

# ドクターカー導入のための ドッキングポイントとその効果分析

高山 純一<sup>1</sup>・中山 晶一郎<sup>2</sup>・吉村 仁<sup>3</sup>

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福井県土木部 (〒921-8580福井県福井市大手町3丁目17番1号)

半島地域や都市部から離れた中山間地における救急搬送は、都市部より、3次救急医療施設（重症患者に対処する高度な医療施設）が少なく、救急医療サービスの地域格差が大きいと言われている。特に、3次救急医療施設まで1時間以上離れている地域では、何らかの対策が不可欠である。離島などの場合、ドクターヘリが出勤するケースが多いが、日常の運行経費（維持経費）がかなり高額なこと、天候の影響、飛行時間の制約など課題も多い。そのようなことから、比較的導入経費が安く、条件がそろえば導入効果が期待出来るドクターカーシステムの導入が、道路交通法の改正を契機として全国各地で進んでいる。ここでは、奥能登地域をケーススタディとして、ドクターカーシステムの導入可能性とその課題を明らかにする。

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

## 1. 研究の背景と目的

三次救急医療機関とは「初期・二次救急医療機関では対応できない複数の診療科領域にわたる重篤な救急患者に対して、高度な医療を総合的に提供する24時間体制の医療機関」であり、心筋梗塞や脳卒中など、重篤患者を受け入れる救急救命センターなどの医療施設のことである。最近、高齢者人口の増加により、その要請が増加してきている。また、三次救急医療機関は、都市部に集中している傾向が強く、都市部と地方部での搬送時間の地域格差が問題視されている。石川県においても例外ではなく、三次救急医療機関は施設数が少ないうえに、立地場所も金沢市内に集中しており、郊外地域からの搬送には、かなりの時間を要しているというのが現状である。

搬送時間を短縮する方法のひとつに、ヘリコプターでの搬送がある。しかし、雨天時や視界不良の際に出勤できないことや離着陸場が限定されてしまうことから、一般の救急搬送業務に活用するには限界がある場合が多い。したがって、一般的には救急車による搬送が圧倒的に多く、三次救急医療機関への早急な搬送のため、高速道路

や自動車専用道路を利用して救急搬送を行う場合が増加しているのが現状である。特に、中枢都市から離れた地方都市においては、三次救急医療機関へのアクセス整備が強く求められている。

このような状況の中、救急医療施設から離れている地域において、近年救急要請への対応として、ドクターカーシステム（ドクターカー制度）の導入が行われてきており、導入が行われていない地域においても、その導入の検討が始まっている地域もあるようである。本来ドクターカーはとくに重篤な患者を搬送する際に用いられて来たが、より早く医師の処置を受けられることから、救急医療施設から遠い地域の救急要請に対応しようというものである。

そこで本研究では、ドクターカーシステムを導入するにあたって、効果を発揮するためのキーとなる「ドッキングポイント」の選定基準を明らかにするとともに、その導入効果の算定を試みる。今回は、3次救急医療施設から遠く離れている石川県奥能登二次医療圏（過疎化・高齢化の著しい地域）を対象に、ドクターカーシステムの導入効果の算定を行う。ただし、ドクターカーシステ

ムを導入するに当たっては、システム導入のための初期費用ならびに毎年の維持運営費（ランニングコスト）が必要であり、ドクターカーシステム導入の効果を事前に予測しておくことが必要である。ここでは、ドクターカーシステムの導入効果を初期治療を行うまでの所要時間の短縮効果（ドクターカーによる時間短縮効果（救急救命率の上昇効果））として推定し、今後の救急搬送業務の向上を目指すための基礎研究としたい。

## 2. 救急搬送に関する既存研究

### 2-1 救急救命率向上の観点からみた道路整備効果分析に関する研究

藤本らの研究<sup>1) 2)</sup>では、覚知から医療施設までの収容所要時間と救命率の関係から、救急医療施設へのアクセス性向上の便益評価を試みている。参考文献1)では、長崎救急医療協議会が運営する救急事務引継書約4万件のデータをもとに、6疾患（脳内出血、くも膜下出血、急性心筋梗塞、急性心不全、肺炎、CPA）ごとの覚知から医療施設までの収容所要時間と救命率の関係を分析している。これによって得られた救命曲線から当該地域における現道拡幅計画による収容所要時間短縮効果（救命人数の増加としての便益）の算出を試みている。参考文献2)では、九州7県下の道路整備効果を救急医療施設へのアクセス改善による便益として試算している。九州地区の全市町村および救急医療施設にアンケート調査を実施し、救急医療施設への搬送時間の短縮によって得られる便益を試算式により算定している。その結果と道路の建設費を比較することで、道路建設の費用便益分析を行っている。

