

## EVを用いた太陽光発電余剰電力活用シミュレータの開発

福田 暉次<sup>†</sup> 奈部和也<sup>†</sup> 齋藤正史<sup>†</sup> 小島千昭<sup>‡</sup> 榊原一紀<sup>‡</sup>浜下祐輔<sup>§</sup> 橋本茂男<sup>§</sup> 杉本仁志<sup>§</sup> 島田英俊<sup>§</sup><sup>†</sup>金沢工業大学 大学院工学研究科 <sup>‡</sup>富山県立大学 <sup>§</sup>北陸電力株式会社

## 1. はじめに

地域におけるマイクログリッドを実現<sup>[1]</sup>するためにEVを用いた太陽光発電余剰電力活用シミュレータを開発した.地域の太陽光発電の余剰電力をEVに積極充電してもらうことで,電力を有効活用するアルゴリズム開発のための基盤として使用可能である.本稿では,シミュレータの構成と動作について報告する.

## 2. 余剰電力活用のための充放電サービス

本システムのシナリオについて説明する.任意の地域における地域メッシュの中心点を交差点,中心点間のエッジを道路とするマンハッタンモデルの仮想道路が存在する.仮想道路を地域メッシュ道路と呼ぶこととする.

地域メッシュ道路における任意の北端-南端を結ぶ直線運行路をEVが6:00-20:00の間定時定速走行している. EVのバッテリー残量が,設定する任意の値を下回ったとき,EVはバッテリー残量を回復するために充放電ポイントへ向かい充電する.

充放電ポイントは太陽光発電(PV)余剰電力を販売しており,複数の適当な交差点と同じ場所と設定した.EVが向かう充放電ポイントについては,地域エネルギーマネジメントDB(以下,地域エネマネDB)から取得できる各充放電ポイントにおけるPV出力と電力需要などを用いて報酬最適化システムが決定する.道路の勾配,渋滞,信号は考慮していない.

シミュレータが想定するサービスを図1に示す.

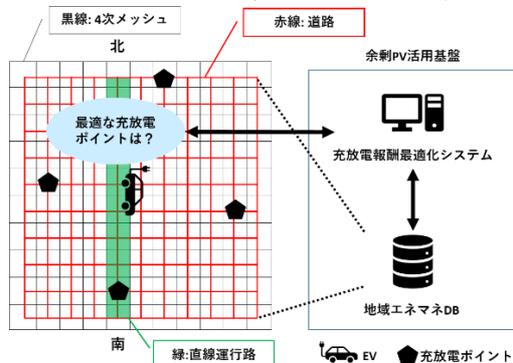


図1 余剰電力活用サービス

## Development of utilization of PV surplus electricity simulator

Eiji FUKUDA<sup>†</sup>, Kazunari NABE<sup>†</sup>, Chiaki KOJIMA<sup>‡</sup>, Kazutoshi SAKAKIBARA<sup>‡</sup>, Yusuke HAMASHITA<sup>§</sup>, Shigeo HASHIMOTO<sup>§</sup>, Hitoshi SUGIMOTO<sup>§</sup>, Hidetoshi SHIMADA<sup>§</sup>, Masashi SAITO<sup>†</sup><sup>†</sup>Graduate school of Engineering, Kanazawa Institute of Technology, <sup>‡</sup>Toyama Prefectural University,<sup>§</sup>Hokuriku Electric Power Company

図中の電気自動車は外部のMaaSからの情報を想定している.例えば,小田急電鉄とヴァル研究所などが進めるMaaS Japanといった自治体・サービス事業者が連携できるMaaSである<sup>[2]</sup>.

## 3. システムアーキテクチャ

## 3.1. 余剰PV活用基盤

余剰PV活用基盤は地域エネマネDB,充放電データ更新サーバ,充放電報酬最適化システム<sup>[3]</sup>の3つで構成される.地域エネマネDBには地域地図データとしての地域メッシュ道路と充放電ポイントにおける電力需要[kW],PV出力[kW]に関するデータが充放電データ更新サーバを通して記録される.本研究では時間短縮のため60倍速でシステムを動作させることにした.

MaaSを模擬する車両情報シミュレータ(EV)は時間,位置情報(メッシュコード),充電量を充放電データ更新サーバに通知している.本来であれば,車両情報シミュレータは充放電報酬最適化システムとのみ通信する.

## 3.2. 開発環境

開発環境の構築にはDockerを用いた.メイン開発言語はPython3,サーバ周辺の開発にはWebフレームワークFlaskを使用している.充放電報酬最適化の計算はMATLABを使用している.本稿では報酬最適化システムについて具体的に説明しない.

グラフ構造のデータを扱うため,地域エネマネDBにはNeo4jを採用した.Neo4jはグラフ構造のデータをモデリングが得意なNoSQLである.クエリ言語CypherQLを実行することでデータ同士の関係性を高速に検索することができる.構築したシミュレータの全体構成を図2に示す.

