

住宅の室温分布の評価方法

その2 室温分布の要因分析と測定点数

正会員○ 羽山広文*1
同 絵内正道*2
同 森 太郎*3

室温分布 標準偏差 重回帰分析

1. はじめに

住宅は人々の生活の基盤を支える重要な役割を担っており、高齢化社会へ向かいつつある今日、安全で快適な温熱環境が望まれている。これまで筆者らは、寒冷な地域に建つ住宅を対象に、居間、食堂などの居住室の室温ばかりではなく、玄関、洗面室、浴室、トイレなどの非居住室の室温を調査し、室温のばらつきの要因とその防止方法について検討している。本報告では前報^{1),2)}にひきつづき、室温分布の要因分析と、室温分の測定に必要な測定数について検討したので報告する。

2. 調査対象と測定方法

調査は札幌市内に建つ独立住宅10戸、集合住宅1戸、エネルギー自律の検証のため建設された実験住宅1戸(ローエネルギーハウスA住戸)、計12戸の住戸を対象に、居住室と合わせ非居住室の温熱環境を測定した。測定した住戸の概要を表1に示す。測定は、平成12年2月および平成13年2月～3月の寒冷な時期に行った。1住戸あたり8箇所に床上0.1m、床上1.5m、天井下0.1mの3点のほか、外気1点、合計25点、に温度センサーを設置した。30分間隔で3日間測定した。さらに、札幌管区気象台の水平面全天空日射量を収集した。

3. 測定結果の分析

3.1 評価項目: 各住戸から得られた温度データを(表2)を分析するため、次の項目を用いる。

1) 外気条件: 室温は外気条件の影響を受けるため、これを考慮する必要がある。そこで、測定期間中の室内平均温度と外気温度の差(室内外温度差 ΔT [$^{\circ}\text{C}$])を用いる。また、日射の影響を評価するため全天空水平面日射量 H_s [kW/m^2]を用いる。

2) 建物の条件: 建物の熱性能を表す指標として、建物の熱損失係数 K [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]を用いる。

3) 暖房設備条件: 暖房設備の設置状況を表す指標として、非暖房室比率 F_0 (0~1)を用いる。これは、1-(暖房室の面積/住宅の延べ床面積)で算出する。居住室および非居住室全てに暖房設備が設置され、運転されていれば $F_u=0$ となる。

4) 運用の条件: 暖房設備の運転状況を表す指標として居住室と非居住室の温度差 ΔT^* [$^{\circ}\text{C}$]を用いる。また、暖房設備の運転が連続(0)、間欠(1)とする運転方式 O_p を指標に用いる。

5) 室温分布の評価: 室温分布の評価には、住戸全体の室内温度の標準偏差 σ [$^{\circ}\text{C}$]を用いる。

3.2 分析結果: 室温の標準偏差 σ を目的変数、他の評価項目を説明変数として相関分析を行った(表3)。この結果、温度差 ΔT^* 、熱損失係数 K 、運用方式 O_p が室温の標準偏差 σ との相関が比較的高い。一方、熱損失係数 K と運用方式 O_p の相関は、0.962と大きい。一般的に、説明変数相互の相関係数が大きな場合、どちらかの説明変数を外すと良い。そこで、運用方式 O_p を除き、重回帰分析を行う。重回帰分析の結果を表4に示す。また、実測値と予測値の関係を図1に示す。これらの結果から、ここで提案した説明変数は、室温の標準偏差を十分に説明できると考えられる。

表3 相関行列

	標準偏差 σ [$^{\circ}\text{C}$]	室内外温度差 ΔT [$^{\circ}\text{C}$]	日射量 H_s [kW/m^2]	温度差* ΔT^* [$^{\circ}\text{C}$]	熱損失係数 K [$^{\circ}\text{C}$]	非暖房室 比率 F_u [-
標準偏差	1					
室内外温度差	-0.560	1				
日射量	0.074	-0.227	1			
温度差	0.866	-0.562	0.063	1		
熱損失係数	0.867	-0.570	-0.025	0.700	1	
非暖房室比率	0.288	-0.219	-0.031	0.104	0.369	1

表1 建物概要

住戸	床面積 m^2	K値	測定期間	居住室数	非居住室	暖房方式	運転方式
A	127	1	12/2/4~2/7	3(室)	5(室)	床暖房+PH, 全室暖房	連続
B	124	1.2	12/2/21~2/24	4	4	床暖房, 全室暖房	連続
C	63	3.2	12/2/8~2/11	3	5	スト-	連続
D	204	1.5	12/2/12~2/15	3	5	スト-1台+パ+勃, 部分暖房	連続
E	188	4.1	12/2/16~2/19	4	4	スト-複数台, 部分暖房	間欠
F	186	1.4	13/2/9~2/11	4	4	床下電気ヒ-リ, 全室暖房	連続
G	136	1.4	13/2/13~2/15	4	4	温水PH, 全室暖房	連続
H	126	1.4	13/2/16~2/18	4	4	温水PH, 全室暖房	連続
I	132	3.5	13/2/19~2/22	4	4	スト-1台+パ+勃, 部分暖房	間欠
J	200	3	13/2/27~3/2	4	4	温水HP, 部分暖房	連続
K	120	1.3	13/3/15~3/18	4	4	温水PH, 全室暖房	間欠
L	132	1.3	13/3/27~3/30	4	4	温水PH, 全室暖房	連続

