

E15住宅における日射熱の遮蔽・利用に関する 地域性を活かした技術の評価手法の検討

一般財団法人 建材試験センター
共同研究：国立研究開発法人 建築研究所

事業の目的と概要

背景

現行の省エネ基準等において、住宅の外皮性能は断熱技術を中心に検討されてきた。このため、日射遮蔽部材、窓の付属部材、緑化など、日射熱を遮蔽あるいは利用する技術、特に蒸暑地域で用いられる技術は、適切に評価されているとはいえない。

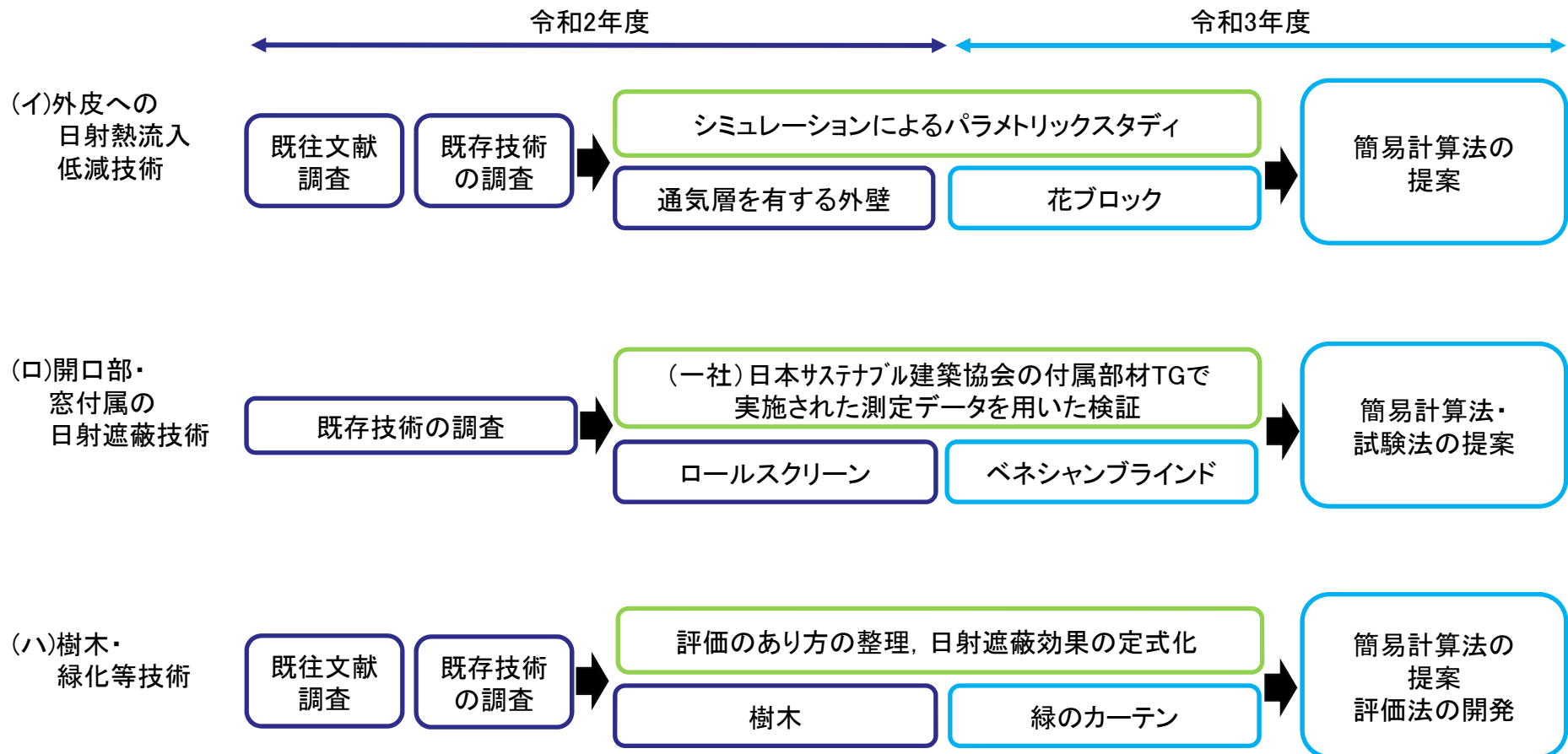
目的

現在、評価対象となっていない、あるいは、評価方法として必ずしも十分とはいえない技術について、各種検討を行い、新たな評価手法・指標などを検討・提案する。

概要

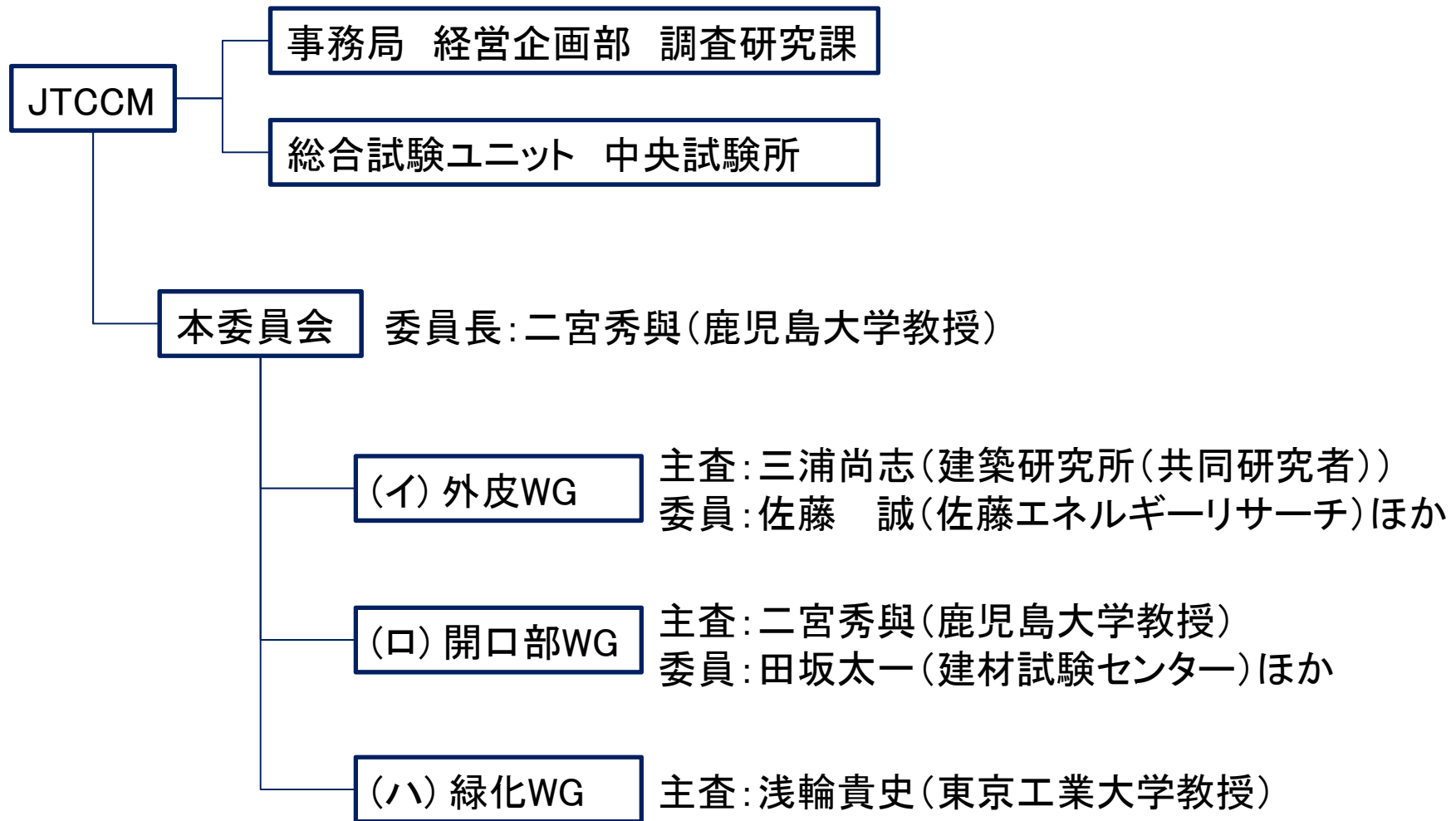
適切に評価がなされていない技術のうち、
(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に外皮への日射熱の流入を低減させる技術
(ロ) 開口部において窓に付属させて日射を遮蔽する技術
(ハ) 樹木や緑化等の技術
について、関連技術等の調査・各種実験・数値解析等を行い、評価方法を検討する。

事業のフロー

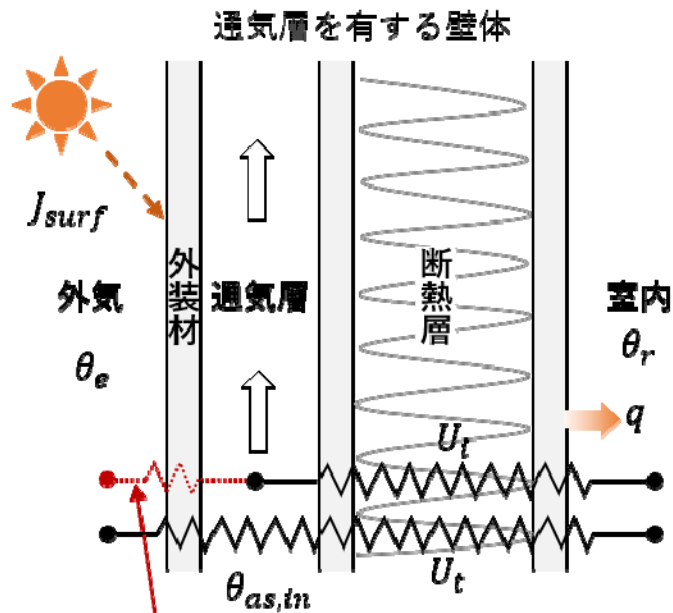


事業の実施体制

国立研究開発法人建築研究所と共同研究により、以下の体制で実施。



(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 通気層を有する壁体等の評価方法の現状と検討フロー



現行省エネルギー基準での未評価部分

- J_{surf} : 外気側表面に入射する日射量 (W/m²)
- θ_e : 外気温度 (°C)
- θ_r : 室内温度 (°C)
- $\theta_{as,in}$: 通気層の入口の空気温度 (°C)
- U_i : 室内側表面から通気層までの熱貫流率 (W/(m²・K))
- U_t : 通気層を有する壁体の総合熱貫流率 (W/(m²・K))
- q : 室内表面熱流 (W/m²)

