

# 最終報告

---

データに基づく救急拠点配置の検証とシミュレーション

G3 -安全地帯-

上野穂 天羽祐太 CHEN JUNQI SHEN JINGJING LI Kerun

2026 年 2 月 3 日

# | 目次

- ① 背景・課題
- ② 目的
- ③ システム概要
- ④ 主な機能
  - ▶ 到達図と出動プロット
  - ▶ カバー率分析と比較
  - ▶ 拠点シミュレーション
  - ▶ 配置最適化
  - ▶ 渋滞考慮モード
  - ▶ アニメーション表示
- ⑤ 分析結果
- ⑥ まとめ

# | 背景・課題

- 救急車増台の効果検証
  - ▶ R4 年度から救急車を増隊しているがその効果について
- 拠点配置の最適化
  - ▶ 救急需要の増加に対し更に救急車を増設するとどの地域（消防署）に増やすのが効果的か

## 解決策の概要

各消防署からの到達圏を道路データに基づき可視化し、実際の出動データと組み合わせて分析するシステムを開発。

⇒ 実データに基づく意思決定を支援する。

# | 目的

- 救急体制の可視化
  - ▶ 松山市の各消防署から自動車で5 分～20 分以内に到達できる範囲を地図上に明示
- 配置効果の検証
  - ▶ 2015 年 (H27) と2024 年 (R6) の出動データを比較
  - ▶ リソースの配置変更がカバー率に与えた影響を数値化
- 意思決定支援
  - ▶ 最適なリソース配置をシミュレーション可能に

# | システム構成と使用技術

- 言語・フレームワーク：Python / Streamlit
  - ▶ データ分析に特化した web アプリケーションを作成
- 地図データ基盤：OpenStreetMap
  - ▶ 実際の道路形状、一方通行、道路種別を含む詳細データを使用
- 経路探索：NetworkX
  - ▶ 直線距離ではなく、「道のり」での到達圏を計算
- 可視化：Folium / Leaflet
  - ▶ 拡大・縮小・クリック操作などを実現

# | 機能 ① 到達圏と出動プロット

- 到達圏可視化
  - ▶ 5分 / 10分 / 15分 / 20分ごとの到達範囲を色分け表示
- 出動地点の動的表示
  - ▶ 特定の日付を選択して出動地点を地図上にプロット可能
  - ▶ データから算出した時間帯別の到達圏も表示可能

# | 機能 ① 到達圏と出動プロット

☒ スクショ ①  
到達圏表示例 (5/10/15/20 分圏)

Figure 1: 到達圏表示例

# | 機能 ② カバー率分析と比較

- カバー率の算出
  - 各到達圏内にどれだけの出動地点が含まれているかを自動計算
- 比較モード
  - 配置変更前（H27）と変更後（R6）を並べて比較
  - 改善度（差分）を数値で表示

## | 機能 ② カバー率分析と比較

☒ スクショ ②  
カバー率比較例 (H27 vs R6)

Figure 2: カバー率比較例

# | 機能 ③ 抛点シミュレーション

- 仮想消防署の追加
  - ▶ 地図上の任意の地点に「もし消防署を置いたら」と仮定
  - ▶ シミュレーションによるカバー率変化を即座に確認
- 活用のメリット
  - ▶ 分署の設置検討
  - ▶ 救急車の動態待機場所の選定
  - ▶ 新設によるカバー率向上効果の定量的予測

# | 機能 ③ 抛点シミュレーション

☒ スクショ ③  
抛点シミュレーション例

Figure 3: 仮想抛点追加による到達圏変化

# | 機能 ④ 配置最適化

- 候補地点の自動生成
  - ▶ 出動が多く、かつ既存拠点でカバーされていない地域から順に候補を選定（貪欲法）
- 最適化の実行
  - ▶ 追加する拠点数を指定して最適配置を自動計算
  - ▶ カバー率の改善効果を即座に確認可能
- 活用シーン
  - ▶ 限られた予算で最大の効果を得る配置の検討

# | 機能 ④ 配置最適化

☒ スクショ ④ / ☒ 動画 ①  
配置最適化結果

Figure 4: 最適配置候補と改善効果

※ パワポ変換時にデモ動画を挿入予定

# | 貪欲法による最適化

- アルゴリズムの概要

- 出動密度が高い地点を候補として抽出
- 既存拠点でカバーされていない地点を優先
- 1拠点ずつ追加し、都度カバー率を再計算

- 特徴

- 計算が高速で、大規模データにも対応可能
- 厳密な最適解ではないが、実用的な解を提供

# | 機能 ⑤ 渋滞考慮モード

- 時間帯別の遅延係数
  - ▶ 実データから時間帯ごとの到達時間の傾向を学習
  - ▶ 深夜帯とラッシュ時で到達圏が変化
- 曜日別の補正
  - ▶ 平日・休日で異なる交通状況を反映
- より現実的な分析が可能に
  - ▶ 「朝のラッシュ時にどこまで到達できるか」を可視化

## | 機能 ⑤ 渋滞考慮モード — 時間帯別

☒ スクショ ⑤  
深夜帯

☒ スクショ ⑥  
ラッシュ時

Figure 5: 時間帯による到達圏の違い

## | 機能 ⑤ 渋滞考慮モード — 曜日別

☒ スクショ ⑦  
平日

☒ スクショ ⑧  
休日

Figure 6: 曜日による到達圏の違い

# | 機能 ⑥ アニメーション表示

- 1日の出動を時系列で再生
  - ▶ 出動地点が時間経過とともに地図上に出現
  - ▶ 出動の「流れ」を直感的に把握可能
- 活用シーン
  - ▶ 特定日の出動パターンの振り返り
  - ▶ 時間帯別の出動集中エリアの特定
  - ▶ プрезентーション・説明資料での活用

# | 機能 ⑥ アニメーション表示

☒ 動画 ②  
アニメーションデモ

Figure 7: 出動の時系列再生

※ パワポ変換時にデモ動画を挿入予定

# | 分析結果・成果

- カバー率の改善を確認

- ▶ H27 → R6 で 10 分圏カバー率が **98.1% → 98.5%** (+0.4%) に向上
  - ▶ 5 分圏は 94.3% → 94.2% (-0.1%) でほぼ横ばい

- 最適配置シミュレーション

- ▶ 出動密度・冗長性から **10箇所** の候補地点を自動抽出
  - ▶ 松山城付近が高頻度で選定され、出動需要の高さを反映

- 時間帯別の差異を可視化

- ▶ 深夜帯（2 時）は日中（10 時）比で到達圏が約 **29%** 縮小
  - ▶ ラッシュ時（8 時）は日中比で約 **9%** 縮小

# | まとめ

- 達成した目標

- 救急体制の可視化システムを構築
- 過去データに基づく配置効果の検証が可能に
- 仮想拠点シミュレーション・最適化機能を実装

- 今後の展望

- リアルタイム交通情報との連携
- 複数拠点の同時最適化アルゴリズムの改良
- 他自治体への展開可能性の検討

# 速度係数の算出

- 使用データ：令和 6 年松山市救急出動データ
- 各出動記録について、次の式で速度係数を算出

$$\text{速度係数} = \frac{\text{現場到着時間 (min)}}{\text{距離 (km)}}$$

- 全出動記録の速度係数の平均を算出
- 得られた平均値を用いて、各到達圏の距離を計算