また、折田らの研究<sup>3) 4) 5) 6)</sup>では、傷病発生から医療施設までのアクセスビリティを向上させるためには道路整備が必要（とりわけ、時間短縮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機関、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。参考文献3)では、秋田県と岩手県の消防本部や三陸地方の消防本部を対象として、救急医療の活動状況、救急医療活動時における高速道路の利用実態、救急医療活動からみての高速道路の必要性などについて調査を行っている。参考文献4)では、秋田県内3地域の住民を対象に、地域の救急医療体制の満足度、救急医療活動向上基金創設の賛否、高速道路整備による救急医療活動への期待効果などの調査を行っている。参考文献5)では、高速道路の整備地域と未整備地域の違いを把握するために、秋田県を対象として、整備効果を定性的に把握するための消防機関へのヒアリング調査と定量的に把握するための救急搬送記録調査を実施している。参考文献6)では、救急医療活動におけ

る搬送状況を把握するとともに、一般道路および高速道路の問題点を整理し、救急医療活動支援のためのITS整備について検討を試みている。

そして、高橋らの研究<sup>7) 8)</sup>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っている。また、高橋らは、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評価についても試みている。

上記の救急搬送活動に関する研究は比較的多く行われており、それぞれ研究内容も進んだものとなっている。しかし、近年、道路交通法の改正により注目を集めているドクターカーを取り扱う研究、特に実際に地域レベルでの導入検討、効果分析を行っている研究は少ない。そのため、今後も進行することが予想される緊急出動要請の地域間格差の解消と短時間で確実な効果を挙げなければならない三次救急活動の充実を可能にする本研究は、十分意義のあるものと考えられる。

## 3. 日本の医療機関における救急医療体制

### 3-1 概要

日本の医療機関における救急医療体制は、入院の必要性、病状（症状）の重症度等により、軽度のものから順に、「初期救急医療」、「二次救急医療」、「三次救急医療」の三段階に分けられている。初期（一次）救急医療機関とは、外来診療によって救急患者の医療を担当する医療機関であり、救急医療に携わることを表明する医療機関である。二次救急医療機関とは、入院治療を必要とする重症救急患者の医療を担当する医療機関である。三次救急医療機関とは、複数の診療科領域にわたる重篤な救急患者に対し、高度な医療を総合的に提供する医療機関（救命救急センター）である。

二次救急医療機関の要件は、1)救急患者の診療につき、24時間体制で必要な検査、治療が出来ること（病院群輪番制病院は当番日においてその体制を有すること）、2)救急患者のために優先的に使用できる専用病床を有すること、3)救急患者を原則として24時間体制で受け入れられること（病院群輪番制病院は当番日において24時間体制で受け入れること）、4)救急隊による傷病者の搬入に適した構造設備を有すること、となっている。

三次救急医療機関の要件としては、1)重篤な救急患者に対し、常に必ず受け入れられる診療体制をとることができること、2)ICU、CCUを備え、24時間体制で重篤な患者に対し、高度な治療が可能なこと、3)医療従事者に対し、必要な研修を行うこと、となっている。

具体的に、石川県を事例として、具体的に示すと石川県全体では、初期救急医療機関および二次救急医療機関は各市町村や最寄りの市町村に配置され、それらには

比較的早く搬送することが可能な状態となっている。しかし、三次救急医療機関は、県内では金沢大学医学部附属病院と石川県立中央病院、金沢医科大学病院、公立能登総合病院の4施設しか設置されていない。そのうち、金沢大学医学部附属病院と石川県立中央病院、金沢医科大学病院の3施設は、金沢市内と内灘町を含む石川中央圏域に設置されている。そして、公立能登総合病院は能登中部に設置されており、それらを含まない遠方地域から搬送されるケース（奥能登地域や加賀地域）においては、大変時間がかかり課題となっている。

現状の日本は高齢社会を向かえ、年々高齢者の割合が増えている。その結果として、高次の救急要請の増加や過疎地域の増加等により、今まで以上に救急医療ならびに救急搬送体制の整備と確立が重要な課題となる。

### 3-2 ドクターヘリ（ヘリコプター）の導入とその課題

ドクターヘリとは、「救急専用の医療機器等を装備したヘリコプターに、救急医療の専門医および看護師が同乗し、消防機関等の要請により救急現場に向かい、救急現場から医療機関に患者を搬送する間、患者に救命医療を行うことのできる救急専用のヘリコプター」のことをいう。

