輻射環境を考慮した空調設計用室内熱環境条件の 決定法に関する研究

A STUDY ON A DECISION METHOD OF THERMAL SPACE DESIGN CONDITIONS CONSIDERING THE EFFECT OF THE RADIANT FIELD

石野久彌*, 郡 公子**

Hisaya ISHINO and Kimiko KOHRI

The purpose of this paper is to present a decision method of thermal space design conditions, considering the effect of the radiant field. The radiant field depends on various building design factors and becomes worse when the air-conditioning load becomes greater. From the results of simulation analysis using design of experiments, a simplified method is presented for estimation of space operative temperatures at the air-conditioning peak load. Furthermore, design charts of thermal space conditions are proposed. In this charts, besides PMV comfort lines, operative temperature lines are shown.

Keywords : thermal space design conditions, radiant field, reference operative temperature, design of experiments, simplified estimation method, design charts of thermal space conditions

設計用室内熱環境条件, 輻射環境, 基準作用温度, 実験計画法, 簡易推定法, 温熱環境設計チャート

1. 序

空調時には, 室内温湿度が設定値に制御されていても輻射環境は変動しており, 必ずしも快適とは限らない。輻射環境は, 空調負荷が大きいときほど悪化し, 快適性は低下する。本来は, 空調設計時に最大負荷時の輻射環境の悪化を考慮して設計用室内温湿度条件を決定すべきであるが, 現在の段階では建物の特性に応じた具体的決定法はない。温熱感指標には PMV や新有効温度などの優れた指標があり, それぞれの指標に, 快適条件として推奨される範囲が示されており^{5)~7)}, 空調設計用室内条件をこれらの指標の値で与えることは可能である。問題は, 最大負荷時の輻射環境を推定する適当な手法がないため, 上述の優れた指標を有効に利用することができないという点である。

本論では, 事務所ビルを対象とし, まず, 最大負荷時作用温度の特性を解析し, 実験計画法を利用し主要な設計要因の影響を考慮した最大負荷時作用温度の簡易推定法を作成した。次に, 温熱感指標として PMV を利用し, 室温変化に伴う作用温度変化の特性を考慮しながら設計

用室内温湿度条件を決定できる空調用室内熱環境設計チャートを提案した。

2. 空調最大負荷時作用温度の計算法

図-1 に示すようなペリメータ, インテリアゾーンを有する事務所ビル断面について, 壁を 11 分割し, 室温, 壁表面温度合わせて 15 ポイントに関する対流・輻射熱平衡式を解いた⁸⁾。作用温度は各ゾーン 5 ポイントずつ

図-1 事務所ビル断面での温度計算ポイント

* 東京都立大学工学部建築学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

** 宇都宮大学工学部建設学科 助教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Utsunomiya Univ., Dr. Eng.

計算を行った。

現実の輻射環境は、室内にある家具類からの輻射の影響を無視することはできない。理想的には、家具面と周囲面との相互輻射も解くとよいが、家具に関する諸仮定値があいまいにならざるを得ない。そこで、本論では室内相互輻射を解くときには家具がないとして解き、平均輻射温度の計算のときに、次式で示すように家具の影響を考慮することとした。

$$MRT = \sum_i F_i \left[\eta_i \left(t_i + \frac{R_i}{\alpha_r \cdot A_i} \right) + (1 - \eta_i) t_f \right] \cdots (1)$$

ここに、

MRT : 平均輻射温度 [°C]

F_i : 家具がないときに人体から壁 i をみる形態係数 [-]

η_i : 人体から壁 i をみるときに家具係数 [-]

t_i : 壁 i の表面温度 [°C]

t_f : 家具表面温度 [°C]

R_i : 天井面のとき照明からの輻射熱、窓面のとき透過日射量 (ただしブラインド開のときは拡散日射のみ、閉のときは透過日射すべてとする)、その他の面はゼロ [kcal/h]

α_r : 輻射熱伝達率 [kcal/m²h°C]

A_i : 壁 i の面積 [m²]

η_i は、人体から壁をみる場合の、家具がないときの形態係数に対する家具があるときの形態係数の比率⁹⁾で、事務室において天井面 2/3、床・家具面 1/3 である。家具表面温度 t_f は、簡単に、定常状態とみなしそのポイントの作用温度に等しいと仮定した。作用温度は、室温と MRT の平均値とした。

