

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

矢吹 直也[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀^{†,††}

[†] 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

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

あらまし 消防署の数や配置、消防車の編成を規定する消防局の構成は、限られたリソースで効率的な消防活動を実現するための重要な要素である。本研究では、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 を開発する。FD-CAST は、消防局の構成データと町丁目データから、消防署から各町丁目への距離とおおよその所要時間を算出する。これらのデータに基づいて、各町丁目で火災が発生した際に、どの車両が何秒で駆けつけるかを計算によって求め、結果を表形式および地図形式で可視化する。また、ユーザは消防署と車両の情報を変更することで、様々な構成での駆けつけをシミュレーションできる。本稿では FD-CAST のプロトタイプを実装し、現実的な事例を題材にしたケーススタディを行った。実務者からのフィードバックを通して、FD-CAST が消防局の構成問題の分析・検討に貢献していることを確認した。

キーワード 消防局, 構成管理, 可視化, Web アプリケーション, スマートシティ

A Tool for Analyzing and Simulating Fire Department Configuration

Naoya YABUKI[†], Sachio SAIKI[†], and Masahide NAKAMURA^{†,††}

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

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

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

Abstract The fire department configuration, which determines the number and the locations of fire stations as well as the formation of fire trucks, is a key element to achieve efficient fire fighting operations under limited resources. In this paper, we develop a tool, called FD-CAST, which visualizes estimated arrival information of fire trucks for given fire department configuration. FD-CAST first computes the distance and time between every pair of a fire station and a town block, based on the configuration and geographic information. Then, assuming that a fire occurs at a town block, FD-CAST derives a designated set of fire trucks to be dispatched and their estimated time of arrival. The result is visualized in a table and a choropleth map. A user can also simulate various situations by modifying the configuration information. We have implemented a prototype of FD-CAST, and conducted case studies with practical examples. Through feedback from fire officers, we confirm the effectiveness of FD-CAST for analyzing the fire department configuration problem.

Key words fire department, configuration management, visualization, Web application, smart city

1. はじめに

近年、日本における多くの消防局では消防や救急の出動記録を ICT システムにより収集・記録している。この出動記録は、救急・消防の需要予測やリソース運用の最適化等のデータ駆動アプローチに活用することが期待されている。例として、消防防災科学センターでは、消防需要の分布を可視化し、現在の充足状況の把握を行っている [2]。

我々が共同研究を行っている神戸市消防局でも同様の取り組みを開始している。この取り組みの目的は、消防局の構成（すなわち、市内の消防署の数、位置および各署の消防車の編成）が、市内の各町丁目からの要請をどれだけ満たせるかを把握することである。より具体的には、以下の問いに関する答えを知りたいと考えている。

問い Q1: 「ある町丁目 B で火事が起きた時、指定された消防車

の部隊セット F は、許容時間 T 以内に、B へ到着できるか？」もし Q1 の答えが否であるならば、よりよい構成を知るために以下の問題の答えも必要となる。

問い Q2:「消防局の構成を変更したとき、Q1 の答えはどのように変化するか？」構成の変更とは、ある消防署の消防車の編成の変更、消防署の場所の移動、新しい消防署の建設を含む。

現在、一部の消防局職員によって、これらの問いに答える取り組みが試行錯誤的に行われているが、エクセルや GIS 等の汎用ツールを用いた分析にとどまっている。神戸市には 28 の消防署と 3,326 の町丁目があり、その組み合わせは 93,128 通りにおよぶ。さらに消防局の構成を変えると組み合わせは爆発的に増えるため、手動による分析は困難を極めている。

本研究の目的は、一般の消防局員がデータマイニングの専門知識を必要とせず、問い Q1 や Q2 のための分析を行えるようにすることである。目的を達成するため、本稿では消防局構成分析・シミュレーションツール **FD-CAST (Fire Department Configuration Analysis and Simulation Tool)** の提案・開発を行う。FD-CAST は、それぞれ Q1,Q2 に対応する以下の要求 R1,R2 に基づいて開発される。

