

3次救急医療を対象とした 高速道路救急車専用退出路の設置位置の選定

高山 純一¹・中山 晶一朗²・中野 晃太³・辰野 肇⁴

1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

2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

3正会員 日本海コンサルタント(株) 技術第1部 (〒921-8042 金沢市泉本町2丁目126番地)

E-mail: kabukigomen16an@yahoo.co.jp

4正会員 (株) 国土開発センター (〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目7番地)

E-mail: tatsuno_hajime@kokudonet.co.jp

3次救急医療機関は、一般に都市部に集中しており、過疎・中山間地域や半島地域の救急医療サービスの地域格差が大きいと言われている。救急搬送サービスの向上のためには、高速道路の活用が有効であるが、インターチェンジ(IC)の位置によっては、その効果も半減する場合がある。ここでは、高速道路上の救急車専用退出路の最適設置位置について、検討する方法を提案し、2つの地域をケーススタディとして、その方法の有効性を検証する。

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

1. 研究の背景と目的

1.1 研究の背景

近年における救急搬送や救急医療活動においては、全国的な医師不足や救急搬送患者の受け入れ拒否の問題、消防署から現場への到着時間や医療機関へ患者を収容するまでの時間の増加など、多くの問題を抱えている。また、高齢社会の到来による高齢患者の搬送件数の増加や、生活習慣病による心筋梗塞や脳卒中などの重篤患者の増加、救急車をタクシー代わりに利用するようなモラルの低下など、社会状況の変化にも関係した問題も挙げられ、その対策が急務となっている。

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、消防防災ヘリコプターやドクターヘリコプター等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。消防防災ヘリは¹⁾、平成21年1月1日現在において、総務省消防庁に1機、消防機関保有へ

リコプターが29機、道県保有ヘリコプターが42機の計72機整備されている。また、ドクターヘリコプターは²⁾、平成22年7月1日現在において、19道府県23カ所の医療機関に設置されている。特に北海道には3ヶ所、千葉県、静岡県にはそれぞれ2ヶ所配備されている。しかしながら、消防防災ヘリおよびドクターヘリによる搬送は、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、踏切といった救急車両の走行を阻害する要因により、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、経路上の救急車の走行阻害要因の回避が可能となるだけでなく、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、より早期の治療が医師によって行えるようになる。しかし、救急車専用退出路は全国でも十数箇所にしかなら設置されておらず、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と考えられる。

1.2 研究の目的

前述したように、高度な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は有効であると考えられるが、その一方で、公共事業費が縮減される社会情勢において、道路整備における整備効果の分析・評価を行い、救急車専用退出路の設置が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、道路整備効果を費用便益分析によって評価している。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道路整備の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によって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。

以上のように、3次救急医療・救急搬送に関わる課題は多岐にわたるが、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として、既存の救急車専用退出路の設置効果の分析を行う。また、新たな救急車専用退出路を設置した際の整備効果について、その有用性を検証する。具体的には、高速道路を対象とした救急車専用退出路の最適設置位置の選定方法の提案と2つの地域を対象としたケーススタディ結果を示し、その有用性を明らかにする。

2. 既存研究

救急搬送活動の向上に着目した研究には、二神ら、宮本らの研究がある。二神らの研究³⁾では、地方都市において、適切に救急告示病院を指定するとともに、救急車両をいかにスムーズに運行させサービス時間の短縮を図っていくかについて検討している。検討の内容では、最初に松山市域を対象として事故発生を仮定、最短時間の救急告示病院へ搬送するモデルを作成、救急指定病院までの搬送時間において15分をサービス指標とし、救急医療サービスについての現状分析を行っている。次に最適施設配置について、その後救急車の走行性の改善とサービス水準の関係について述べている。この中で、二神らは救急告示病院の配置とサービス水準に大きな較差があること、サービス水準が最も高い地域でも、13~15もの新たな施設の配置が必要であることを示している。宮本らの研究^{4) 5) 6)}では、松山市の救急搬送の実際の記録を用い、地域ごとにサービス時間を求め、地域間の救急サービスの公平性と効率性に関して評価している。4)では、実際の松山市の救急活動のデータの内、駆けつけ・搬送に着目し、地域ごとの時間分布の公平性について述べるとともに、松山市の救急車両走行時間分布の問題点を解消するため、新たに救急病院を追加した場合の走行時間の推定方法を、救急車両のプローブデータを用いて検討している。5)では、救急車両による搬送時間を用い、松山市全体での搬送時間の期待値と地域ごとの搬送時間期待値の分布の分析を行い、現在の救急病院の運用体制の評価を行なっている。そして、救急活動効率化のために、現在の救急病院をそのまま利用し、救急病院の

運用体制を変化させた場合の最適な救急病院運用計画を提案している。6) では、道路構造の違いにより、発生する走行阻害要因は異なると仮定し、救急車がより速く走行できる道路構造の提案をするために、松山市の救急車両のGPS軌跡と車両走行前方ビデオ画像を採取し、救急車の走行回数が多かった経路の内、特徴的な二つの経路で発生している走行阻害要因の傾向の比較を行なっている。

このように、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いるが、救急車専用退出路の設置効果を分析しているものは数が少ない。特に、著者らのように将来時点における人口変動を考慮した救急搬送に関する研究は他に見られない。本研究では、救急搬送活動を高度化する効果が期待できる救急車専用退出路の将来的な設置効果を分析し、将来にわたり救急車専用退出路の有用性を明らかにしている。

3. 3次救急搬送活動を対象とした高速道路救急車専用退出路の設置方策の検討と設置効果分析

3.1 高速道路救急車専用退出路の設置効果の分析

本章では、高速道路を対象とした救急車専用退出路の設置効果の分析とその設置方策の検討を行う。ここでは、救急車専用退出路の設置による便益を算出するための評価式の定式化を行い、その評価式を用いて既存の救急車専用退出路の設置効果を分析することで、救急車専用退出路が救急搬送活動を向上させる1つの要因となることを示す。

