

## 研究背景

### 京田辺市におけるゼロカーボンシティの実現

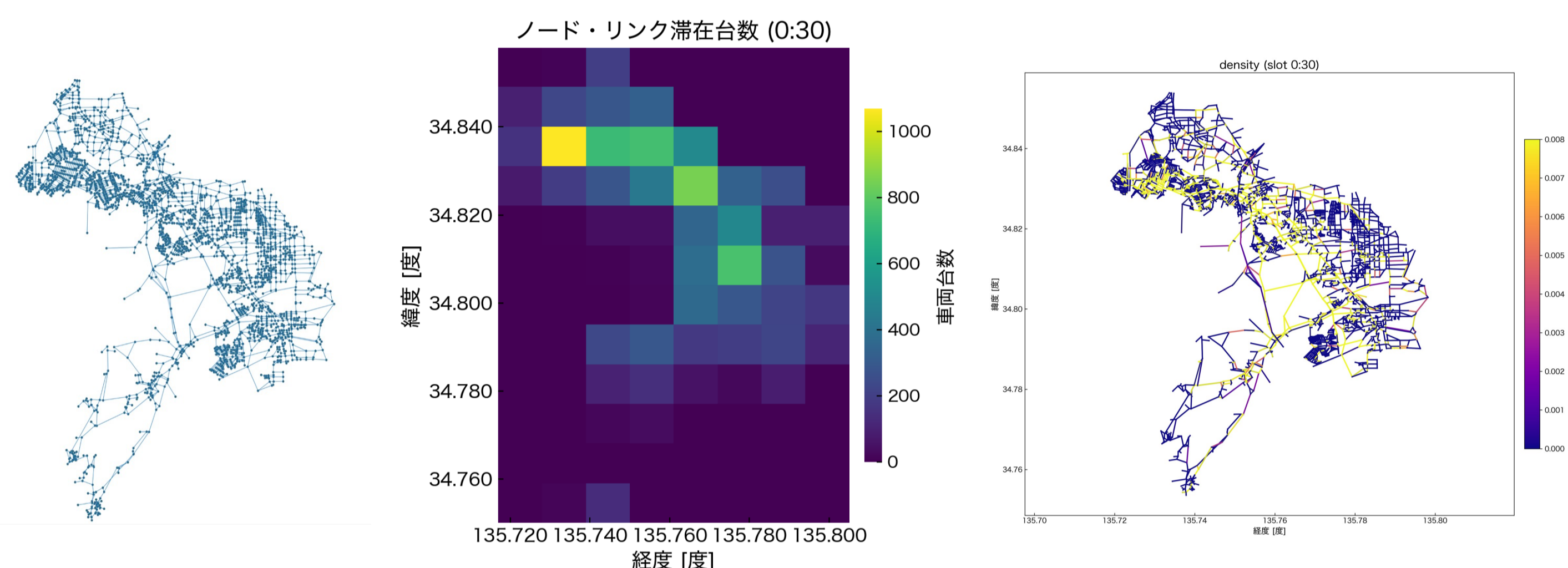
- 京田辺市, 同志社大学および日産自動車株式会社の3者連携協定に基づき持続可能なまちづくりに向け電気自動車 (EV) を活用したカーボンゼロシティとモビリティサービスを推進
- EVモビリティ・エネルギーマネジメントのうちエネルギーマネジメントに関する研究

電気自動車の導入拡大に向け交通シミュレータUXsimを使用した充電ステーションの配置最適化に注目

## UXsimへの定式化

### 使用するデータセット

- 京田辺市の30分間隔で観測された約1km間隔における車の滞在分布
- 京田辺市の30分間隔で観測された電気自動車のバッテリー残量の分布
- OpenStreetMapによる京田辺市の道路網
- OD (Origin-Destination) データ



### UXsim

- Python製のオープンソース交通流シミュレータマクロ・メソスケールの交通流を再現するために設計
- 動的交通流を計算する学術的モデルを採用 Newellの追従モデル, Incremental Node Model, 動的ユーザー最適化型経路選択モデルなど標準的な交通工学モデルを組み合わせる構成
- 大規模ネットワークも高速に扱える性能 例: 10km×10kmの都市交通を2時間分約6万台の車両で30秒ほどでシミュレーション可能
- 交通制御・信号制御など高度な応用も可能 深層強化学習を組み合わせることで信号制御などの最適化ができて平均遅れ時間の低減などの応用的使用も可能

### UXsimの入力データの設計

- 地図上にランダムに充電スポット( $p_1, \dots, p_N$ )を生成
- 交通需要分布データ: 30分スロット別の滞在分布
- 発生台数の決定: 需要量を台数へ変換7万台を(1)の分布に従い台数を決定
- 出発点の設定: 需要分布を道路ノードへ写像スロット内の交差点に均等に割り当てる
- 目的地の設定: 時間帯別OD比率に基づく割当
- 電気自動車のバッテリー残量(SoC: State of Charge) の付与
- 充電対象の設定: 目的地を最近の充電スポット $p_N$ に設定
- UXsimでシミュレーション

