

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

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 80)

Examination of a Thermal Simulation Method of Double Skin Facades

技術フェロー ○ 郡 公子 (宇都宮大学)

特別会員 村上 周三 (建築研究所)

技術フェロー 石野 久彌 (首都大学東京名誉教授)

技術フェロー 長井 達夫 (東京理科大学)

Kimiko KOHRI*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Tatsuo NAGAI*⁴

*¹Utsunomiya University *²Building Research Institute *³Tokyo Metropolitan University *⁴Tokyo University of Science

This paper proposes a thermal simulation method of double skin facades. In the proposed method, the U-factor and the solar heat gain coefficient for each floor of the ventilated cavity can be estimated by using several weighting factors. The effects of grating depth and inside wall on thermal performance can also be evaluated. The simulation method is practical enough to use for annual energy simulations.

1. 序

年間熱負荷・エネルギーシミュレーションに組み込み可能な程度に実用的なダブルスキン熱計算法は、未だない。ダブルスキンの熱計算が、エアフローウィンドウに比べて難しい理由には、①自然換気量の計算が必要で、そのためにダブルスキン空気温度の推定も必要となる、②多層吹抜タイプの場合、温度・熱性能値の上下分布の推定が望まれる、③ダブルスキンの室内側に外壁がある場合も計算可能にする必要があるなどが挙げられる。ダブルスキン空間を多数室の1つとして扱い計算することも考えられるが、部位別吸収日射の計算や対流・放射の分離が他の窓システムの計算法に比べて簡略化される恐れがあり、入力の手間も増える。

本研究は、多層吹抜けダブルスキンの熱性能値や温度の自然換気時上下分布を求める実用的な計算法を提案しようとするものである。重み係数を利用することにより、連立方程式を解かずにダブルスキンの熱性能値や温度、室内熱取得を求められる式を誘導し、室内側に窓と壁がある場合や、ダブルスキンの奥行きが任意である場合の重み係数の簡易推定式も提案した。

2. ダブルスキン熱計算の基本式

実用的計算法を開発するに当たり基準とした精算法は、文献 2)、3)に示す方法である。ダブルスキン内空気温度は1層単位に均一とし、主要部位の温度を未知数として各層の対流・放射熱平衡式を解く。これに対して提案する実用的計算法は、表 1 に示すものである。図 1 に示す重み係数を求めておくと、表 1 の式を用いて比較的簡単にダブルスキン空気温度、熱貫流率と日射熱取得率、室内熱取得の上下分布を求めることが可能である。表 1 の式では自然換気量は既知としており、また室内側は窓か壁のどちらかである場合を想定している。式の展開に

当たって簡易化は行っていない。精度の低下は、主に、次に述べる重み係数の推定の簡易化で起きる。自然換気量の計算は、別にたてる換気の式と表 1 の式を用いて反復計算して求める。

3. 重み係数の簡易推定法

図 1 に示す重み係数に室内への日射透過率を加え、これらを簡易に推定する方法を検討した。対象とするダブルスキンは、室外側はガラス、室内側はガラスのほか一部壁で構成されていてもよく、ブラインドは室内側ガラスのダブルスキン側にある。床レベルにグレーチングの仕切りがあり、各層同じ仕様のダブルスキンとする。簡易推定は、基準とする条件での重み係数をデータベース化し、それを補正して種々の条件での値を推定することにする。

表 2 に、断熱性能に関係する貫流熱重み係数の簡易推定式を示した。貫流重み係数については、回路網を応用して簡易推定する方法があるが、ここではより簡便な方法として、室内側が全面窓あるいは全面壁の場合の重み係数値 (表 2 の $\phi_{O,DS,g}$ 、 $\phi_{O,DS,w}$ 、 $\phi_{R,DS,g}$ 、 $\phi_{R,DS,w}$ 、 $\phi_{O,R,g}$ 、 $\phi_{O,R,w}$ 、 $\phi_{DS,R,g}$ 、 $\phi_{DS,R,w}$) を整備しておき、これを室内側窓面積率で補正する方法とした。窓、壁別々に熱取得を求めるため、室内側熱取得重み係数は、窓、壁に対する値をそれぞれ計算できるようにする。

