

準緊急患者の民間緊急への委託による駆けつけ時間短縮効果の検証

福田章太[†] 佐伯幸郎^{††} 陳思楠[†] 中村匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 高知工科大学 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

E-mail: [†]fukuda-s@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ^{††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp, ^{†††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

あらまし 近年、日本において少子高齢社会は大きな問題となっている。救急搬送件数は年々増加し、それに伴い現場駆けつけ時間も上昇している。その搬送の中には緊急性の低い搬送に救急車が使用されている例もあり、それにより真に救急医療が必要な患者への対応が遅れてしまう可能性が示唆されている。民間救急と呼ばれる救急サービスがこういった課題の対応策として利用が検討されているが、広く普及しているとはいえないのが現状である。その一因としては民間救急導入による効果が定量的に示されていない点があげられる。そこで本研究では緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで駆けつけ時間がどの程度短縮するかを定量的に示し、かつ患者目線でその評価をすることを目的とする。神戸市のデータを用いて実験を行い、1日で約9件の搬送が約146秒早く駆けつけるという結果が得られた。よって、民間救急への委託による駆けつけ時間短縮の効果を定量的に示すと同時に民間救急の意義を示すことができた。

キーワード 高齢化社会, 救急サービス, 民間救急, ビッグデータ, データ分析

Verification of the Time-Reduction Effect of Delegating Semi-Emergency Patients to Private Emergency Services

Shota FUKUDA[†], Sachio SAIKI^{††}, Sinan CHEN[†], and Masahide NAKAMURA[†]

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

^{††} Kochi University of Technology 185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: [†]fukuda-s@es4.eeddept.kobe-u.ac.jp, ^{††}saiki.sachio@kochi-tech.ac.jp, ^{†††}chensinan@gold.kobe-u.ac.jp,
^{††††}masa-n@cmds.kobe-u.ac.jp

Abstract In recent years, Japan's declining birthrate and aging society have become major issues. Emergency transport numbers are rising annually, increasing response times. Some ambulances handle non-urgent cases, delaying critical care for those in need. Private ambulance services are being considered to address this, but they are not widely adopted due to a lack of quantitative evidence. This study used Kobe City data to quantify the impact of outsourcing non-urgent cases, finding about nine cases attended to 146 seconds faster daily, demonstrating both the effectiveness and importance of private ambulance services.

Key words Aging Society, Emergency Services, Private Emergency Services, Big data, Data Analysis

1. はじめに

現在、日本では慢性的な少子高齢社会が問題となっている。様々な分野でその影響が出る中、救急医療の現場においてもその影響が出ている。救急搬送数は高齢者の増加に伴い年々増加し、結果として救急車の駆けつけ時間が上昇している。さらに、そういった搬送の中には緊急度の低い搬送が含まれており、こういった搬送に救急のリソースが使われることで真に救急医療

を必要とする人への対応が遅れてしまう可能性が示唆されている。

こういった問題への対策として民間救急がある。民間救急とは民間の救急サービスであり、緊急性の低い搬送への利用を主な目的としている。しかしながら現状幅広く普及しているとは言い難く、その一因として民間救急導入によってどのような効果かが得られるか検証されていないということが考えられる。

我々の研究室と共同研究を行う神戸市消防局は、より効率的

で持続的な都市、スマートシティ [1] を目指す一環として ICT システムによる救急搬送業務における様々なデータを収集、記録している。こうして収集された膨大な救急搬送に関するデータを利活用し、消防の需要予測や救急車両などのリソース運用の最適化といった、様々な方向性で活用することが期待されている [2]。

そうしたデータを用い、先行研究として民間救急導入可能性評価のための緊急度を考慮した救急搬送シミュレーションの研究 [3] を行ったがそれには以下の問題点があった。

P1：緊急の低い搬送の多さが問題になっているがそれに即していない。

P2：1 年分しか使用しておらずデータ量が少ない。

P3：患者目線での救急クオリティを評価できていない。

そこで本研究では緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで駆けつけ時間がどの程度短縮するかを定量的に示し、かつ患者目線でその評価をすることを目的とする。具体的なアプローチを以下に示す。

