

# 多様な住宅空調設備を評価するための 暖冷房負荷計算の開発

環境研究グループ  
三浦尚志

背景

# 設計時における建築物のシミュレーション



standard building



designed applied building

建築物省エネ法における  
計算スキーム

standard spec  
(designated by standard)

designed spec

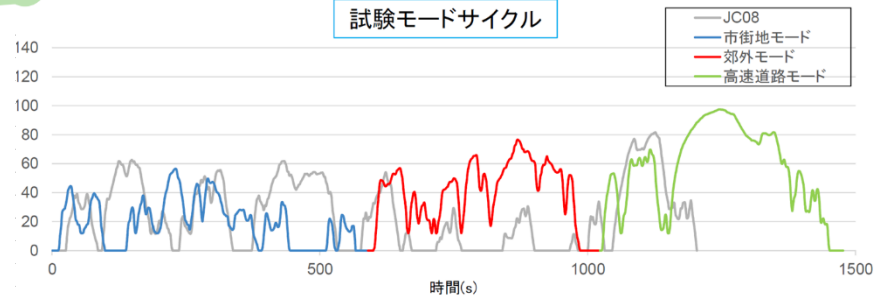


standard primary energy consumption

designed primary energy consumption

		時刻																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	
LD・台所	暖房	平日																									
	冷房	平日																									
子供室 1	暖房	平日																									
	冷房	平日																									
子供室 2	暖房	平日																									
	冷房	平日																									
寝室	暖房	平日																									
	冷房	平日																									

■ 在室    ■ 在室（睡眠）    □ 不在室



車の燃費の試験モードの例

出典：国交省資料

## 建築物省エネ法における在室スケジュール

# 建築物省エネ法におけるシミュレーションプログラム



エネルギー消費性能計算プログラム 住宅版 詳細入力画面

Ver.3.3.1 (2022.11)



計算

計算条件の入力

読み込み

保存

計算結果の確認

基本情報 | 外皮 | 暖房 | 冷房 | 換気 | 熱交換 | 給湯 | 照明 | 太陽光 | 太陽熱 | コージェネ

基本情報

## 1 基本情報を入力して下さい。

住宅タイプの名称

プログラムの種類  住宅版  
 気候風土適応住宅版  
 特定建築主基準版

住宅の建て方  戸建住宅  
 共同住宅

居室の構成  主たる居室とその他の居室、非居室で構成される  
 上記以外の構成

床面積  m<sup>2</sup> (小数点以下2桁)  
 主たる居室  
 m<sup>2</sup> (小数点以下2桁)  
 その他の居室  
 m<sup>2</sup> (小数点以下2桁)  
 合計

地域の区分  1地域  2地域  3地域  4地域  5地域  6地域  7地域  8地域

[入力補助ツール・補足資料](#)

**i** 令和1年11月16日に新しい地域区分が施行されました。  
 地域の区分は、[こちら](#) を参考に選択します。

年間の日射地域区分の指定  指定しない  
 指定する



エネルギー消費性能計算プログラム 住宅版 詳細入力画面

Ver.3.3.1 (2022.11)



計算

計算条件の入力

読み込み

保存

計算結果の確認

基本情報 | 外皮 | 暖房 | 冷房 | 換気 | 熱交換 | 給湯 | 照明 | 太陽光 | 太陽熱 | コージェネ

### 一次エネルギー消費量

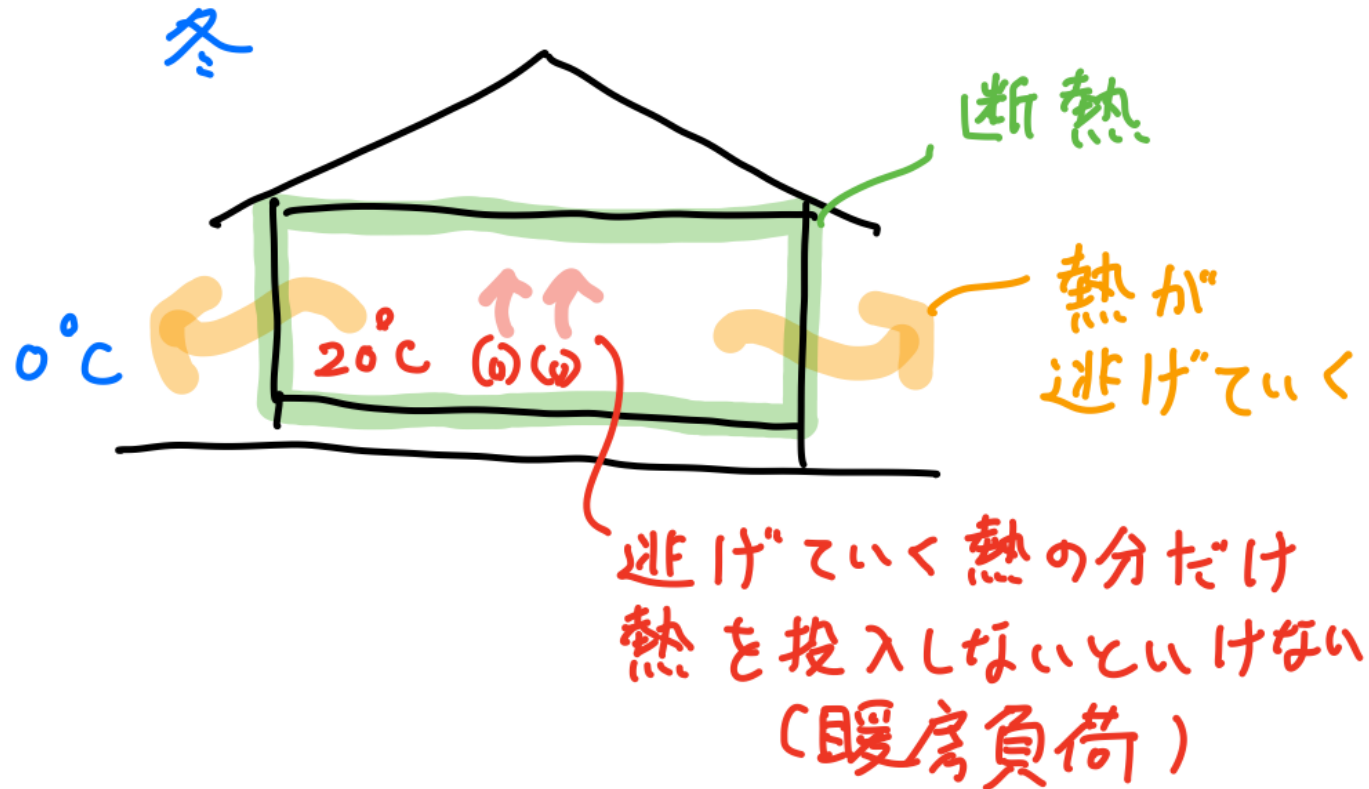
内訳項目	設計一次	基準一次
暖房設備	13,935 MJ	13,383 MJ
冷房設備	6,036 MJ	5,634 MJ
換気設備	5,939 MJ	4,542 MJ
給湯設備	27,637 MJ	25,091 MJ
照明設備	5,212 MJ	10,763 MJ
その他の設備	21,241 MJ	21,241 MJ
太陽光発電設備 (PV)	-- MJ	-- MJ
発電設備のうち自家消費分	-- MJ	-- MJ
コージェネレーション設備 (CGS)	-- MJ	-- MJ
コージェネレーション設備の発電量に係る稼働量	-- MJ	-- MJ
合計	79,999 MJ	80,653 MJ
	PVおよびCGSを対象とする場合	
	79,999 MJ	80,653 MJ
	CGSを対象とする場合	
	79,999 MJ	