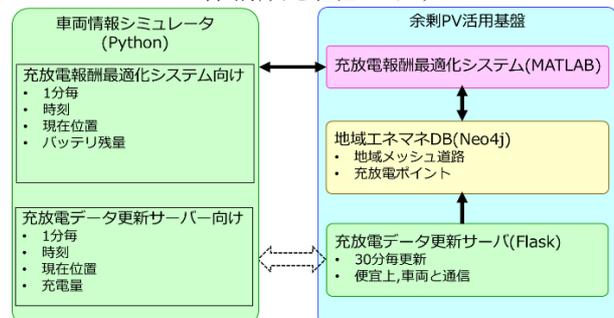


図2 余剰電力活用シミュレータの構成

## 4. 地域エネマネDB

### 4.1. 地域メッシュ道路

4次メッシュを使用して北陸のある地域のメッシュ道路のグラフをNeo4jに作成した。地域メッシュを用いることで実際の道路ネットワークを作成するよりも容易に抽象的な道路を表現することができる。ノードのプロパティには4次メッシュ中点の緯度経度,4次メッシュコードが記録され,リレーションシップのプロパティには交差点間距離が記録されている。

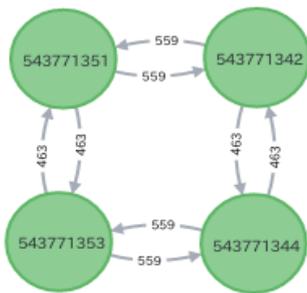


図3 地域メッシュ道路

交差点を表すノード456個(北端-南端38個,東端-西端12個),道路を表すリレーションシップ1724本(交差点間2本ずつ)を作成した。隣接する交差点間の距離は北-南関係のとき約462m,東-西関係のとき約559mである。

### 4.2. 充放電ポイント

本研究における充放電ポイントとなるメッシュの決定方法について説明する。ここで説明する決定方法に従う必要はなく,自由に充放電ポイントを決めてよい。本稿では,ある1日の実際の電力需要とPV出力の計測値を用いて決定した。電力需要とPV出力の差の2乗の和を算出し,値の大きい10箇所のメッシュを候補とした。

候補10箇所はエリア内北部の運行路沿いに集中していた。EVにエリア内を広く走行させるために10候補のうち最東西南北端に位置する4つのメッシュを充放電ポイントとした。充放電ポイントの電力需要(PD)およびPV出力(PPV)の数値を図4,5に示す。

北端・西端・南端の充放電ポイントは国道沿いに存在している人口密集地であるため,東端の電力需要は他3つと比較して極端に少ない。北端・西端におけるPV出力が南端・東端と比較して極端に少ない。これは,南端・東端にメガソーラが設置されているためである。

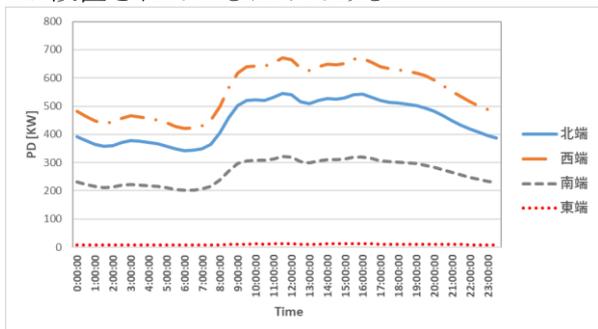


図4 充放電ポイントにおける電力需要

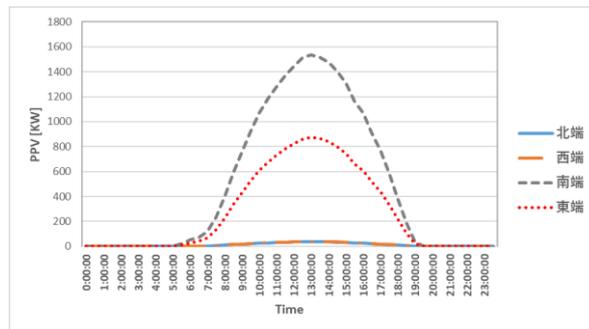


図5 充放電ポイントにおけるPV出力

充放電ポイントのプロパティには各メッシュにおける電力需要,PV出力,3時間後までの30分おきPV出力予測値が記録される。今回,PV出力の予測は行っていないため,PV出力予測値については3時間後までの30分ごとの実値とした。

車両情報シミュレータから充放電データ更新サーバに時刻,走行中のメッシュ,充電量を記したJSONを1分毎にPOSTする。充放電データ更新サーバは受信データを一時的に保持しておき,受信したJSONの時刻パラメータが00分または30分であったとき保持していた充電量の和を電力需要に加えて,新しい時刻の充放電ポイントのグラフを作成する。新規の充放電ポイントを作成し終わると保持していた値はリセットされる。

## 5. おわりに

地域における余剰PVをEV充電に活用した簡易なシミュレータを開発した。4次地域メッシュによる仮想的道路は実際の道路に比べて解像度の低いマップとなっているが,道路ネットワークを容易に作成でき位置情報をエリアごとに考えられるというメリットがある。

地域エネマネDBは地域における余剰PVと電力需要を提供し,EVの充放電報酬最適化システムは地域エネマネDBから得られるデータをもとにEVの車両情報シミュレータと地域における電力需要に最適な充放電ポイントを提示する。

今後は,開発した基盤を使用し,複数のシナリオをシミュレートし,地方都市における余剰電力の活用役に役立てる計画である。

### 参考文献

- [1] 中川二彦,満本祐太:PVとEVを用いた双方向エネルギーシステムの評価,日本エネルギー学会誌,Vol.93,No.8,pp.716-724(2014).
- [2] 小田急電鉄株式会社:心を動かすデータ基盤, MaaS Japan, <https://www.maasjapan.net/>.
- [3] 榊原一紀,玉置久:超スマート社会の実現に向けたエネルギーシステムのモデリング・最適化,第8回横幹連合コンファレンス.横幹連合,p.D-3-1(2017).