

# 救急搬送人員データを活用した 搬送時間分布の分析手法に関する研究

鈴木 万生<sup>1</sup>・平田 輝満<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 (〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1)  
E-mail: 22nm822t@vc.ibaraki.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 茨城大学大学院教授 都市システム工学領域 (〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1)  
E-mail: terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp

近年、高齢化や社会環境の変化に伴い救急搬送人員および救急搬送時間は増加傾向を示している。また、医療機関は都市部に集中する傾向があり、中山間地域などをはじめとする地方部では救急搬送時間が長時間化する傾向がある。このように都市部と地方部で救急医療サービスの格差が生じている。医療サービスの均てん化に向けて、各地域における救急搬送の現状や課題を明らかにし、今後の社会環境の変化による救急搬送への影響を推測することは重要である。本研究では、救急搬送人員データを活用して各地域における疾患・重症度別の救急搬送時間を推定するシミュレーションを開発した。また、本シミュレーションを用いて医療サービスレベル低下による影響や新たな救急搬送方法の検討を行った。

**Key Words:** ambulance, medieval transport data, emergency medical service, medical transport time distribution, simulation

## 1. はじめに

近年、高齢化や疾病構造の変化に伴い救急搬送人員および救急搬送時間は増加傾向を示しており、今後も増加し続けると予想されている<sup>注1)</sup>。医療サービスは安心して暮らせるための重要な都市サービスの1つであり、医療開始時間が早いほど救命率も向上することから、救急搬送は短時間であることが望ましい。しかし、救急医療に対応できる医療施設は都市部に集中しており、中山間地域や小規模市町村では乏しいのが現状である。そのため、地方部での救急搬送時間は長い傾向があり、都市部と地方部で救急医療サービスの地域格差が生じている。増大し続ける救急医療需要に対し、医療サービスの均てん化の達成に向けて、各地域における救急搬送の現状や課題を明らかにし、今後の社会環境の変化による救急搬送への影響を推測することは重要である。また、それら課題や変化に対し、医療サービスの維持・向上の施策について検討することは必要不可欠である。本研究で対象とする茨城県は、10万人当たりの医師数が全国でも低位であり、医師数の地域間の偏りも大きな課題とされ、安心できる地域医療体制の早急な整備が求められている<sup>注2)</sup>。地域格差を抑制するために、新たな医療施設の整

備を行うことが望ましいが、慢性的な医師不足や人口減少により現実的ではない。したがって、救急搬送力の向上が重要となる。道路ネットワークの強化といった従来の対策に加え、近年国内外で注目されている空飛ぶクルマは、ヘリコプターと比較して低コストであり、離着陸場の増加も期待できる。国土交通省は、空飛ぶクルマの利活用として救急搬送も想定しており<sup>注3)</sup>、新たな救急搬送手段としての活用可能性についても検討する必要がある。

以上のような検討を行うために、救急搬送に関するデータを活用した客観的な分析が有益である。救急搬送に関するデータは、各消防が記録した救急出動記録と総務省消防庁が提供する救急搬送人員データが挙げられる。救急出動記録は、時刻だけでなく救急現場の住所や搬送先の医療機関名も記載されているが、データ提供時には個人情報保護のために搬送 OD (現場と搬送先病院) が秘匿される可能性がある。また、各消防にデータ提供の依頼が必要であり、複数の地域を対象に分析を行うには適していない。一方で、救急搬送人員データは、全国の救急搬送の個票となっており、複数の地域を容易に分析することができる。しかし、救急搬送の OD が記載されておらず、分析できる内容に限りがある。そこで、OD

の推定を通して搬送人員データの活用の幅を広げ、様々な分析が可能であることを示すことはデータの利活用の面において重要である。

これらを踏まえ、広範囲かつ地域別に分析が可能な搬送人員データの活用可能性を示しつつ、地域別の救急搬送の実態把握や今後の救急搬送の変化について検討することは有益であると考えられる。