日本では、2001年にドクターヘリ導入促進事業が始まって以来、ドクターヘリへの理解が進んで来ているが、ドイツ国内は73機配備されているのに対し、日本ではまだ1道1府11県14病院での運用にとどまっているのが実情である。

ドクターヘリの出動基準は、(1)119番通報を受けた時点、(2)出動要請を受けた救急隊員の判断、(3)救急患者発生現場からの要請、のいずれの場合でもドクターヘリ出動の必要性が認められれば、出動可能であるが、その導入にはかなりの費用（運行経費）が必要である。

また、各地域における救急医療機関が、そこに収容した救急患者を高次の救急医療機関（救命救急センター等）へ緊急搬送する必要があると判断した場合にも出動要請できることになっている。

ただし、最大の問題は、1)年間2億円近い運航費用の負担であり、昨今の地方自治体の財政事情で導入を躊躇しているところが多い。また、2)基地病院内や病院間の横の連携が重要であること、3)十分な数の医師の確保、4)ヘリポートの不足、5)運用時間が日中に限られ、夜間離発着が出来ないことや6)天候に左右されること、7)着陸する場所がまだ少ないこと、などといった、解決しなければならない課題が多いのも事実である。

このように、ドクターヘリの抱える課題（離発着の問題や天気、時間帯の問題）を解決する代替システムとして、近年、ドクターカーシステムが注目されている。

## 3-3 欧米における救急医療体制との比較

### 3-3-1 パラメディック型とドクターカー型

プレホスピタル・ケアの考え方としては、大きく分けて「パラメディック型」と「ドクターカー型」がある。

「パラメディック型」とは、救急隊員が現場で薬剤投与など必要な医療行為を行い、症状を安定化させた上で病院へ搬送するタイプであり、アメリカやイギリスで採用されている。他方、「ドクターカー型」とは、緊急度・重症度が高い事案に対して、ドクターが現場に出向き医療行為を行った上で、救急病院へ搬送するタイプのシステムであり、フランス、ドイツなどで採用されている。日本では、現状として、フランスやドイツのように積極的に医師を現場に送り込んでいるわけでもなければ、イギリスやアメリカのように救急隊員に多くの医療行為を行う権限を与えているわけでもない。このような点が欧米と日本の救急医療体制の違いといえる。

### 3-3-2 フランスの救急制度SAMU

フランスの救急制度は医師が中心である。救急電話を取るのも、事故現場に向かって走るのも、救急患者に最初に手を触れるのも、常に先頭に立つのは医師である。日本の今のやり方とは全く異なる救急体制が取られているといえる。

### 3-4 道路交通法改正による変更点

2008年の道路交通法の一部改正により緊急自動車として、医療機関が市町村等により傷病者が医療機関に緊急搬送されるまでの間における応急の治療を行う医師を現場に運搬するために使用する自動車（いわゆる「ドクターカー」）が認められるようになった。

新たに認められたドクターカー（新型ドクターカー）は赤色灯やサイレンなどを設置していれば赤信号の通過が可能である。これまでのように、医師が現場に駆けつけたくても一般車であるために従わねばならなかった交通規則に阻まれることなく到着できるようになったといえる。これによって、これまで認められていなかったドクターカーの緊急走行が可能となり、赤信号でも交差点への進入ができる用になった。それにより、救急車と同等の条件で救急現場に向かうことができるようになった。この道路交通法改正を機に、全国各地で新型ドクターカーの導入が検討されている。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を回避することによって、搬送所要時間が短縮する。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。

## 4. ドクターカー導入による収容所用時間の短縮

### 4-1 対象地域の概要

本研究では、石川県奥能登二次医療圏を対象として、ドクターカーシステム導入の検討を行う。対象地域は、能登半島の先端に位置し、輪島市、珠洲市、能登町、穴水町の2市2町から構成される奥能登地域である。この地域の多くは、最寄りの三次救急医療機関である公立能登総合病院まで約60分以上を要する位置にあることから、ドクターカーシステム導入による効果が大きいと期待される。つまり、救急車とドクターカーとのドッキングにより、初期治療までの所用時間を短縮することが可能となるので、救命率の大幅な向上が期待されると考えている。

まず、導入効果を算定するにあたり、対象地域（奥能登地域：輪島市、珠洲市、能登町、穴水町の2市2町）をそれぞれ、10、16、16、4つの地区(合計：46地区)に区分して、地区ごとの搬送所用時間を算定する。