通気層を有する壁体の熱的性能の簡易評価法検討フロー

(1) 精緻な計算プログラムの作成

通気層を有する壁体の熱的性能を精緻に計算するプログラムを作成

(2) パラメトリックスタディの実施

精緻な計算プログラムを用いたパラメトリックスタディにより、精緻な計算方法をモデル化する手法を検討

(3) モデル化による簡易な計算方法の作成

精緻な計算方法のモデル化により、簡易な計算方法を作成

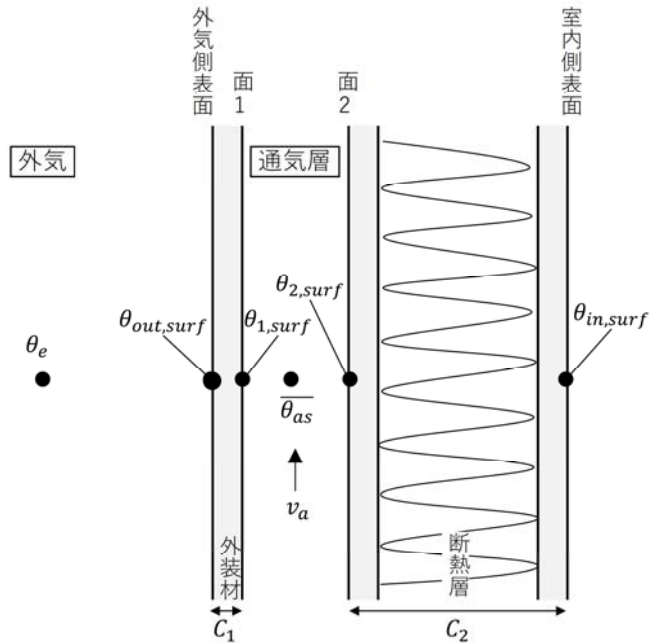
簡易計算法のイメージ

壁体からの熱流を貫流分と日射分に分けて評価する

$$q = \underbrace{a \times U_t \times (\theta_e - \theta_r)}_{\text{貫流分}} + \underbrace{b \times U_t \times J_{surf}}_{\text{日射分}} + c \times U_i \times (\theta_{as,in} - \theta_r)$$

(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 精密な計算プログラムの作成

通気層を有する壁体の模式図



$$\begin{bmatrix} h_o + C_1 & -C_1 & 0 & 0 & 0 \\ C_1 & -(h_{cv} + h_{rv} + C_1) & h_{rv} & 0 & h_{cv} \\ 0 & h_{rv} & -(h_{cv} + h_{rv} + C_2) & C_2 & h_{cv} \\ 0 & 0 & C_2 & -(h_i + C_2) & 0 \\ 0 & \frac{1 + \frac{1}{l_h} \times \frac{1}{\beta} \times (e^{-\beta \times l_h} - 1)}{2} & \frac{1 + \frac{1}{l_h} \times \frac{1}{\beta} \times (e^{-\beta \times l_h} - 1)}{2} & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} \theta_{out,surf} \\ \theta_{1,surf} \\ \theta_{2,surf} \\ \theta_{in,surf} \\ \frac{\theta}{\theta_{as}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_o \times \theta_{SAT} \\ 0 \\ 0 \\ -h_i \times \theta_r \\ \frac{1}{l_h} \times \frac{1}{\beta} \times (e^{-\beta \times l_h} - 1) \times \theta_{as,in} \end{bmatrix}$$

$$\theta_{SAT} = \theta_e + \frac{a_{out,surf} \times J_{surf} - \varphi \times \varepsilon_{out,surf} \times J_N}{h_o}$$

$$\beta = \frac{2 \times h_{cv} \times l_w}{C_a \times \rho_a \times V_{vent}}$$

$$V_{vent} = v_a \times l_d \times l_w$$

- h_o : 外気側総合熱伝達率[W/(m²·K)]
- h_i : 室内側総合熱伝達率[W/(m²·K)]
- h_{cv} : 通気層内の対流熱伝達率[W/(m²·K)]
- h_{rv} : 通気層内の放射熱伝達率[W/(m²·K)]
- l_h : 通気層の長さ(m)
- C_1 : 外装材の熱コンダクタンス[W/(m²·K)]
- C_2 : 断熱層の熱コンダクタンス[W/(m²·K)]
- θ_e : 外気温度(°C)
- θ_{SAT} : SAT温度(°C)
- θ_r : 室内温度(°C)
- $\theta_{out,surf}$: 外装材室外側表面温度(°C)
- $\theta_{1,surf}$: 面1の表面温度(°C)
- θ_{as} : 通気層平均温度(°C)
- $\theta_{2,surf}$: 面2の表面温度(°C)
- $\theta_{in,surf}$: 内装材室内側表面温度(°C)
- v_a : 通気層の風速(m/s)
- V_{vent} : 通気層の換気量(m³/h)
- $a_{out,surf}$: 外装材外側の日射吸収率(-)
- $\varepsilon_{out,surf}$: 外装材外側の放射率(-)
- J_{surf} : 日射量(W/m²)
- J_N : 夜間放射量(W/m²)
- l_h : 通気層の高さ(m)
- l_d : 通気層の長さ(m)
- l_w : 通気層の幅(m)

既往の研究を参考に、各面における熱収支式を整理し、各部の温度 θ を精密に求める計算プログラムを作成。

ただし、通気層の対流・放射熱伝達率は通気層内の表面温度に依存するため、通気層各面の温度を収束計算で解く必要があり、計算は煩雑。

(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 パラメトリックスタディとパラメータの固定化の検討

通気層を有する壁体の熱的性能に影響する要因

(1) 気象条件

- 外気温度: 夏期25, 30, 35°C, 冬期-10, 0, 10°C
- 室内温度: 夏期27°C, 冬期20°C
- 日射量: 0, 500, 1000W/m²

(2) 外装材の物性値

- 外装材の日射吸収率: 0, 0.5, 1.0
- 外装材の熱コンダクタンス: 0.5, 50.25, 100W/(m²·K)

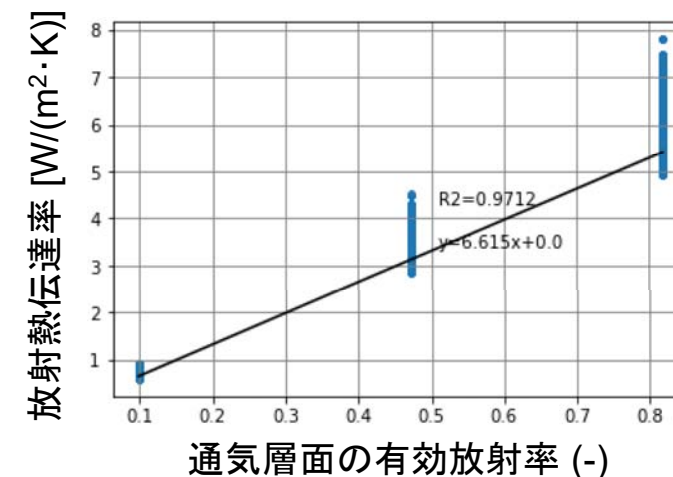
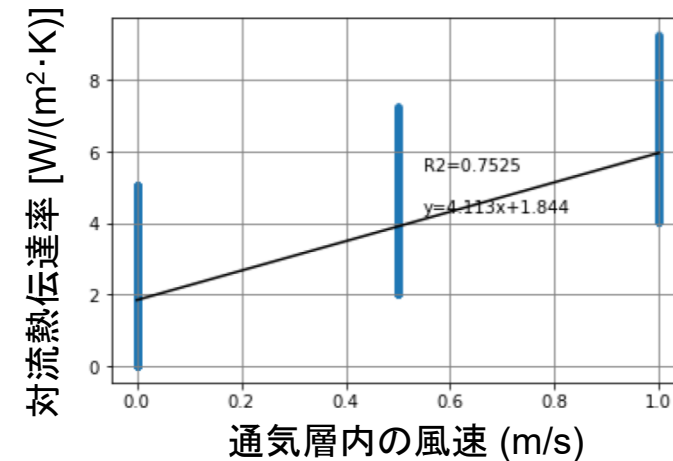
(3) 断熱層の物性値

- 断熱層の熱コンダクタンス: 0.1, 2.55, 5.0W/(m²·K)

(4) 通気層の仕様

- 通気層の長さ: 3.0, 7.5, 12.0m
- 通気層の幅: 0.05, 5.025, 10.0m
- 通気層の厚さ: 0.05, 0.175, 0.3m
- 通気層の傾斜角: 0, 45, 90°
- ☑ 通気層の平均風速: 0, 0.5, 1.0m/s
- 通気層に面する面1の放射率: 0.9
- ☑ 通気層に面する面2の放射率: 0.1, 0.5, 0.9