## 2. 既往研究の整理と本研究の目的

救急搬送の地域格差に関する研究<sup>④</sup>では、救急搬送時間に差が生じる要因として、医療提供体制の特徴や自治体消防の整備状況、救急医療機関の整備状況を挙げている。しかし、救急搬送のどの過程で地域差が生じているのかは明らかになっていない。救急搬送時間の地域差や課題を明確にするためには、データを活用したより詳細な搬送時間別の分析が必要である。救急出動記録を用いた研究は多数あり、実態把握<sup>⑤</sup>や地域の潜在的な危険度評価<sup>⑥</sup>、消防署の最適配置<sup>⑦</sup>などが分析されている。しかし、救急搬送 OD が公表されず限定的な分析となってしまうことを今後の課題として挙げている研究<sup>⑧</sup>も存在し、分析内容に限りがある。一方で、救急搬送人員データを活用した研究は少なく、地域特性を明らかにし実態を把握するのみで留まっており<sup>⑨</sup>、救急搬送の OD や搬送時間の推定は行われていない。また、救急搬送に関するシミュレーションの研究<sup>⑩</sup>では、医療機関選択のルールを設け、疾患・傷病程度に応じた医療機関の選択をモデルに組み込んでいるが、搬送の移動距離を直線距離で計算しており、再現性に欠けると考えられる。以上より、本研究では以下の2点を研究目的とする。

- [1] 救急搬送人員データを用い、救急搬送の現状分析を行い、それらの結果を反映させた救急搬送時間の空間的な分布を推計するシミュレーションを構築する。
- [2] 今後予想される社会環境の変化や、新たな搬送手法が救急搬送時間に与える影響についてシミュレーション分析を行う。

## 3. 分析に用いるデータベースの構築

本研究では、総務省消防庁より提供を受けた救急搬送人員データを用いて、茨城県内の各地域における救急搬送の実態分析を行う。新型コロナウイルス感染症拡大直前の2019年1月1日～2019年12月31日のデータを用いる。また、救急搬送と医療機関の関係を分析するにあたり、茨城県内における救急告示医療機関と救急医療協力医療機関の所在地や診療科目を茨城県のホームページ<sup>⑪</sup>

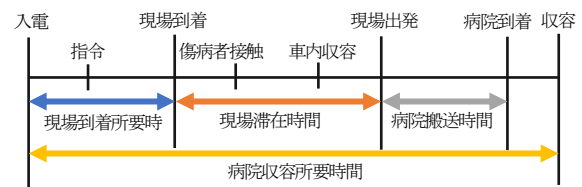


図-1 搬送時間の内訳

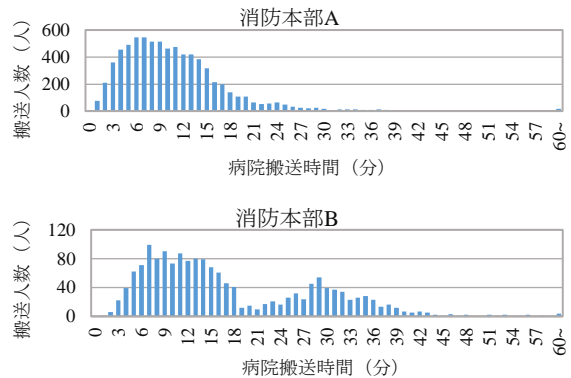


図-2 搬送時間の内訳

より取得した。これらのデータより、救急搬送の実態把握及び救急搬送時間の推定を行う。救急搬送人員データは、救急搬送に至った傷病者に係るデータが集積されており、管轄消防本部や年齢、疾患、重症度だけでなく搬送過程の時刻も記載されている。また、搬送先の医療機関に関する情報としては、各消防本部の管轄地域内か地域外であるかが記載されている（以降は管内、管外と記載）。本研究では、図-1に示すように搬送時間を4つに分類し、消防本部別に分析する。

