

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289172

研究課題名(和文) 3次救急医療を対象とした医療・福祉・介護の一体管理と高度化による救急医療システム

研究課題名(英文) Emergency medical system based on integrated management and advancement of medical, welfare and nursing care for tertiary emergency medical care

研究代表者

高山 純一 (TAKAYAMA, Jun-ichi)

金沢大学・環境デザイン学系・教授

研究者番号：90126590

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：現在の救急業務の実態は救急車が現場に到着してから、傷病者を救急病院へ搬送するまでに、約28分間を要している。その搬送時間中に行われるプレホスピタルケアは、非常に重要な役割を持っており、重篤な傷病者の救命率向上に、極めて大きな影響を持つ。一方、都市部と地方部では救急医療サービスのレベルが異なり、3次救急医療施設は都市部に偏在している。そのような場合、高速道路がうまく活用できれば、またドクターカーやドクターヘリが導入されれば、非常に有効となる。

そこで、本研究ではドクターカーとドクターヘリの導入効果をGISシミュレーションで検討し、平常時と地震発生時で比較した。

研究成果の概要(英文)：The current state of emergency work takes about 28 minutes from the arrival of the ambulance to the site to the delivery of the victim to the emergency hospital. Pre-hospital care performed during the transportation time has a very important role and has a very significant effect on improving the life-saving rate of serious injured people. Meanwhile, the level of emergency medical service differs between urban and rural areas, and tertiary emergency medical facilities are ubiquitous in urban areas. In such a case, if the highway can be used well, if doctor cars and doctor helicopters are introduced, it will be very effective.

Therefore, in this study, the introduction effect of doctor car and doctor helicopter was examined by GIS simulation and compared at normal time and at the occurrence of earthquake.

研究分野：国土・交通計画

キーワード：3次救急医療・救急搬送 ドクターヘリ ドクターカー 国保データベース 高速道救急車専用退出路 医療情報デジタル伝送システム

## 1. 研究開始当初の背景

現在の救急業務の実態は、救急車が現場に到着してから、傷病者を救急病院へ搬送するまでに、約28分間(搬送時間の全国平均)を要している。その搬送時間の中で行われる病院前救急医療(プレホスピタルケア)は、非常に重要な役割を持っており、重篤な傷病者の救命率向上に、極めて大きな影響を持つと言われている。しかも、救命率向上を図るためには、消防機関(救急車)と医療機関(救急病院)の連携強化が不可欠であり、救急医療情報のデジタル無線伝送システムの実用化がその鍵を握ると考えられる。

一方、都市部と地方部では、救急医療サービスのレベルが異なり、特に3次救急医療施設は都市部に偏在しており、地方部(過疎地域)から遠く離れていることが多い。そのような場合、高速道路がうまく活用できれば、非常に有効である。しかし、最寄のインターチェンジから3次救急病院が遠い場合には、高速道路の効果も半減することが考えられる。そのような場合に、3次救急医療機関の近くに、救急車専用の退出路があれば、非常に有効である。

## 2. 研究の目的

研究代表者と研究分担者(中山、藤生)は以下の目的で研究を行った。

### (1) 三次救急搬送に関するドクターヘリ研究、ドクターカー研究

ドクターカー・ドクターヘリの導入効果に関する研究

本研究では、石川全县を対象として石川県立中央病院にドクターヘリを導入した場合と、奥能登地域を対象として公立能登総合病院にドクターヘリを導入した場合の比較を行った。ドクターカーにおいては、加賀市民病院・小松市民病院・松任中央病院、それぞれでドクターカーを導入した場合を比較する。

国保データベースを活用した高齢者の三次救急搬送の将来予測の可能性研究

国民健康保険データベース(以下「KDB」とする)には、「三次救急である」と明確にわかるデータは含まれていない。現在石川県で三次救急医療体制が整っているのは、県立中央病院、公立能登総合病院、金沢大学付属病院、金沢医科大学病院であり、高度な治療を必要とする重篤な救急患者を365日24時間体制で受け入れている。そこで、KDBを利用して三次救急の搬送確率を調査し、KDBに含まれている性別、年齢、住所といった情報