要求 R1 (駆けつけの可視化): 全町丁目のそれぞれ B において、B に最も早く到着できる消防車を、車種ごとにリストすること。リストの各要素は、駆けつけた消防車の ID と、消防署からの距離、到着までの所要時間（駆け付け時間）を含むこと。このリストは Q1 の分析を容易化するように可視化すること。

要求 R2 (シミュレーション): ツールの全てのユーザはそれぞれ消防局の構成を自由に変更できること。可能な変更は、消防署内の消防車の追加、移動、削除であること。同様に、消防署の追加や移動、削除も可能であること。変更後の新たな構成において、P1 と同様に可視化を行えること。

これらの要求を満たすため、我々は FD-CAST を以下の段階に基づいて開発する。

Step 1 (データの準備): FD-CAST に必要なデータを準備する。消防局の構成データ、神戸市内の町丁目の位置、町丁目と消防署の間の道なりの距離などを含む。

Step 2 (駆けつけの可視化): ある町丁目 B で火災が起こった際、各タイプの消防車両がどこからどのぐらいの時間で駆け付けるかを計算し、結果を可視化する^(注1)。

Step 3 (構成の更新とシミュレーション): それぞれの消防局員が独立して構成を変更し、可視化を再実行できるような機能を実装する。

本稿では、提案する FD-CAST のプロトタイプを Web アプリケーションとして実装し、ケーススタディを行った。具体的には、神戸市消防局の放水隊の全町丁目に対する駆けつけのおおよその現状把握と、放水車の再配置による改善策のシミュレーションを行った。また、消防署を新設した際の効果を、駆けつけの観点から分析した。さらに、FD-CAST を実際に神戸市消防局での業務に使用してもらい、フィードバックをいただ

表 1 神戸市の消防署数および車種別消防車数

区	消防署	指揮車	救助車	放水車	救急車	はしご車	計
東灘	4	1	1	9(6)	4	2(1)	17
灘	2	1	1	3(2)	3	0	8
中央	3	1	2	5(3)	4	2(1)	14
兵庫	2	1	1	3(2)	2	0	7
長田	2	1	1	3(2)	3	2(1)	10
須磨	3	1	1	5(3)	3	0	10
垂水	4	1	1	7(5)	4	2(1)	15
西	3	1	1	6(3)	4	1	13
北	5	2	2	11(6)	5	3(2)	23
計	28	10	11	52	32	12	117

いた。その結果、FD-CAST が問い Q1, Q2 に答えるための有用なツールであることが示された。

2. 準備

2.1 消防局におけるデータ

近年、各自治体における消防局では、最新の ICT システムが導入され、消防・救急業務の効率化が図られている。こうした ICT システムで記録・管理されるデータの代表的なものとして、出動データ、署所データ、車両データ等がある。各種出動データは、消防局における救急や消防の出動の詳細を記録したもので、データ項目には出動日時、災害種別、出動車両番号、現着日時等が含まれる。災害種別は、火災、救急、救助、水災、警戒等、対応した災害の種類・任務を表す。署所データとは、消防署についてのデータで、消防局管轄の消防署の名称や住所が含まれる。車両データは、消防局が所持している消防・救急車両のデータで、車両番号、配属消防署、車種、兼務車両といったデータが含まれる。兼務車両とは、複数任務を兼務する同一小隊によって運用される車両群を指す。したがって、いずれかの車両が出動中は、他の兼務車両は出動できない。

2.2 消防局の構成問題

自治体の消防局が、地域内のどこに何か所の消防署を設置し、それぞれの消防署に車両を何台配置するかを決定する問題を、本稿では消防局の構成問題と呼ぶ。構成問題は、自治体の地域において火災が起きた時、迅速かつ効率的な消火活動が可能かどうかに直結する。したがって、現状や将来の状況を見すえて、よりよい消防局の構成を決定することが求められている。