## 4. 救急搬送の実態把握

### (1) 救急搬送における地域別各平均所要時間

本研究では、茨城県内の単独市町村や複数の自治体で構成された24の消防本部を対象とする。消防本部別の所要時間の分析を通して、県内においても地域によって搬送時間にばらつきがあることが確認できた。その中でも、病院搬送時間は地域間のばらつきも大きく、医師による速やかな医療行為が行われるためには、病院搬送時間の短縮が求められることから、本研究では病院搬送時間に着目し分析を行う。

### (2) 病院搬送時間に関する分析

地域間で病院搬送時間にばらつきが生じていることから、病院搬送時間に対する搬送人数との関係を分析した。地域別の病院搬送時間の分布の一例を図-2に示す。消防本部Aはばらつきが小さい一方で、消防本部Bはばらつ

きが大きく2つの山が存在している。このように分布形に違いが生じるのは、現場と病院の位置関係の影響が考えられる。消防本部Aは市内に初期救急医療から第三次救急医療まで医療施設が充実しており、ほとんどが市内で完結できる一方で、消防本部Bは重症度の高い疾患や特別な疾患に対応できる医療施設が存在しないことから、傷病者の疾患や重症度によっては他の地域に搬送している可能性が高い。

本分析より、救急搬送において、管内の医療サービスレベルが病院搬送時間に影響を及ぼすことが明らかになった。したがって、搬送先の病院の診療科目や対応できる疾患は、救急搬送時間に影響を与える重要な要因であると考えられる。

### (3) 年齢層および疾患、重症度の関係

疾患と重症度によって、搬送先の医療機関が選定され、疾患と重症度には年齢が大きく影響してくると考えられる。そこで本研究では、年齢層を15歳未満、15歳以上65歳未満、65歳以上の3つに分類した。救急搬送人員データより、茨城県の救急搬送の疾患割合を集計し、年齢層と疾患割合について分析した。本研究では以下に示す16疾患を対象にする。

- ・脳疾患
- ・心疾患
- ・消化器系
- ・呼吸器系
- ・精神系
- ・感覚系（神経）
- ・感覚系（眼）
- ・感覚系（耳）
- ・泌尿器系
- ・新生物
- ・その他
- ・妊産婦
- ・中毒
- ・診断名不明確
- ・外傷
- ・熱傷

年齢層が高くなるにつれ、脳疾患および心疾患の割合が高くなり、65歳以上になると呼吸器系や新生物の割合も大きくなった。高齢の割合が高いほど様々な疾患に対応できる病院が必要になる一方で、高齢者割合の高い地域では、医療施設が十分でない傾向があり、病院搬送時間の延伸にも影響を与えている。また、図-3に一例として心疾患と産婦人科系の年齢層別重症度割合を示す。心疾患をはじめ脳疾患や消化器系等多くの疾患は年齢層が高くなるにつれ重症度が高くなる傾向があった。一方で、産婦人科系は年齢層が低いほど重症度が高くなり、年齢層によって疾患も重症度も割合が異なることが明らかになった。これらの算出した各疾患及び年齢層と重症度の関係はシミュレーション構築時に用いることとする。

## 5. 地域別救急搬送時間推計シミュレーションの開発

救急搬送人員データは、消防本部毎に個人の搬送が記載されている。しかし、本データは現場と搬送先病院は不明である。そこで本研究では、搬送ODおよび地域別

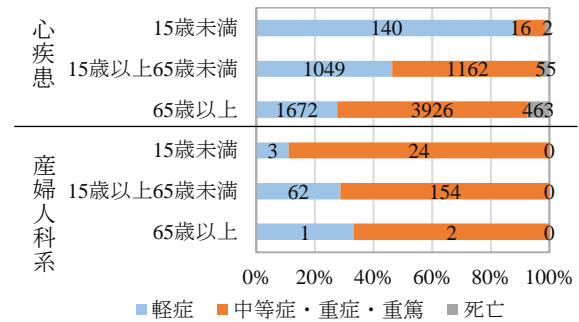


図-3 疾患および年齢層と重症度の関係

表-1 シミュレーションに使用するデータ

対象市町村の年齢層別人口(町・丁・字単位)	令和2年国勢調査 <sup>1)</sup> 15歳未満, 15歳以上65歳未満, 65歳以上
各年齢層における救急搬送の割合	各市町村の年齢層別人口と救急搬送人員データ(2019年)における各消防本部の年齢層別搬送人数より算出
各年齢層における疾患割合	救急搬送人員データ(2019年)における茨城県の年齢層別の疾患割合を算出, 16疾患対象
各疾患及び年齢層における重症度割合	救急搬送人員データ(2019年)における茨城県の年齢層及び疾患別の重症度割合を算出, 軽症及び中等症以上で分類