夏期条件



パラメトリックスタディの結果を要因毎に線形回帰分析し、通気層内の対流熱伝達率には**通気層内の風速**が、通気層内の放射熱伝達率には**通気層面の放射率**が最も影響することを確認

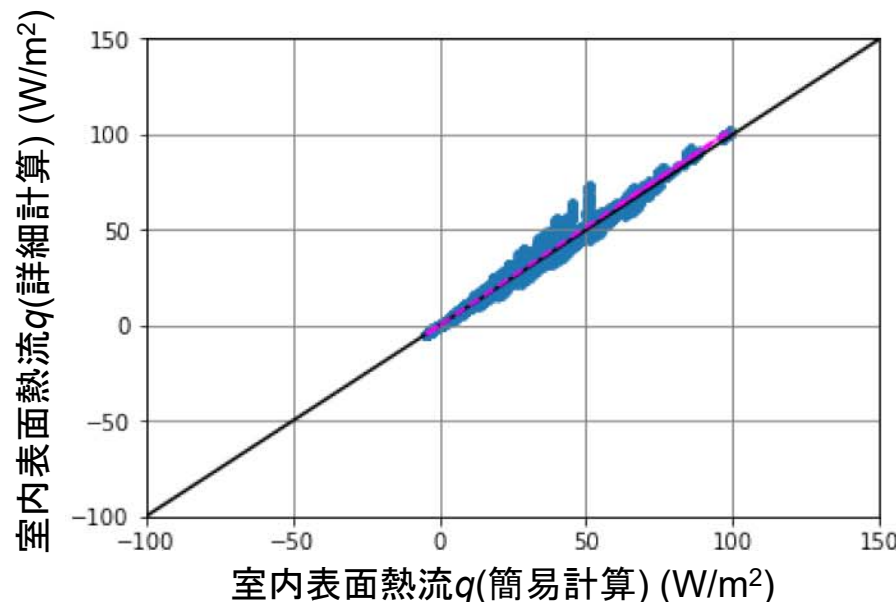
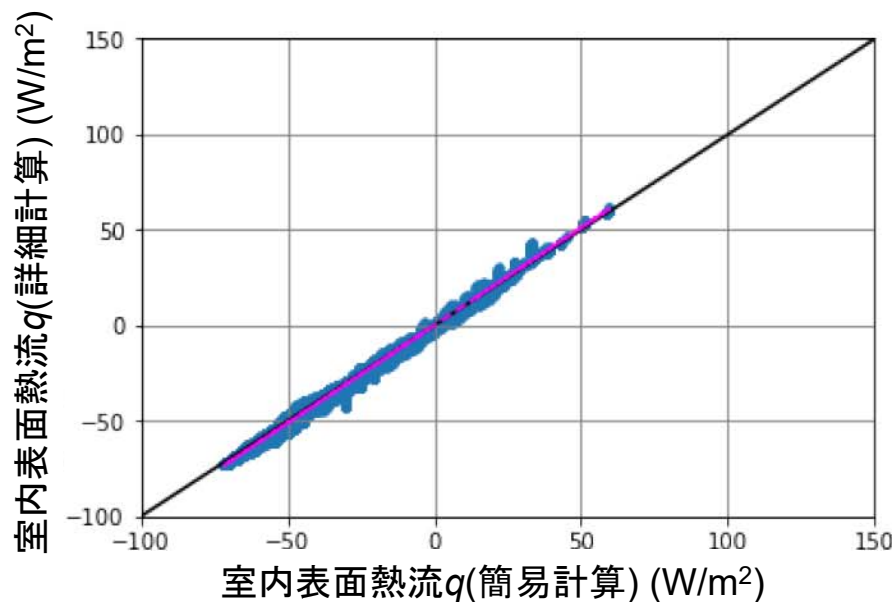
(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 通気層の対流熱伝達率の固定化の検討

冬期条件

通気層の平均風速	通気層の対流熱伝達率 (暫定値)
0.0m/s	2.30W/(m ² ·K)
0.5m/s	4.34W/(m ² ·K)
1.0m/s	6.38W/(m ² ·K)

夏期条件

通気層の平均風速	通気層の対流熱伝達率 (暫定値)
0.0m/s	1.84W/(m ² ·K)
0.5m/s	3.90W/(m ² ·K)
1.0m/s	5.95W/(m ² ·K)



室内表面熱流は、夏期条件では簡易計算の方がやや小さくなる場合があるが、**詳細計算と概ね一致**することを確認。

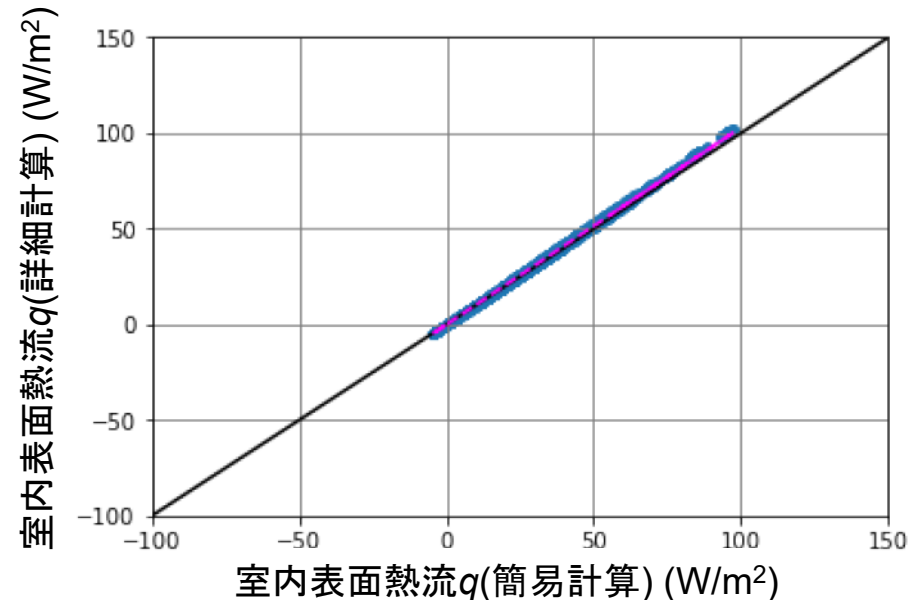
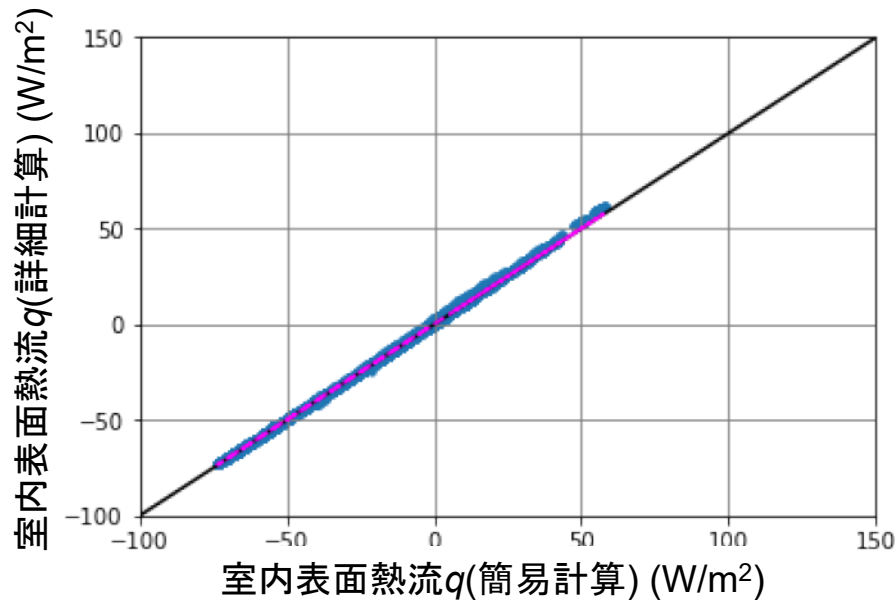
(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 通気層の放射熱伝達率の固定化の検討

冬期条件

通気層の平均風速	通気層の放射熱伝達率 (暫定値)
0.0m/s	0.51W/(m ² ·K)
0.5m/s	2.53W/(m ² ·K)
1.0m/s	4.55W/(m ² ·K)

夏期条件

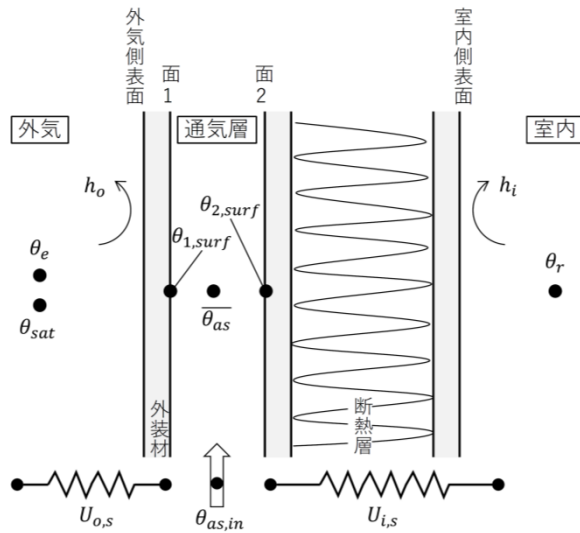
通気層の平均風速	通気層の放射熱伝達率 (暫定値)
0.0m/s	0.66W/(m ² ·K)
0.5m/s	3.31W/(m ² ·K)
1.0m/s	5.95W/(m ² ·K)



室内表面熱流は、冬期・夏期ともに簡易計算と詳細計算で概ね一致することを確認。

(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 簡易計算法の検討

簡易計算法案①



$$q = U_{31}^{-1} \times U_{i,s} \times U_{o,s} \times (\theta_e - \theta_r) + U_{31}^{-1} \times U_{i,s} \times U_{o,s} \times \frac{a_{out,surf}}{h_o} \times J_{surf} + U_{32}^{-1} \times U_{i,s} \times \varepsilon_s \times (\theta_{as,in} - \theta_r)$$