神戸市の場合、9 つの区に 28 の消防署が設置されており、合計 130 の消防車、救急車が日常的に運用されている。各区に配置されている消防署の数と、車種別の消防車の数を表 1 に示す。表の各行は、それぞれの区に存在する消防署と消防車の数を表している。() 内は同時に出動可能な台数を示しており、兼務車両の制約によるものである。自治体の財政を鑑みると、部隊や車両を増やすことは容易ではない。限られたリソースの範囲で効率のよい構成をいかに求めるかが命題となっている。

2.3 データに基づく構成の評価・改善

地域で火災が発生した際、火災の種別や規模に応じて、適切な消防車両群が速やかに現場に駆けつけ消火に当たる必要がある

(注1)：駆け付けの距離や時間は、地理情報と車両の平均速度から計算によって求めるもので、実際の出動の実績データに一致するものではない

る。例えば、一つの（理想的な）基準として「一般建物火災の場合、発生から8分以内に放水車が4台到着すること」というものが存在する。当然ながら、火災発生場所や消防局の構成に依存して、こうした基準は充足可能な場合とそうでない場合がある。したがって、消防局にとって「任意の町丁目に対して、指定された車両のセットが何分で到着できるか」を把握することは最大の関心事であり、これは1.で述べた問いQ1である。

神戸市消防局では、様々な基準を設定して、消防局の構成をデータに基づいて評価し、改善する取り組みを行っている。しかしながら、現状ではエクセルやGIS(地理情報システム)等、汎用ツールを用いてデータ分析を行っており、現在の構成を評価するだけでも膨大な作業時間がかかっている。さらに、様々な構成をシミュレーションで試して評価することは現状不可能であり、これは1.で述べた問いQ2に対応している。

2.4 FigMap4SC: 細粒度地図彩色サービス

我々の研究グループでは、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FigMap4SCを開発している[3]。ユーザが地域内の住所(市、区、町または丁目)をキーとし、それに紐づく値をバリューとするデータセットを与えると、FigMap4SCは指定された粒度の階級区分図を自動的に作成して表示する。また、Web-APIを公開しており、外部のアプリケーションは人手を介さずにFigMap4SCに直接データを投入できる。FigMap4SCを用いることで、任意の外部アプリは自身の分析結果を地図上に容易に可視化できる。本研究においても、消防車の駆付け時間を地図上に可視化する手段として、FigMap4SCを用いる。

3. FD-CAST: Fire Department Configuration Analysis and Simulation Tool

前節で述べた課題を解決すべく、本研究では消防局構成分析・シミュレーションツールFD-CAST (Fire Department Configuration Analysis and Simulation Tool)を開発する。FD-CASTは、1.で述べた要求R1(駆けつけの可視化)およびR2(シミュレーション)に基づいて開発される。

3.1 システムアーキテクチャ

FD-CASTのシステムアーキテクチャを図1に示す。FD-CASTは、クライアント・サーバ形式のWebアプリケーションとして開発する。図の左側は、クライアント側の機能を表している。ユーザは、Webブラウザを用いて、駆けつけの可視化を行ったり、構成を変更したりすることができる。複数のユーザが独立して構成を変更したりシミュレーションしたりできるように、ユーザ管理の機能も備えている。図の右側は、サーバ側の機能およびデータを表す。以降の節で詳細を説明する。

3.2 データの準備

FD-CASTの実現に必要なデータを準備する。図1に示す通り、FD-CASTは、3種類のマスターデータ((a)構成データ、(b)町丁目データ、(c)ユーザデータ)と、2種類の導出データ((d)距離データ、(e)駆付データ)を利用する。図2にFD-CASTのデータモデルを定義するER図を示す。このER

