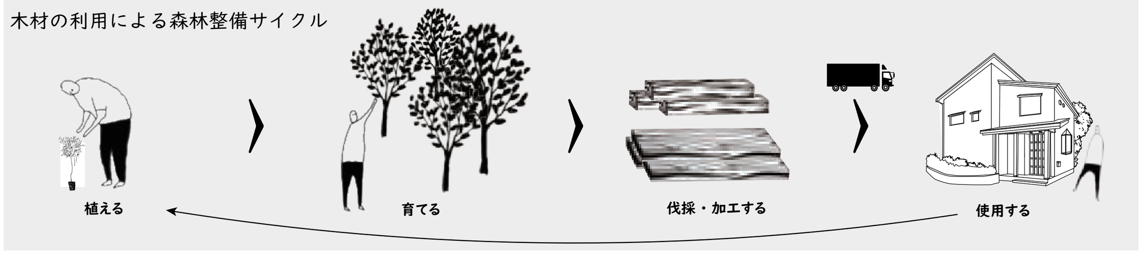
# 門層の家

## 1 背景～地域と環境へのアプローチ～

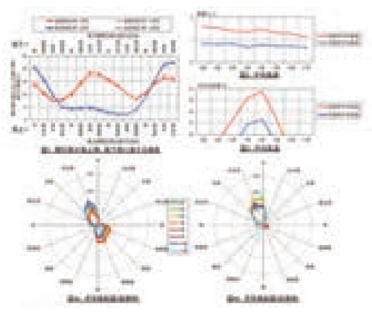
### 1.1 地域部材の活用と CLT を用いる意義



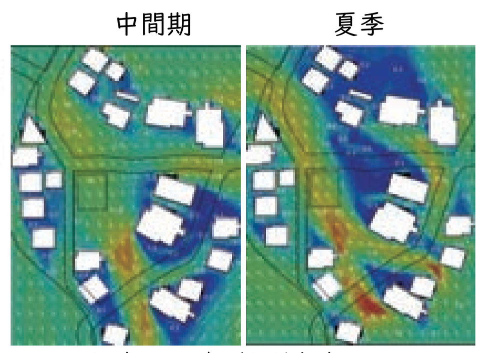

岡山県真庭市では、木材供給が多く、森林整備が課題である。森林は利用しないと荒れてしまうために、地域では木材の利用を積極的に推進し、維持管理を行っている。CLT による建築は、従来の木造建築より使用木材量が多く、国内の伐採期を迎えた森林資源を有効活用可能である。森林資源を有効活用することで、適切な森林整備がされるとともに、将来にわたる木材の利用が可能になる。

以上の背景から岡山県真庭市では新たな建築資材として需要が期待される CLT の普及を図り、県産材の需要の創出と林業の成長産業化を図ることを目的として、様々な支援制度を整備し、CLT の普及を推進している。しかし CLT 建築は、公共建築物で多く施工がされているが、住宅の施工実績はほとんどない現状であり、今後の住宅建築の発展を先駆ける案を提案する。

### 1.2 現状解析～風解析～



風配図と平均気温



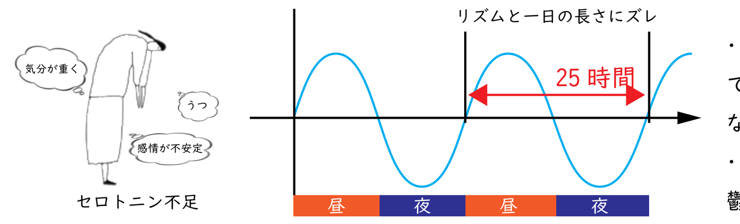

風速 1.5m/s 観測点高さ 6.5m

敷地の環境ポテンシャルを把握するため、現状の風解析を行った。

- 中間期は北北西、夏季は南南東から卓越風が吹く。
- 平均風速は約 1.5m/s

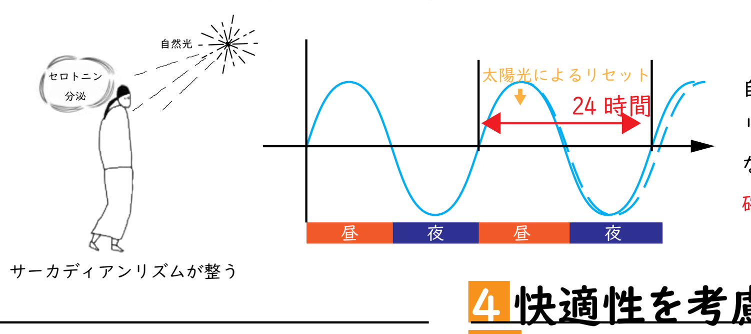
### 1.3 自然光の重要性～健康へのアプローチ～

太陽光を浴びない場合




- 人はサーカディアンリズムに順応した遺伝子を持っているが、その周期は 24 時間でなく 25 時間の周期になっている
- セロトニンというホルモンが不足することが原因で、鬱が発症しやすくなると報告

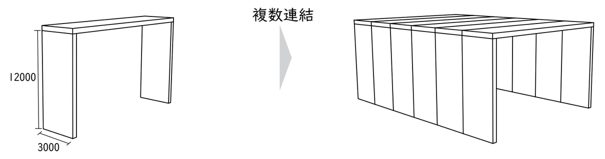
日中に太陽光を浴びる場合




自然光のもとで生活を送ることで、サーカディアンリズムが整い、セロトニンが分泌され、快適で健康な生活を送ることが可能。自然光により必要照度を確保することで健康な生活が送れる。

