

関東地方における住宅の窓開閉状況に関する研究

準会員 ○細川陽平\*  
正会員 H.B.リジャル\*\*

住宅 リビング 窓開閉  
自然換気 気温 ログスティック回帰

1. はじめに

近年、住宅でも冷房の普及によって窓開閉による自然換気が減少していると思われる。また、窓開閉が冷房使用による環境負荷低減に有効的であると思われる。よって、夏季及び中間期に窓開放によりいかに自然通風を取り入れ、冷房期間をできるだけ短くすることが重要であると考え。

窓開閉に関する国内の既往研究は大学キャンパス<sup>1)</sup>、オフィスビル<sup>2)</sup>、戸建て住宅<sup>3)</sup>などでみられる。また、海外でも同様に集合住宅<sup>4)</sup>やオフィスビルの研究がみられる<sup>5)</sup>。しかしながら、国内外の住宅における研究例が少ないため、居住者の窓開閉による環境調節行動について明らかではない。

住宅ではオフィスビルに比べて、窓開放の制約が少ないため、居住者が積極的に窓を開放して室内環境を調節すると思われる。このように、オフィスビルと住宅では窓開閉の行動が異なるため、住宅でも窓開放に関する研究を行う必要がある。

本研究では、関東地方の住宅を対象に夏と秋の温熱環境実測と住居の窓開閉調査を行い、窓開閉と気温の関係について明らかにする。また、居住者の窓開閉数と気流感の関係を分析した結果を報告する。

2. 調査方法

調査は関東地方の住宅を対象とし、実測調査は2010年夏から秋(7~10月中旬)にかけて行った。室温と相対湿度は小型温湿度計を用いて10分ごとに測定した。外気温は気象庁のデータから引用した。測定高さは床上約110cmである。窓開閉の調査はリビングにおいて居住者に対して1日に何回かバイナリ形式(0=窓閉鎖、1=窓開放)に記録した。気流感申告は7段階尺度で行った(表1)。

表1 気流感の尺度

今、扇風機・自然の風をどのように感じていますか?	
尺度	項目
1	とても風が強い
2	風が強い
3	やや風が強い
4	ちょうどよい
5	やや風が弱い
6	とても風が弱い
7	とても風が弱い

3. 分析方法

既往研究では、窓開閉と室温や外気温の関係进行分析するために、ログスティック回帰を用いている<sup>5)6)</sup>。本研究でも同じ方法を用いて分析する。ログスティクス回帰は下記に示す。

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = bT + c \quad (1)$$

$$p = \frac{e^{bT+c}}{1 + e^{bT+c}} \quad (2)$$

p: 窓開閉の割合、b: 回帰係数、T: 気温(°C)、c: 定数、e: 指数関数である。

4. 結果と考察

4.1 窓の開閉状況

居住者の窓開閉の状況を把握するために、世帯ごとの窓開放の平均値を比較する。また冷房使用の有無で窓開閉に違いがあるかを明らかにするためにNVモード(自然換気)とAC冷房モード(冷房)に分類し、両者の差を分析する。図1に各世帯の窓開放の平均値と95%の信頼区間を示す。B邸ではほとんど窓を開放していないが、F邸では常に窓を開放して室内環境を調節していることがわかる(図1)。特にA邸、D邸、F邸は窓開放の割合が高く、共通しているのは

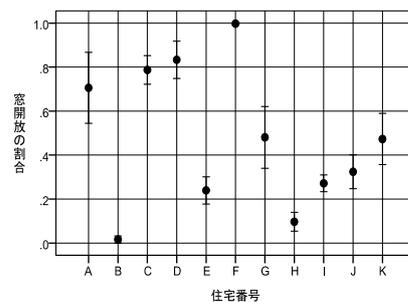


図1 窓開閉調査時における全軒の室温分布

リビングに冷房がない事である。リビングに冷房がないため、窓開放によって温熱環境を調節していると想像できる。

窓開放の平均値はNVモードで0.70、ACモードで0.01である。イギリスのオフィスビルにおける研究でもNVモードで0.70、ACモードの窓開放の平均は0.04で非常に小さく、紺研究と類似している<sup>5)</sup>。よって、ACモードではほとんど窓開放されていないことから、本研究ではNVモードのみを分析する。