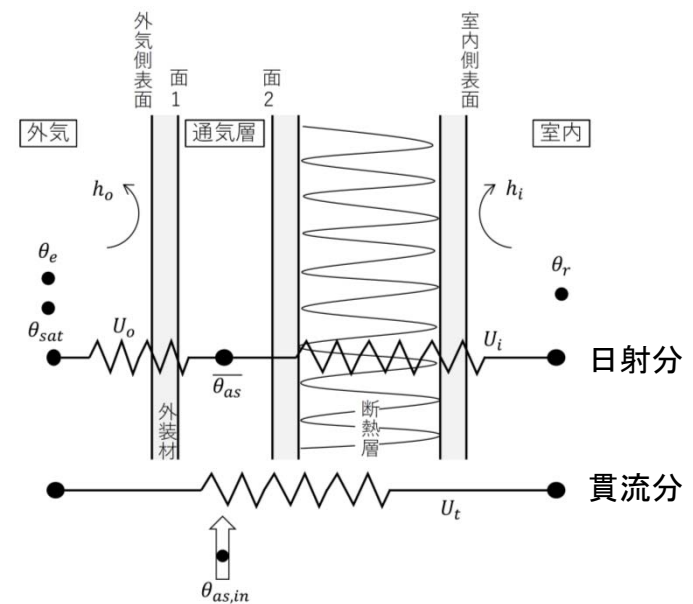
$$U_{31}^{-1} = -\frac{1}{Det} \times \left\{ \left(\frac{1 + \varepsilon_s}{2} \right) \times h_{cv} + h_{rv} \right\}$$

$$U_{32}^{-1} = \frac{1}{Det} \times \{ (U_{o,s} + h_{cv} + h_{rv}) \times h_{cv} + h_{rv} \times h_{cv} \}$$

$$Det = -(U_{o,s} + h_{cv} + h_{rv}) \times (U_{i,s} + h_{cv} + h_{rv}) + h_{cv} \times h_{rv} \times (1 + \varepsilon_s) + h_{rv}^2 + h_{cv} \times \left(\frac{1 + \varepsilon_s}{2} \right) \times \{ U_{i,s} + U_{o,s} + 2 \times (h_{cv} + h_{rv}) \}$$

通気層内の対流・放射熱伝達率を固定値とし簡略化した行列式により各部の温度を求め、室内表面熱流を計算。収束計算が不要。

簡易計算法案②



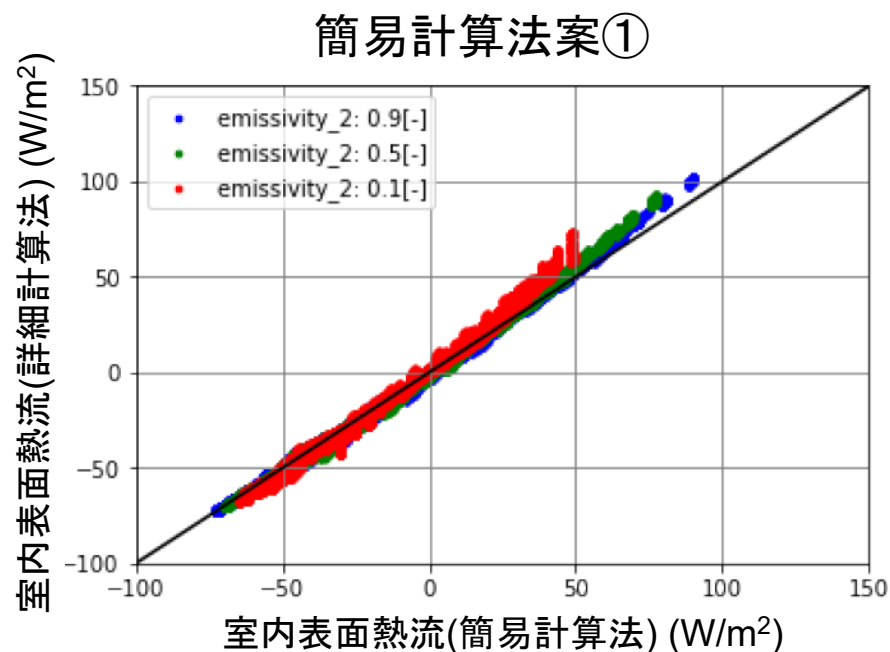
貫流分 日射分

$$q = U_t \times X \times (\theta_e - \theta_r) + U_t \times X \times \frac{a_{out,surf}}{h_o} \times J_{surf} + \frac{U_t}{k_o} \times (1 - X) \times (\theta_{as,in} - \theta_r)$$

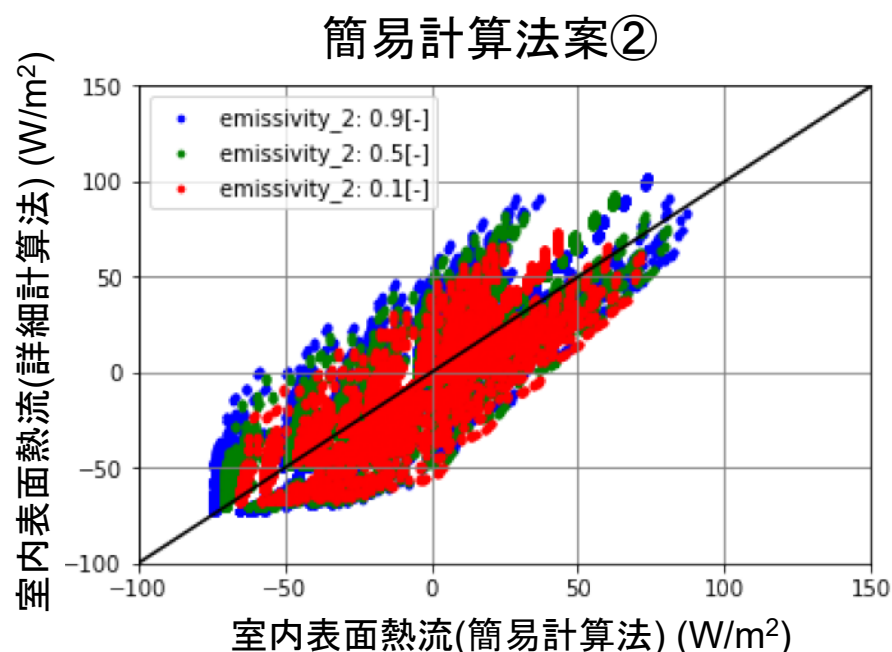
$$X = 1 - \frac{\varepsilon}{W_h \times l_h}$$

貫流分と日射取得分に分離する方法。通気層内の放射伝熱がないことを前提。

(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 簡易計算法の計算精度の検証



室内表面熱流は、放射率が小さいときに簡易計算の方がやや小さくなる場合があるが概ね精度よく計算できることを確認。



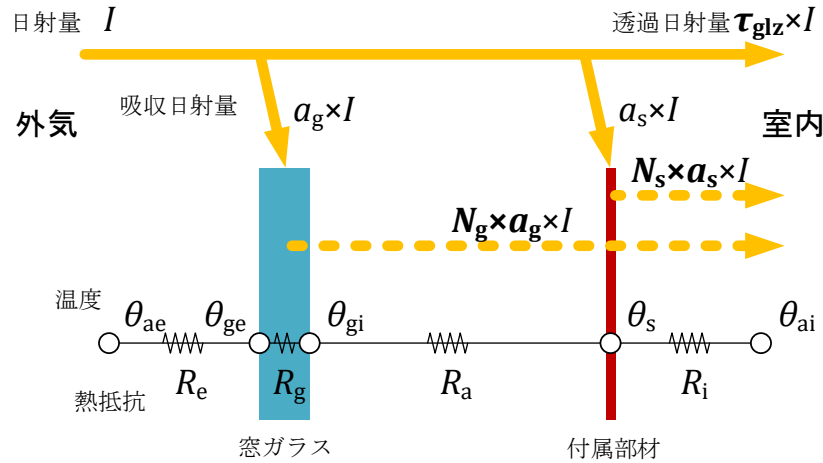
ばらつきが大きく、計算精度はさほど高くないことを確認。

(イ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 令和2年度の成果

- (1) 既往の研究を参考にし、通気層を有する壁体等の断熱および日射遮蔽効果を精緻に計算できるプログラムを作成した。また、既往の研究等を比較し、作成した計算プログラムに大きな差異がないことを確認した。
- (2) パラメトリックスタディを実施し、通気層の熱的性能を検証するにあたって与える各要因の具体的な数値について検討を行った。
- (3) 精緻な計算を実施するにあたって、より簡易な計算法を確立するため、通気層の対流熱伝達率及び通気層の放射熱伝達率を固定する方法について検討した。どちらの値も固定化しても大きな影響がないことを確認した。
- (4) 上記の検討結果を踏まえ、2つの簡易計算法を提案した。簡易計算法①は、計算式が複雑となるが、概ね精度良く計算することができる。簡易計算法②は、計算式を貫流分と日射分に分離でき、現行の省エネルギー基準への適用が容易になるが、計算精度はやや低いことがわかった。

(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 付属部材を有する窓の評価法の現状と検討フロー

付属部材を有する窓の η_{glz} の評価法の現状



$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + N_g \cdot \alpha_g + N_s \cdot \alpha_s$$

透過分 室内への再放出分

中空層の熱抵抗(日射がないときの値)

$$N_g = R_e / (R_e + R_g + R_a + R_i)$$

$$N_s = (R_e + R_g + R_a) / (R_e + R_g + R_a + R_i)$$

$N_s = 1$ (付属部材が吸収した日射熱はすべて室内に)

