

電力モニタリングデータ解析による住宅の電力消費予測モデル

Residential Power Consumption Prediction Model Based on Power Monitoring Data Analysis

○平野 勇二郎^{*1}, 吉田 友紀子^{*2}, 鳴海 大典^{*3}, 佐藤 哲二^{*4}
Yujiro HIRANO^{*1}, Yukiko YOSHIDA^{*2}, Daisuke NARUMI^{*3} and Tetsuji SATO^{*4}

^{*1} 国立環境研究所社会システム領域 主幹研究員 博士(工学)

Chief Senior Researcher, National Institute for Environmental Studies, Social Systems Division, Dr. Eng.

^{*2} 茨城大学大学院理工学研究科 助教 博士(工学)

Assistant Professor, Graduate School of Sci. and Eng., Ibaraki University, Dr. Eng.

^{*3} 岡山大学大学院環境生命自然科学研究科 教授 博士(工学)

Professor, Graduate School of Env. and Life Sci., Okayama University, Dr. Eng.

^{*4} インフィニティテクノロジー株式会社

Infinity Technology Corp.

キーワード：エネルギー消費；電力モニタリング；統計解析；予測モデル

Keywords: Energy consumption; power monitoring; statistical analysis; prediction model.

1. はじめに

近年は脱炭素社会の実現に向けて、地域エネルギーマネジメントやエネルギー地産地消の実現が重要視されている。とくに太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーは地域資源として積極的に利活用すべき有益な資源であるが、発電量は天候等により変動するため、エネルギー需要の時間変化も踏まえた詳細な需給バランスの評価が必要である。その際、例えば空調・給湯用エネルギー消費などは気温の影響を強く受けるため、再生可能エネルギーとエネルギー需要の両方の変動を踏まえて評価する必要がある。しかしながら、従来の地域エネルギーマネジメントやエネルギー地産地消の実現に向けた事前評価では、原単位法などの比較的簡便な手法により需要側を想定することが一般的であった（例えば、福島県新地町¹⁾など）。この場合、原単位法では通常は原単位データとして固定値を用いるため、例えば空調用エネルギーなどの気象条件に依存する需要の変動は表現できない。したがって、気象の影響を受けやすい再生可能エネルギー導入時の需給バランス調整のポテンシャル評価には必ずしも十分とは言えない。

このため著者らはエネルギー消費原単位の季節変化から算定した気温感応度を用いて、気温変化の影響を踏まえた需要予測手法を構築した²⁾。ただし、この手法は計画段階での需要予測を想定しているものの、運用段階での直前までの不確実性を含んだ予測を表現していない。また、データの利用可能性などから適用性が制限され、一般的なユーザが利用可能な汎用的システムとして確立していると

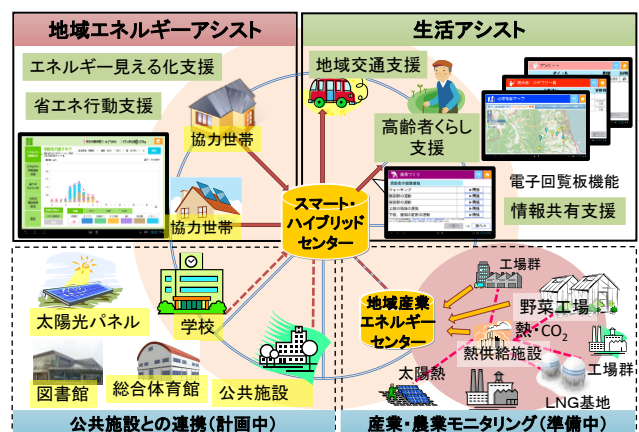
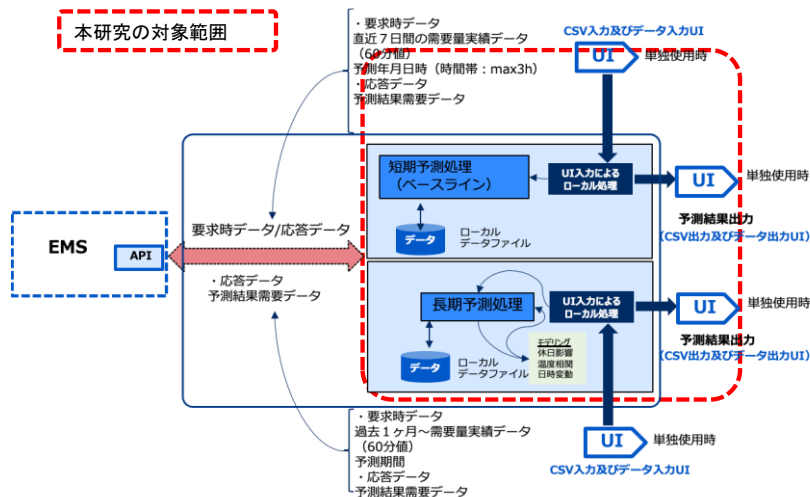