一般に、各地域からの救急要請は、日々さまざまであり、正確に、いつどこから救急要請があるのか正確に予測することは困難である。

そこで、本研究では対象地域である奥能登地域を前述のように46の地区に分けて、それらの地区から救急要請があると仮定する。具体的には、平成17年国勢調査において地区割りが行われており、それぞれの地区の人口等を把握することが可能である。

### 4-2 ドクターカー導入による収容所要時間の短縮に関する検討

上でも述べたように、ここでは奥能登の2市2町を46の地区に分けて所要時間の算定を行う。まず地区ごとに人口の多い町丁目を考慮して、中心点を決定する。中心点はそれぞれ交差点やバス停等の特定できる点に決定した。その中心点をその地区の代表となる点とし、ここではその地区内の住人が救急搬送される場合、その中心点から搬送されるものと仮定する。

ドクターカー導入なしの場合、患者が発生すると救急車が現場に向かい、基本的には現場から公立能登総合病院（七尾市）へ搬送したのちに、医師による初期治療が施されることになる。ドクターカーを導入した場合には、救急要請されてから医師が公立能登総合病院を出発して救急現場に向かい、救急現場を出発して公立能登総合病院へ向かう救急車と途中出会う所でドッキング(医師が救急車へ乗り込む)し、初期治療を行うこととなる。ここでは、公立能登総合病院に到着してから行う初期治療の効果と医師を乗せたドクターカーがドッキングして行

う初期治療の効果を同等の効果であると仮定して、通常の公立能登総合病院への搬送所要時間とドッキングまでの所要時間の差を、短縮した時間として算定する。

### 4-3 搬送経路の設定

スムーズなドッキングのためには、予めドッキングポイントを設定することが必要なため、救急車の走行経路を把握することがドクターカー導入の検討の際、重要になってくる。走行経路について本研究では、三次救急機関への搬送に限定しているため、救急車は特定の幹線道路（搬送時間の短い最短経路）を利用することが推測される。またアンケートから、救急車は国道、主要地方道などの幹線道路を利用し、搬送時間の短縮のために最短経路を選んでいることが多いということが分かった。

そこで、以下の条件を設定した場合の救急車の走行経路を想定する。なお、地区割りした46地区から最初に最寄りの主要交差点に向かい、そこからの経路を考えることとする。

#### <設定条件>

- ② 救急車が走行する経路は、国道、主要地方道に限定する。
- ② 遠回りすることなく、病院方向と逆方向の経路は選ばない。
- ③ 三次救急医療施設までの経路は最短経路を利用する。
- ③ 料道路（能登有料道路）を優先的に利用する。

### 4-4 各地区からの搬送所要時間

能登地域唯一の三次救急医療施設である公立能登総合病院までの所要時間は46地区の平均で1時間00分43秒を要し、一番長い所要時間は珠洲市の目置地区（1時間27分）からであった。また、一番短い所要時間は穴水町の穴水地区からで33分であった。また1時間以上を要する地区は珠洲市、能登町を中心に21地区と奥能登地域全体の地区数の6割弱を占めていることが判明した。また、最寄りの消防署からのかけつけ時間と現場滞在時間(ここでは全て10分間と仮定)を考慮した、搬送所要時間では、平均で1時間17分44秒、一番搬送所要時間の長い目置地区で1時間49分、短い穴水地区で49分となった(42地区が1時間を超える結果となった)。

### 4-5 ドッキングポイントの候補地

ドクターカーを導入した場合、初期治療はドクターカーがドッキングした際に行うことになるが、救急車が到着して、患者の様子を見てドクターカーを要請した場合、おおよそ救急車が病院へ向かって出発する時刻とドクターカーが救急現場に向かう時刻は、おおよそ同じであると考えられる。また、救急車とドクターカーが同じ速度で移動したと仮定すれば、当然所要時間の二分の一の時

間が経過した時点でドッキングすることが最善となる。  
あるいは、覚知の際に症状の重症度を見極め、すぐにド

表-1 ドッキングポイント候補地

| No | 施設分類 | 施設名称             | 能総病院<br>からの所<br>要時間<br>(分) | 広さ(台) |
|----|------|------------------|----------------------------|-------|
| ①  | コンビニ | サークルK能登空港インター店   | 36                         | 50    |
| ②  | P    | 三井町洲衛パーキングエリア    | 39                         | 10    |
| ③  | 道の駅  | 道の駅桜峠            | 46                         | 30    |
| ④  | 飲食店  | とんとん家・いわずみ       | 51                         | 20    |
| ⑤  | コンビニ | サークルK能登柳田店       | 54                         | 50    |
| ⑥  | 道の駅  | 駒渡ポケットパーク        | 59                         | 60    |
| ⑦  | P    | 路肩駐車スペース(珠州市馬渡)  | 62                         | 10    |
| ⑧  | P    | 路肩駐車スペース(輪島市別所)  | 39                         | 5     |
| ⑨  | P    | 路肩駐車スペース(穴水町志ヶ浦) | 36                         | 10    |
| ⑩  | 道の駅  | 根木ポケットパーク        | 34                         | 10    |
| ⑪  | 道の駅  | 道の駅なかじまロマン峠      | 25                         | 60    |
| ⑫  | 鉄道駅  | 能登中島駅駐車場         | 21                         | 60    |