付属部材を有する窓の η_{glz} の評価法の検討フロー

(1) 熱平衡モデルの検討

- ・付属部材を有する窓の日射遮蔽効果を現行の方法よりも正確に計算できるモデル式を作成

(2) 測定および解析の実施

- ・モデル式の妥当性の検討
- ・各部の熱伝達率の同定

(3) 熱伝達率の定式化による簡易な計算法の作成

- ・解析データをもとに、各種熱伝達率の定式化等を検討

新たな日射熱取得率 η_{glz} の計算式のイメージ

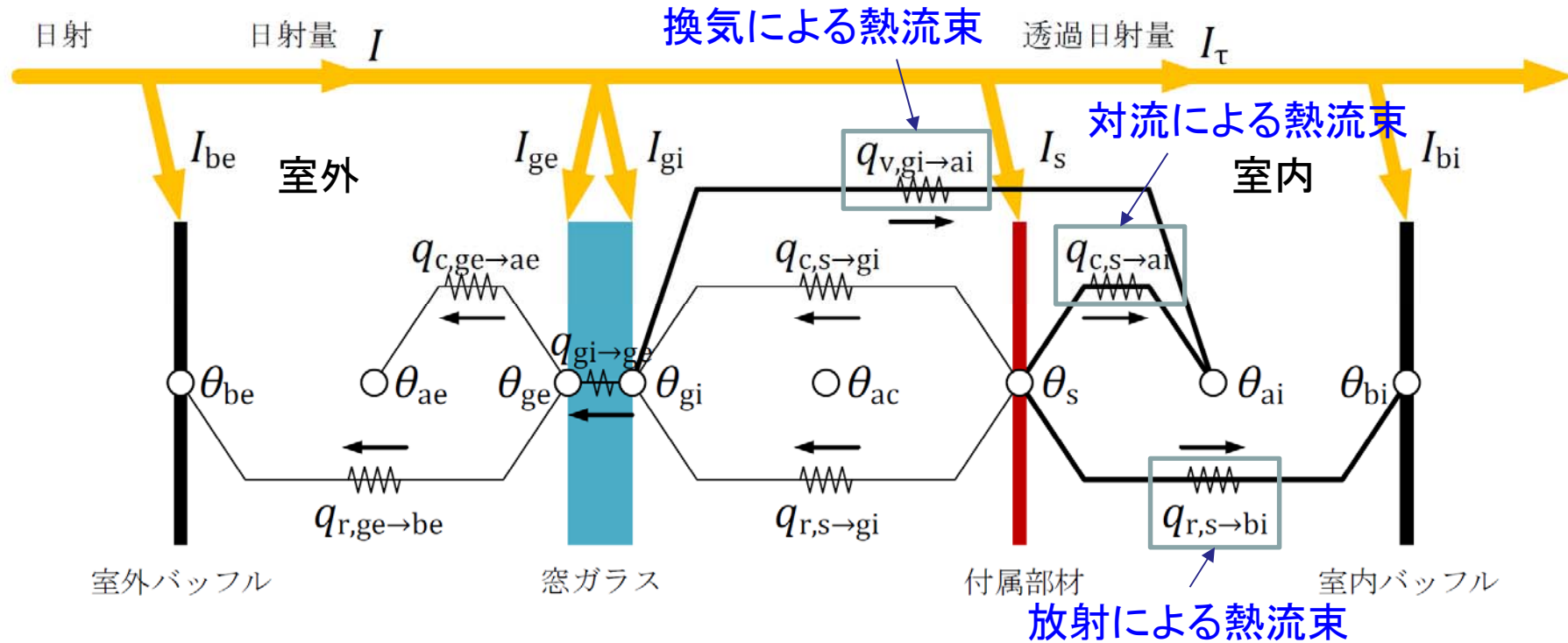
付属部材内外への換気による熱移動 q_v を加味した熱平衡式を解くことにより評価

$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + \frac{q_{c,s \rightarrow ai} + q_{r,s \rightarrow bi} + q_{v,gi \rightarrow ai}}{I}$$

対流分 放射分 換気分

透過分 室内への再放出分

(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 熱平衡モデルの検討



$$\eta_{glz} = \tau_{glz} + \frac{q_{c,s \rightarrow ai} + q_{r,s \rightarrow bi} + q_{v,gi \rightarrow ai}}{I}$$

$$q_{c,s \rightarrow ai} = h_{ci}(\theta_s - \theta_{ai}), \quad q_{r,s \rightarrow bi} = h_{ri}(\theta_s - \theta_{bi}), \quad q_{v,gi \rightarrow ai} = h_v(\theta_{gi} - \theta_{ai})$$

日射熱取得に寄与するそれぞれの熱伝達率 h の定式化等ができれば、
さまざまな熱・光学的性能を有する窓ガラスとの組み合わせでの日射熱取得率を評価できる。

(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析－JIS A 1493による既往の測定事例

○試験体

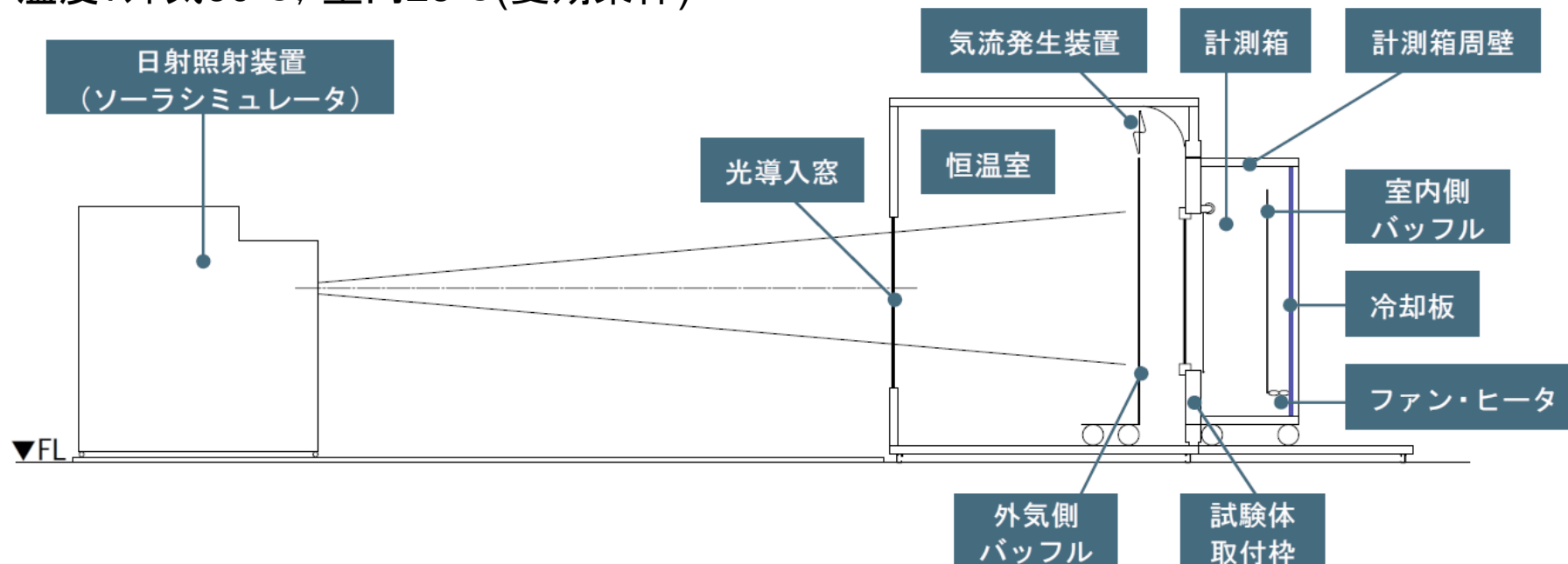
- －窓ガラス:透明アクリル板(厚さ10mm)
- －付属部材:内付けロールスクリーン(ホワイト, セピア)

○測定条件

- －照射日射:0, 400, 600, 800W/m²
- －温度:外気30°C, 室内25°C(夏期条件)