表 3 に、日射熱重み係数と透過率の簡易推定式をまとめた。ダブルスキン対流熱重み係数は、室内側窓、壁、グレーチングに当たる日射成分別の値の和として求める。グレーチングに当たる成分については、室内側窓、壁に反射した後グレーチングに当たる成分も考慮した。室内日射熱取得重み係数は、窓だけではなく壁に対しても定義した。室内側窓、壁の日照面と日影面それぞれに対する値の和として求める。表 3 の式は、

直達、天空、地表面反射日射の全てに適用できる式で、日射の種類に応じた値を使って計算する。各種日射配分率や日照面積率は、通常の外部日除け計算と同様に、時々刻々計算することを前提としている。データベース化するのには、グレーチングがなく室内側が全面窓、全面壁の場合の日射熱重み係数と窓透過率(表3中の $\eta_{DS,g}$ 、 $\eta_{DS,w}$ 、 $\eta_{0,g}$ 、 $\eta_{0,w}$ 、 $\tau_{0,g}$ 、直達日射に対しては、入射角・プロ

ファイル角特性を推定可能なデータを含む)、日射がグレーチングに当たる場合の日射熱重み係数(表3の $\eta_{DS,gr-g}$ 、 $\eta_{DS,gr-w}$ 、 $\eta_{0,gr-g}$ 、 $\eta_{0,gr-w}$ 、 $\tau_{0,gr-g}$)を推定するための係数、室内側窓のダブルスキン側反射率(表3の ρ_g 、天空日射に対する値で固定)である。グレーチングの日射吸収率、壁面日射吸収率、壁の熱コンダクタンスは固定値を用いる。

表1 重み係数を用いるダブルスキン熱計算の基本式(室内側は全面窓あるいは全面壁)

まず、ダブルスキンの室内側はガラスあるいは熱的遅れのない壁と想定して定常の式を示す。次に、室内側が熱的遅れのある壁である場合に適用するように拡張する。

●熱流重み係数を用いるダブルスキン空気熱平衡式
多層吹抜けダブルスキンの n 層目の空気の定常熱平衡式は、次のように表すことができる。

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

$t_{DS,n}$ 、 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。

●温度重み係数を用いるダブルスキン空気温度の式
式(1)から、 $t_{DS,n}$ は、次のように表すことができる。

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

$T_{O,n}$ 、 $T_{R,n}$ 、 $T_{V,n}$ 、 $T_{SR,n}$ は、それぞれ t_{Oe} 、 t_{Re} 、 $t_{IN,n}$ 、 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。すなわち、 $t_{Oe}=1^\circ\text{C}$ 、 $t_{Re}=t_{IN,n}=0^\circ\text{C}$ 、 $I=0$ と置くと $T_{O,n}$ 、 $t_{Re}=1^\circ\text{C}$ 、 $t_{Oe}=t_{IN,n}=0^\circ\text{C}$ 、 $I=0$ と置くと $T_{R,n}$ 、 $t_{IN,n}=1^\circ\text{C}$ 、 $t_{Oe}=t_{Re}=0^\circ\text{C}$ 、 $I=0$ と置くと $T_{V,n}$ 、 $t_{IN,n}=t_{Oe}=t_{Re}=0^\circ\text{C}$ 、 $I=1$ と置くと $T_{SR,n}$ が得られる。

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

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

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

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

【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]

●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。

$$HG_n = \phi_{O,R}(t_{Oe} - t_{Re,n}) + \eta_0 \cdot I + \phi_{DS,R}(t_{DS,n} - t_{Re,n}) \quad \dots(11)$$

$\phi_{O,R}$ 、 $\phi_{DS,R}$ 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。

$$HG_n = HG_{T,n} + HG_{SR,n} \quad \dots(12)$$

$HG_{T,n}$ 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。

$$HG_{T,n} = U_{O,n}(t_{Oe} - t_{Re,n}) + U_{V,n}(t_{IN,n} - t_{Re,n}) \quad \dots(13)$$

