日射遮蔽物を有する窓の日射熱取得簡易計算法

A SIMPLIFIED METHODOLOGY FOR CALCULATING SOLAR HEAT GAIN
THROUGH WINDOWS WITH SHADING DEVICES

児島輝樹*, 二宮秀與**

Teruki KOJIMA and Hideyo NIMIYA

In the cooling/heating loads simulation for buildings, it is too difficult to estimate the solar heat gain through the windows with shading devices using the detailed and complicated calculation method (e.g. JIS A 2103) and the off-normal optical characteristic parameters in each time. This paper proposed a simplified methodology for calculating hourly or daily accumulated solar heat gain through the windows with shading devices using relation between solar heat gain coefficients of glazing with and without shading devices. In addition, this paper showed the accuracy of proposed models.

Keywords : Solar heat gain coefficient, Solar attenuation coefficient, Shading device, Window

日射熱取得率, 遮蔽効果係数, 日射遮蔽物, 窓

1. はじめに

持続可能な低炭素社会の実現に向けて、2020年までに新築住宅・建築物について段階的に「エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」¹⁾（以下、省エネ基準）への適合を義務化する施策が推進されている。住宅の省エネ基準で外皮の日射熱取得率は、平成11年基準²⁾までは夏期日射取得係数(μ)で、平成25年基準^{3), 4)}以降は冷房期の外皮平均日射熱取得率(η_A)で評価されている。このうち窓（開口部）の日射遮蔽の手法として平成11年基準までは、「ひさし等のオーバーハング型の日除け」や「レースカーテン、和障子、内付ブラインド、外付ブラインド等の付属部材」が認められたが、平成25年基準以降は、「ガラスの入射角特性」を考慮する一方、日射遮蔽物（付属部材）は省エネ基準の義務化を意図して建築的手法のみに限定されるようになり「レースカーテン、内付ブラインド等の付属部材」が対象外となった。しかし、冷房期に様々な日射遮蔽物を用いて日射を遮ることは、室内の熱的快適性を向上し冷房エネルギーを削減するための有効な手法の一つであり、住まい手にその効果を示し住まい方に工夫を促すことは非常に重要である。

2014年4月、窓及びドアの日射熱取得率の計算法 JIS A 2103⁵⁾と試験法 JIS A 1493⁶⁾が制定され、従来の JIS R 3106⁷⁾によるガラスの日射熱取得率の評価に加えてスクリーンやブラインドなどの日射遮蔽物やサッシフレームを含む窓全体での日射熱取得率を評価することができるようになった。これらの評価法では、主に窓製品同士の横並び評価を目的としている。そのため、窓面に対して垂直方向から日射が入射すること（以下、垂直入射）を前提として日射熱

取得率の評価をしている。したがって、その値を熱負荷計算等に適用するには、窓面に対して斜め方向から日射が入射すること（以下、斜め入射）を考慮した何らかの補正が必要となる。そのため、計算法の附属書には、斜め入射に対する板ガラスの光学特性の計算法やプロファイル角特性を考慮したブラインドの光学特性の計算法が記載されており、これらを用いて窓方位に対する太陽位置ごとに時々刻々の日射熱取得率を計算することはできる。しかし、この計算法は、光学特性の多重反射計算と、面材間の温度と熱抵抗の反復収束計算をする必要があり、理論的には可能であるが熱負荷計算で実行することは現実的ではない。国内の熱負荷計算プログラムに SMASH⁸⁾、AE-Sim/Heat⁹⁾や HASP¹⁰⁾等があるが、これらのプログラムにおける窓の日射熱取得の計算では、3mm 透明ガラスの入射角特性を表す入射角の関数を用いて垂直入射時の日射熱取得を斜め入射時の日射熱取得に変換している。また、前述の省エネ基準においては、ガラスの入射角特性は考慮されているが、ブラインドなどの日射遮蔽物の入射角特性は考慮されていない。

郡ら¹¹⁾は、ブラインドの日除けが無効な成分比を用いてブラインド内側及び内蔵一般窓の入射角、プロファイル角変動に伴う日射熱取得率、透過率の実用的推定法を提案している。しかし、この手法では、ブラインドスラット間の相互反射は考慮されていない。

本研究では、詳細計算法である JIS A 2103 を用いて計算した日射遮蔽物を有しない窓と日射遮蔽物を有する窓の日射熱取得率の関係から、時刻別や日積算での窓の日射熱取得簡易計算法を提案する。また、詳細計算と提案した簡易計算による窓の日射熱取得の比較を行い計算の精度を検証する。

* YKK AP (株)、鹿児島大学大学院理工学研究科博士後期課程
大学院生・修士(工学)

** 鹿児島大学大学院理工学研究科 教授・博士(工学)

YKK AP Inc., Grad. Stud., Graduate School of Science and Engineering,
Kagoshima Univ., M.Eng.

Prof., Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima Univ., Dr.Eng.

2. 斜め入射に対するガラスの遮蔽効果を考慮した簡易計算

詳細計算による窓の日射熱取得及び斜め入射に対するガラスの遮蔽効果を考慮した簡易計算による窓の日射熱取得は、それぞれ式(1)及び式(2)によって得られる。

$$G_w(t) = (I_d(t) \times \eta_d(t) + I_s(t) \times \eta_s + I_g(t) \times \eta_g) \times A_w \quad (1)$$

$$G'_w(t) = (I_d(t) \times f_{\theta,d}(t) + I_s(t) \times f_{\theta,s} + I_g(t) \times f_{\theta,g}) \times \eta_0 \times A_w \quad (2)$$

式(1)、式(2)中の η は、日射遮蔽物を有するまたは有しない窓の

Table1 Calculation condition

Calculation: JIS A 2103
Boundary condition: Summer
Climatic data: EA weather data 1981-2000 ¹²⁾
Year (8760 hours): Standard year
City (1 location): Tokyo
Orientation (8 directions): S, SW, W, NW, N, NE, E, SE
Ground reflectance: 0.1
Shading type: External or internal venetian blinds
Slat angle (ψ): -75, -45, ± 0 , +45, +75 degrees
Slat length: 25mm
Slat reflectance (ρ): 0.0 to 1.0 every 0.2
Ratio of specular reflection: 0.0
Glazing type: Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm

Fig.1 Comparison of hourly solar heat gain

(external venetian blind, simplified calculation by Eq.(2) vs. detailed calculation by Eq.(1))

Fig.2 Comparison of hourly solar heat gain

(internal venetian blind, simplified calculation by Eq.(2) vs. detailed calculation by Eq.(1))

日射熱取得率を表し、すべて JIS A 2103 (以下、JIS または詳細計算法) に基づいて算出する。式(2)中の f_{θ} は、ガラスの斜め入射に対する遮蔽効果係数を表す。Fig.1, Fig.2 に Table1 に示す計算条件における外付ブラインドと内付ブラインドの式(1)の詳細計算での窓の日射熱取得と式(2)の簡易計算での窓の日射熱取得の関係を示す。図の個々のグラフ中の標本数は、8 方位×4386 時間 (昼間^{注1)}) の合計 35088 である。図より、簡易計算ではブラインドのプロファイル角^{注2)}に対する遮蔽効果が考慮されていないためバラつきが大きく精度よく日射熱取得を計算できていない。したがって、斜め入射に対するガラスの遮蔽効果だけでなく斜め入射に対する日射遮蔽物の遮蔽効果も考慮する必要があると考えられる。

3. 時刻別の日射熱取得の簡易計算法

斜め入射に対する日射遮蔽物の時刻別の遮蔽効果係数をモデル化するために JIS に基づいて入射角ごとの日射熱取得率を計算する。

Table2 Shading type

No.	Shading type	Solar property
1	External roller shade	Incident angle (i): 0 to +90 degrees every 5 degrees Transmittance (τ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Reflectance (ρ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Note $\tau + \rho \leq 1.0$
2	Internal roller shade	Incident angle (i): 0 to +90 degrees every 5 degrees Transmittance (τ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Reflectance (ρ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Note $\tau + \rho \leq 1.0$
3	External venetian blind	Profile angle (ϕ): -90 to +90 degrees every 5 degrees Azimuth angle (γ): -90 to +90 degrees every 5 degrees Slat angle (ψ): -75, -45, ± 0 , +45, +75 degrees Slat length: 25mm Slat reflectance (ρ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Ratio of specular reflection: 0.0 to 0.2 every 0.05
4	Internal venetian blind	Profile angle (ϕ): -90 to +90 degrees every 5 degrees Azimuth angle (γ): -90 to +90 degrees every 5 degrees Slat angle (ψ): -75, -45, ± 0 , +45, +75 degrees Slat length: 25mm Slat reflectance (ρ): 0.0 to 1.0 every 0.05 Ratio of specular reflection: 0.0 to 0.2 every 0.05

Table3 Glazing type and the solar heat gain coefficient at normal incidence

No.	Glazing type (external side to internal side)	$\eta_{num-sh.0}$
1	Clear 3mm	0.88
2	Clear 6mm	0.85
3	Heat absorbing 6mm	0.65
4	Solar reflective 6mm	0.69
5	High solar reflective(SGY32) 6mm	0.50
6	High solar reflective(SS8) 6mm	0.22
7	Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.79
8	Clear 6mm + air 12mm + clear 6mm	0.74
9	Heat absorbing 6mm + air 12mm + clear 6mm	0.52
10	Solar reflective 6mm + air 12mm + clear 6mm	0.60
11	High solar reflective(SGY32) 6mm + air 12mm + clear 6mm	0.39
12	High solar reflective(SS8) 6mm + air 12mm + clear 6mm	0.16
13	Low-E(H) 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.67
14	Low-E(M) 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.59
15	Low-E(L) 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.40
16	Clear 3mm + air 12mm + low-E(H) 3mm	0.74
17	Clear 3mm + air 12mm + low-E(M) 3mm	0.64
18	Clear 3mm + air 12mm + low-E(L) 3mm	0.49
19	Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.72
20	Low-E(H) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.61
21	Low-E(M) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.54
22	Low-E(L) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + clear 3mm	0.37
23	Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm + low-E(H) 3mm	0.67
24	Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm + low-E(M) 3mm	0.59
25	Clear 3mm + air 12mm + clear 3mm + low-E(L) 3mm	0.46
26	Low-E(H) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + low-E(H) 3mm	0.57
27	Low-E(M) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + low-E(M) 3mm	0.46
28	Low-E(L) 3mm + air 12mm + clear 3mm + air 12mm + low-E(L) 3mm	0.27

Note (H), (M) and (L) mean High solar gain, Middle solar gain and Low solar gain, respectively.

Fig.3 Ratio of specular reflection of slat materials in the market

Table2 に計算に用いる日射遮蔽物の種類、Table3 に計算に用いるガラスの種類と垂直入射時の日射熱取得率を示す。日射遮蔽物やガラスの構成は、JIS の附属書を参考に作成した。また、日射遮蔽の主目的は冷房負荷削減にあるため境界条件は夏期とした。なお、ブラインドスラットの鏡面反射率比(鏡面反射率/全反射率)は、Fig.3 注 3) に示す市販されているベネシャンブラインドのスラット材の全反射率と鏡面反射率比の関係から 0.0 から 0.2 の間で設定した。

1) ロールスクリーン

Fig.4 にロールスクリーン有無での日射熱取得率の関係を示す。左下方のグラフ群が外付ロールスクリーン、右上方のグラフ群が内付ロールスクリーンであり、それぞれのグラフ群の横方向は、ロールスクリーンの日射反射率違い (0.0 から 1.0 まで 0.2 間隔)、縦方向は、日射透過率違い (0.0 から 1.0 まで 0.2 間隔) を示している。図の個々のグラフ中の標本数は、28 ガラス×19 入射角の合計 532 である。図よりいずれのグラフにおいてもロールスクリーンを有する窓の日射熱取得率は、ガラス種、入射角によらず原点を通る二次曲線に近似できるので、直達日射、天空日射、地表面反射日射の違いにかかわらず式(3)で表すことができる。また、ロールスクリーンによる遮蔽効果係数を、ロールスクリーンを有しない窓の日射熱取得率に対するロールスクリーンを有する窓の日射熱取得率の比と定義すると、式(4)のように表すことができる。得られた遮蔽効果係数を用いて式(5)の簡易計算式から日射熱取得を算出する。

$$\eta_{sh} = a \times \eta_{non-sh} + b \times \eta_{non-sh}^2 \quad (3)$$

$$f_{sh} = \frac{\eta_{sh}}{\eta_{non-sh}} = a + b \times \eta_{non-sh} \quad (4)$$

$$G_w''(t) = (I_d(t) \times f_{\theta,d}(t) \times f_{sh,d}(t) + I_s(t) \times f_{\theta,s} \times f_{sh,s} + I_g(t) \times f_{\theta,g} \times f_{sh,g}) \times \eta_{non-sh,0} \times A_w \quad (5)$$