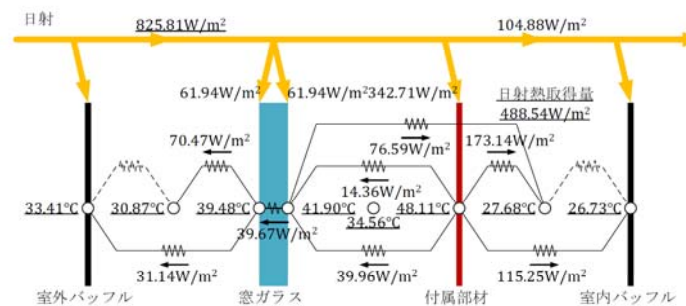
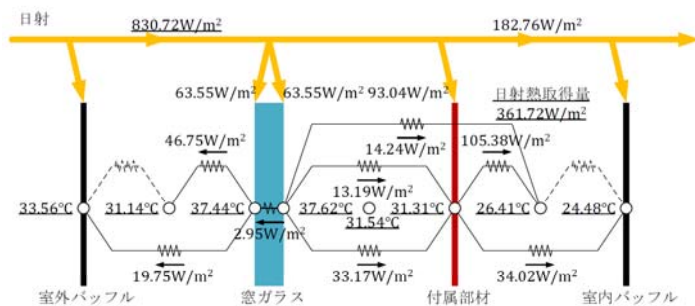
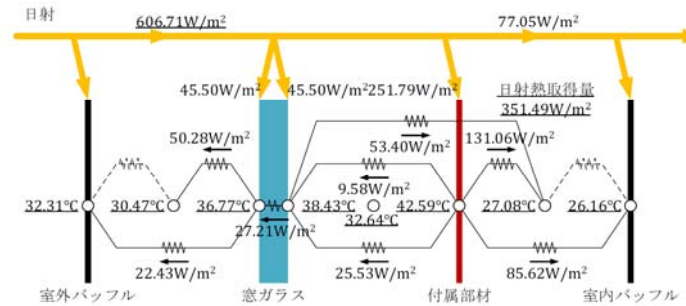
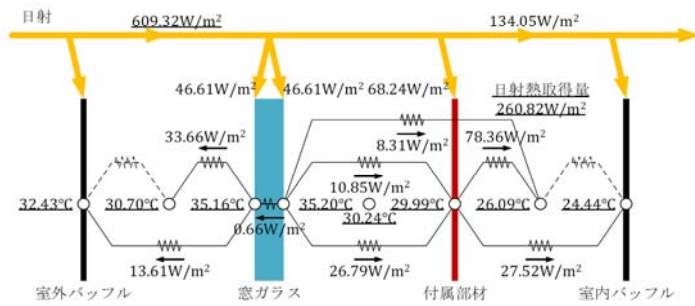
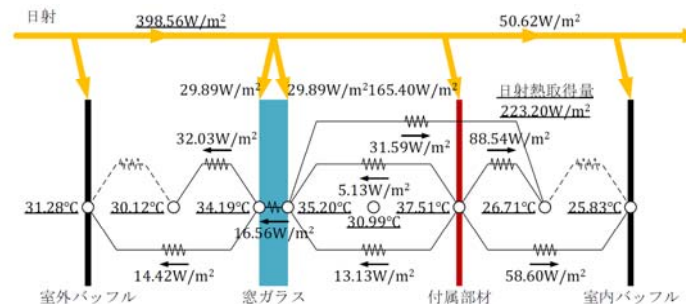
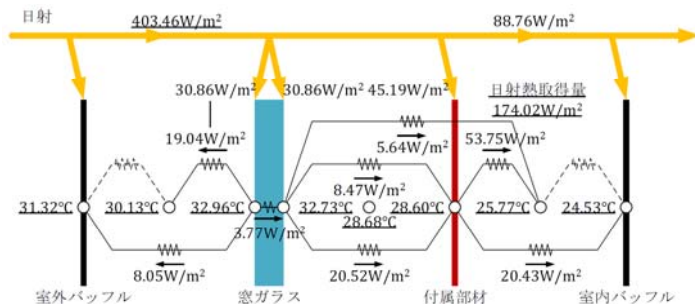
スクリーン(ホワイト)

スクリーン(セピア)



JIS A 1493による既往の測定データを用い, 検討した熱平衡モデルにより各熱流束を解析.

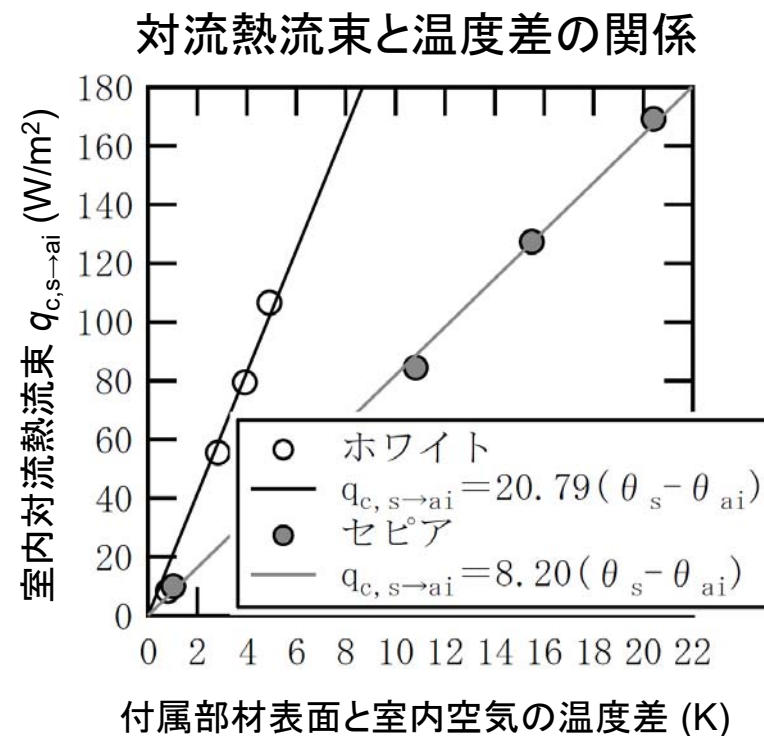
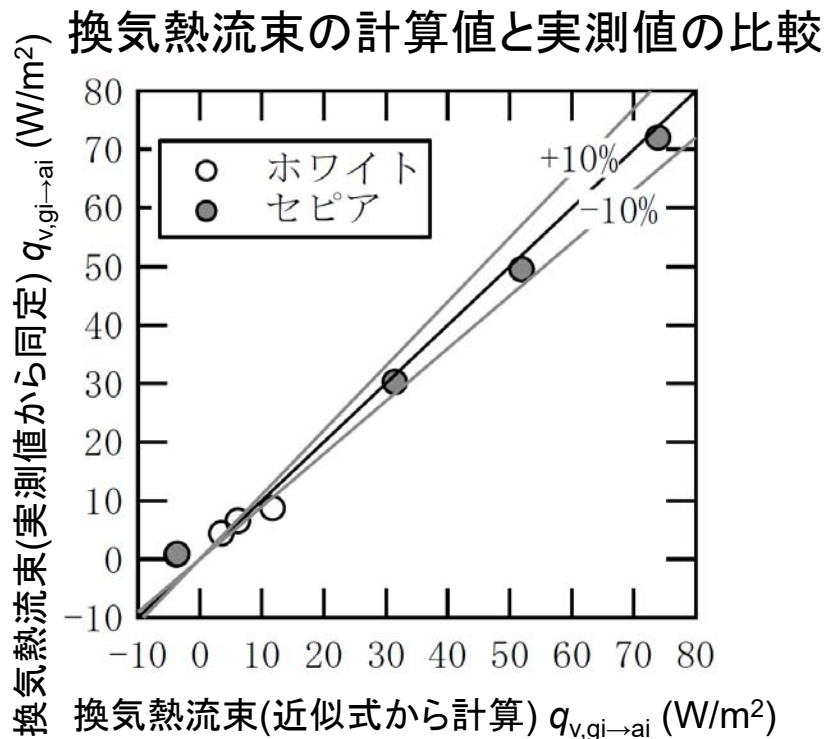
(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析－各熱流束の計算結果



- 下線の値
既往の測定データ
- グレーディング複合体の日射透過量，窓ガラス・付属部材の日射吸収量
窓ガラス，付属部材の光学特性の測定結果をもとに，JIS A 2103により求めた値を用い計算
- その他
付属部材の熱抵抗，長波透過率はゼロと仮定

JIS A 1493の測定結果をもとに，検討した熱平衡式から各熱流束を同定できることを確認。

(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 測定結果の解析－熱伝達率の定式化の検討



実験により求まる係数 付属部材表面温度

$$q_{v,gi→ai} = A \cdot (\theta_{gi} - \theta_{bi})^{4/3} - B \cdot (\theta_s - (\theta_{gi} + \theta_{bi}) / 2)^{4/3}$$

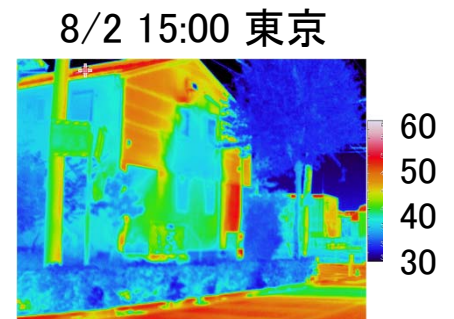
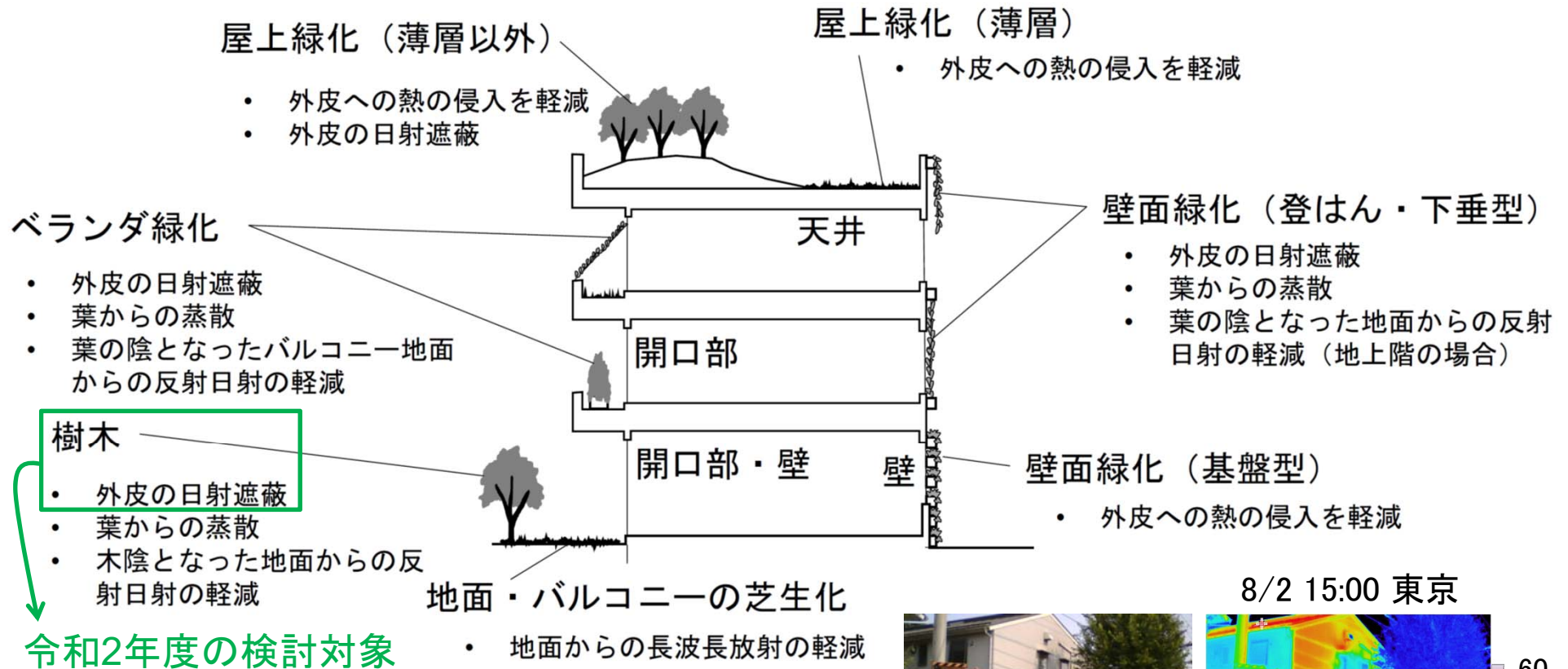
ガラス室内側表面温度 室内側バツフル表面温度