$U_{O,n}$ 、 $U_{V,n}$ は、式(2)、(11)から導出できる。

$$U_{O,n} = \phi_{O,R} + T_{O,n} \cdot \phi_{DS,R} \quad \dots(14)$$

$$U_{V,n} = T_{V,n} \cdot \phi_{DS,R} \quad \dots(15)$$

$HG_{SR,n}$ [W/m²]は、日射熱取得率 η_n を用い、

$$HG_{SR,n} = \eta_n \cdot I \quad \dots(16)$$

$$\eta_n = \eta_0 + \phi_{DS,R} \cdot T_{SR,n} \quad \dots(17)$$

と表される。式(17)は、式(2)、(11)から導出できる。

●熱的遅れのある壁に対する拡張

ダブルスキン室内側が熱的遅れのある壁の場合、式(12)により得られる定常熱取得 HG_n からダブルスキン側相当温度 t_{DSe} [°C]を求め、改めて非常熱取得 $HG_{tm,n}$ [W/m²]の計算を行う。時間を t 、室内からダブルスキン空間までの壁の熱貫流率と U_{wall} [W/m²K]、貫流、吸熱応答 $\phi_{wall,T}$ 、 $\phi_{wall,A}$ [W/m²K]とすると、次式で表される。

$$HG_{tm,n}(t) = \int \{ \phi_{wall,T}(\tau) \cdot t_{DSe,n}(t-\tau) - \phi_{wall,A}(\tau) \cdot t_{Re,n}(t-\tau) \} d\tau \quad \dots(18)$$

$$t_{DSe,n}(t) = HG_{tm,n}(t) / U_{wall} + t_{Re,n}(t) \quad \dots(19)$$

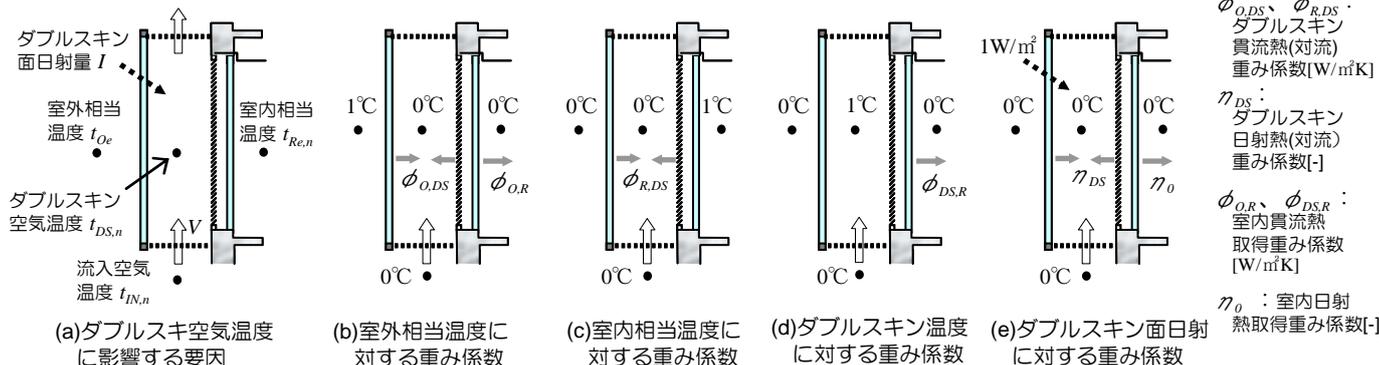


図1 ダブルスキン熱計算に用いる熱流重み係数

表2 室内側に窓と壁がある場合の貫流熱重み係数 $\phi_{O,DS}$, $\phi_{R,DS}$, $\phi_{O,R}$, $\phi_{DS,R}$ の推定法

● 室外側、室内側相当温度に対するダブルスキン対流熱重み係数 $\phi_{O,DS}$, $\phi_{R,DS}$ [W/m²K]
外ガラス面積基準の値を次式で推定する。

$$\phi_{O,DS} = r_{Ag} \cdot \phi_{O,DS,g} + (1-r_{Ag}) \phi_{O,DS,w} \quad \dots(1)$$

$$\phi_{R,DS} = r_{Ag} \cdot \phi_{R,DS,g} + (1-r_{Ag}) \phi_{R,DS,w} \quad \dots(2)$$