空調最大負荷および最大負荷時作用温度は、年間計算から得られる室使用時間帯の時刻別装置負荷に超過危険率を適用して求めた。危険率 2.5% の装置負荷を最大負荷とし、危険率 1.5~3.5% の装置負荷が発生したときの作用温度の平均値を最大負荷時作用温度とする。

3. 事務所標準モデルおよび最大負荷時作用温度の基本的特性

3.1 事務所標準モデル

表—1 に示す建物・空調条件を事務所標準モデルとして設定した。空調室温は、冷房 26°C、暖房 22°C とした。また予冷熱計算は、予冷熱中は装置負荷一定で予冷熱終了時刻にちょうど設定室温に達するものと仮定して行った。ブラインドの開閉操作は負荷と作用温度環境にかなり影響する要素で、透過日射の強さと差し込み長さにより開閉するものとした。空調方式は、ペリメータ、インテリアゾーンそれぞれに別系統の空調機を設ける方式とし、空調機は各ゾーンの室負荷と外気負荷を処理する。対象地域は東京とし、平均年気象データを用いてシ

表—1 標準計算条件

建物	窓面積率: 45% 庇: なし 階: 中間階、室奥行: 12m 外皮: 一重ガラス窓、外壁熱貫流率 1.4 kcal/m ² h°C すきま風: 0.2 回/h (ペリメータ容積基準) ブラインド: 床面日射差込み長さが 2.5、1、0m 以上で、それぞれの透過日射量が 100、200、300 kcal/m ² h のとき使用。非空調時使用。 内部発熱: 照明 20W/m ² 、機器 5W/m ² 、在室人員 0.2 人/m ² 在室率、照度点灯率は冷房用は下図。暖房用は冷房用条件の 25%
空調	室内設定温湿度: 冷房 26°C 50%、暖房 22°C 50%、 冷暖房期間: 冷房 6~9 月、暖房 12~3 月 空調方式: ゾーン別空調機 空調時間: 平日 8~18 時、土曜 8~13 時 (予冷熱 8~9 時) 外気量: 4 CMB/m ² (予冷熱時外気カット)

表—1 付図 冷房用内部発熱スケジュール

(a) 冷房期 (7、8月)

(b) 暖房期 (1、2月)

注) 作用温度は各ゾーン5ポイントの平均値

図—2 作用温度と空調機負荷の相関

ミュレーションを行った。

3.2 最大負荷時作用温度の基本的特性

事務所標準モデルについて、最大負荷時作用温度を求めるために行った年間時刻別シミュレーション結果の基本的特性を解析した。本節では各ゾーン5ポイントの平均作用温度を用いる。

まず、作用温度と空調機負荷の相関を図—2 に示す。南方位のケースで、冷房期 7、8 月、暖房期 1、2 月の空調時各時刻についてプロットしたものである。空調機負荷が大きいほど作用温度環境は悪化し、冷暖房期とも、作用温度と室温の差はペリメータゾーンで最大 1.7°C ほどになる。ペリメータゾーンはインテリアゾーンより大きな空調機負荷が発生する分、作用温度環境も悪化するが、作用温度と負荷の相関の傾向は両ゾーンであまり差がなく、分布は重なっている。

図—3(a)、(b) は各期間 4 か月の時刻別空調機負荷を

注) 各負荷順位の作用温度は、その順位の前後10位までの負荷が発生するときのゾーン平均作用温度を移動平均したもの。図-3(b)も同様。

図-3(a) 上位空調機負荷とそのときの作用温度 (冷房)

図-3(b) 上位空調機負荷とそのときの作用温度 (暖房)

大きい順に並べ、そのときの作用温度を移動平均して示したものである。冷房期ペリメータ作用温度は、危険率2.5%の順位で方位により27.3~27.6°Cと室温より1.5°C前後高くなっている。負荷順位による作用温度の傾向は東、西方位は上位で高くなっているが、40位以降はどの方位も負荷順位による差はあまりない。冷房期インテリア作用温度の方位差、負荷順位による差はともに小さく、危険率2.5%の順位の作用温度は27.1°C程度である。暖房期は、ペリメータ、インテリアゾーンとも負荷順位によらずほぼ一定の方位差が生じており、危