### 本研究におけるUXsim出力利用

- 車両走行ログの出力 (出発時刻・到着時刻・走行時間・起終点)
- 充電対象車両到着ログの出力 (充電ステーション到着時刻・到着順)
- 充電待ち行列評価ログの出力 (待ち時間・充電ステーション再割当情報)
- スロット別集計ログの出力 (時間帯別到着数・未充電量)

### 利用状況と設置条件を反映したシミュレーション条件の設定

- 候補地点数, 設置拠点数, 1拠点あたり充電器台数, 総充電器台数の制約
- 設置固定費, 充電器導入費, 用地予算上限を考慮したコスト制約
- 時間帯別需要変動と実測SoC分布を反映した車両生成条件
- 待ち時間上限と道路混雑を考慮した到着・待ち行列評価条件



## 目的関数

### 利便性と設置コストを同時に評価

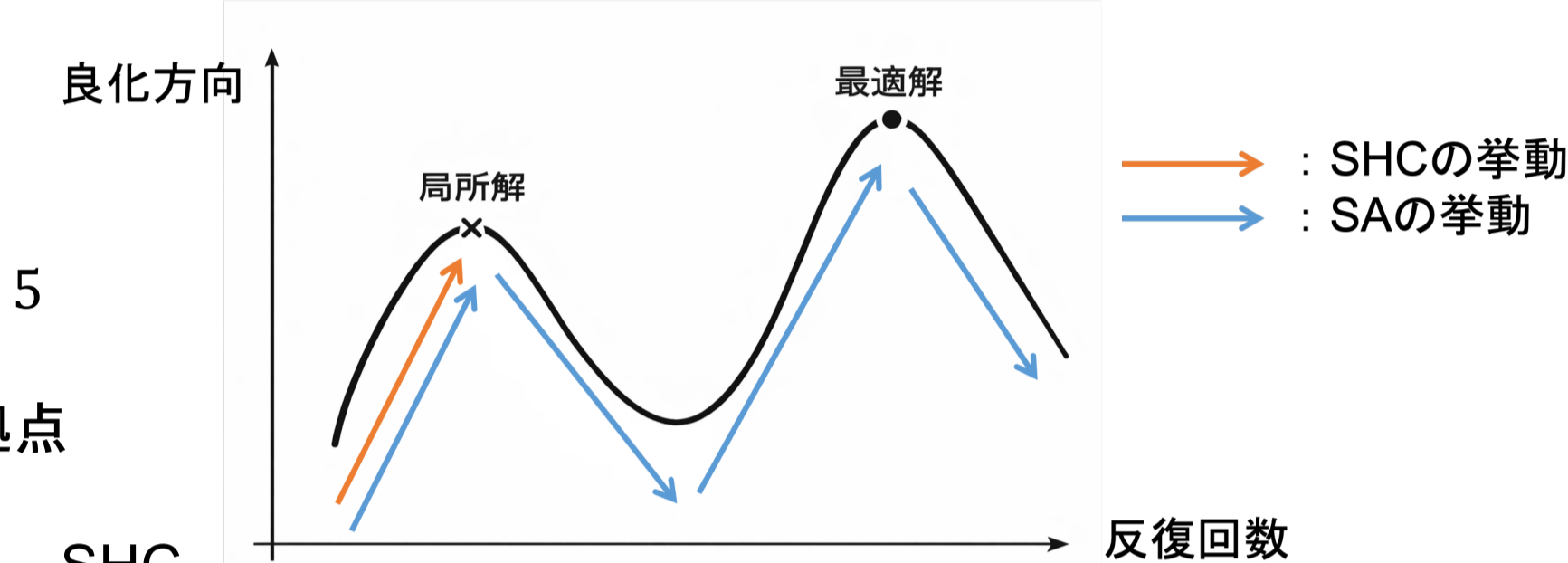
$$J = \sum_h \sum_i (\alpha TT_i^h + \beta W_i^h + \gamma U_i^h + \delta C_i^h)$$

- $TT$ : 充電対象のCS到着までの走行時間
- $W$ : 充電待ち時間の合計
- $U$ : 充電できなかったエネルギー量
- $C$ : 拠点+充電器の費用
- $h$ : 時間ステップNo
- $i$ : 車No
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ : 各パラメータの重み

## 提案手法の検証実験

### 実験設定

- 基本設定
  - 実験回数: 10
  - 対象時間: 9:00-21:00
  - 設置拠点数: 10
  - 1拠点あたり充電器台数: 5
  - 予算上限: 2.5億
  - 拠点固定費: 2000万円/拠点
  - 充電器費用: 150万円/台
  - 最適化アルゴリズム: SA, SHC



### 近傍生成

- 現配置を中心に京田辺市全体の10%サイズの正方形範囲を設定しその範囲内候補点への1拠点移動近傍を生成

### SAにおける温度スケジュール

- 初期受理率0.90に基づく初期温度設定(約 7420.31)
- 終端受理率0.01に基づく冷却率設定(約 0.9626)