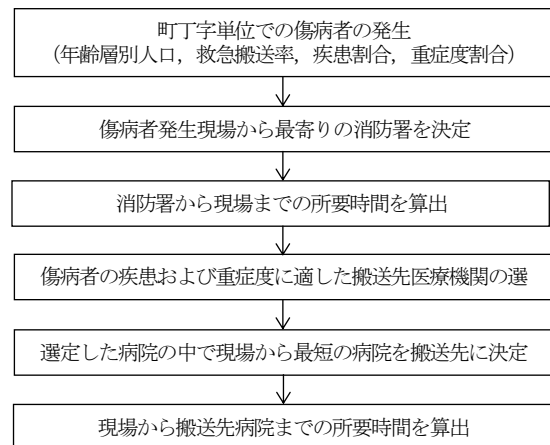


図-4 救急搬送時間推計シミュレーションの概要

で搬送時間分布を推計するシミュレーションを構築し、実データと比較を行う。また、今後の社会環境の変化による影響をシミュレーションを使用して分析する。

各消防本部における町丁字単位で、年齢層および疾患、重症度を反映させた傷病者の救急搬送のシミュレーションを構築した。使用するデータを表-1に、シミュレーションの概要を図-4に示す。傷病者は、各消防本部における町丁字単位とした現場で発生するものとする。また、年齢階層別に各症例の一人当たり発生確率は同一であると仮定した。ここでは、移動距離や所要時間を算出するにあたって、Google Maps Platformを使用し、出発地(現場)は、Google Mapによる各町丁字の中心点とする。各地区における傷病者数(救急搬送人数)を式(1)、(2)より算出した。

$$X_{ijkl} = x_{ij} \times P_{jkl} \quad (1)$$

$X_{ijkl}$  : 地区*i*の年齢層*j*における疾患*k*・重症度*l*の搬送人数 (人)

$x_{ij}$  : 地区*i*の年齢層*j*の人口 (人)

$P_{jkl}$  : 年齢層*j*における疾患*k*・重症度*l*の搬送確率

$$P_{jkl} = \frac{N_{jm}}{n_{jm}} \times p_{jk} \times S_{jk} \quad (2)$$

$N_{jm}$  : 消防本部*m*の年齢層*j*における搬送人数 (人)

$n_{jm}$  : 消防本部*m*の年齢層*j*における人口 (人)

$p_{jk}$  : 年齢層*j*における疾患*k*の発生確率

$S_{jk}$  : 年齢層*j*および疾患*k*における重症度*l*の発生確率

$j = \{15 \text{ 歳未満}, 15 \text{ 歳以上} 65 \text{ 歳未満}, 65 \text{ 歳以上}\}$

$k = \{\text{前述した} 16 \text{ 疾患}\}, l = \{\text{軽症}, \text{中等症以上}\}$

ただし $p_{jk}$ と $S_{jk}$ は、各消防本部で疾患項目の詳細度が異なったため茨城県全体での発生確率を用いている。

搬送先の医療機関の選定においては、軽傷の場合は診療科目が3日以上、中等症以上は診療科目が3日以上かつ各疾患における専門の常勤医師がいる病院を抽出した。現場から病院までの病院搬送時間の結果の一例として、**図-5**に消防本部Aと消防本部Cの実搬送と推定結果を比較したものを示す。分布形および平均搬送時間、管外搬送割合のいずれも実搬送とある程度一致していることが確認できる。しかし、消防本部Cのようにグラフ上で特定の所要時間に対する搬送人数が突出している部分も存在する。これは、町丁字単位の年齢層別人口を用いて傷病者を発生させているため、人口が多い地区では傷病者も多くなってしまっていることが要因として考えられる。また、今回、居住人口を用いて傷病者を発生させているが、実際には居住している人のみでの発生ではなく、外出先での病気の発症や交通事故により患者が発生する。したがって、本シミュレーションは患者の発生および搬送を完全に再現できていないわけではないことに注意する必要がある。