### 判定

適用する基準	一次エネルギー消費量		結果
	設計一次	基準一次	
建築物エネルギー消費性能基準 (H29年4月以降)	80.0 GJ	80.7 GJ	達成
建築物エネルギー消費性能基準 (H28年4月現存)	80.0 GJ	86.6 GJ	達成
建築物エネルギー消費性能評価基準 (R04年10月以降)	80.0 GJ	68.8 GJ	非達成
建築物エネルギー消費性能評価基準 (R04年10月現存)	80.0 GJ	80.7 GJ	達成
エネルギーの使用の合理化の一層の促進のために設けらるべき基準 (R04年10月以降)	80.0 GJ	68.8 GJ	非達成
エネルギーの使用の合理化の一層の促進のために設けらるべき基準 (R04年10月現存)	80.0 GJ	74.8 GJ	非達成
低炭素化の促進のために設けらるべきその他の基準	80.0 GJ	51.0 GJ	非達成

<https://house.app.lowenergy.jp/>

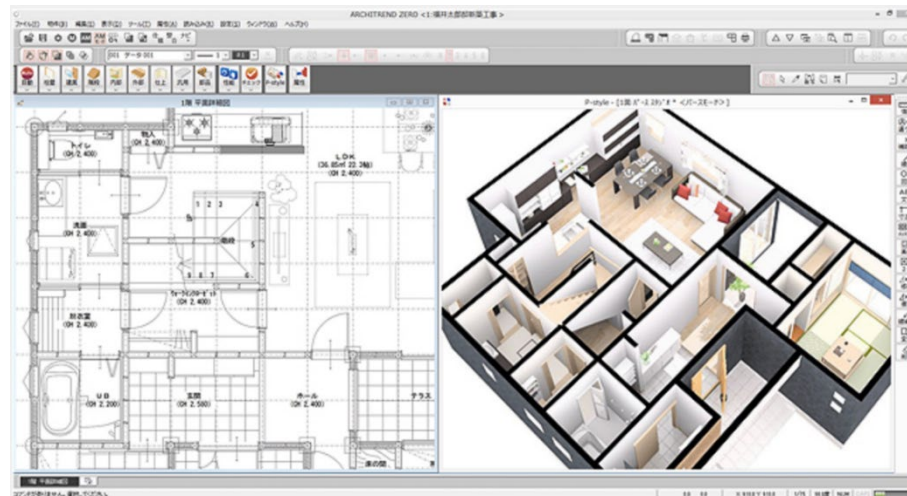
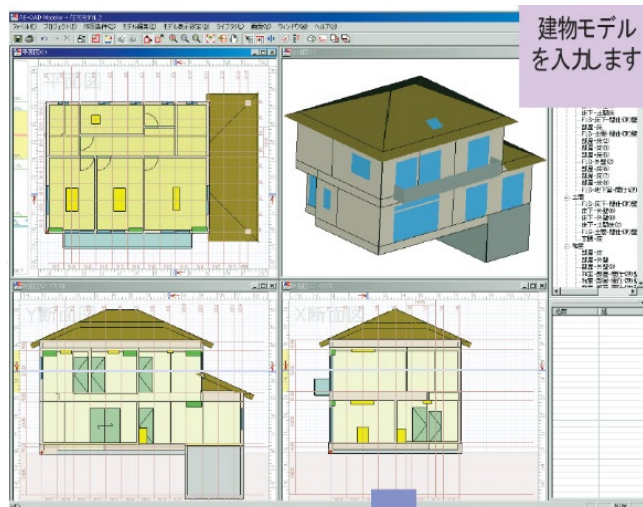
# 暖冷房負荷のシミュレーション



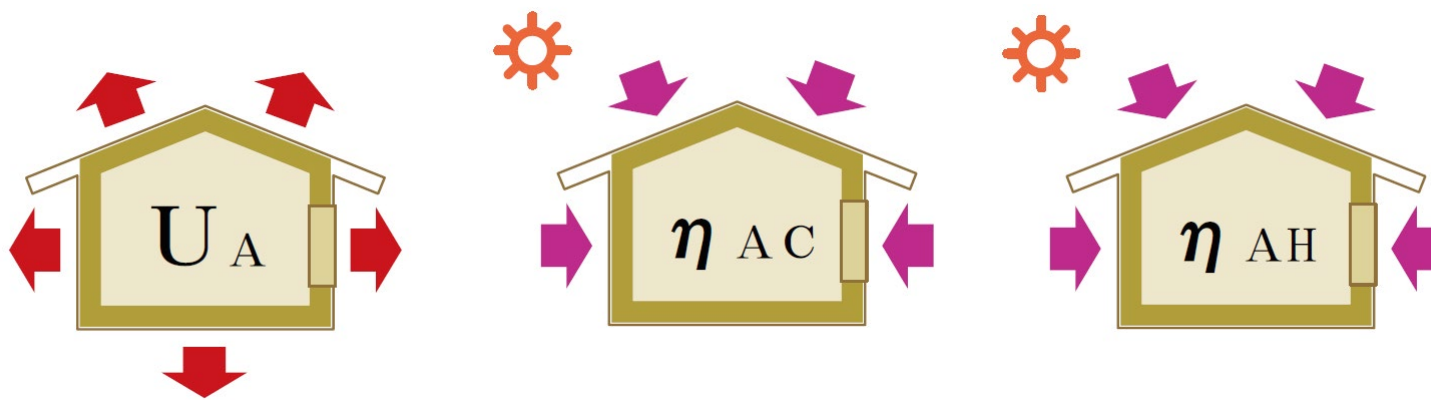
$$\text{暖冷房エネルギー消費量} = \text{暖冷房負荷} \div \text{設備の効率}$$

# 暖冷房負荷計算を行うための入力と簡易計算

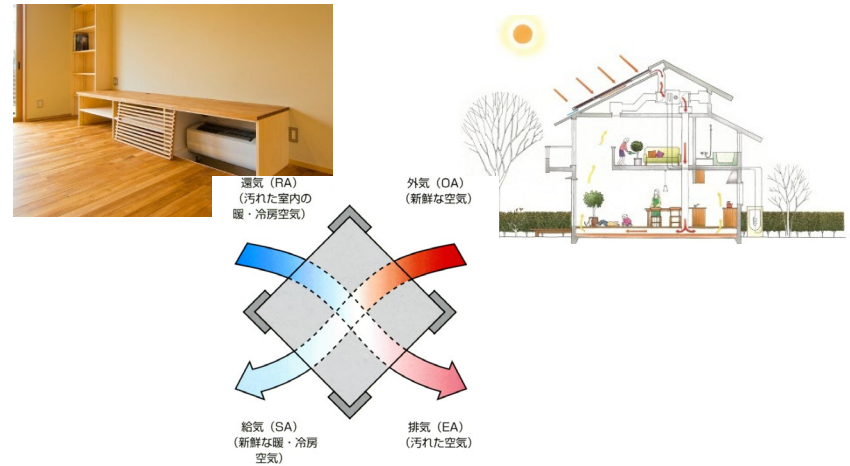
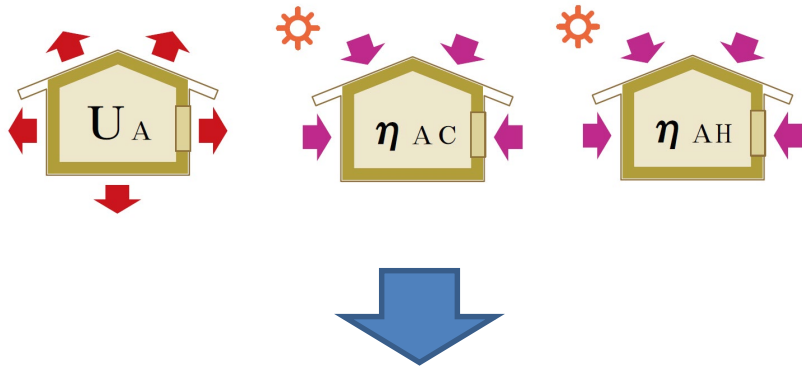
## 負荷計算の一般的な入力



## 建築物省エネ法における外皮の指標



# 暖冷房負荷計算をするメリット



エネルギー消費性能計算プログラム 住宅版 詳細入力画面 Ver.3.3.1 (2022.11)