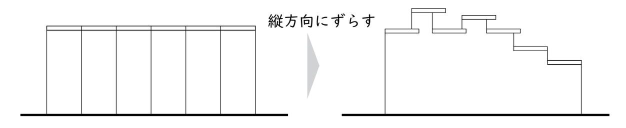
## 2 ダイアグラム

step1 CLT 門型構造を連結



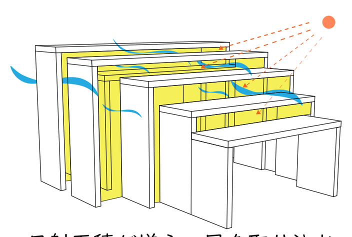

- 構造的に独立した CLT 門型構造
- 施工性を考慮しパネルの最大面積の決定

step2 縦にずらし冬季 / 中間期の日射を取り込む



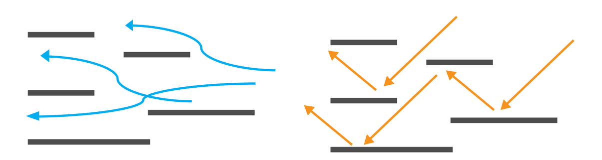

- 夏の日射を遮り、冬季 / 中間期の日射を取り込む
- 熱だまりを換気する構造のズレ

step3 横にずらし風と光を取り込む



日射面積が増え、風を取り込む

step4 風と光を室内に巡らせるスキップフロア

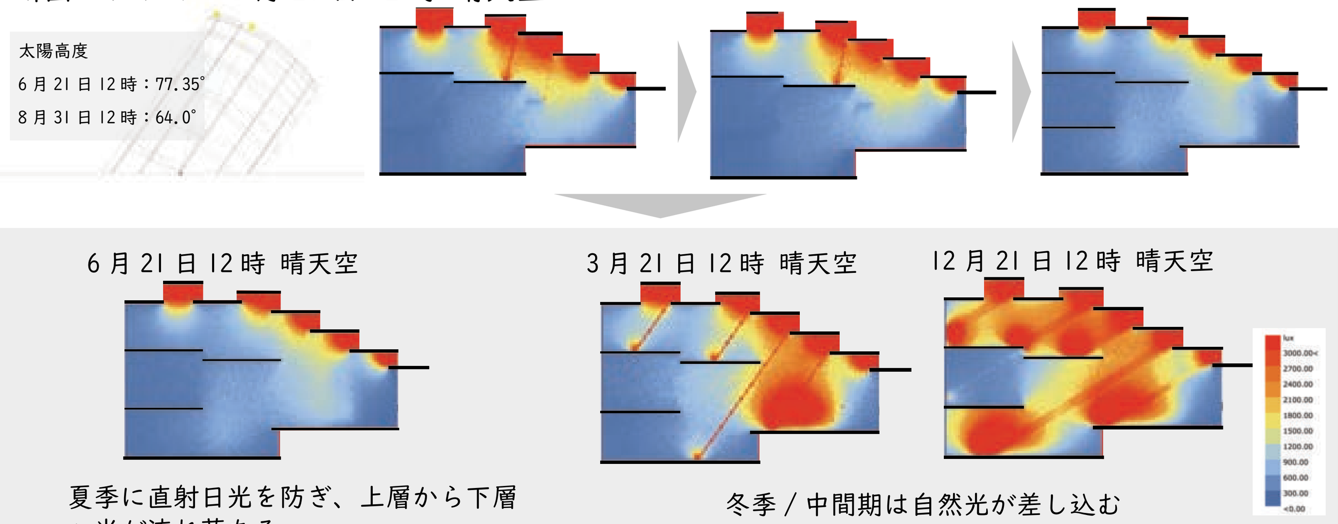


光と風が室全体へ届く

## 3 門型構造とスラブ配置の決定～パッシブエネルギーを最大限利用する形状の模索～

### 3.1 縦方向のズレの調整

断面スタディ　6 月 21 日 12 時 晴天空



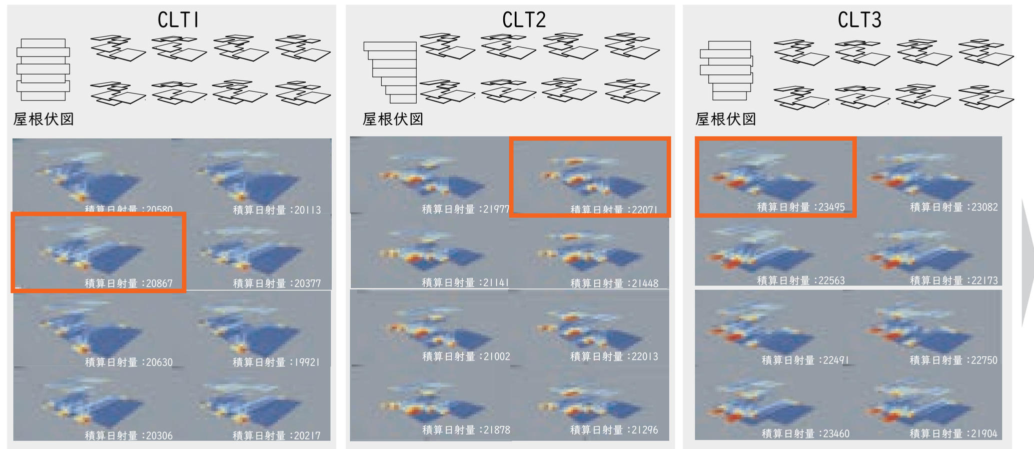

夏季に直射日光を防ぎ、上層から下層へ光が流れ落ちる

冬季 / 中間期は自然光が差し込む

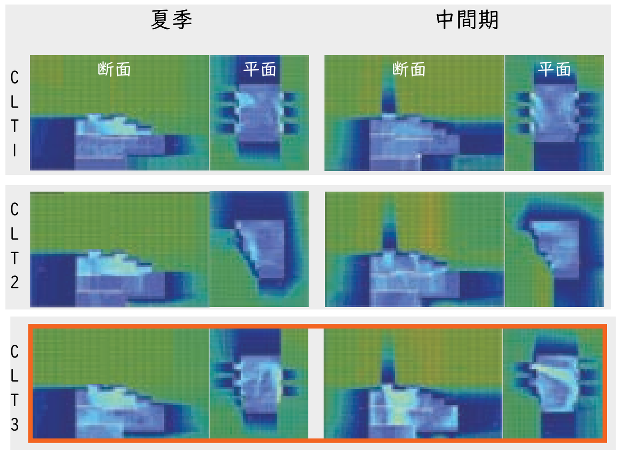
サンパスの太陽高度を参考に縦方向のズレの調整を行うことで、夏は直射日光を防ぎ、中間期 / 冬は日光を効率よく取り入れる形状を模索した（2 章 step2 が対応）。

### 3.2 室内に風と光を取り込む「横」方向のズレと、スキップフロアの検討

step1 自然光を多く取り入れるパターンを選び出す




step2 風解析から 1 つの組み合わせに絞る

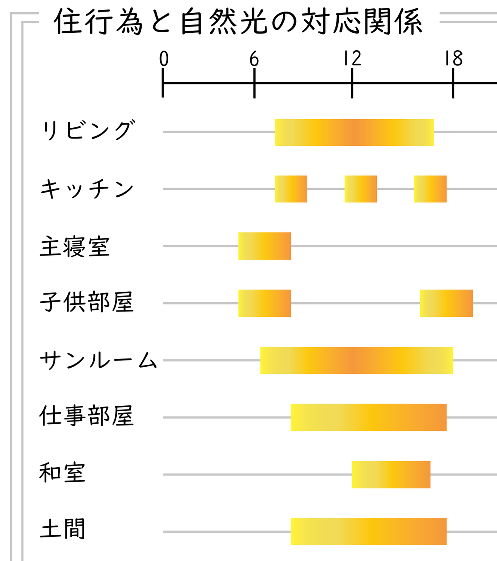



CLT 門型構造 3 種類、スキップフロア 8 種類を組み合わせた計 24 パターン用意し、一年間の積算日射量を求めることで、自然光を効率良く取り込む形状をスタディした。その後、各 CLT パターンから積算日射量の多い形状を選び出し、中間期 / 夏季における風解析を行うことで、パッシブエネルギーを最大限利用可能な組み合わせ（形状）を最終的に一つ選び出した（2 章 step3, step4 が対応）。

## 4 快適性を考慮した光環境の検討～健康や利便性～

### 4.1 快適性～住行為から導く必要照度～

住行為と自然光の対応関係



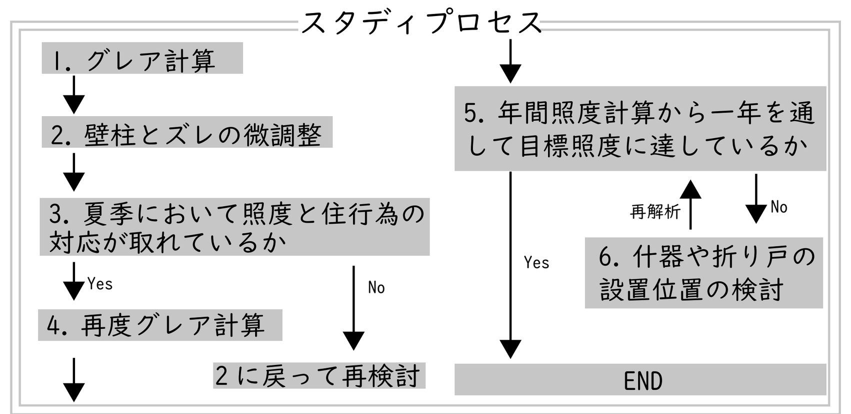

| 住行為 | 目標照度 (lx) |
|---|---|
| リビング | 800 ～ 1000 |
| キッチン | 500 |
| 主寝室 | 1500 |
| 子供部屋 | 1500 |
| サンルーム | 1500 ～ 2000 |
| 仕事部屋 | 300 |
| 和室 | 900 |
| 土間 | 1500 |

