

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560610

研究課題名（和文） 窓システムの熱設計のためのデータベースと評価ツールの構築

研究課題名（英文） Development of Database and an Evaluation Tool
for Thermal Design of Window Systems

研究代表者

郡 公子 (KOHRI KIMIKO)

宇都宮大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20153504

研究成果の概要（和文）：従来のブラインド付き一般窓の熱計算法に対して、計算精度を向上させかつ十分に実用的な計算法を提案した。同時に年間熱負荷計算用の一般窓熱性能データベースを作成した。また年間計算に組み込み可能なダブルスキンシステムの熱性能計算法の提案、数値解析からダブルスキンシステムの熱性能評価を行った。さらに、ガラス建築の評価に利用可能な設計用気象データを利用する新しい最大熱負荷計算法の提案も行った。

研究成果の概要（英文）：This research proposes a practical thermal calculation method of typical windows with blinds as well as the database required for thermal calculation of typical windows. For double skin facades, a thermal calculation method which is practical enough to use in annual energy simulation tools is also proposed and the thermal performance characteristics were evaluated through simulations. Moreover, a thermal peak load simulation method with new design weather data sets which is suitable for glass buildings is proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：建築学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：熱環境、窓

1. 研究開始当初の背景

地球環境負荷の低減を目指すなか、ガラス建築を実現するには窓の高性能化が必須である。ガラスの種類が多様化するとともに、エアフローウィンドウ(AFW)やダブルスキンのように窓に室空気や外気を通す高性能な窓システムの普及も進んでいる。しかし、窓の熱設計に必要な性能値の整備が十分とは言えず、また窓内に空気を通す高性能窓システム

の性能の推定手法も確立していなかった。特に、ダブルスキンの熱性能は不明確のまま設計されていた。窓システムの熱設計に利用できる窓性能データベースと実用的評価ツールが望まれていた。

2. 研究の目的

(1)一般窓の熱性能データベース構築

年間エネルギー計算用の一般窓の熱性能値

のデータベースを構築する。

(2) 窓システムの評価法の開発

①一般窓の日射遮蔽変動の実用計算法

実用性を保ちつつ従来法に比べ精度を向上させた計算法を提案する。

②ダブルスキンシステムの実用熱計算法

年間エネルギー計算に組み込み可能な実用性をもつ計算法を提案する。

③実験によるダブルスキン熱性能評価法

実験により窓熱貫流率と日射熱取得率を求める方法を提案する。

(3) ダブルスキンシステムの熱性能評価

数値計算による性能解析・評価を行う。

(3) ガラス建築の性能評価のための最大熱負荷計算ツールの開発

ガラス建築の評価に適する新しい設計用気象データを利用する最大熱負荷計算ツールを開発する。

3. 研究の方法

(1) 計算理論の開発

年間エネルギー計算ツールに組み込み可能な最大熱負荷解法を開発・提案する。

(2) プログラム開発

一般窓のほか AFW やダブルスキンの評価が可能なシミュレーションツールを開発する。

(3) 窓システム評価の数値解析

特に不明な点の多いダブルスキンを中心に熱性能値を数値解析する。

(4) ダブルスキンの性能実験

ダブルスキン窓ユニットの熱性能評価法の妥当性の確認する実験を行う。

4. 研究成果

(1) 窓の熱性能データベースの構築

年間計算用の条件設定を行い、ブラインド内側窓とブラインド内蔵窓約 650 種について、熱貫流率、日射熱取得率、透過率をはじめとする基本性能値のデータベースを構築した。これは、汎用シミュレーションツール BEST に利用されている。

(2) 窓システムの評価法の開発

①一般窓の日射遮蔽変動の実用計算法

従来のブラインド付き窓の日射遮蔽性能の計算は、ガラス入射角特性を流用して計算する簡易なものであった。それに対してブラインドのプロファイル角特性を考慮する実用的計算法を提案する。表 1 に提案する日射熱取得計算式を示す。日射熱取得の短波放射、長波放射、対流の 3 成分を求めることを想定している。そのために必要な窓熱性能値は、直達日射、天空日射、地表面反射日射それぞれに対する日射熱取得率、透過率および長波放射成分係数である。このうち長波放射成分係数、基準入射条件（入射角、プロファイル角とも 30°）での日射熱取得率と透過率は、デ

