

1.	事業目的と概要	1
1.1	目的	1
1.2	実施体制	2
1.3	調査概要	3
1.3.1	平成 28 年度	3
1.3.2	平成 29 年度	4
1.3.3	平成 30 年度	4
1.4	実施スケジュール	6
2.	熱負荷計算法の簡易化	7
2.1	目的	7
2.2	現行省エネルギー基準 WEB プログラムにおける熱負荷計算法	8
2.3	熱負荷計算法に求められる事項	9
2.4	室温・熱負荷計算の高速化手法に関する検討	9
2.4.1	はじめに	9
2.4.2	計算高速化手法	10
2.5	代表的な室温・熱負荷計算方法の特性比較	12
2.6	表面温度応答係数を用いた熱負荷計算	12
2.6.1	はじめに	12
2.6.2	室温・顕熱負荷の計算	13
2.6.3	湿度・潜熱負荷の計算	21
2.7	熱負荷計算に必要な各種設定条件の検討	23
2.7.1	固定公比法による応答係数計算法の検討	23
2.7.2	固定公比法を用いた壁体の集約	41
2.7.3	定常状態から計算を開始する方法	49
2.7.4	設置家具の計算法	49
2.7.5	地面反射率、外表面の日射吸収率・長波放射率の設定	58
2.7.6	土壌への熱損失の計算法	58
2.7.7	土間コンクリート下の土壌境界条件と深さの検討	65
2.7.8	透過日射の室内部位への吸収比率のモデル化	82
2.7.9	部位表面間の長波放射計算法	87
2.7.10	部位の人体に対する放射割合	92
2.7.11	窓の開閉、空調の発停の決定	95
2.7.12	機器特性を考慮した潜熱計算モデルの検討	98
2.7.13	備品等の湿気容量と室空気間の湿気コンダクタンス	105
2.7.14	空調の設定温度	106
2.8	住戸単位で有効熱容量を算定する方法に関する検討	110
2.8.1	はじめに	110
2.8.2	定式化	110

2.8.3	試計算	113
2.9	省エネ基準における湿度の目標値に関する調査結果	117
2.9.1	はじめに.....	117
2.9.2	住宅の室内湿度環境に関する基準.....	117
2.9.3	池田耕一:室内空気汚染の原因と対策	117
2.9.4	各種規格・基準	118
2.9.5	国内外の各基準における湿度の取り扱い	122
2.10	各種省エネ技術の評価法・モデル化の検討	122
2.11	提案評価と現行省エネ基準の比較.....	124
2.12	まとめと今後の課題	131
2.12.1	まとめ	131
2.12.2	今後の課題	132
3.	入力情報簡易化に関する検討	134
3.1	目的	134
3.2	熱負荷計算に必要な情報の整理.....	136
3.3	簡易熱負荷計算用の建物モデル	138
3.3.1	建物モデルの簡略化.....	138
3.3.2	床断熱・基礎断熱の扱いに関する整理.....	138
3.4	基準値計算用住戸の設定	141
3.4.1	基準値計算用住戸の概要.....	141
3.4.2	基準値計算のための住宅モデル.....	141
3.4.3	基準値計算用の住宅の部位ごとの外皮性能	146
3.4.4	基準値計算用住戸の外皮性能.....	153
3.5	簡易化された入力情報の推定方法.....	155
3.5.1	推定方法案の概要.....	155
3.5.2	推定方法案の詳細.....	156
3.5.3	部位の U 値から壁体構成を決定する方法.....	175
3.5.4	壁体構成中の材料の容積比熱の決定方法について	176
3.6	まとめと今後の検討課題	181
3.6.1	まとめ	181
3.6.2	今後の検討課題.....	181
資料 1.	室内表面熱流／室外温度励振、室内表面温度応答の室温・熱負荷計算プログラム.....	182
資料 2.	室内表面熱流／室外温度励振、室内表面温度応答の室温・熱負荷計算仕様書.....	191

1. 事業目的と概要

1.1 目的

省エネ基準は、平成 25 年に断熱性能等に加えて設備で使われるエネルギーを総合的に評価する基準に見直しを行ったところである。一方で、建築的省エネ技術は多岐にわたり、例えば蓄熱利用や通風利用がその程度ではなく利用の有無のみで評価される等、未だ十分に評価されているとは言い難い。これらの技術、特に地域性を活かした省エネ技術の評価方法の確立に対する中小事業者からの要望は極めて多く、適切な評価を与え、普及・充実を図る必要がある。

本事業では、地盤蓄熱や躯体蓄熱、通風などの地域性を活かした省エネ技術を柔軟に評価するための土台とすべく、一定の計算速度を確保しながら暖冷房負荷を計算する簡易熱負荷計算法の開発を行い、エネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

本調査で実施している項目の全体フローを図 1.1.1 に示す。最右列の「熱負荷計算」において得られた条件に則り、時々刻々の室温、熱負荷を計算することとなる。この計算法を構築するのが「(イ)熱負荷計算の簡易化」である。また、熱負荷計算を実施するには現行省エネルギー基準の外皮評価よりも詳細な入力情報(例えば、室と室の間の内壁の仕様と面積)が必要となる。入力情報は詳細度合いによっていくつかのレベルを用意することを検討しており、少ない情報量で熱負荷計算を行うには省略した情報を補完する必要がある。この補間を行うのが「(ロ)熱負荷計算における入力情報の簡易化」である。

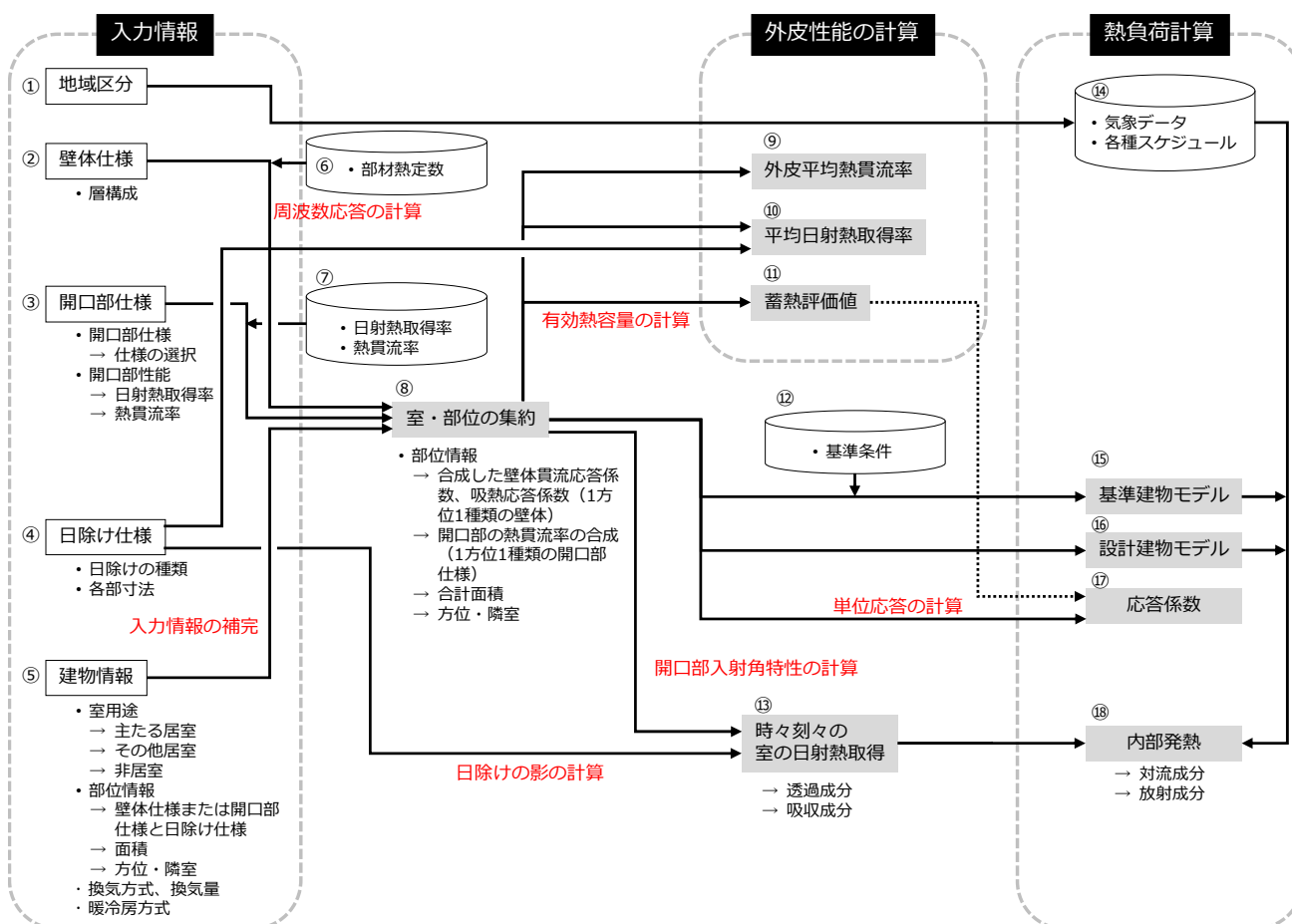


図 1.1.1 計算法の高速化・簡易化、入力情報簡易化の感度解析用システムの構築

1.2 実施体制

本事業は、佐藤エネルギーリサーチ株式会社が全体統括を行い、国立研究開発法人建築研究所との共同研究として実施する。事業実施に当たっては、全体委員会（東京大学名誉教授坂本雄三委員長）と簡易熱負荷計算法 WG、入力情報簡易化 WG、感度解析システム構築 WG を組織して調査を実施した。簡易熱負荷計算法 WG で実際の簡易熱負荷計算法を整備し、入力情報簡易化 WG で入力レベルに応じた入力項目の整理および省略された入力情報の補完方法について検討した。また、これら WG で得られた情報に検討漏れが生じないように、感度解析システム構築 WG で実プログラムを構築し、課題などを整理した。表 1.2.1、表 1.2.2 に全体委員会と WG の委員名簿を示す。

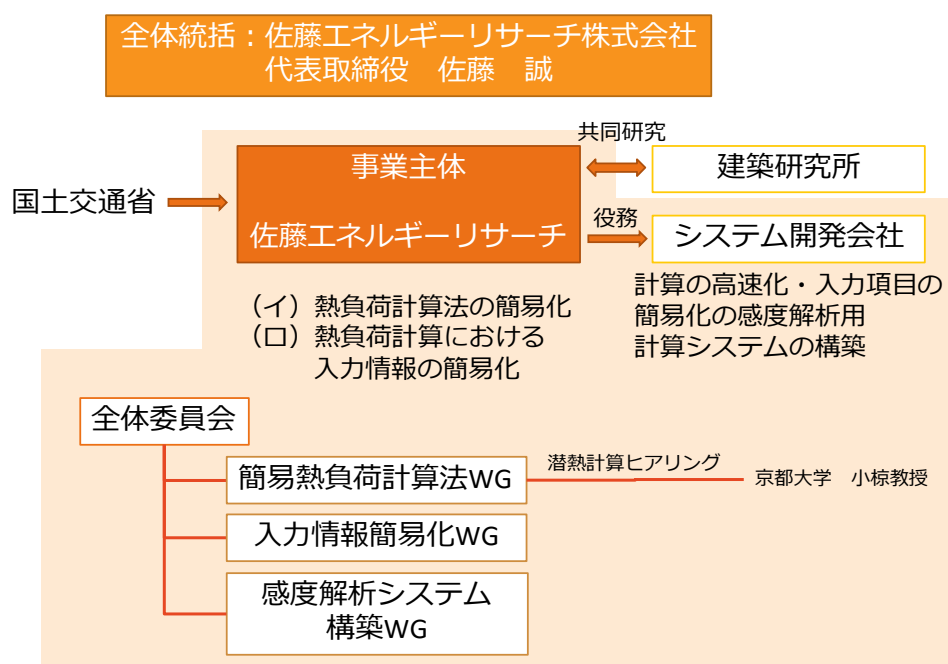


図 1.2.1 事業実施体制

表 1.2.1 全体委員会 委員名簿

委員会役職	氏名	所属・役職
委員長	坂本 雄三	東京大学 名誉教授
委員	永田 明寛	首都大学東京 都市環境学部 建築学科 都市環境科学研究科 建築学域 教授
委員	長井 達夫	東京理科大学 工学部 建築学科 教授
委員	齋藤 宏昭	足利大学 工学部 創生工学科 建築・土木分野 教授
委員	宮島 賢一	株式会社建築環境ソリューションズ 代表取締役
委員	宮田 征門	国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 主任研究官
委員	桑沢 保夫	国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅情報システム研究官
委員	羽原 宏美	国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 主任研究官
オブザーバー	澤地 孝男	国立研究開発法人建築研究所 理事
オブザーバー	植田 浩文	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室 課長補佐
オブザーバー	丹羽 智哉	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室 省エネ係長(住宅)
オブザーバー	西澤 繁毅	国立研究開発法人建築研究所 環境研究グループ 主任研究員
オブザーバー	三浦 尚志	国立研究開発法人建築研究所 環境研究グループ 主任研究員
オブザーバー	赤嶺 嘉彦	国立研究開発法人建築研究所 環境研究グループ 主任研究員
事務局	佐藤 誠	佐藤エネルギーリサーチ株式会社 代表取締役
事務局	芹川 真緒	佐藤エネルギーリサーチ株式会社 研究員
事務局	辻丸 のりえ	佐藤エネルギーリサーチ株式会社 研究員

表 1.2.2 WG 委員名簿

区分	氏名	所属・役職	簡易熱負荷 計算法 WG	入力情報 簡易化 WG	感度解析 システム 構築 WG
主査	三浦 尚志	国立研究開発法人建築研究所 環境研究グループ・主任研究員	○	○	○
委員	宇田 渉	株式会社ユーワークス・CTO		○	○
事務局	佐藤 誠	佐藤エネルギーリサーチ株式会社・代表取締役	○	○	○
事務局	芹川 真緒	佐藤エネルギーリサーチ株式会社・研究員	○	○	○

1.3 調査概要

1.3.1 平成 28 年度

(イ) 熱負荷計算法の簡易化

住宅の省エネ基準において活用することを前提に、室温・熱負荷計算法について検討した。開発する計算法の要求事項としては、①各種省エネ技術の効果を把握できる程度の計算精度を保ちつつ、計算速度の高速化と計算方法の簡易化を狙う、②放射を考慮した室内温熱環境が出力可能、③地域性を活かした省エネ技術の評価が可能なこと であり、壁体非定常熱伝導の計算法として、室外温度・室内表面熱流を励振、室内表面温度を

応答とする応答係数法について定式化を進めた。平成 28 年度に別途、室内外温度励振、室内表面熱流を応答とする応答係数法による計算法をもとにプロトタイププログラムを作成し C#によって実装したところ十分実用の範囲であることを確認した。

室の計算としては、隣室温度を前時刻ステップの温度で計算する疑似多数室モデルでのシミュレーションを想定し、かつ熱負荷計算の制御対象を室作用温度とすること、床暖房については床室内側表面での発熱として計算することから、現行 WEB プログラムで乗じられている「外皮等の表面温度による放射温度を考慮した負荷補正係数」、「暖房設備の方式による放射温度を考慮した負荷補正係数」を乗じる必要はなく計算速度の向上に寄与する。

また、潜熱計算のための室内湿度について既往文献を整理した。

(ロ) 熱負荷計算における入力情報の簡易化

以下の検討等を実施した。

- ・熱負荷計算に必要な情報の整理を行った。
- ・外皮性能に関する基準値の設定条件の整理を行った。
- ・建物モデルの簡略化に関する検討およびその影響の確認を行った。
- ・簡易化された入力情報の推定方法の提案および推定精度の確認を行った。

1.3.2 平成 29 年度

(イ) 熱負荷計算法の簡易化

- 共通計算条件の検討
- 応答係数計算法の検討
- 建物の蓄熱性能値の検討
- 機器特性を考慮した潜熱計算モデルの検討

(ロ) 熱負荷計算における入力情報の簡易化

- 抽象化したモデルプラン・空間配置の検討
- 入力項目省略時の補完方法の検討
- 基準値計算条件の検討

1.3.3 平成 30 年度

(イ) 熱負荷計算法の簡易化

- 放射環境を加味した総合的な温熱環境を目標値とする熱負荷計算法を作成した。平成 29 年度までは主に顕熱負荷の計算法に着目した定式化を行ったが、平成 30 年度は潜熱負荷の計算も行えるようにした。
- 作成した簡易熱負荷計算を行うための各種設定条件を整理した。
- 地域性を活かした省エネ技術の評価法について、現行省エネ基準での評価法、提案方法での評価法を整理した。提案方法は、室空気や室内部位の表面に対する熱収支式を解く方法で熱負荷を求めるため、多くの省エネ技術の評価対象とできることが明らかとなった。
- 上記に基づく計算仕様書を整備し、多くの条件で計算を行えるように感度解析システムを構築した。

(ロ)熱負荷計算における入力情報の簡易化

- 最終的に簡易熱負荷計算を行うにあたり、必要な入力情報の量に応じて 4 段階を想定した。最も入力情報が少ないもの(4 段階目)は現行省エネ基準の「当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法」に相当し、もっとも多いものは室用途ごとに外皮情報、内壁情報を詳細に入力する方法(1 段階目)であり、ほぼ熱負荷計算に必要な情報を網羅している。4 段階目から 1 段階目に相当する情報を補完する方法を整備し、仕様書を作成した。
- 外皮性能に関する基準値の設定条件を再整備した。設計住戸の入力情報から基準外皮性能(U_A 値、 η_{AC} 値)を満たすように部位ごとの熱貫流率、日射熱取得率や壁体構成を求める方法を提案した。
- 各入力段階に応じて簡易熱負荷計算を行うための手順を仕様書として整備し、多くの条件で計算を行えるように感度解析システムを構築した。

1.4 実施スケジュール

図 1.4.1 に本調査全体の調査スケジュールを示す。

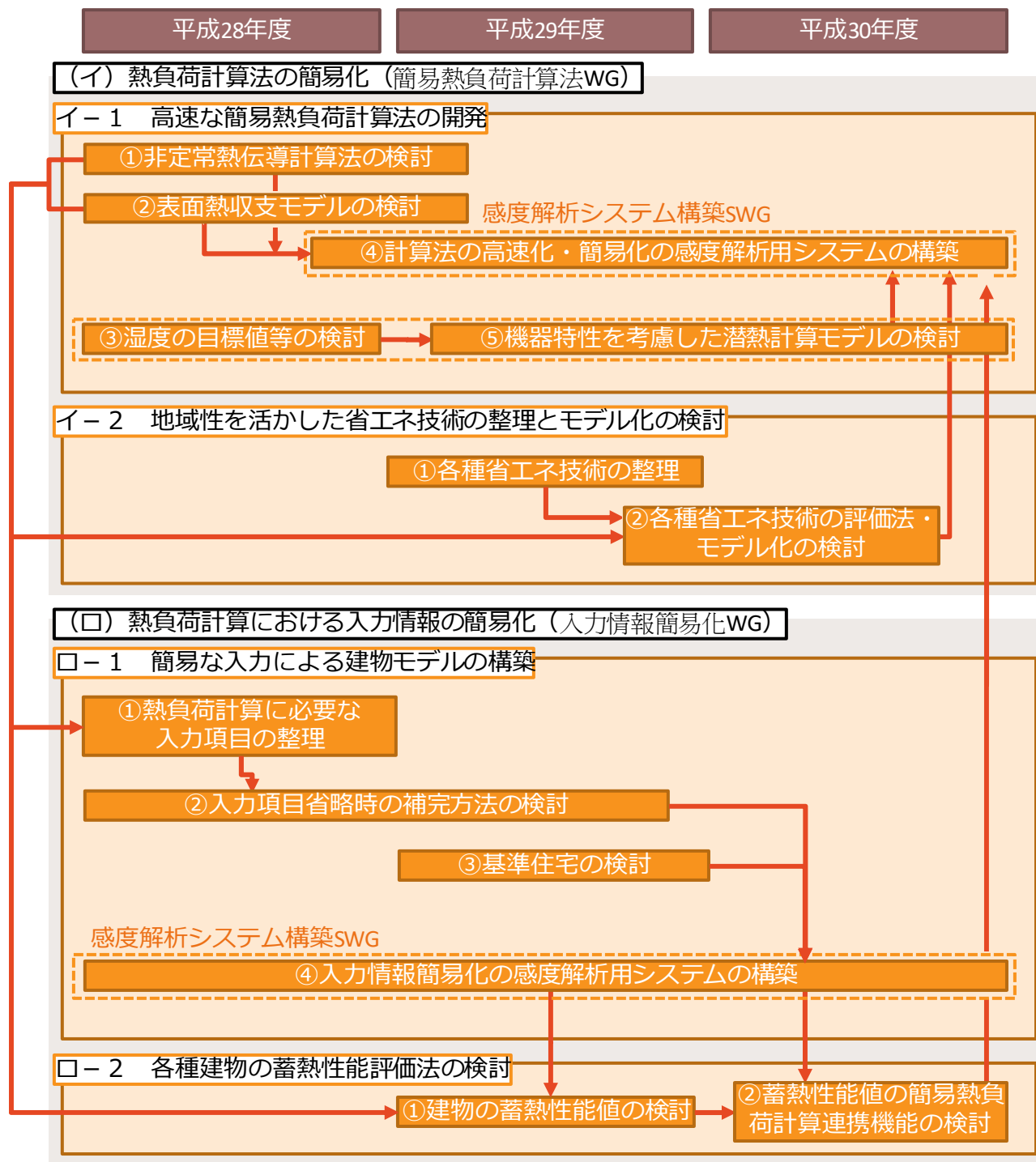


図 1.4.1 調査全体のスケジュール

2. 熱負荷計算法の簡易化

2.1 目的

本事業では、地盤蓄熱や躯体蓄熱、通風などの地域性を活かした省エネ技術を柔軟に評価するための土台とすべく、一定の計算速度を確保しながら暖冷房負荷を計算する簡易熱負荷計算法の開発を行い、エネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

今年度は、簡易熱負荷計算の室温度や潜熱負荷の計算法を確定するとともに、簡易熱負荷計算を実施する上での設定条件の残課題を整理しつつ、簡易熱負荷計算の仕様書を作成する。また、本仕様書をもとに感度解析を行うためのシステム構築を行うことを目的とする。また、現行省エネルギー基準において外皮の評価値として整備されている断熱性能(外皮平均熱貫流率)と日射遮へい性能(平均日射熱取得率)に加え、蓄熱性能を評価する性能値について検討する。

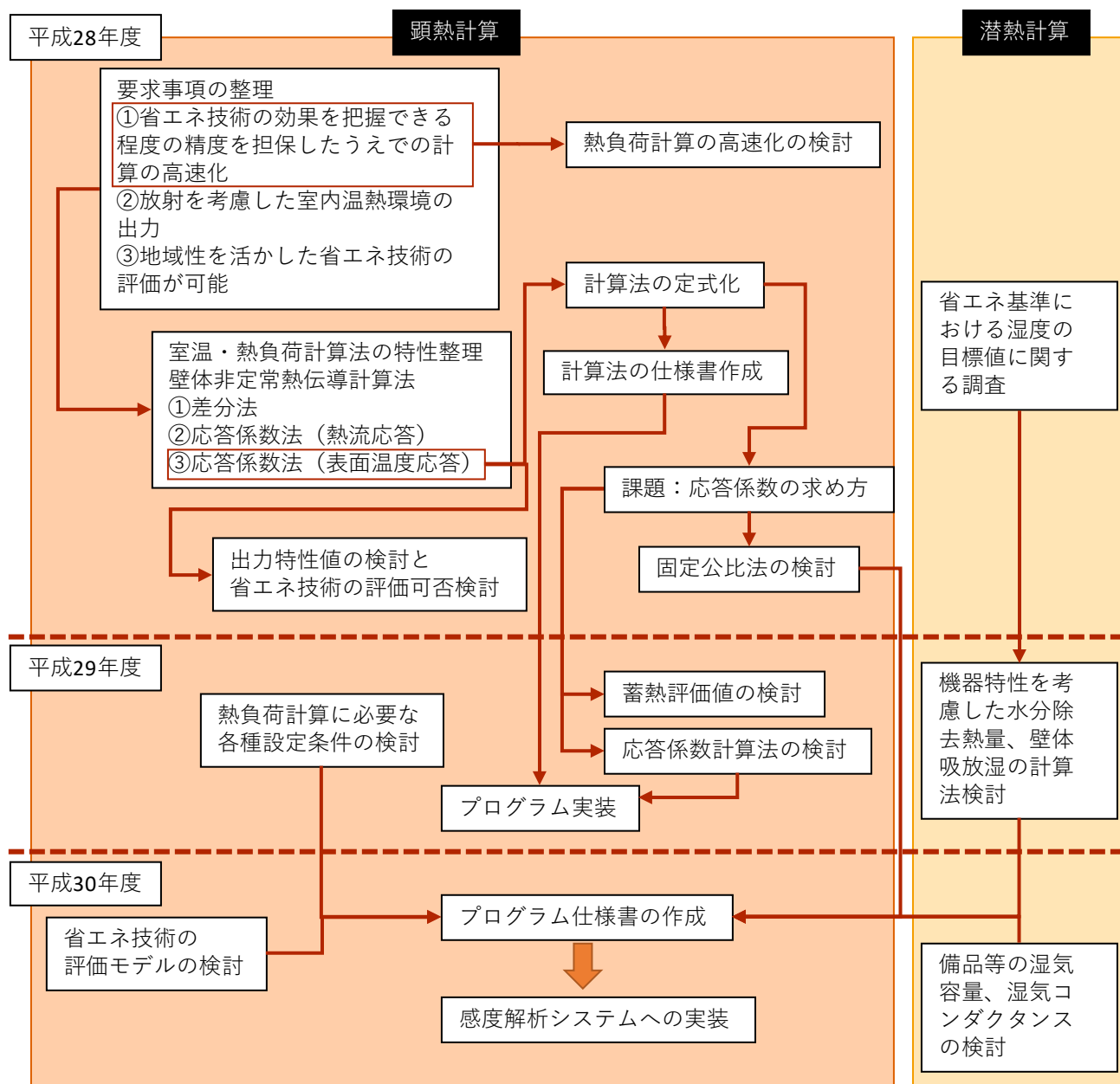


図 2.1.1 調査フロー

2.2 現行省エネルギー基準 WEB プログラムにおける熱負荷計算法

現行の住宅用省エネルギー基準における設計住戸の暖冷房熱負荷の計算フローを図 2.2.1 に示す。多くのケースで計算済みの毎時熱負荷を、設計住戸の熱損失係数、日射取得係数で2次元補間する方法である。2次元補間する元の毎時熱負荷は、①地域、②運転スケジュール、③熱交換換気有無、⑤通風有無、⑥熱容量付加有無の条件のものとする。構造の要件はないため、RCの集合住宅も同じロジックで求めている。

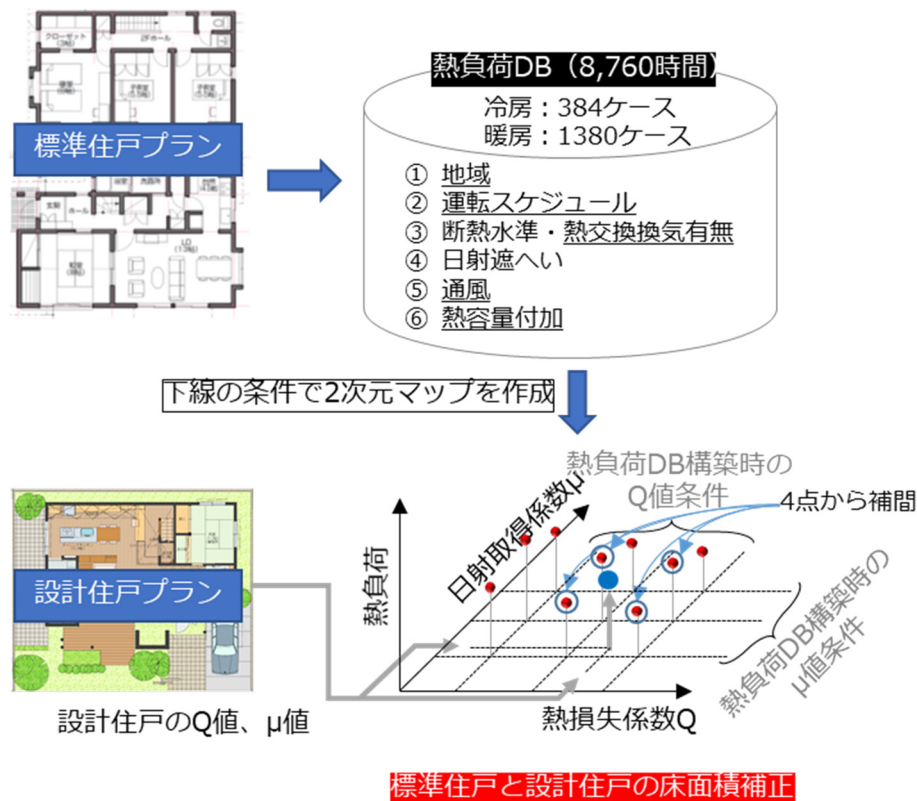


図 2.2.1 現行省エネルギー基準における設計住戸の毎時暖冷房負荷の計算フロー

現行の省エネルギー基準 WEB プログラムにおける熱負荷計算の課題は以下のとおりである。特に、①については建築的な省エネ技術の拡充の課題であり、WEB プログラムに熱負荷計算法を組み込むことが望まれる。

- ① 今後、建築に関連する省エネ技術を評価対象とするたびに熱負荷 DB を拡張する必要がある
- ② 熱損失係数 2 条件×日射取得係数 2 条件の計 4 条件の 8760 時間分熱負荷(暖房用と冷房用それぞれ)をメモリに読み込む必要があり多くのメモリを消費する
- ③ 省エネ基準の評価を「有無による評価」から「連続評価」とする場合、特に非線形となるような場合(蓄熱性能など)の補間方法を考える必要がある

2.3 熱負荷計算法に求められる事項

ここで整理する熱負荷計算法の要求事項は以下のとおりである。

- ① 各種省エネ技術の効果を把握できる程度の計算精度を保ちつつ、計算速度の高速化と計算方法の簡易化を狙う
- ② 放射を考慮した室内温熱環境が出力可能
- ③ 地域性を活かした省エネ技術の評価が可能なこと

2.4 室温・熱負荷計算の高速化手法に関する検討

2.4.1 はじめに

省エネ基準の WEB プログラムは、今後、計算回数の増加が予想され、サーバ維持に対する有限な資産活用の観点からも、計算速度の向上が望まれる。WEB プログラムに熱負荷計算を組み込んだ場合、1回の計算時間

が長くなることが予想されるため、少しでも計算速度を向上する方法についてシステム開発会社も交えて議論した。

2.4.2 計算高速化手法

(1) 一般的な高速化手法

- ① 演算の回数を減らす → 未知数を少なくする
- ② 大きな行列を解くのではなく、小さな行列を多段で解くようにする。 計算過程の変数を極力消去する
- ③ ライブラリ(三角関数、Log、べき乗など)を極力使わない
- ④ 同じ計算を何度も実行しない

(2) 最近のシステム環境での高速化手法

- ① GPU(Graphics Processing Unit)を活用した演算の並列化 → 1つの CPU の演算速度は頭打ちになっており、複数の CPU に処理を分散させることで高速化が図れる。また、CPU より並列度が高く 10~100 倍程度の演算能力を持つ GPU を利用するとさらに計算速度が向上する。(ただし、CPU と GPU 間のデータ転送速度は遅いので全体の構築に工夫が必要)
- ② 実行環境の 64bit 化

(3) 熱負荷計算の並列化

- ① 並列化を進めれば、計算の高速化が図れるが、非定常熱伝導の計算は過去の計算結果が必要で並列化が難しい。
- ② 基準値の計算と設計値の計算は並列化が可能
- ③ 居室の負荷計算の並列化 → 隣室の境界条件を決める必要がある。(隣室温度差係数など)
- ④ 並列化については同期のコストもかかるため、小規模な並列化はかえって計算時間が長くなる場合がある。

(4) 連立方程式解法の高速化

ここで開発する熱負荷計算法では、室内放射の計算や固定公比法による応答係数を求める際に線形連立方程式を解くことが要求される可能性がある。連立方程式の数値計算法の例を表 2.4.1 に示す。大きく分けて直接法と反復法があり、行列の大きさが大きくかつ対角要素近辺以外の要素がゼロとなる行列の場合は反復法が高速になる。室内放射の計算では室内表面数の正方行列、固定公比法による応答係数を求める方法についてもせいぜい 10 根程度を想定しており、さらに式の展開上逆行列を計算する必要があることから、ガウス・ジョルダン法が最も適していると考えられる。

表 2.4.1 代表的な連立方程式の数値計算法

	特徴	手法	概要	逆行列の演算
直接法	○ 考え方がシンプル ○ 大型行列(数百万)になると演算が遅くなる ○ 必ず解が求まる	ガウスの消去法 (掃き出し法)	もっとも基本的な方法	
		ガウス・ジョルダン法	考え方はガウスの消去法と同じでプログラム化するために整理された方法	○
		LU 分解法	ガウスの消去法をやや一般化して使いやすくした方法	
		コレスキー分解法	LU 分解法を対象行列用に改造して演算時間を半分にした方法	
反復法	○ 大型行列(数百万)の演算速度が速い ○ 体格要素近辺に数値が入る(それ以外はゼロが多い)場合に高速になる	ヤコビ法	もっとも基本的な方法	
		ガウス・ザイデル法	ヤコビ法を簡略化させ結果的に収束速度を上げた方法	
		SOR 法	ガウス・ザイデル法の収束を加速した方法	

2.5 代表的な室温・熱負荷計算方法の特性比較

表 2.5.1 に代表的な壁体の非定常熱伝導計算方法である「差分法」、「応答係数法(熱流応答)」、「応答係数法(表面温度応答)」について特性を整理した結果を示す。ここで開発する熱負荷計算法において求められる要求事項の中から、「計算の高速化」、「放射温度を加味した室内温熱環境出力」に加え、最終的に、省エネルギー基準の Web プログラムに組み込むことを考慮すると、仕様書のわかりやすさも要求レベルは高い。これを総合的に勘案すると「応答係数法(表面温度応答)」が最も適している計算アルゴリズムであると考えられ、「応答係数法(表面温度応答)」による定式化を進めることとした。

表 2.5.1 代表的な壁体非定常熱伝導計算方法の特性比較

		差分法	応答係数法 (熱流応答)	応答係数法 (表面温度応答)
基本	壁体熱伝導の解	各節点の温度	室内表面での熱流	室内表面温度
	対流熱伝達率の動的変更	可能	不可能	可能
	通気層の計算	可能(熱抵抗としても通気層を直接モデル化しても可。熱抵抗は動的に変更してもよい)	熱抵抗として入力(熱抵抗値は固定)	熱抵抗として入力(熱抵抗値は固定)
	PCM 建材の計算	見かけの比熱を使用することで可能	室内家具などに置換することで可能	室内家具などに置換することで可能
	実装されている代表的なプログラム	AE-Sim/Heat SMASH	New HASP/ACLD BEST Energy Plus (PCM 内蔵壁体などは差分) TRNSYS (表面温度が励振)	見当たらない
計算速度	高速化の方法	分割を粗くする(分割が粗いと計算精度が低下) 壁体内部温度、表面温度と室温・熱負荷の方程式を分離し行列の次元数を小さくする	項別公比法	項別公比法 表面温度と室温・熱負荷の方程式を分離し行列の次元数を小さくする
	1 部位の未知数の数	差分分割数 + 1 (壁体内部温度)	1 (表面熱流)	1 (表面温度)
室内温熱環境の計算	個々の部位表面温度の計算	未知数として直接計算	精度よい計算はできない	未知数として直接計算
	AST (Average Surface Temperature) の計算	計算で求めた個々の表面温度より面積加重平均する	全部位合計対流熱取得より計算(すべての部位で同じ対流熱伝達率を使用する必要がある)	計算で求めた個々の表面温度より面積加重平均する
仕様書	計算ロジックのわかりやすさ	壁体分割数によっては行列表示が必要 室内の放射の計算を行うときに行列表示が必要	応答係数を別途与える場合には四則演算程度で可能	応答係数を別途与える場合には四則演算程度で可能 室内の放射の計算を行うときに行列表示が必要
	壁体構成の抽象化	可能	可能	可能
課題		壁体の分割方法	応答係数の求め方	応答係数の求め方

2.6 表面温度応答係数を用いた熱負荷計算

2.6.1 はじめに

ここでは、室内表面温度応答の応答係数を用いる計算法について定式化を試みる。

壁体非定常熱伝導計算の定式化については、松尾の室内温度・室外温度励振／室内表面熱流応答の応答

係数の計算法が示されているが^{1, 2}、ここでは、室内表面熱流応答の定式化を参考に励振、応答を変更する形で行った。室空気の熱収支式については、宇田川の方法³で行った。

2.6.2 室温・顕熱負荷の計算

(1) 貫流応答、吸熱応答の励振

表面温度を未知数とする場合の応答係数を求める際の励振は、図 2.6.1 に示すように室内側を熱流、屋外側を温度として式展開を行う。

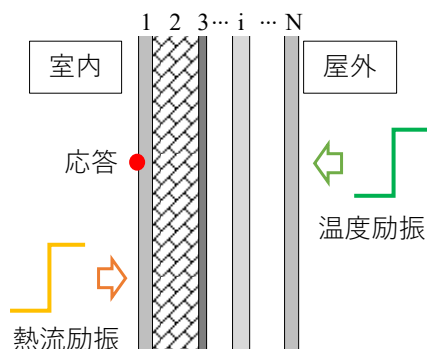


図 2.6.1 表面温度を未知数とする場合の励振と応答

(2) 室内空気、家具の熱収支式

単室を想定した時の室空気の熱収支は(2.6.1)式の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 RM \cdot \frac{dTr_n}{dt} = & \sum_{k=1}^{Ns} hc_{n,k} \cdot A_k \cdot (Ts_{n,k} - Tr_n) + ca \cdot \rho a \cdot V \cdot (To_n - Tr_n) + ca \cdot \rho a \\
 & \cdot \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{j,n} \cdot (Tr_{j,n-1} - Tr_n) + ca \cdot \rho a \cdot NV \cdot (To_n - Tr_n) + H_n + (Lc_n + \beta \cdot Lr_n) \\
 & + \sum_{l=1}^{Nhb} L_l \cdot \psi_l \cdot (Teo_{n,l} - Tr_n) + C_{fun} \cdot (T_{fun,n} - Tr_n) + ca \cdot \rho a \\
 & \cdot \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \cdot (Tin_{m,n} - Tr_n)
 \end{aligned} \tag{2.6.1}$$

ここで、

RM : 室空気と家具の合計熱容量[J/K]

Tr_n : 時点 n における室温[°C]

$hc_{n,k}$: 時点 n における部位 k の対流熱伝達率[W/(m²・K)]

A_k : 部位 k の面積[m²]

$Ts_{n,k}$: 時点 n における部位 k の表面温度[°C]

ca : 空気の比熱[J/(kg・K)]

¹ 松尾陽: 空気調和・衛生工学講座 動的熱負荷計算法、空気調和・衛生工学 第51巻 第10号～第52巻 第3号、1977.10～1978.3

² 松尾陽、横山浩一、石野久彌、川元昭吾: 空調設備の動的熱負荷計算入門、社団法人建築設備技術者協会、1992.4

³ 宇田川光弘: パソコンによる空気調和計算法、オーム社、1986.12

ρ_a : 空気の密度[kg/m³]
 V : 換気、すきま風による外気の流入量[m³/s]
 $V_{nxt_{j,n}}$: 隣接室からの流入風量[m³/s]
 N_{room} : 計算対象室数
 NV : 通風量[m³/s]
 H_n : 時点nにおける室内発熱[W]
 Lc_n : 時点nにおける対流空調の室供給熱量[W]
 Lr_n : 時点nにおける放射空調の室供給熱量[W]
 β : 放射暖房の対流放熱比率[-]
 L_l : 熱橋等lの長さ[m]
 ψ_l : 熱橋等lの線熱貫流率[W/(m・K)]
 $Teo_{n,l}$: 時点nにおける熱橋等lの境界温度[°C]
 C_{fun} : 家具と空気間の熱コンダクタンス[W/K]
 $T_{fun,n}$: 時点nにおける家具の温度[°C]
 $Vin_{m,n}$: 時点nにおける室供給mの風量[m³/s]
 $Tin_{m,n}$: 時点nにおける室供給mの温度[°C]

(2.6.1)式の左辺は室内空気の蓄熱、右辺第1項は対流による部位からの熱取得、第2項は換気による熱取得、第3項は隣接室からの流入空気による熱取得、第4項は通風による取得熱量、第5項は室内発熱、第6項は室供給熱量、第7項は線熱橋に伴う熱損失、第8項は家具からの熱取得、第9項は室に供給される空気からの熱取得である。第3項の隣接室からの流入空気による熱取得では隣室温度を前時刻の温度とし、本来隣室温度は未知数であるが既知とすることで未知数を削減させることで計算速度の向上を図る。第9項の室に供給される空気からの熱取得は地域性を活かした省エネ技術である空気集熱暖房や、アースチューブ、全熱交換器などの計算に利用する。

一方、家具の熱収支式は(2.6.2)式となる。

$$Cap_{fun} \cdot \frac{dT_{fun_n}}{dt} = C_{fun} \cdot (Tr_n - T_{fun,n}) + Q_{sol,fun_n} \quad (2.6.2)$$

ここで、
 Cap_{fun} : 家具の熱容量[J/K]
 T_{fun_n} : 時点nにおける家具の温度[°C]
 Q_{sol,fun_n} : 時点nにおける透過日射吸収熱量[W]

(2.6.2)式の左辺微分項を後退差分で離散化すると、家具の温度を求める(2.6.3)式が得られる。

$$T_{fun_n} = \frac{Cap_{fun}/\Delta t \cdot T_{fun_{n-1}} + C_{fun} \cdot Tr_n + Q_{sol,fun_n}}{Cap_{fun}/\Delta t + C_{fun}} \quad (2.6.3)$$

ここで、 Δt : 計算時間間隔[s]

(2.6.1)式に(2.6.3)式を代入して解くことで室温もしくは室供給熱量のどちらかを既知として室温、室供給熱量を求めることができるわけであるが、右辺第1項にある部位の表面温度は未知数であることからこのままでは室温、室供給熱量を求めることができない。表面温度については、後述する(2.6.28)式を代入することで、室温もしくは室除去熱量のどちらかが未知数となる室の総合熱収支式である(2.6.4)式が求められる。

$$BRM \cdot Tr_n = BRC + Lc_n + BRL \cdot Lr_n \quad (2.6.4)$$

ただし、

$$BRM = \frac{RM}{\Delta t} + \sum_{k=1}^{Ns} hc_{n,k} \cdot A_k \cdot (1 - WSR_k) + ca \cdot \rho a \cdot \left(V + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{j,n} + NV + \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \right) \quad (2.6.5)$$

$$+ \sum_{l=1}^{Nhb} L_l \cdot \psi_l + \frac{1}{\Delta t / Cap_{fun} + 1 / C_{fun}}$$

$$BRC = \frac{RM}{\Delta t} \cdot Tr_{n-1} + \sum_{k=1}^{Ns} hc_{n,k} \cdot A_k \cdot (WSC_k + WSV_k) + ca \cdot \rho a \quad (2.6.6)$$

$$\cdot \left(V \cdot To_n + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{j,n} \cdot Tr_{j,n-1} + NV \cdot To_n + \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \cdot Tin_{m,n} \right) + H_n$$

$$+ \sum_{l=1}^{Nhb} L_l \cdot \psi_l \cdot Teo_{n,l} + \frac{Cap_{fun} / \Delta t \cdot Tfun_{n-1} + Qsol_n}{Cap_{fun} / (\Delta t \cdot C_{fun}) + 1}$$

$$BRL = \sum_{k=1}^{Ns} hc_{n,k} \cdot A_k \cdot WSB_k + \beta \quad (2.6.7)$$

1) 室空気温度を設定値とする室温、室供給熱量計算法

通常の熱負荷計算のように、室温を設定値とする熱負荷計算法については、(2.6.4)式をもとに表 2.6.1 に示す方法で室温と室供給熱量を計算する。

表 2.6.1 (2.6.4)式から室温、室供給熱量を計算する方法

計算目的	計算方法	
自然室温計算 (非空調時の室温計算)	室供給熱量 $Lc_n = Lr_n = 0$ $Tr_n = BRC / BRM$ より室温 Tr_n を計算	
室供給熱量計算 (空調時の供給熱量計算)	室温 $Tr_n = Tset_n$	
	対流暖房の場合	$Lc_n = BRM \cdot Tset_n - BRC$ より室供給熱量 Lc_n を計算 ($Lr_n = 0$)
	放射暖房の場合	$Lr_n = (BRM \cdot Tset_n - BRC) / BRL$ より室供給熱量 Lr_n を計算 ($Lc_n = 0$)
	放射暖房をベースに対流暖房で設定温度を維持する場合	$Lc_n = BRM \cdot Tset_n - BRC - BRL \cdot Lrcap_n$ より室供給熱量 Lc_n を計算
過負荷状態の室温計算	室供給熱量 $Lc_n = Lccap_n$ 、 $Lr_n = Lrcap_n$ $Tr_n = (BRC + Lccap_n + BRL \cdot Lrcap_n) / BRM$ より室温 Tr_n を計算	

2) 作用温度を設定値とする室供給熱量計算法

室作用温度を設定値とする室供給熱量の計算法は、1)で示した室空気温度を設定値とする方法の、室空気温度を室作用温度に読み替える方法で式展開する。

室の作用温度は人体表面の対流熱伝達率、放射熱伝達率で室温、平均放射温度を加重平均した(2.6.8)式

で定義できる。

$$\begin{aligned} OT &= \frac{hhc}{hh} \cdot Tr_n + \frac{hhr}{hh} \cdot MRTh_n \\ &= kc \cdot Tr_n + kr \cdot MRTh_n \end{aligned} \quad (2.6.8)$$

ここで、
 OT : 作用温度[°C]
 hhc : 人体表面の対流熱伝達率[W/(m²・K)]
 hh : 人体表面の総合熱伝達率[W/(m²・K)]
 hhr : 人体表面の放射熱伝達率[W/(m²・K)]
 $MRTh_n$: 人体に対する平均放射温度[°C]

人体に対する平均放射温度は、人体と部位の形態係数、部位表面の放射率によって部位表面温度を加重平均して(2.6.9)式より求められる。(2.6.9)式にある表面温度について後述する(2.6.28)式を代入することで人体に対する平均放射温度 $MRTh_n$ から表面温度 $Ts_{n,k}$ を消去することができる。

$$\begin{aligned} MRTh_n &= \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot Ts_{n,k} \\ &= \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot WSR_{n,k} \cdot Tr_n + WSB_{n,k} \cdot Lr_n + WSC_{n,k} + WSV_{n,k} \end{aligned} \quad (2.6.9)$$

ここで、 Fot_k : 部位 k の人体に対する放射割合[-]であり、次の関係がある。

$$\sum_{k=1}^{Ns} Fot_k = 1$$

(2.6.9)式を(2.6.8)式に代入し整理すると

$$Tr_n = Xot \cdot OT - XLr \cdot Lr_n - XC \quad (2.6.10)$$

$$\begin{aligned} Xot &= \frac{1}{kc + kr \cdot \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot WSR_k} & XLr &= \frac{kr \cdot \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot WSB_k}{kc + kr \cdot \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot WSR_k} \\ XC &= \frac{kr \cdot \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot (WSC_k + WSV_k)}{kc + kr \cdot \sum_{k=1}^{Ns} Fot_k \cdot WSR_k} \end{aligned} \quad (2.6.11)$$

(2.6.10)式を(2.6.4)式に代入して整理すると

$$BRMot \cdot OT = BRCot + Lc_n + BRLot \cdot Lr_n \quad (2.6.12)$$

$$BRMot = BRM \cdot Xot \quad (2.6.13)$$

$$BRCot = BRC + BRM \cdot XC$$

$$BRLot = BRL + BRM \cdot XLr$$

(2.6.12)式から作用温度 OT 、室供給熱量 Lc_n 、 Lr_n を計算する方法は 1)に示した空気温度と同じで表 2.6.2 の通りである。

表 2.6.2 (2.6.12)式から作用温度、室供給熱量を計算する方法

計算目的	計算方法	
自然室温計算 (非空調時の室温計算)	室除去熱量 $Lc_n = Lr_n = 0$ $OT = BRCot/BRMot$ より作用温度 OT を計算(室温は(2.6.10)式より計算)	
室供給熱量計算 (空調時の供給熱量計算)	室温 $OT = Tset_n$ (室温は(2.6.10)式より計算)	
	対流暖房の場合	$Lc_n = BRMot \cdot Tset_n - BRCot$ より室供給熱量 Lc_n を計算($Lr_n = 0$)
	放射暖房の場合	$Lr_n = (BRMot \cdot Tset_n - BRCot)/BRLot$ より室供給熱量 Lr_n を計算($Lc_n = 0$)
	放射暖房をベースに対流暖房で設定温度を維持する場合	$Lc_n = BRMot \cdot Tset_n - BRCot - BRLot \cdot Lrcap_n$ より室供給熱量 Lc_n を計算
過負荷状態の室温計算	室供給熱量 $Lc_n = Lccap_n$ 、 $Lr_n = Lrcap_n$ $OT = (BRCot + Lccap_n + BRLot \cdot Lrcap_n)/BRMot$ より作用温度 OT を計算(室温は(2.6.10)式より計算)	

(3) 室内表面温度の計算

(4)に示す方法で吸熱応答、貫流応答が求められているとすれば、室内表面温度は(2.6.14)式より求めることができる。吸熱応答には室内表面の熱流、貫流応答には屋外相当外気温度を用いて畳み込んで求める^{1,2}。

$$\begin{aligned}
 TS_{n,k} &= \sum_{j=0}^{\infty} \phi_{A,j,k} \cdot q_{n-j,k} + \sum_{j=0}^{\infty} \phi_{T,j,k} \cdot Teo_{n-j,k} \\
 &= \phi_{A,0,k} \cdot q_{n,k} + \sum_{j=1}^{\infty} \phi_{A,j,k} \cdot q_{n-j,k} + \phi_{T,0,k} \cdot Teo_{n,k} + \sum_{j=1}^{\infty} \phi_{T,j,k} \cdot Teo_{n-j,k}
 \end{aligned}
 \tag{2.6.14}$$

ここで、
 $\phi_{A,j,k}$: 部位 k の吸熱応答係数[m²・K/W]
 $q_{n,k}$: 時点 n における部位 k の表面熱流[W/m²]
 $\phi_{T,j,k}$: 部位 k の貫流応答係数[-]
 $Teo_{n,k}$: 時点 n における部位 k の相当外気温度[°C]

定常部位の場合には、(2.6.14)式中の応答係数は(2.6.15)式を用いる。

$$\phi_{A,0,k} = \frac{1}{USO_k} \quad \phi_{T,0,k} = 1 \quad \phi_{A,j,k} = \phi_{T,j,k} = 0
 \tag{2.6.15}$$

ここで、 USO_k : 部位 k の室内表面から裏面空気までの熱貫流率[W/(m²・K)]

(2.6.14)式の無限総和項に項別公比法を適用する。

$$TS_{n,k} = \phi_{A,0,k} \cdot q_{n,k} + \sum_{m=1}^M TS'_{A,m,n,k} + \phi_{T,0,k} \cdot Teo_{n,k} + \sum_{m=1}^M TS'_{T,m,n,k}
 \tag{2.6.16}$$

ただし、

$$Ts'_{A,m,n,k} = q_{n-1,k} \cdot \phi_{1A,m,k} + r_{m,k} \cdot Ts'_{A,m,n-1,k} \quad (2.6.17)$$

$$Ts'_{T,m,n,k} = Teo_{n-1,k} \cdot \phi_{1T,m,k} + r_{m,k} \cdot Ts'_{T,m,n-1,k}$$

(2.6.16)式において、当該時刻の室内表面熱流 $q_{n,k}$ は室内表面温度の関数であり、(2.6.18)式の通りとなる。室内表面の等価温度 $Tei_{n,k}$ を求める(2.6.19)式については、右辺第1項が室空気との対流による熱取得、第2項は他の壁面からの放射による熱取得、第3項は室透過日射の内、当該部位表面で吸収される日射熱取得、第4項は放射暖房を模擬した室表面での発熱量である。

$$q_{n,k} = hi_{n,k} \cdot (Tei_{n,k} - Ts_{n,k}) \quad (2.6.18)$$

$$Tei_{n,k} = \frac{hc_k}{hi_k} \cdot Tr_n + \frac{hr_k}{hi_k} \cdot MRT_n + \frac{RS_{n,k}}{hi_k} + \frac{flr_k \cdot Lr_n / A_k \cdot (1 - \beta)}{hi_k} \quad (2.6.19)$$

ここで、

$Tei_{n,k}$: 室内表面の等価温度[°C]

hc_k : 部位kの室内側対流熱伝達率 [W/(m²・K)]

hi_k : 部位kの室内側総合熱伝達率 [W/(m²・K)]

hr_k : 部位kの室内側放射熱伝達率 [W/(m²・K)]

MRT : 平均放射温度[°C]

$RS_{n,k}$: 部位kの時点nにおける透過日射吸収熱量[W/m²]

flr_k : 部位kの放射暖房熱量の室内側吸収比率 [-]

Lr_n : 時点nにおける放射空調の室除去熱量[W]

A_k : 部位kの面積 [m²]

β : 放射暖房の対流成分比率[-]

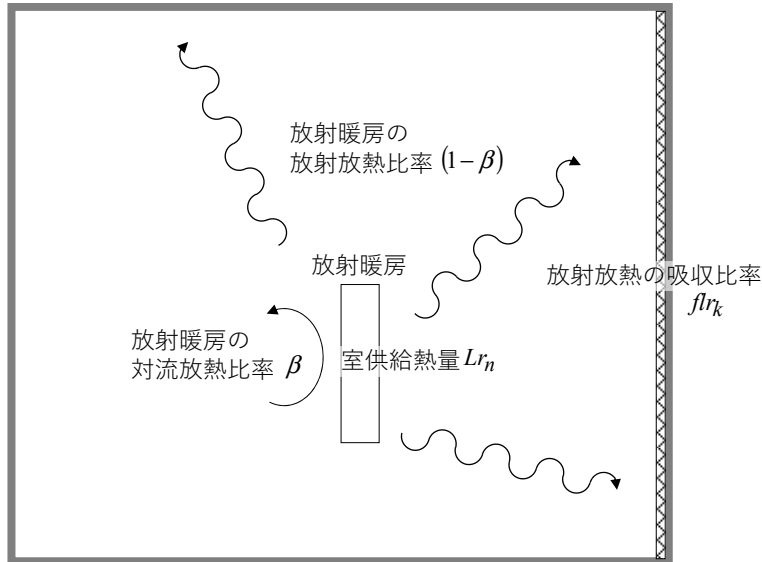


図 2.6.2 放射暖房の各種仕様値

(2.6.18)式、(2.6.19)式を(2.6.16)式に代入して整理すると(2.6.20)式が得られる。

$$\begin{aligned} & (1 + \phi_{A,0,k} \cdot hi_k) \cdot Ts_{n,k} - \phi_{A,0,k} \cdot hr_k \cdot MRT_n \\ & = \phi_{A,0,k} \cdot hc_{n,k} \cdot Tr_n + \phi_{A,0,k} \cdot flr_k \cdot Lr_n / A_k \cdot (1 - \beta) + \phi_{A,0,k} \cdot RS_{n,k} \\ & + \sum_{m=1}^M Ts'_{A,m,n,k} + \phi_{T,0,k} \cdot Teo_{n,k} + \sum_{m=1}^M Ts'_{T,m,n,k} \end{aligned} \quad (2.6.20)$$

室内放射温度 MRT を求める(2.6.21)式を(2.6.20)式に代入し、すべての表面について成立する式を連立して行列で整理すると(2.6.22)式となる。

$$MRT_n = \sum_{m=1}^{Nw_i} Fmrt_m \cdot Ts_{n,m} \quad (2.6.21)$$

$$[AX] \cdot \{Ts\} = Tr_n \cdot \{FIA\} + Lr_n \cdot \{FLB\} + \{CRX\} + \{CVL\} \quad (2.6.22)$$

ここで、 $Fmrt_m$: 面 m の室内における微小球(温度 MRT)に対する形態係数
ただし、

$$AX_{k,j} = \begin{cases} 1 + \phi_{A,0,k} \cdot hi_k - \phi_{A,0,k} \cdot hr_k \cdot Fmrt_j & k = j \\ -\phi_{A,0,k} \cdot hr_k \cdot Fmrt_j & k \neq j \end{cases} \quad (2.6.23)$$

$$FIA_k = \phi_{A,0,k} \cdot hc_{n,k} \quad (2.6.24)$$

$$CRX_k = \phi_{A,0,k} \cdot RS_{n,k} + \phi_{T,0,k} \cdot Teo_{n,k} \quad (2.6.25)$$

$$CVL_k = \sum_{m=1}^M Ts'_{A,m,n,k} + \sum_{m=1}^M Ts'_{T,m,n,k} \quad (2.6.26)$$

$$FLB_k = \frac{\phi_{A,0,k} \cdot flr_k \cdot (1 - \beta)}{A_k} \quad (2.6.27)$$

(2.6.22)式の両辺に左から $[AX]^{-1}$ を乗じると各部位の表面温度は次式のようにあらわされる。

$$Ts_{n,k} = WSR_{n,k} \cdot Tr_n + WSB_{n,k} \cdot Lr_n + WSC_{n,k} + WSV_{n,k} \quad (2.6.28)$$

ただし、 $[AX]^{-1}$ の m, n 要素を $XA_{m,n}$ とすると(2.6.28)式の係数は(2.6.29)式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} WSR_{n,k} &= \sum_{j=1}^{Ns} XA_{n,j} \cdot FIA_j & WSB_{n,k} &= \sum_{j=1}^{Ns} XA_{n,j} \cdot FLB_j \\ WSC_{n,k} &= \sum_{j=1}^{Ns} XA_{n,j} \cdot CRX_j & WSV_{n,k} &= \sum_{j=1}^{Ns} XA_{n,j} \cdot CVL_j \end{aligned} \quad (2.6.29)$$

以上のように、室内表面温度を求める式が作成できた。既述の(2)で使用した表面温度の計算式である。

(4) 室内表面温度応答の応答係数の計算

ここでは、(3)で述べた室内表面温度を求める際に必要な応答係数の求め方について述べる。松尾の述べる室内外温度励振／室内表面熱流応答の応答係数の求め方については文献^{1,2}で述べられていることから、ここでは松尾の方法については記述しない。室内表面熱流・室外温度励振／室内表面温度応答の応答係数を求める方法について特化して述べる。

なお、ここでは松尾の留数定理によるラプラス逆変換を用いた方法について述べるが、松尾の留数定理による方法では根を求める際の非線形方程式をニュートン・ラプソン法で解く方法が示されている。非線形方程式は解が確実に求まる保証はなく、安定性の観点から省エネ基準WEBプログラムへの実装は避けたほうがよいと考えられる。

1) 表面温度単位応答の求め方

平面多層壁における四端子行列を(2.6.30)式の通り表すとすると、(2.6.30)式の室内側温度が室内表面温度であり、この値を室内側熱流と室外側温度から求めるように定式化を行う。

$$\begin{array}{ccc}
 \text{室内側} & & \text{室外側} \\
 \boxed{\begin{bmatrix} \Theta_0 \\ \Phi_0 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \cdot \boxed{\begin{bmatrix} \Theta_N \\ \Phi_N \end{bmatrix}} & \begin{array}{l} \text{温度} \\ \text{熱流} \end{array} & (2.6.30) \\
 \text{四端子行列} & &
 \end{array}$$

a) 室内表面熱流励振、吸熱応答

(2.6.30)式において、室内側熱流励振の単位応答を与える。($\Phi_0 = 1/s$ 、 $\Theta_N = 0$)

$$\begin{bmatrix} \Theta_0 \\ 1/s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Theta_N \end{bmatrix} \quad (2.6.31)$$

$$\Theta_0 = \frac{B(s)}{s \cdot D(s)} \quad (2.6.32)$$

b) 屋外温度励振、貫流応答

(2.6.30)式において、屋外側温度励振の単位応答を与える。($\Phi_0 = 0$ 、 $\Theta_N = 1/s$)

$$\begin{bmatrix} \Theta_0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1/s \\ \Theta_N \end{bmatrix} \quad (2.6.33)$$

$$\Theta_0 = \frac{A(s) \cdot D(s) - B(s) \cdot C(s)}{s \cdot D(s)} = \frac{1}{s \cdot D(s)} \quad (2.6.34)$$

2) Laplace 逆変換

(2.6.30)式はラプラス領域での式であり、実在の領域で計算する場合には松尾の留数定理による方法^{1,2}を参考に(2.6.32)式、(2.6.34)式を Heaviside の展開定理と固有方程式 $D(s) = 0$ の根を用いて Laplace 逆変換すると(2.6.35)式、(2.6.36)式となり、表面温度に対する単位応答が求まったことになる。

a) 吸熱単位応答係数

$$\begin{aligned}
 \phi_A(t) &= \frac{B(0)}{D(0)} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{B(-\alpha_{j,k})}{-\alpha_{j,k} \cdot \left. \frac{dD(-\alpha_{j,k})}{ds} \right|_{s=-\alpha_{j,k}}} \\
 &= A_{0,k} + \sum_{j=1}^{\infty} A_{j,k} \cdot \exp(-\alpha_{j,k} \cdot t) = Rm + \sum_{j=1}^{\infty} A_{j,k} \cdot \exp(-\alpha_{j,k} \cdot t)
 \end{aligned} \quad (2.6.35)$$

b) 貫流単位応答係数

$$\begin{aligned}
 \phi_T(t) &= \frac{1}{D(0)} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{-\alpha_{j,k} \cdot \left. \frac{dD(-\alpha_{j,k})}{ds} \right|_{s=-\alpha_{j,k}}} \\
 &= B_{0,k} + \sum_{j=1}^{\infty} B_{j,k} \cdot \exp(-\alpha_{j,k} \cdot t) = 1 + \sum_{j=1}^{\infty} B_{j,k} \cdot \exp(-\alpha_{j,k} \cdot t)
 \end{aligned} \quad (2.6.36)$$

このとき、(2.6.35)式、(2.6.36)式の定常項は $B(0)/D(0) = A_{0,k} = Rm$ 、 $1/D(0) = B_{0,k} = 1$ が成立する。

ここで、 Rm : 壁体の合計熱抵抗 [$m^2 \cdot K/W$]

3) 二等辺三角波励振に対する応答係数の計算

2) で得られた表面温度に対する単位応答を合成し、二等辺三角波励振に対する応答係数を作成する。

a) 吸熱応答係数

$$\begin{aligned}\phi_{0,k} &= Rm + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{A_{j,k}}{\alpha_{j,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{j,k} \cdot \Delta t)\} \\ \phi_{j,k} &= - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{A_{j,k}}{\alpha_{j,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{j,k} \cdot \Delta t)\}^2 \cdot \exp[-(j-1) \cdot \alpha_{j,k} \cdot \Delta t]\end{aligned}\quad (2.6.37)$$

b) 貫流応答係数

$$\begin{aligned}\phi_{0,k} &= 1 + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{B_{j,k}}{\alpha_{j,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{j,k} \cdot \Delta t)\} \\ \phi_{j,k} &= - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{B_{j,k}}{\alpha_{j,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{j,k} \cdot \Delta t)\}^2 \cdot \exp[-(j-1) \cdot \alpha_{j,k} \cdot \Delta t]\end{aligned}\quad (2.6.38)$$

4) 指数項別公比と指数項別応答係数の計算

計算速度の向上のために項別公比法を採用する場合には、 $D(s) = 0$ の根の数に応じて次の式で求める。

a) 指数項別公比

$$r_i = \exp(-\alpha_{i,k} \cdot \Delta t) \quad (2.6.39)$$

b) 指数項別応答係数

吸熱応答

$$\begin{aligned}\phi_{0,k} &= Rm + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{A_{i,k}}{\alpha_{i,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{i,k} \cdot \Delta t)\} \\ \phi_{1,i,k} &= - \frac{A_{i,k}}{\alpha_{i,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{i,k} \cdot \Delta t)\}^2\end{aligned}\quad (2.6.40)$$

貫流応答

$$\begin{aligned}\phi_{0,k} &= 1 + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{B_{i,k}}{\alpha_{i,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{i,k} \cdot \Delta t)\} \\ \phi_{1,i,k} &= - \frac{B_{i,k}}{\alpha_{i,k} \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_{i,k} \cdot \Delta t)\}^2\end{aligned}\quad (2.6.41)$$

2.6.3 湿度・潜熱負荷の計算

(1) 室内空気、備品等の水分収支式

室内部位表面での吸放湿を備品等の湿気容量に含めると仮定すると、図 2.6.3 のような計算モデルが考えら

れ、室空気の水分収支式は(2.6.42)式で表せる。

$$G_a \cdot \frac{d x r_n}{d t} = \rho a \cdot V \cdot (x o_n - x r_n) + L i_n - G_{hum,n} + C_x \cdot (x f_n - x r_n) + \rho a \cdot \sum_{j=1}^{N_{room}} V n x t_{j,n} \cdot (x r_{j,n-1} - x r_n) + \rho a \cdot N V \cdot (x o_n - x r_n) + \rho a \cdot \sum_{m=1}^{N_{in}} V i n_{m,n} \cdot (x i n_{m,n} - x r_n) \quad (2.6.42)$$

ここで、

- G_a : 室空気の質量[kg]
- Vol : 室気積[m³]
- $x r_n$: 時点 n における室絶対湿度[kg/kg(DA)]
- t : 時間[s]
- V : 換気、すきま風による外気の流入量[m³/s]
- $x o_n$: 外気絶対湿度[kg/kg(DA)]
- $L i_n$: 人体や器具などによる室内水蒸気発生量[kg/s]
- $G_{hum,n}$: 時点 n における空調除湿量[kg/s]
- C_x : 室空気と備品等間の湿気コンダクタンス[kg/(s・kg/kg(DA))]
- $V n x t_{j,n}$: 隣接室からの流入風量[m³/s]
- $N V$: 通風量[m³/s]

空調除湿量はルームエアコンの場合(2.6.43)式となる。

$$G_{hum,n} = \max[\rho a \cdot V_{ac} \cdot (1 - B F) \cdot (x r_n - x e_{out,n}), 0] \quad (2.6.43)$$

ここで、

- V_{ac} : 空調風量[m³/s]
- $B F$: ルームエアコンのバイパスファクター[－]
- $x e_{out,n}$: 時点 n におけるルームエアコン熱交換器部分における飽和絶対湿度[kg/kg(DA)]

備品等の水分収支式は室空気との物質移動だけを考慮すればよい(2.6.44)式で表すことができる。

$$G_f \cdot \frac{d x f_n}{d t} = C_x \cdot (x r_n - x f_n) \quad (2.6.44)$$

ここで、

- G_f : 備品等の湿気容量[kg/(kg/kg(DA))]

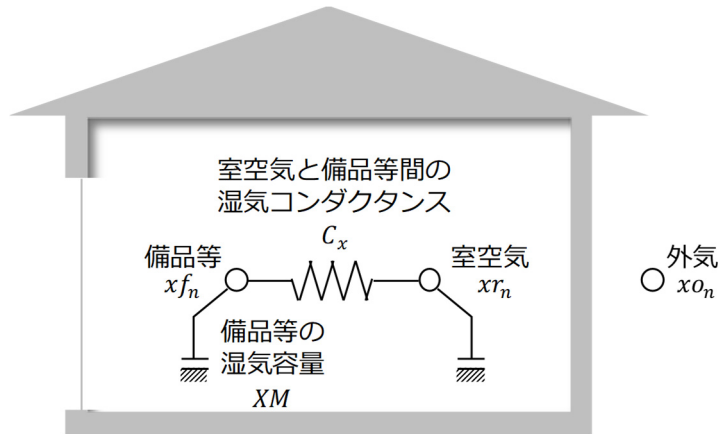


図 2.6.3 室温度の計算モデル

(2.6.44)式の左辺微分項を後退差分で離散化すると、備品等の絶対湿度を求める(2.6.45)式が得られる。

$$xf_n = \frac{G_f/\Delta t \cdot xf_{n-1} + C_x \cdot xr_n}{G_f/\Delta t + C_x} \quad (2.6.45)$$

ここで、 Δt : 計算時間間隔[s]

同様に、(2.6.42)式の左辺微分項を後退差分で離散化し(2.6.45)式を代入すると、室の絶対湿度を計算する(2.6.46)式が導出できる。

$$xr_n = \frac{BRXC}{BRMX} \quad (2.6.46)$$

ただし、

$$BRMX = \rho a \cdot \left(\frac{Vol}{\Delta t} + V + V_{ac} \cdot (1 - BF) + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{j,n} + NV + \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \right) + \frac{G_f \cdot C_x}{G_f + \Delta t \cdot C_x} \quad (2.6.47)$$

$$BRXC = \rho a \cdot \left(\frac{Vol}{\Delta t} \cdot xr_{n-1} + V \cdot xo_n + V_{ac} \cdot (1 - BF) \cdot xe_{out,n} + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{j,n} \cdot xr_{j,n-1} + NV \cdot xo_n + \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \cdot xin_{m,n} \right) + Li_n + \frac{G_f \cdot C_x}{G_f + \Delta t \cdot C_x} \cdot xf_{n-1} \quad (2.6.48)$$

なお、空調除湿量については(2.6.46)によって室絶対湿度を計算後、(2.6.43)式で計算することになるが、空調除湿量が負値となるときには、空調除湿量をゼロとして再計算する必要がある。

2.7 熱負荷計算に必要な各種設定条件の検討

2.7.1 固定公比法による応答係数計算法の検討

(1) はじめに

ここでは、固定公比法による単位応答のパラメータの求め方と想定する固定根について検討する。応答係数が求まれば、2.6 で述べた方法で室温・熱負荷を計算することができる。

(2) 定式化

1) パラメータの求め方

a) 固定公比法の考え方

伝達関数を(2.7.1)式で近似することを考える。

$$G(s_i) \approx A_0 + \sum_{j=1}^N \frac{s_i}{s_i + \alpha_j} \cdot A_j \quad (2.7.1)$$

ここで、 $G(s_i)$: ラプラス変数 s_i における伝達関数

A_0 : 応答の定常項(吸熱応答の場合は室内表面から裏面空気までの熱抵抗 Rm 、貫流応答の場合は1.0)

A_j : パラメータ

α_j : 根

s_i : ラプラス変数

N : 根の数

5) に示す方法で四端子行列から任意のラプラス変数 s_i のときの伝達関数 $G(s_i)$ は求まるため、適切な根 α_i を与えることで (2.7.1) 式よりパラメータ A_j を求めることができる。パラメータ A_j が求まれば 2) ～ 4) より単位応答、応答係数、公比・指数項別応答係数が求まる。

b) 松尾の方法⁴

松尾の提案する固定公比法は、適切な固定根数 α_j を固定し、ラプラス変数数 s_i も固定根に等しいと仮定し、(2.7.1) 式で構成される線形連立方程式を解くことでパラメータ A_j を求める方法である。

具体的には、(2.7.2) 式のようにラプラス変数数 s_i と固定根数 α_i を共通の数 x_i とすると、(2.7.1) 式は (2.7.3) 式となる。

$$\alpha_i = s_i = x_i \quad (2.7.2)$$

(2.7.3) 式は与えられた固定根の数だけ作成され、未知パラメータ A_j も固定根と同数となることから、これらを連立させてできる連立方程式を (2.7.4) ～ (2.7.6) 式で解くことでパラメータ A_j を求めることができる。

$$\sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_i + x_j} \cdot A_j = G(x_i) - G(0) \quad (2.7.3)$$

$$[U] \cdot \{A\} = \{G\} \quad (2.7.4)$$

$$U_{i,j} = \frac{x_i}{x_i + x_j} \quad (2.7.5)$$

$$\{A\} = [U]^{-1} \cdot \{G\} \quad (2.7.6)$$

図 2.7.1 に松尾の方法で求めた単位応答の例を示す。同図は一般的な木造住宅の床を想定した。部位の熱抵抗が大きく熱容量が極めて小さい部位において、松尾の方法で求めた単位応答の精度が低いことを確認した。HASP/ACLD/8501 では、計算された根 α_j によって定常伝熱モデル、1 項近似、2 項近似と可変になっているが、将来的に省エネ基準の WEB プログラムでの利用を想定するとアルゴリズムがやや煩雑となる。

⁴ 松尾陽: 建物伝熱の近似解法とその応用、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp/ 133-134、1971.11

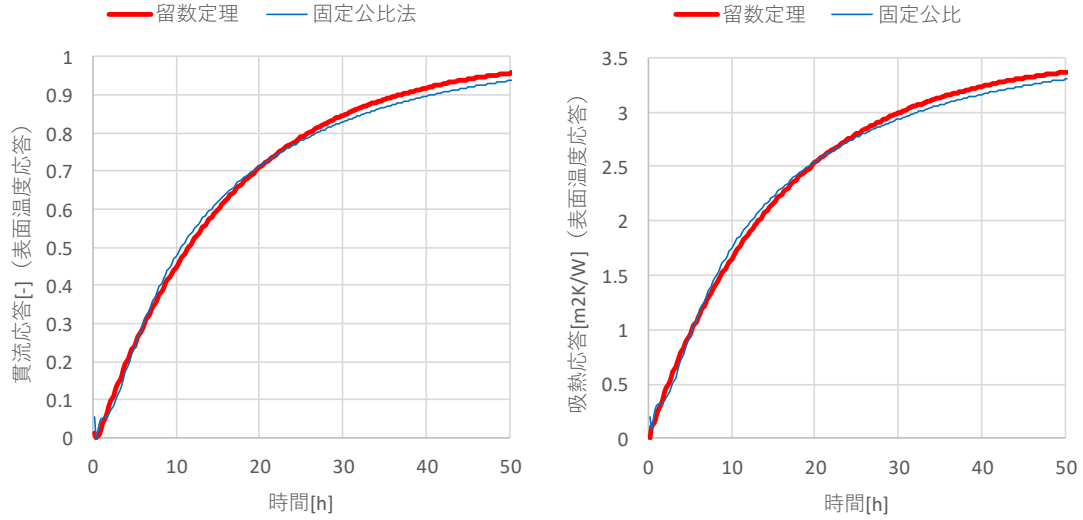


図 2.7.1 松尾の方法での固定公比法と留数定理で求めた単位応答の比較

※ 合板:22mm、グラスウール 16K:150mm の床

※ 固定公比法の固定根は、 $\{1.39\text{E-}05, 5.83\text{E-}05, 2.42\text{E-}04, 1.00\text{E-}03, 4.17\text{E-}03\}$ の 5 根

c) 最小二乗法を用いて求める方法

ここでは、固定根数列 α_j をこれとは別にラプラス変数数列 s_i を独立して設定することでよりよいパラメータ A_j を求める方法を考える。

例えば、固定根数列 α_j を初項 2.778×10^{-6} 、等比 8 の等比数列とし、ラプラス変数数列 s_i を初項 9.821×10^{-7} 、等比 $\sqrt{8}$ の等比数列とすると、各数列は(2.7.7)、(2.7.8)式となる。

$$\alpha_j = \{2.778 \times 10^{-6} \quad 2.222 \times 10^{-5} \quad 1.972 \times 10^{-4} \quad 1.653 \times 10^{-3} \quad 1.653 \times 10^{-3}\} \quad (2.7.7)$$

$$s_i = \{9.821 \times 10^{-7} \quad 2.778 \times 10^{-6} \quad 7.857 \times 10^{-6} \quad 2.222 \times 10^{-5} \quad 6.285 \times 10^{-5} \\ 1.778 \times 10^{-4} \quad 5.028 \times 10^{-4} \quad 1.422 \times 10^{-3} \quad 4.023 \times 10^{-3} \quad 1.138 \times 10^{-2}\} \quad (2.7.8)$$

(2.7.1)式において、四端子行列から求められるラプラス変数 s_i における伝達関数 $G(s_i)$ を最も誤差を小さくできるようなパラメータ A_j を決定できればよい。ここでは最小二乗法を使用して求める方法について述べる。

(2.7.1)式より、四端子行列から求められるラプラス変数 s_i における伝達関数 $G(s_i)$ と右辺の近似式との誤差 ε_i は(2.7.9)式で求められる。

$$\varepsilon_i = \left| G(s_i) - A_0 - \sum_{j=1}^N \frac{s_i}{s_i + \alpha_j} \cdot A_j \right| = \left| G_i - \sum_{j=1}^N F_{i,j} \cdot A_j \right| \quad (2.7.9)$$

$$F_{i,j} = \frac{s_i}{s_i + \alpha_j} \quad (2.7.10)$$

$$G_i = G(s_i) - A_0 \quad (2.7.11)$$

実際には、ラプラス変数数列 s_i は M 個の数列であることから、(2.7.9)式は M 個作成されることとなる。よって、これら M 個の式で求められる誤差 ε_i が最小になるように(2.7.9)式の両辺を 2 乗して得られる誤差の 2 乗和が最小となるパラメータ A_j を求めてあげればよい。

$$Q = \sum_{i=1}^M \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^M \left(G_i - \sum_{j=1}^N F_{i,j} \cdot A_j \right)^2 \quad (2.7.12)$$

(2.7.12)式は二次関数であることから、左辺の Q を最小とするパラメータ A_j は(2.7.12)式を各パラメータ A_j で偏微分したものが0となるとときに極小値となる。

$$\frac{\partial Q}{\partial A_k} = -2 \cdot \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot \left(G_i - \sum_{j=1}^N F_{i,j} \cdot A_j \right) = 0 \quad (2.7.13)$$

(2.7.13)式は N 個で未知数はパラメータ A_j の N 個であることから、それぞれの式を連立させて解くことで未知数を求めることができる。つまり、

$$[U] \cdot \{A\} = \{C\} \quad (2.7.14)$$

$$U_{k,j} = \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot \sum_{j=1}^N F_{i,j} \quad (2.7.15)$$

$$C_k = \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot G_i \quad (2.7.16)$$

(2.7.14)式より求めるパラメータ A_j は(2.7.17)式で求めることができる。

$$\{A\} = [U]^{-1} \cdot \{C\} \quad (2.7.17)$$

2) 単位応答の計算

単位応答は、(2.7.17)式で求められたパラメータ A_j を用いて(2.7.18)式から計算することができる。

$$\phi(t) = A_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cdot \exp(-\alpha_i \cdot t) \quad (2.7.18)$$

ここで、 $\phi(t)$: 単位応答

3) 応答係数の計算

二等辺三角波励振の応答係数は、(2.7.17)式で求められたパラメータ A_j を用いて(2.7.19)、(2.7.20)式から計算することができる。

$$\phi_0 = A_0 + \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{\alpha_i \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_i \cdot \Delta t)\} \quad (2.7.19)$$

$$\phi_j = - \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{\alpha_i \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_i \cdot \Delta t)\}^2 \cdot \exp(-(j-1) \cdot \alpha_i \cdot \Delta t) \quad (2.7.20)$$

ここで、 ϕ_j : 二等辺三角波励振の応答係数

4) 指数項別応答係数、公比の計算

項別公比法に使用する指数項別応答係数、公比は、(2.7.17)式で求められたパラメータ A_j を用いて(2.7.21)、(2.7.22)式から計算することができる。

$$\phi_{1i} = - \frac{A_i}{\alpha_i \cdot \Delta t} \cdot \{1 - \exp(-\alpha_i \cdot \Delta t)\}^2 \quad (2.7.21)$$

$$r_i = \exp(-\alpha_i \cdot \Delta t) \quad (2.7.22)$$

ここで、 ϕ_{1i} : 指数項別応答係数
 r_i : 公比

5) 伝達関数の求め方

(2.7.1)式で使用する表面温度応答の伝達関数は、部位ごとの四端子行列 $[F]$ を(2.7.23)式で表現した時に表 2.7.1 で表される。

$$[F] = \begin{bmatrix} A(s_i) & B(s_i) \\ C(s_i) & D(s_i) \end{bmatrix} \quad (2.7.23)$$

表 2.7.1 伝達関数

励振	応答	$G_A(0)$	$G_A(s_i)$	$G_T(0)$	$G_T(s_i)$
裏面空気温度、室内表面熱流	表面温度	Rm	$\frac{B(s_i)}{D(s_i)}$	1	$\frac{1}{D(s_i)}$
両側空気温度	表面熱流	Uw	$\frac{D(s_i)}{B(s_i)}$	Uw	$\frac{1}{B(s_i)}$

ここで、 Uw : 壁体の熱貫流率[W/(m²・K)]

Rm : 表面熱伝達抵抗を除く熱抵抗[m²・K/W]

四端子行列 $[F]$ は多層壁の各層における四端子基本行列 $[F_k]$ の積

$$[F] = [F_1] \cdot [F_2] \cdot \dots \cdot [F_k] \cdot \dots \cdot [F_N] = \begin{bmatrix} A(s_i) & B(s_i) \\ C(s_i) & D(s_i) \end{bmatrix} \quad (2.7.24)$$

$$[F_k] = \begin{bmatrix} A_k(s_i) & B_k(s_i) \\ C_k(s_i) & D_k(s_i) \end{bmatrix} \quad (2.7.25)$$

四端子基本行列の各要素は表 2.7.2 から各層の熱容量の有無によって計算される。

表 2.7.2 $[F_k]$ の各要素の計算法

	$C_k = 0$ の場合	$C_k \neq 0$ の場合
$A_k(s_i)$	1	$\cosh \sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}$
$B_k(s_i)$	R_k	$\frac{R_k}{\sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}} \cdot \sinh \sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}$
$C_k(s_i)$	0	$\frac{\sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}}{R_k} \cdot \sinh \sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}$
$D_k(s_i)$	1	$\cosh \sqrt{R_k \cdot C_k \cdot s_i}$

ここで、 R_k : 層 k の熱抵抗[m²・K/W]

C_k : 層 k の熱容量[J/(m²・K)]

(3) 固定根の検討

1) はじめに

固定公比法を用いて応答係数を計算するロジックを省エネ基準 WEB プログラムに組み込むことを想定すると、ある程度一般的な住宅の部位についてはパラメータがある程度の精度で求まるように固定根を決定する必要がある。ここでは、設定する固定根について検討する。

2) 想定した壁体構成

想定した壁体構成を表 2.7.3 に示す。木造住宅と RC 造住宅を想定し、ある程度の断熱性能を有するようにした。同表の部位において、留数定理で求めた単位応答と固定公比法で求めた単位応答を比較する。

表 2.7.3 想定した壁体構成

部位名称	部材	熱伝導率 [W/(m・K)]	容積比熱 [kJ/(m ³ ・K)]	厚さ [mm]	R 熱抵抗 [m ² ・K/W]	C 単位面積熱容量 [kJ/(m ² ・K)]
1 階床(木造)	合板	0.16	720	22	0.138	15.84
	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	0.05	13	150	3.333	1.95
	Ro	25.00			0.040	0.00
外壁(木造)	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	0.05	13	100	2.222	1.30
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	合板	0.16	720	9	0.056	6.48
	モルタル	1.50	1,600	30	0.020	48.00
	Ro	25.00			0.040	0.00
2 階天井(木造)	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	0.05	8	200	4.000	1.60
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64
	鋼板	55.00	3,600	1	0.000	3.60
	Ro	25.00			0.040	0.00
間仕切り	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	Ro	9.09			0.110	0.00
屋根(RC)	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種	0.028	40	50	1.786	2.00
	コンクリート	1.6	2000	135	0.084	270.00
	Ro	25.00			0.040	0.00
外壁(RC)	せっこうボード	0.22	830	12	0.055	9.96
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種	0.028	40	50	1.786	2.00
	コンクリート	1.6	2000	150	0.094	300.00
	Ro	25.00			0.040	0.00
床(RC)	合板	0.16	720	22	0.138	15.84
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11			0.090	0.00
	コンクリート	1.6	2000	130	0.081	260.00
	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種	0.028	40	50	1.786	2.00
	Ro	25.00			0.040	0.00

3) 固定根の検討

表 2.7.4、図 2.7.2 に留数定理で求めた根と既往研究⁵で提案された固定根を示す。RC 造は屋根が 14 根、

外壁が 15 根であった。根の逆数が扱う時間の周期(単位は秒)となるが、留数定理で求められた根を見ると最長の周期は床(RC) (RC 外断熱)で 142 時間、最短は間仕切り(石膏ボード 2 枚+空気層)の 13.6 秒である。

表 2.7.4 留数定理で求められた α_i と既往研究の固定根

根の 番号	留数定理							固定公比法 ⁵				
	1 階床 (木造)	外壁(木 造)	2 階天井 (木造)	間仕切り	屋根 (RC)	外壁 (RC)	床(RC)	A	B	C	D	E
1	1.77E-05	3.91E-05	2.25E-05	2.82E-04	3.98E-05	3.67E-05	1.95E-06	1.39E-05	1.39E-05	1.39E-05	2.78E-05	2.78E-06
2	1.47E-03	3.89E-04	1.21E-03	2.19E-03	6.48E-05	6.01E-05	3.28E-04	3.06E-05	5.83E-05	2.42E-04	7.50E-05	2.22E-05
3	4.37E-03	2.98E-03	1.82E-03	1.89E-02	5.90E-04	4.90E-04	6.29E-04	7.22E-05	2.42E-04	4.17E-03	1.97E-04	1.97E-04
4	6.17E-03	5.88E-03	5.86E-03	2.32E-02	1.89E-03	1.55E-03	1.91E-03	1.61E-04	1.00E-03		5.22E-04	1.65E-03
5	1.32E-02	1.19E-02	1.12E-02	7.34E-02	2.57E-03	2.55E-03	2.66E-03	3.61E-04	4.17E-03		1.39E-03	1.39E-02
6	1.81E-02	1.39E-02	1.35E-02		4.09E-03	3.34E-03	4.23E-03	8.17E-04				
7	2.39E-02	1.84E-02	1.82E-02		7.10E-03	5.78E-03	5.78E-03	1.84E-03				
8	3.65E-02	2.87E-02	2.40E-02		9.80E-03	8.88E-03	7.58E-03	4.17E-03				
9			3.64E-02		1.11E-02	9.89E-03	1.05E-02					
10					1.58E-02	1.28E-02	1.18E-02					
11					1.80E-02	1.73E-02	1.69E-02					
12					2.14E-02	1.80E-02	1.95E-02					
13					2.35E-02	2.25E-02	2.28E-02					
14					2.79E-02	2.36E-02	2.40E-02					
15						2.86E-02	3.00E-02					