計算条件の入力

基本情報 外皮 暖房 冷房 換気 熱交換 給湯 照明 太陽光 太陽熱 コージェネ

1 外皮性能の評価方法を入力して下さい。

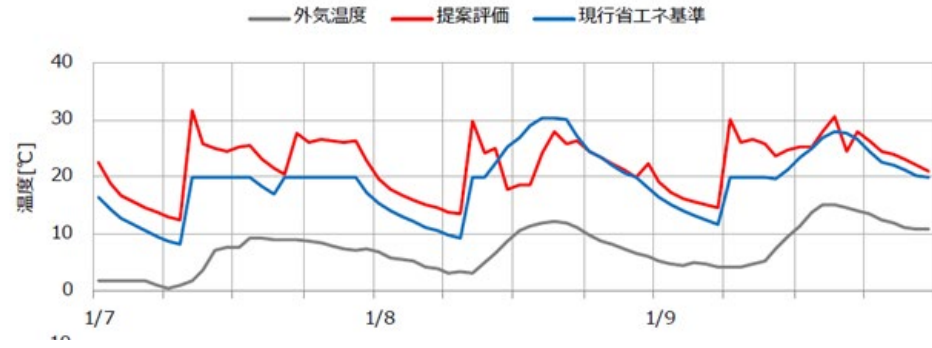
外皮性能の評価方法 ?

- 当該住戸の外皮面積を用いて外皮性能を評価する
- 当該住戸の外皮面積を用いず外皮性能を評価する (別途計算)
- 当該住戸の外皮面積を用いず外皮性能を評価する (ここで計算)

2 [1] で「当該住戸の外皮面積を用いて外皮性能を評価する」を選択した場合、外皮の仕様を入力して下さい。

外皮面積の合計 ?	307.51 m <sup>2</sup> (小数点以下2桁)
外皮平均熱貫流率 (U <sub>A</sub> ) ?	0.87 W/m <sup>2</sup> K (小数点以下2桁)
冷房期平均日射熱取得率 (η <sub>AC</sub> ) ?	2.8 (小数点以下1桁)
暖房期平均日射熱取得率 (η <sub>AH</sub> ) ?	4.3 (小数点以下1桁)