注) 東西南北4ケースの各ゾーン平均作用温度をプロットしたもの

図-4 最大負荷時作用温度における家具の影響

険率2.5%の順位で両ゾーンともほぼ20.7~21.1°Cとなった。負荷順位による作用温度の変化は20位以内で顕著であり、危険率の設定を2.5%から1%(9位)に厳しくすると0.3°Cほど低く変わる。

冷房最大負荷およびそのときの作用温度は、方位に応じてブラインド開閉調節を行うと、また方位によって負荷の大きくなる季節が異なることを考慮して求めると、方位差がそれほど大きくないことがわかる。暖房期のゾーン別空調機負荷は休日明けに大きくなり、また夜間外気温の低い晴れの日に大きくなりやすい。このため暖房最大負荷時作用温度にも方位差が生じている。

図-4は作用温度の計算に家具の影響を考慮したときとしないときの最大負荷時作用温度の差を、標準モデル4方位のケースで確認したものである。両者の差は冷暖房最大負荷時とも0.5~1°Cとなった。

4. 各種要因と最大負荷時作用温度特性

4.1 作用温度に影響する要因

作用温度に影響する要因を設計要因と建物使用法にかかわる要因に分けると、設計要因には、方位、窓面積率、庇、外壁と窓の断熱性、中間階が最上階か、室奥行き、設計室温、照明ワット数などが考えられ、建物使用法にかかわる要因には、ブラインドの使用法、空調時間、休日のとり方などが考えられる。

設計要因による最大負荷時作用温度への影響は、より一般性のある値を得るため、実験計画法を利用して解析し推定法を作成することとし、建物使用法にかかわる要因については、あらかじめ別に影響を確認しておく。

4.2 建物使用にかかわる要因の最大負荷時作用温度への影響

図-5は、建物使用にかかわる要因の最大負荷時作用温度への影響を示したもので、標準条件に対し図中に示した要因の条件のみを変更して比較したものである。

冷房最大負荷時には、ブラインドを開閉調節する標準条件に対し常時閉とすると、西方位の作用温度はあまり

図—5 建物使用にかかわる要因と最大負荷時作用温度

変わらないが他の方位の作用温度は低下し、方位差が大きくなっている。本論で定めた標準条件としてのブラインド開閉調節をすると、北方位だけでなく南方位も、最大負荷時にブラインドを閉める必要のないことが多い。間欠空調と連続空調の差は、東方位ペリメータゾーンの冷房最大負荷時作用温度に0.3℃ほどみられる。

暖房最大負荷時には、ブラインドを常時閉とすると、透過日射が減少する影響よりも断熱性が向上する効果がわずかが強くあらわれている。間欠空調とすることによる作用温度の低下は、連続空調に対して最も差のあるインテリア北方位の場合で、1℃程度になる。残業運転を想定し空調時間を4時間延長してもそれほど最大負荷時作用温度に差は生じない。休日がないときに対し週休1日、2日とすると作用温度の低下は、インテリア北方位の場合で、0.2、0.6℃となった。

4.3 設計要因の最大負荷時作用温度への影響

設計要因による最大負荷時作用温度への影響について、実験計画法を利用してケーススタディを行った。解析対象は、ペリメータ5ポイントそれぞれの作用温度およびインテリアゾーン平均作用温度の6種類とし、ペリメータゾーンでの水平分布も把握できるようにした。実験計画法で取りあげた要因と水準を表—2に示す。外皮断熱は、外壁と窓の断熱性を総合したもので、窓面積率は主に日射の影響の違いだけを表す要因となる。ペリメータ奥行きは、室奥行きによらず5mとする。直行表は L_{64} を用いた。照明ワット数は、他の要因との交互作用がほとんどないので、別に計算を行った。

表—3に、ペリメータゾーン5ポイントのうち、窓から0.5、2.5、4.5mの3ポイントの作用温度とインテ

表—2 実験計画法での要因と水準

要因 (水準)	
A	方位 (S、E、N、W)
B	窓面積率 (30、60 %)
C	外皮断熱 (大、小)
D	庇の出 (0、1 m)
E	階 (中間階、最上階)
F	室奥行 (8、12、16、20 m)
G	設計室温 (冷房 26、28 °C) (暖房 22、20 °C)

(交互作用)

