

救急出動記録の時空間情報への変換による救急車の動態可視化

矢吹 直也[†] 香川 拓大[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀^{†,††} 内藤真貴子^{†††}

[†] 神戸大学 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 理化学研究所・革新知能統合研究センター 〒 103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1

^{†††} 神戸市消防局 〒 650-0001 神戸市中央区加納町 6 丁目 5- 1

E-mail: [†]{yabuki,kagawa}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 神戸市消防局では、最新の ICT システムによって日々の出動の記録がデジタルデータとして蓄積されており、これらのデータを活用した救急・消防リソースの効率的な運用が重要な課題となっている。本研究では、出動記録データをもとに、各救急車がいつ、どこで、どのような動態にあったかを地図上に可視化するシステムの開発を行う。提案システムでは、出動記録に含まれる、各イベントの発生時刻、消防署の位置、現場の位置、病院の位置等の情報をもとに、任意の分単位の時刻における各救急隊の動態とおおよその位置を計算し、救急隊の動態を表す時空間情報を生成する。この時空間情報を時系列で地図上に可視化することで、どの救急車がいつどこにどんな動態にあったかをアニメーションで振り返ることが可能になる。提案システムを、Google Maps API, MySQL, PHP からなる WebAPI と、JavaScript, HTML5 からなるクライアントで構成される Web アプリとして実装した。実装したシステムを用いて、2013 年 1 月から 2018 年 10 月までの出動データを可視化できた。

キーワード 救急車, 時空間情報, 可視化, Web アプリ

Visualizing Movement and Status of Ambulances by transforming Dispatch Log into Spatial Temporal Information

Naoya YABUKI[†], Takuhiro KAGAWA[†], Sachio SAIKI[†], Masahide NAKAMURA^{†,††}, and Makiko NAITOU^{†††}

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

^{††} Riken AIP, 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027

^{†††} Kobe Fire Department, Kano 6-5-1, Chuo, Kobe, Hyogo, 650-0001 Japan

E-mail: [†]{yabuki,kagawa}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract The Kobe Fire Department records every dispatch of an ambulance or a fire engine as digital data using the latest ICT system. The department considers it important to optimize limited resources by making full use of the dispatch log. In this paper, we develop a system that visualizes the dispatch log on a map, showing where, when and how every ambulance was within the city. For each record in the dispatch log, the proposed system checks the time of each event, the locations of fire station, destination and hospital. The system then transforms the record into continuous spatial-temporal data, where the status and the approximate location of each ambulance are determined every minute. By visualizing the spatial-temporal data one by one on the map, a user can review in animation where, when and how the ambulances moved in the city. We have implemented the system with a Web application, where Web API integrates Google Maps API, MySQL and PHP on the server, and UI with JavaScript and HTML5 on the client. Using the proposed system, we have successfully visualized an actual dispatch log since January 2013 to October 2018.

Key words ambulance, spatial temporal information, visualize, Web application

1. はじめに

自治体に所属する救急隊は、24 時間 365 日、市民の救急要請に応じて、現場に駆け付け、病院に搬送する業務を行っている。我が国の超高齢化に伴って、救急隊の出動要請は年々増加している。一方で、自治体の財政を考えると、救急隊の大幅な拡充は見込めない。よって、増え続ける要請に対して、限られた救急隊のリソースをいかに効率よく割り当てるかが重要な命題である。そのためには、日々の救急要請や出動の記録を分析し、時間によって変化する需要や出動の実態を、きちんと把握する必要がある。[1]

これらの背景を受け、最近の消防局では最新の ICT システムを用い、消防や救急の様々なデータを記録・管理する取り組みが始まっている [2]。例えば、神戸市消防局では消防救急情報システムが導入されており、司令部および救急隊が実施する各種のイベントがリアルタイムに記録されている [3] [4]。具体的には、各出動に対して、119 番通報があった時刻 (覚知時刻) や、救急車が出動した時刻 (出場時刻)、現場の住所や、搬送先病院、患者の疾病の詳細等が記録されている。これらのデータに基づく、各救急車がいつ、どこで、どのような状態 (これを動態と呼ぶ) にあったかを詳細に振り返ることができる。