目標照度のイメージ

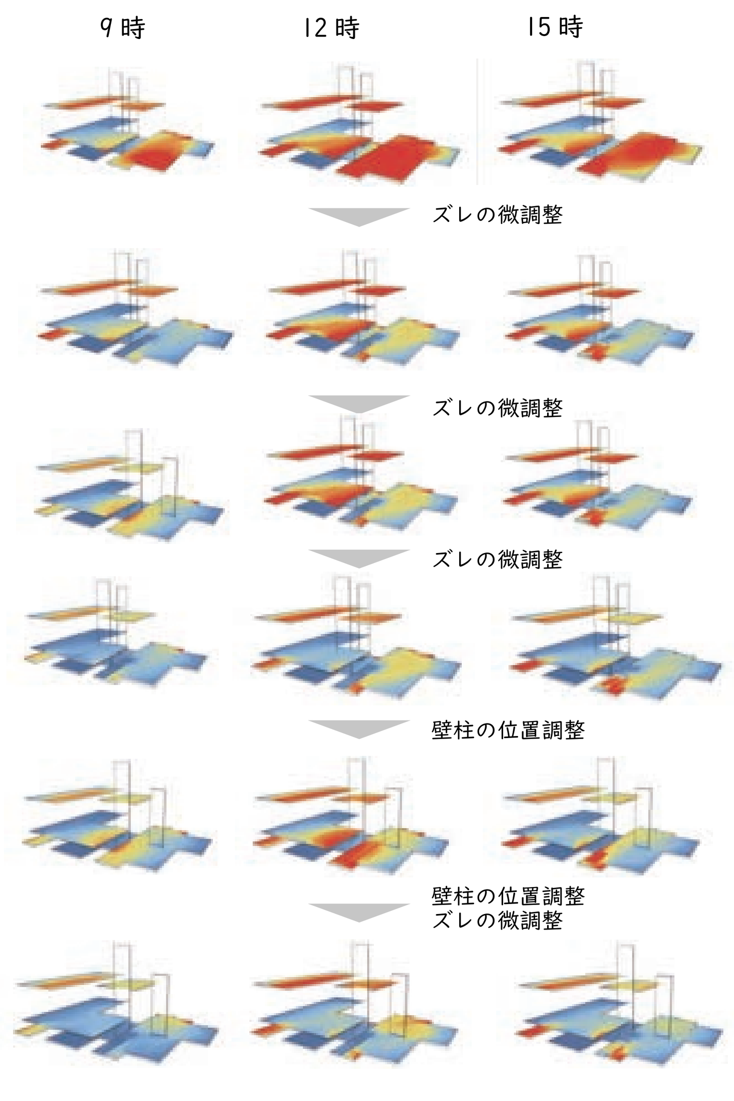
主寝室・子供部屋
・・・暖かい光を浴びて目覚める
サンルーム・土間
・・・一日を通して明るい
仕事部屋
・・・PC 作業がしやすい落ち着いた照度
リビング・和室
・・・適度な明るさ

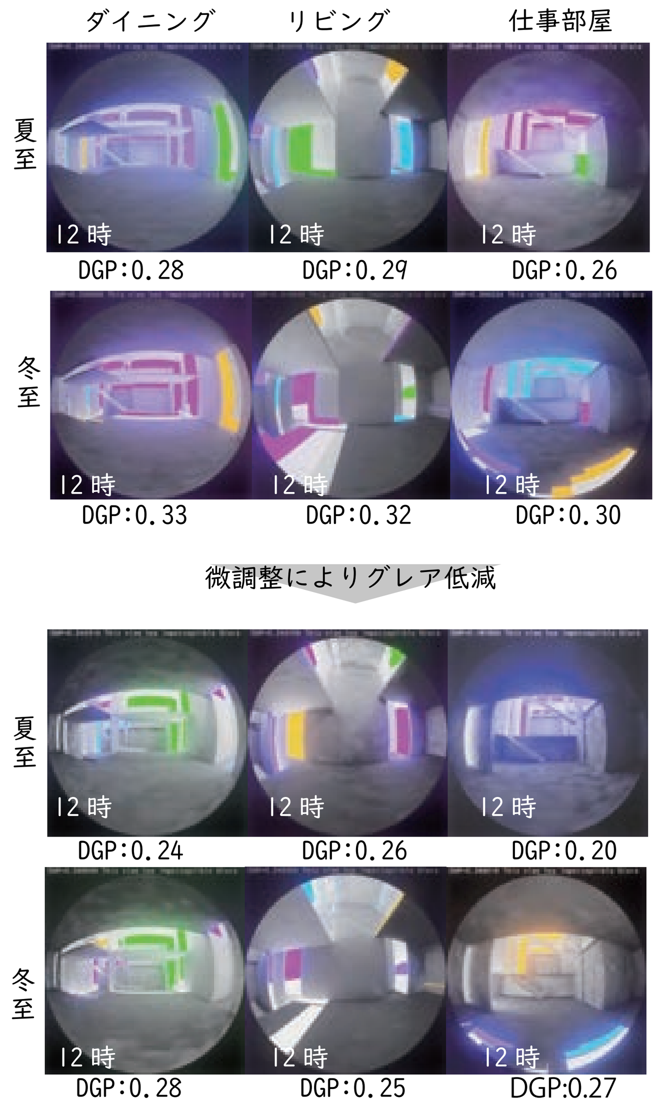
3 章までの検討で、地域部材を利用し、パッシブエネルギーを効率よく利用する建築を組み立てた。ここからは「健康」へのアプローチ、利便性や快適性を考慮して詳細の検討を進める。最初に、日中どの時間帯に自然光が、どの程度差し込む必要があるか、住行為と対応させてアウトプットした。

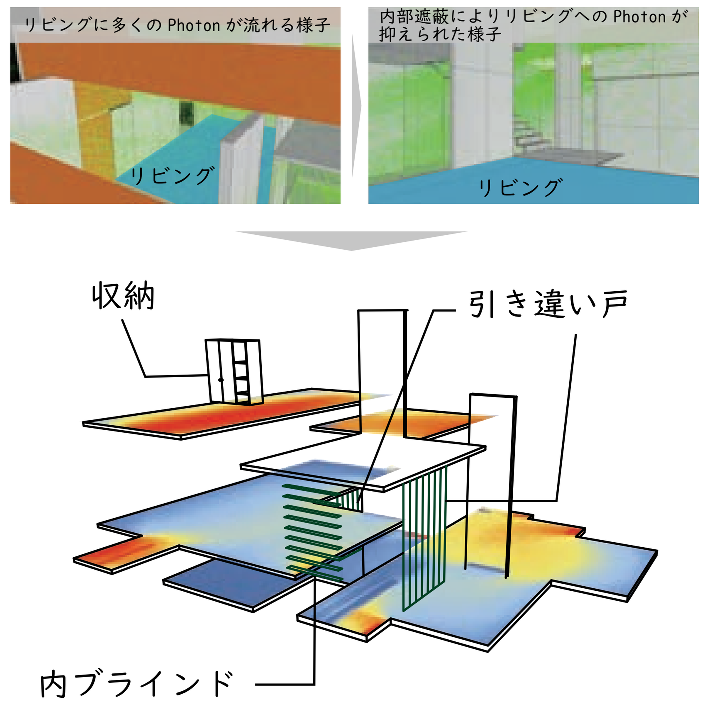
### 4.2 快適性を考慮したズレの微調整




解析と並行してゾーニングを検討した。前節の住行為と目標照度を対応させるため解析を回しながら壁柱の設置位置の検討とズレを微調整を行った。特に長期間滞在する室においてはグレアを計算し考慮した。