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、覚知後に現場へ出勤し、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すること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という特徴を持っている。したがって、対象とする地域は、救急車専用退出路および高速道路を利用できる地域となる。

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、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困難となるため、死亡一人当たりの逸失利益を生命の価値とすることで、救命が可能となる人数を金額に換算し、便益の算出を行う。

3.2 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を阻害する要因を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阻害要因等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。救急車専用退出路の概念図を図3.1に示す。

インターネットを利用した調査では、全国に14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り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4.1に示す。

3.3 救急車専用退出路の設置効果の評価式の定式化

3.3.1 救急車専用退出路の設置効果の評価式の概要

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、覚知後に現場へ出勤し、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、評価式では、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。

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

の便益を設置効果の評価値として算出を行う。

3.3.2 救急車専用退出路の設置効果の評価式の定式化

まず、対象とする救急車専用退出路を使用して搬送される患者の推計を行う。ある疾患 s の年齢区分 y における1年間の発生率(%/年)が θ_{sy} のとき、ある地域 i における年齢区分 y の人口が N_{iy} 人だとすると、地域 i における疾患 s の年齢区分 y の推計患者数は N_{iy} と θ_{sy} を乗じたもので表せる。また、救急搬送される患者は必ずしも救急車専用退出路によって搬送されるとは限らないため、推計患者数に救急車専用退出路使用率 K_i を乗じ

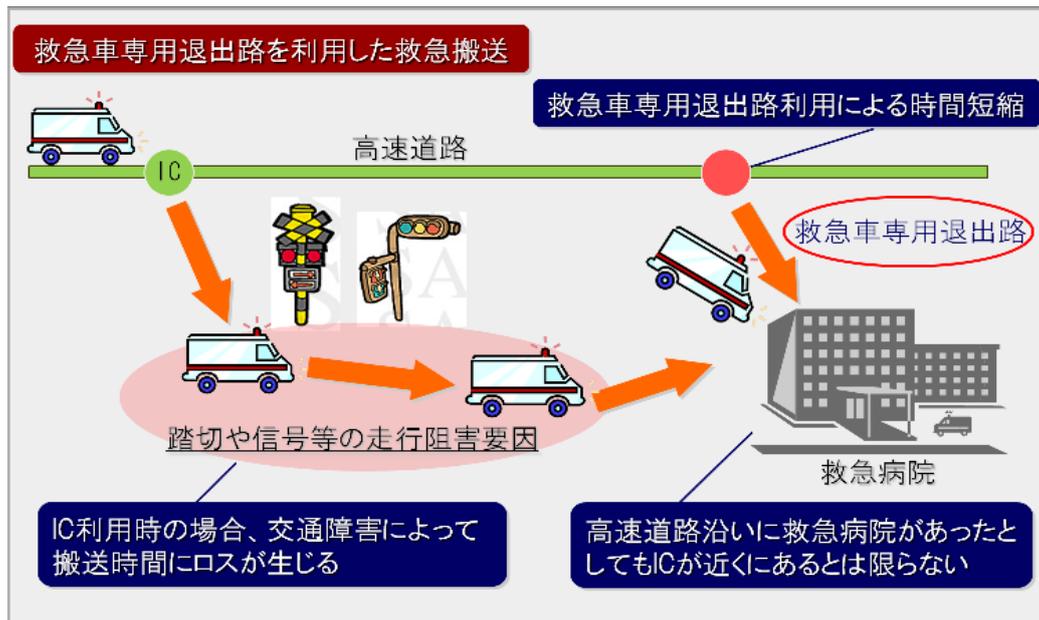


図3.1 救急車専用退出路の概念図

表 3.1 救急車専用退出路設置箇所

地域	高規格道路名	設置箇所	退出路接続医療機関
北海道	札幌自動車道	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
	八戸久慈自動車道	久慈IC～久慈北IC	岩手県立久慈病院
	大船渡三陸自動車道	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	東海大学医学部附属病院
甲信越	長野自動車道	豊科IC～麻績IC	信州大学医学部附属病院 安曇野赤十字病院
	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

ることで、救急車専用退出路を使用して搬送される推計患者数 a_{isy} は以下ようになる。

$$a_{isy} = N_{iy} \times \theta_{sy} \times K_i \quad (3.1)$$

次に、救急車専用退出路を使用したことによる救急搬送時間の短縮の効果を、救急車専用退出路を使用したことによる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、推計した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。

救命率については、カーラーの救命曲線など有名なものもあるが、カーラーの救命曲線では心臓停止、呼吸停止、多量出血の3つの症例についての救命曲線しか表されていないため、本研究では、藤本ら⁸⁾⁹⁾の救命率を用いている。藤本らの救命率では、救急車によって搬送された患者の疾患別の救命率を算出しており、ここでは、いくつかの疾患の救命率の中から、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、多発外傷の救命率を利用している。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、本研究においても、救急搬送時間（分）が $5 < t < 60$ の範囲にある地域を対象としている。

この救急車専用退出路を利用したことによる救命率の向上分を、救急車専用退出路を使用して搬送される推計患者数 a_{isy} に乗じることで、救急車専用退出路を利用したことによる救命人数の向上分が求められる。そして、算出した救急車専用退出路の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人当たりが生み出す利益を、死亡1人当た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ブ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、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ブニッツ式では複利での計算を行っている。計算に用いたライブニッツ式を下記の式(4.2)に示す。

$$T = q \sum_{p=1}^n \frac{A}{(1+m)^p} \quad (3.2)$$

$$s = \frac{\{1 - 1/(1+m)^n\}}{0.05} \quad (3.3)$$

$$T = Aqs \quad (3.4)$$

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 はライブ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、女兒を含む）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³⁾。本研究では、生活費控除を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¹⁰⁾。式(4.2)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(3.3)を用いてあらかじめライブニッツ係数を算出しておき、式(3.4)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ブニッツ係数の係数表を用いて、ライブニッツ係数を求めている。このライブニッツ係数表には、死亡した年齢に対応した就労可能年数とライブ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¹⁰⁾。