## 多様な設備の評価

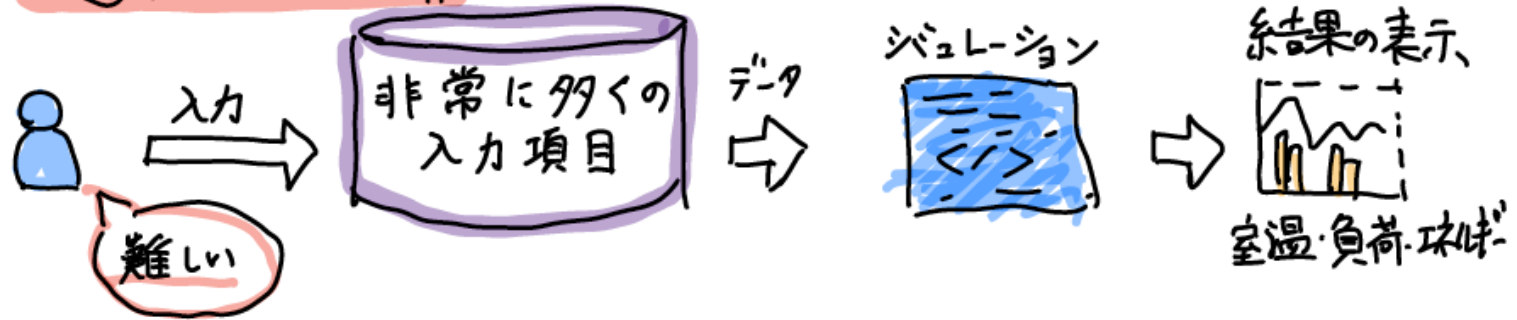


## 室温計算

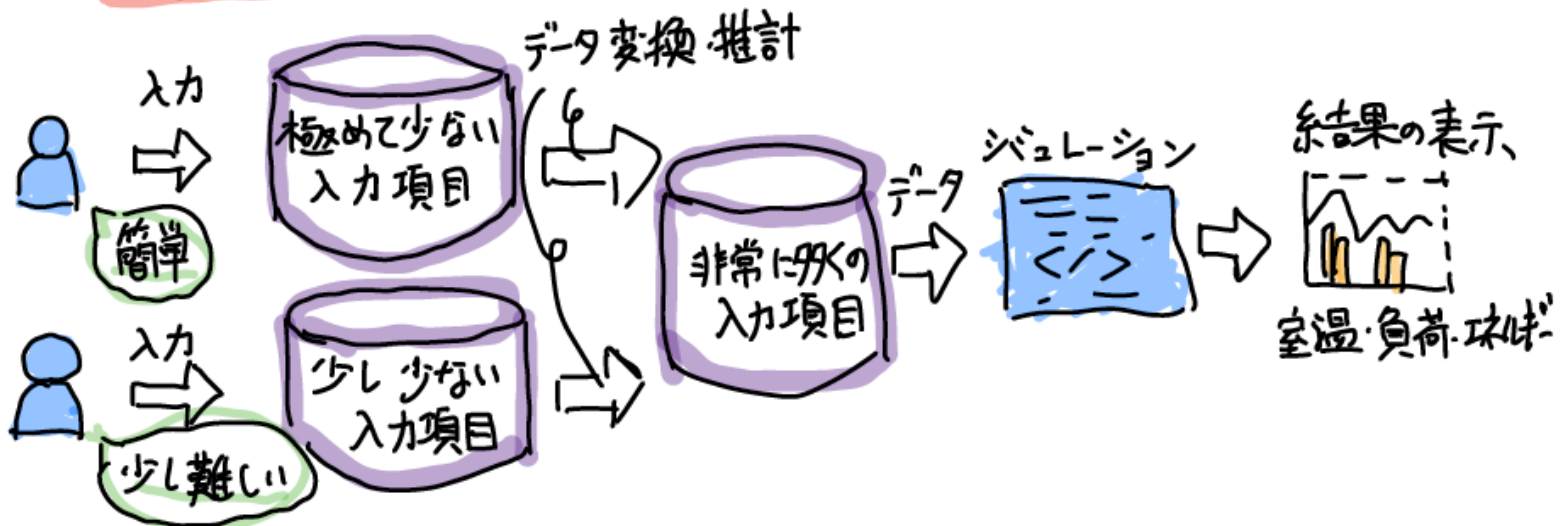


# 建研で開発中の負荷計算と従来の負荷系との入力項目の違い

## 通常の負荷計算



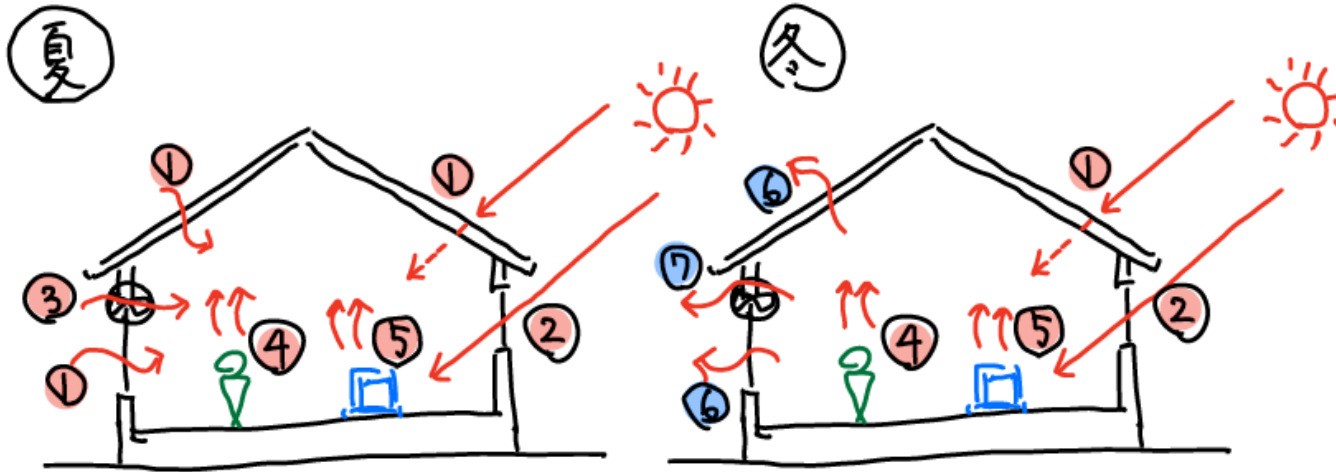
## 建研で開発中の負荷計算





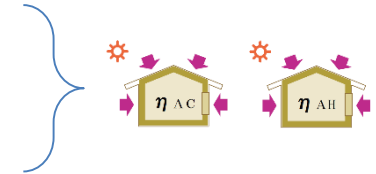
暖冷房負荷計算とは

# 熱負荷に影響を与える熱の流れ



## 室温をあげる熱

- ① 壁や屋根などを伝わり入ってくる熱 (室外表面温度が室温より高い場合)
- ② 窓から入ってくる日射
- ③ 換気によって入ってくる熱 (室内より室外の気温が高い場合)
- ④ 人体からの発熱
- ⑤ 冷蔵庫・テレビ等の家電・調理器具からの発熱



## 室温をさげる熱

- ⑥ 壁や屋根などを伝わり出ていく熱 (室外表面温度が室温より低い場合)
- ⑦ 換気によって出ていく熱 (室内より室外の気温が低い場合)



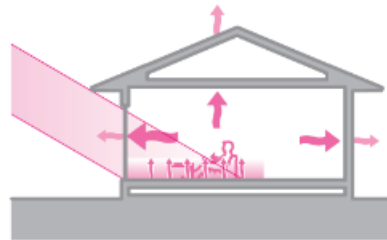
# 多様な躯体の省エネ手法

## 01 自然風の利用・制御 (3.1)



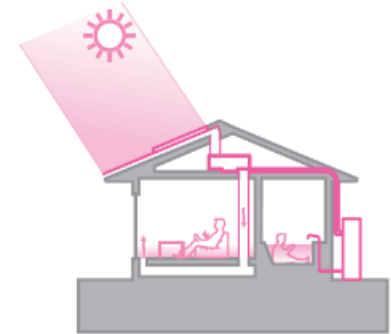
- 手法 1 通風経路上の開口部面積の確保
- 手法 2 卓越風向に応じた開口部配置
- 手法 3 高窓の利用

## 04 日射熱の利用 (太陽熱の利用・1) (3.4)



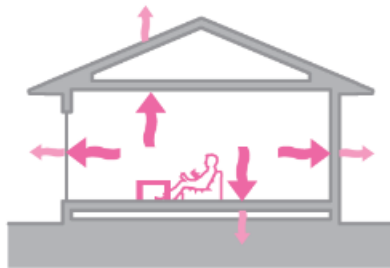
- 手法 1 窓付属部材による日射熱取得への影響をなくす
- 手法 2 蓄熱容量を調整する
- 手法 3 暖房期の日射熱取得量を大きくする

## 05 屋根空気集熱式ソーラーシステム (太陽熱の利用・2) (3.5)



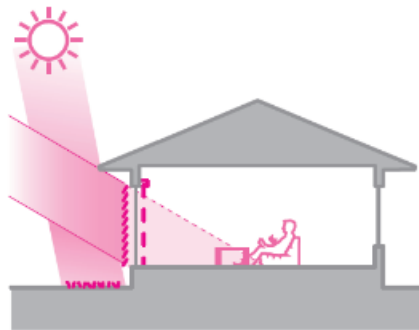
- 手法 1 システムの適正な計画
- 手法 2 給湯への熱利用
- 手法 3 24 時間換気との連動機能の付加
- 手法 4 搬送動力源として太陽光発電の利用

## 07 断熱外皮計画 (4.1)



(断熱材厚、開口部仕様、取合い部気流止めの措置、防露対策など一手法を設定していません)

## 08 日射遮蔽手法 (4.2)



- 手法 1 開口部の日射遮蔽手法
- 手法 2 屋根の日射遮蔽手法
- 手法 3 外壁の日射遮蔽手法
- 手法 4 その他の日射遮蔽手法

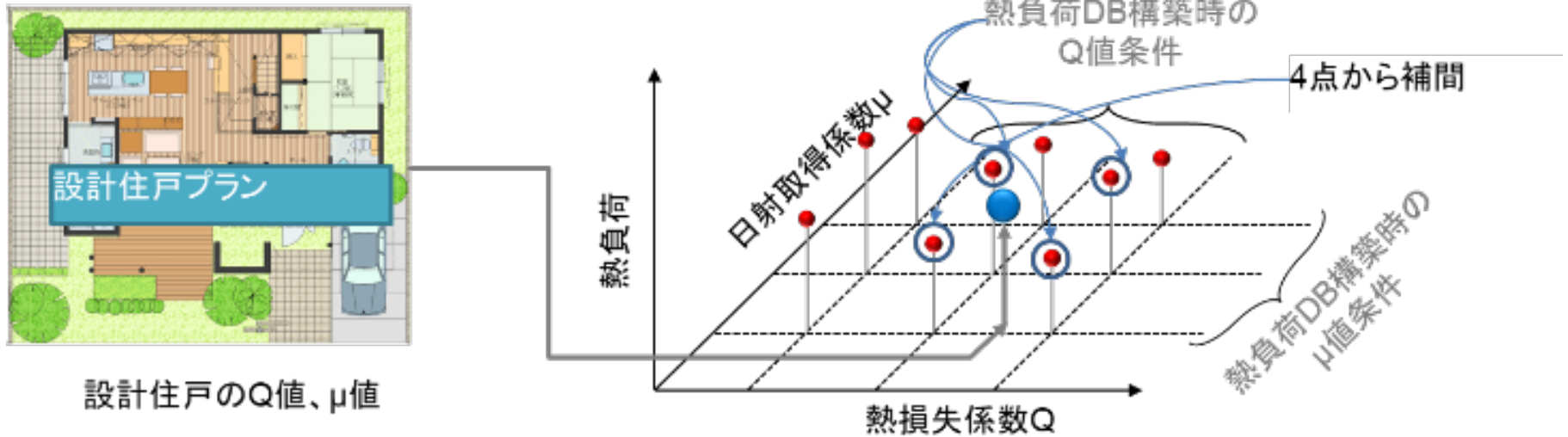
## 09 暖冷房設備計画 (5.1)



- FF 式 (強制給排気式) 暖房機
- 手法 1 高効率機器の採用
- ルームエアコンディショナー
- 手法 1 高効率エアコンの採用
  - 手法 2 適切な機器容量の選定 (暖房のみ)
  - 手法 3 扇風機・天井扇の利用 (冷房のみ)
- 温水暖房
- 手法 1 高効率の温水暖房機の採用
  - 手法 2 配管の断熱
  - 手法 3 放熱面積の確保 (床暖房のみ)
- ダクト式セントラル空調機
- 一手法を設定していません

