

内外湿度と居住者の温熱環境調節行為の関係 夏季から秋季を対象として

Relationship between humidity indoors and outdoors and thermal control use

A study during summer-autumn

谷口浩一（大阪市立大学）* 梅宮典子（大阪市立大学）* 大倉良司（大阪市立大学）*

Koichi TANIGUCHI* Noriko UMEMIYA* Ryoji OKURA*

*OSAKA CITY UNIVERSITY

Ratios of air conditioner use and window opening were recorded and modeled by indoor and outdoor humidity for 10 apartments of simple plan in Osaka during summer-autumn. Results showed that: 1) Outdoor humidity has little to do with ratio of control use. 2) Ratio of air conditioner use in the late cooling season increased until 18g/kg' of outdoor humidity ratio. 3) It began to increase at 60% of relative humidity in the cooling and the late cooling season, 4) and at 14g/kg' of humidity ratio in the late cooling season. 5) If relative humidity or humidity ratio was high, ratio of window opening almost was high during summer-autumn.

1. 研究の背景と目的

既往研究において、気温と冷房使用や窓開閉等の温熱環境調節行為の関係についての研究はなされているが¹⁾²⁾、湿度を考慮した研究は少ない。日本の高温多湿な環境を考慮すると、湿度が夏季の調節行為に与える影響もあると予想される。筆者らは既報において、気温と冷房使用および窓開閉との関係について調査を行い、以下を明らかにした¹⁾。1)冷房期において、外気温に対する冷房使用率は単調増加ではなく、26~33 でほぼ一定になる、2)外気温に対する冷房使用率は、3次式により回帰できる、3)冷房期における室温に対する冷房使用率は、ロジスティック回帰できる、4)中間期において、外気温に対する窓開放率はロジスティック回帰できる、5)室内外温度と冷房使用率、窓開放率は必ずしもロジスティック回帰できない。

本研究の目的は、1)冷房使用や窓開放が湿度と関係する

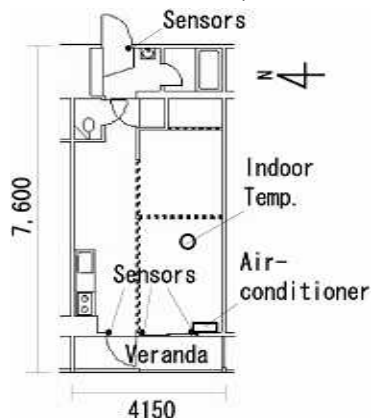


Fig.1 Floor plan

か、2)関係があるとするれば、内・外湿度とどんな関係があるか、3)相対・絶対湿度とどんな関係があるか、4)調節行為選択の分岐点となるような湿度値があるか、を明らかにすることである。

2. 方法

2.1 調査対象

既報と同じで、大阪市内南部に立地する11階建ての賃貸集合住宅を調査対象建物とした。周辺には同様の民間や公営の高層集合住宅が建ち並んでいる。冷房と窓開閉の相補関係を明らかにするために、エアコンが1台の小規模で間取りが単純な住戸を調査対象とした。

対象住戸は西向き8住戸(2、5、6、10階の各1戸、8、9階の各2戸)と南向き2住戸(7、8階の各1戸)の計10住戸である。西向き住戸の間取り図をFig.1に示す。部屋間の間仕切りは取り外すか、開放されたままが多い。エアコンは各住戸ともほぼ同じ位置に設置されている。居住人数は1人が5戸(男4、女1)、2人(男1と女2)が5戸である。年齢は70代1戸、40代1戸、他は20~30代である。主婦が昼間在宅するのは2戸である。

2.2 測定項目

床上0.6mの気温(熱電対)、湿度(小型温湿度計)、エアコン給気温度(熱電対)、窓や玄関扉の開閉状況(マグネットスイッチ)等を20秒間隔で測定した。各住戸で生活に支障がなくかつ温湿度を代表する位置を選んだ。

外気の温度、湿度は西に約800m離れた建物の屋上において、通風式温湿度計EKO MH-011PSで測定した。調査は2004年8月24日から12月15日まで行い、本報では8月24日から11月13日までを扱う。