表 1 日射熱取得の実用計算式

外部日除けがないときの日射熱取得 HG_{SR} [W/m²] とその短波放射、長波放射、対流成分 $HG_{SR,SR}$ 、 $HG_{SR,LR}$ 、 $HG_{SR,C}$ [W/m²] を次式で表す。

$$HG_{SR} = I_D \cdot \eta_D + I_S \cdot \eta_{SKY} + I_G \cdot \eta_{GR} \quad \dots(1)$$

$$HG_{SR,SR} = I_D \cdot \tau_D + I_S \cdot \tau_{SKY} + I_G \cdot \tau_{GR} \quad \dots(2)$$

$$HG_{SR,LR} = k_{LR}(HG_{SR} - HG_{SR,SR}) \quad \dots(3)$$

$$HG_{SR,C} = HG_{SR} - HG_{SR,SR} - HG_{SR,LR} \quad \dots(4)$$

【記号】 I_D 、 I_S 、 I_G ：窓面の直達、天空、地表面反射日射量 [W/m²]、 τ_D 、 τ_{SKY} 、 τ_{GR} ：直達、天空、地表面反射日射に対する透過率[-]、 η_D 、 η_{SKY} 、 η_{GR} ：直達、天空、地表面反射日射に対する日射熱取得率[-]、 k_{LR} ：長波放射成分係数[-]

表 2 日射熱取得率と透過率の実用計算式

■ブラインド非使用時

ブラインド非使用時の日射熱取得率 η_G [-]、透過率 τ_G [-] は、基準入射角 30° での日射熱取得率 η_{G0} [-]、透過率 τ_{G0} [-] に、入射角変動の影響を考慮する基準化日射熱取得率 f_G [-]、基準化透過率 g_G [-] を乗じて求める。

$$\eta_G = \eta_{G0} \cdot f_G \quad \dots(1) \quad \tau_G = \tau_{G0} \cdot g_G \quad \dots(2)$$

■ブラインド使用時

ブラインド使用時の日射熱取得率を η_{GB} [-]、透過率を τ_{GB} [-] とする。 η_{GB} は、 τ_{GB} と窓吸収成分 η_{GBA} [-] の和として求める。ブラインドより外側にあるガラスに対する入射角変動の補正係数として f_{GOUT} 、 g_{GOUT} 、ブラインドに対するプロファイル角変動の補正係数として g_B を利用する。 k_B はブラインドの断熱効果を補正する係数である。

$$\eta_{GB} = \tau_{GB} + \eta_{GBA} \quad \dots(3)$$

$$\tau_{GB} = X_{GAP} \cdot \tau_G + (1 - X_{GAP}) \tau_{GB'} \quad \dots(4)$$

$$\text{ただし、} \tau_{GB'} = \tau_{GB0} \cdot g_B \cdot g_{GOUT} \quad \dots(5)$$

$$\eta_{GBA} = X_{GAP} \cdot k_B \cdot \eta_{GA} + (1 - X_{GAP}) \eta_{GBA'} \quad \dots(6)$$

$$\text{ただし、} \eta_{GA} = \eta_G - \tau_G \quad \dots(7)$$

$$\eta_{GBA'} = \eta_{GB0} \cdot f_{GOUT} - \tau_{GB0} \cdot g_{GOUT} \quad \dots(8)$$