# 建築物省エネ法における暖冷房負荷計算

# 予め計算された負荷計算結果を補間（按分）するイメージ

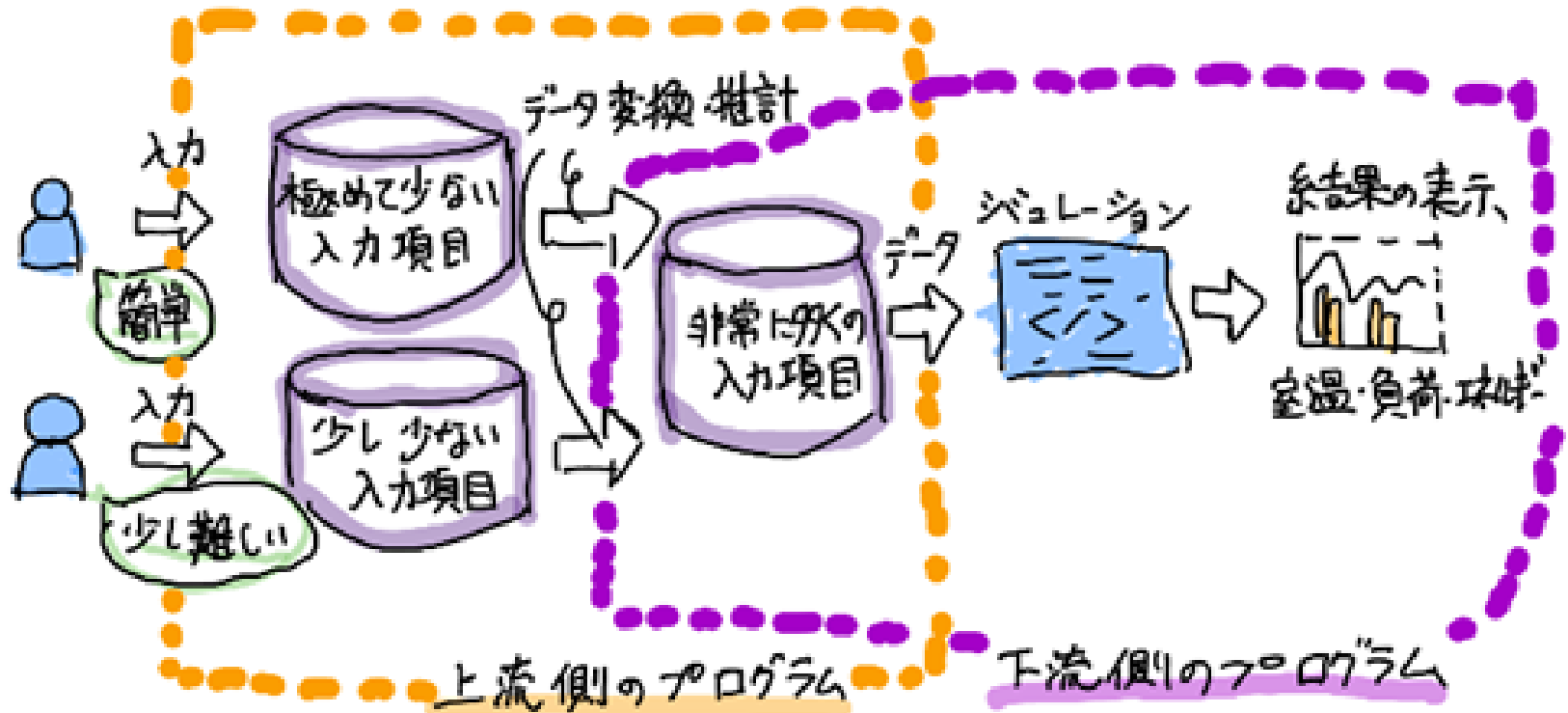


## 標準住戸と設計住戸の床面積補正

項目	説明
空調機の運転モード	居住者の在・不在に応じて運転の発停を行うか、及び非居室を暖冷房するか否かによって、「全館連続運転」、「居室間歇運転」、「居室連続運転」の3つの運転モードが設定されている。
断熱水準	4つの断熱レベル（昭和55年省エネ基準相当、平成4年省エネ基準相当、平成11年省エネ基準相当、平成11年省エネ基準を超えるレベル）
熱交換器	有無
日射熱取得	3つの日射遮蔽レベル（遮蔽物なし、レースのカーテン相当、外側ブラインド相当）
通風（自然風の利用）	なし、換気回数5回/h相当, 換気回数20回/h相当
蓄熱	有無

