

室内熱環境の再現性に着目した都市気候・建物エネルギー連成モデルの検証

明星大学 理工学部 総合理工学科 環境・生態学系 学部 4 年 14t7-007 石橋 悠司
指導教官 亀卦川 幸浩

1.研究背景

近年、地球温暖化やヒートアイランド現象等の気候変動が確認されている。これによる悪影響は地球環境のみならず、特に都市域において熱中症や睡眠障害といった健康被害の増加をもたらしている。以上の健康被害の多くは建物内で発生している。例として、我が国における熱中症死亡者数が最も多い平成 22 年の熱中症死亡者数データによると、熱中症死亡者の 45.6%は屋内で発症していた¹⁾。冷房の普及途上にあるアジアの大都市でも同様の健康被害の増加が懸念される。

以上の問題に関連し、数値気象モデルを活用した研究が近年進展を見せつつある。これは、近年の数値気象モデルが発展を遂げ、都市スケールの気象計算において屋外だけでなく室温等の屋内熱環境までも予測可能となりつつある事が関係している。数値気象モデルで都市域の屋内熱環境まで予測できれば、将来の気候変動に伴う健康被害の予測や、その軽減対策の評価にも適用可能である。指導教員の研究グループは都市キャノピー・建物エネルギー連成モデル(CM-BEM)と米国のメソスケール気象モデル(WRF)の結合モデル(WRF-CM-BEM)を開発し、日射量や外気温等の精度検証などを行ってきた。例として、亀卦川他²⁾では WRF-CM-BEM を 2013 年夏季の大阪に適用し、変電所供給区域毎の地域電力需要量の再現性を実測資料との比較により検証した。その結果、WRF-CM-BEM による地域電力需要量の再現精度は、業務区域にて誤差 10%前後と良好である一方、住宅地区では誤差 40%程度の過大評価であり、住居に多い建物部分空調を陽に考慮する方向へ BEM を改良し、更なる精度改善が今後必要と指摘されている。この問題を受け、指導教員の研究グループは BEM の改良に着手した。改良後の BEM を検証する為に、室温等の建物内熱環境の計測デ

ータが必要であるも、当該データの不足により WRF-CM-BEM による室内熱環境の予測精度は未検証であった。

2.研究目的

本研究では東京大学との共同研究により、大阪市・堺市・ジャカルタに立地する計 66 軒の住居を対象に室内熱環境(温度・湿度)を観測し、測定データとモデル計算データの比較により WRF-CM-BEM による室内熱環境の予測精度の検証、並びに改善を目的とした。

3.研究手法

3.1 使用気象モデル(WRF-CM-BEM)について

WRF は米国で開発され公開されている次世代の高精度気象予測のための気象モデルである。一方、CM は都市キャノピー層における気温、湿度、風速の時間変動を建物による力学抵抗や人工排熱源の分布等を考慮し計算可能な鉛直 1 次元の街区スケール気象モデルである。また、CM による建物周りの気象条件を境界条件とし、建物の熱収支を計算するモデルが BEM である。BEM は建物を一つの BOX と近似し、空調熱負荷を含む建物の熱収支計算を行う。窓面透過日射、壁体貫流熱、換気侵入熱、内部発熱量を計算することで空調熱負荷を求める。この熱負荷を冷房排熱としてキャノピー層に排出することにより CM で計算される気温や湿度の変化へと反映される。以上の 3 つのモデルを結合することにより気温・湿度・風速・風向等の気象要素と建物エネルギー需要を同時にシミュレート可能にしている。

3.2 室内熱環境の観測

本研究では、大阪市 33 軒・堺市 16 軒・ジャカルタ 17 軒の計 66 軒の住居を対象に室内熱環境

(空調室・非空調室の室温、湿度)の実測データを収集した。観測期間は、大阪市・堺市においては2017年7月10日～8月20日、ジャカルタにおいては同年9月17日～11月10日であった。