2.3 用語の定義

本研究は在宅時のみを調査対象とした。窓開閉は複数ある開口部のうち1つでも開放されている場合を「開放」、全閉の場合を「閉鎖」と定義する。冷房の使用・不使用はエアコン給気温度から、在・不在は玄関扉の開閉記録、照度、居住者の申告をもとに判断した。

冷房や窓開放の使用率 R は、本報では住戸平均について考察する。 n を住戸数、 T_i を住戸 i の合計在宅時間とするとき、住戸 i ($i=1, 2, \dots, n$) において居住者が在宅する時刻 t_i ($t_i=1, 2, \dots, T_i$) における不使用を 0、使用を 1 とし、在宅時のみを対象とした住戸平均は、次式(1)で定義する。

$$R_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t_i=1}^{T_i} \delta_{t_i}}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad \dots(1)$$

$$\delta_{t_i} = \begin{cases} 0 & \text{時刻 } t_i \text{ において不使用} \\ 1 & \text{時刻 } t_i \text{ において使用} \end{cases}$$

温熱環境調節行為は季節によって異なると想像されるので期間を分けて分析を行う。10 住戸平均の冷房使用率 0.5 以上、ほぼ 0~0.5、ほぼ 0、3 分の 1 以上の住戸が暖房使用を開始したという条件より、8 月 24 日~9 月 21 日を冷房期 (C: Cooling Season)、9 月 22 日~10 月 13 日を冷房終了期 (LC: Late Cooling Season)、10 月 14 日~11 月 3 日を中間期 (NV: Natural Ventilation Season)、11 月 4 日~11 月 13 日を暖房開始期 (EH: Early Heating Season) と定義して 4 つの期間に分けた。

3. 結果と考察

3.1 外気の日平均温度と湿度の推移

Fig.2 に在不在を考慮しないときの外気の日平均温度と外気湿度の推移を示す。

外気温は 8 月から 9 月前半にかけて、ほぼ 25~30 であるが、9 月後半から徐々に低下し、11 月は 15~20 である。

外気相対湿度は 8 月から 10 月前半にかけて、ほぼ 50~80% であるが、10 月前半から 11 月にかけては、50~90% と日によるばらつきが大きい。外気絶対湿度は、相対湿度と異なり、8 月は高く 15g/kg ぐらいであり、9 月後半から 10 月中旬にかけて徐々に下がり、11 月は低く 8g/kg 程

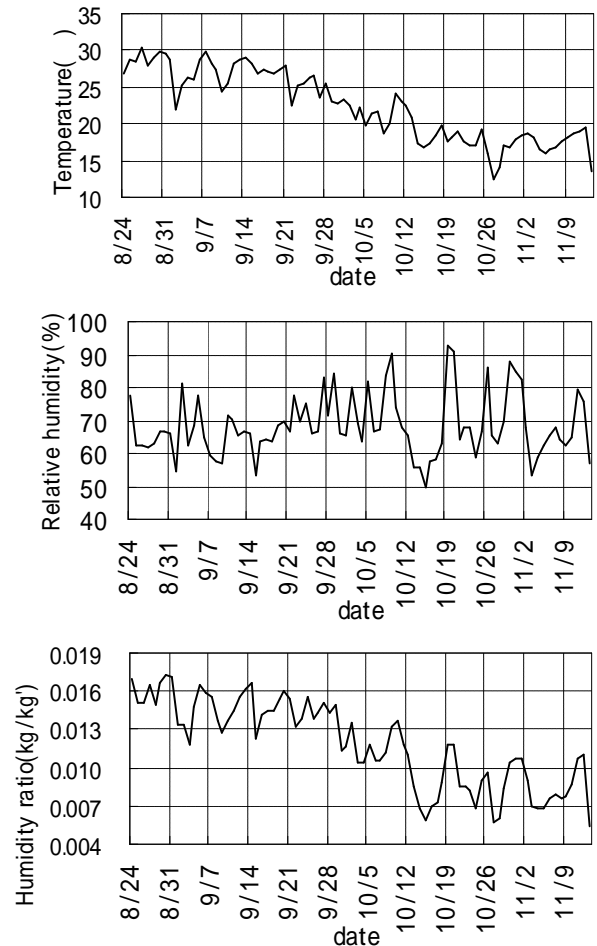


Fig.2 Change of outdoor temperature and humidity

Table.1 Mean temperature and humidity for the term

Temperature()				
	C	LC	NV	EH
Outdoor	27.6	22.8	17.4	17.2
AW	26.5	-	-	-
AC	26.7	27.2	-	-
WO	28.8	26.7	23.6	22.9
FR	29.3	27.5	24.6	24.1

