

冬季電力需要の再現性向上にむけた都市気候・建物エネルギー連成数値モデルの改良

20T7-023 氏名 佐藤 優

指導教官：亀卦川 幸浩

1. 研究の背景

都市域の高密度化やエネルギー消費の増加に伴い、熱環境の変化は地球規模の問題となっている。都市域では都市ヒートアイランド現象が顕在化し、その支配的要因の一つである人工排熱の主な起源でもある電力需要の予測精度向上が求められる。また、東日本大震災以降、電力需給の逼迫を受け、節電、省エネルギー対策の推進が重視されており、電力需要予測の高精度化は電力の安定供給と経済的な系統運用にとって非常に重要な要素である。

2. 先行研究

気象モデルによる冬季の電力需要量の再現性の検証を目的とした先行研究¹⁾では、都市気候・建物エネルギーモデル(以降 CM-BEM)を用いて街区スケールの感度実験を行った。この際、電力需要量に影響を与えるパラメーターであると特定されたブラインド反射率や暖房設定温度等について着目し、領域気候・都市気候・建物エネルギー連成数値モデルを用い冬季2017年1月・2月の東京都市圏を対象に電力需要の広域再現性の検証が行われた。結果として、典型的な業務街区の1格子における電力需要の過小評価については改善傾向が見られたが、広域(東京23区)における電力需要については改善の傾向が見られなかった。また、両結果ともに朝方にスパイク状の不自然な電力需要量の過大評価が見られる結果となった。

冬季の業務街区における電力需要について広域での再現精度の低下、朝方の不自然な電力需要の過大評価が課題として残された。

3. モデル(WRF-CM-BEM)について

WRF-CM-BEMとは領域気象モデル(WRF)と都市キャノピーモデル(CM)、建物エネルギーモデル(BEM)の3つを結合したモデルである。WRFでは大気状態の初期条件等に用いる解析データや地形データなどが

ら上空の気象について計算が行われる。CMは都市キャノピー層を考慮しており、数百mの範囲で気温や風速、湿度といった街区の気象変動を予測することができる。BEMでは空調熱負荷や窓面透過日射、人体発熱量などから建物内の熱負荷を計算する。CMにより計算された気象要素の計算値から空調エネルギー消費量や空調排熱などを予測し、得られた排熱のデータはCMの計算過程で考慮される。

4. 研究目的

本研究では、先行研究¹⁾で課題として残された平日の業務街区における電力需要の朝方の現実とは異なる変動、広域における電力需要の再現精度の低下の解決を目的としている。

5. 研究手法

本研究は冬期2017年1月、2月の期間で平日の業務街区(神田地区)における電力需要についてCM-BEMを用いてオフライン計算を行った。先行研究で課題として挙げられた朝方のスパイク状の不自然な電力需要の過大評価については朝方の暖房運転のスケジュールが不連続であったことが原因であると推察された。これを受け本研究では先行研究¹⁾で用いた暖房運転のスケジュールをダブルスパイクに対応した時間帯について線形補間を行い暖房稼働率の立ち振る舞いが連続になるように変更を行った。また、典型的な業務街区である神田地区の電力需要量を高い精度で再現できるようにスケジュールの調整を行い、電力需要量についてオフライン計算を行った。神田地区におけるスケジュール調整後の電力需要量の日変化を以下の図1に示す。誤差指標として正規化された平均絶対誤差(nMAE)を用いたところnMAEは3.1%であった。

また、得られたスケジュールを適用し、WRF-CM-BEMを用い冬季2017年1月・2月の東京都市圏を対

象とした広域解析を行い平日の電力需要についての解析を行った。ここでの誤差指標もオフライン計算と同様に正規化された平均絶対誤差(nMAE)を用いた。

6. 解析結果

冬季の広域での平日の業務街区における電力需要量の解析結果について以下の図に示す。東京都市圏全体の業務街区を対象とした電力需要の再現性について朝方のダブルスパイクは改善されたが未だ朝方の過大評価が目立つ結果となった(図 2)。nMAE については先行研究が 19.2%、本研究では 16.4%と減少しており改善傾向であったが、誤差の大きい格子は増加した(図 3)。