A1：緊急度の低い搬送の特定。

ここでは緊急度の低い搬送を定義づけし、それらを特定する作業を行う。

A2：シミュレーション入力用のデータを作成。

ここでは救急ビッグデータから必要な情報を抽出し、比較のための 2 つのデータを作成する。この際 10 年分のデータを使用する。

A3：シミュレーション結果の分析、評価。

ここでは、平均駆けつけ時間の比較をはじめ、患者目線での救急クオリティを評価するため実際に駆けつけ時間が変動した搬送を抽出しそれらを比較する。

以上のアプローチのもと実際の神戸市のデータを用いて実験を行った。これにより、緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで、1 日で約 9 件の搬送が約 146 秒早く駆けつけられることがわかった。

これらの結果から、提案手法は民間救急の委託により救急搬送のクオリティが上がるということが定量的に示すことが可能であると明らかとなった。

2. 準備

2.1 背景

近年、日本は少子高齢社会が問題となっている。内閣府による令和 6 年版高齢社会白書 [4] によると、65 歳以上人口は、3,623 万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）も 29.1 % にのぼっている。同資料によるとこれらの傾向はこれからも続くと考えられており、令和 52 年には 38.7 % に達して、国民の 2.6 人に 1 人が 65 歳以上の者となる社会が到来すると推計されている。

高齢社会による影響は様々な分野で表れており、消防署の救急搬送業務にもその影響が見られている。総務省消防庁による救急救助の現状 [5] によると、令和 4 年中の救急出動件数は 723 万 2,118 件となっており、これは前年と比べ 16.7 % の増加となっている。さらに、年齢区分別の搬送人員の構成比を示す

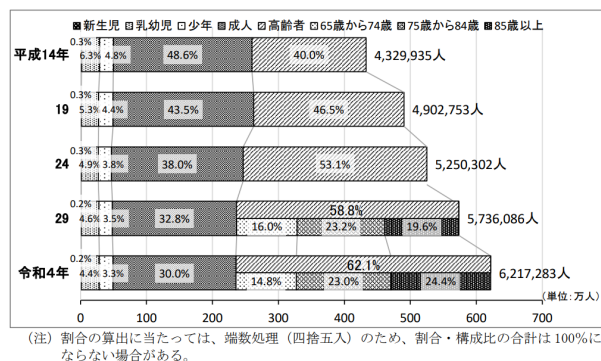


図 1 傷病程度別の搬送人員と 5 年ごとの構成比の推移 [5]

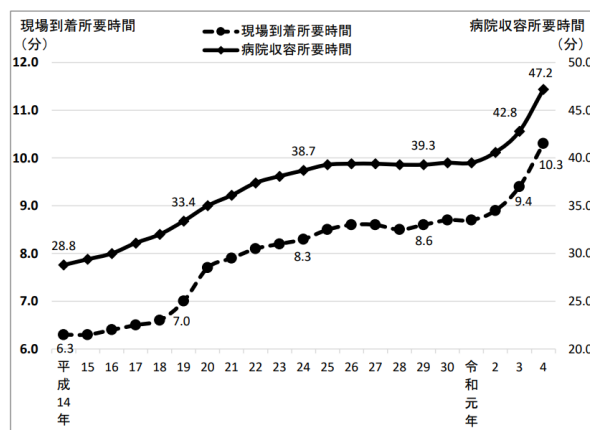


図 2 現場到着所要時間及び病院収容所要時間の推移 [5]

図 1 では高齢者の占める割合は増加している一方で、その他の年齢区分では減少していることがわかる。ここで救急自動車による駆けつけ時間（入電から現場に到着するまでに要した時間）を示す図 2 の令和 4 年の全国平均は約 10.3 分となっており、これは前年と比べて 0.9 分の増加となっている。

つまり、高齢社会の到来により高齢者が増加し、その影響で救急搬送数が増加、結果として駆け付け時間が年々増加していることが読み取れる。神戸市においても同様の傾向がみられており、駆けつけ時間の増加は大きな問題となっている。

2.2 着目する課題

総務省消防庁の令和 5 年版消防白書 [8] によると令和 4 年中の救急車による搬送のうち 47.3 % が入院加療を必要としない軽症（外来診療）傷病者及びその他（医師の診断がないもの等）となっている。さらに、東京消防庁 [9] によると緊急性の低い通報が全体の 2 割を占めていることが示されている。また、救急車の要請が多く、近くの救急車が出場している場合、遠くにいる救急車が出動することになり、駆け付け時間が長くなってしまふとも語られている。このように、緊急を要さない搬送に救急車が使用されると、真に緊急性を要する人のもとへの到着が遅れてしまうことが懸念される。

そんな中一部地域には民間救急というサービスが導入されている。民間救急とは軽傷や軽い病気の人に向けた救急サービスである [10]。この民間救急に緊急を要さない搬送業務を委託す