クターカーを要請したとしても、道路上の互いの交わる  
点でドッキングすべきである。しかし、道路の構造上、  
必ずしもその点でドッキングを行うことはできない。そ  
こで、実際に奥能登地域に調査に行き、ドッキングが行  
われることになるであろう地域でドッキングポイントに  
成りえそうな安全なポイントをいくつか選定した。これ  
をドッキングポイント候補地と呼ぶことにする。ドッキ  
ングポイント候補地(表-1)は対象地域内に12か所確  
認することができた。12か所は大きく分けて、道の駅  
や路肩の駐車スペース等の公共の駐車場とコンビニエン  
ストアや飲食店等の店舗の駐車場に分けられる。ただ  
し、屋根のある駐車スペースは存在しない。

また、能登有料道路ではドッキングは不可能であり、  
公立能登総合病院-穴水IC間にある唯一のSAである別  
所岳SAも別所岳の中腹(標高360m)にあり、ドッキ  
ングは難しい。そこでここでは、計算上、能登有料道路  
でドッキングすべき例については、穴水ICから一般道路  
を南下し、公立能登総合病院を目指すルートを検討した。  
今回、ドッキングまでの所要時間を検討するにあたり、  
ドクターカーが要請されることが多いとされる2つのタ  
イミング(①119番通報で症状を把握した時点:「覚知」  
時点と②救急車が現場に到着し、患者の容態を確認した  
時点:「現場出発」時点)でドクターカーが要請されたと  
想定した。すなわち、「覚知」からドッキングされる  
までの時間(ケース1)と「現場出発」からドッキング  
するまでの時間(ケース2)をドッキング所要時間とし  
て算出した。

それぞれ個体差はあるが、ドクターカーを導入した方  
がいち早く患者の初期治療を行えることが分かる。各地  
区から公立能登総合病院までの収容所要時間が平均で1  
時間17分44秒であるのに比べ、ドクターカーを導入す  
れば平均で、41分26秒(覚知と同時にドクターカー要  
請:ケース1)、52分18秒(救急現場出発と同時にドク  
ターカー要請:ケース2)で、初期治療を開始すること  
ができる。この2つの時点での要請が同じ数ずつ要請さ

れたとしても、約47分でドッキングできることとなり、  
平均で約30分早く初期治療を開始できることになる。

ここではドクターカーがドッキングして行う医師によ  
る初期治療の効果と病院に収容されて行われる治療の効  
果を同等であると考えての検討ではあるが、初期治療に  
かかるまでの所用時間の短縮効果を示すことが出来た。  
命に関わる三次救急搬送に関しては、初期治療を開始す  
る早さが重要視されており、このドクターカーによる初  
期治療開始時刻の短縮が有効であることは明らかである。

## 5. ドクターカー導入による救命率向上効果

### 5-1 概要

藤本、橋本らは、長崎市を中心とする1市10町、人  
口542千人(平成12年)を対象とした救急搬送業務の実態  
調査から、搬送患者の収容所要時間と救命率の関係を曲  
線に表している。救急搬送データ約4万3千件を用い、  
搬送後約2週間以内の死亡者数が100件以上と多く、効  
果の計測に影響が大きいと見込まれる脳内出血、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疾患を対象として、その効果分析を行った。

### 5-2 救命曲線に関して

疾患ごとに、発生してから何分後に収容されて、治療  
が開始されれば、どれほどの確率で救命できるといった  
救命率が存在する。藤本、橋本らは、長崎市を中心とす  
る1市10町、人口542千人(平成12年)を対象とした救  
急搬送業務の実態調査から、搬送患者の収容所要時間と  
救命率の関係を曲線に表している。救急搬送データは、  
平成9年9月1日から平成13年6月30日までの3年10  
ヶ月分の42,839件を用い、搬送後2週間以内の死亡者数  
が100件以上と多く、効果の計測に影響が大きいと見込  
まれる155件の脳内出血、102件のくも膜下出血、149  
件の急性心筋梗塞、147件の急性心不全、142件の肺炎、  
519件のCPA(心肺停止)の6疾患を対象とした。本研  
究では、これらの救命曲線をもとに救命率の向上を検討  
する。

