

住宅内室温分布の要因分析とその評価方法に関する研究

その3 標準住宅モデルを用いた室温分布と空調負荷のシミュレーション

正会員 ○内田 真生*1 同 羽山 広文*2
 同 小林 直樹*3 同 絵内 正道*4
 同 菊田 弘輝*5 同 渡邊 均*6

室温分布 シミュレーション 省エネルギー
 空調負荷 断熱性能

1 はじめに

地球温暖化問題や化石燃料の高騰などにより省エネルギーへの関心が高まっている。住宅において省エネルギーを考えると、住環境について同時に考えていくことが求められる。省エネルギーと快適な住環境の実現を両立させるためには、温熱環境と断熱性能、空調負荷の関係を理解することが重要である。

本研究では、まず全国の住宅の実測調査から室温分布の実態を把握し、次にシミュレーションを行い、断熱性能が室温分布と空調負荷に与える影響を検討した。

2 実測による室温分布の実態把握

2.1 測定概要

2002年～2004年度に日本建築学会に委嘱された「住宅内のエネルギー消費に関する実態調査」の一環として全国で行われた実測調査結果の一部を用いた。実測期間は、2003年11月～2004年10月である。

2.2 実測結果

北海道の住宅は、年間を通して20℃前後の室温を保っているが、他の地域は10～30℃とばらつきがある。実測においては、寒冷な地域ほど住宅の断熱性能が良いため、室温のばらつきが小さいようである。

3 シミュレーションによる検討

3.1 シミュレーションの概要

シミュレーションには『逐次積分法による室温及び空調

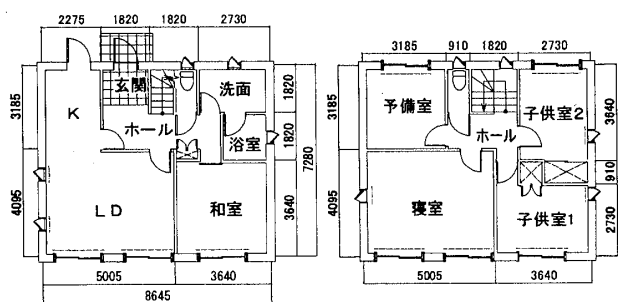


図1 標準住宅の平面図

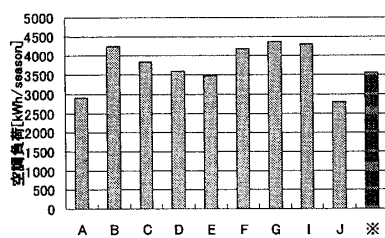


図2 ベンチマークテストとの比較

表1 プログラム名称

プログラム名称	開発者
A TASP-1	長谷川 房雄
B SOLPAC	土屋 喬雄
C MALTEP 1.0	宇田川 光弘
D SAPL-1	松浦 茂
E BRIMAP	坂本 雄三
F LESCOM	武田 仁
G PSSP/MV1	九州大学 浦野研究室
I ESPM/M	通産産業省 (松下技研)
J Success85	荒谷 登

負荷変動解析ソフト¹⁾を用い多数室の室温変動解析を行った。対象建物は、日本建築学会の標準住宅²⁾とした(図1)。

3.2 他のプログラムとの比較

本研究で使用するプログラムと『標準問題の提案²⁾』の中でベンチマークテストを行っているプログラムとの比較を行った。表1に比較プログラムとその開発者を示す。

比較はRun1の実行モード(標準問題のスケジュールに沿った暖房・室内発熱・カーテンの開閉)に従って計算を行った。外気条件は東京においてHASP用標準気象データを用い、計算期間は12月1日～3月31日の4ヶ月間とした。

本プログラムを※で表し、計算結果を他のプログラムと合わせて図2に示す。他のプログラムの計算結果が2800～4300[kWh/season]であったのに対し、本プログラムの結果は3570[kWh/season]となり、他のプログラムの値と同程度の結果を得た。