【記号】 X_{GAP} ：窓面日射のうち日除けが無効な成分比（図 1 参照）[-]、 $\eta_{GBA'}$ 、 $\tau_{GB'}$ ：日除けが有効な窓面日射に対する日射熱取得率の窓吸収成分、透過率[-]、 η_{GA} ：ブラインド非使用時の日射熱取得率の窓吸収成分[-]、 η_{GB0} 、 τ_{GB0} ：ブラインド使用時の基準入射条件（入射角、プロファイル角とも 30°）での日射熱取得率、透過率[-]、 g_B ：ブラインド補正係数[-]、 f_{GOUT} 、 g_{GOUT} ：ブラインドより外側のガラスの基準化日射熱取得率、基準化透過率[-]、 k_B ：ブラインド断熱係数[-]

【注記】本表では、表 1 の η_D 、 η_{SKY} 、 η_{GR} をまとめて η_G あるいは η_{GB} 、 τ_D 、 τ_{SKY} 、 τ_{GR} をまとめて τ_G あるいは τ_{GB} として表した。

ータベース化された値を利用できる。

表 2 に、本研究で提案する日射熱取得率と透過率の実用計算式を示す。計算式中の係数の求め方は、主な発表論文①に詳述されている。提案式は、直達日射のほか、天空、地表面反射日射に対しても適用可能である。ブラインド非使用時の日射熱取得率、透過率の推定法は、従来の方法を踏襲しているが、基準入射条件は法線入射ではなく 30° である。

ブラインド使用時の推定式は、新たに考案した。窓面日射を、ガラス透過後にスラット隙間を通り抜ける成分とスラットに当たる成分（以降、日除けが無効あるいは有効な窓面日射と呼ぶ）に分けて考える。表 2 の式 (3) ~ (8) に、日射熱取得率、透過率の式を示す。透過率 τ_{GB} および日射熱取得率の長波放射・対流

成分（以降、窓吸収成分と呼ぶ） η_{GBA} について、日除けが有効な窓面日射に対する値と日除けが無効な窓面日射に対する値とを別々に求め重み平均する（式(4)、(6)）。これらを合計して日射熱取得率を得るという方法である（式(3)）。提案式は精算法の数値解析から得られた知見をもとに組み立てたものである。また、提案した実用計算値と精算値との照合

表3 ダブルスキン空気温度の実用式

●n層目のダブルスキン空気の熱平衡式

$$\phi_{O,DS}(t_{Oe} - t_{DS,n}) + \phi_{R,DS}(t_{Re} - t_{DS,n}) + \eta_{DS} \cdot I + C_p \cdot \rho \cdot V (t_{IN,n} - t_{DS,n}) = 0 \quad \dots(1)$$

$t_{DS,n}$ 、 t_{Oe} 、 t_{Re} 、 $t_{IN,n}$ は、n層目のダブルスキン空気温度、室外相当温度、室内相当温度、n層目への流入空気温度[°C]、 I はダブルスキン面日射量[W/m²]、 $\phi_{O,DS}$ 、 $\phi_{R,DS}$ 、 η_{DS} は、室外相当温度、室内相当温度、ダブルスキン面日射量に対するダブルスキン空気への対流熱重み係数[W/m²K]である。

●ダブルスキン空気温度 $t_{DS,n}$ の式

$$t_{DS,n} = T_{O,n} \cdot t_{Oe} + T_{R,n} \cdot t_{Re} + T_{V,n} \cdot t_{IN,1} + T_{SR,n} \cdot I \quad \dots(2)$$

$T_{O,n}$ 、 $T_{R,n}$ 、 $T_{V,n}$ 、 $T_{SR,n}$ は、それぞれ t_{Oe} 、 t_{Re} 、 $t_{IN,1}$ 、 I に対するダブルスキン空気温度の重み係数[-]であり、式(1)より導くことができる。

$$T_{O,n} = k_{1,n} \cdot \phi_{O,DS} \quad \dots(3) \quad T_{R,n} = k_{1,n} \cdot \phi_{R,DS} \quad \dots(4)$$

$$T_{SR,n} = k_{1,n} \cdot \eta_{DS} \quad \dots(5) \quad T_{V,n} = k_{2,n} \quad \dots(6)$$

$$k_{1,n} = \frac{(1-r^n)}{\Phi_{DS}(1-r)} \quad \dots(7) \quad k_{2,n} = r^n \quad \dots(8)$$

$$r = \frac{C_p \cdot \rho \cdot V}{\Phi_{DS}} \quad \dots(9) \quad \Phi_{DS} = \phi_{O,DS} + \phi_{R,DS} + C_p \cdot \rho \cdot V \quad \dots(10)$$

