

CM-BEM による冬期電力需要の再現性検証

21T7-030 坂谷 彩花

指導教員：亀卦川 幸浩

1. 研究の背景

都市域では都市ヒートアイランド現象が顕在化し、支配的要因で人工排熱の起源でもある電力需要の予測精度向上が求められる。東日本大震災以降、原子力発電所の停止や火力発電所の老朽化に伴う休止により、電力の逼迫が起こったため、節電や省エネルギー対策が重視されている。このことから、電力需要を高精度に予測することは安定的な供給と経済的な系統運用において重要な要素である。

2. 先行研究

CO₂排出量及び人工排熱量の高精度推計手法の開発を目的とした先行研究¹⁾では、領域気候・都市気候・建物エネルギー連成数値モデル WRF-CM-BEM を用いた 2017 年 1 月から 2 月の冬季における東京での業務街区、集合住宅街区、戸建住宅街区の 3 街区において電力需要の再現性の検証が指導教官らによって行われた。その結果、集合住宅街区及び戸建住宅街区では電力需要が良好に再現されたが、業務街区では昼間の電力需要が 20%ほど過小評価された。

以上の業務街区における冬季電力需要の再現精度低下の解決を目的とした先行研究²⁾では、典型的な業務街区である神田地区を対象に、電力需要の計算結果に支配的な影響をもたらす入力パラメータとしての暖房運転スケジュールが見直された。その結果、神田地区のみを対象とした検証では WRF-CM-BEM による電力需要量日変化の再現精度が顕著に改善された。一方で、東京都市圏全体の業務街区を対象とした広域検証では、都心部に集中している業務街区は正規化された平均絶対誤差(nMAE)の減少が顕著に表れたが、23 区及び都心から離れた業務街区の一部と郊外の

業務街区は nMAE の値が高い格子の増加が確認でき、都心の業務街区と比較して nMAE の増加傾向が表れ、再現精度が低下した。

冬季の業務街区における各地域の電力需要量の再現精度の低下が課題として残された。

3. モデルについて

CM-BEM とは都市キャノピーモデル(CM)と建物エネルギーモデル(BEM)の 2 つを結合したモデルである。CM で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を CM の計算過程で考慮される。

4. 研究目的

本研究では、先行研究で課題として残された平日の業務街区における各地域の電力需要量の再現精度の向上を目的としている。

5. 研究手法

本研究では、2017 年 1 月から 2 月の冬季期間で平日の業務街区における電力需要量を CM-BEM を用いて計算した。先行研究で課題とされた電力需要量の広域再現性については神田地域の暖房運転スケジュールのみを採用したことが原因であると推測された²⁾。その上で、本研究では暖房運転スケジュール、ブラインド反射率、窓面積率、暖房設定温度、暖房熱源機器の駆動エネルギーの構成（都市ガスと電気の構成比；以降、ガス・電気比率）の各パラメータの設定を変更し、クラス

ター分析に基づき電力需要の日変化の特徴に照らし代表的と考えられる5街区で感度実験を行い、実測値(東京電力管内の電力需要量データ)とパラメータ変更前・変更後の平均のMAEを以下の表1、2に示す。

表1. 各パラメータ変更

パラメータ	変更前	変更後	
暖房運転スケジュール	Kanda	Max	Allmax
ブラインド反射率	0.80 ²⁾	0.51 ¹⁾	
窓面積率	0.20 ²⁾	0.33 ¹⁾	
暖房設定温度	25°C ²⁾	23°C ¹⁾	
ガス・電気比率	全国 ²⁾	関東圏 ³⁾	

表2. 各パラメータ変更前、後の各ケースにおける5街区の平均のMAE (W/floor-m²)

	変更前 MAE	変更後 MAE	
暖房運転 スケジュール	2.241 (Kanda)	4.490 (Max)	1.473 (Allmax)
ブラインド反射率		1.968	
窓面積率		2.730	
暖房設定温度		1.921	
ガス・電気比率		3.404	

その結果、電力需要量に対する影響が大きいパラメータとして、暖房運転スケジュールとガス・電気比率が特定された。そのため、ガス・電気比率は先行研究²⁾の全国の数値から計算対象である東京を含む関東圏の数値を採用した。その上で、暖房運転スケジュールについて、先行研究で用いられた神田地区の暖房運転スケジュール(Kanda)に加えて、新たに各街区の時間ごとの電力需要量の最大値で正規化した暖房運転スケジュール(Max)、業務街区全街区の時間ごとの電力需要量の最大値1つで正規化した暖房運転スケジュール(Allmax)を考案した。以上の暖房運転スケジュールの設定方法の妥当性を検証するために対象街区を16街区へ増やし、ガス・電気比率を関東圏設定に固定した上で、ブラインド反射率・窓面積率・暖房設定温度を表1の変更前の設定に固定

した。以上の条件の下で、3通りの暖房運転スケジュールに基づく3×16=48ケースのCM-BEMによる数値実験を行い、実測値と各暖房運転スケジュールとの平均のMAEを算出した。

6. 解析結果

冬季業務街区の平日における電力需要量の解析結果を以下の表3に示す。解析の結果、MAEが最も低かったことから、電力需要量の再現性が高い暖房運転スケジュールはAllmaxであることが明らかになった。

表3. スケジュールの各ケースにおける16街区平均のMAE (W/floor-m²)

	Kanda	Max	Allmax
MAE	2.899	5.621	2.338

7. まとめ・今後の展望

CM-BEMを用いて2017年1月から2月の冬季期間で平日の業務街区である5街区について感度実験を行った。その結果、暖房運転スケジュール以外の各パラメータの設定を適用し、16街区で暖房運転スケジュールの検討を行い、電力需要量の再現精度について解析した。結果として、MAEが最も低かったAllmaxの暖房運転スケジュールが優位であると明らかになった。以上からガス・電気比率の変更、街区ごとの暖房運転スケジュール設定により電力需要の再現性向上が考えられる。

今後の課題として、本研究から、再設定したガス・電気比率と暖房運転スケジュールを基に広域で解析した場合の再現性が向上しているかの検証が必要であると考えられる。

8. 参考文献

- 1) 原 政之他8名,環境研究推進費 1-1909, 2022
- 2) 佐藤優,明星大学理工学部環境科学系 2023年度卒業研究論文, 2024
- 3) Yamaguchi Y., et al, Energy and Buildings Vol.152, pp. 458-471, 2017.