● 室外側相当温度、ダブルスキン空気温度に対する室内熱取得重み係数 $\phi_{O,R}$, $\phi_{DS,R}$ [W/m²K]
室内側窓、壁それぞれの部位別面積基準の値を次式で推定する。

(窓) $\phi_{O,R} = \phi_{O,R,g} \quad \dots(3-1) \quad \phi_{DS,R} = \phi_{DS,R,g} \quad \dots(3-2)$

(壁) $\phi_{O,R} = \phi_{O,R,w} \quad \dots(4-1) \quad \phi_{DS,R} = \phi_{DS,R,w} \quad \dots(4-2)$

【記号】 $\phi_{O,DS,g}$, $\phi_{O,DS,w}$: 室内側が全面窓、全面壁の場合の $\phi_{O,DS}$ の値。 $\phi_{R,DS,g}$, $\phi_{R,DS,w}$, $\phi_{O,R,g}$, $\phi_{DS,R,g}$, $\phi_{O,R,w}$, $\phi_{DS,R,w}$ も同様に、室内側が全面窓、全面壁の $\phi_{R,DS}$, $\phi_{O,R}$ の値

表3 室内側に窓と壁があり、グレーチングの出が任意の場合の日射熱重み係数 η_{DS} , η_0 および透過率 τ の推定法

● 日射に関するダブルスキン対流熱重み係数 η_{DS} 、室内熱取得重み係数 η_0 、室内透過率 τ の推定式

η_{DS} は外ガラス面積基準、 η_0 , τ はそれぞれの部位別面積基準の値である。

$$\eta_{DS} = f_{o,g} \cdot \eta_{DS,g} + f_{o,w} \cdot \eta_{DS,w} + f'_{o,gr} \cdot \eta_{DS,gr} \quad \dots(1)$$

ただし、 $\eta_{DS,gr} = k_{gr-g} \cdot \eta_{DS,gr-g} + (1-k_{gr-g}) \eta_{DS,gr-w} \quad \dots(2)$

$$f'_{o,gr} = f_{o,gr} + f_{o,g} \cdot f_{g,gr} \cdot \rho_g + f_{o,w} \cdot f_{w,gr} \cdot \rho_w \quad \dots(3)$$

(窓) $\eta_0 = r_{Sg} \cdot \eta_{0,g} + (1-r_{Sg}) \eta_{0,gr-g} \quad \dots(4)$

$$\tau = r_{Sg} \cdot \tau_{0,g} + (1-r_{Sg}) \tau_{0,gr-g} \quad \dots(5)$$

(壁) $\eta_0 = r_{Sw} \cdot \eta_{0,w} + (1-r_{Sw}) \eta_{0,gr-w} \quad \dots(6)$

【記号】 $\eta_{DS,g}$, $\eta_{DS,w}$, $\eta_{DS,gr}$: 室内側窓、壁、グレーチングに当たる日射に関するダブルスキン対流熱重み係数[-] ($\eta_{DS,g}$, $\eta_{DS,w}$ はグレーチングがなく室内側が全面窓あるいは全面壁のときの値で代用、 $\eta_{DS,gr}$ は $\eta_{DS,gr-g}$ と $\eta_{DS,gr-w}$ の重み平均で代用)、 $\eta_{DS,gr-g}$, $\eta_{DS,gr-w}$: 室内側が全面窓あるいは全面壁のときの $\eta_{DS,gr}$ の値 [-] (表5のように、グレーチングがなく室内側が全面窓 (暗色ブラインド付き) の $\eta_{DS,g}$ あるいは全面壁の $\eta_{DS,w}$ の値に係数を乗じて推定)、 k_{gr-g} : グレーチング反射日射の内側窓への日射配分率 (グレーチング対窓面、壁面の形態係数の比率を使用)、 $f_{o,g}$, $f_{o,w}$, $f_{o,gr}$: 外ガラス透過日射の内側窓、壁、グレーチングへの日射配分率[-]

