	0.70	0.87	0.29	0.04	0.27	0.00
岩手県立大船渡病院	0.93	0.52	0.75	0.07	0.69	0.00
石巻赤十字病院	1.24	1.08	1.89	0.28	0.56	0.76
雄勝中央病院	0.25	0.14	0.13	0.02	0.22	0.00
山形県立中央病院	0.04	0.59	1.81	0.26	2.20	0.00

その利益が生ずる時までの利息を控除しなければならず，本研究で用いたライプニッツ式では複利での計算を行っている．計算に用いたライプニッツ式を下記の式(1)に示す．

$$T = q\sum_{p=1}^{n}\frac{A}{(1+m)^{p}} \tag{1}$$

$$s = \frac{\left\{1-1/(1+m)^{n}\right\}}{0.05} \tag{2}$$

$$T = Aqs \tag{3}$$

ここで，Tは損害の現在価値(逸失利益)であり，Aは年収(円)，qは（1－生活費控除），mは年利率，nは就労可能年数，sはライプニッツ係数を表している．生活費控除は，扶養家族のある者と男子（独身，幼児を含む），女子（主婦，女児を含む）で異なっており，扶養家族のある者が30～40%，男子が50%，女子が30～40%となっている[13]．本研究では，生活費控除を平均的な値として40%としている．また，年利率mについては，平成16年(受)1888号損害賠償請求事件において最高裁が，逸失利益を現在価値に換算するために控除すべき年利率は民事法定利率（年5%）によらなければならないとしている[13]．式(1)を用いて逸失利益を計算すると計算が煩雑になるため，式(2)を用いてあらかじめライプニッツ係数を算出しておき，式(3)にて逸失利益を算出することになる．ここでは，年利率5%で計算した就労可能年数とライプニッツ係数の係数表を用いて，ライプニッツ係数を求めている．このライプニッツ係数表には，死亡した年齢に対応した就労可能年数とライプニッツ係数が示されている．平均的就労可能期間は18歳から67歳の49年間が基準とされており，就労可能年数は，55歳未満の者は67歳から被害者の年齢を控除した年数，55歳以上の者は簡易生命表により求めた平均余命年数の2分の1とされている[13]．

本研究では，各疾患の発生年齢をもとに，就労可能年数に対応したライプニッツ係数を用いて各疾患の逸失利益の算出を行っている．各疾患の平均発生年齢に関しては，全国的な統計がないため，医学学会に投稿された論文等[14)-19)]を参考に，対象としている症例における発症平均年齢を，その疾患の平均発生年齢と仮定して用いている．**表-6**に各疾患の平均発症年齢とそれに対する就業可能年数，およびライプニッツ係数を示す．また，1人当りの平均年間所得は，厚生労働省が行っている国民生活基礎調査より，高齢者1人当りの平均所得である203.4万円を使用している．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，16年，13年の調査による高齢者平均所得の平均値を用いた．

これまでに求めた救急車専用退出路を利用した搬送患者数と救急車専用退出路設置による救命率の向上，ライプニッツ係数にて求めた逸失利益を用いて，救急車専用退出路の設置による便益を以下の式によって算出する．

$$Z = \sum_d a_d \left\{ R_d\left(t_{exit}\right) - R_d\left(t_{inter}\right) \right\} T_d \qquad (4)$$

ここで，Zは救急車専用退出路設置による便益であり，a_dは救急車専用退出路によって搬送される疾患dの患者数，$R_d(t)$は疾患dにおける藤本らの救命率，T_dは疾患dの人を救命したときの一人当たりの利益，t_{exit}は救急車専用退出路を利用した場合の搬送時間，t_{inter}はインターチェンジを利用した場合の最小の搬送時間である．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を利用した搬送より搬送時間が短くなるため $t_{exit} < t_{another}$ となり，藤本らの救命曲線が取り扱う搬送時間より $5 < t_{exit} < 60$ となる．**表-7**に式(4)を用いて算出した救急車専用退出路設置による便益の算定結果を示す．

⑹ 救急車専用退出路の費用便益分析

救急車専用退出路設置による救命人数の増加を便益とし，救急車専用退出路の設置費用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を対象に調査票を送付し，各救急車専用退出路における救急車専用退出路設置費用および維持管理費の調査を行った．この調査により，救急車専用退出路の道路施工費，ゲート設置費，ゲート維持費，雪寒費が得られた．道路の維持管理費や一部の退出路の雪寒費は調査では得られなかったため，これらに関して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に記載されている一般都道府県道の維持管理費（修繕費含む）と雪寒費を用いて算出している．**表-8**，**表-9**に救急車専用退出路の設置費用と年間維持管理費を示す．JA秋田厚生連雄勝中央病院に接続している救急車専用退出路については，データを得られなかったため，他の4つの救急車専用退出路の平均値を設置費用と維持管理費としている．救急車専用退出路の設置費用は，道路施行費とゲート費によってその大半が占められている．また，対象が東北地方のため，維持費用として雪寒費が生じ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．費用便益分析にあたっては，算出した便益，費用の値を割引率にて現在価値に換算して分析を行う必要がある．本研究では，上述の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．