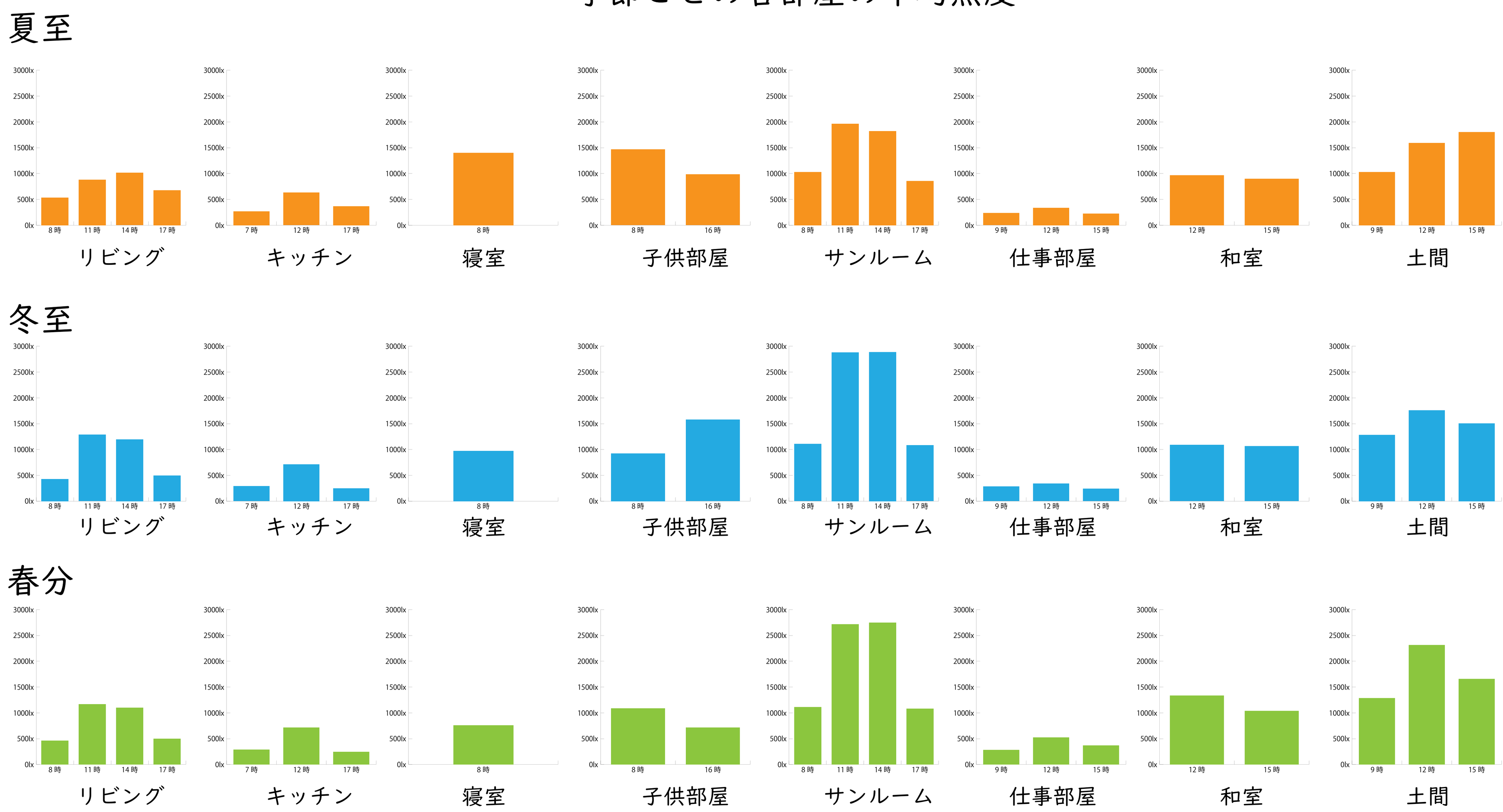


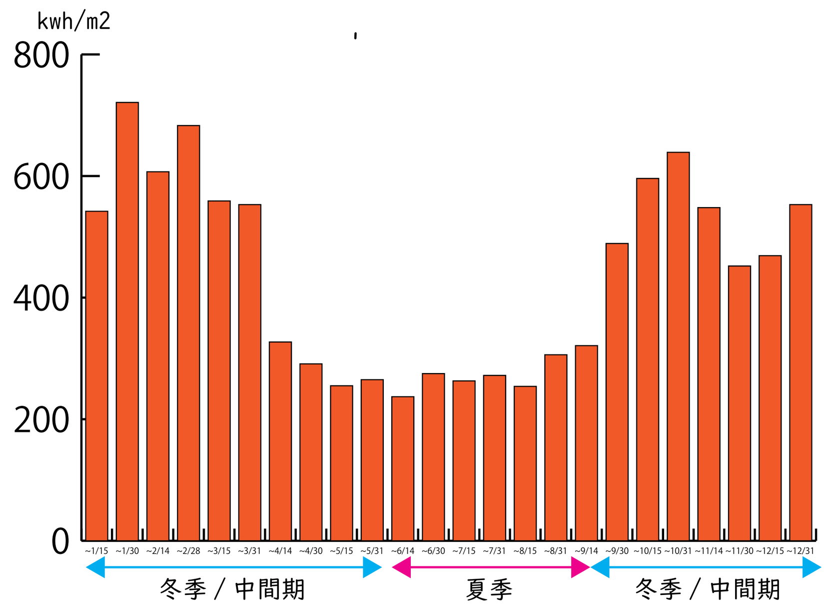




構造のズレによる光環境のスタディと並行してゾーニングを決定した。夏の日射を防ぎ、冬季、中間期は多くの日射を取り込む構造のため、季節と時間帯によっては照度が非常に高くなる場所が出てくる。そのような室においては、開閉可能な引き違い戸、内ブラインド、什器を設置することで、照度を目標値に収めた。
しかし照度分布は光の流れた結果のみを表し、過程は読み取れない。そこで光の流れた過程を「Photon」により三次元的に記述した。それにより、光の寄与の大きい光源を可視化し、効率よく内部遮蔽が可能な位置を決定した。

季節ごとの各部屋の平均照度



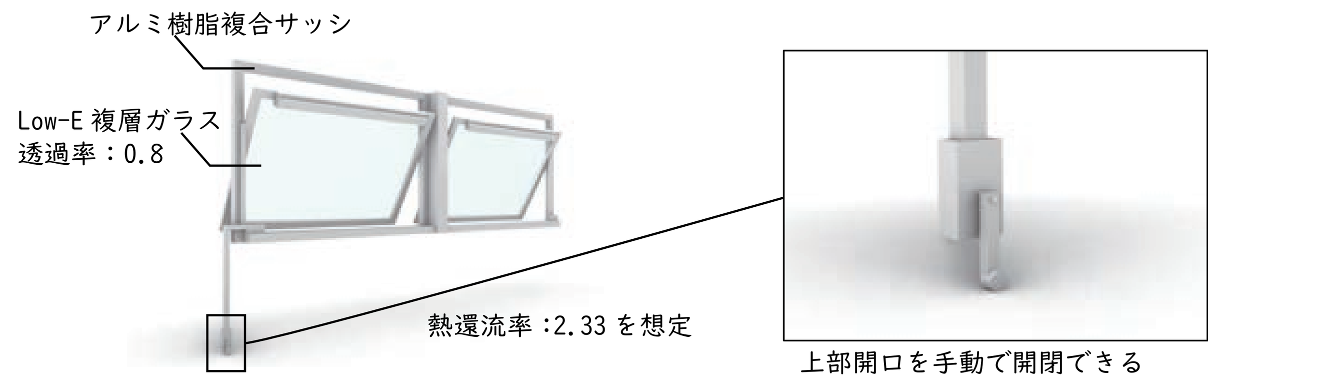

半月ごとの積算日射量

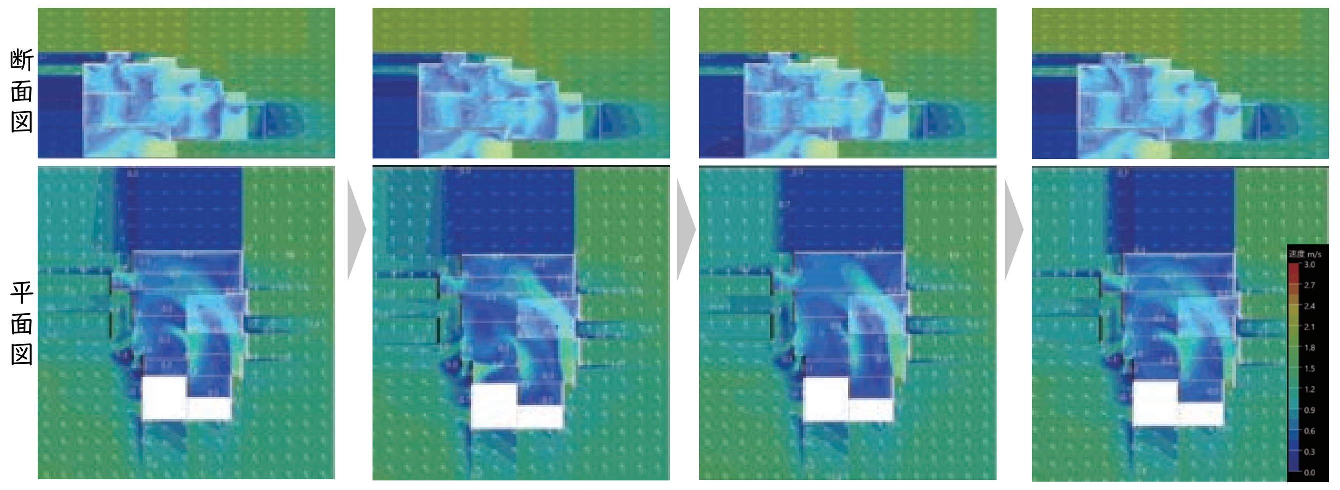



最後に、全ての床面を解析対象に設定し、半月ごとに積算日射量を求めた。夏季期間は日射が室内に入るのを防ぎ、冬季・中間期においては多くの日射を室内に取り込んでいることが分かる。以上の操作により、住行為に合わせた快適な光環境を年間において実現できるように調整をした。