※ 固定公比法において、ラプラス変数 s は固定根の 2 倍の個数とし、それぞれ等比数列で補間して設定した

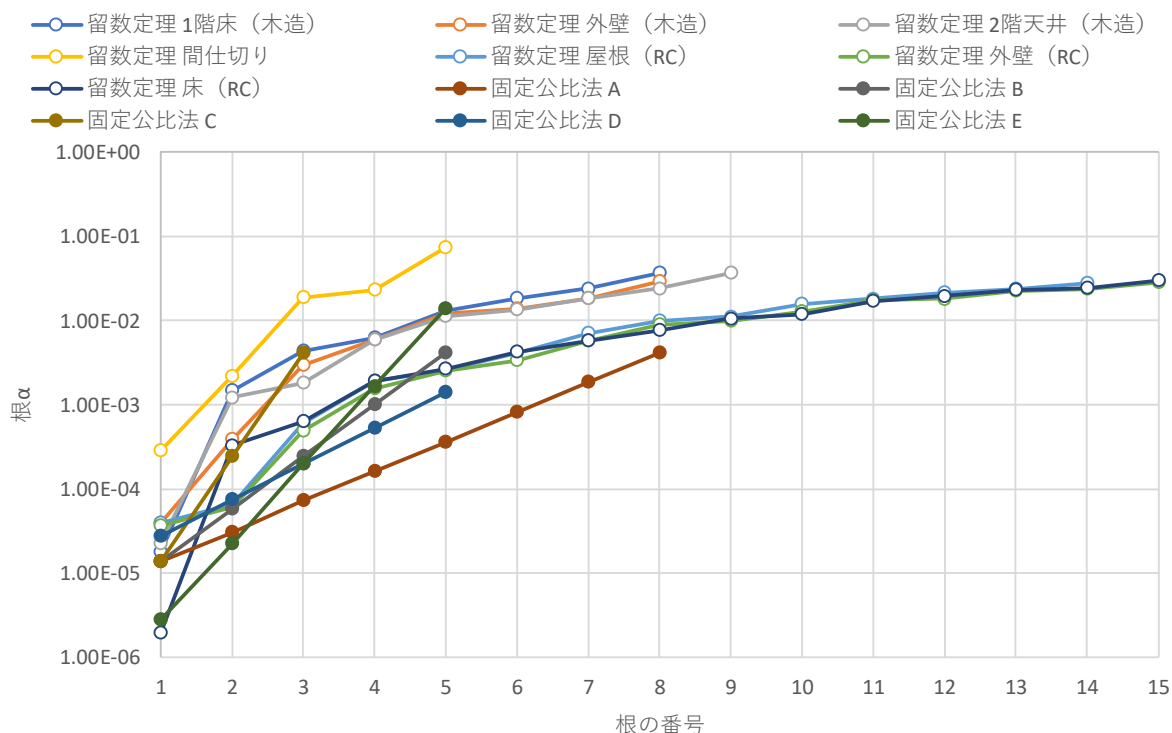


図 2.7.2 想定した固定根

(4) 単位応答の検討結果

図 2.7.3 に 1 階床(木造)の留数定理で求めた単位応答と固定根 A~E で求めた単位応答を示す。固定根の

⁵ 井上宇市、石野久彌、郡公子、古畑進:壁体・室の近似伝熱解法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 625-626、1987.10

設定値によって、留数定理で求めた単位応答との乖離が大きい条件があることがわかる。特に固定根 D などは振動しており留数定理を再現できていない。

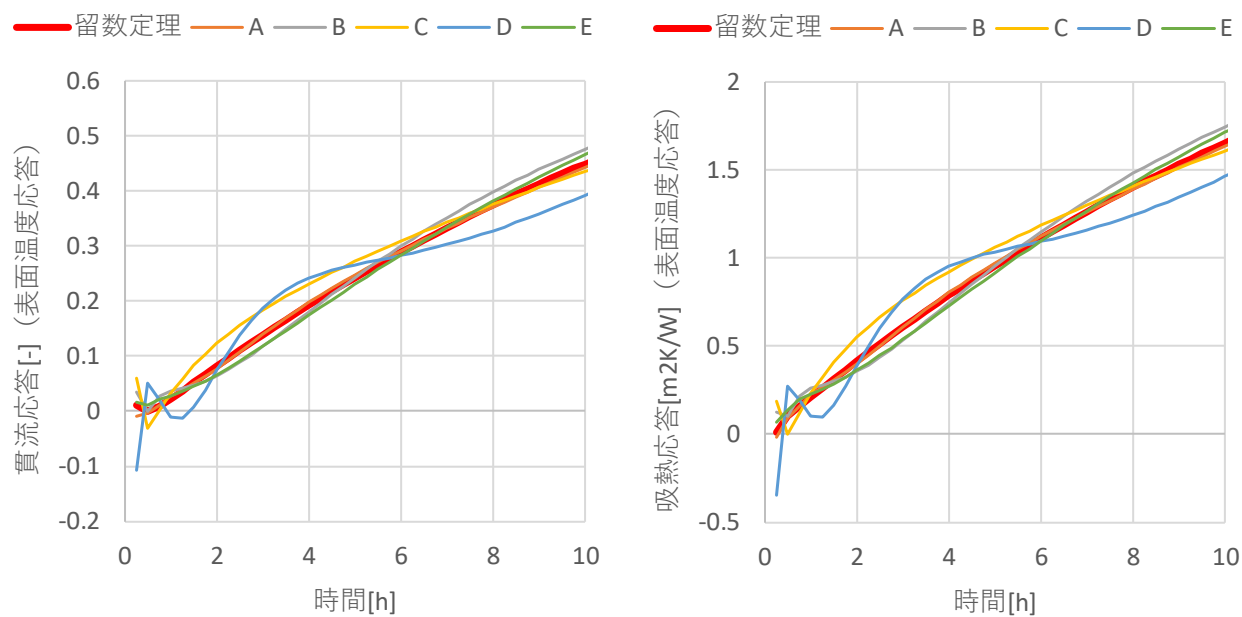


図 2.7.3 1 階床(木造) 全ケースの単位応答

以降、グラフの見やすさを優先し、明らかにかい離が大きいグラフは削除した。

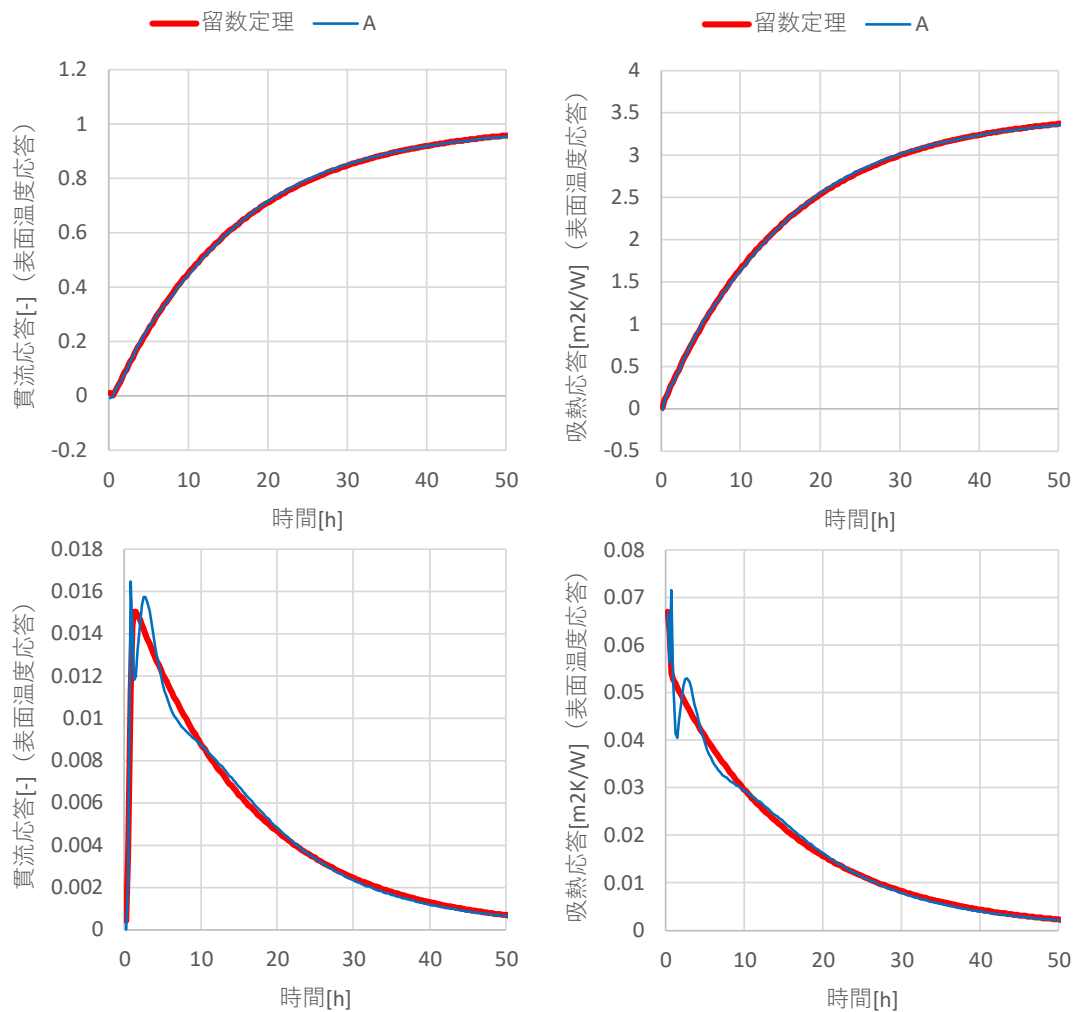


図 2.7.4 1階床(木造) (上:単位応答、下:二等辺三角波励振の応答係数)

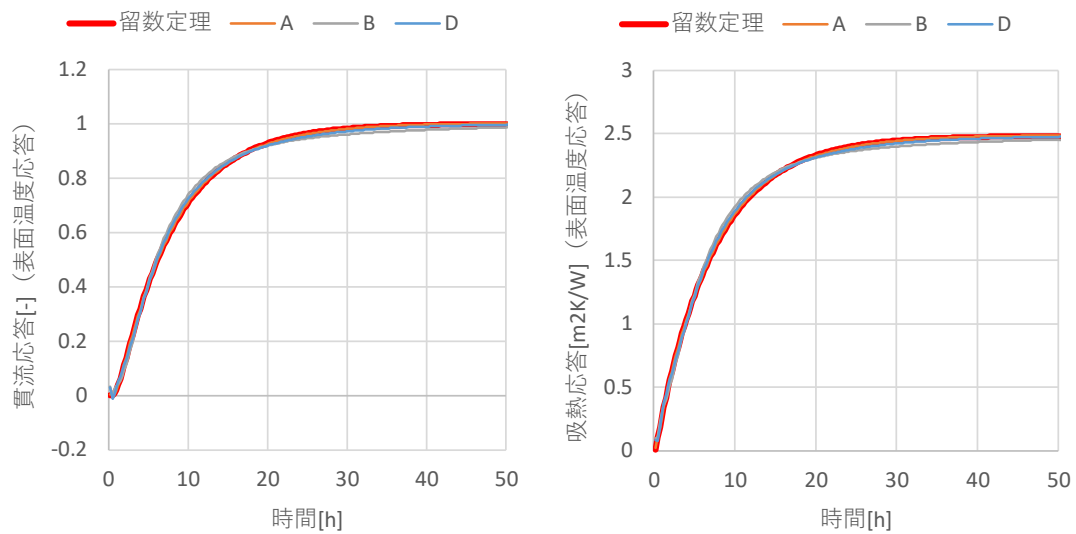


図 2.7.5 外壁(木造)

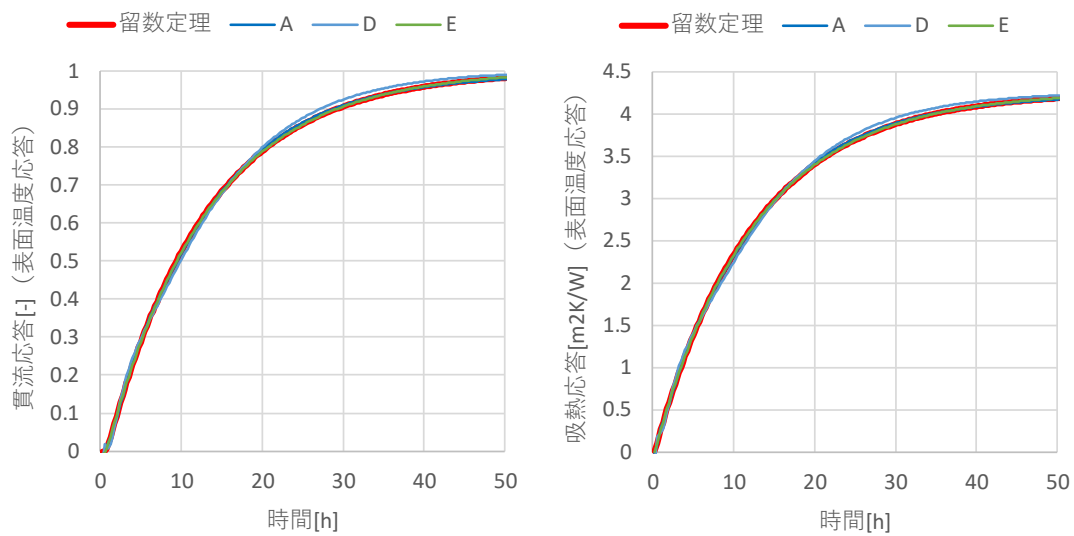


図 2.7.6 2 階天井(木造)

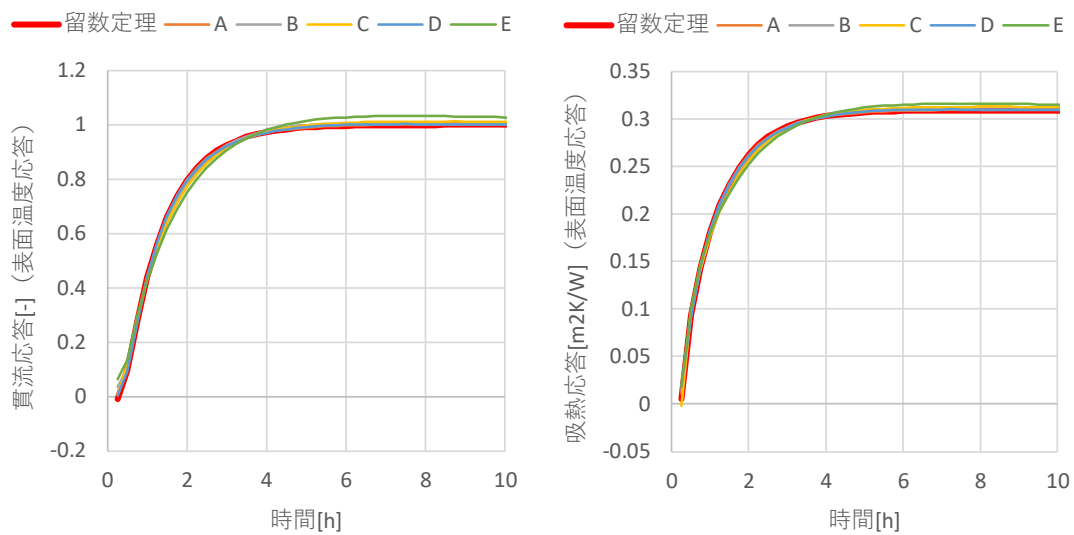


図 2.7.7 間仕切り

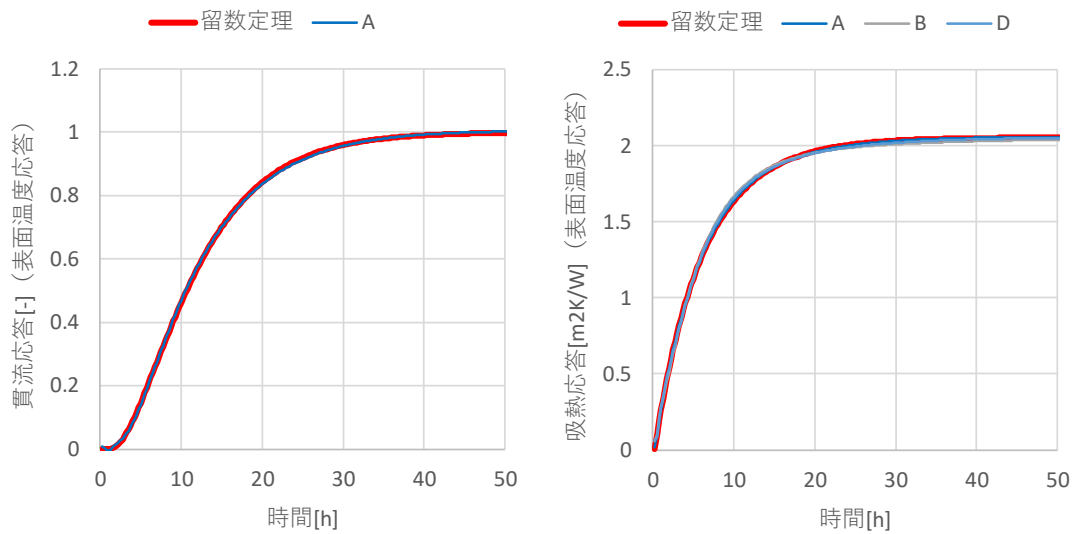


図 2.7.8 屋根(RC)

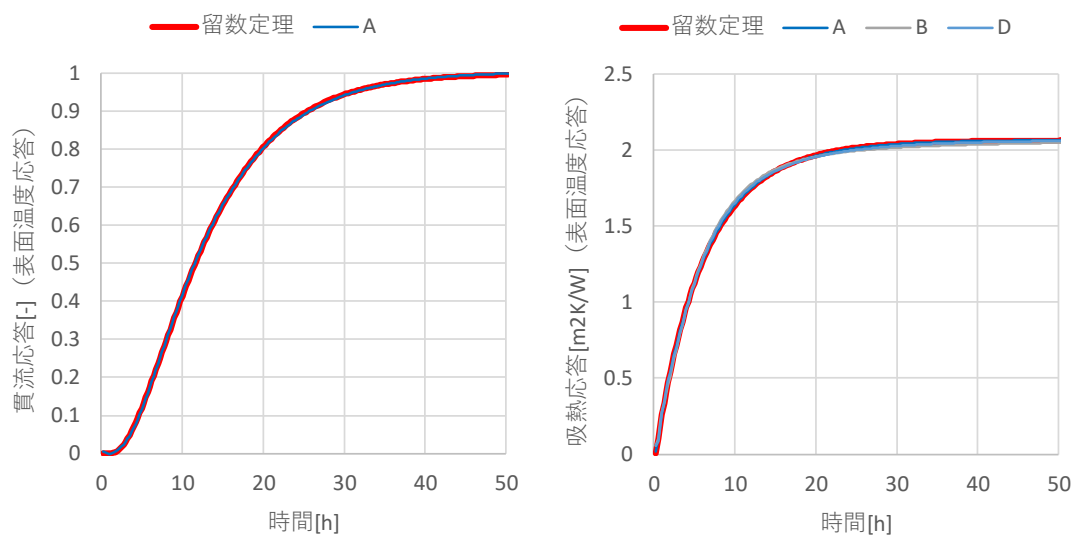


図 2.7.9 外壁(RC)

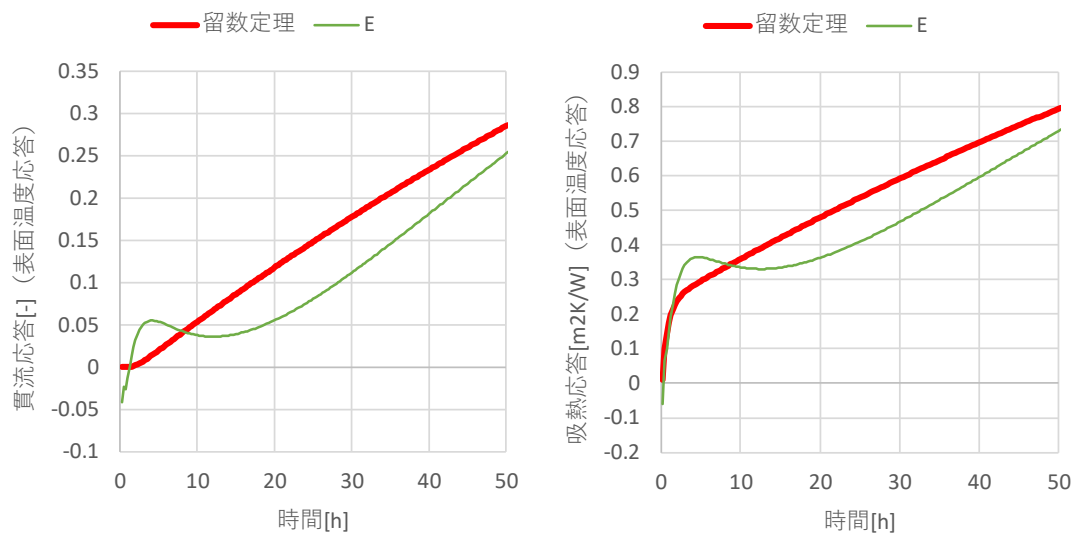


図 2.7.10 床(RC)

(3)2)で想定した7種類の壁体に対し、万能に対応できる固定根は見当たらなかった。固定根 A は床(RC)を除けばよく留数定理を再現している。床(RC)は他の RC 部位と比べて熱容量と断熱材の位置関係が逆になっているため、根としては時間が長め(α は時間の逆数なので小さい側)の値が不足していたものと考えられる。固定根 E は第1根が比較的小さい値であり、留数定理の第1根をカバーする方向になっているが、一方で根の数があまりにも少なく、再現性が低くなったものと考えられる。そのため根の上下限值としては留数定理で求められた上下限値をカバーするように設定し、根の数は8根として留数定理の結果の再現性を検討する。

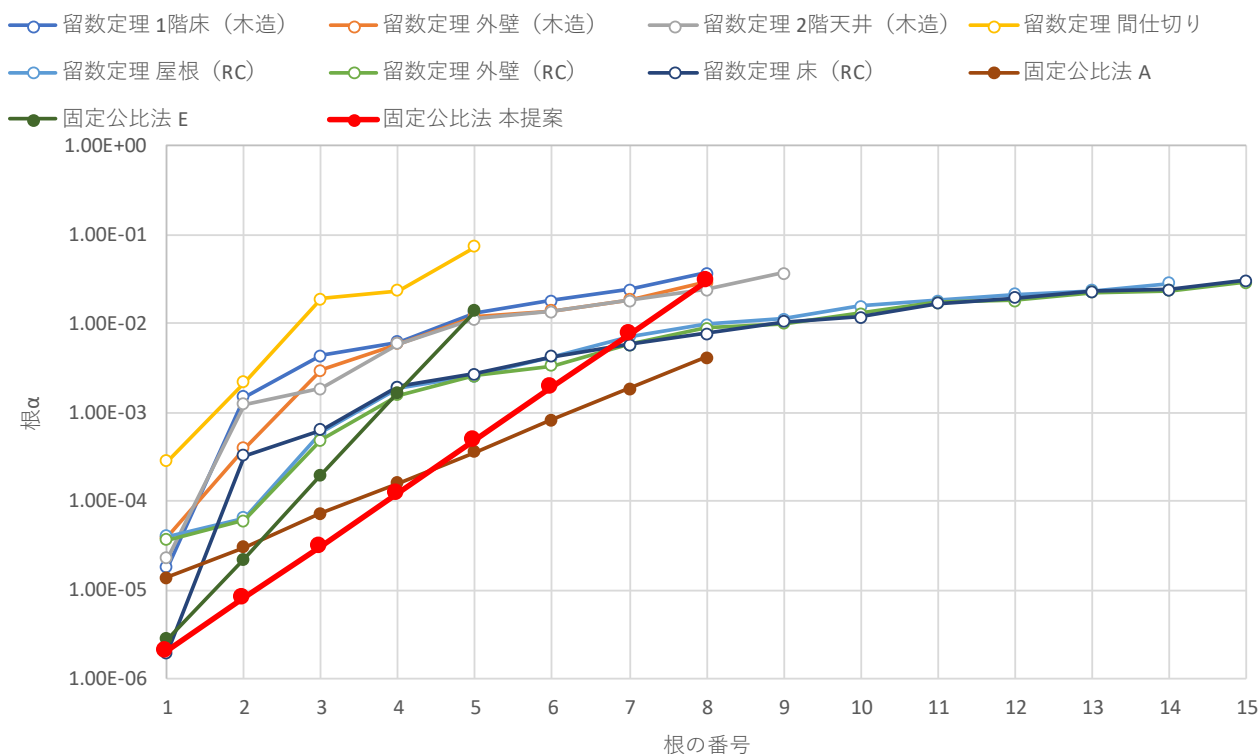


図 2.7.11 固定根の提案

表 2.7.5 提案する固定根

2.0000E-06	7.9000E-06	3.1205E-05	1.2326E-04	4.8688E-04	1.9232E-03	7.5965E-03	3.0006E-02
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

表 2.7.5 に示す固定根を設定して求めた単位応答と松尾の留数定理の比較を図 2.7.12～図 2.7.18 に示す。どの壁体構成の部位においても、おおむね固定公比法で求めた単位応答が留数定理の結果を再現している様子が確認できる。感度解析システムが完成したらより多くの壁体構成で検証する必要があるが、当面は表 2.7.5 に示す固定8根での実装を行って差し支えないと考える。

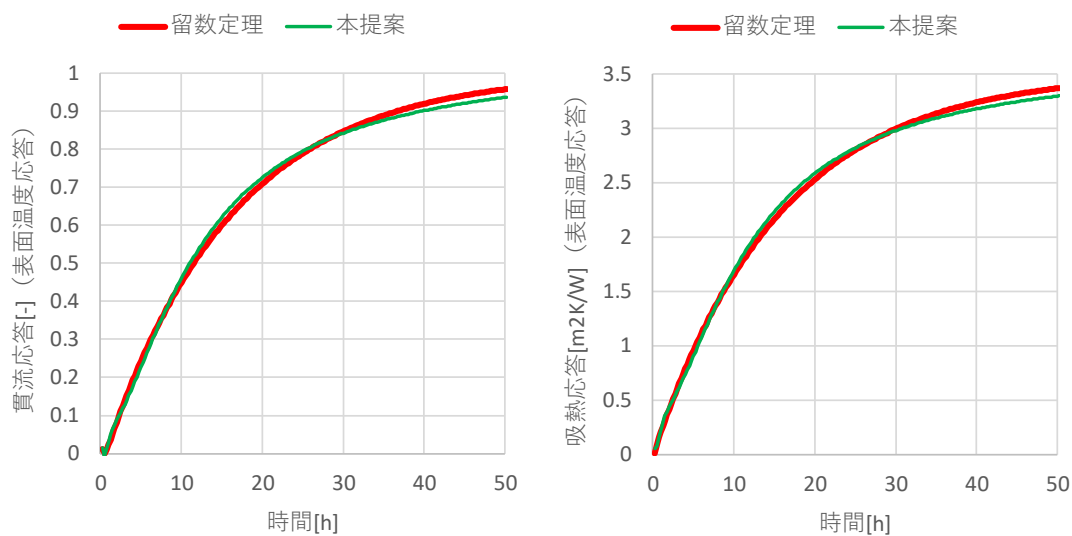


図 2.7.12 1階床(木造)の提案した固定根での単位応答

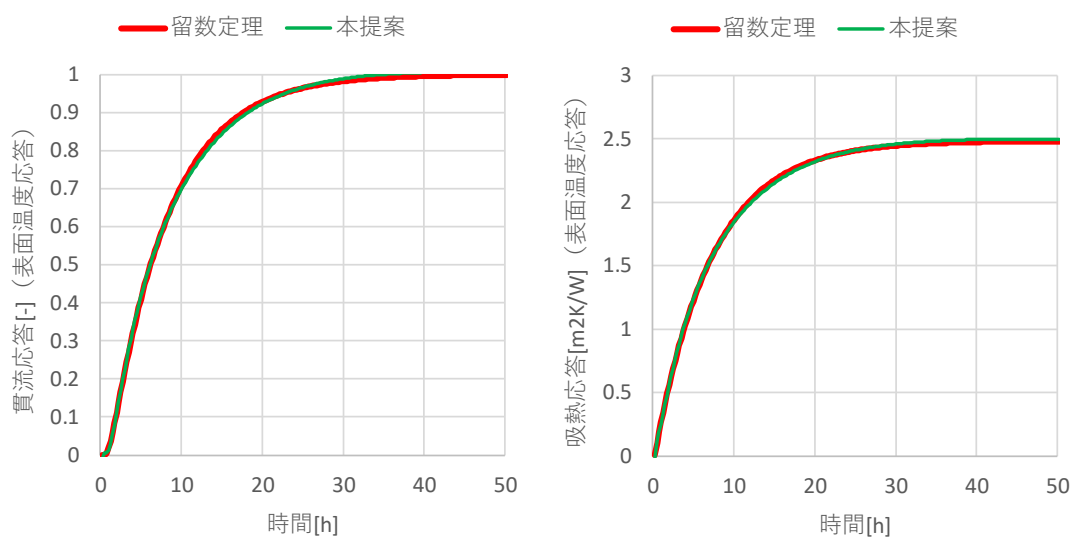


図 2.7.13 外壁(木造)の提案した固定根での単位応答

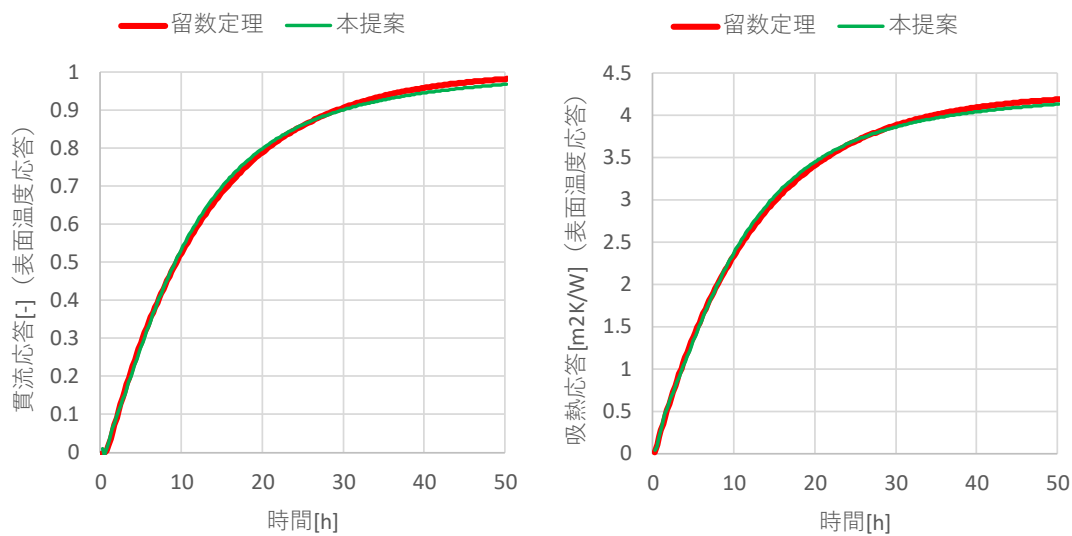


図 2.7.14 2階天井(木造)の提案した固定根での単位応答

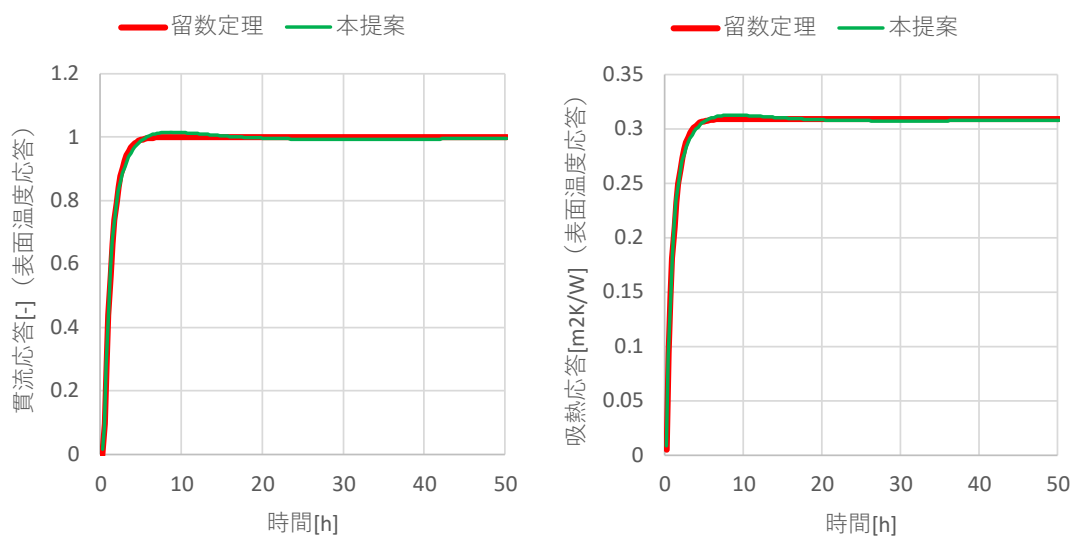


図 2.7.15 間仕切りの提案した固定根での単位応答

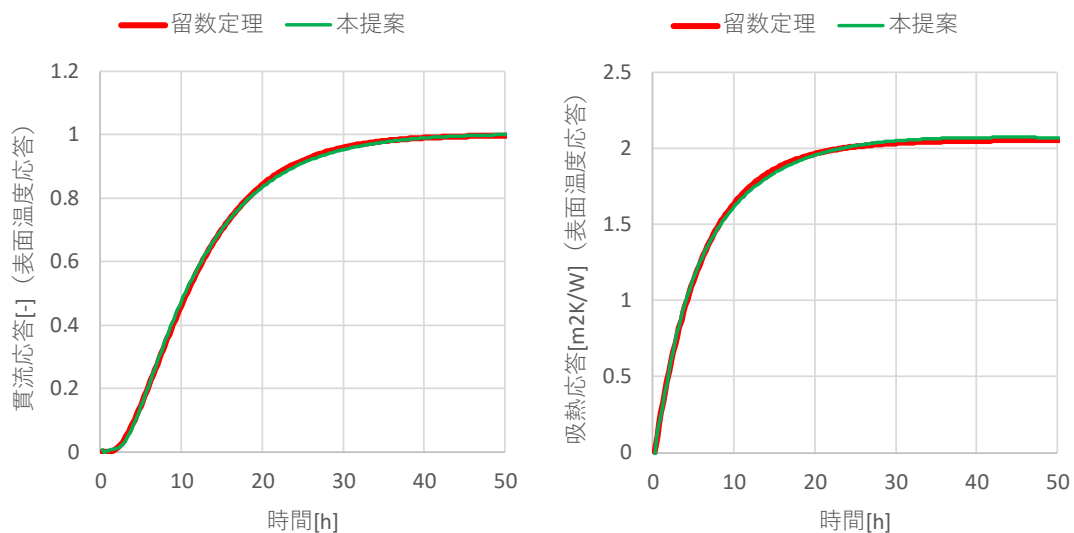


図 2.7.16 屋根(RC)の提案した固定根での単位応答

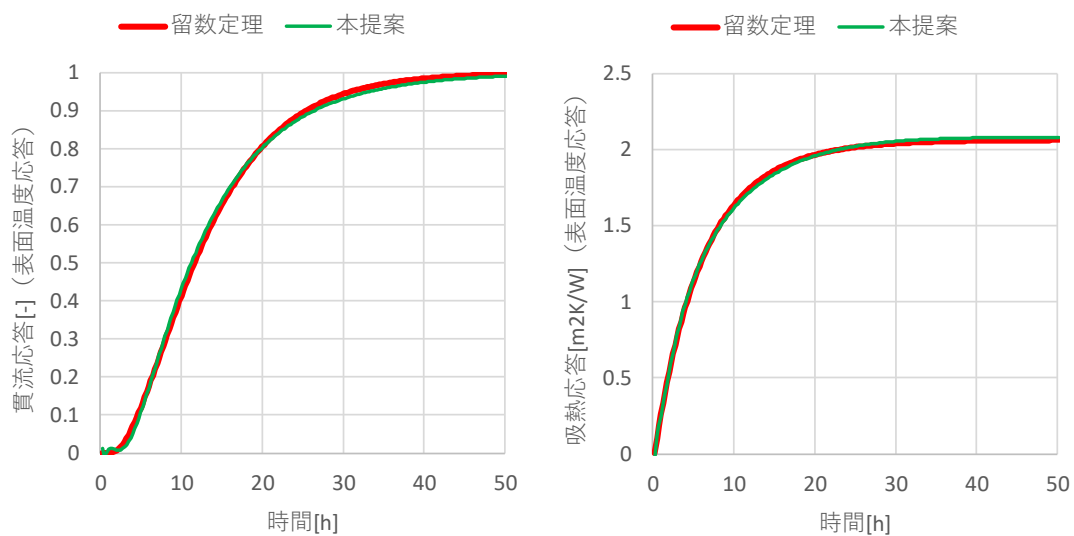


図 2.7.17 外壁(RC)の提案した固定根での単位応答

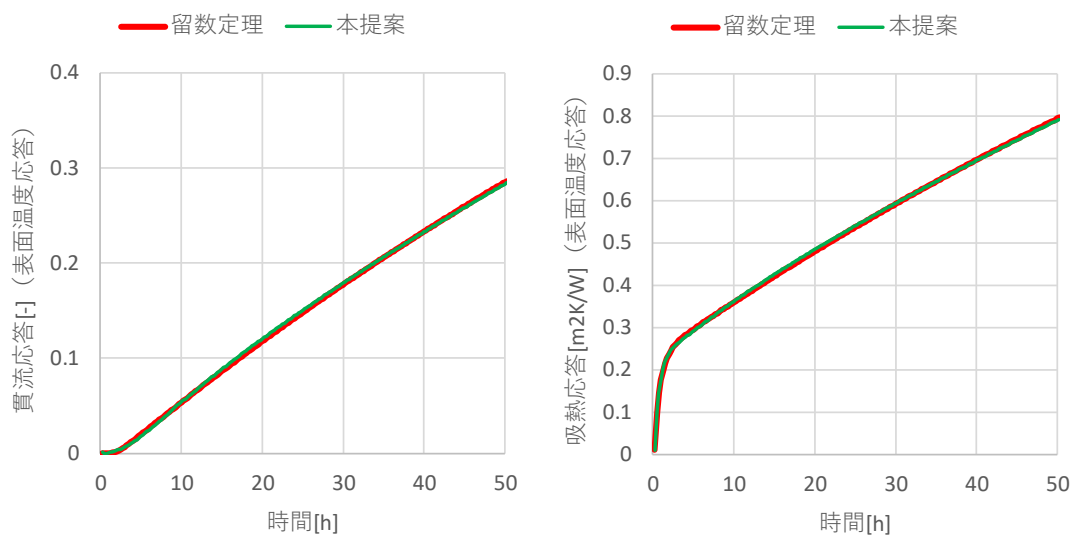


図 2.7.18 床(RC)の提案した固定根での単位応答

(5) 室温・熱負荷計算結果への影響

1) 検証条件

ここでは、図 2.7.19 に示す $W3,000 \times D3,000 \times H2,700$ の単室モデルを想定する。南側のみに 3.6m^2 の開口部を有する。なお、床下空間の境界条件を揃えるために建物モデルは宙に浮いていることを想定した。壁体構成は表 2.7.3 である。

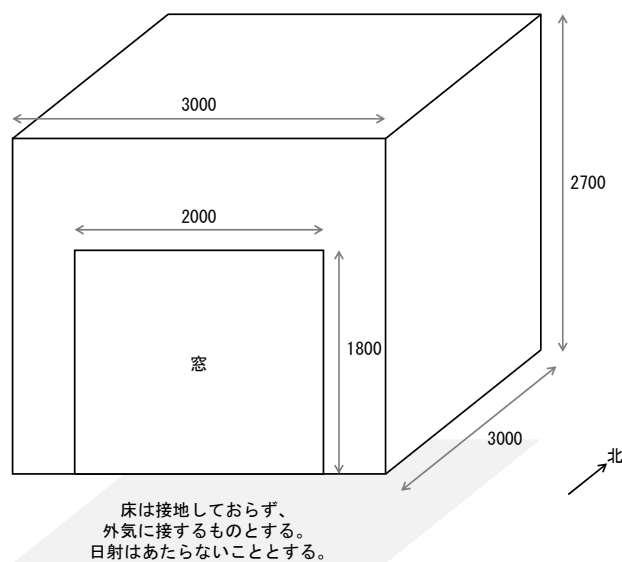


図 2.7.19 検証用建物モデル

2) 検証結果

図 2.7.12～図 2.7.18 に示したように固定公比法で求めた単位応答は、松尾の留数定理の結果と完全に一致していないが、室内温熱環境や熱負荷は図 2.7.20、図 2.7.21 に示すようにほぼ差は見られない。よって、室内温熱環境や熱負荷の観点からも表 2.7.5 で差し支えないことを確認した。

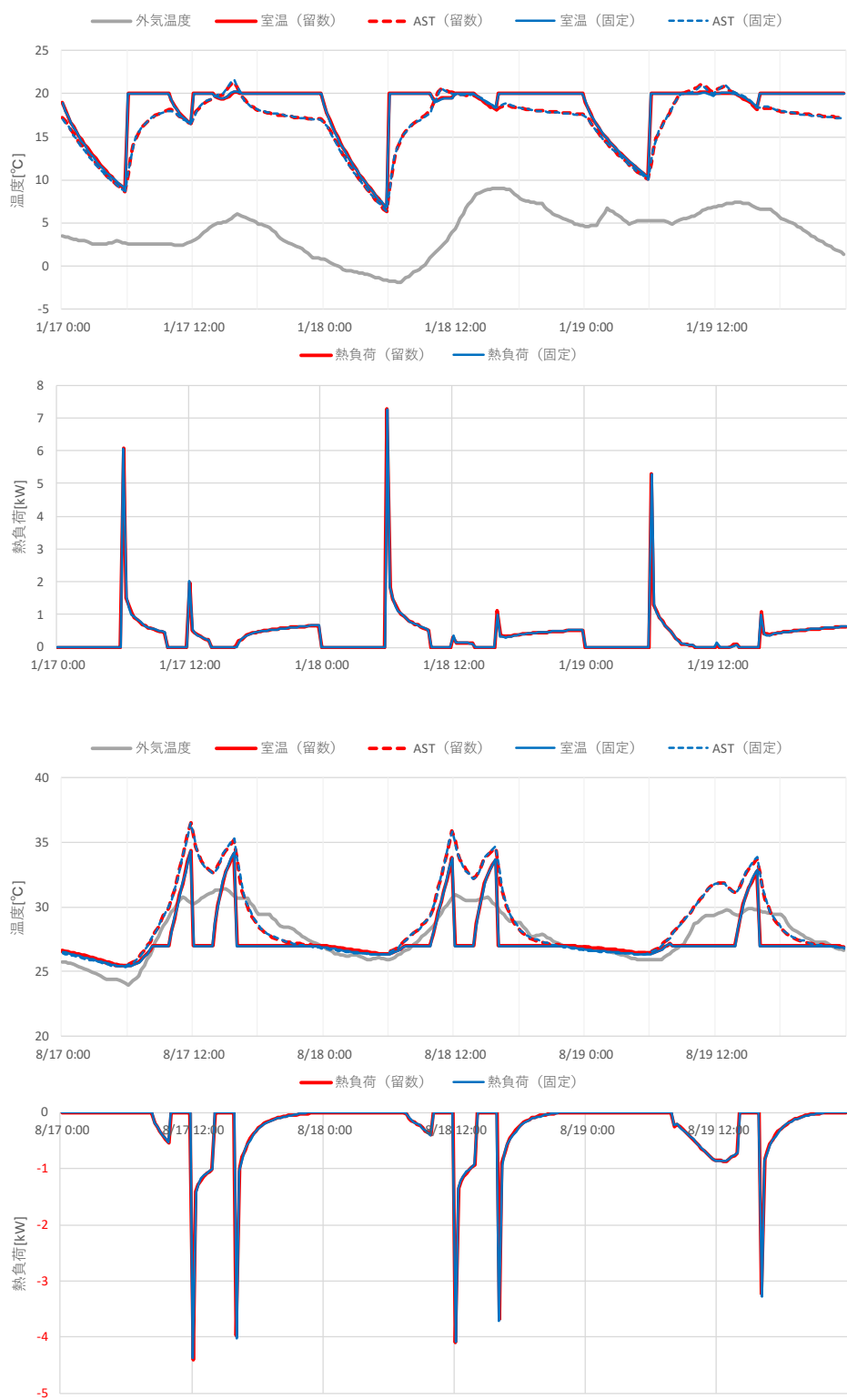


図 2.7.20 留数定理と固定公比法で求めた室内温熱環境と熱負荷(木造)

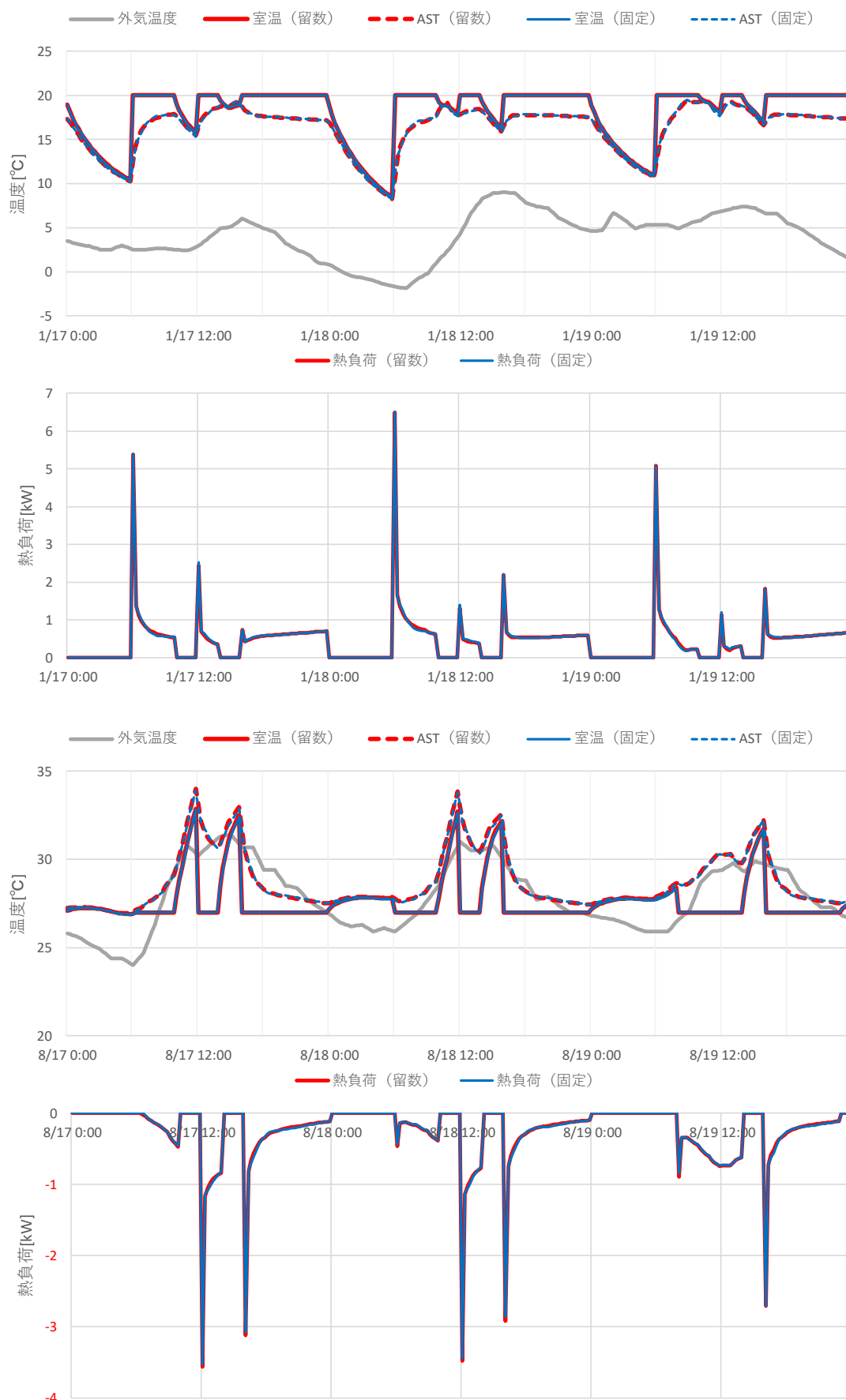


図 2.7.21 留数定理と固定公比法で求めた室内温熱環境と熱負荷(RC 造)

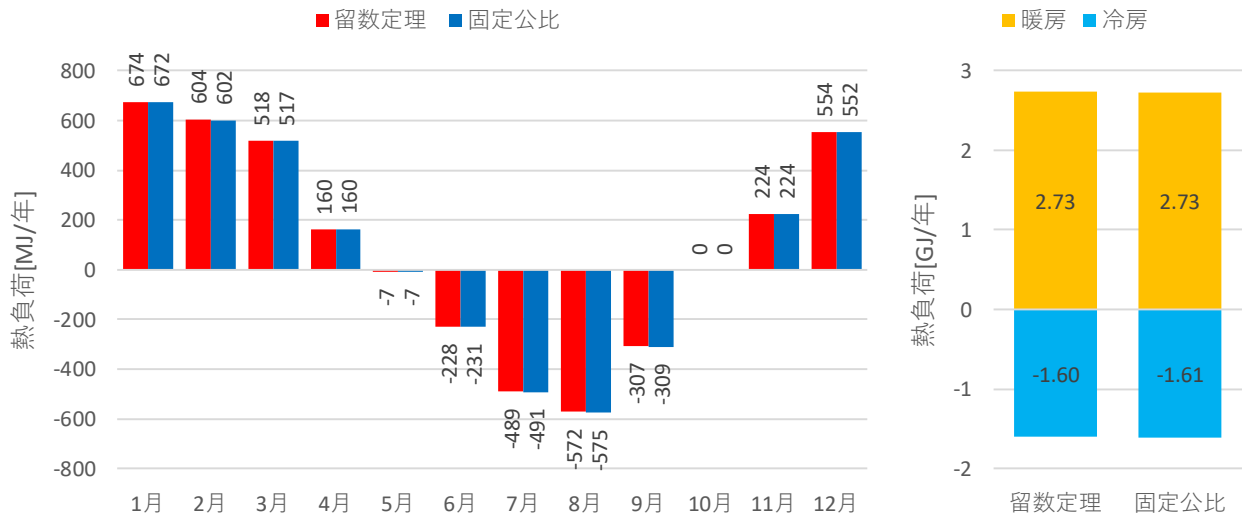


図 2.7.22 木造での留数定理と固定公比法の積算熱負荷の比較

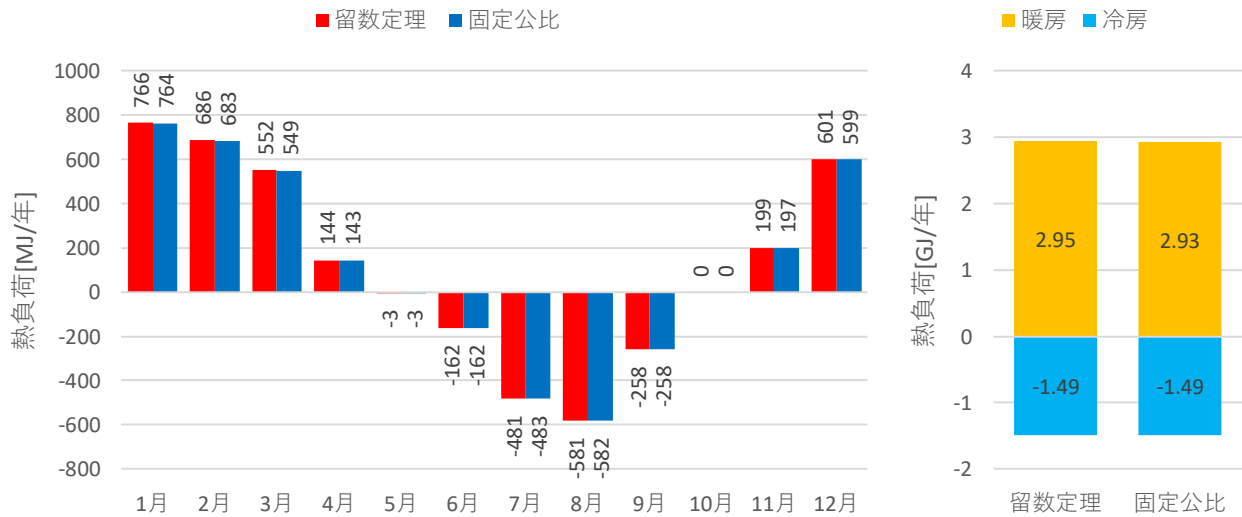


図 2.7.23 RC 造での留数定理と固定公比法の積算熱負荷の比較

留数定理の根の数は、表 2.7.4 に示すように木造が 8～9 根、RC 造が 14～15 根であり、固定公比は 8 根である。一般に、根の数が増えると(2.6.16)式に示した畳み込み積分に要する計算時間が長くなるが、図 2.7.24 に示すように、計算に要する時間はほとんど変わらない。これは、壁体の熱伝導計算に掛かる時間が全体からするとわずかであるためであり、固定公比 8 根であっても、実用上の計算速度に対する影響は限定的であると推測できる。

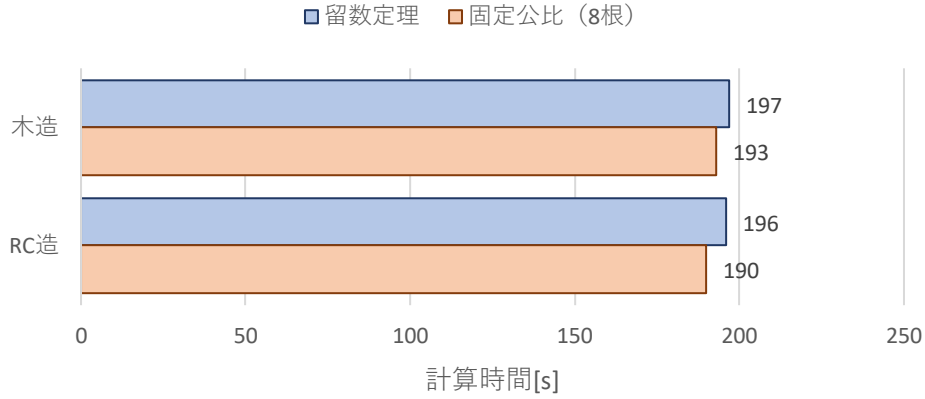


図 2.7.24 年間シミュレーションのための計算時間

- ※ 計算期間:1月1日～12月31日(助走計算20日間)、計算時間間隔:15分
- ※ 留数定理は木造住宅が8～9根、RC造が14～15根(表2.7.4)
- ※ ExcelのVBAでのコーディング結果

(6) まとめと課題

既往研究や留数定理の根を参考に、住宅で一般に使用される壁体構成に対し、留数定理で求めた単位応答に対し、固定公比法で求めた単位応答を比較し、今回想定した壁体に対しては全てに対応できる固定根を提案できた。

今後、比較する壁体構成のバリエーションを拡充し、2.7.6で述べたような土間床の中央部の熱伝導計算にも対応するような固定根についても検討する必要がある。

2.7.2 固定公比法を用いた壁体の集約

(1) 表面温度集約の定式化

求めたい平均表面温度は、(2.7.26)式で定義される各部位の面積荷重平均で与えられる。

$$\overline{Ts}_n = \sum_{k=1}^N a_k \cdot Ts_{k,n} \quad (2.7.26)$$

$$a_k = \frac{A_k}{\sum_{j=1}^N A_j} \quad (2.7.27)$$

ここで、
 $\overline{Ts}_n$: n 時点における部位の平均表面温度[°C]
 N : 平均化する部位の数
 $Ts_{k,n}$: n 時点における部位 k の表面温度[°C]
 a_k : 部位 k の面積比
 A_k : 部位 k の面積[m²]

部位 k の表面温度は、吸熱応答の励振を室内表面熱流、貫流応答の励振を裏面等価温度とすると、項別公比法を適用すれば(2.7.28)式となる。右辺第1、2項が吸熱応答、第3、4項が貫流応答に関する項であり、右辺第2項と第4項が畳み込み積分を行っている項である。

$$Ts_{k,n} = \phi_{A,0,k} \cdot q_{k,n} + \sum_{i=1}^M Ts'_{A,k,n,i} + \phi_{T,0,k} \cdot Teo_{k,n} + \sum_{i=1}^M Ts'_{T,k,n,i} \quad (2.7.28)$$

$$Ts'_{A,k,n,i} = \phi_{1A,i,k} \cdot q_{k,n-1} + \rho_i \cdot Ts'_{A,k,n-1,i} \quad (2.7.29)$$

$$Ts'_{T,k,n,i} = \phi_{1T,i,k} \cdot Teo_{k,n-1} + \rho_i \cdot Ts'_{T,k,n-1,i} \quad (2.7.30)$$

ここで、 $\phi_{A,0,k}$: 部位 k の吸熱応答係数の初項[m²・K/W]
 $q_{k,n}$: n 時点における部位 k の表面熱流[W/m²]
 $Ts'_{A,k,n,i}$: n 時点における部位 k の指数項ごとに定まる吸熱応答の表面温度の履歴[°C]
 M : 固定根の数
 $\phi_{T,0,k}$: 部位 k の貫流応答係数の初項[－]
 $Teo_{k,n}$: 部位 k の裏面等価温度[°C]
 $Ts'_{T,k,n,i}$: n 時点における部位 k の指数項ごとに定まる貫流応答の表面温度の履歴[°C]
 ρ_i : 公比

(2.7.28) 式中の表面熱流 $q_{k,n}$ は等価室温 $Tei_{k,n}$ と表面総合熱伝達率 hi_k から(2.7.31)式で求められる。

$$q_{k,n} = hi_k \cdot (Tei_{k,n} - Ts_{k,n}) \quad (2.7.31)$$

ここで、 hi_k : 部位 k の室内側表面総合熱伝達率[W/(m²・K)]
 $Tei_{k,n}$: n 時点における部位 k の等価室温[°C]

(2.7.31) 式を(2.7.28) 式に代入して整理すると、表面温度 $Ts_{k,n}$ は(2.7.32) 式となる。

$$Ts_{k,n} = \frac{hi_k \cdot \phi_{A,0,k}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} \cdot Tei_{k,n} + \frac{\sum_{i=1}^M Ts'_{A,k,n,i}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} + \frac{\phi_{T,0,k} \cdot Teo_{k,n}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} + \frac{\sum_{i=1}^M Ts'_{T,k,n,i}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} \quad (2.7.32)$$

(2.7.32) 式を(2.7.26) 式に代入し、面積荷重平均表面温度を求める部位の等価室温 $Tei_{k,n}$ 、室内側表面総合熱伝達率 hi_k 、裏面等価温度 $Teo_{k,n}$ は共通と仮定すれば(2.7.34) 式となる。

$$\overline{Ts}_n = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \left(\frac{hi_k \cdot \phi_{A,0,k}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} \cdot Tei_{k,n} + \frac{\sum_{i=1}^M Ts'_{A,k,n,i}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} + \frac{\phi_{T,0,k} \cdot Teo_{k,n}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} + \frac{\sum_{i=1}^M Ts'_{T,k,n,i}}{1 + hi_k \cdot \phi_{A,0,k}} \right) \quad (2.7.33)$$

$$\overline{Ts}_n = hi \cdot Tei_n \cdot \sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{A,0,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} + \sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \sum_{i=1}^M Ts'_{A,k,n,i}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} + Teo_n \cdot \sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{T,0,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} + \sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \sum_{i=1}^M Ts'_{T,k,n,i}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} \quad (2.7.34)$$

それぞれの項を簡略化するために、各係数が面積荷重平均した特性値で表せると仮定する。

$$\sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{A,0,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} \cong \frac{\overline{\phi_{A,0}}}{1 + hi \cdot \overline{\phi_{A,0}}} \quad (2.7.35)$$

$$\sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{1A,i,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} \cdot q_{k,n-1} \cong \frac{\overline{\phi_{1A,i}}}{1 + hi \cdot \overline{\phi_{A,0}}} \cdot \overline{q_{n-1}} \quad (2.7.36)$$

$$\sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{T,0,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} \cong \frac{\overline{\phi_{T,0}}}{1 + hi \cdot \overline{\phi_{A,0}}} \quad (2.7.37)$$

$$\sum_{k=1}^N \frac{a_k \cdot \phi_{1T,i,k}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0,k}} \cong \frac{\overline{\phi_{1T,i}}}{1 + hi \cdot \overline{\phi_{A,0}}} \quad (2.7.38)$$

ただし、それぞれの面積荷重平均の特性値は(2.7.39)～(2.7.43)で仮定する。

$$\overline{\phi_{A,0}} = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \phi_{A,0,k} \quad (2.7.39)$$

$$\overline{q_n} = \sum_{k=1}^N a_k \cdot q_{k,n} \quad (2.7.40)$$

$$\overline{\phi_{1A,l}} = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \phi_{1A,i,k} \quad (2.7.41)$$

$$\overline{\phi_{T,0}} = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \phi_{T,0,k} \quad (2.7.42)$$

$$\overline{\phi_{1T,l}} = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \phi_{1T,i,k} \quad (2.7.43)$$

(2.7.35)～(2.7.38)式を(2.7.34)式に代入して整理すると面積荷重平均表面温度は(2.7.44)式となる。

$$\overline{T_{s_n}} = h_i \cdot Tei_n \cdot \frac{\overline{\phi_{A,0}}}{1 + h_i \cdot \overline{\phi_{A,0}}} + \frac{\sum_{i=1}^M \overline{T_{s'_{A,n,l}}}}{1 + h_i \cdot \overline{\phi_{A,0}}} + Teo_n \cdot \frac{\overline{\phi_{T,0}}}{1 + h_i \cdot \overline{\phi_{A,0}}} + \frac{\sum_{i=1}^M \overline{T_{s'_{T,n,l}}}}{1 + h_i \cdot \overline{\phi_{A,0}}} \quad (2.7.44)$$

$$\overline{T_{s'_{A,n,l}}} = \overline{\phi_{1A,l}} \cdot \overline{q_{n-1}} + \rho_i \cdot \overline{T_{s'_{A,n-1,l}}} \quad (2.7.45)$$

$$\overline{T_{s'_{T,n,l}}} = \overline{\phi_{1T,l}} \cdot Teo_{n-1} + \rho_i \cdot \overline{T_{s'_{T,n-1,l}}} \quad (2.7.46)$$

(2) 検証

図 2.7.25 の検証モデルを用いて個々の壁体を忠実に計算した場合(詳細計算)と(1)で定式化した壁体集約方法で計算した場合(合成計算)の室内温熱環境と年間熱負荷を比較する。

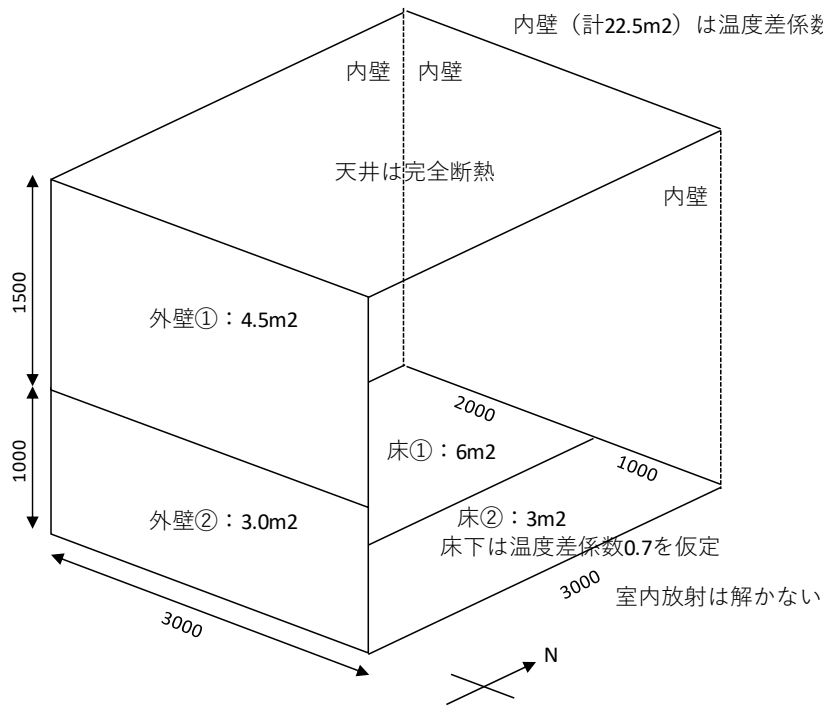


図 2.7.25 検証のモデル

表 2.7.6 検証の条件

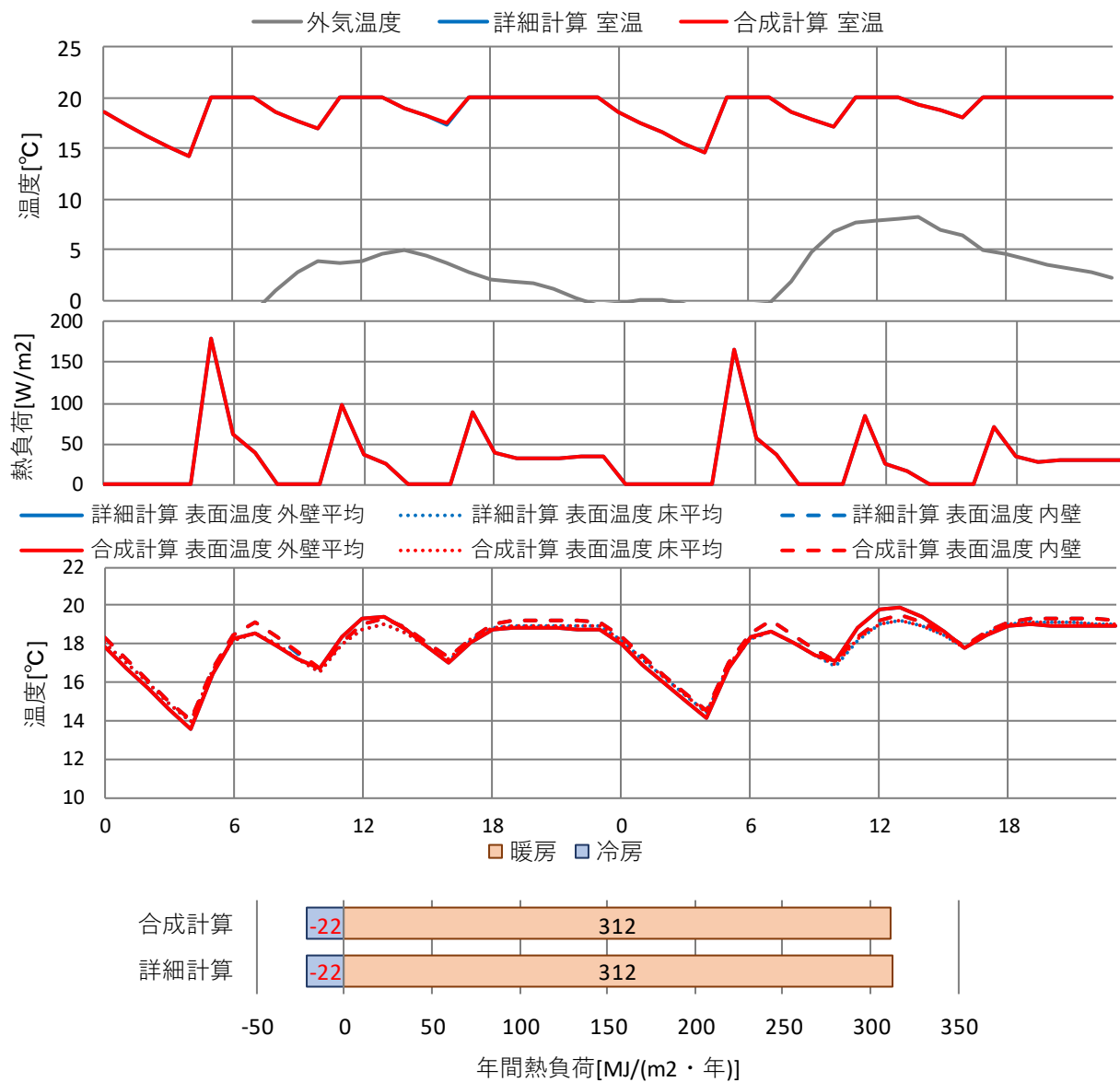
気象データ	拡張アメダス気象データ(岡山)の1995年標準年
室内表面の熱収支	総合熱伝達で扱う(放射伝熱は解かない)
室内発熱	なし
換気・すきま風	なし

表 2.7.7 想定する壁体構成

部位名称	部材	熱伝導率 [W/(m·K)]	容積比熱 [kJ/(m³·K)]	厚さ [mm]	R 熱抵抗 [m²·K/W]	単位面積熱 容量 [kJ/(m²·K)]	室内熱伝達 率 [W/(m²·K)]	熱貫流率 [W/(m²·K)]
木造・外 壁断熱 50mm(ボ ード仕上)	石膏ボード	0.22	830	12	0.055	9.96	9.1	0.53
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	高性能グラスウール断熱材 24K 相当	0.036	20	50	1.389	1.00		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	Ro	25			0.040	0.00		
木造・外 壁熱橋部	石膏ボード	0.22	830	12	0.055	9.96	9.1	0.77
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	天然木材	0.12	520	105	0.875	54.60		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	Ro	25			0.040	0.00		
木造・外 壁断熱 50mm(杉 板仕上)	天然木材	0.12	520	12	0.100	6.24	9.1	0.52
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	高性能グラスウール断熱材 24K 相当	0.036	20	50	1.389	1.00		
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	Ro	25			0.040	0.00		
内壁	石膏ボード	0.22	830	12	0.055	9.96	9.1	2.51
	非密閉空気層	14.3			0.070	0.00		
	石膏ボード	0.22	830	12	0.055	9.96		
	Ro	9.1			0.110	0.00		
フローリ ング床	合板	0.16	720	22	0.138	15.84	6.7	0.55
	高性能グラスウール断熱材 24K 相当	0.036	20	50	1.389	1.00		
	Ro	6.7			0.149	0.00		
畳床	畳	0.15	290	55	0.367	15.95	6.7	0.47
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	高性能グラスウール断熱材 24K 相当	0.036	20	50	1.389	1.00		
	Ro	6.7			0.149	0.00		
タイル床	タイル	1.3	2000	10	0.008	20.00	6.7	0.56
	合板	0.16	720	12	0.075	8.64		
	高性能グラスウール断熱材 24K 相当	0.036	20	50	1.389	1.00		
	Ro	6.7			0.149	0.00		

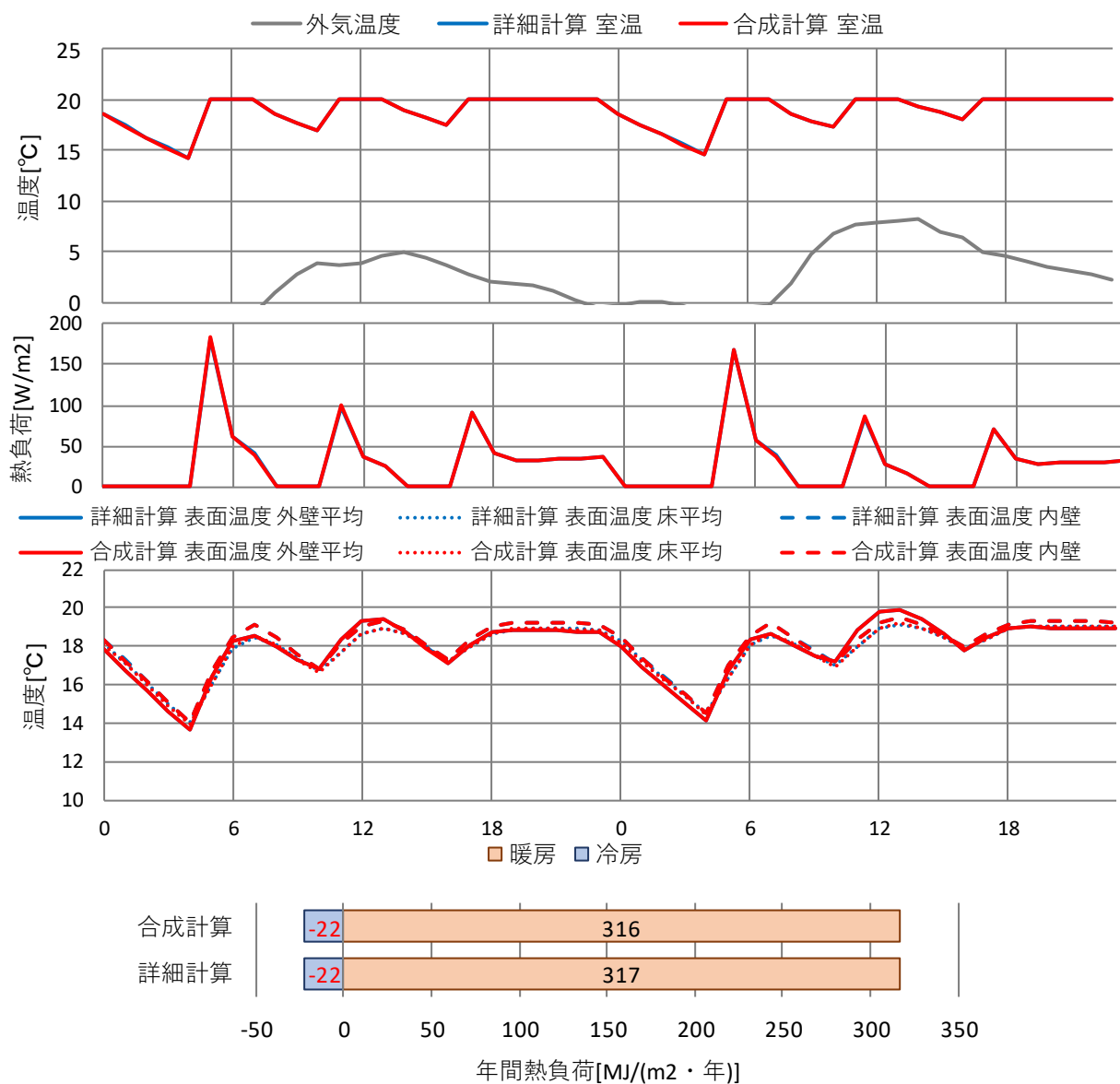
1) 床仕上材の違い(1)

外壁①	外壁②	床①	床②	内壁
木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	フローリング床	畳床	内壁



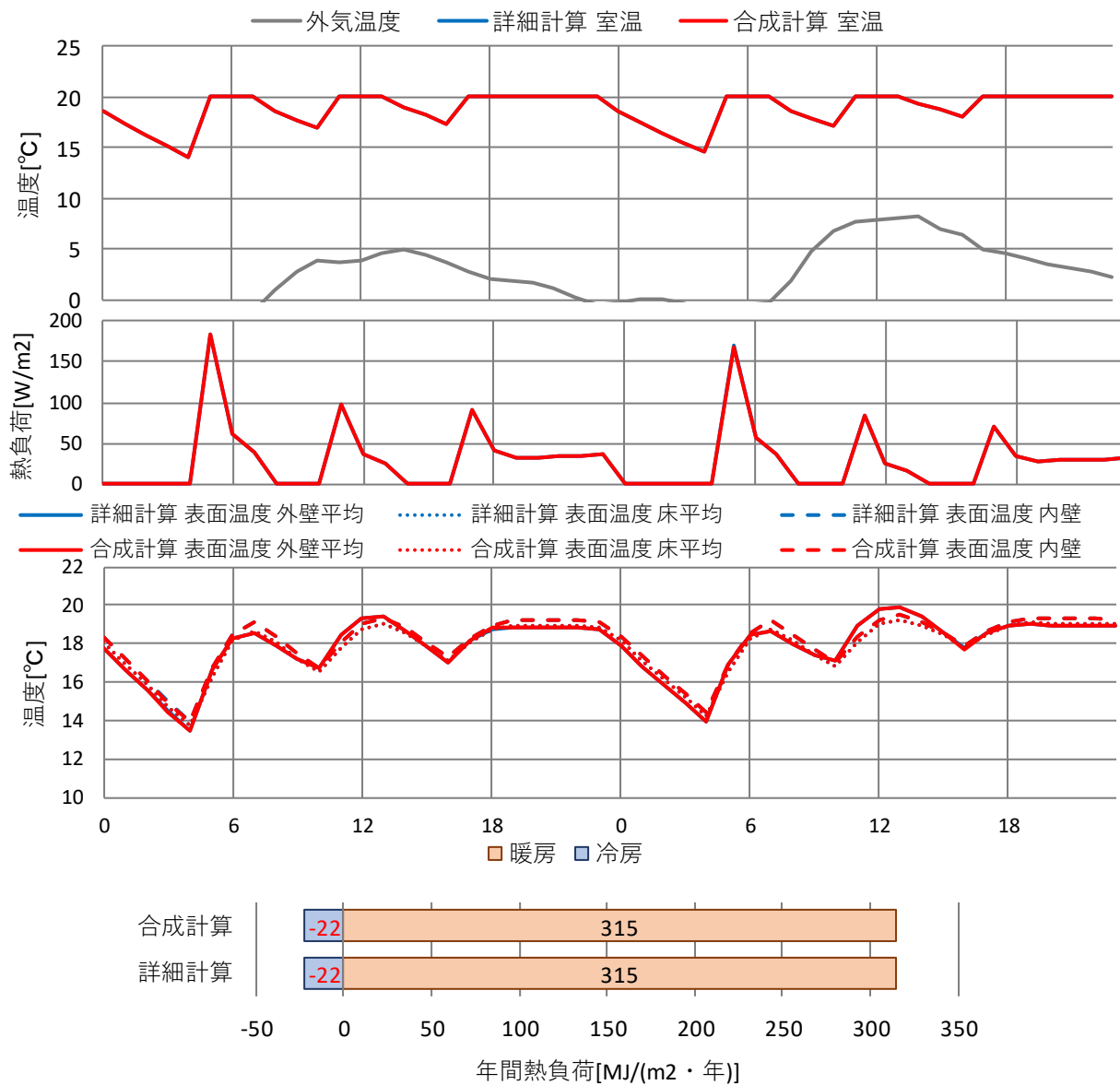
2) 床仕上げ材の違い(2)

外壁①	外壁②	床①	床②	内壁
木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	フローリング床	タイル床	内壁



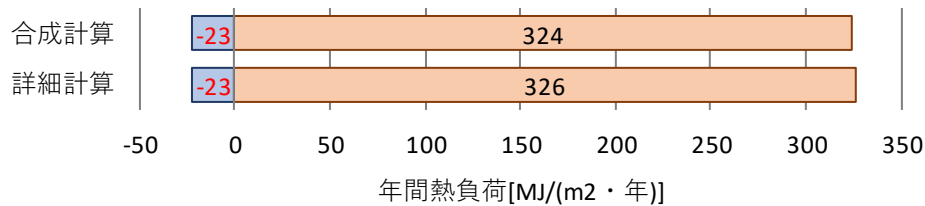
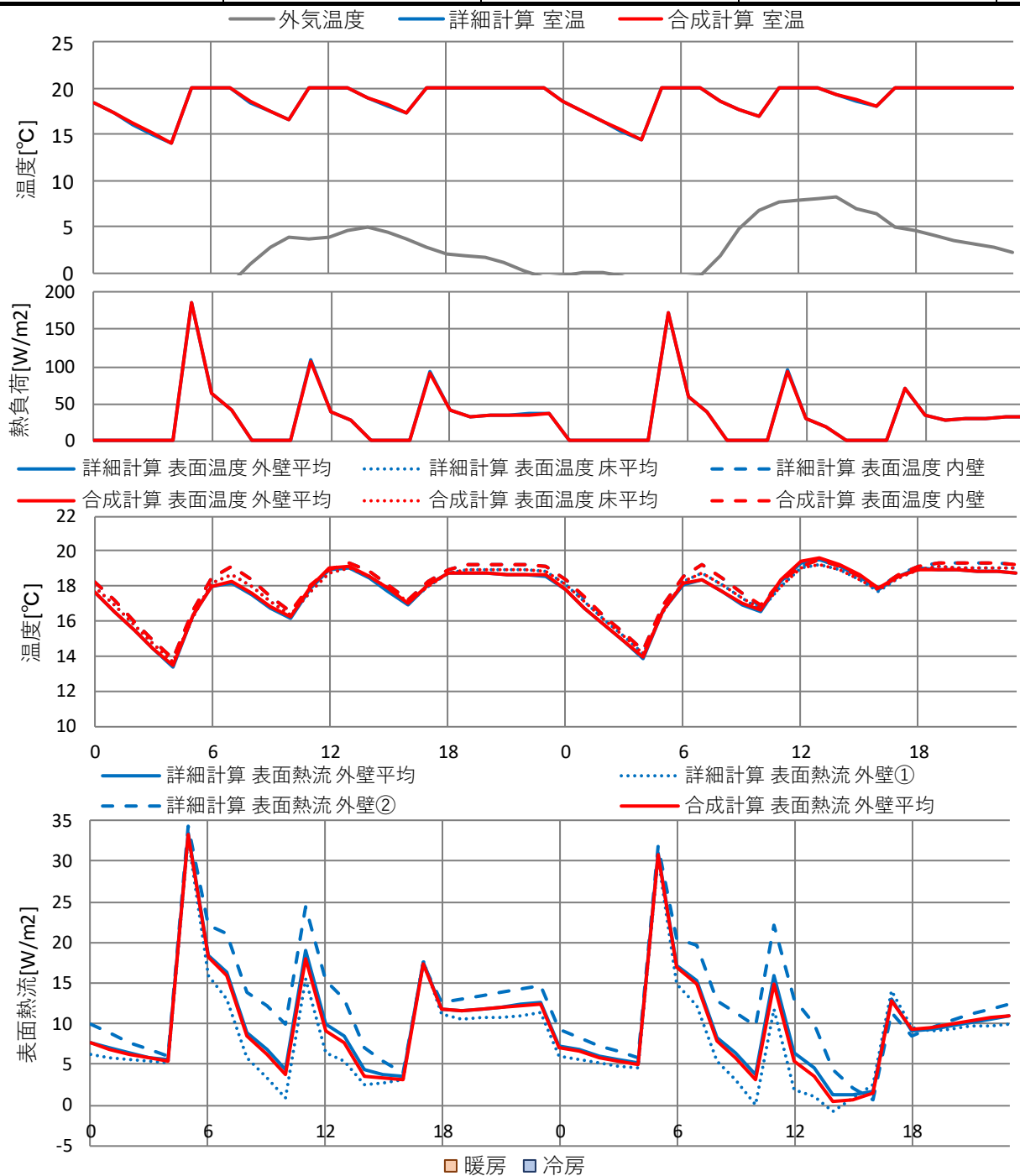
3) 外壁室内仕上材

外壁①	外壁②	床①	床②	内壁
木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	木造・外壁断熱 50mm (杉板仕上)	フローリング床	フローリング床	内壁



4) 外壁熱橋部、一般部

外壁①	外壁②	床①	床②	内壁
木造・外壁断熱 50mm (ボード仕上)	木造・外壁熱橋部	フローリング床	フローリング床	内壁



(3) まとめ

固定公比法を用いた場合で、吸熱応答の励振を表面熱流、応答を表面温度とした場合について、壁体構成が異なる場合の合成方法の定式化、詳細計算と合成計算の比較を行った。松尾が述べているように、壁体構成が異なると励振が異なることから壁体合成は行えないが、実際に想定される範囲の壁体構成で励振を面積荷重平均と仮定したときの誤差はわずかであり、実用上は問題ない範囲であると判断した。本事業においても、壁体の集約は本文(2.7.39)、(2.7.41)～(2.7.43)の内容で合成する方法を採用することとする。

2.7.3 定常状態から計算を開始する方法

(2.6.17)式において、計算開始時の過去の表面温度の履歴 $Ts'_{A,m,n-1,k}$ 、 $Ts'_{T,m,n-1,k}$ について考える。熱容量が大きい場合、この初期値の与え方が計算開始後の室温、熱負荷の計算結果に与える影響は大きい。両者を0で初期化した場合、相当外気温度が0℃、室内表面熱流が0W/m²の安定状態から計算したことになる。ここでは、定常状態から計算する方法を考える。定常状態は、(2.7.47)に示すように前の時刻ステップと現在時刻ステップの表面温度の履歴が等しいことを意味する。

$$Ts'_{A,m,n,k} = Ts'_{A,m,n-1,k} \quad (2.7.47)$$

$$Ts'_{T,m,n,k} = Ts'_{T,m,n-1,k}$$

(2.7.47)式を(2.6.17)式に代入して整理すると、(2.7.48)式となる。想定する定常状態の室内表面熱流を(2.7.49)式で求め、(2.7.48)式より表面温度の履歴を計算したものを初期値として使用することで定常状態から計算したこととなる。

$$Ts'_{A,m,n-1,k} = \frac{q_{n-1,k} \cdot \phi_{1A,m,k}}{1 - r_{m,k}} \quad (2.7.48)$$

$$Ts'_{T,m,n-1,k} = \frac{Teo_{n-1,k} \cdot \phi_{1T,m,k}}{1 - r_{m,k}}$$

$$q_{n-1,k} = U_k \cdot (Tei_{n,k} - Teo_{n,k}) \quad (2.7.49)$$

2.7.4 設置家具の計算法

1) 室内設置家具の検討の重要性

我が国の住宅の構造は木造が一般的であり、躯体の熱容量は非常に小さい。また、欧米とは異なり日本の住宅は居室を間欠的に空調することが一般である。寒い冬などに、躯体が冷えた状態から暖房することを考えると、冷えた躯体を加熱するための蓄熱負荷は躯体の熱容量が小さいことから計算される暖房蓄熱負荷はそれほど大きいわけではない。一方、実際の居住状態における住宅では、室内に多くの家具や家電があり、暖房を停止して室温程度まで冷えているこれら家財道具を加熱するための暖房負荷は非常に大きく、室内設置家具などの熱の遅れを考慮しないと、実際の熱負荷とかい離することとなる。省エネ基準における空調用途だけに着目する場合、基準条件と設計条件で同じ室内設置家具を設定していれば、評価上は特に問題とはならないが、現行省エネルギー基準のように、暖房、冷房、給湯、照明、換気の全用途の合計1次エネルギーで評価する場合は、暖房や冷房のエネルギーが過少に評価されることは好ましくない。そのため、住宅における室内設置家具による熱の遅れを考慮することは大変重要である。