を基に三次救急要請の将来予測を試みた。

### (2) 救急車の災害時緊急輸送道路、連結信頼性・走行時間信頼性等の関連研究

災害時のドクターカー・ドクターヘリの分担圏域に関する研究

地震時と平常時でドクターカーを保有している救命救急センターから災害時避難場所となり得る小中学校までの到達時間のシミュレーションを行う。その際、地震による緊急輸送道路沿道の建物倒壊を想定し、道路閉塞による遅延を考慮する。その結果から、震災時におけるドクターヘリとの分担圏域を設定することで、大規模地震発生直後での効率的な運用範囲の提案を行う。

連結・走行時間信頼性等の関連研究

震災時に連結されているべき重要な拠点間の到達可能性を分析する。重要拠点間の到達可能性は、検討した道路被害の推定手法に基づき、ネットワーク解析によって分析する。

分担研究者の稲葉は、以下の目的で研究を遂行する。

### (3) 重症救急疾患(心筋梗塞、脳卒中、大動脈解離)に対する病院前救急医療システムの感度(救急隊の判断能力)を明らかにする。

### (4) 重症救急病態から心停止に陥った傷病者の予後に関係する因子と一般市民の応急手当、救急隊の救命処置の関連を明らかにする。

### (5) 医療情報デジタル伝送システムの最適化、実用化の条件を明らかにする。

分担研究者の西野は、以下の目的で研究を遂行する。

### (6) ある地方都市における高齢者の日常生活圏域の実態とその圏域間比較

ある地方都市における高齢者の行動実態(日常生活圏域)を把握する。ここでは先行研究の金沢市での結果との比較により、地方都市居住の高齢者の生活圏域の特性(各圏域の特徴や圏域間の関係)を明らかにする。

分担研究者の二神は、以下の目的で研究を遂行する。

### (7) 災害時の救急搬送阻害要因(地震火災)と地域の都市構造特性(木造建物、耐火建物、空地、樹木等)の関係分析

延焼阻害要因としての樹木の配置の効果、延焼速度遅延効果を明らかにするために、対象地域の樹木のデータを追加して、空地周辺の緑化による救急車待機場所の安全性評価システムを開発する。また、平時の救急搬送のみならず、災害時の地震火災を想定した救急車両待機地点や緊急走行道路の安全性の向上と救急車の走行信頼性の確保に活用す

る。

分担研究者の柳沢は、以下の目的で研究を遂行する。

### **(8)救命制約時間を校了した地震被災時の救急駆けつけ搬送体制の構築のための消防署・分署および後方病院の最適配置**

長野県には多くの活断層が存在し、地震発生時の対策の検討が必要である。しかしながら、長野市の救急駆けつけ搬送体制は必ずしも地震による被災発生を考慮して配置されている訳ではない。ここでは、救助部隊を円滑に到着させる交通規制や救助部隊を現場まで交通渋滞に巻き込まれないように誘導するための消防署・分署および後方病院の配置を検討する。

## **3. 研究の方法**

### **(1)三次救急搬送に関連するドクターヘリ研究、ドクターカー研究**

ドクターカー・ドクターヘリの導入に関する研究

本研究では石川全县をそれぞれ249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。また、通常の三次救急医療機関への搬送所要時間とドクターヘリドッキングまでの所要時間を初期治療開始時刻とし、その差を短縮した時間として算定する。

藤本らの救命曲線をもとに、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、肺炎の5疾患を対象として救命率の向上を検討する。

国保データベースを活用した高齢者の三次救急搬送の将来予測の可能性

本研究では、分析対象地のKDBのうち、75歳以上の後期高齢者と、65歳以上74歳以下で一定の障害があるものを対象とした後期高齢者医療情報（以下「後期KDB」とする）の厚生労働省様式（様式1-1）を用いて、三次救急の予想搬送確率の算出を試みる。