本研究では、疾患ごとに、各年齢区分に応じた就労可能年数に対応したライブ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。1人当たりの平均年間所得1は、厚生労働省が行っている国民生活基礎調査より、年齢区分ごとに示されている値を使用している。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推計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、ライブ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。

$$Z = \sum_i \sum_s \sum_y a_{isy} \{R_s(t_{exit}) - R_s(t_{another})\} T_{sy} \quad (3.5)$$

ここで Z は救急車専用退出路設置による便益の評価値であり、 a_{isy} は救急要請地域 i から救急車専用退出路を利用して搬送される疾患 s の年齢区分 y における患者数、 $R_s(t)$ は疾患 s における藤本らの救命率、 T_{sy} は疾患 s の年齢区分 y における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、 $t_{another}$ は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。

3.4 救急車専用退出路の設置評価値の算出

3.4.1 救急車専用退出路を利用する推計搬送人口の算出

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用退出路が高速道路の上下線両方、上り線のみ、下り線のみいずれかに設置されているため、対象市町村は、救急車専用退出路が設置されている高速道路の路線を利用できる市町村に限られる。また、式(3.5)のところでも述べたが、救急車専用退出路の設置効果を分析するので、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地域が対象となる。

将来推計搬送患者数は、対象としている市町村の年齢区分別の人口に、その年齢区分に応じた疾患ごとの発症率を乗じて算出している。本稿では、費用便益分析の評価期間を40年としているため、将来における人口も必要となる。ここでの将来における人口には、国立社会保障・人口問題研究所が公表している将来推計人口を参考にしたものを用いている。少子高齢化による高齢者人口の増加が問題視されているなか、将来推計人口の70歳以上の年齢区分においても、年が経つにつれて、その人口が増加していることが見て取れる。それにとまって、高齢者の年齢区分における各疾患の推計搬送患者数も、年が経つにつれて増加している。

この将来推計搬送患者数は、各疾患における全搬送患者数であり、すべての搬送患者が救急車専用退出路によって搬送されるわけではないため、将来推計搬送患者数に、さらに救急車専用退出路利用率を乗じる必要がある。救急車専用退出路利用率は、既存の救急車専用退出路を利用した搬送件数から求める。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

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年として計算を行う。評価期間が40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。

本章では、既存の救急車専用退出路のなかでも、青森県立中央病院、秋田大学医学部附属病院、山形県立中央病院に接続している3つの救急車専用退出路を対象とする。救急車専用退出路を利用できる市町村は、救急車専用退出路の消防施設、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3.2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。この実績値をもとに救急車専用退出路利用率を、全搬送件数に対する救急車専用退出路を利用した搬送件数の割合として算出する。本来であれば、数年間分のデータを用いるべきであるが、救急車専用退出路は近年導入され始めたものであり、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るため、今後も増加するものと予想される。したがって、ここでは得られたデータの中でも平成20年のものを利用し、 $K_i = 0.235$ としている。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、救急車専用退出路を利用した救急搬送件数が増加する以上、平成20年の救急車専用退出路を利用した搬送件数は、安全側の予測となる。

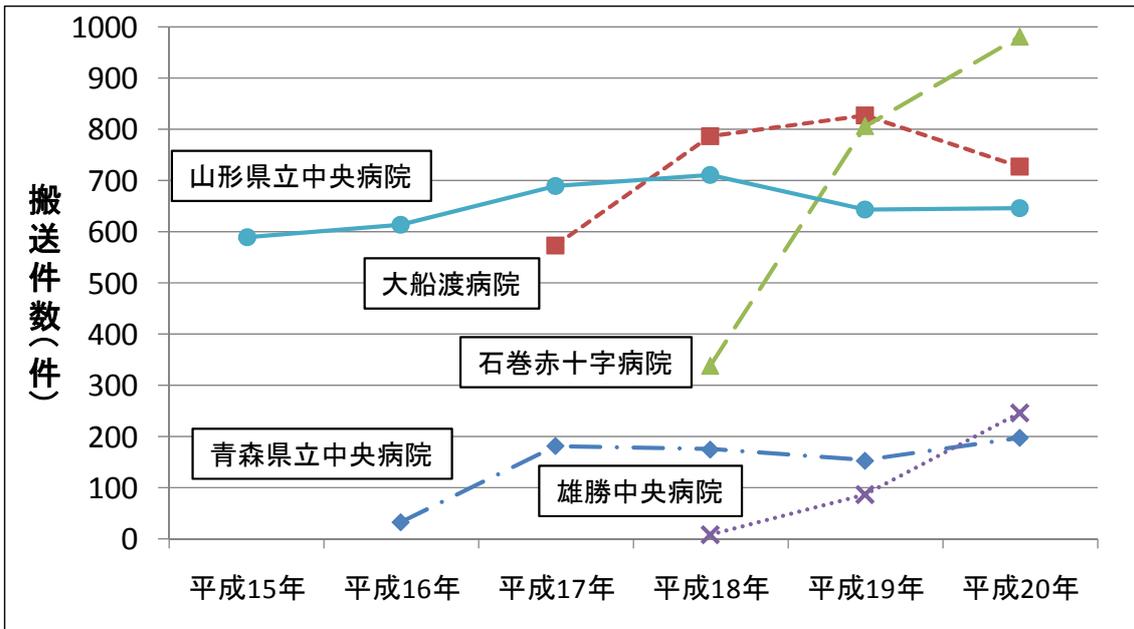


図 3.2 救急車専用退出路を利用した搬送件数

3.4.2 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を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。