本来ならば40年間という評価期間における人口動態の変化や病院立地の変更等の変動要因を考慮すべきである．各年次における人口とその年齢構成比，各年齢の疾患別発症率が分かれば，人口変動による救急患者数の変動と高齢化による救急患者の増加等を予測することができる．ただし，そのためには各年次の詳細な人口データと年齢ごとの疾患別発症率が少なくとも必要となる．将来人口に関しては，国立社会保障・人口問題研究所によって人口推計が行われており，同研究所から刊行されている冊子にて平成17年から平成47年までの30年間についての将来推計人口データを得ることが可能である．しかしながら，各年齢における疾患の発症率は未だ明らかになって

おらず，将来的な人口の推移が予測できても，そこから各年次における疾患別救急患者数を推計することは困難である．したがって，本研究では，近年の実績値の平均を救急車専用退出路の需要とし，評価時点から救急車専用退出路の需要が変動しないものと仮定して費用便益分析を行うものとする．ただし，各年齢におけるそれぞれの疾患別発症率が明らかとなれば，人口変動を考慮した分析を行うことが可能となる．一方，3次救急医療（2.5次以上）を対象とする医療機関の立地に関しては，一般的に公的病院である場合が多いことから，国（国立大学付属病院を含む）や都道府県等の行政機関が設立・運営を行っているため，どのようなタイミングで病院が設立・廃業・移転するかを予測することは非常に困難であり，病院立地の変更について考慮することはできないと考えられる．

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．*NPV*，*CBR*，*IRR*の算定結果を**表-10**に示す．費用便益分析を行った結果，5箇所すべての救急車専用退出路において $NPV>0$，$CBR>1$，$IRR>r$ を満たすような結果が得られた．したがって，費用便益分析の観点からは，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であると考えられる．しかしながら，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明な部分が多いため，今後も継続的に調査を行っていく必要がある．

5. 本研究のまとめ

本研究では，救急車専用退出路の設置効果分析として，高速道路を使用した場合の救急搬送を仮定し，インターチェンジを利用した場合と救急車専用退出路を利用した場合とで，救急医療施設までの収容所要時間の短縮の算定を行った．また，収容所要時間の短縮による救命人数から退出路設置の便益を算出し，費用便益分析を行った．費用便益分析の結果，すべての救急車専用退出路において $NPV>0$，$CBR>1$，$IRR>r$ を満たしていることが分かり，救急車専用退出路設置の有用性が示せた．

本研究では，藤本らの収容所要時間と救命率に着目した救命曲線を使用しているが，これらの救命曲線は急病6疾患の搬送時にしか使用できないため，交通事故等の出血による搬送やその他の症例による搬送を考慮できなかった．しかし，藤本らは平成 22 年の交通工学において，脳梗塞や多発外傷等の救命率を公表しており[20]，これによって新たな症例の救命率が得られたため，今後は，新たな症例における救急車専用退出路の利用回数の調査および，便益の再計算を行う予定である．また，疾患別発症年齢および疾患別搬送件数は地域特性を考慮する必要があるため，その地域に基づいたデータを用いるのが望ましいが，本研究では疾患別発症年齢を医学論文から引用しているため，各地域における救急搬送データの入手を行う等の改善が必要である．さらに，今回は救急車専用退出路の大規模な打ち替えは考慮していないが，40 年という検討期間においては考慮する必要があるため，救急車専用退出路の打ち替え費用についての調査も今後行う必要がある．

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．

表-6 各疾患の平均発生年齢(歳)

疾患名	平均発症年齢	就業可能年数	ライプニッツ係数
脳内出血	69.0	7	5.786
くも膜下出血	60.3	11	8.306
急性心筋梗塞	68.3	8	6.463
急性心不全	70.3	7	5.786
肺炎	82.0	4	3.546
CPA	64.6	9	7.108

表-7 救急車専用退出路設置による便益(万円/年)

死亡に伴う逸失利益（万円/年）	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	CPA
青森県立中央病院	491	883	232	29	118	0
大船渡病院	659	530	588	46	300	0
石巻赤十字病院	872	1097	1489	197	244	656
雄勝中央病院	177	143	103	18	97	0
山形県立中央病院	25	594	1428	183	951	0

表-8 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-9 救急車専用退出路の年間維持費用（百万円/年）

退出路設置医療機関	維持管理費	雪寒費	ゲート維持費	全体
青森県立中央病院	0.99	0.39	0.20	1.58
岩手県立大船渡病院	1.56	0.33		1.89
石巻赤十字病院	1.23	0.30	0.10	1.63
雄勝中央病院	0.73	0.29	0.20	1.22
山形県立中央病院	0.72	1.60	0.20	2.52

表-10 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	258	3.89	0.27
岩手県立大船渡病院	284	3.08	0.20
石巻赤十字病院	790	8.03	0.55
雄勝中央病院	18	1.20	0.06
山形県立中央病院	504	5.00	0.39