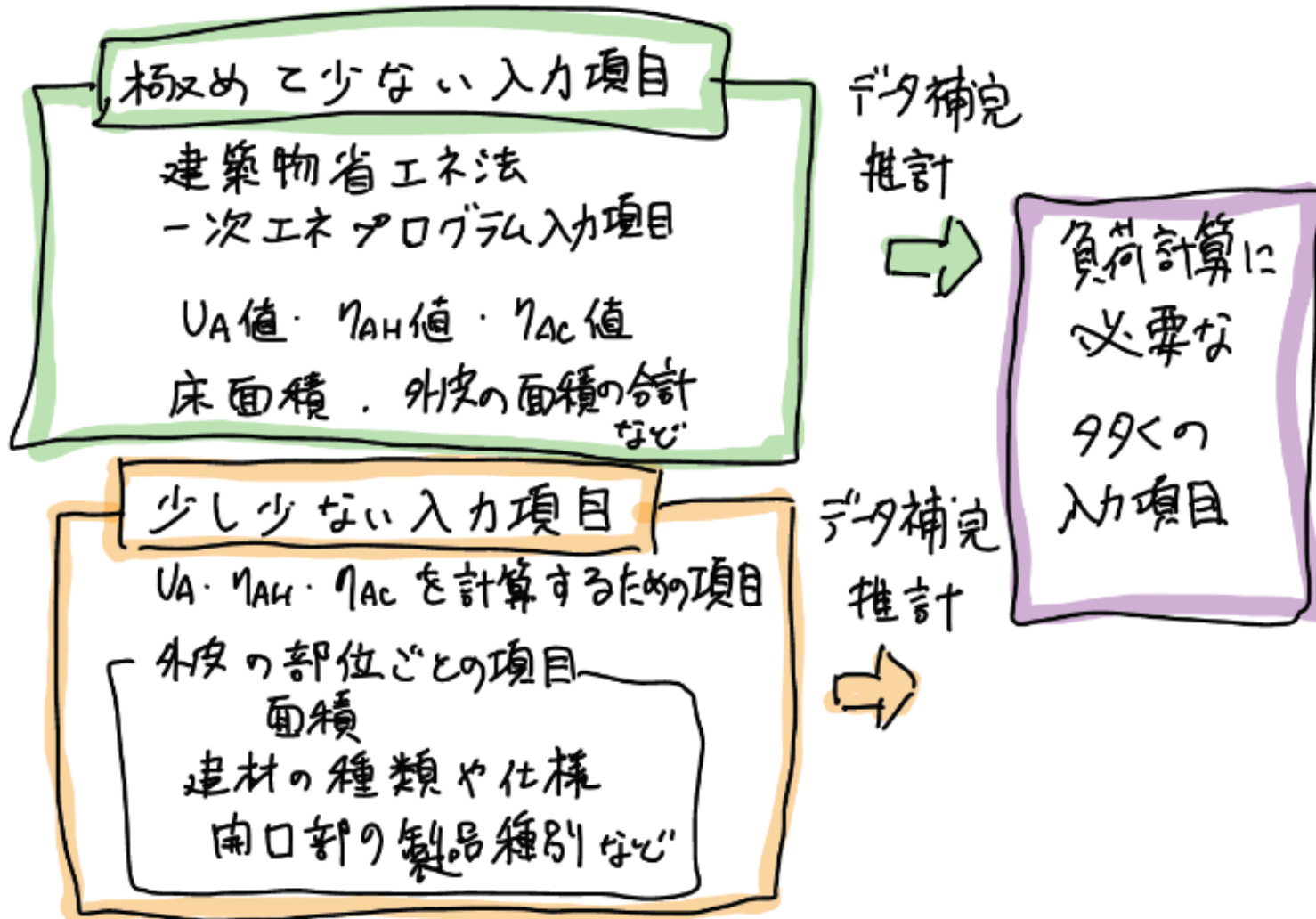
# 開発中の暖冷房負荷計算の概要

# 上流側・下流側のプログラム





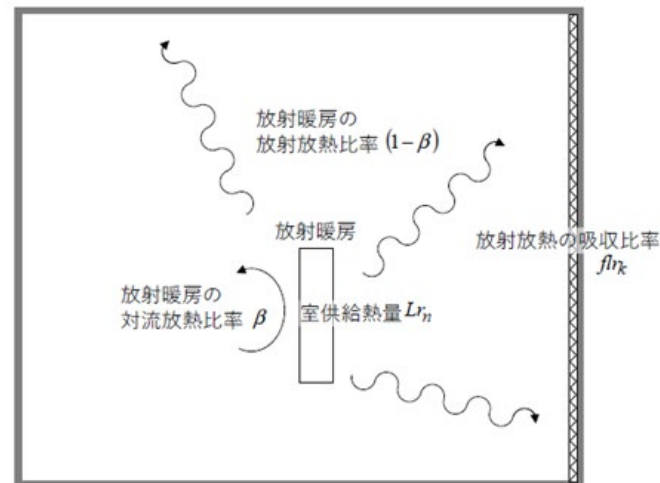
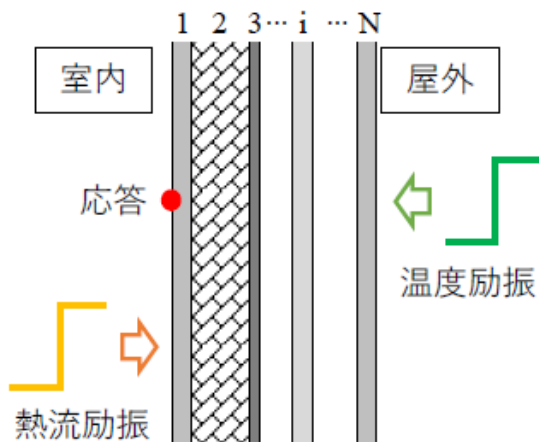
# 上流側プログラムのデータの入出力



# 簡易暖冷房負荷計算の位置づけ

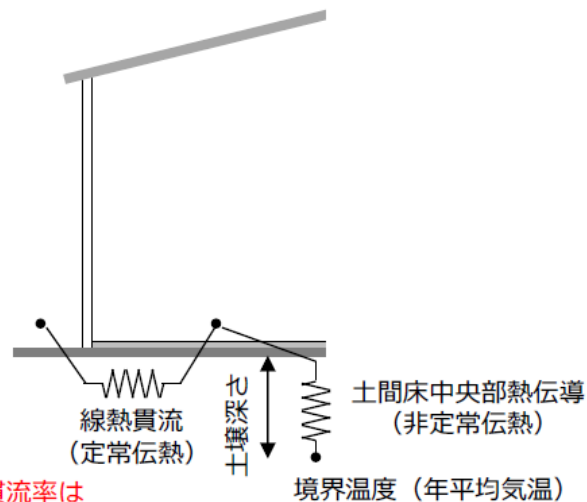
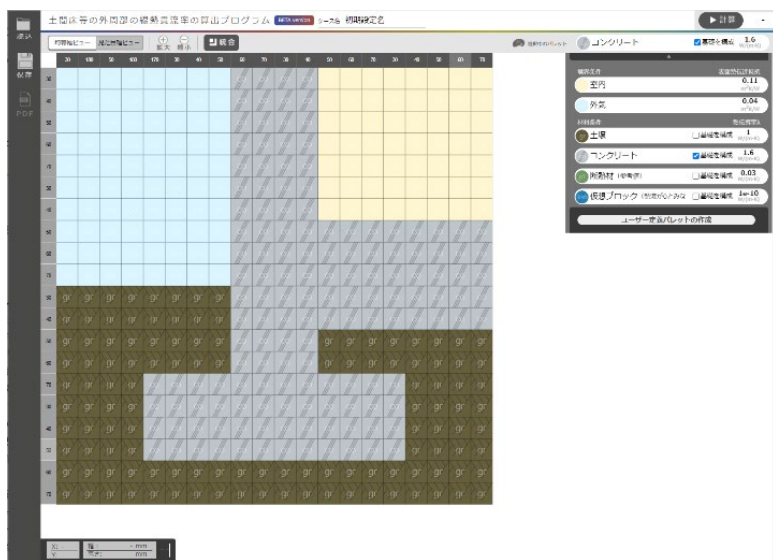
		多様な技術を評価できるか	
		できない	できる
複雑さ	複雑		一般的な暖冷房負荷計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は多い</li> <li>・計算スピードは遅い</li> <li>・厳密である</li> <li>・負荷計算ソフトにもよるが、暖冷房設備の評価はある程度自由にできる</li> </ul>
	簡単	建築物省エネ法における方法 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は少ない</li> <li>・計算スピードは速い</li> <li>・一般的な暖冷房手法を評価するには十分</li> <li>・より高度な暖冷房設備や計画には対応できない</li> </ul>	今回開発する暖冷房負荷計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は建築物省エネ法における入力項目と同程度</li> <li>・計算スピードは速い</li> <li>・より高度な暖冷房設備を評価する場合のみ入力項目を増やすことである程度自由に暖冷房設備を評価することが可能</li> <li>・入力項目を減らしたため、一般的な暖冷房負荷計算との計算結果には乖離が生じる。</li> </ul>

# 開発している要素



## 室内側の表面温度を解く応答係数法

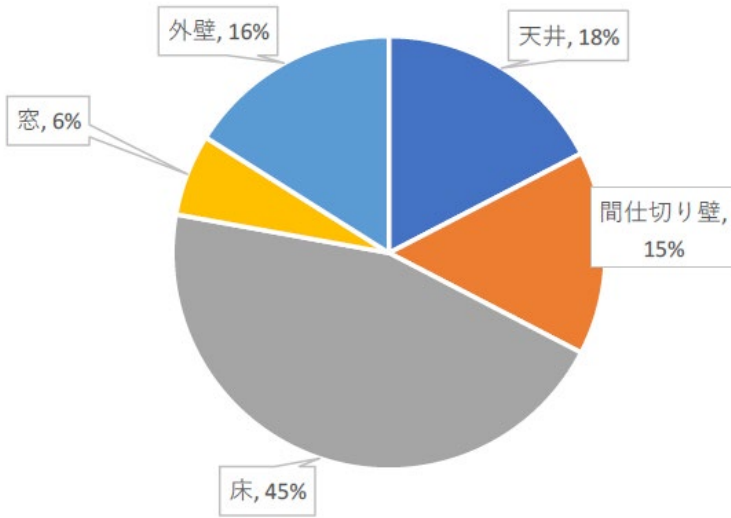
## 放射空調の評価



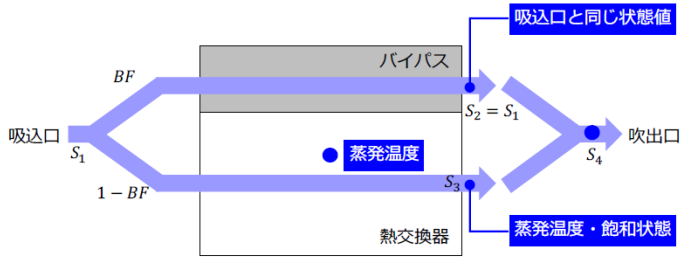
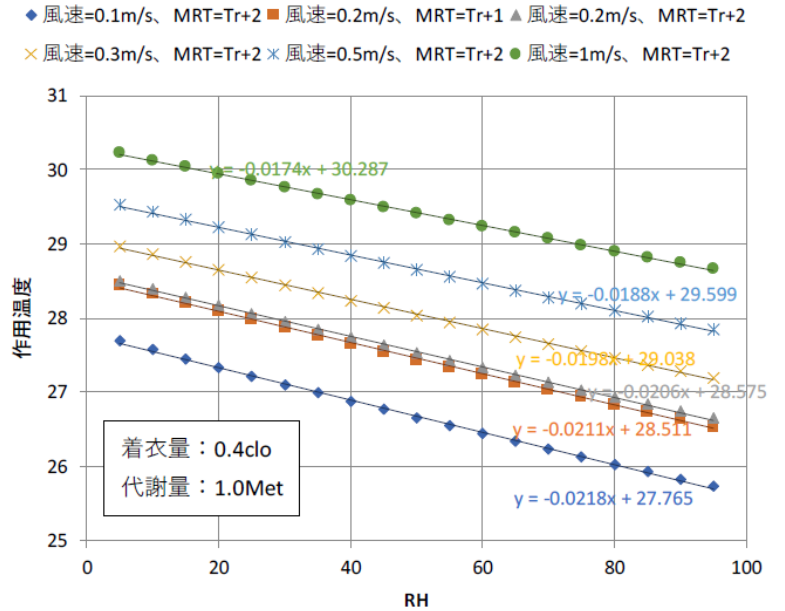
線熱貫流率は  
外皮性能の評価法の  
計算法を引用する