外付ロールスクリーンの場合、ロールスクリーンの日射反射率よりも日射透過率の方が外付ロールスクリーンを有する窓の日射熱取得率の変化に対する寄与率が高い。一方、内付ロールスクリーンの場合、ロールスクリーンの日射透過率は内付ロールスクリーンを有する窓の日射熱取得率の変化にほとんど寄与せず日射反射率のみに依存して日射熱取得率が変化していることが分かる。したがって、これらの関係を説明変数に多変量解析を行うと係数 a, b はそれぞれ外付ロールスクリーンの場合には式(6)、式(7)で、内付ロールスクリーンの場合には式(8)、式(9)で整理することができる。Table4 に

Fig.4 Comparison of solar heat gain coefficient (glazing with roller shade vs. without shading device)

Table4 Regression coefficients in the case of roller shade (hourly)

Shading type	Solar radiation type	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2
External roller shade	Direct	1.186	0.541	0.413	-0.225	-0.538	-0.533
	Sky-diffuse	1.187	0.498	0.326	-0.236	-0.483	-0.404
	Ground-diffuse	1.187	0.498	0.326	-0.236	-0.483	-0.404
Internal roller shade	Direct	0.833	0.108	-0.232	0.181	-1.001	0.174
	Sky-diffuse	0.833	0.096	-0.205	0.187	-1.020	0.135
	Ground-diffuse	0.833	0.096	-0.205	0.187	-1.020	0.135

ロールスクリーンでの近似式の回帰係数を示す。

外付ロールスクリーンの場合、

$$a = (\alpha_0 + \alpha_1 \times \rho + \alpha_2 \times \rho^2) \times \tau \quad (6)$$

$$b = (\beta_0 + \beta_1 \times \rho + \beta_2 \times \rho^2) \times \tau \quad (7)$$

内付ロールスクリーンの場合、

$$a = \alpha_0 + \alpha_1 \times \rho + \alpha_2 \times \rho^2 \quad (8)$$

$$b = \beta_0 + \beta_1 \times \rho + \beta_2 \times \rho^2 \quad (9)$$

2) ベネシャンブラインド

Fig.5, Fig.6 に外付ブラインド(スラット角+45°)と内付ブラインド(スラット角+45°)有無での日射熱取得率の関係をそれぞれ示す。図の横方向は、ブラインドスラット材の日射反射率違い(0.0 から 1.0 まで 0.2 間隔)、縦方向は、日射のプロファイル角違い(−75°, −45°, ±0°, +45°, +75°)を示している。図の個々の

Fig.5 Comparison of solar heat gain coefficient

(glazing with external venetian blind, slat angle: +45° vs. without shading device)

Fig.6 Comparison of solar heat gain coefficient

(glazing with internal venetian blind, slat angle: +45° vs. without shading device)

グラフ中の標本数は、28 ガラス×19 方位角×5 鏡面反射率比の合計 2660 である。図よりいずれのグラフにおいてもブラインドを有する窓の日射熱取得率は、ガラス種、入射角によらずロールスクリーンと同様に原点を通る二次曲線に近似でき式(3)で表すことができるので、式(4)によって得られた遮蔽効果係数を用いて式(5)の簡易計算式から日射熱取得を算出する。Fig.7, Fig.8に外付ブラインドと内付ブラインドのスラット材の日射反射率違いでのプロファイル角と係数 a , b の関係をスラット角ごとに示す。Fig.7 (外付ブラインド) の場合、係数 a (すなわち、 $\eta_{non-sh}=0.0$ の場合のブラインドの遮蔽効果係数 f_{sh}) は日射反射率が高いほど大きい。これは、ブラインドがない場合はガラス面で屋外側への反射日射となっていたのに対して、ブラインドを設置した場合は主にブラインド層の直接透過日射がブラインド層とガラス層との間で多重反射した結果、室内側への日射熱取得になったためと考えられる。一方、Fig.8 (内付ブラインド) の場合、直接透過日射が支配的な角度 (例えば、スラット角 -45° のときのプロファイル角 $+45^\circ$) ではない場合に係数 b は日射反射率が高いほど小さい。そのため、日射熱取得率の高いガラスと日射反射率の高いブラインドの組合せでブラインドの遮蔽効

Fig.7 Regression coefficient profile, a and b used in Eq.(4)

(hourly, glazing with external venetian blind)

Fig.8 Regression coefficient profile, a and b used in Eq.(4)

(hourly, glazing with internal venetian blind)

Table5 Regression coefficients in the case of venetian blind (hourly)