【記号】 添え字n：対象とする層番号（ダブルスキン最下層からの番号）、V：換気風量(1層分の外ガラスの単位面積当たりの値)[lit/sec・m²]、 C_p 、 ρ ：空気の比熱[J/gK]、密度[g/lit]

表4 ダブルスキン熱取得の実用式

●熱流重み係数を用いる室内熱取得の基本式

n層目の室内熱取得 HG_n [W/m²]は、次式で表される。

$$HG_n = \phi_{O,R} (t_{Oe} - t_{Re,n}) + \eta_0 \cdot I + \phi_{DS,R} (t_{DS,n} - t_{Re,n}) \quad \dots(1)$$

$\phi_{O,R}$ 、 $\phi_{DS,R}$ は、室外相当温度、ダブルスキン空気温度に対する室内熱取得重み係数[W/m²K]、 η_0 は、ダブルスキン空気温度が0°Cと想定した場合のダブルスキン面日射に対する室内日射熱取得重み係数である。

●熱貫流率と日射熱取得率を用いる室内熱取得計算式

HG_n を、日射熱取得 $HG_{SR,n}$ [W/m²]とそれ以外の貫流熱取得 $HG_{T,n}$ [W/m²]に分けて求める場合の式を示す。

$$HG_n = HG_{T,n} + HG_{SR,n} \quad \dots(2)$$

$HG_{T,n}$ については、室外相当温度に起因する成分と流入空気温度に起因する成分に分け、それぞれに対応する熱貫流率 $U_{O,n}$ 、 $U_{V,n}$ [W/m²K]を導入し、これを用いて表す。

$$HG_{T,n} = U_{O,n} (t_{Oe} - t_{Re,n}) + U_{V,n} (t_{IN,1} - t_{Re,n}) \quad \dots(3)$$

$U_{O,n}$ 、 $U_{V,n}$ は、

$$U_{O,n} = \phi_{O,R} + T_{O,n} \cdot \phi_{DS,R} \quad \dots(4)$$

$$U_{V,n} = T_{V,n} \cdot \phi_{DS,R} \quad \dots(5)$$

である。 $HG_{SR,n}$ [W/m²]は、日射熱取得率 η_n を用い、

$$HG_{SR,n} = \eta_n \cdot I \quad \dots(6)$$

$$\eta_n = \eta_0 + \phi_{DS,R} \cdot T_{SR,n} \quad \dots(7)$$

と表される。

を行い、提案した実用計算法が十分な精度をもつことを確認した。

②ダブルスキンスステムの実用熱計算法

まず、一般窓と同様の考え方で、ダブルスキン熱性能の精算法と精算ツールを作成した。次に、精算法の理論をもとに、ダブルスキンの熱流重み係数の概念を新たに導入して、それを利用する実用計算法を考案した。表3にダブルスキン空気温度の実用式を示す。熱流重み係数をデータベース化すれば、簡単な式によりダブルスキン温度を推定可能である。さらに、表4に示す実用式により貫流熱取得と日射熱取得が得られる。表4式(3)から、本計算法はダブルスキンのみならずAFWにも適用可能であることが分かる。

③実験による性能評価法の提案

熱貫流率と日射熱取得率を実験から推定する方法を考案し、実験用のダブルスキン(DS)化した小型窓について適用して有用であることを確認した。

日射熱取得率を求めるには、対象窓をもつ部屋の熱収支を把握する必要があるため、建物内に窓を覆う小さな断熱室を作成した。ダブルスキン窓と一般窓をもつ2つの断熱室はファンにより周囲(廊下)空気を供給し、排気する仕組みとする。実験期間は、2010年7月から2011年2月までである。