ることは、先述した問題に対する対応策といえる。しかし、福岡県庁の民間救急に関するアンケート調査 [11] によると、360 人中 168 人が「知らない、聞いたことがない」と、143 人が「聞いたことがあるが、詳細は知らない」と回答している。民間救急の存在はまだ世間に広く浸透しているとは言い難い状況である。

原因としては様々なものが考えられるが、民間救急導入によってどのような効果かが得られるか検証されていないという点が挙げられるだろう。そこで本研究では、どのようにして民間救急導入の効果を検証するか、という課題に着目する。

2.3 救急ビッグデータ

我々の研究室と共同研究を行っている神戸市消防局は、スマートシティを推進する活動の一環として、救急搬送に関するデータを ICT システムにより収集、記録している。この救急搬送に関するデータ（以降、救急ビッグデータ）は現在 2013 年から 2023 年にかけて 10 年分収集されており、その内容は消防署に入電した時刻（覚知時刻）や救急車が現場に到着した時刻（現着時刻）といった時間的なデータ、搬送先病院名や現場住所といった空間的なデータ、その患者の性別や年齢といった属性的なデータと多岐にわたる。救急ビッグデータの一部を表 1 に示す。

表 1 救急ビッグデータの例

	覚知時刻	傷病名	...	年齢	現場住所
1	2023-01-01 14:52:22	腎不全	...	57	兵庫区中道通
2	2023-04-13 00:23:46	肺炎	...	58	中央区相生町
3	2023-08-22 23:31:05	打撲・頭顔部	...	74	垂水区高丸

救急ビッグデータ内では救急車の出動動態を記録している。前述した覚知時刻や現着時刻はその一部であり、それを含めてそれぞれ以下のように定義されている。

- ・ 覚知時刻：消防署に入電した時刻
- ・ 出動時刻：救急車が出動した時刻
- ・ 現着時刻：救急車が現場に到着した時刻
- ・ 現発時刻：救急車が現場を発った時刻
- ・ 病着時刻：救急車が病院に到着した時刻
- ・ 病発時刻：救急車が病院を発った時刻
- ・ 帰署時刻：救急車が消防署に帰った時刻

また、各搬送には患者の緊急度を表すラベルが付けられている。図3は神戸市消防局における緊急度のラベルとその詳細を表している。緊急度は上から最緊急、緊急、準緊急、その他に分類される。

過去、この救急ビッグデータを分析・活用し様々な消防局の構成に基づいて、地域の各町丁目への消防車の駆けつけを計算・可視化するツール FD-CAST の開発 [6]、また消防局構成の事前評価システムの開発 [7] などを行っており、実際の救急事業に活用された事例もある。本研究でもこの救急ビッグデータを活用する。

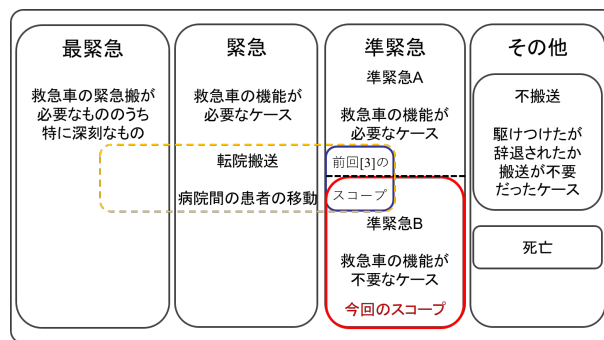


図 3 救急ビッグデータの緊急度

2.4 先行研究

2.4.1 緊急度の低い転院搬送の委託による影響

先行研究として民間救急導入可能性評価のための緊急度を考慮した救急搬送シミュレーションの研究 [3] を行った。この研究では緊急度の低い転院搬送（医療上の理由により現に医療機関にある患者を他の医療機関に搬送すること）を民間救急に委託することで搬送業務についてどれほどの効果がでるのかをシミュレーションした。具体的には、救急ビッグデータより緊急度の低い転院搬送を抜いたデータ、すなわち民間救急に委託したと仮定したデータ D1 と元のデータ D2 を同じ救急搬送シミュレーションアルゴリズム A に入力する。得られた二つの結果より駆けつけ時間を算出し比べることで民間救急の効果を定量的に評価した。実際に、神戸市の救急ビッグデータ 1 年分を用いて実験を行った。