### **(2)救急車の災害時緊急輸送道路、連結信頼性・走行時間信頼性等の関連研究**

災害時のドクターカー・ドクターヘリの分担圏域に関する研究

地震に伴う建物倒壊による道路閉塞を想定した救命救急センター避難所間のドクターカー（DC）到達時間を考慮し、ドクターヘリ（DH）との分担圏域の設定を行う。対象ネットワークは緊急輸送道路とする。なお、地震時の道路閉塞の原因として道路損壊、盛土の崩壊、落橋、建物倒壊などが挙げられるが、建物倒壊による道路閉塞を考慮すること

とする。

連結・走行時間信頼性等の関連研究

道路の通行不能確率の推定手法（建物倒壊による道路閉塞）は、地震による建物の被害関数を適用し、各建物の全壊確率を決定する。

### **(3)重症救急疾患（心筋梗塞、脳卒中、大動脈解離）に対する病院前救急医療システムの感度（救急隊の判断能力）**

2011年1月から2014年12月までの期間に石川県内で救急搬送された患者の中で、2011年の1年間に救急隊が脳卒中を疑い搬送した患者2577例、2012年の1年間に急性心筋梗塞を疑い搬送した患者2311例、4年間に大動脈解離を疑い搬送した患者330例を調査した。病院内最終診断結果、患者予後と合わせてデータベース化し、解析を行った。

### **(4)重症救急病態から心停止に陥った傷病者の予後に関係する因子の検討**

2007年以降の石川県内の詳細な院外心停止データと総務省が収集した全国の院外心停止データを分析した。

### **(5)医療情報デジタル伝送システムの最適化、実用化の条件**

金沢市を中心とした1市1町で運用されてきた携帯電話を用いた医療情報伝送システムの運用上の問題点を聞き取り調査した。

### **(6)ある地方都市における高齢者の日常生活圏域の実態とその圏域間比較**

対象は加賀市の福祉行政圏域全7圏域（8地区）である。高齢者の生活圏域の実態を把握するため、全ての地区から抽出された高齢者に対して、属性、自宅住所、外出先に関するヒアリング調査を行った。具体的には、各地区の要支援・要介護者と健康な高齢者を各々15名程度選定し、各対象者の自宅と外出先（スーパー、かかりつけの医院、病院、銀行等）をヒアリングした。要支援・要介護者149名、健康な高齢者174名の合計323名からデータを集めた。

### **(7)災害時の救急搬送阻害要因（地震火災）と地域の都市構造特性（木造建物、耐火建物、空地、樹木等）の関係分析**

ここでは、国土地理院の国土空間データより、地震火災の算定に必要なパラメーターの自動抽出可能なシミュレーション・システムを活用し、対象搬送地域のデータを自動生成する。出火点、風向・風速といった卓越風等のデータを入力し、ダイナミックな延焼面から道路の延焼遮断判定、救急車待機地点の火災熱リスク、既存搬送路の評価を行った。

### **(8)救命制約時間を考慮した地震被災時の救急駆けつけ搬送体制の構築のための消防**

## 署・分署および後方病院の最適配置

長野市内には消防署・分署が全 14 箇所、後方病院が全 8 箇所配置されている。被災時には救急車両によって搬送を行うことを前提とし、搬送経路として救急車両は消防署・分署を出発して重傷者がいる被災現場を経由した後、後方病院へ搬送する。

また、信濃川断層帯による地震が発生した場合の救命救急処置が必要な重傷者数を算出する。住宅被害率を用い、平成 14 年度長野県地震対策基礎調査報告書に基づいた重傷者数算出式を用いた。

## 4. 研究成果

### (1) 三次救急搬送に関連するドクターヘリ研究、ドクターカー研究

ドクターカー・ドクターヘリの導入に関する研究

救命人数の向上の算出結果を利用し、ドクターヘリの導入効果の算定を行った。本研究では、ドクターヘリ導入による救命 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。

また、1 人当たりの平均年間所得は、国税庁の平成 24 年民間給与実態統計調査から年齢階層別の平均給与を使用し算定すると石川県におけるドクターヘリの導入利益は、逸失利益を換算した場合、一年で 10.7 億円の効果が得られるという結果となった。