熱貫流率は冬期の夜間の熱流および温度測

表5 実験より得られた熱貫流率

ダブルスキン				一般窓			
窓条件	有効解析日数	熱貫流率 [W/m ² K]		窓条件	熱貫流率 (基準条件) [W/m ² K]		
		U	U'		U	U'	
あり 自然換気	ブラインド開	6	1.8	1.9	ブラインド開	4.2	5.6
	ブラインド閉	6	1.7	1.8	ブラインド閉	3.7	4.7
なし 自然換気	ブラインド開	6	1.4	1.4			
	ブラインド閉	6	1.2	1.3			

*1 $\alpha_i=7.8$ 、 $\alpha_o=9.7$ W/m²K、ガラス熱伝導率 $\lambda=0.8$ W/mKとなった。
*2 $\alpha_o=10.0$ W/m²K

表6 実験より得られた日射熱取得率

	DS自然換気	ブラインド	日射熱取得率	
			ピーク平均(日平均)	
DS窓	あり	開	0.41	(0.32)
		閉	0.17	(0.27)
	なし	開	0.43	(0.49)
		閉	0.22	(0.35)
一般窓	—	開	0.78	(0.73)
	—	閉	0.54	(0.57)

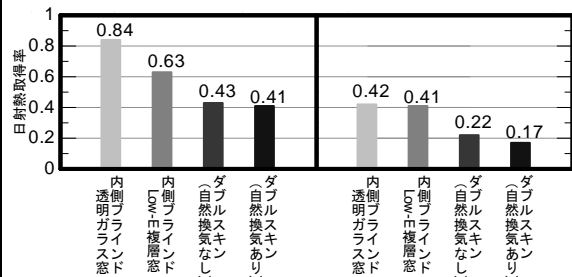


図1 日射熱取得率の比較

定値から求める。表 5 に条件ごとの熱貫流率の解析結果を示す。ダブルスキン窓の熱貫流率は、非自然換気時にブラインドの開閉でそれぞれ $1.4\text{W/m}^2\text{K}$ 、 $1.3\text{W/m}^2\text{K}$ 、自然換気を行うことでそれぞれ $1.9\text{W/m}^2\text{K}$ 、 $1.8\text{W/m}^2\text{K}$ と増加し、妥当な結果を得られている。

日射熱取得率は、断熱室の熱収支式をもとに求める。断熱室周囲壁面からの熱損失は熱流測定値から推定し、窓面からの貫流熱取得は実験から求めた窓熱貫流率と内外温度差（長波放射の影響を考慮）から推定した。また、換気による除去熱量の推定のために別途換気ファンの風量測定を行った。表 6 に得られた日射熱取得率を示す。ダブルスキン窓では自然換気を行わない場合、ブラインド開では 0.42、ブラインド閉では 0.22 となり、一般窓の日射熱取得率の約 1/2 程度である。自然換気を行うと、ブラインド開では 0.41、ブラインド閉では 0.17 となった。日射熱取得率に関しても概ね妥当な値と関係が得られた。図 1 に参考まで、数値計算による一般窓の日射熱取得率との比較結果を示す。

(3) ダブルスキンシステムの熱性能評価

ダブルスキン (DS) の熱性能について数値解析を行った。基本的条件の熱性能値を確認するとともに、冷房設計用気象条件における自然換気時の熱性能に着目し、太陽位置と自然換気量の時刻変動に伴う日射熱取得率、熱貫流率の変動特性と自然換気により生じる上下分布特性を明らかにしようとした。

計算法は、1 層単位にダブルスキン内部の各温度計算点の熱平衡式を連立させて解く方法である。自然換気量の計算にあたっては、ダブルスキン空気温度の上下温度分布を考慮した圧力計算を行い、屋外は無風とした。表 7 に、基準計算を示す。気象は、拡張アメダス冷房設計用気象データを利用し、ダブルスキンの方位によって種類を使い分けた。

