

## スマートシティ・アナリティクスのための 細粒度地図彩色 Web サービスの提案

中井 哲也<sup>†</sup> 佐伯 幸郎<sup>†</sup> 中村 匡秀<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

<sup>††</sup> 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

E-mail: <sup>†</sup>manda@ws.cs.kobe-u.ac.jp, <sup>††</sup>sachio@carp.kobe-u.ac.jp, <sup>†††</sup>masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 本研究では、細粒度で蓄積される地理空間情報の可視化を、より手軽かつ効率的に作成する手法として、FigMap4SC (Fine-Grained Map Coloring Web Service for Smart City Analytics, 細粒度地図彩色 Web サービス) を提案する。FigMap4SC は、ユーザから投入された地理空間情報から、地図上に階級区分図を表示する。ここで、階級区分図の作成に必要な地図データや行政区画のシェイプ、必要となる処理を全てサービスに内包する。また、外部アプリケーションから FigMap4SC に対して直接データを投入し操作することを可能にする。その結果、ユーザは迅速かつ容易に可視化を行うことができ、分析に専念することができる。提案した FigMap4SC を、可視化範囲を兵庫県神戸市のみに限定してプロトタイプを実装し、我々と共同研究を行う神戸市消防局の業務で利用していただいた。フィードバックとして、既存の可視化方法と比較して、FigMap4SC の操作の明瞭性や可視化の容易性が評価された。  
キーワード スマートシティ、可視化、GIS、階級区分図、Web サービス

### Fine-Grained Map Coloring Web Service for JavaScript

Tetsuya NAKAI<sup>†</sup>, Sachio SAIKI<sup>†</sup>, and Masahide NAKAMURA<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

<sup>††</sup> Riken AIP, 1-4-1 Nihon-bashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027

E-mail: <sup>†</sup>manda@ws.cs.kobe-u.ac.jp, <sup>††</sup>sachio@carp.kobe-u.ac.jp, <sup>†††</sup>masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

**Abstract** In this paper, we focus on data visualization associated with geographic information in the smart city. We propose a more feasible and portable technique of fine-grained map visualization. More specifically, we develop a Web service called FigMap4SC (Fine-Grained Map-coloring Web service for Smart City). FigMap4SC provides a service of creating a choropleth map from them. In FigMap4SC, all geographic data and map drawing operations necessary for coloring a city maps are hidden under the service. Moreover, FigMap4SC exposes Web-API, to which external applications can provide the dataset. As a result of them, users can quickly and easily visualize them and concentrate on their analysis. We have implemented a prototype of FigMap4SC, currently covering Kobe city area only. The Kobe City Fire Department staff who aimed to optimize ambulance operations evaluated this service. They mentioned that this service could visualize quickly and easily than an existing application.

**Key words** smart city, data visualization, GIS, choropleth map, Web service

#### 1. はじめに

ICT システムや IoT 技術の急速な発展により、企業のみならず政府や自治体が多種多様なデータを取得・蓄積し、施策や街づくりに役立つ動きが活発になっている。いくつかのデータはオープンデータとして一般市民に公開され、イノベーションの契機として活用される。こうしたデータを利活用することで、より効率的で持続的な都市スマートシティ [1] を目指すこ

とは、今や世界的な潮流となっている。特に先進国においては、データ駆動のアプローチで都市機能を最適化し、市民の生活の質を向上させる取り組みが進んでいる。本稿では、都市における課題解決や価値創造を目的としたデータの分析・利活用をスマートシティ・アナリティクスと呼ぶ。

スマートシティ・アナリティクスで利用されるデータの多くは、市、区、町、丁目等の行政区画に紐づいており、地理空間情報 [2] と呼ばれる。これらは、データを地図上に可視化する

ことで、データの理解や分析結果の解釈に役立つ [3]。一般的には、地図上の行政区画をデータが示す値に基づいて彩色した地図「階級区分図 (Choropleth map)」を作成する。