換気熱流束：既往の研究で提案される上式で近似し、概ね**精度良く計算**できることを確認。
 付属部材室内側の対流熱流束：付属部材表面と室内空気の温度差に比例することを確認。

(ロ) 外皮の外側で日射を遮り直接的に日射熱の流入を低減させる技術に関する調査・検討 令和2年度の成果

- (1) 既往検討を参考にし、付属部材を有する窓の日射があるときの熱平衡モデルを検討・整理した。
- (2) 既往研究を参考に、中空層の換気熱流束が窓ガラス室内側表面温度、付属部材表面温度および室内空気温度の関数として表現できることを示した。
- (3) 付属部材室内側の対流熱流束は、付属部材表面温度と室内空気温度の差に比例することを確認した。ただし、付属部材の日射吸収率により値が異なる傾向が認められたことから、対流熱伝達率の定式化は引き続き検討する。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 緑化の種類とその日射遮蔽効果



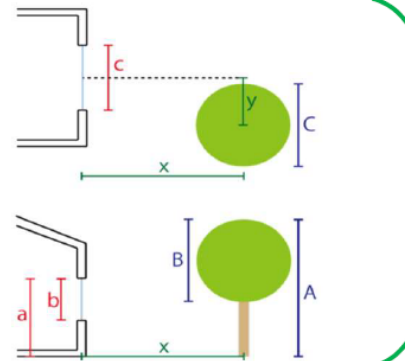
樹木をはじめとする緑化について、建築物省エネ法における評価方法のあり方を整理。
樹木による日射遮蔽効果について、評価方法を構築。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 令和2年度の検討対象と検討フロー

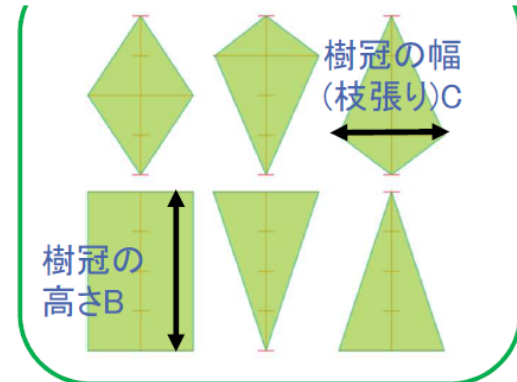
計算パラメータの検討

窓に対する樹木の日射遮蔽効果に影響するパラメータを決定

- 地面からの高さa
- 垂直長さb
- 水平長さc
- 窓と樹木の距離x
- 窓の中心から樹木までの窓と水平方向の距離y
- 樹木の地面からの高さA
- 樹冠の高さB
- 樹冠の幅(枝張り)C
- 樹木の透過率
- 樹種
- 面の方位
- 地域区分



既往研究や造園資料から樹木の幾何形状を決定



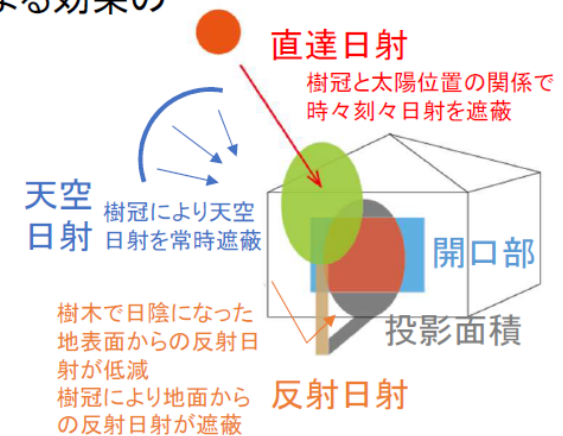
計算式の案

現行の方位係数と日射熱取得係数を、樹木の日射遮蔽による効果の原理に合わせ、**直達**・**天空**・**反射**日射成分に分解

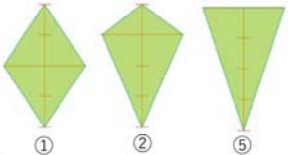
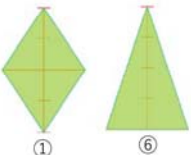
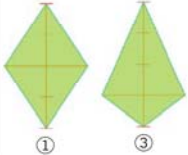

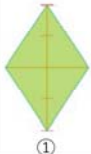
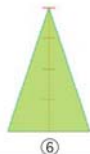
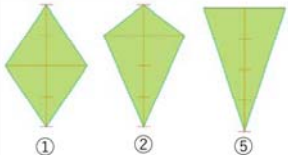
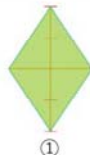


現行の方位係数 v × 取得日射補正係数 f ($f = \text{日除け効果係数 } f_{sh} \times \text{斜入射特性係数 } f_{ang}$)

$$\begin{aligned}
 &= \text{直達日射の方位係数 } v_{dir} \times \text{日除け効果係数 } f_{sh,dir} \times \text{斜入射特性係数 } f_{ang,dir} \\
 &+ \text{天空日射の方位係数 } v_{sky} \times \text{日除け効果係数 } f_{sh,sky} \times \text{斜入射特性係数 } f_{ang,sky} \\
 &+ \text{反射日射の方位係数 } v_{ref} \times \text{日除け効果係数 } f_{sh,ref} \times \text{斜入射特性係数 } f_{ang,ref}
 \end{aligned}$$

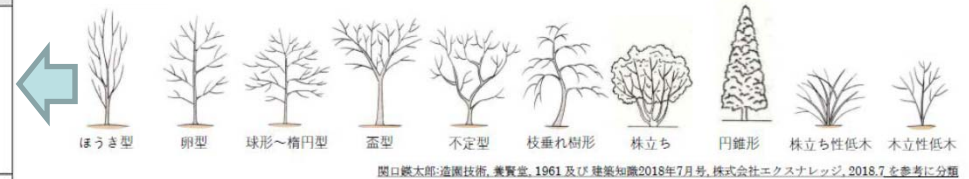
庇等の日除けとあわせて
樹木の遮蔽効果を計算可能な効果係数を提案



(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 樹木の幾何形体(入力モデル)の検討

自然樹形			
ほうき型		枝垂れ樹形	
卵型		株立ち	
球形～楕円形		円錐形	
盃型		株立ち性低木	
不定形	 (他の形態も該当する場合有)	木立性低木	

自然樹形：
10区分6形態に分類



人工樹形：
4区分
3形態に分類



人工樹形			
円筒形仕立て		生け垣仕立て	 (回転でない)
円錐形仕立て		散らし玉仕立て	評価しない

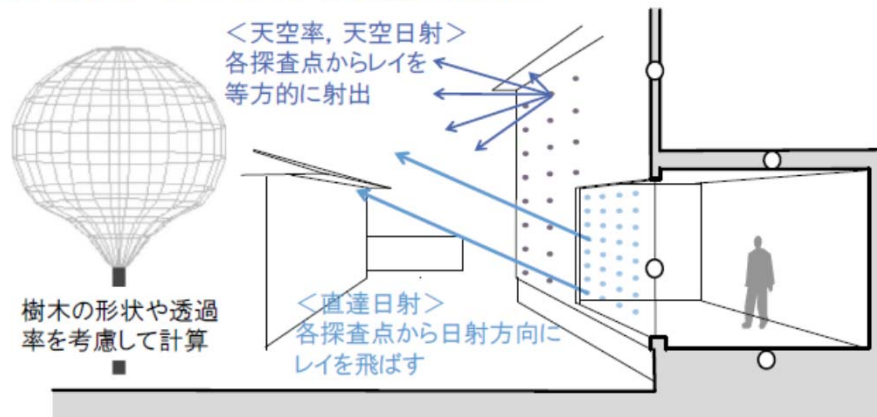
既往文献を参考に自然樹形と人工樹形の簡略化モデルを検討。
それぞれ多面体または回転体の三次元形態とすることを想定。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討