図3.3～図3.5に、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を示す。搬送経路図において、青線がインターチェンジを使用した救急医療機関への経路、赤線が退出路を使用した救急医療機関への経路、オレンジ色の線が国道、黒線が県道、青丸はインターチェンジの位置、赤丸は退出路の位置をそれぞれ表している。

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¹¹⁾や藤本ら¹²⁾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¹³⁾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¹⁴⁾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ウェア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4.23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¹⁵⁾や南部ら¹⁶⁾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い、救急車専用退出路の利用による時間短縮を求めている。

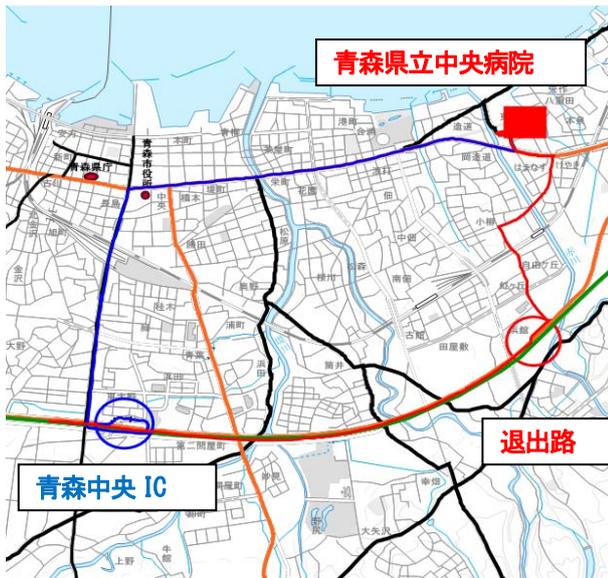


図3.3 青森県立中央病院付近の搬送経路図



図3.5 山形県立中央病院付近の搬送経路図

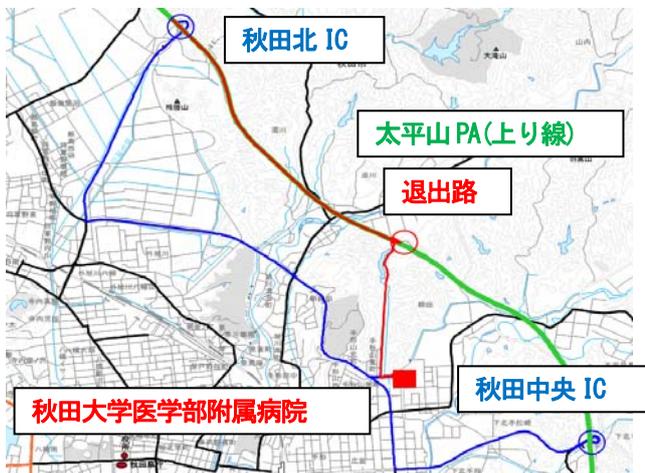


図3.4 秋田大学医学部附属病院付近の搬送経路図

表 3.2 救急車専用退出路利用による時間短縮(分)

接続先医療機関	退出路利用による時間短縮
青森県立中央病院	6.088
秋田大学医学部附属病院	5.916
山形県立中央病院	4.581

3.4.3 救急車専用退出路利用の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^{8)・9)}らの救命曲線により算出する。本研究では、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、多発外傷の7つの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する。それぞれの搬送時間における救命率を算出し、2つの救命率の差を救急車専用退出路

の利用による救命率の向上とする。表3.3～表3.5に、それぞれの救急車専用退出路を利用した時の救命率の向上を示す。

$$Z = \sum_i \sum_s \sum_y a_{isy} \{R_s(t_{exit}) - R_s(t_{another})\} T_{sy} \quad (3.5)$$

この式(3.5)の $a_{isy} \{R_s(t_{exit}) - R_s(t_{another})\}$ の部分には、これまで求めてきた救急車専用退出路を利用して搬送される推計搬送患者数や救急車専用退出路を利用したことによって向上した救命率の増加分を代入する。また、 T_{sy} に代入する1人を救命したことによって得られる逸失利益をここで算出する。逸失利益は、式(3.4)から算出を行う。算出に必要なライフニッツ係数と各年齢区分における平均年収を表3.6に示す。

3.4.4 救急車専用退出路による救命人数の算定

上で算出した救命率の向上から、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の算定を行う。ここでの救命人数は、各疾患の救急車専用退出路を利用した搬送患者数に、救急車専用退出路を利用したことで増加した救命率を乗じて求める。用いるデータは、疾患別の救急車専用退出路を利用して搬送される推計搬送患者数と、救急車専用退出路の利用による搬送時間の短縮の救命率の向上である。救急車専用退出路を利用する推計搬送患者数は、将来的な人口変動を考慮した分析を行うために、将来40年間分のものを推計しているため、ここでも将来40年間にわたって、救急車専用退出路を利用したことで増加する救命人数の増加分を求める。ここでは疾患別に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分の算出を行なっているため、それらの和をとることで救急車専用退出路全体の救命人数の増加分を求める。救急車専用退出路利用による救命人数の増加分の算出には、救急車専用退出路を利用する推計搬送患者数を用いているため、少子高齢化による高齢者人口の増加の影響を受けており、高齢者人口における救命人数の増加が多く、年が経つにつれてより増加している。

救急車専用退出路を利用する推計搬送患者数と救急車専用退出路の利用による救命人数の増加は、0～14歳の年齢区分においても算出しているが、逸失利益の算出において、平均年収のデータが15歳以上の年齢区分であったため、本研究では、逸失利益の算出は15歳以上の年齢区分について算出を行う。ここで得られた逸失利益の値を式(3.5)の T_{sy} に代入し、各年齢区分の救急車専用退出路を設置したことによる便益の総和を求めることで、救急車専用退出路の設置便益の算出を行う。式(3.5)を用いて算出した救急車専用退出路の設置便益の算定結果を表3.7に示す。