## 土間床周辺部の熱損失の非定常モデルの開発

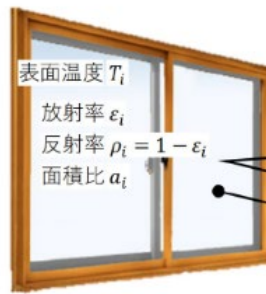
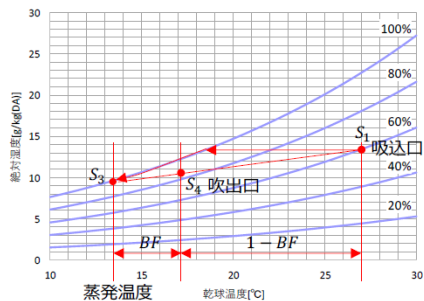
# 開発している要素



## 作用温度の計算 (形態係数の設定)



## PMVによる室内環境の評価 (相対湿度を例として)



$$\text{入射 } H_i = \sum_j G_{ij} \cdot M_j^o = \sum_j F_{ij} \cdot J_j$$

反射  $\rho_i \cdot H_i$

射出  $\epsilon_i \cdot M_i^o = \epsilon_i \cdot \sigma \cdot T_i^4$

ラジオシテイ  $J_i = \epsilon_i \cdot M_i^o + \rho_i \cdot H_i$

正味放射熱流束

$$q_i = J_i - H_i$$

$$= \epsilon_i \cdot M_i^o + \rho_i \cdot H_i - H_i$$

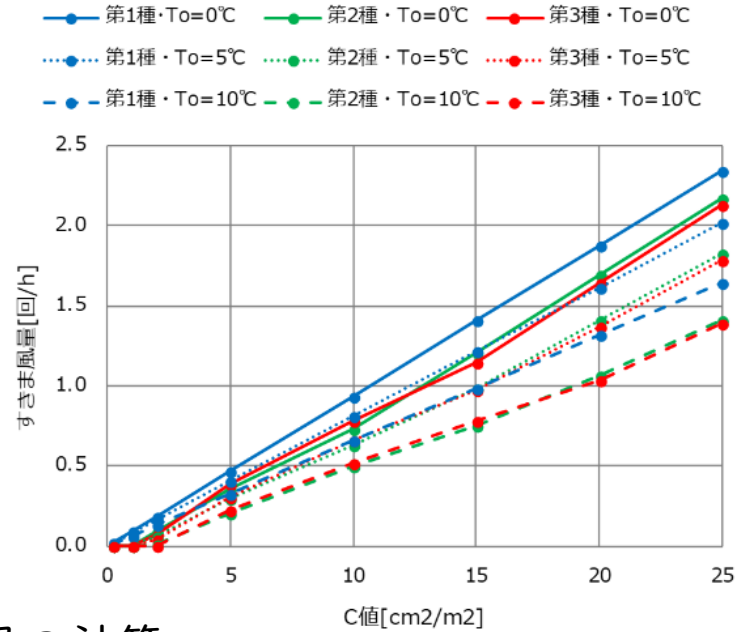
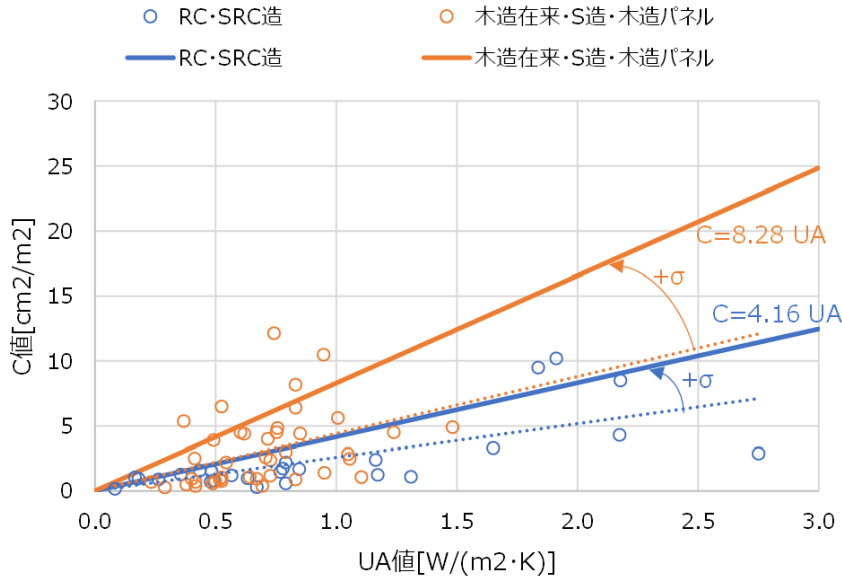
$$= \epsilon_i \cdot M_i^o + (1 - \epsilon_i) \cdot H_i - H_i$$