住宅で一般に使用されるシミュレーションプログラム(SMASH や AE-Sim/Heat など)では、家具の熱容量を室

空気に加算する方法が用いられてきたが、この方法では家具と室空気が同温という前提であり伝熱の遅れは考慮されない。非住宅のシミュレーションで用いられる HASP/ACLD8501 や New HASP/ACLD、BEST では家具の吸熱応答を考慮したモデルが組み込まれている。なお、後述するが BEST では窓透過日射もすべて家具で吸収する計算になっている。

2) 計算モデル

室内設置家具の吸放熱は、図 2.7.26 に示すように室部位表面との放射伝熱を無視し室空気との間の対流伝熱のみを考える。また、昨年度報告書の検討結果から、室の透過日射熱取得の半分は家具で吸収させることとする。

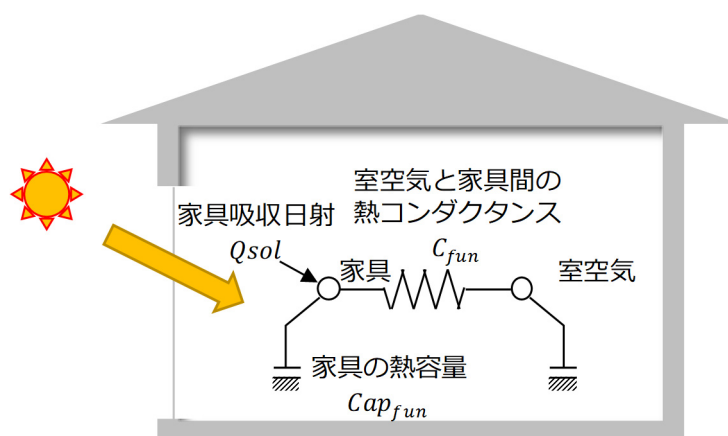


図 2.7.26 室内設置家具の伝熱計算モデル

室家具の熱収支式は(2.7.50)式となる。

$$Cap_{fun} \cdot \frac{d T_{fun_n}}{dt} = C_{fun} \cdot (Tr_n - T_{fun,n}) + Qsol_n \quad (2.7.50)$$

ここで、

Cap_{fun} : 家具の熱容量[J/K]

T_{fun_n} : 時点nにおける家具の温度[°C]

C_{fun} : 家具の空気間の熱コンダクタンス[W/K]

Tr_n : 時点nにおける室温[°C]

$Qsol_n$: 時点nにおける透過日射吸収熱量[W]

3) 設置家具容量に関する調査結果

a) 積載荷重に関する調査

住宅の積載荷重の観点から室内設置家具の容量を把握することを考える。

建築基準法における住宅の積載荷重について調査した結果を表 2.7.8 に示す。住宅の居室における床の構造計算に用いる積載荷重は、 $1,800\text{N/m}^2$ でこれは約 180kg/m^2 に相当する。本積載荷重は、住宅の構造計算をする際に用いる設計値であることから、実際の持ち込み家具等に起因する荷重よりは大きいものと推察される。

表 2.7.8 建築基準法施行令 第 85 条 積載荷重

(積載荷重)

第八十五条 建築物の各部の積載荷重は、当該建築物の実況に応じて計算しなければならない。ただし、次の表に掲げる室の床の積載荷重については、それぞれ同表の(い)、(ろ)又は(は)の欄に定める数値に床面積を乗じて計算することができる。

構造計算の対象		(い)	(ろ)	(は)
室の種類		床の構造計算をする場合 (単位 一平方メートルにつきニュートン)	大ばり、柱又は基礎の構造計算をする場合 (単位 一平方メートルにつきニュートン)	地震力を計算する場合 (単位 一平方メートルにつきニュートン)
(一)	住宅の居室、住宅以外の建築物における寝室又は病室	一、八〇〇	一、三〇〇	六〇〇
(二)	事務室	二、九〇〇	一、八〇〇	八〇〇
(三)	教室	二、三〇〇	二、一〇〇	一、一〇〇
(四)	百貨店又は店舗の売場	二、九〇〇	二、四〇〇	一、三〇〇
(五)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場その他これらに類する用途に供する建築物の客席又は集会室	固定席の場合	二、六〇〇	一、六〇〇
		その他の場合	三、二〇〇	二、一〇〇
(六)	自動車車庫及び自動車通路	五、四〇〇	三、九〇〇	二、〇〇〇
(七)	廊下、玄関又は階段	(三) から (五) までに掲げる室に連絡するものにあつては、(五) の「その他の場合」の数値による。		
(八)	屋上広場又はバルコニー	(一) の数値による。ただし、学校又は百貨店の用途に供する建築物にあつては、(四) の数値による。		

表 2.7.9 が実居住状態の住宅居室における積載荷重の実態調査の例である。表 2.7.9 はある特定の住戸 4 戸における調査結果であり、平均値は 43.8kg/m^2 で建築基準法の積載荷重 180kg/m^2 に対し 1/4 程度である。

表 2.7.9 集合住宅における積載荷重実測結果⁶

住宅名	住宅種別	調査方法	家族数 (人)	占有面積 (m^2)	積載荷重 (kg/m^2)
I	分譲	現地実測	4	97.19	45.6
M	社宅	引越荷物	3	69.80	52.6
K	同上	同上	2	37.26	33.3
E	貸間	現地実測	1	15.47	25.1
備考 I, M, K の平均値: $43.8\text{ kg}/\text{m}^2$, 標準偏差: $9.8\text{ kg}/\text{m}^2$					

⁶ 遠藤薫、伊藤正義、井野智、杉野目章:集合住宅における積載荷重調査、日本建築学会大会学術講演梗概集。pp. 205-206、1992.8

一方、図 2.7.27 は 100 戸に対する依頼型の調査(測定方法を記したマニュアルを配布し、居住者自らが実測、記入を行う)の結果である。平均値は 33.8kg/m^2 で $20\sim 40\text{kg/m}^2$ に 74%、 $25\sim 35\text{kg/m}^2$ に約半数が含まれる。図 2.7.28 は室種類別の平均重量で、洋室は 40kg/m^2 、和室は 25kg/m^2 、居室外は 20kg/m^2 程度である。

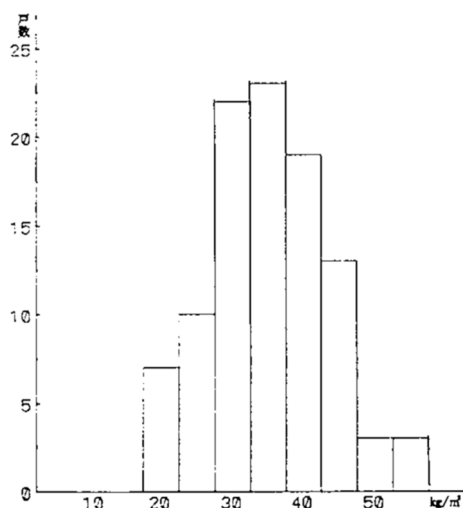


図 2.7.27 床単位面積当たりの平均物品重量の全戸数に対する分布 (N=100)⁷

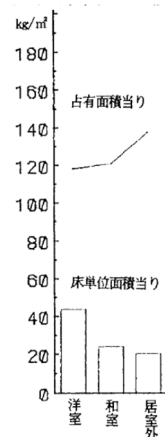


図 2.7.28 室使用用途別平均物品重量の比較 (N=100)⁷

b) 火災荷重に関する基準

家具等の家財に関する実態調査については、a) に示す構造の観点からの積載荷重とは別に、耐火設計の観点からの火災荷重(表 2.7.10)についても調査されている。多くは事務所や商業施設に関する調査結果であるが、住宅についての調査結果もある。火災荷重は、建築本体についての固定火災荷重と後々持ち込まれる積載火災荷重に分類される。

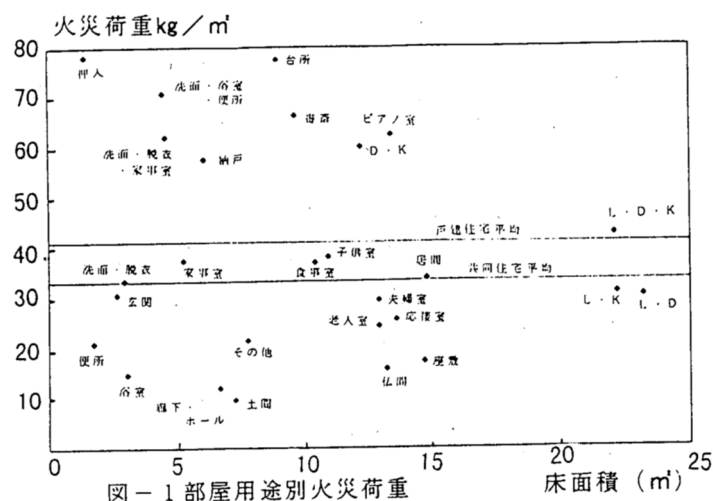
表 2.7.10 火災荷重の定義

火災荷重	材質の異なる火災を比較する場合に用い、可燃物の量を同じ発熱量を持つ木材の量に換算したものの単位面積当たりの数値で表わす。
------	--

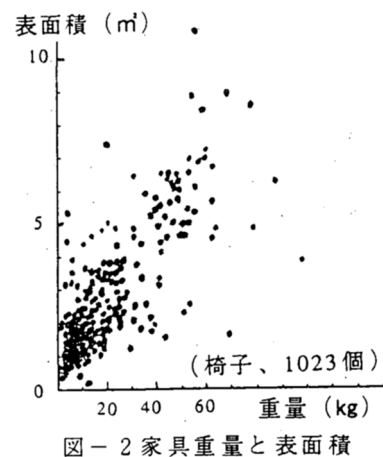
文献⁸による住宅の積載火災荷重の調査結果を図 2.7.29 に示す。調査対象件数は 100 件で、内戸建住宅が 87 件である。調査年は 1987 年とやや古い。戸建住宅は平均 33.9kg/m^2 、集合住宅は平均 41.6kg/m^2 である。押し入れや台所、水まわりは比較的多く $70\sim 80\text{kg/m}^2$ 、リビングは $30\sim 45\text{kg/m}^2$ 程度で、廊下は 10kg/m^2 程度と少ない。椅子 1023 個についての火災荷重と表面積の関係を見るとほぼ比例関係がみられる。

⁷ 石川孝重、田中美知:住宅の積載荷重に関する研究 その1 100 住戸に対する調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 1395-1396、1987.10

⁸ 佐藤博臣、栗岡均、泉潤一、須川修身、石川孝重:木造住宅の火災荷重に関する分析 その1 積載火災荷重について、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 31-32、1997.9



図－1 部屋用途別火災荷重



図－2 家具重量と表面積

図 2.7.29 文献⁸による家具の火災荷重の調査結果

4) 省エネルギー基準における熱容量

設置家具の熱容量は昨年度調査からリビングで $30 \sim 45 \text{ kg/m}^2$ 程度であり、仮にすべてが木材(比熱: $1.3 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K})$)として天井高さを 2.4 m と仮定すると室気積当たりの家具の熱容量は $16.3 \sim 24.4 \text{ kJ/(m}^3 \cdot \text{K})$ となる。SMASH や AE-Sim/Heat のデフォルトは $12.6 \text{ kJ/(m}^3 \cdot \text{K})$ である。本調査では、暫定的に $12.6 \text{ kJ/(m}^3 \cdot \text{K})$ ⁹とする。

⁹ 「住宅性能評価機関等連絡協議会(2004)ベンチマークテストの結果による温熱環境(年間暖冷房負荷計算方法)に関する試験ガイドライン」

5) 家具と空気間の熱コンダクタンス

わが国における住宅を対象とした家具の吸放熱の遅れに関する研究例はない。非住宅建築物を対象とした研究例としては、石野らの調査がある。実験から求めた室温二等辺三角波励振の吸熱応答は図 2.7.30 に示すとおりである。住宅の場合は、事務所に比べて木材の割合が多く、事務所とは異なる吸熱応答になると考えられるが、ここでは図 2.7.30 を再現するような熱コンダクタンスを同定することとした。

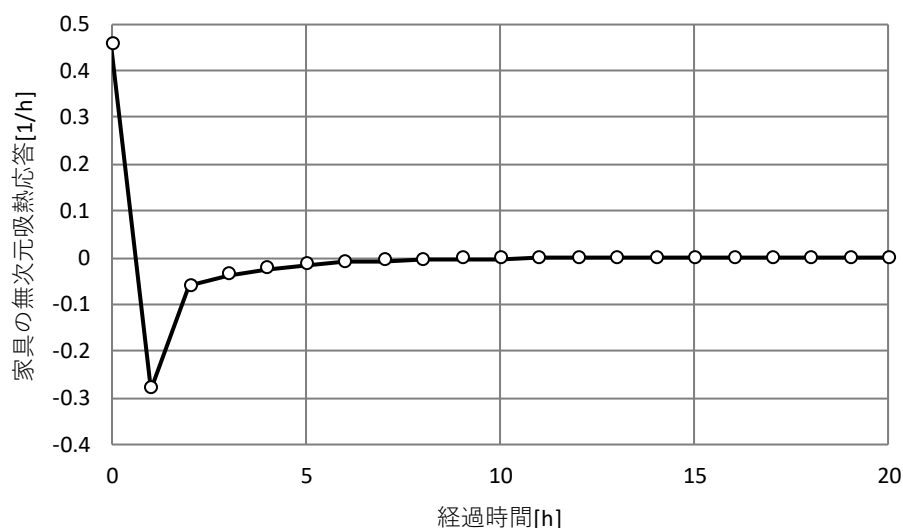


図 2.7.30 既往研究¹⁰における家具の吸熱応答

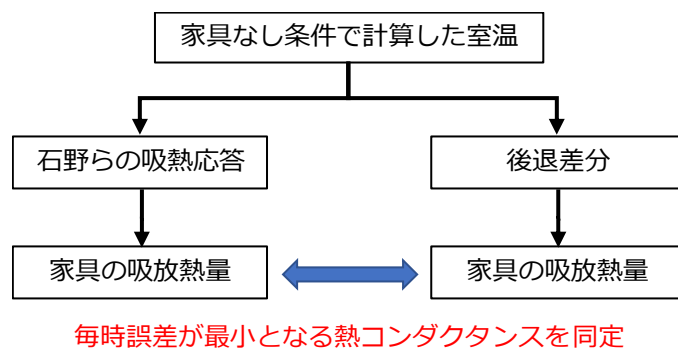


図 2.7.31 熱コンダクタンスの同定方法

表 2.7.11 熱コンダクタンス同定のための室温シミュレーション条件

建物モデル	省エネ基準の標準プラン
断熱性能	平成 28 年省エネ基準相当
地域	拡張アメダス気象データ標準年(岡山)
各種スケジュール	省エネ基準の条件に従う(空調は居室間歇空調)

図 2.7.30 で計算した家具吸放熱量と、(2.7.50)の後退差分で計算した家具吸放熱量の毎時の絶対誤差の年積算が最小となる熱コンダクタンスをソルバーで求めた。求められた家具の熱拡散率(C_{fun}/Cap_{fun})は

¹⁰ 石野久彌、郡公子:事務所建築における家具類の熱的影響に関する実測・実験研究、日本建築学会計画系論文報告集 第 372 号、pp. 59-66、1987.2

0.00022[1/s]となった。与えた室温と両者の毎時の吸放熱量を図 2.7.32 に示す。暖房開始時のような急激な励振の変化の1時間後に乖離がみられる。これは、後退差分が単純な熱容量集中系の計算モデルを採用しているのに対し、吸熱応答は各種複合材料で構成される実際の家具を対象に実験で求めたためである。しかしながら、それ以外は十分な精度で推定できているのが確認できる。

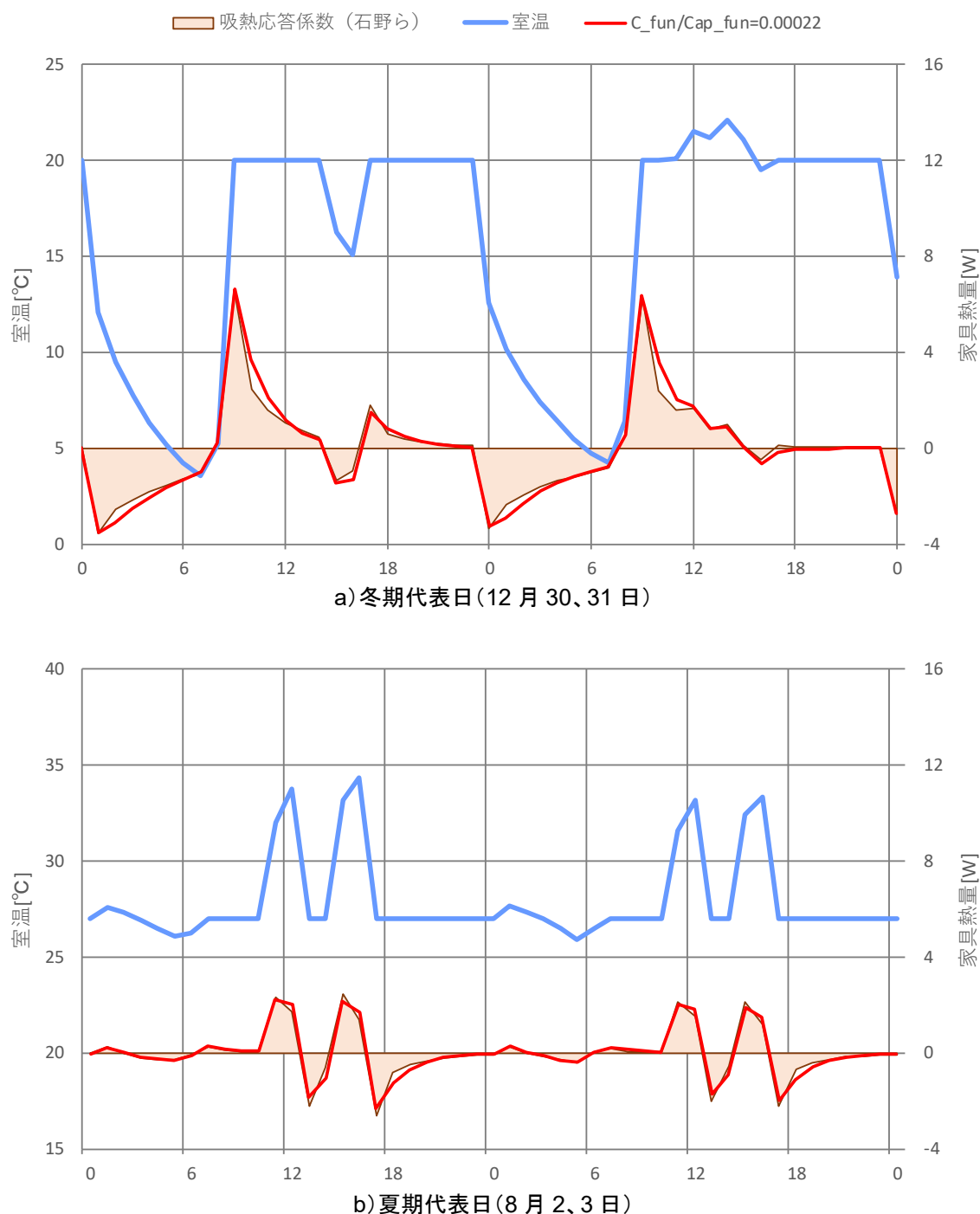


図 2.7.32 石野らの吸熱応答と後退差分で計算した家具の吸放熱量の時刻変動

石野らの吸熱応答係数と後退差分で求めた家具の吸放熱の比較を図 2.7.33 に示す。図 2.7.32 a) に示した傾向と同様に、一部両者で乖離する部分がみられるが、おおむねよく再現できている。ここでは、暫定的に家具

の熱拡散率を $0.00022[1/s]$ とすることとした。

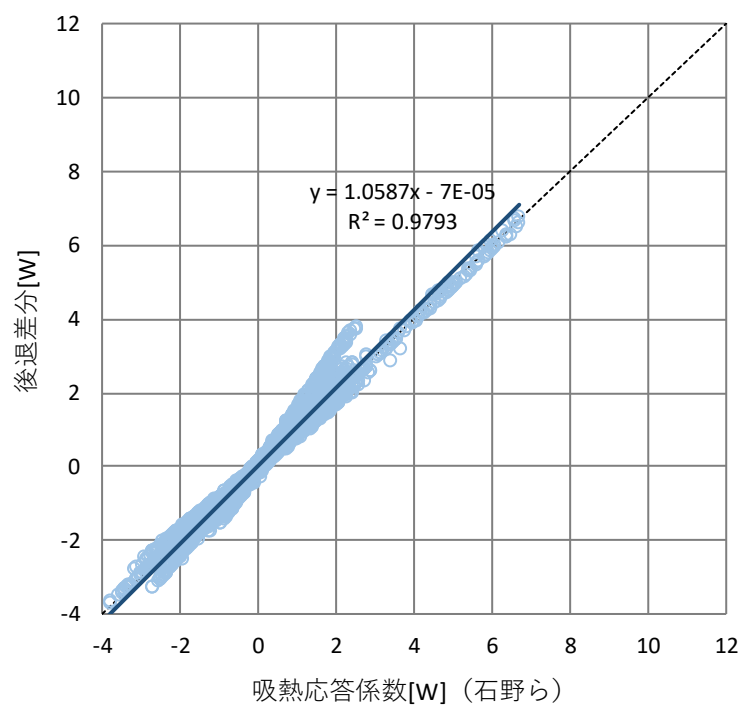


図 2.7.33 野らの吸熱応答と後退差分で計算した家具の吸放熱量の比較

6) ケーススタディ

表 2.7.11 に示した計算条件、4)で検討した家具の熱容量、熱コンダクタンスを設定した時のシミュレーションを実施した。比較のため、家具を無視した条件、家具の伝熱遅れを無視した(家具の熱容量を室空気の熱容量に加算した条件)も行った。図 2.7.34 が冬期代表日の計算結果である。家具を無視した場合、家具の遅れを無視した場合は暖房開始時の熱負荷の相違だけであるが、家具の遅れを考慮する場合は暖房開始時だけでなく、暖房開始後2～3時間後の熱負荷も変化している。図 2.7.35 に示す年間熱負荷でみると、特に年間暖房熱負荷での差異が大きいことが確認できる。当面は、本モデル、設定条件を用いて計算を行うこととする。

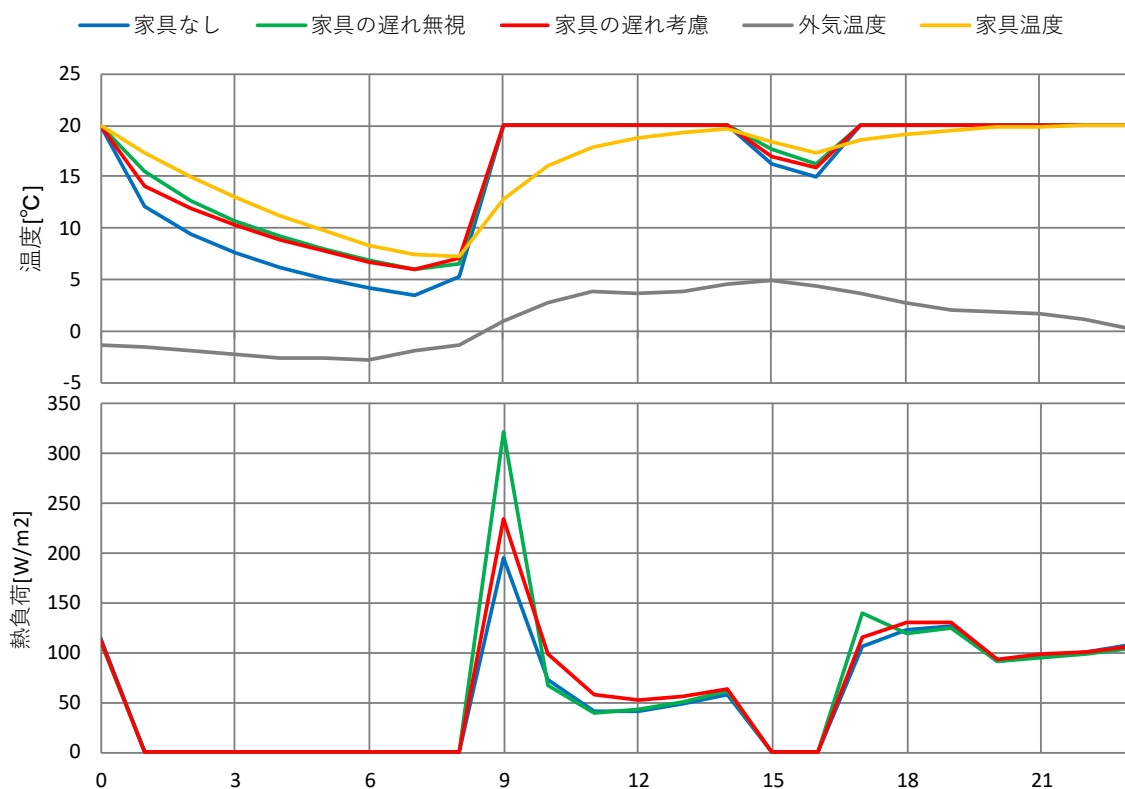


図 2.7.34 家具のモデルによる室温、熱負荷の計算例(12月30日)

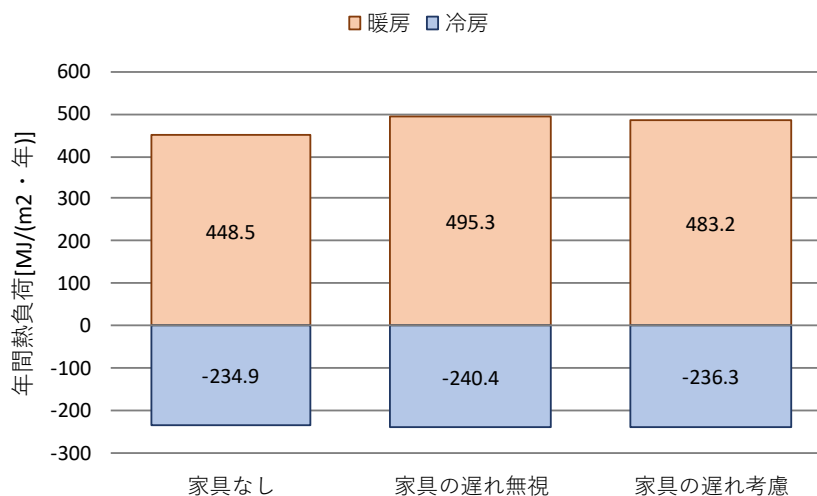


図 2.7.35 家具のモデルによる年間熱負荷

2.7.5 地面反射率、外表面の日射吸収率・長波放射率の設定

地面反射率は 0.1、外表面日射吸収率は 0.8、長波放射率は 0.9 とする。

表 2.7.12 地面の反射率の例(拡張アメダス気象データ EA Data Navi)

表面の種類		(%)	表面の種類		(%)
水面	冬 期	9	自然植生	砂 漠	25-30
	夏 期	6		サバンナ(乾季)	25-30
雪・氷	新 雪	75-79		サバンナ(雨季)	15-20
	古 雪	40-70		低木林	15-20
	海 氷	30-40		草 地	10-20
砂・土壌	砂(乾)	30-40	耕地	落葉樹林	10-20
	砂(湿)	20-30		針葉樹林	2-15
	土(暗色)	5-15		水 田	17-22
	灰色土(乾)	25-30		牧草畑	15-25
	灰色土(湿)	10-12		バレイショ畑	19-27
	黒土(乾)	14		棉 畑	20-22
	黒土(湿)	8		コムギ畑	10-25
	コンクリート(乾)	17-27		トウモロコシ畑	14-22
	アスファルト道	5-10		ビート畑	18-25

2.7.6 土壌への熱損失の計算法

(1) はじめに

ここでは、床からの熱損失の計算法について述べる。

(2) 計算法の概要

住宅の床からの熱損失は、境界条件によって表 2.7.13 に示すように分類される。床が断熱境界で床下空間もしくはピットがある場合には、温度差係数 0.7 を設定して熱伝導計算を行う。また、隣接住戸についても温度差係数を設定して計算する。基礎断熱の場合には基礎空間を1室とし、土間床の伝熱計算を行う。

表 2.7.13 床の伝熱計算法の概要

床が断熱境界で床下のある 床・ピットのある床	基礎断熱の床	玄関等の土間床 ピットのない床	集合住宅の隣接住戸	
			1～3 地域	4～8 地域
温度差係数を 0.7 として計算	基礎を1室として計算 (基礎の土間床は土間床の計算を適用)	土間床の計算	0.05	0.15

(3) 関連する規格

土壌への熱損失の計算法は、下記の国際規格が規定されている。

ISO 13370: 2017 Thermal performance of buildings — Heat transfer via the ground — Calculation methods

本規格は、定常状態を想定した時の床の熱損失を計算するための規格であり、ここで扱う非定常熱伝導計算とは直接的には関連しないが、参考になると考えられることから規格の概略について述べる。なお、同規格内には床が断熱境界で床下がある場合や地下室の計算法についても示されているが、省エネ基準の適用範囲や表 2.7.13 から土間床の熱損失の計算法についてのみ述べる。

1) 定常状態を想定した時の熱損失係数

定常状態を想定した時の床の熱損失係数 H_g (単位温度差当たりの熱損失量)は(2.7.51)式で計算される。右辺第 1 項は床から屋外への貫流熱損失であり、右辺第 2 項は床と壁との取り合い部分からの熱損失を表す。土間床の場合には、土間床外周部の線熱貫流の項が存在することとなるが、これは Annex D で述べられている。

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_{wf} \quad (2.7.51)$$

ここで、 H_g : 定常状態の土壌への床の熱損失係数[W/K]
 A : 床面積[m²]
 U : 床の中央部から屋外までの熱貫流率[W/(m²・K)]
 P : 床の外周長さ[m]
 Ψ_{wf} : 床と壁の取り合いの線熱貫流率[W/(m・K)]

2) 床の固有寸法

床の固有寸法 B を(2.7.52)式で定義する。床の固有寸法とは床平面の 3 次元方向の寸法を 2 次元に置換したときの奥行長さであり、図 2.7.36 のように元の床面積、床の外周長さを保存するように定義された寸法である。

$$B = \frac{A}{0.5 \times P} \quad (2.7.52)$$

ここで、 B : 床の固有寸法[m]
 A : 床面積[m²]
 P : 床の外周長さ[m]

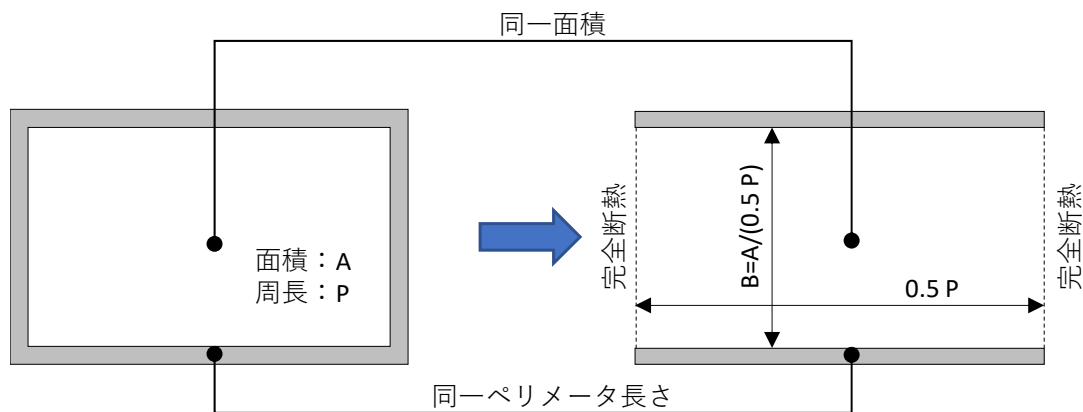


図 2.7.36 床の固有寸法の意味

3) 等価厚さ

床から屋外までの貫流熱を考えたときの熱抵抗が等価としたときの厚さについて述べる。室から屋外までの1次元伝熱として扱う際に、図 2.7.37 に示すように半円弧の伝熱に置換するときの等価厚さとして(2.7.53)式から計算される。床から屋外までの全体の熱抵抗を土壌の厚さに置換し、さらに外壁の厚さを加えたものである。

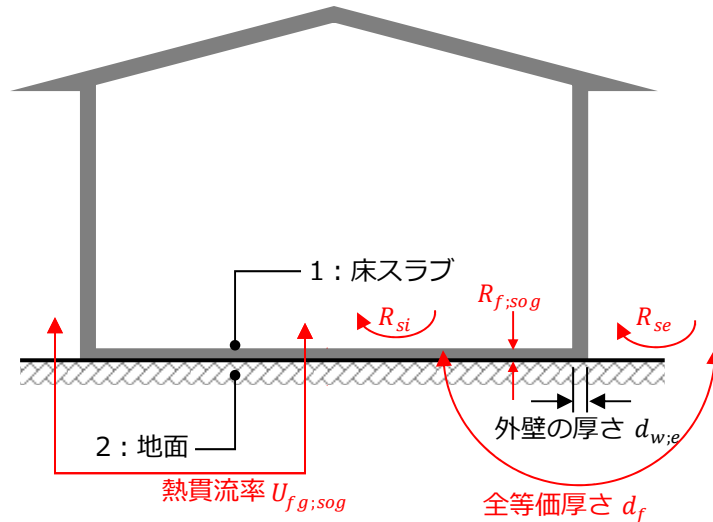


図 2.7.37 1階スラブの概念図

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f;sog} + R_{se}) \quad (2.7.53)$$

ここで、 d_f : 全相当厚さ[m]
 $d_{w,e}$: 外壁厚さ[m]
 λ_g : 土壌の熱伝導率[W/(m・K)]
 $R_{f;sog}$: 床スラブの熱抵抗[m²・K/W]
 R_{si} : 室内側熱伝達抵抗[m²・K/W]
 R_{se} : 屋外側熱伝達抵抗[m²・K/W]

4) 床の熱貫流率

床から屋外への熱貫流率は、床の固有寸法 B と等価厚さ d_f から次のように求められる。(4)式は、半円弧の定常熱伝導計算から求めた方法に由来する。

無断熱もしくはほどほどに断熱された床の場合:

$$U_{fg;sog} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot B + d_f} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B}{d_f} + 1 \right) \quad (2.7.54)$$

よく断熱された床の場合:

$$U_{fg;sog} = \frac{\lambda_g}{0.457 \cdot B + d_f} \quad (2.7.55)$$

または

$$U_{fg:sog} = \frac{1}{(R_{si} + R_f + R_{se} + d_{w,e}/\lambda_g) + R_{g:eff}} \quad (2.7.56)$$

ここで、 $R_{g:eff}$: 床の有効熱抵抗[m²・K/W]

$$R_{g:eff} = \frac{0.457 \cdot B}{\lambda_g} \quad (2.7.57)$$

5) Annex D 土間床外周部の線熱貫流率

土間床外周部の線熱貫流率を考える場合は、1) で述べた床の熱損失係数に対し、(2.7.60) 式の右辺第 2 項のように土間床外周部の線熱貫流率を加えたもので計算する。

$$d' = R' \cdot \lambda \quad (2.7.58)$$

ここで、 d' : 土間床外周部の断熱を考慮した等価厚さ[m]

R' : 土間床外周部の断熱を加味した熱抵抗[m²・K/W]

λ : 断熱材の熱伝導率[W/(m・K)]

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} \quad (2.7.59)$$

ここで、 R_n : 水平または垂直端部断熱材(または基礎)の熱抵抗[m²・K/W]

d_n : 端部(または基礎)の断熱材厚さ[m]

$$H_g = (A \cdot U) + P \cdot (\Psi_{wf} + \Psi_{g:ed}) \quad (2.7.60)$$

ここで、 H_g : 床の熱損失係数[W/K]

A : 床面積[m²]

U : 床部分の熱貫流率[W/(m²・K)]

P : 基礎の外周長さ[m]

Ψ_{wf} : 壁と床の取り合い部の線熱貫流率[W/(m・K)]

$\Psi_{g:ed}$: 端部断熱材の線熱貫流率[W/(m・K)]

(2.7.61) 式右辺第 2 項は土間床外周部の線熱橋からの熱損失を表す項である。

$$U_{fg:sog} = U_{fg:sog;0} + \frac{2 \cdot \Psi_{g:ed}}{B} \quad (2.7.61)$$

ここで、 $U_{fg:sog}$: 床の熱貫流率[W/(m²・K)]

$U_{fg:sog;0}$: 外周部を除く床の熱貫流率[W/(m²・K)]

$\Psi_{g:ed}$: 水平端部の線熱貫流率[W/(m・K)]

ISO では、土間床外周部の水平方向の断熱、垂直方向の断熱、無断熱に対し図及び線熱貫流率の計算式が示されているが、ここでは水平断熱について示す。(2.7.58)、(2.7.59) から求めた等価厚さを用いて (D.5) から水平方向の断熱材による線熱貫流率を求めることができる。

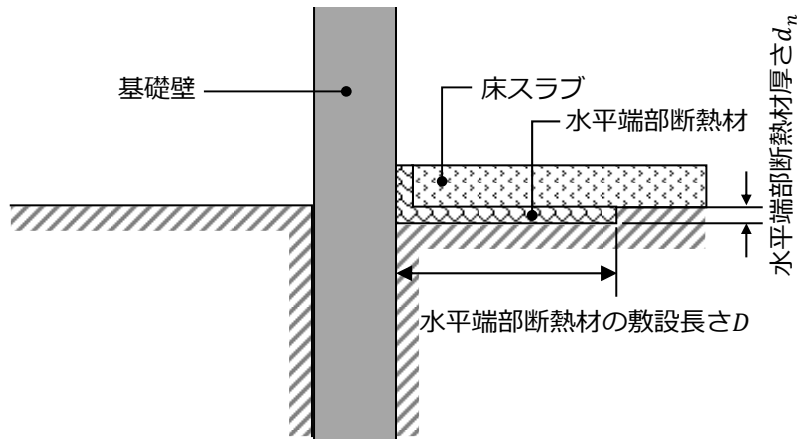


図 2.7.38 水平端部断熱材の概念図

$$\Psi_{g:ed} = -\frac{\lambda}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{D}{d_f} + 1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_f + d'} + 1\right) \right] \quad (2.7.62)$$

ここで、 D : 水平端部断熱材の敷設長さ[m]
 d' : 土間床外周部の断熱を考慮した等価厚さ[m] ((2.7.58) 式による)

6) Annex F 動的計算プログラムへの応用

時間間隔が 1 時間以下の過渡的な温度、熱流を計算する方法について述べる。

地面と床構造は単一の要素としてモデル化され、床構造の下 0.5m に仮想層加えたものから構成される。

仮想層は、年間平均熱流は担保される。仮想層は熱抵抗 R_{vi} を有するが、熱容量は無視する。

$$R_{vi} = \frac{1}{U} - R_{si} - R_f - R_g \quad (2.7.63)$$

ここで、 U : 本規格の仮定による定常状態を想定した土壌を考慮した床の熱貫流率[W/(m²・K)]
 R_{si} : 室内側表面の熱伝達抵抗[m²・K/W]
 R_f : 床構造のすべての構成における熱抵抗[m²・K/W]
 R_g : 土壌 0.5m の熱抵抗[m²・K/W] ($R_g = 0.5/\lambda_g$)

仮想層の境界温度は (F.2) より求める。式に示すように、土間床外周部からの熱損失は除いて計算されている。つまり、外周部の熱橋については定常計算で扱う。

$$\theta_{vi,m} = \theta_{int,m} - \frac{\Phi_m - P \cdot \Psi_{wf} \cdot (\bar{\theta}_{int} - \bar{\theta}_e)}{A \cdot U} \quad (2.7.64)$$

ここで、 $\theta_{vi,m}$: 土壌下の仮想層の境界温度[°C]
 $\theta_{int,m}$: m 月の室温[°C]
 Φ_m : m 月の平均熱流[W/m²]
 P : 基礎外周部の長さ[m]
 Ψ_{wf} : 床と壁の取り合いの線熱貫流率[W/(m・K)]
 $\bar{\theta}_{int}$: 年平均室温[°C]
 $\bar{\theta}_e$: 年平均外気温度[°C]

A: 床面積[m²]
 U: 基礎の熱貫流率[W/(m²・K)]

注記: 仮想温度を求める式が示すように、外周部の熱伝達分が毎月の平均熱流から減じられている。動的計算では、外周部の熱伝達は、他のすべての線熱橋の要素と同様に、遅れのない線形熱流要素です。

(4) 本調査における土間床の計算方法

1) 基本的な考え方

以上の ISO 13370 の Annex F を参考に、本調査における土間床の計算法について検討した。計算モデルの案を図 2.7.39 に示す。土間床部分の伝熱は、中央部の熱伝導と外周部の線熱貫流を考慮する。ISO 13370 に示されるように、線熱貫流については定常熱伝導とする。土間床中央部は非定常熱伝導とする。ISO 13370 の Annex F では、境界温度を外気温度変動因子の Sin カーブと土間床上部の室温の重ね合わせで表されているが、ここでは土間床上部の室温も解析対象であることや、より簡易に境界温度が分かったほうがよいことから、年平均気温とする。境界温度を置く土壌の深さについては、深くすると土壌の熱抵抗が大きくなり、さらに熱容量も大きくなることから土間床中央部の熱損失は小さく計算されることとなる。これらを勘案し、年平均気温の境界深さを決定する必要がある。境界深さについては 2.7.7 で述べる。

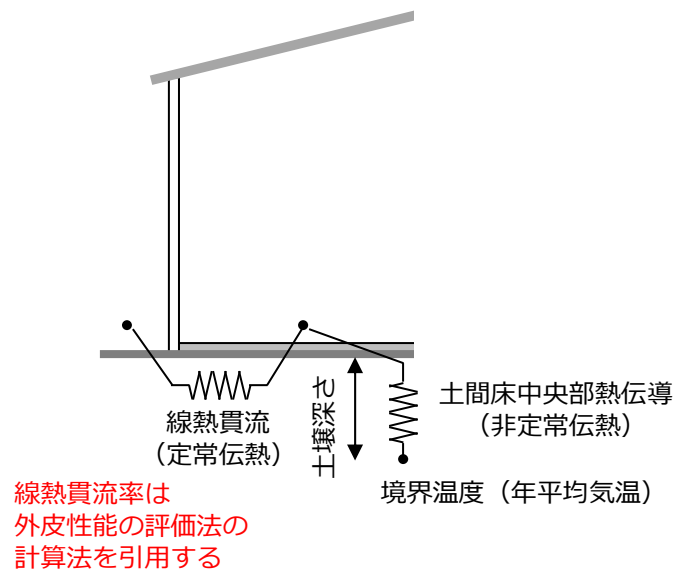


図 2.7.39 本調査における土間床の計算モデル案

2) 土間床外周部の線熱貫流率

土間床外周部の線熱貫流率は、ISO 13370 の Annex D に計算法が示されているが、ここでは現行省エネ基準で採用されている外皮の評価法を採用する。図 2.7.40 の土間床に対する外周部の線熱貫流率 $\Psi_{F,j}$ は以下の式で計算される。

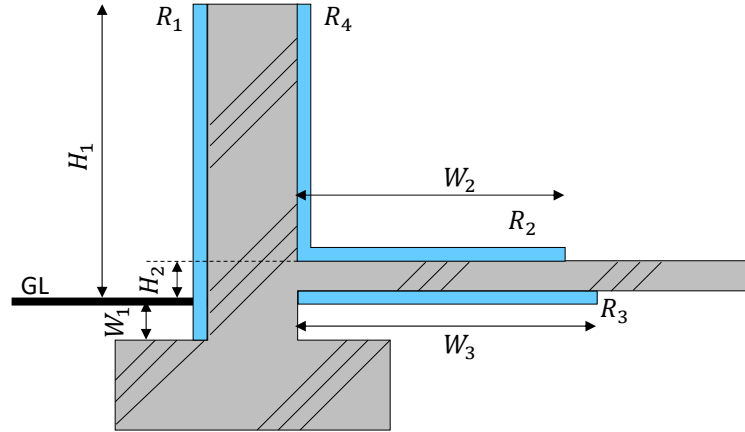


図 2.7.40 基礎周りの寸法、熱抵抗

$$\Psi_{F,j} = 1.80 - 1.36(R_1(H_1 + W_1) + R_4(H_1 - H_2))^{0.15} - 0.01(6.14 - R_1)((R_2 + 0.5R_3)W)^{0.5} \quad (10)$$

$$\Psi_{F,j} = \begin{cases} 0.76 - 0.05(R_1 + R_4) - 0.1(R_2 + 0.5R_3) & (R_1 + R_4 \geq 3 \text{ のとき}) \\ 1.30 - 0.23(R_1 + R_4) - 0.1(R_2 + 0.5R_3)W & (3 > (R_1 + R_4) \geq 0.1 \text{ のとき}) \\ 1.80 - 0.1(R_2 + 0.5R_3)W & (0.1 > (R_1 + R_4) \text{ のとき}) \end{cases} \quad (11)$$

$$\Psi_{F,j} = \begin{cases} 1.80 - 1.47(R_1 + R_4)^{0.08} & ((R_1 + R_4) \geq 3 \text{ のとき}) \\ 1.80 - 1.36(R_1 + R_4)^{0.15} & ((R_1 + R_4) < 3 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (12)$$

$$\Psi_{F,j} = \begin{cases} 0.36 - 0.03(R_1 + R_4) & ((R_1 + R_4) \geq 2 \text{ のとき}) \\ 1.80 - 0.75(R_1 + R_4) & ((R_1 + R_4) < 2 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (13)$$

ここで、

- $\Psi_{F,j}$: 土間床等の外周部及び基礎等の線熱貫流率(W/m²K)
- R_1 : 基礎等の立ち上がり部分の室外側に設置した断熱材の熱抵抗(m²K/W)
- R_2 : 基礎等の底盤部分等の室内側に設置した断熱材の熱抵抗(m²K/W)
- R_3 : 基礎等の底盤部分等の室外側に設置した断熱材の熱抵抗(m²K/W)
- R_4 : 基礎等の立ち上がり部分の室内側に設置した断熱材の熱抵抗(m²K/W)
- H_1 : 地盤面からの基礎等の寸法(0.4を超える場合は0.4とする。)(m)
- H_2 : 地盤面からの基礎等の底盤等上端までの寸法。ただし、地盤面より上方を正の値、下方を負の値とする。(m)
- W_1 : 地盤面より下の基礎等の立ち上がり部分の室外側の断熱材の施工深さ(m)
- W_2 : 基礎等の底盤部分等の室内側に設置した断熱材の水平方向の折返し寸法(m)
- W_3 : 基礎等の底盤部分等の室外側に設置した断熱材の水平方向の折返し寸法(m)
- W : W_2 及び W_3 の寸法のうちいずれか大きい方の寸法。ただし、0.9を超える場合は0.9とする。(m)

である。

2.7.7 土間コンクリート下の土壌境界条件と深さの検討

(1) 目的

基礎断熱の土間コンクリート部などにおけるコンクリート下の境界条件と境界深さについて検討する。

(2) 表面温度の計算法

土間コンクリートの表面温度は、室内側表面熱流と土壌の境界温度を励振、表面温度を応答とし、項別公比法を適用すると(2.7.65)式となる。

$$Ts_n = \phi_{A,0} \cdot q_n + \sum_{m=1}^M Ts'_{A,n,m} + \phi_{T,0} \cdot Tg_n + \sum_{m=1}^M Ts'_{T,n,m} \quad (2.7.65)$$

$$Ts'_{A,n,m} = \phi_{1A,m} \cdot q_{n-1} + r_m \cdot Ts'_{A,n-1,m} \quad (2.7.66)$$

$$Ts'_{T,n,m} = \phi_{1T,m} \cdot Tg_{n-1} + r_m \cdot Ts'_{T,n-1,m} \quad (2.7.67)$$

ここで、 Ts_n : n 時点の土間コンクリートの表面温度[°C]

$\phi_{A,0}$: 土間と土壌の吸熱応答の初項[m²・K/W]

q_n : n 時点の表面熱流[W/m²]

M : 応答係数の根の数

$\phi_{T,0}$: 土間と土壌の貫流応答の初項[－]

Tg_n : n 時点の土壌の境界温度[°C]

$\phi_{1A,m}$: 指数項別吸熱応答係数[m²・K/W]

$\phi_{1T,m}$: 指数項別貫流応答係数[－]

r_m : 公比[－]

表面熱流 q_n は表面温度と床下空間の等価温度の温度差から(2.7.68)式で求められる。

$$q_n = hi \cdot (Tr_n - Ts_n) \quad (2.7.68)$$

ここで、 hi : 土間コンクリート表面の総合熱伝達率[W/(m²・K)]

Tr_n : n 時点の床下空間の等価温度[°C]

(2.7.68)式を(2.7.65)式に代入し Ts_n について整理すると(2.7.69)式となり、表面温度を求める式が導かれた。

$$Ts_n = \frac{hi \cdot \phi_{A,0} \cdot Tr_n + \sum_{m=1}^M Ts'_{A,n,m} + \phi_{T,0} \cdot Tg_n + \sum_{m=1}^M Ts'_{T,n,m}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0}} \quad (2.7.69)$$

(2.7.69)式において、土壌の境界温度として年平均気温とする場合には土間表面温度の計算式は(2.7.70)式のようになり、貫流応答は不要となる。

$$Ts_n = \frac{hi \cdot \phi_{A,0} \cdot Tr_n + \sum_{m=1}^M Ts'_{A,n,m} + T_{ave}}{1 + hi \cdot \phi_{A,0}} \quad (2.7.70)$$

ここで、 T_{ave} : 年平均気温[°C]

(3) 応答係数の計算

1) 求め方

応答係数は固定公比法で求める。

2) 固定根

土間床の固定根は、BEST のクールチューブの計算時に使用されている固定根を使用する。
固定根を図 2.7.41 に示す。1 時間から 3 年の周期を公比 4 の等比数列とし 10 根で与える。

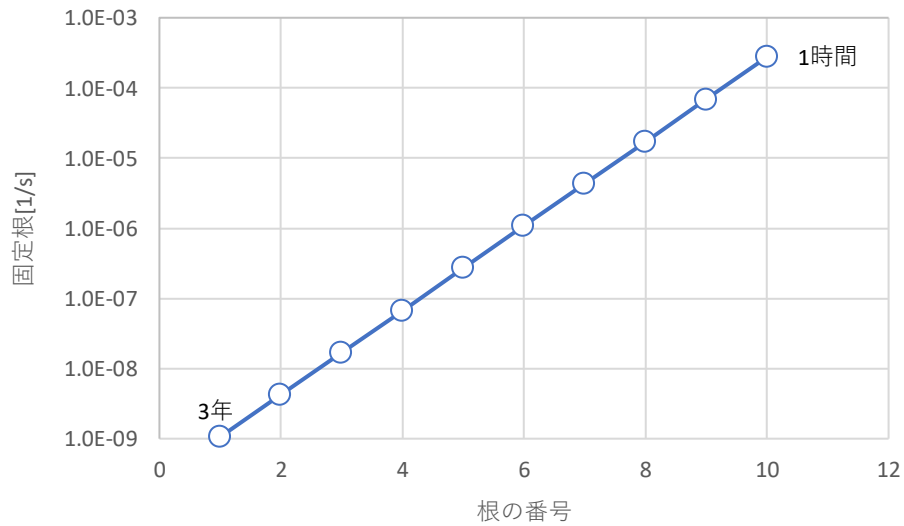


図 2.7.41 土間床の固定根の設定

固定根を 1 時間から 3 年間で固定し、等比数列の公比を 2、4 とした場合の単位応答の計算結果を図 2.7.42 に示す。根の数が多くほど、単位応答の形状が自然になる。固定根の個数はそのまま計算時間に影響することとなるため、ここでは暫定的に固定 10 根で検討を進める。最終的には本計算法を実装するサーバのスペックが決定した段階で再確認する。

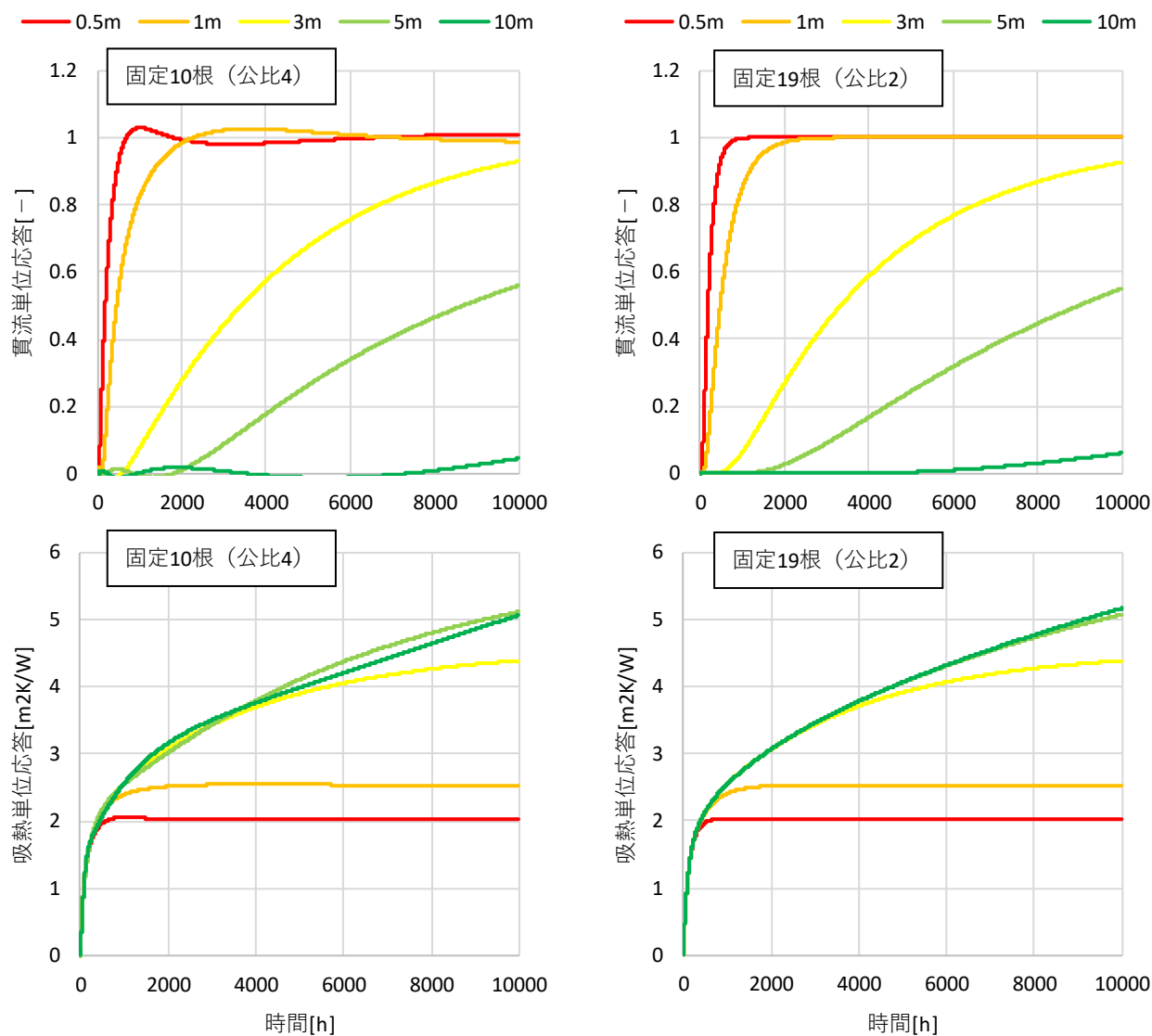


図 2.7.42 与える固定根の個数による単位応答の違い

※ 固定 19 根は、図 2.7.41 の固定根上下限值に対し公比 2 の等比数列で与えた場合

3) 壁体構成

土間の壁体構成を表 2.7.14 に示す。コンクリート 120mm は固定で、50mm の断熱材の有無、土壌深さを 3 パターンで設定した。

表 2.7.14 土間の壁体構成

部材	熱伝導率 [W/(m·K)]	容積比熱 [kJ/(m ³ ·K)]	厚さ [mm]
コンクリート	1.6	2000	120
押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種	0.03	40	0, 50
土壌	1	3300	500, 1000, 3000

4) 応答係数の計算結果

おおむねどの条件でも単位応答が求められている。

定常項を定常値で求める場合と 3 年の伝達関数で打ち切る場合の差は、ほとんど見られない。

コンクリート下の断熱材有無の差は小さい。

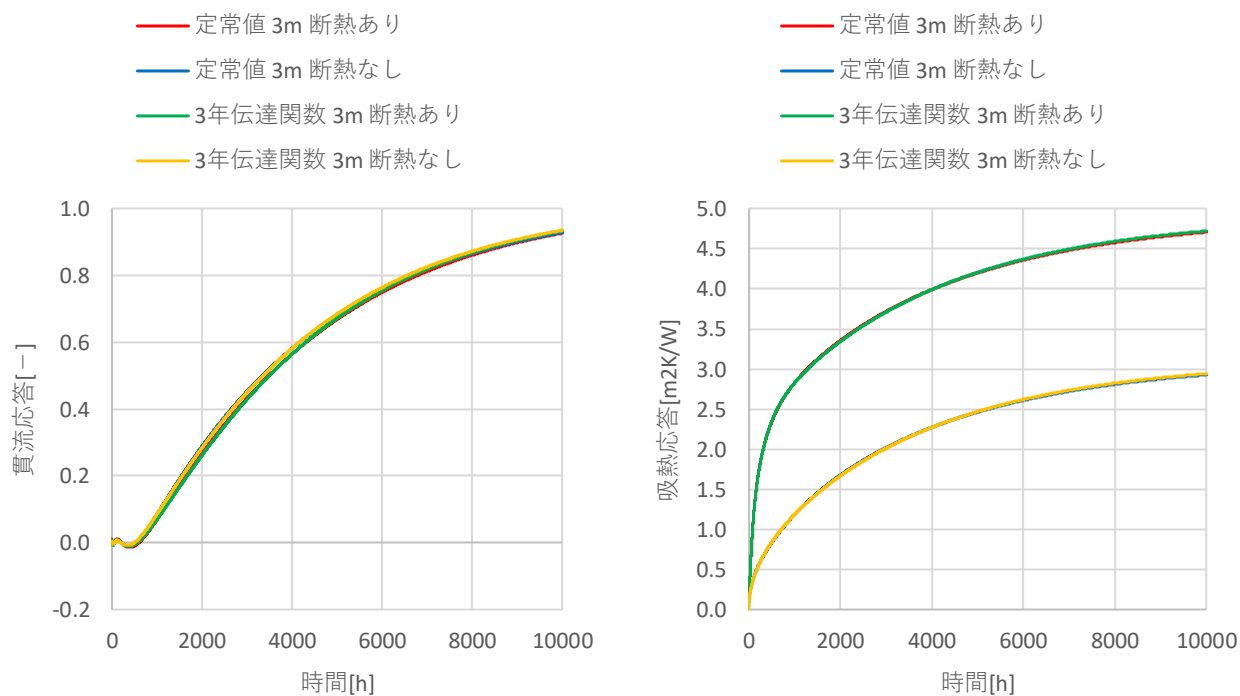


図 2.7.43 土壌深さ 3m の単位応答

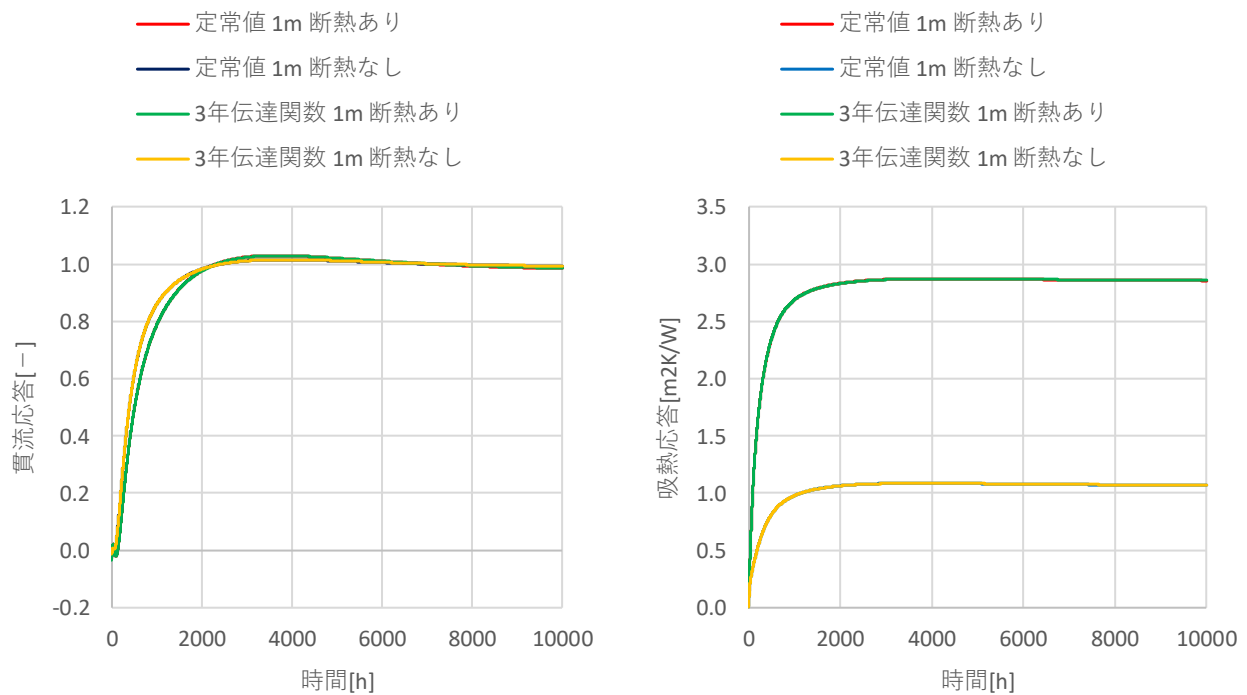


図 2.7.44 土壌深さ 1m の単位応答

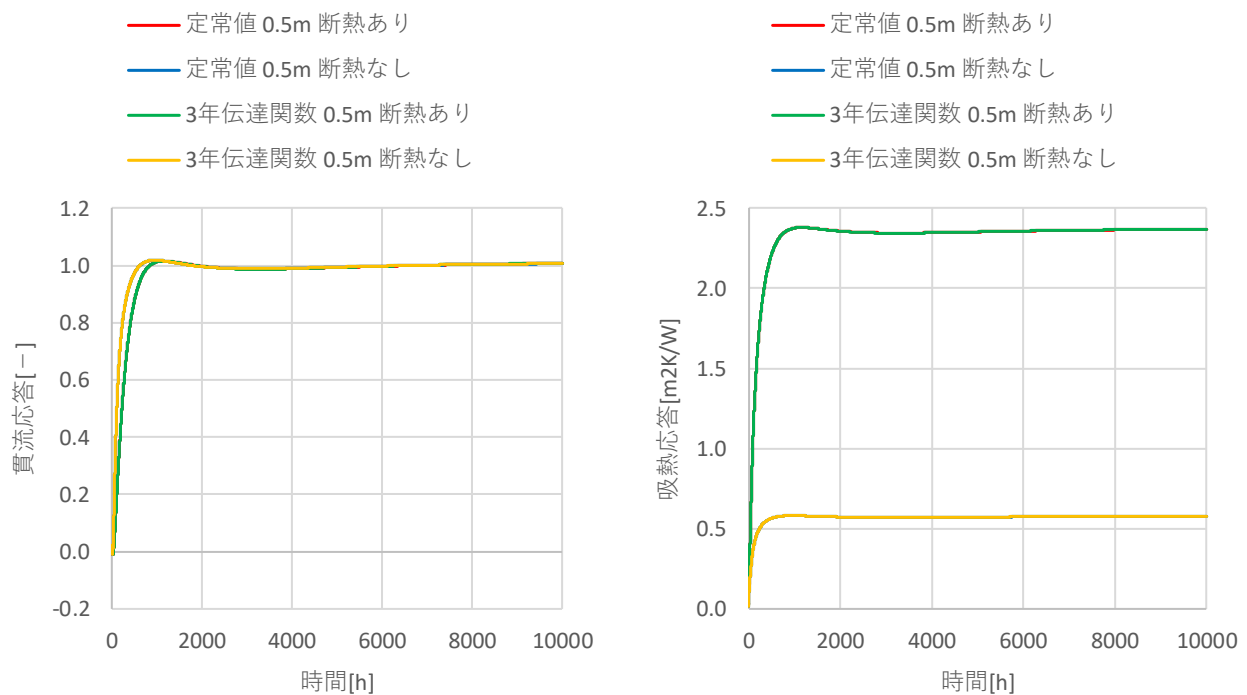


図 2.7.45 土壌深さ 0.5m の単位応答

(4) 実測データによる検証方法

1) 実測データ

OMソーラーがNEDOで実施した「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」の実証データを使用する。

2) 検証の手順

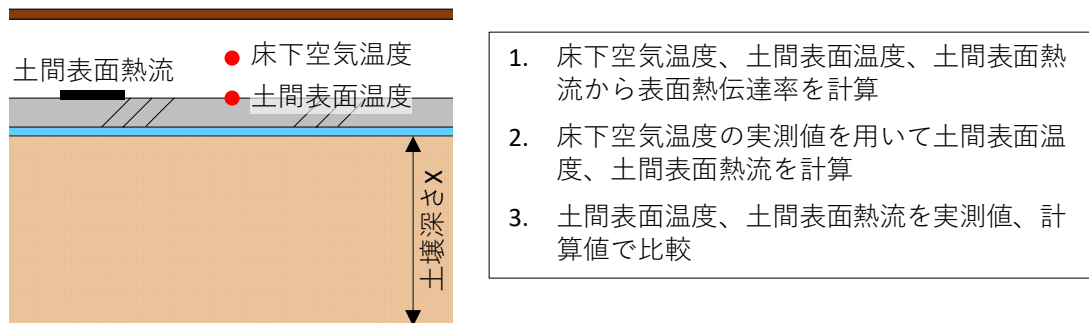
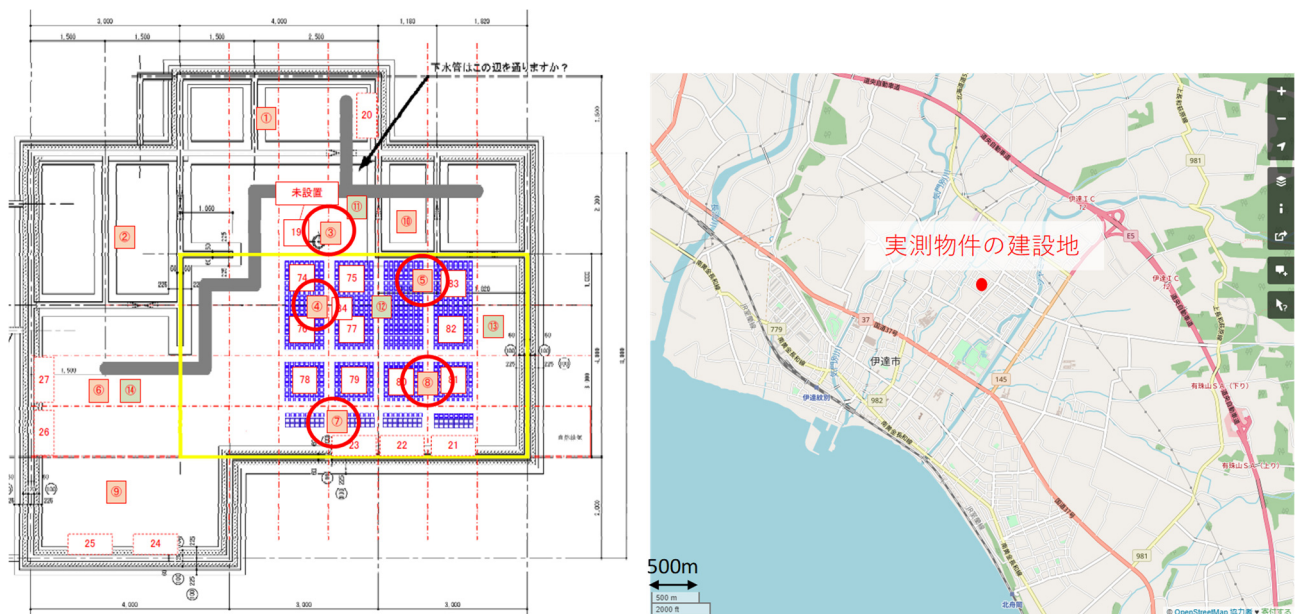


図 2.7.46 検証の手順と検証項目

3) 検証物件概要

事業者	立地	竣工	検証期間	基礎土間の仕様	
				コンクリート	コンクリート下断熱材
OMソーラー	北海道伊達市	2014/12	2016/3 ～2017/2	100	ビーズ法ポリスチレンフォーム 保温板 特号 50mm
	宮城県仙台市	2015/2		150	A 種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種 50mm
	静岡県浜松市	2014/12		250	A 種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種 50mm
	鹿児島県鹿児島市	2014/12		150	A 種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種 50mm

図 2.7.47～図 2.7.50 に基礎伏図を示す。ここでは、土間床中央部の1次元伝熱について実測値と比較するため、図中の赤○印のポイントの平均値を用いて検証する。



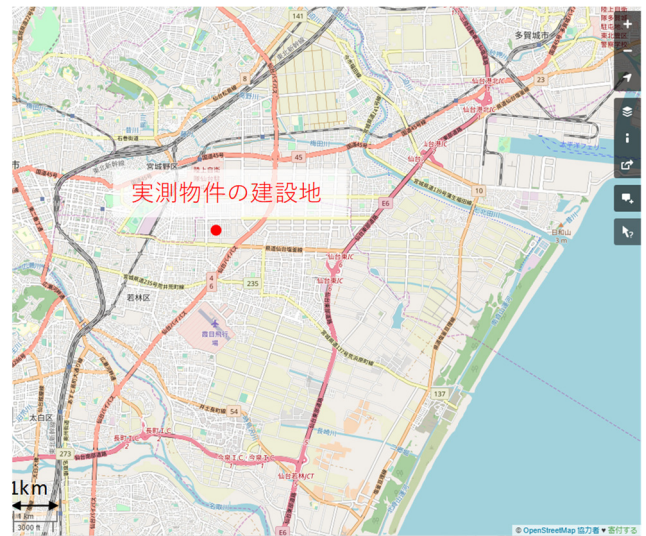
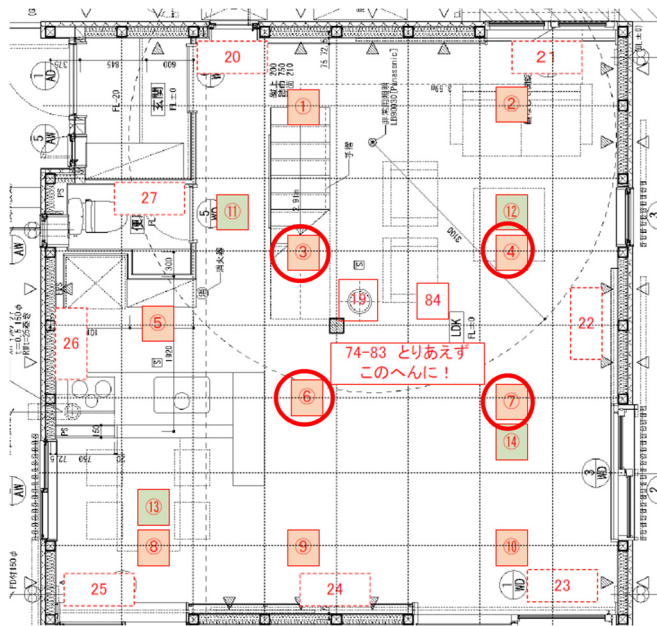


図 2.7.48 仙台の基礎伏図・建設地

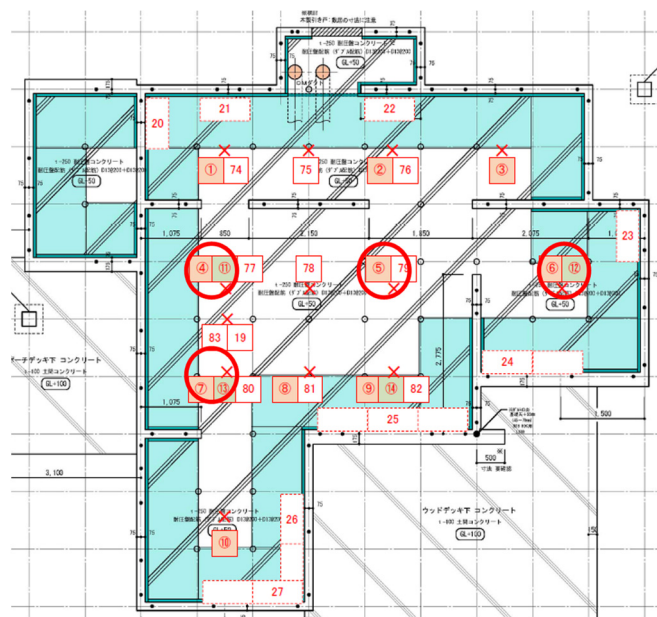


図 2.7.49 浜松の基礎伏図・建設地

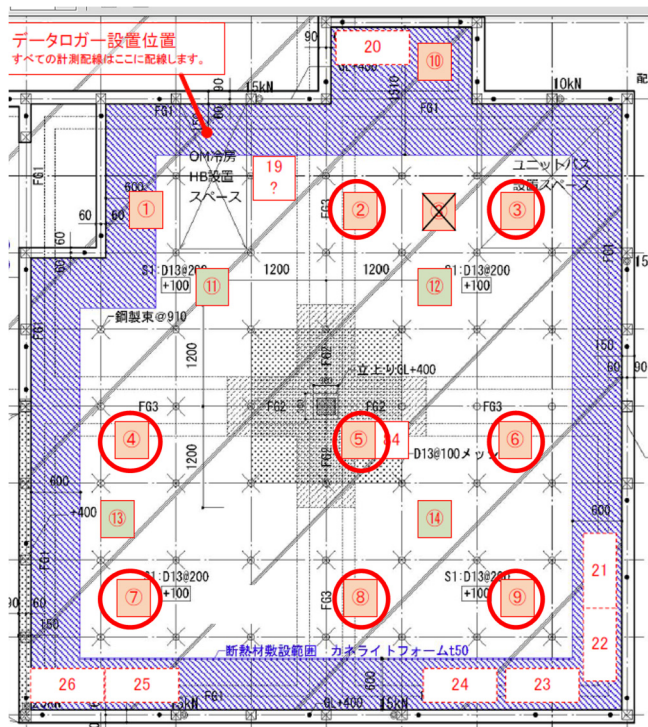


図 2.7.50 鹿児島基礎伏図・建設地

(5) 実測結果

1) 土間コンクリートの表面熱流

図 2.7.51 に土間コンクリートの月積算表面熱流を示す。伊達は下向き熱流に対して上向き熱流が同程度あるが、それ以外の地域は下向き熱流に対して上向き熱流が小さい傾向にある。

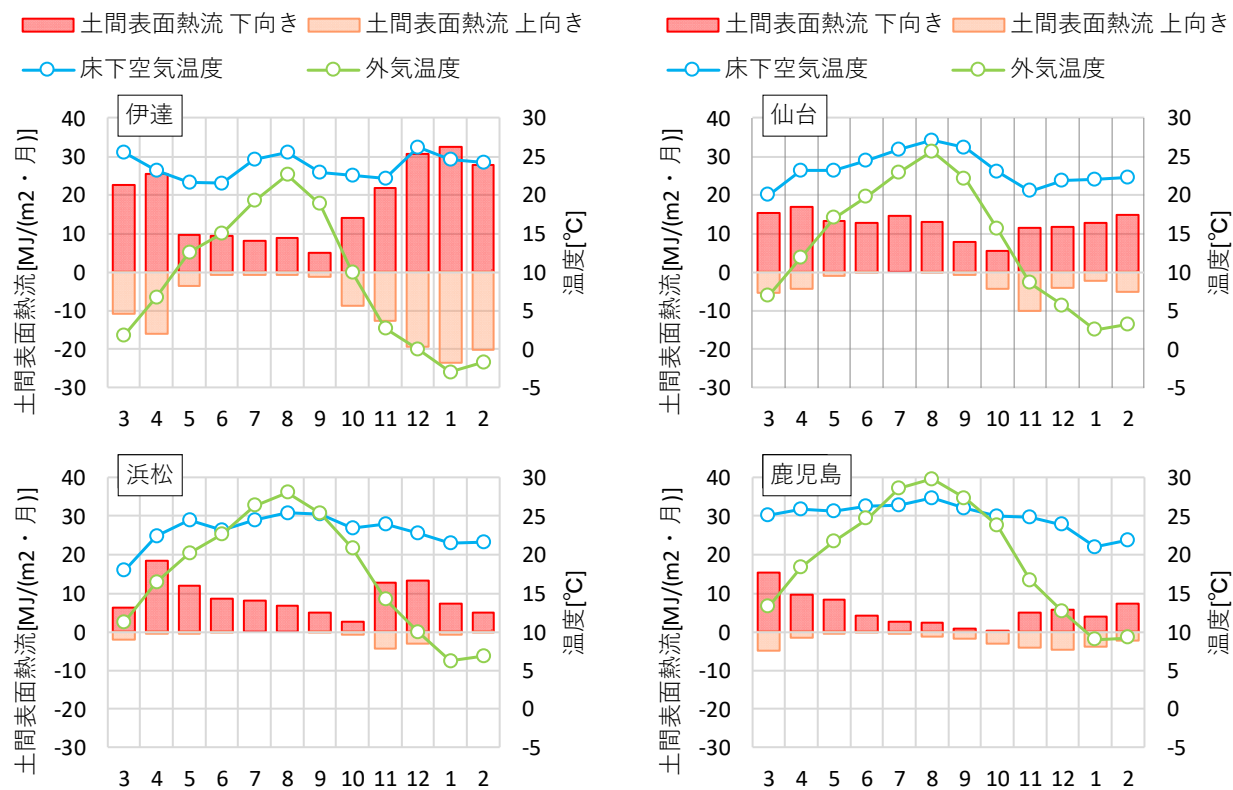


図 2.7.51 月積算土間表面熱流(+:下向き、-:上向き)

図 2.7.52 に月平均内外温度差と正味月積算表面熱流の関係を示す。内外温度差計算のための外気温度として、年平均気温を使用したものと、月平均気温を月単位でずらし線形回帰式の決定係数が最大となる条件で比較した。外気温度に年平均気温を使用した時の内外温度差と月積算熱流の関係は、地域によらず相関が小さく、土壌の境界条件として年平均気温を使用することは適切ではないと考えられる。

月平均気温を 1～3 か月ずらすことで、正味月積算表面熱流が内外温度差との相関が強くなる。ずらす期間は地域によって異なる。図中の線形回帰式の傾きは伊達で小さく、鹿児島、仙台で大きい。土壌の熱定数や地下水脈深さの影響であろうと考えられる。

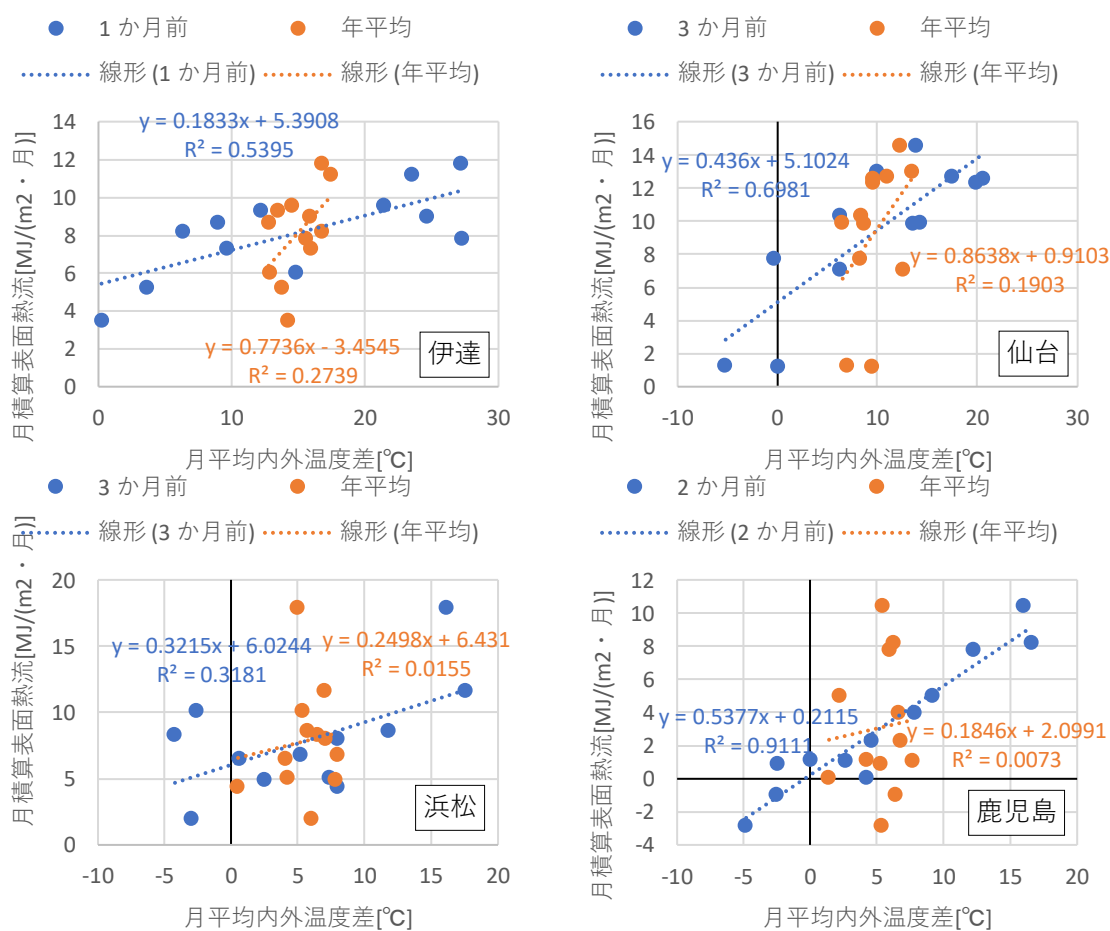


図 2.7.52 月平均内外温度差と正味土間表面熱流の関係

2) 表面熱伝達率の同定

図 2.7.53～図 2.7.54 を基に、表 2.7.15 の通りに設定した。

表 2.7.15 土間コンクリート表面の熱伝達率設定値[W/(m²·K)]

伊達	仙台	浜松	鹿児島
19	7	6	5

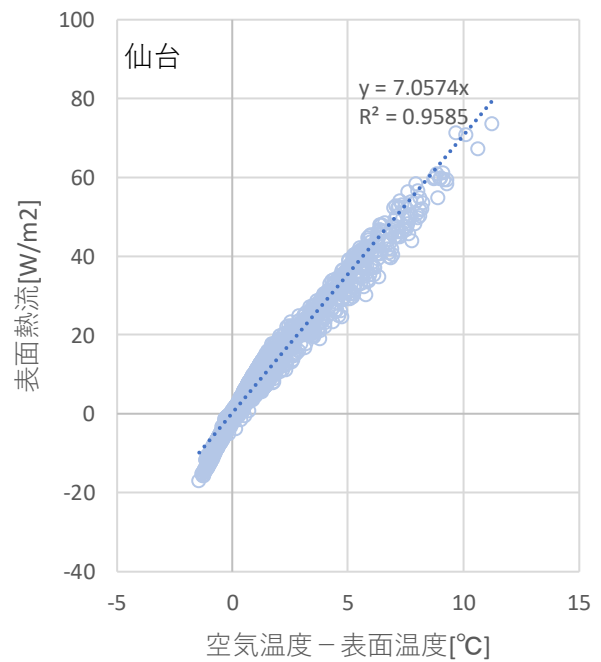
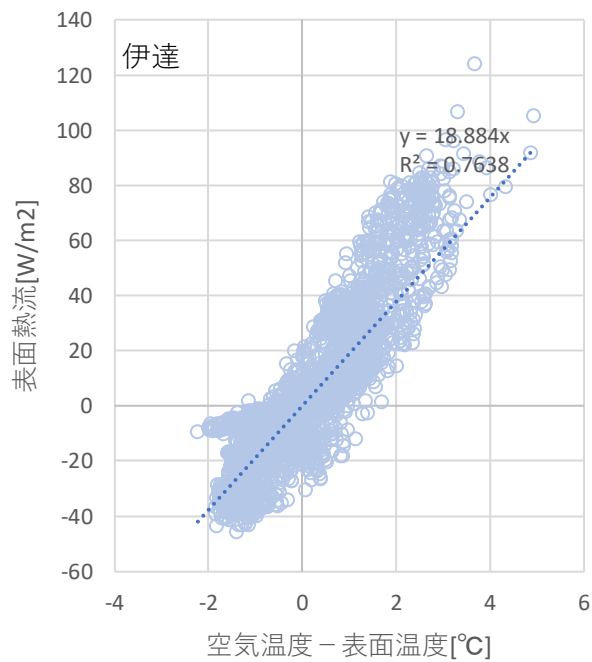


