

エージェントシミュレーションを用いた ビル居住環境シミュレータの開発

村上嵩大*

妻鹿利宏†

久代紀之‡

1 背景

近年、オフィスビルなどの空調制御では電力の需要家側で空調の消費電力を制御することが求められており、消費電力の削減だけでなく居住者の快適性を考慮した制御が目指されている。そのような背景から先行研究 [1] では、ビル内空間においてどのような空間の特性が消費電力に影響を与えているかを把握しそれに合わせた空調制御を設計する研究が行われている。しかし、どの空調を何度に設定するかといった具体的な空調制御パラメータの決定は人の手で行われているため、未検証のまま実運転してしまうことによる居住者の快適性を下げるといった問題がある。本研究では具体的な空調制御パラメータ決定のための室内の温熱環境を把握することを目的としてマルチエージェントシミュレーションを用いたビル居住環境シミュレータを開発する。

2 シミュレーションのコンセプト

開発するシミュレータは先行研究 [1] の予測ツールへフィードバックすることを想定しておりビルデータから得られる初期値だけで室内の温熱環境をシミュレーションできることをコンセプトとしている。少ないパラメータで複雑な熱の相互作用を表現するためにエージェントシミュレーションによって3つのモデルで定式化を行い、新たなモデルの熱伝播時定数を定めるためにサーモカメラを利用した測定方法を開発した。

3 実現のためのエージェントモデル

室内の温熱環境を熱の相互作用でシミュレーションするために、空間エージェント、空調エージェント、熱荷エージェント、障害物エージェントの4つの主要なエージェントを定義しこれらの相互作用を以下のモデルで定式化した。

(1) 熱交換モデル

空間エージェント同士の熱伝播をモデル化したもの

(2) 対流熱モデル

空調から放出される風による対流熱を相互作用で表現するために熱荷という周囲にエネルギーを伝える粒子の概念を取り入れモデル化を行う。空調から熱荷が放出され、周囲のエージェントと熱伝播が起こる

(3) 放射熱モデル

壁の蓄熱や窓の放射熱（障害物エージェント）などの熱源として熱を放出するものの熱伝播をモデル化したもの。

これらのモデルは全て各エージェントと温度差に比例したエネルギーを伝播する。

4 エージェント定数同定のための基礎実験

提案したモデルの熱伝播時定数を定めるためにサーモカメラを利用して温度の時間変化を分析した。その実験の様子を図1に示す。

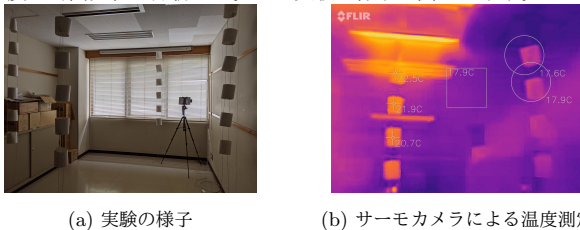


図 1: 時定数同定実験

図 1a は同定実験の様子を表したもので天井から等間隔に紙を吊るしサーモカメラで図 1b のように温度の時間変化を撮影した。同定した結果は下表 1 のようになった。単位は $[J/K \cdot s]$ である。

表 1: パラメータ同定結果

空間の熱交換量	窓の放射熱	壁の放射熱	対流熱
0.10	0.23	0.13	0.24

5 エージェントシミュレーションを用いた居住空間シミュレータ

開発したシミュレータを下記の図 2 に示す。

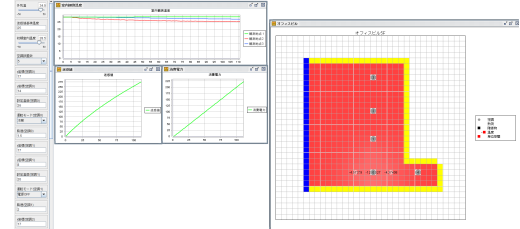


図 2: 開発したシミュレータ

右の図は実際のオフィスビルのフロアを表しており青い部分が窓、黄色の部分が壁、室内の赤い部分が単位空間を表す。5つある灰色の丸が空調を示している。室内の単位空間中で3か所を選び室内温度として観測している。中央のグラフは観測温度の室内温度(上)、快適度を示す迷惑値(左下)、消費電力(右下)をそれぞれ示している。左のコントロールパネルから空調の設定温度や風速などのパラメータを制御できる。

6 シミュレーション精度の評価

3、4章から設計したシミュレーションの精度を実証実験データと比較することで評価を行った。実証実験と同一状況を作成し、同じ観測地点の温度を計測しグラフにしたものを図3に示す。8/9の0:30~8/15の23:30までのデータを利用した。その一部である8/9日の結果を示す。

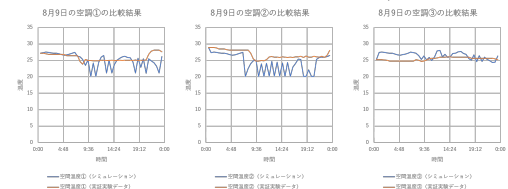


図 3: 比較結果

シミュレーション結果の方が温度変化が速いことが確認できる。この原因として

- ・放射熱を発生するエージェントが少ない

- ・外気温の影響が大きい

- ・仮定して設定した空調の吹出温度によるもの

であると考えている。したがって、障害物エージェントを増やすなどを行うことでモデルを精緻化していくことを考えている。

7 まとめと今後

本研究では、ビルデータのみという制約下で室内の熱の時間的推移をエージェントシミュレーションでモデル化しモデルのパラメータをサーモカメラで同定することで空調制御パラメータ決定支援のためのシミュレータを開発した。実際の熱伝播状況に近い挙動を確認でき、機能的にも実用化の観点から支援ツールとしても期待できる。今後は6章の結果からよりモデルを精緻化し実際のビルシステムへの導入による効果検証を検討している。

参考文献

- [1] Noriyuki Kushiuro, Ami Fukuda, Masatada Kawatsu, Toshihiro Mega. Predict Electric Power Demand with Extended Goal Graph and Heterogeneous Mixture Modeling. Information 2019, 10(4), 134;

* 九州工業大学情報工学部 4 年

† 三菱電機ビルテクノサービス株式会社

‡ 九州工業大学情報工学研究院