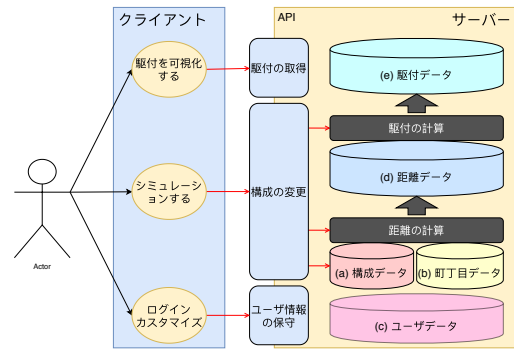


図1 FD-CASTのシステムアーキテクチャ

図は文献[6]で示された記法に基づいている。四角はエンティティ、 $+$ は親子関係、 $+$ は参照関係を表す。各エンティティのデータ項目の下には、インスタンスを例示している。

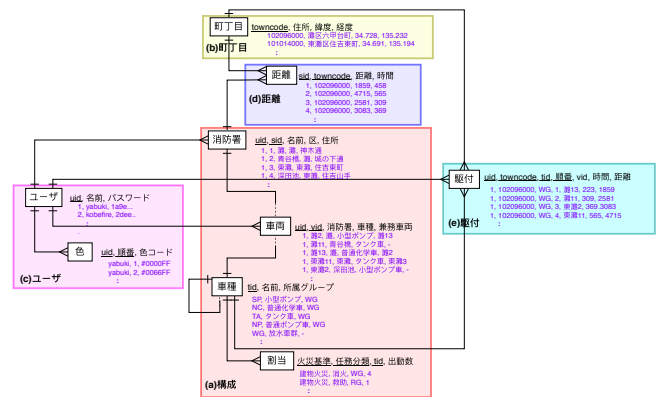


図2 FD-CASTのデータモデル

(a) 構成データ：消防局の構成を定義・管理するデータであり、消防署、車両、車種、割当の4つのエンティティで構成される。消防署は、消防局管轄の各消防署の名前、管轄区、住所を保持する。車両は、消防局管轄の各車両のID、所属する消防署、車種、兼務車両の情報を保持する。車種は車両のタイプ(クラス)を定義するもので、用途に応じた車種の定義、および、複数の車種をまとめた車種群をグループとして定義する。割当は、どの火災種別・任務分類にどの車種(群)を何台出動させるべきかを割り当てる情報を保持する。消防署と車両については、ユーザのIDを主キーに含めることで、FD-CASTのユーザ毎に自由に追加・変更できるようにしている。今回の構成データは、神戸市消防局から提供されたデータに基づき作成している。

(b) 町丁目データ：自治体が管理するすべての町丁目の住所とその中心点の緯度・経度を保持する町丁目エンティティで構成される。神戸市の場合、9つの区に3,326の町丁目が存在し、それぞれの9桁の住所コード(towncode)で識別される。今回の町丁目データは、神戸市のオープンデータカタログから神戸市全市の町丁目リスト[5]を取得し、その緯度・経度をYahoo GeoCoding API[4]によって求めて作成した。

(c) ユーザデータ：FD-CASTのユーザの情報を管理するデータであり、ユーザ、色の2つのエンティティで構成される。ユーザは、ユーザのID、名前、パスワードを保持する。色は、ユー

ザ定義の可視化用カラースケールを定義する。ユーザデータはFD-CASTのユーザ登録機能で作成される。

(d) 距離データ：消防署から町丁目までの距離を管理する距離エンティティで構成される。各インスタンスは、1つの消防署と1つの町丁目の距離(m)とおおよその所要時間(秒)を保持する。距離の値は、消防署の住所と町丁目の座標から、地理情報に基づいて導出する。所要時間は、距離を車両の平均速度で割ることで算出する。今回の距離データは、Google Direction API[1]を用いて、神戸市の28消防署×3,326町丁目の全ペアに対して道なりの経路を求め、その経路長を距離として作成した。また、車両の平均速度はFD-CASTのユーザが自由に設定できるものとし、デフォルト値を時速30kmとしている。