3.4.5 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。便益の算出には式(3.5)を用いる。

表 3.3 青森県立中央病院の救急車専用退出路利用による救命率の向上 (%)

接続先	周辺市町村	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	脳梗塞	多発外傷
青森県立中央病院	五所川原市	0.044	0.036	0.026	0.005	0.036	0.029	0.072
	鶴田町	0.042	0.032	0.023	0.005	0.036	0.029	0.072
	板柳町	0.044	0.036	0.026	0.005	0.036	0.029	0.072
	藤崎町	0.047	0.043	0.034	0.005	0.038	0.029	0.072
	田舎館村	0.048	0.045	0.036	0.005	0.038	0.029	0.072
	黒石市	0.051	0.055	0.045	0.006	0.040	0.029	0.072

表 3.4 秋田大学医学部附属病院の救急車専用退出路利用による救命率の向上 (%)

接続先	周辺市町村	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	脳梗塞	多発外傷
秋田大学医学部附属病院	男鹿市	0.040	0.030	0.021	0.004	0.034	0.028	0.070
	潟上市	0.054	0.067	0.059	0.007	0.041	0.028	0.070
	五城目町	0.054	0.071	0.063	0.007	0.041	0.028	0.070
	八郎潟町	0.053	0.064	0.056	0.007	0.040	0.028	0.070
	井川町	0.054	0.071	0.063	0.007	0.041	0.028	0.070
	大潟村	0.039	0.027	0.019	0.004	0.034	0.028	0.070
	能代市	0.034	0.018	0.011	0.004	0.031	0.028	0.070
	三種町	0.042	0.033	0.024	0.005	0.035	0.028	0.070

表 3.5 山形県立中央病院の救急車専用退出路利用による救命率の向上 (%)

接続先	周辺市町村	脳内出血	くも膜下出血	急性心筋梗塞	急性心不全	肺炎	脳梗塞	多発外傷
山形県立中央病院	寒河江市	0.063	0.123	0.129	0.013	0.044	0.027	0.066
	上山市	0.042	0.053	0.047	0.006	0.032	0.022	0.055
	村山市	0.039	0.044	0.037	0.005	0.030	0.022	0.055
	東根市	0.044	0.061	0.056	0.006	0.033	0.022	0.055
	尾花沢市	0.030	0.020	0.014	0.003	0.026	0.022	0.055
	山辺町	0.048	0.081	0.081	0.008	0.035	0.022	0.055
	河北町	0.045	0.064	0.060	0.006	0.033	0.022	0.055
	西川町	0.041	0.050	0.044	0.005	0.031	0.022	0.055
	朝日町	0.037	0.038	0.031	0.004	0.030	0.022	0.055
	大江町	0.045	0.064	0.060	0.006	0.033	0.022	0.055
大石田町	0.030	0.020	0.014	0.003	0.026	0.022	0.055	

表 3.6 年齢区分ごとの逸失利益

	ライブニッツ係数	平均年収(万円)	逸失利益(万円/人)
15~19歳	18.123	301.0	3273
20~24歳	17.769	301.0	3209
25~29歳	17.152	301.0	3098
30~34歳	16.366	551.3	5413
35~39歳	15.361	551.3	5081
40~44歳	14.080	678.5	5732
45~49歳	12.444	678.5	5066
50~54歳	10.357	731.9	4548
55~59歳	8.746	731.9	3841
60~64歳	7.593	539.5	2458
65~69歳	6.457	203.4	788
70~74歳	5.360	203.4	654
75~79歳	4.172	203.4	509
80~84歳	3.217	203.4	393
85歳~	2.018	203.4	246

表 3.7 救急車専用退出路の設置評価値 (万円)

救急車専用退出路接続先	2011年	2020年	2030年	2040年	2050年
青森県立中央病院	1290	1504	1472	1677	1954
秋田大学医学部附属病院	6003	5596	5942	6688	7731
山形県立中央病院	12886	13922	12204	14378	16177

3.4.6 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う。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なっている。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3.8、表3.9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。秋田大学医学部附属病院に接続している救急車専用退出路については、データを得られていないため、他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。

評価機関が40年間に渡っているため、評価期間内での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。本研究では、各年次における年齢区分別の人口と各年齢の疾患別発症率が分かっているため、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に関しては考慮している。しかしながら、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4.10に示す。費用便益分析を行った結果、3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、今回対象とした救急車専用退出路設置の救急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いえる。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。

表 3.8 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
秋田大学医学部附属病院	62	2	78
山形県立中央病院	62	14	76

表 3.9 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	ゲート管理費	全体
青森県立中央病院	0.99	0.39	0.2	1.58
秋田大学医学部附属病院	0.73	0.29	0.2	1.22
山形県立中央病院	0.72	1.6	0.2	2.52

表 3.10 救急車専用退出路の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	206	3.30	0.15
秋田大学医学部附属病院	1099	11.49	0.68
山形県立中央病院	2567	21.39	1.57

(*NPVの単位は百万円)

4. 新規の救急車専用退出路の設置における救急車専用退出路設置評価モデルの適用

4.1 概要

本章では、3章で述べた三次救急搬送活動を対象とした高速道路救急車専用退出路の設置方策によって、救急車専用退出路を新たに設置にさせた際の設置効果の算出結果を述べる。その結果から、複数の候補地の中から、救急車専用退出路の新規設置箇所として最適な箇所の検討を行う。

4.2 救急車専用退出路の新規設置候補地

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高速道路を接続するものである。したがって、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ず、高速道路を利用した救急搬送が前提となっており、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搬送時間の方が短くなる地域において効果がある。ゆえに、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 3) 救急車専用退出路と接続している救急医療機関への搬送に高速道路を利用できる地域が多い、といったことが考えられる。