Shading type	Slat angle	Solar radiation type	Profile angle	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2	Shading type	Slat angle	Solar radiation type	Profile angle	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2			
External venetian blind	+75°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	+75°	Direct	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
			+75°	0.000	-0.004	0.024	0.000	0.003	-0.009				+75°	0.793	0.122	-0.101	0.295	-0.990	-0.253			
			+60°	0.001	-0.010	0.052	-0.001	0.009	-0.025				+60°	0.827	0.131	-0.195	0.201	-1.003	0.084			
			+45°	0.002	-0.024	0.096	-0.002	0.024	-0.055				+45°	0.834	0.122	-0.208	0.182	-0.968	0.138			
			+30°	0.004	-0.042	0.143	-0.004	0.044	-0.093				+30°	0.838	0.116	-0.211	0.175	-0.944	0.146			
			+15°	0.007	-0.071	0.229	-0.007	0.075	-0.159				+15°	0.841	0.108	-0.199	0.172	-0.904	0.131			
			±0°	0.009	-0.092	0.297	-0.009	0.098	-0.208				±0°	0.841	0.102	-0.186	0.171	-0.871	0.117			
			-15°	0.011	-0.121	0.389	-0.011	0.129	-0.275				-15°	0.841	0.095	-0.167	0.171	-0.828	0.094			
			-30°	0.081	-0.091	0.402	-0.023	0.107	-0.312				-30°	0.840	0.084	-0.133	0.173	-0.764	0.068			
			-45°	0.230	-0.009	0.375	-0.048	0.037	-0.351				-45°	0.837	0.071	-0.094	0.178	-0.688	0.039			
			-60°	0.464	0.105	0.355	-0.097	-0.060	-0.442				-60°	0.830	0.054	-0.047	0.198	-0.569	0.003			
			-75°	0.749	0.142	0.675	-0.248	0.036	-1.065				-75°	0.796	0.032	-0.005	0.294	-0.387	-0.038			
			-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		Sky-diffuse			0.004	-0.040	0.149	-0.004	0.040			-0.093	Sky-diffuse			0.841	0.101	-0.185	0.178	-0.945	0.107	
		Ground-diffuse			0.133	-0.041	0.351	-0.019	0.061			-0.264	Ground-diffuse			0.842	0.065	-0.127	0.177	-0.758	0.071	
	+45°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		+45°	Direct	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			+75°	0.005	-0.055	0.170	-0.005	0.053	-0.112					+75°	0.822	0.108	-0.076	0.268	-0.875	-0.279		
			+60°	0.004	-0.032	0.173	-0.002	0.023	-0.062					+60°	0.855	0.114	-0.147	0.170	-0.847	-0.003		
			+45°	0.004	-0.018	0.205	-0.001	0.008	-0.044					+45°	0.864	0.101	-0.143	0.149	-0.765	0.019		
			+30°	0.006	-0.030	0.323	-0.003	0.028	-0.098					+30°	0.869	0.085	-0.119	0.141	-0.661	-0.011		
			+15°	0.010	-0.031	0.454	-0.006	0.061	-0.190					+15°	0.871	0.070	-0.093	0.137	-0.560	-0.046		
			±0°	0.229	-0.016	0.460	-0.043	0.053	-0.268					±0°	0.872	0.049	-0.054	0.136	-0.449	-0.050		
			-15°	0.488	-0.018	0.533	-0.092	0.063	-0.444					-15°	0.872	0.033	-0.026	0.138	-0.341	-0.041		
			-30°	0.768	0.016	0.533	-0.144	0.026	-0.551					-30°	0.870	0.020	-0.009	0.141	-0.234	-0.020		
			-45°	1.012	0.185	0.463	-0.189	-0.151	-0.556					-45°	0.866	0.009	-0.001	0.149	-0.106	-0.005		
			-60°	0.492	0.314	0.887	-0.116	0.099	-0.947					-60°	0.858	0.003	0.005	0.167	-0.031	-0.089		
			-75°	0.050	0.069	1.492	-0.062	0.524	-1.599					-75°	0.825	0.002	0.017	0.265	0.001	-0.268		
			-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Sky-diffuse			0.036	-0.023	0.324	-0.010	0.031				-0.126	Sky-diffuse			0.868	0.081	-0.103	0.147	-0.664	-0.036
		Ground-diffuse			0.591	0.082	0.512	-0.118	0.012				-0.431	Ground-diffuse			0.870	0.013	-0.016	0.147	-0.240	-0.042
	±0°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Internal venetian blind		±0°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			+75°	0.025	-0.225	0.659	-0.024	0.251	-0.523					+75°	0.896	0.068	-0.015	0.169	-0.474	-0.429		
			+60°	0.026	-0.203	0.761	-0.019	0.200	-0.448					+60°	0.922	0.065	-0.044	0.090	-0.368	-0.250		
			+45°	0.022	-0.018	0.700	-0.016	0.140	-0.398					+45°	0.929	0.047	-0.031	0.073	-0.249	-0.237		
			+30°	0.403	0.092	0.405	-0.070	0.012	-0.218					+30°	0.933	0.023	-0.007	0.069	-0.156	-0.157		
			+15°	0.799	0.070	0.164	-0.130	-0.033	-0.084					+15°	0.934	0.010	0.001	0.069	-0.093	-0.075		
			±0°	1.039	0.032	0.041	-0.169	-0.023	-0.021					±0°	0.934	0.004	0.001	0.071	-0.040	-0.022		
			-15°	0.788	0.107	0.168	-0.128	-0.024	-0.081					-15°	0.934	0.006	0.003	0.069	-0.050	-0.077		
			-30°	0.401	0.170	0.372	-0.069	0.003	-0.203					-30°	0.933	0.016	-0.001	0.069	-0.103	-0.162		
			-45°	0.018	0.182	0.591	-0.013	0.088	-0.357					-45°	0.930	0.033	-0.015	0.073	-0.168	-0.248		
			-60°	0.019	0.152	0.603	-0.015	0.101	-0.386					-60°	0.923	0.035	-0.010	0.089	-0.179	-0.283		
			-75°	0.022	0.070	0.715	-0.020	0.139	-0.524					-75°	0.897	0.024	0.016	0.169	-0.161	-0.387		
			-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Sky-diffuse			0.480	0.022	0.369	-0.105	0.029				-0.179	Sky-diffuse			0.931	0.032	-0.005	0.075	-0.177	-0.163
		Ground-diffuse			0.477	0.134	0.328	-0.104	0.015				-0.164	Ground-diffuse			0.931	0.018	0.003	0.075	-0.104	-0.164
	-45°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		-45°	Direct	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			+75°	0.038	-0.123	1.075	-0.048	0.451	-1.171					+75°	0.893	0.015	0.032	0.146	0.021	-0.674		
			+60°	0.476	0.242	0.789	-0.110	0.048	-0.861					+60°	0.914	0.008	0.011	0.096	-0.028	-0.232		
			+45°	1.010	0.300	0.475	-0.187	-0.239	-0.575					+45°	0.919	0.002	0.005	0.087	-0.011	-0.062		
			+30°	0.763	0.160	0.486	-0.137	-0.118	-0.460					+30°	0.922	0.014	0.000	0.081	-0.117	-0.088		
			+15°	0.484	0.057	0.505	-0.087	-0.014	-0.382					+15°	0.923	0.030	-0.016	0.077	-0.228	-0.124		
			±0°	0.229	0.002	0.495	-0.043	0.040	-0.284					±0°	0.923	0.051	-0.043	0.076	-0.332	-0.150		
			-15°	0.008	-0.026	0.413	-0.005	0.054	-0.180					-15°	0.921	0.087	-0.097	0.074	-0.410	-0.227		
			-30°	0.005	0.014	0.274	-0.003	0.019	-0.096					-30°	0.919	0.101	-0.115	0.076	-0.441	-0.246		
			-45°	0.004	0.037	0.199	-0.001	0.000	-0.049					-45°	0.917	0.105	-0.119	0.084	-0.628	-0.103		
			-60°	0.004	0.043	0.180	-0.001	0.002	-0.052					-60°	0.912	0.106	-0.103	0.097	-0.659	-0.138		
			-75°	0.005	0.034	0.202	-0.004	0.015	-0.103					-75°	0.891	0.086	-0.031	0.155	-0.632	-0.379		
			-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					-90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Sky-diffuse			0.589	0.135	0.479	-0.115	-0.063				-0.386	Sky-diffuse			0.923	0.014	-0.003	0.081	-0.144	-0.143
		Ground-diffuse			0.036	0.014	0.304	-0.010	0.021				-0.121	Ground-diffuse			0.921	0.092	-0.096	0.079	-0.497	-0.199
	-75°	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-75°		Direct	Direct	+90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
			+75°	0.765	0.218	1.215	-0.273	0.230	-1.806					+75°	0.796	-0.001	0.014	0.290	0.023	-0.199		
			+60°	0.484	0.020	0.685	-0.109	0.033	-0.707					+60°	0.830	0.036	-0.022	0.193	-0.303	-0.143		
+45°			0.234	-0.060	0.542	-0.052	0.082	-0.466	+45°					0.836	0.066	-0.077	0.174	-0.471	-0.121			
+30°			0.089	-0.064	0.326	-0.022	0.070	-0.254	+30°					0.837	0.104	-0.154	0.169	-0.599	-0.111			
+15°			0.007	-0.076	0.241	-0.007	0.076	-0.165	+15°					0.838	0.124	-0.207	0.169	-0.746	-0.019			
±0°			0.005	-0.058	0.194	-0.005	0.059	-0.131	±0°					0.839	0.123	-0.214	0.170	-0.814	0.039			
-15°			0.004	-0.045	0.162	-0.004	0.047	-0.107	-15°					0.839	0.124	-0.218	0.171	-0.842	0.060			
-30°			0.003	-0.032	0.131	-0.003	0.035	-0.084	-30°					0.837	0.125	-0.216	0.174	-0.871	0.075			
-45°			0.003	-0.021	0.107	-0.002	0.026	-0.066	-45°					0.834	0.127	-0.208	0.180	-0.897	0.072			
-60°			0.002	-0.009	0.082	-0.001	0.015	-0.046	-60°					0.826	0.130	-0.187	0.200	-0.919	0.016			
-75°			0.001	0.005	0.065	-0.001	0.006	-0.036	-75°					0.793	0.113	-0.089	0.292	-0.885	-0.312			
-90°			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-90°					0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
Sky-diffuse			0.134	-0.038	0.354	-0.018	0.055	-0.259	Sky-diffuse				0.840	0.075	-0.144	0.174	-0.597	-0.073				
Ground-diffuse			0.003	-0.027	0.123	-0.003	0.029	-0.073	Ground-diffuse				0.839	0.112	-0.197	0.177	-0.876	0.038				