Relative humidity(%)				
	C	LC	NV	EH
Outdoor	66	72	69	66
AW	66	-	-	-
AC	65	66	-	-
WO	61	59	51	53
FR	60	61	57	56

Humidity ratio(kg/kg)				
	C	LC	NV	EH
Outdoor	0.015	0.013	0.008	0.008
AW	0.015	-	-	-
AC	0.014	0.015	-	-
WO	0.015	0.013	0.009	0.009
FR	0.015	0.014	0.011	0.011

度である。

3.2 外気及び室内の期間平均温度と湿度

冷房及び開口部の開放の使用・不使用の組み合わせ、AW:冷房使用+開放、AC:冷房使用+閉鎖、WO:冷房不使用+開放、FR:冷房不使用+閉鎖による、外気と室内の期間平均温度と湿度を Table.1 に示す。

室温は冷房期において、AW は 26.5 、AC は 26.7 、WO は 28.8 、FR は 29.3 である。冷房不使用時において、開放の方が閉鎖より低い。

相対湿度は冷房期、冷房終了期において、AC の方が WO と FR よりもやや高く、室温低下の影響によると考えられる。冷房終了期以降では、FR の方が WO よりもやや高く、FR は閉め切っているからと考えられる。

絶対湿度は冷房終了期以降、FR の方が WO よりもやや高い。

3.3 湿度の出現頻度

Fig.3 に外気及び室内の湿度の出現頻度を示す。

外気相対湿度の出現頻度分布はどの期間もほぼ同じであるが、室温と同様に¹⁾、室内相対湿度の分布は冷房期と冷房終了期、中間期と暖房開始期で類似している。

外気絶対湿度の出現頻度分布は、期間が進むにつれて低湿度の方へ移っている。室内も低湿度の方へ移るが、外気と異なり、その分布は冷房期と冷房終了期、中間期と暖房開始期で類似している。室内相対湿度と同様の傾向である。

外気と室内を比較すると、相対湿度、絶対湿度ともに、外気は分布が一様で、室内はピークをもっていることから、室内湿度は調節されているといえる。

相対湿度と絶対湿度を比較すると、外気において、相対湿度では期間によって出現頻度分布はほとんど変わらないが、絶対湿度では分布が変わる。

3.4 湿度と冷房使用率

Fig.4 に外気及び室内の湿度に対する冷房使用率を示す。

(1) 外気湿度と冷房使用率

相対湿度(rh)で見ると、冷房期では冷房使用率は rh50%までは緩やかに下がり、rh50~80%で0.7のほぼ一定となる。冷房終了期では rh50%まで使用率は上がり、rh50