図 2.7.53 伊達、仙台の温度差と表面熱流の関係

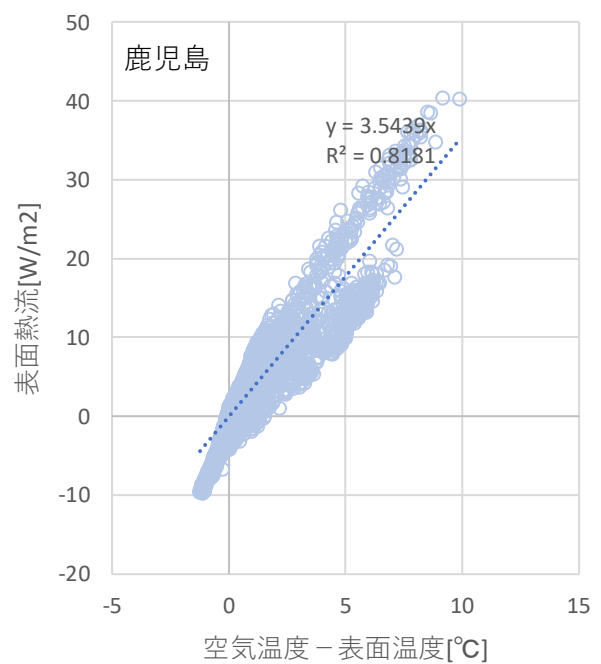
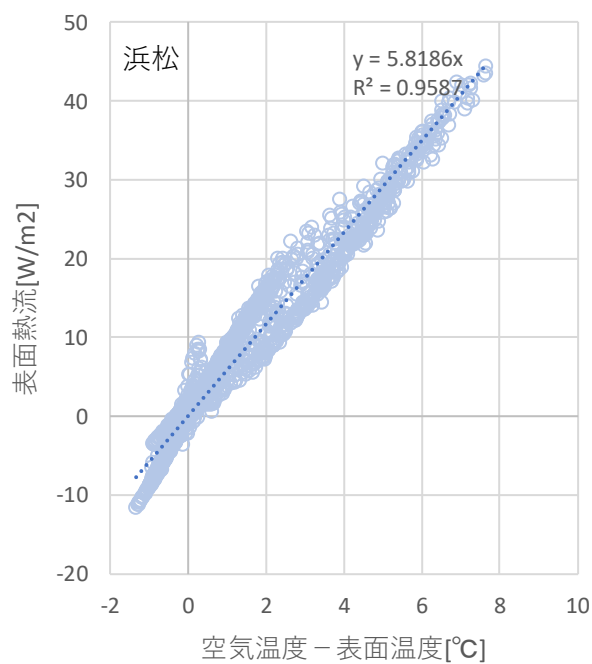


図 2.7.54 浜松、鹿児島 of 温度差と表面熱流の関係

3) 検証結果

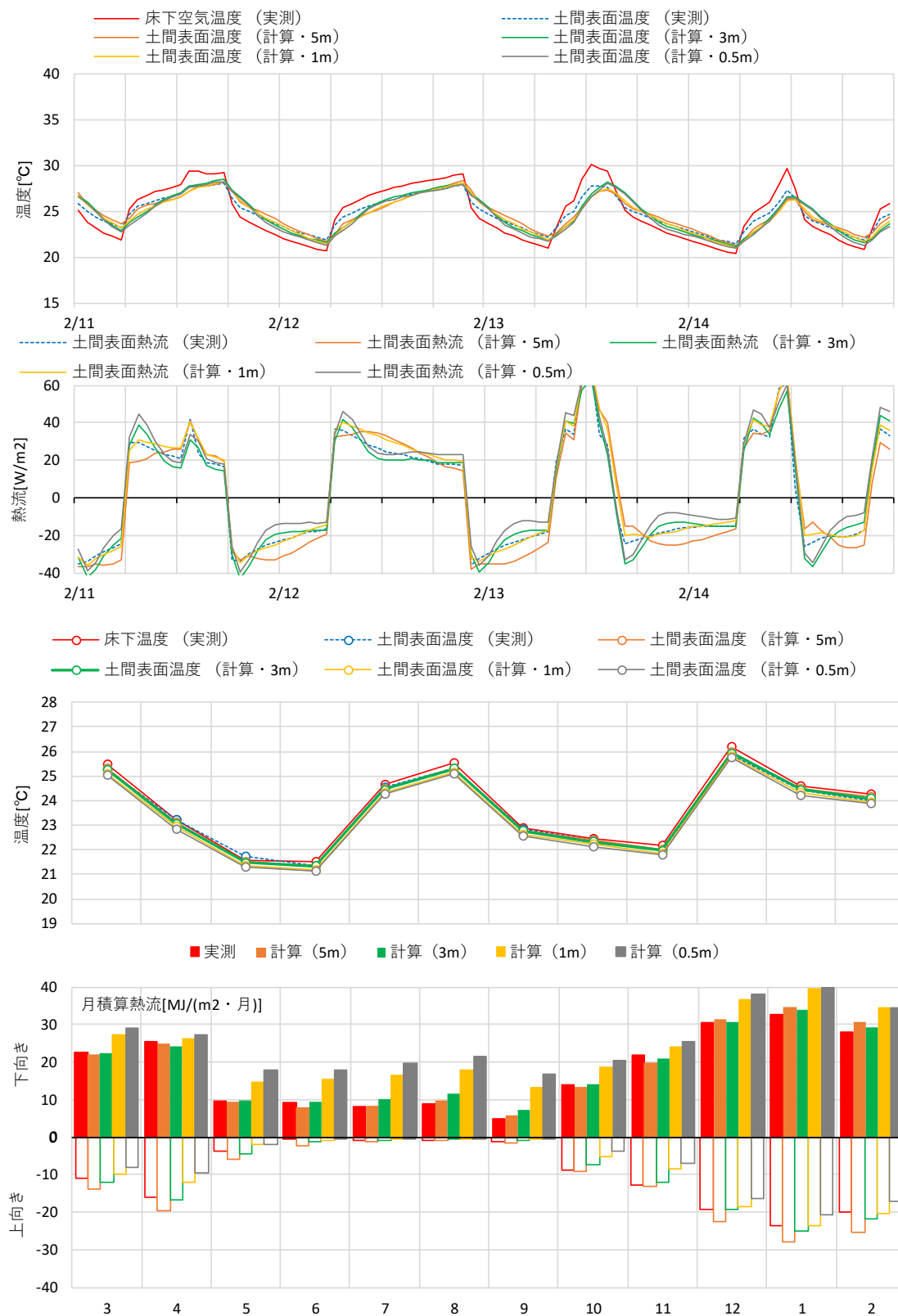


図 2.7.55 伊達のシミュレーションと実測の比較(助走期間2年)

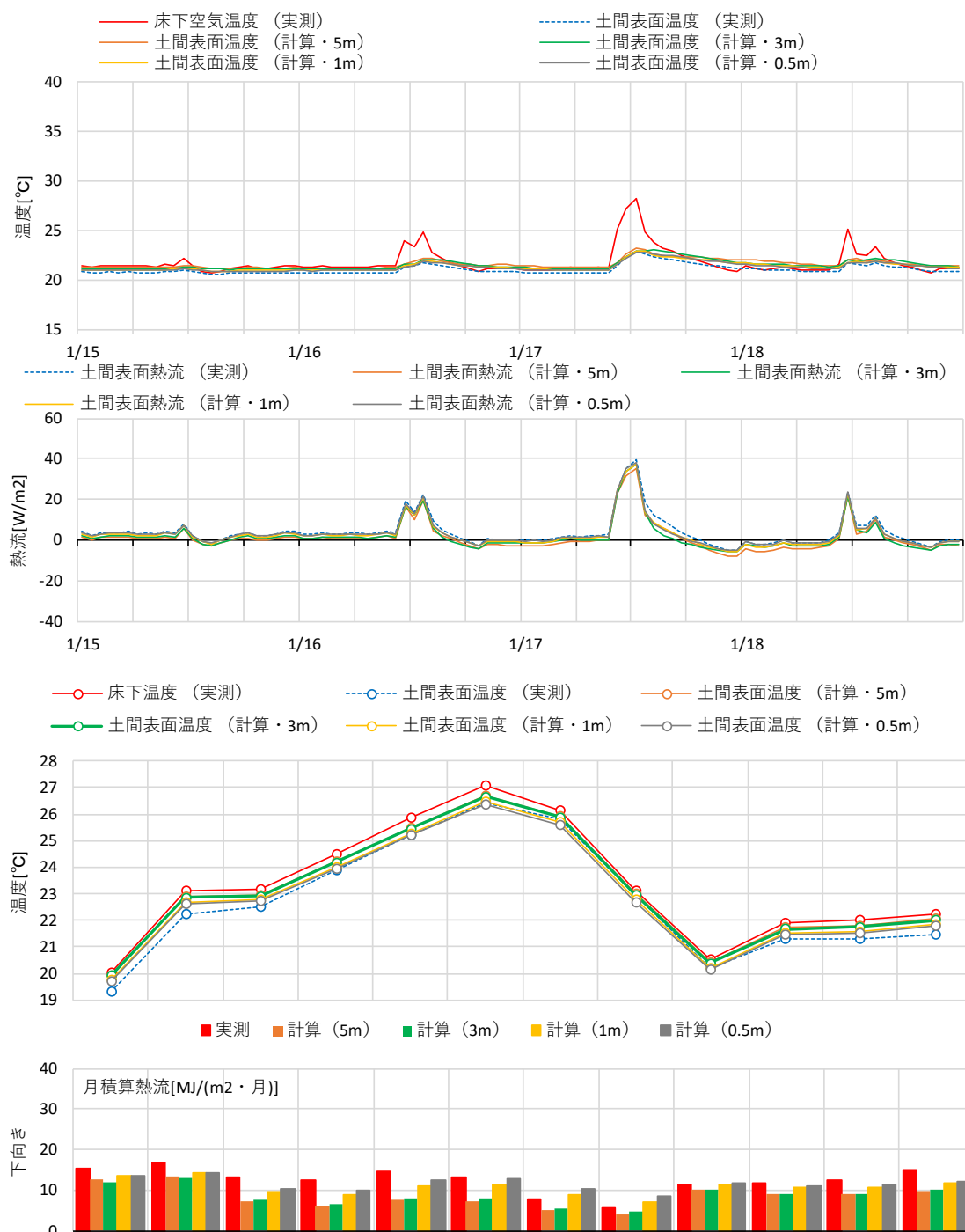


図 2.7.56 仙台のシミュレーションと実測の比較(助走期間 2 年)

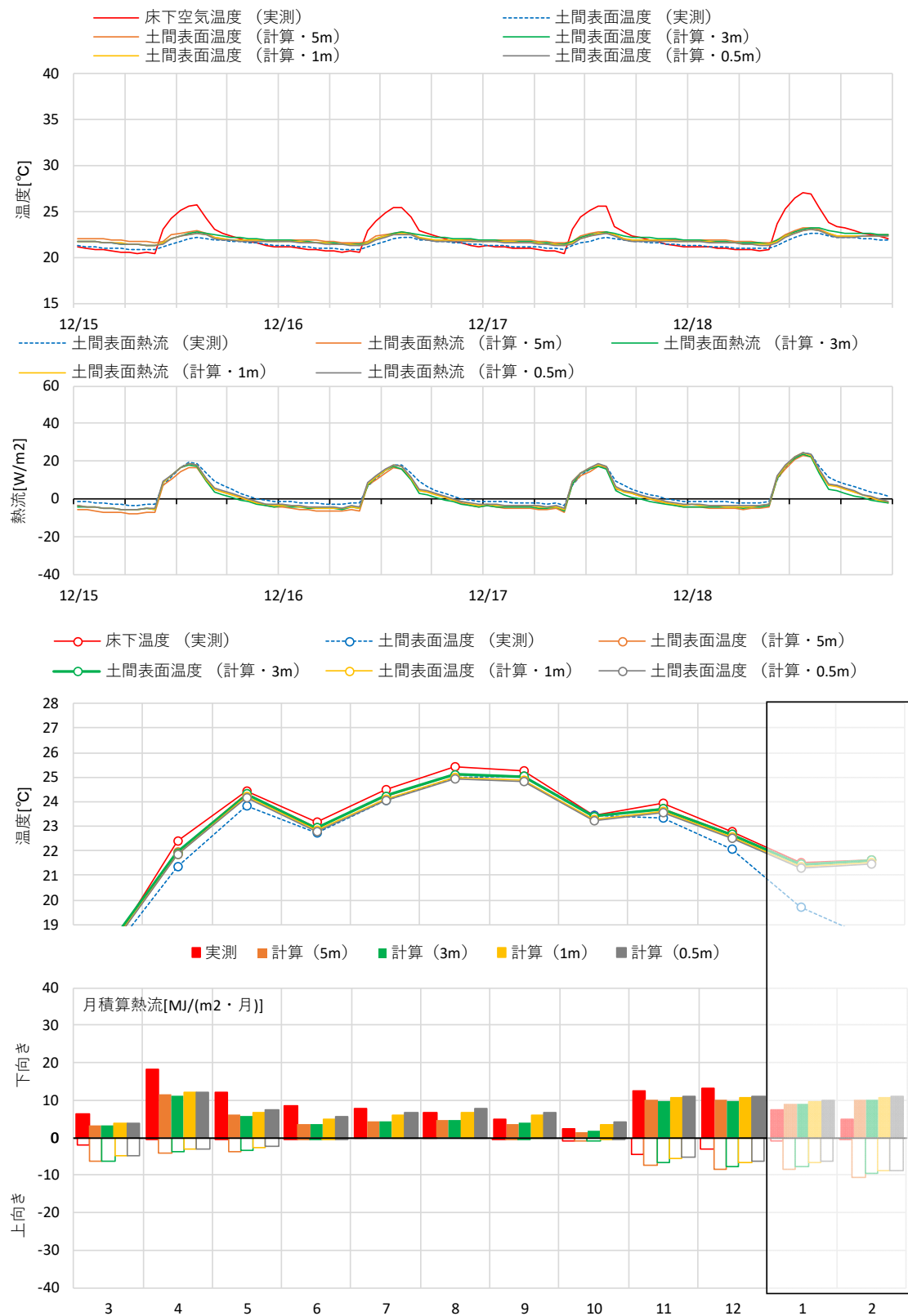


図 2.7.57 浜松のシミュレーションと実測の比較(1 月、2 月は計測に不具合あり)(助走期間 2 年)

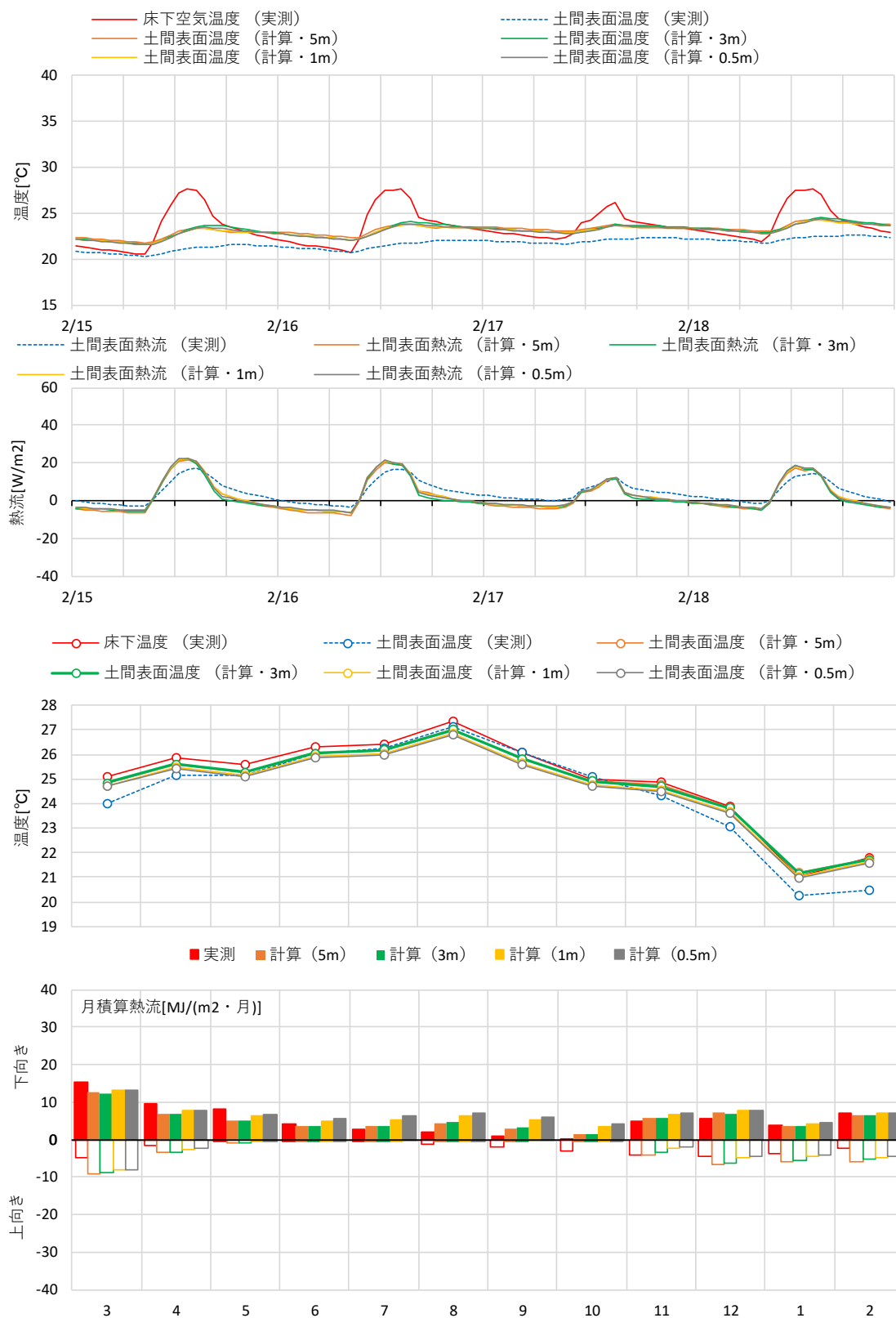


図 2.7.58 鹿児島島のシミュレーションと実測の比較(助走期間 2 年)

4) 土壌深さの検討

図 2.7.59 に各実験棟の実測値とシミュレーションの月積算土間表面熱流の比較を、図 2.7.60 に土壌深さと RMSE の関係を示す。浜松を含んだ場合、浜松を除いた場合共に、土壌深さが 3m のときに RMSE が最小となる。今回の検討範囲においては、土壌の深さとしては 3m とする場合が最適となることがわかった。

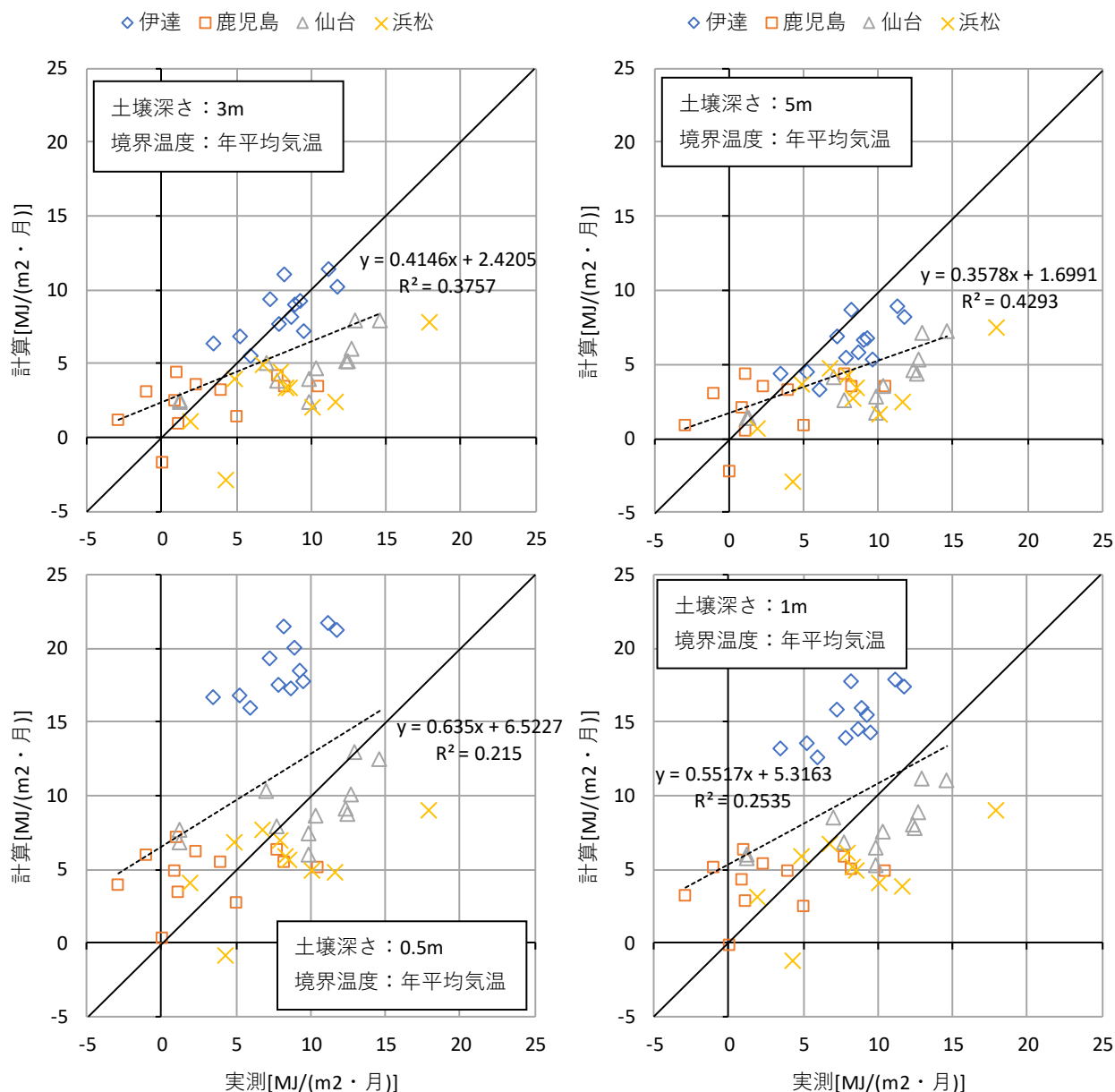


図 2.7.59 実測値とシミュレーションの月積算正味土間表面熱流(助走期間 2 年)

※ グラフ中の回帰式は、浜松を除く線形回帰式

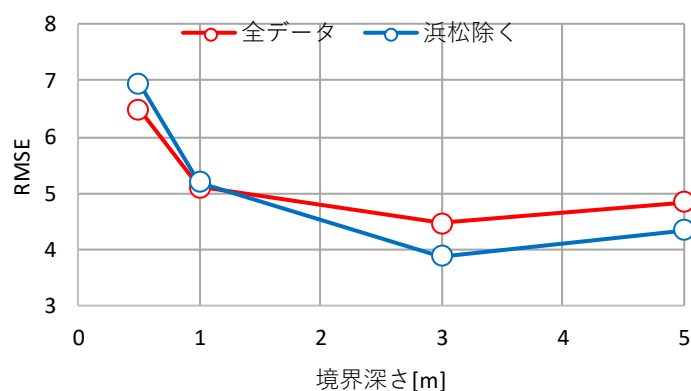


図 2.7.60 土壌の境界深さと RMSE (月積算正味熱流より計算) の関係 (助走期間 2 年)

5) 助走期間の検討

助走期間が長くなると考えられる以下の条件で助走期間を検討した。

- ① 床下温度: 伊達の床下温度実測値を繰り返し使用
- ② 土間下断熱材: なし

助走期間 4 年とした 5 年目は周期定常となっていると仮定し、5 年目同月に対する月積算土間表面熱流の差で評価する。ほぼ完全に周期定常となるのは助走期間 3 年であるが、助走期間 1 年を超えると月積算合計熱流 $10 \sim 15 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ に対し 5 年目に対する差は $0.1 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ 程度であり 1% 以下となる。

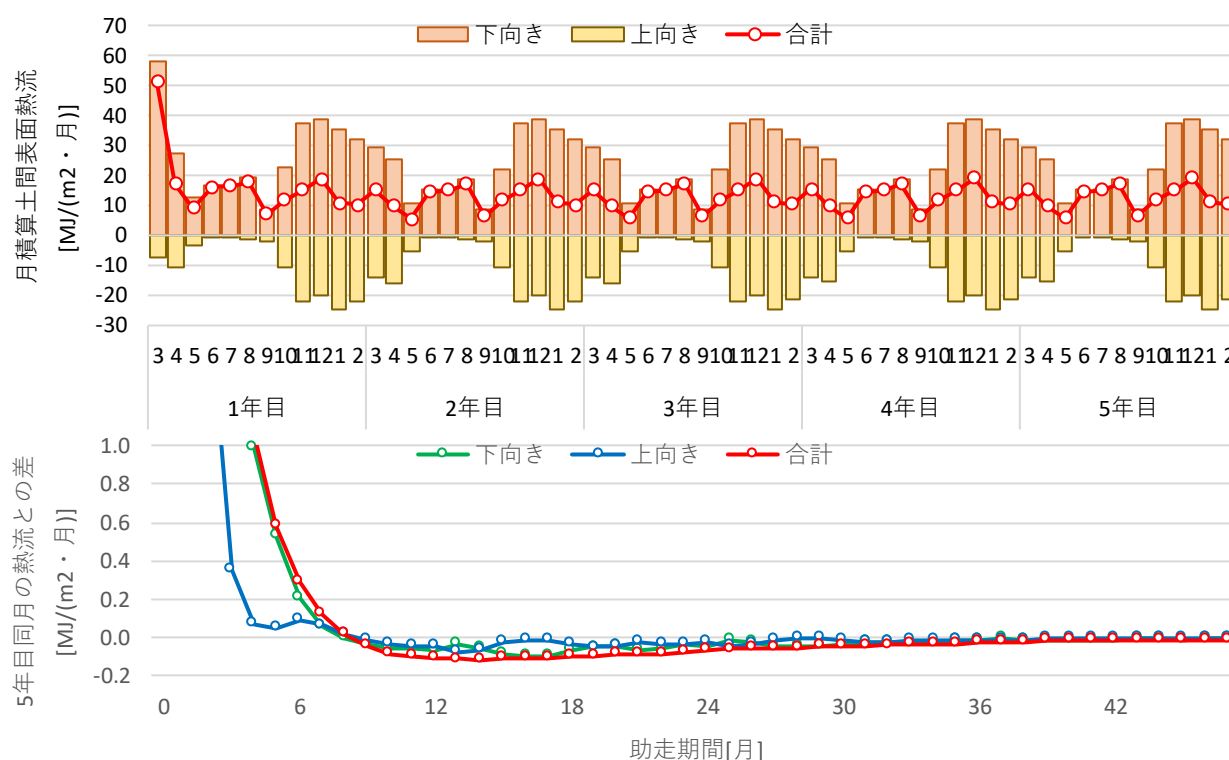


図 2.7.61 助走期間の検討結果

(6) まとめ

土間床中央部の境界条件は、以下の通りとする。

- ① 土壌の深さは 3m とする。
- ② 土壌側の境界温度は、当該地域の年平均気温を与える。
- ③ 土壌の助走計算は少なくとも 1 年間を行う。

2.7.8 透過日射の室内部位への吸収比率のモデル化

(1) はじめに

開口部からの透過日射熱取得は、直接室負荷(室空気の加熱)となるのではなく、一旦室内表面で吸収されたのちに対流熱伝達によって室負荷となる。ここでは、透過日射熱取得の室内表面での吸収比率による室内環境や熱負荷への影響を確認し、今後の透過日射の室内表面吸収比率検討の参考とする。

(2) 代表的なプログラムでの扱い

表 2.7.16 に代表的なプログラムにおける窓の透過日射の吸収部位の比率を示す。THERB は太陽位置から 1 次入射する部位を求め、多重反射を考慮して最終的な吸収部位を決定する。それ以外は特定の部位に対し多めに吸収させるといった方法が採用されている。BEST-H では、床と家具で半々で吸収するモデルを採用している。

表 2.7.16 代表的なシミュレーションプログラムにおける透過日射の吸収部位

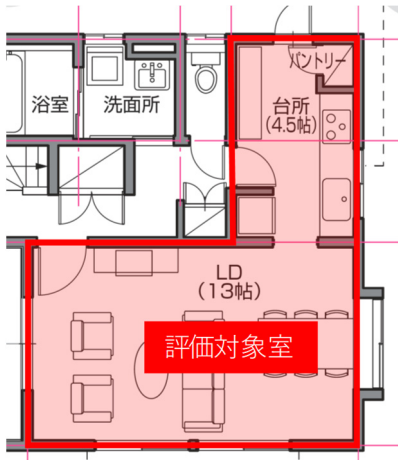
SMASH	床に 50%、残りは床と窓以外に面積案分
Sim/Heat	床に 50%、残りは床を含んだすべての部位に面積案分
BEST-H	床に 50%、家具に 50%吸収。ただし、家具が未設置の室については全て床で吸収する
EESLISM	床に 30%、残りは床を含んだすべての部位に面積案分
THERB	1 次入射の部位を計算し、多重反射による部位ごとの日射吸収比率を解く

(3) 透過日射の吸収比率に関する感度解析

1) はじめに

透過日射の部位での吸収比率が室内温熱環境や熱負荷に与える影響を確認する。

2) 計算条件

モデル建物	自立循環型モデル住宅のLDK 
気象データ	拡張アメダス気象データ 1995 標準年(岡山)
床面日射吸収比率	50%、100%
断熱性能	断熱なし、H28 年省エネ基準
床蓄熱 RC	RC あり:150mm、RC なし 0mm

3) 計算結果

図 2.7.62～図 2.7.66 に床面の日射吸収比率を種々に変更した時の室内温熱環境と熱負荷を示す。断熱性能が高く、床の熱容量が大きい条件のときにやや相違がみられるが、それ以外の条件では吸収比率の設定値による影響はほとんど見られない。

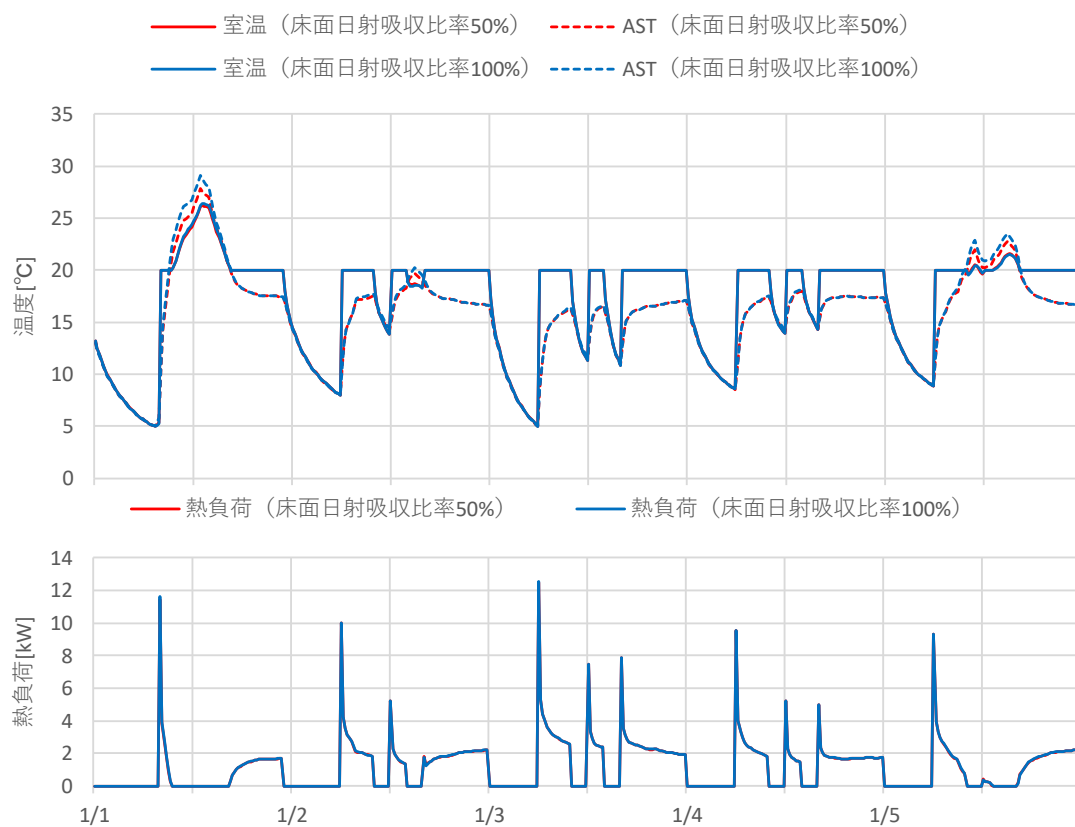


図 2.7.62 H28 省エネ基準、RC なし

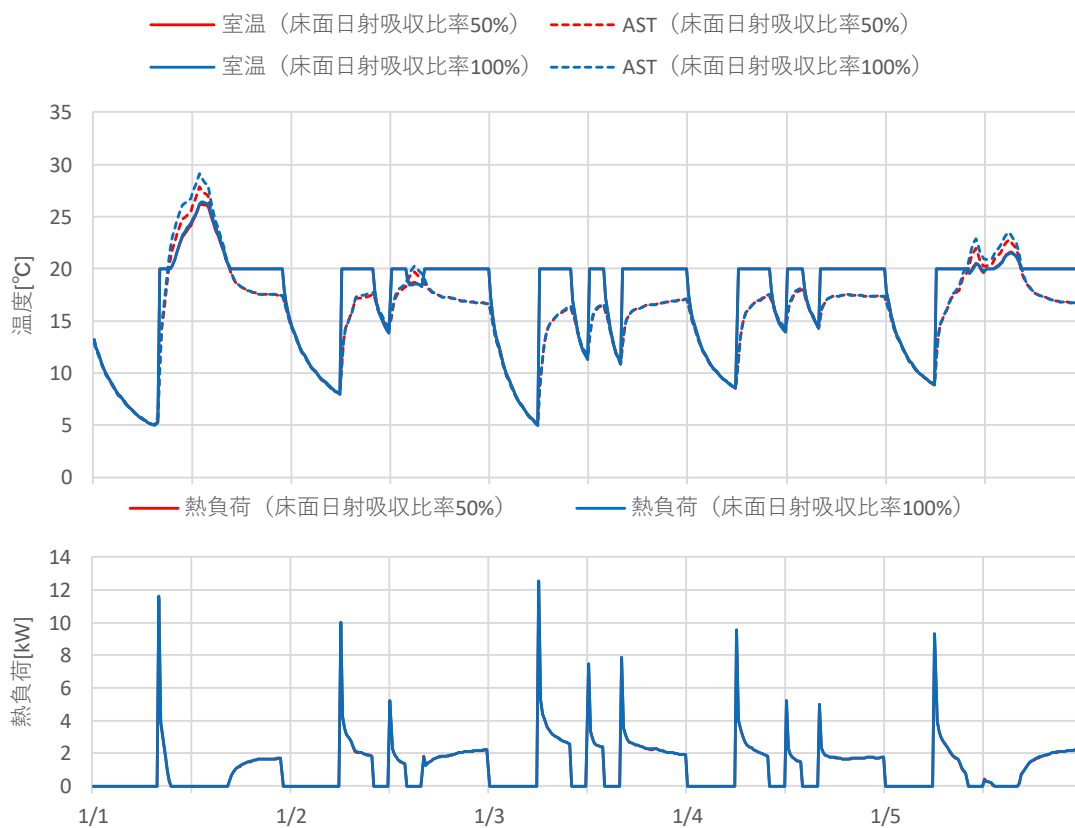


図 2.7.63 H28 省エネ基準、RC あり

※ AST:面積加重平均表面温度 (Average Surface Temperature)

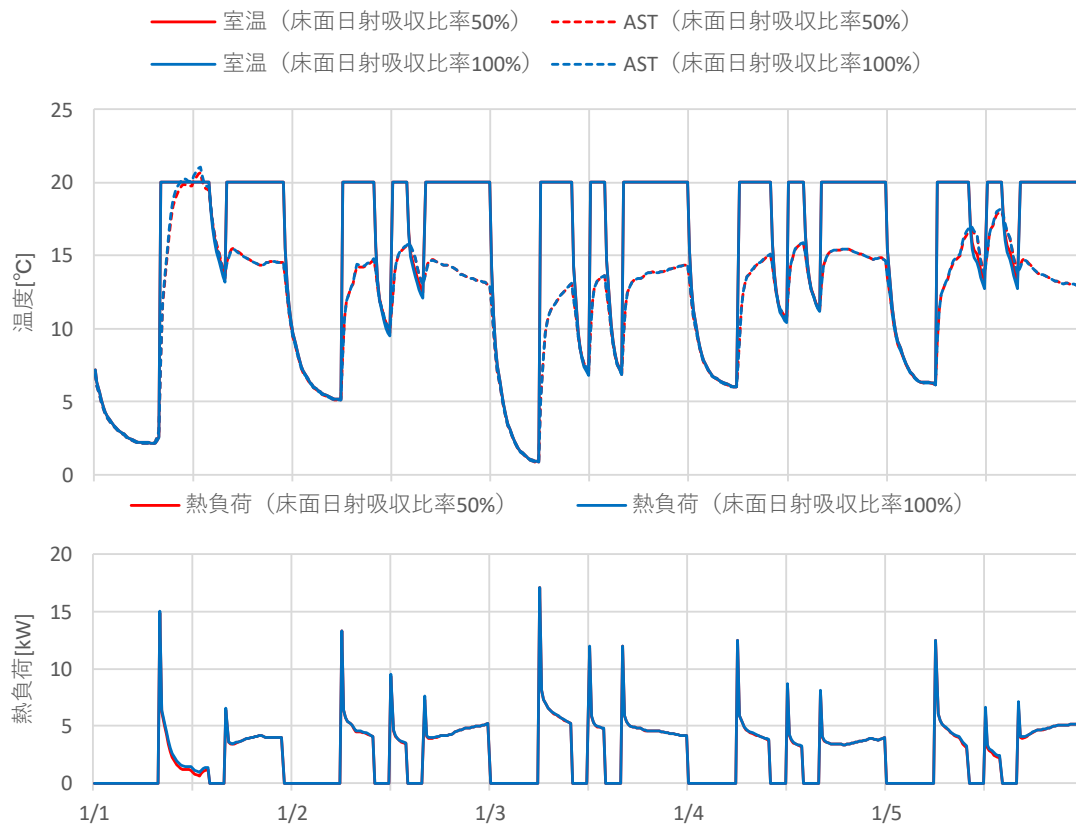


図 2.7.64 断熱なし、RC なし

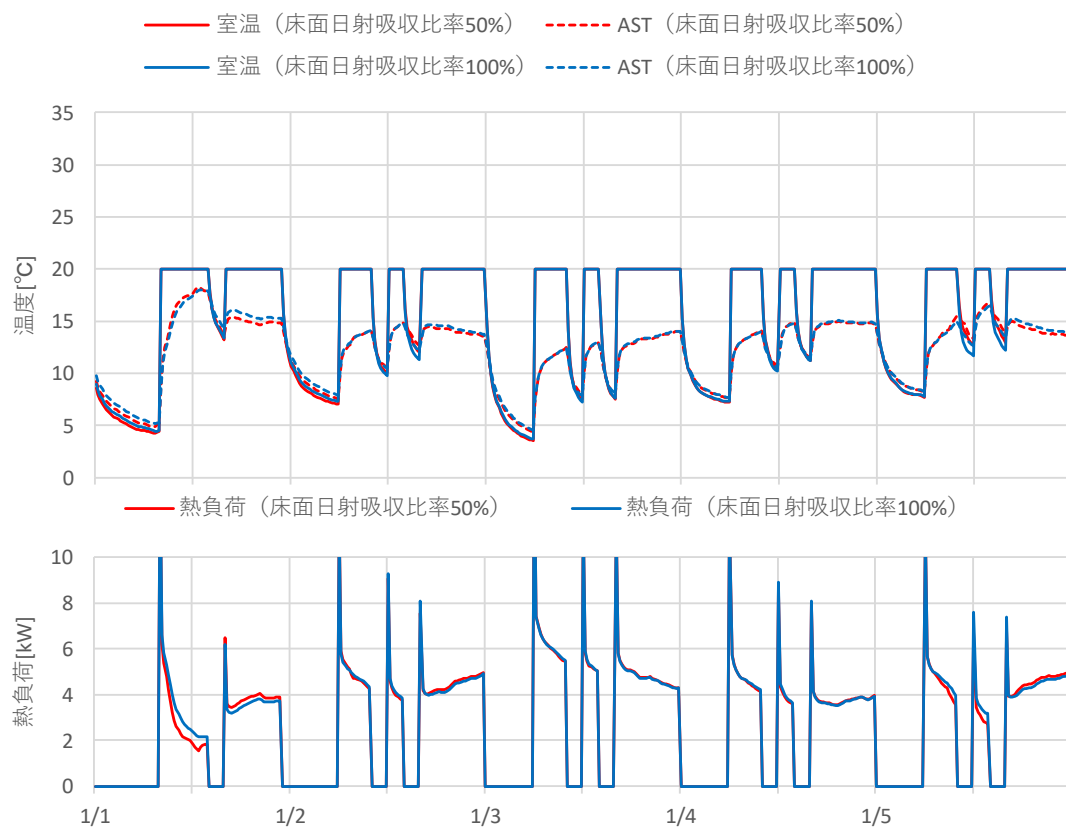


図 2.7.65 断熱なし、RC あり

※ AST:面積加重平均表面温度 (Average Surface Temperature)

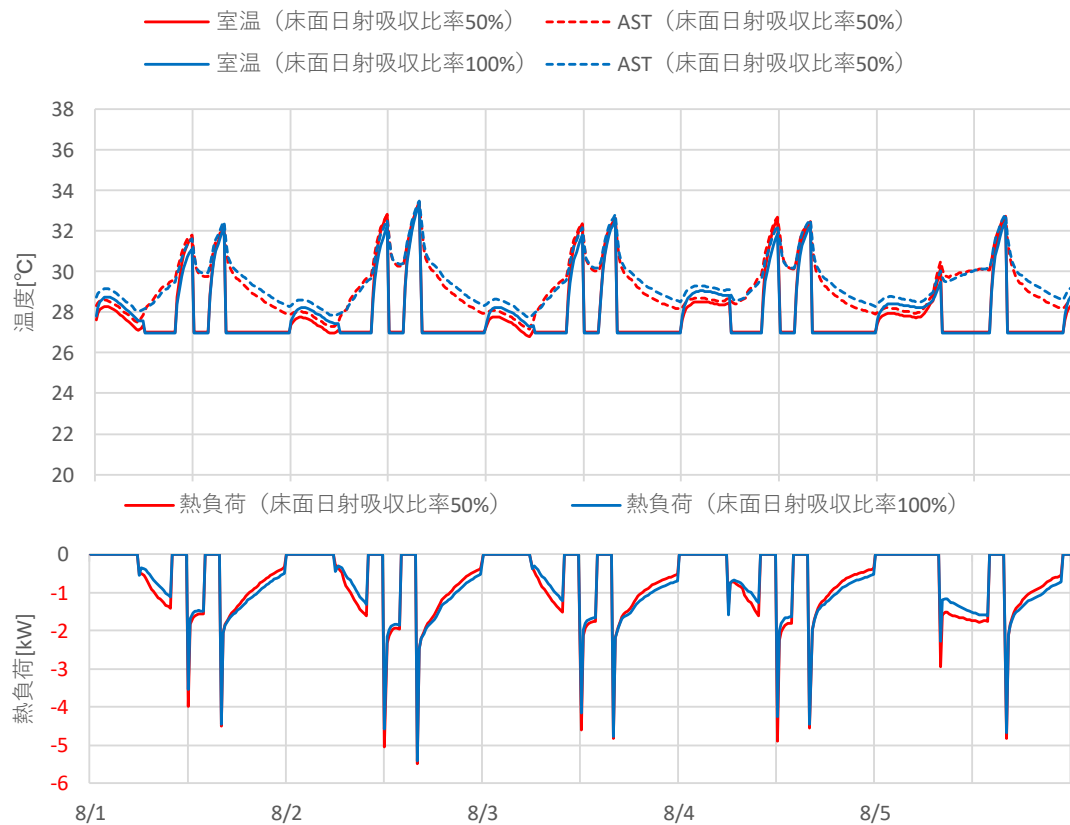


図 2.7.66 H28 省エネ基準、RC あり

年間熱負荷を図 2.7.67 に示す。透過日射の室内部位への吸収比率の設定が年間熱負荷に与える影響は限定的である。絶対値での差は断熱性能が悪いほうが大きくなる傾向にある。また、南向きを想定したため冷房よりも暖房の差の方が大きい。

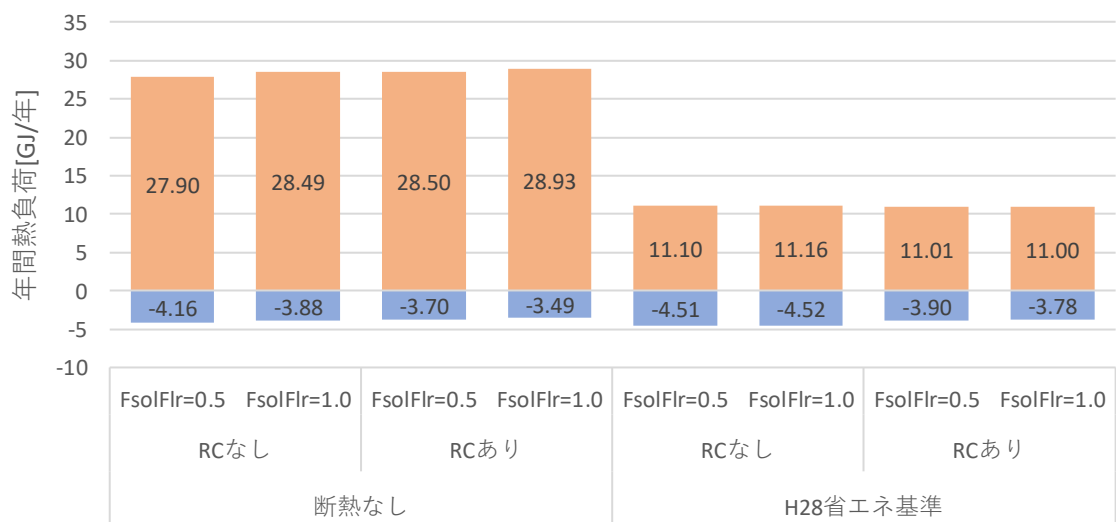


図 2.7.67 年間熱負荷

※ FsolFlr: 透過日射の床面の吸収比率

(4) まとめ

ここで設定した条件の範囲内における透過日射の室内部位への吸収比率を変化させたときの計算結果への影響はわずかであった。1次エネルギー計算時には3次元的な位置関係を入力するわけではない。計算結果への影響度合い、得られる情報が限定的(3次元情報は得られない)なことから、透過日射の吸収は床と家具で半々にする方法を提案する。

2.7.9 部位表面間の長波放射計算法

部位表面間の長波放射計算では、室の放射吸収係数を部位の面積比で近似する松尾の提案する方法¹¹が一般的に用いられ、HASP や BEST でも実装されてきた。本手法は計算が簡単になるが、自己形態係数が生じることから床暖房など大きな面積を発熱面とするような空調方式での誤差が心配される。ここでは、永田の提案する簡便でより高精度な手法¹²を採用する。以下に計算の概念を述べる。

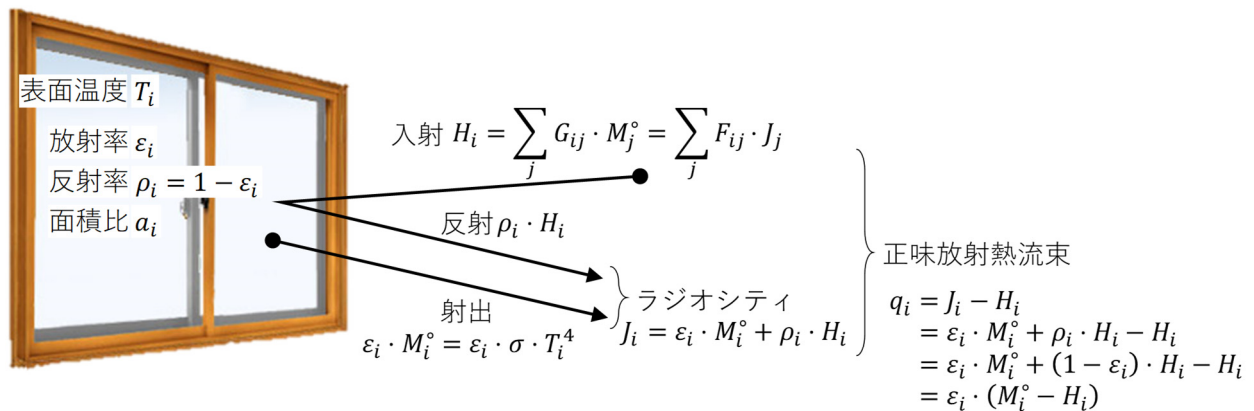
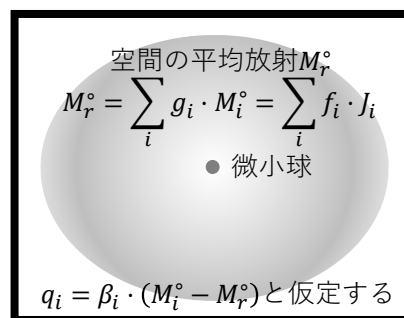


図 2.7.68 面の放射収支



形態係数（微小球から射出された放射が面 i に到達する割合）： f_i
放射吸収係数（微小球からの放射が面 i に吸収される割合）： g_i

図 2.7.69 室内の微小球を想定した平均放射

¹¹ 松尾陽:空調負荷計算におけるふく射熱の取扱い、空気調和・衛生工学 第59巻 第4号、空気調和・衛生工学会、pp. 5-11、1985.4

¹² 永田明寛:室内長波放射交換の簡易モデリング、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 25-26、2016.8

(1) 形態係数と放射吸収係数の近似法

ある面*i*における正味放射熱流束を図 2.7.69 に示す(2.7.71)式で表現できると仮定する。

$$q_i = \beta_i \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) \quad (2.7.71)$$

$$M_r^\circ = \sum_i g_i \cdot M_i^\circ = \sum_i f_i \cdot J_i \quad (2.7.72)$$

ただし、(2.7.74)式の関係が成立する。

$$q_i = \varepsilon_i \cdot (M_i^\circ - H_i) = \beta_i \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) \quad (2.7.73)$$

$$H_i = \left(1 - \frac{\beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot M_i^\circ + \frac{\beta_i}{\varepsilon_i} \cdot M_r^\circ \quad (2.7.74)$$

また、(2.7.75)、(2.7.76)式から(2.7.77)式についても成立する。

$$q_i = J_i - H_i = \beta_i \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) \quad (2.7.75)$$

$$J_i = \varepsilon_i \cdot M_i^\circ + \rho_i \cdot H_i \quad (2.7.76)$$

$$\begin{aligned} H_i &= \frac{\varepsilon_i - \beta_i}{\varepsilon_i - \rho_i \cdot \beta_i} \cdot J_i + \frac{\varepsilon_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i - \rho_i \cdot \beta_i} \cdot M_r^\circ \\ &= \left(1 - \frac{\varepsilon_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i - \rho_i \cdot \beta_i}\right) \cdot J_i + \frac{\varepsilon_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i - \rho_i \cdot \beta_i} \cdot M_r^\circ \end{aligned} \quad (2.7.77)$$

一方、室内の放射収支は面*i*の面積比 a_i と正味放射熱流束 q_i の積和が0となることから、(2.7.78)式となる。

$$\sum_i a_i \cdot q_i = \sum_i a_i \cdot \beta_i \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) = 0 \quad (2.7.78)$$

$$M_r^\circ = \sum_i \frac{a_i \cdot \beta_i \cdot M_i^\circ}{\sum_i a_i \cdot \beta_i} \quad (2.7.79)$$

よって、(2.7.79)式と(2.7.72)式の平均放射の関係から、微小面からの放射が面*i*に吸収される割合である放射吸収係数 g_i は(2.7.80)式で表されることになる。

$$g_i = \frac{a_i \cdot \beta_i}{\sum_i a_i \cdot \beta_i} \quad (2.7.80)$$

また、(2.7.74)、(2.7.77)式からラジオシティ J_i は(2.7.81)式となる。

$$J_i = \left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot M_i^\circ + \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i} \cdot M_r^\circ \quad (2.7.81)$$

(2.7.81)式を(2.7.72)式に代入して整理すると(2.7.82)式となる。

$$M_r^\circ = \frac{\sum_i \left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i \cdot M_i^\circ}{\sum_i \left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i} \quad (2.7.82)$$

(2.7.82)式と(2.7.72)式を比べると、放射吸収係数 g_i は(2.7.83)式でも表せることがわかる。

$$g_i = \frac{\left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i}{\sum_i \left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i} \quad (2.7.83)$$

ここで、(2.7.80)、(2.7.83)式から(2.7.84)式の $\bar{f}$ を定義する。

$$\frac{a_i \cdot \beta_i}{\left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i} = \frac{\sum_i a_i \cdot \beta_i}{\sum_i \left(1 - \frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i}\right) \cdot f_i} = \bar{f} \quad (2.7.84)$$

(2.7.84)式から求めるべき β_i は(2.7.85)式となり、放射吸収係数 g_i は(2.7.86)式で表される。

$$\beta_i = \frac{\varepsilon_i \cdot f_i \cdot \bar{f}}{\varepsilon_i \cdot a_i + \rho_i \cdot f_i \cdot \bar{f}} \quad (2.7.85)$$

$$g_i = \frac{1}{\bar{g}} \cdot \frac{\varepsilon_i \cdot a_i \cdot f_i \cdot \bar{f}}{\varepsilon_i \cdot a_i + \rho_i \cdot f_i \cdot \bar{f}} \quad (2.7.86)$$

$$\bar{g} = \sum_i \frac{\varepsilon_i \cdot a_i \cdot f_i \cdot \bar{f}}{\varepsilon_i \cdot a_i + \rho_i \cdot f_i \cdot \bar{f}} \quad (2.7.87)$$

さらに、(2.7.88)式を(2.7.77)式に代入し、(2.7.72)式を用いて整理すると(2.7.89)式が得られる。

$$\frac{\varepsilon_i \cdot \beta_i}{\varepsilon_i - \rho_i \cdot \beta_i} = \frac{\varepsilon_i}{\frac{\varepsilon_i}{\beta_i} - \rho_i} = \frac{f_i \cdot \bar{f}}{a_i} \quad (2.7.88)$$

$$H_i = \sum_j \left[\frac{f_i \cdot f_j \cdot \bar{f}}{a_i} + \left(1 - \frac{f_i \cdot \bar{f}}{a_i}\right) \cdot \delta_{ij} \right] \cdot J_i = \sum_i F_{ij} \cdot J_i \quad (2.7.89)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (2.7.90)$$

(2.7.89)式より、形態係数 F_{ij} は(2.7.91)式で表される。

$$F_{ij} = \frac{f_i \cdot f_j \cdot \bar{f}}{a_i} + \left(1 - \frac{f_i \cdot \bar{f}}{a_i}\right) \cdot \delta_{ij} \quad (2.7.91)$$

また、(2.7.85)式より得られる(2.7.92)式と(2.7.72)式を(2.7.74)式に代入して整理すると(2.7.93)式が得られ、放射吸収係数 G_{ij} が求められたことになる。

$$\frac{\beta_i}{\varepsilon_i} = \frac{f_i \cdot \bar{f}}{\varepsilon_i \cdot a_i + \rho_i \cdot f_i \cdot \bar{f}} = \frac{g_i \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i} \quad (2.7.92)$$

$$\begin{aligned} H_i &= \left(1 - \frac{g_i \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i}\right) \cdot M_i^\circ + \frac{g_i \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i} \cdot M_r^\circ = \sum_j \left[\frac{g_i \cdot g_j \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i} + \left(1 - \frac{g_i \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i}\right) \cdot \delta_{ij} \right] \cdot M_i^\circ \\ &= \sum_i G_{ij} \cdot M_i^\circ \end{aligned} \quad (2.7.93)$$

$$G_{ij} = \frac{g_i \cdot g_j \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i} + \left(1 - \frac{g_i \cdot \bar{g}}{\varepsilon_i \cdot a_i}\right) \cdot \delta_{ij} \quad (2.7.94)$$

(2) 自己形態係数を0とする方法

自己形態係数 0 の条件を課した時の、最終的な形態係数 F_{ii}^* となり、空間内の微小球体からの形態係数 f_i は解の公式から(2.7.96)式となる。

$$F_{ii}^* = F_{ii} = \frac{1}{a_i} \cdot [f_i^2 \cdot \bar{f} + (a_i - f_i \cdot \bar{f}) \cdot \delta_{ii}] = \frac{1}{a_i} \cdot (f_i^2 \cdot \bar{f} - f_i \cdot \bar{f} + a_i) = 0 \quad (2.7.95)$$

$$f_i = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}}\right) \quad (2.7.96)$$

空間内の微小球体からの形態係数 f_i の総和は1となることから、(2.7.97)式を満たす解を収束計算で求めれば自己形態係数0の条件を満たす $\bar{f}$ が求められる。

$$\sum_i f_i = \sum_i \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}} \right) = 1 \quad (2.7.97)$$

(2.7.99)式に示す変数 $\bar{f}_n$ が $|\bar{f}_{n+1} - \bar{f}_n| < \varepsilon$ の条件を満たすときの $\bar{f}_{n+1}$ が(2.7.97)式を満たす解となる。

$$L(\bar{f}) = \sum_i \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}} \right) - 1 = 0 \quad (2.7.98)$$

$$\bar{f}_{n+1} = \bar{f}_n + \frac{L(\bar{f}_n)}{L'(\bar{f}_n)} \quad (2.7.99)$$

$$L'(\bar{f}) = -4 \cdot \sum_i \frac{a_i}{\bar{f}^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}}} \quad (2.7.100)$$

(2.7.95)式より面積比 a_i は(2.7.101)式のようにあらわされるため、(2.7.86)式の分母だけに代入して整理すると(2.7.102)式が得られる。

$$a_i = f_i \cdot \bar{f} \cdot (1 - f_i) \quad (2.7.101)$$

$$g_i = \frac{1}{\bar{g}} \cdot \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \quad (2.7.102)$$

$$\bar{g} = \sum_i \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \quad (2.7.103)$$

永田の放射吸収係数の近似法を以下に述べる。(2.7.104)式を満たす変数 $\bar{f}$ をニュートン・ラプソン法で求める。

$$\sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}} \right) = 1 \quad (2.7.104)$$

$$a_i = \frac{A_i}{\sum_i A_i} \quad (2.7.105)$$

ここで、 A_i : 面 i の面積[m²]

N : 室内部位の面数

変数 $\bar{f}$ を用いると、空間内の微小球から面 i を見た形態係数 f_i は(2.7.106)式より求められ、微小球から見た放射吸収係数 g_i (微小球からの放射が面 i で吸収される割合)は(2.7.107)式で求められる。

$$f_i = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot a_i}{\bar{f}}} \right) \quad (2.7.106)$$

$$g_i = \frac{1}{\bar{g}} \cdot \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \quad (2.7.107)$$

$$\bar{g} = \sum_{i=1}^N \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \quad (2.7.108)$$

ここで、
 f_i : 空間内の微小球から面*i*を見た形態係数[-]
 g_i : 微小球から見た放射吸収係数[-]
 ε_i : 面*i*の放射率[-]

この時、放射熱流量は(2.7.71)式と(2.7.92)式から(2.7.110)式から計算できる。

$$\beta_i = \frac{g_i \cdot \bar{g}}{a_i} \quad (2.7.109)$$

$$q_i = \beta_i \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) = \frac{g_i \cdot \bar{g}}{a_i} \cdot (M_i^\circ - M_r^\circ) \cong hr_i \cdot (T_i - T_r) \quad (2.7.110)$$

$$hr_i = \frac{g_i \cdot \bar{g}}{a_i} \cdot hr^\circ = \frac{\varepsilon_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \cdot hr^\circ = \frac{\varepsilon_i}{1 - \varepsilon_i \cdot f_i} \cdot 4 \cdot \sigma \cdot (T_r + 273.15)^3 \quad (2.7.111)$$

$$T_r = \sum_{i=1}^N T_i \cdot e_i \quad (2.7.112)$$

$$e_i = \varepsilon_i \cdot A_i \quad (2.7.113)$$

ここで、 σ : ステファン・ボルツマン定数[W/(m²・K⁴)] (=5.67E-8)

同一方位の外壁と窓などについては、グループ化したのちに面積、放射率で案分する方法がある。

$$a_l = \sum_{i=1, l \in I}^N a_i \quad (2.7.114)$$

$$\varepsilon_l = \frac{1}{a_l} \cdot \sum_{i=1, l \in I}^N \varepsilon_i \cdot a_i \quad (2.7.115)$$

$$f_i = \frac{a_i}{a_l} \cdot f_l \quad (2.7.116)$$

$$g_i = \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{\varepsilon_l \cdot a_l} \cdot g_l = \frac{1}{\bar{g}} \cdot \frac{\varepsilon_i \cdot a_i}{1 - \varepsilon_l \cdot f_l} \quad (2.7.117)$$

(3) 具体的な計算方法

1) 微小球と面との形態係数

面*m*の室内における微小球(温度*MRT*)に対する形態係数は、(2.7.118)式より求められる。(2.7.118)式中の室のパラメータ $\bar{f}$ は(2.7.120)式で表される非線形方程式をニュートン・ラプソン法により解く。

$$Fmrt_m = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot a_i / \bar{f}} \right) \quad (2.7.118)$$

$$a_m = \frac{A_m}{\sum_{k=1}^{Ns} A_k} \quad (2.7.119)$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot a_i / \bar{f}} \right) = 1 \quad (2.7.120)$$

ここで、 ε_m : 面*m*の放射率[-]

a_m : 面積比[-]

(2.7.120)式をニュートン・ラプソン法で解く方法について述べる。(2.7.122)式に示す変数 $\bar{f}_n$ が $|\bar{f}_{n+1} - \bar{f}_n| < \varepsilon$ の条件を満たすときの $\bar{f}_{n+1}$ が(2.7.120)式を満たす解となる。ニュートン・ラプソン法の初期値 $\bar{f}_0$ は室内部位の面積

比の最大値から(2.7.124)式により設定し、収束判定条件は(2.7.125)式とする。

$$L(\bar{f}) = \sum_i \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot a_i / \bar{f}} \right) - 1 \quad (2.7.121)$$

$$\bar{f}_{n+1} = \bar{f}_n + L(\bar{f}_n) / L'(\bar{f}_n) \quad (2.7.122)$$

$$L'(\bar{f}) = \sum_i \frac{a_i}{\bar{f}^2 \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot a_i / \bar{f}}} \quad (2.7.123)$$

$$\bar{f}_0 = 4 \cdot \max_i a_i + 0.1 \quad (2.7.124)$$

$$\varepsilon = 1.0 \times 10^{-4} \quad (2.7.125)$$

2) 放射熱伝達率

面 m の放射熱伝達率 hr_m は平均放射温度 MRT と放射率 ε_m 、パラメータ f_m を用いて(2.7.126)式で求めることができる。平均放射温度 MRT は20℃を仮定する。

$$hr_m = \frac{\varepsilon_m}{1 - \varepsilon_m \cdot Fmrt_m} \cdot 4 \cdot \sigma \cdot (MRT + 273.15)^3 \quad (2.7.126)$$

ここで、
 hr_m : 面 m の放射熱伝達率[W/(m²・K)]
 σ : ステファン・ボルツマン定数[W/(m²・K⁴)](=5.67E-8)
 f_m : 面 m の形態パラメータ[-]

2.7.10 部位の人体に対する放射割合

(1) はじめに

新しい室温・熱負荷計算法では、総合温熱環境指標を目標値とすることが考えられており、例えば室のPMVをゼロとすることを目標に熱負荷計算を行う予定である。PMVに影響する平均放射温度は、部位表面の放射率が一定であるとすれば(2.7.127)式に示すように形態係数の加重平均で表される。

$$\bar{t}_r = \sum_i ts_i \cdot Fp_i \quad (2.7.127)$$

ここで、
 $\bar{t}_r$: 平均放射温度[℃]
 i : 部位番号
 ts_i : 表面温度[℃]
 Fp_i : 部位の人体に対する形態係数[-]

正確な部位の人体に対する形態係数 Fp_i は、室の形状によって異なる。ここでは、その設定値について検討する。

(2) 既往の形態係数

1) 現行省エネルギー基準

現行省エネルギー基準では、室温を目標値として求めた熱負荷に対し居住者の温熱環境が共通になるように時々刻々の暖房熱負荷を補正している。負荷補正は、放射環境と垂直温度分布に関するものであり形態係数は放射環境に関する補正で使用する。負荷補正のための補正係数は自立循環型住宅のモデルプランのリビングを対象に図2.7.70に示す値が設定されている。床の形態係数が45%と大きい、これは足の床への接触を加味し

て形態係数を大きめに設定しているためである。

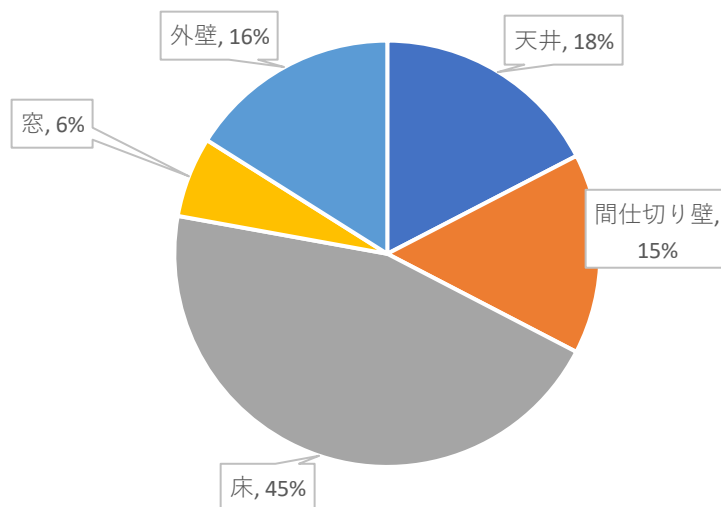


図 2.7.70 現行省エネ基準における人体に対する部位の形態係数

※ 床暖房が設定されている場合には、床暖房敷設率を乗じて床暖房敷設部分と非敷設部分の形態係数に案分している。

2) ASHRAE Handbook¹³

ASHRAE Handbook に示されている部位の人体に対する形態係数を図 2.7.71 に示す。同図は室用途など特に記載がないが、ASHRAE という団体の特性上、非住宅を対象としたものと推測される。

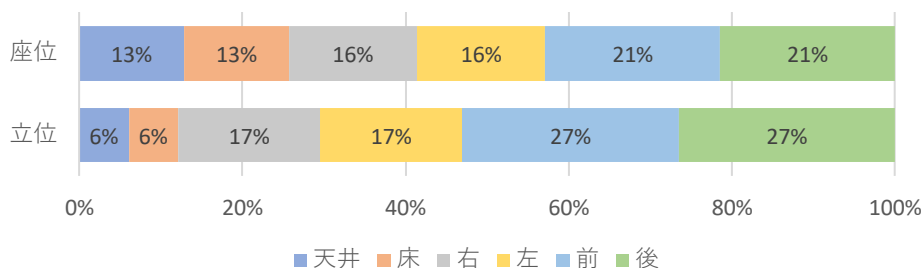


図 2.7.71 ASHRAE Handbook による人体に対する部位の形態係数

3) 比較と考察

1)で示した現行省エネルギー基準と2)で示した ASHRAE Handbook を整理して図 2.7.72 に示すように比較した。現行省エネルギー基準は、わが国の住宅固有の裸足での生活による床への接触を加味していることから、特に床について ASHRAE Handbook とのかい離が大きい。現行省エネルギー基準の天井の形態係数は ASHRAE Handbook の座位に近い。床への接触は放射環境ではないが、人体の温熱環境への影響を加味した形態係数ということであれば ASHRAE Handbook よりも実態に近いと考えられる。

¹³ ASHRAE Handbook Fundamentals 2013, Chapter 9 THERMAL COMFORT, pp. 9.11, 2013

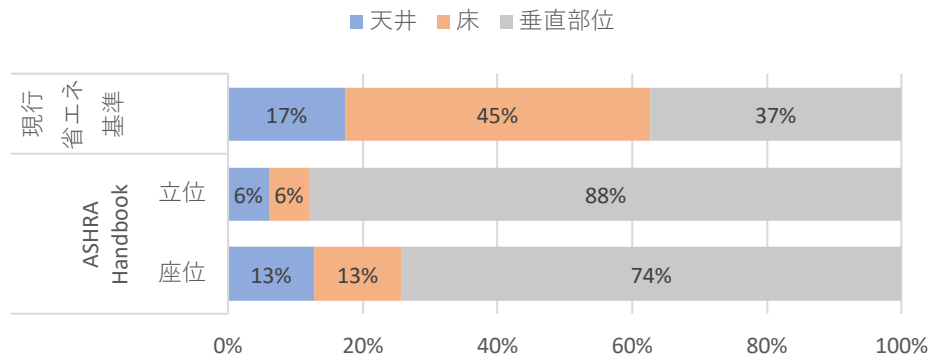


図 2.7.72 人体に対する部位の形態係数

(3) 省エネルギー基準での扱い

部位 k の人体に対する放射割合 F_{ot_k} は人が高さ方向で床に近い位置に居ること、床への接触に伴う温熱環境を放射割合に加味することを想定し、現行省エネ基準で使用されている考え方を参考に、以下のとおりとする。

表 2.7.17 部位の人体に対する放射割合

部位	放射割合	(参考)現行省エネ基準
床	45%	45%
天井	床以外の 55%を面積比で案分	18%
間仕切り壁		15%
窓		6%
外壁		16%

2.7.11 窓の開閉、空調の発停の決定

(1) はじめに

室内の温熱環境から居住者の以下の行動を規定する方法について検討する。

- ① 窓の開閉
- ② 空調の発停

(2) 基本的な考え方

住宅は非住宅とは異なり、居住者が自身の温熱環境から窓開閉や空調発停を行いやすい環境である。温熱環境の調節は、着量→窓開閉→空調の優先順位でおこなわれると考えられる。図 2.7.73 に非空調作用温度帯に応じた居住者の温熱環境調節行動のイメージを示す。非空調作用温度には、許容できる上下限温度を設定し、上限値を超えたら冷房、下限値を下回ったら暖房を行う。一方で、一旦空調したらある程度は継続すると考えられることから、図 2.7.73 は前時刻の窓開閉、空調発停状態によって異なると考えられる。以降では、より詳細に述べる。空調の ON/OFF や窓開閉を室内作用温度で設定するようにしたことから、住宅の外皮性能に応じて暖冷房をする時期が異なり、より実態に即した計算法となること、また地域特性に応じた建築的な工夫をした場合に、より適正に評価できるように工夫した。

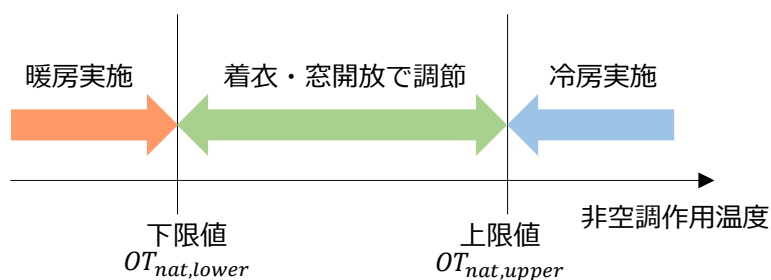


図 2.7.73 非空調作用温度帯に応じた居住者の温熱環境の調節行動

(3) 非空調作用温度の許容上下限值

着衣の上下限値をそれぞれ 0.3、1.1clo、非空調時の許与できる PPD を 20%とし¹⁴、PMV を±0.84 から作用温度を逆算したところ、上限値は 29.1℃、下限値は 19.3℃となった。表 2.7.18 については、十分に精査されているわけではなく暫定値として以降のロジックの構築を行う。

表 2.7.18 非空調作用温度の許容上下限値の検討

非空調作用温度	湿度 [%]	風速 [m/s]	着衣量 [clo]	代謝量 [Met]	PMV [-]	PPD	作用温度 [℃]
上限値($OT_{nat,upper}$)	50	0.1	0.3	1.0	0.84	20	29.1
中間値	50	0.0	0.7	1.0	0.00	5	24.8
下限値($OT_{nat,lower}$)	50	0.0	1.1	1.0	-0.84	20	19.3

¹⁴ ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy に示される自然還気建物における平均外気温度と快適室内作用温度関係(アダプティブ・モデル)では、居住者の許容範囲が 80%まで示されていること。住宅のような建物では事務所ほどは快適性を追求しないと考え PPD を 20%と設定した。

(4) 窓の開閉、空調の発停の決定ロジックの検討

窓の開閉と空調の発停の決定ロジックの検討案を図 2.7.74 に示す。空調状態については、極力前の状態を維持する方向になるように設定した。また、自然エネルギーの活用効果を評価可能とするように、これまで一般的に用いられていた空調設定温度と空調開始温度とは異なるようにし、非空調作用温度が 19.3～29.1℃までは、着衣の調節を行うようなスウィングを許容するようにしている。一方で、前時刻に暖房した状態で 29.1℃まで着衣で調節するという事は現実的ではなく、かつ太陽熱利用暖房を過大に評価すると考えられたことから 24.8(実際は 26.8)℃を超えたら窓を開けて通風に切り替えるようにした。

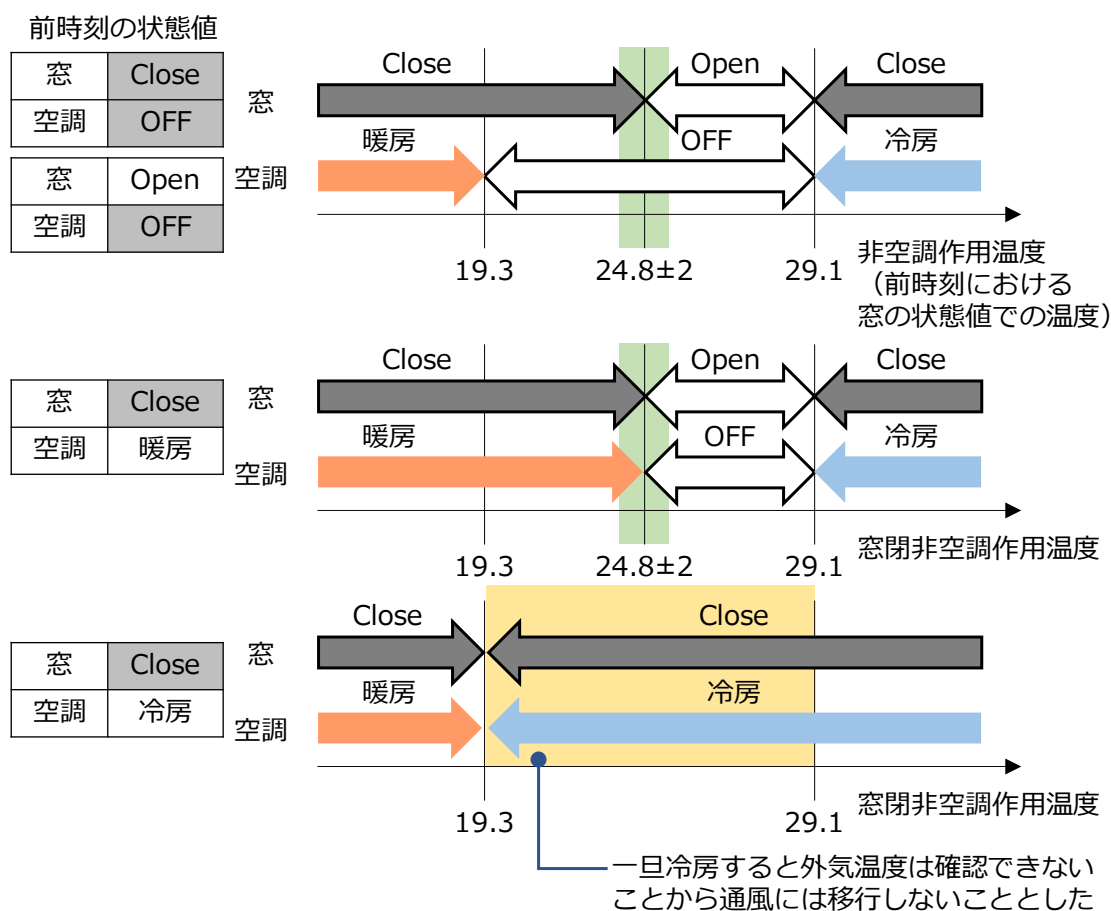


図 2.7.74 窓の開閉、空調の発停のロジックの検討案

- ※ 空調の暖房、冷房は、空調を暖房モード、冷房モードで運転することを意味し、負荷が発生しない場合は窓閉、空調 OFF と同意となる。
- ※ 空調は、前時刻の相対湿度と PMV=0 の関係から求めた作用温度を目標値とする。設定作用温度算出時の着衣量は暖房時を 1.1clo、冷房時を 0.3clo として行う。

窓の開閉、空調の発停は、当該室の在室状況、自然室温での作用温度、前時刻の状態値から図 2.7.75 によって計算する。

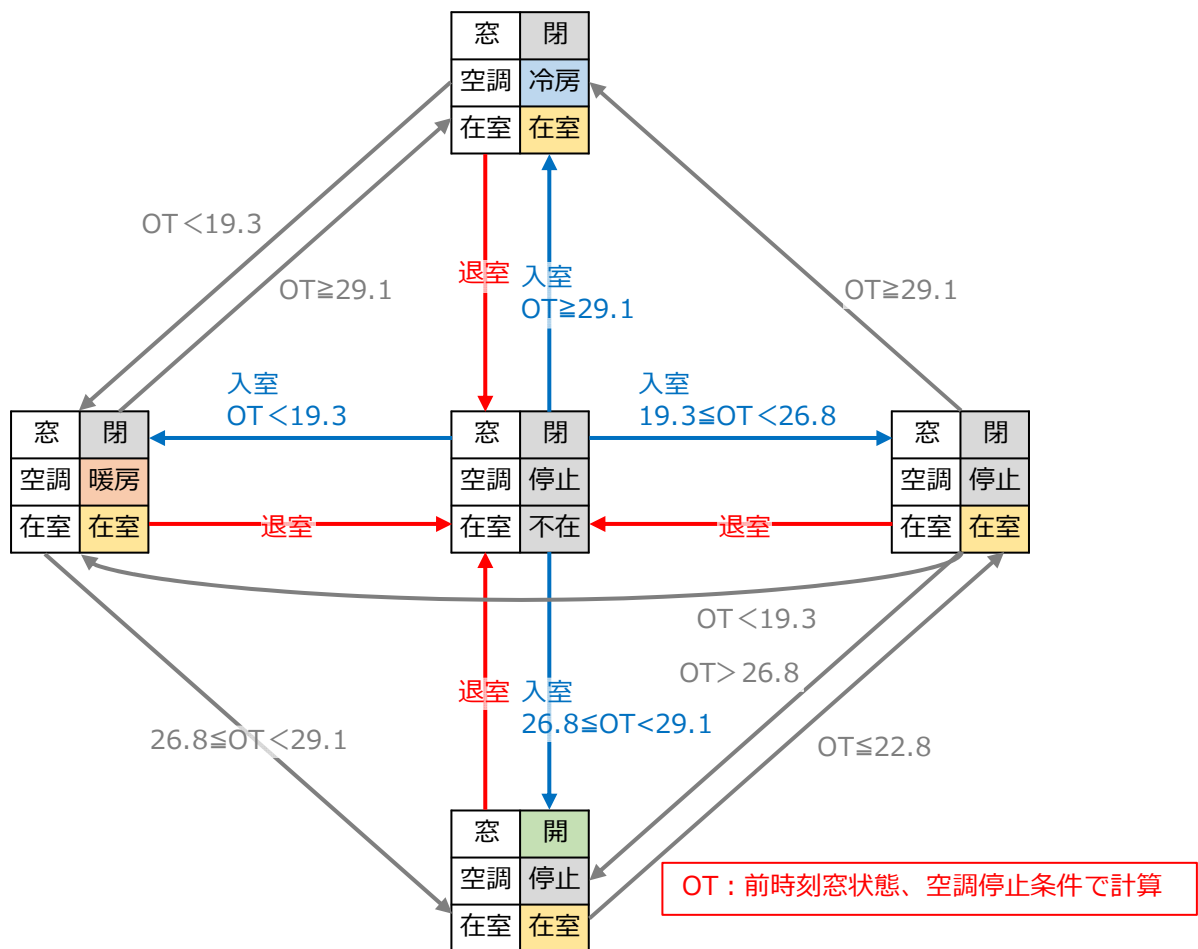


図 2.7.75 窓開閉、空調発停に関する状態遷移図

2.7.12 機器特性を考慮した潜熱計算モデルの検討

(1) ルームエアコンを対象とする場合

1) 前提条件

- ① 吸込空気の状態値は当該時刻の値とする。(室の計算の後に実施する)
- ② 風量は顕熱負荷に応じて決定する。
- ③ 風量によらずバイパスファクターは一定とする。

2) 基本的な考え方

エアコンの除湿モデルは図 2.7.76 に示すようなバイパスファクターを用いるモデルである。バイパス側の出口状態値は吸込口と同じ状態値、熱交換器側の出口状態値は蒸発温度に等しい飽和状態と仮定する。

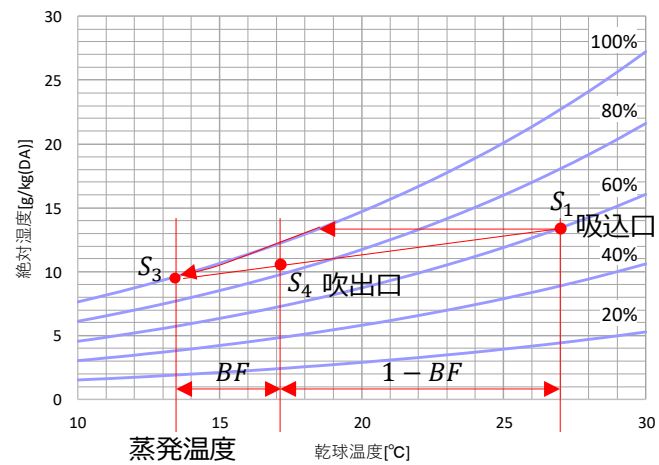
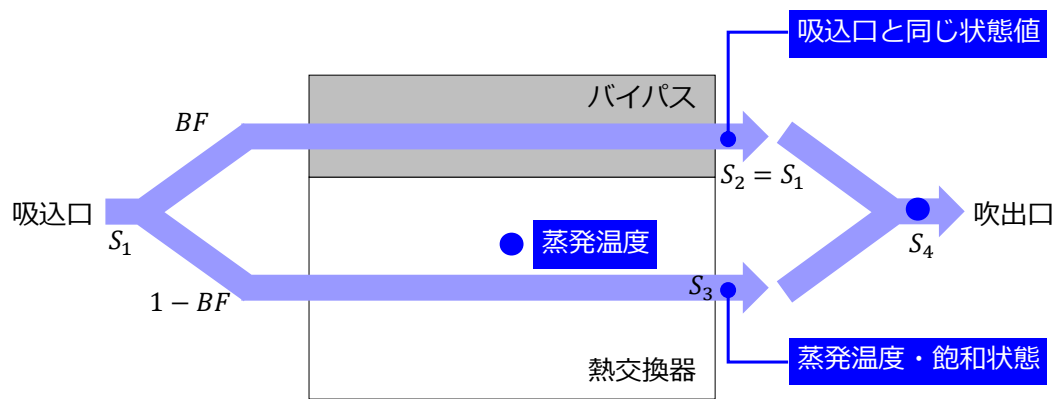


図 2.7.76 エアコンの除湿モデル

3) フロー

エアコンの潜熱処理熱量の計算フローを図 2.7.77 に示す。求められた潜熱処理熱量 Q_l から当該時刻の室の湿度状態値を求める。

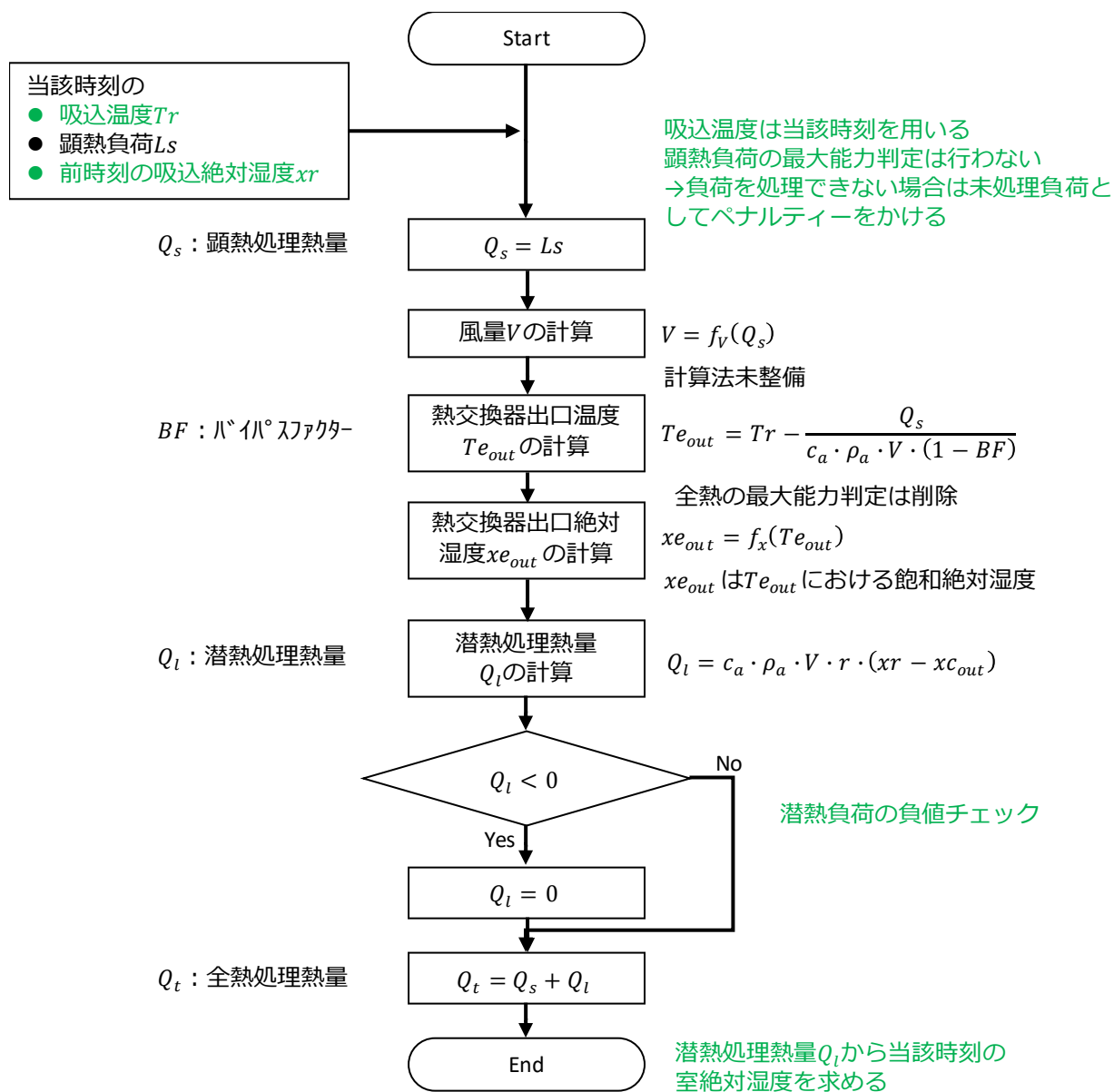


図 2.7.77 エアコンの潜熱処理熱量計算のフロー

4) 各種パラメータ

a) バイパスファクター

文献¹⁵⁾によると、バイパスファクターは本来風量によって変化するが、0.2 固定としている。

基盤促 E3 では、暫定値として 0.15 としている。

省エネルギー基準では当面 0.2 で固定とする。

b) 最大風量

定格能力、最大能力と最大風量(図中の風量(強))の関係は図 2.7.78 に示すとおりである。定格能力と最大風量に相関関係がみられる。当面は図 2.7.78 の回帰式を用いて最大風量を選定することとする。