図 2 に基準条件での日射熱取得率の入射角特性を示す。ブラインドを閉じると、上層と下層の差が大きくなる。入射角が 0 から 15° の範囲はスラット隙間を透過する直達日射の影響が見られる。図 3 に日射熱取得率と熱貫流率の自然換気量による特性を示す。自然換気量の増加に伴い、熱貫流率は増加し日射熱取得率は低下する。1 階においては、日射熱取得率・熱貫流率ともに、0 から $100\text{lit/sec}\cdot\text{m}$ の範囲で大きく変化するが、それ以降の変化は緩やかである。

図 4 は、西面ダブルスキンについてブラインドを使用したときの自然換気時の熱性能値上下分布特性を示す。これらはダブルスキンの熱取得ピーク時の値を示したものである。熱性能に影響する要因として、吹抜け高さ、内ガラス種類、換気口有効開口面積を変化させて比較を行った。いずれのケースも上層階

表 7 ダブルスキン数値解析基準条件

窓形状	腰壁・上部壁高さ: 0m、内壁高さ4m ダブルスキン奥行き: 0.7m 内側ガラス・ブラインド間距離: 0.2m
ガラス	内側ガラス: 透明フロートガラス8mm 外側ガラス: 透明フロートガラス8mm
ブラインド	スラット日射吸収率: 0.5、スラット角: 45°
グレーチング	グレーチング開口率: 0.8、グレーチング類吸収率: 0.7
吹抜け層数	10層
換気口	吹抜け上下に2ヶ所、開口面積: 0.15m^2 、流量係数: 0.6
室温	26°C (夏季)
地表面反射率	0.15
気象	東京EA冷房設計気象条件: Jc-t基準(西・東)8/1 Js-t基準(南)9/15 h-t基準(北)8/1

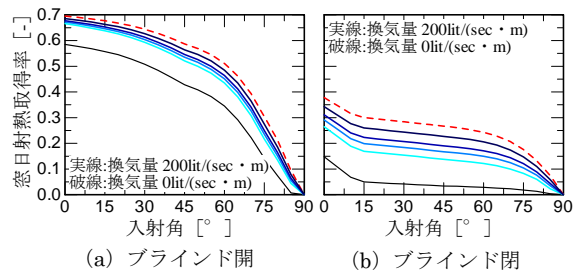


図 2 ダブルスキン日射熱取得率の入射角特性

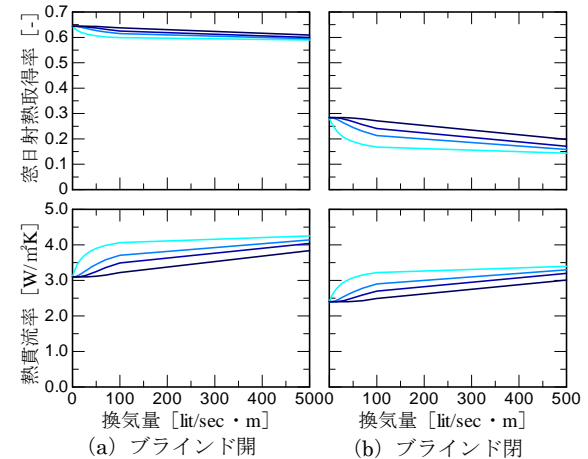


図 3 ダブルスキン熱性能値の風量特性

にいくにつれて、ダブルスキン温度、日射熱取得率は増加傾向にあり、熱貫流率は減少傾向にある。吹抜け層数が多いほど自然換気が促進されるため、同一階のダブルスキン温度・日射熱取得率は小さくなり、熱貫流率は大きくなる。当然であるが、有効開口面積を大きくすることでも自然換気量を促進できる。内側ガラスを透明フロートガラスから low-E 複層ガラスに変更すると、ダブルスキン内の温度は上昇するが、日射熱取得率は約 45%、熱貫流率は 40~50% 低減する。