$$= \epsilon_i \cdot (M_i^o - H_i)$$

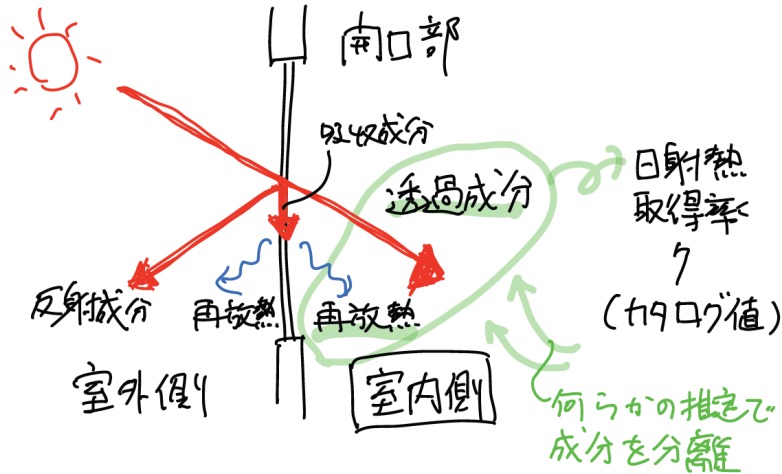
## 室内相互放射の計算

(自己形態係数を生じさせない新たな方法) 19

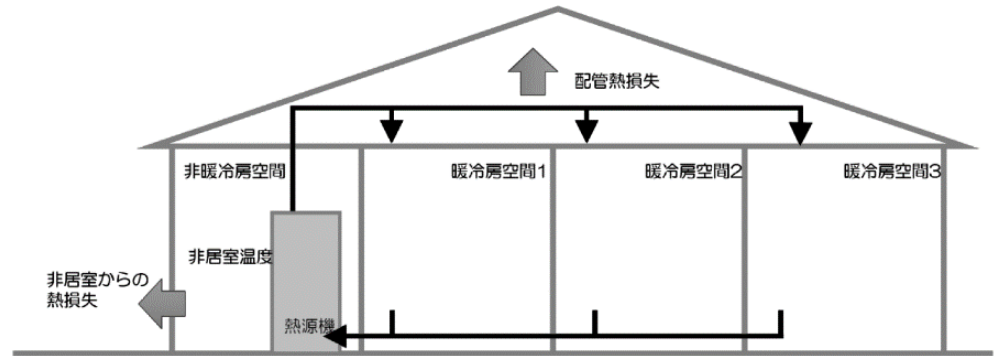
# 開発している要素



## すきま風の計算

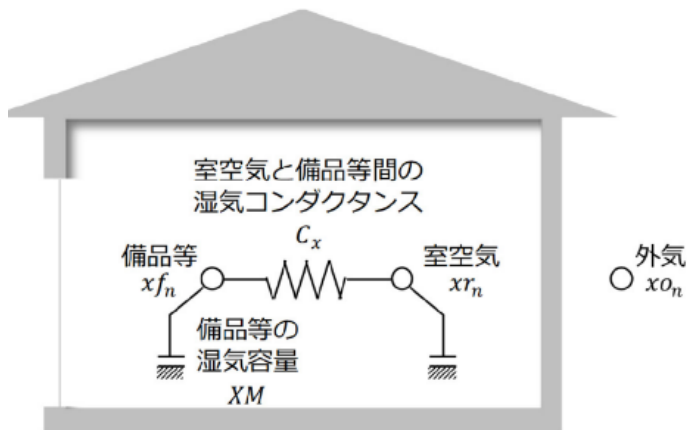


日射熱取得率の成分の分離

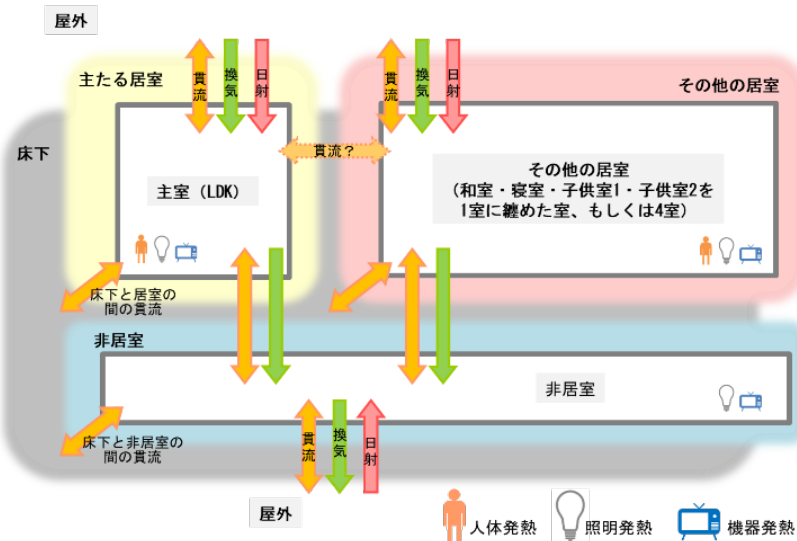


ダクト式セントラル空調の評価  
 室間の空気移動量のモデル化

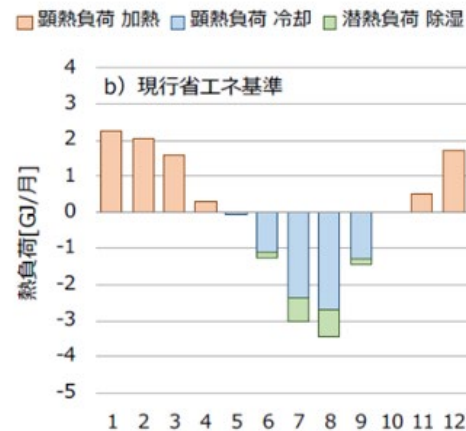
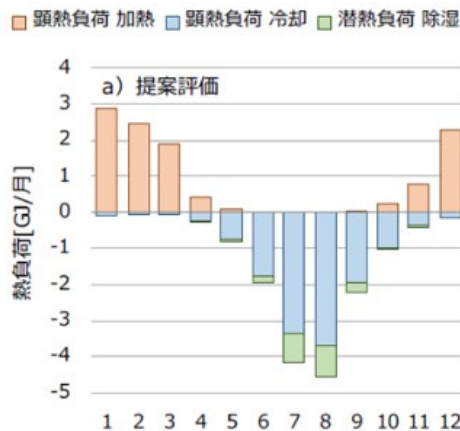
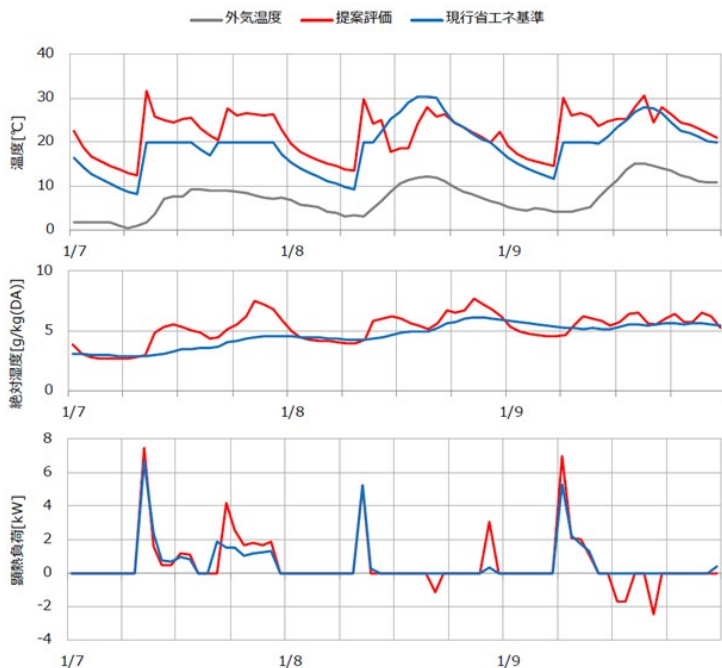
# 開発している要素



## 室内の備品等の熱容量・湿気容量のモデル化



## 計算の高速化



## アウトプット



# 成果の反映

ドキュメント化

Heat Load Calc  
latest

Search docs

注意事項  
負荷計算 (主要部分)

繰り返り計算 (温度と顕熱)

II. 根拠

繰り返り計算 (温度と顕熱)  
備品等  
計算期間  
傾斜面の方位角・傾斜角  
太陽位置  
形態係数から放射熱伝達率  
すさま風

Read the Docs v: latest

繰り返り計算 (温度と顕熱) [Edit on GitHub](#)

## 繰り返り計算 (温度と顕熱)

### II. 根拠

#### 1. 境界表面における熱収支

##### 1) 表面温度

ステップ  $n + 1$  における境界  $j$  の表面温度  $\theta_{s,j,n+1}$  は式(b1)~(b3)により表される。

$$\theta_{s,j,n+1} = \phi_{A0,j} \cdot q_{j,n+1} + \sum_{m=1}^M \theta'_{S,A,j,m,n+1} + \phi_{T0,j} \cdot \theta_{recar,j,n+1} + \sum_{m=1}^M \theta'_{S,T,j,m,n+1} \quad (b1)$$

$$\theta'_{S,A,j,m,n+1} = q_{j,n} \cdot \phi_{A1,j,m} + r_{j,m} \cdot \theta'_{S,A,j,m,n} \quad (b2)$$

$$\theta'_{S,T,j,m,n+1} = \theta_{recar,j,n} \cdot \phi_{T1,j,m} + r_{j,m} \cdot \theta'_{S,T,j,m,n} \quad (b3)$$

ここで、

ソースコード公開  
(MITライセンス)

Search or jump to... Pull requests Issues Marketplace Explore

Department of Environmental Engineering, Building Research Institute  
Japan

Overview Repositories (2) Packages People (4) Teams Projects Settings

Pinned

Customize your pins

DEE-BRI doesn't have any pinned public repositories yet.

Repositories

Find a repository...

Type

Sort

New

arccclimate Public



# 簡易暖冷房負荷計算の位置づけ

		多様な技術を評価できるか	
		できない	できる
複雑さ	複雑		一般的な暖冷房負荷計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は多い</li> <li>・計算スピードは遅い</li> <li>・厳密である</li> <li>・負荷計算ソフトにもよるが、暖冷房設備の評価はある程度自由にできる</li> </ul>
	簡単	建築物省エネ法における方法 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は少ない</li> <li>・計算スピードは速い</li> <li>・一般的な暖冷房手法を評価するには十分</li> <li>・より高度な暖冷房設備や計画には対応できない</li> </ul>	今回開発する暖冷房負荷計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>・入力項目は建築物省エネ法における入力項目と同程度</li> <li>・計算スピードは速い</li> <li>・より高度な暖冷房設備を評価する場合のみ入力項目を増やすことである程度自由に暖冷房設備を評価することが可能</li> <li>・入力項目を減らしたため、一般的な暖冷房負荷計算との計算結果には乖離が生じる。</li> </ul>