表2 測定結果 ($^{\circ}\text{C}$)

住戸名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
平均外気温度	-2.4	-6.2	-2.8	-3.9	-3.4	-8.2	-8.5	-4.4	-2.0	1.3	1.3	2.2
平均室内外温度差	15.9	25.2	19.9	22.3	14.9	27.3	28.9	24.8	14.7	18.5	20.5	19.7
全体	最大	26.7	29.1	30.8	26.2	33.1	27.5	29.4	26.8	31.6	31.4	29.4
	最小	8.9	15.0	9.8	12.0	0.2	14.0	14.3	9.2	2.8	12.2	16.6
	平均	13.5	19.0	17.1	18.4	11.5	19.1	20.4	20.4	12.7	19.8	21.8
標準偏差	2.4	1.9	3.7	2.8	6.2	2.1	1.9	2.9	5.7	3.4	1.9	2.0
居住室-非居住室温	4.0	0.5	4.2	1.7	10.1	0.9	-0.1	0.3	5.5	0.4	0.2	1.6

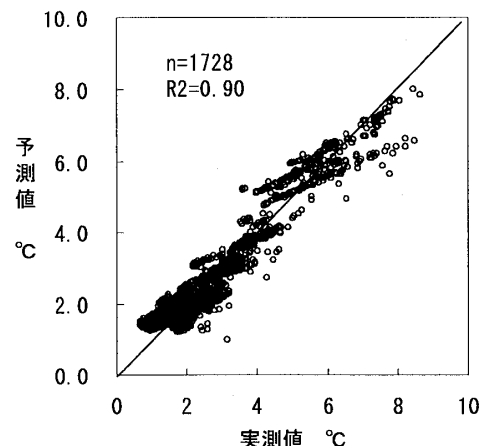


図1 室温の標準偏差の実測値と予測値

Evaluation of room temperature distribution of a house

Part 2 Analysis of room temperature distribution and measurement points

HAYAMA Hirofumi, ENAI Masamichi, MORI Taro

41070

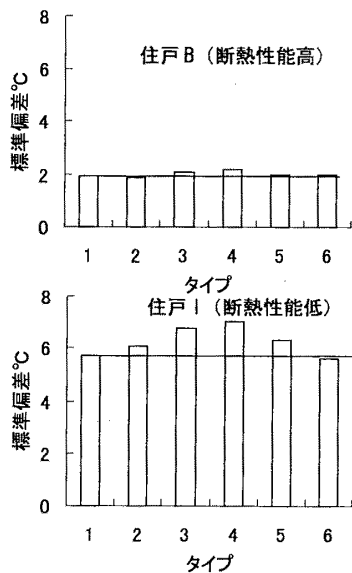


図2 室温の標準偏差

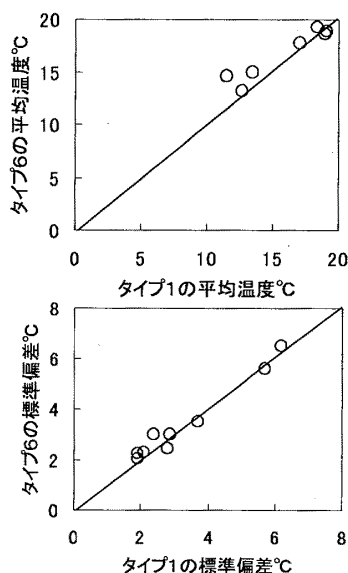


図3 全住戸の比較

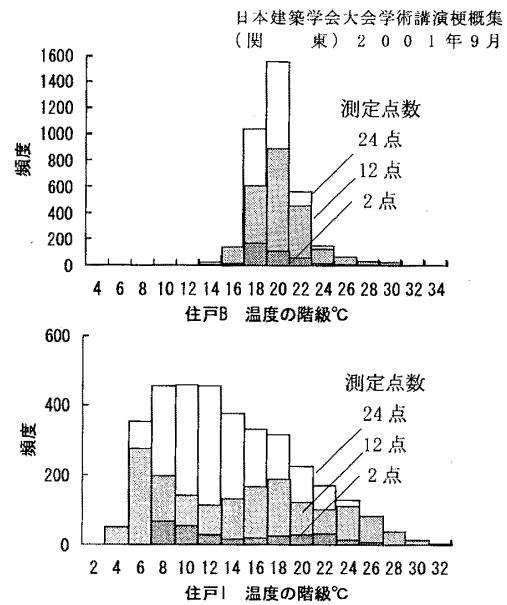


図4 測定点数を変えた場合の温度分布

表4 室温の標準偏差の重回帰分析結果

	係数	標準誤差	t	P-値
切片	-0.076	9.28E-02	-0.82	4.14E-01
室内外温度差 ΔT	0.017	3.25E-03	5.23	1.91E-07
日射量 H_s	0.591	7.31E-05	8.07	1.26E-15
温度差 ΔT^*	0.295	6.65E-03	44.40	0.00E+00
熱損失係数 K	0.705	1.80E-02	39.15	0.00E+00
非暖房室比率 F_u	0.451	6.49E-02	6.94	5.37E-12