A×B 方位×窓面積率
A×D 方位×庇
B×D 窓面積率×庇
C×E 外皮断熱×階
C×F 外皮断熱×室奥行
C×G 外皮断熱×設計室温

- 1) 外皮断熱は外壁と窓双方の断熱性を表す。断熱大は、一重ガラス窓面積率30%、外壁熱貫流率1.4kcal/m²h℃、断熱小は一重ガラス窓面積率45%、外壁熱貫流率2.9kcal/m²h℃
- 2) ペリメータ奥行きは室奥行によらず常に5mとする。

リアゾーン平均作用温度について、各要因の有意判定結果を示す。交互作用は、暖房期の「外皮断熱×階」のほかは影響の小さいものが多かった。

図—6に標準条件4方位、また輻射環境の良いケース、悪いケースの6ケースについて、5%有意となった要因の効果推定値より、最大負荷時作用温度の水平分布を求めて示した。冷暖房で分布の特性が大きく異なる。冷房最大負荷時には作用温度の水平温度差がペリメータゾーン内でも1℃ほどつくことがある。日射遮蔽性能を上げるなどの対策をとると、水平分布をなくすことは可能であるが、作用温度と室温の差は、最も環境の良いケース2Cでも1℃近く存在する。

暖房最大負荷時の作用温度水平分布は、冷房最大負荷時に比べると均一で、外皮断熱性能が劣るケース1Hでもペリメータゾーン内で0.2℃程度である。作用温度環境の良くなる条件をそろえると、ペリメータ、インテリアゾーンともに、作用温度と室温の差は0.5℃程度まで小さくすることができる。

4.4 最大負荷時作用温度の簡易推定法

表—3の有意判定結果で5%有意となった要因のなから、さらに効果推定値が小さく実用上無視できるものを取り除き、再度分散分析を行い5%有意であることを確認したうえで、空調設計で利用しやすい形式にしたものを表—4に示す。冷房、暖房用基準作用温度は、標準条件のそれぞれ南、北方位の値となるようにし、外皮断熱の要因は2水準から3水準に増やして示した。この表の基準作用温度および要因効果を用いて最大負荷時作用温度は次式により得られる。

$$OT = OT_0 + \sum_k \Delta OT_k \dots \dots \dots (2)$$

(a) 冷房最大負荷時

(b) 暖房最大負荷時

注) 特記していない条件は標準条件と同じ。インテリア作用温度はゾーン平均値であるが、図では標準室奥行きときのインテリアゾーン中央の位置に示した。

図—6 最大負荷時作用温度の水平分布

表—3 有意判定結果

P1, P2, P3, I: ヴェリメタの窓から0.5, 2.5, 4.5mのポイントの作用温度、インテリアの作用温度

** 1%有意、* 5%有意

因子	冷房				暖房			
	P1	P3	P5	I	P1	P3	P5	I
A 方位	**	**	**	**	**	**	**	**
B 窓面積率	**	**	**	**	**	**	**	**
C 外皮断熱	**	**	*		**	**	**	**
D 庇	**	**	**	**	**	**	**	**
E 階		**	**	**	**	**	**	**
F 室奥行			**	**	**	**	**	**
G 設計室温	**	**	**	**	**	**	**	**
A*D 方位×庇				*		**	**	**
B*D 窓面積率×庇	**	*						
C*E 外皮断熱×階					*	**	**	**