### 5-3 救命率向上の算定

上記の救命曲線をもとに、ドクターカーを導入した際  
に期待される初期治療までの時間短縮に関して、救命率  
がどれほど向上するのかを算定する。上記の救命曲線も  
とに、地区ごとに救命率を算出したものが表-2(覚知  
と同時に要請した場合)と表-3(現場出発と同時に要請し  
た場合)である。表内のAは収容所要時間が経った時点  
で初期治療を開始した場合の救命率であり、Cはドク  
ターカーとのドッキングが収容であるとした場合に、その  
所要時間が経った時点で初期治療を開始した場合の救命

率である。C-A はどれだけの短縮が出来るかを示している。

表-2 増加救命人数(覚知と同時に要請した場合)

| 覚知     | 発症者数(人) | 搬送所要時間での救命率 | ドッキング所要時間での救命率 | 搬送所要時間での救命人数(人) | ドッキング所要時間での救命人数(人) | 増加救命人数(人) |
|--------|---------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 脳内出血   | 39.4    | 0.102       | 0.177          | 4.0             | 7.0                | 3.0       |
| くも膜下出血 | 17.5    | 0.006       | 0.024          | 0.1             | 0.4                | 0.3       |
| 急性心筋梗塞 | 32.3    | 0.224       | 0.233          | 7.2             | 7.5                | 0.3       |
| 急性心不全  | 29.6    | 0.212       | 0.218          | 6.3             | 6.5                | 0.2       |
| 肺炎     | 71.3    | 0.306       | 0.431          | 21.8            | 30.7               | 8.9       |
| 合計     | 190.1   |             |                | 39.4            | 52.1               | 12.7      |

表-3 増加救命人数(現場出発と同時に要請した場合)

| 現場     | 発症者数(人) | 搬送所要時間での救命率 | ドッキング所要時間での救命率 | 搬送所要時間での救命人数(人) | ドッキング所要時間での救命人数(人) | 増加救命人数(人) |
|--------|---------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 脳内出血   | 39.4    | 0.102       | 0.150          | 4.0             | 5.9                | 1.9       |
| くも膜下出血 | 17.5    | 0.006       | 0.015          | 0.1             | 0.3                | 0.2       |
| 急性心筋梗塞 | 32.3    | 0.224       | 0.229          | 7.2             | 7.4                | 0.2       |
| 急性心不全  | 29.6    | 0.212       | 0.216          | 6.3             | 6.4                | 0.1       |
| 肺炎     | 71.3    | 0.306       | 0.388          | 21.8            | 27.7               | 5.9       |
| 合計     | 190.1   |             |                | 39.4            | 47.6               | 8.2       |

表-4 増加救命人数(平均)

|              | 増加救命人数(人) |
|--------------|-----------|
| 覚知と同時に要請した場合 | 12.70     |
| 現場にて要請した場合   | 8.23      |
| 平均           | 10.46     |

#### 5-4 ドクターカー導入による増加救命人数の算定

救命曲線から得られた救命率の向上により、年間の増加救命人数を示したのが表-2と表-3である。表-2の「覚知と同時に要請した場合」と表-3の「現場出発と同時に要請した場合」が同じ数だけ行われると仮定して、それぞれの救命率上昇によって得られた増加救命人数を、足して2で割ることによって、年間の増加救命人数を算出した(表-4)。また、表-2、表-3中にある発症者数は地区ごとに人口に疾患別発生率を乗じたものの合計である。疾患別発生率は参考文献1)より抜粋している。

上の表のように、奥能登地域で、ここで挙げた5疾患にて救急搬送される患者は、年間で約190人であり、そのうち従来通り公立能登総合病院へ搬送してから治療を開始した場合、約40人が救命され、ドクターカーを導入し、ドッキングした時点で施す初期治療を病院で施す治療と同等であるとみなした場合、約50人が救命されるという結果になった。年間に約10人、救命される人数が増える計算になる。

#### 5-5 ライプニッツ式

ここでは、救命人数の向上の算出結果を利用し、ドクターカーの導入効果の算定を行う。本研究では、ドクターカー導入による救命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、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。下記の式(4.1)にライプニッツ式を示す。

$$T = q \sum_{p=1}^n \frac{A}{(1+0.05)^p}$$

(4.1)