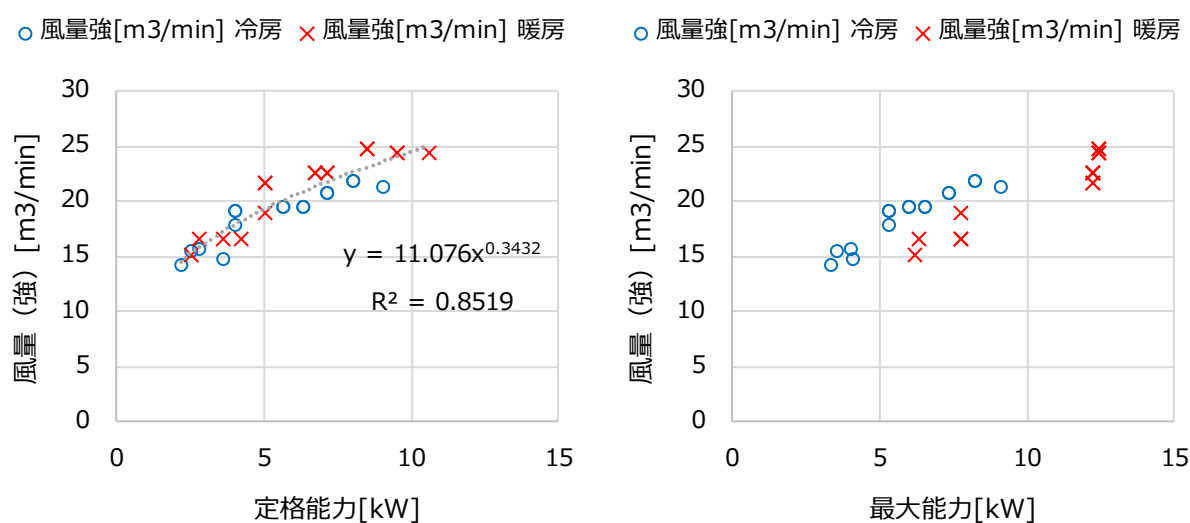


図 2.7.78 ルームエアコンの定格能力と風量(強)の関係

※ D 社 2018 年式最上位機種 of 技術資料

c) 最小風量

定格能力、最小能力と最小風量(図中の風量(微))の関係は図 2.7.79 に示すとおりである。定格能力と最小風量とに相関関係がみられるが、決定係数は最大風量に比べて小さくなっている。

¹⁵⁾ 上野剛、北原博幸、宮永俊之:家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発 その1 冷房運転時モデル、空気調和・衛生工学会 論文集 38 巻 (2013) 190 号 p. 41-49、2013.1

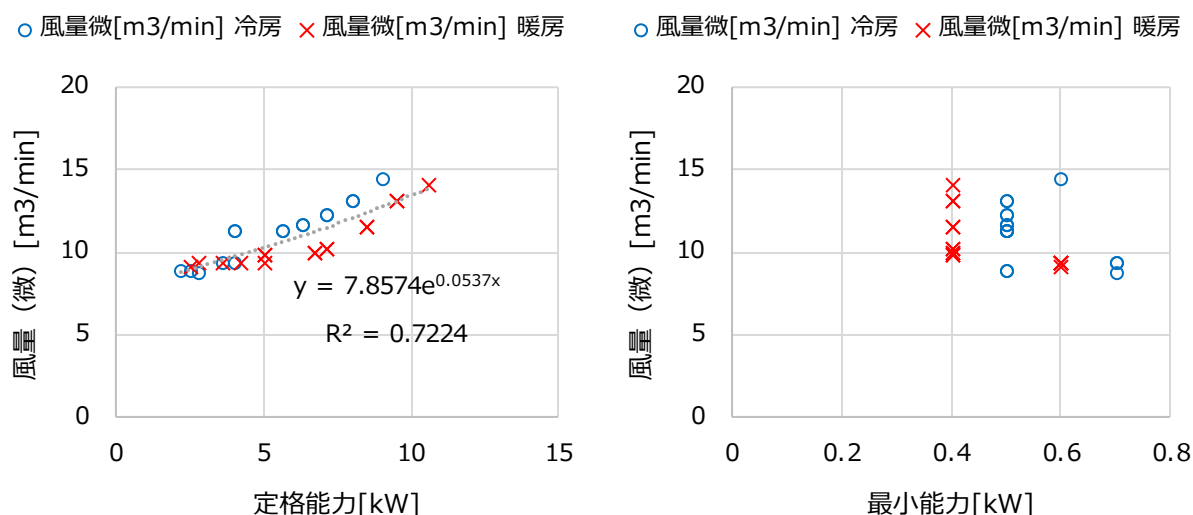


図 2.7.79 ルームエアコンの定格能力と風量(微)の関係

※ D 社 2018 年式最上位機種の技術資料

よりシンプルなモデルを構築することを検討する。既往研究¹⁶に示されるような最大風量に対する最小風量の比についてみると、0.4～0.6 に分布しているが、定格能力との相関は小さい。ここでは、平均値 0.55 を用いて最小風量を求めることとする。なお、ここではルームエアコンの風量調査が主目的ではないことから、1社の1グレードについてのみ調査した結果である。今後、より広い調査が必要である。

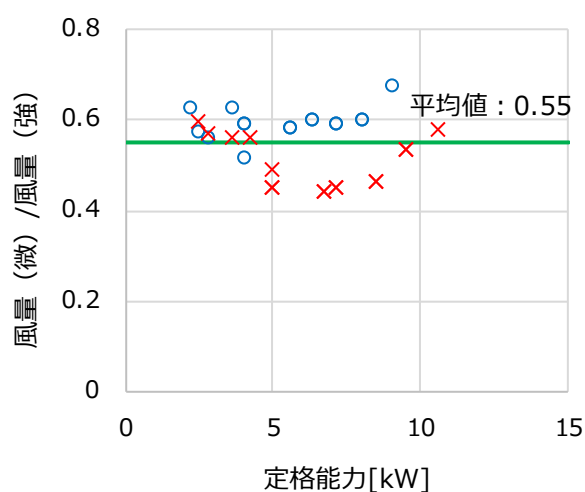


図 2.7.80 ルームエアコンの風量(微)／風量(強)の関係

※ D 社 2018 年式最上位機種の技術資料

d) 当該時刻の風量の計算法

以上をまとめると、ルームエアコンの風量計算は図 2.7.81 に示すように定格能力から最大風量、最大風量から最小風量を計算し、その間は線形補間する方法を採用する。

¹⁶ 川津行弘、大浦理路、村上周三、石野久彌、品川浩一：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その 202)個別分散空調システムにおける新規機器特性、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 61-64、2017.9

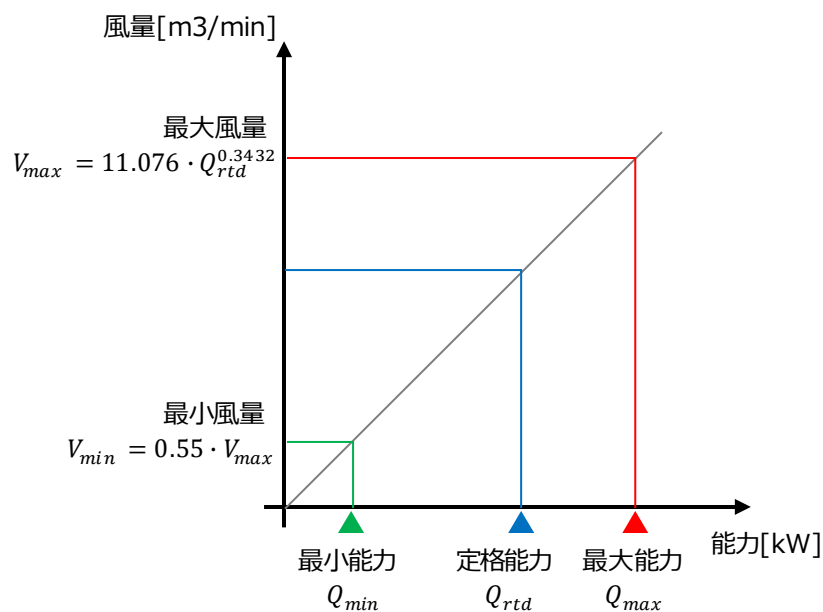


図 2.7.81 ルームエアコンの暫定風量計算法

5) 入出力の整理

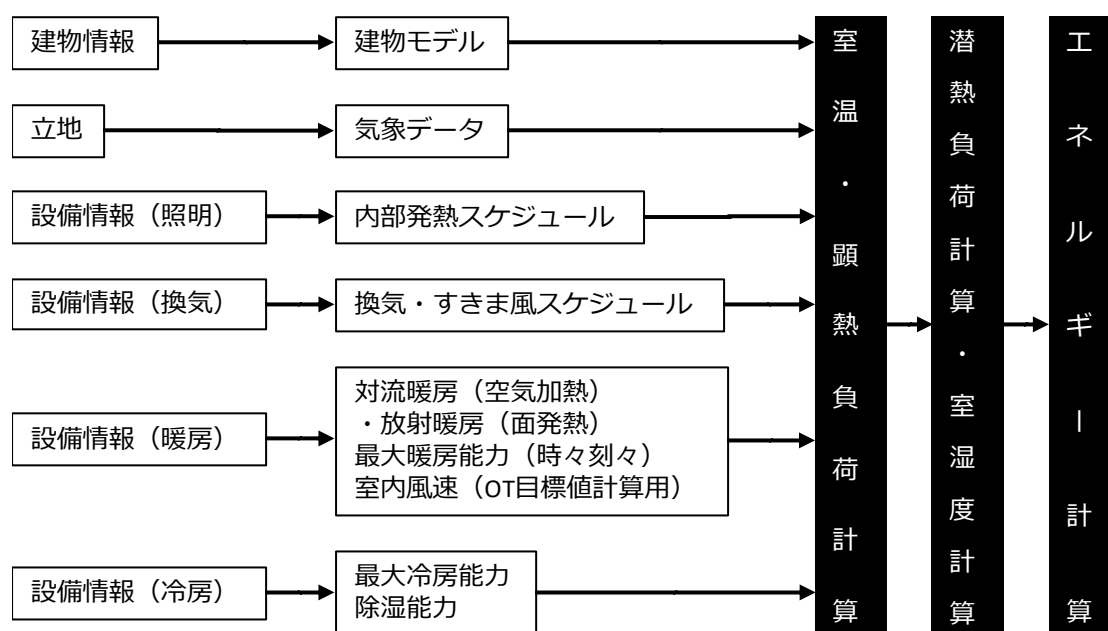


図 2.7.82 計算の全体フロー

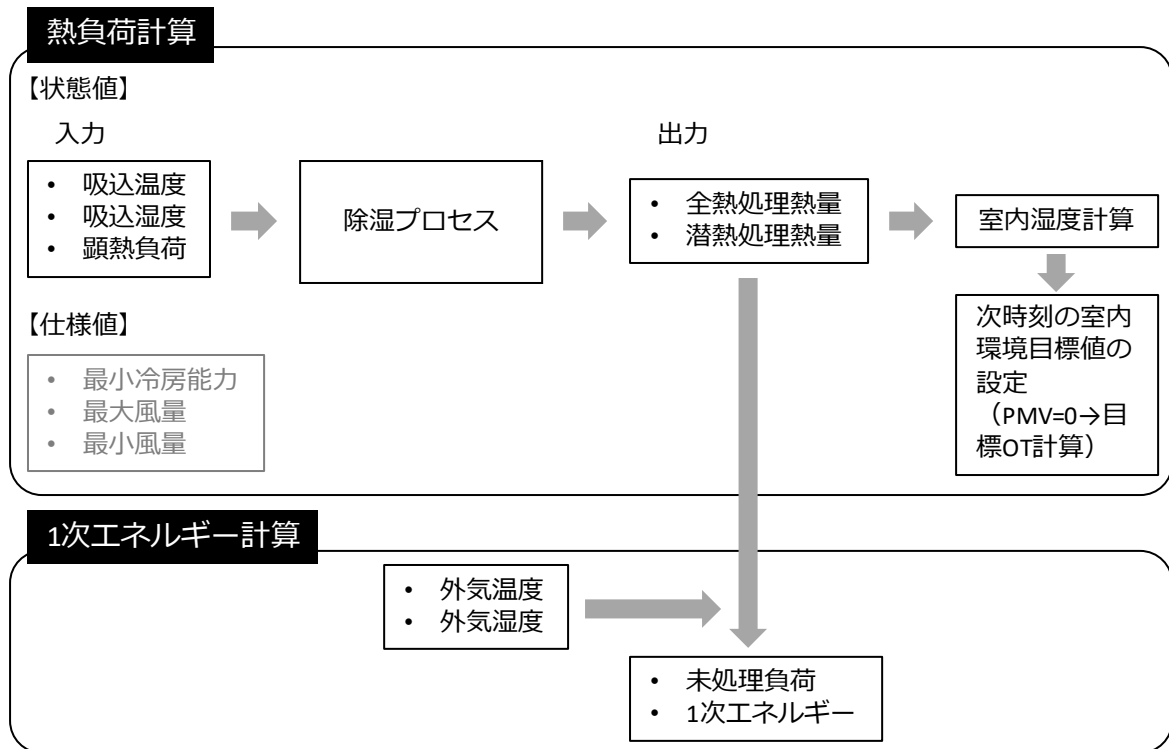


図 2.7.83 潜熱負荷計算・室温湿度計算、エネルギー計算部分の詳細

(2) パネルを対象とする場合

パネル表面における凝縮量は、室の絶対湿度とパネル表面温度における飽和絶対湿度差に比例するものとして(2.7.128)に示すようにあらわせる。

$$M = k_x \cdot A_p \cdot (xr - xs) \quad (2.7.128)$$

$$Q_l = M \cdot r_w \quad (2.7.129)$$

ここで、

- M : パネルによる凝縮量[kg/s]
- k_x : パネル表面の物質移動係数[kg/(m²・s・(kg/kg(DA))))]
- A_p : パネル表面積[m²]
- xr : 室空気の絶対湿度[kg/kg(DA)]
- xs : パネル表面温度における飽和絶対湿度[kg/kg(DA)]
- Q_l : パネルの潜熱除去熱量[W]
- r_w : 蒸発潜熱[J/kg]

パネル表面の物質移動係数 k_x はレイスの関係から(2.7.130)式となる。

$$k_x = \frac{hc}{C_{pm}} = \frac{hc}{ca + cv \cdot xr} \quad (2.7.130)$$

ここで、

- hc : パネルの表面对流熱伝達率[W/(m²・K)]
- C_{pm} : 湿り比熱[J/(kg・K)]
- ca : 空気の低圧比熱[J/(kg・K)]
- cv : 水蒸気の比熱[J/(kg・K)]

(3) 飽和絶対湿度の計算

飽和絶対湿度は、Wexler-Hyland の式で求められた飽和水蒸気圧とダルトンの法則から(2.7.131)式より求められる。

$$x_s = 0.62198 \cdot \frac{P_{ws}}{P - P_{ws}} \quad (2.7.131)$$

$$P_{ws} = \begin{cases} \exp \left\{ \begin{aligned} & -\frac{5800.2206}{T_{ab}} + 1.3914993 - 0.048640239 \cdot T_{ab} \\ & + 0.41764768 \times 10^{-4} \cdot T_{ab}^2 - 0.14452093 \times 10^{-7} \cdot T_{ab}^3 \\ & + 6.5459673 \cdot \ln(T_{ab}) \end{aligned} \right\} / 1000 & T \geq 0 \\ \exp \left\{ \begin{aligned} & -\frac{5674.5359}{T_{ab}} + 6.3925247 - 0.9677843 \times 10^{-2} \cdot T_{ab} \\ & + 0.6215701 \times 10^{-6} \cdot T_{ab}^2 + 0.20747825 \times 10^{-8} \cdot T_{ab}^3 \\ & - 0.9484024 \times 10^{-12} \cdot T_{ab}^4 + 4.1635019 \cdot \ln(T_{ab}) \end{aligned} \right\} / 1000 & T < 0 \end{cases} \quad (2.7.132)$$

$$T_{ab} = T + 273.15 \quad (2.7.133)$$

ここで、
 x_s : 飽和絶対湿度[kg/kg(DA)]
 P_{ws} : 飽和水蒸気圧[kPa]
 P : 大気圧[kPa](=101.325)

2.7.13 備品等の湿気容量と室空気間の湿気コンダクタンス

(1) 備品等の吸放湿計算法

備品等の水分収支式は室空気との物質移動だけを考慮すればよい(2.6.44)式で表すことができる。

$$G_f \cdot \frac{d x_{fn}}{d t} = C_x \cdot (x_{rn} - x_{fn}) \quad (2.7.134)$$

ここで、
 G_f : 備品等の湿気容量[kg/(kg/kg(DA))]
 C_x : 室空気と備品等間の湿気コンダクタンス[kg/(s·kg/kg(DA))]

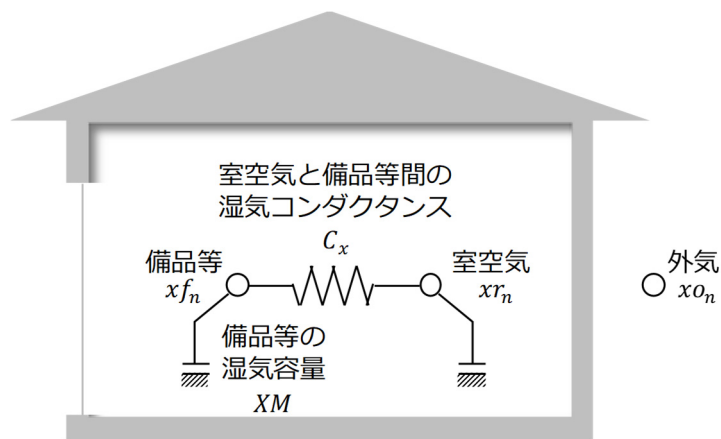


図 2.7.84 室温度の計算モデル

(2) 備品等の湿気容量

備品等の潜熱容量は $41.9\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{g}/\text{kg}(\text{DA}))^{17}$ ($16.8\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{kg}/\text{kg}(\text{DA}))$)とする。

(3) 室空気と備品間の湿気コンダクタンス

住宅を対象とした備品等の湿気コンダクタンスの調査例はほとんど見当たらない。ここでは、2.7.1 に示した顕熱と同様に、New HASP/ACLD で採用されている家具類潜熱の吸放湿の遅れを再現するように湿気コンダクタンスを決定する。室温度のステップ入力に対する吸湿単位応答は(2.7.135)式である。

$$\phi_A(t) = 2 \cdot e^{-\frac{t}{3600}} \quad (2.7.135)$$

ここで、 $\phi_A(t)$: 室温度のステップ入力(単位温湿度変化)に対する吸熱応答[s](備品類の湿気容量 $\text{J}/(\text{kg}/\text{kg}(\text{DA}))$ で割って基準化したもの)

t : 時間[s]

(2.7.135)式の二等辺三角波励振の吸熱応答係数は次式の通りとなる。

$$\phi_A(t) = 1 - e^{-\frac{t}{3600}} \quad (2.7.136)$$

ここで、 $\phi_A(t)$: 室温度のステップ入力(単位温湿度変化)に対する吸熱応答[s](備品類の湿気容量 $\text{J}/(\text{kg}/\text{kg}(\text{DA}))$ で割って基準化したもの)

(2.7.136)をグラフ表示すると図 2.7.85 となる。

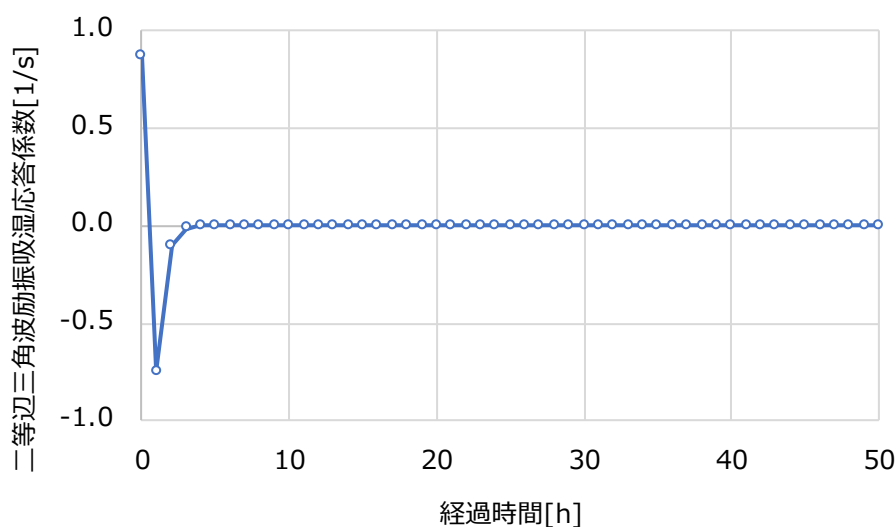


図 2.7.85 二等辺三角波励振の吸湿応答係数

図 2.7.85 を再現するように湿気コンダクタンスを求めたところ、湿気容量との関係は(2.7.137)となった。本提案では(2.7.137)を使用することとする。

$$C_x = 0.0018 \cdot G_f \quad (2.7.137)$$

2.7.14 空調の設定温度

図 2.7.86 に現在開発中の簡易熱負荷計算における潜熱負荷の計算フロー案を示す。室内の居住者の温熱

¹⁷ 「住宅性能評価機関等連絡協議会(2004)ベンチマークテストの結果による温熱環境(年間暖冷房負荷計算方法)に関する試験ガイドライン」

環境指標が中立となるように目標設定する。しかしながら、厳密に時々刻々の温熱環境中立条件を目標とするには毎時の非線形連立方程式を収束計算で求めなければならないことから、顕熱側の目標値の決定には、前時刻の室内相対湿度を用いることとする。また、室の潜熱負荷は基整促 E3 でまとめられたエアコンの直膨コイルの計算モデルをベースに、室温(エアコンの吸込温度)と顕熱負荷から求める方法を採用する。潜熱負荷(除湿量)が求まったのちの室相対湿度の計算では、部位表面での吸放湿を考えるか否かで壁体熱伝導計算も含めた定式化に大きく影響することから、その可否についても早々に検討する。

(1) 室内総合温熱環境に関する検討

1) はじめに

開発中の熱負荷計算法では、室温を設定温度とするのではなく、室内温熱環境を目標値として計算する。学術的には、ISO 7730¹⁸で規定されている PMV や ASHRAE Standard 55¹⁹で規定されている SET*がある。両者の違いについて調査し、熱負荷計算時の室内温熱環境の評価値について検討する。

2) PMV と SET*の比較

調査結果を表 2.7.19 に示す。SET*は皮膚表面と内部の 2 節点モデルを採用しているのに対し PMV では均質一体の1節点のモデルを採用している。均質1節点だと皮膚温度や皮膚からの蒸発熱損失が求まらないため、熱的中立近傍を仮定し代謝量の関数として近似している。

表 2.7.19 PMV と SET*の比較

指標	PMV	SET*
指標の意味	-3～+3 で表される直接感覚量	室温=MRT、RH=50%、気流速度 0.1m/s、着衣量 0.6clo、代謝量 1.0Met のときの室温のこと(平均皮膚温度とぬれ率、皮膚面放熱量が等しい条件下で実在環境から標準環境への換算を行う)
推奨範囲	PPD<10%となる-0.5<PMV<+0.5	80%が快適と感じる SET*=22.2～25.6℃
計算モデル	快適方程式(均質一体の円筒 1 節点)	2 Node モデル(コア層とスキン層の二重円筒モデル)
平均皮膚温度	代謝量の関数(熱的中立近傍を前提。環境条件や着衣の影響は無視)	モデルから計算される
皮膚からの蒸発熱損失	代謝量の関数(熱的中立近傍を前提。室温、MRT、風速、着衣の影響は無視)	モデルから求められるぬれ率より計算される
人体生理応答	無視	考慮
適用条件	PMV が±2 を超える場合の評価には不適(平均皮膚温度、皮膚からの蒸発熱損失の仮定が中立近傍を前提としているため)	原則物理モデルで構成されているため PMV よりも適用範囲が広い

¹⁸ ISO 7730 Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

¹⁹ Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy

3) 当面の扱い

扱う室内温熱環境指標は、主に空調時の熱負荷に影響する。熱的中立を空調目標とすることから、PMV を用いても精度上の問題はない。ただし、窓開閉のしきい値にも PMV を使用しているため平均皮膚温度に熱的中立を仮定する PMV の扱いに注意が必要である。本事業の中では PMV を評価値として検討を行い、最終的な温熱環境指標については省エネ基準に適用する段階で検討することとしたい。

(2) 当該時刻の目標作用温度の決定法

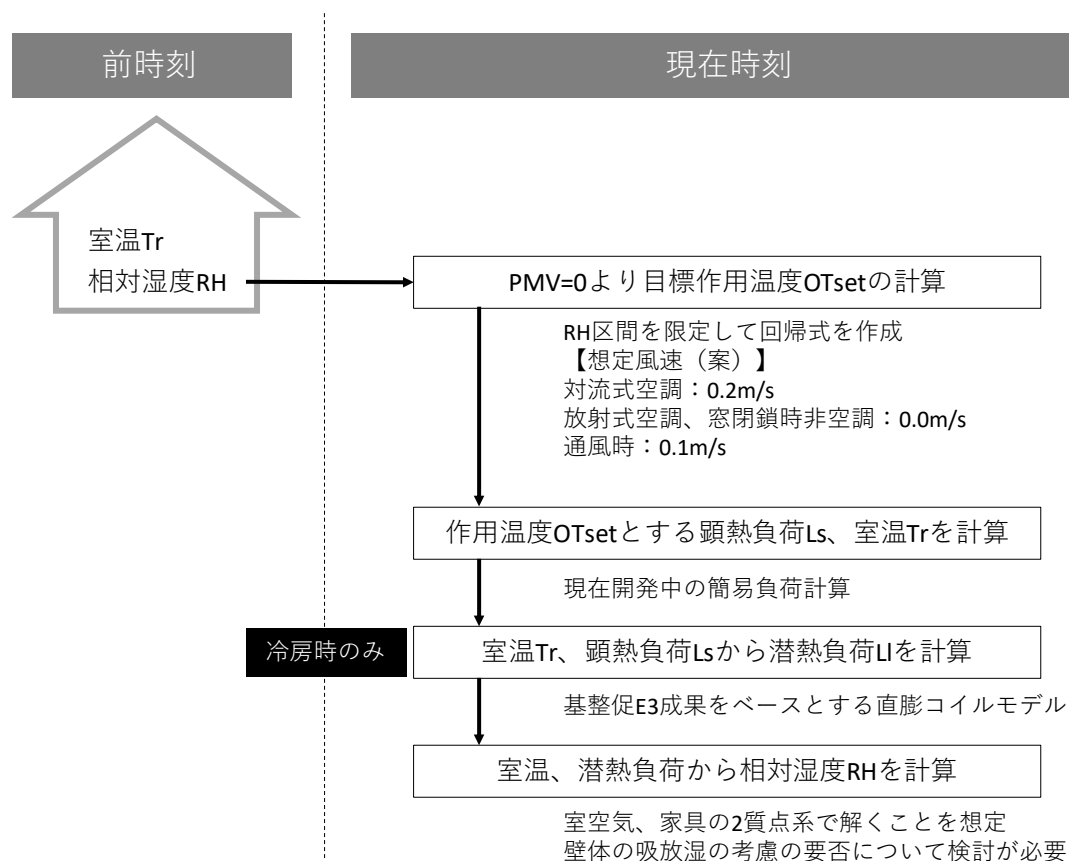


図 2.7.86 熱負荷の計算フロー案

前時刻の相対湿度から当該時刻の設定作用温度を求めるために、PMV=0 条件での相対湿度と作用温度の関係について整理した。図 2.7.87、図 2.7.88 より当該時刻の設定作用温度OTsetを求め、図 2.7.86 のフローに則り簡易熱負荷計算を行う。相対湿度と室温作用温度の関係を見ると、暖房、冷房問わずほぼ線形回帰式で説明できることがわかる。また、室温とMRTとの温度差に対する影響はほとんどない。

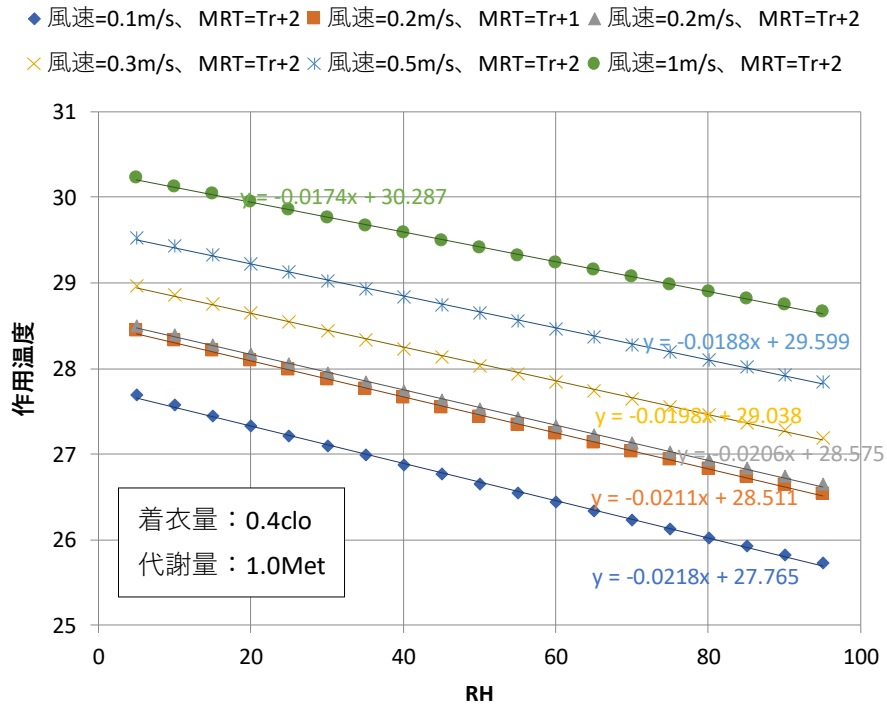


図 2.7.87 冷房時の相対湿度と作用温度の関係(PMV=0 条件)

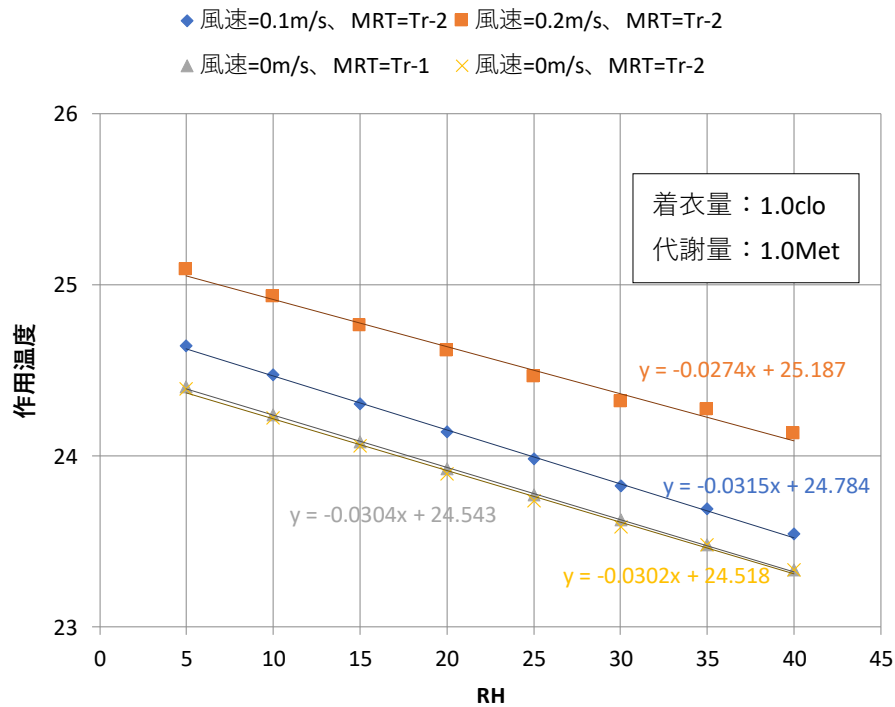


図 2.7.88 暖房時の相対湿度と作用温度の関係(PMV=0 条件)

空調の設定作用温度は対流空調、放射空調に応じて前時刻の相対湿度を用いて(2.7.138)～(2.7.140)より計算する。

(冷房時)	着衣量 0.4clo、代謝量 1.0Met、風速 0.2m/s	$OT_{set,i,n} = -0.021 \cdot RH_{i,n-1} + 28.6$	(2.7.138)
(対流暖房時)	着衣量 1.0clo、代謝量 1.0Met、風速	$OT_{set,i,n} = -0.027 \cdot RH_{i,n-1} + 25.2$	(2.7.139)

	0.2m/s		
(放射暖房時)	着衣量 1.0clo、代謝量 1.0Met、風速 0.0m/s	$OT_{set,i,n} = -0.030 \cdot RH_{i,n-1} + 24.5$	(2.7.140)

2.8 住戸単位で有効熱容量を算定する方法に関する検討^{20, 21}

2.8.1 はじめに

住戸、複数空間、単一空間等の計算対象とする空間に面する躯体の構成から、周波数応答を経由して有効熱容量、室内側有効吸熱熱容量、有効貫流熱容量を算出する方法について、ISO 13786-2007 “Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods”の計算法等をベースに整理し、試計算を行った。

2.8.2 定式化

(1) 周波数応答の境界条件

計算対象空間に面する躯体 $m(=1 \sim M)$ について計算対象空間側(a 側)が、

$$\hat{\theta}_{m,a} = \cos \omega t \quad (2.8.1)$$

と単位振幅で温度変動し、隣接空間側(b 側)が、

$$\hat{\theta}_{m,b} = (1 - H_m) \cos \omega t \quad (2.8.2)$$

で温度変動する場合について、 a 側、 b 側の熱流の周波数応答を考える。ここで、 ω は角周波数[rad/s]であり、周期 T [hour]とは、 $\omega = 2\pi / (T \times 3600)$ の関係となる。また、 H_m は温度差係数であり、住宅省エネ基準一次エネルギー消費量計算法で用いられている値

・外気および外気に通じる空間: $H_m = 1.0$ (※ b 側の温度変動なし)

・外気に通じていない空間および外気に通じる床裏: $H_m = 0.7$ (※ b 側は0.3Kの振幅で変動)

・住戸及び住戸と同様の熱的環境の空間、ならびに外気に通じていない床裏:

1～3 地域: $H_m = 0.05$ 4～8 地域: $H_m = 0.15$

・同一住戸内の同様の熱的環境の空間(*要検討): $H_m = 0.0$ (※ a 側、 b 側とも単位振幅の変動)

を躯体 m ごとに使用することとする。

(2) 四端子行列

躯体 m の層 1 から層 N_m までの四端子行列を次式から求める。

$$\mathbf{Z}_m = \begin{pmatrix} Z_{11,m} & Z_{12,m} \\ Z_{21,m} & Z_{22,m} \end{pmatrix} = \mathbf{Z}_{m,N} \mathbf{Z}_{m,N-1} \cdots \mathbf{Z}_{m,1} \quad (2.8.3)$$

ここで、 $\mathbf{Z}_{m,n}$: 躯体 m 、層 $n(=1 \sim N_m)$ の四端子行列(各要素は複素数となる)

躯体 m 、層 n の四端子行列 $\mathbf{Z}_{m,n} = \begin{pmatrix} Z_{11,m,n} & Z_{12,m,n} \\ Z_{21,m,n} & Z_{22,m,n} \end{pmatrix}$ の要素は、熱容量が 0 でない層については、次式で求める。

²⁰ ISO 13786, Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods, 2007

²¹ 永田明寛: 周波数応答の選点適合に基づく外壁熱性能値, 日本建築学会学術講演梗概集 D2, pp.287, 2010.9

$$\begin{aligned}
Z_{11,m,n} &= Z_{22,m,n} = \cosh(\xi_{m,n}) \cos(\xi_{m,n}) + j \sinh(\xi_{m,n}) \sin(\xi_{m,n}) \\
Z_{12,m,n} &= -\frac{\delta_{m,n}}{2\lambda_{m,n}} \{ \sinh(\xi_{m,n}) \cos(\xi_{m,n}) + \cosh(\xi_{m,n}) \sin(\xi_{m,n}) \\
&\quad + j [\cosh(\xi_{m,n}) \sin(\xi_{m,n}) - \sinh(\xi_{m,n}) \cos(\xi_{m,n})] \} \\
Z_{21,m,n} &= -\frac{\lambda_{m,n}}{\delta_{m,n}} \{ \sinh(\xi_{m,n}) \cos(\xi_{m,n}) - \cosh(\xi_{m,n}) \sin(\xi_{m,n}) \\
&\quad + j [\sinh(\xi_{m,n}) \cos(\xi_{m,n}) + \cosh(\xi_{m,n}) \sin(\xi_{m,n})] \}
\end{aligned} \tag{2.8.4}$$

ここで、 $\xi_{m,n}$: 層 n の侵入厚さ比[-]

$$\xi_{m,n} = \frac{d_{m,n}}{\delta_{m,n}} = d_{m,n} \sqrt{\frac{\pi(c\rho)_{m,n}}{\lambda_{m,n}T}} = d_{m,n} \sqrt{\frac{\omega(c\rho)_{m,n}}{2\lambda_{m,n}}}$$

$d_{m,n}$: 層 n の厚さ[m]

$\delta_{m,n}$: 層 n の侵入厚さ[m]

$\lambda_{m,n}$: 層 n の熱伝導率[W/(m $\cdot$ K)]

$(c\rho)_{m,n}$: 層 n の容積比熱[J/(m $^3\cdot$ K)]

j 虚数単位

また、層の熱容量が 0 となる表面熱伝達層や中空層については、熱抵抗 $R_{m,n} = d_{m,n} / \lambda_{m,n}$ を用いて、次式で $\mathbf{Z}_{m,n}$ を求める。

$$\mathbf{Z}_{m,n} = \begin{pmatrix} 1 & -R_{m,n} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -d_{m,n}/\lambda_{m,n} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{2.8.5}$$

(3) 熱流の周波数応答

前項で求めた四端子行列の要素から周波数応答を算出する。

1) a 側が単位温度振幅で励振する際の熱流応答

$\hat{\theta}_{m,a} = \cos \omega t$, $\hat{\theta}_{m,b} = 0$ と a 側が単位温度振幅で励振する場合の a 側、 b 側の熱流応答

$$\begin{aligned}
\hat{q}_{m,a,a} &= |q_{m,a,a}| \cos \varphi_{m,a,a} \cos(\omega t) - |q_{m,a,a}| \sin \varphi_{m,a,a} \sin(\omega t) \\
\hat{q}_{m,a,b} &= |q_{m,a,b}| \cos \varphi_{m,a,b} \cos(\omega t) - |q_{m,a,b}| \sin \varphi_{m,a,b} \sin(\omega t)
\end{aligned} \tag{2.8.6}$$

の係数は、次式で求まる(なお、本稿では a 側 $\rightarrow$ b 側の熱流を正としている)。

$$\begin{cases} |q_{m,a,a}| \cos \varphi_{m,a,a} = \frac{\sqrt{R_{11,m}^2 + I_{11,m}^2}}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \cos \left(\tan^{-1} \frac{I_{11,m}}{R_{11,m}} - \tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} + \pi \right) \\ |q_{m,a,a}| \sin \varphi_{m,a,a} = \frac{\sqrt{R_{11,m}^2 + I_{11,m}^2}}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \sin \left(\tan^{-1} \frac{I_{11,m}}{R_{11,m}} - \tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} + \pi \right) \\ |q_{m,a,b}| \cos \varphi_{m,a,b} = \frac{1}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \cos \left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} - \pi \right) \\ |q_{m,a,b}| \sin \varphi_{m,a,b} = \frac{1}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \sin \left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} - \pi \right) \end{cases} \tag{2.8.7}$$

ここで、 $|q_{m,i,j}|$ 躯体 m の i 側温度励振に対する j 側熱流の周波数応答の振幅[W/(m $^2\cdot$ K)]

$\varphi_{m,i,j}$ 躯体 m の i 側温度励振に対する j 側熱流の周波数応答の位相のずれ[rad]

2) b 側が温度励振する際の熱流応答

$\hat{\theta}_{m,b} = (1 - H_m) \cos \omega t$, $\hat{\theta}_{m,a} = 0$ と b 側で温度励振する場合の a 側、 b 側の熱流応答

$$\hat{q}_{m,b,a} = |q_{m,b,a}| \cos \varphi_{m,b,a} \cos(\omega t) - |q_{m,b,a}| \sin \varphi_{m,b,a} \sin(\omega t) \tag{2.8.8}$$

$$\hat{q}_{m,b,b} = |q_{m,b,b}| \cos \varphi_{m,b,b} \cos(\omega t) - |q_{m,b,b}| \sin \varphi_{m,b,b} \sin(\omega t)$$

の係数は、次式で求まる。

$$\begin{cases} |q_{m,b,a}| \cos \varphi_{m,b,a} = \frac{1-H_m}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \cos\left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}}\right) \\ |q_{m,b,a}| \sin \varphi_{m,b,a} = \frac{1-H_m}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \sin\left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}}\right) \\ |q_{m,b,b}| \cos \varphi_{m,b,b} = \frac{(1-H_m)\sqrt{R_{22,m}^2 + I_{22,m}^2}}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \cos\left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} + \tan^{-1} \frac{I_{22,m}}{R_{22,m}}\right) \\ |q_{m,b,b}| \sin \varphi_{m,b,b} = \frac{(1-H_m)\sqrt{R_{22,m}^2 + I_{22,m}^2}}{\sqrt{R_{12,m}^2 + I_{12,m}^2}} \sin\left(-\tan^{-1} \frac{I_{12,m}}{R_{12,m}} + \tan^{-1} \frac{I_{22,m}}{R_{22,m}}\right) \end{cases} \quad (2.8.9)$$

3) a 側、b 側が温度変動する時の a 側、b 側の熱流応答

上記 1)、2)から、 $\hat{\theta}_{m,a} = \cos \omega t$, $\hat{\theta}_{m,b} = (1 - H_m) \cos \omega t$ と a 側、b 側の温度がそれぞれ変動する場合の a 側、b 側の熱流

$$\begin{aligned} \hat{q}_{m,a} &= \hat{q}_{m,a,a} + \hat{q}_{m,b,a} = |q_{m,a}| \cos \varphi_{m,a} \cos \omega t - |q_{m,a}| \sin \varphi_{m,a} \sin \omega t \\ \hat{q}_{m,b} &= \hat{q}_{m,a,b} + \hat{q}_{m,b,b} = |q_{m,b}| \cos \varphi_{m,b} \cos \omega t - |q_{m,b}| \sin \varphi_{m,b} \sin \omega t \end{aligned} \quad (2.8.10)$$

の係数は、次式で求まる。

$$\begin{cases} |q_{m,a}| \cos \varphi_{m,a} = |q_{m,a,a}| \cos \varphi_{m,a,a} + |q_{m,b,a}| \cos \varphi_{m,b,a} \\ |q_{m,a}| \sin \varphi_{m,a} = |q_{m,a,a}| \sin \varphi_{m,a,a} + |q_{m,b,a}| \sin \varphi_{m,b,a} \\ |q_{m,b}| \cos \varphi_{m,b} = |q_{m,a,b}| \cos \varphi_{m,a,b} + |q_{m,b,b}| \cos \varphi_{m,b,b} \\ |q_{m,b}| \sin \varphi_{m,b} = |q_{m,a,b}| \sin \varphi_{m,a,b} + |q_{m,b,b}| \sin \varphi_{m,b,b} \end{cases} \quad (2.8.11)$$

4) a 側、b 側が温度変動する時の熱流の定常成分

$\hat{\theta}_{m,a} = \cos \omega t$, $\hat{\theta}_{m,b} = (1 - H_m) \cos \omega t$ と a 側、b 側の温度がそれぞれ変動する場合の熱流の定常成分を次式で求める。

$$\hat{q}_{s,m} = U_m (\hat{\theta}_{m,a} - \hat{\theta}_{m,b}) = U_m H_m \cos \omega t \quad (2.8.12)$$

ここで、 U_m 躯体 m の熱貫流率[W/(m²・K)]

(4) 有効熱容量算定のための係数の積算

有効熱容量 C_i 、室内側吸熱有効熱容量 C_{Ai} 、貫流有効熱容量 C_T を計算するために、躯体 m の熱流の係数を壁の種別にもとづいて積算する。

室内側吸熱有効熱容量 C_{Ai} を算定するための熱流差 Q_{Ai} には、室内側の熱流と定常成分の差を足しあわせる。ただし、内壁で両面が対象空間に面している場合($Wtype = 1$)は a 側だけでなく b 側も積算対象となる。

貫流有効熱容量 C_T を算定するための熱流差 Q_T には、定常成分と貫流応答の差を足しあわせる。外壁($Wtype = 0$)のみが加算対象となる。

有効熱容量 C_i は、室内側吸熱有効熱容量 C_{Ai} と貫流有効熱容量 C_T の和となり、熱流差 Q_i には、内壁で b 側が対象空間でない場合($Wtype = 2$)を除いて a 側だけでなく b 側も積算対象となる。

$$\begin{aligned}
|Q_{Ai}| \cos \varphi_{Ai} &= \sum_{m=1}^M A_m \{ |q_{m,a}| \cos \varphi_{m,a} - U_m H_m + \delta_{wtype=1} (U_m H_m - |q_{m,b}| \cos \varphi_{m,b}) \} \\
|Q_{Ai}| \sin \varphi_{Ai} &= \sum_{m=1}^M A_m (|q_{m,a}| \sin \varphi_{m,a} - \delta_{wtype=1} |q_{m,b}| \sin \varphi_{m,b}) \\
|Q_T| \cos \varphi_T &= \sum_{m=1}^M \delta_{wtype=0} A_m (U_m H_m - |q_{m,b}| \cos \varphi_{m,b}) \\
|Q_T| \sin \varphi_T &= - \sum_{m=1}^M \delta_{wtype=0} A_m |q_{m,b}| \sin \varphi_{m,b} \\
|Q_i| \cos \varphi_i &= \sum_{m=1}^M A_m \{ |q_{m,a}| \cos \varphi_{m,a} - U_m H_m + \delta_{wtype \neq 2} (U_m H_m - |q_{m,b}| \cos \varphi_{m,b}) \} \\
|Q_i| \sin \varphi_i &= \sum_{m=1}^M A_m (|q_{m,a}| \sin \varphi_{m,a} - \delta_{wtype \neq 2} |q_{m,b}| \sin \varphi_{m,b})
\end{aligned} \tag{2.8.13}$$

ここで、

- $\delta_{wtype=0}$ 躯体 m が外壁($Wtype=0$)の場合に $\delta_{wtype=0}=1$, それ以外は 0
- $\delta_{wtype=1}$ 躯体 m が内壁で b 側も対象空間の場合($Wtype=1$)に $\delta_{wtype=1}=1$, それ以外は 0
- $\delta_{wtype \neq 2}$ 躯体 m が内壁で b 側が対象外の場合($Wtype=2$)に $\delta_{wtype=1}=0$, それ以外は 1
- A_m 躯体 m の表面積[m²]

(5) 有効熱容量

効熱容量 C_i 、室内側吸熱有効熱容量 C_{Ai} 、貫流有効熱容量 C_T は、それぞれの熱流差の時間積分(=躯体の蓄熱量)の振幅で計算され、次式で求まる。

$$\begin{aligned}
C_{Ai} &= \frac{1}{\omega} \sqrt{|Q_{Ai}|^2 \cos^2 \varphi_{Ai} + |Q_{Ai}|^2 \sin^2 \varphi_{Ai}} = |Q_{Ai}| / \omega \\
C_T &= \frac{1}{\omega} \sqrt{|Q_T|^2 \cos^2 \varphi_T + |Q_T|^2 \sin^2 \varphi_T} = |Q_T| / \omega \\
C_i &= \frac{1}{\omega} \sqrt{|Q_i|^2 \cos^2 \varphi_i + |Q_i|^2 \sin^2 \varphi_i} = |Q_i| / \omega
\end{aligned} \tag{2.8.14}$$

2.8.3 試計算

2.で整理した計算を実行できる Excel シートならびに Python の実行コードを作成し、試計算を実施した。

(1) 断熱性能と熱容量をパラメータとした計算試行

RC の壁体を想定し、RC の厚さと断熱材の厚さ、位置(内断熱、外断熱)をパラメトリックに変えた計算を試行した。

1) 室内側にせつこうボードと中空層がある場合(構成 1)

表面温度応答の検討で対象としている RC 壁体に準拠した下表の構成で検討を行った。RC 厚、断熱厚については、パラメトリックに変更している。

表 2.8.1 検討した壁体構成 1 (左:内断熱、右:外断熱)

	熱伝導率λ [W/(m・K)]	容積比熱cp [kJ/(m³・K)]	厚さd [m]			熱伝導率λ [W/(m・K)]	容積比熱cp [kJ/(m³・K)]	厚さd [m]		
室内側熱伝達層	6.7	0.0	1.0		室内側	6.7	0.0	1.0		外気側
せつこうボード	0.22	830	0.012			6.7	0.0	1.0		
非密閉空気層 (10mm以上)	0.111	0.0	0.01			0.22	830	0.012		
押出法ポリスチレン フォーム保温板3種	0.028	40	0, 0.025, ..., 0.25			0.111	0.0	0.01		
コンクリート	1.6	2000	0, 0.01, ..., 0.25			1.6	2000	0, 0.01, ..., 0.25		
外気側熱伝達層	25	0.0	1.0			0.028	40	0, 0.025, ..., 0.25		
						25	0.0	1.0		

計算した結果を図 2.8.1に示す。図 2.8.1では横軸マイナスに内断熱の厚さを、横軸プラスに外断熱の厚さを示している。得られる知見は以下の通り。

- ・ 室内側有効熱容量により、内断熱と外断熱は明確に区分される。
- ・ 有効貫流熱容量は、断熱材の厚さが小さい範囲で大きくなる。
- ・ 内断熱では、断熱材の厚さが5cm程度を越えると、外気側のRCの厚さが変わっても室内側有効熱容量に大きく影響を及ぼすことはない。室内側有効吸熱熱容量と有効貫流熱容量を個別に見ると、断熱厚10cm程度まで影響が及んでいる
- ・ 外断熱では、RCの厚さが増えるにしたがって有効熱容量が増える傾向を示すが、5cm程度を越えるとほぼ変わらない値を示すようになる。
- ・ 外断熱、内断熱とも断熱性能による差異は小さく、断熱性能と切り離れた性状として蓄熱性能を評価できていると考えられる。

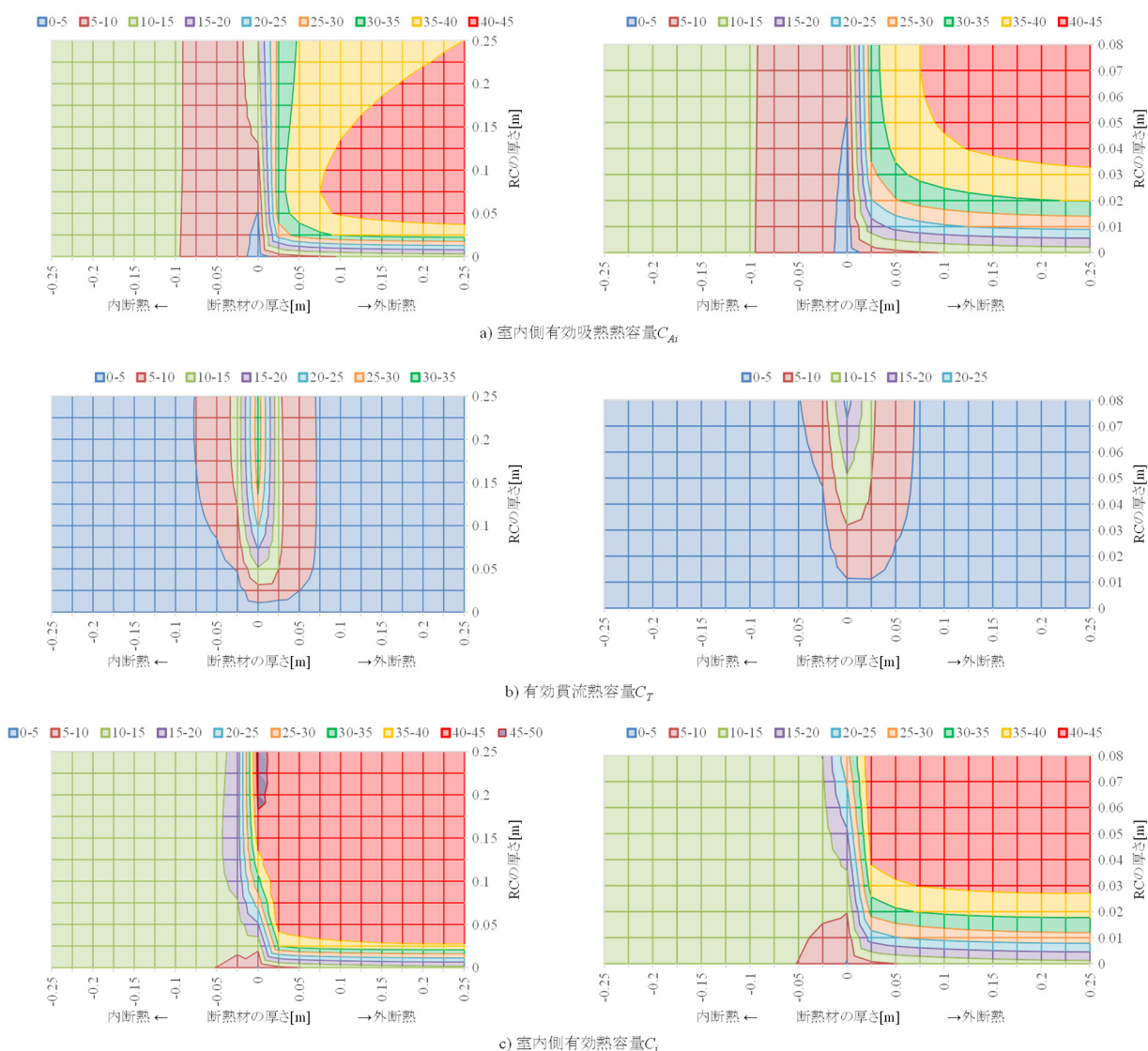


図 2.8.1 構成 1 の有効熱容量[kJ/(m²・K)] (右図は左図の縦軸を拡大)

2) 室内側にせっこうボードと中空層がない場合(構成 2)

構成 1 より差異が顕著になると考えられる下表の構成で検討を行った。構成 1 と同様に、RC 厚、断熱厚についてはパラメトリックに変更している。

表 2.8.2 検討した壁体構成 2 (左: 内断熱、右: 外断熱)

	熱伝導率 [W/(m ² ・K)]	容積比熱 c_p [kJ/(m ³ ・K)]	厚さ d [m]		
室内側熱伝達層	6.7	0.0	1.0		
押出法ポリスチレン フォーム保温板3種	0.028	40	0, 0.025, ..., 0.25		
コンクリート	1.6	2000	0, 0.01, ..., 0.25		
外気側熱伝達層	25	0.0	1.0		

	熱伝導率 [W/(m ² ・K)]	容積比熱 c_p [kJ/(m ³ ・K)]	厚さ d [m]		
室内側熱伝達層	6.7	0.0	1.0		
コンクリート	1.6	2000	0, 0.01, ..., 0.25		
押出法ポリスチレン フォーム保温板3種	0.028	40	0, 0.025, ..., 0.25		
外気側熱伝達層	25	0.0	1.0		

計算した結果を下図に示す。得られる知見は以下の通り。

- 室内側にRCが直面している外断熱の構成では、RCの厚さが7cm程度までの範囲で有効熱容量が増大し続け、それ以降は70kJ/(m²・K)前後で値が落ち着く。

- ・ 十分なRCの厚さが確保されている外断熱時に、前項の構成1の5～7割増の有効熱容量となっていることから、蓄熱性能に室内側表面近傍の熱抵抗が重大な影響を及ぼすことが確認できる。

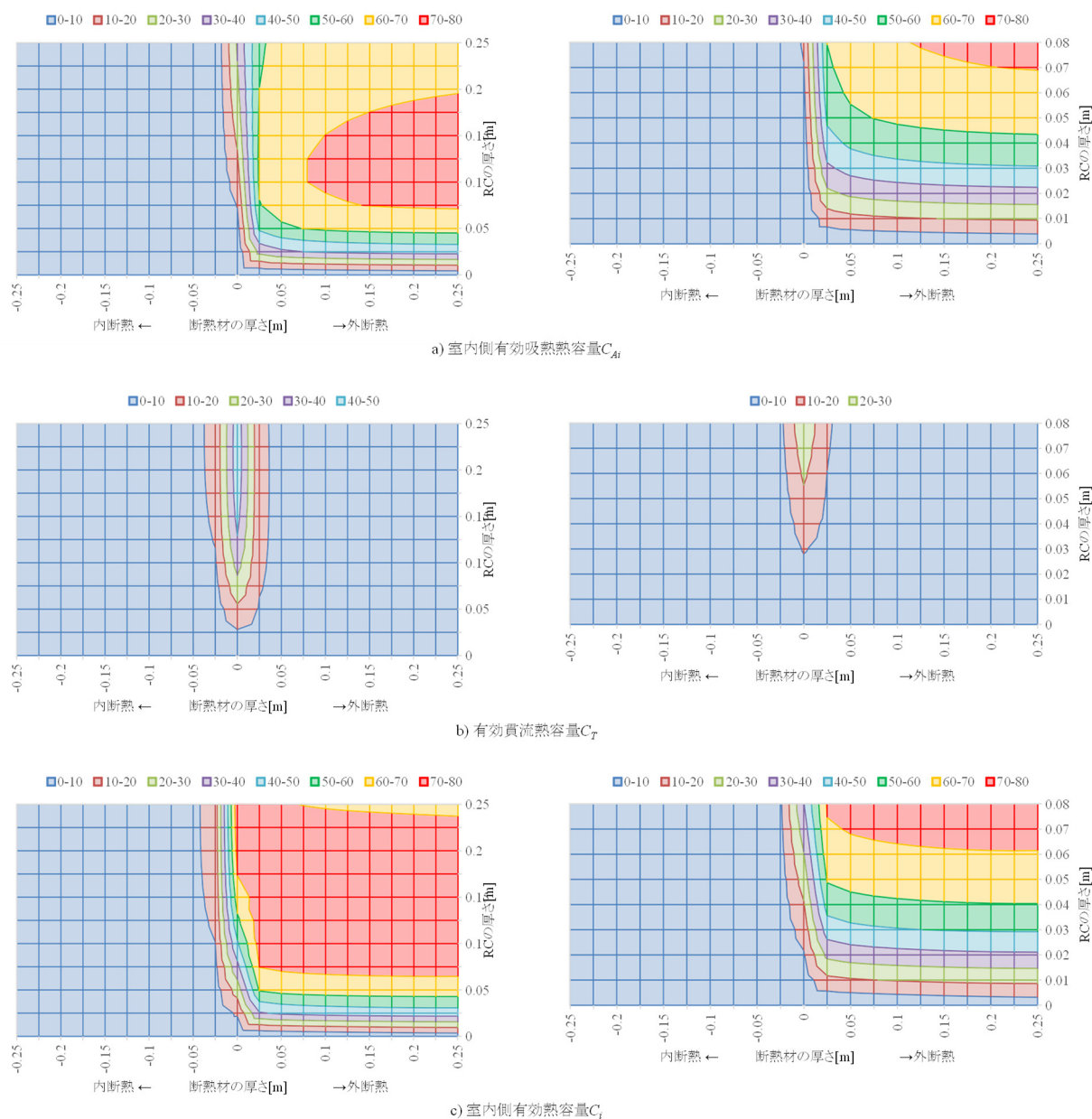


図 2.8.2 構成 2 の有効熱容量[kJ/(m²・K)] (右図は左図の縦軸を拡大)

(2) 住戸単位での試算

自立循環型住宅モデル(木造戸建, 4 地域, H11 基準相当)の床面(1 階床: 65.4m², 2 階床: 49.2m²)上にコンクリートを付加して、パッシブソーラーに向けて蓄熱性能を上げることを想定した場合について試算を行った。

床面上に設置する RC の厚さを変えて計算した結果を下図に示す。なお、現行の住宅省エネルギー基準において「蓄熱性能あり」とされた場合には、図中の 9cm 厚の条件での暖房負荷が適用される。図中には、住宅全体で躯体の比熱×厚さを積算した熱容量と、温度差係数を考慮した定常状態における温度分布から計算した蓄熱量を併せて示し

た。

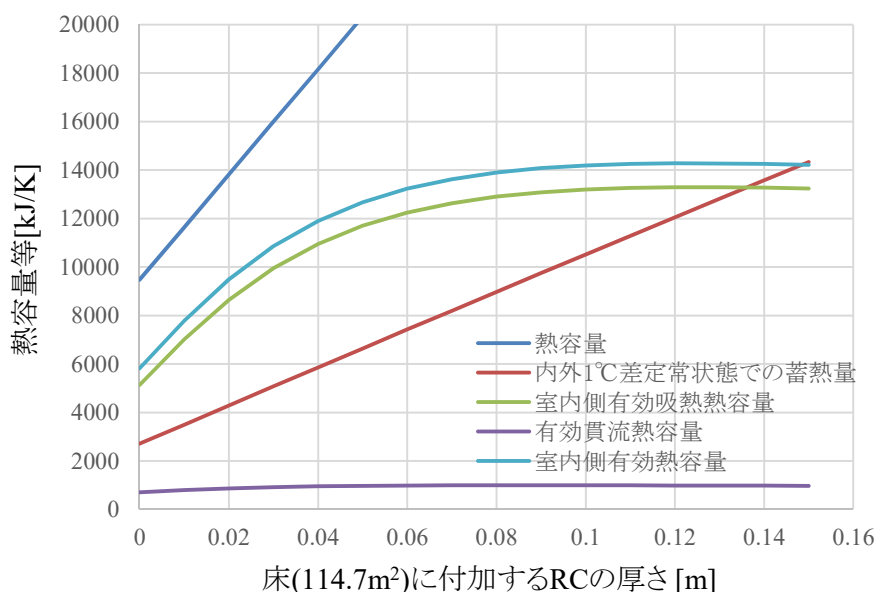


図 2.8.3 住戸単位での試算例

もともと熱容量が小さい木造住宅では、床面に RC を数 cm 付加するだけでも、有効熱容量が大きく増大することが分かる。ただ、RC の厚さが増えるにつれ有効熱容量の伸びは鈍化し、8～10cm 程度で頭打ちとなることから、それ以上の付加は室内温熱環境に対する影響はほとんどなくなることが示されている。

2.9 省エネ基準における湿度の目標値に関する調査結果

2.9.1 はじめに

本調査では、おもに室の顕熱に関する計算法について計算法の検討、定式化を試みたが、高温多湿な我が国の夏期については潜熱も多くを占めるため、計算法の構築は重要である。潜熱負荷は再熱等行わない場合において単独で制御することは難しく、今後、機器特性を考慮した水分除去熱量の計算法を整理することとなる。ここではまず既往文献から住宅の湿度の目標値について整理し、今後構築する潜熱の計算時における湿度の評価等に活用する予定である。

2.9.2 住宅の室内湿度環境に関する基準

住宅のような建物用途に関する室内環境の基準としては、ASHRAE Standard 55 がある。季節によらず絶対湿度 0.012kg/kg(DA)を上限値としており、例えば 26℃(厳密には OT だが空気温度で読み替え)冷房時の上限は 57%である。我が国の場合、特定建築物(延床面積 3,000m²以上に適用)に関しては、夏期 70%以下、冬期 40%以上とあるが、住宅には適用できない。

最近の研究の多くは冬期の湿度下限値に関するいわゆる過乾燥に関連するものが多く、ASHRAE Standard 55 では、湿度の下限値を撤廃したことが注目である。

2.9.3 池田耕一:室内空気汚染の原因と対策

池田によると、室内湿度の範囲としては表 2.9.1 に示す通り上限、下限が与えられているが、湿度の適正範囲

というものは存在せず、事前の策として「最も問題の少なそうな湿度」として 50%前後が与えられている。実現可能性を考慮し、「その範囲内なら適正であるとは決して言えないが、それを外れるとかなり問題があるので、外れることがあってはいけない湿度範囲」として 40～70%としてビル管法の範囲に一致するとしている。

表 2.9.1 文献²²⁾による室内湿度の範囲(1998)

	要因	湿度	備考
上限値	温熱快適性	70%	カビやダニ生育なども考慮した総合判断
	カビの生育	75%	成長速度が半減
		55%	望ましいレベル
	ダニの生育	70%	それほど多くはならない
		50%	望ましいレベル
下限値	生理反応	50%	20℃時
		40%	25℃時
	インフルエンザウィルスの生存	50%	Hemmesら(1960)の報告
		50%	Harperら(1963)の報告
	風邪のひきやすさ	60%	
	静電気	70%	望ましいレベル
		40%	最低限のレベル

2.9.4 各種規格・基準

(1) ASHRAE Standard 55-2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy(居住者の温熱環境)

ASHRAE Standard では、湿度の上限を絶対湿度 0.012kg/kg(DA)に設定し、下限は設けていない。これは、温熱環境以外の皮膚の乾燥感、粘膜の炎症、目の乾燥感、静電気の発生と湿度の関係が明確でないことによる。インフルエンザウィルスの生存と湿度とは相関があるが、主な感染経路が飛沫と接触によるため湿度は無関係であろうとのことによる²³⁾。湿度上限値の設定根拠については、関係者へのヒアリングによると結露の観点から設定されていると考えられる。

²²⁾ 池田耕一:室内空気汚染の原因と対策、日刊工業新聞社、1998.11

²³⁾ 田辺新一:異見のページ「湿度の設定値はどれくらいが適切か」、空気調和・衛生工学 第 86 巻 第 4 号、2014.4

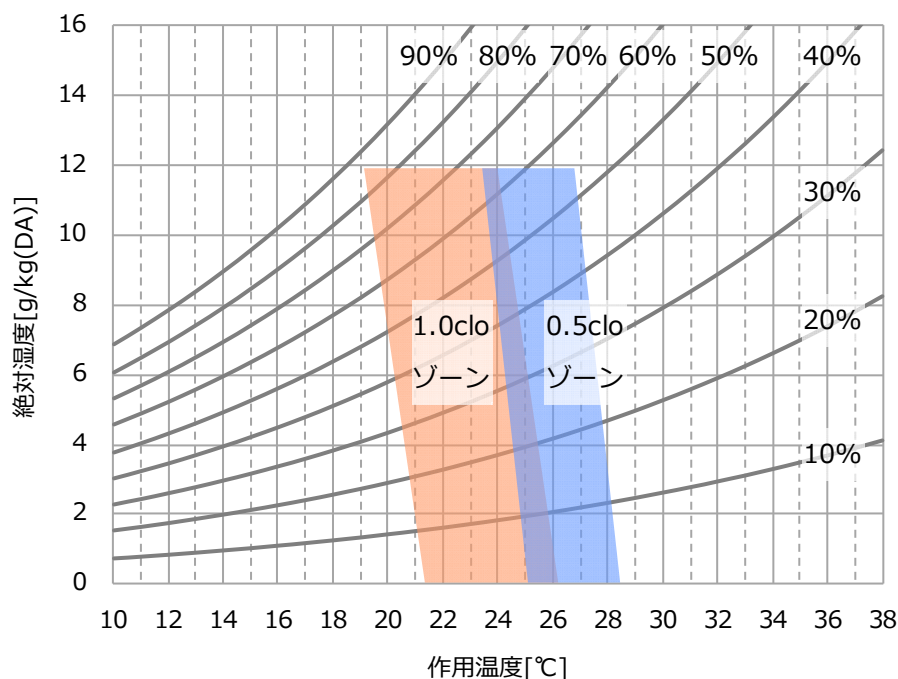


図 2.9.1 ASHRAE Standard 55 における夏期、冬期の快適域

(2) ISO 7730 (2005) Ergonomics of the thermal environment(熱環境の人間工学)

ISO 7730 では、人体からの蒸発による熱損失が人体の熱的快適性に影響を及ぼすが、適度な温度(26°C)かつ適度な活動量(2met)では、湿度による影響は限定的であるとし、明確な基準値は設けられていない。一般的に相対湿度が 10%高くなると、作用温度で 0.3°Cの上昇と同程度の温かさを感じられるが、適度な環境では空気の湿度は温冷感に大きな影響を与えない。ただし高い温度や活動量が多い環境では影響が大きくなり、過渡的な状況においては湿度も重大な影響力を持つ。湿度の制限が、温冷感、皮膚の湿潤または乾燥、目の炎症などの快適性の考慮事項に基づいた温度条件の維持による場合は、広い範囲の湿度が許容できるとされているが、推奨値は示されていない。

(3) EN 15251 (2007) Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics(室内空気質、熱環境、照明、音響に関する建物のエネルギー性能の設計と評価のための室内環境入力パラメータ)

EN 15251 では、座位状態の在室者が多い部屋では湿度は温冷感や空気質に大きな影響を及ぼさないため、通常は室内空気の加湿・除湿は不要だが、もし行う場合は、過剰な加湿・除湿が回避できるとしている。長時間にわたる高湿度の状態は微生物の増殖を引き起こし、15～20%の非常に低い湿度は目や気道の乾燥および炎症を招く。湿度の基準は熱的快適性と空気質のための要件だけでなく、建物の物理的要件（結露、カビ等）のためでもある。EN 15251 の適用対象は非産業用途の建物とされており、具体的な建物用途として戸建住宅、共同住宅、事務所、学校、病院、ホテル、飲食店舗、スポーツ施設、物販店舗が挙げられている。

通常は、加湿・除湿は美術館、病院等の衛生施設、プロセス制御、製紙産業などの特別な建物でのみ必要としているが、居住空間の加湿・除湿システム設計のための推奨値として、表 2.9.2 に示す基準値が与えられている。また、表 2.9.2 の基準値に加え、絶対湿度は 0.012kg/kg(DA)を上限とすることも合わせて明記されている。なお表中のカテゴリーの定義を表 2.9.3 に示す。

表 2.9.2 加湿・除湿設備が採用されている居住空間における湿度の設計基準値の例(EN 15251)

建物/空間の種類	カテゴリー	PPD (%)	PMV	除湿のための 相対湿度設計値 (%)	加湿のための 相対湿度設計値 (%)
在室人員によって湿度基準が設定されている空間 特別な空間（美術館、教会等）は他の基準値が必要	I	< 6	-0.2 < PMV < +0.2	50	30
	II	< 10	-0.5 < PMV < +0.5	60	25
	III	< 15	-0.7 < PMV < +0.7	70	20
	IV	> 15	PMV < -0.7 または +0.7 < PMV	> 70	< 20

表 2.9.3 表 2.9.2 におけるカテゴリーの定義

カテゴリー	定義
I	非常に高い要求レベル。障がい者や入院患者、乳幼児、高齢者など特別なケアを必要とする居住者の居室に適用することを推奨する値。
II	標準的な要求レベル。建物の新築や改修に適用すべき値。
III	容認できる中程度の要求レベル。既存の建物に適用される値。
IV	上記のカテゴリーの基準範囲外のレベル。一年間のうち短期間だけ適用すべき値。

(4) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律(ビル管法)

延床面積 3,000m² 以上(学校の場合は 8,000m² 以上)の特定建築物については、以下の基準を満たす必要がある。東京では、半数以上が湿度下限について不適合となっていたとの事例もある。

表 2.9.4 空気調和設備を設けている場合の空気環境の基準

ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100 万分の 10 以下 (=10 ppm 以下) ※特例として外気がすでに 10ppm 以上ある場合には 20ppm 以下
ウ 二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下 (=1000 ppm 以下)
エ 温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
オ 相対湿度	40%以上 70%以下
カ 気流	0.5 m/秒以下
キ ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (=0.08 ppm 以下)

表 2.9.5 機械換気設備を設けている場合の空気環境の基準

ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100 万分の 10 以下 (=10 ppm 以下) ※特例として外気がすでに 10ppm 以上ある場合には 20ppm 以下
ウ 二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下 (=1000 ppm 以下)
エ 気流	0.5 m/秒以下
オ ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (=0.08 ppm 以下)

文献²⁴によると「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」の下限湿度設定値 40%の根拠は表 2.9.6 の通りである。

表 2.9.6 1970 年以前に発表された相対湿度と健康影響に関する報告²⁴

分類	概要	出典
ウイルスの死滅率	インフルエンザウィルスの死滅率は 50~90%RH で高く、15~40%では低かった。ポリオウイルスでは 50%~65%を超えると死滅率が低下した。	Hemmes et al 1960, 1962
ウイルスの生存率	牛痘ウイルスの生存率は約 80%RH でやや低下した。インフルエンザウィルスの生存率は約 35%RH と比べると約 50%RH で大きく低下した。ベネズエラウマ脳炎ウイルスの生存率は相対湿度による大きな差は観察されなかった。ポリオウイルスの生存率は約 50%RH に比べると約 80%RH で大きく上昇した。	Harper 1961, 1963
ウイルスの感染価	インフルエンザウィルスの感染価の減少率は 20%RH と比べると84%RH は約 1.5 倍であった。ポリオウイルスでは逆に約 2~3 倍高かった。	Buckland et al 1962
総説	世界保健機関(WHO)の報告書である。高湿度では汗の蒸発を制限して放熱を遅らせる。乾燥した空気は気道の粘膜を乾燥させて不快感を起こす。また、微生物と塵埃の気道粘膜での濾過作用に影響する。これらのことから、30~60%RH を推奨している。	Goromosov 1968

²⁴ 東賢一:室内環境における湿度基準と居住者への健康影響問題

(5) 学校環境衛生基準

文教施設を対象に定められている学校環境衛生基準では、教室等の環境に係る換気・保温の基準として、表 2.9.7 のように定められている。

表 2.9.7 教室等の環境に係る換気・保温の基準

(1) 二酸化炭素	1500ppm 以下	(8) 揮発性有機化合物	ア. ホルムアルデヒド 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(2) 温度	10℃以上、30℃以下		イ. トルエン 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(3) 相対湿度	30%以上、80%以下		ウ. キシレン 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(4) 浮遊粉じん	0.10mg/m ³ 以下		エ. パラジクロロベンゼン 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(5) 気流	0.5m/秒以下		オ. エチルベンゼン 3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(6) 一酸化炭素	10ppm 以下	(9) ダニ又はダニアレルゲン	カ. スチレン 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
(7) 二酸化窒素	0.06ppm 以下		100 匹/m ² 以下又はこれと同等のアレルゲン量以下

2.9.5 国内外の各基準における湿度の取り扱い

国内外の基準における相対湿度の推奨範囲をまとめると図 2.9.2 のようになる。いずれの基準においても湿度はガイドラインや推奨値として示されているものが多く、エネルギー計算で湿度設定値をどうすべきかについて規定しているものは EN15251 である。新築や改修建物(カテゴリー II)については、加湿設備の設計を 25%、除湿設備の設計を 60%にすることを推奨している。多くの基準において温熱環境と相対湿度とは関連が低いことが示されており、省エネルギー基準としては湿度の範囲を設けないこととする。

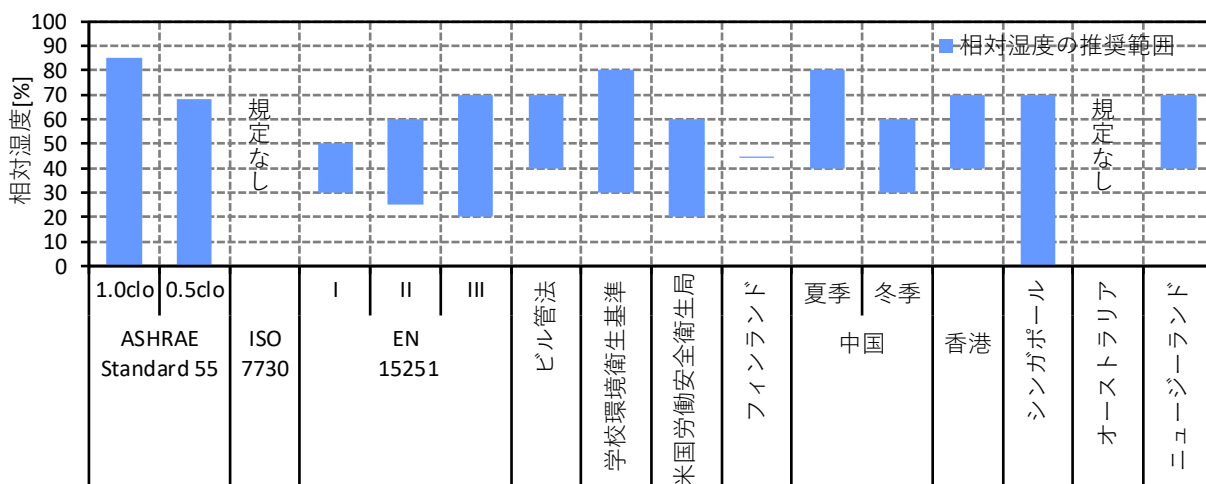


図 2.9.2 国内外の基準における相対湿度の推奨範囲

2.10 各種省エネ技術の評価法・モデル化の検討

簡易熱負荷計算法を整備することで、評価可能となる地域性を活かした省エネ・快適性向上技術を表 2.10.1 の通りに整理した。同表に示すように、現行の省エネ基準で評価できないもしくは評価が限定的な各種要素技術に対し、多くの項目を評価対象とすることができることがわかる。評価法確立の課題にも記述したが、評価対象とするには要素技術ごとに課題があるが、簡易熱負荷計算の根本的なアルゴリズムに改良を加える必要はない。表 2.10.1 には、将来的な非住宅建築物に向けた要素技術も一部含まれており、非住宅建築物においても若干の修正で適用させることができる。

表 2.10.1 地域性を活かした省エネ・快適性向上技術と簡易熱負荷計算法における扱い方

No	分類	項目	評価対象		簡易熱負荷計算での扱い	評価法確立の課題
			現行基準	提案方法		
1	太陽熱利用	ダイレクトゲインなどにおける蓄熱技術(顕熱蓄熱)	△	○	入力された壁体構成通りに応答係数を求めて計算	
2		ダイレクトゲインなどにおける蓄熱技術(潜熱蓄熱)	×	○	室内設置のPCM内蔵家具の扱いで計算	建材をPCM内蔵家具に置換する方法
3		太陽熱温水暖房	×	○	放熱器は床暖房、放射パネル、ファンコイルで計算	水式太陽熱集熱器、蓄熱槽、放射パネル、ファンコイルの計算法
4		空気集熱式暖房システム	○	○	床下空間を1室とし、空気集熱で得られた温風を床下に供給することで評価	
5		壁体内空気循環式住宅システム	×	×	評価対象外	
6	開口部	ダブルスキン・縁側等の緩衝空間	×	○	非居室として入力	
7		AFW	○	○	熱貫流率、日射熱取得率を補正して計算	AFWの定式化
8	防暑	通風・自然換気	△	○	窓開閉は自然室温によって決定。風量は通風レベル、外気温度に応じて換気回数で与える。換気回数は動的に変更することも可能なため、将来的な評価法の精緻化も可能	
9	遮熱	遮熱塗料、遮熱フィルム、遮熱シート	×	○	屋外側の日射吸収率を変更して計算	
10		屋根通気層	×	○	屋外側の日射吸収率、熱貫流率を補正することで対応可能	日射吸収率のモデル化
11		花ブロックの遮熱効果	×	○	開口部の日射遮へい性能を減じることで評価する	花ブロックの遮へい性能の定式化
12		屋上緑化・壁面緑化	×	○	NewHASPに採用されている相当外気温度、熱貫流率の補正で対応可能	定式化
13		外部日除け	△	○	時々刻々の影面積を計算し、日射熱取得を補正することで計算	水平ひさし以外の影の計算法の定式化
14	床下活用	床下エアコン	×	○	床下空間を暖房することで計算可能	床下空間の設定温度
15		基礎土間床暖房	×	○	床暖房と同様に床下空間の土間表面での発熱として計算	
16	放射空調	床暖房	△	○	室内表面での発熱として扱う	
17		放射パネル	△	○	両面が室内に面している内壁として計算	両面が室内に面している内壁の定式化
18	全館空調	ダクト式セントラル空調	△	○	主たる居室、その他居室を空調し、非居室でレタンを取ることとして計算。送風量を主たる居室・その他居室と非居室間の室間換気としてその他居室の温熱環境を計算	
19		温水式セントラル空調		○	主たる居室、その他居室、非居室を空調空間として計算。放熱器は放射パネル、ファンコイル、床暖房で計算	放射パネルの定式化
20	換気	全熱交換器	△	○	全熱交換器をモデル化することで熱負荷計算時の換気風量を補正して計算	全熱交換器計算モデルの定式化
21		同時給排気レンジフード	×	○	吸気風量の内、負荷とならずにバイパスする比率を乗じて計算	バイパス比率の設定法
22		デシカント外調機	×	○	室に供給される外気温度、外気絶対湿度を補正して計算	デシカント外調機の定式化
23	エアコン	除湿モード	×	△	エアコンの除湿量の計算部分を改良。再熱除湿、弱冷房除湿など技術ごとに評価することが可能	エアコンの除湿量の定式化

No	分類	項目	評価対象		簡易熱負荷計算での扱い	評価法確立の課題
			現行基準	提案方法		
24	地熱利用	アースチューブ		×	室供給換気の温度をアースチューブの温度とすることで計算する	アースチューブの出口温度の計算法
25		クール&ヒートレンチ	×	○	ピットを1室として計算	地下室の伝熱計算法の定式化
26		地下水利用放射空調	×	○	地下水温度をモデル化して放射空調と組み合わせることで計算	地下水温度の計算法
27	床下活用	床下エアコン	×	○	床下空間を暖房することで計算可能	床下空間の設定温度
28		基礎土間床暖房	×	○	床暖房と同様に床下空間の土間表面での発熱として計算	

2.11 提案評価と現行省エネ基準の比較

表 2.11.1 提案評価法と現行省エネ基準の計算法の比較

項目	提案評価	現行省エネ基準
計算時間間隔	15 分	1 時間
暖冷房期間	前時刻の窓開閉・空調発停と当該時刻の非空調作用温度から動的に決定	気象データの外気温度からあらかじめ設定
多数室の計算法	隣室温度は前時刻値として近似的に解く	隣室温度も未知数とする連立方程式を解く
室内表面での熱収支	対流と放射を分離	←
壁体非定常熱伝導計算法	表面温度応答の応答係数法	後退差分法
家具等の顕熱・潜熱の扱い	家具等に 1 節点を設け伝熱、湿気伝達の遅れを考慮	空気の比熱、湿気容量に加算
空調設定の目標値	PMV (前時刻の相対湿度、室温と MRT の関係を想定して計算)	空気温度設定 冷房:27℃、暖房:20℃
潜熱の計算	顕熱と風量から直膨コイルの温度を計算し、コイル出口を飽和状態と仮定して計算	相対湿度設定 冷房:60%、暖房:加湿なし

表 2.11.2 比較条件

建物モデル	省エネ基準標準プラン(LDK で比較)
地域区分	6 地域
運転モード	居室間歇運転
断熱性能	平成 11 年省エネ基準相当
日射遮蔽	1=日射遮蔽レベル:小(参考仕様:開口部遮蔽なし)
通風	通風なし
蓄熱	なし

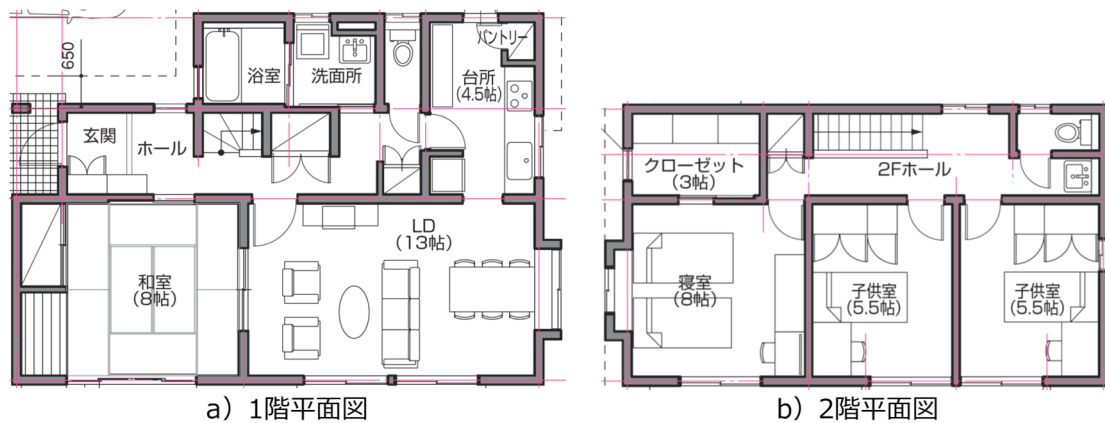


図 2.11.1 モデル住宅

2.7 に示した各種計算条件を室温・熱負荷計算に組み込んだ計算結果の例を図 2.11.2～図 2.11.4 に示す。夏期の結果を見ると、在室時間帯であって朝は冷房せずに通風で過ごし、7:30 ごろから冷房を開始している。一旦冷房すると、居住者にとっては屋外温度が分からないため、冷房を継続する状態が再現できている。また、空調時間帯の PMV は空調開始時に若干ずれるものの安定すると 0 近くを推移している。冬期は室温が上昇すると窓開放、また、それ以上になると冷房も発生しており、断熱性能や日射取得性の向上が行きすぎると冷房負荷が増大する状態が再現できている。また、現行省エネ基準における中間期は空調しないのに対し、新しい計算法では通風や冷房によって快適性を向上させる居住者の行動が再現できている。これら状態値の変化は建物性能ともリンクしており、設計者の自由度が向上する。