Table6 Calculation condition

Calculation: JIS A 2103
 Boundary condition: Summer
 Climatic data: EA weather data 1981-2000
 Year (365 days): Standard year
 City (4 locations): Sapporo, Tokyo, Kagoshima, Naha
 Orientation (8 directions): S, SW, W, NW, N, NE, E, SE
 Ground reflectance: 0.1
 Shading type : Refer to Table2
 Glazing type (28 types): Refer to Table3

Table7 Regression coefficients (daily)

Shading type	Slat angle	α_0	α_1	α_2	β_0	β_1	β_2
External roller shade		1.187	0.498	0.333	-0.236	-0.484	-0.413
Internal roller shade		0.833	0.090	-0.202	0.187	-1.012	0.132
External venetian blind	+75°	0.020	-0.037	0.164	-0.009	0.039	-0.107
	+45°	0.103	-0.010	0.330	-0.039	0.024	-0.144
	±0°	0.432	0.026	0.393	-0.083	0.042	-0.199
	-45°	0.520	0.130	0.470	-0.063	-0.060	-0.380
	-75°	0.141	-0.032	0.349	-0.036	0.047	-0.263
Internal venetian blind	+75°	0.841	0.094	-0.178	0.178	-0.923	0.100
	+45°	0.869	0.074	-0.095	0.147	-0.628	-0.037
	±0°	0.931	0.030	-0.008	0.075	-0.175	-0.166
	-45°	0.922	0.018	-0.018	0.081	-0.167	-0.138
	-75°	0.840	0.073	-0.140	0.174	-0.607	-0.076

果係数 f_{sh} をより小さくできることが分かる。ブラインドスラットの日射反射率を説明変数に多変量解析を行うと係数 a , b は式(8), 式(9)で整理することができる。Table5 にブラインドでの近似式の代表的な回帰係数を示す。