4.2 窓開閉と気温の関係

表2 NVモードにおける窓開閉と気温の相関係数

項目	窓: T <sub>i</sub>	窓: T <sub>o</sub>	T <sub>i</sub> : T <sub>o</sub>
相関係数	0.42	0.37	0.83
サンプル数	1,307	1,306	1,306
有意確率	p<0.001	p<0.001	p<0.001

T<sub>i</sub>: 室温(°C)、T<sub>o</sub>: 外気温(°C)、p: 有意水準

窓開放に影響する要因として、気温と窓開閉の関係を分析する。表2にNVモードにおける窓開閉と室温や外気温の相関関係を示す。窓開閉と室温の相関係数は0.42であり、外気温との相関係数より高い。室温と外気温の相関係数は0.83と非

常に高い。パキスタンでも窓開閉と室温の相関係数は 0.43、外気温との相関係数は 0.41 であり、本研究と結果が類似している<sup>6)</sup>。これらのことから居住者は室温・外気温の変化に伴い窓開閉を行っているといえる。

### 4.3. 窓開放の予測

窓開放を予測するために窓開閉と室温や外気温のロジスティック回帰分析を行う。図 2 にロジスティック回帰分析で得られた窓開閉と室温の関係、図 3 に窓開閉と外気温の関係

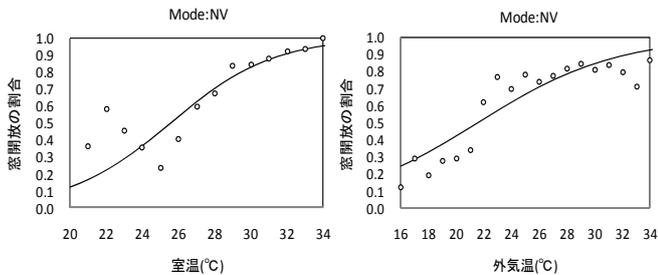


図 2 窓開閉と室温の関係 図 3 窓開閉と外気温の関係

を示す。各図のプロットは 1°C 刻みに平均した値であり、5 以下のサンプル数は表示していない。窓開閉と室温や外気温の間で下記の式が得られた。

$$\text{logit}(p)=0.353T_i - 9.032 \quad (n=1,307, R^2=0.165, p<0.001) \quad (3)$$

$$\text{logit}(p)=0.20T_o - 4.315 \quad (n=1,306, R^2=0.131, p<0.001) \quad (4)$$

$T_i$ :室温 (°C)、 $T_o$ :外気温 (°C)、 $n$ :サンプル数、 $R^2$ :Cox and Snell の決定係数、 $p$ :有意水準である。図中の曲線は回帰式から書いたものである。予測値と実測値を比べると比較的一致していたが、室温や外気温が 20~25°C では実測値と予測値に差がみられる。よりも少しずれている傾向にある。窓開放と気温の相関関係と同様に、おそらくこれらの温度は窓開閉の必要性がない温度であり、気温以外の他の要素 (空気を入れ替えたい、習慣的に開けている等) と関係しているためと思われる。窓開閉に温熱環境以外の要素も影響していると考えられる。窓開放の割合と室温の回帰係数は 0.353、決定係数 0.165 となっており、外気温より大きい。これは居住者が外気温よりも室温に対して反応し、窓を開放しているためと思われる。パキスタンのオフィスビルでも室温の回帰係数は 0.140、決定係数は 0.19 で外気温よりも室温の方が大きくなっている<sup>6)</sup>。京都市の住宅では外気温回帰係数は 0.395、決定係数は 0.38 であり本研究より高い<sup>7)</sup>。