## 6. 社会環境変化が救急搬送時間に与える影響

前章より、構築したシミュレーションが実搬送とある程度一致したことから、本シミュレーションを用いて今後の社会環境の変化が救急搬送に与える影響について、人口減少・少子高齢化、診療科目および病院の減少、空飛ぶクルマの導入効果について分析する。

### (1) 救急搬送における地域別各平均所要時間

国立社会保障・人口問題研究所による「日本の地域別将来推計人口 (令和5年推計)」を用いて、2030年まで5年ごとに分析した。いずれの地域でも65歳以上の割合

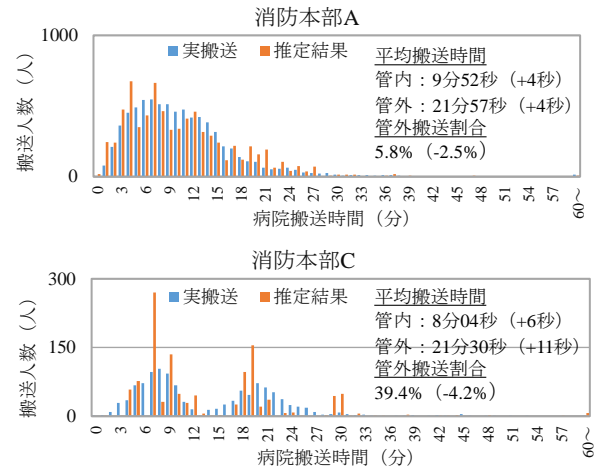


図-5 病院搬送時間における実搬送と推定結果の比較

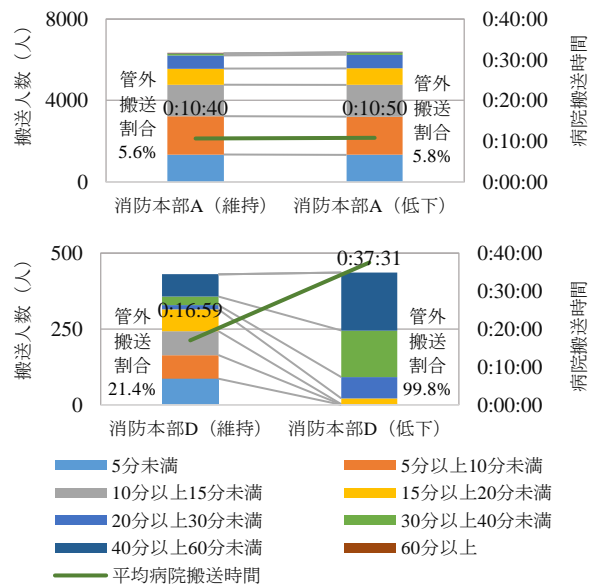


図-6 2040年における病院搬送時間の変化

が増え、平均病院搬送時間は増加傾向を示している。高齢者は救急搬送率が高いだけでなく、搬送時の重症度も高くなっているため、様々な疾患、重症度に対応できる高度な医療施設への搬送が必要となり、搬送に時間を要することが示唆された。

### (2) 診療科目および病院の減少による影響

人口減少・少子高齢化は病院搬送時間に影響を与えることが明らかになった。医療分野では2040年に人口減少・少子高齢化および医療従事者の不足から医療サービスレベルの低下が懸念されている。そこで2040年において、現在と救急医療サービスレベルを維持できている場合と低下した場合について比較分析をした。医師不足がより深刻になると想定されることから、各医療機関において現在、各診療科目の常勤医師が2人以上の場合は2040年もその診療科目は維持できていると仮定した。分析結果の一例として**図-6**に消防

本部Aおよび消防本部Dの病院搬送時間の変化を示す。消防本部Aは管内に第三次救急医療施設があり、2040年も救急医療のサービスレベルを維持できていると予想されることから、診療科目や病院の減少後も管外搬送割合や所要時間別搬送人数、平均病院搬送時間ともに微増となっている。一方で、消防本部Dは管内のほとんどの病院の維持が困難となり、管外搬送の割合、病院搬送時間ともに増大している。以上の結果より、2040年の医師不足に対する医療サービスレベルの低下は高度な医療施設がない地域は影響が大きくなることが明らかになった。

### (3) 空飛ぶクルマの導入効果

いずれの地域でも救急医療サービスを等しく受けられるように医療機関を整備することが望ましいが、今後更なる医師不足により現実的ではない。したがって、高度な救急サービスを受けられる地域までの搬送時間の短縮が必要になる。そこで、本研究では空飛ぶクルマを救急搬送手段として活用した場合の効果について分析する。ここでは、茨城県の北部を一例として分析した結果を示す。また、救急車と同様の搬送方法とし、消防署から現場、現場から病院まで直接搬送するものと仮定する。救急車による搬送時間と空飛ぶクルマによる搬送時間の差を表したものを図-7に示す。現場到着所要時間は、市街地部分では同等であるが、救急車の方が速い傾向があり、山間部では10分以上の短縮効果がみられた。脳疾患の中等症以上における病院搬送時間は、ほとんどの地域で空飛ぶクルマにより10分以上短縮した。次に2040年の医師不足により、病院搬送時間が大幅に増加する消防本部Dの合計搬送時間（消防署～現場+現場～病院）を比較した結果を図-8に示す。消防本部Dでは、消防署が1カ所のみであることや、ほとんどの傷病者が管外への搬送となるため、空飛ぶクルマの搬送により1件あたり13分の短縮効果が得られた。

以上の結果から、町丁字単位での空飛ぶクルマの導入効果が高いエリアを把握することが可能となった。本分析は、空飛ぶクルマの離着陸場を優先的に整備すべき候補地の選定などに活用できる。その際、空飛ぶクルマは日中の運航にのみであることや悪天候時には運航できない可能性があるため、今後の社会環境の変化に対し、現行の救急車と空飛ぶクルマの両方を使い分けて搬送することが望ましい。

## 7. 結論

本研究では、救急搬送人員データを用いて、救急搬送における時間を分解し、現状分析および救急搬送シミュレーションを構築した。また、搬送ODを推定すること

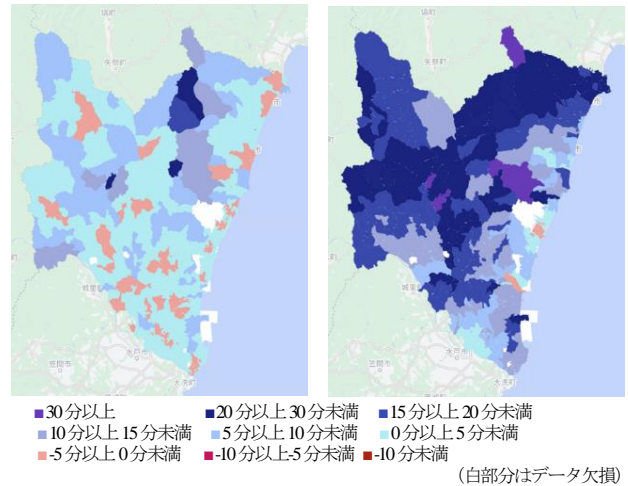


図-7 空飛ぶクルマによる搬送時間短縮効果  
(左：現場到着，右：脳疾患（中等症以上）)