## 5 快適性と利便性を考慮した通風検討

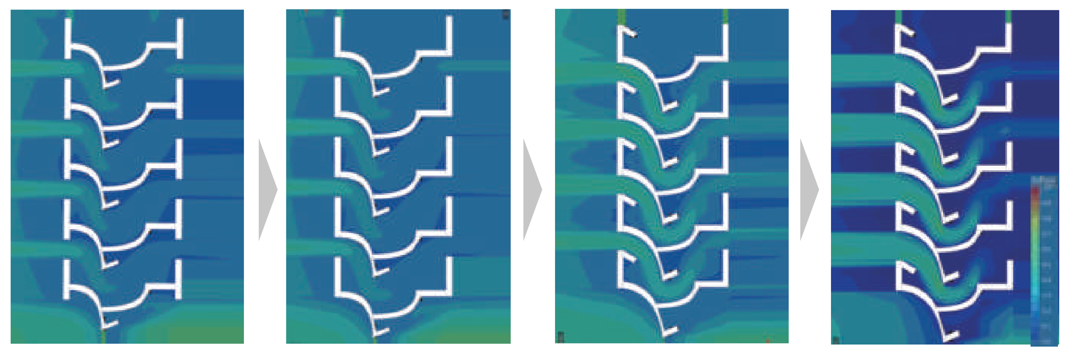
### 5.1 利便性を考慮した回転開閉窓の設置位置の検討



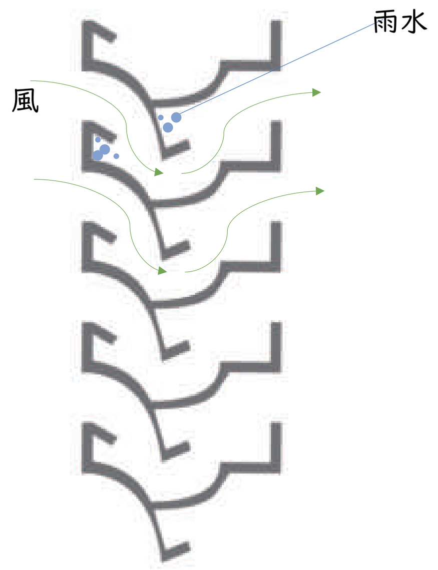

ここまでは、通風の検討において、すべての窓を開口圧損として風解析を行い、室内の風の流れを検討した。しかし、窓面すべてを開閉することは現実的では無く、特に上部開口は、開閉することが困難である。ここで、簡易に窓を開閉可能な「回転開閉窓」を設置し、利便性を向上させる。最小限の開閉で、通風環境を整備できるよう、設置位置のスタディを行った。

### 5.2 自然換気性能を向上するガラリの検討



室内換気性能を向上するガラリ形状を風解析を用い検討した。

採用したガラリ断面



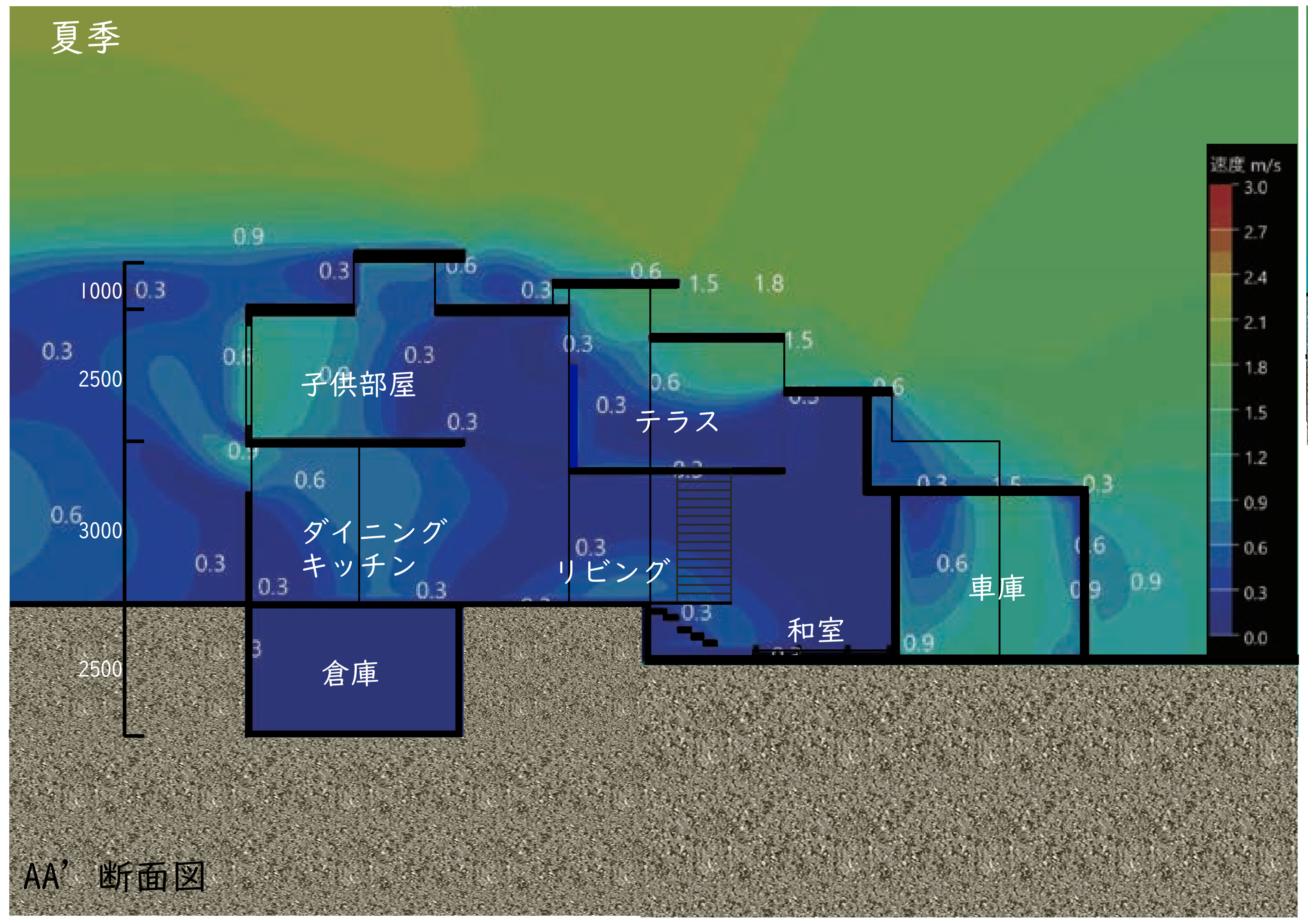

換気回数、風速、有効開口率を因子として、ガラリ窓の設置面積を検討

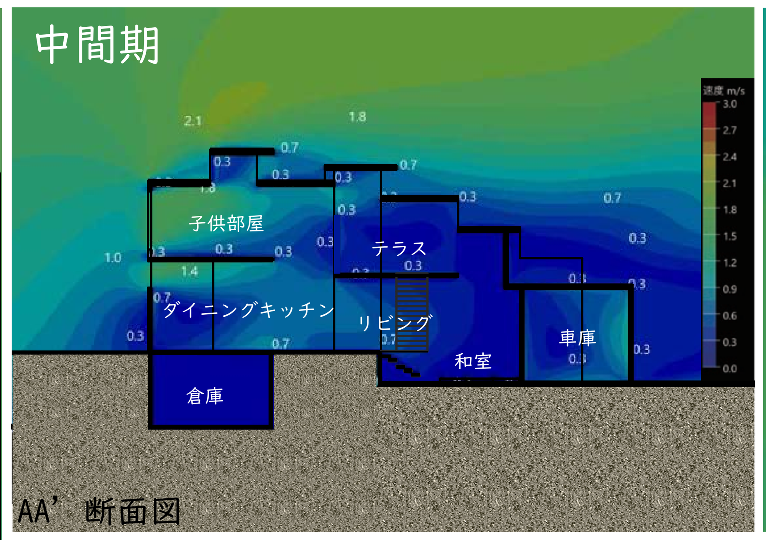
開口面積 [A]＝
1 時間当たりの必要換気量 (m3/h) ÷ (3600× 風速 (m/sec)× 有効開口率 )