(e) 駆付データ：各町丁目にはどの消防車両が何分で駆けつけられるかを保持する駆付エンティティで構成される。主キーは[ユーザID, 町丁目コード, 車種, 順番]で構成されており、ユーザごとに独立した駆付けの情報を管理すること、および、各町丁目に着する車両を車種別・到着順で管理することを想定している。各インスタンスの属性は、駆けつける車両のIDとその所要時間、消防署からの距離を保持する。駆付データは、次節で述べる手順によって、FD-CASTが計算によって作成する。

3.3 駆けつけの可視化

各町丁目Bで火災が発生した際、それぞれのタイプの消防車両について、どの消防車両がどこからどのぐらいの時間で駆けつけるかを、以下の手順によって計算する。以降では、図2のエンティティを[名前]で略記する。

- 1) 指定された火災種別・任務に必要な車種 τ とその出動数 n を、[割当]から取得する。
- 2) τ に属するすべての車種 $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k$ を[車種]から取得する。
- 3) 車種が $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k$ である全車両 $v_1, v_2, \dots, v_s$ を[車両]から求める。
- 4) 各 v_i が所属する消防署 s_i と現在の町丁目Bをキーとして[距離]を参照し、 s_i からBの距離 δ_i と所用時間 t_i を求める。
- 5) $v_1, v_2, \dots, v_s$ を所要時間で昇順にソートし、先頭 n 台の車両 $v_{f1}, v_{f2}, \dots, v_{fn}$ を町丁目Bの車種 τ に関する駆けつけ車両として選出する。このとき、兼務車両が含まれていればその車両を除外し、次の順番の車両を繰り上げて選出する。
- 6) $1 \leq j \leq n$ について、 $(B, \tau, j, v_{fj}, \delta_{fj}, t_{fj})$ を[駆付]に登録する。

例として、図2のインスタンスを参照しながら、神戸市灘区六甲台町で建物火災の消火任務に必要な駆けつけ情報を計算する。[割当]から、放水車群(WG)が4台必要なことがわかる。[車種]から放水車群に含まれるのは、小型ポンプ車、普通化学車、タンク車、普通ポンプ車の4種類である。[車両]から、灘2、灘13等の車両がリストアップされる。[消防署]と[距離]から各車両の所属消防署と灘区六甲台町の距離、および、所要時間を求め、昇順にソートする。なお、灘2は灘13の兼務車両なので、除外される。その結果、灘13、灘11、東灘2、東灘17

の4台が選出された。

全町丁目に対する駆付データが上記の手順によって作成されると、それらを表形式に一覧して可視化する。ここで、表の各行は町丁目を、各列はその町丁目への車種別の駆けつけ情報を表示する。表の各セルには、車両IDと、消防署から町丁目までの距離・所要時間を表示する。

また、所要時間に応じてセルを色分けすることで、データの理解を助ける。デフォルトでは、所要時間が短いほど青く、長いほど赤く表示されるようになっている。このカラースケールは、ユーザ好みの配色にカスタマイズ可能であり、設定値は色エンティティで管理される。また、駆付けデータは、各列の属性でソートしたり、住所や駆けつけ時間の値で検索・絞り込みを行うことで、細かい分析ができるようになっている。

さらに、FigMap4SC(2.4参照)と連携することで、駆付けデータを地図上に可視化することもできる。駆付けデータの各町丁目の住所とセルに割り当てられている色コードのペアをFigMap4SCのWeb-APIに渡すことで、現在の構成から計算された駆けつけ情報を階級区分図上に可視化できる。これにより、地理的にどの町丁目への駆けつけに時間がかかるか地図上で一目で確認できる。