7. まとめ・今後の展望

CM-BEM を用いて典型的な業務街区である神田地区においてチューニングを行った暖房運転のスケジュールを WRF-CM-BEM による冬季 2017 年 1 月・2 月の広域計算に適用し、電力需要の再現精度について解析した。結果として朝方のダブルスパイクは解消されたが、朝方の過大評価が未だ目立つ結果となった。また、全体的な電力需要量の再現精度は向上した一方で、大きく悪化する格子の数は増加する結果となった。本研究では神田地区のみを対象に電力需要量の再現精度を高めたスケジュールを適用し広域計算を行っている。広域解析領域における全業務街区(105 グリッド)の電力需要量の実測値の日変化は地区毎に多様であり(図 4)、神田地区の実測値の日変化(図 4 中の赤線)と似た変化をする地点もあれば大きく異なる地点も多い。しかしながら本研究では実測値の日変化を全てのグリッドにおいて神田地区と同様の挙動を示すと想定して広域計算を行なった。これが朝方の過大評価や実測値との誤差が大きいグリッドの増加の原因であると考えられる。

また、東京都市圏における業務街区の電力需要量の実測値の日変化についてクラスター分析を行ったところ変化の特徴をいくつかのグループに分けることができた。これより神田地区と同様にグループごとに対応したスケジュールの検討が広域での電力需要量の再現精度向上の今後の課題だと考えられる。

8. 参考文献

- 1) 平川剛士、明星大学 2022 年度卒業研究論文、東京都市圏を対象とした領域気候・都市気候・建物エネルギー連成数値モデルの冬季における検証

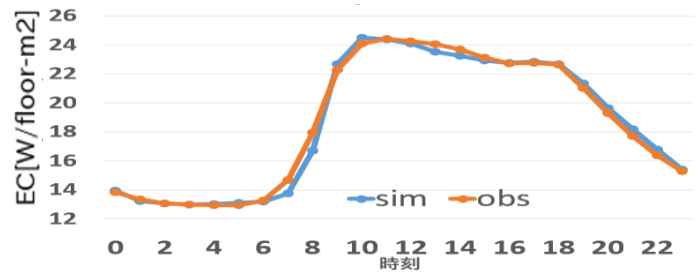


図 1 冬季の平日における業務街区(神田)の電力需要量の日変化

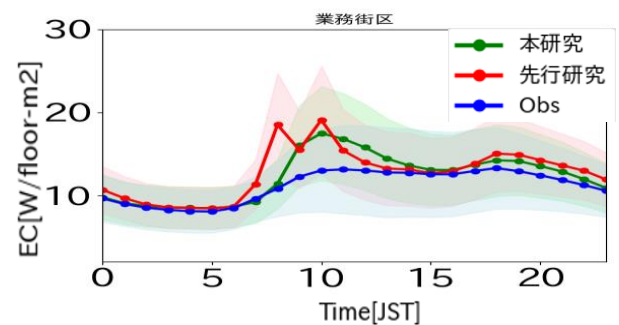


図 2 東京都市圏の全業務街区における電力需要日変化

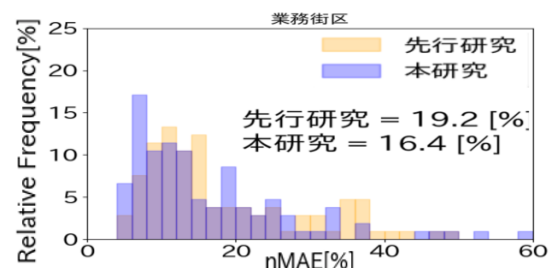


図 3 東京都市圏の業務街区における電力需要の再現誤差 (nMAE) のヒストグラム

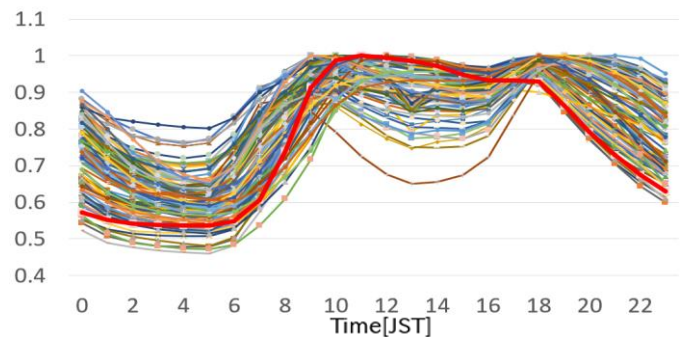


図 4 業務街区(105 地点)の電力需要の実測値の日変化

(赤線は神田地区を示す。縦軸は各街区での時別の電力需要を日最大値で正規化した比率を表す。)