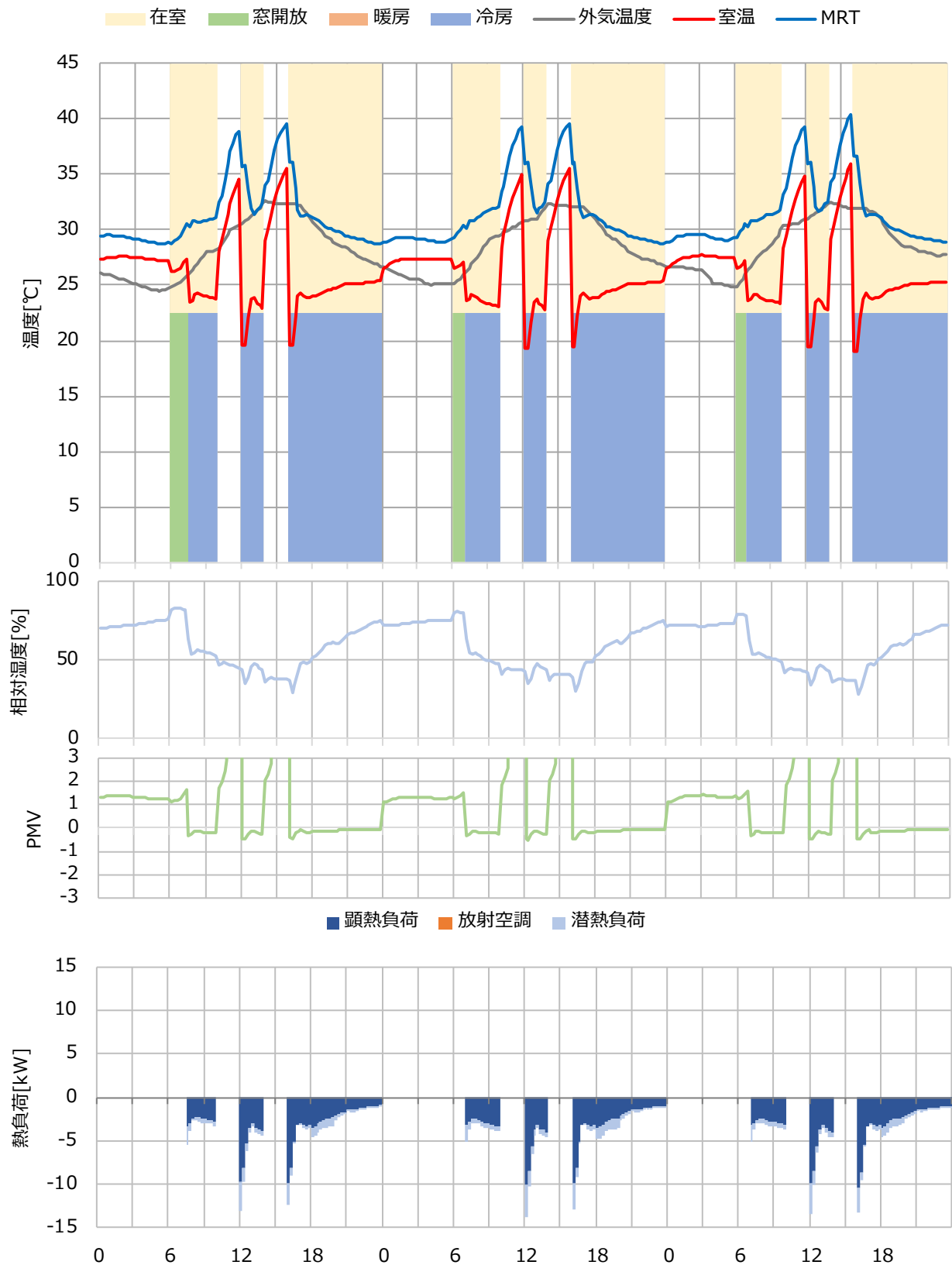


図 2.11.2 夏期(8月7～9日)の主たる居室計算結果

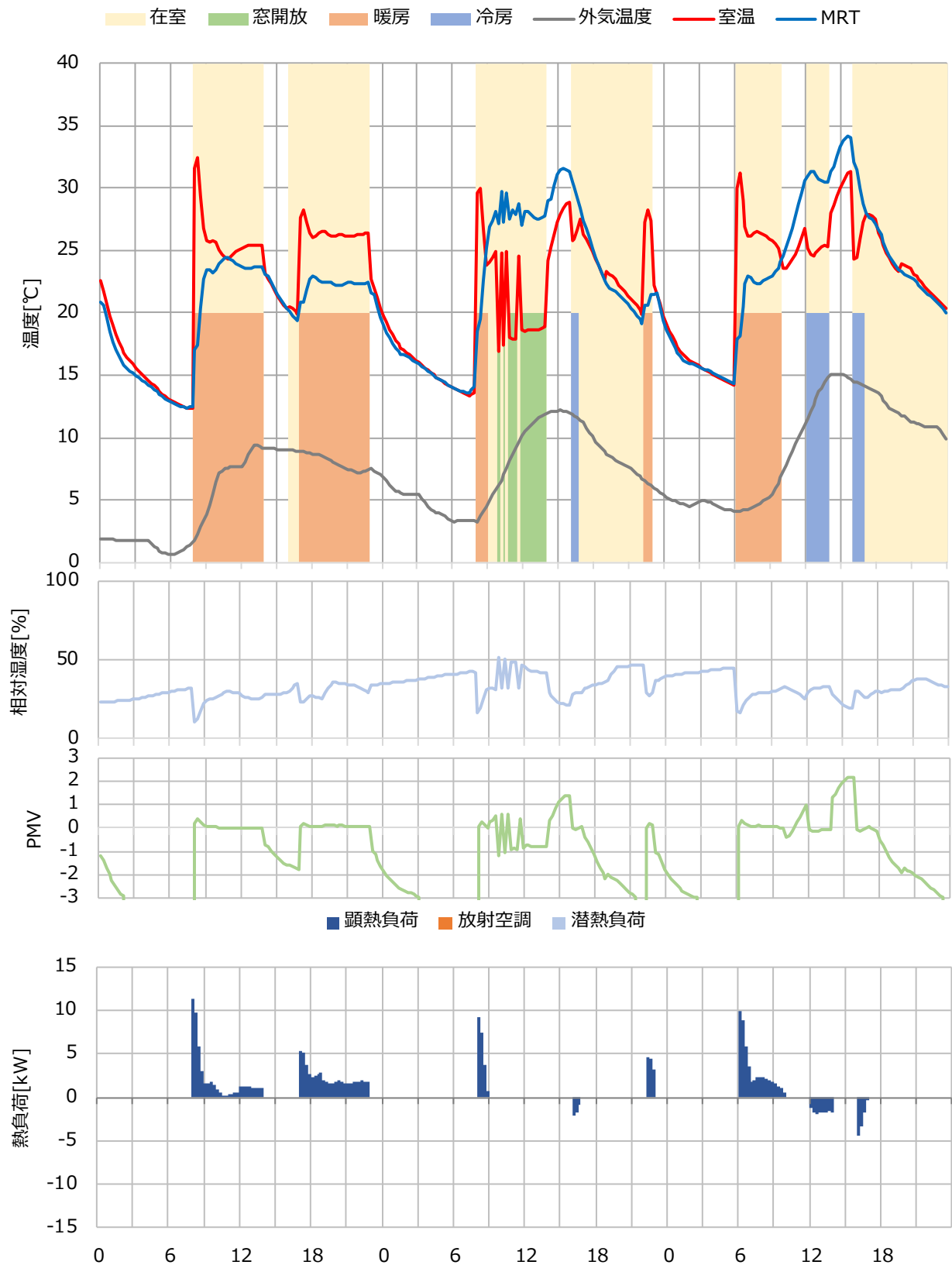


図 2.11.3 冬期(1月7~9日)の主たる居室計算結果

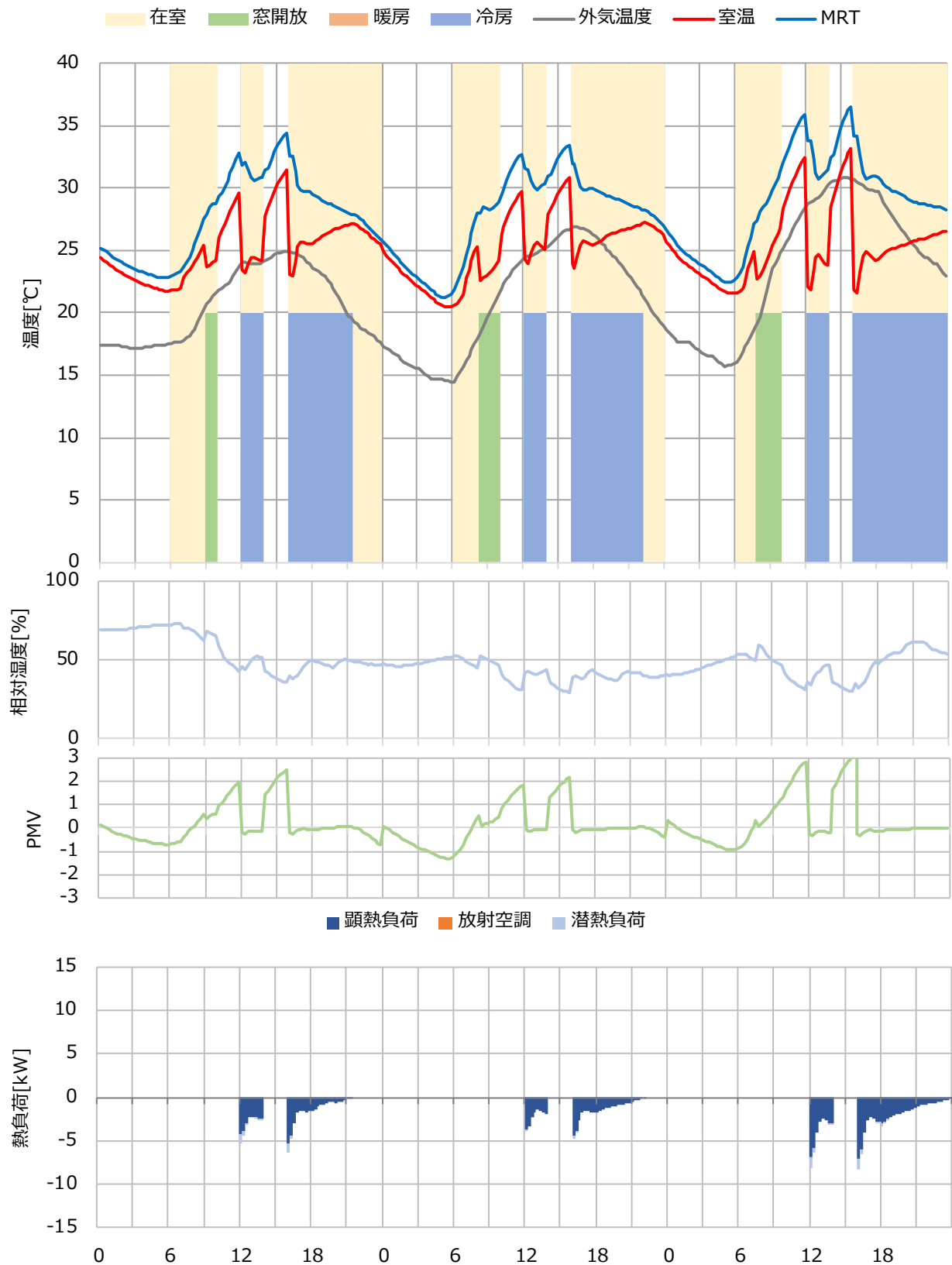


図 2.11.4 中間期(6月7～9日)の主たる居室計算結果

図 2.11.5、図 2.11.6 に現行省エネ基準で使用されている室温、熱負荷の比較結果を示す。現行省エネ基準では空調設定温湿度が固定なのに対し、提案する計算法では $PMV=0$ を目標としていることから空調時の室内

環境の乖離がみられる。熱負荷を見ると、暖房に比べて冷房の負荷の差が大きい傾向にある。

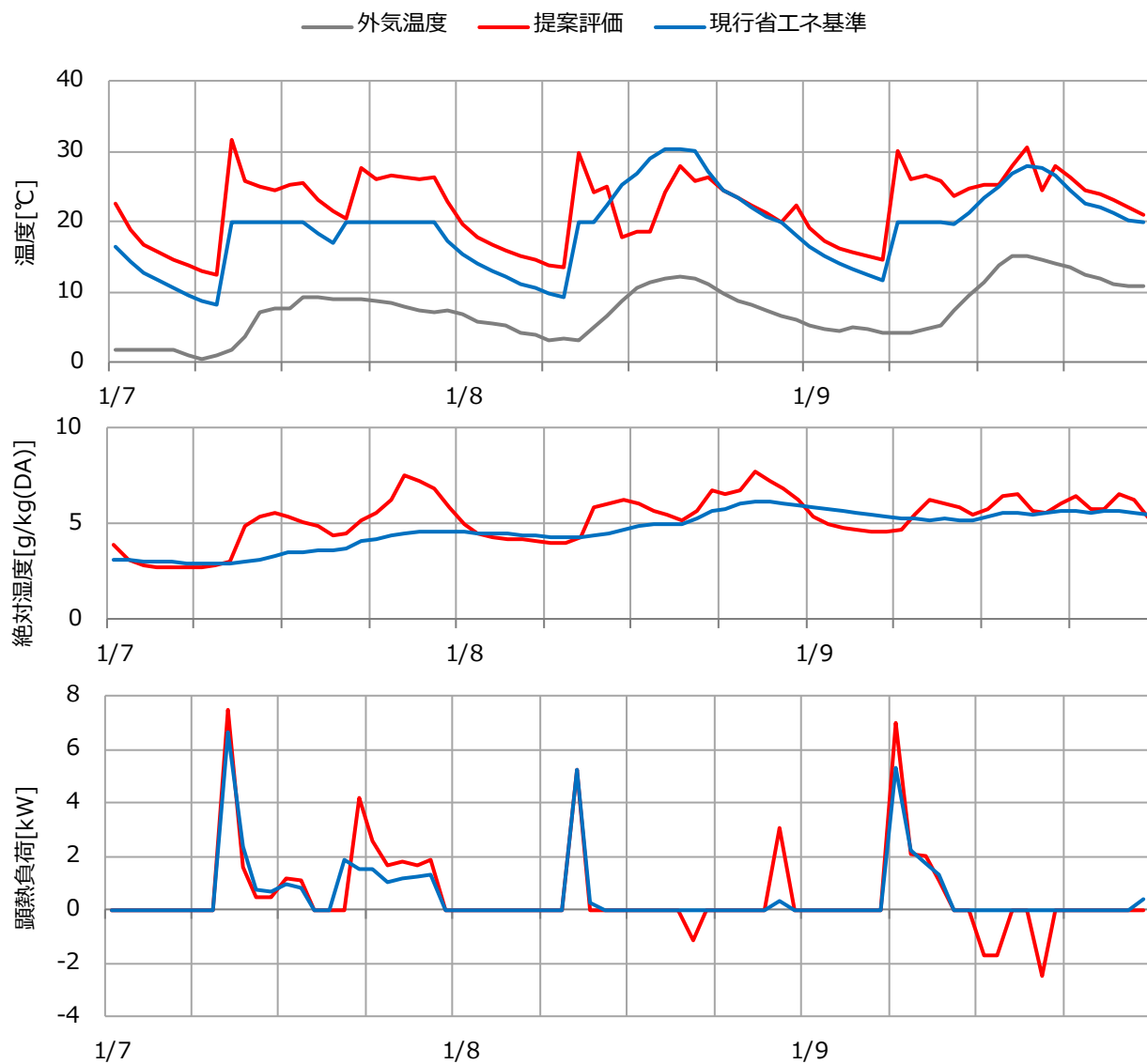


図 2.11.5 冬期(1月7～9日)計算結果の比較

※ 開発プログラムは、温度は1時間間隔の瞬時値、熱負荷は1時間の平均値で表現した。

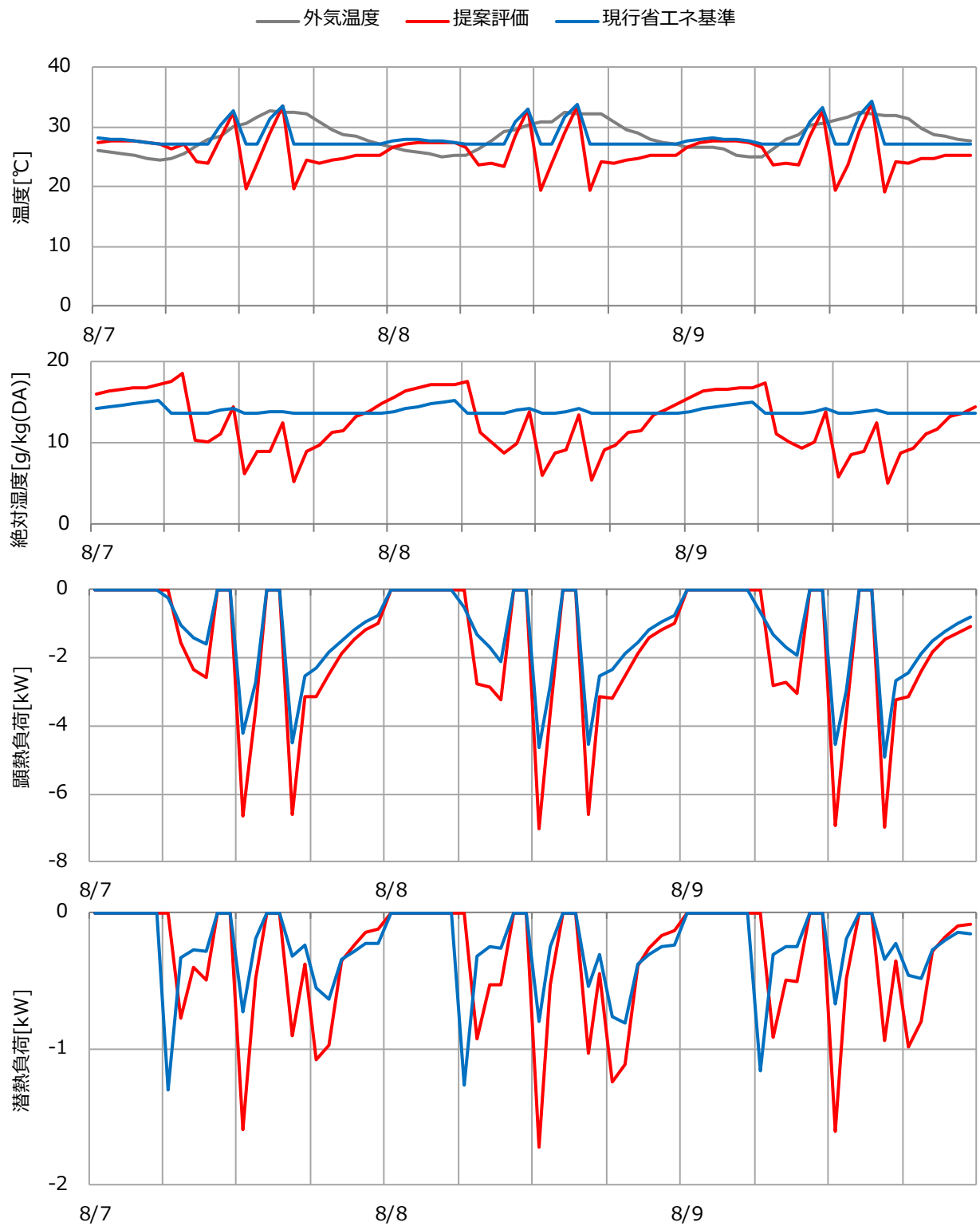


図 2.11.6 夏期(8月7~9日)計算結果の比較

※ 開発プログラムは、温度は1時間間隔の瞬時値、熱負荷は1時間の平均値で表現した。

図 2.11.7、図 2.11.8 に熱負荷の積算値を示す。現行省エネ基準に比べて提案する評価法では冷房顕熱負荷が 1.8 倍、冷房潜熱負荷が 1.3 倍、暖房熱負荷が 1.3 倍となっている。同図は検証の 1 例であることから、開発した感度解析システムを使用してより多くの事例で検証し、連続性などを検討する必要がある。

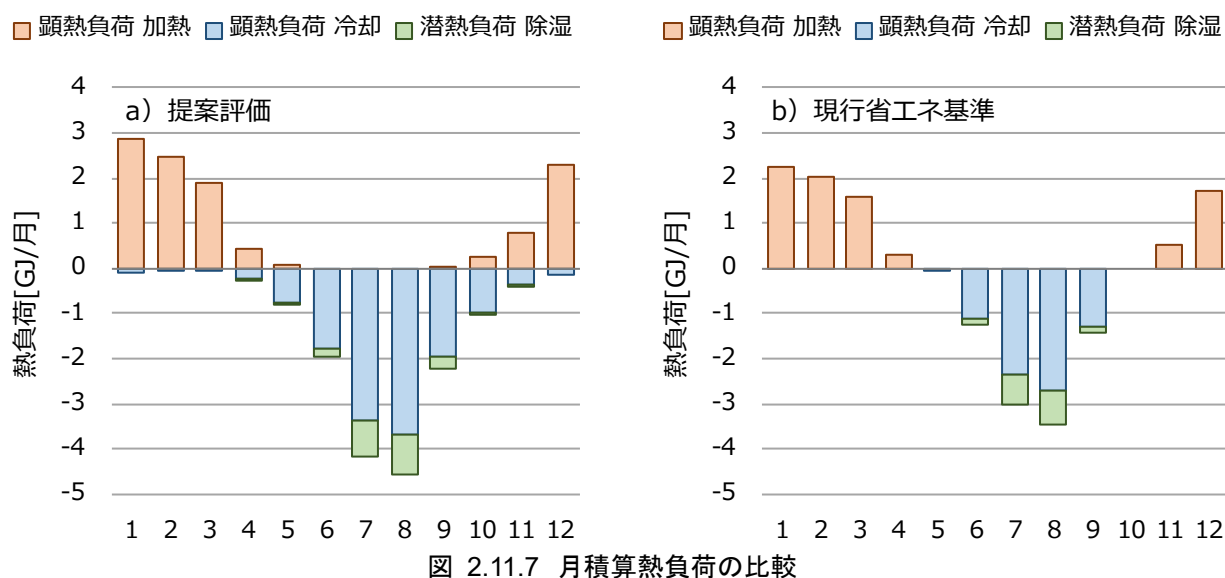


図 2.11.7 月積算熱負荷の比較

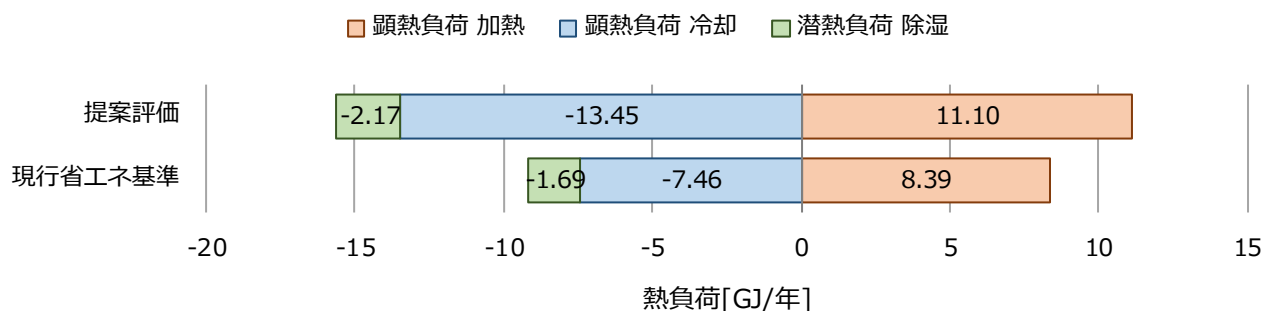


図 2.11.8 年積算熱負荷の比較

2.12 まとめと今後の課題

2.12.1 まとめ

住宅の省エネ基準において活用することを前提に、室温・熱負荷計算法について検討した。開発する計算法の要求事項としては、①各種省エネ技術の効果を把握できる程度の計算精度を保ちつつ、計算速度の高速化と計算方法の簡易化を狙う、②放射を考慮した室内温熱環境が出力可能、③地域性を活かした省エネ技術の評価が可能なることの3点であり、壁体非定常熱伝導の計算法として、室外温度・室内表面熱流を励振、室内表面温度を応答とする応答係数法について定式化を進めた。また、実際に省エネ基準での評価に活用するためには計算の定式化だけでなく、計算に必要な各種設定条件を決定する必要があることから、これら設定条件についても検討した。室温、熱負荷計算を開発したことで評価対象となる地域性を活かした省エネ技術について整理し、評価対象とするための課題についても整理した。本調査の成果は以下のようにまとめられる。

(1) 熱負荷計算法の簡易化

放射環境を加味した総合的な温熱環境を目標値とする熱負荷計算法を作成した。本調査で得られた成果をもとに、熱負荷計算を行うための仕様書を作成した。本提案の熱負荷計算の特徴は以下のようにまとめられる。

- ① 計算法の基本が室空気や室内部位表面の熱収支式に基づいているため、今後新たな省エネ技術の評価を検討するときに熱収支式へ適用すればよい。ため比較的容易に評価対象とすることが可能となる。
- ② 現行省エネ基準では1時間間隔で行われている計算時間間隔を15分としたことから、空調開始時の熱負荷変動の精度が向上する。このため、部分負荷での機器効率が大きく変化するような設備の評価が適正に行われるようになる。
- ③ 室内総合温熱環境を目標値として熱負荷が求まるため、現行省エネ基準で実施している「外皮等の表面温度による放射温度を考慮した負荷補正」が不要となる。
- ④ 放射暖房は、部位室内側表面での発熱として熱負荷が求まるため、現行省エネ基準で実施している「暖房設備の方式による放射温度を考慮した負荷補正」が不要となる。
- ⑤ 入力された躯体の熱容量による蓄熱性能を精緻に解くため、蓄熱の利用に関する評価が「有無」から連続的な評価となる。
- ⑥ 基礎断熱の床下空間の熱損失を精緻に解くことから、床下空間を活用するような空調方式の評価が可能となる。
- ⑦ 空調設備に応じた夏期の除湿計算を行えるようになったことから、室内湿度の計算精度が向上した。このため、潜熱に関連する省エネ技術(例えば全熱交換器やデシカント空調など)の評価が可能となる。

(2) 住戸単位での蓄熱評価値の検討

現行省エネルギー基準における住宅の外皮評価値は、断熱性能(外皮平均熱貫流率)と日射遮へい性能(平均日射熱取得率)が整備されている。蓄熱性能については、単位床面積当たりの熱容量が $170\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ を超える場合に「蓄熱あり」として評価される2水準であり、パンプソーラーなどを積極的に取り入れるような設計を実施した住宅を適切に評価できていない。本調査では、有効に利用できる熱容量を屋外側温度変化に対する貫流有効熱容量と室内側温度変化に対する吸熱有効熱容量に分けて住戸単位で計算する方法を整理した。

(3) 地域性を活かした省エネ技術の評価法・モデル化の検討

簡易熱負荷計算法を構築することで、評価可能となる地域性を活かした省エネ・快適性向上技術について整理した。非常に多くの項目を評価対象とすることができると考えられる。また、(1)①でも述べた通り、新たな省エネ技術の評価対象とすることが比較的容易になることから未評価技術の適用が迅速となる。

以上のように、一部、検証の必要な項目が残されたが、おおむね当初の目標を達成した。

2.12.2 今後の課題

(1) 室使用条件の検討

本調査では扱わなかったが、住宅の室使用条件を検討する必要がある。現行省エネ基準では、計算対象のモデル住宅が標準モデルに限定されているが、提案する評価法では設計住戸の間取りなどをそのまま入力し計算することとなる。そのため、空調スケジュールや内部発熱スケジュールなどの室使用条件について検討する必要

がある。

(2) 計算結果の連続性の検証

本調査で提案する評価法では、現行省エネルギー基準に対し暖房、冷房の熱負荷が大きくなる傾向であった。検証したのは1例であることから、構築した感度解析システムで膨大な量の検証によってある程度の連続性が保てるように設定条件を見直すなどの対処が必要であろう。見直しが可能な設定条件としては、空調時の目標PMVや窓開閉、暖房、冷房を切り替える室内環境条件などが考えられる。

(3) すきま風の設定

本提案で述べた方法を採用することで、躯体の断熱性能については評価可能となった。一方で躯体の評価としては気密性能も重要であり、注力している工務店も多い。何らかの形で評価できる方法が必要である。

(4) 各種除湿技術の評価法

ルームエアコンについては弱冷房除湿や再熱除湿など、室温を低下させないで凝縮水を多くするような機器開発を行っている機種もある。これらの評価法について整理する必要がある。一方で、パネルに冷水を通水しパネル表面で凝縮させるような機器もあるため、各種除湿技術の計算法について整理する必要がある。

3. 入力情報簡易化に関する検討

3.1 目的

室温・熱負荷計算を行うにあたっては、現行の省エネルギー基準で評価対象となっている外皮の性能値(外皮平均熱貫流率と平均日射熱取得率)の計算に必要な仕様だけでなく、隣接室との内壁の仕様も必要となるなど、必要な情報量が多くなる。事業者が1次エネルギーの計算をするのに負担が大きくなることから、必要な情報をすべて入力することが必須となる方法の実現は困難である。本章では、室温・熱負荷計算に必要な情報を整理するとともに、入力情報の簡易化と省略した情報の補完方法について述べる。

熱負荷計算における入力情報の簡易化を図るため、熱負荷計算に必要な情報を整理するとともに、建物全体の面積等の簡易な入力情報より、室用途ごとの詳細な部位の面積や性能等を推定する手法を提案する。

入力情報のレベルは、①～④の4段階を想定し省略した入力情報の補完方法について検討する。①が最も入力情報が詳細なレベルである。現行の省エネルギー基準における入力を踏まえると、②、③程度の入力情報レベルが実用的であると考えられる。

なお、実住宅のプラン等をもとにした推定の精度の検証や、推定方法の見直しが必要である。

- ①外皮性能計算プログラム＋外皮用途別情報＋内壁情報
- ②外皮性能計算プログラム＋外皮用途別情報
- ③外皮性能計算プログラム＋用途別床面積
- ④当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法

また、あわせて、簡易熱負荷計算に使用する建物モデルの提案、一次エネルギー消費量の基準値の計算に使用する住戸のモデルや外皮性能の与え方の提案を行う。

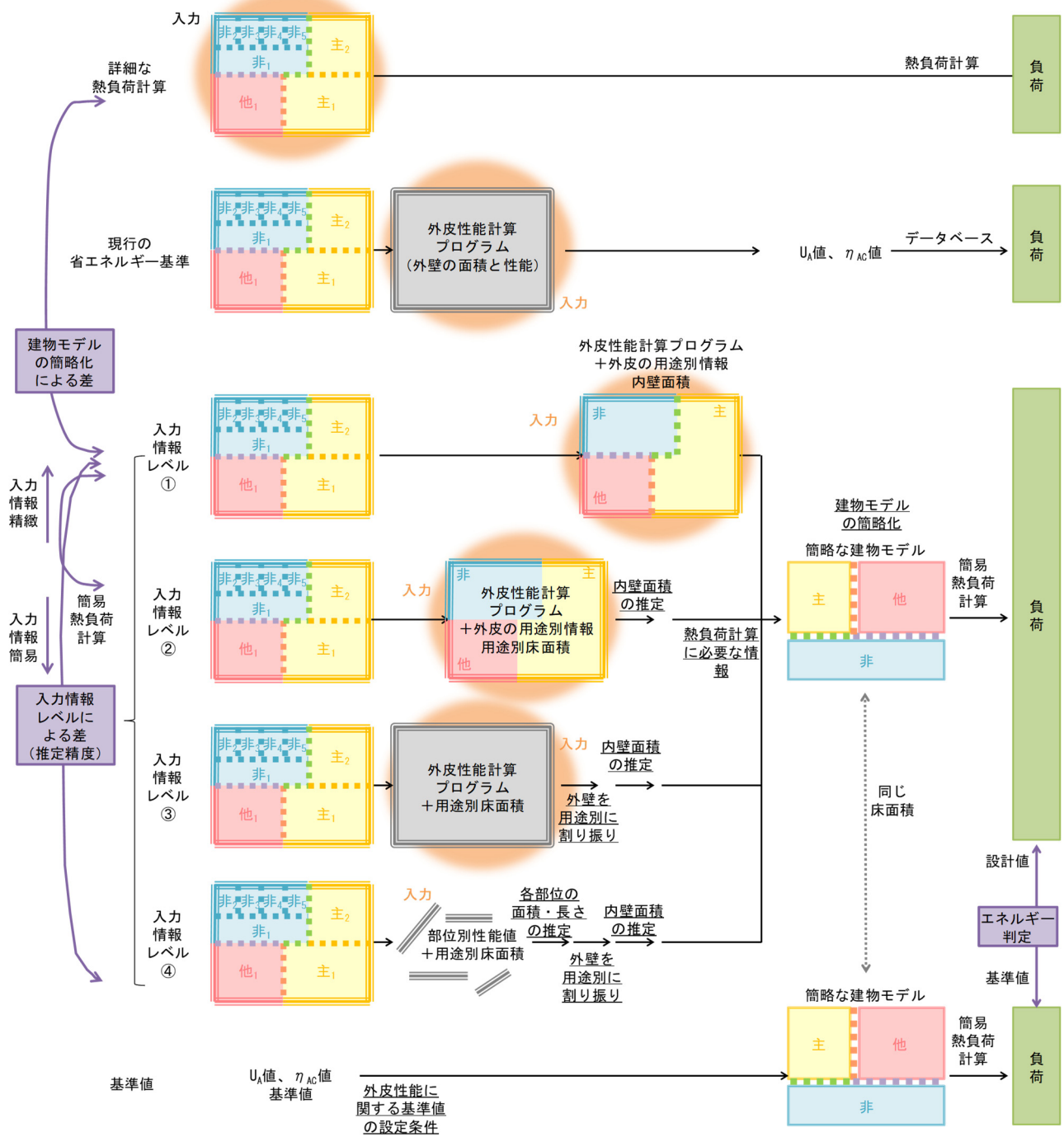


図 3.1.1 入力情報簡易化の位置付け

3.2 熱負荷計算に必要な情報の整理

熱負荷計算に必要な情報は以下のとおりである。各入力レベルでの情報の有無(有:○)を、あわせて示す。

分類				階層				項目名	表示条件	値:選択要素	単位	各入力レベルでの情報の有無				熱負荷計算
				1	2	3	4					④	③	②	①	
共通				○				地域区分		1:1 地域 2:2 地域 3:3 地域 4:4 地域 5:5 地域 6:6 地域 7:7 地域 8:8 地域		○	○	○	○	○
室				○				名称				-	-	○	○	○
室	装置	冷房	主					○ 冷房方式		1:対流式		-	-	-	-	○
室	装置	冷房	主					○ 定格冷房能力	[冷房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	冷房	主					○ 最大冷房能力	[冷房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	冷房	主					○ 定格冷房効率	[冷房方式]=1		-	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	主					○ 暖房方式		1:対流式 2:放射式		-	-	-	-	○
室	装置	暖房	主					○ 定格暖房能力	[暖房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	主					○ 最大暖房能力	[暖房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	主					○ 定格暖房効率	[暖房方式]=1		-	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	主					○ 敷設面積	[暖房方式]=2		m ²	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	補助					○ 暖房方式		1:対流式		-	-	-	-	○
室	装置	暖房	補助					○ 定格暖房能力	[暖房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	補助					○ 最大暖房能力	[暖房方式]=1		W	-	-	-	-	○
室	装置	暖房	補助					○ 定格暖房効率	[暖房方式]=1		-	-	-	-	-	○
室				○				気積			m ³	-	-	-	-	○
室				○				気積当たりの家具熱容量			kJ/(m ³ ・K)	-	-	-	-	-
室				○				通風計算対象室		1:TRUE 2:FALSE	ND	-	-	-	-	-
室				○				放射暖房		1:TRUE 2:FALSE	ND	-	-	-	-	-
室				○				放射暖房対流比率	[放射暖房]=1		ND	-	-	-	-	-
室	換気				○			暖房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	○
室	換気				○			中間期風量			m ³ /h	-	-	-	-	○
室	換気				○			冷房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	○
室	すきま風				○			暖房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	すきま風				○			中間期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	すきま風				○			冷房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	隣室間換気				○			風上室名称			ND	-	-	-	-	-
室	隣室間換気				○			暖房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	隣室間換気				○			中間期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	隣室間換気				○			冷房期風量			m ³ /h	-	-	-	-	-
室	熱橋				○			線熱貫流率			W/(m ² ・K)	-	-	-	-	-
室	熱橋				○			線熱橋の長さ			m	-	-	-	-	-
室	熱橋	境界情報				○		方位名称 1				-	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		境界条件 1		1:屋外 2:温度差係数 3:隣室 4:年平均気温		○	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		方位角 1	[境界条件 1]=1		°	-	-	-	-	○
室	熱橋	境界情報				○		傾斜角 1	[境界条件 1]=1		°	-	-	-	-	○
室	熱橋	境界情報				○		地面反射率 1	[境界条件 1]=1		-	-	-	-	-	-
室	熱橋	境界情報				○		隣室温度差係数 1	[境界条件 1]=2		-	-	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		隣室名称 1	[境界条件 1]=3		-	-	-	-	○	○
室	熱橋	境界情報				○		方位名称 2				-	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		境界条件 2		1:屋外 2:温度差係数 3:隣室 4:年平均気温		○	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		方位角 2	[境界条件 2]=1		°	-	-	-	-	○
室	熱橋	境界情報				○		傾斜角 2	[境界条件 2]=1		°	-	-	-	-	○
室	熱橋	境界情報				○		地面反射率 2	[境界条件 2]=1		-	-	-	-	-	-
室	熱橋	境界情報				○		隣室温度差係数 2	[境界条件 2]=2		-	-	○	○	○	○
室	熱橋	境界情報				○		隣室名称 2	[境界条件 2]=3		-	-	-	-	○	○

分類				階層				項目名	表示条件	値:選択要素	単位	各入力レベルでの情報の有無				熱負荷計算
				1	2	3	4					④	③	②	①	
室	室内表面				○			部位名称				-	-	-	-	-
室	室内表面				○			外皮フラグ		1:TRUE 2:FALSE		-	○	○	○	○
室	室内表面				○			表面の室内からの向き		1:上向き 2:横向き 3:下向き		-	○	○	○	○
室	室内表面				○			非定常フラグ		1:TRUE 2:FALSE		-	○	○	○	○
室	室内表面				○			床フラグ		1:TRUE 2:FALSE		-	-	-	-	○
室	室内表面				○			土壌フラグ	[非定常フラグ]=1	1:TRUE 2:FALSE		-	○	○	○	○
室	室内表面				○			面積			m ²	-	-	-	-	-
室	室内表面				○			放射暖房吸収比率			-	-	-	-	-	-
室	室内表面				○			人体に対する形態係数			-	-	-	-	-	-
室	室内表面	境界情報				○		方位名称 1				-	○	○	○	○
室	室内表面	境界情報				○		境界条件		1:屋外 2:温度差係数 3:隣室 4:年平均気温		○	○	○	○	○
室	室内表面	境界情報				○		方位角	[境界条件]=1		°	-	-	-	-	○
室	室内表面	境界情報				○		傾斜角	[境界条件]=1		°	-	-	-	-	○
室	室内表面	境界情報				○		地面反射率	[境界条件]=1		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	境界情報				○		隣室温度差係数	[境界条件]=2		-	-	○	○	○	○
室	室内表面	境界情報				○		隣室名称	[境界条件]=3			-	-	-	○	○
室	室内表面	壁体				○		屋外側放射率	[非定常フラグ]=1		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	壁体				○		屋外側日射吸収率	[非定常フラグ]=1		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	壁体				○		室内側総合熱伝達率	[非定常フラグ]=1		W/(m ² ・K)	○	○	○	○	○
室	室内表面	壁体				○		室内側放対流伝達率	[非定常フラグ]=1		W/(m ² ・K)	-	-	-	-	-
室	室内表面	壁体				○		室内側放射熱伝達率	[非定常フラグ]=1		W/(m ² ・K)	-	-	-	-	-
室	室内表面	壁体	層構成			○		部材名称	[非定常フラグ]=1			-	○	○	○	○
室	室内表面	壁体	層構成			○		熱伝導率	[非定常フラグ]=1		W/(m・K)	-	○	○	○	○
室	室内表面	壁体	層構成			○		容積比熱	[非定常フラグ]=1		kJ/(m ³ ・K)	-	○	○	○	○
室	室内表面	壁体	層構成			○		厚さ	[非定常フラグ]=1		m	-	○	○	○	○
室	室内表面	開口部				○		日射熱取得率	[非定常フラグ]=2		-	○	○	○	○	○
室	室内表面	開口部				○		日射透過率	[非定常フラグ]=2		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	開口部				○		吸収日射取得率	[非定常フラグ]=2		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	開口部				○		熱貫流率	[非定常フラグ]=2		W/(m ² ・K)	○	○	○	○	○
室	室内表面	開口部				○		室内側総合熱伝達率	[非定常フラグ]=2		W/(m ² ・K)	-	○	○	○	○
室	室内表面	開口部				○		屋外側放射率	[非定常フラグ]=2		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	開口部				○		室内側対流熱伝達率	[非定常フラグ]=2		W/(m ² ・K)	-	-	-	-	-
室	室内表面	開口部				○		室内側放射熱伝達率	[非定常フラグ]=2		W/(m ² ・K)	-	-	-	-	-
室	室内表面	開口部				○		ガラスの入射角特性	[非定常フラグ]=2		-	-	-	-	-	-
室	室内表面	外部日除け				○		名称				-	-	-	-	-
室	室内表面	外部日除け				○		庇の出巾			m	-	○	○	○	○
室	室内表面	外部日除け				○		向かって左側の庇の出っ張り			m	-	-	-	-	-
室	室内表面	外部日除け				○		向かって右側の庇の出っ張り			m	-	-	-	-	-
室	室内表面	外部日除け				○		窓上端から庇までの距離			m	-	○	○	○	○
室	室内表面	外部日除け				○		窓の幅			m	-	-	-	-	-
室	室内表面	外部日除け				○		窓の高さ			m	-	○	○	○	○

3.3 簡易熱負荷計算用の建物モデル

3.3.1 建物モデルの簡略化

簡易熱負荷計算にあたっては、計算時間の短縮や入力 of 簡易化のために、建物モデルの簡略化を行う必要がある。簡略化後の建物モデルを以下のとおり提案する。主たる居室 1 室、その他の居室を 1 室（現行の省エネルギー基準における和室・寝室・子供室2室を1室に纏めた室）、非居室を1室、床下を1室とし、換気経路を固定し、貫流を考慮する部位等を限定する。

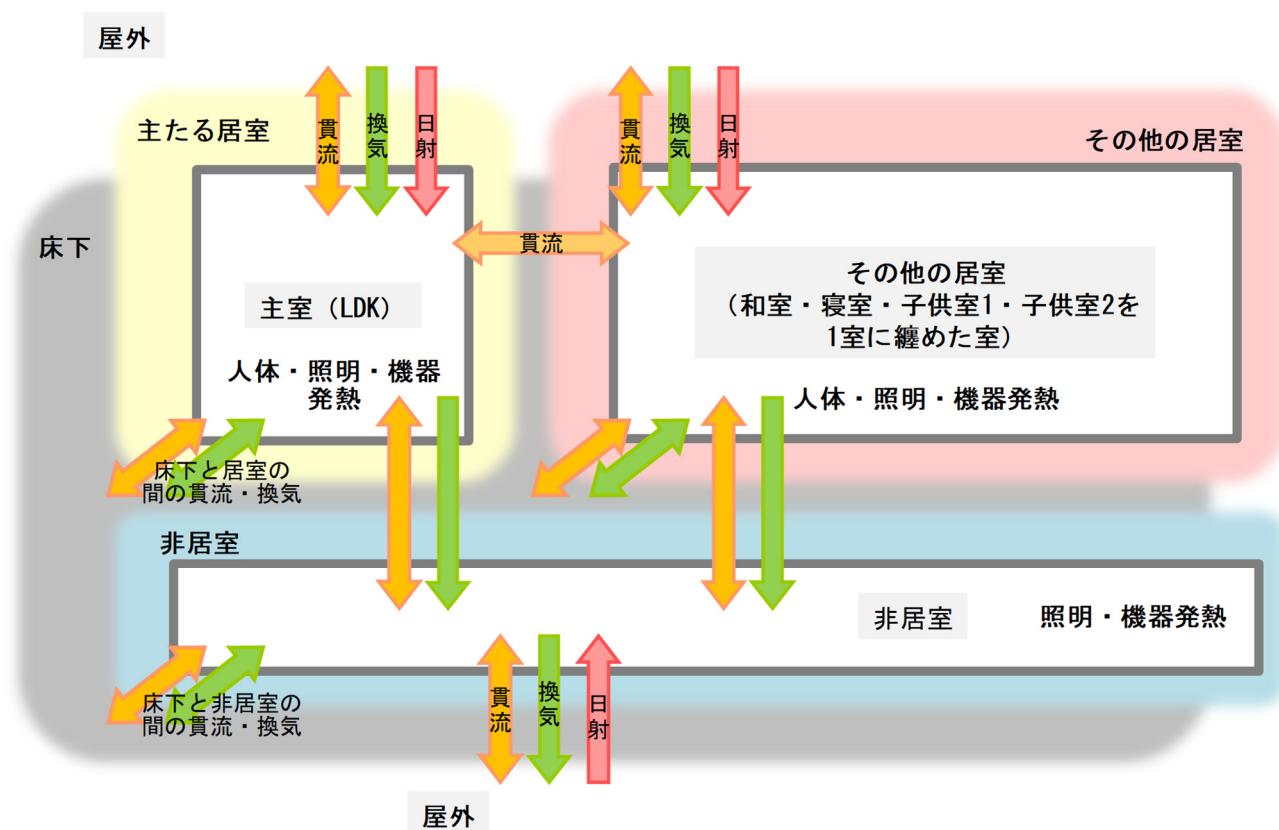
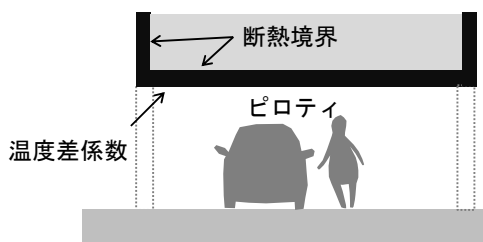


図 3.3.1 建物モデルの簡略化の案

3.3.2 床断熱・基礎断熱の扱いに関する整理

床断熱・基礎断熱、床下空間等は、設計住戸の状況に応じ、以下のように扱う。

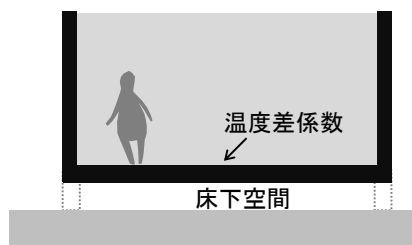
- ① 床下空間がない場合（例：1 階が全て駐車場、共同住宅の 2 階以上の住戸）
 - ・「外気に通じる床裏等」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m²で、土間床等外周部の長さ 0m、土間床等面積 0 m²の場合
 - 居室・非居室側の床は、温度差係数を用いて計算する。床下空間は計算しない。



② 床断熱の場合

- ・「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 より大きく、土間床等外周部の長さ 0 m 、土間床等面積 0 m^2 の場合

→居室・非居室側の「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」は、温度差係数を用いて計算する。床下空間は計算しない。

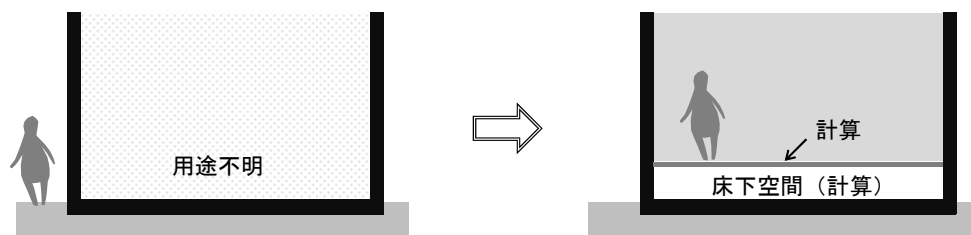


③ 用途別情報のない基礎断熱の場合

- ・用途別情報がない場合で、「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 で、土間床等面積が 0 m^2 より大きい場合

→1 階の下に全面的に床下空間があるものと想定する。床下空間の床面積は、土間床等の面積の合計とする。

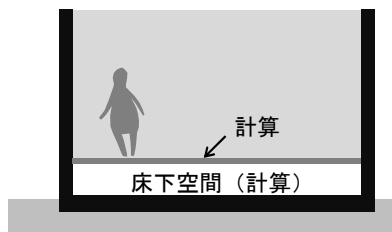
床下空間の階高 (0.4 m) を仮定する。土間床等の外周部と土間床等は、床下空間に属するものとみなす。居室・非居室と床下空間の間の面積は、延床面積と土間床等の面積の合計のうち小さい方とする。



④ 1 階の下に全面的に床下空間がある基礎断熱の場合

- ・「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 で、土間床等面積が 0 m^2 より大きく、土間床等面積が全て床下空間に属する場合。

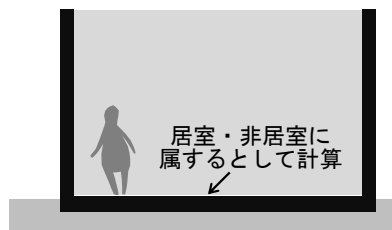
→③用途別情報のない基礎断熱の場合の扱いと同様



⑤ 床下空間がない基礎断熱の場合

- ・「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 で、土間床等面積が 0 m^2 より大きく、土間床等面積が全て居室・非居室に属する場合。

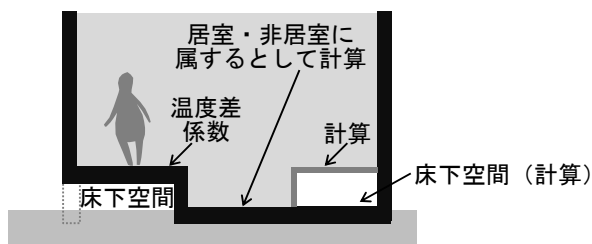
→居室・非居室の土間床を考慮して、簡易熱負荷計算を行う。



⑥ 床断熱、床下空間がある基礎断熱、床下空間がない基礎断熱が混在する場合

- ・「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 より大きく、土間床等面積が 0 m^2 より大きく、土間床等面積が居室・非居室と床下空間の両方に属する場合。

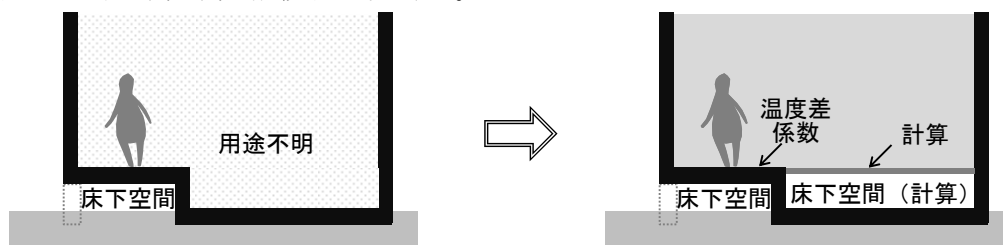
→床断熱部は、②と同様に、居室・非居室側の「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」に、温度差係数を適用する。床下空間がある基礎断熱部は、③④と同様に、居室・非居室と床下空間の間の熱移動を考慮する。床下空間がない基礎断熱部は、⑤と同様に、居室・非居室の土間床等を考慮する。



⑦ 床断熱、用途不明の基礎断熱が混在する場合

- ・用途別情報がない場合で、「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」の面積が 0 m^2 より大きく、土間床等面積が 0 m^2 より大きい場合。

→床断熱部は、②と同様に、居室・非居室側の「外気に通じる床裏」「外気に通じていない床裏」に隣接する「床」に、温度差係数を適用する。土間床等の外周部と土間床等は、床下空間に属するものとみなし、③④と同様に、居室・非居室と床下空間の間の熱移動を考慮する。



3.4 基準値計算用住戸の設定

3.4.1 基準値計算用住戸の概要

基準値計算のための住戸の設定の主な考え方は、以下のとおり。

- 外皮について、(極力) U_A 値、 η_A 値の基準値を満たすように、基準値計算用の住戸の U 値(仕様規定の部位別 U 値に比例)と窓の η 値を決定する。
- 基準値計算のための住宅モデルは、以下のいずれかとする。
 - ①設計住戸の用途別面積を使用
 - ②設計住戸の面積を使用
 - ③基準値計算用住戸を想定
- 非現実的な設定は許容しない(例:窓の日射熱取得率が 0 未満)。ただし、床・天井面積と壁面積の不整合は許容する。

3.4.2 基準値計算のための住宅モデル

基準値計算のための住宅モデルは、以下のいずれかとする。今後、設計住戸とそれぞれの基準値計算用住宅モデルでの負荷計算結果を比較し、傾向を確認の上で、方針を決定する必要がある。

いずれのモデルでも、大部分がガラスで構成されている窓等の鉛直面の開口部には、その直上に、壁面からの日除けの張り出し寸法に対する窓の開口高さ寸法が 3 倍となるような庇が設置されているものとする。

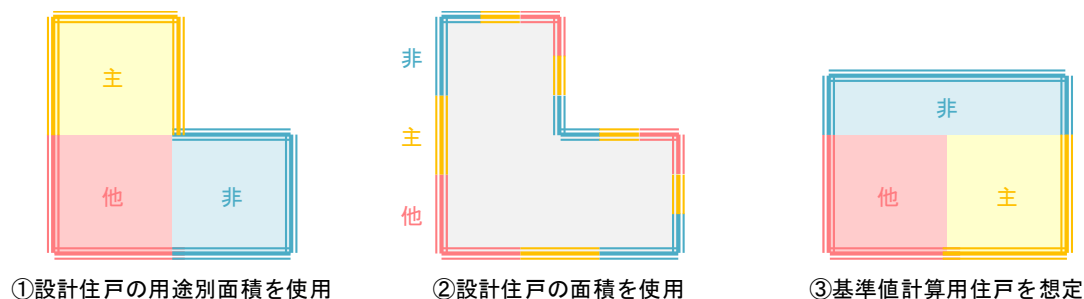


図 3.4.1 基準値計算のための住宅モデルのイメージ

表 3.4.1 基準値計算のための住宅モデル案の比較

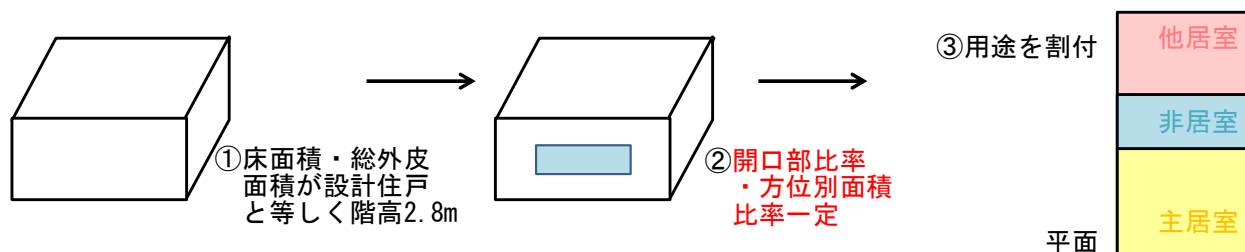
	①設計住戸の用途別面積を使用	②設計住戸の面積を使用	③基準値計算用住戸を想定
概要	面積・長さ情報、用途別情報がない場合は推定を行う。内壁情報は推定を行う。	面積・長さ情報がない場合は推定を行う。内壁情報は推定を行う。用途別情報は、各部位の長さ・面積を室用途別の床面積に応じて各用途に割り当てる。	用途別床面積・外皮面積より基準値計算用住戸を決定する。
プラン	設計住戸	各用途が各方位に面する。	戸建は南側に居室。共同は南側に主居室、北側に他居室。
評価対象	外皮性能 プランは、周辺環境（隣棟・接道など）より決定される与条件とみなす	室配置と外皮性能	室配置と外皮性能
基準値計算用住戸の負荷の傾向の予想	設計住戸の負荷に比較的近い傾向を示すと考えられる。 プランによっては、暖房負荷の基準値が大きくなる可能性がある。 例えば、北側リビングで開口部が北側に集中している場合、断熱性能は U_A 値基準値を満たすように設定するが、日射熱取得性能は非現実的な開口部 ($\eta > 1$) を許容しないと、 η_H が小さい条件で基準値計算をすることとなる可能性がある。 また、暖房時間が長い主居室が北側になるので、基準値が大きくなる。	暖房時間が長い主居室が南側のプランよりは暖房負荷が大きく、北側のプランよりは暖房負荷が小さくなると考えられる。 開口部が北側に集中している場合、断熱性能は U_A 値基準値を満たすように設定するが、日射熱取得性能は非現実的な開口部 ($\eta > 1$) を許容しないと、 η_H が小さい条件で基準値計算をすることとなる可能性がある。	建物規模に応じて、概ね、負荷が決定される。 比較的妥当な設計を行った場合の負荷となる。 η_H の基準値を満たしやすい。
冷房の基準値を満たしやすい住戸の予想	冷房室の部位の断熱性能・日射遮蔽性能を高くした住戸 冷房室東側・西側では、日射遮蔽性能が高い住戸	室配置・部位性能・面積の工夫により、冷房室の断熱性能・日射遮蔽性能を優先的に高くした住戸	室配置・部位性能・面積の工夫により、暖房室の断熱性能・日射遮蔽性能を優先的に高くした住戸
暖房の基準値を満たしやすい住戸の予想	暖房室の部位の断熱性能を高くした住戸 暖房室南側では、日射熱取得性能が高い住戸	室配置・部位性能・面積の工夫により、暖房室の断熱性能・日射熱取得性能を優先的に高くした住戸	室配置・部位性能・面積の工夫により、暖房室の断熱性能・日射熱取得性能を優先的に高くした住戸
設計住戸の情報の入力の有無との関係（面積・長さ情報の入力）	以下の場合、面積・長さ情報を入力すると基準値をクリアしやすい。 －開口部面積率が標準住戸より小 －同部位の性能に差がある（例：方位別に適切に窓を選定している。断熱の弱い壁が部分的にある。）	以下の場合、面積・長さ情報を入力すると基準値をクリアしやすい。 －開口部面積率が標準住戸より小 －同部位の性能に差がある（例：方位別に適切に窓を選定している。断熱の弱い壁が部分的にある。）	面積・長さ情報を入力する場合、適切な設計では相対的に基準値をクリアしやすい。
設計住戸の情報の入力の有無との関係（用途別情報の入力）	同部位の性能が用途に依らない場合、用途別情報を入力する利点はない。	用途別情報を入力する場合、適切な設計では相対的に基準値をクリアしやすい。	用途別情報を入力する場合、適切な設計では相対的に基準値をクリアしやすい。

(2) 共同住宅の基準値計算用のための住宅モデル

共同住宅の基準値計算用のための住宅モデルは、以下の手順で決定する。

- ①床面積の合計が設計住戸に一致する平屋建の住戸とし、隣接住戸は考慮しない。階高を 2.8m とする。天井高を 2.4m とする。総外皮面積が設計住戸に一致するよう、東西方向 $\leq$ 南北方向となるよう、アスペクト比を調整する。ただし、アスペクト比は実際の住戸で取り得る範囲を考慮して 1:2 以下となるようにし、このためには床・天井面積と壁面積の不整合を許容する。また、総外皮面積が下限値を下回る際には、下限値を用いる。総外皮面積の下限値は、戸建住宅の基準値計算用のための住宅モデルと同様の考え方による。
- ②総外皮面積に対する開口部比率は一定とする。窓の方位別面積比率は一定(北:0.215、南:0.633、東:0.000、西:0.152)とする。ただし、南北面の開口部面積が南北面の外皮面積を超える場合は、超過分を西に割り付ける。
- ③用途別床面積が設計住戸と一致するよう、南側に主たる居室を、北側にその他居室を、中間に非居室を割り付ける。

《共同》



(3) 基準値計算のための住宅モデルの設定根拠

戸建住宅用の基準値計算のための住宅モデルは、自立循環型設計ガイドライン²⁵の標準プランを参考に、2 階建とし、その階高は 1 階 2.9m、2 階 2.7m とする

集合住宅用の基準値計算のための住宅モデルは、共同住宅の計算モデルプラン²⁶を参考に、1 階とし、その階高は 2.8m とする。

総外皮面積に対する開口部比率は、改正設計施工指針²⁷を参考に、(い)と(ろ)の閾値に設定する。

表 3.4.2 開口部の比率の区分(抜粋)²⁷

住宅の種類	開口部比率の区分	地域区分		
		1、2 及び 3	4、5、6 及び 7	8
一戸建ての住宅	(い)	0.07 未満	0.08 未満	0.08 未満
	(ろ)	0.07 以上 0.09 未満	0.08 以上 0.11 未満	0.08 以上 0.11 未満
共同住宅等	(い)	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満
	(ろ)	0.05 以上 0.07 未満	0.05 以上 0.07 未満	0.05 以上 0.07 未満

²⁵ 建築環境・省エネルギー機構：自立循環型住宅への設計ガイドライン，2009. 9

²⁶ 平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 II 住宅

²⁷ エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づき、住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針の一部を改正する告示，平成 28 年 1 月 29 日国土交通省告示第 264 号，平成 28 年 4 月 1 日施行

戸建住宅用の基準値計算のための住宅モデルは、自立循環型設計ガイドライン²⁸の標準プランの開口部比率を参考に、方位別の窓面積比率を決定する。

階	部屋	方位	開口部 種類	温暖地モデル		
				窓サイズ		窓面積
				m	m	m ²
1 階	和室	南	窓	2.55	1.8	4.59
1 階	LD	南	窓	1.65	2.1	3.47
1 階	LD	南	窓	1.65	2.1	3.47
1 階	LD	東	窓	1.65	1.3	2.15
1 階	台所	東	窓	1.4	0.7	0.98
1 階	台所	北	ドア	0.9	1.8	1.62
1 階	トイレ	北	窓	0.6	0.9	0.54
1 階	洗面所	北	窓	0.6	0.9	0.54
1 階	浴室	西	窓	0.6	0.9	0.54
1 階	ホール	北	窓	0.6	0.9	0.54
1 階	ホール	西	ドア	0.9	2.1	1.89
2 階	寝室	南	窓	1.65	1.05	1.73
2 階	寝室	西	窓	0.9	1.1	0.99
2 階	子供室 1	南	窓	1.65	1.95	3.22
2 階	子供室 2	南	窓	1.65	1.95	3.22
2 階	子供室 2	東	窓	0.6	1.1	0.66
2 階	ホール	北	窓	0.9	1.1	0.99
2 階	クローゼット	西	窓	0.6	0.9	0.54
2 階	トイレ	北	窓	0.6	0.9	0.54
		方位	種類	面積[m ²]		比率
		北	窓	3.15		0.110
		南	窓	19.69		0.686
		東	窓	3.79		0.132
		西	窓	2.07		0.072

集合住宅用の基準値計算のための住宅モデルは、共同住宅の計算モデルプラン²⁶を参考に、方位別の窓面積比率を決定する。

方位	寸法		面積	方位別 窓面積比率
	mm	mm	m ²	
南	2260	2000	4.52	63.3%
	1800	1800	3.24	
西	1200	1100	1.32	15.2%
	600	900	0.54	
北	1200	1100	1.32	21.5%
	1200	1100	1.32	

²⁸ 建築環境・省エネルギー機構：自立循環型住宅への設計ガイドライン，2009. 9

3.4.3 基準値計算用の住宅の部位ごとの外皮性能

(1) 基準値計算用の住宅の部位ごとの U 値、 η 値決定の概要

外皮について、極力、 U_A 値、 η_A 値の基準値を満たすように、基準値計算用の住宅の部位ごとの U 値と窓の η 値を決定する。基準値計算用の部位ごとの U 値は、線熱橋の影響を加味した U 値とみなす。

内壁については、部位ごとの U 値は一定値を仮定する。

《基準値計算のための U 値、 η 値決定の概念》

U_A 値が基準値を満たすように、U 値調整係数 f_U を、決定する。

$$U_A \times A_o = f_U \times \sum_{k=roof, floor, wall, window} \left(U_{k,s} \times \sum_i (A_{k,i} \times H_i) \right)$$

$$\rightarrow f_U = \frac{U_A \times A_o}{\sum_{k=roof, floor, wall, window} (U_{k,s} \times \sum_i (A_{k,i} \times H_i))}$$

$$\rightarrow \begin{pmatrix} U_{roof} \\ U_{wall} \\ \vdots \end{pmatrix} = f_U \times \begin{pmatrix} U_{roof,s} \\ U_{wall,s} \\ \vdots \end{pmatrix}$$

↓

基準値 $\eta_{C,A}$ 、 $\eta_{H,A}$ を満たすように、窓の η_C 値、 η_H 値を決定する。

$$\frac{\eta_{A,C} \times A_o}{100} = \eta_C \times \sum_i (A_{window,i} \times f_{j,C} \times v_{j,C}) + 0.034 \times \sum_{k=roof, wall} \left(U_k \times \sum_i (A_{k,i} \times v_{j,C}) \right)$$

$$\frac{\eta_{A,H} \times A_o}{100} = \eta_C \times \sum_i (A_{window,i} \times f_{j,H} \times v_{j,H}) + 0.034 \times \sum_{k=roof, wall} \left(U_k \times \sum_i (A_{k,i} \times v_{j,H}) \right)$$

$$\rightarrow \eta_C = \frac{\frac{\eta_{A,C} \times A_o}{100} - 0.034 \times \sum_{k=roof, wall} (U_k \times \sum_i (A_{k,i} \times v_{j,C}))}{\sum_i (A_{window,i} \times f_{j,C} \times v_{j,C})}$$

$$\rightarrow \eta_H = \frac{\frac{\eta_{A,H} \times A_o}{100} - 0.034 \times \sum_{k=roof, wall} (U_k \times \sum_i (A_{k,i} \times v_{j,H}))}{\sum_i (A_{window,i} \times f_{j,H} \times v_{j,H})}$$

※実際には、窓の η 値が 0 以上 0.88 以下、U 値の下限值・上限値等の条件がかかる。

窓の η_C 値、 η_H 値を決定より、重み係数 a_C 、 a_H を用いて、窓の η 値を決定する。

$$\eta = \frac{a_C \times \eta_C + a_H \times \eta_H}{a_C + a_H}$$

(2) 基準値計算用の住宅の部位ごとの U 値、 η 値決定の詳細

部位の熱貫流率を、部位別の熱貫流率の基準値、想定値とした場合、住戸全体の単位温度差当たりの外皮熱損失係数は、以下で表される。

$$q_{std,U} = \sum_i (A_i U_{std,i} H_i) + \sum_i (L_i \Psi_{std,i} H_i)$$

$q_{std,U}$	: 部位別の熱貫流率の基準値、想定値に基づく住戸全体の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計 (W/K)
$U_{std,i}$	: 外皮の部位 i の熱貫流率の基準値、想定値 (W/(m ² ・K))
$\Psi_{std,i}$	: 外皮の部位 i の線熱貫流率の基準値、想定値 (W/(m・K))
H_i	: 外皮の部位 i の温度差係数 (-)
A_i	: 外皮の部位 i の面積 (m ²)
L_i	: 外皮の部位 i の長さ (m)

日射が当たる部位 (屋根または天井、外壁、開口部) の部位の熱貫流率を、部位別の熱貫流率の基準値、想定値とした場合、上限値とした場合、下限値とした場合の日射が当たる部位の単位温度差当たりの外皮熱損失係数は、それぞれ、以下で表される。

$$q_{s,std,U} = \sum_i (A_{s,i} U_{s,std,i} H_i)$$

$$q_{s,max,U} = \sum_i (A_{s,i} U_{s,max,i} H_i)$$

$$q_{s,min,U} = \sum_i (A_{s,i} U_{s,min,i} H_i)$$

$q_{s,std,U}$	: 部位別の熱貫流率の基準値、想定値に基づく、日射が当たる部位 (屋根または天井、外壁、開口部) の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計 (W/K)
$q_{s,max,U}$	: 部位別の熱貫流率の上限値に基づく、日射が当たる部位 (屋根または天井、外壁、開口部) の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計 (W/K)
$q_{s,min,U}$	: 部位別の熱貫流率の下限値に基づく、日射が当たる部位 (屋根または天井、外壁、開口部) の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計 (W/K)
$U_{s,std,i}$	: 日射が当たる外皮の部位 (屋根または天井、外壁、開口部) i の熱貫流率の基準値、想定値 (W/(m ² ・K))
$U_{s,max,i}$	: 日射が当たる外皮の部位 (屋根または天井、外壁、開口部) i の熱貫流率の上限値 (W/(m ² ・K))
$U_{s,min,i}$	: 日射が当たる外皮の部位 (屋根または天井、外壁、開口部) i の熱貫流率の下限値 (W/(m ² ・K))
$A_{s,i}$	: 日射が当たる外皮の部位 (屋根または天井、外壁、開口部) i の面積 (m ²)

日射が当たらない部位 (床) の部位の熱貫流率を、部位別の熱貫流率の基準値、想定値とした場合、上限値とした場合、下限値とした場合の日射が当たらない部位の単位温度差当たりの外皮熱損失係数は、それぞれ、以下で表される。

$$q_{n,std,U} = \sum_i (A_{n,i} U_{n,std,i} H_i) + \sum_i (L_{n,i} \Psi_{n,std,i} H_i)$$

$$q_{n,max,U} = \sum_i (A_{n,i} U_{n,max,i} H_i) + \sum_i (L_{n,i} \Psi_{n,max,i} H_i)$$

$$q_{n,min,U} = \sum_i (A_{n,i} U_{n,min,i} H_i) + \sum_i (L_{n,i} \Psi_{n,min,i} H_i)$$

$q_{n,std,U}$	: 部位別の熱貫流率の基準値、想定値に基づく、日射が当たらない外皮の部位(床)の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計(W/K)
$q_{n,max,U}$	: 部位別の熱貫流率の上限値に基づく、日射が当たらない外皮の部位(床)の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計(W/K)
$q_{n,min,U}$	: 部位別の熱貫流率の下限値に基づく、日射が当たらない外皮の部位(床)の単位温度差当たりの外皮熱損失量の合計(W/K)
$U_{n,std,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(床)iの熱貫流率の基準値、想定値(W/(m ² ・K))
$U_{n,max,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(床)iの熱貫流率の上限値(W/(m ² ・K))
$U_{n,min,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(床)iの熱貫流率の下限値(W/(m ² ・K))
$\Psi_{n,std,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(土間床等の外周部)iの線熱貫流率の基準値、想定値(W/(m ² ・K))
$\Psi_{n,max,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(土間床等の外周部)iの線熱貫流率の上限値(W/(m ² ・K))
$\Psi_{n,min,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(土間床等の外周部)iの線熱貫流率の下限値(W/(m ² ・K))
$A_{n,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(床)iの面積(m ²)
$L_{n,i}$	: 日射が当たらない外皮の部位(土間床等の外周部)iの長さ(m)

基準値計算用の住戸の外皮平均熱貫流率が、外皮平均熱貫流率の基準値に一致するよう、部位別の熱貫流率の基準値、想定値を調整して、部位の熱貫流率を与える。その際に使用する熱貫流率の調整係数の範囲は、部位別の熱貫流率の上限値、下限値等より決定する。

$$f_{U,s,max} = \min \left(\frac{A_{total} U_{A,std} - q_{n,min,U} \times \max \left(\frac{U_{n,min,i}}{U_{n,std,i}}, \frac{\Psi_{n,min,i}}{\Psi_{n,std,i}} \right)}{q_{s,std,U}}, \min \left(\frac{U_{s,max,i}}{U_{s,std,i}} \right) \right)$$

$$f_{U,s,min} = \max \left(\frac{A_{total} U_{A,std} - q_{n,max,U} \times \min \left(\frac{U_{n,max,i}}{U_{n,std,i}}, \frac{\Psi_{n,max,i}}{\Psi_{n,std,i}} \right)}{q_{s,std,U}}, \max \left(\frac{U_{s,min,i}}{U_{s,std,i}} \right) \right)$$

$$f_{U,n,max} = \min \left(\frac{A_{total} U_{A,std} - q_{s,std,U} \times \max \left(\frac{U_{s,min,i}}{U_{s,std,i}} \right)}{q_{n,std,U}}, \min \left(\frac{U_{n,max,i}}{U_{n,std,i}}, \frac{\Psi_{n,max,i}}{\Psi_{n,std,i}} \right) \right)$$

$$f_{U,n,min} = \max \left(\frac{A_{total} U_{A,std} - q_{s,std,U} \times \min \left(\frac{U_{s,max,i}}{U_{s,std,i}} \right)}{q_{n,std,U}}, \max \left(\frac{U_{n,min,i}}{U_{n,std,i}}, \frac{\Psi_{n,min,i}}{\Psi_{n,std,i}} \right) \right)$$

A_{total}	: 総外皮面積(m ²)
$f_{U,s,max}$	: 日射が当たる外皮の部位の熱貫流率の調整係数の最大値(-)
$f_{U,s,min}$	: 日射が当たる外皮の部位の熱貫流率の調整係数の最小値(-)

$f_{U,n,max}$	: 日射が当たらない外皮の部位の熱貫流率の調整係数の最大値 (-)
$f_{U,n,min}$	: 日射が当たらない外皮の部位の熱貫流率の調整係数の最小値 (-)
$U_{A,std}$	: 外皮平均熱貫流率の基準値 (W/(m ² ・K))

熱貫流率の調整係数は、日射の当たる部位(屋根または天井、外壁、開口部)と、日射の当たらない部位(床)のそれぞれについて算出する。 U_A 値、 η_A 値の基準値を満たすように、基準値計算用の住宅の部位の熱貫流率と開口部の暖房期と冷房期の日射熱取得率を決定する。ただし、非現実的な設定は許容せず、暖房期と冷房期の開口部の日射熱取得率は 0 以上 0.88 以下、各部位の熱貫流率は上下限値の間の値とする。そのために、調整前の冷房期と暖房期の開口部の η 値が 0 未満または 0.88 超となる場合について、場合分けを行い、調整を実施する。

	調整前 $\eta_H < 0$ 暖房期の開口部以外からの日射熱取得が多い	$0 \leq$ 調整前 $\eta_H \leq 0$ 暖房期の日射熱取得が開口部の日射熱取得率で調整可能な範囲	$0.88 < \text{調整前 } \eta_H$ 暖房期の日射熱取得が少ない
調整前 $\eta_C < 0$ 冷房期の開口部以外からの日射熱取得が多い	より厳しい期間に合わせて $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100}{0.034 \times (AUv)}$	冷房期を優先して $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100}{0.034 \times (AUv)}$	U_A 値をもとに $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(AU_A)}{(AUH)}$
$0 \leq$ 調整前 $\eta_C \leq 0$ 冷房期の日射熱取得が開口部の日射熱取得率で調整可能な範囲	暖房期を優先して $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100}{0.034 \times (AUv)}$	U_A 値をもとに $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(AU_A)}{(AUH)}$	暖房期を優先して $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100 - 0.88 \times (Afv)}{0.034 \times (AUv)}$
$0.88 < \text{調整前 } \eta_C$ 冷房期の日射熱取得が少ない	U_A 値をもとに $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(AU_A)}{(AUH)}$	冷房期を優先して $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100 - 0.88 \times (Afv)}{0.034 \times (AUv)}$	より厳しい期間に合わせて $f_{U,s}$ を決定 $f_{U,s} = \frac{(A\eta_A)/100 - 0.88 \times (Afv)}{0.034 \times (AUv)}$

1) $\frac{(A\eta_A)_C/100 - 0.034 \times (AUv)_C}{(AUv)_C} < 0.00$ の場合

1-1) $\frac{(A\eta_A)_H/100 - 0.034 \times (AUv)_H}{(Afv)_H} < 0.00$ の場合

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \min \left(\frac{(A\eta_A)_C/100}{0.034 \times (AUv)_C}, \frac{(A\eta_A)_H/100}{0.034 \times (AUv)_H} \right) \right) \right)$$

1-2) $0.00 \leq \frac{(A\eta_A)_H/100 - 0.034 \times (AUv)_H}{(Afv)_H} \leq 0.88$ の場合

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(A\eta_A)_C/100}{0.034 \times (AUv)_C} \right) \right)$$

1-3) $0.88 < \frac{(A\eta_A)_H/100 - 0.034 \times (AUv)_H}{(Afv)_H}$ の場合

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(AU_A)}{(AUH)} \right) \right)$$

$$2) 0.00 \leq \frac{(A\eta_A)_C/100-0.034 \times (AUv)_C}{(Af v)_C} \leq 0.88 \text{ の場合}$$

$$2-1) \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} < 0.00 \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(A\eta_A)_H/100}{0.034 \times (AUv)_H} \right) \right)$$

$$2-2) 0.00 \leq \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} \leq 0.88 \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(AU_A)}{(AUH)} \right) \right)$$

$$2-3) 0.88 < \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(A\eta_A)_H/100-0.88 \times (Af v)_H}{0.034 \times (AUv)_H} \right) \right)$$

$$3) 0.88 < \frac{(A\eta_A)_C/100-0.034 \times (AUv)_C}{(Af v)_C} \text{ の場合}$$

$$3-1) \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} < 0.00 \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(AU_A)}{(AUH)} \right) \right)$$

$$3-2) 0.00 \leq \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} \leq 0.88 \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(A\eta_A)_C/100-0.88 \times (Af v)_C}{0.034 \times (AUv)_C} \right) \right)$$

$$3-3) 0.88 < \frac{(A\eta_A)_H/100-0.034 \times (AUv)_H}{(Af v)_H} \text{ の場合}$$

$$f_{U,s} = \min \left(f_{U,s,max}, \max \left(f_{U,s,min}, \frac{(A\eta_A)_C/100-0.88 \times (Af v)_C}{0.034 \times (AUv)_C}, \frac{(A\eta_A)_H/100-0.88 \times (Af v)_H}{0.034 \times (AUv)_H} \right) \right)$$

$f_{U,s}$	: 日射が当たる外皮の部位(屋根または天井、外壁、開口部)の熱貫流率を補正するための係数(-)
(AU_A)	: 総外皮面積と外皮平均熱貫流率の基準値の積(W/K)
$(A\eta_A)_H, (A\eta_A)_C$	: 暖房期と冷房期の総外皮面積と外皮平均日射熱取得率の基準値の積(m ²)
(AUH)	: 部位の面積・長さと熱貫流率の基準値、想定値と温度差係数の積の合計(W/K)
$(AUv)_H, (AUv)_C$	: 暖房期と冷房期の開口部以外の外皮の部位の面積と熱貫流率の基準値、想定値と方位係数の積の合計(W/K)
$(Af v)_H, (Af v)_C$	: 暖房期と冷房期の開口部の部位の面積と日射取得補正係数と方位係数の積の合計(W/K)

日射が当たる部位の熱貫流率の調整係数より、日射が当たらない部位の熱貫流率の調整係数を算出する。

$$f_{U,n} = \min \left(f_{U,n,max}, \max \left(f_{U,n,min}, \frac{(AU_A) - f_{U,s} \times q_{s,std,U}}{q_{n,std,U}} \right) \right)$$

$f_{U,n}$: 日射が当たらない外皮の部位(床)の熱貫流率を補正するための係数
(-)

日射が当たる部位の熱貫流率の調整係数を用いて、暖房期と冷房期の開口部の日射熱取得率を算出する。開口部の日射熱取得率は、暖房期と冷房期の日射熱取得率の重み係数で重み付け平均を取った値とする。重み係数は、現行の省エネルギー基準で η_A 値の基準値が規定されている冷房期の重みを 1 とし、暖房期の重みを 0 とする。他に、それぞれ 0.5 とする方法、現行の省エネルギー基準における熱負荷計算の暖冷房期間の設定をもとに重み付けを行う方法なども想定される。

$$\eta_H = \min \left(0.88, \max \left(0.00, \frac{(A\eta_A)_H / 100 - 0.034 \times (AUv)_H \times f_{U,s}}{(Afv)_H} \right) \right)$$

$$\eta_C = \min \left(0.88, \max \left(0.00, \frac{(A\eta_A)_C / 100 - 0.034 \times (AUv)_C \times f_{U,s}}{(Afv)_C} \right) \right)$$

$$\eta = \frac{a_C \times \eta_C + a_H \times \eta_H}{a_C + a_H}$$

$$a_C = 1$$

$$a_H = 0$$

η : 開口部の日射熱取得率 (-)
 η_H, η_C : 暖房期と冷房期の開口部の日射熱取得率 (-)
 a_H, a_C : 暖房期と冷房期の開口部の日射熱取得率の重み係数 (-)

熱貫流率の調整係数の算出にあたり用いる各種設定値は、以下のとおり。

$$(AU_A) = U_{A,s} \times A_{total}$$

$$(A\eta_A)_H = \eta_H \times A_{total}$$

$$(AUv)_H = \sum_i (A_{o,i} U_{o,s,i} v_{H,o,i})$$

$$(Afv)_H = \sum_i (A_{w,i} f_{H,w,i} v_{H,w,i})$$

$$(A\eta_A)_C = \eta_C \times A_{total}$$

$$(AUv)_C = \sum_i (A_{o,i} U_{o,s,i} v_{C,o,i})$$

$$(Afv)_C = \sum_i (A_{w,i} f_{C,w,i} v_{C,w,i})$$

$\eta_{A,H}, \eta_{A,C}$: 暖房期と冷房期の外皮平均日射熱取得率の基準値 (-)
 $U_{A,s}$: 外皮平均熱貫流率の基準値 (W/(m²・K))
 $U_{o,s,i}$: 開口部以外の外皮の部位 i の熱貫流率の基準値 (W/(m²・K))
 v_H, v_C : 暖房期と冷房期の部位の方位係数 (-)
 f_H, f_C : 暖房期と冷房期の部位の日射取得率補正係数 (-)
 A_{total} : 総外皮面積 (m²)
 A : 部位の面積 (m²)
添字 o, i : 開口部以外の外皮の第 i 番目の部位
添字 w, i : 開口部の外皮の第 i 番目の部位

暖房期と冷房期の部位の日射取得率補正係数は、省エネルギー基準における日射熱取得係数²⁹のガラス仕様の区分 1 の値を、地域、方位に応じて使用する。壁面からの日除けの張り出し寸法に対する窓の開口高さ寸法が 3 倍となるような庇が窓の直上に設置されていることを想定する($l_1=0$ 、 $l_2=3$)。8 地域の日射取得率補正係数については、8 地域の冷房期の日射取得率補正係数の値を使用する。

表 3.4.3 日射取得率補正係数($l_1=0$ 、 $l_2=3$)²⁹

		1 地域	2 地域	3 地域	4 地域	5 地域	6 地域	7 地域	8 地域
冷房期	上	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	北	0.667	0.670	0.667	0.665	0.669	0.659	0.655	0.660
	北東	0.671	0.666	0.663	0.657	0.662	0.659	0.658	0.653
	東	0.680	0.671	0.659	0.670	0.665	0.669	0.670	0.671
	南東	0.626	0.621	0.610	0.608	0.619	0.613	0.607	0.632
	南	0.515	0.524	0.510	0.501	0.541	0.541	0.536	0.586
	南西	0.622	0.622	0.621	0.607	0.625	0.614	0.605	0.629
	西	0.678	0.671	0.679	0.663	0.665	0.671	0.670	0.671
	北西	0.671	0.667	0.668	0.658	0.66	0.664	0.660	0.658
	下	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
暖房期	上	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	—
	北	0.683	0.682	0.680	0.683	0.691	0.689	0.698	—
	北東	0.665	0.666	0.662	0.658	0.658	0.655	0.657	—
	東	0.684	0.684	0.676	0.679	0.689	0.686	0.684	—
	南東	0.697	0.689	0.684	0.675	0.699	0.703	0.693	—
	南	0.691	0.666	0.675	0.655	0.693	0.683	0.691	—
	南西	0.692	0.682	0.684	0.675	0.696	0.685	0.696	—
	西	0.682	0.685	0.680	0.677	0.687	0.686	0.686	—
	北西	0.667	0.666	0.663	0.657	0.662	0.660	0.661	—
	下	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	—

²⁹ 平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅)

2. エネルギー消費性能の算定方法 2.1 算定方法 第三章 暖冷房負荷と外皮性能 第四節 日射熱取得率
付録 B 大部分がガラスで構成されている窓等の開口部における取得日射熱補正係数 表 2

平成 30 年 10 月 1 日更新

3.4.4 基準値計算用住戸の外皮性能

基準値計算用住戸の外皮性能の決定にあたり使用する外皮平均熱貫流率 U_A 値及び平均日射熱取得率 η_A 値の基準値は、現行の省エネルギー基準に倣い、以下のとおりとする。8 地域の暖房期の平均日射熱取得率については、8 地域の冷房期の平均日射熱取得率の値を使用する。

表 3.4.4 外皮性能に関する基準値²⁷

	住宅の種別	別表 4 に掲げる地域区分							
		1	2	3	4	5	6	7	8
外皮平均熱貫流率 (単位 1 平方メートル 1 度につきワット)	一戸建ての住宅	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87	2.14
	共同住宅等	0.41	0.41	0.44	0.69	0.75	0.75	0.75	1.67
暖房期の平均 日射熱取得率	一戸建ての住宅	2.5	2.3	2.7	3.7	4.5	4.3	4.6	－
	共同住宅等	1.5	1.3	1.5	1.8	2.1	2.0	2.1	－
冷房期の平均 日射熱取得率	一戸建ての住宅	1.9	1.9	2.0	2.7	3.0	2.8	2.7	3.2
	共同住宅等	1.1	1.1	1.1	1.4	1.5	1.4	1.3	2.4

基準値計算用の窓の熱貫流率の想定値は、下表の開口部比率の区分(ろ)を参考とする。8 地域の窓の熱貫流率については、7 地域の窓の熱貫流率の値を使用する。

省エネルギー基準解説書²⁶p.67 より、1～3地域で累積住戸割合が約 50%となる開口部比率区分は 8%未満、p.74 より 4～7 地域では同 9%未満である。また、これらの開口部比率区分はそれぞれ、(い)区分相当と(ろ)区分相当の間に位置する。そのため、平均的な住戸では開口部比率の区分(ろ)の性能を満たすと想定して、決定した。

表 3.4.5 開口部の熱貫流率の基準値³⁰

開口部比率の区分	熱貫流率の基準値 (単位 1 平方メートル 1 度につきワット)							
	地域区分							
	1	2	3	4	5	6	7	8
(い)	2.91	2.91	2.91	4.70	6.51	6.51	6.51	
(ろ)	2.33	2.33	2.33	3.49	4.65	4.65	4.65	
(は)	1.90	1.90	1.90	2.91	4.07	4.07	4.07	
(に)	1.60	1.60	1.60	2.33	3.49	3.49	3.49	

³⁰ 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針の一部を改正する告示(平成 28 年 4 月 1 日施行)

基準値計算用の部位別の熱貫流率の基準値または想定値は、現行の省エネルギー基準等を参考に、以下のとおりとする。

表 3.4.6 部位別の熱貫流率の基準値、想定値[W/(m²・K)](土間床等の外周部の線熱貫流率[W/(m・K)])

		1 地域	2 地域	3 地域	4 地域	5 地域	6 地域	7 地域	8 地域
その他の住宅	屋根または天井	0.17	0.17	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	壁	0.35	0.35	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	4.10
	床	0.34	0.34	0.34	0.48	0.48	0.48	0.48	3.52
	窓	2.33	2.33	3.49	4.65	4.65	4.65	4.65	6.51
	土間床等の外周部	0.53	0.53	0.53	0.76	0.76	0.76	0.76	1.80

屋根または天井・壁・床・土間床等の外周部分の基礎・窓・ドア:改正設計施工指針²⁷

壁・床(8 地域):RC150mm(無断熱)を想定

窓(8 地域):単板ガラスの熱貫流率を想定

土間床等の外周部(8 地域):土間床等の外周部及び基礎等の線熱貫流率の入力を行わない場合の値

基準値計算用の部位別の熱貫流率は、その逆数である部位の熱抵抗が、室内側と屋外側(隣接住戸室内側)の表面熱伝達抵抗と、合板またはせっこうボードの熱抵抗の合計を上回るよう、上限値を以下のとおり設定する。ただし、窓は単板ガラスを想定した。土間床等の外周部は、省エネルギー基準における土間床等の外周部及び基礎等の線熱貫流率の入力を行わない場合に用いられる値とした。

表 3.4.7 部位別の熱貫流率の上限値

	熱貫流率 の上限値 [W/m ² K]	(参考) 想定する表面熱伝達抵抗※		備考
		室内側表面 熱伝達抵抗[m ² K/W]	屋外側表／隣接住戸室内面 熱伝達抵抗[m ² K/W]	
屋根・天井	5.77	0.09	0.04	せっこうボード 9.5mm
外壁	5.18	0.11	0.04	せっこうボード 9.5mm
床	3.77	0.15	0.04	合板 12mm
界床(天井)	4.48	0.09	0.09	せっこうボード 9.5mm
界壁	3.80	0.11	0.11	せっこうボード 9.5mm
界床	2.67	0.15	0.15	合板 12mm
窓	6.51	－	－	単板ガラス
土間床等の外周部	1.80W/mK	－	－	

※参考:省エネルギー基準解説書²⁶ II 住宅 p.224 表 A.2

基準値計算用の部位別の熱貫流率の下限値は、十分に小さい値(0.001W/m² K、0.001W/mK)とする。

3.5 簡易化された入力情報の推定方法

3.5.1 推定方法案の概要

推定方法の大まかな流れと、推定のレベル別に考慮される建物性能を示す。推定方法の詳細は後述する。部位の U 値のみ入力情報として得られ、壁体の構成に関する情報が得られていない場合は、後述の部位の U 値から壁体構成を決定する方法により、壁体構成を決定する。

表 3.5.1 入力情報別推定の仮定等

入力情報		含まれる情報						仮定・備考
		外皮		窓		内壁		
		性能・構成	面積	性能 $U \cdot \eta$	面積	性能 U	面積	
簡易負荷計算用		用途別・部位別・方位別	用途別・部位別・方位別	用途別・方位別 $U \cdot \eta$	用途別・方位別	用途別	用途別	
		↑	↑	↑	↑	↑	↑	・簡易熱負荷計算用に情報を整理
① 外皮性能計算プログラム 1	・外皮性能計算プログラム ＋ ・外皮の用途別情報 ・内壁の面積と壁体構成	用途別・部位別・方位別	用途別・部位別・方位別	用途別・方位別 $U \cdot \eta$	用途別・方位別	用途別	用途別	
		↑	↑	↑	↑	↑	↑	・内壁面積を外皮の用途別情報等より推定 ・内壁壁体構成を仮定
② 外皮性能計算プログラム 2	・外皮性能計算プログラム ＋ ・外皮の用途別情報 ・用途別床面積	用途別・部位別・方位別	用途別・部位別・方位別	用途別・方位別 $U \cdot \eta$	用途別・方位別	×	×	
		↑	↑	↑	↑			・外皮を用途別に割り振る
③ 外皮性能計算プログラム 3	・外皮性能計算プログラム ＋ ・用途別床面積	部位別・方位別	部位別・方位別	方位別 $U \cdot \eta$	方位別	×	×	
		↑	↑	↑	↑			・部位別・方位別の外皮面積を延床面積より推定
④ 当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法 ＋ ・用途別床面積	・当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法 ＋ ・用途別床面積	部位別	×	$U \cdot \eta$	×	×	×	

※赤字は、推定を行う段階・項目を示す。

表 3.5.2 入力情報別推定で考慮される建物性能等

入力情報	考慮される建物性能				
	外皮性能	外皮面積	主方位	プラン	熱橋
①外皮性能計算プログラム＋外皮用途別情報 ＋内壁情報	○	○	○	○	○
②外皮性能計算プログラム外皮性能計算プログラム ＋外皮用途別情報	○	○	○	○	○
③外皮性能計算プログラム＋用途別床面積	○	○	○	×	○
④当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに 外皮性能を評価する方法	○	×	×	×	×

3.5.2 推定方法案の詳細

① 外皮性能計算プログラム+外皮用途別情報+内壁情報

外皮性能計算プログラムに、外皮の用途別情報ならびに、内壁の面積および熱貫流率の情報を追加したものより、各室の換気の設定、床の判定等を行う。

用途別床面積が 0 m²より大きい室について、簡易熱負荷計算の対象とみなし、簡易熱負荷計算に必要な情報の整理を行う。

床下空間については、床下空間に属する方位が下面の部位の面積および土間床等の面積の合計が 0 m²より大きい場合に、熱負荷計算の対象とみなす。

$$A_{\text{underfloor}} = \sum_i (A_{\text{Wall,underfloor,down},i}) + \sum_i (A_{\text{Window,underfloor,down},i}) + \sum_i (A_{\text{Door,underfloor,down},i}) + \sum_i (A_{\text{Earthfloor,underfloor},i})$$

$A_{\text{underfloor}}$	: 床下空間の床面積 (m ²)
$A_{\text{Wall,underfloor,down},i}$	: 床下空間に属する方位が下面の一般部位 (屋根、天井、外壁、床) の部位 i の面積 (m ²)
$A_{\text{Window,underfloor,down},i}$	: 床下空間に属する方位が下面の窓の部位 i の面積 (m ²)
$A_{\text{Door,underfloor,down},i}$	: 床下空間に属する方位が下面のドアの部位 i の面積 (m ²)
$A_{\text{Earthfloor,underfloor},i}$	: 床下空間に属する土間床等の部位 i の面積 (m ²)

簡易熱負荷計算の対象の室の気積および換気の設定を行う。

室の換気量は、住戸全体の気積の 0.5 回/h 相当とする。住戸全体の気積は、天井高を 2.4m と仮定し、延床面積より算出する。外気は、主たる居室およびその他の居室に、床面積比に応じて供給されるものとする。主たる居室およびその他の居室に供給された外気風量と同量の空気が、主たる居室およびその他の居室から非居室に供給され、非居室から排気されるものとする。

床下空間の外気の入入れは考慮しない。室と床下空間の間の空気の移動量の与え方は、今後の検討課題である。床下空間の気積は、天井高を 0.4m と仮定して、床下空間の床面積より算出する。

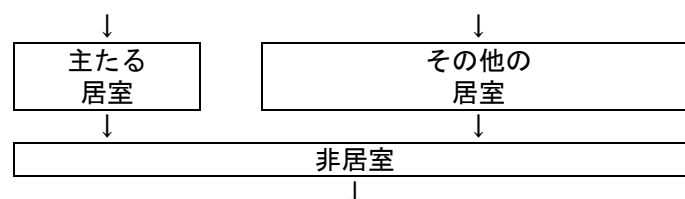


図 3.5.1 換気経路

$$\begin{aligned}
 h &= 2.4 & h_{UF} &= 0.4 \\
 V &= Ah & V_{UF} &= A_{UF}h_{UF} \\
 N &= 0.5
 \end{aligned}$$

$$V_{OA-MR} = NV \cdot \frac{A_{MR}}{A_{MR}+A_{OR}} \quad V_{OA-OR} = NV \cdot \frac{A_{OR}}{A_{MR}+A_{OR}}$$

$$V_{MR-NR} = V_{OA-MR} \quad V_{OR-NR} = V_{OA-OR}$$

A	: 延床面積 (㎡)
A_{MR}, A_{OR}	: 主たる居室・その他の居室の床面積 (㎡)
V, V_{UF}	: 住戸全体・床下空間の気積 (㎡)
h, h_{UF}	: 室・床下空間の天井高 (m)
N	: 住戸全体の換気回数 (回/h)
V_{OA-MR}, V_{OA-OR}	: 主たる居室・その他の居室への外気の流入量 (㎡/h)
V_{MR-NR}, V_{OR-NR}	: 主たる居室・その他の居室から非居室への空気の流入量 (㎡/h)

面積を持つ部位について、方位が下面の外皮の部位、土間床等、住戸内部の床(床下空間上の床、室上の床)を、床であると判定する。床であるか否かの情報は、簡易熱負荷計算において、室の透過日射の分配に使用される。

壁等の層構成を入力せずに熱貫流率を入力する場合、および、当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法を用いる場合には、部位の層構成を与える必要がある。部位の層構成は、入力値である部位種別の熱貫流率をもとに、部位の U 値から壁体構成を決定する方法により決定する。

木造の一般部位の詳細計算法の入力においては、一般部位の部分の見付面積と層構成が入力される。

簡易熱負荷計算への入力情報の受け渡しの際には、一部分を一部位要素として扱い、面積は部分の見付面積の入力値とする。

材料の熱抵抗(厚および熱伝導率)の情報は得られるものの容積比熱が不明の層は、容積比熱を $0\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ として扱う(3.5.4)。

木造の一般部位の面積比率法(充填断熱する場合又は充填断熱し付加断熱する場合)(簡略計算方法①)の入力においては、一般部位の面積、構法／工法の種類等、部分の層構成が入力される。

簡易熱負荷計算への入力情報の受け渡しの際には、一部分を一部位要素として扱う。面積は、一般部位の面積と、木造住宅の建て方及び構法／工法の種類等に応じて与えられる面積比率³¹より算出する。

材料の熱抵抗(厚および熱伝導率)の情報は得られるものの容積比熱が不明の層は、容積比熱を $0\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ として扱う(3.5.4)。

$$A_{Wall,i,k} = a_{i,k}A_{Wall,i}$$

$A_{Wall,i}$	: 一般部位(屋根、天井、外壁、床)の部位 i の面積 (㎡)
$a_{i,k}$	: 一般部位(屋根、天井、外壁、床)の部位 i の部位 k の面積比率 (-)

³¹平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅)

2. エネルギー消費性能の算定方法 2.1 算定方法

第三章 暖冷房負荷と外皮性能 第三節 熱貫流率及び線熱貫流率

平成 30 年 10 月 1 日更新

表 3.5.3 木造における床の面積比率³¹

工法の種類等			面積比率				
			熱橋部分（軸組部分）		断熱部分（一般部分）		
軸組構法	床梁工法	根太間に断熱する場合	0.20		0.80		
	束立大引工法	根太間に断熱する場合	0.20		0.80		
		大引間に断熱する場合	0.15		0.85		
		根太間及び大引間に断熱する場合	断熱部分	断熱部分＋熱橋部分		熱橋部分	
			根太間断熱材＋大引間断熱材	根太間断熱材＋大引材等	根太材＋大引間断熱材	根太材＋大引材等	
			0.72	0.12	0.13	0.03	
	剛床工法	熱橋部分（軸組部分）		断熱部分（一般部分）			
		0.15		0.85			
	床梁土台同面工法	根太間に断熱する場合	0.30		0.70		
桝組壁工法	根太間に断熱する場合		0.13		0.87		

表 3.5.4 木造における外壁(界壁)の面積比率³¹

工法の種類等			面積比率			
			熱橋部分（軸組部分）		断熱部分（一般部分）	
軸組構法	桁・梁間に断熱する場合		0.17		0.83	
	柱・間柱間に断熱し 付加断熱する場合		断熱部分	断熱部分＋熱橋部分		熱橋部分
			柱・間柱間断熱材＋付加断熱材	柱・間柱間断熱材＋付加断熱層内熱橋部分	構造部材等＋付加断熱材	構造部材等＋付加断熱層内熱橋部分
			付加断熱層内熱橋部分が「横下地」の場合	0.75	0.08	0.12
			付加断熱層内熱橋部分が「縦下地」の場合	0.79	0.04	0.13
桝組壁工法	たて桝間に断熱する場合		熱橋部分（軸組部分）		断熱部分（一般部分）	
			0.23		0.77	
	たて桝間に断熱し 付加断熱する場合		断熱部分	断熱部分＋熱橋部分		熱橋部分
			充填断熱材＋付加断熱材	充填断熱材＋付加断熱層内熱橋部	構造部材等＋付加断熱材	構造部材等＋付加断熱層内熱橋部
			付加断熱層内熱橋部が「横下地」の場合	0.69	0.08	0.14
			付加断熱層内熱橋部が「縦下地」の場合	0.76	0.01	0.02
					0.02	0.20

表 3.5.5 木造における天井の面積比率³¹

工法の種類等		面積比率	
		熱橋部分	断熱部分
桁・梁間に断熱する場合		0.13	0.87

表 3.5.6 木造における屋根の面積比率³¹

工法の種類等		面積比率		
		熱橋部分	断熱部分	
たる木間に断熱する場合		0.14	0.86	
たる木間に断熱し 付加断熱（横下地）する場合	断熱部分	断熱部分＋熱橋部分		熱橋部分
	たる木間断熱材＋付加断熱材	たる木間断熱材＋付加断熱層内熱橋部（下地たる木）	構造部材＋付加断熱材	構造部材＋付加断熱層内熱橋部（下地たる木）
	0.79	0.08	0.12	0.01

木造の一般部位の熱貫流率補正法(簡略計算方法②)の入力においては、一般部位の面積、断熱工法等、断熱部分の層構成が入力される。簡易熱負荷計算への入力情報の受け渡しの際には、一般部位の面積と、断熱工法等に応じて与えられる補正熱貫流率により断熱部分の層構成を調整した層構成の情報を受け渡す。層構成の調整は、補正熱貫流率により断熱部分の熱貫流率を補正した部位の熱貫流率に一致するよう、断熱部分の層構成の断熱材の厚を低減する。厚を調整する断熱材は、層構成のうち、熱伝導率の小さい材料とする。

$$U_i = \frac{1}{R_{t,i}} + U_{r,i}$$

U_i : 一般部位 i の熱貫流率 (W/(m²・K))
 $R_{t,i}$: 一般部位 i の断熱部分の熱抵抗 (m²・K/W)
 $U_{r,i}$: 一般部位 i の補正熱貫流率 (W/(m²・K))

表 3.5.7 木造における一般部位の断熱工法等に応じた補正熱貫流率³¹

部位	断熱工法等	補正熱貫流率 U_r	
		軸組構法	枠組壁工法
床・上階側界床・下階側界床	—	0.13	0.08
外壁 界壁	充填断熱(柱・間柱間に断熱)する場合 充填断熱(柱・間柱間に断熱)し付加断熱する場合	0.09	0.13
	土壁で外張断熱の場合	0.04	
	土壁以外で外張断熱の場合	0.02	
	天井	0.05	
屋根	桁・梁間に断熱する場合 充填断熱(たるき間に断熱)する場合 充填断熱(たるき間に断熱)し付加断熱する場合	0.11	
	外張断熱工法	0.02	

鉄骨造の一般部位の入力においては、一般部位の面積、「外装材+断熱補強材」の熱抵抗、断熱部分の層構成が入力される。簡易熱負荷計算への入力情報の受け渡しの際には、一般部位の面積と、「外装材+断熱補強材」の熱抵抗等に応じて与えられる補正熱貫流率により断熱部分の層構成を調整した層構成の情報を受け渡す。層構成の調整は、補正熱貫流率により断熱部分の熱貫流率を補正した部位の熱貫流率に一致するよう、断熱部分の層構成の断熱材の厚を低減する。厚を調整する断熱材は、層構成のうち、熱伝導率の小さい材料とする。

表 3.5.8 鉄骨造における一般部位の熱橋部分(柱及び梁以外)の仕様に応じた補正熱貫流率³¹

「外装材+断熱補強材」の熱抵抗 (m ² ・K/W)	補正熱貫流率 U_r
1.7 以上	0.00
1.7 未満 1.5 以上	0.10
1.5 未満 1.3 以上	0.13
1.3 未満 1.1 以上	0.14
1.1 未満 0.9 以上	0.18
0.9 未満 0.7 以上	0.22
0.7 未満 0.5 以上	0.40
0.5 未満 0.3 以上	0.45
0.3 未満 0.1 以上	0.60
0.1 未満	0.70

② 外皮性能計算プログラム＋外皮用途別情報

外皮性能計算プログラムに、外皮の用途別情報を追加したものより、内壁等（建物内部の壁、天井、床）の面積の推定および層構成の決定を行う。

平成 29 年度案に提案した推定方法では、建物内部の天井と床の区別は行っていなかった。しかしながら、建物内部の天井面積は、床面積等より推定可能であるため、天井と床の区別を行う等の変更を行っている。

室と床下空間の間の床は、仕様を想定して与える（合板 12mm）。

内壁等の熱貫流率は一般的な仕様を想定して与える（石膏ボード 12.5mm－非密閉空気層－石膏ボード 12.5mm）。室内戸は考慮しない。

床下空間上の床面積（基礎断熱の床下空間上の 1 階床の面積）は、床下空間に属する土間床等面積、もしくは、床面積と方位が「下面」である外皮等との面積の差のうち、小さい方の面積に等しいとする。床下空間上の床面積は、室用途別の床面積と方位が「下面」である外皮等との面積の差に応じて各用途に割り当てる。

$$A_{dif,MR} = \max(0, A_{MR} - \sum_i A_{of,MR,i} - \sum_i A_{ef,MR,i})$$

$$A_{dif,OR} = \max(0, A_{OR} - \sum_i A_{of,OR,i} - \sum_i A_{ef,OR,i})$$

$$A_{dif,NR} = \max(0, A_{NR} - \sum_i A_{of,NR,i} - \sum_i A_{ef,NR,i})$$

A_{MR}, A_{OR}, A_{NR}

主たる居室、その他の居室、非居室の床面積 (m²)

$A_{of,MR,i}, A_{of,OR,i}, A_{of,NR,i}$

方位が「下面」である主たる居室、その他の居室、非居室の外皮の部位（一般部位又は開口部）i の面積 (m²)

$A_{ef,MR,i}, A_{ef,OR,i}, A_{ef,NR,i}$

主たる居室、その他の居室、非居室の土間床 i の面積 (m²)

$A_{dif,MR}, A_{dif,OR}, A_{dif,NR}$

主たる居室、その他の居室、非居において、方位が「下面」の部位の面積と土間床等の面積の合計と、床面積の差 (m²)

$$A_{gf} = \min(A_{dif,MR} + A_{dif,OR} + A_{dif,NR}, \sum_i A_{b,i})$$

A_{gf}

室と床下空間の間の床面積の合計 (m²)

$A_{b,i}$

床下空間に属する土間床等の部位 i の面積 (m²)

$$A_{gf,MR} = A_{gf} \times \frac{A_{dif,MR}}{A_{dif,MR} + A_{dif,OR} + A_{dif,NR}}$$

$$A_{gf,OR} = A_{gf} \times \frac{A_{dif,OR}}{A_{dif,MR} + A_{dif,OR} + A_{dif,NR}}$$

$$A_{gf,NR} = A_{gf} \times \frac{A_{dif,NR}}{A_{dif,MR} + A_{dif,OR} + A_{dif,NR}}$$

$A_{gf,MR}, A_{gf,OR}, A_{gf,NR}$

主たる居室、その他の居室、非居室と床下空間の間の床の面積 (m²)

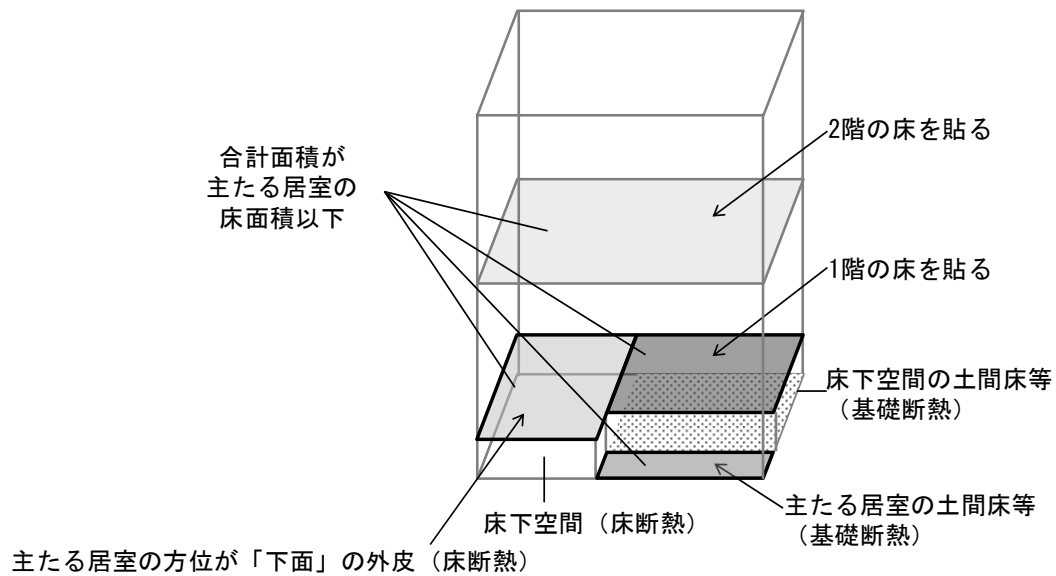


図 3.5.2 床下空間上の床面積・室上の床面積の推定方法のイメージ

室上の床面積は、床面積より、床面積と方位が「下面」である外皮等の面積、床下空間上の床面積、土間床等の面積を差し引いた面積とする。

$$A_{if,MR} = \max \left(0, A_{MR} - (A_{gf,MR} + \sum_i A_{of,MR,i} + \sum_i A_{ef,MR,i}) \right)$$

$$A_{if,OR} = \max \left(0, A_{OR} - (A_{gf,OR} + \sum_i A_{of,OR,i} + \sum_i A_{ef,OR,i}) \right)$$

$$A_{if,NR} = \max \left(0, A_{NR} - (A_{gf,NR} + \sum_i A_{of,NR,i} + \sum_i A_{ef,NR,i}) \right)$$

$A_{if,MR}$

$A_{if,OR}$

$A_{if,NR}$

その他の居室または非居室との間の、主たる居室の床の面積 (㎡)

主たる居室または非居室との間の、その他の居室の床の面積 (㎡)

主たる居室またはその他の居室との間の、非居室の床の面積 (㎡)

2用途間の室上の床面積と、室下の天井面積は、下式により推定する。

なお、各用途の方位が「上面」である外皮等の面積と、室上の床面積と、その用途自身の上の床面積(例:1階の非居室の上に2階の非居室が位置する場合)の合計は、天井面が水平な室では用途別床面積に一致すると考えられる。しかしながら、ここでは簡単のため、このような整合性は考慮しない。

$A_{MR} > 0, A_{OR} > 0, A_{NR} > 0$ の場合

$$\begin{aligned} A_{if,MR,OR} &= A_{if,MR,NR} = A_{ic,OR,MR} = A_{ic,NR,MR} = \frac{A_{if,MR}}{2} \\ A_{if,OR,MR} &= A_{if,OR,NR} = A_{ic,MR,OR} = A_{ic,NR,OR} = \frac{A_{if,OR}}{2} \\ A_{if,NR,MR} &= A_{if,NR,OR} = A_{ic,MR,NR} = A_{ic,OR,NR} = \frac{A_{if,NR}}{2} \end{aligned}$$

$A_{MR} = 0, A_{OR} > 0, A_{NR} > 0$ の場合

$$\begin{aligned} A_{if,MR,OR} &= A_{if,MR,NR} = A_{if,OR,MR} = A_{if,NR,MR} = 0 \\ A_{ic,MR,OR} &= A_{ic,MR,NR} = A_{ic,OR,MR} = A_{ic,NR,MR} = 0 \\ A_{if,OR,NR} &= A_{ic,NR,OR} = A_{if,OR} \\ A_{if,NR,OR} &= A_{ic,OR,NR} = A_{if,NR} \end{aligned}$$

$A_{MR} > 0, A_{OR} = 0, A_{NR} > 0$ の場合

$$\begin{aligned} A_{if,MR,NR} &= A_{ic,NR,MR} = A_{if,MR} \\ A_{if,OR,MR} &= A_{if,OR,NR} = A_{if,MR,OR} = A_{if,NR,OR} = 0 \\ A_{ic,OR,MR} &= A_{ic,OR,NR} = A_{ic,MR,OR} = A_{ic,NR,OR} = 0 \\ A_{if,NR,MR} &= A_{ic,MR,NR} = A_{if,NR} \end{aligned}$$

$A_{MR} > 0, A_{OR} > 0, A_{NR} = 0$ の場合

$$\begin{aligned} A_{if,MR,OR} &= A_{ic,OR,MR} = A_{if,MR} \\ A_{if,OR,MR} &= A_{ic,MR,OR} = A_{if,OR} \\ A_{if,NR,MR} &= A_{if,NR,OR} = A_{if,MR,NR} = A_{if,OR,NR} = 0 \\ A_{ic,NR,MR} &= A_{ic,NR,OR} = A_{ic,MR,NR} = A_{ic,OR,NR} = 0 \end{aligned}$$

上記以外の場合

$$\begin{aligned} A_{if,MR,OR} &= A_{if,MR,NR} = A_{if,OR,MR} = A_{if,OR,NR} = A_{if,NR,MR} = A_{if,NR,OR} = 0 \\ A_{ic,MR,OR} &= A_{ic,MR,NR} = A_{ic,OR,MR} = A_{ic,OR,NR} = A_{ic,NR,MR} = A_{ic,NR,OR} = 0 \end{aligned}$$

$A_{if,MR,OR}$	その他の居室との間の、主たる居室の床の面積(m ²)
$A_{if,MR,NR}$	非居室との間の、主たる居室の床の面積(m ²)
$A_{if,OR,MR}$	主たる居室との間の、その他の居室の床の面積(m ²)
$A_{if,OR,NR}$	非居室との間の、その他の居室の床の面積(m ²)
$A_{if,NR,MR}$	主たる居室との間の、非居室の床の面積(m ²)
$A_{if,NR,OR}$	その他の居室との間の、非居室の床の面積(m ²)
$A_{ic,MR,OR}$	その他の居室との間の、主たる居室の天井の面積(m ²)
$A_{ic,MR,NR}$	非居室との間の、主たる居室の天井の面積(m ²)
$A_{ic,OR,MR}$	主たる居室との間の、その他の居室の天井の面積(m ²)
$A_{ic,OR,NR}$	非居室との間の、その他の居室の天井の面積(m ²)
$A_{ic,NR,MR}$	主たる居室との間の、非居室の天井の面積(m ²)
$A_{ic,NR,OR}$	その他の居室との間の、非居室の天井の面積(m ²)

室上の床面積は、室下の天井面積の推定式は、以下の仮定等に基づく。

各用途の室上の床面積は、その用途と他の 2 用途の間の室上の床面積の合計に等しい。

$$A_{if,MR} = A_{if,MR,NR} + A_{if,MR,OR}$$

$$A_{if,OR} = A_{if,OR,MR} + A_{if,OR,NR}$$

$$A_{if,NR} = A_{if,NR,MR} + A_{if,NR,OR}$$

2 用途の間の天井面積は、その 2 用途の間の床面積と一致するものとする。

$$A_{if,MR,OR} = A_{ic,OR,MR}$$

$$A_{if,MR,NR} = A_{ic,NR,MR}$$

$$A_{if,OR,MR} = A_{ic,MR,OR}$$

$$A_{if,OR,NR} = A_{ic,NR,OR}$$

$$A_{if,NR,MR} = A_{ic,MR,NR}$$

$$A_{if,NR,OR} = A_{ic,OR,NR}$$

各用途と他の 2 用途との間の室下の天井面積の比率は、他の 2 用途の室上の床面積比率に一致すると仮定する。

$$A_{ic,MR,OR} : A_{ic,MR,NR} = A_{if,OR,MR} : A_{if,NR,MR} = A_{if,OR} : A_{if,NR}$$

$$A_{ic,OR,MR} : A_{ic,OR,NR} = A_{if,MR,OR} : A_{if,NR,OR} = A_{if,MR} : A_{if,NR}$$

$$A_{ic,NR,MR} : A_{ic,NR,OR} = A_{if,MR,NR} : A_{if,OR,NR} = A_{if,MR} : A_{if,OR}$$

ある用途の床面積が 0 m²のときは、その用途と他の 2 用途との間の室上の床面積、室下の天井面積は 0 m²とする。

$A_{MR} = 0$ の場合

$$A_{ic,MR,OR} = A_{ic,MR,NR} = A_{if,MR,OR} = A_{if,MR,NR} = 0$$

$A_{OR} = 0$ の場合

$$A_{ic,OR,MR} = A_{ic,OR,NR} = A_{if,OR,MR} = A_{if,OR,NR} = 0$$

$A_{NR} = 0$ の場合

$$A_{ic,NR,MR} = A_{ic,NR,OR} = A_{if,NR,MR} = A_{if,NR,OR} = 0$$

以上の仮定等より、 $A_{MR} > 0$, $A_{OR} > 0$, $A_{NR} > 0$ の場合には、 $A_{if,NR,MR}$ は以下のとおり算出される。他の2用途間の面積についても同様である。

$$\begin{aligned}
 A_{if,MR,OR} &= A_{if,MR} - A_{if,MR,NR} \\
 &= A_{if,MR} - A_{if,OR,NR} \cdot \frac{A_{if,MR}}{A_{if,OR}} \\
 &= A_{if,MR} - (A_{if,OR} - A_{if,OR,MR}) \cdot \frac{A_{if,MR}}{A_{if,OR}} \\
 &= A_{if,MR} - \left(A_{if,OR} - A_{if,NR,MR} \cdot \frac{A_{if,OR}}{A_{if,NR}} \right) \cdot \frac{A_{if,MR}}{A_{if,OR}} \\
 &= A_{if,NR,MR} \cdot \frac{A_{if,MR}}{A_{if,NR}} \\
 A_{if,MR} : A_{if,NR} &= A_{if,MR,OR} : A_{if,NR,OR} = A_{if,NR,MR} \cdot \frac{A_{if,MR}}{A_{if,NR}} : A_{if,NR} - A_{if,NR,MR} \\
 \therefore A_{if,NR,MR} &= \frac{A_{if,NR}}{2}
 \end{aligned}$$

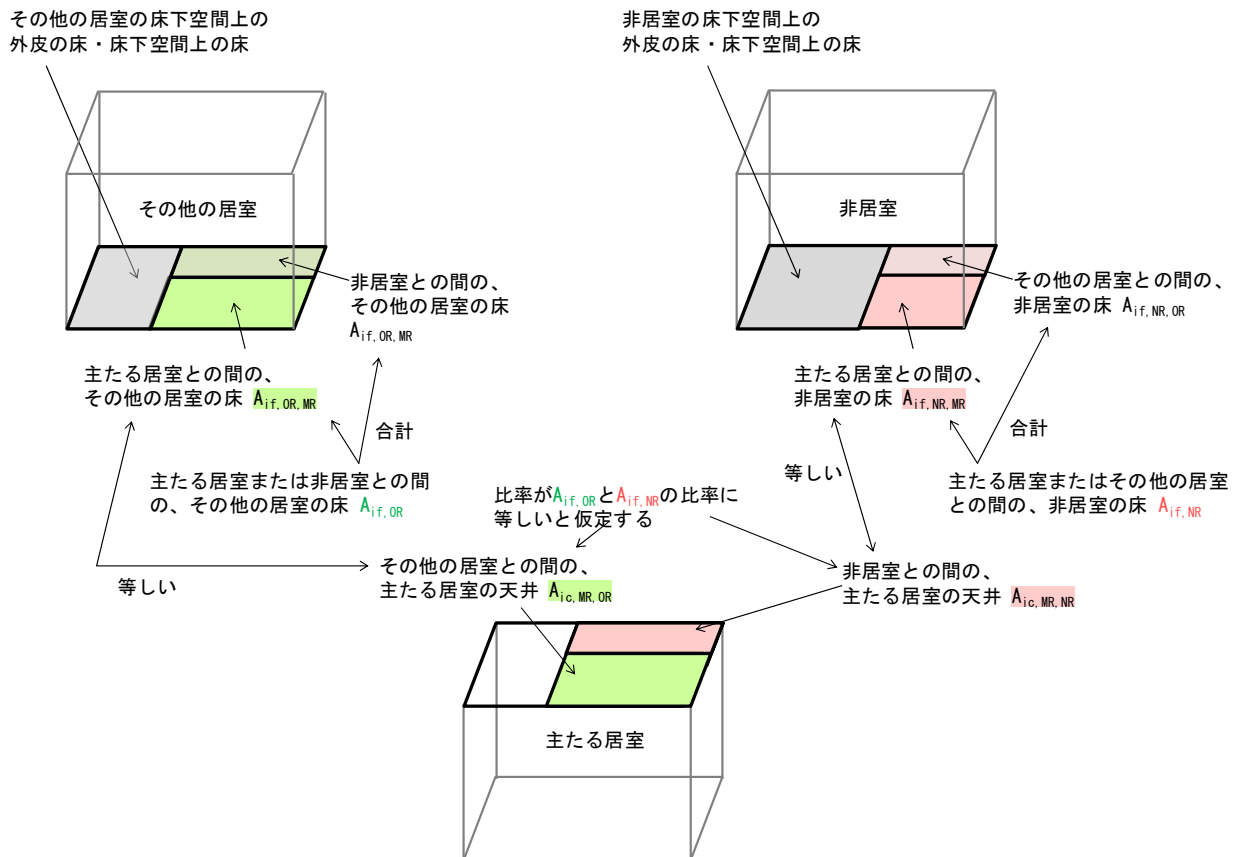


図 3.5.3 2用途間の室上の床面積と、室下の天井面積の推定方法のイメージ

各用途の内壁等の面積の暫定値を、室の周長を求める際の係数(アスペクト比)と階高を仮定して、外皮の用途別情報および用途別床面積より推定する。

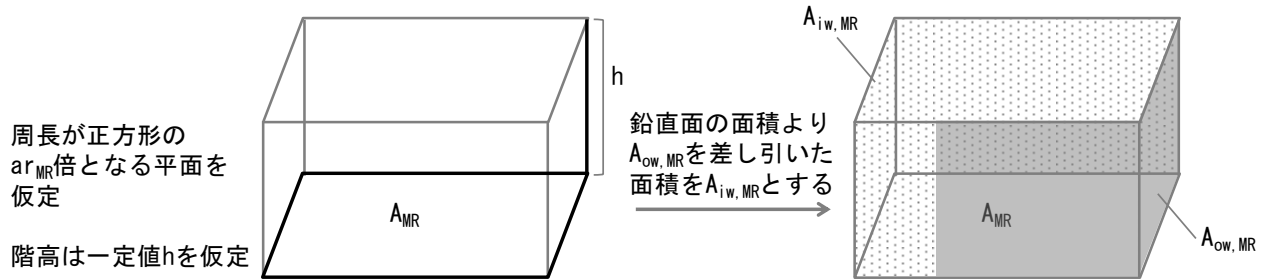


図 3.5.4 内壁面積の推定方法のイメージ

$$A_{iw, MR, temp} = \begin{cases} 0 & (A_{MR} = 0) \\ A_{w, MR} - A_{ow, MR} = \max(0, 4 \cdot ar_{MR} \cdot h \sqrt{A_{MR}} - A_{ow, MR}) & (A_{MR} > 0) \end{cases}$$

$$A_{iw, OR, temp} = \begin{cases} 0 & (A_{OR} = 0) \\ A_{w, OR} - A_{ow, OR} = \max(0, 4 \cdot ar_{OR} \cdot h \sqrt{A_{OR}} - A_{ow, OR}) & (A_{OR} > 0) \end{cases}$$

$$A_{iw, NR, temp} = \begin{cases} 0 & (A_{NR} = 0) \\ A_{w, NR} - A_{ow, NR} = \max(0, 4 \cdot ar_{NR} \cdot h \sqrt{A_{NR}} - A_{ow, NR}) & (A_{NR} > 0) \end{cases}$$

$A_{iw, MR, temp}$, $A_{iw, OR, temp}$, $A_{iw, NR, temp}$
 $A_{w, MR}$, $A_{w, OR}$, $A_{w, NR}$

$A_{ow, MR}$, $A_{ow, OR}$, $A_{ow, NR}$
 ar_{MR} , ar_{OR} , ar_{NR}
 h

主たる居室、その他の居室、非居室の内壁等の面積の暫定値(m^2)
主たる居室、その他の居室、非居室の鉛直面の外皮と内壁の面積の合計(m^2)
主たる居室、その他の居室、非居室の鉛直面の外皮の面積の合計(m^2)
主たる居室、その他の居室、非居室の周長を求める際の係数(-)
階高(m)

各用途の内壁等の面積は、各用途の内壁等の面積の暫定値より、用途間の内壁等の面積が 0 m²以上となる範囲で決定する。

1) $A_{iw,MR,temp} > A_{iw,OR,temp} + A_{iw,NR,temp}$ の場合

1-1) $A_{OR} = 0$ かつ $A_{NR} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = 0$$

$$A_{iw,OR} = 0$$

$$A_{iw,NR} = 0$$

1-2) $A_{OR} > 0$ または $A_{NR} > 0$ で、 $A_{iw,OR,temp} = 0$ かつ $A_{iw,NR,temp} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,MR,temp}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,MR,temp} \cdot \frac{A_{OR}}{A_{OR} + A_{NR}}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,MR,temp} \cdot \frac{A_{NR}}{A_{OR} + A_{NR}}$$

1-3) $A_{OR} > 0$ または $A_{NR} > 0$ で、 $A_{iw,OR,temp} > 0$ または $A_{iw,NR,temp} > 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,MR,temp}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,MR,temp} \cdot \frac{A_{iw,OR,temp}}{A_{iw,OR,temp} + A_{iw,NR,temp}}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,MR,temp} \cdot \frac{A_{iw,NR,temp}}{A_{iw,OR,temp} + A_{iw,NR,temp}}$$

2) $A_{iw,OR,temp} > A_{iw,MR,temp} + A_{iw,NR,temp}$ の場合

2-1) $A_{MR} = 0$ かつ $A_{NR} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = 0$$

$$A_{iw,OR} = 0$$

$$A_{iw,NR} = 0$$

2-2) $A_{MR} > 0$ または $A_{NR} > 0$ で、 $A_{iw,MR,temp} = 0$ かつ $A_{iw,NR,temp} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,OR,temp} \cdot \frac{A_{MR}}{A_{MR} + A_{NR}}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,OR,temp}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,OR,temp} \cdot \frac{A_{NR}}{A_{MR} + A_{NR}}$$

2-3) $A_{MR} > 0$ または $A_{NR} > 0$ で、 $A_{iw,MR,temp} > 0$ または $A_{iw,NR,temp} > 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,OR,temp} \cdot \frac{A_{iw,MR,temp}}{A_{iw,MR,temp} + A_{iw,NR,temp}}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,OR,temp}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,OR,temp} \cdot \frac{A_{iw,NR,temp}}{A_{iw,MR,temp} + A_{iw,NR,temp}}$$

3) $A_{iw,NR,temp} > A_{iw,MR,temp} + A_{iw,OR,temp}$ の場合

3-1) $A_{MR} = 0$ かつ $A_{OR} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = 0$$

$$A_{iw,OR} = 0$$

$$A_{iw,NR} = 0$$

3-2) $A_{MR} > 0$ または $A_{OR} > 0$ で、 $A_{iw,MR,temp} = 0$ かつ $A_{iw,OR,temp} = 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,NR,temp} \cdot \frac{A_{MR}}{A_{MR} + A_{OR}}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,NR,temp} \cdot \frac{A_{OR}}{A_{MR} + A_{OR}}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,NR,temp}$$

3-3) $A_{MR} > 0$ または $A_{OR} > 0$ で、 $A_{iw,MR,temp} > 0$ または $A_{iw,OR,temp} > 0$ の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,NR,temp} \cdot \frac{A_{iw,MR,temp}}{A_{iw,MR,temp} + A_{iw,OR,temp}}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,NR,temp} \cdot \frac{A_{iw,OR,temp}}{A_{iw,MR,temp} + A_{iw,OR,temp}}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,NR,temp}$$

4) 上記以外の場合

$$A_{iw,MR} = A_{iw,MR,temp}$$

$$A_{iw,OR} = A_{iw,OR,temp}$$

$$A_{iw,NR} = A_{iw,NR,temp}$$

$$A_{iw,MR}, A_{iw,OR}, A_{iw,NR}$$

主たる居室、その他の居室、非居室の内壁等の面積 (m²)

用途間の内壁等の面積は、各用途の内壁等の面積より決定する。

$$A_{iw,MR} = A_{iw,MR-OR} + A_{iw,MR-NR} \quad A_{iw,OR} = A_{iw,MR-OR} + A_{iw,OR-NR} \quad A_{iw,NR} = A_{iw,MR-NR} + A_{iw,OR-NR} \quad \text{より}$$

$$A_{iw,MR-OR} = \frac{A_{iw,MR} + A_{iw,OR} - A_{iw,NR}}{2}$$

$$A_{iw,MR-NR} = \frac{A_{iw,MR} + A_{iw,NR} - A_{iw,OR}}{2}$$

$$A_{iw,NR-OR} = \frac{A_{iw,NR} + A_{iw,OR} - A_{iw,MR}}{2}$$

$$A_{iw,MR-OR}$$

: 主たる居室とその他の居室の間の内壁等の面積 (m²)

$$A_{iw,MR-NR}$$

: 主たる居室と非居室の間の内壁等の面積 (m²)

$$A_{iw,MO-NR}$$

: その他の居室と非居室の間の内壁等の面積 (m²)

③ 外皮性能計算プログラム+用途別床面積

外皮性能計算プログラムの入力情報に、用途別床面積を追加したものより、推定を行う。

現状の外皮性能計算プログラムで入力されるのは用途別に分かれていない外皮の面積や長さであるため、室用途別の性能を求めるためには、外皮を用途別に割り振る必要がある。

外皮の部位(土間床等、土間床等の外周部を除く)は、室用途別の床面積に応じて各用途に割り当てる。

上記の各用途への割り当てに際し、土間床等、土間床等の外周部については、床下空間に属するものとみなす。

その他は②と同様に求める。



①各用途の方位別外皮面積の割合は、各用途の床面積の割合と等しいと仮定して、各用途の方位別外皮面積を求める。

②熱橋の長さについても同様に割り振る。

図 3.5.5 外皮を用途別に割り当てる方法

$$A_{MR,i,j} = \frac{A_{i,j} \times A_{MR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

$$A_{OR,i,j} = \frac{A_{i,j} \times A_{OR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

$$A_{NR,i,j} = \frac{A_{i,j} \times A_{NR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

$$L_{MR,i,j} = \frac{L_{i,j} \times A_{MR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

$$L_{OR,i,j} = \frac{L_{i,j} \times A_{OR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

$$L_{NR,i,j} = \frac{L_{i,j} \times A_{NR}}{A_{MR} + A_{OR} + A_{NR}}$$

A_{MR}, A_{OR}, A_{NR}

: 主居室、その他の居室、非居室の床面積 (m²)

$A_{i,j}$

: 外皮の方位 j、部位(一般部位又は開口部) i の面積 (m²)

$A_{MR,i,j}, A_{OR,i,j}, A_{NR,i,j}$

: 主居室、その他の居室、非居室の外皮の方位 j、部位(一般部位又は開口部) i の面積 (m²)

$L_{i,j}$

: 方位 j の熱橋 i の長さ (m)

$L_{MR,i,j}, L_{OR,i,j}, L_{NR,i,j}$

: 主居室、その他の居室、非居室の方位 j の熱橋 i の長さ (m)

$$A_{Earthfloor,UF,i} = A_{Earthfloor,i}$$

$$L_{EarthfloorPerimeter,UF,i,j} = L_{EarthfloorPerimeter,i,j}$$

$A_{Earthfloor,i}$

: 土間床 i の面積 (m²)

$A_{Earthfloor,UF,i}$

: 床下空間の土間床 i の面積 (m²)

$L_{EarthfloorPerimeter,i}$

: 方位 j の土間床等の外周部熱橋 i の長さ (m)

$L_{EarthfloorPerimeter,UF,i,j}$

: 床下空間の方位 j の土間床等の外周部熱橋 i の長さ (m)

④ 当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法

「当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法」(平成 30 年 5 月 24 日公開計算シート)の入力情報より、推定を行う。得られる入力情報は、用途別床面積、断熱構造、各部位の熱貫流率、窓の熱貫流および日射熱取得率等である。

設計住戸について得られている面積や長さに関する情報は、用途別床面積のみであるため、各部位の面積や長さの情報を推定する必要がある。また、各部位の熱貫流率は得られているものの、層構成は不明のため、各部位の熱貫流率に一致するような層構成を与える必要がある。

「当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法」は、省エネルギー基準技術情報³²に規定されているものである。木造の戸建住宅を対象に、設計住戸の各部位の性能等の簡単な入力情報と、「標準住戸」における部位の面積及び長さ等を用いて、外皮性能 U_A 値、 η_A 値を算出するものである。

当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法
に基づく計算シート (ver.1)
 - 適用範囲：木造戸建ての住宅 -

■基本情報の入力

住宅の名称	建築研究所 戸建て住宅			
住宅の所在地	つくば市立原 1		(地域の区分)	6 地域
住宅の規模	地上 2 階、地下 0 階			
床面積	主たる居室	その他の居室	非居室	計
	30.00 m ²	60.00 m ²	30.00 m ²	120.00 m ²
断熱構造による住戸の種類 (注)	床断熱住戸			
浴室の断熱構造	基礎断熱			

注：玄関等と浴室を除いた部分の外皮の断熱構造により分類される住戸の種類。

■窓以外の部位の入力

部位種別	熱貫流率
屋根・天井	0.240
外壁	0.530
床 (浴室) (注1)	
床 (その他) (注2)	0.480
ドア	2.330

注1：性能が不明な場合は、規定値 (3.4) を適用することも可能です。
 注2：玄関等と浴室を除く部分。

■土間床等の外周部の入力

部位種別	総熱貫流率 (注)
土間床等 (玄関等)	1.800
土間床等 (浴室)	1.800
土間床等 (その他)	

注：性能が不明な場合は、規定値 (1.8) を適用することも可能です。

■窓の入力

取得日射熱補正係数の入力		規定値を使用する
	冷房期	暖房期
熱貫流率	3.490	
垂直面日射熱取得率	0.510	0.510
取得日射熱補正係数		

■基準値 (等級) の選択

等級
等級4

■計算結果 (※) 床断熱住戸として評価する。

項目	設計値	基準値	判定
(Ⅱ) 外皮平均熱貫流率 (U_A)	0.90	0.87	不適合
(Ⅴ) 冷房期の平均日射熱取得率 (η_{AC})	3.2	2.8	不適合
(Ⅵ) 暖房期の平均日射熱取得率 (η_{AH})	3.4	-	-

「エネルギー消費性能計算プログラム(住宅版)」には上記(Ⅱ)～(Ⅵ)の値を入力してください。

注1：本計算シートの計算方法は、別途 (国研) 建築研究所で公開している計算方法を遵守しています。
 注2：各シートの **黄色 (必須)** 部分に入力するか、あるいはドロップボックスから選択してください。

Copyright (c) 2017, Building Research Institute

図 3.5.6 当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法に基づく計算シート(国立研究開発法人建築研究所)

³² 平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅)

2. エネルギー消費性能の算定方法 2.1 算定方法

第三章 暖冷房負荷と外皮性能 第二節 外皮性能

平成 30 年 10 月 1 日更新

表 3 標準住戸における部位の面積及び土間床等の外周部の長さ等

項目	記号	単位	値	
			(い) 床断熱 住戸 の場合	(ろ) 基礎断熱 住戸 の場合
外皮の部位の面積の合計	A'_{env}	m ²	266.10	275.69
床面積の合計	A'_A	m ²	90.0	
屋根又は天井の面積	A'_{roof}	m ²	50.85	
主開口方位から時計回りに 0° の方向に面した壁の面積	$A'_{wall,0}$	m ²	30.47	
主開口方位から時計回りに 90° の方向に面した壁の面積	$A'_{wall,90}$	m ²	22.37	
主開口方位から時計回りに 180° の方向に面した壁の面積	$A'_{wall,180}$	m ²	47.92	
主開口方位から時計回りに 270° の方向に面した壁の面積	$A'_{wall,270}$	m ²	22.28	
主開口方位から時計回りに 0° の方向に面したドアの面積	$A'_{door,0}$	m ²	0.0	
主開口方位から時計回りに 90° の方向に面したドアの面積	$A'_{door,90}$	m ²	1.89	
主開口方位から時計回りに 180° の方向に面したドアの面積	$A'_{door,180}$	m ²	1.62	
主開口方位から時計回りに 270° の方向に面したドアの面積	$A'_{door,270}$	m ²	0.0	
主開口方位から時計回りに 0° の方向に面した窓の面積	$A'_{window,0}$	m ²	22.69	
主開口方位から時計回りに 90° の方向に面した窓の面積	$A'_{window,90}$	m ²	2.38	
主開口方位から時計回りに 180° の方向に面した窓の面積	$A'_{window,180}$	m ²	3.63	
主開口方位から時計回りに 270° の方向に面した窓の面積	$A'_{window,270}$	m ²	4.37	
浴室の床の面積	$A'_{floor,bath}$	m ²	3.31 (※1)	0.00
その他の床の面積	$A'_{floor,other}$	m ²	45.05	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面した 玄関等の基礎の面積	$A'_{base,etrc,OS,0}$	m ²	0.00	0.00
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面した 玄関等の基礎の面積	$A'_{base,etrc,OS,90}$	m ²	0.33	0.33
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面した 玄関等の基礎の面積	$A'_{base,etrc,OS,180}$	m ²	0.25	0.25
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面した 玄関等の基礎の面積	$A'_{base,etrc,OS,270}$	m ²	0.00	0.00
床下に面した玄関等の基礎の面積	$A'_{base,etrc,IS}$	m ²	0.57	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面した 浴室の基礎の面積	$A'_{base,bath,OS,0}$	m ²	0.00 (※2)	0.00

図 3.5.7 標準住戸における部位の面積及び長さ等(国立研究開発法人建築研究所)³²

項目	記号	単位	値	
			(い) 床断熱 住戸 の場合	(ろ) 基礎断熱 住戸 の場合
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面した浴室の基礎の面積	$A'_{base,bath,OS,90}$	m ²	0.91 (※2)	0.91
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面した浴室の基礎の面積	$A'_{base,bath,OS,180}$	m ²	0.91 (※2)	0.91
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面した浴室の基礎の面積	$A'_{base,bath,OS,270}$	m ²	0.00 (※2)	0.00
床下に面した浴室の基礎の面積	$A'_{base,bath,JS}$	m ²	1.82 (※2)	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面したその他の基礎の面積	$A'_{base,other,OS,0}$	m ²	0.00	5.30
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面したその他の基礎の面積	$A'_{base,other,OS,90}$	m ²	0.00	0.57
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面したその他の基礎の面積	$A'_{base,other,OS,180}$	m ²	0.00	3.71
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面したその他の基礎の面積	$A'_{base,other,OS,270}$	m ²	0.00	2.40
床下に面したその他の基礎の面積	$A'_{base,other,JS}$	m ²	0.00	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,etrc,OS,0}$	m	0.00	0.00
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,etrc,OS,90}$	m	1.82	1.82
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,etrc,OS,180}$	m	1.37	1.37
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,etrc,OS,270}$	m	0.00	0.00
床下に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,etrc,JS}$	m	3.19	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面した浴室の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,bath,OS,0}$	m	0.00 (※3)	0.00
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面した浴室の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,bath,OS,90}$	m	1.82 (※3)	1.82
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面した浴室の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,bath,OS,180}$	m	1.82 (※3)	1.82
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面した浴室の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,bath,OS,270}$	m	0.00 (※3)	0.00
床下に面した浴室の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,bath,JS}$	m	3.64 (※3)	0.00
主開口方位から時計回りに 0° の方向の外気に面したその他の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,other,OS,0}$	m	0.00	10.61
主開口方位から時計回りに 90° の方向の外気に面したその他の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,other,OS,90}$	m	0.00	1.15
主開口方位から時計回りに 180° の方向の外気に面したその他の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,other,OS,180}$	m	0.00	7.42
主開口方位から時計回りに 270° の方向の外気に面したその他の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,other,OS,270}$	m	0.00	4.79
床下に面したその他の土間床等の外周部の長さ	$L'_{prm,other,JS}$	m	0.00	0.00

図 3.5.8 標準住戸における部位の面積及び長さ等(国立研究開発法人建築研究所)³²

設計住戸の延床面積と各部位の面積や長さの比率は、標準住戸の延床面積と各部位の面積や長さの比率に一致すると仮定して、設計住戸の各部位の面積や長さの情報を推定する。この方法によれば、標準住戸における部位の面積及び長さ等を用いて算出された外皮性能 U_A 値、 η_A 値との整合性が担保される。

$$A_{i,d} = A_{i,s} \times \frac{A_{floor,d}}{A_{floor,s}} \quad L_{i,d} = L_{i,s} \times \frac{A_{floor,d}}{A_{floor,s}}$$

$A_{floor,s}$	: 標準住戸の延床面積 (㎡)
$A_{floor,d}$	: 設計住戸の延床面積 (㎡)
$A_{i,s}$	: 標準住戸の部位 (一般部位又は開口部) i の面積 (㎡)
$A_{i,d}$	: 設計住戸の部位 (一般部位又は開口部) i の面積の推定値 (㎡)
$L_{i,s}$	: 標準住戸の部位 (土間床等の外周部) i の長さ (m)
$L_{i,d}$	: 設計住戸の部位 (土間床等の外周部) i の長さの推定値 (m)

標準住戸の部位の面積、長さは、設計住戸の断熱構造による住戸の種類および浴室の断熱構造に応じ、以下のとおり与える。設計住戸の断熱構造による住戸の種類が「床断熱住戸と基礎断熱住戸の併用」である場合、外皮平均熱貫流率の値が大きくなる方の場合を採用することとされており、以下では、採用された方の断熱構造によるものとする。なお、基礎の面積は、土間床等の外周部にその影響が含まれるものとみなし、考慮しない。

設計住戸の断熱構造による住戸の種類: 基礎断熱

$$\begin{aligned}
 A_{Roof,s} &= 50.85 \\
 A_{WallSW,s} &= 30.47 & A_{WallNW,s} &= 22.37 & A_{WallNE,s} &= 47.92 & A_{WallSE,s} &= 22.28 \\
 A_{DoorNW,s} &= 1.89 & A_{DoorNE,s} &= 1.62 \\
 A_{WindowSW,s} &= 22.69 & A_{WindowNW,s} &= 2.38 & A_{WindowNE,s} &= 3.63 & A_{WindowSE,s} &= 4.37 \\
 A_{Earth/floor,s} &= 2.48 + 3.31 + 45.05 = 50.84 \\
 L_{PrmEtrcNWOS,s} &= 1.82 & L_{PrmEtrcNEOS,s} &= 1.37 \\
 L_{PrmBathNWOS,s} &= 1.82 & L_{PrmBathNEOS,s} &= 1.82 \\
 L_{PrmOtherNWOS,s} &= 10.61 & L_{PrmOtherNEOS,s} &= 1.15 & L_{PrmOtherNWOS,s} &= 7.42 & L_{PrmOtherNEOS,s} &= 4.79
 \end{aligned}$$

設計住戸の断熱構造による住戸の種類: 床断熱

浴室の断熱構造: 床断熱／浴室の床及び基礎が外気等に面していない

$$\begin{aligned}
 A_{Roof,s} &= 50.85 \\
 A_{WallSW,s} &= 30.47 & A_{WallNW,s} &= 22.37 & A_{WallNE,s} &= 47.92 & A_{WallSE,s} &= 22.28 \\
 A_{DoorNW,s} &= 1.89 & A_{DoorNE,s} &= 1.62 \\
 A_{WindowSW,s} &= 22.69 & A_{WindowNW,s} &= 2.38 & A_{WindowNE,s} &= 3.63 & A_{WindowSE,s} &= 4.37 \\
 A_{Floor,s} &= 45.05 & A_{FloorBath,s} &= 3.31 \\
 A_{Earth/floor,s} &= 2.48 \\
 L_{PrmEtrcNWOS,s} &= 1.82 & L_{PrmEtrcNEOS,s} &= 1.37 \\
 L_{PrmEtrcls,s} &= 3.19
 \end{aligned}$$

設計住戸の断熱構造による住戸の種類:床断熱

浴室の断熱構造:基礎断熱

$$A_{Roof,s} = 50.85$$

$$A_{WallSW,s} = 30.47$$

$$A_{WallNW,s} = 22.37$$

$$A_{WallNE,s} = 47.92$$

$$A_{WallSE,s} = 22.28$$

$$A_{DoorNW,s} = 1.89$$

$$A_{DoorNE,s} = 1.62$$

$$A_{WindowSW,s} = 22.69$$

$$A_{WindowNW,s} = 2.38$$

$$A_{WindowNE,s} = 3.63$$

$$A_{WindowSE,s} = 4.37$$

$$A_{Floor,s} = 45.05$$

$$A_{Earthfloor,s} = 2.48 + 3.31 = 5.79$$

$$L_{PrmEtrcNWOS,s} = 1.82$$

$$L_{PrmEtrcNEOS,s} = 1.37$$

$$L_{PrmEtrcIS,s} = 3.19$$

$$L_{PrmBathNWOS,s} = 1.82$$

$$L_{PrmBathNEOS,s} = 1.82$$

$$L_{PrmBathIS,s} = 3.64$$

$A_{Roof,s}$

:標準住戸の屋根の面積 (m²)

$A_{WallSW,s}, A_{WallNW,s},$

:標準住戸の南西、北西、北東、南東に面した壁の面積 (m²)

$A_{WallNE,s}, A_{WallSE,s}$

$A_{DoorNW,s}, A_{DoorNE,s}$

:標準住戸の南西、北西に面したドアの面積 (m²)

$A_{WindowSW,s}, A_{WindowNW,s},$

:標準住戸の南西、北西、北東、南東に面した窓の面積 (m²)

$A_{WindowNE,s}, A_{WindowSE,s}$

$A_{FloorBath,s}$

:標準住戸の浴室の床の面積 (m²)

$A_{Floor,s}$

:標準住戸のその他の床の面積 (m²)

$A_{Earthfloor,s}$

:標準住戸の土間床の面積 (m²)

$L_{PrmEtrcNWOS,s}, L_{PrmEtrcNEOS,s}$

:標準住戸の北西、北東に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ (m)

$L_{PrmEtrcIS,s}$

:標準住戸の床下に面した玄関等の土間床等の外周部の長さ (m)

$L_{PrmBathNWOS,s}, L_{PrmBathNEOS,s}$

:標準住戸の北西、北東に面した浴室の土間床等の外周部の長さ (m)

$L_{PrmBathIS,s}$

:標準住戸の床下に面した浴室の土間床等の外周部の長さ (m)

$L_{PrmOtherSWOS,s}, L_{PrmOtherNWOS,s},$

:標準住戸の南西、北西、北東、南東に面したその他の土間床等の外周部の長さ (m)

$L_{PrmOtherNEOS,s}, L_{PrmOtherSEOS,s}$

$L_{PrmOtherIS,s}$

:標準住戸の床下に面したその他の土間床等の外周部の長さ (m)

屋根・天井、外壁、床の構成は、入力値である部位種別の熱貫流率をもとに、部位の U 値から壁体構成を決定する方法により決定する。

土間床等の外周部の線熱貫流率については、簡易熱負荷計算での扱いに従う。

窓の日射熱取得率は、季節別に入力される垂直面日射熱取得率の平均値を使用する。ここでは単純平均値とすることを想定しているが、現行の省エネルギー基準における熱負荷計算の暖冷房期間の設定をもとに重み付けを行う方法なども想定される。

窓の取得日射熱補正係数が入力される場合は、入力値をもとに、方位別に日除けを設定する。日除けは、まず、季節別に、窓上端と外部日除けの距離 0m、開口部高さ 1.1m と想定し、壁面からの日除けの出巾の暫定値を算出する。ただし、冷房期の取得日射熱補正係数の上限値は 0.93、暖房期の取得日射熱補正係数の上限値は 0.72、出巾の上限値は 5m とする。1～7 地域では、季節別の壁面からの日除けの出巾の暫定値の平均をとり、壁面からの日除けの出巾を算出するが、現行の省エネルギー基準における熱負荷計算の暖冷房期間の設定をもとに重み付けを行う方法なども想定される。8 地域では、冷房期の壁面からの日除けの出巾を、壁面からの日除けの出巾とする。窓の取得日射熱

補正係数が入力されない場合は、冷房期は開口部の上部に日除けが設置されていないとみなし、暖房期は開口部高さに対する日除けの出巾が 0.3 の底が開口部直上に設置されているとみなす。

$$\eta_{Window} = \frac{a_{\eta C} \times \eta_{Window,C} + a_{\eta H} \times \eta_{Window,H}}{a_{\eta C} + a_{\eta H}}$$

$$a_C = 1$$

$$a_H = 0$$

$$z = \frac{a_{zC} \times z_C + a_{zH} \times z_H}{a_{zC} + a_{zH}} \quad (1 \sim 7 \text{ 地域}) \quad z = z_C \quad (8 \text{ 地域})$$

$$z_C = \begin{cases} 0 & (f_C \text{ 入力なし}) \\ z_{max} & (f_C/a_C \leq b_C) \\ \min\left(\frac{c_C(d_C y_1 + y_2)}{\min(f_C, 0.93)/a_C - b_C}, z_{max}\right) & (f_C/a_C > b_C) \end{cases} \quad z_H = \begin{cases} 0.3y_2 & (f_H \text{ 入力なし}) \\ z_{max} & (f_H/a_H \leq b_H) \\ \min\left(\frac{c_H(d_H y_1 + y_2)}{\min(f_H, 0.72)/a_H - b_H}, z_{max}\right) & (f_H/a_H > b_H) \end{cases}$$

$$y_1 = 0 \quad y_2 = 1.1 \quad z_{max} = 5$$

$\eta_{Window,C}$ $\eta_{Window,H}$

η_{Window}

$a_{\eta H}$ $a_{\eta C}$

y_1

y_2

z

z_{max}

z_C z_H

$a_{\eta H}$ $a_{\eta C}$

a_C b_C c_C d_C

:冷房期、暖房期の窓の垂直面日射熱取得率の入力値 (-)

:窓の垂直面日射熱取得率 (-)

:暖房期と冷房期の開口部の日射熱取得率の重み係数 (-)

:窓上端と外部日除けの距離 (m)

:開口部高さ (m)

:壁面からの日除けの出巾 (m)

:壁面からの日除けの出巾の上限値 (m)

:冷房期、暖房期の壁面からの日除けの出巾 (暫定値) (m)

:暖房期と冷房期の壁面からの日除けの出巾の重み係数 (-)

:地域区分、方位に応じて与えられる冷房期の係数 (-)

地域区分	方位	a_C	b_C	c_C	d_C
1～7 地域	南東	0.01	16	24	2
1～7 地域	南西	0.01	16	24	2
1～7 地域	北西	0.01	16	24	2
1～7 地域	北東	0.01	16	24	2
8 地域	南東	0.01	16	19	2
8 地域	南西	0.01	16	19	2
8 地域	北西	0.01	16	24	2
8 地域	北東	0.01	16	24	2

a_H b_H c_H d_H

:地域区分、方位に応じて与えられる暖房期の係数 (-)

地域区分	方位	a_H	b_H	c_H	d_H
1～7 地域	南東	0.01	15	20	3
1～7 地域	南西	0.01	15	20	3
1～7 地域	北西	0.01	10	15	2
1～7 地域	北東	0.01	10	15	2

その他は③と同様に求める。

3.5.3 部位の U 値から壁体構成を決定する方法

屋根・天井、外壁、床、界壁、界床、界床(天井)の構成は、入力値である部位種別の熱貫流率と極力一致するよう、以下の構成における断熱材の厚さを 0mm 以上の範囲で調整する。熱貫流率の入力値が大きい場合、断熱材の厚さを 0mm としても入力値の熱貫流率を再現できないことがあるが、この場合はその差を許容する。

表 3.5.9 屋根・天井壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.040	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
せっこうボード	0.0095	0.22	0.043	830
Ri			0.090	0

表 3.5.10 外壁壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.040	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
せっこうボード	0.0095	0.22	0.043	830
Ri			0.110	0

表 3.5.11 床壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.040	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
合板	0.012	0.16	0.075	720
Ri			0.150	0

表 3.5.12 界床(天井)壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.090	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
せっこうボード	0.0095	0.22	0.043	830
Ri			0.090	0

表 3.5.13 界壁壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.110	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
せっこうボード	0.0095	0.22	0.043	830
Ri			0.110	0

表 3.5.14 界床壁体構成

材料	厚さ[m]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗[m ² K/W]	容積比熱 J/(L・K)
Ro			0.150	0
住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	≥0mm	0.045		13
合板	0.012	0.16	0.075	720
Ri			0.150	0

3.5.4 壁体構成中の材料の容積比熱の決定方法について

(1) 壁体構成中の材料の容積比熱の決定方法案の概要

住宅・住戸の外皮性能の入力にあたり、入力者は以下のいずれかの方法により、壁体構成中の材料の容積比熱に関する情報を入力する、もしくは入力しないこととする。

表 3.5.15 壁体層構成の入力方法

	熱伝導率の情報の入力方法	容積比熱の情報の入力方法
1	熱伝導率 $[W/(m \cdot K)]$ の入力もしくは材料の選択	材料の容積比熱 $[kJ/(m^3 \cdot K)]$ を直接入力
2	熱伝導率 $[W/(m \cdot K)]$ の入力もしくは材料の選択	0 $[kJ/(m^3 \cdot K)]$ を使用
3	入力しない（考慮されない）	入力しない（考慮されない）

(2) 壁体構成中の材料の容積比熱を 0 $[kJ/(m^3 \cdot K)]$ とする影響の確認

壁体構成中の材料の容積比熱を 0 $[kJ/(m^3 \cdot K)]$ とする影響について、簡易熱負荷計算により確認を行った。主な計算条件は、以下のとおりである。

表 3.5.16 主な計算条件

項目	設定
都市	岡山市
プラン	単室モデル 平面 3m×3m 高さ 2.7m 開口部は南面に 3.6 m ²
計算方法	応答係数法（室内側表面熱流励振）
計算時間間隔	900 秒
壁体	床 0.27W/(m ² ・K) 合板 12mm-グラスウール K16 相当 150mm
	外壁 0.39W/(m ² ・K) 石こうボード 12mm-グラスウール K16 相当 100mm-非密閉空気層-合板 9mm-モルタル 30mm
	天井 0.23W/(m ² ・K) 石こうボード 12mm-グラスウール K10 相当 200mm-非密閉空気層-合板 12mm-鋼板 1mm
開口部	日射熱取得率 0.792（透過率 0.738） 熱貫流率 4.65W/(m ² ・K)
換気量	12.15 m ³ /h (0.5 回/h)
床日射吸収比率	50%
家具熱容量	12.6kJ/(m ³ ・K)
暖冷房スケジュール	平日 6～10 時、12～14 時、16～24 時 休日 8～14 時、16～23 時

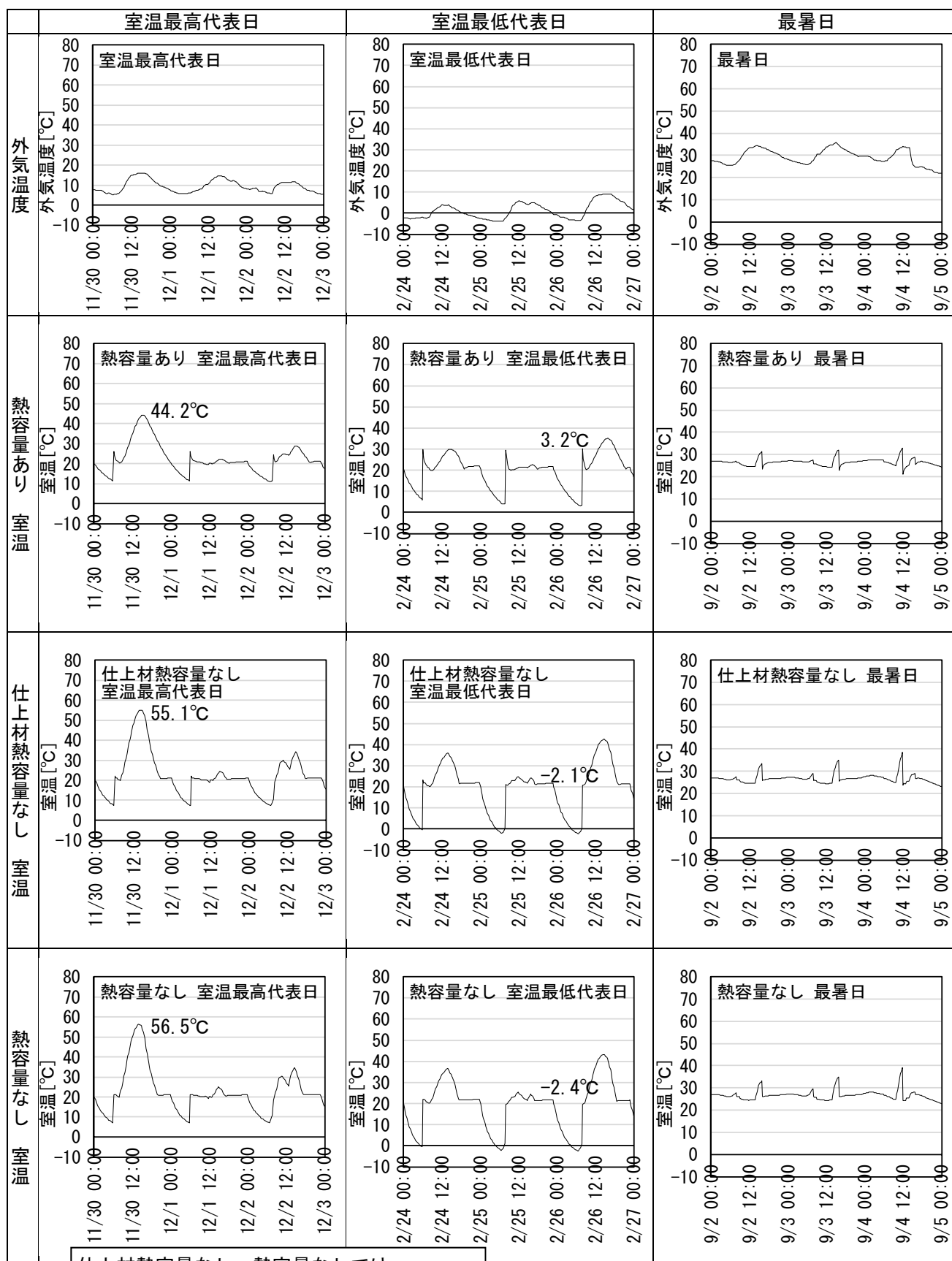
表 3.5.17 ケース設定

ケース名	設定
熱容量あり	壁体の全ての層構成の熱容量を考慮する
仕上材熱容量なし	仕上材熱容量なし：仕上材（床：合板 22mm、外壁：石こうボード 12mm、天井：石こうボード 12mm）のみ容積比熱を 0 $[kJ/(m^3 \cdot K)]$ とする
熱容量なし	全ての層構成で熱容量を考慮しない

(3) 計算結果(瞬時値)

代表日の室温と熱負荷の計算結果を以下に示す。

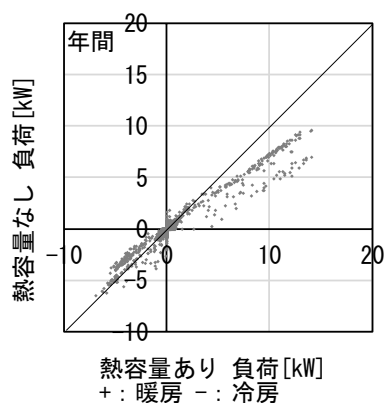
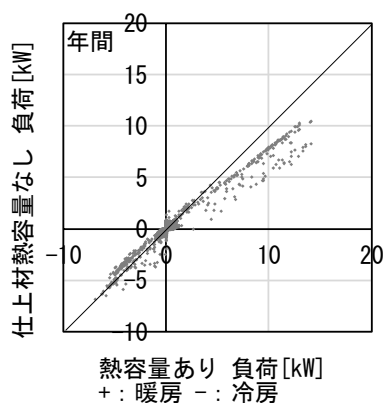
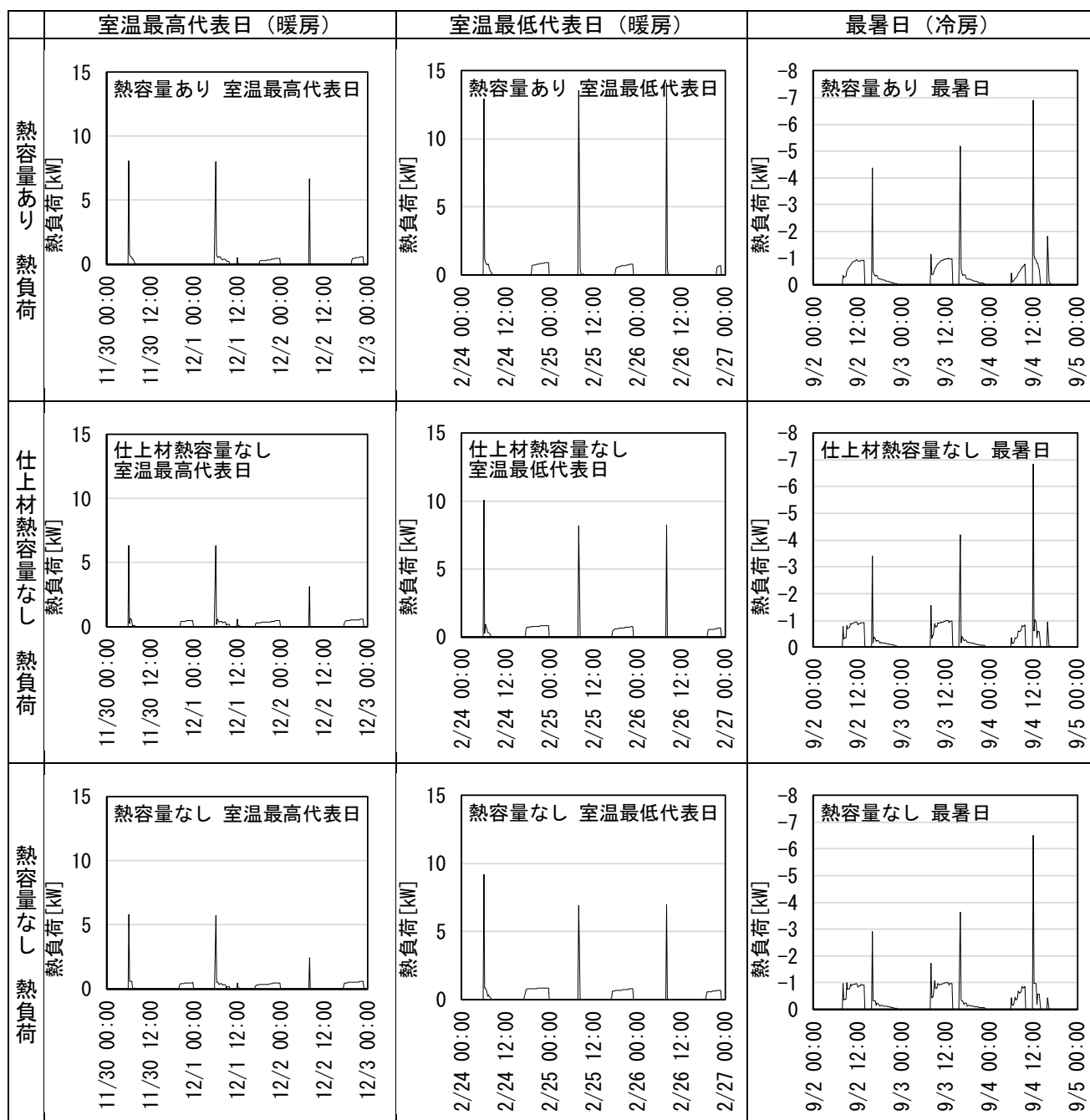
仕上材の熱容量を考慮しない場合（仕上材熱容量なし）や全ての層構成で熱容量を考慮しない場合（熱容量なし）では、考慮する場合（熱容量あり）と比較し、室温や床表面温度の変動が大きい傾向が見られる。また、熱負荷については、仕上材熱容量なしや熱容量なしで、熱容量ありと比較し、立ち上がりの負荷は小さく、安定時の負荷は大きい傾向が確認される。



仕上材熱容量なし・熱容量なしでは、
熱容量ありと比較し、室温変動が大きい。

	室温最高代表日	室温最低代表日	最暑日
外気温度			
熱容量あり 床表面温度			
仕上材熱容量なし 床表面温度			
熱容量なし 床表面温度			

仕上材熱容量なし・熱容量なしでは、熱容量ありと比較し、床表面温度変動が大きい。



熱負荷について、仕上材熱容量なし・熱容量なしは、熱容量ありと比較し、立ち上がりの負荷は小さく、安定時の負荷は大きい。

(4) 計算結果(集計値)

年間の熱負荷の積算値と出現頻度を以下に示す。材料の熱容量の考慮の有無により、出現頻度に多少の差は見られるものの、積算値の差は概ね一致することが確認される。

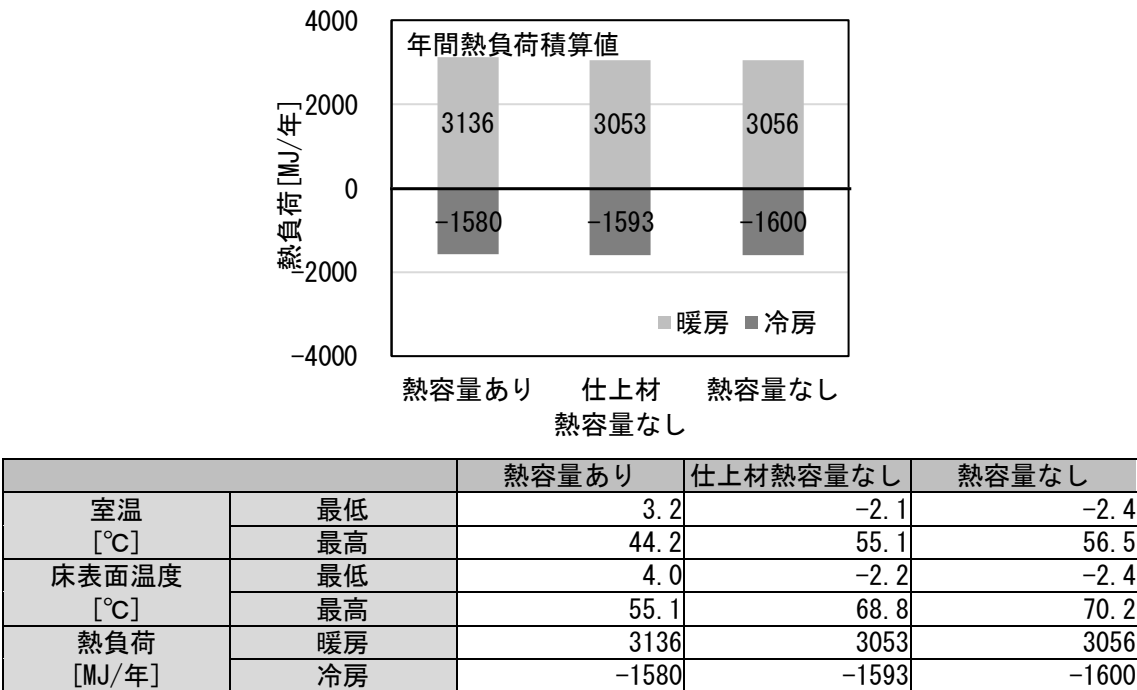


図 3.5.9 計算結果 年間熱負荷積算値(暖房:正、冷房:負)

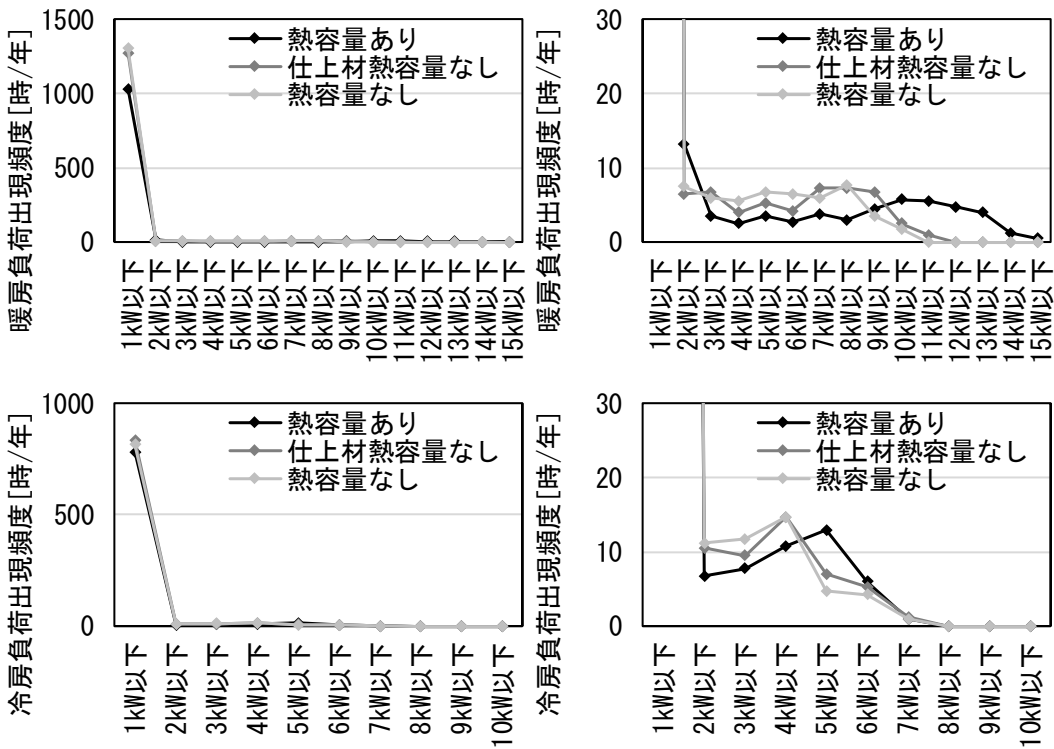


図 3.5.10 計算結果 暖冷房負荷出現頻度

3.6 まとめと今後の検討課題

3.6.1 まとめ

以下の検討等を実施した。

- ・熱負荷計算に必要な情報の整理を行った。

簡易熱負荷計算で必要とされる情報の整理を行った。また、その情報が不足する場合に、どの段階で補完を行うかの整理を行った。

- ・外皮性能に関する基準値の設定条件の整理を行った。

基準値計算用住戸が U_A 値、 η_{AC} 値の基準値等を満たすよう、基準値計算用住戸の各部位の性能を決定する方法を提案した。

- ・簡易化された入力情報の推定方法の提案を行った。

入力情報レベルは、4段階を想定した。1段階目は、最も詳細な情報を有するもので、1段階目からは簡易熱負荷計算用に建物モデルを簡易化するなどの情報の調整が必要である。2段階目は、内壁情報を有しないもので、1段階目と情報レベルを揃えるためには内壁面積の推定等が必要であり、用途別の外皮情報等から補完する方法を提案した。3段階目は、用途別情報を有しないもので、2段階目と情報レベルを揃えるためには外皮を用途別に割り当てて必要があり、室用途別の床面積の比率で案分する方法を提案した。4段階目は、面積や長さの情報を有しないもの（現行の省エネルギー基準における「当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法」に相当）で、3段階目と情報レベルを揃えるためには外皮の面積や長さを推定する必要があり、「当該住戸の外皮の部位の面積等を用いずに外皮性能を評価する方法」で利用される標準住宅の外皮の面積や長さで計算する方法を提案した。

各段階の間の情報の整理や推定の方法について、提案を行った。

3.6.2 今後の検討課題

今後の主な検討事項を以下に列挙する。

- ・基準値計算用住戸の設定方法が基準値計算結果に与える影響の確認と基準値計算用住戸の設定方法の決定
- ・簡易化された入力情報を推定するプログラムを用いた入力情報の推定精度の確認
- ・室と床下空間の間の空気の移動量の与え方の検討