3.4 構成の変更とシミュレーション

要求R2に対応するために、FD-CASTは各ユーザが独立に構成データを変更することを許可する。具体的には、図2の構成データのうち、[消防署]および[車両]のデータを追加、更新、削除することを許す。車両データについては、車両を出動不能の設定にすることも可能である。これにより、地域内に新しい消防署を設置したり、ある消防署が管轄する車両を別の消防署へ移動したり、様々な消防署の構成を試すことができる。なお、[車種]や[割当]は全国の消防局で共通的に使われるものであるから、現在のところこれらの変更は許可していない。

ユーザが構成データを変更したら、FD-CASTは再び距離の計算、および、駆付の計算を実行し、新しい構成データに基づく距離データ、駆付データを導出する(図1参照)。ユーザは再び3.3の駆付けの可視化によって、更新されたデータを閲覧・確認できる。

上記のような構成の変更、可視化のプロセスを繰り返し実行することで、ユーザは様々な消防局の構成をシミュレーションし、評価することができる。

3.5 ユーザのログイン、カスタマイズ

FD-CASTは複数のユーザが独立して構成情報の分析・シミュレーションを行えるように、ユーザ情報を管理する。ユーザは、ログインIDとパスワードをFD-CASTに登録することで、新しいユーザアカウントを作成できる。

新しいユーザが作成されると、FD-CASTはそのユーザ専用の[消防署]、[車両]、[距離]、[駆付け]テーブルを作成し、デフォルトのデータをロードする。また、[色]テーブルを作成し、デフォルトのカラースケールも作成する。各ユーザ専用のテーブルを作ることで、ユーザは他のユーザに影響することなく、構成情報の変更・シミュレーションや可視化のカスタマイズを行

表 2 実装に用いた技術

クライアント	HTML5, JavaScript
サーバ	PHP5, Python (データ生成)
データベース	MySQL
Web サーバ	Apache 2.4.37
ライブラリ	Google Maps API, Direction API, phppoffice

図 3 駆けつけの可視化画面

える。

4. 実装

3. で述べたデータモデルおよび機能に基づいて、FD-CAST のプロトタイプを実装した。

4.1 利用した技術

プロトタイプの実装に用いた技術を表 2 に示す。FD-CAST は Web アプリケーションとして実装されており、クライアント側には HTML5 と JavaScript、サーバ側には PHP を利用してプログラミングした。距離データの生成には Python を用いた。データベースは MySQL を、Web Server には Apache 2.4.37 を、ライブラリは Google Maps API と Directions API、phppoffice を利用した。

4.2 駆けつけの可視化画面

図 3 に、駆けつけの可視化画面を示す。3.3 で述べた通り、表の各行は町丁目を表し、各列はその町丁目への車種別の駆けつけ情報を表示している。例として、表の 1 行 5 列目を見ると、神戸市中央区三ノ宮町 1 丁目に 1 番目に到着できる放水車は「中央 13」であり、1,137m の距離を 138 秒で到着する計算であることがわかる。

表の各セルは、各車両の到着時間に応じて色分けされており、デフォルトでは速いほど青く、遅いほど赤く表示される。左上のプルダウンリストで、車両の平均速度を変更することができる。また、各列の値でデータをソートするボタンや、検索のためのボタンがついている。

また、図 4 に、地図形式での表示例を示す。この図は神戸市の全域で放水車が最速で駆けつけできる時間を視覚化したものであり、表形式での可視化と同じ色で、駆けつけの所要時間が短い地域を青く、長い地域を赤く表示している。

4.3 構成の変更画面

図 5 に、車両構成の変更画面を示す。図 2 で定義したように、各消防車両には車両番号 (ID)、配置消防署、車種、兼務車両があり、一覧画面ではこれらが表示される。「編集」ボタンを押すことで編集画面へと遷移し、これらの情報のうち、車両番号