($f_{o,g} + f_{o,w} + f_{o,gr} = 1$)、 $f_{g,gr}$, $f_{w,gr}$: 内側窓、壁反射日射のグレーチングへの日射配分率 (形態係数を使用) [-]、 ρ_g , ρ_w : 室内側窓、壁の反射率[-] (天空日射に対する値で固定)、 $\eta_{0,g}$, $\eta_{0,w}$, $\tau_{0,g}$: 室内側窓、壁の日照面に関する室内熱取得重み係数あるいは透過率[-] (グレーチングがなく室内側が全面窓あるいは全面壁のときの値で代用)、 $\eta_{0,gr-g}$, $\eta_{0,gr-w}$, $\tau_{0,gr-g}$: 室内側窓、壁の日照面に関する室内熱取得重み係数あるいは透過率[-] (表5のように、グレーチングがなく室内側が全面窓 (暗色ブラインド付き) の $\eta_{0,g}$ あるいは全面壁の $\eta_{0,w}$ の値に係数を乗じて推定)、 r_{Sg} , r_{Sw} : 内側窓、壁の日照面積率[-]

表4, 5には、貫流重み係数の例、直達日射用の日射熱重み係数の例を示した。

4. 日射熱重み係数の推定精度の検討

グレーチングがなく室内側が全面窓、全面壁の場合のダブルスキン対流熱、室内日射熱取得重み係数、透過率の入射角 (プロファイル角=入射角) 別の値を既知として精算値を与え、他は表5の値、表3の式を用いて、日射熱重み係数と透過率を求めた。ただし、室内熱取得重み係数と透過率は、部位別ではなく窓・壁を総合した値を算出しこれを略算値として、精算値と比較した。ブラインド非使用時の直達日射に対する比較結果を図2に示す。良好な精度で推定できることがわかる。今後、プロファイル角と入射角が異なる場合の対応、具体的にはグレーチングがなく室内側全面窓のブラインド使用時 η

表4 貫流重み係数の例

ID	外側	内側		$\phi_{O,DSg}$ $\phi_{O,DSw}$	$\phi_{R,DSg}$ $\phi_{R,DSw}$	$\phi_{O,Rg}$ $\phi_{O,Rw}$
	ガラス	ガラス/壁	ブラインド			
G		透明	なし	4.35	2.87	1.46
B	透明	ガラス	あり	5.32	2.93	0.54
W	ガラス	壁	なし	5.05	0.57	0.32

【注記】 1) $\phi_{O,DS,x}$, $\phi_{R,DS,x}$: 室内側が全面窓 (x=g)、全面壁 (x=w) の場合の室外側相当温度、室内側相当温度に対するダブルスキン対流熱重み係数 [W/m²K] ($\phi_{R,DS,x}$ の値は、ダブルスキン空気温度に対する室内熱取得重み係数 $\phi_{DS,R,x}$ の値と等しい)、 $\phi_{O,R,x}$: 室内側が全面窓 (x=g)、全面壁 (x=w) の場合の室外側相当温度に対する室内熱取得重み係数 [W/m²K] 2) ガラスは単板で厚さ8mm、壁の熱コンダクタンス (室内からダブルスキン側表面まで) は1W/m²K、表5も同様。

表5 直達日射に対する重み係数の例

ID	外側	内側		ρ_g ρ_w	日射熱重み係数 (基準入射角)		
	ガラス	ガラス壁	ブラインド		η_{DSg} η_{DSw}	η_{0g} η_{0w}	τ_{0g}
G			なし	0.12	0.080	0.656	0.576
B1	透明 ガラス	透明 ガラス	明色	0.49	0.278	0.160	0.081
B2			中間色	0.34	0.372	0.145	0.045
B3			暗色	0.20	0.450	0.140	0.020
W		壁	なし	0.30	0.368	0.063	-