樹木による開口部の日射遮蔽効果計算の基本的な考え方

① レイトレーシング法

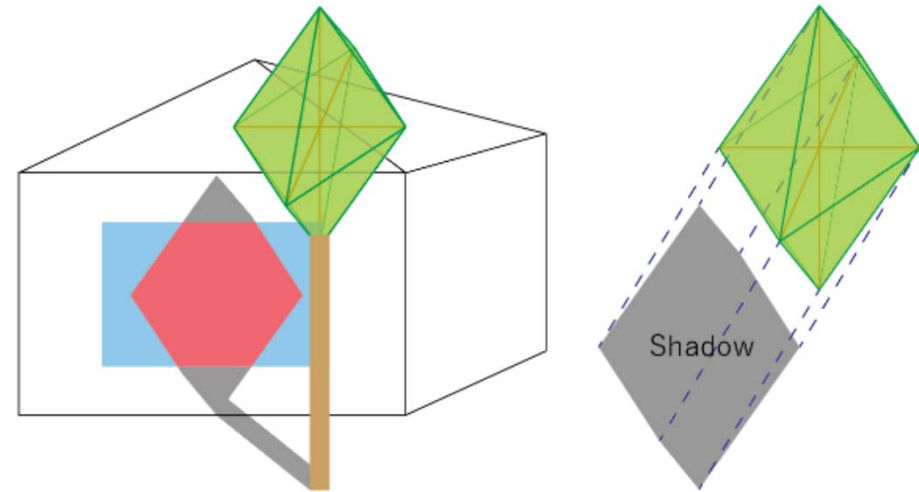
熱負荷計算ツールにおける取得日射量の計算方法



計算対象建物の外表面各面に探査点を配置し、レイトレーシング※部位に応じて探査点の数を変更可能

開口部から対応位置や天空方向に多数の探査点を射出することで、樹木ポリゴンとの交点計算により樹木の日射遮蔽の判定を行う。庇と樹木の日除け効果を同時に解くことができる。現行の庇等の日除け効果係数を樹木等の効果を含むものに改良可。

② 幾何計算による方法



①に比べ計算負荷が小さく、樹木の形態を簡易化することとの整合性が高い。ただし、庇等がある場合、その効果をダブルカウントしてしまう可能性がある。

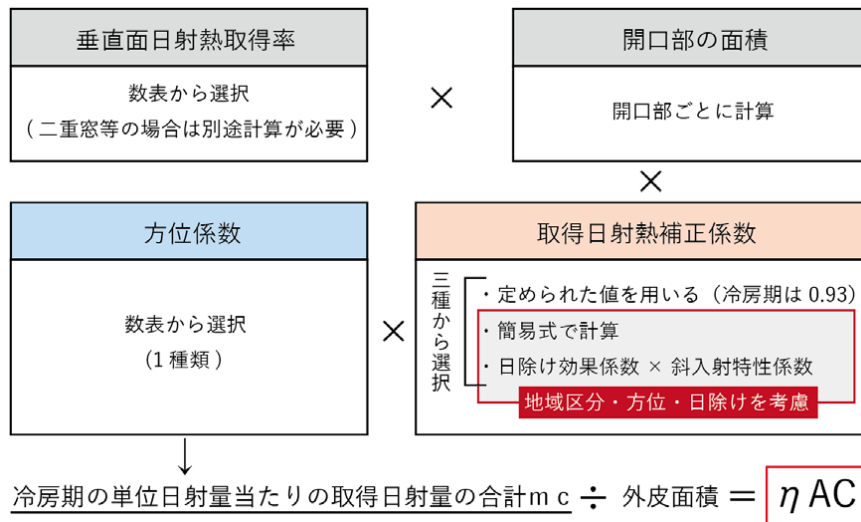
令和2年度は①, ②の両方の可能性を踏まえて検討。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討

方位係数 $v_{c,i}$ と取得日射補正係数 $f_{c,i}$ の新たな定義と提案

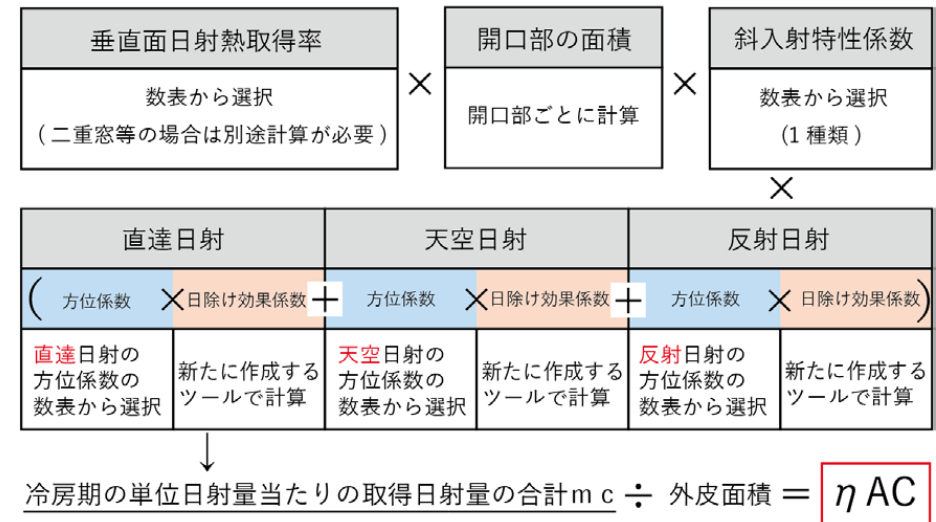
① 現行の計算方法

$$m_c = \sum_i \eta_i A_i v_{c,i} f_{c,i}$$



② 提案する新たな計算方法(案)

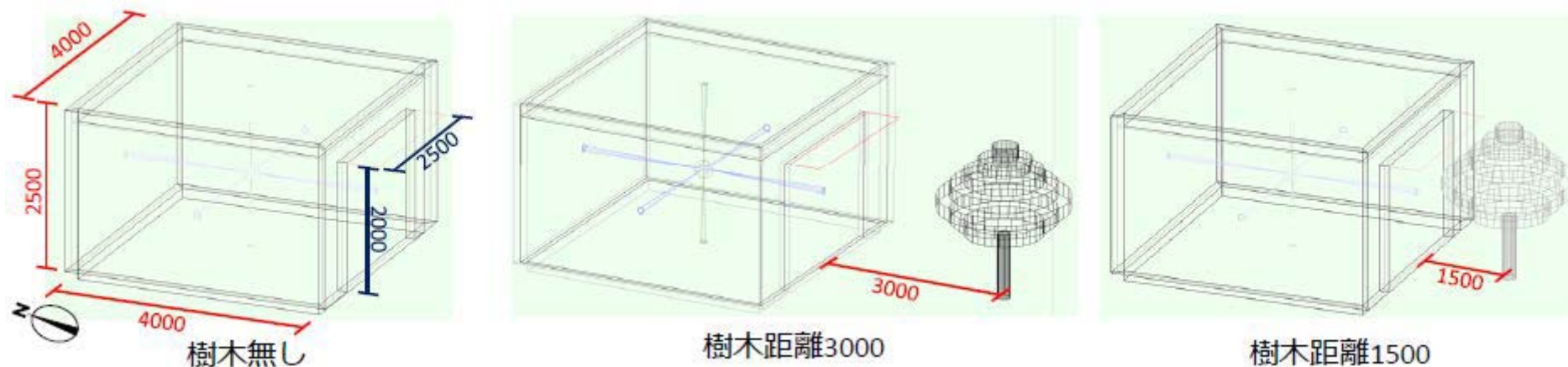
$$m_c = \sum_i \eta_i A_i f_{ang,c} (v d_{c,i} f d_{sh,c} + v s_{c,i} f s_{sh,c} + v g_{c,i} f g_{sh,c})$$



方位係数と取得日射補正係数を、直達・天空・反射の各日射成分に分けて定式化。
樹木が壁や開口部へ投影される面積を時々刻々計算し、樹木による日除け効果を見積もる。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討

熱負荷計算ツールを用いた樹木による効果の計算例



	樹木なし	樹木あり(遠)	樹木あり(近)
直達日射量の積算値[W]	120855	120290	109514
天空日射量の積算値[W]	750238	609239	572518
日射熱取得量の積算値[W]	871093	729529	682032

簡易な建物モデルを用い、熱負荷計算ツールにより樹木の日射遮蔽効果のテスト計算を実施
樹木の有無や距離により、日射熱取得量の年間積算値が変化することを確認。

(ハ) 樹木や緑化等の技術に関する調査・検討 令和2年度の成果

- (1) 建築物周辺における樹木や緑化等について、既往研究等を元に整理した。それぞれの緑化形態によって、建築物に対して発揮される効果は異なり、現行の省エネルギー基準における評価の中で扱うことができるものを整理した。
- (2) 緑化の中で最も影響が大きい樹木に着目し、その効果の評価方法を検討した。そして、樹木が壁や開口部へ投影される面積を時々刻々計算し、樹木による日除け効果を見積もる方法を提案し定式化した。
- (3) 樹木の日除け効果を定量化するために、既存の熱負荷計算ツールを用いて効果の試算方法を検討し、計算結果の例を示した。

E15 住宅における日射熱の遮蔽・利用に関する地域性を活かした技術の評価手法の検討 令和3年度の実施内容

(イ) 外皮への日射熱流入低減技術

通気層を有する壁体等の日射熱取得量の簡易計算式を検討する。また、蒸暑地域で使用される花ブロックに関する検討・実験等を行い、評価方法としてとりまとめる。

(ロ) 開口部・窓付属の日射遮蔽技術

対流熱伝達率の定式化(または固定化)を検討するとともに、さまざまな付属部材に対応できるよう各種実験データを解析し、各熱伝達率のモデル化を検討し、試験・評価方法としてとりまとめる。

(ハ) 樹木・緑化等技術

提案した計算方法や数式の妥当性を検討し、最も適した方法を採用するために、系統的な数値シミュレーションによる数値実験を行う。また、計算方法を省エネ計算プログラムに適用し、樹木の日射遮蔽による省エネ効果を設計段階で検討するための具体的な方法を提示する。