国保データベースを活用した高齢者の三次救急搬送の将来予測の可能性

後期 KDB の分析結果より、1 年間に三次救急で搬送されたと考えられる人数の割合は分析対象地に在住する高齢者全体に対し約 3.3% であり、救急車で搬送された高齢者のうち、三次救急である人数の割合は 44.0% であると予想できた。

### (2) 救急車の災害時緊急輸送道路、連結信頼性・走行時間信頼性等の関連研究

災害時のドクターカー・ドクターヘリの分担圏域に関する研究

本研究では石川県の地震時におけるドクターヘリ、ドクターカーの分担圏域設定法を提案し、分担圏域の設定を行った。その結果、平常時では石川県立中央病院を中心とした半径約 5.4km、公立能登総合病院を中心として北に約 31.1km、南に 16.8km の範囲をドクターカー、それ以外の範囲の小中学校はドクターヘリ対応とする分担圏域が設定された。ただし、地震時におけるドクターカーの走行

速度によって分担圏域が異なることも明らかとなった。

連結・走行時間信頼性等の関連研究

道路の災害時における通行可能性を分析する手法を構築し、地震による建物倒壊に伴う道路閉塞を例に、道路ネットワーク全体での通行可能性分析を行った。

### (3) 重症救急疾患（心筋梗塞、脳卒中、大動脈解離）に対する病院前救急医療システムの感度（救急隊の判断能力）

救急隊が脳卒中を疑って搬送した 2577 例のうち 1888 例が脳卒中と診断された。救急隊が脳卒中を疑わなかったが病院で脳卒中の診断がなされた症例が 423 例あった。すなわち、救急隊判断の脳卒中に対する感度は、 $1888 / (1888 + 423) = 81.7\%$  であった。

救急隊が急性冠症候群を疑って搬送した 625 例のうち 283 例が ACS と診断された。救急隊が急性冠症候群を疑わなかったが病院で急性冠症候群の診断がなされた症例が 100 例あった。すなわち、救急隊判断の急性心筋梗塞に対する感度は 74.0% であった。

大動脈解離に対する感度は 54.0% と最も低く、医療情報伝送システムを用いた医療機関と連携した判断能力の向上が必要である。

過疎地域での迅速な病態把握とこれらの重症病態に対する救急医療システムの対応の遅れの解消には、よく訓練された市民や非番職員の現場出動も考慮されるべきである。

### (4) 重症救急病態から心停止に陥った傷病者の予後に関する因子の検討

院外心停止に対する人工呼吸は心停止の原因が非心原性の場合には重要である。

携帯電話を用いた市民からの通報は、院外心停止の予後を改善する可能性がある。

救急救命士による円滑迅速な薬剤投与は院外心停止の予後を改善する可能性がある。

救急隊搬送中の画像伝送は円滑な処置の実施に貢献する可能性が高い。

### (5) 医療情報デジタル伝送システムの最適化、実用化の条件

医療機関の救急医からは画面の大きさと画質の向上を望む意見が多く、循環器科医からは 12 誘導心電図の共有の要望が高い。このことから、地域内でのクラウドを用いた医療情報デジタル伝送システムの確立が強く望まれる。

### (6) ある地方都市における高齢者の日常生活圏の実態とその圏域間比較

先行研究の金沢市での結果と同じく生活圏の二層性が確認された。一方、金沢市の結果より生活圏が広域化していた。これに伴い

要支援・要介護者も外出距離が伸びていた。さらに要支援・要介護者は徒歩外出が比較的少なく、徒歩圏であっても車などを利用する交通手段へのつよい依存性がみられた。

市内全地区間比較により、8地区は徒歩のみによる外出がありその件数が平均値以上の地区と、徒歩のみによる外出がなくその件数も平均値未満の地区の二極と、それらに準じる地区にわけられた。前者では徒歩圏で生活が完結する可能性がある。

健康な高齢者は主に購買施設を求めて、一方、要支援・要介護者は主に二次医療機関を求めて、それらが立地する地区に集中する。このように生活圏の複数都市核への分散集

### **(7)災害時の救急搬送阻害要因(地震火災)と地域の都市構造特性(木造建物、耐火建物、空地、樹木等)の関係**

地震の活動期に入った現在、救急車両の待機場所や搬送道路に対して、地震火災のリスクを考慮する必要がある。一方で、事前復興のためのまちづくりといった防火樹木の整備による、地震火災に対して安全な地域を確保することも欠かせないと考えている。そのためには、都市計画的なまちづくりと安全な空間の評価システムの開発が必要となる。