4. 日積算の日射熱取得の簡易計算法

ブラインドは、プロファイル角特性を有するため期間積算の日射熱取得を計算する際、時刻ごとにその時刻のプロファイル角に対応する回帰係数を Table5 から選択する必要がある少々複雑である。ここでは、日積算の日射熱取得に基づいて期間積算の日射熱取得の簡易計算法を検討する。窓面受照日積算日射量、詳細計算による窓の日積算日射熱取得及び日平均日射熱取得率は、日射遮蔽物の有無にかかわらず式(10)、式(11)及び式(12)によって得られる。

$$J_{day} = \int_{day} [I_d(t) + I_s(t) + I_g(t)] dt \quad (10)$$

$$G_{w,day} = \int_{day} [I_d(t) \times \eta_d(t) + I_s(t) \times \eta_s + I_g(t) \times \eta_g] dt \times A_w \quad (11)$$

$$\eta_{day} = \frac{G_{w,day}}{J_{day} \times A_w} \quad (12)$$

Fig.9, Fig.10 に Table6 に示す計算条件で得られた日射遮蔽物有無での日平均日射熱取得率の関係を示す。図の横方向は、ブラインドスラット材の日射反射率違い (0.0 から 1.0 まで 0.2 間隔)、縦方向は、ブラインドのスラット角違い (−75°, −45°, ±0°, +45°, +75°) を示している。図の個々のグラフ中の標本数は、28 ガラス × 4 地点 × 8 方位 × 365 日 × 5 鏡面反射率比の合計 1635200 である。図より外付ブラインドの場合は、スラット角+75°を除いてプロットのバラつきが大きい。これは、ブラインド層での直接透過日射がプロファイル角によって大きく異なり、かつ吸収日射が室内側へ流入しないためと考えられる。内付ブラインドの場合は、日射反射率 1.0 でプロットのバラつきが多少大きい。日射遮蔽物を有する窓の日平均日射熱取得率を時刻別の場合と同様に原点を通る二次曲線に近似すると式(13)で表すことができる。また、日射遮蔽物による日平均の遮蔽効果係数を、日射遮蔽物を有しない窓の日平均日射熱取

Fig.9 Comparison of daily mean solar heat gain coefficient (glazing with external venetian blind vs. without shading device)

Fig.10 Comparison of daily mean solar heat gain coefficient (glazing with internal venetian blind vs. without shading device)

得率に対する日射遮蔽物を有する窓の日平均日射熱取得率の比と定義すると、式(14)のように表すことができる。得られた遮蔽効果係数を用いて式(15)の簡易計算式^{注4)}から日積算の日射熱取得を算出する。

$$\eta_{sh,day} = a \times \eta_{non-sh,day} + b \times \eta_{non-sh,day}^2 \quad (13)$$

$$f_{sh,day} = \frac{\eta_{sh,day}}{\eta_{non-sh,day}} = a + b \times \eta_{non-sh,day} \quad (14)$$

$$G_{w,day}'' = J_{day} \times \eta_{non-sh,0} \times f_{\theta,day} \times f_{sh,day} \times A_w \quad (15)$$

時刻別の場合と同様に日射透過率や日射反射率を説明変数に多変量解析を行うと係数 a , b は外付ロールスクリーンの場合は式(6), 式(7)で、内付ロールスクリーン、外付ブラインド、内付ブラインドの場合は式(8), 式(9)で整理することができる。Table7 に近似式の回帰係数を示す。

5. 提案モデルの計算精度

詳細計算での窓の日射熱取得と提案した簡易計算での窓の日射熱

取得の比較を行い提案モデルの計算精度を検証する。

1) 時刻別モデル

Fig.11, Fig.12, Fig.13 にロールスクリーン、外付ブラインド、内付ブラインドの式(1)の詳細計算での窓の日射熱取得と式(5)の簡易計算での窓の日射熱取得の関係を示す。計算の対象地点として東京を選出した。図の個々のグラフ中の標本数は、ロールスクリーンの場合には 28 ガラス×8 方位×4386 時間(昼間)の合計 982464 であり、外付ブラインドまたは内付ブラインドの場合には 28 ガラス×8 方位×4386 時間(昼間)×5 鏡面反射率比の合計 4912320 である。図より、全てのモデルで MBE (注5)= $\pm 1.0 \text{ Wh/m}^2$ 以下、 $RMSE$ (注5)= 7.0 Wh/m^2 以下となり良好な結果が得られた。特に外付ブラインドは、Fig.1 と比較して計算精度が大幅に向上した。

Fig.11 Comparison of hourly solar heat gain, MBE and RMSE (roller shade, simplified calculation by Eq.(5) vs. detailed calculation by Eq.(1))

Fig.12 Comparison of hourly solar heat gain, MBE and RMSE (external venetian blind, simplified calculation by Eq.(5) vs. detailed calculation by Eq.(1))

Fig.13 Comparison of hourly solar heat gain, MBE and RMSE (internal venetian blind, simplified calculation by Eq.(5) vs. detailed calculation by Eq.(1))

2) 日積算モデル

Fig.14, Fig.15, Fig.16 にロールスクリーン、外付ブラインド、内付ブラインドの式(11)の詳細計算での窓の日積算日射熱取得と式(15)の簡易計算での窓の日積算日射熱取得の関係を示す。図の個々のグラフ中の標本数は、ロールスクリーンは 28 ガラス×4 地点×8 方位×365 日の合計 327040 であり、ブラインドは 28 ガラス×4 地点×8 方位×365 日×5 鏡面反射率比の合計 1635200 である。外付ブラインドは、直接透過日射が多いスラット角で比較結果のバラつきが大きい。これは、ブラインド層での直接透過日射がプロファイル角によって大きく異なり、かつ吸収日射が室内側へ流入しないためである。しかし、通常使用時は直接透過日射を遮ることが多いので、スラット角+75° や+45° のモデルで簡易に日射熱取得を計算で

MBE [kWh/m^2] Glazing with internal roller shade						
$\rho=1.0$	$\rho=0.8$	$\rho=0.6$	$\rho=0.4$	$\rho=0.2$	$\rho=0.0$	
0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.000	-0.001	$\tau=0.0$
-0.003	-0.001	-0.001	0.000	0.001	-0.001	$\tau=0.2$
-0.002	-0.003	-0.001	0.000	0.001	0.000	$\tau=0.4$
-0.001	-0.002	-0.002	0.000	0.001	0.000	$\tau=0.6$
-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	0.001	0.000	$\tau=0.8$
0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.002	0.000	$\tau=1.0$
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$	
MBE [kWh/m^2] Glazing with external roller shade						
$\rho=1.0$	$\rho=0.8$	$\rho=0.6$	$\rho=0.4$	$\rho=0.2$	$\rho=0.0$	
0.047	0.031	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.0$
0.035	0.031	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.2$
0.028	0.021	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.4$
0.021	0.016	0.017	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.6$
0.014	0.011	0.012	0.018	0.018	0.023	$\tau=0.8$
0.007	0.005	0.006	0.009	0.015	0.023	$\tau=1.0$
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$	
RMSE [kWh/m^2] Glazing with external roller shade						
$\rho=1.0$	$\rho=0.8$	$\rho=0.6$	$\rho=0.4$	$\rho=0.2$	$\rho=0.0$	
0.047	0.031	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.0$
0.035	0.031	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.2$
0.028	0.021	0.020	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.4$
0.021	0.016	0.017	0.016	0.018	0.023	$\tau=0.6$
0.014	0.011	0.012	0.018	0.018	0.023	$\tau=0.8$
0.007	0.005	0.006	0.009	0.015	0.023	$\tau=1.0$
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$	

Fig.14 Comparison of daily solar heat gain, MBE and RMSE (roller shade, simplified calculation by Eq.(15) vs. detailed calculation by Eq.(11))

MBE [kWh/m^2]						
	$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$
$\psi=+75^\circ$	0.003	0.000	0.001	0.003	0.004	0.001
$\psi=+45^\circ$	0.012	0.006	0.007	0.011	0.014	0.006
$\psi=\pm 0^\circ$	0.025	0.013	0.012	0.016	0.017	-0.002
$\psi=-45^\circ$	-0.012	-0.020	-0.021	-0.017	-0.016	-0.027
$\psi=-75^\circ$	-0.002	-0.009	-0.009	-0.007	-0.006	-0.017
RMSE [kWh/m^2]						
	$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$
$\psi=+75^\circ$	0.007	0.006	0.007	0.009	0.013	0.016
$\psi=+45^\circ$	0.034	0.032	0.033	0.038	0.044	0.045
$\psi=\pm 0^\circ$	0.106	0.097	0.092	0.088	0.079	0.061
$\psi=-45^\circ$	0.102	0.104	0.103	0.099	0.097	0.105
$\psi=-75^\circ$	0.047	0.052	0.056	0.061	0.070	0.087

Fig.15 Comparison of daily solar heat gain, MBE and RMSE (external venetian blind, simplified calculation by Eq.(15) vs. detailed calculation by Eq.(11))

MBE [kWh/m^2]						
	$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$
$\psi=+75^\circ$	-0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003
$\psi=+45^\circ$	-0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.008
$\psi=\pm 0^\circ$	-0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.008
$\psi=-45^\circ$	-0.003	0.000	-0.002	-0.005	-0.007	-0.005
$\psi=-75^\circ$	-0.004	0.001	0.000	-0.005	-0.008	0.000
RMSE [kWh/m^2]						
	$\rho=0.0$	$\rho=0.2$	$\rho=0.4$	$\rho=0.6$	$\rho=0.8$	$\rho=1.0$
$\psi=+75^\circ$	0.021	0.017	0.015	0.018	0.027	0.042
$\psi=+45^\circ$	0.017	0.015	0.016	0.020	0.028	0.041
$\psi=\pm 0^\circ$	0.021	0.021	0.023	0.026	0.033	0.046
$\psi=-45^\circ$	0.016	0.016	0.018	0.024	0.033	0.043
$\psi=-75^\circ$	0.021	0.018	0.019	0.025	0.034	0.046

Fig.16 Comparison of daily solar heat gain, MBE and RMSE (internal venetian blind, simplified calculation by Eq.(15) vs. detailed calculation by Eq.(11))

きると考えられる。その他のモデルは、 $MBE=\pm 0.02\text{kWh/m}^2$ 以下、 $RMSE=0.05\text{kWh/m}^2$ 以下となり良好な結果が得られた。

6. まとめ

本研究では、詳細計算法である JIS A 2103 を用いて計算した日射遮蔽物を有しない窓と日射遮蔽物を有する窓の日射熱取得率の関係から時刻別・日積算での窓の日射熱取得の簡易計算法を提案した。また、詳細計算と提案した簡易計算による窓の日射熱取得の比較を行い計算の精度を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 日射遮蔽物を有しない窓と日射遮蔽物を有する窓の日射熱取得率の関係は、原点を通る二次曲線に近似できる。
- (2) 外付ロールスクリーンの場合、時刻別・日積算にかかわらずロールスクリーンを有しない窓の日射熱取得率とロールスクリーンの日射透過率、日射反射率を説明変数として様々なガラス種と外付ロールスクリーンの組合せでの日射熱取得を簡易に計算できる。
- (3) 内付ロールスクリーンの場合、時刻別・日積算にかかわらずロールスクリーンを有しない窓の日射熱取得率とロールスクリーンの日射反射率を説明変数として様々なガラス種と内付ロールスクリーンの組合せでの日射熱取得を簡易に計算できる。
- (4) 外付または内付ブラインドの場合、時刻別・日積算にかかわらずブラインドを有しない窓の日射熱取得率とブラインドスラット材の日射反射率を説明変数として様々なガラス種とブラインドの組合せでの日射熱取得を簡易に計算できる。ただし、外付ブラインドは、直接透過日射が多いスラット角で日積算の日射熱取得にバラつきが大きいいため計算モデルの改良が必要である。

謝辞

Fig.3 を作成するにあたり、株式会社ニチベいの佐久間英二氏より光学データをご提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