注) 方位×窓面積率、外皮断熱×室奥行、外皮断熱×設計室温は、どの場合も有意とならなかった。

表—4 最大負荷時作用温度の推定用諸数値

(a) 冷房用基準作用温度および要因効果		最大負荷時作用温度 = $O T_o + \sum \Delta O T_k$ (単位: °C)			
基準作用温度 $O T_o \pm$ 信頼限界		ヴェリメタ: 窓から0.5m	ヴェリメタ: 窓から2.5m	ヴェリメタ: 窓から4.5m	インテリア平均
要因効果 $\Delta O T_k$	窓主方位 S W N E	0 .27 -.06 .06	0 .22 -.02 .09	0 .16 -.01 .08	0 .04 -.04 .03
	底なし 窓面積 30% 60%	-.44 .44	-.16 .16	-.09 .09	-.06 .06
	底あり 窓面積 30% 60%	-.74 -.13	-.39 -.14	-.25 -.08	-.16 -.04
	階 中間階 最上階	—	0 .07	0 .07	0 .07
	設計室温 26 28 (°C)	0 1.83	0 1.85	0 1.86	0 1.87
	照明発熱 20 30 (W/m²)	0 .19	0 .23	0 .25	0 .25
(b) 暖房用基準作用温度および要因効果		最大負荷時作用温度 = $O T_o + \sum \Delta O T_k$ (単位: °C)			
基準作用温度 $O T_o \pm$ 信頼限界		ヴェリメタ: 窓から0.5m	ヴェリメタ: 窓から2.5m	ヴェリメタ: 窓から4.5m	インテリア平均
要因効果 $\Delta O T_k$	窓主方位 S W N E	.44 .06 0 .25	.41 .07 0 .19	.37 .07 0 .14	.33 .08 0 .15
	中間階 外皮断熱 大 中 小	.33 0 -.33	.29 0 -.29	.25 0 -.25	.19 0 -.19
	最上階 外皮断熱 大 中 小	.18 -.14 -.47	-.01 -.21 -.41	-.10 -.25 -.41	-.17 -.28 -.38
	室奥行 8 12 16 20 (m)	-.06 0 .09 .13	-.11 0 .10 .17	-.14 0 .12 .20	-.16 0 .12 .22
	設計室温 22 20 (°C)	0 -1.81	0 -1.81	0 -1.82	0 -1.83

注) 1) 基準条件 (基準作用温度となる条件): 方位…冷房S、暖房N、窓面積率…45%、外皮断熱…中、庇…なし、階…中間階、室奥行…12m、設計室温…冷房26°C、暖房22°C、照明…20W/m²
 2) 外皮断熱 (外壁・窓を総合した断熱性) 各水準に相当する条件は、付表の窓仕様、外壁熱貫流率に相当する。
 3) 室奥行はゾーンの奥行ではなく、外壁からインテリアの奥壁までの距離をとる。角部屋の場合は室奥行き=室床面積/外壁長さより求めた相当奥行を用いる。
 4) 冷房用では外皮断熱、室奥行、方位×庇が、暖房用では窓面積率、庇、方位×庇の要因が有意となる場合もあるが、実用上無視することし、再度分散分析を行い5%以内で有意であることを確認した。

表 4 付表 外皮断熱水準と窓仕様・外壁熱貫流率 [kcal/m²h°C]

外皮断熱水準		大	中	小
一重ガラス	窓30%	0.9	2.0	3.2
	45%	-	1.4	2.9
	60%	-	0.4	2.4
二重ガラス	窓30%	1.6	2.7	3.9
	45%	1.4	2.8	4.3
	60%	0.9	2.9	4.9

ここに、

OT : 最大負荷時作用温度 [°C]

OT_o : 基準作用温度 [°C]

ΔOT_k : 要因 k の効果 [°C]

5. 空調用室内温熱環境設計チャートの提案

PMV や新有効温度などの温熱感指標を用いると、種々の快適線図を作成することができ、快適となる環境要素の値の組合わせがわかる。しかし、空調により常に任意の環境を作り出せるわけではない。ここでは、輻射冷暖房は対象とせず、冷温風による一般的な空調方式を対象とする。この場合、室温と作用温度には建物固有の

関係があり、その関係の成り立つ範囲で環境を選択できるといえる。

分散分析結果から、設計室温と外皮断熱との交互作用は無視できることがわかったので、表—4の設計室温の要因効果から、設計室温と作用温度の関係を以下の式で代表させることとした。

$$OT = 0.92(t_a - t_{ao}) + ROT \quad (3)$$

ここに、

t_a : 設計室温 [°C]

t_{ao} : 基準設計室温 [°C] (冷房 26°C, 暖房 22°C)

ROT : 基準設計室温での作用温度 [°C]

ROT (Reference Operative Temperature) は、新た

図-7(a) 冷房用温熱環境設計チャート

図-7(b) 暖房用温熱環境設計チャート

に定義したもので、基準設計室温のときの作用温度であり、建物の特性に応じて簡易推定法により得られる。

図-7(a), (b) は、PMV を利用して快適線図を作成し、この上に(3)式で表される作用温度の特性線を加え、冷暖房用温熱環境設計チャートとしたものである。設計用であることを念頭において軸を設定し、快適設計として $PMV=0$ 、省エネ設計として冷房用は $PMV=0.5$ 、暖房用は $PMV=-0.5$ の場合の快適線を、5種類の相対湿度について示した。簡易推定法を利用して求めた ROT を与え、温熱環境設計チャート上で、快適設計か省エネ設計か、またどの相対湿度を採用するかを選ぶ