3.3 シミュレーションの計算条件

計算数を抑えるためにタグチメソッドを使用し、計算条件を決定した。外壁の断熱仕様、窓の仕様、暖房設定温度、冷房設定温度(以下、外壁、窓、暖房温度、冷房温度)の4因子を制御因子とし、それぞれに4水準設定した(表2)。外壁においては、次世代省エネ基準に沿ってI～III地域と、I地域以上の断熱性能としてS地域を設定した(表3)。設定した4因子4水準をL16直交表に割り付け(表4)、この16通りについて計算する。室内相互

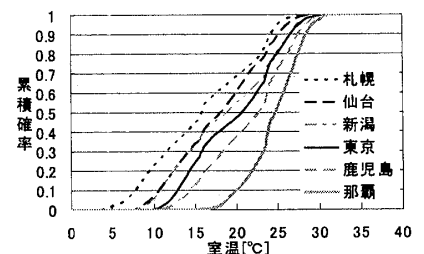


図3 累積確率分布、No. 10

表2 制御因子と水準

No.	因子	第1水準	第2水準	第3水準	第4水準
1	外壁	S地域	I地域	II地域	III地域
2	窓	単層	複層	Low-eP	Low-eT
3	冷房温度	30℃	28℃	26℃	24℃
4	暖房温度	16℃	18℃	20℃	22℃

表4 L16直交表

No.	外壁	窓	冷房温度	暖房温度
1	S地域	単層	30℃	16℃
2	S地域	複層	28℃	18℃
3	S地域	Low-eP	26℃	20℃
4	S地域	Low-eT	24℃	22℃
5	I地域	単層	28℃	22℃
6	I地域	複層	30℃	20℃
7	I地域	Low-eP	24℃	18℃
8	I地域	Low-eT	26℃	16℃
9	II地域	単層	26℃	18℃
10	II地域	複層	24℃	16℃
11	II地域	Low-eP	30℃	22℃
12	II地域	Low-eT	28℃	20℃
13	III地域	単層	24℃	20℃
14	III地域	複層	26℃	22℃
15	III地域	Low-eP	28℃	16℃
16	III地域	Low-eT	30℃	18℃

*Low-eペアガラスをLow-eP、Low-eトリプルガラスをLow-eTと表記する。

表3 断熱厚さ

	天井	外壁	床
S地域	300	175	275
I地域	230	135	210
II地域	160	90	150
III地域	160	90	135

(ガラスウール24K) [mm]

Attribution Analysis and Evaluation Method of Room Temperature Distribution in Housing

Part3 Simulation of Room Temperature Distribution and Cooling and Heating Load of Standard Residential

UCHIDA Mao et al

換気を1[回/h]とし、それ以外の条件は標準問題に準じた。外気条件は、札幌、仙台、新潟、東京、鹿児島、那覇の6地域についてHASP用標準気象データを用い、計算期間は4月1日～3月31日の1年間とした。

3.4 室温分布への影響

(1)室温の累積確率分布

計算結果から、No.10の条件における住宅全体の室温の累積確率分布を図3に示す。6地域の累積確率分布を比較すると、温暖な地域ほど室温が高い傾向にあり、累積確率分布の範囲が小さくなっている。

(2)室温分布の要因効果

水準ごとにSN比の平均を算出して要因効果図で表し、各制御因子と水準がSN比に与える影響を検討した。SN比とは、機能の安定性を表す尺度で値が大きいほど機能の安定性が高くばらつきが小さいことを意味する。本研究では、住宅全体の室温の平均値 μ と標準偏差 σ を用いてSN比($\eta = 10\log(\mu / \sigma)^2$)を算出した。

図4にSN比の要因効果図を示す。鹿児島の方がSN比が全体的に大きく、ばらつきが小さくなっている。SN比が最も大きくなる組み合わせ(最適組み合わせ)のとき、最も室温分布のばらつきが小さくなる。最適組み合わせは、S地域・Low-eトリプルガラス・24℃・22℃である。

各制御因子のSN比の最大値と最小値との差をとったものを影響度という。影響度とは、水準を変化させた場合にSN比の出力変動にどれだけ影響を及ぼすかを表す尺度である。制御因子の影響度の大きさは