図1 新地町のくらしアシスト情報ネットワーク⁴⁾

は言えない。そこで本研究では、電力需要量データ・気温データに基づいた電力需要予測モデルのプロトタイプを作成し、利用性を検討した。

本研究では前報³⁾と同様に福島県新地町の住宅における電力モニタリングデータを利用した。新地町では環境・経済・社会の価値を高める「スマート・ハイブリットタウン構想」を提案し（図1）、内閣府による環境未来都市に選定された。この構想を実現するため、国立環境研究所は新地町と連携・協力に関する基本協定を締結し、地域 ICT システム「新地くらしアシストシステム」の研究開発と社会実証実験行なってきた⁴⁾。本研究で用いる電力モニタリングデータはこの一環として取得されたものである。



略語

EMS : Energy Management System

UI : User Interface

API : Application Programming Interface

図2 需要量予測モデルの全体構成

2. 需要量予測モデルの概要

図2に需要量予測モデルの構成, 図3に処理フローを示す。本モデルは、長期予測処理モジュールと短期予測処理モジュールで構成され、長期需要予測モジュールにて回帰分析、移動平均等の分析に基づいたモデリングを行い、モデリング結果をもとに長期需要予測を行う。また、短期予測処理モジュールにて平均化法 (High 4 of 5) による需要予測を行う。各々の対象とする予測期間は、長期予測モジュールは1日～12カ月、短期予測モジュールは当日最大3時間を想定する。

3. 長期需要予測モジュール

3.1. 長期需要予測モジュールの構成

図4に長期需要予測モジュールにおける需要モデルの構成を示す。需要モデルは、需要量時系列データ収集期間2017年1月1日～2018年11月30日の60分毎需要量時系列データに基づき、休日影響モデリング、日時変動モデリングを行なった。また、需要量時系列データに対応した気象データ (外気温データ) と需要量の関係进行分析のための気温・需要モデリングを行なった。気温データについては気象庁が提供するデータを使用し、需要量時系列データの収集期間及び対象地域と同一のデータを用いた。

3.2. 休日影響モデリング

曜日等による低周波成分を除去し、休日影響のモデル化による休日変動係数を求める。手順は次の通りである。

- ① 需要量について需要家毎・日毎に集計する。
- ② 休日データ (土曜、国民の休日、年末年始) を作成する。(需要量時系列データに該当する年月日のカレンダーより作成)
- ③ 3週間移動平均を計算する。
- ④ 各日の需要量を3週間移動平均で除することにより、

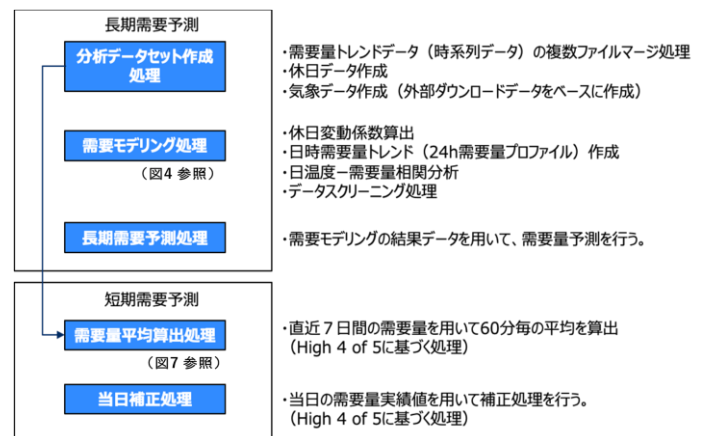


図3 電力需要量予測の処理フロー

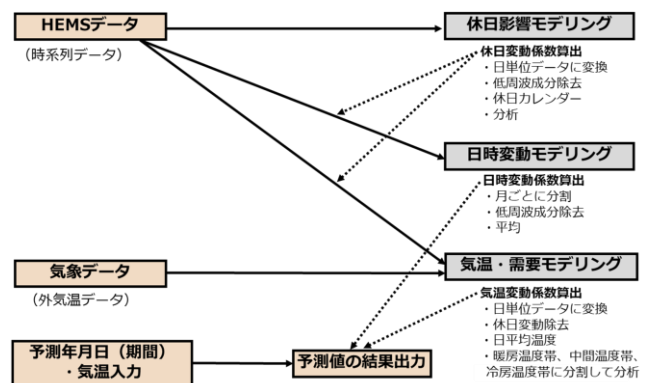


図4 長期需要予測における需要モデリング処理のフロー

低周波成分を除去する。

- ⑤ 休日かどうかについてノーマライズされた需要量を比較する。
- ⑥ 休日変動係数を算出する。

出力された休日変動係数ヒストグラムを図5に示す。上記にて平日変動係数は0.9919, 休日変動係数は1.0199と算定された。

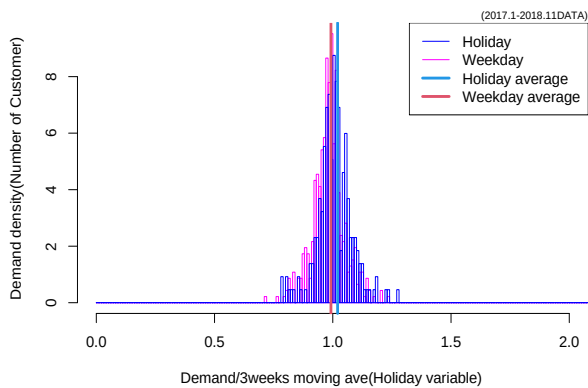


図5 休日変動係数ヒストグラム

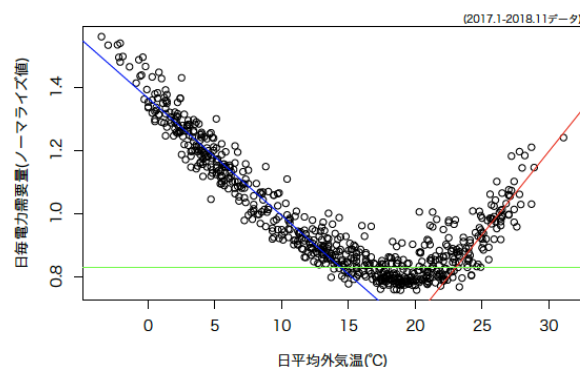


図6 外気温-電力需要量相関グラフ

3.3. 日時変動モデリング

休日の影響及び季節変動を考慮した日時変動をモデル化し、電力需要プロファイルを作成する。手順は次の通りである。

- ① 月・時で集計することにより、需要家・時間毎の平均値、需要家毎・日毎の平均値を算出する。
- ② ①の平均値を1日の合計値で除することにより、1日分の合計が1となるようにノーマライズする。

3.4. 気温・需要モデリング

気温と需要量をモデル化により、以下の手順にて気温変動係数を求める。手順は次の通りである。

- ① 需要家の地域及び需要量時系列データに対応する日平均気温データを取得（気象庁 HP より取得）
- ② 休日データ取得（需要量時系列データに該当する年月日のカレンダーより作成）
- ③ 需要家毎・日毎に集計したデータを休日変動係数で除算（休日の影響を除去）
- ④ 需要家毎の平均値を算出
- ⑤ ③の値を④の平均値で除算することによりノーマライズする。
- ⑥ データスクリーニング
- ⑦ 日毎の平均値を算出
- ⑧ 日平均気温一日毎の平均値の相関関係を求める。
- ⑨ 気温変動係数を算出する。