本システムの特徴は、国土地理院の国土空間データを用いて、任意の地域の地震火災の延焼状況を、風向、風速、出火点をパラメーターとして再現できる点にある。また、シミュレータ上で、沿道の耐火化や道路幅員の拡張化、防火樹木の植栽といった都市計画的な防災整備とそれらの効果をダイナミックに再現できる点にある。

本研究では、愛媛県松山市の密集市街地を対象に、公園やオープンスペースの安全性の評価を実施した結果、幹線道路内での全ての公園・オープンスペースの火災熱リスクが高いと、また、それらの周囲を防火樹木で整備しても、幹線道路内の住宅地が焼失するため、環状線(片道2車線)上での待機あるいは走行が必要であることが明らかになった。

### **(8)救命制約時間を考慮した地震被災時の救急駆けつけ搬送体制の構築のための消防署・分署および後方病院の最適配置**

平成14年度長野県地震対策基礎調査報告書から、長野市の被害状況として、盛土、切土は多数存在し、その被害箇所が多いことが分かった。特に、切土での被害箇所が多く、高確率で被災することも分かった。これにより、地震被害はもちろんのこと地盤崩壊でも大きな被害が及ぶことが分かった。

盛土や切土だけではなく、橋梁部での被災

も多いことが分かった。これは、橋自体の崩壊だけではなく液状化による橋脚部の被災も含めて予想されているためであり、液状化による橋周辺へ被害もあると予測される。

各地区の住宅被害率は、市街地や山間部の違いよりも木造住宅の多少に大きく関わっていることが分かった。

アクセシビリティを考慮していない時間信頼性の場合において、基本的には被災リンク数が増えるほど時間信頼性が低下する。例外として豊野地区などでは周囲の経路交通量の変化により平均所要時間も変化し、被災リンクが増えたのにもかかわらず時間信頼性が向上した。

時間信頼性について地震被災直後と地震被災から時間経過した2つの状態について検討してきたが、直後の状態では道路走行中に被災し、被災リンクがどこかわからない状態で通常選んでいるリンクを走行するため被災リンクを走行する車両も現れる。被災リンクは通行不能のため走行している車両は立ち往生してしまい大渋滞となるため被災リンクを走行した車両は別のリンクに移ることができないので被災していないリンクの経路交通量が変化しない。このため時間信頼性に変化が殆ど見られなかった。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計19件)

- 1) 大澤脩司, 藤生慎, 高山純一, 中山晶一郎: 地震に対する道路網の脆弱区間評価手法の構築と緊急輸送道路網への適用, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 73 (2017), No. 4, [特]地震工学論文集, Vol. 36, 2017, 査読有
- 2) 鳥越昭彦, 二神透, 他 3: 市街地火災におけるみどりの防火効果の検証手法の検討、ランドスケープ研究増刊 技術報告集, Vol. 8, no9, CD-ROM8 頁, 2017, 査読有
- 3) 備後友貴, 大澤脩司, 藤生慎, 高山純一, 中山晶一郎, 辰野肇: 大規模地震発生時のドクターカー・ドクターヘリ分担圏域設定法に関する研究~石川県をケーススタディーとして~, 土木学会論文集 F6(安全問題) 72(2), I\_107-I\_114, 2016, 査読有
- 4) A.W UDDIN, 大澤脩司, 藤生慎, 高山純二, 中山晶一郎: 緊急輸送道路の災害リスクを考慮した都道府県庁と市町村役場間の到達可能性に関する分析, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 72 (2016) No. 4 p. I\_756-I\_767, 2016, 査読有

5) 松原裕樹, 稲葉英夫. 救急隊遅延地域において心停止症例に対し潜在的に行われた非番職員の現場出動の実態と心肺蘇生の質の比較. へき地・離島救急医療研究会誌 14: 20 -23 2016, 査読有