(＊NPVの単位は百万円)

参考文献

1) 喜多秀行，瀧本貴仁：地方生活圏における救急医療システムの整備計画手法に関する一考察，土木計画学研究・講演集，No.13，1996.8.
2) 折田仁典，佐藤力，西川明博：地方部の高速道路の整備が救急医療活動に及ぼす効果，土木計画学研究・講演集，No.26，2002.
3) 高橋尚人，徳永ロベルト，浅野基樹：救急医療活動からみた道路整備効果の評価に関する一考察，北海道開発土木研究所月報，No.596，2003.
4) 吉田正，山本正嗣，冨山礼人，伊藤美智子，直井智治：スマート IC の計画評価手法に関する研究，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.9.
5) 濱谷健太，塚田幸広，酒井秀和：スマート IC 社会実験の利用実態とその要因に関する分析，土木計画学研究・講演集，Vol.34，CD-ROM，2006.12.
6) 滝口雅博：ヘリコプターや航空機による救急患者搬送の現状と課題，国際交通安全学会誌，Vol.25，No.2，2000.1.
7) 豊田泉，小倉真治，森義雄，高橋宏樹，浅井精一，岡田眞人：ドクターヘリによる多数傷病者発生事故での現場活動経験，日本救急医学会雑誌，16 巻，pp.294-300，2005.
8) 藤本昭，大成和明，松本勝美：救急医療サービスへのアクセス改善面からの道路整備効果の計測について，高速道路と自動車，第 47 巻，第 3 号，pp.26-35，2004.3.
9) 岩井慎太郎，高山純一，中山晶一朗：救急車からの医療情報のデジタル伝送システムの最適化方策に関する研究，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.361-362，2007.3.
10) 小池則満，秀島栄三，山本幸司：救急車の走行阻害要因と走行支援方法に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，No.22（2），1999.10.
11) 南部繁樹，吉田傑，赤羽弘和：プローブデータの分析に基づく救急車への緊急走行支援方策の検討，IATSS review，Vol.34，No.3，pp.309-316，2009.12.
12) 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.15-21，2002.7.
13) 交通事故等による逸失利益計算の実務（計算方法を中心として） http://www5d.biglobe.ne.jp/Jus1/IssituRieki/IssituRieki2.html
14) 藤盛吉絵，佐々木正弘，成田由美恵，松田輝子，武田優子：NIHSS を用いたクリニカルパスのバリアンス分析，大館市立総合病院 http://www.odate-hp.odate.akita.jp/med/achiv/2007/8.pdf
15) 鐙谷武雄，七戸秀夫，黒田敏，石川達哉，岩崎喜信，小林祥泰：脳卒中データバンクを利用したくも膜下出血の解析－発症年齢，性差，予後における全国・地域別の検討－，脳卒中の外科，Vol.34，pp.49-53，2006.
16) 松井幹之，伊藤誠，廣野摂，福井昭男，久保田功，横山紘一，友池仁暢：急性心筋梗塞症例に対する救急車搬送の利点と予後，日本救急医学会雑誌，第 14 号，pp.440-447，2003.
17) Davis, B. R., Piller, L. B., Cutler, J. A., Furberg, C., Dunn, K., Franklin, S., Goff, D., Leenen, F., Mohiuddin, S., Papademetriou, V., Proschan, M., Ellsworth, A., Golden, J., Colon, P. and Crow, R.: The Antihypertensive and Lipid-Lowering Treatment to Prevent Heart Attack Trial, *Circulation*, Vol. 113, No. 18, pp.2201-2210, 2006.5.
18) 樋口多恵子，太田求磨，田邊嘉也，鈴木栄一，下条文武：高齢者市中肺炎の重症度分類と予後予測，日老医誌，44 号，pp.483-489，2007.
19) 金弘，深田祐作，境田康二，薬丸洋秋，矢走英夫，青山賀茂，高木恒雄：ドクターカーによる院外心肺停止の治療成績，日本救急医学会雑誌，第 9 号，pp.617-626，1998.
20) 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.

（2011. 2. 25 受付）

ANALYSIS OF EFFECT THAT EXITING ROAD ONLY FOR AMBULANCE INTRODUCED INTO EXPRESSWAY

Kota NAKANO, Jun-ichi TAKAYAMA and Shoichiro NAKAYAMA

In the relief activities, rapid emergency medical transport is essential to save more patients. Currently, advanced medical facilities such as the third level emergency medical facilities to deal with patient with an advanced disease are concentrated in urban areas. There are regional differences in emergency medical services between urban areas and local areas that there are few third level emergency medical facilities.

Emergency medical transport from local areas to urban areas use the expressway. But, the increase emergency medical transportation time is problem, if emergency medical facilities are away from the highway interchange. Therefore, to establish exiting road only for ambulance that aimed shortening the distance from the highway to emergency medical facilities can avoid some traffic injury and is possible to shorten the emergency medical transportation time.

The purpose of this study are to analysis of effect that exiting road only for ambulance introduced into expressway and to improve emergency medical services in the future.