### 4.4. 窓と気流感の関係

窓開放と気流感の関係を明らかにするために、図 4 に窓開閉数と平均気流感の関係を示す。窓開閉数が 4 個以上の場合はサンプル数が少ないが、0 個の場合を見るとリビングの窓が閉じている時の平均気流感は 2.70 と「3.やや風が弱い」より低い。一方、窓数が 3 個開いている時の平均気流感は 3.75 と「4.ちょうどよい」に近くなっている。このように、両者の申告に差があるのが、窓開放数が増えることによって、風

速が増加し風通しがよくなっているためと思われる。窓開放

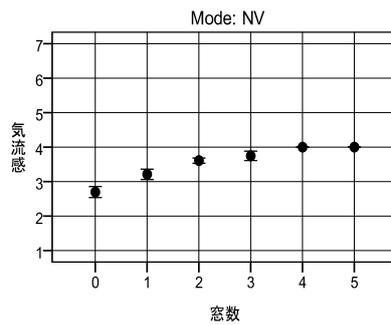


図 4 各窓開閉数における平均気流感と 95%信頼区間

数が多くなると、居住者が気流感をちょうど良いと感じており、窓開放数が快適性の実現に重要である。北インドとイラクでも室内の熱的快適感調査は気流によって最大 4°C の温度減少に相当する結果が得られており、快適性に効果があった<sup>8)</sup>。

## 5. まとめ

本研究では、関東地域の住宅を対象に夏と秋のリビングにおける温熱環境と居住者の窓開閉の調査を行い、下記の結果が得られた。

1. AC モードでは窓開放はほとんど行われていないが、NV モードの平均窓開放率は 0.70 である。
2. 窓開閉と室温の相関係数は 0.42、外気温との相関係数は 0.37 であり、窓開閉と室温の相関係数の方が高い。
3. ロジスティック回帰分析を行った結果、は室温や外気温が高くなるにつれて、窓開放の割合も高くなる。
4. 窓開閉数が多くなるほど、居住者の気流感が「4.ちょうどよい」に近づいている。一般的には屋外の風速は室内の風速よりも高いため、窓開放は室内の気流感及び温熱環境を調節するのに効果的である。

## 参考文献

1. 鈴木玉美、梅宮典子、吉田治典：夏季から秋季にかけての窓開閉行為の要因に関する研究、日本建築学会計画論文集 vol. pp.91-98、2010.6.
2. 金政秀、川口友真、田辺新一：執務者による自然換気窓の開閉行動に関する研究、日本建築学会環境系論文集 vol. pp.1075-1082、2009.9.
3. 菅原正則、小松田綾子、林基哉：戸建住宅における窓開閉行為時の内外気象条件、日本建築学会東北支部 vol. pp. 99-102、2008. 6.
4. 久保田徹：ジョホールバル市の集合住宅団地における冷房の使用状況と窓の開閉状況に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集 vol. pp.83-89、2007.6.
5. Rijal H.B., Humphreys M.A., Nicol J.F.: Understanding occupant behavior the use of controls in mixed-mode office buildings, Building Research & Information 37(4), pp. 381-396, 2009.
6. Rijal H.B., Tuohy P., Humphreys M.A., Nicol J.F., Samuel A., Rijal I.A.: Development of Adaptive Algorithms for the Operation of Windows, Fans, and Door to Predict Thermal Comfort and Energy Use in Pakistani Buildings, ASHRAE Transactions, pp.555-573, 2008.
7. 真嶋一博、梅宮典子、吉田治典、H.B.リジャール：都市内街区における路地の熱的快適性評価—京都西陣地区における調査—、日本建築学会環境系論文集 vol. pp. 41-48、2007.12.
8. Nicol J.F.: An analysis of some observations of thermal comfort in Rookeek, India and Baghdad, Iraq. Annals of Human Biology 1 (4), pp.411-426, 1974.
9. 細川陽平、H.B.リジャール：夏及び秋における住宅の窓開閉に関する研究、2010 年度日本建築学会関東支部研究報告書、pp133~136、2011.1

\*東京都市大学 環境情報学科 学部生

\*\*東京都市大学 環境情報学科 講師・博士 (工学)

\* Undergraduate student, Tokyo City University

\*\* Lecturer, Tokyo City University, Dr. Eng.