(3) ガラス建築の性能評価のための最大熱負荷計算ツールの開発

拡張アメダス設計用気象データは、気象タイプがいくつか用意され、建物特性や空調装置の種類によって最大負荷が発生する気象の特徴が異なることを考慮できる。従って、気象の影響の強いガラス建築に適する気象データと言える。そこで、拡張アメダス設計用気

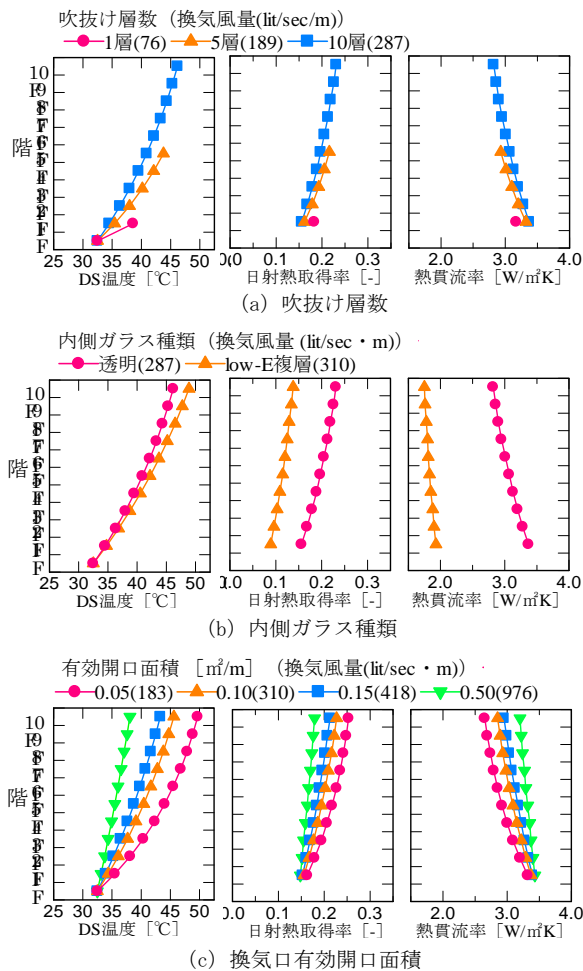


図4 冷房設計気象条件下のダブルスキン熱性能値の上下分布特性(西面・ブラインド閉)

象データの利用を前提とする日周期定常最大熱負荷計算法を開発した。また、多数室計算を行う場合に利用しやすい予冷熱計算法も組込んだ。

まず、予冷熱計算法について述べる。提案する予定熱計算法は、日周期定常状態を求めるための反復計算中に、予冷熱負荷も収束させる方法である。具体的には、予冷熱時間帯専用の装置容量が顕熱、潜熱それぞれ別々にあるものとし、予冷熱終了時刻の室内温湿度を設定値に保つ最小の装置容量を求める。予冷熱中に過剰冷暖房は起きず、外気カットを行う場合は、外気導入前に能力を絞り設定値に保たれることもあり、現実の運転状態を再現できる計算法である。反復計算中の予冷熱装置容量の仮定法はシンプルであり、前日の予冷熱装置容量と予冷熱終了時に設定温湿度に保つために必要な負荷をもとに、当日の装置容量を仮定し、ハンチング抑制の係数を導入している。