### 充電行動

- 初期SoCが閾値以下の車両の充電対象化
- 充電対象車両の充電ステーションへの移動
- 充電完了後の本来目的地への復帰走行

### 1台あたりの充電時間

- 初期SoCから目標SoCまでの必要充電量に基づく充電時間算出
- 必要充電量を充電器1台で処理する単位サービス時間の定義

### 充電ステーション割当てロジック

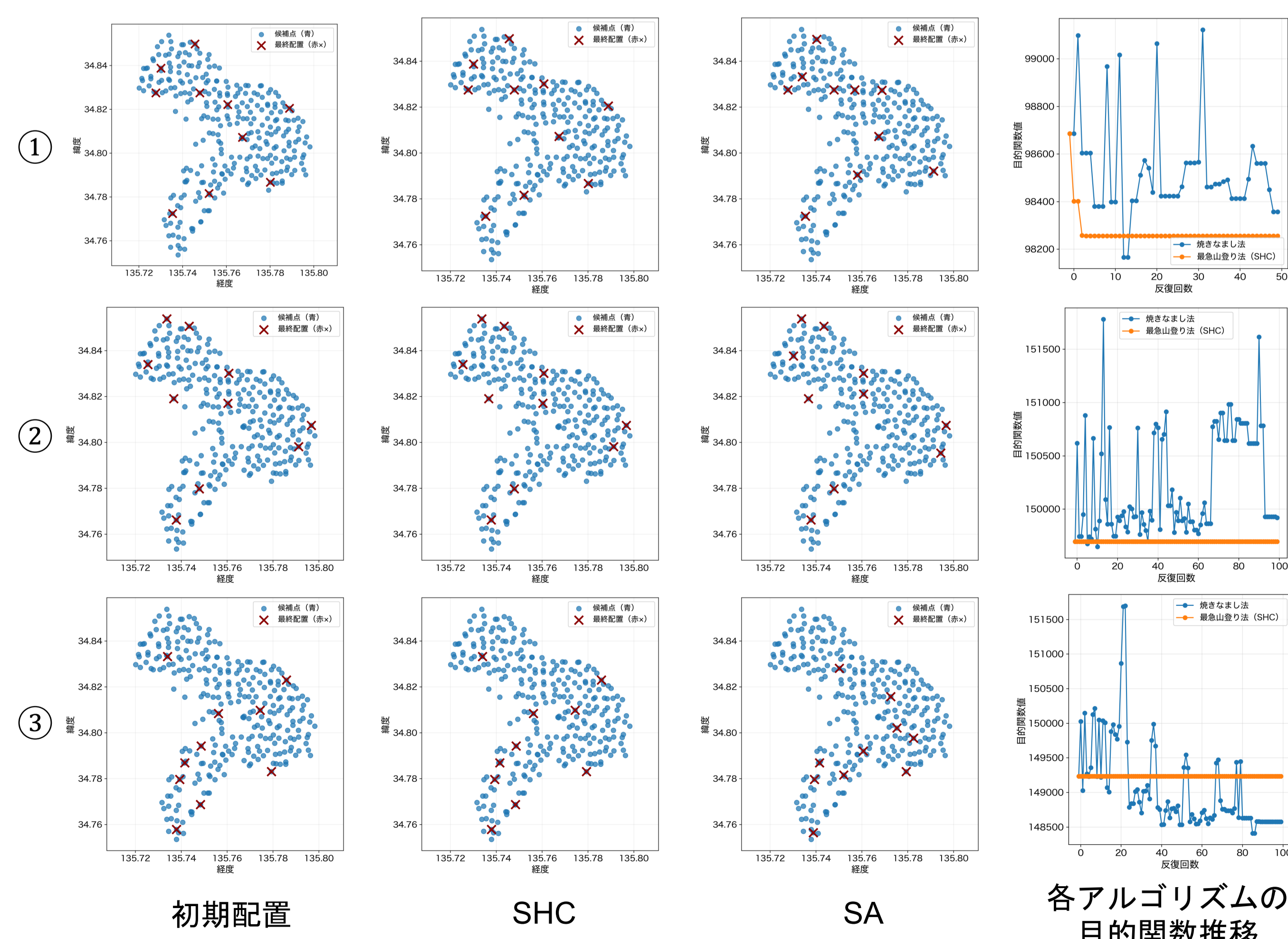
- 候補ステーションへの最近距離に基づく割当候補選定
- 走行時間・待ち時間・追加エネルギーを考慮した割当先決定
- 待ち上限超過時の再割当処理による代替最近充電ステーション選択

### 実行時間

- 本実験条件では, UXsimの実行1評価あたり約95秒を要し, SAおよびSHCを各100反復実行する1回の実行全体で約6時間を要する

### 実験結果

- 初期配置と各最適化アルゴリズムによる配置結果



- 各最適化アルゴリズムにおける目的関数値
  - 全10回ともSAがSHCの目的関数値を下回る