T: 損害の現在価値

A: 年収

年利率: 0.05

q: (1-生活費控除) 生活控除はここでは0.4とする。

n: 就労可能年数

実際の計算には、ライプニッツ係数表を利用して計算を行う。下記にライプニッツ係数の算出の過程を示す。

$$T \times (1+0.05) - T = Aq \left( \sum_{p=1}^n \frac{1}{(1+0.05)^{p-1}} - \sum_{p=1}^n \frac{1}{(1+0.05)^p} \right)$$

(4.2)

$$T \times 0.05 = Aq \left( 1 - \frac{1}{(1+0.05)^n} \right)$$

(4.3)

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

(4.4)

S: ライプニッツ係数

ライプニッツ係数は式(4.4)によって得られるため、式(4.3)から、逸失利益は式(4.5)のように表すことができる。

$$T = Aqs$$

(4.5)

T: 損害の現在価値

A: 年収

q: (1-生活費控除)

S: ライプニッツ係数

本研究では、各疾患の平均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いる。各疾患の平均発生年齢は全国的な統計がないため、参考文献1)より抜粋した表-5を代用するものとする。

とも言われており、導入効果は十分に大きなものであるといえる。

## 6. まとめと今後の課題

### 6.1 本研究のまとめ

本研究では、近年急速な高齢化の進展や地方の過疎化の進行などを踏まえて、重篤患者を中心に扱う三次救急活動の充実を図るため、実際に高齢化率が高く三次救急機関への搬送が多いと考えられる石川県奥能登地域を事例として、ドクターカーシステムの導入可能性の検討を行った。具体的には、仮想的に公立能登総合病院にドクターカーシステムを導入した場合の救命率の向上効果（救命可能人数）からその導入効果の検討を行った。

石川県の三次救急搬送において、ドクターカーは導入されていないが、三次救急医療施設を有さない、奥能登二次医療圏においてドクターカーを導入することは、救命率の向上につながると同時に、救急医療の地域格差の是正にもつながると考えられる。すなわち、半島地域においても安心して生活できる社会基盤施設の構築に役立つと同時に、過疎化の予防策としても効果が期待される。近年、注目されているプレホスピタルケアの充実を図ることが今後益々重要性を増すことになるのではないかと。

今回のケーススタディでも示したが、一般に、ドクターカーを要請するタイミングは大きく分けて2つの時点がある。119番通報を受けた覚知の時点（ケース1）と救急隊が救急現場に到着して、必要であるとの判断から要請する場合（ケース2）である。今回、その両方で検討を行い、その2つのパターンが同確率で起こると仮定して計算を行った。結果、年間約10名の救命増加が望め、それは約6千万の利益であることを示した。2008年の道路交通法改正により、大幅にコストダウンすることが可能となった今こそ、より早いドクターカーの導入を期待したい。

### 6.2 今後の課題

#### ①救急車の走行経路の設定について

本研究では、過去の救急車に関する文献を参考に救急車がよく利用するような経路の特徴を把握し、自ら経路パターンを設定したが、日頃の救急活動において救急隊員がどのように経路を選んでいるのか、考慮することができなかった。そこで、救急隊員や消防署を対象としたアンケート調査ならびにヒアリング調査を行い、経路選択をどのように行っているのか調査することが必要である。

#### ②救命曲線およびドクターカー治療の効果について

救命曲線は、参考文献から用いたものであり、それは長崎県内のデータによるものである。本来なら検討対象地域のデータから得られるものを用いた方が、より正確

表-5 各疾患の平均発生年齢

| 病名     | 平均年齢 |
|--------|------|
| 脳内出血   | 67.9 |
| くも膜下出血 | 63.8 |
| 急性心筋梗塞 | 71.6 |
| 急性心不全  | 78.5 |
| 肺炎     | 77.9 |

表-6 ドクターカー導入による利益  
(覚知と同時に要請した場合：ケース1)

| 覚知     | 増加救命人数(人) | 基本年収(万円) | 発症者の平均年齢(歳) | 就業可能年数(年) | ライブニッツ係数 | 死亡に伴う損失利益(万円/人・年) | 死亡に伴う損失利益(万円/年) |
|--------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|-------------------|-----------------|
| 脳内出血   | 3.0       | 203.4    | 67.9        | 8         | 6.463    | 788.7             | 2340.7          |
| くも膜下出血 | 0.3       | 203.4    | 63.8        | 9         | 7.108    | 867.5             | 285.5           |
| 急性心筋梗塞 | 0.3       | 203.4    | 71.6        | 6         | 5.076    | 619.5             | 170.3           |
| 急性心不全  | 0.2       | 203.4    | 78.5        | 4         | 3.546    | 432.8             | 78.1            |
| 肺炎     | 8.9       | 203.4    | 77.9        | 5         | 4.329    | 526.3             | 4724.8          |
| 合計     | 12.7      |          |             |           |          |                   | 7599.5          |