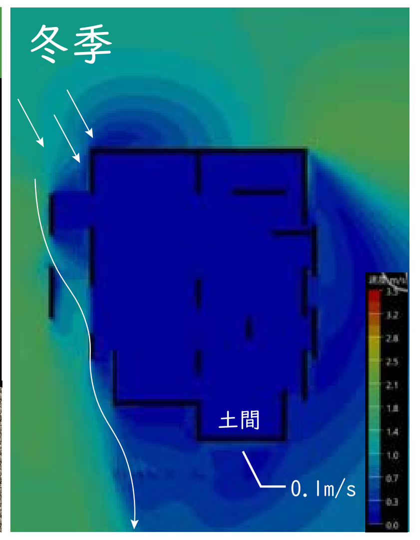
開口面積 [A]=
1320(m3)*0.5( 換気回数 )/ (3600*0.5(m/s)*0.5(%))
=0.632(m2)

ガラリの設置面積の決定

## 7 断面図〜風解析〜



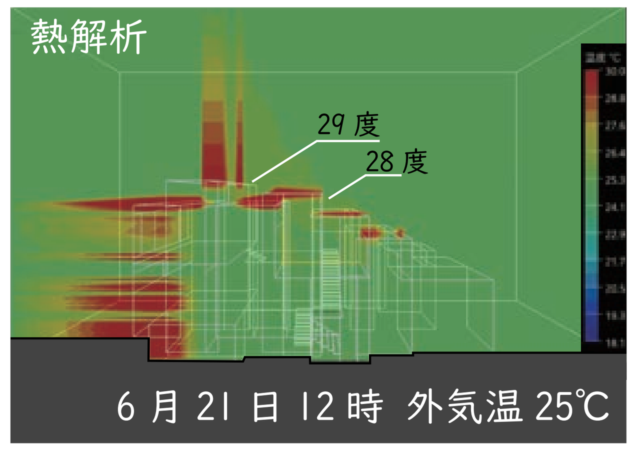

風速表

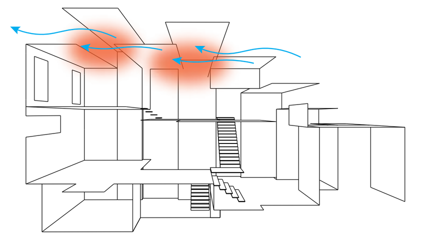
| | |
|---|---|
| リビング | 0.3 〜 0.6m/s |
| ダイニング キッチン | 0.4 〜 0.6m/s |
| 仕事部屋 | 0.1 〜 0.2m/s |
| サンルーム | 0.5 〜 1.0m/s |
| 和室 | 0.1 〜 0.2m/s |
| 子供部屋 | 0.4 〜 0.6m/s |

サンルームなどを除き、ほぼすべての空間において、風速 0.1m/s 〜 0.6m/s となり、快適な室内環境を実現できた。
また冬季の風向の風下側に土間を配置し、風解析を回しながら車庫の構造を工夫することで、玄関口に冷たい風が吹きこまないように工夫した。