細粒度の階級区分図を作成する方法として、地理情報システム (GIS) を用いる方法がある。GIS は、地理情報および付加情報をコンピュータ上で操作するシステムである。ユーザは、地図上に様々な図形 (シェイプ) を配置し色付けを行うことで、階級区分図も作成できる。しかし、GIS の強力で汎用的な機能の反面、ユーザは専門知識と複雑な操作を習得する必要がある [4]。階級区分図を作成する場合、ユーザは元となる地図データと行政区画のシェイプを準備し、レイアウトを作成し、シェイプの色やテキストを指定する必要がある。しかしながら、これらの作業は、本来スマートシティ・アナリティクスには本質的でない作業である。よって、階級区分図を作成する目的だけに GIS を持ち出すのは非効率である。加えて、GIS は基本的に自身で全ての処理を実行するスタンドアロンなシステムであり、外部アプリケーションが計算したデータを動的に受け取り、階級区分図を自動作成するといった連携ができない。よって、システムのポータビリティにも課題がある。

本研究では、スマートシティ・アナリティクスにおいて、細粒度の階級区分図をより手軽かつ効率的に作成する技術を実現することを目的とする。そのために、*FigMap4SC (Fine-Grained Map Coloring Web Service for Smart City Analytics)* を開発する。FigMap4SC は、与えられたデータに基づいて地図を色付けし、階級区分図を作成する Web サービスである。階級区分図を作成するのに必要な地図、行政区画のシェイプ等の地理情報は、サービス内部に隠ぺいされる。ユーザは区画の住所 (市、区、町または丁目) をキーとし、それに紐づく値 (統計値またはカラーコード) をバリューとするデータセットを FigMap4SC に投入する。与えられたデータセットに対し、FigMap4SC は指定された粒度の階級区分図を自動的に作成し表示する。ここで、入力データセットは、特定のシステムや分析手法に依存しない形式で与えられることに注意されたい。すなわち、FigMap4SC は、個別のデータ分析のプロセスから階級区分図を作成する部分を独立したサービスとして分離できる。さらに、FigMap4SC は Web-API を公開している。Web-API 介して外部のアプリケーションやスクリプトはデータセットを FigMap4SC に直接投入できる。その結果、任意の外部アプリは自身の分析結果を、FigMap4SC で手軽に可視化できる。

提案した FigMap4SC のプロトタイプを、HTML5 及び JavaScript を用いて実装した。階級区分図の元となる地図は、Google Maps Platform の Maps JavaScript API [5] を利用した。また、行政区画のシェイプは、e-Stat [6] が提供するオープンデータを利用した。

有効性を確かめるため、我々と共同研究を行っている神戸市消防局に利用してもらい、神戸市における救急隊の出動に関するデータを可視化するケーススタディを行った。その結果、FigMap4SC による階級区分図の作成は、従来消防局で行っていた GIS による可視化に比べて、効率的で容易であるというフィードバックが得られた。

## 2. 準備

### 2.1 GIS による地図上へのデータ可視化

地理情報システム (Geographic Information Systems, GIS) は、地理情報および付加情報をコンピュータ上で操作するシステムである。地図上へのデータの表示や、データ解析・最適化など、地理情報に対するおおよそすべての操作が可能である。GIS で階級区分図を作成する一般的な手順は以下のとおり：

- (1) 地図と区画 (シェイプ) のデータを準備しロードする
- (2) 可視化したいデータをロードする
- (3) シェイプと可視化したいデータを結合 (join) させる
- (4) シェイプの色や可視化範囲、レイアウトを設定する