先行研究では以下の結果を得た。まず、1 年で約 2 万 8000 分の駆けつけ時間の合計値短縮により救急サービスの品質向上に繋がること。次に、1 日約 5 件程度の搬送が無くなり、約 5 件程度駆けつけ時間に良い影響を与えるという結果が得られた。

2.4.2 先行研究の課題

先行研究には 3 つの課題があると考えられる。

P1：緊急の低い搬送の多さが問題になっているがそれに即していない。

先行研究では緊急度の低い転院搬送に限定していたが章 2.2 で示した通り、実際には緊急の低い搬送の多さも問題になっている。これでは現実の問題に即せていない。よってスコープする箇所を変更する必要がある。図3に前回、今回とスコープをあてた箇所を示す。

P2：1 年分しか使用しておらずデータ量が少ない。

先行研究では救急ビッグデータを 1 年分に限定して使用している。これはシミュレーションアルゴリズムが試用的な段階であり、細かなサイクルを回すためデータ量を削減していたことが主な原因である。10 年分のデータをフルに活用することによってさらなる発見を期待できる。

P3：患者目線での救急クオリティを評価できていない。

先行研究では駆けつけ時間の合計値による比較を行った。この評価指標は救急搬送員の負担を評価する意味合いが強く、患者目線での救急クオリティを評価できていない。救急サービス

表 2 D1, D2 の定義

	項目	詳細
1	現場住所	覚知後、救急車の出動先
2	搬送先病院	現場で処置を完了後搬送した病院
3	救急車の出動動態	覚知時刻、出動時刻といった一連の出動動態

の利用は患者であるため、患者目線での救急クオリティを評価する必要がある。

3. 提案手法

本研究では緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで駆けつけ時間がどの程度短縮するかを定量的に示し、患者目線でその評価をすることを目的とする。そのための具体的なアプローチを以下に示す。また、アプローチのイメージを4に示す。

- ・ A1：緊急度の低い搬送の特定
- ・ A2：シミュレーション入力用のデータを作成
- ・ A3：シミュレーション結果の分析、評価

3.1 A1：緊急度の低い搬送の特定

まず、ここでは緊急度の低い搬送を特定する。これは、緊急度の低い搬送を取り除いたデータと、元のデータを比較するために必要だからである。

ここで緊急度の低い搬送の定義は応急処置または病院での治療が必要であるが、自家用車等による搬送でも支障がないと思われたものとする。

3.2 A2：シミュレーション入力用のデータを作成

章2.4の先行研究で示したシミュレーションアルゴリズムに inputsするデータを作成する。用意するデータは先述の通り、救急ビッグデータより得られる搬送のデータ D1。そして D1 より3.1で特定した搬送を取り除いたデータ D2 の二つとなる。

ここで D1, D2 それぞれのデータの定義は表 2に示す。救急車の出動動態は章2.3で示した通りである。

3.3 A3：シミュレーション結果の分析、評価

章3.2で作成したデータを章2.4で使したシミュレーションアルゴリズムに inputsする。得られたシミュレーション結果を年別平均値、民間救急の影響で変動した搬送の駆けつけ時間分布の可視化等で分析を行う。また、患者目線での救急クオリティを評価するため、実際に何件変化が起きたか、その変動値はい

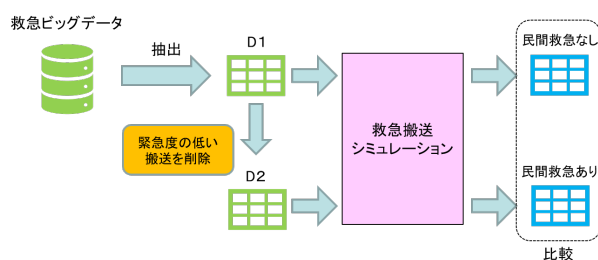


図 4 提案手法アプローチ

くつか等の評価を行う。

4. 評価実験

4.1 使用したデータおよび技術

3.で提案した手法に基づいて実際に神戸市の救急ビッグデータ 10 年分（2013～2023 年）を用いて実験を行った。

また、一連の解析、分析作業においてはプログラミング言語として Python、そのモジュールとして pandas, numpy, seaborn, matplotlib を用いた。

4.2 実験結果

4.2.1 A1 結果

章2.4で示した通り神戸市消防局の救急ビッグデータには、各搬送に緊急度のラベル付けがされている。章3.1で示した緊急性の低い搬送の定義である「応急処置または病院での治療が必要であるが、自家用車等による搬送でも支障がないと思われたもの」を満たすラベルは「準緊急 B」である。実際に準緊急 B で抽出したデータを図5に示す。