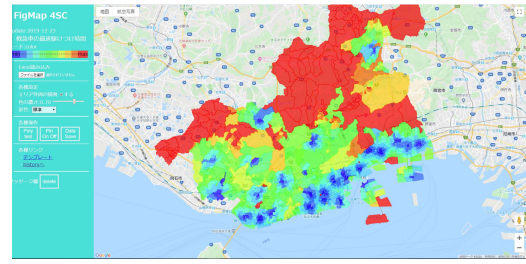


図 4 FigMap4SC との連携による地図上への駆けつけの可視化

図 5 車両構成の変更画面

以外の情報を変更できる。変更された情報は、データベースへと保存される。また、「追加」ボタンから新しい車両を追加したり、「不能化」ボタンから、その車両を出動不可の状態に変更したりすることもできる。特定の車両を探したい場合、左上の「検索」ボタンを押すことで検索画面に遷移し、特定条件を満たす車両のみを表示して探すこともできる。これらの機能により、実際の現場では試せない仮想的な消防署の構成をシミュレーションすることが可能となる。

4.4 カラースケールの設定画面

FD-CAST では、表形式で駆けつけ情報を可視化する際、駆けつけ時間に応じた色分けを行う。この色は、0 秒～600 秒まで 60 秒単位の各区分、および、600 秒以上の範囲にそれぞれ異なる 11 色を割り当てるカラースケールで定義されている。デフォルトのカラースケールを図 6 に示す。この画面において、ユーザは各区分の色を自分の好きな色に変更し、可視化結果の見映えを変えることができる。例えば、480 秒以内を無色、480 秒以上を赤色にすることで、8 分以上の地域のみを彩色する等、注目する基準に合わせてカラースケールを定義することで、分析に適した可視化手法を設定できる。

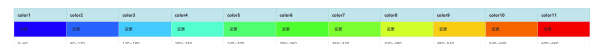


図 6 カラースケールの設定画面

5. ケーススタディ

FD-CAST の有効性を確認するため、現実的な事例を題材としたケーススタディを行った。

5.1 ケース 1: 放水車の駆けつけの現状と再配置

放水車の迅速な駆けつけは火災の延焼をできるだけ抑えるために重要な要素となる (2.3 参照)。

そこで FD-CAST を用いて、神戸市の各町丁目への放水車

がどのぐらいの時間で到着可能かを可視化する。図 7 は、FD-CAST が計算した「各町丁目に 2 台目の放水車が到着する所要時間」を、FigMap4SC を用いて地図上に表示したものである。消防署が多く配置されている中央南部の市街地は寒色で彩色されており、この地域には 2 台の放水車がすぐに到着することがわかる。一方、消防署から距離がある北部や西部の地域は暖色で彩色されており、到着には時間がかかることがわかる。

次に、市街地の消防署の放水車 1 台を、北部の消防署へと移動させる変更を行い、再び駆け付けの可視化を行った。図 8 は、構成変更後の放水隊 2 台の到着時間を表示したものである。図中の × 印と ○ 印は、それぞれ市街地の消防署と北部の消防署の位置を示している。図 7 と図 8 を見比べると、この構成の変更によって、市街地の駆け付け時間をあまり犠牲にすることなく、北部の一部の地域の駆け付け時間を大幅に短縮できたことがわかる。

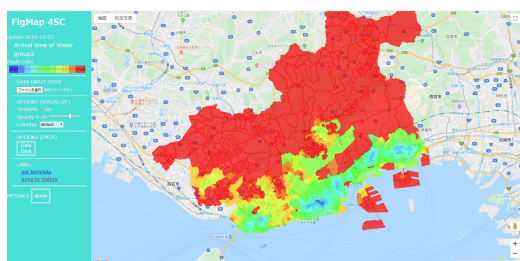


図 7 放水車 2 台の駆け付け所要時間

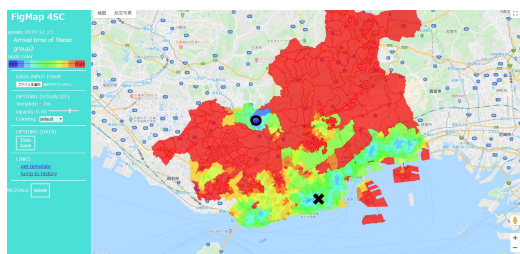


図 8 放水車 2 台の駆け付け所要時間 (構成変更後)