表5 測定点数のタイプ

タイプ	測定点数	高さ位置mm	設置箇所
タイプ1	24	床上100、1500、天井下100	8
タイプ2	18	床上100、1500、天井下100	6
タイプ3	12	床上100、1500、天井下100	4
タイプ4	6	床上100、1500、天井下100	2
タイプ5	4	床上100、1500	2
タイプ6	2	床上1500	2

3.3 室温分布を左右する要因：重回帰分析の結果を式(1)で表す。この式から、以下のことがいえる。

$$\sigma = 0.017 \Delta T + 0.591 H_s + 0.295 \Delta T^* + 0.705 K + 0.451 F_u - 0.076 \quad (1)$$

- 1) 外気条件の内外温度差を $\Delta T = 0 \sim 20^\circ\text{C}$ 、日射量を $H_s = 0 \sim 0.5 \text{ kW/m}^2$ の間で変化させる σ は $0 \sim 0.64^\circ\text{C}$ 変化する。このことから外気条件の影響は比較的小さいといえる。
- 2) 建物条件の熱損失係数が $K = 1 \sim 4 [\text{W/m}^2\text{C}]$ の間で変化した場合、 σ は、 $0.7 \sim 2.8^\circ\text{C}$ 変化する。建物の熱性能は室温分布に大きな影響を与えることがわかる。
- 3) 暖房設備条件の非暖房室比率を $F_u = 0 \sim 0.7$ の間で変化させた場合、 σ は $0 \sim 0.32^\circ\text{C}$ 変化する。このことから、部分暖房の影響は比較的小さいといえる。
- 4) 運用条件の居住室と非居住室の温度差を $\Delta T^* = 0 \sim 10^\circ\text{C}$ の間で変化させた場合、 σ は $0 \sim 3^\circ\text{C}$ 変化する。このことから、 ΔT^* は σ へ与える影響が大きいことがわかる。

4 測定点と室温の標準偏差の関係

今回の測定では室内に合計24点のセンサを設置した。できるだけ少ない点数の測定で、簡便に評価できることが望まれる。ここでは、測定点数を変化させながら、室温の

標準偏差を求めるのに必要な測定点数を明確にする。

4.1 測定点数の数：測定点数を表5に示す条件で変化させ、室温の標準偏差を求めた。

4.2 検討結果：24点の測定点数をタイプ1として、測定点数をタイプ2～6まで、準じ減らした。断熱性能の高い住戸Bおよび断熱性能の低い住戸Iについて、室温の標準偏差を比較した。結果を図2～図4に示す。これらの結果、断熱性の高い住戸は、測定点数の変化が室温の標準偏差へ与える影響が少ないのに対し、断熱性能の低い住戸は、その影響がやや大きい。しかし、双方とも実用的な範囲といえる。

4.3 測定点数を変えた場合の温度分布：図4に測定点数を変えた場合の温度分布を示す。この結果、断熱性能の高い住戸では評価点を少なくしても分布の形状は大きく変わらないが、断熱性能の低い住戸の場合、双峰型の分布になる。このことから、断熱性能の高い住戸の場合、温度の高い居室および温度の低い非居室において、床上高さ1500mmの温度2点を計測することにより、概ね室内全体の温度分布の標準偏差を推定することができる。しかし、断熱性能の低い住戸の場合、十分な測定点が必要となる。

5. まとめ

住宅の室温の実測から室温分布の特徴と室温の標準偏差の要因を明らかにした。簡易な測定ではあるが住戸内の温度の標準偏差を用い温熱環境の診断・評価が可能と考えられる。

□謝辞

本研究の一部は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業：自立型都市を目指した都市代謝システムの開発プロジェクトの援助によってなされたものである。記して感謝する。

□参考文献

- 1) 羽山広文, 絵内正道, 森太郎: 住宅の温度分布の評価方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集環境工学II(東北), pp. 105-106, 2000. 9
- 5) 羽山広文, 絵内正道, 森太郎: 北海道地方における住宅の室内温湿度分布の実測と評価, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集III(盛岡), pp. 1257-1260, 2000. 9

*1 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士(工学)
 *2 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博
 *3 北海道大学大学院工学研究科 助手・博士(工学)

Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.
 Prof., Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.
 Instructor, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.