準緊急 B の搬送数は 10 年で 87,865 件であり、これは全体の 9.62 %にあたることがわかった。

	scenePlace	category	perceptionDate
20	西区学園西町5丁目	準緊急B	2013-01-01 03:38:54
21	中央区中山手通2丁目	準緊急B	2013-01-01 03:54:40
22	北区幸陽町1丁目	準緊急B	2013-01-01 04:02:44
24	長田区二葉町8丁目	準緊急B	2013-01-01 04:07:37
27	垂水区小東山1丁目	準緊急B	2013-01-01 04:46:24
...	...	...	...
912882	北区北五葉4丁目	準緊急B	2023-12-31 18:33:33
912889	東灘区御影石町4丁目	準緊急B	2023-12-31 19:00:28
912909	東灘区住吉宮町4丁目	準緊急B	2023-12-31 20:43:31
912941	東灘区本山北町4丁目	準緊急B	2023-12-31 22:52:14
912947	中央区元町通3丁目	準緊急B	2023-12-31 23:25:54

87865 rows × 3 columns

図 5 準緊急 B 搬送の抽出結果（神戸市）

4.2.2 A2 結果

章3.2で示した通り救急ビッグデータから抽出を行い D1 を、それより3.1で特定した搬送を取り除いた D2 を用意した。それぞれのデータの搬送件数を3表に示す。

表 3 D1, D2 の搬送件数（神戸市）

	民間救急への委託	搬送件数
D1	なし	912,952 件
D2	あり	825,087 件

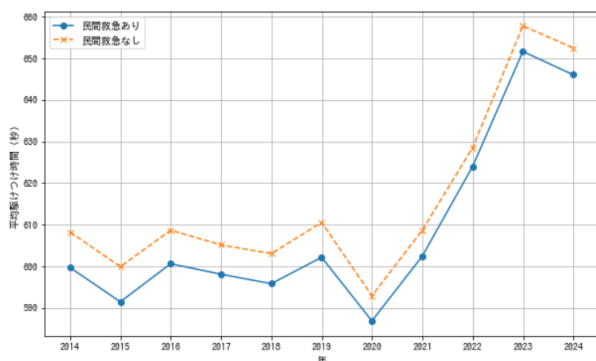


図6 年別駆けつけ時間平均値比較

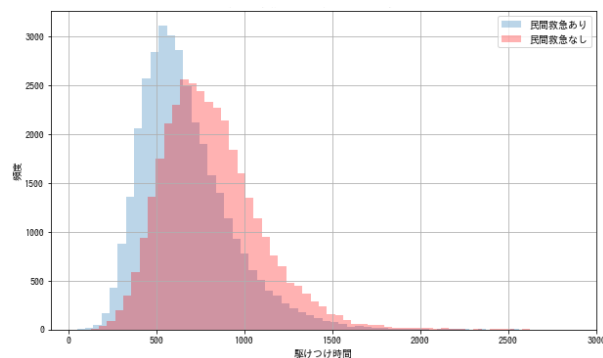


図7 変動した搬送の駆けつけ時間分布

4.2.3 A3 結果

まず、全搬送の駆けつけ時間平均値を年別で比較したものを図6に示す。横軸が年であり、縦軸が駆けつけ時間の平均値である。これを見ると細かな違いはあるが、民間救急の影響で駆けつけ時間が概ね57秒程度で減少していることが分かる。変化が小さいように思えるが、先述した通り準緊急B搬送は87,865件であり全体搬送数912,952件に対して9.62%にあたるため、平均的に変化を見た際小さい変化になってしまったと思われる。

ここで変動した搬送が何件であったのかについての分析を行った。表4に分析した結果を示す。変動した搬送件数は10年間で34,922件であったことが分かった。これは全体に対して4.23%にあたる。

今回、者目線での救急クオリティを評価する上で重要なのはこの4.23%の搬送がどのように変動したかを分析することである。よって、民間救急への委託によって駆けつけ時間が変動した搬送に限定して分析を行った。図7は変動した搬送の駆けつけ時間分布を表したものである。横軸は駆けつけ時間であり、縦軸はその頻度を示し、民間救急への委託の有無により色分けを行っている。これを見ると、民間救急に委託しない場合に比べて委託した場合の方が明らかに分布のピークが左に移動、すなわち駆けつけ時間が短くなっていることが分かる。ピークの移動は約140秒であり、実際二つのデータの平均値の差を求めると146秒であった。