表-7 ドクターカー導入による利益  
(現場出発と同時に要請した場合：ケース2)

| 現場     | 増加救命人数(人) | 基本年収(万円) | 発症者の平均年齢(歳) | 就業可能年数(年) | ライブニッツ係数 | 死亡に伴う損失利益(万円/人・年) | 死亡に伴う損失利益(万円/年) |
|--------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|-------------------|-----------------|
| 脳内出血   | 1.9       | 203.4    | 67.9        | 8         | 6.463    | 788.7             | 1479.2          |
| くも膜下出血 | 0.2       | 203.4    | 63.8        | 9         | 7.108    | 867.5             | 141.6           |
| 急性心筋梗塞 | 0.2       | 203.4    | 71.6        | 6         | 5.076    | 619.5             | 105.2           |
| 急性心不全  | 0.1       | 203.4    | 78.5        | 4         | 3.546    | 432.8             | 48.7            |
| 肺炎     | 5.9       | 203.4    | 77.9        | 5         | 4.329    | 526.3             | 3121.4          |
| 合計     | 8.2       |          |             |           |          |                   | 4896.1          |

表-8 ドクターカー導入による効果

|              | 導入効果(万円) |
|--------------|----------|
| 覚知と同時に要請した場合 | 7599.5   |
| 現場にて要請した場合   | 4896.1   |
| 平均           | 6247.8   |

また、1人当りの平均年間所得は、厚生労働省編「平成19年国民生活基礎調査の概況」、 「平成16年国民生活基礎調査の概況」、 「平成13年国民生活基礎調査の概況」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年の平均を用いた。ドクターカー導入による救命率向上の利益の算定結果を表-8に示す。

上の表のように奥能登地域を対象に、公立能登総合病院にドクターカーシステムを導入した、年間約10名の患者の生命を救命できる（見込める）という計算結果が出た。また、その約10名の収入を元にライブニッツ式によりドクターカーの導入効果（約6千万円）を算定した。ドクターカーシステムの導入費用は、正確には把握できていないが、岐阜県立多治見病院では年間600万円程度

な算出結果を導き出せると考える。また、ドクターカーによるプレホスピタル・ケアの効果を定量的に把握することが出来ず、病院へ収容することと同効果であると仮定しての算出になった。今後は多くのデータをもとに、ドクターカーによる初期治療効果を把握し適用することも必要になるであろう。

④ 患別発生率や疾患別発症患者の平均年齢について

疾患別発生率や疾患別発症患者の平均年齢について、ここでは参考文献により抜粋して用いている。本来なら適用対象地域でのデータをもとに用いるべきであるが、それが出来なかったため、今回は長崎での算出値を用いた。

⑤ クターカーのコストについて

ドクターカーを運用するチーム、医師は、基本的には普段は通常業務を行いながら、時間毎の当番制で運用する事が多い。よって、どこからどこまでがドクターカーのコストであるかが分からず、人件費の算出が困難であった。コスト面も考慮したドクターカー制度の検討を行っていく必要がある。

**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。

## 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, 九州技法第31号, 2002年7月
2. 藤本昭, 大成和明, 松本勝美: 救急医療サービス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, pp26-35, 2004年3月
3. 折田仁典, 佐藤豪明, 武田弘衛: 救急活動からみた高速道路整備課題, 土木計画学研究・講演集, No.22, pp639-642, 1999年10月
4. 折田仁典, 藤田浩成, 佐藤力: 救急医療活動からみた高速道路整備効果に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, No.26, 2002年
5. 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年
6. 折田仁典, 今井信宏, 中嶋雄介: 救急医療活動支援のためのITS整備に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, No.18, 2001年9月
7. 高橋尚人, 徳永ロベルト, 浅野基樹: 救急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, pp23-27, 2003年1月
8. 高橋尚人, 徳永ロベルト, 浅野基樹: 救急医療サービス水準からみた北海道における道路整備の評価について, 北海道開発土木研究所月報, No.606, pp21-28, 2003年
9. 吉田正, 山本正嗣, 富山礼人, 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年9月
10. 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年12月
11. 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年1月
12. 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年
13. 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
14. 中野晃太, 鈴木敬仁, 高山純一, 中山晶一郎: 高速道路を対象とした救急車専用退出路の設置効果分析, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 2010年3月