蓄積されていく膨大なデータを、消防局職員自らが分析するには相当のデータ分析スキルが必要である。したがって、救急車の過去の動態を詳細に理解、分析するためには多大な学習コストと時間が必要となり、現状の業務の合間に、こうした分析を行うことは非常に困難である。そのため、技術を持たない消防局職員でも簡単に振り返ることができるシステムが必要となる。

そこで、本研究では、データ分析の専門知識を持たない消防局職員でも、手軽に過去の救急車動態を把握できるようにすることを目的とする。この目的の実現のために、Ambulance Dispatch Reviewer(ADR)を開発する。ADR は、蓄積されたデータをもとに、過去の任意の時刻での救急車のおおよその位置と動態を算出し、地図上に分かりやすく可視化するシステムである。ADR の実装を行うために、以下の 2 つの技術的課題に取り組む。

- **P1:**任意の時刻における救急車の位置と動態の計算
- **P2:**救急車の時間、空間両方を考慮し、様々な条件で可視化する手法の開発

これらの課題を解決するために、以下の 2 つのアプローチを図る。

- **A1:**救急出動記録の時空間情報への変換

情報システムが記録した各種イベントの発生時刻の間を内挿し、毎分の救急車の動態を表す時系列データを生成する。また、救急車が所属する消防署、駆け付け現場の住所、病院の住所等の緯度経度情報を統合し、毎分の救急車のおおよその位置を表す時系列データを生成する。これにより、離散的な出動記録データが連続的な時空間情報へ変換される。

- **A2:**時空間情報の可視化

API で取得した時空間情報を地図上に可視化する。変換した時空間データを指定された時刻で取り出し、地図上に可視化する。救急車のおおよその位置を緯度経度に基づいて配置し、その時刻での動態に合わせて色付けされたアイコンで表示する。また、駆け付けの現場や病院も表示し、出動の状況を振り返る助けとする。

本稿では、これらの 2 つのアプローチに基づき、ADR を実装した。また、共同研究先である神戸市消防局の 5 年間、約 38 万件の出動データをシステムに入力し、実際の出動動態を可視化した。開発した ADR は、現在消防局職員に利用してもらい、高度なデータ分析の知識を必要とせず過去の動態を容易に振り返ることができることを確認している。

2. 準備

2.1 救急出動の現状

図 1 に、神戸市消防局の過去数年間の救急出動件数と搬送者数の推移を示す。神戸市消防局の発表によると、平成 29 年の救急出動件数は 83081 件で、前年に比べて 2222 件 (2.7%) 増加し、搬送者数についても 70217 人で 1620 人 (2.4%) 増加している [5]。また、図 2 に全国での現場到着所要時間及び病院収容所要時間の推移を示す。総務省の発表によると、平成 28 年の現場到着所要時間は全国平均で 8.5 分で、平成 8 年と比べて 2.5 分増加している [6]。

搬送者の内訳を年齢別でみたものが図 3 である。高齢者の割合は 60%にもおよび、搬送者数の増加に大きく影響している。

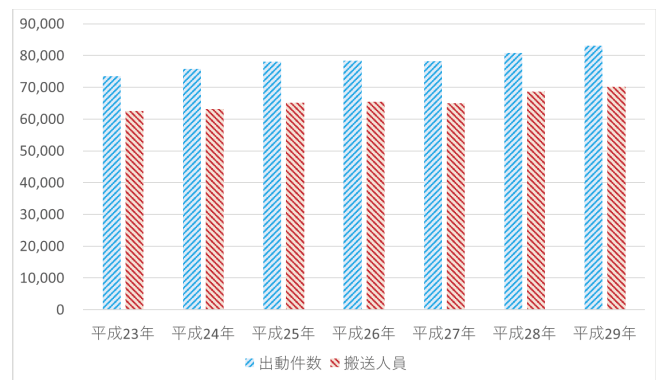


図 1 救急出動件数と搬送人員の推移

2.2 救急出動記録

各救急出動について、日時、場所等を記録したもののことを指す。

今回の研究で使用するデータは、神戸市消防局が記録しているデータの中から、研究に必要な項目を抜き出したものであり、本来のデータには傷病者についての情報や、現場についてのより詳しい情報などが含まれている。なお、傷病者が軽傷であった場合等、病院への搬送を行わない (これを不搬送という) こともある。この場合は、上記のうち現発時刻から医師引渡時刻までが存在せず、現場を出発した時刻が病発時刻となる。

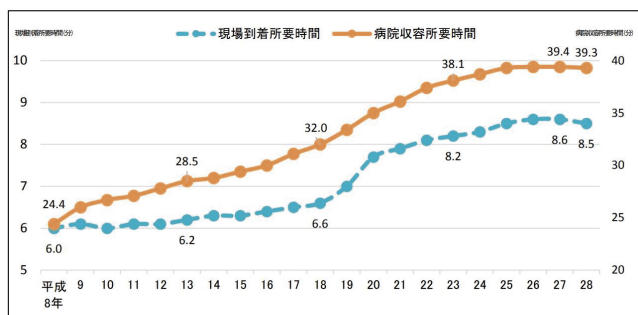


図 2 平均駆けつけ時間、および平均搬送時間

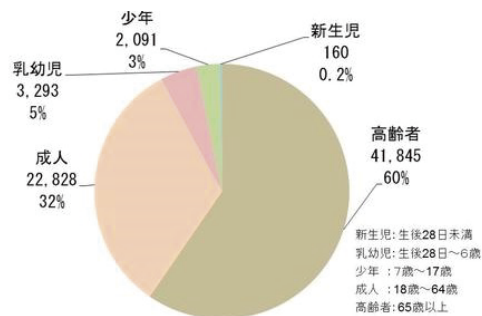


図 3 救急搬送された人々の年齢

2.3 救急車の動態

各救急車が、現在どのような状態にあるのかを表すものである。表 1 に、動態の種類を示す。実際の現場では、これらの動態は出動できるかどうかの判断等に使用されている。これらの動態が切り替わるのは、各地点へ到着、もしくは出発した瞬間である。

表 1 救急車の動態

動態	内容
帰署	消防署に待機している状態
出動	通報を受け、現場へと向かう途中の状態
現着	現場に到着し、処置を行っている状態
現発	現場を出発し、病院へと搬送している状態
病着	病院へ到着し、傷病者を引き渡している状態
引揚	引き渡しを終え、消防署へ戻る途中の状態

2.4 消防局の要望

現在、神戸市消防局では大まかに分けると以下のような要望がある。

- (1) 過去の出動の様子をわかりやすく見たい
- (2) 異常な出動があった場合、その原因を把握したい
- (3) 最適な出動戦略を考えたい

この研究では、特に 1 に焦点を当てている。1 をより詳しく分けると、以下ようになる。

- (1) 地図上で、ある時刻の救急隊の出動状況を見る
- (2) その時刻の駆けつけ時間や出動隊数など、異常値の発見につながるデータを見る

- (3) 地域ごとに分けた出動状況を見ることで、需要と供給が釣り合っているか見る

今回は、これらの要望を解決する。

3. 提案手法

本研究では、救急出動記録を時空間情報へと変換し、それを地図上に可視化するシステムを提案する。本章では研究の目的と提案手法について述べる。

3.1 研究の目的と全体アーキテクチャ

本研究の目的は、データ分析の専門知識を持たない消防局職員でも、手軽に過去の救急車動態を把握できるようにすることである。これを達成するために、蓄積された膨大な出動記録データをもとに、各救急車がいつ、どこで、どのような動態にあったかを地図上に可視化するシステムの開発を行う。

図 4 に提案システムのシステムアーキテクチャ図を示す。まず 1 で、救急出動記録の各種イベントの発生時刻の記録から、毎分の位置と状態を計算し、連続したデータを作成する。

次に 2 では、1 で作成したデータを様々な条件で検索するためのインターフェース群を開発する。これにより、救急車の位置情報や状態のデータを、日時や出動番号を条件に検索することが可能になる。

最後に 3 では、2 で作成したインターフェースを用いて取得した時空間情報を地図上に可視化する。救急車や現場、病院の位置をアイコンで示し、時間を進めることでアニメーション化できる。

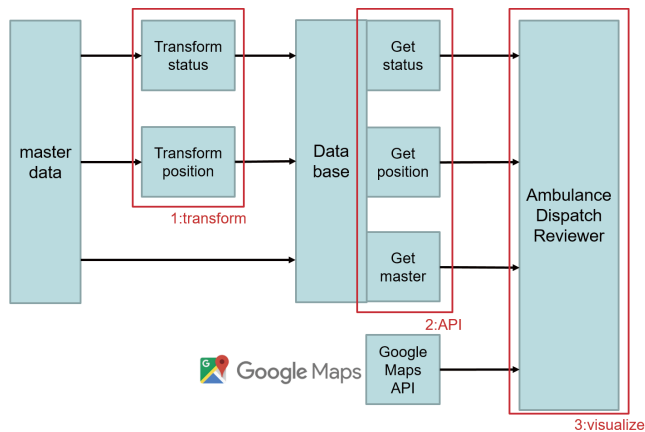


図 4 システムアーキテクチャ

3.2 救急出動記録の時空間情報への変換

消防局が記録しているデータは、各出動案件についての覚知時刻や出場時刻といった、イベントの発生したタイミングのみの情報である。これをアニメーション化するためには、その間の時間にどこにいたのか、何をしていたのかという情報が必要である。本節ではどのようにして連続したデータへと変換するかについて決定する。

3.2.1 動態の計算

まず、各動態が変化するのは、表 2 のとおりである。

ここで問題となるのは、不搬送の場合である。不搬送の場合、

表 2 動態変化の瞬間

動態の変化	タイミング
帰署→出動	出場時刻
出動→現着	現着時刻
現着→搬送	現発時刻
搬送→病着	病着時刻
病着→引揚	病発時刻
引揚→帰署	帰署時刻

現発時刻と病着時刻は存在しない．そこで今回、不搬送の場合は現場＝病院とみなし、現発時刻と病着時刻は病発時刻と同じとし、病院座標も現場座標と同じとした．

この動態の変化のタイミングの間は、変化前の動態が続いているはずである．よって、帰署→出動の前は帰署、出動→現着の前は出動というようにする．

3.2.2 位置の計算

座標については、実際に通った道についての情報が記録されていないという問題がある．そこで、救急車は消防署から現場、現場から病院、病院から消防署を直線状に、一定速度で移動したと仮定する．具体的には、消防署、現場の座標をそれぞれ P_f , P_s , 現着時刻, 出場時刻, 現在時刻をそれぞれ T_a , T_d , T_c とすると、消防署から現場へ移動中の座標であれば以下の計算式となる．

$$(P_f) + \frac{(P_s) - (P_f)}{(T_a) - (T_d)} * \{(T_c) - (T_d)\}$$

これらを 1 分間隔で計算を行い、5 年分の各時刻の位置情報と動態が記録されたデータを作成する．

3.3 時空間情報に問い合わせる API の開発

3.2 で作成したデータに、外部からアクセスするために、データを様々な条件、例えば時刻等で検索できる API を配備する．これらの API を web サービスとしてデプロイし、HTTP を介してデータの受信を行う．これらの API を用いることで、ある時刻の救急車全ての位置情報と動態のデータを取得することができる．以下に作成する API の詳細を示す．

- getMasterByNumbers(numbers)
出動番号を複数指定することで、その出動番号の救急出動記録を取得する．
- getMasterByDateTime(datetime)
日時を指定することで、その日時に出動中のデータ全てを取得する．
- getStatus(datetime)
日時を指定することで、その日時の全救急隊の動態を取得する．
- getPosition(datetime)
日時を指定することで、その日時の全救急隊の位置を取得する．

getStatus と getPosition は、3.2 で作成したデータを取得す

るために必要となり、getMasterByNumbers と getMasterBy-Datetime は可視化の際に情報を追加するために必要となる．

3.4 時空間情報の可視化

最後に、3.3 で作成した API を利用して取得したデータを可視化する．今回は、座標と時間を同時に可視化する方法として、地図上への表示を行う．まず、ユーザーが日時を指定すると、その時刻のデータを取得する．次に、取得した動態からアイコンの色を決定し、取得した座標にそのアイコンを表示する．図 5 に、使用するアイコンを示す．消防局での実際の基準に基づき、灰色のアイコンが帰署、黄緑色のアイコンが引揚、赤色のアイコンがその他の動態（出動中の状態）を表す．また、駆けつけ現場を電話のアイコン、搬送先を病院のアイコンで表す．一定時間ごとにその 1 分後のデータを取得し、アイコンを更新することで、救急車の出動の様子をアニメーション化することが可能となる．

また、2.4 で述べた要望に応じて、統計情報も計算し表示する．表 3 に統計情報に含まれる内容を示す．ここで、駆けつけ時間とは覚知時刻から現着時刻までの間、搬送時間とは現発時刻から病着時刻までの間、出動時間とは出場時刻から帰署時刻までの間とする．また、駆けつけ時間が一定を超える部隊を表示する理由は、一定を超える場合は通常時に比べて著しい遅延が発生していると考えられているからであり、神戸市の場合この基準を約 13 分としている．

さらに、地域ごとの出動部隊数と、出動中の部隊の駆けつけ時間の平均も計算し、表示する．これにより、どの地域での出動が多いのか、駆けつけに必要な時間が長いのはどの地域か、確認することができる．以下に、表示までの手順を示す．

- (1) 日時を指定する
- (2) 指定した日時の位置データを取得する
- (3) 指定した日時の動態データを取得する
- (4) 3 で取得した動態データのうち、帰署以外のものの出動番号を取り出してリストにする
- (5) 4 で作成したリストの出動番号の救急出動記録を取得する
- (6) 5 で取得したデータから現場の情報と病院の情報を取り出す
- (7) 救急車のマーカーを作成し、動態に応じて色分けする
- (8) 現場と病院のマーカーを作成し、表示する
- (9) 統計情報を計算し、表示する

4. 実 装

本研究では 3. 章で述べた提案手法に基づき実装を行った．具体的には、救急出動記録を 1 分毎の救急車の位置情報と動態情報へと変換した．さらに、これらのデータを取得するための API を配備し、取得したデータを用いて地図上への可視化を



図 5 救急車のアイコン

表 3 統計情報

項目	内容
出動台数	出動中の部隊の数
平均駆けつけ時間	出動中の部隊の駆けつけ時間の平均
最大駆けつけ時間	出動中の部隊の駆けつけ時間の最大
平均搬送時間	出動中の部隊の搬送時間の平均
最大搬送時間	出動中の部隊の搬送時間の最大
平均出動時間	出動中の部隊の出動時間の平均
最大出動時間	出動中の部隊の出動時間の最大
駆けつけが一定を超える台数	

行った。以下の小節では実装の詳細について述べる。

4.1 実装方法

まず、3.2 で述べた方法で、救急出動記録を時空間情報へと変換する言語は python を使用した。

次に作成したデータをデータベースに保存した。このデータベースは MySQL を利用した。

さらに、データベースに保存したデータを取得するために、3.3 で述べた API を配備した。これらの API は php で実装を行った。

最後に、取得したデータを地図上へ可視化するアプリケーションの開発を行った。表示する地図は Google Maps API を利用した。また、表示システムは HTML5 と Javascript で実装し、Apache をサーバーとして公開している。

4.2 神戸市消防局のデータの可視化

神戸市消防局での 2013 年から 2018 年のデータおよそ 46 万件を用いて、可視化を行った。図 6 に全体の画面を示す。以下では、この画面の詳細について述べる。

4.2.1 項目選択

図 6 のうち、表示する項目を選択する部分を拡大したものを図 7 に示す。まず、どの救急隊を表示したいかチェックボックスで指定する。次に、表示したい日時を入力し、Go ボタンを押すことでその瞬間の状況を表示、Play ボタンを押すことで再生することができる。また、再生中に Pause ボタンを押すことで停止したり、Rewind ボタンを押すことで巻き戻すことも可能となっている。さらに、更新間隔、進める時間のバーを調節することで、アニメーションの速度を変更することもできる。

4.2.2 地図表示

図 6 のうち、出動の様子を表す部分を拡大したものを図 8 に示す。各救急隊のアイコンをクリックすることで、救急隊名、出動番号、動態を確認することができる。また、病院や駆けつけ現場のアイコンをクリックすることで、病院名とどの救急隊が向かっているかを確認することができる。さらに、i アイコンをクリックすることで、地域ごとの統計情報を表示することができる。このグラフについては後述する。

4.2.3 統計情報

図 6 のうち、統計情報を表示する部分を拡大したものを図 9 に示す。ここで表示される統計情報は、3.4 で述べた項目となっている。

さらに、前述した地域別の統計情報の表示を拡大したものを図 10 に示す。左のグラフが出動隊数、右のグラフが駆けつけ時間を表している。最大値はそれぞれ総部隊数とその地域の全出動データにおける平均駆けつけ時間の 2 倍になっており、この 50%を超えると黄色、75%を超えると赤色となる。

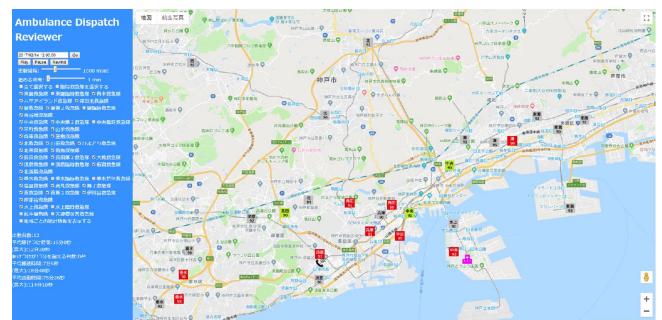


図 6 Ambulance Dispatch Reviewer(ADR)



図 7 選択メニュー

4.3 開発環境

本研究の開発環境は以下のとおりである。

- 開発言語: python, Javascript
- データベース: MySQL 5.7.23
- Web サーバー: Apache 2.4.34
- API: PHP 7.0.27
- 可視化システム: HTML5, Google Maps API



図 8 地 図

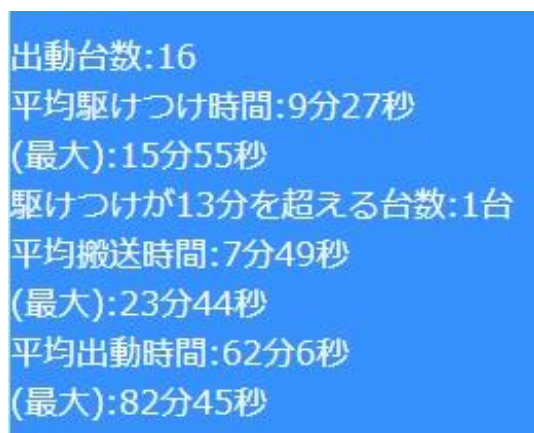
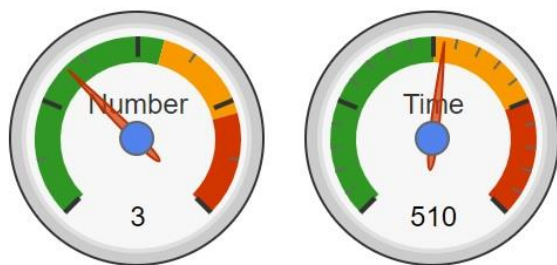


図 9 全体の統計

東市街地



平均駆けつけ時間:8分30秒

図 10 地域別の統計

5. 評 価

実装したシステムを利用し、神戸市消防局の 2013 年から 2017 年のデータを用いて可視化を行った。

まず、4.1 で行った変換を事前に行うことの効果があるかどうかの確認として、救急出動記録をそのまま利用して可視化するシステムを作成し、動作速度の比較を行った。結果、ある時

刻の表示を 1 回行うまでにかかる時間は、事前に変換を行わない場合は約 800ms だったのに対し、変換を行うことで約 20ms まで短縮することができた。この違いは、データを取得するためにかかる時間が大幅に短縮されたことによるものと判明した。

また、4.2 で行った可視化の効果の確認として、消防局職員の方数名に利用していただいた。以下に、評価された点を挙げる。

- アプリにより、救急車の出動状況が可視化されたことは、非常に意義がある
- 特に、区域ごとの救急車の出動状況が刻一刻と変わっていく状況を見ることができる機能は、非常に有効である
- 今まで現場の感覚的なものでしかなかったことが、データをもとにここまで可視化できた点は非常に評価できる

主に、これまでデータでしか見られなかった部分が、見やすくなったことが評価された。

しかし、以下のような課題も挙げられた。

- 今後に向けて、過去だけでなく現在の状況も可視化したい
- 状況を見るだけでなく、状況の原因を探る必要がある

これらの課題は、今後の研究で解決していく。

6. おわりに

本稿では、消防署職員が過去の出動データを振り返りやすくするために、救急出動記録の可視化を提案、実装した。提案手法では救急出動記録を時空間情報へと変換する方法を定義し、救急隊の位置と動態を記録したデータを作成した。また作成したデータを利用して、地図上への可視化を行った。さらに、実際に利用することで、可視化することの意義を確認した。課題としては、状況を見るだけでなく、原因を分析する必要がある。今後の研究としては、過去のデータを可視化するだけでなく、仮想のデータでシミュレーションを行うシステムの開発を考えている。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 B 16H02908, 18H03242, 18H03342, 基盤研究 A 17H00731）、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。

文 献

- [1] 厚生労働省, “救急医療提供体制の見直し,” <https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000328610.pdf>, April 2018.
- [2] 神戸市, “神戸市とヤフー株式会社とのデータドリブンな市政課題解決に関する事業連携協定,” <http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2018/02/20180206041802.html>, March 2018.
- [3] Panasonic, “Toughbook 導入事例,” https://panasonic.biz/cns/pc/solution/zirei/kobe_fire/.
- [4] HITACHI, “神戸市納め 次世代消防救急情報システム：日立グループ関西エリアポータル,” http://www.hitachi.co.jp/area/kansai/portal/casestudy/2160290_39249.html, Feb. 2012.
- [5] 神戸市, “神戸市：平成 29 年の消防局の災害・救急出動状況等（速報）,” <http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2018/01/20180112910101.html>, Jan. 2018.
- [6] 総務省, “平成 29 年版 救急・救助の現況,” http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h29/12/291219_houdou_2.pdf, Dec. 2017.