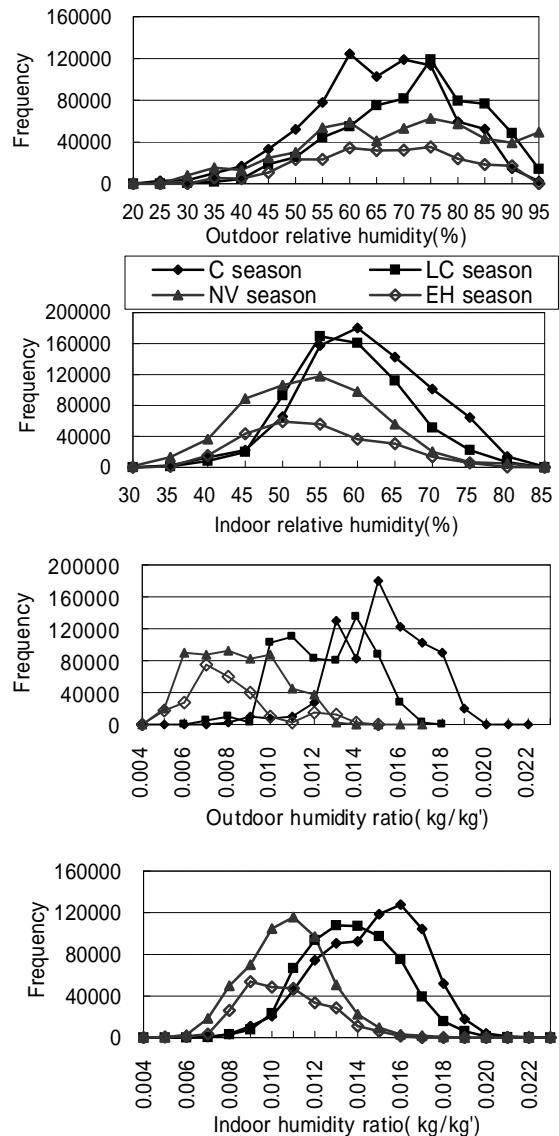


Fig.3 Frequency distribution of temperature and humidity

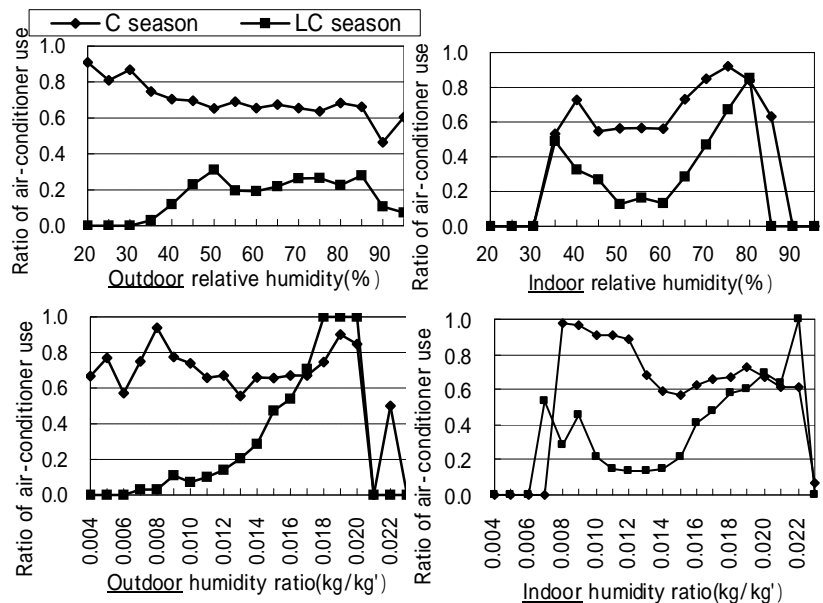


Fig.4 Humidity and ratio of air-conditioner use

~80%で0.2~0.3のほぼ一定となる。

絶対湿度(hr)で見ると、冷房期では hr8~13g/kg で冷房使用率は下がり、hr14~19g/kg で上がる。冷房終了期では、hr18g/kg まで使用率は単調に上がり、hr19g/kg で使用率1となり、相対湿度とは異なる傾向を示す。

(2) 室内湿度と冷房使用率

相対湿度で見ると、冷房期では rh45~60%で冷房使用率は0.5~0.6のほぼ一定となり、rh60%をこえると上昇し、rh75%で0.9をこえ極大となる。冷房終了期でも似た傾向を示す。冷房期も冷房終了期も rh60%を超えると使用率が上昇する。冷房を使用することによって湿度が上昇した、もしくは湿度が高いから冷房を使用したということが考えられる。

絶対湿度で見ると、冷房期では冷房使用率はhr12g/kg までは0.8以上であるが、hr12~15g/kg で低下する。冷房終了期ではhr10~15g/kg で約0.2のほぼ一定となり、hr15g/kg 以上で上昇となる。

