

建築シミュレーションにおける 居住者による環境調節行為の再現



研究ノート

羽原 宏美*

Modeling of Occupant Environment Control Behavior
in Building Simulation

Key Words : Occupant Environment Control Behavior, Building Simulation,
Energy Conservation, Residential House

1. はじめに

我々は、日々の生活の中で窓を開ける、エアコンをつけるなど、何かしらの行動を起こし、室内環境を調節している。こうした居住者の環境調節行為は、暖冷房エネルギーに影響を与えるということは想像にたやすい。一方で、住宅においては年間エネルギー消費の約26%が暖冷房用途であり、また夏期電力需要ピーク時における消費電力の約53%が冷房によるものである。従って、住宅のエネルギーを分析・評価する上で、居住者の環境調節行為は極めて重要な要素となる。しかし、建築シミュレーションにおいてその再現が試みられるようになったのはここ数十年のことである。それより以前は、窓や室内ドアなどの開口は閉じたままの状態を仮定し、暖冷房の運転タイムスケジュールを与えて計算するというのが一般的な方法であった。近年、計算機の性能が飛躍的に向上したことや、地球温暖化などの環境問題に対して居住者の行為が対策メニューとしてあげられるようになったことなどの理由から建築シミュレーションにおいて居住者による環境調節行為をどうモデル化していくかが大きな課題となった。

本研究では、住宅における居住者の環境調節行為のうち、夏期における通風(窓開け)と冷房の使い分けを建築シミュレーションにおいて再現することを検討してきた。本稿では、暖冷房の使用実態調査

¹⁾²⁾と、その結果に基づき構築した室内環境調節行為モデル²⁾の概要を述べる。また、行為モデルの適用によるシミュレーションの一例を示す。

2. 暖冷房の使用実態調査¹⁾²⁾

2.1 調査の概要

東大阪市と大阪市の一般住戸を対象として、居間と寝室における暖冷房の使用実態調査を行った。調査対象住戸数は、居間の冷房が49戸、寝室の冷房が30戸、居間の暖房が19戸であった。1住戸につき温度センサーを2つ配布し、室温とエアコン吹出口温度を計測した。このうち、エアコン吹出口温度については、温度の変化からエアコンのオン・オフ操作を抽出するために使用した。

2.2 暖冷房オン・オフ操作の生起条件

実態調査結果より、暖冷房のオン操作が生起した時の室温を整理したところ、オン操作生起時の室温が時間帯により異なることが分かり、時間帯を次のように区分することができた。

冷房期

- ・朝方・就寝前：6～10時、21～23時
- ・昼間・夕方：11～20時
- ・就寝時：22～翌7時

暖房期：

- ・朝方：6～10時
- ・昼間・夕方・就寝前：11～23時

時間帯区分ごとにオン操作生起割合と室温の関係を整理した結果を図1に示す。図のように、オン操作生起時の室温には時間帯区分により明確な差が見られ、その差は1～2であった。この原因として、冷房期においては、“朝方・就寝前”と“就寝時”では、低い室温であっても習慣的にオン操作が行われやすいことが考えられる。また、“就寝時”には居住者の室内温熱環境に対する要求レベルが高くな



*Hiromi HABARA

1977年7月生
大阪大学大学院工学研究科 環境工学専攻 博士後期課程修了(2006年)
現在、大阪大学大学院工学研究科 助教
博士(工学) 建築環境・設備
TEL: 06-6879-7664
FAX: 06-6879-7664
E-mail: habara@wakate.frc.eng.

osaka-u.ac.jp

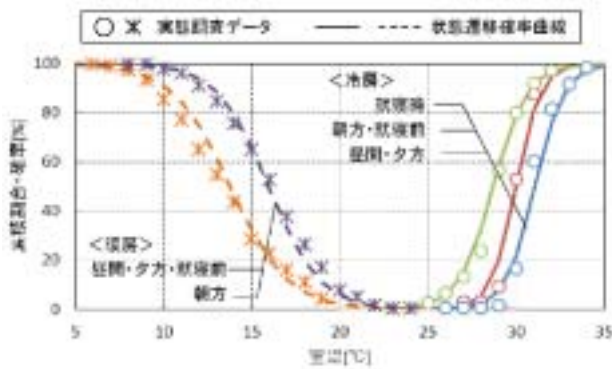


図1 オン操作生起割合と室温の関係

ることが推察される。“昼間・夕方”では、在宅者数が少なく、冷房使用を我慢することがあげられる。暖房期においては、比較的低い室温が発生しやすい“朝方”にオン操作の生起が集中することが影響していると考えられる。