とそのときの設計室温が求められるというものである。

図-8 は、設計室温を冷房 26°C、暖房 22°C とする従来設計に対し、温熱環境設計チャートを使用して省エネ設計、快適設計としたときの設計室温を比較した例である。従来の設計室温は省エネ設計に近く、快適設計とするには従来の設計室温より 2°C 近く厳しい条件としなければならないこともあるなどの点がわかる。また夏期は服装が軽装であるため、快適設計に対し省エネ設計としても、暖房設計時ほど設計空温を緩和することができない。本例は、ペリメータ中央のポイントの作用温度での検討であるが、簡易推定法によりこのときのペリメー

図—8 最大負荷時の輻射環境の悪化を考慮した設計室温
(ペリメータゾーン中央のポイント)

タゾーン作用温度の水平分布も確認することができる。

6. 結

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 家具の影響を考慮した平均輻射温度の計算法を示し、年間計算から最大負荷時作用温度を求める方法を示した。
- 2) 冷房室温 26°C、暖房室温 22°C とする事務所標準モデルでのシミュレーション結果から、冷房最大負荷時には、ペリメータ平均作用温度は方位により 27.3～27.6°C となり、インテリア平均作用温度は 27.1°C 程度となった。方位による最大負荷発生時期の違い、方位に応じたブラインド調節などを考慮すると、冷房最大負荷時の輻射環境の方位差はそれほど大きくないといえる。暖房最大負荷時作用温度は、ペリメータ、インテリアゾーンとも方位差が多少あり、20.7～21.1°C となった。ゾーン間の差はあまりない。
- 3) 建物使用にかかわる要因の最大負荷時作用温度への影響を解析し、冷房最大負荷時ペリメータ作用温度に対してブラインド操作法、暖房最大負荷時ペリメータ、インテリア作用温度に対して間欠空調、休日の影響が大きいことを確認した。
- 4) 設計要因の最大負荷時作用温度への影響を実験計画法を利用してシミュレーションし、作用温度の水平温度

分布を求めたところ、冷房最大負荷時には窓際ほど輻射環境が悪化し、建物性能の悪いケースではペリメータゾーン内で水平作用温度差が 1°C ほど生じることもある。底を設ける、窓面積を小さくする方法をとると、水平温度差を解消することができる。これに対し、暖房最大負荷時の作用温度の水平温度差は、断熱性の低いケースでもあまり生じない。

5) 主要設計要因の影響を考慮し、ペリメータゾーンについては作用温度の水平分布も推定可能となる、最大負荷時作用温度の簡易推定法を作成した。

6) PMV を利用した快適線図に建物特性を表す作用温度特性線を重ね、空調設計に利用できる温熱環境設計チャートを提案した。基準設計室温のときの最大負荷時差用温度を *ROT* と定義し、これを簡易推定法により求め、温熱環境設計チャートを利用して最大負荷時の輻射環境の悪化を考慮し快適性を満たす設計室内温湿度条件を決定する手法を示した。

参考文献

- 1) 郡 公子, 石野久彌: 空調用室内温熱環境設計チャートの提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 717～718, 1990. 10
- 2) 石野久彌, 郡 公子, 佐藤 豊: 空調最大負荷時の室内作用温度環境の解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 803～804, 1990. 10
- 3) 事務所ビルの空調設計用最大負荷と作用温度の簡易推定法に関する研究—簡易推定法の提案と従来法との特性比較—, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, pp. 85～88, 1992. 10
- 4) 郡 公子, 石野久彌: 最大負荷時の室内設定温湿度条件に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 475～476, 1984. 10
- 5) P.O. Fanger: Thermal Comfort, Robert E. Krieger Publishing Company, 1982
- 6) ASHRAE: ASHRAE Hand Book Fundamentals, 1989
- 7) 中原信生: 省エネルギーのための室内環境の設計条件に関する考察 第四報 各種作業・建物用途に対する温湿度及び換気設計・制御条件について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 247～248, 1981. 9
- 8) 郡 公子, 石野久彌: 温熱環境とエネルギー消費量の同時評価法に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 365, pp. 40～48, 1986. 7
- 9) 石野久彌, 木村真鉄: 人対室内表面の形態係数に対する家具類の影響に関する実測研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp. 421～424, 1988. 9

(1993 年 8 月 20 日原稿受理, 1993 年 12 月 24 日採用決定)