先述した通り、駆けつけ時間が変動した搬送は10年間で件数34,922件であった。つまり、平均すると1日で約9件の変化が起こっていることになる。また、その駆けつけ時間変動の平均値は146秒であった。これらの情報をまとめ、緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで、1日で約9件の搬送が約146秒早く駆けつけることができることがわかった。

表4 変動搬送件数割合（神戸市）

全体搬送件数	912,952 件
変動搬送件数	34,922 件
変動搬送割合	4.23 %

5. 考 察

5.1 民間救急への委託による駆けつけ時間短縮の効果

章4より、緊急度の低い搬送を民間救急に委託することで、1日で約9件の搬送が約146秒早く駆けつけることができることがわかった。これはすなわち、1日で9人の患者に対する救急クオリティが上がることを示している。一刻を争う救急搬送の中で約146秒の短縮は大きなメリットであると考えられる。

よって、民間救急への委託による駆けつけ時間短縮の効果を定量的に示すと同時に民間救急の意義を示せたと思われる。これらの結果は民間救急の効果を世に示し、さらなる普及に繋がることが期待される。

5.2 提案手法の限界

本研究の提案手法ではいくつかの限界が存在する。まず、シミュレーション上での結果であるため現実問題に即せていない面が存在することである。例えば、今回使用したシミュレーションアルゴリズムは臨時救急隊（臨時的に通常とは異なった編成となる救急隊）などに対応できるアルゴリズムではない。こういった差異が結果に対して影響を及ぼしている可能性があると考えられる。次に、過去のデータを使ってシミュレーションをしているため、これからの社会においてどのような効果があるか判断ができないという点。これからの実社会に対する影響を考察するには、未来の救急搬送データを予測して、効果を検証していく必要があると考えられる。

6. ま と め

本研究では少子高齢社会の中で増加する駆けつけ時間という問題に着目し、その解決策として存在する民間救急の意義や効果を定量的に評価する手法の提案を行った。さらに、この手法を神戸市の実際のデータを使用し実験を行い、民間救急への委託による駆けつけ時間短縮の効果を定量的に示し、また民間救急の意義を示すことができた。一方、シミュレーションアルゴリズムの改良やこれからの社会における効果の検証といった課題も見つかった。この手法を改良し用いることで民間救急の効果が示され、民間救急がさらに広く普及される社会へ繋がることが望まれる。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP20H05706, JP22H03699, JP22K19653, JP23H03401, JP23H03694, JP23K17006, および、立石科学技術振興財団の研究助成を受けて行われている。本研究は神戸市消防局との共同研究の一環で行われている。

文 献

- [1] M. Deakin and H. Al Waer, “From intelligent to smartcities,” *Intelligent Buildings International*, vol.3, no.3, pp.140–152, 2011.
- [2] “救急活動における ICT 技術導入 総務省消防庁,” https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-57/01/shiryou2.pdf, accessed January 15, 2024.
- [3] 福田章太, 佐伯幸郎, 陳思楠, 中村匡秀, “民間救急導入可能性評価のための緊急度を考慮した救急搬送シミュレーションの研究,” *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.124, no.160, SC2024-18, pp.19-24, August 2024.
- [4] “令和 6 年版高齢社会白書 内閣府,” https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf, accessed January 15, 2025.
- [5] “令和 5 年版救急・救助の現況 消防庁,” https://www.fdma.go.jp/publication/rescue/items/kkkg_r05_01_kyukyu.pdf, accessed January 15, 2025.
- [6] 矢吹直也, 佐伯幸郎, 中村匡秀, “消防局の構成を分析・シミュレーションするツールの研究開発,” *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.119, no.477, LOIS2019-83, pp.157-162, March 2020.
- [7] 矢吹直也, 佐伯幸郎, 中村匡秀, “最適化問題に基づく消防局構成計画と事前評価システムの開発,” *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.120, no.324, pp.87-92, January 2021.
- [8] “令和 5 年版消防白書 消防庁” https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r5/items/part2_section5.pdf, accessed January 15, 2025.
- [9] “その通報、本当に 119 番ですか？ 東京消防庁” <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/inf/real119.html>, accessed January 15, 2025.
- [10] Koichi Tanigawa, Keiichi Tanaka “Emergency medical service systems in Japan: Past, present, and future,” *Resuscitation*, Vol.69, Issue.3, Pages 365-370, 2006.
- [11] “民間救急（患者等搬送事業者）の利用について 福岡県庁,” <https://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/attachment/157321.pdf>, accessed July 25, 2024.