一方、オフ操作については、外気温や室温との関連性はみられず、退室などの生活行為が主たる判断基準として作用していると考えられた。

3. 居住者による環境調節行為のモデル化²⁾

室内温熱環境調節行為モデルは、『居住者は現時刻において自身のおかれている温熱環境やエアコン稼働状況、窓の開閉状況を判断し、次の時刻の行為を決定する』、『不快を感じない限り現時刻の状態を維持する』という前提に基づいて構築した。構築した行為モデルのフローを図2に示す。本モデルは、前節の暖冷房使用実態調査結果から導出した暖冷房のオフ状態からオン状態への状態遷移確率により、居住者の環境調節行為を確率的に与えることができる。状態遷移確率は、以下の式で示されるシグモイド関数により導出した。

$$P(t) = \frac{1}{1 + a^{-(t-t_0)}} \quad (1)$$

ここで、 $P(t)$: 温度 t に対する状態遷移確率、 a : 曲線の勾配、 t_0 : $P(t) = 50\%$ の温度である。前項の結果を用いて、最小2乗法により関数のパラメータの同定を行った結果を表1に示す。

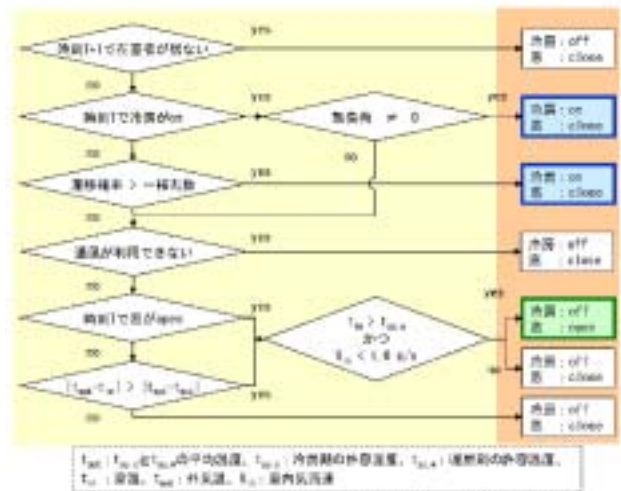


図2 室内環境調節行為モデルのフロー

表1 パラメータ同定結果

時間帯区分	シグモイド関数のパラメータ		決定係数	許容温度 P(t)=0.2	
	a	t_0			
冷房期	朝方・就寝前	4.20	30.0	0.9993	23.0
	昼間・夕方	3.35	31.0	0.9998	23.9
	就寝時	2.61	26.7	0.9998	27.4
暖房期	朝方	0.55	13.8	0.9997	15.1
	昼間・夕方・就寝前	0.50	16.0	0.9999	18.0

4. 環境調節行為モデルの適用による冷房エネルギー消費の予測

4.1 シミュレーションモデルの概要

前節に示した室内温熱環境調節行為モデルを組み入れることで通風を行う住宅の空調エネルギー消費を予測するモデル「SCIENCE_vent」³⁾を構築した。予測手法の概要を図3に示す。本予測手法では、まず、室内環境調節行為モデルにより、居住者による窓・室内ドアおよびエアコンに対する操作が決定される。次に、決定された操作により形成される環境について、換気モデルでは通風や隙間風による換気量が、熱モデルでは伝熱計算により室温や熱負荷が求まる。さらに、冷房時にはエアコンモデルにより機器特性を考慮して熱負荷から消費電力が予測される。これらのモデルにCFDモデルや放射計算モデルを組み合わせることで、街区や建物の形状による屋内外の放射場・気流場への影響も考慮できる。