ここでは、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と岐阜県多治見市にある岐阜県立多治見病院を対象とする。富山県は、新川、富山、高岡、砺波の4つの地域に2次医療圏が分けられており、それぞれの地域に3次救急医療体制・25次救急医療体制として黒部市民病院、富山県立

中央病院、厚生連高岡病院、砺波総合病院の4つの救命センターが配置されている。新川医療圏域に設置された地域救命センターである黒部市民病院は、北陸自動車道沿いに立地しており、最寄りの高速道路のインターチェンジは、魚津インターチェンジと黒部インターチェンジである。黒部市民病院はこれら2つの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。もう1つの対象としている医療機関である岐阜県立多治見病院は、岐阜県の東濃医療圏域に配置されている救命救急センターである。岐阜県は、県全体を岐阜、西農、中濃、東濃、飛騨の5つの2次医療圏に分けており、岐阜医療圏に岐阜大学医学部附属病院、岐阜県総合医療センターを配置し、西農医療圏に大垣市民病院、中濃医療圏に中濃厚生病院、東濃医療圏に岐阜県立多治見病院、飛騨医療圏に高山赤十字病院といった3次救急医療機関を配置している。岐阜県立多治見病院は中央自動車道沿いに立地しており、最寄りの高速道路のインターチェンジとして多治見インターチェンジがある。多治見市を含む東濃地域の都市である瑞浪市、土岐市、中津川市、恵那市は周囲を山に囲まれており、地形的条件から多治見市を端としてほぼ直線に並んでいる。それぞれの都市には中央自動車道のインターチェンジが設置されており、岐阜県立多治見病院への救急搬送において高速道路を利用することが可能であり、救急車専用退出路を導入の効果が期待できる。図5.1、図5.2に黒部市民病院および岐阜県立多治見病院に接続する新規の救急車専用退出路の設置候補地を示す。搬送経路図において、青線がインターチェンジを使用した救急医療機関への経路、赤線が退出路を使用した救急医療機関への経路、オレンジ色の線が国道、黒線が県道、青丸はインターチェンジの位置、赤丸は退出路の位置をそれぞれ表している。

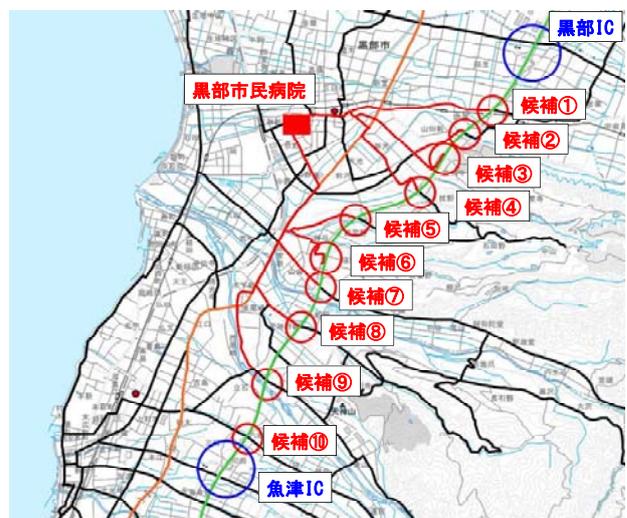


図 4.1 黒部市民病院に接続する救急車専用退出路の設置候補地

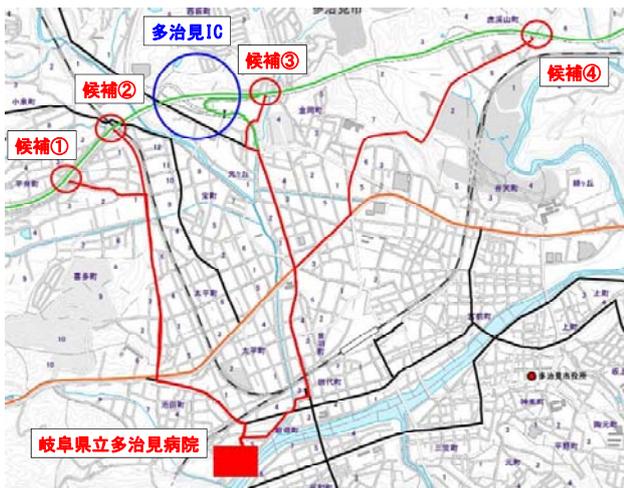


図4.2 岐阜県立多治見病院に接続する救急車専用退出路の設置候補地

4.3 救急車専用退出路の新規設置結果

4.3.1 新規に設置する救急車専用退出路の設置便益の算出

第3章で述べた三次救急医療機関へ救急車専用退出路を利用する推計搬送患者数の算出方法や藤本⁸⁾ 9)らの救命率の算出方法をもとに、各救急車専用退出路の設置候補地の評価値を算出した。算出にあたり、黒部市民病院は、高速道路の上り線と下り線の両方から搬送が可能であるため、上下両方向の救急車専用退出路の評価値を算出している。また、岐阜県立多治見病院については、搬送元となる都市が全て多治見市に対して上り側にあるため、下り線のみ救急車専用退出路の評価値を算出している。算出結果を表5.1、表4.2に示す。黒部市民病院に接続する救急車専用退出路の設置候補地の中で、上り線の退出路⑩と下り線の退出路⑤～⑧、岐阜県立多治見病院に接続する全ての設置候補地において救急車専用退出路設置による救命率の向上が負の数値となったため、設置評価値の算出を行っていない。