### 2.2 本研究で着目する課題

GIS は汎用的で強力な機能を有する反面、地図上へのデータの可視化という観点では以下のような課題が存在する。

- P1: アナリティクスの本質ではない作業を要する：GIS で階級区分図を作成するとき、下地となる地図や行政区分をユーザが用意する必要がある。また、可視化データとシェイプの結合は煩雑な作業である。これらは本来のスマートシティ・アナリティクスとは本質的でない作業といえる。
- P2: 可視化表現の設定が煩雑：理想の可視化結果を得るために、ユーザは元データに対応するシェイプの色やレイアウトを試行錯誤する必要がある。
- P3: 外部アプリとの直接連携が難しい：多くの GIS はスタンドアロンで動作し、外部のアプリケーションが直接 GIS にデータを投入したり操作を実行することはできない。外部アプリで作成した分析データを可視化するには、人手を介して GIS にロードし、地図作成の操作を実行する必要がある時間がかかる。
- P4: オブジェクトの再利用・可搬性に乏しい：作成した階級区分図を他者と共有するとき、画像に変換して共有するか、GIS データで共有するかの 2 通りが考えられる。画像で共有すると誰でも見ることができる反面、地図上のシェイプが表示データは失われてしまい、オブジェクトとして再利用できなくなる。GIS データで共有すると、再利用はできるが、相手先にも GIS がないと利用できない。

## 3. FigMap4SC: 細粒度地図彩色 Web サービス

本研究の目的は、2.2 で述べた課題を解決し、スマートシティ・アナリティクスにおける細粒度の階級区分図をより手軽かつ効率的に作成する技術を実現することである。そのために、本稿では *FigMap4SC (Fine-Grained Map Coloring Web Service for Smart City Analytics, 細粒度地図彩色 Web サービス)* を開発する。

### 3.1 システム要件

FigMap4SC で作りこむべき要件として、2.2 の課題 P1-P4 に対応した 4 つのシステム要件を述べる。



表 1 可視化するデータの入力例

ID	住所部		値部	
	towncode	address	value	color
1	28101001001	東灘区魚崎北町 1 丁目	4	#0000FF
2	28101001		40	
3		東灘区		red

と address が両方指定され、値部にも value と color が両方指定されている。したがって、FigMap4SC は towncode と color のペアを優先し、地域 28101001001 (実際には神戸市東灘区魚崎北町 1 丁目) を #0000FF (すなわち青色) で彩色する。ID=2 のデータは、8 桁コードで住所を指定しており、FigMap4SC は地域 28101001(実際には神戸市東灘区魚崎北町) を値 40 に対応する色で彩色する。ID=3 のデータは、住所を区単位の粒度で指定しており、FigMap4SC は神戸市東灘区に対応する広い地域を red(すなわち赤色) で彩色する。

### 3.3.2 可視化オプション

可視化するデータに加えて、ユーザは A2 で用いる可視化オプションを同時に入力できる。FigMap4SC が value から自動生成するデフォルトの階級区分と対応する色を、ユーザが自由に変更するためのものである。

可視化オプションは、from,to,color の 3 つの必須属性からなる表で定義する。from と to はともに数値であり、値の階級区分 [from, to) を定義する。color はその階級区分に対応する色を定義するもので、カラーコードまたは色名で指定する。

### 3.4 A1: 階級区分図生成サービス

A1 はユーザによって与えられた可視化するデータに基づき、階級区分図を生成するサービスである。図 1 中央の点線四角で囲まれた部分に示す通り、A1 は地図・シェイプマスターデータ(中央の円柱)と 3 つの処理(角丸四角形)から構成される。

マスターデータは、階級区分図に用いられる地図とシェイプのデータである。FigMap4SC では、地図についてはクラウドサービスが提供する地図サービスを利用するものとし、今回は Google マップを利用している。行政区域を表すシェイプは、e-Stat が提供するオープンデータを整形して利用する。シェイプデータは、3.3 で述べた 11 桁の可変長 towncode をキーとし、任意の個数の経度・緯度のリストをバリューとするベクタデータである。リストに含まれる経度と緯度の組を順に地図上で結ぶことで、行政区画の境界を表すことができる。