ID	日射熱重み係数		
	$\eta_{DS,gr-g}$ $\eta_{DS,gr-w}$	$\eta_{0,gr-g}$ $\eta_{0,gr-w}$	$\tau_{0,gr-g}$
G	$1.1 \times \eta_{DSg}$ (ID=B3)	$1.1 \times \eta_{0g}$ (ID=B3)	$1.1 \times \tau_{0g}$ (ID=B3)
B1	$1.9 \times \eta_{DSg}$ (ID=B1)	$0.5 \times \eta_{0g}$ (ID=B1)	$0.5 \times \tau_{0g}$ (ID=B1)
B2	$1.5 \times \eta_{DSg}$ (ID=B2)	$0.5 \times \eta_{0g}$ (ID=B2)	$0.5 \times \tau_{0g}$ (ID=B2)
B3	$1.3 \times \eta_{DSg}$ (ID=B3)	$0.5 \times \eta_{0g}$ (ID=B3)	$0.5 \times \tau_{0g}$ (ID=B3)
W	$1.7 \times \eta_{DSw}$ (ID=W)	$0.4 \times \eta_{0w}$ (ID=W)	$0.4 \times \tau_{0w}$ (ID=W)

【注記】 1) ρ_g , ρ_w : 内側窓あるいは壁表面の反射率 (天空日射に対する値で固定) [-] 2) $\eta_{DS,x}$, $\eta_{0,x}$, $\tau_{0,x}$: グレーチングがなく、室内側が全面窓 (x=g)、全面壁 (x=w) の場合のダブルスキン対流熱、室内熱取得重み係数、室内側が全面窓の透過率[-]、表の値は入射角・プロファイル角とも30°のときの値であるが、入射角・プロファイル角による違いを推定できるデータもデータベース化する。 3) $\eta_{DS,gr-x}$, $\eta_{0,gr-x}$, $\tau_{0,gr-g}$: 日射が全てグレーチングに当たるとしたときの、室内側が全面窓 (x=g)、全面壁 (x=w) のダブルスキン対流熱、室内熱取得重み係数、室内全面窓の透過率[-]、表中の式のように、全面窓 (暗色ブラインド使用) あるいは全面壁の場合の重み係数に補正係数を乗じた値を用いる。 4) グレーチング、壁の日射吸収率は0.7

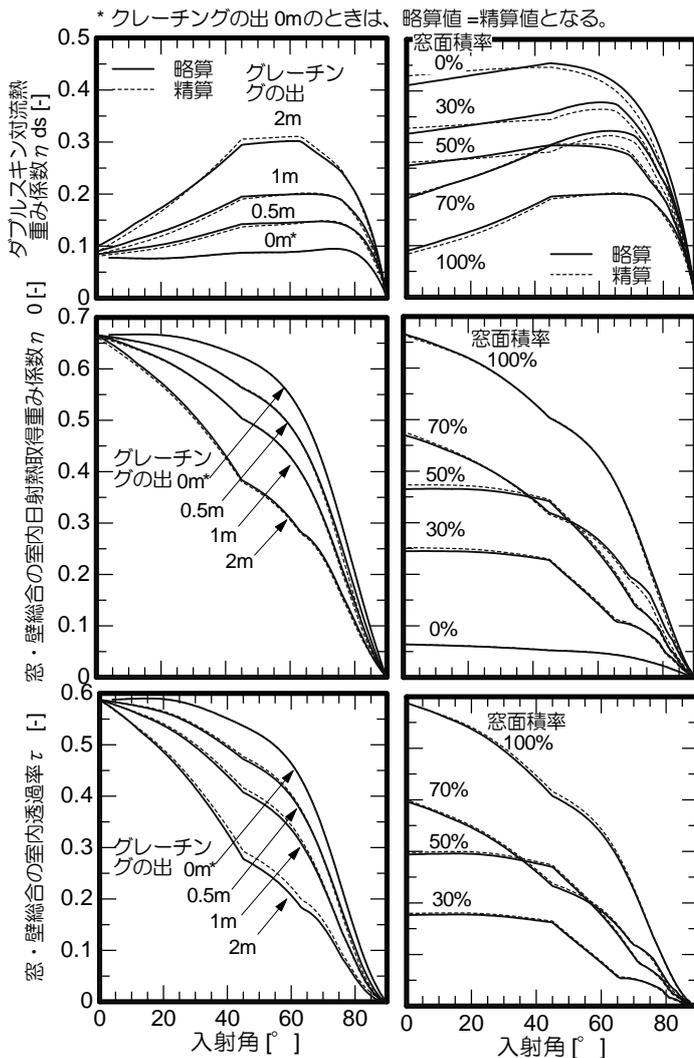


図2 日射熱重み係数と透過率の推定精度 (ブラインド開・プロファイル角=入射角)