4.3.2 新規の救急車専用退出路の設置効果分析

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う。救急車専用退出路の設置費用および維持管理費は、既存の救急車専用退出路の平均値を用いている。費用便益分析の結果を表4.3、表4.4に示す。この結果より、黒部市民病院に接続する救急車専用退出路の最適な設置箇所は、上り線では全ての箇所において $NPV < 0$ 、 $CBR < 1$ 、 $IRR < r$ となっており、新規に設置するのに適した地点はない。下り線では、退出路①～④において $NPV > 0$ 、 $CBR > 1$ 、 $IRR > r$ となっており、救急車専用退出路の設置による救命効果の向上が見込まれる。特に退出路①の NPV 、 CBR 、 IRR の

表4.1 黒部市民病院の上り線退出路設置便益 (万円)

上り線	退出路①	退出路②	退出路③	退出路④	退出路⑤	退出路⑥	退出路⑦	退出路⑧	退出路⑨	退出路⑩
2011	4	0.1	131	34	198	291	313	192	5	—
2012	4	0.1	132	34	200	293	315	193	5	—
2013	4	0.1	133	34	201	295	318	195	5	—
2014	4	0.1	134	34	203	297	320	196	5	—
2015	4	0.1	135	35	205	299	323	198	5	—
2016	4	0.1	136	35	207	302	326	200	5	—
2017	5	0.1	137	35	209	305	329	202	5	—
2018	5	0.1	139	36	211	308	332	204	5	—
2019	5	0.1	140	36	213	311	335	206	5	—
2020	5	0.1	142	37	215	314	339	208	5	—
2021	5	0.1	144	37	218	318	343	211	5	—
2022	5	0.1	145	37	220	322	347	213	5	—
2023	5	0.1	147	38	223	326	351	216	5	—
2024	5	0.1	149	38	226	330	355	219	6	—
2025	5	0.1	151	39	229	334	360	221	6	—
2026	5	0.1	153	40	232	339	365	225	6	—
2027	5	0.1	156	40	235	344	370	228	6	—
2028	5	0.1	158	41	239	349	375	231	6	—
2029	5	0.1	160	41	243	354	381	235	6	—
2030	5	0.1	163	42	246	359	387	238	6	—
2031	6	0.1	166	43	251	365	393	242	6	—
2032	6	0.1	168	44	255	371	400	246	6	—
2033	6	0.1	171	44	259	378	407	251	6	—
2034	6	0.1	174	45	264	384	414	255	7	—
2035	6	0.1	178	46	268	391	421	260	7	—
2036	6	0.1	181	47	273	398	429	265	7	—
2037	6	0.1	184	48	279	406	437	270	7	—
2038	6	0.2	188	49	284	413	445	275	7	—
2039	7	0.2	192	50	290	421	454	280	7	—
2040	7	0.2	196	51	295	430	463	286	7	—
2041	7	0.2	200	52	301	439	472	292	8	—
2042	7	0.2	204	53	308	448	482	298	8	—
2043	7	0.2	208	54	314	457	492	304	8	—
2044	7	0.2	213	55	321	467	503	311	8	—
2045	7	0.2	217	56	328	477	514	318	8	—
2046	8	0.2	222	58	336	488	525	325	9	—
2047	8	0.2	227	59	343	499	537	332	9	—
2048	8	0.2	233	60	351	510	550	340	9	—
2049	8	0.2	238	62	360	522	562	348	9	—
2050	8	0.2	244	63	368	535	576	356	9	—

値が他の退出路候補地より高いため、退出路①に救急車専用退出路を設置することが最も効果的である。

5. 本研究の成果と今後の課題

5.1 本研究の成果

本研究では、救急搬送活動において、救急医療機関の設置箇所の偏りや高齢化による高齢者人口の増加等によって都市部と地方部の間の救急医療サービスの地域間格差が近年増加していることを踏まえて、地方部から都市部の救急医療機関への搬送時間を短縮させるために導入されつつある救急車専用退出路の設置方策の検討を行った。

まず、政令市・中核市・特例市の消防機関を対象に、疾患別年齢区分別の搬送患者数の調査・分析を行い、年齢区分ごとに疾患別の搬送件数・発症率を明らかにするとともに、人口による都市の規模や年齢区分が発症率の違いに与える影響を与える要因となるかの要因分析を行った。

表5.2 黒部市民病院の下り線退出路設置便益（万円）

下り線	退出路①	退出路②	退出路③	退出路④	退出路⑤	退出路⑥	退出路⑦	退出路⑧	退出路⑨	退出路⑩
2011	1732	1476	1295	1325	—	—	—	—	472	174
2012	1722	1466	1286	1316	—	—	—	—	468	173
2013	1713	1457	1278	1307	—	—	—	—	465	172
2014	1704	1449	1270	1299	—	—	—	—	462	170
2015	1696	1442	1262	1292	—	—	—	—	459	169
2016	1689	1435	1256	1285	—	—	—	—	456	168
2017	1683	1429	1250	1279	—	—	—	—	453	167
2018	1677	1423	1244	1274	—	—	—	—	451	166
2019	1673	1418	1240	1269	—	—	—	—	449	166
2020	1669	1414	1235	1265	—	—	—	—	447	165
2021	1665	1411	1232	1261	—	—	—	—	445	164
2022	1663	1408	1229	1258	—	—	—	—	444	164
2023	1662	1406	1226	1256	—	—	—	—	442	163
2024	1661	1404	1224	1254	—	—	—	—	441	163
2025	1661	1404	1223	1253	—	—	—	—	441	163
2026	1662	1403	1222	1252	—	—	—	—	440	163
2027	1663	1404	1222	1252	—	—	—	—	439	162
2028	1665	1405	1222	1253	—	—	—	—	439	162
2029	1668	1407	1223	1254	—	—	—	—	439	162
2030	1672	1409	1225	1255	—	—	—	—	439	162
2031	1677	1412	1227	1258	—	—	—	—	440	163
2032	1682	1416	1230	1260	—	—	—	—	440	163
2033	1689	1421	1233	1264	—	—	—	—	441	163
2034	1695	1426	1237	1268	—	—	—	—	442	163
2035	1703	1431	1241	1272	—	—	—	—	443	164
2036	1712	1438	1246	1278	—	—	—	—	445	164
2037	1721	1445	1251	1283	—	—	—	—	446	165
2038	1731	1452	1257	1290	—	—	—	—	448	166
2039	1742	1461	1264	1297	—	—	—	—	450	166
2040	1754	1470	1271	1304	—	—	—	—	452	167
2041	1766	1479	1279	1312	—	—	—	—	455	168
2042	1780	1490	1287	1321	—	—	—	—	457	169
2043	1794	1501	1296	1330	—	—	—	—	460	170
2044	1809	1512	1306	1340	—	—	—	—	463	171
2045	1824	1525	1316	1350	—	—	—	—	466	172
2046	1841	1538	1326	1361	—	—	—	—	469	174
2047	1859	1552	1337	1373	—	—	—	—	473	175
2048	1877	1566	1349	1385	—	—	—	—	477	176
2049	1896	1581	1362	1398	—	—	—	—	481	178
2050	1916	1597	1375	1412	—	—	—	—	485	179