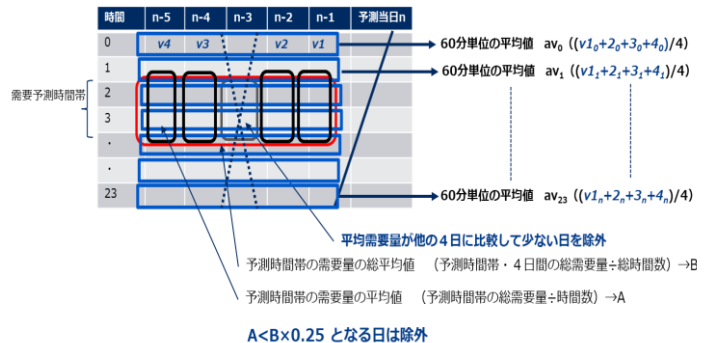


図7 短期需要予測に用いる平均法（High 4 for 5）

図6に出力された外気温 - 電力需要量の相関グラフを示す。図中の青、緑、赤で示された3つの直線から気温の影響を踏まえた需要予測が可能となる。

4. 短期需要予測モジュール

短期需要予測モジュールは、経済産業省のデマンドレスポンスにおけるベースライン算出の指針として提示されている平均法（High 4 for 5）に基づいて構成した。手法の概要を図7示す。なお、経済産業省の指針では30分毎電力需要量の計測値であるが、本検討では利用データの制約から60分値を用いた。

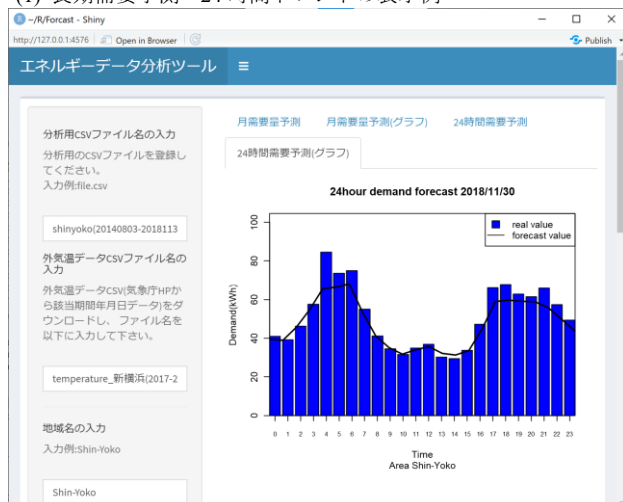
この手法では、需要予測日が平日の場合は、需要予測日の直近5日間（需要予測日は含まない）のうち、需要予測時間帯の平均需要量の多い4日間（High 4 for 5）の需要量を用いて、60分単位の需要量平均値を算出する。需要予測日が土曜日・日曜日・祝日の場合は、基本的には需要予測日の直近3日間(予測日当日を含まない)のうち、予測時間帯の平均需要量の多い2日間（High 2 of 3）の需要量データとする。ただし、除外日の条件等の詳細は紙面の都合でここでは省略する。

5. 需要予測プロトタイプ検証結果

本研究において構築した需要予測モデルによる計算結果の例を図8に示す。図8(1)は2018年11月30日の電力需要予測トレンドグラフである。この例では、需要予測指定日を2018年11月30日とし、日平均外気温は6.7℃、絶対平均誤差は3.94[kWh]、平均誤差率6.5%であった。図から朝晩の予測誤差が大きい傾向があり、朝晩の気温差が大きいと思われる。

また、図8(2)は2018年8月20日～12月20日の電力需要予測トレンドグラフの例である。ただし、この例では気温を月別値により設定したため、詳細な気温変動に伴う電力需要の変動は表現していない。運用段階の予測では気温設定の精度に限界があるが、この時間スケールでは実利洋上の大きな問題にはならない。一方、計画段階の予測モデルとして用いる場合は、より詳細な気温変動を実績値として入力できるため、より適切な予測が可能である。