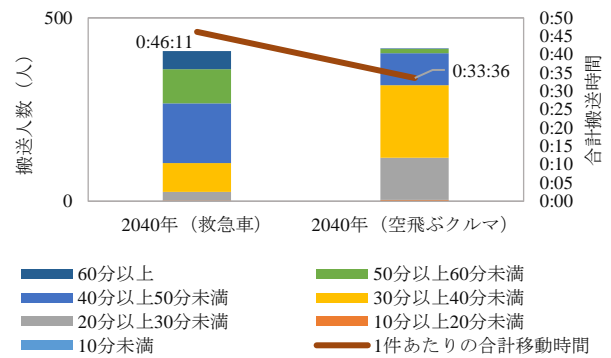


図-8 消防本部Dにおける救急車および空飛ぶクルマによる搬送時間の比較（消防署～現場+現場～病院）

で、地域別の救急搬送時間分布を再現し、救急搬送人員データの活用可能性を示すことができた。構築したシミュレーションを用いて、人口減少・少子高齢化に伴う救急搬送時間への影響を分析し、山間部では長時間搬送となる可能性が高く、救急搬送能力の向上が必要であることが示された。救急搬送能力向上の手段として空飛ぶクルマの導入について検討し、多くの地域で短縮効果が得られた。特に山間部での効果が大きいことから、空飛ぶクルマは優先的に山間部に導入することが望ましい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、総務省消防庁救急企画室より「消防庁救急搬送人員データ」を提供頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

## NOTES

注1) 総務省消防庁：令和元年版 消防白書，5. 救急業務を取り巻く課題，  
<https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r1/chapter2/section5/56014.html>，最終閲覧 2024年2月2日

- 注2) 茨城県：本県の現状と課題及び求められる対応,  
<https://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/kikaku/seisaku/documents/21sumi.pdf>.
- 注3) 国土交通省：空の移動革命に向けたロードマップ,  
<https://www.mlit.go.jp/common/001471147.pdf>.
- 注4) 井上綾子：救急搬送者数と救急搬送時間の増加をもたらす要因とその対策について，応用地域学研究，No.11，p.71-85，2006.
- 注5) 福田正輝・高山純一・中山晶一郎・鈴木敬仁：政令市・中核市を対象とした救急搬送業務に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.40，2009.
- 注6) 志垣智子・宮野道雄：大阪市消防局救急出動記録を用いた日常生活事故の人的被害発生危険度評価に関する基礎的考察－疾病による内因性の搬送事案の経年変化と小学校区単位地域分布－，安全問題研究論文集，Vol. 3，pp.137-142，2008
- 注7) 茨城県：医療計画，医療機関一覧（病院・診療所・助産所），  
<https://www.pref.ibaraki.jp/hokenfuku-shi/iryō/keikaku/byouinichiran/ichiran.html>.

## REFERENCES

- 1) 山岡淳：救急搬送における地域の諸条件と搬送時間の関連性，経済社会学会年報，37 巻，p.94-103，2015. [Yamaoka, A: Analysis of the Regional Difference of Transportation Time by Ambulance, *The Annual of the Society of Economic Sociology*, Vol.37, pp. 94-103, 2015.]
- 2) 高山純一・黒田昌生：救急車の走行時間信頼性からみた救急拠点の最適配置に関する研究，都市計画論文集，Vol.35，p.595-600，2000. [Takayama, J and Kurobe, M: A Study on the Optimal Location of the Fire Station by the Travel Time Reliability of an Ambulance, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol. 35, pp. 595-600, 2000.]
- 3) 金谷泰宏・眞屋朋和・富田奈穂子・市川学・出口弘：社会シミュレーションを用いた保健医療サービスの評価，計測と制御，Vol.52，No.7，p.622-628，2013. [Kanatani, Y, Maya, T, Tomita, N, Ichikawa, M and Duguchi, H: Health Care Evaluation Using Social Simulation, *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*, Vol. 52, Issue 7, pp. 622-628, 2013.]

(Received ?)

(Accepted ?)

## RESEARCH ON THE METHODOLOGY FOR ANALYZING MEDICAL TRANSPORT TIME DISTRIBUTION USING MEDICAL TRANSPORT DATA

Mao SUZUKI and Terumitsu HIRATA