拡張アメダス設計用気象データには、冷房設計用3タイプ、暖房設計用2タイプの気象データがある。本計算法では、ケースにより

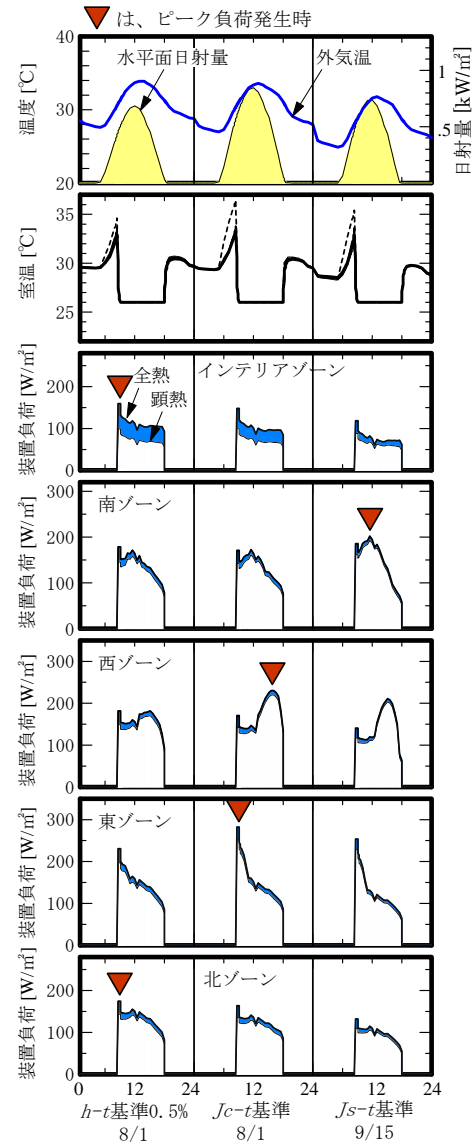


図5 ガラス建築オフィスの冷房最大熱負荷計算結果例

適する気象タイプを選ぶのではなく、全タイプの日周期定常計算を連続して行い、得られた結果の最大値を採用する。ガラス建築のオフィスについて、冷房最大熱負荷計算を行った例を、図7に示す。ペリメータゾーンの最大熱負荷は、窓方位により最大負荷が発生する気象タイプが異なることが分かる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計37件)

- ① 郡公子、石野久彌、熱負荷計算のための窓性能値に関する研究 第2報 一般窓の日射遮蔽性能変動の実用的推定法、日本建築学会海峡系論文集、査読有、No. 672、2012、89-93
- ② 郡公子、石野久彌、長井達夫、村上周三、外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(そ

- の 80) ダブルスキンの熱シミュレーション法の検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、2011、1683-1686
- ③ 郡公子、石野久彌、守雅俊、ダブルスキンの熱性能値に関する研究 第3報 冷房設計気象日における熱性能値上下分布特性、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、915-918
 - ④ 郡公子、石野久彌、長井達夫、村上周三、建建築総合エネルギーシミュレーションツール BEST のための建築熱シミュレーション法に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集、査読有、No. 162、2010、9-16
 - ⑤ 郡公子、石野久彌、長井達夫、村上周三、建築総合エネルギーシミュレーションツール BEST における設計用最大熱負荷計算法に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集、査読有、No. 164、2010、19-26
 - ⑥ 郡公子、石野久彌、今井崇嗣、坂本隼人、ダブルスキンシステムの基本的熱特性に関する数値解析、IBPSA-Japan 論文集、査読有、2010、17-24
 - ⑦ 郡公子、村上周三、石野久彌、長井達夫、建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第12報 設計用周期定常最大熱負荷計算のための機能拡充、日本建築学会大会学術講演梗概集、査読無、D-2、2009、981-984
 - ⑧ 郡公子、郡司智昭、角度特性を考慮した窓日射遮蔽性能値の実用的推定法、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、2009、337-340
 - ⑨ 郡公子、石野久彌、今井崇嗣、建築熱性能解析のための BEST シミュレーション(第3報) 拡張アメダス設計用気象データによるオフィス最大熱負荷の地域特性、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、2009、2007-2010
 - ⑩ 郡公子、村上周三、石野久彌、長井達夫、外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その45) 最大熱負荷計算のための予冷熱計算機能、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、査読無、2009、663-666

6. 研究組織

(1) 研究代表者

郡 公子 (KOHRI KIMIKO)
宇都宮大学・工学研究科・准教授
研究者番号：20153504

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし