

日よけ効果係数算出ツールの使い方について

(0) 本資料の履歴

- ・ 2017/4：作成公開
- ・ 計算法の手直しを検討('1703)

(1) 使用にあたっての注意事項

- ・ 本資料は、「日よけ効果係数算出ツールVer.1.0.0(2014.10)(<http://shading.app.lowenergy.jp>)」(以下、本ツール)の使い方について記したものです。今後、Versionがあがるとともに本資料の記述が該当しなくなる場合があります。その際には、修正に伴って公表される情報をご確認下さい。
- ・ 本ツールで得られた「日よけ効果係数(冷房期)」「日よけ効果係数(暖房期)」は、標準入力法、主要室入力法に対応した「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」の「(空調)外皮仕様入力シート」での入力値として使用することができます。その際には、本ツールの出力により得られたpdfファイルを資料として添付することができます。

(2) 基本的な使い方

本ツールの操作画面(図1)において、

- ・ 地域区分：1～8地域
- ・ 窓面が位置する外壁の方位：8方位
- ・ 窓および日よけ(庇、サイドフィン等)の寸法

を選択、入力し、計算ボタンを押すことで、「日よけ効果係数(冷房期)」「日よけ効果係数(暖房期)」が計算されます。計算結果は、出力ボタンを押すことでpdfファイルとして出力できます。

日よけ効果係数算出ツール Ver 1.0.0 (2014.10)

このツールは、省エネ法に基づく「非住宅建築物の省エネルギー基準（平成25年基準）」における新年間熱負荷係数（PAL*）及び一次エネルギー消費量を算定する際に必要となる「日よけ効果係数」を算出するためのものです。「日よけ効果係数」とは、庇（ひさし）やサイドフィン等の日よけによる日射遮蔽効果を評価するための係数であり、日よけのある窓面への入射日射量の期間積算値を、日よけがないと仮定した場合の入射日射量の期間積算値で除した値として算出されます。日よけの効果は夏期（冷房期）と冬期（暖房期）で異なるため、日よけ効果係数は冷房期と暖房期に分けて算出されます。このツールでは、外壁、窓、日よけの寸法を入力することにより、日よけ効果係数を自動的に算出することができます。

計算結果	
日よけ効果係数(冷房期)	-
日よけ効果係数(暖房期)	-

地域区分

☐ 1地域
☐ 2地域
☐ 3地域
☐ 4地域
☒ 5地域
☐ 6地域
☐ 7地域
☐ 8地域

外壁の方位

☐ 北
☐ 北東
☐ 東
☐ 南東
☒ 南
☐ 南西
☐ 西
☐ 北西

X1

 [m]

X2

 [m]

X3

 [m]

Y1

 [m]

Y2

 [m]

Y3

 [m]

Zx+

 [m]

Zx-

 [m]

Zy+

 [m]

Zy-

 [m]

ボックス型 | サイドフィン | オーバーハング | 外壁の方位

「ボックス型」の入力方法

図1 本ツールの操作画面

1) 本ツールで対象となる窓と日よけ

本ツールの対象とする窓と日よけは、以下の通りです。

- 鉛直な壁面に設置された窓を対象とします。傾斜した外壁、屋根に設置された傾斜窓は対象外です(傾斜した外壁、屋根に設置された開口部の中の鉛直な部位に設置された窓面

は対象となります)。

- 鉛直な壁面に位置する窓の周辺に日射遮蔽を目的として設置されたオーバーハング、サイドフィン、ボックス型の3タイプ(図2)とその組合せとしてとらえることが可能な日よけを対象とします。これらの日よけは壁面から垂直に突き出す形状を基本としますが、壁に対して垂直でないが日よけとして機能する部位・部材(たとえば傾斜のある軒など)については、寸法の取り方に注意することで本ツールの対象とする日よけとして扱うことができます。

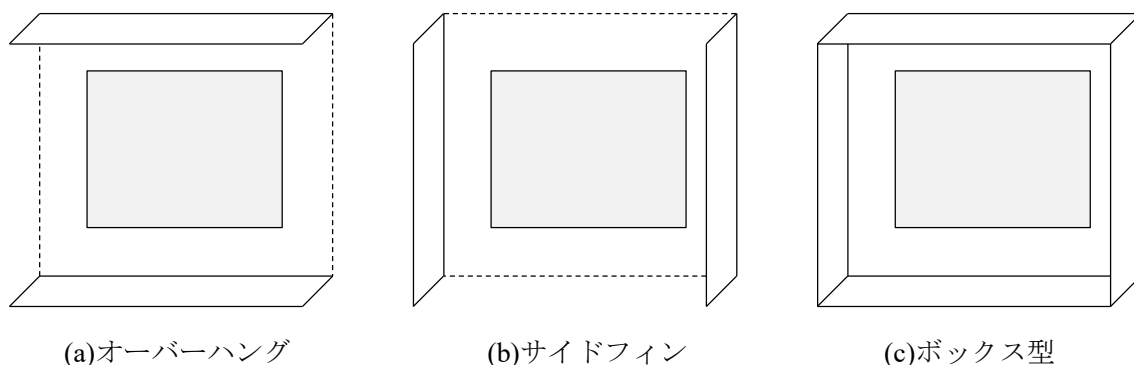


図2 本ツールで扱うことができる日よけの基本的な分類

- 窓幅より短いオーバーハングや窓の高さより短いサイドフィン、また、窓の上下左右の各辺に対応していない日よけの部位(図3)は本ツールの対象外とします。

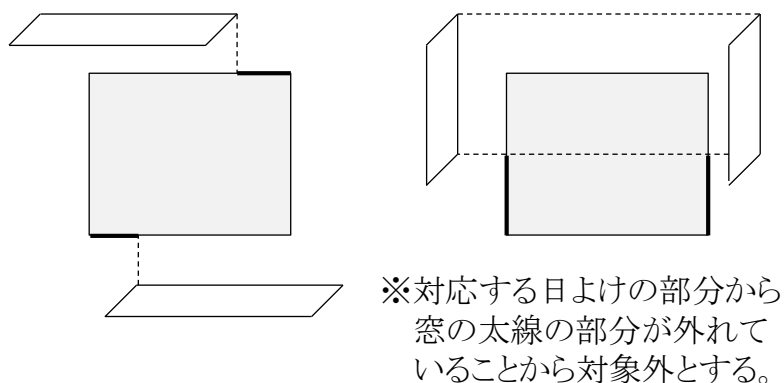


図3 窓位置と日よけがずれていることから本ツールの対象外となる例

- 窓面を覆うように設置される、ブラインド、簾、カーテン等の部材は、本ツールの対象とする日よけではありません。また、隣接する建物や外構(塀、樹木等)も対象外です。
- 窓の側方に位置する自らの建物の部位(凹んだ外壁にある窓の両側にある壁等)は本ツールの日よけの対象外です。一方、窓の上方の日よけとして機能する部位(軒やオーバーハ

本ツールで考慮できる日よけは、窓の上方、下方、側方(両側)の4方向について、それぞれで1つの部位・部材となります。例えば、窓上に小庇と軒がある場合には、両方を対象とすることはできません。どちらか一方を対象として選択することとなります。

本ツールで考慮できる日よけは、常設非可動を基本とします。非常設の部材は対象外です。可動する部材については、基本的な使い方における位置、角度等で固定した状況において計算するものとします。例えば、店舗建築における窓上のオーニングについては、基本的な使用状況を想定して判断するものとします。ただし、この場合であっても季節に応じた使い分けは考慮しません(夏期は伸ばし、冬期はたたむ等は考慮できません。基本的な使用状況を決定し、通年で固定した状況で計算することとします)。

本ツールの操作画面(図1)において、窓および日よけの寸法を入力する際の基本的な考え方を以下に示します。寸法の単位はすべてメートル[m]となります。

長方形の窓については、幅を x_2 [m]、高さを y_2 [m]とします。

b) オーバーハングにおける日よけの寸法

図4 オーバーハングにおける寸法

z_{y+} は上方の、 z_{y-} は下方の部位の出の長さを基本とします。図4では、 $z_{y+} = z_{y-}$ の場合を示し

ていますが、それぞれの出の長さが異なる場合についても計算することが可能です。上方、下方に日よけの部位がない場合には、それぞれ、 $z_{y+}=0$ 、 $z_{y-}=0$ となります。

y_1 は上方の、 y_3 は下方の部位と壁面の接合位置から窓の上端、下端までの長さを基本とします。上方、下方に日よけの部位がない場合には、それぞれ、 $y_1=0$ 、 $y_3=0$ とします。

x_1 は図4における窓の左側の、 x_3 は図4における窓の右側の、窓端部から日よけ部位端部までの長さになります。 x_1 、 x_3 について、上方と下方の部位で長さが異なる場合は、上方の部位における長さを採用することとします。

c) サイドフィンにおける日よけの寸法

日よけとして機能する窓の側方(両側もしくは片側)の部位の寸法は、図5を参照して入力してください。上方、下方にも日よけの部位がある場合は、d)を参照してください。

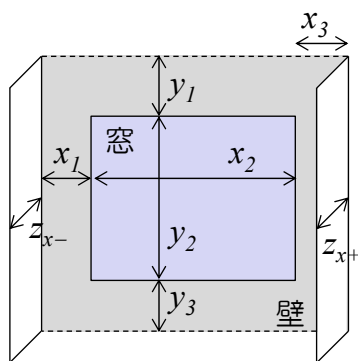


図5 サイドフィンにおける寸法

z_{x+} は図5における窓の左側の、 z_{x-} は図5における窓の右側の部位の出の長さを基本とします。図4では、 $z_{x+}=z_{x-}$ の場合を示していますが、それぞれの出の長さが異なる場合についても計算することが可能です。該当する部位がない場合には、それぞれ、 $z_{x+}=0$ 、 $z_{x-}=0$ となります。

x_1 は図5における窓の左側の、 x_3 は図5における窓の右側の部位と壁面の接合位置から窓の端部までの長さを基本とします。該当する部位がない場合には、それぞれ、 $x_1=0$ 、 $x_3=0$ とします。

y_1 は上方の、 y_3 は下方の窓端部から日よけ部位端部までの長さになります。 y_1 、 y_3 について、両側の部位で長さが異なる場合は、短い方の長さを採用することとします。

d) ボックス型における日よけの寸法

日よけとして機能する窓の上方、下方、側方の部位の寸法は、図6を参照して入力してください。4方向すべてに日よけの部位がない場合についても、本項に準じて入力してください。

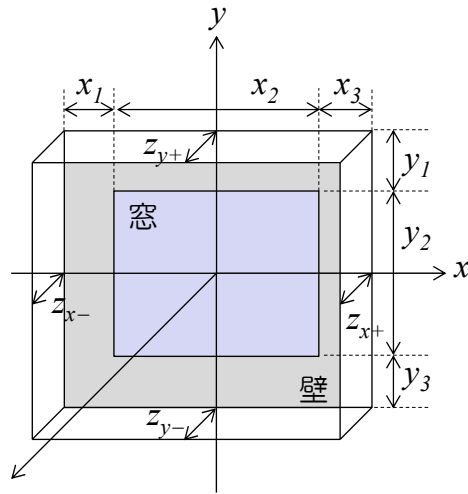


図6 ボックス型における寸法

z_{y+} は上方の、 z_{y-} は下方の部位の出の長さを基本とします。また、 z_{x+} は図6における窓の左側の、 z_{x-} は図6における窓の右側の部位の出の長さを基本とします。図6では、 $z_{y+}=z_{y-}=z_{x+}=z_{x-}$ の場合を示していますが、それぞれの出の長さが異なる場合についても計算することが可能です。該当する部位がない場合には、それぞれ0となります。

x_1 、 x_3 、 y_1 、 y_3 は、各方向の日よけの部位と壁面の接合位置から窓の端部までの長さを基本とします。該当する部位がない場合には、その方向の両側の日よけ部位端部から窓端部までの長さになります(図6における窓の左側に日よけ部位がない場合には、 x_1 は、上側部位の左側端部と下側部位の左側端部から窓左端までの長さから求めます)。 x_1 、 x_3 について、上方と下方の部位で長さが異なる場合は、上方の部位における長さを採用することとします。また、 y_1 、 y_3 について、両側の部位で長さが異なる場合は、短い方の長さを採用することとします。

e) 日よけの寸法のとり方における注意事項

窓端部の位置については、長方形以外の形状の窓については、該当する窓を包括する長方形の各辺の位置とします(上記a)参照)。

壁に対して垂直でないが日よけとして機能する部位・部材(たとえば傾斜のある軒等、図7)については、窓に対する日よけとして効果のある先端部から壁面に垂直に下ろした線の長さをとることで日よけの出の寸法(図7では z_{y+})を、先端部から壁面に垂直に下ろした位置から窓の各辺(もしくは窓を包含する長方形の各辺)までの長さをとることで、窓から日よけまでの寸法(図7では y_1)をとることができます。

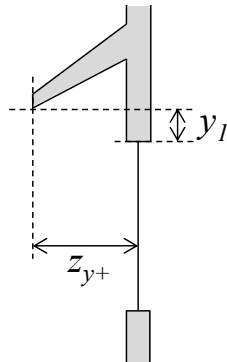
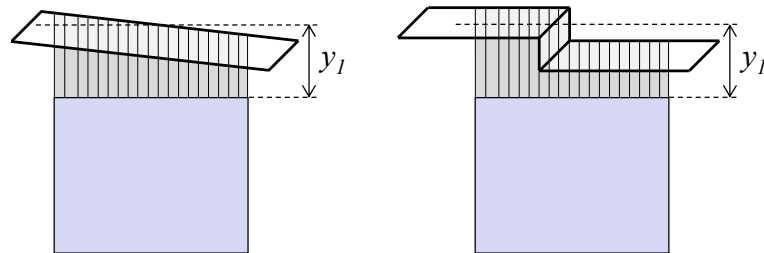


図7 軒(傾斜のあるオーバーハング)の断面図における寸法の取り方

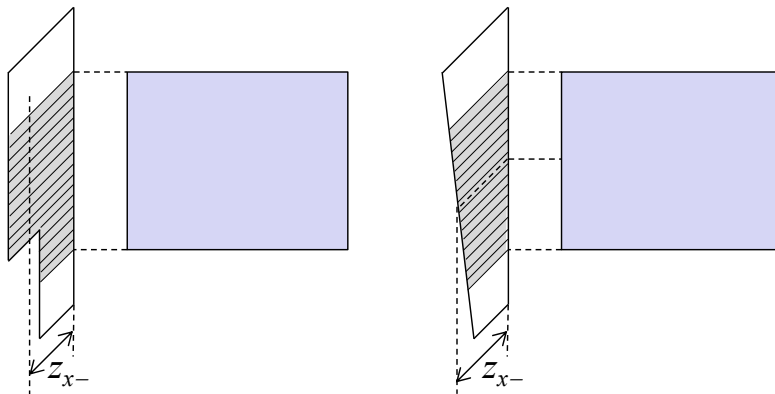
また、ここまでの考え方によって、窓から日よけまでの寸法(x_1 、 x_3 、 y_1 、 y_3)や、日よけの出の寸法(z_{x+} 、 z_{x-} 、 z_{y+} 、 z_{y-})が一定の値をとらない場合には、窓の各辺(もしくは窓を包含する長方形の各辺)に対応する部分における平均値をもってそれぞれの値とすることとします(図8、9)。



※窓の上側に底があり、窓から日よけまでの寸法が異なる例

窓上端に対応する底の部分(図中斜線部分)と窓上端の間の長さの平均値をもって y_l とする。

図8 窓から日よけまでの寸法(図中では y_l)が一定の値をとらない場合の例



※窓の図中左側に、出の寸法が異なるサイドフィンがある例

窓左端に対応するサイドフィンの部分(図中斜線部分)の出の平均値をもって z_{x-} とする。

図9 日よけの出の寸法(図中では z_{x-})が一定の値をとらない場合の例

3) 外壁の方位

窓面が位置する外壁の方位を、北、北東、東、南東、南、南西、西、北西の8方位から選択します。外壁の方位は、外壁が垂直な方向が8方位のいずれに該当するかを、図10の各方位に対応する角度 $\pm 22.5^\circ$ の範囲とで判断します。

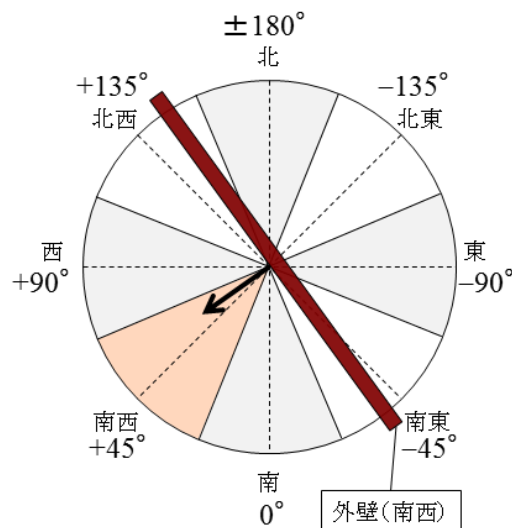


図10 外壁の方位の考え方(南西の場合)

(3) 応用的な使い方

前項「(2) 基本的な使い方」に準じた本ツールの応用的な使い方を以下に示します。

1) 同じ寸法の窓および日よけが複数ある場合

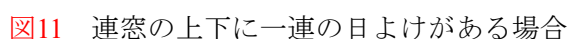
同じ方位の外壁に、同じ寸法の複数の窓と日よけがある場合には、同一の寸法の条件となることから、単一の計算結果の同値の日よけ効果係数を、それぞれの窓について適用することができます。

2) 連窓の上下に日よけがある場合(図11)

一つの室の同じ方位の外壁に、同じ寸法の窓が連窓で設置され、その上方および下方(またはその一方)に一連の水平な日よけがある場合には、(2)の考え方に沿って各窓において x_1 、 x_3 を違えて入力しそれぞれ計算を行うと煩雑になることから、簡単のために連窓を一つの窓面と見立てて、窓の幅の入力値 x_2 を連窓の両端間の長さ(図11の x_2)として計算することを可能とします。ただし、連窓を一つの窓面と見立てられる条件としては、各窓の間の長さ($x_{\text{窓間}}$)が、各窓の幅($x_{\text{窓幅}}$)の2割を超えないこととします。

ただし、上記の入力方法は、本ツールでの日よけ効果係数の算出についてのみ適用可能なものであり、「(空調)窓仕様入力シート」「(空調)外皮仕様入力シート」等における窓面

図11の状況に加えて各窓間に垂直の日よけが追加される場合については、上記の1)を確認してください。



ボックス型を構成するオーバーハングとサイドフィンの接合位置に隙間があり、完全なボックス型ではない場合(図12)については、本ツールではボックス型としての計算は行えず、オーバーハングもしくはサイドフィンとしての計算となるのが原則となります。しかし、隙間が極度に大きくない場合には、簡単のため隙間部分を無視し、ボックス型での入力を適用できるものとします。

図12における、上方の部材の左端の隙間の長さ x_1' 、右端の隙間の長さ x_3' 、下方の部材の左端の隙間の長さ x_1'' 、右端の隙間の長さ x_3'' が、それぞれ窓の幅(x_2)の1割を超えないこと、左方の部材の上端の隙間の長さ y_1' 、下端の隙間の長さ y_3' 、右方の部材の上端の隙間の長さ y_1'' 、下端の隙間の長さ y_3'' が、それぞれ窓の高さ(y_2)の1割を超えないこと、かつ、図3の状況とならないことをボックス型としての入力を適用できる条件とします。

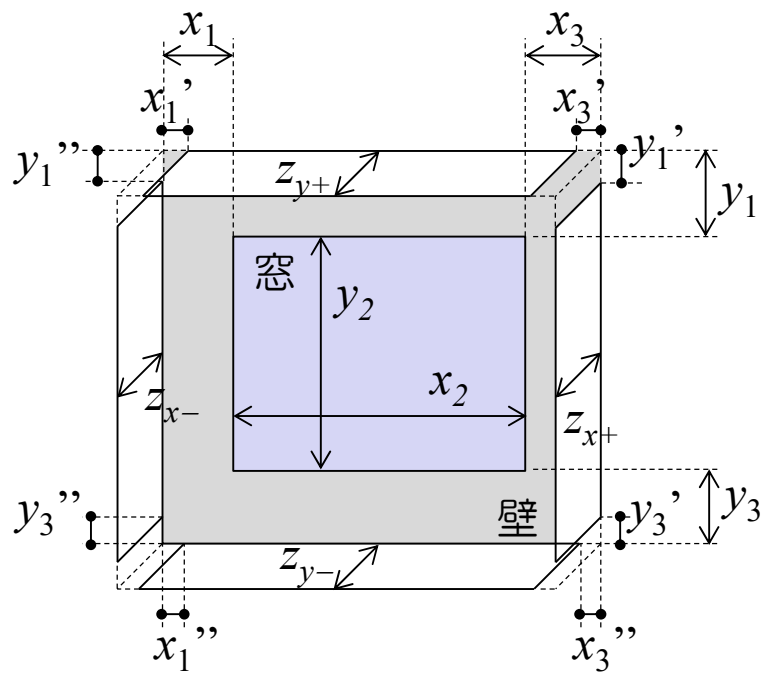


図12 オーバーハングとサイドフィンの接合位置に隙間がある場合

(4) 参考文献

- ・ 日よけ効果係数の計算方法(本資料の付属資料, 次頁以降)
- ・ 西澤繁毅, 宮田征門, 赤嶺嘉彦, 澤地孝男: 改正建築省エネルギー基準に対応した日よけ効果係数算出ツールの開発, 日本建築学会技術報告集第21巻第49号, pp.1111-1116, 2015年10月

日よけ効果係数の計算方法

0. 本資料の履歴

- ・ 日よけ効果係数算出ツールVer.1.0.0 (2014.10)の計算方法として作成
- ・ 計算法の手直しを検討中('1703)

1. 適用範囲

ここ示す計算方法は、「平成25年度省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(連合印刷センター, 平成13年5月29日)」第二部第一章の「6.3.2 窓等からの日射による定常熱取得」における式(2.1.32)中の「窓等 j の日よけ効果係数 $\gamma_{wind,j}$ 」を求めるものである。本計算方法は、「改訂 拡張デグリーデー表(財団法人 建築環境・省エネルギー機構, 昭和58年10月30日)」所収の「日除け効果係数チャート」作成における算定方法の考え方を踏襲しつつ、一部拡張したものとなっている。

対象とする窓は、鉛直な壁等に設置された日射の当たる窓(法線ベクトルが水平となる窓面)である。天窗等の傾斜面に設置された窓(法線ベクトルが水平ではない窓面)は対象としない。

また、本計算法で対象とする日よけは、日の当たる窓およびその外部に設置したオーバーハング、サイドフィン、ボックス型等の日よけである。これらの日よけは、すべて壁面に対して垂直に突き出す形状を前提としているが、壁に対して垂直でないが日よけとして機能する部位・部材(たとえば傾斜のある軒など)については、日よけの出等に関する寸法の取り方に注意することで本計算法の中で扱うことができる。

一般には「日よけ」と言われるブラインド、簾、カーテン等の窓面を覆うように設置する部材は、日よけ効果係数に影響しないことから本計算法の中では日よけとして扱わない。また、隣接する建物や外構(樹木等)については、窓面に対して日よけとして機能する場合であっても対象としない。同様に、該当する窓面に対して日射を遮る日よけ以外の自らの建物にある部位(凹んだ壁面にある窓面の両側にある壁等)についても対象としない。

本計算で求める「窓等 j の日よけ効果係数 $\gamma_{wind,j}$ 」は、暖房期と冷房期に分けて求められ、係数には、日よけによる直達日射の遮蔽効果、天空日射の遮蔽効果、地表面等からの反射日射の遮蔽効果が考慮される。日よけ表面で反射し窓に入射する日射量については考慮しない。

2. 引用規格

なし

3. 用語の定義

3.1 日よけ

本計算法で対象となる日よけは、日の当たる窓の外部に設置されたオーバーハング、サイドフィン、ボックス型となる。これらの日よけは、すべて壁面に対して垂直に突き出す形状を前提としているが、壁に対して垂直でないが日よけとして機能する部位・部材(たとえば傾斜のある軒など)については、日よけの出等に関する寸法の取り方に注意することで本計算法の中で扱うことができる(図3参照)。

また、以下については、本計算法で考慮すべき日よけとしていない。

- ・ブラインド、簾、カーテン等の窓面を覆うように設置する日射遮蔽部材
- ・隣接する建物や外構(樹木等)
- ・該当する窓面に対して日射を遮る日よけ以外の部位が自らの建物にある場合(凹んだ壁面にある窓面の両側にある壁等)

3.2 日よけ効果係数

日の当たる窓の外部に日よけのある場合の日射侵入率を、日の当たる窓の外部に日よけのない場合の日射侵入率で除した係数。この値が小さいほど、窓の外部に設置した日よけにより日射を遮る効果が高いと評価される。日よけ効果係数は暖房期と冷房期に分けて設定される。

3.3 オーバーハング

外壁の外側、窓の上下(片側のみも含む)に水平方向に設置されている日よけ。図1(a)参照。

3.4 サイドフィン

外壁の外側、窓の左右(片側のみも含む)に鉛直方向に設置されている日よけ。図1(b)参照

3.5 ボックス型

外壁の外側に、窓の左右上下を囲うように設置されている日よけ。ただし、上下の部分は水平に、左右の部分は鉛直に設置される。オーバーハングとサイドフィンを組合せた日よけ。図1(c)参照。

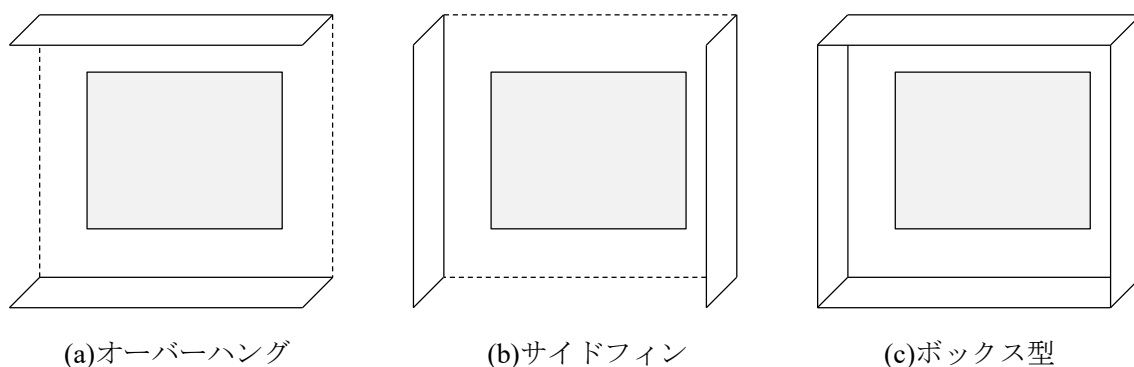


図1 日よけの種類

4. 記号及び単位

本計算法で用いる記号及び単位は表1による。

表1 記号及び単位

記号	意味	単位
$A_{oh0+}(x, y)$	太陽がx+側に位置する日付 d 、時刻 t において、日よけ上側部材(上側オーバーハング)によって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数	m^2
$A_{oh0-}(x, y)$	太陽がx-側に位置する日付 d 、時刻 t において、日よけ上側部材(上側オーバーハング)によって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数	m^2
$A_{sf0+}(x, y)$	太陽がx+側に位置する日付 d 、時刻 t において、窓 j を外側から見た際の日よけ右側部材(x+側サイドフィン)によって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数	m^2
$A_{sf0-}(x, y)$	太陽がx-側に位置する日付 d 、時刻 t において、窓 j を外側から見た際の日よけ左側部材(x-側サイドフィン)によって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数	m^2
$A_{wind,j}$	窓等 j の面積	m^2
$A_{wind,j,x+,d,t}$	太陽がx+側に位置する日付 d 、時刻 t において窓等 j の直達日射が当たる部分の面積	m^2
$A_{wind,j,x-,d,t}$	太陽がx-側に位置する日付 d 、時刻 t において窓等 j の直達日射が当たる部分の面積	m^2
$A_{ZS,d,t}$	日付 d 、時刻 t における太陽方位角	度
$A_{ZW,j}$	外壁 j の方位角	度
$A_{ZW,j,d,t}$	日付 d 、時刻 t における窓等 j の法線と太陽方向が水平面上になす角	度
e_d	日付 d における均時差	時間
$f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$	窓と日よけに係る寸法から平均形態係数を求める際の関数	m^2
$h_{S,d,t}$	日付 d 、時刻 t における太陽高度	度
L	該当する地域区分の代表都市の経度	度
N	1月1日を $N=1$ とした年頭からの通しの日数	日
$S_{D,d,t}$	日付 d 、時刻 t における法線面直達日射量	W/m^2
$S_{S,d,t}$	日付 d 、時刻 t における水平面天空日射量	W/m^2
$T_{d,t}$	日付 d 、時刻 t における時角	度

x_1	窓 j を外側から見た際の窓 j 左端と日よけ左側部材(x -側サイドフィン)間の距離	m
x_{1y+}	日よけ上側部材(上側オーバーハング)の x -側端部と窓端部との x 方向の距離	m
x_{1y-}	日よけ下側部材(下側オーバーハング)の x -側端部と窓端部との x 方向の距離	m
x_2	窓 j の水平方向の幅	m
x_3	窓 j を外側から見た際の窓 j 右端と日よけ右側部材(x +側サイドフィン)間の距離	m
x_{3y+}	日よけ上側部材(上側オーバーハング)の x +側端部と窓端部との x 方向の距離	m
x_{3y-}	日よけ下側部材(下側オーバーハング)の x +側端部と窓端部との x 方向の距離	m
y_1	窓 j 上端と日よけ上側部材(上側オーバーハング)間の距離	m
y_{1x+}	窓 j を外側から見た際の日よけ右側部材(x +側サイドフィン)の上端部と窓上端の間の y 方向の距離	m
y_{1x-}	窓 j を外側から見た際の日よけ左側部材(x -側サイドフィン)の上端部と窓上端の間の y 方向の距離	m
y_2	窓 j の鉛直方向の幅(高さ)	m
y_3	窓 j 下端と日よけ下側部材(下側オーバーハング)間の距離	m
y_{3x+}	窓 j を外側から見た際の日よけ右側部材(x +側サイドフィン)の下端部と窓下端の間の y 方向の距離	m
y_{3x-}	窓 j を外側から見た際の日よけ左側部材(x -側サイドフィン)の下端部と窓下端の間の y 方向の距離	m
z_{x+}	窓 j を外側から見た際の日よけ右側部材(x +側サイドフィン)の壁面からの出の寸法	m
z_{x-}	窓 j を外側から見た際の日よけ左側部材(x -側サイドフィン)の壁面からの出の寸法	m
z_{y+}	日よけ上側部材(上側オーバーハング)の壁面からの出の寸法	m
z_{y-}	日よけ下側部材(下側オーバーハング)の壁面からの出の寸法	m
δ'_d	日付 d の赤緯	ラジアン

δ_d	日付 d の赤緯	度
ϕ	該当する地域区分の代表都市の緯度	度
$\phi_{j,y+}$	窓等 j から天空を臨む平均形態係数	無次元
$\phi_{j,y-}$	窓等 j から地表面を臨む平均形態係数	無次元
ψ	太陽が窓等 j に対して $x+$ 側に位置するときに -1 、 $x-$ 側に位置するときに 1 となる係数	無次元
$\gamma_{dsr,j,x+}$	窓等 j に対して太陽が $x+$ 側に位置する際の直達日射に対する日よけ効果係数	無次元
$\gamma_{dsr,j,x-}$	窓等 j に対して太陽が $x-$ 側に位置する際の直達日射に対する日よけ効果係数	無次元
$\gamma_{isr,j,y+}$	天空日射に対する日よけ効果係数	無次元
$\gamma_{isr,j,y-}$	反射日射に対する日よけ効果係数	無次元
$\gamma_{wind,j}$	窓等 j の日よけ効果係数	無次元
$\eta_{j,d,t}$	日付 d 、時刻 t における窓等 j の入射角特性	無次元
$\theta_{j,d,t}$	日付 d 、時刻 t における窓等 j の法線と太陽方向のなす角	度

5. 寸法、角度等の定義

5.1 窓まわりの座標系および寸法の定義

本計算における座標系の定義ならびに、窓及び日よけの寸法等は図2のとおりである。

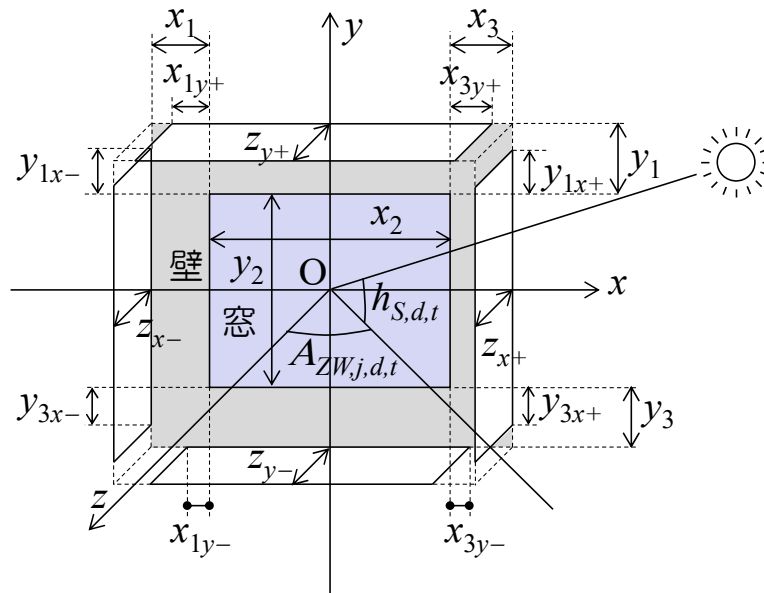


図2 窓及び日よけの寸法と座標系

幅 x_2 [m]、高さ y_2 [m]の窓の周囲に日よけが設置されており、窓中央を原点として、窓面法線方向に z 軸を、窓面が設置されている壁面に沿って上下方向に y 軸を、壁面に沿って水平方

向に x 軸を取る。窓上端より y_1 [m]上に、窓下端より y_3 [m]下に、外部から見て窓の左端から x_1 [m]離れて、外部から見て窓の右端から x_3 [m]離れて日よけの各部材が設置され、それぞれの部材の出は z_{y+} 、 z_{y-} 、 z_{x-} 、 z_{x+} [m]とする。また、各部材の端部と窓端部にあたる位置までの長さを x_{1y+} 、 x_{1y-} 、 x_{3y+} 、 x_{3y-} 、 y_{1x+} 、 y_{1x-} 、 y_{3x+} 、 y_{3x-} [m]とする。ここで各部の寸法 x_1 、 x_3 、 y_1 、 y_3 、 z_{y+} 、 z_{y-} 、 z_{x-} 、 z_{x+} はそれぞれ独立した値とすることができる(本計算法においては $x_1 = x_3$ や、 $z_{y+} = z_{y-} = z_{x-} = z_{x+}$ とする計算上の制約は設けない)。

図2はボックス型日よけを示しているが、 $z_{x-} = z_{x+} = 0$ とすることでサイドフィンと、 $z_{y+} = z_{y-} = 0$ とすることでオーバーハングと見ることができる(z_{x-} 、 z_{x+} 、 z_{y+} 、 z_{y-} を0とした場合には、該当する部材までの距離(x_1 、 x_3 、 y_1 、 y_3)は0とする)。よって、オーバーハングとサイドフィンはボックス型の一形態とみなし、以降はボックス型を中心に記述する。

なお、ボックス型日よけの「隅」の部分における寸法の制約として、 $z_{y+} > 0$ かつ $z_{x-} > 0$ の時には $x_{1y+} \leq x_1$ 、 $y_{1x-} \leq y_1$ 、 $z_{y+} > 0$ かつ $z_{x+} > 0$ の時には $x_{3y+} \leq x_3$ 、 $y_{1x+} \leq y_1$ 、 $z_{y-} > 0$ かつ $z_{x-} > 0$ の時には $x_{1y-} \leq x_1$ 、 $y_{3x-} \leq y_3$ 、 $z_{y-} > 0$ かつ $z_{x+} > 0$ の時には $x_{3y-} \leq x_3$ 、 $y_{3x-} \leq y_3$ とする。

壁に対して垂直でないが日よけとして機能する部位・部材(たとえば傾斜のある軒など)については、日よけの出等に関する寸法の取り方に注意する必要がある。例として図3に傾斜のあるオーバーハングの断面を示すが、窓面に対して日よけとして効果のある先端下部から y_1 、 z_{y+} をとることで、外壁に水平に設置された同寸法のオーバーハングと同様に扱うことができる。

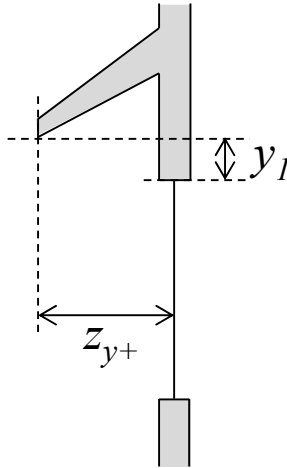


図3 傾斜のあるオーバーハングの断面図における寸法の取り方

また、窓面から見た日付 d 、時刻 t における太陽位置については、太陽高度を $h_{S,d,t}$ [deg] ($0 \leq h_{S,d,t} \leq 90^\circ$)、窓等 j の法線と太陽方向が水平面上になす角を $A_{ZWj,d,t}$ [deg] ($-90^\circ \leq A_{ZWj,d,t} \leq 90^\circ$)とする。 $A_{ZWj,d,t}$ は太陽位置が窓等 j に対して $x+$ 側となるときの負値に、 $x-$ 側となるときの正值と定義する。

5.2 方位角の定義

本計算では、窓が設置されている外壁 j の方位は8方位(南、南西、西、北西、北、北東、

東、南東)で定義する。たとえば、**図4**の法線ベクトルをもつ外壁の場合、方位は「南西」となる。各方位には方位角を割り当てており(**図4**)、たとえば、南は0°、西は+90°、北は±180°、東は-90°となる。**図4**の外壁 j の方位角 A_{ZWj} [deg]は+45°となる(外壁(窓)の方位角は必ず8方位区分に対応した角度になるため、実際の方位角とは異なることがある)。

太陽方位角 $A_{ZS,d,t}$ [deg]も**図4**の方位角で定義されるが、こちらは8方位区分によらず、日付 d 、時刻 t における太陽方位角そのものである。

ここで、**図2**の窓面の法線ベクトルと太陽位置とのなす水平面上の角度 $A_{ZWj,d,t}$ は、

$$A_{ZWj,d,t} = \psi \min[|A_{ZS,d,t} - A_{ZWj}|, |360 + A_{ZS,d,t} - A_{ZWj}|, |-360 + A_{ZS,d,t} - A_{ZWj}|] \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる。

ここで、 ψ は、太陽が窓等 j に対して x +側に位置するときに-1、 x -側に位置するときに+1の値をとる。また、**式(1)**の $\min[]$ は、括弧内の各値の最小値を採る演算子として使用している。

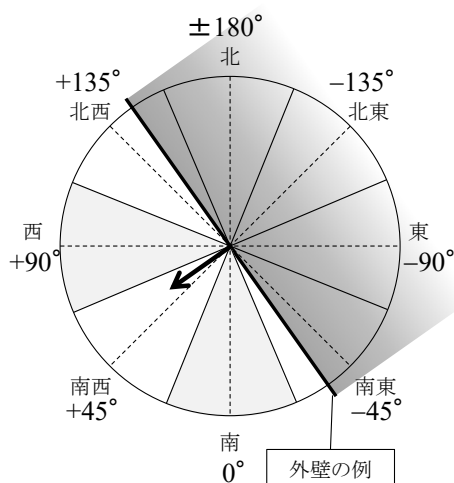


図4 方位角の定義

6. 日よけ効果係数の算定方法

6.1 日よけ効果係数の定義

本計算法では、「窓等 j の日よけ効果係数 $\gamma_{wind,j}$ 」を**式(2)**で定義する。なお、 $\gamma_{wind,j}$ は、暖房期と冷房期でそれぞれ求められるが、暖房期、冷房期についての表記は**式(2)**では省略している。なお、暖房期、冷房期の期間は地域区分に応じて**表2.1.3**で定められている(中間期は冷房されているものとみなす)。また、本計算では時刻 t を1/6時間(10分)間隔で設定するものとする。

$$\begin{aligned}
\gamma_{wind,j} = & [\gamma_{dsr,j,x+} \times \sum_{-90 < A_{ZW,j,d,t} < 0, h_{S,d,t} > 0} (S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t}) + \gamma_{dsr,j,x-} \times \sum_{0 \leq A_{ZW,j,d,t} < 90, h_{S,d,t} > 0} (S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t}) \\
& + \gamma_{isr,j,y+} \times \sum (0.808 \times 0.5 \times S_{S,d,t}) + \gamma_{isr,j,y-} \times \sum \{0.808 \times 0.1 \times 0.5 \times (S_{S,d,t} + S_{D,d,t} \sin h_{S,d,t})\} \\
& / [\sum_{-90 < A_{ZW,j,d,t} < 90, h_{S,d,t} > 0} (S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t}) + \sum \{0.808 \times 0.5 \times S_{S,d,t} + 0.808 \times 0.1 \times 0.5 \times (S_{S,d,t} + S_{D,d,t} \sin h_{S,d,t})\}]
\end{aligned}
\tag{2}$$

ここで、

$\gamma_{dsr,j,x+}$: 窓等 j に対して太陽が $x+$ 側(図2参照)に位置する際の直達日射に対する日よけ効果係数[—]

$\gamma_{dsr,j,x-}$: 窓等 j に対して太陽が $x-$ 側(図2参照)に位置する際の直達日射に対する日よけ効果係数[—]

$\gamma_{isr,j,y+}$: 天空日射に対する日よけ効果係数[—]

$\gamma_{isr,j,y-}$: 反射日射に対する日よけ効果係数[—]

$\eta_{j,d,t}$: 日付 d 、時刻 t における窓等 j の入射角特性(式(2.1.28)により $\theta_{j,d,t}$ から算出) [—]

$S_{D,d,t}$: 日付 d 、時刻 t における法線面直達日射量[W/m²]

$S_{S,d,t}$: 日付 d 、時刻 t における水平面天空日射量[W/m²]

なお、式(2)中の定数0.808は天空・反射日射に対する入射角特性、定数0.5は垂直面からみた天空・地表面の形態係数、0.1は地表面における日射反射率である。

式(2)の分子第1項は窓等 j に対して $x+$ 側に位置するときに対する日よけの遮蔽を考慮した直達日射量積算値を示す。同様に式(2)の分子第2項は $x-$ 側に位置するときに対する日よけの遮蔽を考慮した直達日射量積算値を示している。また、式(2)の分子第3項は日よけの遮蔽を考慮した天空日射量積算値を、式(2)の分子第4項は日よけの遮蔽を考慮した地表面からの反射日射量積算値を示す。なお、本計算方法により求める日よけ効果係数には、日よけ表面で反射して窓に入射する日射量は考慮しない。

6.2 日射量と太陽位置の算定

本計算法では、10分毎の日射量と太陽位置を算定して使用する。

法線面直達日射量 $S_{D,d,t}$ ならびに天空日射量 $S_{S,d,t}$ については、1～8地域ごとにその地域の代表都市の気象データを用いることとする。ただし、気象データ収録の日射量データは、正時前後30分で積算した1時間間隔の値となっていることから、10分間隔の積算値 $S'_{H,m}$ を1時間間隔の値 S_H から式(3)で算定する(ここでは、法線面直達日射量、天空日射量の10分間積算値を総称して、時刻 H 、10分ごとの刻み m (正時が $m=0$ 、以下10分ごとに $m=1\sim5$ をとるとする)における10分間積算値 $S'_{H,m}$ として表している)。

N : 1月1日を $N=1$ とした年頭からの通しの日数[日]
である。

また、日付 d における均時差 e_d [時間]を、

$$e_d = -0.000279 + 0.122772 \cos(2\pi N/366 + 1.498311) \\ - 0.165458 \cos(4\pi N/366 - 1.261546) \\ - 0.005354 \cos(6\pi N/366 - 1.1571) \quad \dots\dots\dots(6)$$

で求める。ここで、式(6)中の余弦内の角度の単位はradianであることに注意されたい。

さらに、日付 d 、時刻 t における時角 $T_{d,t}$ [deg]は、式(7)で求める。

$$T_{d,t} = (t + e_d - 12) \times 15 + (L - 135) \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここで、

L : 該当する地域区分の代表都市の経度[deg]

である。

該当する地域区分の代表都市の緯度 ϕ [deg]、日付 d の赤緯 δ_d [deg]、日付 d 、時刻 t における時角 $T_{d,t}$ [deg]から、日付 d 、時刻 t における太陽高度 $h_{S,d,t}$ [deg]の正弦は、

$$\sin h_{S,d,t} = \max[0, \sin \phi \cdot \sin \delta_d + \cos \phi \cdot \cos \delta_d \cdot \cos T_{d,t}] \quad \dots\dots\dots(8)$$

で求まる。ここで、日付 d 、時刻 t における太陽高度 $h_{S,d,t}$ が負値とならないように(負値は太陽位置が水平面下にあることを意味する)、括弧内の各値の最大値を採る演算子として $\max[]$ を式(8)に導入している。また、日付 d 、時刻 t における太陽高度 $h_{S,d,t}$ [deg]の余弦は、

$$\cos h_{S,d,t} = (1 - \sin^2 h_{S,d,t})^{0.5} \quad \dots\dots\dots(9)$$

で求まる。

また、日付 d 、時刻 t における太陽方位角 $A_{ZS,d,t}$ [deg]の正弦、余弦は、

$$\sin A_{ZS,d,t} = \cos \delta_d \cdot \sin T_{d,t} / \cos h_{S,d,t} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\cos A_{ZS,d,t} = (\sin h_{S,d,t} \cdot \sin \phi - \sin \delta_d) / (\cos h_{S,d,t} \cdot \cos \phi) \quad \dots\dots\dots(11)$$

で求め、日付 d 、時刻 t における太陽方位角 $A_{ZS,d,t}$ [deg]は式(12)で求まる。

$$A_{ZS,d,t} = \begin{cases} \tan^{-1}(\sin A_{ZS,d,t} / \cos A_{ZS,d,t}) + 180 & (\sin A_{ZS,d,t} > 0, \cos A_{ZS,d,t} < 0) \\ \tan^{-1}(\sin A_{ZS,d,t} / \cos A_{ZS,d,t}) - 180 & (\sin A_{ZS,d,t} < 0, \cos A_{ZS,d,t} < 0) \\ 90 & (\sin A_{ZS,d,t} = 1, \cos A_{ZS,d,t} = 0) \\ -90 & (\sin A_{ZS,d,t} = -1, \cos A_{ZS,d,t} = 0) \\ \tan^{-1}(\sin A_{ZS,d,t} / \cos A_{ZS,d,t}) & (\text{other}) \end{cases} \quad \dots\dots\dots(12)$$

6.3 直達日射に対する日よけ効果係数

直達日射に対する日よけ効果係数は、太陽が窓等 j に対して $x+$ 側に位置するとき ($A_{ZWj,d,t} < 0$) に対する係数 $\gamma_{dsrj,x+}$ と、 $x-$ 側に位置するとき ($A_{ZWj,d,t} \geq 0$) に対する係数 $\gamma_{dsrj,x-}$ の二つに分けて求める。

6.3.1 $x+$ 側に対する係数の算定

太陽が窓等 j に対して $x+$ 側に位置するときには、直達日射は上側オーバーハングと $x+$ 側のサイドフィンによって遮蔽される。

太陽が窓等 j に対して $x+$ 側に位置するとき ($A_{ZWj,d,t} < 0$) の日よけ効果係数 $\gamma_{dsrj,x+}$ は、式(13)で求まる。

$$\gamma_{dsrj,x+} = \frac{\sum_{-90 < A_{ZW,j,d,t} < 0, h_{S,d,t} > 0} (A_{wind,j,x+,d,t} S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t})}{A_{wind,j} \cdot \sum_{-90 < A_{ZW,j,d,t} < 0, h_{S,d,t} > 0} (S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t})} \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここで、

$A_{wind,j}$: 窓等 j の面積 ($=x_2y_2$) [m^2]

$A_{windj,x+,d,t}$: 太陽が $x+$ 側に位置する日付 d 、時刻 t において窓等 j の直達日射が当たる部分の面積 [m^2]

である。

太陽が $x+$ 側に位置する日付 d 、時刻 t における日の当たる部分の面積 $A_{windj,x+,d,t}$ は、座標 $x = x_2/2 + x_3$ 、 $y = y_1 + y_2/2$ の窓等において、上側オーバーハングによって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数 $A_{oh0+}(x, y)$ と、 $x+$ 側サイドフィンによって遮られる部分の面積を表す関数 $A_{sf0+}(x, y)$ を用いて式(14)で表される。

$$\begin{aligned} A_{windj,x+,d,t} = & (x_2 + x_3)(y_1 + y_2) - A_{oh0+}(-x_2/2, -y_2/2) - A_{sf0+}(-x_2/2, -y_2/2) \\ & - \{(x_2 + x_3)y_1 - A_{oh0+}(-x_2/2, y_2/2) - A_{sf0+}(-x_2/2, y_2/2)\} \\ & - \{x_3(y_1 + y_2) - A_{oh0+}(x_2/2, -y_2/2) - A_{sf0+}(x_2/2, -y_2/2)\} \\ & + x_3y_1 - A_{oh0+}(x_2/2, y_2/2) - A_{sf0+}(x_2/2, y_2/2) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(14)$$

ここで、 $A_{oh0+}(x, y)$ と $A_{sf0+}(x, y)$ は、

$$\begin{aligned}
&= 0 \quad (z_{y+} = 0) \\
&= \frac{1}{2} (x_{3y+} + x_2 / 2 - x) \times \frac{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|} (x_{3y+} + x_2 / 2 - x) \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_{3y+} + x_2 / 2 - x < z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|, \\ &y_1 + y_2 / 2 - y \geq \frac{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|} (x_{3y+} + x_2 / 2 - x) \end{aligned} \right) \\
A_{oh0+}(x, y) &= \left\{ (x_{3y+} + x_2 / 2 - x) - \frac{1}{2} (y_1 + y_2 / 2 - y) \frac{z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|}{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} \right\} \times (y_1 + y_2 / 2 - y) \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_{3y+} + x_2 / 2 - x > \frac{z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|}{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_1 + y_2 / 2 - y), \\ &y_1 + y_2 / 2 - y < z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \end{aligned} \right) \\
&= (x_{3y+} + x_2 / 2 - x - \frac{1}{2} z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|) \times z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_{3y+} + x_2 / 2 - x \geq z_{y+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|, \\ &y_1 + y_2 / 2 - y \geq z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \end{aligned} \right)
\end{aligned}$$

.....(15)

$$\begin{aligned}
&= 0 \quad (z_{x+} = 0) \\
&= \frac{1}{2} (y_{1x+} + y_2 / 2 - y) \times \frac{z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|}{z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_{1x+} + y_2 / 2 - y) \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_3 + x_2 / 2 - x \geq \frac{z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|}{z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_{1x+} + y_2 / 2 - y), \\ &y_{1x+} + y_2 / 2 - y < z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \end{aligned} \right) \\
A_{yf0+}(x, y) &= \left\{ (y_{1x+} + y_2 / 2 - y) - \frac{1}{2} (x_3 + x_2 / 2 - x) \frac{z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|} \right\} \times (x_3 + x_2 / 2 - x) \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_3 + x_2 / 2 - x < z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|, \\ &y_{1x+} + y_2 / 2 - y > \frac{z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|} (x_3 + x_2 / 2 - x) \end{aligned} \right) \\
&= (y_{1x+} + y_2 / 2 - y - \frac{1}{2} z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}) \times z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}| \\
&\quad \left(\begin{aligned} &x_3 + x_2 / 2 - x \geq z_{x+} \tan |A_{ZW,j,d,t}|, \\ &y_{1x+} + y_2 / 2 - y \geq z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \end{aligned} \right)
\end{aligned}$$

.....(16)

で定まる関数である。導出過程については後述する。

6.3.2 x-側に対する係数の算定

太陽が窓等 j に対して x -側に位置するときには、直達日射は上側オーバーハングと x -側のサイドフィンによって遮蔽される。

太陽が窓等 j に対して x -側に位置するとき ($A_{ZW,j,d,t} \geq 0$) の日よけ効果係数 $\gamma_{dsr,j,x-}$ は、式(17)で求まる。

$$\gamma_{dsr,j,x-} = \frac{\sum_{0 \leq A_{ZW,j,d,t} < 90, h_{S,d,t} > 0} (A_{wind,j,x-,d,t} S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t})}{A_{wind,j} \cdot \sum_{0 \leq A_{ZW,j,d,t} < 90, h_{S,d,t} > 0} (S_{D,d,t} \eta_{j,d,t} \cos h_{S,d,t} \cos A_{ZW,j,d,t})} \dots\dots\dots(17)$$

ここで、

$A_{wind,j,x-,d,t}$: 太陽が x -側に位置する日付 d 、時刻 t において窓等 j の日が当たる部分の面積[m²]

である。

太陽が x -側に位置する日付 d 、時刻 t における日の当たる部分の面積 $A_{wind,j,x-,d,t}$ は、座標 $x = -x_1 - x_2/2 \sim x$ 、 $y = -y_1 - y_2/2 \sim y$ の窓等において、上側オーバーハングによって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数 $A_{oh0-}(x, y)$ と、 x -側サイドフィンによって遮られる部分の面積を表す関数 $A_{sf0-}(x, y)$ を用いて式(18)で表される。

$$\begin{aligned} A_{wind,j,x-,d,t} = & (x_1 + x_2)(y_1 + y_2) - A_{oh0-}(x_2/2, -y_2/2) - A_{sf0-}(x_2/2, -y_2/2) \\ & - \{(x_1 + x_2)y_1 - A_{oh0-}(x_2/2, y_2/2) - A_{sf0-}(x_2/2, y_2/2)\} \\ & - \{x_1(y_1 + y_2) - A_{oh0-}(-x_2/2, -y_2/2) - A_{sf0-}(-x_2/2, -y_2/2)\} \\ & + x_1y_1 - A_{oh0-}(-x_2/2, y_2/2) - A_{sf0-}(-x_2/2, y_2/2) \end{aligned} \dots\dots\dots(18)$$

ここで、 $A_{oh0-}(x, y)$ と $A_{sf0-}(x, y)$ は、

$$\begin{aligned}
 &= 0 \quad (z_{y+} = 0) \\
 &= \frac{1}{2}(x_{1y+} + x_2/2 + x) \times \frac{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}} (x_{1y+} + x_2/2 + x) \\
 &\quad \left(x_{1y+} + x_2/2 + x < z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}, \right. \\
 &\quad \left. y_1 + y_2/2 - y \geq \frac{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}} (x_{1y+} + x_2/2 + x) \right) \\
 A_{oh0-}(x, y) &= \left\{ (x_{1y+} + x_2/2 + x) - \frac{1}{2}(y_1 + y_2/2 - y) \frac{z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} \right\} \times (y_1 + y_2/2 - y) \\
 &\quad \left(x_{1y+} + x_2/2 + x > \frac{z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}}{z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_1 + y_2/2 - y), \right. \\
 &\quad \left. y_1 + y_2/2 - y < z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \right) \\
 &= (x_{1y+} + x_2/2 + x - \frac{1}{2} z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}) \times z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \\
 &\quad \left(x_{1y+} + x_2/2 + x \geq z_{y+} \tan A_{ZW,j,d,t}, \right. \\
 &\quad \left. y_1 + y_2/2 - y \geq z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \right)
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0 \quad (z_{x-} = 0) \\
 &= \frac{1}{2}(y_{1x-} + y_2/2 - y) \times \frac{z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}}{z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_{1x-} + y_2/2 - y) \\
 &\quad \left(x_1 + x_2/2 + x \geq \frac{z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}}{z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}} (y_{1x-} + y_2/2 - y), \right. \\
 &\quad \left. y_{1x-} + y_2/2 - y < z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \right) \\
 A_{sf0-}(x, y) &= \left\{ (y_{1x-} + y_2/2 - y) - \frac{1}{2}(x_1 + x_2/2 + x) \frac{z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}} \right\} \times (x_1 + x_2/2 + x) \\
 &\quad \left(x_1 + x_2/2 + x < z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}, \right. \\
 &\quad \left. y_{1x-} + y_2/2 - y > \frac{z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}}{z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}} (x_1 + x_2/2 + x) \right) \\
 &= (y_{1x-} + y_2/2 - y - \frac{1}{2} z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t}) \times z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t} \\
 &\quad \left(x_1 + x_2/2 + x \geq z_{x-} \tan A_{ZW,j,d,t}, \right. \\
 &\quad \left. y_{1x-} + y_2/2 - y \geq z_{x-} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZW,j,d,t} \right)
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

で定まる関数である。導出過程については後述する。

6.4 天空日射に対する日よけ効果係数

天空日射が全天から均一に照射されるとすると、天空日射に対する日よけ効果係数は、

$$\gamma_{isr,j,y+} = 2\phi_{j,y+} \quad \dots\dots\dots(21)$$

で求まる。ここで、

$\phi_{j,y+}$: 窓等 j から天空を臨む平均形態係数[—]

である。 $\phi_{j,y+}$ は関数 $f(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ を用いて、

$$\begin{aligned} \phi_{j,y+} = \frac{1}{\pi A_{wind,j}} \{ & f_A(x_{3y+}, x_2 + x_{3y+}, y_1, y_1 + y_2, z_{y+}) + f_A(y_{1x+}, y_{1x+} + y_2, x_3, x_2 + x_3, z_{x+}) \\ & + f_A(x_{1y+}, x_{1y+} + x_2, y_1, y_1 + y_2, z_{y+}) + f_A(y_{1x-}, y_{1x-} + y_2, x_1, x_1 + x_2, z_{x-}) \\ & + f_A(x_3, x_2 + x_3, y_1, y_1 + y_2, 0) + f_A(y_1, y_1 + y_2, x_3, x_2 + x_3, 0) \\ & + f_A(x_1, x_1 + x_2, y_1, y_1 + y_2, 0) + f_A(y_1, y_1 + y_2, x_1, x_1 + x_2, 0) \\ & - f_A(x_{3y+}, x_2 + x_{3y+}, y_1, y_1 + y_2, 0) - f_A(y_{1x+}, y_{1x+} + y_2, x_3, x_2 + x_3, 0) \\ & - f_A(x_{1y+}, x_{1y+} + x_2, y_1, y_1 + y_2, 0) - f_A(y_{1x-}, y_{1x-} + y_2, x_1, x_1 + x_2, 0) \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(22)$$

で求めることができる。ここで、関数 $f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ は、

$$\begin{aligned} & f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a) \\ & = \frac{x_b \sqrt{y_b^2 + z_a^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_b^2 + z_a^2}} - \frac{x_b \sqrt{y_a^2 + z_a^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_a^2 + z_a^2}} \\ & - \frac{x_a \sqrt{y_b^2 + z_a^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_b^2 + z_a^2}} + \frac{x_a \sqrt{y_a^2 + z_a^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_a^2 + z_a^2}} \\ & + \frac{x_b^2 - y_b^2 - z_a^2}{8} \log(x_b^2 + y_b^2 + z_a^2) - \frac{x_b^2 - y_a^2 - z_a^2}{8} \log(x_b^2 + y_a^2 + z_a^2) \\ & - \frac{x_a^2 - y_b^2 - z_a^2}{8} \log(x_a^2 + y_b^2 + z_a^2) + \frac{x_a^2 - y_a^2 - z_a^2}{8} \log(x_a^2 + y_a^2 + z_a^2) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(23)$$

で与えられる関数である。関数 $f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ の導出過程については後述する。

6.5 反射日射に対する日よけ効果係数

反射日射が地表面から均一に照射されるとすると、反射日射に対する日よけ効果係数は、

$$\gamma_{isr,j,y-} = 2\phi_{j,y-} \quad \dots\dots\dots(24)$$

で求まる。ここで、

$\phi_{j,y-}$: 窓等 j から地表面を臨む平均形態係数[—]

である。 $\phi_{j,y-}$ は式(23)の関数 $f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ を用いて、

$$\begin{aligned} \phi_{j,y-} = \frac{1}{\pi A_{wind,j}} & \{ f_A(x_{3y-}, x_2 + x_{3y-}, y_3, y_2 + y_3, z_{y-}) + f_A(y_{3x+}, y_2 + y_{3x+}, x_3, x_2 + x_3, z_{x+}) \\ & + f_A(x_{1y-}, x_{1y-} + x_2, y_3, y_2 + y_3, z_{y-}) + f_A(y_{3x-}, y_2 + y_{3x-}, x_1, x_1 + x_2, z_{x-}) \\ & + f_A(x_3, x_2 + x_3, y_3, y_2 + y_3, 0) + f_A(y_3, y_2 + y_3, x_3, x_2 + x_3, 0) \\ & + f_A(x_1, x_1 + x_2, y_3, y_2 + y_3, 0) + f_A(y_3, y_2 + y_3, x_1, x_1 + x_2, 0) \\ & - f_A(x_{3y-}, x_2 + x_{3y-}, y_3, y_2 + y_3, 0) - f_A(y_{3x+}, y_2 + y_{3x+}, x_3, x_2 + x_3, 0) \\ & - f_A(x_{1y-}, x_{1y-} + x_2, y_3, y_2 + y_3, 0) - f_A(y_{3x-}, y_2 + y_{3x-}, x_1, x_1 + x_2, 0) \} \\ & \dots\dots\dots(25) \end{aligned}$$

で求めることができる。

7. 導出過程に関する補足

前章で示した数式の導出過程について以下に補足する。

7.1 式(15)、(16)、(19)、(20)の導出過程についての補足

式(15)の導出過程について示す。式(15)で表される関数 $A_{oh0+}(x, y)$ は、前述の通り、座標 $x = x_2/2 + x_{3y+}$ 、 $y = y_1 + y_2/2$ の窓等において、上側オーバーハングによって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数である。すなわち、図6に示した $x = x_2/2 + x_{3y+}$ 、 $y = y_1 + y_2/2$ の領域BCEFの中でオーバーハングによって生じる影の領域ABCDの面積を求める関数である。影の面積を算定する式は、オーバーハングの端点が影を落とす点Aの位置により変わることから、式(15)中には4つの場合分けが設けられている(以下、式(15)の場合分けの順に①～④とする)。

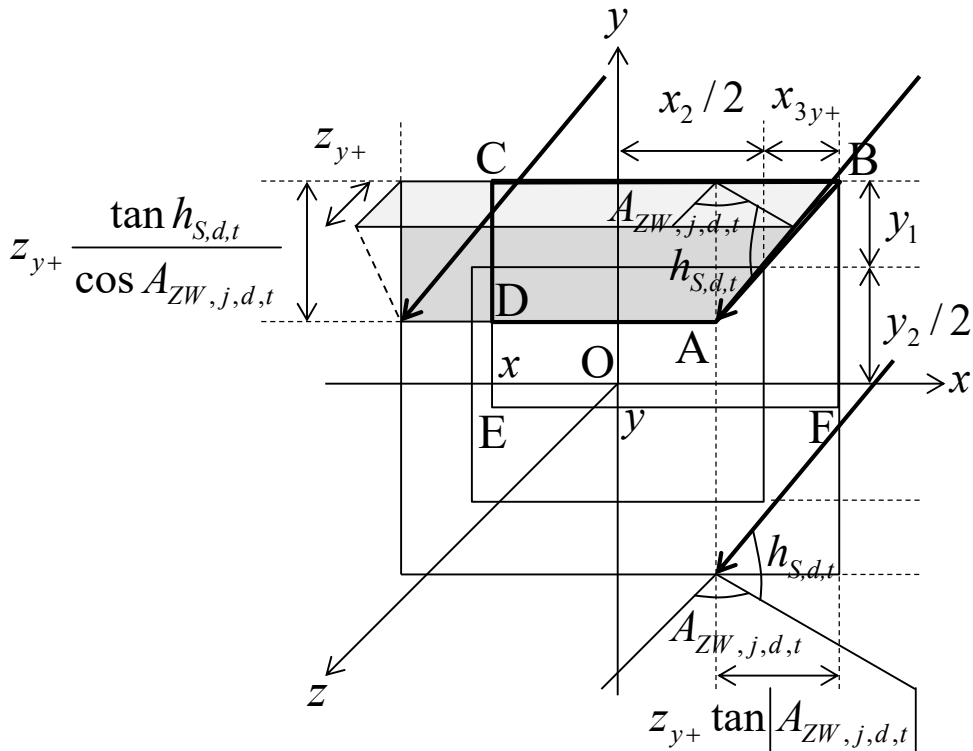


図6 オーバーハングによって生じる影の面積

まず、場合分け①はオーバーハングが存在しない場合($z_{y+}=0$)である。

場合分け②は、点Aが線CEの左(x-方向)に位置し、線ABが線CEと交わる場合である(図7a)。この場合、領域BCEFの中に生じる影の面積は、三角形BCGの面積となる。

場合分け③は、点Aが線EFの下(y-方向)に位置し、線ABが線EFと交わる場合である(図7b)。この場合、領域BCEFの中に生じる影の面積は、台形BCEHの面積となる。

場合分け④は、点Aが領域BCEFの内側に位置する場合である(図7c)。この場合、領域BCEFの中に生じる影の面積は、台形BCDAの面積となる。

以上の、場合分け①～④に対応した領域BCEFの中に生じる影の面積の算定式をまとめることで式(15)が得られる(図7dは点Aの位置による②～④の場合分けをまとめたものである)。

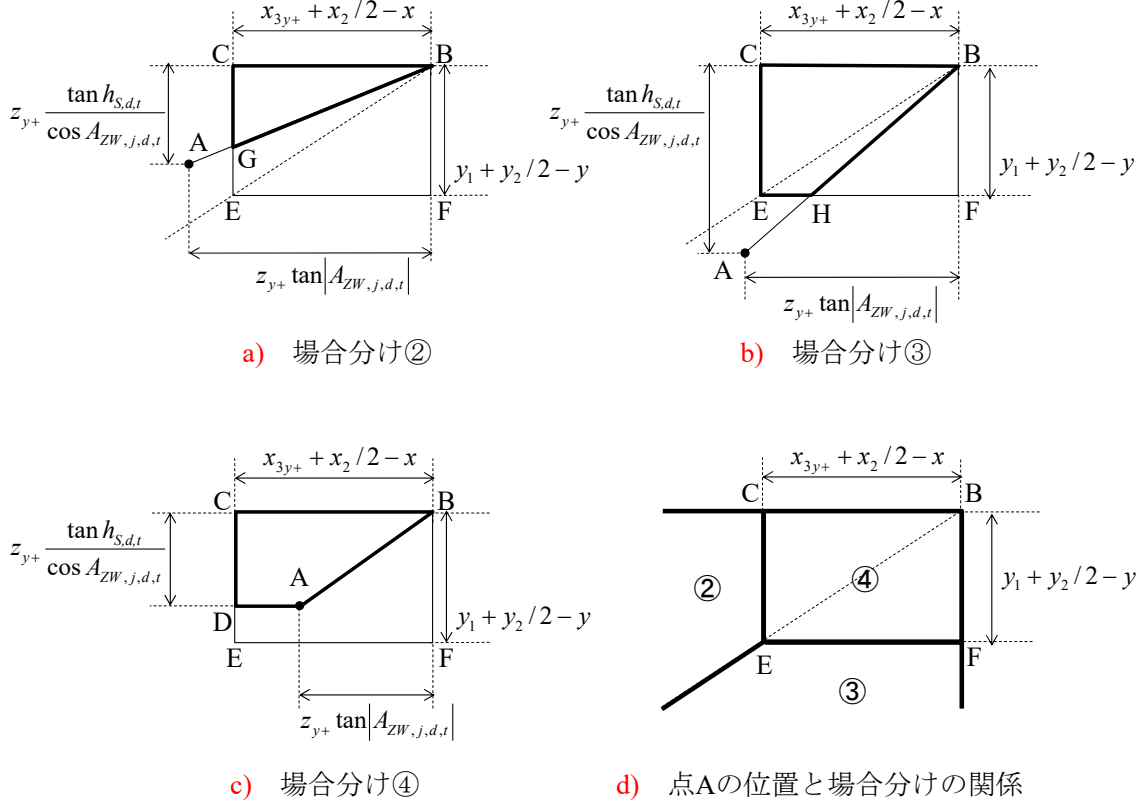


図7 式(15)における場合分け

式(16)のx+側サイドフィンによって遮られる部分の面積を表す関数 $A_{sp+}(x, y)$ は、図6のx軸とy軸を入れ替えることで検討することができる。具体的には式(15)の各変数を表2のように入れ替えることで求めることができる。

表2 式(15)と式(16)の変数の対応

式(15)	→	式(16)
x	→	y
x_2	→	y_2
x_{3y+}	→	y_{1x+}
y	→	x
y_1	→	x_3
y_2	→	x_2
$z_{y+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZWj,d,t}$	→	$z_{x+} \tan A_{ZWj,d,t} $
$z_{y+} \tan A_{ZWj,d,t} $	→	$z_{x+} \tan h_{S,d,t} / \cos A_{ZWj,d,t}$

また、式(19)の上側オーバーハングによって直達日射が遮られる部分の面積を表す関数 $A_{oh0-}(x, y)$ と、式(20)のx-側サイドフィンによって遮られる部分の面積を表す関数 $A_{sp0+}(x, y)$ は、式(15)および式(16)を求めた状況をx方向に符号を反転させることで検討することができる。具体的には式(15)、式(16)の各変数を表3のように入れ替えることで求めることができる。

表3 式(15)、(16)と式(19)、(20)の変数の対応

式(15)、式(16)	→	式(19)、式(20)
x	→	$-x$
x_3	→	x_1
x_{3y+}	→	x_{1y+}
y_{1x+}		y_{1x-}
z_{x+}	→	z_{x-}
$A_{ZWj,d,t}$	→	$-A_{ZWj,d,t}$

7.2 式(22)、(23)、(25)の導出過程についての補足

式(23)は、窓と日よけに係る寸法から窓面が天空及び地表面を臨む平均形態係数を求める際に用いる関数であり、式(22)は窓から天空を臨む平均形態係数、式(25)は窓から地表面を臨む平均形態係数である。以下にその導出過程を示す。

最初に、壁面上の任意の点Oの上部x+側にオーバーハングがある場合の天空の形態係数を検討する。

まず、壁面表面上のある点Oから壁面の法線ベクトルと水平方向になす角(方位角) α 、仰角 β に位置する天空のポイントを、点Oを中心にした半径1の球面上に投射し、その点から壁面 (x_0y_0 平面) に垂直に下ろすことを考える(図8)。すると、方位角 α 、仰角 β の天空のポイン

トは、 x_0y_0 平面上の座標 $(\sin\alpha\cos\beta, \sin\beta)$ に投射されることが分かる。

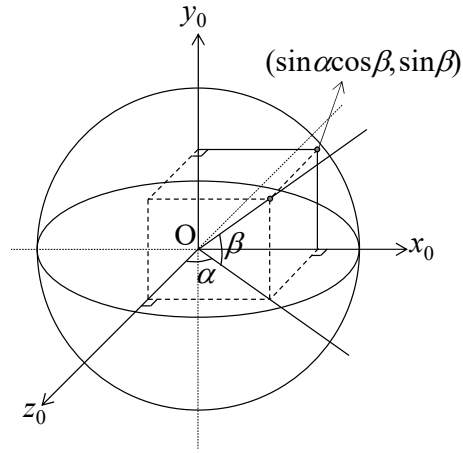


図8 天空の任意点の x_0y_0 平面への投射の模式図

次に、任意の点Oから上に y 離れて出が z であるオーバーハングがある場合に、オーバーハングの先端 (x, y, z) の位置が示す方位角 α 、仰角 β 、 x_0y_0 平面に投射した座標 $(\sin\alpha\cos\beta, \sin\beta)$ は図9のように求まる。

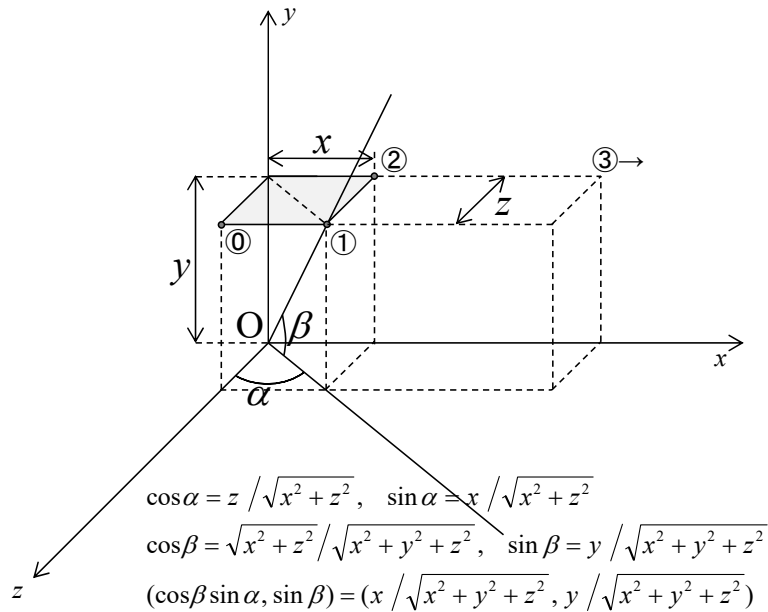


図9 オーバーハングの模式図

図9のオーバーハングの y (庇までの高さ)と z (庇の出)を固定し x を $0 \rightarrow \infty$ に取る場合(すなわち片側無限遠庇の場合)、庇の先端は図10の x_0y_0 平面では①—③の曲線として表される。

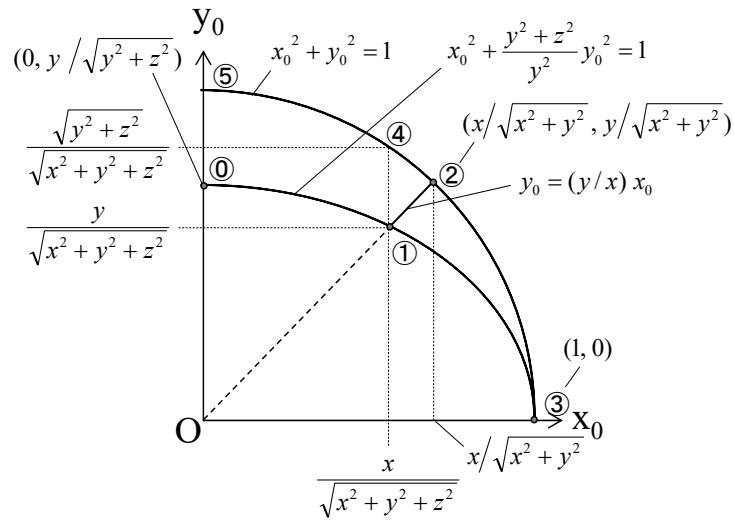


図10 オーバーハングにおける x_0y_0 平面への投射

①—①—③の曲線は、式(26)で表される。

$$x_0^2 + \frac{y^2 + z^2}{y^2} y_0^2 = 1 \quad \dots\dots\dots(26)$$

オーバーハングの $x+$ 方向の幅が x までしかない場合には図9の①—②が $x+$ 側の端部となる。


図10の x_0y_0 平面上では、②は $\cos \alpha = 0$ 、 $\cos \beta = x/\sqrt{x^2 + y^2}$ 、 $\sin \beta = y/\sqrt{x^2 + y^2}$ となることから、②は $x_0^2 + y_0^2 = 1$ 上に位置し、①—②のオーバーハングの端部は原点を通る直線として表される($y_0 = (y/x)x_0$)。また、②より $x+$ 側では天空を遮るものがなくなるため、 x_0y_0 平面上での②—③は円周 $x_0^2 + y_0^2 = 1$ として表される。よって、有限な幅($0 \sim x$)を持つ庇について、底下の点Oから天空を臨む形態係数は、図10の点O—①—②—③—点Oで囲まれた面積を π で除した値となる。

①—①と x 軸で囲まれた部分の面積 S_{01} 、①—②と x 軸で囲まれた部分の面積 S_{12} 、②—③と x 軸で囲まれた部分の面積 S_{23} は下式で求まる。


$$\begin{aligned}
S_{01} &= \int_0^{x/\sqrt{x^2+y^2+z^2}} \frac{y}{\sqrt{y^2+z^2}} \sqrt{1-x_0^2} dx_0 = \frac{y}{\sqrt{y^2+z^2}} \int_0^{\theta_{end}} (\sqrt{1-\sin^2\theta} \cdot \cos\theta) d\theta \\
&= \frac{y}{\sqrt{y^2+z^2}} \int_0^{\theta_{end}} \frac{\cos 2\theta + 1}{2} d\theta = \frac{y}{\sqrt{y^2+z^2}} \left| \frac{\sin\theta \cos\theta}{2} + \frac{\theta}{2} \right|_0^{\theta_{end}} \\
&= \frac{y}{2\sqrt{y^2+z^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2+z^2}} + \frac{xy}{2(x^2+y^2+z^2)} \\
&\quad \begin{cases} x_0 = \sin\theta, & dx_0 = \cos\theta d\theta, & x_0: 0 \rightarrow x/\sqrt{x^2+y^2+z^2} \quad \theta: 0 \rightarrow \theta_{end} \\ \sin\theta_{end} = x/\sqrt{x^2+y^2+z^2}, & \cos\theta_{end} = \sqrt{y^2+z^2}/\sqrt{x^2+y^2+z^2} \\ \tan\theta_{end} = x/\sqrt{y^2+z^2} \end{cases}
\end{aligned}
\tag{27}$$


$$\begin{aligned}
S_{12} &= \int_{x/\sqrt{x^2+y^2+z^2}}^{x/\sqrt{x^2+y^2}} (y/x) x_0 dx_0 = \frac{y}{2x} \left| x_1^2 \right|_{x/\sqrt{x^2+y^2+z^2}}^{x/\sqrt{x^2+y^2}} \\
&= \frac{xy}{2} \left(\frac{1}{x^2+y^2} - \frac{1}{x^2+y^2+z^2} \right)
\end{aligned}
\tag{28}$$

$$\begin{aligned}
S_{23} &= \int_{x/\sqrt{x^2+y^2}}^1 \sqrt{1-x_0^2} dx_0 = \left| \frac{\sin\theta \cos\theta}{2} + \frac{\theta}{2} \right|_{\theta_2}^{\pi/2} \\
&= \frac{\pi}{4} - \frac{xy}{2(x^2+y^2)} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{y} \\
&= \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{y}{x} - \frac{xy}{2(x^2+y^2)} \\
&\quad \begin{cases} x_0 = \sin\theta, & dx_0 = \cos\theta d\theta, & x_0: x/\sqrt{x^2+y^2} \rightarrow 1 \quad \theta: \theta_2 \rightarrow \pi/2 \\ \sin\theta_2 = x/\sqrt{x^2+y^2}, & \cos\theta_2 = y/\sqrt{x^2+y^2}, & \tan\theta_2 = x/y \end{cases}
\end{aligned}
\tag{29}$$

よって、10の点O—④—⑤からなる扇形の面積を y_0 軸方向に $y/\sqrt{y^2+z^2}$ 倍に縮めたものであり、右辺第2項は、点O—②—③からなる扇形の面積である。

$$S = S_{01} + S_{12} + S_{23} = \frac{y}{2\sqrt{y^2+z^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2+z^2}} + \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{y}{x}
\tag{30}$$

と表される。ここで式(30)の右辺第1項は、10の点O—④—⑤からなる扇形の面積を y_0 軸方向に $y/\sqrt{y^2+z^2}$ 倍に縮めたものであり、右辺第2項は、点O—②—③からなる扇形の面積である。

次に、サイドフィンについて考える。任意の点Oから横に x 離れて出が z であるサイドフィンがある場合の天空が x_0y_0 平面に投射する面積(後掲の11において点O—④—①—②—⑤

一点Oで囲まれた面積)は、これまでの検討の x_0 軸と y_0 軸を入れ替えただけで本質的に同じであり、式(30)の x と y を入れ替えることで求まる。

$$S = S_{41} + S_{12} + S_{25} = \frac{x}{2\sqrt{x^2 + z^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + z^2}} + \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{y} \quad \dots\dots\dots(31)$$

次に、オーバーハングとサイドフィンが接合したボックス型について考える。点Oから上方の底までの距離を y 、側方の底(x +側のみ検討)までの距離を x 、底の出を上方側方とも z とすると、ボックス型における x_0y_0 平面への投影図は図11となる。

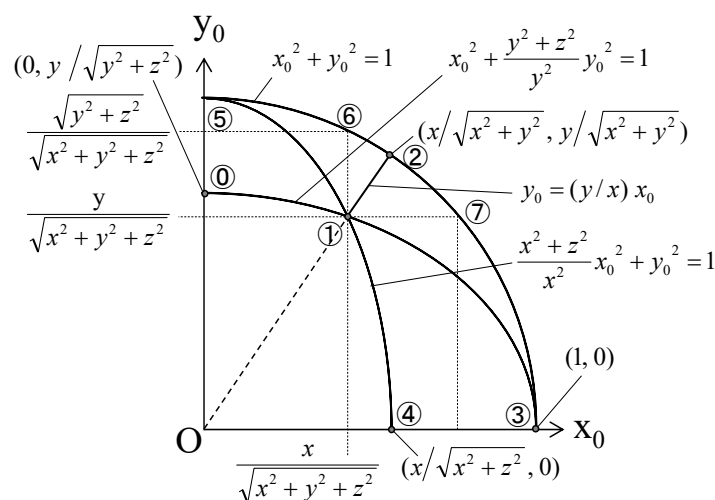


図11 ボックス型における x_0y_0 平面への投影

図11において、天空の投影された面積は、点O—①—④—点Oに囲まれた面積になる。

点O—①—④— x 軸—点Oに囲まれた部分の面積 S_{01} はオーバーハングで求めた式(27)と同じである。残りの①—④— x 軸—①で囲まれた部分の面積 S_{14} は、

$$\begin{aligned}
S_{14} &= \int_{x/\sqrt{x^2+z^2}}^x \sqrt{\frac{x^2+z^2}{x^2+y^2+z^2}} \sqrt{1 - \frac{x^2+z^2}{x^2}} x_0^2 dx_0 = \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \int_{\theta_1}^{\pi/2} (\sqrt{1 - \sin^2 \theta} \cdot \cos \theta) d\theta \\
&= \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \int_{\theta_1}^{\pi/2} \frac{\cos 2\theta + 1}{2} d\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \left| \frac{\sin \theta \cos \theta}{2} + \frac{\theta}{2} \right|_{\theta_1}^{\pi/2} \\
&= \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{y\sqrt{x^2+z^2}}{2(x^2+y^2+z^2)} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2+z^2}}{y} \right) \\
&= \frac{x}{2\sqrt{x^2+z^2}} \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2+z^2}}{y} \right) - \frac{xy}{2(x^2+y^2+z^2)} \\
&= \frac{x}{2\sqrt{x^2+z^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2+z^2}} - \frac{xy}{2(x^2+y^2+z^2)} \\
&\quad \left\{ \begin{array}{l} x_0 = \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \sin \theta, \quad dx_0 = \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \cos \theta d\theta, \\ x_0 : \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} \rightarrow \frac{x}{\sqrt{x^2+z^2}} \quad \theta : \theta_1 \rightarrow \frac{\pi}{2} \\ \sin \theta_1 = \sqrt{x^2+z^2} / \sqrt{x^2+y^2+z^2}, \quad \cos \theta_1 = y / \sqrt{x^2+y^2+z^2}, \\ \tan \theta_1 = \sqrt{x^2+z^2} / y \end{array} \right.
\end{aligned} \tag{32}$$

となるから、点O—①—④—点Oに囲まれた面積 S_1 は、

$$S = S_{01} + S_{14} = \frac{y}{2\sqrt{y^2+z^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2+z^2}} + \frac{x}{2\sqrt{x^2+z^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2+z^2}} \tag{33}$$

と表される。ここで式(33)の右辺第1項は、図11の点O—⑤—⑥からなる扇形の面積を y_0 軸方向に $y / \sqrt{y^2+z^2}$ 倍に縮めたものであり、右辺第2項は、点O—③—⑦からなる扇形の面積を x_0 軸方向に $x / \sqrt{x^2+z^2}$ 倍に縮めたものである。

ここまでの検討では、ボックス型の上方と側方の出 z を同じ値として検討を行ってきたが、式(33)の考察から、上方と側方の出は異なる値であっても構わないことが分かる。上方の出を z_y 、側方の出を z_x とすると、式(33)は式(33')と書くことができる。

$$S' = \frac{y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2+z_y^2}} + \frac{x}{2\sqrt{x^2+z_x^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2+z_x^2}} \tag{33'}$$

式(33')は、側方の出をなしとする($z_x=0$)と式(30)と一致する。また、上方の出をなしとする($z_y=0$)と式(31)と一致することから、式(33')は、オーバーハング、サイドフィン、ボックス型のすべてにおいて、任意の点Oから天空を臨む形態係数を求める際の x_0y_0 平面上の面積

S' を求める式となっていると言える。

ただし、ボックス型で $z_y > z_x$ かつ上方の底が「ボックス」より外に延長されている場合、もしくは、 $z_x > z_y$ かつ側方の底が「ボックス」より上に延長されている場合には、「ボックス」の外に位置する底により一部の天空が遮られる状況が生じ、天空の占める面積が式(33')で算出した値より小さくなる。しかし、「ボックス」の外底による天空の遮蔽は影響が限定的であること、その影響を考慮すると以後の積分式が非常に複雑になることから、ここでは対象としないこととしている(5.1における「なお、ボックス型日よけの「隅」の部分における寸法の制約として、 $z_{y+} > 0$ かつ $z_x > 0$ の時には $x_{ly+} \leq x_1$ 、 $y_{lx-} \leq y_1$ 、 $z_{y+} > 0$ かつ $z_{x+} > 0$ の時には $x_{3y+} \leq x_3$ 、 $y_{lx+} \leq y_1$ 、 $z_y > 0$ かつ $z_x > 0$ の時には $x_{ly-} \leq x_1$ 、 $y_{3x-} \leq y_3$ 、 $z_y > 0$ かつ $z_{x+} > 0$ の時には $x_{3y-} \leq x_3$ 、 $y_{3x-} \leq y_3$ とする」の記述が、ここでの制約に対応している)。

次に、オーバーハングとサイドフィンが接合しないボックス型について考える。その場合、オーバーハングとサイドフィンが接合したボックス型について示した図11における①—②の接合部を表す線分をオーバーハングとサイドフィンが「共有しない」ことで表すことができる(図12)。

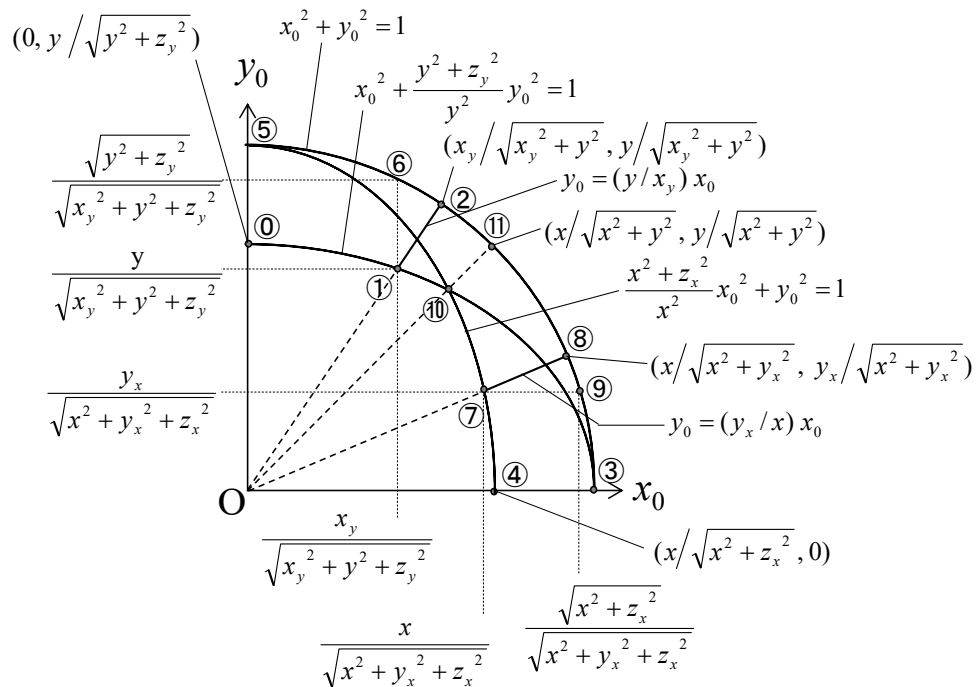


図12 「隅が接合しない」ボックス型における x_1y_1 平面への投射

y 離れたオーバーハングの $x+$ 方向の幅を $x_y (< x)$ 、出を z_y 、 x 離れたサイドフィンの $y+$ 方向の幅を $y_x (< y)$ 、出を z_x とすると、点Oから天空を臨む形態係数は図12の点O—①—②—⑪—⑧—⑦—④—点Oで囲まれた面積 S'' を π で除した値となる。面積 S'' は式(33')で算定される。

$$S'' = \frac{y}{2\sqrt{y^2 + z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_y}{\sqrt{y^2 + z_y^2}} + \frac{x}{2\sqrt{x^2 + z_x^2}} \tan^{-1} \frac{y_x}{\sqrt{x^2 + z_x^2}} \\ + \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{y} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x_y}{y} + \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{y}{x} - \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{y_x} \quad \dots\dots\dots(33'')$$

ここで式(33'')の右辺第1項は、図12の点O—⑤—⑥からなる扇形の面積を y_0 軸方向に $y/\sqrt{y^2 + z_y^2}$ 倍に縮めたものであり、右辺第2項は、点O—③—⑨からなる扇形の面積を x_0 軸方向に $x/\sqrt{x^2 + z_x^2}$ 倍に縮めたものである。また、右辺第3項、第4項で点O—②—⑪からなる扇形の、右辺第5項、第6項で点O—⑧—⑪からなる扇形の面積である。オーバーハングとサイドフィンが接合する $x=x_y$ 、 $y=y_x$ の場合には点②と点⑧が一致することとなり、右辺第3項以下が0で式(33')と同一となる。従って、式(33'')は式(33')を包含する式と位置づけられる。

以上で、壁面上の任意の点Oから天空を臨む形態係数を求める際の x_0y_0 平面上の面積 S'' が整理された。続けて、窓面全体からの天空を臨む形態係数を求めるために、式(33'')の積分を検討する。

式(33'')の上方底に対応した右辺第1項を (x_a, y_a) 、 (x_a, y_b) 、 (x_b, y_a) 、 (x_b, y_b) で囲まれた四角形($x_a < x_b$ 、 $y_a < y_b$ とする。ただし、これらの座標は図9における xy 平面上の点②からの x 方向(左側に x が大)および y 方向の長さ(下方向に y が大)であることに注意)について積分すると式(34)が得られる(式(34)の導出過程は図13を参照)。この式(34)がすなわち式(23)で表された関数 $f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ である(式(34)の z_y が式(23)の z_a に対応する)。

$$\int_{y_a}^{y_b} \int_{x_a}^{x_b} \frac{y}{2\sqrt{y^2 + z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_y}{\sqrt{y^2 + z_y^2}} dx_y dy \\ = \frac{x_b \sqrt{y_b^2 + z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_b^2 + z_y^2}} - \frac{x_b \sqrt{y_a^2 + z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_a^2 + z_y^2}} \\ - \frac{x_a \sqrt{y_b^2 + z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_b^2 + z_y^2}} + \frac{x_a \sqrt{y_a^2 + z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_a^2 + z_y^2}} \\ + \frac{x_b^2 - y_b^2 - z_y^2}{8} \log(x_b^2 + y_b^2 + z_y^2) - \frac{x_b^2 - y_a^2 - z_y^2}{8} \log(x_b^2 + y_a^2 + z_y^2) \\ - \frac{x_a^2 - y_b^2 - z_y^2}{8} \log(x_a^2 + y_b^2 + z_y^2) + \frac{x_a^2 - y_a^2 - z_y^2}{8} \log(x_a^2 + y_a^2 + z_y^2) \quad \dots\dots\dots(34)$$

式(33')の側方底に対応した右辺第2項は、右辺第1項の y を x に、 x_y を y_x に、 z_y を z_x に入れ替えた式であることから、右辺第2項を (x_a, y_a) 、 (x_a, y_b) 、 (x_b, y_a) 、 (x_b, y_b) で囲まれた四角形につい

て積分した式も同様に、式(34)の x_a と y_a を、 x_b と y_b を、 z_y を z_x に入れ替えた式として得ることができる(表記省略)。

式(33')の右边第3項を (x_a, y_a) 、 (x_a, y_b) 、 (x_b, y_a) 、 (x_b, y_b) で囲まれた四角形について積分した式は、式(34)において、 $z_y=0$ とし、 x_y を x とすることで定まる。式(33')の右边第4項以降の積分式も同様に求まる。

以上の検討を、図9のx軸の向きを反転させて考えれば、「点Oより左側」の日よけの検討がされたことになる。

図2で定義されている窓及び日よけの寸法を用いて考えると、式(23)の関数 $f_A(x_a, x_b, y_a, y_b, z_a)$ に、

- 1) オーバーハングがx+側で影響する部分： $x_a=x_{3y+}$ 、 $x_b=x_{3y+}+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=z_{y+}$
- 2) x+側のサイドフィンが影響する部分： $x_a=y_{1x+}$ 、 $x_b=y_{1x+}+y_2$ 、 $y_a=x_3$ 、 $y_b=x_3+x_2$ 、 $z_a=z_{x+}$
- 3) オーバーハングがx-側で影響する部分： $x_a=x_{1y+}$ 、 $x_b=x_{1y+}+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=z_{y+}$
- 4) x-側のサイドフィンが影響する部分： $x_a=y_{1x-}$ 、 $x_b=y_{1x-}+y_2$ 、 $y_a=x_1$ 、 $y_b=x_1+x_2$ 、 $z_a=z_{x-}$

を代入して和をとり、さらに、オーバーハングとサイドフィンが接合しない場合の隙間にあたる部分のうち、

- 5) x+y+隅角部の上側①： $x_a=x_3$ 、 $x_b=x_3+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=0$
- 6) x+y+隅角部の側面側①： $x_a=y_1$ 、 $x_b=y_1+y_2$ 、 $y_a=x_3$ 、 $y_b=x_3+x_2$ 、 $z_a=0_+$
- 7) x-y+隅角部の上側①： $x_a=x_1$ 、 $x_b=x_1+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=0_+$
- 8) x-y+隅角部の側面側①： $x_a=y_1$ 、 $x_b=y_1+y_2$ 、 $y_a=x_1$ 、 $y_b=x_1+x_2$ 、 $z_a=0$

を代入して加算し、

- 9) x+y+隅角部の上側②： $x_a=x_{3y+}$ 、 $x_b=x_{3y+}+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=0$
- 10) x+y+隅角部の側面側②： $x_a=y_{1x+}$ 、 $x_b=y_{1x+}+y_2$ 、 $y_a=x_3$ 、 $y_b=x_3+x_2$ 、 $z_a=0_+$
- 11) x-y+隅角部の上側②： $x_a=x_{1y+}$ 、 $x_b=x_{1y+}+x_2$ 、 $y_a=y_1$ 、 $y_b=y_1+y_2$ 、 $z_a=0_+$
- 12) x-y+隅角部の側面側②： $x_a=y_{1x-}$ 、 $x_b=y_{1x-}+y_2$ 、 $y_a=x_1$ 、 $y_b=x_1+x_2$ 、 $z_a=0$

を代入して減じることで、幅 x_2 、高さ y_2 の窓から臨む天空を x_0y_0 平面上に投射した面積の積分値 $S_{x_2y_2}$ を得ることができる。これを窓の面積 x_2y_2 、 x_0y_0 平面上の半径1の円の面積 π で除することで、窓等jから天空を臨む平均形態係数 $\phi_{j,y+}$ が得られる(式(22))。

また、地面を臨む平均形態係数 $\phi_{j,y-}$ も水平面下で考えれば同様に得られる(式(25))。

$$\begin{aligned}
& \int_{y_a}^{y_b} \frac{y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_y}{\sqrt{y^2+z_y^2}} dx_y dy \\
& \left\{ k = x_y / \sqrt{y^2+z_y^2}, \quad dk = dx_y / \sqrt{y^2+z_y^2}, \quad x_y : x_a \rightarrow x_b \mid k : x_a / \sqrt{y^2+z_y^2} \rightarrow x_b / \sqrt{y^2+z_y^2} \right. \\
& = \int_{y_a}^{y_b} \int_{x_a / \sqrt{y^2+z_y^2}}^{x_b / \sqrt{y^2+z_y^2}} \frac{y}{2} \tan^{-1} k dk dy \\
& = \int_{y_a}^{y_b} \left\{ \frac{y}{2} \left[k \tan^{-1} k - \frac{1}{2} \log(1+k^2) \right]_{x_a / \sqrt{y^2+z_y^2}}^{x_b / \sqrt{y^2+z_y^2}} \right\} dy \\
& = \int_{y_a}^{y_b} \left\{ \frac{x_b y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y^2+z_y^2}} - \frac{x_a y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y^2+z_y^2}} \right. \\
& \quad \left. - \frac{y}{4} \log(x_b^2 + y^2 + z_y^2) + \frac{y}{4} \log(x_a^2 + y^2 + z_y^2) \right\} dy \\
& \text{第1項: } \int_{y_a}^{y_b} \frac{x_b y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y^2+z_y^2}} dy = \int_{y_a}^{y_b} \frac{x_b y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{\sqrt{y^2+z_y^2}}{x_b} \right) dy \\
& \quad \left\{ k = \sqrt{y^2+z_y^2} / x_b, \quad x_b dk = y dy / \sqrt{y^2+z_y^2}, \right. \\
& \quad \left. y : y_a \rightarrow y_b \mid k : \sqrt{y_a^2+z_y^2} / x_b \rightarrow \sqrt{y_b^2+z_y^2} / x_b \right. \\
& = \int_{\sqrt{y_a^2+z_y^2}/x_b}^{\sqrt{y_b^2+z_y^2}/x_b} \frac{x_b^2}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} k \right) dk = \frac{x_b^2}{2} \left[k \left(\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} k \right) + \frac{1}{2} \log(1+k^2) \right]_{\sqrt{y_a^2+z_y^2}/x_b}^{\sqrt{y_b^2+z_y^2}/x_b} \\
& = \frac{x_b^2}{2} \left[k \tan^{-1} \frac{1}{k} + \frac{1}{2} \log(1+k^2) \right]_{\sqrt{y_a^2+z_y^2}/x_b}^{\sqrt{y_b^2+z_y^2}/x_b} \\
& = \frac{x_b \sqrt{y_b^2+z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_b^2+z_y^2}} - \frac{x_b \sqrt{y_a^2+z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_b}{\sqrt{y_a^2+z_y^2}} \\
& \quad + \frac{x_b^2}{4} \log(x_b^2 + y_b^2 + z_y^2) - \frac{x_b^2}{4} \log(x_b^2 + y_a^2 + z_y^2) \\
& \text{第2項: } - \int_{y_a}^{y_b} \frac{x_a y}{2\sqrt{y^2+z_y^2}} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y^2+z_y^2}} dy \\
& = - \frac{x_a \sqrt{y_b^2+z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_b^2+z_y^2}} + \frac{x_a \sqrt{y_a^2+z_y^2}}{2} \tan^{-1} \frac{x_a}{\sqrt{y_a^2+z_y^2}} \\
& \quad - \frac{x_a^2}{4} \log(x_a^2 + y_b^2 + z_y^2) + \frac{x_a^2}{4} \log(x_a^2 + y_a^2 + z_y^2) \\
& \text{第3項: } - \int_{y_a}^{y_b} \frac{y}{4} \log(x_b^2 + y^2 + z_y^2) dy \\
& \quad \left\{ k = x_b^2 + y^2 + z_y^2, \quad (1/2)dk = y dy, \right. \\
& \quad \left. y : y_a \rightarrow y_b \mid k : x_b^2 + y_a^2 + z_y^2 \rightarrow x_b^2 + y_b^2 + z_y^2 \right. \\
& = - \frac{1}{8} \int_{x_b^2+y_a^2+z_y^2}^{x_b^2+y_b^2+z_y^2} \log k dk = - \frac{1}{8} \left[k \log k - k \right]_{x_b^2+y_a^2+z_y^2}^{x_b^2+y_b^2+z_y^2} \\
& = - \frac{x_b^2 + y_b^2 + z_y^2}{8} \log(x_b^2 + y_b^2 + z_y^2) + \frac{x_b^2 + y_a^2 + z_y^2}{8} \log(x_b^2 + y_a^2 + z_y^2) + \frac{y_b^2 - y_a^2}{8} \\
& \text{第4項: } \int_{y_a}^{y_b} \frac{y}{4} \log(x_a^2 + y^2 + z_y^2) dy \\
& = \frac{x_a^2 + y_b^2 + z_y^2}{8} \log(x_a^2 + y_b^2 + z_y^2) - \frac{x_a^2 + y_a^2 + z_y^2}{8} \log(x_a^2 + y_a^2 + z_y^2) - \frac{y_b^2 - y_a^2}{8}
\end{aligned}$$

図13 式(34)の導出過程

8. 参考文献

- ・西澤繁毅, 宮田征門, 赤嶺嘉彦, 澤地孝男: 改正建築省エネルギー基準に対応した日よけ効果係数算出ツールの開発, 日本建築学会技術報告集第21巻第49号, pp.1111-1116, 2015年10月