表5.3 黒部市民病院の上り線退出路の分析結果

上り	NPV	CBR	IRR
退出路①	-102	0.010	—
退出路②	-103	0.010	—
退出路③	-71	0.305	—
退出路④	-95	0.079	—
退出路⑤	-55	0.462	—
退出路⑥	-33	0.675	—
退出路⑦	-28	0.727	-0.078
退出路⑧	-57	0.447	—
退出路⑨	-102	0.010	—

表5.4 黒部市民病院の下り線退出路の分析結果

下り	NPV	CBR	IRR
退出路①	235	3.285	0.150
退出路②	183	2.776	0.117
退出路③	146	2.418	0.094
退出路④	152	2.477	0.098
退出路⑨	-13	0.871	-0.065
退出路⑩	-70	0.322	—

(*NPVの単位は百万円)

そして、3次救急医療活動を対象とした救急車専用退出路の設置方策の検討を行い、救急車専用退出路を設置する際の評価式の提案を行い、既存の救急車専用退出路に適用した。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い、その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、救急車専用退出路設置の費用便益分析を行った。

また、救急車専用退出路が設置されていない地域に新たに救急車専用退出路を導入するため、救急車専用退出路の設置候補地を設定し、救急車専用退出路の設置候補地において本評価式を適用し、新規の救急車専用退出路の設置効果を定量的に把握した。

本研究で対象としている救急車専用退出路は、近年になって導入され始めたものであり、その搬送記録等のデータ類の蓄積は十分であるとはいいがたいが、重篤な救急搬送患者を地方部から都市部へ搬送するための効果的な設備であると考えられている。そのため、今後の救急搬送活動の充実のためにも、救急車専用退出路が積極的に導入されることにより、救急搬送患者の救命率向上に寄与することを望む。

5.2 今後の課題

■政令市・中核市・特例市の疾患別年齢区分別搬送件数の調査について

本研究では、疾患別年齢区分別の救急搬送件数について調査を行い、疾患別年齢区分別の発症率について分析を行ったが、対象とする疾患を藤本らの救命率が扱っているものとしており、藤本らの救命率が扱っていない疾患についても調査を進める必要がある。また、市町村合併に伴う高齢化率の変化や管轄地域の変化、消防本部の統廃合が救急搬送件数に与える影響分析も行う必要がある。

■救急搬送における救命率について

本研究では、救急車専用退出路の設置効果の評価式に、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、これらは藤本らの論文に記載されている救命率の疾患しか対象にすることができない。また、藤本らは長崎を中心とした九州地方における搬送記録を対象に救命率の定式化を行っており、救急搬送ではその地域における地域特性を考慮することが必要となってくることから、対象とする地域に適した救命率を救急搬送記録などから求めていく必要がある。

■救急車専用退出路の設置方策の検討について

本研究では、救急車専用退出路の設置モデルを提案し、既存の救急車専用退出路に対して本モデルを適用した。救急車専用退出路や三次医療機関までの搬送時間の算出において、救急車の走行速度を一定として与えている点や最短距離を選択するという仮定で算出しているため、今後、信号交差点を通過することで生じる搬送時間の損失や、時間帯による交通量の変化が救急車の走行におよぼす影響等も検討する必要がある。また、逸失利益の計算においては、本研究では交通事故裁判等で用いられているライブニッツ式を用いているが、これ以外にも人1人の生命の価値を表す指標があり、どの指標が適切であるのか今後検討が必要である。さらに、本モデルでは生きるか死ぬかのどちらかのみで救急車専用退出路の設置効果を分析しており、医療機関に搬送された後の予後における設置効果の評価も行なっていく必要がある。そして、救急車専用退出路は近年導入され始めたため、今後も継続調査を行い、さらなる研究や評価モデルの検討が積極的に行われることを望む。

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) 総務省消防庁：緊急消防援助隊とは、
<http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/kinkyu/kinshoutai.pdf>
- 2) 小濱啓次：ドクターヘリの過去、現在、未来、日救急医学会誌, 2010; 21: 271-81
- 3) 二神透, 大野訓, 柏谷増男：交通事故に着目した救急医療サービスの評価に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp301-308, 2000.
- 4) 宮本拓史, 二神透, 前川聡一：搬送記録・プローブデータを用いた救急病院運用計画の評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.42, 2010.
- 5) 宮本拓史, 二神透, 前川聡一：救急活動記録を用いた救急病院運用体制の評価と改善案の提示, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 6) 宮本拓史, 二神透, 河口尚紀：GPS・動画像データを用いた道路構造と救急車両の走行動態の関係に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.44, 2011.
- 7) 総務省消防庁：平成23年版救急・救助の現況, 2011.12.16
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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>
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) 岩井慎太郎, 高山純一, 中山晶一郎：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
- 15) 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.
- 16) 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.