(1) 長期需要予測 24 時間トレンドの表示例



(2) 長期需要予測 期間電力需要予測の表示例

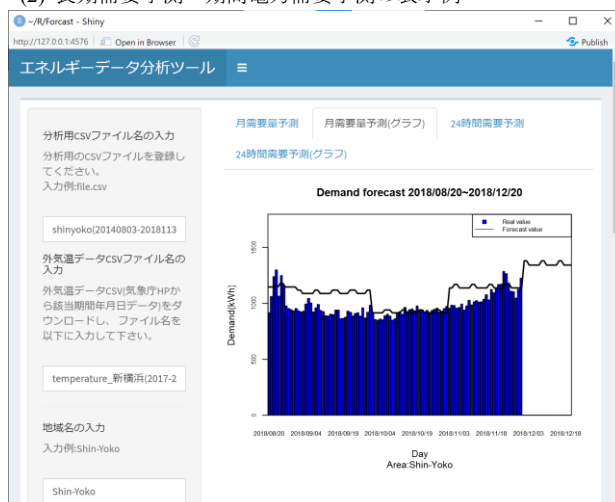


図 8 需要量予測モデルの画面表示例

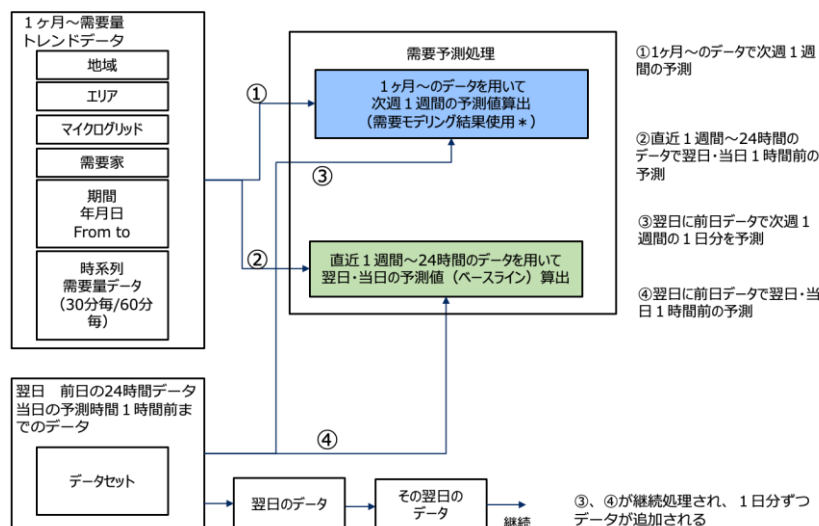


図 9 地域電力需要量予測の処理フロー

6. 今後の展望

今後は需要量予測モデルを EMS 及び需給マネジメントへ適用し、実利用に結び付ける。具体的には、図 9 の通りにモデルにより収集・蓄積される需要量時系列データを用い、短期需要予測を用いて次週の 7 日間の需要量を予測するシステムを構築する。これにより、週間における需給バランス状況を把握し、同様に短期需要予測処理を用いて、前日に翌日の状況及び 4 時間前に正確な需要状況を把握する。また、長期のエネルギー需給見通し、シミュレーション又は計画策定のために長期需要予測処理を用い、計画段階での活用方法についても検討を進める。

謝辞: 本研究は、文部科学省 大学の力を結集した、地域の脱炭素化加速のための基盤研究開発 JPJ010039, 日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (B) 課題番号 23H01546 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 福島県新地町、株式会社 UR リンケージ、株式会社 NTT ファシリティーズ、京葉プラントエンジニアリング株式会社、日本電気株式会社: 新地町 地産地消型エネルギー利用を核とした復興まちづくりマスタープラン策定事業。平成 28 年度 スマートコミュニティ導入促進事業『スマートコミュニティ・マスタープラン策定事業』、2017。
- 2) 平野勇二郎、牧誠也、中村省吾、藤田壮: 福島県新地町における統合的エネルギーモニタリング解析と電力消費量推定手法の構築、地球環境、27(1)、pp.31-40、2022
- 3) 平野勇二郎、中村省吾、戸川卓哉、五味馨、大場真、藤田壮、Lubashevskiy Vasily: 環境情報技術による復興まちづくり支援と地域コミュニティ活性化の事例、日本建築学会第 40 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.253-256、2017
- 4) 藤田壮、平野勇二郎: 福島からの新しいまちづくり-新地町の地域イノベーション-、土木学会誌、101(12)、pp.60-63、2016