札幌—窓、暖房温度、外壁、冷房温度

鹿児島—暖房温度、冷房温度、窓、外壁

の順である。最適組み合わせは同じだが、影響度は地域によって異なり、寒冷な地域ほど窓や外壁といった断熱性能の影響度が大きくなる。

3.5 空調負荷への影響

水準ごとに空調負荷の平均を算出して要因効果図に表し、空調負荷への影響を検討した(図5)。空調負荷の内訳は、札幌ではほぼすべてが暖房負荷で、鹿児島では暖房負荷と冷

房負荷が同程度である。空調負荷の最も少なくなる組み合わせ(最適組み合わせ)は、S地域・Low-eトリプルガラス・30℃・16℃である。制御因子の影響度の大きさは

札幌—暖房温度、窓、外壁、冷房温度

鹿児島—冷房温度、暖房温度、窓、外壁

の順である。空調負荷への影響は、断熱性能より空調の設定温度の方が大きい。また、冷房負荷より暖房負荷の方が制御因子による影響が大きい。

4 室温分布と暖房負荷の関係

SN比と空調負荷の最適組み合わせは一致しない。そこで室温分布と暖房負荷の関係を考える。図6に建物の熱損失係数(Q値)の15℃の累積確率と暖房負荷との関係を示す。Q値を小さくするほど累積確率、暖房負荷共に小さくなる。

5 まとめ

本研究により以下の知見を得た。

- (1)実測では、温暖な地域ほど室温分布のばらつきが大きい傾向にある。
- (2)シミュレーションにより、室温分布と空調負荷に与える要因を明らかにした。
- (3)建物の断熱性能を上げ、冷暖房の設定温度の差を小さくすることで室温のばらつきを抑えられる。
- (4)建物の断熱性能を上げ、設定温度を冷房時は高めに暖房時は低めにすることで空調負荷を小さくできる。
- (5)建物の断熱性能を良くすることで、室温分布のばらつきと暖房負荷を共に抑えることができる。

本研究の結果は、省エネルギー基準の改正に有効であると考えられる。

謝辞：本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金萌芽研究、研究代表者羽山広文、建築都市の安全性の評価分析とバリアフリー対策；(2006-2007)の一環で実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 荒谷登・鈴木憲三、「建築家のための熱環境解析入門」、北海道大学図書刊行会、1993
- 2) 宇田川光弘、第15回熱シンポジウム、日本建築学会環境工学委員会 pp. 23-33、1985

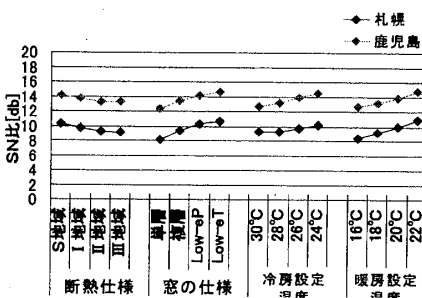


図4 SN比の要因効果図

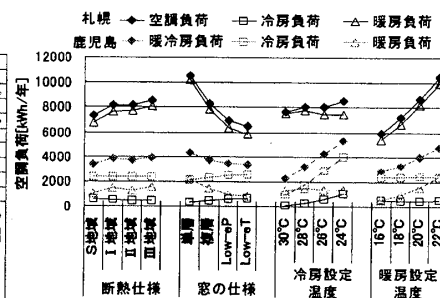


図5 空調負荷の要因効果図

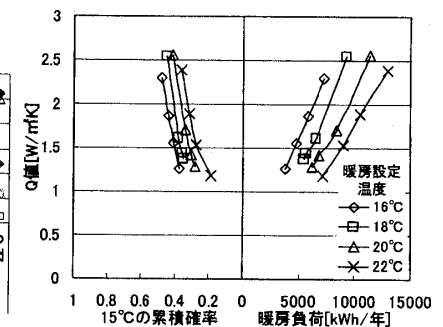


図6 室温分布と暖房負荷、札幌

*1 北海道大学大学院工学研究科 修士課程
 *2 北海道大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)
 *3 北海道日建設計 修士(工学)
 *4 北海道大学大学院工学研究科 教授・工学博士
 *5 北海道大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)
 *6 東京理科大学工学部 准教授・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.
 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Hokkaido Nikken Sekkei Co.Ltd., M.Eng.
 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Assis. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Assoc. Prof., Faculty of Eng. Division, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.