記号

A : 面積 (m^2)
 f : 遮蔽効果係数 (-)
 G : 詳細計算による日射熱取得 (Wh)
 G' : 斜め入射に対するガラスの遮蔽効果を考慮した簡易計算による日射熱取得 (Wh)
 G'' : 斜め入射に対するガラスと日射遮蔽物の遮蔽効果を考慮した簡易計算による日射熱取得 (Wh)
 I : 日射量 (W/m^2)
 i : 入射角 ($^\circ$)
 J : 期間積算日射量 (Wh/m^2)
 t : 時間 (h)
 η : 日射熱取得率 (-)
 τ : 日射透過率 (-)
 ρ : 日射反射率 (-)
 ψ : スラット角 ($^\circ$)
 ϕ : プロファイル角 ($^\circ$)
 γ : 方位角 ($^\circ$)
 a, b : 係数 (-)
 α, β : 回帰係数 (-)

添え字

w : 窓
sh : 日射遮蔽物あり
non-sh : 日射遮蔽物なし
d : 直達日射
s : 天空日射
g : 地表面反射日射
0 : 垂直入射
 θ : ガラスの斜め入射
day : 日間

注

- 注 1) 昼間は、日の出から日没までの太陽高度が正の時間帯を表す。
注 2) プロファイル角は、窓面に対する太陽高度の法線方向の成分を表す。
ベネシャンプラインドのスラット角(ψ)とプロファイル角(ϕ)は、Fig.A の関係にある。

Fig.A Relationship between slat angle and profile angle

- 注 3) ベネシャンプラインドのスラット材の光学データは、株式会社ニチベイから提供されたものである。

- 注 4) 斜め入射に対するガラスの遮蔽効果係数 $f_{\theta, \text{day}}$ は、式(A)、式(B)を用いて日別に得られる。

$$f_{\theta, \text{day}} = \frac{G_{w, \text{non-sh, day}}}{J_{\text{day}} \times \eta_{\text{non-sh, 0}}} \quad (\text{A})$$

$$G_{w, \text{non-sh, day}} = \int_{\text{day}} \left[(I_d(t) \times \eta_{\text{non-sh, d}}(t) + I_s(t) \times \eta_{\text{non-sh, s}} + I_g(t) \times \eta_{\text{non-sh, g}}) \right] dt \quad (\text{B})$$

- 注 5) 詳細計算による窓の日射熱取得と簡易計算による窓の日射熱取得の平均値のずれを表す指標 MBE (Mean Bias Error) 及び詳細計算による窓の日射熱取得と簡易計算による窓の日射熱取得の誤差を表す指標 $RMSE$ (Root Mean Square Error) は、式(C)、式(D)を用いて求められる。

$$MBE = \frac{\sum_{k=1}^N (G_{w, \text{simplified}, k} - G_{w, \text{detailed}, k})}{N} \quad (\text{C})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (G_{w, \text{simplified}, k} - G_{w, \text{detailed}, k})^2}{N}} \quad (\text{D})$$

参考文献

- 1) 経済産業省・国土交通省：エネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準，平成 25 年経済産業省・国土交通省告示第 1 号，2014.4
- 2) 財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説，2002.6
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説（Ⅱ住宅），2013.5
- 4) 財団法人建築環境・省エネルギー機構：住宅の平成 25 年省エネルギー基準の解説，2015.11
- 5) 一般財団法人日本規格協会：JIS A 2103，窓及びドアの熱性能一日射熱取得率の計算，2014.4
- 6) 一般財団法人日本規格協会：JIS A 1493，窓及びドアの熱性能一日射熱取得率の測定，2014.4
- 7) 財団法人日本規格協会：JIS R 3106，板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法，1998.3
- 8) 財団法人建築環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows Ver.2 住宅用熱負荷計算プログラム ユーザーマニュアル，2005.1
- 9) 株式会社建築環境ソリューションズ：温熱環境シミュレーションプログラム AE-Sim/Heat 操作マニュアル，2005.2
- 10) 松尾陽，横山浩一，石野久彌，川元昭吾：空調設備の動的熱負荷計算入門，財団法人建築設備技術者協会，1980.3
- 11) 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，日本建築学会環境系論文集，第 77 巻，第 672 号，pp.89-93，2012.2
- 12) 赤坂裕，荒井良延，井川憲男，石野久彌，永村悦子，永村一雄，郡公子，曾我弘，西岡真稔，二宮秀典，松本真一：拡張アメダス気象データ 1981-2000，日本建築学会，2005.8

A SIMPLIFIED METHODOLOGY FOR CALCULATING SOLAR HEAT GAIN THROUGH WINDOWS WITH SHADING DEVICES

Teruki KOJIMA * and *Hideyo NIMIYA* **

* YKK AP Inc., Grad. Stud., Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima Univ., M.Eng.

** Prof., Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima Univ., Dr.Eng.

In the cooling/heating loads simulation for buildings, it is too difficult to estimate the solar heat gain through the windows with shading devices using the detailed and complicated calculation method (e.g. JIS A 2103) and the off-normal optical characteristic parameters in each time. This paper proposed a simplified methodology for calculating hourly or daily accumulated solar heat gain through the windows with shading devices using relation between solar heat gain coefficients of glazing with and without shading devices. In addition, this paper showed the accuracy of proposed models. As the results of this study, the following conclusions were obtained;

- (1) There is relationship of quadratic approximation passing through the origin between solar heat gain coefficients of the glazing with and without shading device.
- (2) In the case of external roller shade, the hourly and daily accumulated solar heat gain through windows of various type of combination of glazing and external roller shade can be calculated by the simplified formula that has explanatory variables for the solar heat gain coefficients of windows without roller shade and solar transmittance and reflectance of the roller shade.
- (3) In the case of internal roller shade, the hourly and daily accumulated solar heat gain through windows of various type of combination of glazing and internal roller shade can be calculated by the simplified formula that has explanatory variables for the solar heat gain coefficients of windows without roller shade and solar reflectance of the roller shade.
- (4) In the case of either external or internal venetian blinds, the hourly and daily accumulated solar heat gain through windows of various type of combination of glazing and venetian blind can be calculated by the simplified formula that has explanatory variables for the solar heat gain coefficients of windows without venetian blind and solar reflectance of the blind slat. However, in the case of the slat angle of external venetian blind that there is a lot of direct transmitted solar radiation through blind layer, the daily accumulated solar heat gain cannot be calculated with high accuracy. Therefore, the model should be improved in the future.

(2016 年 5 月 10 日原稿受理, 2016 年 7 月 6 日採用決定)