DS_g , η_{0g} , τ_{0g} の推定法の検討が必要である。これはブラインド内蔵窓の熱性能値の推定と同質の問題である。

5. 多層吹抜けダブルスキンの熱取得計算

室内熱計算に組込む場合、まずダブルスキンの熱・換気平衡状態を計算して自然換気量を求めてから、各室熱取得を計算する。その計算フローを図3に示す。自然換気量の計算の際には、ダブルスキン空気温度の上下温度分布は無視し平均温度で均一と扱って十分である。室内側相当温度は既知として与える。自然換気量が得られた後、改めて各層のダブルスキン空気温度、熱貫流率や日射熱取得率を求めた上で定常熱取得の上下分布を計算する。ダブルスキンの室内側に熱的遅れを有する壁がある場合は、定常熱取得からダブルスキン側相当温度を求め、これを壁外側温度として非定常計算する。

6. 結

ダブルスキンの実用的熱計算法の基本式とその計算に必要な重み係数の簡易推定法の考えを示した。今後更なる

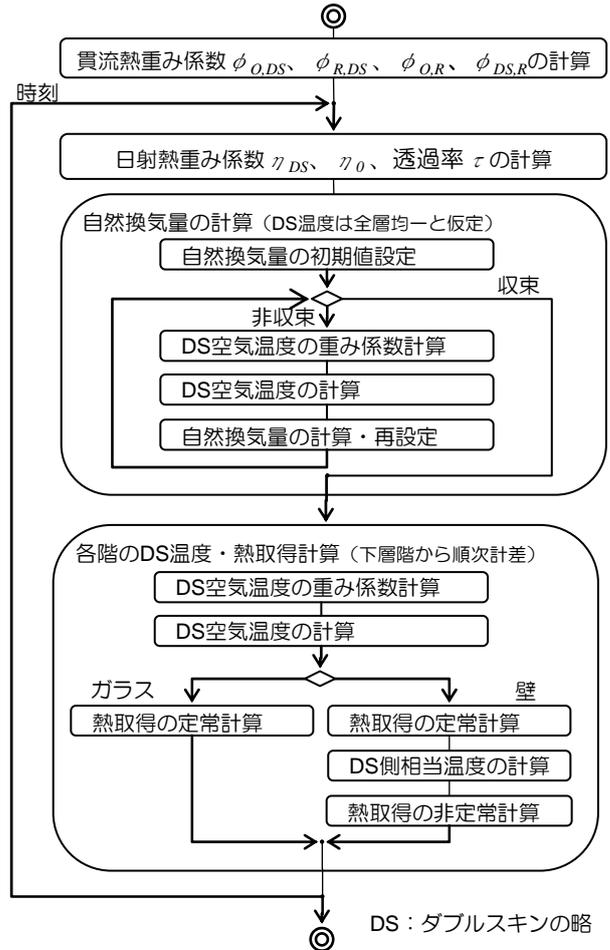


図3 多層吹抜けダブルスキン熱取得の計算フロー

の検討を続け、推定法を完成させ、データベース構築を行う予定である。

【謝辞】

本報の一部は、科研費補助金基盤研究(C)21560610による。また、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。主査：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：一ノ瀬雅之(首都大学東京)、大西晴史(関電工)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤 ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境設備事務所)、高橋亜璃砂(大林組)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野原文男、長谷川巖、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、保木栄治(東京電力)、柳井崇、品川浩一(以上、日本設計)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

【文献】

- 1) 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 のための建築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、No.162、pp.9-15、2010.9
- 2) 郡公子、石野久彌、長井達夫、村上周三：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27報 ダブルスキン熱計算法の提案、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011.8
- 3) 郡公子、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/2010、pp.17-24、2010.12