データ解釈処理は、ユーザから投入されたデータに対して、欠損データの有無を確認し、与えられた行政区画をどの色で塗るかを指定する「色塗り指定データ」を生成する。可視化オプションが指定されない場合、FigMap4SC は以下の手順によって自動的に階級区分を決定する。

- (1) サービス内であらかじめ 10 色から成るデフォルトのカラーマップを保持しておく。
- (2) 与えられたデータセットの value の最小値と最大値を抽出しその差を求める。
- (3) 求めた差をデータ値の幅が等しくなるよう 10 個の階級

表 2 階級区分図データ

ID	住所部	値部	シェイプ
1	towncode:28101001001	color:blue	[緯度・経度リスト]
2	towncode:28101001	color:yellow	[緯度・経度リスト]
3	towncode:28101	color:red	[緯度・経度リスト]

区分に分け、10 色のカラーマップに対応させる。

- (4) 与えられたデータの value を参照し、階級区分に対応する色を割り当てる。

階級区分図データ生成処理は、色塗り指定データとシェイプデータを towncode で突合して内部結合(inner-join)した「階級区分図データ」を作成する。突合のため、入力データ中の address は全て対応する towncode に変換される。作成されたデータは、階級区分図レンダリング処理に送られるとともに、後の再利用に備えて「階級区分図データベース」に保存される。

階級区分図レンダリング処理は、階級区分図データをクラウド上の地図サービスに送信して、階級区分図の地図オブジェクトを作成する。Google Maps では、Web ブラウザ上に色付けされた地図が表示され、ユーザは拡大・縮小や移動をブラウザ上で自由に行うことが可能となる。

A1 全体の流れを、表 1 のデータを例に説明する。データが入力されると、最初にデータ解釈処理が行われる。ここでは、color の存在しない ID=2 に対して、value の値に応じた色が割り当てられる。次に、階級区分図データ生成処理では、ID=3 のデータの address を towncode に変換した後、マスターデータのシェイプデータと内部結合する。こうして作成された「階級区分図データ」を表 2 に示す。最後に、階級区分図レンダリング処理では、クラウド上の地図サービスに対して、各シェイプの座標と対応する色を指定し、地図の描画を指示する。こうして描画された地図が目的の階級区分図となる。

以上の操作において、ユーザは地図作成に関するデータ準備や操作を全く行うことなく、入力したデータから階級区分図を作成可能であることがわかる。

### 3.5 A2: 可視化オプション指定

A2 は、ユーザが指定した可視化オプション(3.3.2 参照)を受け取って解釈し、ユーザ定義の階級区分にしたがって「色塗り指定データ」を生成する。可視化オプションが指定された場合、FigMap4SC はユーザ定義の階級区分を優先する。これによってユーザは、可視化するデータに対して操作を加えることなく、好みの範囲と色でより柔軟な階級区分図を作成できる。

### 3.6 A3: 外部アプリ連携

A3 は、任意の外部アプリケーションが、直接 FigMap4SC へデータを入力できる Web-API (FigMapAPI と呼ぶ) によって実現される。外部アプリは、FigMap4SC の URL に対してクエリパラメータを指定することで、任意のデータを直接投入できる。ここで、外部アプリが可視化するデータを値で渡したい場合には、data パラメータにそのデータセットを JSON 形式で渡す。一方、外部アプリが可視化するデータを参照で渡したい場合には、url パラメータにそのデータの参照 URL をテキスト

トで渡す。FigMapAPI は与えられたクエリパラメータの種類に応じてデータを解釈し、A1,A2 の処理にデータを渡して、階級区分図を作成する。

A3 によって、ユーザは任意のプログラムやスクリプトから人手を介さずに直接 FigMap4SC を呼び出せるため、効率的な地図によるデータ可視化が可能となる。アナリティクスに限らず、例えばスマートシティに配置されたセンサの集計値を地図に可視化する等、動的なデータの可視化にも応用範囲が広がる。

### 3.7 A4:階級区分図利用サービス

A4 は、A1 においてデータベースに保存された階級区分図データを読み出し、過去に作成した階級区分図を再利用できる機能である。A4 は階級区分図データベースと階級区分図データ管理から成る。階級区分図データベースには、重複しない地図 ID をキー、A1 より保存された可視化用データをバリューとするデータセットが保存されている。ユーザは階級区分図データ管理を介して、データベースに保存されている地図 ID を確認することができる。また、地図 ID を階級区分図データ管理に投入することで、階級区分図データベースより当該階級区分図データを読み出され、レンダリングされユーザに示される。地図 ID を他のユーザと共有することで、同一の階級区分図を異なる環境で確認できる。

この提案によりユーザは、再度可視化するデータを用意することなく、過去の階級区分図を再利用できる。また、Web サービスにアクセスできる環境であれば、誰でも同じ階級区分図を容易に共有・確認できる。

## 4. 実装

提案した FigMap4SC のプロトタイプを実装した。プロトタイプでは、可視化範囲を兵庫県神戸市のみ限定している。

### 4.1 実装に利用した技術

プロトタイプ実装に利用した技術は以下のとおりである。

- 町丁目シェイプデータ：e-Stat 2015 年国勢調査 小地域 (町丁・字等別) 世界測地系緯度経度・KML
- シェイプデータ取得・整形：Python
- データベース：MongoDB
- データアクセス API：Java 1.8, Tomcat7.0
- データ処理系：JavaScript
- 地図レンダリング：Google Maps JavaScript API
- ユーザインタフェース：HTML5, JavaScript

### 4.2 FigMap4SC の画面

図 2 に、FigMap4SC のメイン画面を示す。FigMap4SC のメイン画面は、画面左側のデータ操作部分と、画面右側の地図部分から構成される。地図部分では、Maps JavaScript API によって、Google マップが表示されている。ユーザは、Google が提供する Web アプリケーションとほぼ同等の操作が可能であり、地図の拡大縮小や、航空写真の利用も可能である。また、地図の任意の地域をクリックすることで、その地域の可視化に利用した情報を確認することができる。

データ操作部分では、データの凡例を表すカラーバー、可視

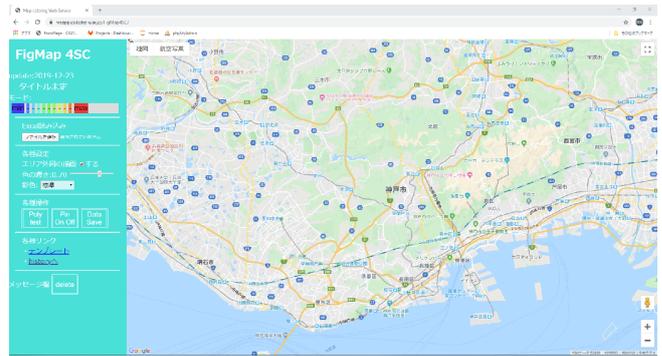


図 2 FigMap4SC のメイン画面

化するデータを入力するフォーム、可視化結果の操作を行う UI、可視化結果を保存するボタンが配置されている。カラーバーは、デフォルトあるいは可視化オプションの階級区分に基づいて、その色と値が表示される。今回のプロトタイプでは、可視化したいデータは、エクセル (xlsx) 形式、または、JSON 形式のファイルで入力するものとした。

また利用者がすぐに利用できるように、エクセルのテンプレートファイルも用意した。このテンプレートには、神戸市内の市、町、丁目の 3 種類の粒度の行政区画の住所部が、3 つの異なるシートに記入済みである。ユーザは好みの粒度のシートに値部を記入するだけで、可視化するデータを容易に作成できる。また、別のシートで可視化オプションも定義できる。ユーザは、作成した入力データファイルをフォーム操作でアップロードすると、FigMap4SC が地図に彩色し、階級区分図を描画する。

画面の左中央部にあるスライダーやプルダウンメニューを操作することで、可視化結果を一部操作することができる。スライダーを操作することで、階級区分図の色の透明度を変更できる。「彩色」プルダウンメニューから異なるカラーマップを選択し、階級区分の配色を変更することもできる。満足いく可視化結果が得られたら、ユーザは DataSave ボタンを押すことで、作成した階級区分図データをデータベースに保存できる。

### 4.3 外部アプリとの連携

外部アプリケーションが FigMap4SC に直接データを投入し階級区分図を作成する手順を説明する。外部アプリが、可視化するデータを値渡しする場合には、データを JSON 形式のテキストで表示し、data クエリパラメータに渡し、FigMap4SC の URL を呼び出す。一方、参照渡しする場合には、JSON 形式のテキストデータがある URL のファイルに書き出し、その URL を url クエリパラメータに渡し、同様に呼び出す。

## 5. ケーススタディ

提案サービスの有効性を評価するため、神戸市消防局と取り組んでいる救急出動データ分析を FigMap4SC で可視化するケーススタディを行う。

### 5.1 町丁目別の年間救急出動回数の可視化

神戸市消防局が記録する救急出動データには、出動 1 件ごとに、通報者からの傷病者発生日時、救急車の駆付け先住所、傷病者の状態などが記録されている。救急車の駆付け先住所につ

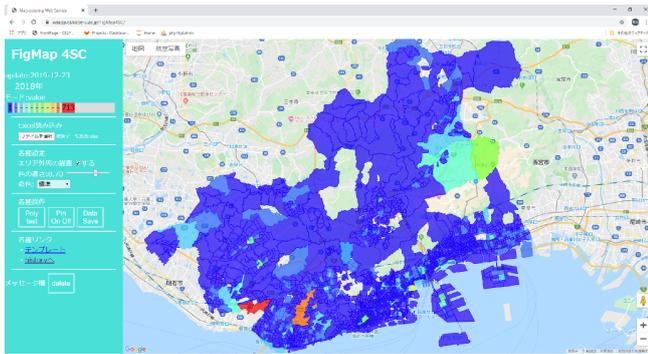


図 3 丁目別における 2018 年の出動回数の可視化結果

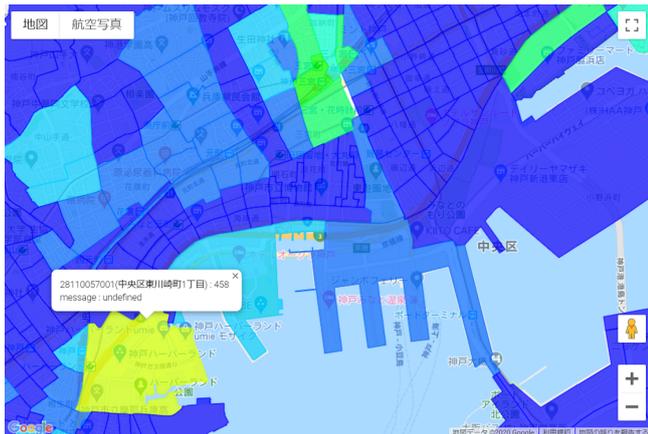


図 4 中央区東川崎町 1 丁目付近の出動回数の可視化結果

いて、町丁目レベルで階級区分図を作成することで、今まで発見できなかった細かい救急需要の分布や、地域の特徴を見出すことを期待できる。このケーススタディでは、2018 年の救急出動回数を町丁目別に集計し、FigMap4SC で可視化する。

まず、外部の分析ツール (Python) で生データから 2018 年の出動を取り出し、駆付け先場所住所を町丁目別に集計する。各町丁目に対する出動回数を value として、集計結果をエクセルのテンプレートファイルにペーストした。また、色情報は FigMap4SC による自動割り当てを行うため、入力しない。

FigMap4SC にこのファイルを投入し可視化した結果を図 3 に示す。また、神戸市中央区東川崎町 1 丁目付近を拡大した結果を図 4 に示す。図 3 において、画面左上に凡例が表示されており、区画の色が青色から赤色に近づくほど出動回数が多いことを表している。画面右の地図に注目すると、一部の地域には緑色、黄色、オレンジ色、赤色が塗られている。これらの地域は、他の地域と比べ顕著に出動回数が多いということがわかる。

図 3 の画面中央部の三宮地域をズームアップした地図が図 4 である。町丁目別の細かい粒度で、年間の救急需要の差が見て取れる。図のように区画をクリックすることで、その区画に紐づく value を地図上で確認できる。図の例では、黄緑色で塗られる中央区東川崎町 1 丁目には、458 回の出動があり、その周囲の地域に比べて突出して需要が多かったことが分かった。その理由として、当該町丁目には大型商業施設である神戸ハーバーランドがあり、人口密集地域であるため救急需要が多かったと推測されている。また、図中右上の緑の区画、神戸三宮駅

付近への出動回数も多く、人の往来が多い箇所に救急出動が増えることを示唆している。

## 5.2 実務者からのフィードバック

現在、神戸市消防局の職員の方々に FigMap4SC を業務で利用していただいている。業務での利用を通して気づいた FigMap4SC の利点と、改善点について、実際に実務を担当している方々からのフィードバックを紹介する。

### FigMap4SC の利点

- これまで使っていた GIS と比較すると、FigMap4SC での階級区分図の作成は、操作が簡単で分かりやすい。
- エクセルのデータを入力できるので、エクセルでの分析を即座に地図に可視化できる。よって、いろんな分析を試行錯誤して試せるのが良い。

### FigMap4SC の改善点

- address でこちらが指定した住所のうち、旧住所地や旧字体による指定が FigMap4SC 上で無効になる。
- 複数の分析結果を同じ地図上に重ねて表示したい。

得られたフィードバックから、操作の明瞭性や可視化の容易性など、FigMap4SC の業務上での有効性が評価されていることがわかる。一方で、住所指定における技術的な課題や、データ可視化における新しい要求が抽出できた。

これらの解決については、今後の課題としたい。

## 6. おわりに

本稿では、データ可視化方法の 1 つである階級区分図をより手軽かつ効率的に作成する Web サービス FigMap4SC を提案した。可視化に必要なデータをサービス内部に隠蔽し、地図作成処理をサービス側で行うことで、ユーザが可視化に関する専門技術を持たなくとも、階級区分図を容易に作成できた。

実務者からのフィードバックから、既存の GIS と比較した際の操作性の向上や、効率的な分析の試行など、提案サービスの有効性が評価された。今後の研究として、住所指定における表記のゆれや複数の可視化データを重ね合わせる仕組みを考察し、サービス機能の洗練・拡張を行っていききたい。

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H01138, JP17H00731, JP18H03242, JP18H03342, JP19H04154, JP19K02973 の助成を受けている。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 smart cities," Intelligent Buildings International, vol.3, no.3, pp.140-152, 2011.
- [2] 橋本雄一, "地理空間情報の基本と活用", p.174, 古今書院, 2011.
- [3] "esri ジャパン," <https://www.esri.jp/comgetting-started/>. (Accessed on 01/30/2020).
- [4] 野間晴雄, 香川貴志, 土平 博, 河角龍典, 小原丈明, ジオ・パル NEO:地理学・地域調査便利帖, p.158, 海青社, 2017.
- [5] "Maps javascript api," <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>. (Accessed on 10/18/2019).
- [6] "e-stat:政府統計の総合窓口," <https://www.e-stat.go.jp/>. (Accessed on 10/18/2019).