3.5 湿度と窓開放率

Fig.5 に外気及び室内の湿度に対する窓開放率を示す。

(1) 外気湿度と窓開放率

相対湿度で見ると、冷房期、冷房終了期では開放率は湿度と関係ない。中間期では rh45%から開放率は下がり、rh55%から低下割合は緩くなる。暖房開始期では rh60%から開放率は下がる。

絶対湿度で見ると、冷房期では hr13~19g/kg で開放率は下がる。冷房終了期では hr18g/kg まで開放率は下がる。中間期では hr13g/kg で開放率はほぼ0の極小になる。暖房開始期では開放率は絶対湿度と関係ない。

(2) 室内湿度と窓開放率

相対湿度で見ると、どの期間においても湿度上昇とともに開放率は単調に減少する。他の期間に比べて、冷房終了期の開放率の下がり方は緩やかであり、冷房期終了期以外は rh 約 55%まで開放率は低下し、0.3以下となる。

絶対湿度でも、相対湿度と同様の傾向を示す。冷房終了期以外は hr 約 11g/kg まで開放率は低下し、0.2以下となる。

4. 結論

間取りが単純で小規模な集合住宅の10住戸を対象に、2004年の夏季から秋季にかけて20秒間隔で実測したデータを用いて、在宅時の温熱環境調節行為の選択と室内外の湿度との関係について分析し、以下のことを明らかにした。

- 1) 冷房使用率は、冷房終了期を除いて外気の湿度とは関係がない。冷房終了期における冷房使用率は、外気絶対湿度18g/kg まで上昇するが、相対湿度とは関係がない。
- 2) 一方、冷房使用率は、室内における湿度とのあいだに以下の関係がある。
 - 2-a) 冷房使用率は、冷房終了期において室内相対湿度50%まで下降し、冷房期、冷房終了期ともに、室内相対湿度60%から上昇する。
 - 2-b) 冷房使用率は、冷房終了期において、室内絶対湿度14g/kg から上昇する。
- 3) 窓開放率は、冷房期~中間期において、外気の相対湿度、絶対湿度とは関係がない。
- 4) 窓開放率は、冷房期~中間期において、室内の相対・絶対湿度の上昇とともに単調に下降する。

参考文献

- 1) 井上銀次郎, 林小勇, 梅宮典子, 西岡利晃, 大倉良司: 集合住宅における冷房使用率と窓開放率のモデル化 夏季から秋季を対象として, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp.243-246, 2006
- 2) Nicol, J.F. et al. (2004), A stochastic approach to thermal comfort - occupant behavior and energy use in buildings. ASHRAE Trans., Vol. 110, pp.554-568

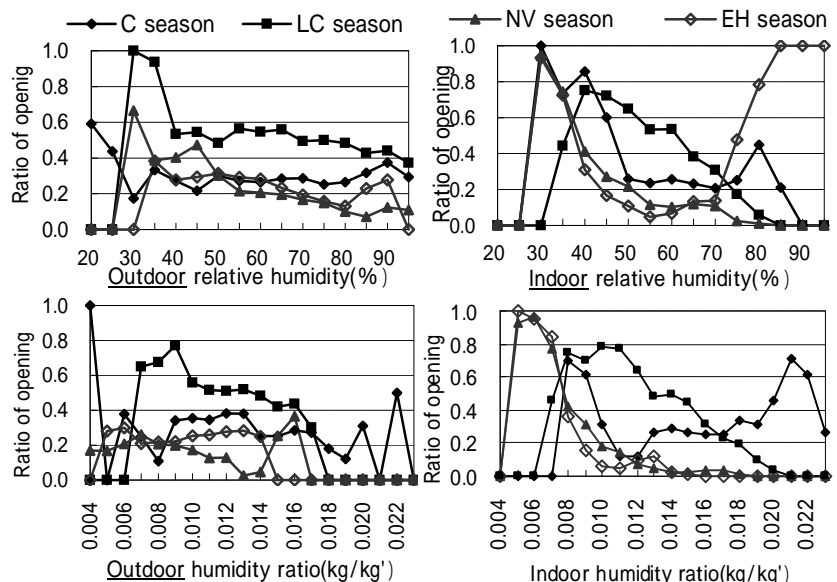


Fig.5 Humidity and ratio of window opening