5.2 ケース 2: 消防署の新設

現在、神戸市消防局では、西区に新たな消防署を新設することを予定している。そこで、建設予定地に新しい消防署ができた場合の放水隊 2 台の到着時間についてシミュレーションを行った。具体的には、神戸市西部の当該住所に新しく消防署を作成し、そこに放水隊を 1 台追加する構成の変更を行った。図 9 は、新しい消防署を追加した場合の放水隊 2 台の到着時間を可視化したものである。図中の丸印は、新設した消防署の位置を示している。図 7 と比較すると、設置した消防署の周囲は、到着時間が若干短くなったことがわかる。

5.3 実務者からのフィードバック

開発した FD-CAST のプロトタイプは、現在、神戸市消防局で実際に利用されている。職員の方々が業務で使う中で、その利点や改善点に関するフィードバックをいただいている。フィードバックの一部を以下に紹介する。

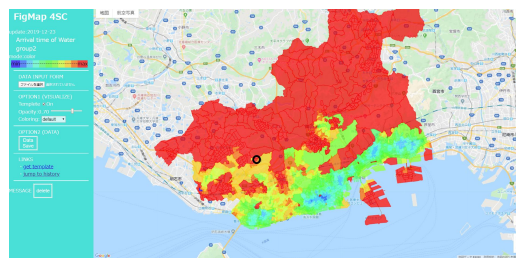


図 9 放水車 2 台の駆け付け所要時間 (消防所新設後)

- 各町丁目への駆け付けを、手軽に確認・可視化できて便利
- 実際の現場では容易には試せない車両編成や消防署の新設・変更に伴う影響を、シミュレーションでできるのが良い
- 一部の地域で、駆け付けの時間が実績と大きくずれているのはなぜか？
- 最適な構成を計算によって自動的に求められないか？

1 番目と 2 番目のフィードバックは、実際の現場において FD-CAST が消防局の構成問題の分析・検討に貢献できていることを表している。3 番目のコメントは、距離の計算に利用した Google Direction API が算出した経路が、実際に消防車が通る経路と大きく異なったことに起因している。API のオプションを見直すなどして、改善したい。4 番目のコメントは、最適化問題を解くことと等価であり、現在の FD-CAST ではサポートしない機能である。今後の課題としたい。

6. ま と め

本研究では、消防局の構成の分析・シミュレーションを支援するツール FD-CAST を提案した。FD-CAST は、与えられた構成に対して、各町丁目への消防車両の駆け付けを計算によって求め、表形式あるいは地図上に可視化する。また、FD-CAST のプロトタイプを実装し、現実的な事例を題材としたケーススタディを行った。今後の課題としては、消防署の位置を変更する際の距離の計算の効率化や、より良い構成を自動的に計算する手法の検討を行う予定である。

謝辞 本研究は神戸市消防局との共同研究の一環として実施されている。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。

文 献

- [1] Developers, G.: Developer guide. <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/intro>
- [2] Fire, G., Center, D.P.S.: Business such as appropriate placement of firefighting power. "https://www.isad.or.jp/to_fire_department/proper_placement/
- [3] Nakai, T., Saiki, S., Nakamura, M.: 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. LOIS (March 2020), to be appeared
- [4] YOLP(地図): Yahoo!ジオコード api - yahoo!デベロッパーネットワーク. <https://developer.yahoo.co.jp/webapi/map/openlocalplatform/v1/geocoder.html>
- [5] 神戸市: 神戸市町名一覧表. <https://www.city.kobe.lg.jp/a53715/kurashi/registration/jukyo/ichiran.html>
- [6] 渡辺幸三: 生産管理・原価管理システムのためのデータモデリング. 日本実業出版社 (2002)