3.3 シミュレーション概要及び解析方法

観測地域にWRF-CM-BEMを適用し、シミュレーションを実施した。本研究では、観測で計算格子内に一番多くのデータが収集できた大阪市鶴見区を対象に解析を行った。同地区で解析対象とした計算格子内には、木造戸建住宅(以降戸建)が6軒、非木造集合住宅(以降集合)が12軒立地しており、それらの住宅で測定された室温等を格子内で平均した後、シミュレーション値との比較に用いた。シミュレーションの住宅条件は木造・非木造の2パターンで行った。また、本研究では1,2階を対象に解析を行った。

4.解析結果

図1は戸建・集合の構造別に1,2階における非空調室、空調室の室温(1時間値)について実測と計算値の比較を行ったものである。また、表1には同様の区分で室温の再現精度をRMSEとMBEの誤差指標を用い表した。図1より非空調室の室温予測の誤差として、戸建では一部の時間帯で過大評価、集合では全体的な過大評価が確認できた。また非空調室において1階と2階の室温差に着目すると、戸建は実測値で確認できる1階より2階の室温が高い傾向が再現される時間帯が存在した。集合は実測値で確認できる1階より2階の非空調室の室温が低い傾向はモデルにより再現不可能であった。

5.まとめ

空調室の室温はRMSEでみて1.6°C以内に収まり良好な再現性が確認できた。空調室の室温の精度は空調スケジュール等の計算条件を現実近づけることで、更に改善可能である。しかし、非空調室の室温に関しては、RMSEでみて3.4～

6.2°Cの程度の誤差、MBEでみて2.2～5.9°Cの過大評価が確認された。この非空調室の過大評価の原因解明及び改善を行う必要がある。そこで、非空調室の精度向上へ向け、戸建では煙突効果の導入、集合ではBEMでシミュレートされた熱収支の確認等により改良案の検討及び改良を行う。

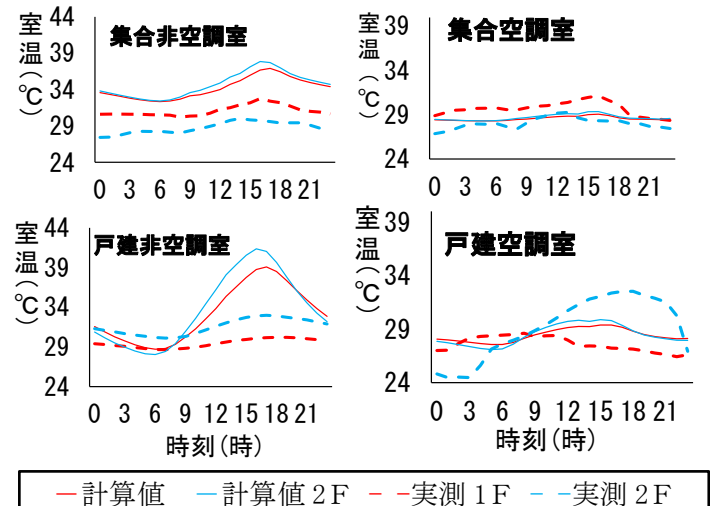


図1.戸建および集合住宅の空調室・非空調室における室温の再現性(大阪市での解析例)

表1.WRF-CM-BEMによる住居室温の再現精度

構造	階	非空調(室温)		空調(室温)	
		RMSE(°C)	MBE(°C)	RMSE(°C)	MBE(°C)
戸建	1F	4.40	3.04	1.40	0.98
	2F	4.56	2.23	1.60	-0.26
集合	1F	3.44	3.10	1.42	-1.13
	2F	6.23	5.92	1.18	0.66

RMSE: Root Mean Squared Error, MBE: Mean Bias Error

6.モデル改良への考察と展望

戸建においては煙突効果を導入し、1階より2階の室温が高い傾向をより現実的に再現可能となることが期待できる。一方、戸建・集合住宅において顕著である室温過大予測の原因とその解決策については、更に探究を行う必要がある。

参考文献

- 厚生労働省 平成22年の熱中症による死亡者数について、<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001g7ag.html> (アクセス日 2017/9/24).
- 亀卦川他6名, 土木学会論文集G(環境), vol. 73(2017), No. 2, pp. 57-69.