4.2 計算対象の設定

延べ床面積 126m²で2階建ての木造戸建住宅に4人家族(夫婦とその子2人)が住まうものとし、在

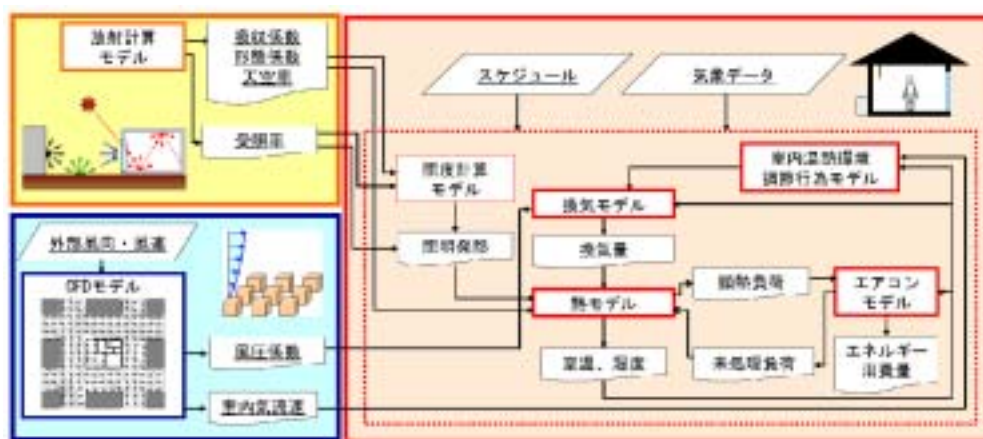


図3 住宅の暖冷房エネルギー消費予測手法「SCIENCE_vent」の概要

室や家電機器動作のスケジュールを想定した。住宅の断熱仕様や気密性能は、既存住宅の平均的な性能（旧省エネ基準相当）となるように設定した。室内温熱環境調節行為については、以下の2条件を設定した。

- ・通風なし：居住者はエアコンのみで室内環境を調節する。
- ・通風あり：居住者は通風とエアコンを使い分けて室内環境を調節する。

なお、両条件ともエアコン使用時の設定温度は26とした。気象条件は、過去10年間で平均的な気候であった2005年とし、7～9月の3か月間を評価期間とした。

4.3 通風による省エネルギー効果の試算

シミュレーション結果として、期間積算の冷房消費電力量と延べ冷房時間を図4に示す。ここで、延べ冷房時間とは、各居室の冷房時間を合計した値である。通風利用により、冷房時間は242時間（19%）

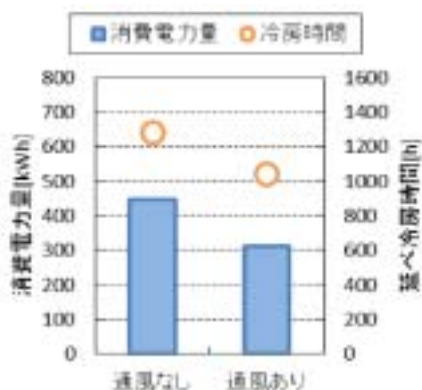


図4 期間積算冷房消費電力量と延べ冷房時間

消費電力量は135kWh（30%）の削減効果が生じる結果となった。これを電気料金に換算すると、目安単価22円/kWhにより算出すれば7～9月の3か月間で2,970円の節約となる。

5. おわりに

本稿では、建築シミュレーションにおいて居住者の環境調節行為をいかに再現するかという課題に対し、筆者らがこれまでに取り組んできた研究の一部を紹介した。居住者の行動は、その人の温熱感覚や行動意識などによりある程度のルールをもって起こるものの、心理的・生理的状态により影響されるランダムな事象であり、さらに個人差も大きく、既存の温熱環境指標では説明することが難しい。また、居住者の行動により建物側の状態が変化する場合、建築物理学的な扱いが煩雑となる（例：窓を開ける場合、さっきまではそこにあった窓ガラスが、途端になくなってしまふ。そのため、窓を開けた状態と閉めた状態とで、伝熱、放射、空気移動に関わる計算の方法が変わる）。従って、人間側と建築側の2つの側面から取り組まなければならない、そのことが課題を複雑化させている。

建築シミュレーションにおける居住者行動のモデル化は、現在の省エネルギー推進強化に対する対策の評価・立案や、将来技術として期待の大きいスマート家電・スマートハウスの開発のために、その重要性をより増している。今後も研究を通じて、環境問題の解決や東日本大震災を発端とした緊急の節電に対して貢献できれば幸甚に思う。

〔参考文献〕

- 1) 羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔：一般住戸を対象とした実態調査に基づく冷房発停の生起要因に関する検討、日本建築学会環境系論文集、No. 589、pp. 83-90、2005年3月
- 2) 羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔：居住者の室内温熱環境調節行為のモデル化による住宅の空調エネルギー消費の予測、人間と生活環境、11(2) pp. 83-88、2005年11月
- 3) 羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔：周辺建物群による外気温条件、放射条件、風条件の変化が住宅における自然通風利用および冷房エネルギー消費に与える影響、日本建築学会環境系論文集、第613号、pp. 103-110、2007年3月