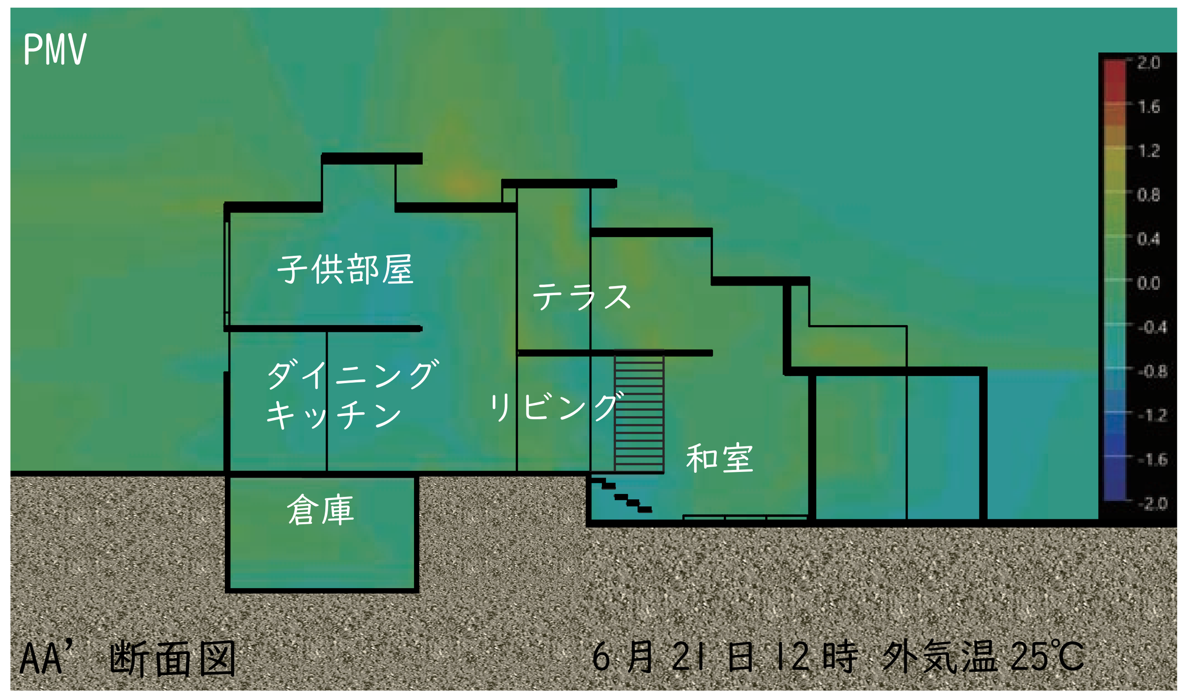
## 6 温熱環境検討

### 6.1 夏季

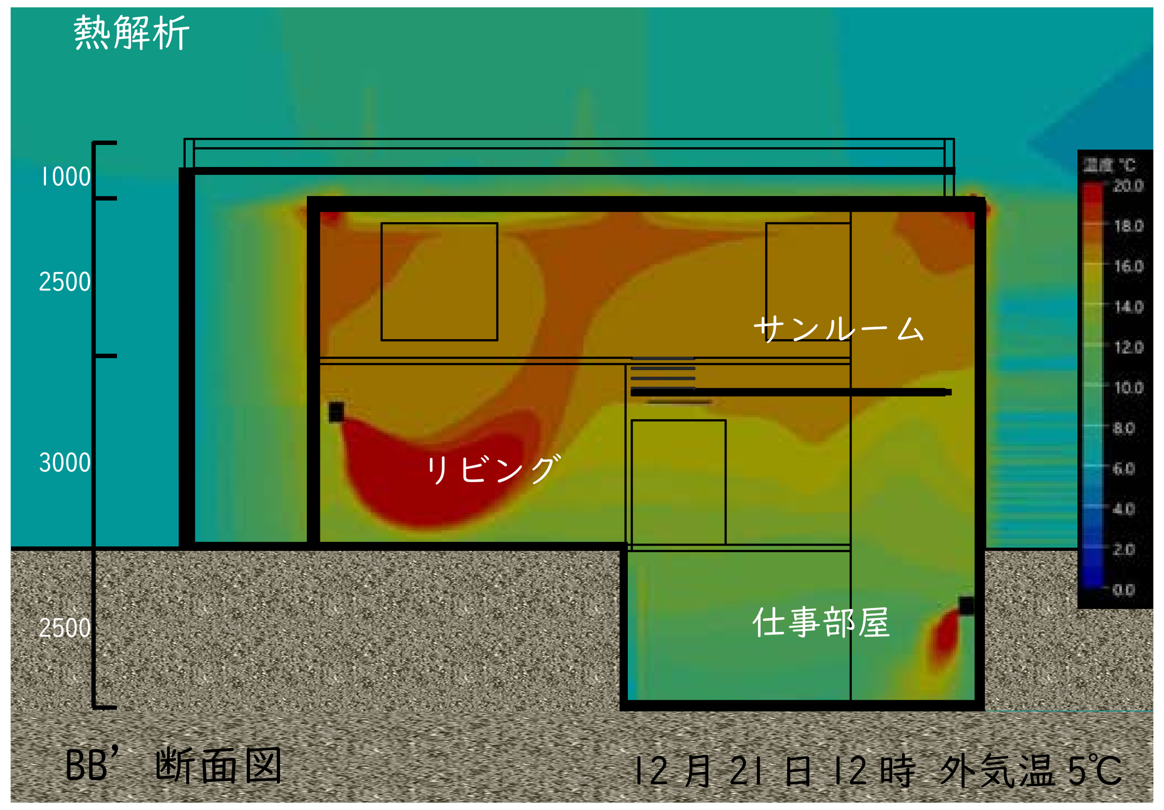


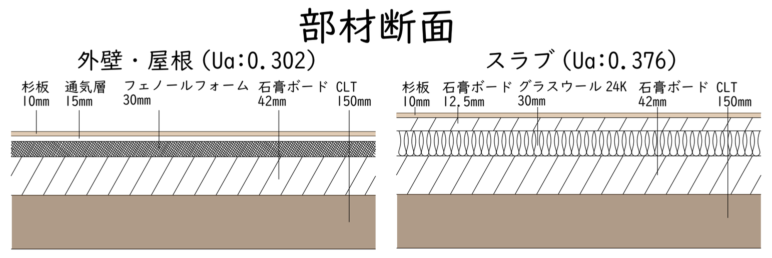
上部に熱だまりができ、風が流れ、暖かい空気が外へ押し出される




### 6.2 冬季

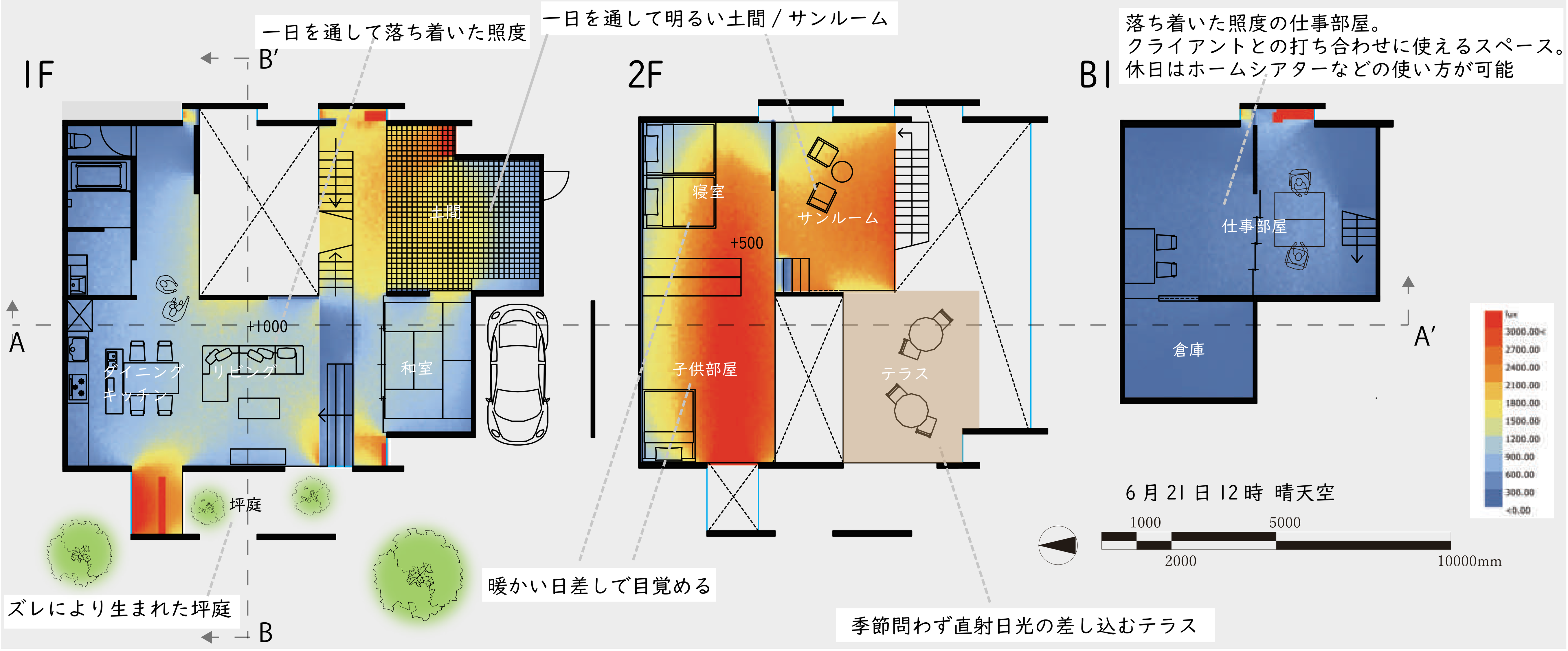



部材断面




4 章にて構造を調整する際、部材の検討と熱還流率の計算も並行して進め、スラブや壁を左のように設定することで本住宅の熱還流率は 0.54 となった。そして、解析を回しながら暖房の検討することで、暖房の設置位置と吹き出し温度を最終的に決定した。

## 8 平面図



# 説明パネル

## 課題内容

課題：自営業のデザイナーとその家族の個人住宅を設計する。
敷地設定：自由。本設計では、コロナ禍を経て地方移住に追い風が流れる背景と、地方の課題の両面から向き合い、敷地設定を行った。
家族構成：3 人家族
夫・・・デザイナー。自宅を事務所として利用し、クライアントや同業者と自宅で打ち合わせすることも多々ある。
妻・・・専業主婦。
子・・・近所の小学校に通う 7 歳の男の子。

柳川　和慶
東京理科大学　理工学部
建築学科
学部四年
建築光環境工学専攻


## 解析条件

### 光解析条件

光環境シュミレーションプログラムである Radiance を用いて行い、また Rhinoceros、Grasshopper 上でシュミレーションを行うためのプラグインツールである Ladybug,Honeybee を使用した。

◆照度・グレアの解析条件
・CIE 標準晴天空
・解析日時 :6 月 21 日 ( 夏季 )、12 月 21 日 ( 冬季 )、3 月 21 日 ( 中間期 )
・屋根 : 反射率 0.7、壁 : 反射率 0.5、床 : 反射率 0.2、ルーバー : 反射率 0.7、窓 : 透過率 0.8
・照度算出点 : 高さ 750mm( 机上面 )
・照度算出グリッド :200×200mm
・パラメータ :-dp 64 -ds 0.5 -dt 0.5 -dc 0.25 –dr 0 –st 0.85 –lr 4 –lw 0.05 -ab 3 -ad 512 -as 128 –ar 16 -aa 0.25