6) 西野辰哉(達也); ある地方都市における高齢者の日常生活圏域の実態とその圏域間比較, 日本建築学会計画系論文集, 728号, 2117-2127 頁 2016/10, 査読有

7) Maeda T, Kamikura T, Tanaka Y, Yamashita A, Kubo M, Takei Y, Inaba H. Impact of bystander-performed ventilation on functional outcomes after cardiac arrest and factors associated with ventilation-only cardiopulmonary resuscitation: A large observational study. Resuscitation. 2015 Jun;91:122-30. doi:10.1016/j.resuscitation.2015.02.033 , 査読有

8) 片岡源宗, 吉井稔雄, 二神透, 大口敬: 救急救命搬送需要予測手法の構築, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 8 頁, 2015, 査読有  
上記以外に 11 件の掲載論文がある。

〔学会発表〕(計 29 件)

1) 備後友貴, 大澤脩司, 藤生慎, 高山純一, 中山晶一郎, 辰野肇: 大規模市工学科・教授模地震発生時のドクターカー・ドクターヘリ分担圏域設定法に関する研究～石川県をケーススタディーとして～, 土木学会安全問題討論会 '16 , 8 pages, 土木学会講堂 (東京都・新宿区) 2016.11.30

2) 二神透, 國方祐希: 防火樹木を用いた地震火災対策の評価に関する研究, 第 53 回土木計画学講演集, 北海道大学 (北海道・札幌市), 2016.5.28

3) 羽田裕貴, 柳沢吉保, 古本吉倫, 轟直希, 和田彩花, 高山純一: 救命制約時間を考慮した地震被災時の救急駆けつけ搬送体制. 平成 27 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 豊田工業高等専門学校 (愛知県・豊田市), 2016.3.4

4) 備後友貴, 高山純一, 中山晶一郎, 藤生慎, 辰野肇: 石川県における国保データベースを用いたドクターヘリ導入の効果分析に関する研究, 第 52 回土木計画学研究発表会・秋大会 (CD-ROM), 5 pages, 秋田大学 (秋田県・秋田市), 2015.11.22

5) 備後友貴, 高山純一, 中山晶一郎, 藤生慎, 辰野肇: 石川県における三次救急医療を対象としたドクターヘリ導入の効果分析に関する研究, 第 51 回土木計画学研究発表会・

春大会 (CD-ROM), 4 pages, 九州大学 (福岡県・福岡市), 2015.6.7

上記以外に 24 件の研究発表がある。

〔図書〕(計 0 件): なし

〔産業財産権〕: なし

〔その他〕

プレスリリース:

<http://www.kanazawa-u.ac.jp/rd/40150>

新聞記事:

<http://www.sankei.com/life/news/161005/lif1610050013-n1.html>

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

高山 純一 (TAKAYAMA, Jun-chi)  
金沢大学・環境デザイン学系・教授  
研究者番号: 90126590

### (2) 研究分担者

稲葉 英夫 (INABA, Hideo)  
金沢大学・医学系・教授  
研究者番号: 60159952  
中山 晶一郎 (NAKAYAMA, Shoichiro)  
金沢大学・環境デザイン学系・教授  
研究者番号: 90334755  
西野 達也 (NISHINO, Tatsuya)  
金沢大学・環境デザイン学系・准教授  
研究者番号: 90403584  
藤生 慎 (FUJIIU, Makoto)  
金沢大学・環境デザイン学系・教授  
研究者番号: 90708124  
柳澤 吉保 (YANAGISAWA, Yoshiyasu)  
長野工業高等専門学校・環境都市工学科・教授  
研究者番号: 70191161  
二神 透 (FUTAGAMI, Toru)  
愛媛大学・防災情報研究センター・准教授  
研究者番号: 40229084

### (3) 連携研究者

なし

### (4) 研究協力者

・大澤 脩司 (OOSAWA, Shuji)  
・備後 友貴 (BINGO, Yuki)  
・中田 智香 (NAKADA, Chika)  
・松原 祐樹 (MATSUBARA, Yuki)  
・神蔵 貴久 (KAMIKURA Takahisa)