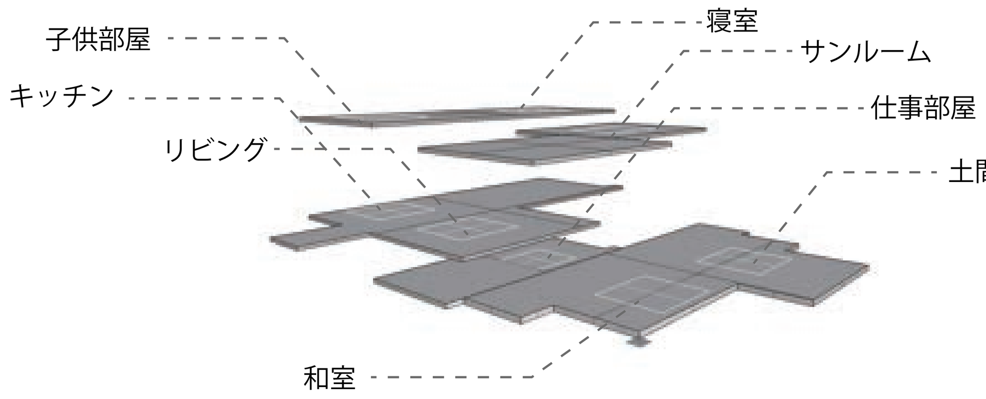
◆Photon による三次元記述
光の流れる過程を光子 (Photon) により記述したものを「Photon Flow」と呼ぶ。Photon Flow は Volume photon map のアルゴリズムを応用し、光の分布を表現したものである。
計算プログラムには、光環境シミュレーションプログラム Radiance に、R. Schregle によって実装されたプログラムを用いた。
・使用したコマンド

```
#photon map を作成
mkpmap -apo- port_*** -apV vpm/***.vpm 1m -me .01 .01 .01 -ma 1 1 1 -mg 1 -apD .001 -fo -t 5 -n 8 oct/***.oct
#Photon Flow 作成
pmapdump -a -n 1m vpm/***.vpm > xyz/***.xyz
```

・上記オプションの説明
#mkpmap:Photon Map を作成するコマンド
#mg: 光の進行方向。1 だと入射方向と同じ向きにそのまま進む。
#ma: 吸収される光の割合。1 だと全く吸収されない。
#me:Photon がどれくらいの間隔で光線上で格納されるのかを決定するパラメータ。モデルによって変える必要がある。
#me は小さいほど精度が高く照度を求めることができる。
#fo: 既に出力されている Photon Map を上書きできる設定。
#apD: 光線をあらかじめ飛ばしてモデルの位置を確認するためのパラメータ。
#t: 計算のログを記録するオプション。
#n: 計算に使用するコア数を決めるオプション。

#pmapdump:Photon Map に格納された Photon を点群データとして出力するコマンド。
#a: 点群データとして出力するために必要なオプション。
#f: 床などの色を拾うためのオプション。
#n: 幾つの Photon を点群データとして出力するかを決める。

◆平均照度算出
下記の図の通り、2000×2000 のサーフェイスを各部屋に設置をし、上記パラメータを用い照度計算を行い、各時間ごとに平均照度を求めた。

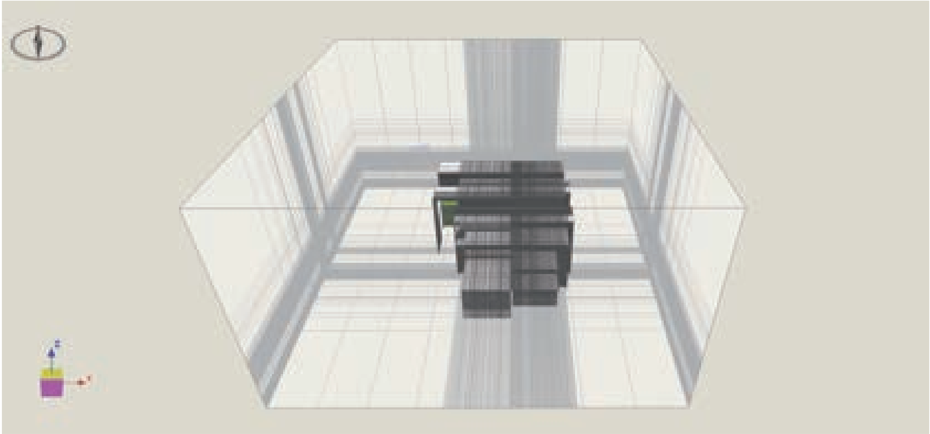



### 風解析条件

シミュレーションプログラムである FlowDesigner を用いて、敷地の風環境の把握、および外皮形状やスラブ配置、ガラリの検討等を行った。

◆解析条件
・解析モード：定常解析
・乱流：高レイノルズ数型 /k- ε モデル
・収束判定条件：-3.5
◆外気条件
・観測地点：岡山県真庭市
・対象区域：郊外住宅地
・風向き　：南南東（夏）
　　　　　　北北西（中間期・冬）
・風速：1.5m/s（夏・中間期・冬）
・観測点高さ：6.5m

◆解析領域（m）
31.574(x)×31.22(y)×20(z)
◆メッシュ（最終モデル）
・総要素数：1000000
・最小メッシュ幅：0.01m



### 温熱環境解析条件

◆解析条件
・解析モード：定常解析
・乱流：高レイノルズ数型 /k- ε モデル
・収束判定条件：-3.5
◆外気条件
・観測地点：岡山県真庭市
・対象区域：郊外住宅地
・風向き　：南南東（夏）
　　　　　　北北西（中間期・冬）
・風速：1.5m/s（夏・中間期）
　　　　疑似無風状態 ( 冬 )
・観測点高さ：6.5m
・外気温：25°( 夏季 )
　　　　　5°( 冬季 )
◆解析領域（m）
31.574(x)×31.22(y)×20(z)
◆メッシュ（最終モデル）
・総要素数：1000000
・最小メッシュ幅：0.01m
◆設定
・輻射解析
・日射解析 ( 気象データ (epw 形式 ) を利用する / 散乱日射を考慮する / 天空放射冷却を考慮する )
・快適性指標解析 ( 湿度 40%/met 1.2/clo 0.6)

◆境界条件
壁・屋根の物性値設定：密度 206(kg/ ㎥)、比熱 1449(J/(kg・K))、熱伝導率 0.067(W/(m・K))、吸収率 0.9、反射率 0.1、日射吸収率 0.5、日射反射率 0.5、厚さ 0.237(m)
※密度や比熱は「6.2 冬季」にて記した部材をもとに求めている。

床の物性値設定：密度 195(kg/ ㎥)、比熱 1435(J/(kg・K))、熱伝導率 0.088(W/(m・K))、吸収率 0.9、反射率 0.1、日射吸収率 0.5、日射反射率 0.5、厚さ 0.2345(m)
※密度や比熱は「6.2 冬季」にて記した部材をもとに求めている。

窓の物性値設定：密度 2500(kg/ ㎥)、比熱 753(J/(kg・K))、熱伝導率 1(W/(m・K))、吸収率 0.8、反射率 0.2、日射吸収率 0.183、日射反射率 0.29、厚さ 0.006(m)
※熱還流率 2.33 となるように厚さを設定

階段 ( 杉 ) の物性値設定：密度 300(kg/ ㎥)、比熱 1300(J/(kg・K))、熱伝導率 0.06(W/(m・K))、吸収率 0.9、反射率 0.1、日射吸収率 0.5、日射反射率 0.5、厚さ 0.1(m)
◆暖房の吹き出し温度計算
Q=［Σ(U・A・ΔT)］+C・ρ・Vvent・(20-5) から
壁 =0.302［W/ ㎡ K］*347.8[ ㎡ ]*20[K]=2100.7[W]
窓 =2.33［W/ ㎡ K］*92.3[ ㎡ ]*20[K]=4301.1[W]
床 =0.376［W/ ㎡ K］*164.9[ ㎡ ]*20[K]=1240.0[W]
屋根 =0.302［W/ ㎡ K］*154.3[ ㎡ ]*20[K]=931.9[W]
合計 =8976.7[W]　　換気：1006[J/kg・K]*1.2[kg/m3]*(1/60)[m3/s]*(20-5)[K]=402[W]

U：熱貫流率、A：外皮面積 ΔT：室温 - 境界外の温度 C=1006 [J/kg・K]、ρ=1.2 [kg/m3]、Vvent：換気風量 [m3/s]

エアコンを二台設置するとして、
エアコンの投入熱量 Q＝C・ρ・V・（T 吹出ー T 吸込）[W]
V：風量 [m3/s] に換算した値（ここでは、エアコンの定常状態の風量を 8m3/min と仮定）
⇒T 吹出＝44.9 度となるから 1 台あたりのエアコン吹出温度 45 度とする。

## 参考


大型木質パネルを用いたユニット型居住空間の構法計画に関する研究 2020 青島啓太
CLT 建築物の設計ガイドブック 愛媛県 CLT 普及協議会
ＣＬＴ建築物等普及促進委託事業のうちＣＬＴの性能データ収集・分析 平成２８度 林野庁委託事業