資料1. 室内表面熱流／室外温度励振、室内表面温度応答の室温・熱負荷計算プログラム

ここでは、資料 2. で示す計算仕様書に則り、計算法構築時の要求事項である計算時間高速化の検討に必要な年間シミュレーションの計算時間について把握するためのプロトタイププログラムの仕様書として整理した。プロトタイププログラムは開発言語として C#³³を使用し、コマンドラインから実行する。

以降にその概要を示す。

³³ JIS X3015:プログラム言語 C#

1. 業務内容

住宅用簡易熱負荷計算プログラムおよび入力情報簡易化のためのシステム構築業務のうち、熱負荷計算システムの開発として、以下の業務を実施した。

1. 簡易熱負荷計算システムの開発

- (ア) 助走期間の実装
- (イ) 表面温度応答の実装
- (ウ) 固定公比法の実装

2. システムのテストと検証

3. システムの高速化の検討

1.1. プログラムの概要

① プログラムソースコード

「項別公比法を用いた熱負荷計算プログラム」仕様書を基に開発言語 C#にて実装。プログラムソースコードは巻末の電子データ（CD）に格納

② プログラムの使用方法

ソースコードをビルドし、以下のコマンドを実行する。

e7_heatload -F ファイル名 [-O 出力形式] [-P 助走期間] [-M 計算期間] [-R ディレクトリ名]

表 1 コマンドの実行オプション

オプション	説明
-F	出力ファイル名（必須）
-O	出力形式 例) 1d=1 日間隔(デフォルト)、 15m=15 分間隔
-P	助走期間[日]（デフォルト：0）
-M	計算期間[日]（デフォルト：364）
-R	リソースを読み取るディレクトリ ディレクトリを指定しない場合や、指定ディレクトリに存在しないファイルは埋め込みリソースが使用される。

出力形式は、1 日間隔(デフォルト)または 15 分間隔のいずれかを指定する。

出力形式に 1 日間隔を指定した場合、ヘッダー1 行、データ 365 行の CSV ファイルが以下の形式で出力される。

表 2 出力 CSV の形式 (1 日間隔)

項目名	説明
日付 INDEX	経過日数 0~365
日付	月日例)1 月 10 日
運転モード	暖房、冷房または中間
平均気温(主たる居室)	計算対象日の主たる居室の日平均室温
最大室温(全居室)	計算対象日の最大室温
最低室温(全居室)	計算対象日の最低室温

出力形式に 15 分間隔を指定した場合、ヘッダー2 行、データ 35040 行の CSV ファイルが以下の形式で出力される。

表 3 出力 CSV の形式 (15 分間隔)

項目名	説明
日付 INDEX	経過日数 0~365
日付	月日 例)1 月 10 日
時刻 INDEX	計算対象日の 0 時 0 分からの計算回数 0~95
時刻	計算対象時刻 例)14:15
外気温度	外気温度
運転モード	暖房、冷房または中間
設定温度[°C]	設定温度、ただし、運転無し=0
室除去熱[W]	計算結果 L_in
室温[°C]	計算結果 Tr_in

特に指定がない限り、計算に用いられるリソースにはプログラムに埋め込まれた以下のリソースファイルが用いられる。

-R オプションでディレクトリが指定された場合は、指定のディレクトリにあるファイルがリソースファイルとして使用される。指定ディレクトリに存在しないファイルについては埋め込みリソースが使用される。

表 4 リソースファイル

表番号等	ファイル名
年間スケジュール	スケジュール.csv
気象データ	気象データ.csv
表 7.外表面の定義	外表面.csv
表 8.空間の定義	空間.csv
表 9.隣室間換気定義	隣室間換気.csv
表 10.表面熱伝達率	表面熱伝達率.csv
表 11.貫流応答係数,吸熱応答係数の初項と根の数	貫流応答係数吸熱応答係数.csv
表 12.指数項別貫流応答係数、指数項別吸熱応答係数と公比	指数項別貫流応答係数指数項別吸熱応答係数.csv
表 13.開口部の仕様	開口部.csv
表 14.外部日よけの仕様	外部日よけ.csv
表 15.部位ごとの境界条件、仕様と面積	部位面積.csv
表 16.局所換気のスケジュール	局所換気スケジュール.csv
表 17.暖冷房設定温度	暖冷房設定温度.csv
表 18.機器発熱スケジュール	機器発熱スケジュール.csv
表 19.照明発熱スケジュール	照明発熱スケジュール.csv
表 20.在室人数スケジュール	在室人数スケジュール.csv

③ 実行画面と出力結果例

```

コマンドプロンプト
Microsoft Windows [Version 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Ynakamura>"C:\Users\Ynakamura\Desktop\Ye7_heatload (2).exe"
項別公比法を用いた熱負荷計算プログラム 1.0.0.72
Copyright c 2016

-R      リソースファイルのディレクトリ
-F      Required. 計算結果の保存ファイル名
-O      (Default: 1d) 計算結果の保存間隔 15m または 1d
--help  Display this help screen.

C:\Users\Ynakamura>cd C:\Users\Ynakamura\Desktop
C:\Users\Ynakamura\Desktop>e7_heatload (2).exe -F test.csv
START: 2017/1/1 19:20:44
END: 2017/1/1 19:20:44
807.0777msec

C:\Users\Ynakamura\Desktop>e7_heatload (2).exe -F test.csv -O 15m
START: 2017/1/1 19:21:32
END: 2017/1/1 19:21:33
1130.2476msec

C:\Users\Ynakamura\Desktop>e7_heatload (2).exe -F test.csv -O 1d
START: 2017/1/1 19:21:51
END: 2017/1/1 19:21:52
813.1428msec

C:\Users\Ynakamura\Desktop>

```

計算時間は msec 表示

計算間隔 15 分の計算

計算間隔 1 日の計算

図 1 実行画面

2017/1/1																			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
日付INDEX	日付	時刻INDEX	時刻	外気温	運転モード	設定温度[C]	実給去熱[M]	実温[C]	その他給寒(子供寒)	実温[C]	その他給寒(子供寒)	実温[C]	その他給寒(子供寒)	実温[C]	その他給寒(子供寒)	実温[C]	その他給寒(子供寒)	実温[C]	その他給寒(子供寒)
1	0	1月1日	0	0.00	2.8 暖房	0	0	2.862210028	0	0	6.894821336	0	0	2.818179999	0	0	2.809726387	0	0
2	0	1月1日	1	0.15	2.875 暖房	0	0	2.236136134	0	0	6.826894607	0	0	3.130897837	0	0	3.137906031	0	0
3	0	1月1日	2	0.30	2.75 暖房	0	0	2.716863127	0	0	6.597410095	0	0	2.696162472	0	0	2.679695144	0	0
4	0	1月1日	3	0.45	2.625 暖房	0	0	2.714176859	0	0	3.333650693	0	0	2.787682367	0	0	2.728420987	0	0
5	0	1月1日	4	1.00	2.5 暖房	0	0	2.787656987	0	0	3.078003227	0	0	2.790683287	0	0	2.784377171	0	0
6	0	1月1日	5	1.15	2.875 暖房	0	0	2.744892353	0	0	2.814846074	0	0	2.762364036	0	0	2.762364036	0	0
7	0	1月1日	6	1.30	2.85 暖房	0	0	2.700206926	0	0	2.779423896	0	0	2.727048128	0	0	2.737135689	0	0
8	0	1月1日	7	1.45	2.825 暖房	0	0	2.696262359	0	0	2.737700782	0	0	2.712821631	0	0	2.679991004	0	0
9	0	1月1日	8	2.00	2.8 暖房	0	0	2.672387583	0	0	2.711736822	0	0	2.686999987	0	0	2.696137739	0	0
10	0	1月1日	9	2.15	2.7 暖房	0	0	2.690888498	0	0	2.637949408	0	0	2.696868893	0	0	2.686231418	0	0
11	0	1月1日	10	2.30	2.6 暖房	0	0	2.480033925	0	0	2.584395948	0	0	2.500302324	0	0	2.500465664	0	0
12	0	1月1日	11	2.45	2.5 暖房	0	0	2.390786173	0	0	2.471876321	0	0	2.404232706	0	0	2.4038918279	0	0
13	0	1月1日	12	3.00	2.4 暖房	0	0	2.293389393	0	0	2.277834847	0	0	2.308328748	0	0	2.308804408	0	0
14	0	1月1日	13	3.15	2.4 暖房	0	0	2.290141274	0	0	2.248238183	0	0	2.309993372	0	0	2.304205282	0	0
15	0	1月1日	14	3.30	2.4 暖房	0	0	2.2894081	0	0	2.216000973	0	0	2.303514823	0	0	2.303863638	0	0
16	0	1月1日	15	3.45	2.4 暖房	0	0	2.289228639	0	0	2.211002108	0	0	2.302307783	0	0	2.303727251	0	0
17	0	1月1日	16	4.00	2.4 暖房	0	0	2.289228634	0	0	2.208442421	0	0	2.302308898	0	0	2.303696885	0	0
18	0	1月1日	17	4.15	2.5 暖房	0	0	2.279351399	0	0	2.272343002	0	0	2.294800779	0	0	2.29328763	0	0
19	0	1月1日	18	4.30	2.6 暖房	0	0	2.474028143	0	0	2.437837541	0	0	2.480238876	0	0	2.480920297	0	0
20	0	1月1日	19	4.45	2.7 暖房	0	0	2.566287629	0	0	2.538941302	0	0	2.588029617	0	0	2.588691618	0	0
21	0	1月1日	20	5.00	2.8 暖房	0	0	2.684869999	0	0	2.620504242	0	0	2.681918291	0	0	2.68476927	0	0
22	0	1月1日	21	5.15	2.875 暖房	0	0	2.687225953	0	0	2.573161857	0	0	2.571719728	0	0	2.485246815	0	0
23	0	1月1日	22	5.30	2.85 暖房	0	0	2.426526624	0	0	2.521261721	0	0	2.452878762	0	0	2.453485114	0	0
24	0	1月1日	23	5.45	2.825 暖房	0	0	2.320730202	0	0	2.412200523	0	0	2.323414715	0	0	2.326823058	0	0
25	0	1月1日	24	6.00	2.3 暖房	0	0	2.201804795	0	0	2.287979799	0	0	2.212888796	0	0	2.212888796	0	0
26	0	1月1日	25	6.15	2.3 暖房	0	0	2.198121113	0	0	2.259858258	0	0	2.208298878	0	0	2.208869311	0	0
27	0	1月1日	26	6.30	2.3 暖房	0	0	2.194382399	0	0	2.202037989	0	0	2.20798607	0	0	2.208482287	0	0
28	0	1月1日	27	6.45	2.3 暖房	0	0	2.194386363	0	0	2.218978011	0	0	2.207868877	0	0	2.208626187	0	0
29	0	1月1日	28	7.00	2.3 暖房	0	0	2.184719755	0	0	2.212862329	0	0	2.209020808	0	0	2.208483161	0	0
30	0	1月1日	29	7.15	2.85 暖房	0	0	2.510911633	0	0	2.427907822	0	0	2.522899527	0	0	2.520389051	0	0
31	0	1月1日	30	7.30	3 暖房	0	0	2.843063479	0	0	2.687370821	0	0	2.862893334	0	0	2.86628655	0	0

図 2 csv ファイル出力例 (計算間隔 15 分の場合)

1.2. プログラムの構成

高速化と柔軟性を両立するために計算用クラス群を整理した。従前は、クラス間が密結合してる構造であったが、計算グラフの考え方を導入した。これにより、

1. 計算処理ごとに再計算の有無／前回計算結果の保持の有無が整理され、無駄な再計算をしなくて済むようになった。
2. 個別要素を取り出して計算を検証しやすくなった。

1.2.1. 基本要素

基本要素は、変数・ゲート付き変数・定数の3つです。これらを接続することで計算グラフを構成します。

IVariable	・・・ 変数
IGateVariable	・・・ ゲート付き変数 (1つ前の計算結果を保持)
IConstant	・・・ 定数

クラス名	計算内容	基本要素区分
AbsorptionSolarRadiationSplitter	室内表面の吸収日射量を分配	IVariable
BRC	BRC	IVariable
BRL	放射温度の係数 BRL	IConstant
BRM	BRM	IVariable
CRX	CRX	IVariable
CVL	CVL	IVariable
CVLMatrix	CVLMatrix	IVariable
DenominatorOT	作用温度計算の分母	IConstant
EavesShadow	ひさしの影面積率の計算	IVariable
FIA	FIA	IConstant
FLB	FLB	IConstant
FormFactorMRT	部位間の形態係数 Fmrt の計算	IConstant
FormFactorOT	室内部位と人体の間の形態係数 Fot の計算	IConstant
IncidentAngleCosine	入射角の方向余弦 (付録.E)	IVariable
MeanRadiantTemperature	平均放射温度 MRT	IVariable
RoomLoadTemp	作用温度, 室除去熱量の計算	IVariable
RoomQGT	RoomQGT	IVariable
RoomRecord	RoomRecord	IVariable
RoomTemperature	RoomTemperature	IGateVariable
SolarRadiationTilter	傾斜面日射量	-

SurfaceHeatFlow	表面熱流の計算	IGateVariable
SurfaceTemperature	表面温度	IVariable
Teo	裏面相当温度の計算	IGateVariable
WindowQGT	窓の QGT 計算	IVariable
WSB	WSB	IConstant
WSC	WSC	IVariable
WSR	WSR	IConstant
WSV	WSV	IVariable
XA	AX の逆行列	IConstant
XC	室温計算の定数項	IVariable
XLr	放射暖房熱負荷の換算係数	IConstant
Xot	作用温度制御の換算係数	IConstant
AirConditioner	空調計算	IVariable

1.2.2. ブロック

ブロック要素は基本計算要素を組み合わせて大きな計算単位を作成します。

クラス名	説明
HouseBlock	住宅全体の計算グラフ。部屋計算ブロックを持ちます。
RoomBlock	部屋計算ブロック。外皮計算ブロック、室温計算ブロックを持ちます。
EnvelopeBlock	外皮計算ブロック。開口部日射計算ブロック、室内表面温度計算ブロックを持ちます。
RoomTemperatureBlock	室温計算ブロック
QGTBlock	開口部日射計算ブロック
SurfaceTemperatureBlock	室内表面温度計算ブロック

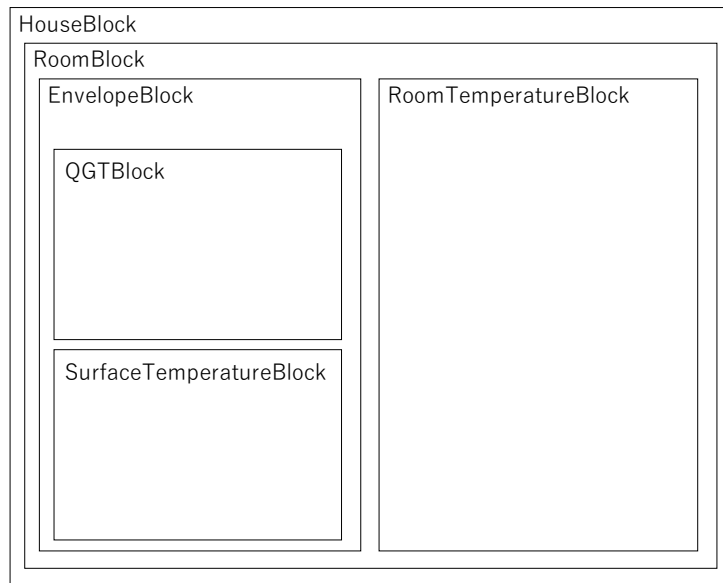


Figure 1 ブロック関係図

1.2.3. コンポーネント

クラス名	クラスがあらわすもの
House	住宅
Room	室
Ceiling(Component)	天井
Door(Component)	ドア
EavesShape(Component)	外部日よけ
ExternalHorizontalWall(Component)	水平外皮
Floor(Component)	床
InnerDoor(Component)	室内ドア
InnerWall(Component)	内壁
Window(Component)	窓
AirConditioner	空調機

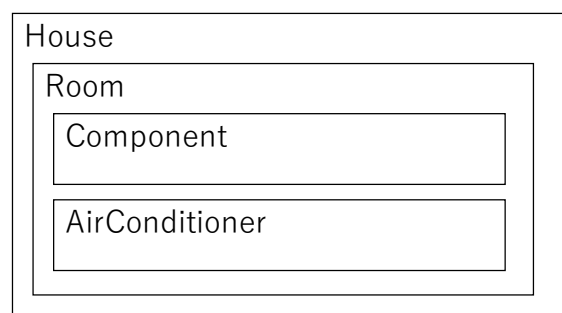


Figure 2 コンポーネント関連図

1.3. 計算高速化

以下に、計算高速化の手法を整理する。

(1) 一般的な高速化手法

- ① 演算の回数を減らす → 未知数を少なくする
- ② 大きな行列を解くのではなく、小さな行列を多段で解くようにする。 計算過程の変数を極力消去する
- ③ ライブラリ（三角関数、Log、べき乗など）を極力使わない
- ④ 同じ計算を何度も実行しない
- ⑤ コンパイラによる最適化

(2) 最近のシステム環境での高速化手法

- ① GPU (Graphics Processing Unit) を活用した演算の並列化 → 1 つの CPU の演算速度は頭打ちになっており、複数の CPU に処理を分散させることで高速化が図れる。また、CPU より並列度が高く 10～100 倍程度の演算能力を持つ GPU を利用するとさらに計算速度が向上する。(ただし、CPU と GPU 間のデータ転送速度は遅いので全体の構築に工夫が必要)
- ② 実行環境の 64bit 化

(3) 熱負荷計算の並列化

- ① 並列化を進めれば、計算の高速化が図れるが、非定常熱伝導の計算は過去の計算結果が必要で並列化が難しい。
- ② 基準値の計算と設計値の計算は並列化が可能
- ③ 居室の負荷計算の並列化 → 隣室の境界条件を決める必要がある。(隣室温度差係数など)
- ④ 並列化については同期のコストもかかるため、小規模な並列化はかえって計算時間が長くなる場合がある。

本年度は、構造的に同じ計算を何度も実行しないように見直しを行っている。昨年より必要な演算が増加しているにもかかわらず計算速度は若干の低下で済んでいる。現時点では、C#(.NET Framework)を使用しているが、C#(.NET Core)がベンチマーク上は速い場合もあり、比較検討をしたい。現時点で15分間隔の年間計算で約1.8秒(例1815.9535msec)、1日間隔で約0.8秒(856.937msec)であり、2秒程度で計算可能となっている。

資料2. 室内表面熱流／室外温度励振、室内表面温度応答の室温・熱負荷計算仕様書

ここでは、「2.6 表面温度応答係数を用いた熱負荷計算」及び「2.7.1 固定公比法による応答係数計算法の検討」で整理した室外温度・室内表面熱流を励振とし、室内表面温度を応答する非定常熱伝導計算法について、プログラム実装するための仕様書を作成したものである。ここで示した計算仕様書をもとに、資料 1. に示した計算プログラムの実装を行った。

項別公比法を用いた熱負荷計算プログラム

1.	修正履歴	1
2.	記号および単位	1
2.1	記号	1
2.2	添え字.....	4
3.	計算のフロー.....	5
4.	室温、湿度、室供給熱量の計算.....	5
4.1	顕熱	5
4.2	潜熱	7
付録 1.	表面温度の計算.....	9
付録 2.	応答係数の初項、指数項別応答係数、公比の計算	10
付録 3.	人体の熱伝達率.....	12
付録 4.	気象データの補間方法.....	13
付録 5.	太陽位置の計算.....	14
付録 6.	入射角の方向余弦.....	16
付録 7.	傾斜面日射量	17
付録 8.	ひさしの影面積の計算.....	18
付録 9.	裏面相当温度	19
付録 10.	窓の入射角特性.....	20
付録 11.	窓の透過日射熱取得、吸収日射熱取得の計算.....	21
付録 12.	室内表面の吸収日射量、形態係数、放射暖房放射成分吸収比率	22
付録 13.	窓の開閉と空調発停の切り替え	24
付録 14.	家具の熱容量・熱コンダクタンスと備品等の湿気容量・湿気コンダクタンスの計算	25
付録 15.	ルームエアコン風量の計算	26
付録 16.	ルームエアコン吹出絶対湿度の計算.....	27
付録 17.	計算期間と助走期間.....	28
付録 18.	初期値と定数.....	29
付録 19.	外表面の定義.....	30
付録 20.	空間の定義.....	31
付録 21.	隣室間換気の定義.....	32
付録 22.	室供給熱量の最大能力.....	33
付録 23.	表面熱伝達率	34
付録 24.	壁体構成	35
付録 25.	開口部の仕様.....	36
付録 26.	外部日よけの仕様.....	37
付録 27.	部位ごとの境界条件、仕様と面積	38
付録 28.	暖冷房設定温度	40

付録 29.	局所換気のスケジュール	41
付録 30.	機器発熱スケジュール	42
付録 31.	照明発熱スケジュール	43
付録 32.	人体発熱スケジュール	44
付録 33.	計算結果出力項目	45

1. 修正履歴

日付	修正内容
2017/2/2	初期版
2017/3/24	計算結果の出力項目を追加
2017/3/30	人体の対流・放射熱伝達率の設定値を追加。対流式空調の室供給熱量の最大能力、放射式空調の室供給熱量の最大能力の設定値を追加
2017/6/9	室内表面から裏面空気までの熱貫流率の計算法の参照先間違いを修正 開口部の吸熱応答係数初項の計算法の誤りを修正 窓の吸収日射熱取得の計算法を追加
2017/6/12	開口部の吸収日射熱取得ダブルカウントの回避
2017/6/13	外表面の定義に誤りがあったため修正 人体の表面熱伝達率を修正
2017/7/10	太陽位置計算時の設定年数が明文化されていなかったため、1989 年とするように明記
2017/8/23	計算対象物件に単室モデルを追加 開口部の相当外気温度(吸収日射取得成分)の記述がプログラムと整合していなかったためプログラムに合わせた
2017/9/8	応答係数法を固定公比法で計算するように修正
2017/11/7	太陽位置の計算に必要な均時差 E_t の単位が間違っていたので修正
2017/12/4	固定公比法の計算法を松尾の方法から最小二乗法を使用する方法に変更
2019/1/24	潜熱の計算法追加 家具、備品等による顕熱、潜熱の遅れを考慮するように変更 室内部位表面間の形態係数、部位と人体間の形態係数の計算法を変更 窓の開閉、空調の発停のロジックを追加 空調設定温度を $PMV=0$ 条件を模擬するように変更

2. 記号および単位

2.1 記号

記号	意味	単位
$Tr_{i,n}$	i 室の n 時点における室温	℃
$OT_{i,n}$	i 室の n 時点における室の作用温度	℃
$OTset_{i,n}$	i 室の n 時点における室の空調設定作用温度	℃
$Ts_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内側表面温度	℃
$xr_{i,n}$	i 室の n 時点における室絶対湿度	kg/kg(DA)
$RH_{i,n}$	i 室の n 時点における室相対湿度(付録 28. による)	%
$Lc_{i,n}$	i 室の n 時点における対流式空調の室供給熱量	W
$Lccap_{i,n}$	i 室の n 時点における対流式空調の室供給熱量の最大能力(付録 22. による)	W
$Lr_{i,n}$	i 室の n 時点における放射式空調の室供給熱量	W
$Lrcap_{i,n}$	i 室の n 時点における放射式空調の室供給熱量の最大能力(付録 22. による)	W
$Ll_{i,n}$	i 室の n 時点における加湿熱量	W
Vol_i	i 室の気積(付録 20. による)	m ³

記号	意味	単位
RM_i	i 室の室空気の熱容量(付録 20. による)	J/K
Δt	計算時間間隔(付録 18. による)	秒
β_i	i 室の放射暖房における対流成分比率(暫定的にゼロとする)	—
$flr_{i,k}$	i 室の部位 k の放射暖房放射成分吸収比率(付録 12. による)	—
$Fot_{i,k}$	i 室の部位 k の人体に対する形態係数(付録 12. による)	—
$Fmrt_{i,l}$	i 室の部位 l から室内微小球への形態係数(付録 12. による)	—
hhc_i	i 室の人体表面の対流熱伝達率(付録 3. による)	W/(m ² ・K)
hhr_i	i 室の人体表面の放射熱伝達率(付録 3. による)	W/(m ² ・K)
hh_i	i 室の人体表面の総合熱伝達率(付録 3. による)	W/(m ² ・K)
kc_i	i 室の人体表面における対流熱伝達率の総合熱伝達率に対する比	—
kr_i	i 室の人体表面における放射熱伝達率の総合熱伝達率に対する比	—
$A_{i,k}$	i 室の部位 k の表面積(付録 27. による)	m ²
$\phi_{A,i,k,0}$	i 室の部位 k における吸熱応答係数の初項(付録 2. による)	W/(m ² ・K)
$\phi_{1A,i,k,m}$	i 室の部位 k における指数項別吸熱応答係数(付録 2. による)	W/(m ² ・K)
Nw_i	i 室の部位の面数(付録 20. による)	—
ca	空気の比熱(付録 18. による)	J/(kg・K)
ρa	空気の密度(付録 18. による)	kg/m ³
L_w	水の蒸発潜熱(付録 18. による)	J/kg
$V_{i,n}$	i 室の n 時点における計画換気・すきま風量・局所換気風量の合計値(付録 20. 、付録 29. による)	m ³ /s
N_{room}	計算対象室数(付録 18. による)	室
$Vnxt_{i,j,n}$	i 室から j 室への n 時点における流入空気(付録 21. による)	m ³ /s
$NV_{i,n}$	i 室の n 時点における通風量	m ³ /s
To_n	n 時点における外気温度	°C
$Vin_{i,m,n}$	i 室の n 時点における流入空気 m の風量	m ³ /s
$Tin_{i,m,n}$	i 室の n 時点における流入空気 m の温度	°C
$L_{i,l}$	i 室の線熱橋 l の長さ(ここでは省略)	m
$\psi_{i,l}$	i 室の線熱橋 l の線熱貫流率(ここでは省略)	W/(m・K)
$Teo_{i,l,n}$	i 室の n 時点における線熱橋 l の裏面温度(ここでは省略)	°C
$Cap_{fun,i}$	i 室の家具の熱容量(付録 14. による)	J/K
$C_{fun,i}$	i 室の家具と室空気間の熱コンダクタンス(付録 14. による)	W/K
$T_{fun,i,n}$	i 室の n 時点における家具の温度	°C
$Q_{sol,fun,i,n}$	i 室の n 時点における家具の日射吸収熱量	W
$G_{f,i}$	i 室の備品類の湿気容量(付録 14. による)	kg
$C_{x,i}$	i 室の備品類と室空気間の湿気コンダクタンス(付録 14. による)	kg/(s・kg/kg(DA))
$xf_{i,n}$	i 室の n 時点における備品類の絶対湿度	kg/kg(DA)
$G_{hum,i,n}$	i 室の n 時点における除湿量	kg/s
$V_{ac,n}$	i 室の n 時点におけるルームエアコンの風量(付録 15. による)	m ³ /s
$V_{ac,max}$	ルームエアコンの最大風量(付録 15. による)	m ³ /s
$V_{ac,min}$	ルームエアコンの最小風量(付録 15. による)	m ³ /s
$Q_{rtd,c}$	ルームエアコンの定格冷房能力(付録 15. による)	W
$Q_{max,c}$	ルームエアコンの最大冷房能力(付録 15. による)	W
$Q_{min,c}$	ルームエアコンの最小冷房能力(付録 15. による)	W
BF	ルームエアコンのバイパスファクター(付録 16. による)	—
$Te_{out,n}$	ルームエアコンの熱交換器出口温度(付録 16. による)	°C
P_{ws}	湿り空気の飽和水蒸気圧(付録 16. による)	kPa
P	大気圧(=101.325)	kPa
$xe_{out,n}$	i 室の n 時点におけるルームエアコン熱交換器出口の絶対湿度(付録 16. による)	kg/kg(DA)
$I_{DN,n}$	n 時点における法線面直達日射量	W/m ²
$I_{sky,n}$	n 時点における水平面天空日射量	W/m ²
$I_{HOL,n}$	n 時点における水平面全天日射量	W/m ²
RN_n	n 時点における夜間放射量	W/m ²
$Hs_{i,n}$	i 室の n 時点における内部発熱(機器、照明、人体発熱の合計。付録 30. 、付録 31. 、付録 32. による)	W
$Hl_{i,n}$	i 室の n 時点における内部発湿(人体発湿のみで付録 32. による)	kg/s
$Teo_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の裏面相当温度(付録 9. による)	°C

記号	意味	単位
$Te_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内等価温度	°C
$q_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内表面熱流	W/m ²
$\phi_{T,i,k,0}$	i 室の部位 k における貫流応答係数の初項(付録 2. による)	W/(m ² ・K)
$\phi_{1T,i,k,m}$	i 室の部位 k における指数項別貫流応答係数(付録 2. による)	W/(m ² ・K)
$Ct_{A,m}$	吸熱伝達関数の係数(付録 2. による)	m ² K/W
$Ct_{T,m}$	貫流伝達関数の係数(付録 2. による)	—
$Rm_{i,k}$	i 室の部位 k における室内表面の熱伝達抵抗を除いた熱抵抗(付録 2. による)	m ² K/W
$P_{i,k}$	i 室の部位 k の多層壁部位構成数	—
α_m	固定根(付録 2. による)	—
R_k	壁体構成層 k の熱抵抗(付録 2. による)	m ² ・K/W
C_k	壁体構成層 k の熱容量(付録 2. による)	J/(m ² ・K)
l_k	壁体構成層 k の厚さ(付録 24. による)	m
c_k	壁体構成層 k の容積比熱(付録 24. による)	J/(m ³ ・K)
λ_k	壁体構成層 k の熱伝導率(付録 24. による)	W/(m・K)
$QGT_{i,n}$	i 室の n 時点における透過日射熱取得(付録 11. による)	W
$QGA_{i,n}$	i 室の n 時点における吸収日射熱取得(付録 11. による)	W
$\tau_{D,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の直達日射に対する日射透過率(付録 10. による)	—
$\tau_{d,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の拡散日射に対する日射透過率(付録 10. による)	—
$\tau_{N,i,k,n}$	i 室の部位 k における垂直入射時の日射透過率(付録 25. による)	—
$B_{D,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の直達日射に対する吸収日射取得率(付録 10. による)	—
$B_{d,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の拡散日射に対する吸収日射取得率(付録 10. による)	—
$B_{N,i,k,n}$	i 室の部位 k における垂直入射時の吸収日射取得率(付録 25. による)	—
$Sol_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の吸収日射量(付録 12. による)	W/m ²
$fsol_{i,k}$	i 室の部位 k における透過日射分配率(付録 12. による)	—
$r_{i,k,m}$	公比(付録 2. による)	—
$ho_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室外側総合熱伝達率(付録 23. による)	W/(m ² ・K)
$hi_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内側総合熱伝達率(付録 23. による)	W/(m ² ・K)
$hc_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内側対流熱伝達率(付録 23. による)	W/(m ² ・K)
$hr_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の室内側放射熱伝達率(付録 23. による)	W/(m ² ・K)
$M_{i,k}$	i 室の部位 k における根の数(付録 2. による)	—
$U_{i,k}$	i 室の部位 k における熱貫流率	W/(m ² ・K)
$Uso_{i,k}$	i 室の部位 k における室内表面から裏面空気までの熱貫流率	W/(m ² ・K)
$D_{i,k}$	i 室の部位 k における底の出巾(付録 26. による)	m
$H_{R,i,k}$	i 室の部位 k の開口部の窓高さ(付録 26. による)	m
$W_{R,i,k}$	i 室の部位 k の開口部の窓巾(付録 26. による)	m
$H_{I,i,k}$	i 室の部位 k の開口部の上端から底までの距離(付録 26. による)	m
$W_{11,i,k}$	i 室の部位 k の開口部左右端から底までの距離(付録 26. による)	m
$W_{12,i,k}$		
$F_{SDW,i,k}$	i 室の部位 k における日影面積率(付録 8. による)	—
$A_{SDW,i,k}$	i 室の部位 k における日影面積(付録 8. による)	m ²
As_n	n 時点の太陽方位角(付録 5. による)	rad
hs_n	n 時点の太陽高度(付録 5. による)	rad
Lat	計算対象地点の緯度(付録 18. による)	rad
L	計算対象地点の経度(付録 18. による)	rad
L_0	標準子午線(我が国の場合は 2.356194)	rad
Et	均時差	degree
δ	赤緯	rad
t	時角	rad
Tm	標準時	h
$Date$	現在時刻のシリアル値	
$W\alpha_{i,k}$	i 室の部位 k の方位角(付録 19. による)	rad
$W\beta_{i,k}$	i 室の部位 k の傾斜角(付録 19. による)	rad
$a_{i,k}$	i 室の部位 k の温度差係数(付録 19. による)	—
$\cos \theta_{i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の入射角の方向余弦(付録 6. による)	—
$I_{w,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の傾斜面全天日射量(付録 7. による)	W/m ²
$I_{D,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の傾斜面直達日射量(付録 7. による)	W/m ²

記号	意味	単位
$I_{d,i,k,n}$	i 室の部位 k における n 時点の傾斜面拡散日射量(付録 7. による)	W/m ²
$\varphi_{S,i,k}$	i 室の部位 k における天空に対する形態係数(付録 19. による)	
$\varphi_{G,i,k}$	i 室の部位 k における地面に対する形態係数(付録 19. による)	
$\rho_{G,l}$	部位 l の地面日射反射率	—
$\alpha_{S,i,k}$	i 室の部位 k の屋外日射吸収率(付録 18. による)	—
$\varepsilon_{i,k}$	i 室の部位 k の放射率(付録 18. による)	—

2.2 添え字

記号	意味
i, j	室番号
n	時点
k, l	部位番号
m	指数項番号
p	多層壁の層構成番号

3. 計算のフロー

室温、室温湿度と除去熱量の計算フローを図 1 に示す。

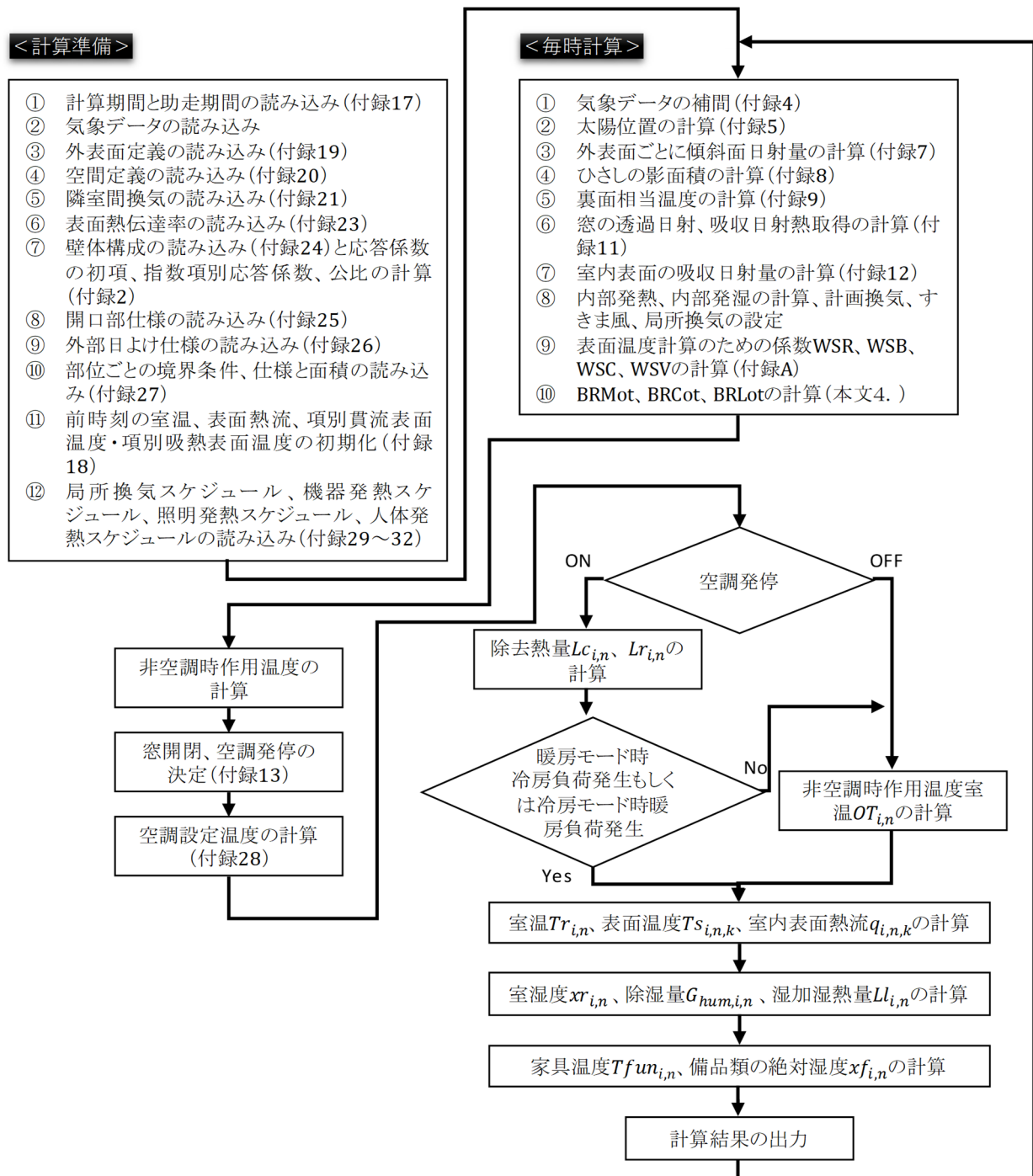


図 1 計算のフロー

4. 室温、湿度、室供給熱量の計算

4.1 顕熱

i 室の室温、室供給熱量の計算は(1)式による。(1)式は室温を計算する場合と室供給熱量を計算する場合の両方

に使用する。使用方法は表 1 による。

$$BRMot_i \cdot OT_{i,n} = BRCot_i + Lc_{i,n} + BRLot_i \cdot Lr_{i,n} \quad (1)$$

(1) 式における係数 $BRMot_{i,n}$ 、 $BRCot_{i,n}$ 、 $BRLot_{i,n}$ は室空気の熱収支と壁体等の熱収支から求められる係数であり、(2)～(10) 式より計算できる。

$$BRMot_i = BRM_i \cdot Xot_i \quad (2)$$

$$BRCot_i = BRC_i + BRM_i \cdot XC_i \quad (3)$$

$$BRLot_i = BRL_i + BRM_i \cdot XLR_i \quad (4)$$

$$BRM_i = \frac{RM_i}{\Delta t} + \sum_{k=1}^{Nw_i} hc_{i,k,n} \cdot A_{i,k} \cdot (1 - WSR_{i,k}) + ca \cdot \rho a \cdot \left(V_{i,n} + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{i,j,n} + NV_{i,n} + \sum_{m=1}^{Nin_i} Vin_{i,m,n} \right) + \sum_{l=1}^{Nhb_i} L_l \cdot \psi_l + \frac{1}{\Delta t / Cap_{fun,i} + 1 / C_{fun,i}} \quad (5)$$

$$BRC_i = \frac{RM_i}{\Delta t} \cdot Tr_{i,n-1} + \sum_{k=1}^{Nw_i} hc_{i,k,n} \cdot A_{i,k} \cdot (WSC_{i,k} + WSV_{i,k}) + ca \cdot \rho a \cdot \left(V_{i,n} \cdot To_n + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{i,j,n} \cdot Tr_{j,n-1} + NV_{i,n} \cdot To_n + \sum_{m=1}^{Nin_i} Vin_{i,m,n} \cdot Tin_{i,m,n} \right) + Hs_{i,n} + \sum_{l=1}^{Nhb} L_{i,l} \cdot \psi_{i,l} \cdot Teo_{i,l,n} + \frac{Cap_{fun,i} / \Delta t \cdot Tfun_{i,n-1} + Qsol_{fun,i,n}}{Cap_{fun,i} / (\Delta t \cdot C_{fun,i}) + 1} \quad (6)$$

$$BRL_i = \sum_{k=1}^{Nw_i} hc_{i,k,n} \cdot A_{i,k} \cdot WSB_{i,k} + \beta_i \quad (7)$$

$$Xot_i = \frac{1}{Deno} \quad (8)$$

$$XC_i = \frac{kr_i \cdot \sum_{k=1}^{Nw_i} Fot_{i,k} \cdot (WSC_k + WSV_k)}{Deno} \quad (9)$$

$$XLR_i = \frac{kr_i \cdot \sum_{k=1}^{Nw_i} Fot_{i,k} \cdot WSB_{i,k}}{Deno} \quad (10)$$

$$Deno = kc_i + kr_i \cdot \sum_{k=1}^{Nw_i} Fot_{i,k} \cdot WSR_{i,k} \quad (11)$$

(5)～(10) 式中の係数 $WSR_{i,k}$ 、 $WSC_{i,k}$ 、 $WSV_{i,k}$ 、 $WSB_{i,k}$ は壁体の熱伝導計算の過程で求められる係数であり、計算法は付録 A. で述べる。

kc_i と kr_i は人体表面における対流熱伝達率、放射熱伝達率の総合熱伝達率に対する比であり、(12)、(13) 式より求められる。人体表面における熱伝達率は付録 3. による。

$$kc_i = \frac{h h c_i}{h h_i} \quad (12)$$

$$kr_i = \frac{hhr_i}{hh_i} \quad (13)$$

表 1 (1)式から作用温度、室除去熱量を計算する方法

計算目的	計算方法	
自然室温計算 (非空調時の室温計算)	室供給熱量 $Lc_{i,n} = Lr_{i,n} = 0$ $OT_{i,n} = BRCot_{i,n}/BRMot_{i,n}$ より作用温度 $OT_{i,n}$ を計算(室温は(14)式より計算)	
室供給熱量計算 (空調時の供給熱量計算)	室温 $OT_{i,n} = OTset_{i,n}$ (室温は(14)式より計算)	
	対流式空調の場合	$Lc_{i,n} = BRMot_{i,n} \cdot OTset_{i,n} - BRCot_{i,n}$ より室供給熱量 $Lc_{i,n}$ を計算($Lr_{i,n} = 0$)
	放射暖房の場合	$Lr_{i,n} = (BRMot_{i,n} \cdot OTset_{i,n} - BRCot_{i,n})/BRLot_{i,n}$ より室供給熱量 $Lr_{i,n}$ を計算($Lc_{i,n} = 0$)
	放射暖房をベースに対流式空調で設定温度を維持する場合	$Lc_{i,n} = BRMot_{i,n} \cdot OTset_{i,n} - BRCot_{i,n} - BRLot_{i,n} \cdot Lrcap_{i,n}$ より室供給熱量 $Lc_{i,n}$ を計算
過負荷状態の室温計算	室供給熱量 $Lc_{i,n} = Lccap_{i,n}$ 、 $Lr_{i,n} = Lrcap_{i,n}$ $OT_{i,n} = (BRCot_{i,n} + Lccap_{i,n} + BRLot_{i,n} \cdot Lrcap_{i,n})/BRMot_{i,n}$ より作用温度 $OT_{i,n}$ を計算(室温は(14)式より計算)	

対流式空調の室供給熱量の最大能力 $Lccap_{i,n}$ 、放射式空調の室供給熱量の最大能力 $Lrcap_{i,n}$ は付録 22. による。
表 1 から当該時刻の作用温度 $OT_{i,n}$ が求まったら(14)を用いて当該時刻の室温を求めることができる。

$$Tr_{i,n} = Xot_{i,n} \cdot OT_{i,n} - XLr_{i,n} \cdot Lr_{i,n} - XC_{i,n} \quad (14)$$

また、(14)から室温が計算されたのちに(15)式を用いて家具の温度 $Tfun_{i,n}$ を計算する。

$$Tfun_{i,n} = \frac{Cap_{fun,i}/\Delta t \cdot Tfun_{i,n-1} + C_{fun,i} \cdot Tr_{i,n} + Qsol,fun_{i,n}}{Cap_{fun,i}/\Delta t + C_{fun,i}} \quad (15)$$

4.2 潜熱

i 室の室絶対湿度の計算は(16)式による。

$$xr_{i,n} = \frac{BRXC_i}{BRMX_i} \quad (16)$$

ただし、

$$BRMX_i = \rho a \cdot \left(\frac{Vol_i}{\Delta t} + V_{i,n} + V_{ac,i,n} \cdot (1 - BF) + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{i,j,n} + NV_{i,n} + \sum_{m=1}^{Nin_i} Vin_{m,n} \right) + \frac{G_f \cdot C_x}{G_f + \Delta t \cdot C_x} \quad (17)$$

$$BRXC_i = \rho a \cdot \left(\frac{Vol_i}{\Delta t} \cdot xr_{i,n-1} + V_{i,n} \cdot xo_n + V_{ac,i,n} \cdot (1 - BF) \cdot xe_{out,n} + \sum_{j=1}^{Nroom} Vnxt_{i,j,n} \cdot xr_{j,n-1} + NV_{i,n} \right. \\ \left. \cdot xo_n + \sum_{m=1}^{Nin} Vin_{m,n} \cdot xin_{m,n} \right) + Li_n + \frac{G_{f,i} \cdot C_{x,i}}{G_{f,i} + \Delta t \cdot C_{x,i}} \cdot xf_{i,n-1} \quad (18)$$

室空気の絶対湿度 $xr_{i,n}$ が計算されたのちに(19)式から備品類の絶対湿度を計算する。

$$xf_{i,n} = \frac{G_{f,i}/\Delta t \cdot xf_{i,n-1} + C_{x,i} \cdot xr_{i,n}}{G_{f,i}/\Delta t + C_{x,i}} \quad (19)$$

空調の除湿量は室温 $xr_{i,n}$ が計算されたのちに(20)式で計算できるが、ここで想定する空調では除湿だけを考えているので、除湿量が負値になった場合にはルームエアコン風量 $V_{ac,n}$ をゼロとして再度室温を計算する。

$$G_{hum,i,n} = \max[\rho a \cdot V_{ac,n} \cdot (1 - BF) \cdot (xr_{i,n} - xe_{out,n}), 0] \quad (20)$$

除湿量から室加湿熱量を計算するときは、蒸発潜熱を乗じて求める。このときに、加湿熱量を正とする。

$$Ll_{i,n} = -L_w \cdot G_{hum,i,n} \quad (21)$$

付録1. 表面温度の計算

i 室の部位 k における室内表面温度は(22)式より求められる。

$$Ts_{i,n,k} = WSR_{i,k} \cdot Tr_{i,n} + WSB_{i,k} \cdot Lr_{i,n} + WSC_{i,k} + WSV_{i,k} \quad (22)$$

表面温度を計算するための各種係数は(23)式による。

$$\begin{aligned} WSR_{i,k} &= \sum_{l=1}^{Nw_i} XA_{k,l} \cdot FIA_{i,l} & WSB_{i,k} &= \sum_{l=1}^{Nw_i} XA_{k,l} \cdot FLB_{i,l} \\ WSC_{i,k} &= \sum_{l=1}^{Nw_i} XA_{k,l} \cdot CRX_{i,l} & WSV_{i,k} &= \sum_{l=1}^{Nw_i} XA_{k,l} \cdot CVL_{i,l} \end{aligned} \quad (23)$$

(23) 式中の $XA_{k,j}$ は(24)式に示す行列 $[AX]$ の逆行列の k 行 j 列要素である。なお、式中の応答係数初項 $\phi_{A,0,k}$ 、 $\phi_{T,0,j}$ は付録 2. に示す。

$$AX_{k,l} = \begin{cases} 1 + \phi_{A,i,k,0} \cdot hi_{i,k} - \phi_{A,i,k,0} \cdot hr_{i,k} \cdot Fmrt_{i,l} & k = l \\ -\phi_{A,i,k,0} \cdot hr_{i,k} \cdot Fmrt_{i,l} & k \neq l \end{cases} \quad (24)$$

(23) 式中のその他の係数 $FIA_{i,j}$ 、 $CRX_{i,j}$ 、 $CVL_{i,j}$ 、 $FLB_{i,j}$ は(25)式より求められる。

$$\begin{aligned} FIA_{i,l} &= \phi_{A,i,l,0} \cdot hc_{i,l,n} & FLB_{i,l} &= \frac{\phi_{A,i,l,0} \cdot flr_{i,l} \cdot (1 - \beta_i)}{A_l} \\ CRX_{i,j} &= \phi_{A,i,l,0} \cdot Sol_{i,l,n} + \phi_{T,i,l,0} \cdot Teo_{i,l,n} & CVL_{i,l} &= \sum_{m=1}^{M_{i,l}} Ts'_{A,l,n,m} + \sum_{m=1}^{M_{i,l}} Ts'_{T,l,n,m} \end{aligned} \quad (25)$$

(25) 式中の部位の吸収日射量 $Sol_{i,l,n}$ は付録 12. より求める。(25) 式中の $CVL_{i,l}$ の計算式右辺については、過去の表面熱流や温度などで構成される(26)式から計算できる。なお、式中の指数項別応答係数 $\phi_{1A,i,l,m}$ 、 $\phi_{1T,i,l,m}$ や公比 $r_{m,j}$ は付録 2. に示す。

$$\begin{aligned} Ts'_{A,l,n,m} &= q_{i,l,n-1} \cdot \phi_{1A,i,l,m} + r_{i,l,m} \cdot Ts'_{A,l,n-1,m} \\ Ts'_{T,l,n,m} &= Teo_{i,l,n-1} \cdot \phi_{1T,i,l,m} + r_{i,l,m} \cdot Ts'_{T,l,n-1,m} \end{aligned} \quad (26)$$

(26) 上段の式における右辺第1項の前時刻ステップの表面熱流 $q_{i,l,n-1}$ は各部位の等価温度と表面温度から(27)式で計算する。

$$q_{i,l,n-1} = hi_{i,l,n} \cdot (Tei_{i,l,n-1} - Ts_{i,l,n-1}) \quad (27)$$

$$Tei_{i,l,n-1} = \frac{hc_{i,l,n-1}}{hi_{i,l,n-1}} \cdot Tr_{i,n-1} + \frac{hr_{i,l,n-1}}{hi_{i,l,n-1}} \cdot \sum_{k=1}^{Nw_i} Fmrt_{l,k} \cdot Ts_{i,k,n-1} + \frac{Sol_{i,l,n-1}}{hi_{i,l,n-1}} + \frac{flr_{i,l} \cdot Lr_{i,n-1}/A_{i,l} \cdot (1 - \beta_i)}{hi_{i,l,n-1}} \quad (28)$$

付録2. 応答係数の初項、指数項別応答係数、公比の計算

応答係数、指数項別応答係数は固定公比法によって求める。非定常熱伝導の計算に必要な応答係数の初項、指数項別応答係数公比は、仮定した固定根 α_m と伝達関数の係数 $Ct_{A,m}$ 、 $Ct_{T,m}$ から(29)～(34)式より求められる。ただし、開口部の吸熱応答初項 $Uso_{i,k}$ は付録 25. に示す。

$$\phi_{A,i,k,0} = Rm_{i,k} + \sum_{m=1}^M \frac{Ct_{A,m}}{\alpha_m \cdot \Delta t} \cdot (1 - e^{-\alpha_m \cdot \Delta t}) \quad (29)$$

$$Rm_{i,k} = \sum_{p=1}^{P_{i,k}} R_p \quad (30)$$

$$\phi_{T,i,k,0} = 1 + \sum_{m=1}^M \frac{Ct_{T,m}}{\alpha_m \cdot \Delta t} \cdot (1 - e^{-\alpha_m \cdot \Delta t}) \quad (31)$$

$$\phi'_{1A,i,k,m} = -\frac{Ct_{A,m}}{\alpha_m \cdot \Delta t} \cdot (1 - e^{-\alpha_m \cdot \Delta t})^2 \quad (32)$$

$$\phi'_{1T,i,k,m} = -\frac{Ct_{T,m}}{\alpha_m \cdot \Delta t} \cdot (1 - e^{-\alpha_m \cdot \Delta t})^2 \quad (33)$$

$$r_{i,k,m} = e^{-\alpha_m \cdot \Delta t} \quad (34)$$

固定根 α_m 、ラプラス変数 s_m は一般壁体の場合と土壌を含む場合で(35)～(38)を仮定する。

(一般壁体の場合[M=8])

$$\alpha_m = \{2.000 \cdot 10^{-6} \quad 7.900 \cdot 10^{-6} \quad 3.120 \cdot 10^{-5} \\ 1.232 \cdot 10^{-4} \quad 4.868 \cdot 10^{-4} \quad 1.923 \cdot 10^{-3} \\ 7.595 \cdot 10^{-3} \quad 3.000 \cdot 10^{-2}\} \quad (35)$$

$$s_m = \{1.006 \cdot 10^{-6} \quad 2.000 \cdot 10^{-6} \quad 3.975 \cdot 10^{-6} \quad 7.900 \cdot 10^{-6} \\ 1.570 \cdot 10^{-5} \quad 3.120 \cdot 10^{-5} \quad 6.201 \cdot 10^{-5} \quad 1.232 \cdot 10^{-4} \\ 2.449 \cdot 10^{-4} \quad 4.868 \cdot 10^{-4} \quad 9.675 \cdot 10^{-4} \quad 1.923 \cdot 10^{-3} \\ 3.822 \cdot 10^{-3} \quad 7.595 \cdot 10^{-3} \quad 1.509 \cdot 10^{-2} \quad 3.000 \cdot 10^{-2}\} \quad (36)$$

(土壌を含む場合[M=10])

$$\alpha_m = \{1.0597 \cdot 10^{-9} \quad 4.2389 \cdot 10^{-9} \quad 1.6956 \cdot 10^{-8} \\ 6.7806 \cdot 10^{-8} \quad 2.7128 \cdot 10^{-7} \quad 1.0850 \cdot 10^{-6} \quad (37)$$

$$4.3417 \cdot 10^{-6} \quad 1.7361 \cdot 10^{-5} \quad 6.9444 \cdot 10^{-5} \quad 2.7778 \cdot 10^{-4}\} \\ s_m = \{1.0597 \cdot 10^{-9} \quad 2.1194 \cdot 10^{-9} \quad 4.2389 \cdot 10^{-9} \quad 8.4778 \cdot 10^{-9} \\ 1.6956 \cdot 10^{-8} \quad 3.3911 \cdot 10^{-8} \quad 6.7806 \cdot 10^{-8} \quad 1.3561 \cdot 10^{-7} \\ 2.7128 \cdot 10^{-7} \quad 5.4256 \cdot 10^{-7} \quad 1.0850 \cdot 10^{-6} \quad 2.1700 \cdot 10^{-6} \\ 4.3417 \cdot 10^{-6} \quad 8.6833 \cdot 10^{-6} \quad 1.7361 \cdot 10^{-5} \quad 3.4722 \cdot 10^{-5} \\ 6.9444 \cdot 10^{-5} \quad 1.3889 \cdot 10^{-4} \quad 2.7778 \cdot 10^{-4} \quad \} \quad (38)$$

伝達関数の係数 $Ct_{A,m}$ 、 $Ct_{T,m}$ は伝達関数のパラメータ s_m から求められる係数行列の逆行列 $[U]^{-1}$ と伝達関数ベクトル $\{G_A\}$ 、 $\{G_T\}$ から(39)、(40)式より求められる。

$$\{Ct_A\} = [U]^{-1} \cdot \{G_A\} \quad (39)$$

$$\{Ct_T\} = [U]^{-1} \cdot \{G_T\} \quad (40)$$

$$F_{i,j} = \frac{s_i}{s_i + \alpha_j} \quad (41)$$

$$U_{k,j} = \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot \sum_{j=1}^N F_{i,j} \quad (42)$$

$$C_{A,k} = \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot G_{A,k} \quad (43)$$

$$C_{T,k} = \sum_{i=1}^M F_{i,k} \cdot G_{T,k} \quad (44)$$

$$G_{A,i} = \frac{B(s_i)}{D(s_i)} - Rm \quad (45)$$

$$G_{T,i} = \frac{1}{D(s_i)} - 1 \quad (46)$$

伝達関数 $B(s_i)/D(s_i)$ 、 $1/D(s_i)$ は壁体構成層の室内側から順に四端子基本行列 $[F_{i,p}]$ を乗じることで求められる四端子行列 $[F_i]$ の要素から求めることができる。

$$[F_i] = \begin{bmatrix} A(s_i) & B(s_i) \\ C(s_i) & D(s_i) \end{bmatrix} \quad (47)$$

$$[F_i] = [F_{i,1}] \cdot [F_{i,2}] \cdot \dots \cdot [F_{i,p}] \cdot \dots \cdot [F_{i,P_{i,k}}] \quad (48)$$

$$[F_{i,p}] = \begin{bmatrix} A_{i,p}(s_i) & B_{i,p}(s_i) \\ C_{i,p}(s_i) & D_{i,p}(s_i) \end{bmatrix} \quad (49)$$

四端子基本行列の要素は、壁体構成層の熱容量によって表 2 から計算することができる。

表 2 $[F_{i,p}]$ の各要素の計算法

	$C_k = 0$ の場合	$C_k \neq 0$ の場合
$A_{i,p}(s_i)$	1	$\cosh \sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}$
$B_{i,p}(s_i)$	R_p	$\frac{R_p}{\sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}} \cdot \sinh \sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}$
$C_{i,p}(s_i)$	0	$\frac{\sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}}{R_p} \cdot \sinh \sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}$
$D_{i,p}(s_i)$	1	$\cosh \sqrt{R_p \cdot C_p \cdot s_i}$

壁体構成層 p の熱抵抗 R_p 、熱容量 C_p は壁体構成層 p の厚さ l_p 、壁体構成層 p の容積比熱 c_p 、壁体構成層 p の熱伝導率 λ_p から(50)、(51)式から求めることができる。

$$R_p = \frac{l_p}{\lambda_p} \quad (50)$$

$$C_p = l_p \cdot c_p \quad (51)$$

付録3. 人体の熱伝達率

表 3 人体の熱伝達率の設定値¹

用語	記号	設定値
i 室の人体表面の対流熱伝達率	$h h c_i$	4.9 W/(m ² ・K)
i 室の人体表面の放射熱伝達率	$h h r_i$	4.9 W/(m ² ・K)
i 室の人体表面の総合熱伝達率	$h h_i$	9.8 W/(m ² ・K)

¹ ASHRAE Handbook Fundamentals 2013 による。放射熱伝達率は固定値 4.7W/m²K、対流熱伝達率は Reclining with moving air の 0<V<0.15 の値を用いた。(条件によって数値が異なるので、最大値を使用すると注記があることから)

付録4. 気象データの補間方法

気象データは 1 時間間隔であるのに対し、計算時間間隔がこれより短くなる場合には、次の式によって気象データを線形補間する。

$$x_{n+\frac{\Delta t}{3600}j} = \alpha \cdot x_n + (1 - \alpha) \cdot x_{n+1} \quad (52)$$

$$\alpha = \frac{\Delta t}{3600} \cdot j \quad (53)$$

ここで、

x_n : n 時点の気象データ

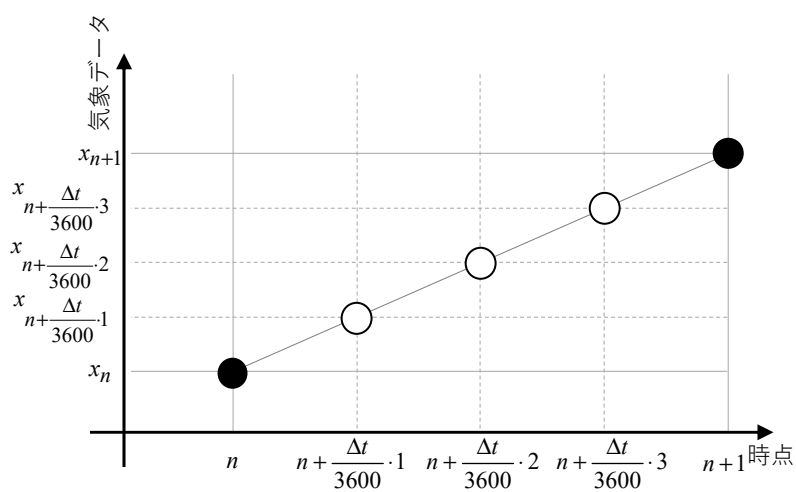


図 2 気象データの線形補間

付録5. 太陽位置の計算

太陽高度 hs_n 、太陽方位角 As_n は次の式による。なお、計算対象都市の緯度、経度は付録 18. による。

$$hs_n = \max(0, \sin^{-1}(\sin Lat \cdot \sin \delta + \cos Lat \cdot \cos \delta \cdot \cos t)) \quad (54)$$

$$As_n = \begin{cases} \text{sign}(t) \cdot \cos^{-1}\left(\frac{\sin hs_n \cdot \sin Lat - \sin \delta}{\cos hs_n \cdot \cos Lat}\right) & hs_n > 0 \\ 0 & hs_n = 0 \end{cases} \quad (55)$$

ここで、

$\text{sign}(\)$: 符号を返す関数

なお、(55)式における符号は(56)式で示す時角 t の符号と同じとする。

時角 t は次の式による。

$$t = 15 \cdot (Tm - 12) \cdot \frac{\pi}{180} + (L - L_0) + Et \quad (56)$$

ここで、

Tm : 標準時[h]

標準時は秒単位まで加味した通常時計の時刻であり、次の式による。

$$Tm = Hour + \frac{Minu}{60} + \frac{Second}{3600} = \{Date - \text{int}(Date)\} \cdot 24 \quad (57)$$

ここで、

$\text{int}(\)$: 小数点以下切り捨て関数

$Hour$ 、 $Minu$ 、 $Second$

: それぞれ、時、分、秒

赤緯 δ は次の式による。

$$\begin{aligned} \sin \delta &= -0.39778 \cdot \cos(\nu + \varepsilon) \\ \cos \delta &= \sqrt{1 - \sin^2 \delta} \end{aligned} \quad (58)$$

ただし、

$$\varepsilon = \frac{\pi}{180} \cdot \left\{ 12.3901 + 0.0172 \cdot \left(1989 - 1968 + \frac{M}{360} \right) \right\} \quad (59)$$

$$= \frac{\pi}{180} \cdot \left\{ 12.3901 + 0.0172 \cdot \left(21 + \frac{M}{360} \right) \right\}$$

$$\nu = M + \frac{\pi}{180} \cdot \{ 1.914 \cdot \sin M + 0.02 \cdot \sin(2 \cdot M) \} \quad (60)$$

$$M = 2\pi \cdot \frac{D - d_0}{365.2596} \quad (61)$$

ここで、

D : 通日[日]

d_0 : 平均軌道上の近日点通過日(暦表時による 1968 年 1 月 1 日正午基準の日差)

$$D = \text{int} \left\{ \frac{153 \cdot (\text{Month} - 1) + \begin{cases} 2 & (\text{Month} < 3) \\ -9 & (\text{Month} \geq 3) \end{cases}}{5} \right\} + \text{Day} \quad (62)$$

$$d_0 = 3.71 + 0.2596 \cdot n - \text{int} \left(\frac{n + 3}{4} \right) \quad (63)$$

ここで、

n : 計算対象年の 1968 年からの経過年数であり、 $n = Yr - 1968$ 。太陽位置は 1989 年で計算する。

Yr : 計算対象年

Month, Day

: 月、日

$$Et = Et_1 - Et_2 \quad (64)$$

$$Et_1 = M - \nu \quad (65)$$

$$Et_2 = \tan^{-1} \left[\frac{0.043 \cdot \sin\{2 \cdot (\nu + \varepsilon)\}}{1 - 0.043 \cdot \cos\{2 \cdot (\nu + \varepsilon)\}} \right] \cdot \frac{180}{\pi} \quad (66)$$

(54)、(55)式で求められた太陽高度、太陽方位角を用い、付録 6. で述べる入射角の方向余弦の計算に必要な変数は(67)～(69)式で求められる。

$$Sh_n = \sin hs_n \quad (67)$$

$$Sw_n = \cos hs_n \cdot \sin As_n \quad (68)$$

$$Ss_n = \cos hs_n \cdot \cos As_n \quad (69)$$

付録6. 入射角の方向余弦

入射角の方向余弦は次の式による。

$$\begin{aligned}\cos \theta_{i,k,n} &= \sin h s_n \cdot \cos W \beta_{i,k} + \cos h s_n \cdot \sin W \beta_{i,k} \cdot \cos (A s_n - W \alpha_{i,k}) \\ &= S h_n \cdot W z_{i,k} + S w_n \cdot W w_{i,k} + S s_n \cdot W s_{i,k}\end{aligned}\tag{70}$$

(70)式中の太陽位置に関する変数 $S h_n$ 、 $S w_n$ 、 $S s_n$ は付録 5. で求められる。 $W z_{i,k}$ 、 $W w_{i,k}$ 、 $W s_{i,k}$ は付録 19. に計算法を示す。

付録7. 傾斜面日射量

傾斜面日射量の計算は、次の式による。通常、外壁など日射に対して指向特性のない部位については傾斜面全天日射量 $I_{w,i,k,n}$ を使用するが、ガラスのように入射角特性を有する部位については傾斜面直達日射量 $I_{D,i,k,n}$ と傾斜面拡散日射量 $I_{d,i,k,n}$ を別々に使用する。なお、(72)式中の入射角の方向余弦 $\cos \theta_{i,k,n}$ は付録 6. に計算方法を示した。

$$I_{w,i,k,n} = I_{D,i,k,n} + I_{d,i,k,n} \quad (71)$$

$$I_{D,i,k,n} = I_{DN,n} \cdot \cos \theta_{i,k,n} \quad (72)$$

$$I_{d,i,k,n} = I_{S,i,k,n} + I_{R,i,k,n} \quad (73)$$

ここで、

$I_{S,i,k,n}$: 傾斜面天空日射[W/m²]

$I_{R,i,k,n}$: 地物反射日射[W/m²]

$$I_{S,i,k,n} = \varphi_{S,i,k} \cdot I_{sky,n} \quad (74)$$

$$I_{R,i,k,n} = \rho_{G,l} \cdot \varphi_{G,i,k} \cdot I_{HOL,n} = \rho_{G,l} \cdot \varphi_{G,i,k} \cdot (I_{DN,n} \cdot Sh_n + I_{sky,n}) \quad (75)$$

ここで、

$I_{HOL,n}$: 水平面全天日射量[W/m²]

(74)、(75)式中の天空に対する形態係数 $\varphi_{S,i,k}$ 、地面に対する形態係数 $\varphi_{G,i,k}$ の計算法は付録 19. に示す。

付録8. ひさしの影面積の計算

ひさしによる日影面積率 $F_{SDW,i,k}$ は、付録 26. に示される各種寸法から(76)式により求められる。

$$F_{SDW,i,k} = \frac{A_{SDW,i,k}}{A_{i,k}} \quad (76)$$

$$A_{SDW,i,k} = \begin{cases} D_{WA,i,k} \cdot D_{HA,i,k} + 0.5 \cdot (D_{WA,i,k} + D_{WB,i,k}) \cdot (D_{HB,i,k} - D_{HA,i,k}) & D_{P,i,k} > 0 \\ 0 & D_{P,i,k} \leq 0 \end{cases} \quad (77)$$

$$D_{A,i,k} = D_{i,k} \cdot \tan(As_n - W\alpha_{i,k}) \quad (78)$$

$$D_{P,i,k} = D_{i,k} \cdot \tan \frac{\tan h_n}{\cos(As_n - W\alpha_{i,k})} \quad (79)$$

$$W_{I,i,k} = \begin{cases} W_{I1,i,k} & D_{A,i,k} \geq 0 \\ W_{I2,i,k} & D_{A,i,k} < 0 \end{cases} \quad (80)$$

表 4 (76)式におけるパラメータ

$D'_{HA,i,k} = \begin{cases} W_{I,i,k} \cdot \frac{D_{P,i,k}}{ D_{A,i,k} } - H_{I,i,k} & W_{I,i,k} < D_{A,i,k} \\ D_{P,i,k} - H_{I,i,k} & W_{I,i,k} \geq D_{A,i,k} \end{cases}$	$D_{HA,i,k}$ $= \min \{ \max(0, D'_{HA,i,k}), H_{R,i,k} \}$
$D'_{HB,i,k} = \begin{cases} (W_{I,i,k} + W_{R,i,k}) \cdot W_{I,i,k} \cdot \frac{D_{P,i,k}}{ D_{A,i,k} } - H_{I,i,k} & W_{I,i,k} + W_{R,i,k} < D_{A,i,k} \\ D_{P,i,k} - H_{I,i,k} & W_{I,i,k} + W_{R,i,k} \geq D_{A,i,k} \end{cases}$	$D_{HB,i,k}$ $= \min \{ \max(0, D'_{HB,i,k}), H_{R,i,k} \}$
$D'_{WA,i,k} = \begin{cases} 0 & H_{I,i,k} \geq D_{P,i,k} \\ (W_{I,i,k} + W_{R,i,k}) - H_{I,i,k} \cdot \frac{ D_{A,i,k} }{D_{P,i,k}} & H_{I,i,k} < D_{P,i,k} \end{cases}$	$D_{WA,i,k}$ $= \min \{ \max(0, D'_{WA,i,k}), W_{R,i,k} \}$
$D'_{WB,i,k} = \begin{cases} (W_{I,i,k} + W_{R,i,k}) - D_{A,i,k} & H_{I,i,k} + H_{R,i,k} \geq D_{P,i,k} \\ (W_{I,i,k} + W_{R,i,k}) - (H_{I,i,k} + H_{R,i,k}) \cdot \frac{ D_{A,i,k} }{D_{P,i,k}} & H_{I,i,k} + H_{R,i,k} < D_{P,i,k} \end{cases}$	$D_{WB,i,k}$ $= \min \{ \max(0, D'_{WB,i,k}), W_{R,i,k} \}$

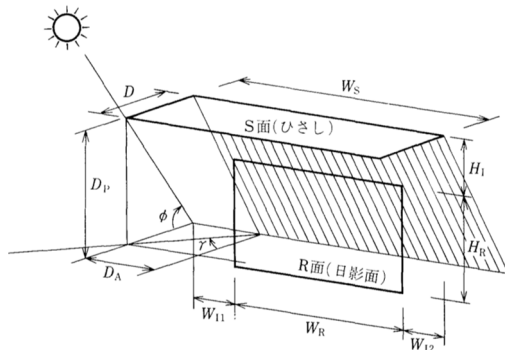


図 3 ひさしの寸法

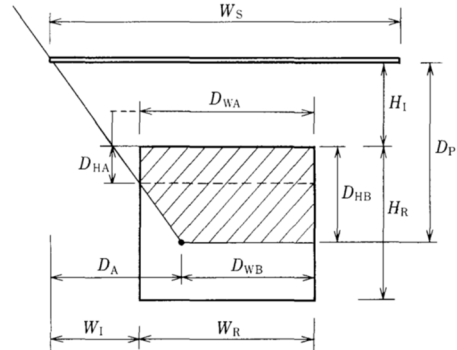


図 4 ひさしによる影の日影面積

付録9. 裏面相当温度

i 室の部位 k における n 時点の裏面相当温度は部位の種類によって表 5 より求める。なお、隣室温度差係数 $a_{i,k}$ 、天空に対する形態係数 $\varphi s_{i,k}$ は付録 19. に示す。

表 5 裏面相当温度の計算法

部位種類	裏面相当温度($Teo_{i,k,n}$)
外壁の場合	$To_n + \frac{a s_{i,k} \cdot I_{w,i,k,n} - \varepsilon_{i,k} \cdot \varphi s_{i,k} \cdot RN_n}{ho_{i,k,n}}$
内壁(間仕切り)、内壁(天井)、内壁(床)、室内戸の場合(隣接室番号 j)	$Tr_{j,n-1}$
2 階天井、1 階床の場合	$a_{i,k} \cdot To_n + (1 - a_{i,k}) \cdot Tr_{j,n-1}$
窓・ドアの場合	$To_n + \frac{QGA_{i,k}}{U_{i,k} \cdot A_{i,k}} - \frac{\varepsilon_{i,k} \cdot \varphi s_{i,k} \cdot RN_n}{ho_{i,k,n}}$

付録10. 窓の入射角特性

窓の透過率や吸収日射取得率は、垂直入射時の物性を(81)～(84)式により補正する。式中の入射角の方向余弦 $\cos \theta_{i,k,n}$ は付録 6. による。

$$\tau_{D,i,k,n} = \tau_{N,i,k} \cdot \frac{2.392 \cdot \cos \theta_{i,k,n} - 3.8636 \cdot \cos^3 \theta_{i,k,n} + 3.7568 \cdot \cos^5 \theta_{i,k,n} - 1.3965 \cdot \cos^7 \theta_{i,k,n}}{0.88} \quad (81)$$

$$\tau_{d,i,k,n} = \tau_{N,i,k} \cdot 0.81/0.88 = 0.92 \cdot \tau_{N,i,k} \quad (82)$$

$$B_{D,i,k,n} = B_{N,i,k} \cdot \frac{2.392 \cdot \cos \theta_{i,k,n} - 3.8636 \cdot \cos^3 \theta_{i,k,n} + 3.7568 \cdot \cos^5 \theta_{i,k,n} - 1.3965 \cdot \cos^7 \theta_{i,k,n}}{0.88} \quad (83)$$

$$B_{d,i,k,n} = B_{N,i,k} \cdot 0.81/0.88 = 0.92 \cdot B_{N,i,k} \quad (84)$$

付録11. 窓の透過日射熱取得、吸収日射熱取得の計算

室の透過日射熱取得、吸収日射熱取得は各開口部における透過率、入射日射量から求められる各開口部の透過日射、吸収日射の合計値であり、(85)、(86)式より求められる。なお、(85)、(86)式中の $\tau_{D,i,k,n}$ 、 $\tau_{d,i,k,n}$ 、 $B_{D,i,k,n}$ 、 $B_{d,i,k,n}$ は付録 10. に計算法を示した。

$$QGT_{i,n} = \sum_{k=1, k=\text{開口部}}^{Nw_i} A_{i,k} \cdot [(1 - F_{SDW,i,k}) \cdot \tau_{D,i,k,n} \cdot I_{D,i,k,n} + \tau_{d,i,k,n} \cdot I_{d,i,k,n}] \quad (85)$$

$$QGA_{i,n} = \sum_{k=1, k=\text{開口部}}^{Nw_i} A_{i,k} \cdot [(1 - F_{SDW,i,k}) \cdot B_{D,i,k,n} \cdot I_{D,i,k,n} + B_{d,i,k,n} \cdot I_{d,i,k,n}] \quad (86)$$

付録12. 室内表面の吸収日射量、形態係数、放射暖房放射成分吸収比率

室の透過日射熱取得から室内各部位の吸収日射量((25)式の $Sol_{i,n,j}$)は(87)式、家具の吸収日射量((15)式の $Qsol,fun_{i,n}$)は(88)式より求める。透過日射分配率は表 6 による。(87)、(88)式中の窓の透過日射熱取得 $QGT_{i,n}$ は付録 11. に示す。

$$Sol_{i,k,n} = \frac{fsol_{i,k} \cdot QGT_{i,n}}{A_{i,k}} \quad (87)$$

$$Qsol,fun_{i,n} = fsol_{i,k} \cdot QGT_{i,n} \quad (88)$$

部位の透過日射分配率には(57)式の関係があり、これを満たさないと熱収支が成立しないためチェックする。

$$\sum_{k=1}^{Nw_i} fsol_{i,k} = 1 \quad (89)$$

表 6 部位、家具の透過日射分配率($fsol_{i,j}$)の計算法

部位・家具	部位の透過日射分配率
床の場合	$fsol_{i,j} = 0.5 \cdot \frac{A_{i,j}}{\sum_{k=1, k \neq \text{床}}^{Nw_i} A_{i,k}}$
床以外の場合	$fsol_{i,j} = 0$
家具の場合	$fsol_{i,j} = 0.5$

放射伝熱計算における形態係数 $Fmrt_{i,k}$ は、(90)式で計算する。

$$Fmrt_{i,k} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot a_k / \bar{f}} \right) \quad (90)$$

$$a_k = \frac{A_{i,k}}{\sum_{l=1}^{Nw_i} A_{i,l}} \quad (91)$$

(90)式の $\bar{f}$ は非線形方程式 $L(\bar{f}) = 0$ の解であり、ここではニュートン・ラプソン法で解く。(93)式を(95)式を初期条件として(96)式を満たすまで繰り返し計算する。ただし、繰り返し回数は 50 回を上限とする。

$$L(\bar{f}) = \sum_k \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot a_k / \bar{f}} \right) - 1 \quad (92)$$

$$\bar{f}_{n+1} = \bar{f}_n + L(\bar{f}_n) / L'(\bar{f}_n) \quad (93)$$

$$L'(\bar{f}) = \sum_k \frac{a_k}{\bar{f}^2 \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot a_k / \bar{f}}} \quad (94)$$

$$\bar{f}_0 = 4 \cdot \max a_k + 0.1 \quad (95)$$

$$\varepsilon = 1.0 \times 10^{-4} \quad (96)$$

室内部位と人体との間の形態係数 $Fot_{i,k}$ は、表 7 に示す方法で求める。

表 7 室内部位の人体に対する形態係数

部位	室内部位の人体に対する形態係数 $Fot_{i,k}$
床の場合	$Fot_{i,k} = 0.45 \cdot \frac{A_k}{\sum_{l=1, l \neq \text{床}}^{Nw_i} A_{i,l}}$
床以外の場合	$Fot_{i,k} = 0.55 \cdot \frac{A_k}{\sum_{l=1, l \neq \text{床}}^{Nw_i} A_{i,l}}$

また、放射暖房放射成分吸収比率 $flr_{i,k}$ は

表 8 放射暖房放射成分吸収比率($flr_{i,k}$)の設定値

分類	放射暖房放射成分吸収比率
床暖房	床のみ 1.0、それ以外は 0.0
その他放射暖房	$flr_{i,k} = \frac{A_{i,k}}{\sum_{l=1}^{Nw_i} A_{i,l}}$

付録13. 窓の開閉と空調発停の切り替え

当該時刻の窓の開閉と空調の発停は、前時刻の状態値(窓開閉、空調発停)と在室状況(付録 32. における $N_{resi,i,n}$ で判定)、当該時刻の作用温度から図 5 に示す状態遷移を取ることにする。作用温度は、前時刻の窓の状態と非空調条件を想定し、当該時刻の気象条件、内部発熱条件等を用いて計算する。

窓開放時の通風量は換気回数 20 回/h を想定し(97)式で計算する。

$$NV_{i,n} = \frac{Vol_i \cdot 20}{3,600} \quad (97)$$

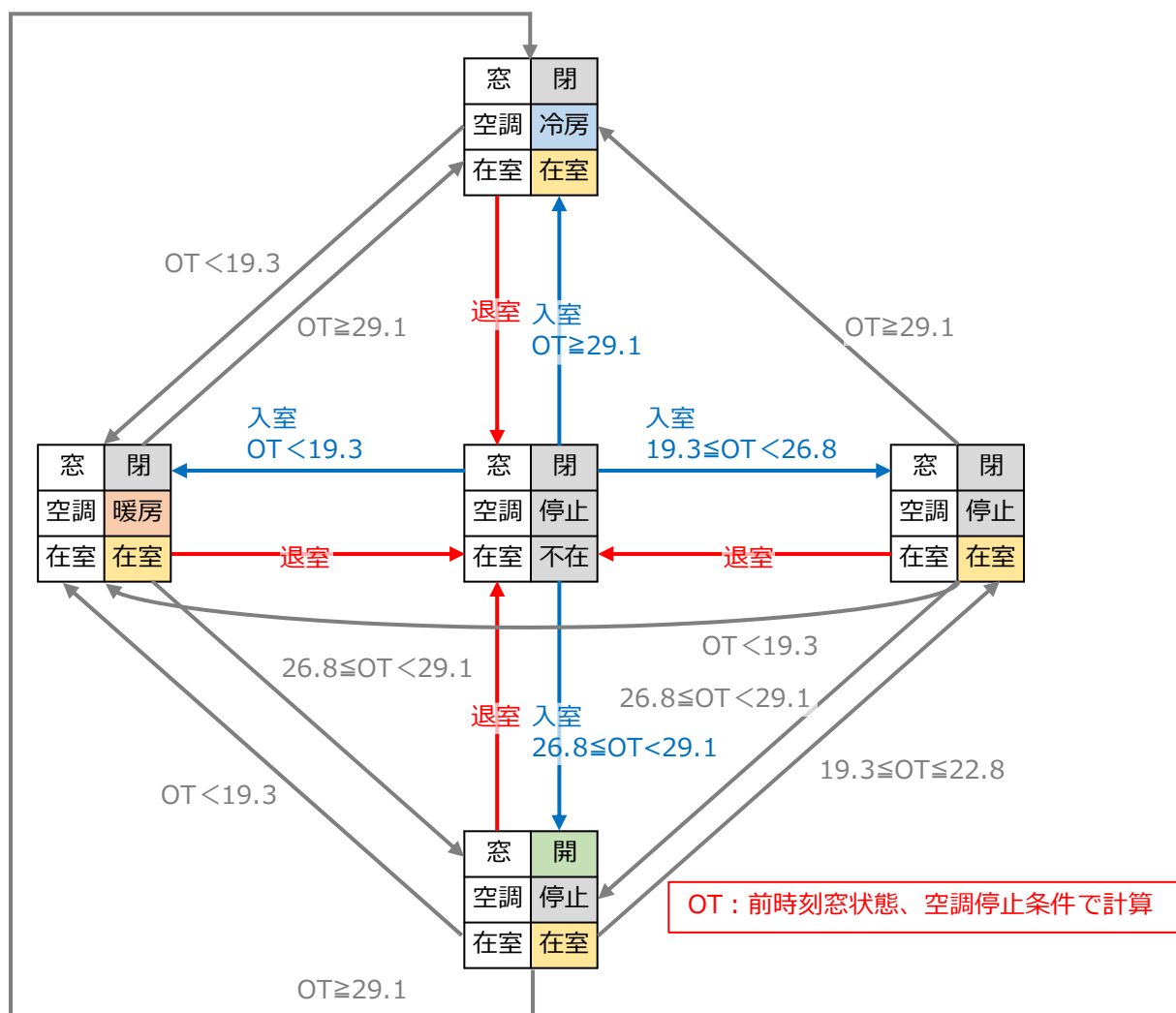


図 5 窓の開閉、空調発停の状態遷移図

付録14. 家具の熱容量・熱コンダクタンスと備品等の湿気容量・湿気コンダクタンスの計算

室に設置される家具や備品等の熱容量 $Cap_{fun,i}$ 、湿気容量 $G_{f,i}$ は室気積を用いて(98)、(99)で求められる。

$$Cap_{fun,i} = 12.6 \cdot Vol_i \cdot 1000 \quad (98)$$

$$G_{f,i} = 16.8 \cdot Vol_i \quad (99)$$

熱コンダクタンスや湿気コンダクタンスは、熱容量、湿気容量から(100)、(101)式で求める。

$$C_{fun,i} = 0.00022 \cdot Cap_{fun,i} \quad (100)$$

$$C_{x,i} = 0.0018 \cdot G_{f,i} \quad (101)$$

付録15. ルームエアコン風量の計算

エアコンの最大風量は定格冷房能力 $Q_{rtd,c}$ から(102)式で、最小風量は最大風量から(103)式で求められる。

$$V_{ac,max} = \frac{11.076}{60} \cdot Q_{rtd,c} \quad (102)$$

$$V_{ac,min} = \frac{0.55 \cdot V_{ac,max}}{60} \quad (103)$$

エアコンの定格冷房能力、最大冷房能力、最小冷房能力は(104)～(106)式で求められる。

$$Q_{rtd,c} = 190.5 \cdot A_{floor,i} + 45.6 \quad (104)$$

$$Q_{max,c} = 0.8462 \cdot Q_{rtd,c} + 1205.9 \quad (105)$$

$$Q_{min,c} = 500 \quad (106)$$

床面積に応じて求められた最大冷房能力、最小冷房能力と最大風量、最小風量から(107)式によって当該時刻の風量 $V_{ac,n}$ を線形補間することで求められる。

$$V_{ac,n} = V_{ac,min} + \frac{Lc_{i,n} - Q_{min,c}}{Q_{max,c} - Q_{min,c}} \cdot (V_{ac,max} - V_{ac,min}) \quad (107)$$

付録16. ルームエアコン吹出絶対湿度の計算

ルームエアコン熱交換器の出口温度は当該時刻の室供給顕熱 $Lc_{i,n}$ とルームエアコン風量 $V_{ac,n}$ から(108)式で求められる。式中のバイパスファクター BF は(109)式に示すように固定値とした。

$$Te_{out,n} = Tr_{i,n} + \frac{-Lc_{i,n}}{ca \cdot \rho_a \cdot V_{ac,n} \cdot (1 - BF)} \quad (108)$$

$$BF = 0.2 \quad (109)$$

ルームエアコン熱交換器出口は飽和状態になっているので、(110)～(112)で定義されるドルトンの法則、Wexler-Hyland の式よりルームエアコン熱交換器出口絶対湿度 $xe_{out,n}$ が求められる。(110)式中の大気圧 P は(113)式に示すように1気圧とする。

$$xe_{out,n} = 0.62198 \cdot \frac{P_{ws}}{P - P_{ws}} \quad (110)$$

$$P_{ws} = \begin{cases} \exp \left\{ \begin{aligned} & -\frac{5800.2206}{T_{ab}} + 1.3914993 - 0.048640239 \cdot T_{ab} \\ & + 0.41764768 \times 10^{-4} \cdot T_{ab}^2 - 0.14452093 \times 10^{-7} \cdot T_{ab}^3 \\ & + 6.5459673 \cdot \ln(T_{ab}) \end{aligned} \right\} / 1000 & T \geq 0 \\ \exp \left\{ \begin{aligned} & -\frac{5674.5359}{T_{ab}} + 6.3925247 - 0.9677843 \times 10^{-2} \cdot T_{ab} \\ & + 0.6215701 \times 10^{-6} \cdot T_{ab}^2 + 0.20747825 \times 10^{-8} \cdot T_{ab}^3 \\ & - 0.9484024 \times 10^{-12} \cdot T_{ab}^4 + 4.1635019 \cdot \ln(T_{ab}) \end{aligned} \right\} / 1000 & T < 0 \end{cases} \quad (111)$$

$$T_{ab} = Te_{out,n} + 273.15 \quad (112)$$

$$P = 101.325 \quad (113)$$

付録17. 計算期間と助走期間

項目	設定値
計算期間	1 月 1 日～12 月 31 日
助走期間	20 日間

付録18. 初期値と定数

表 9 各種変数の初期値

記号	初期値	単位
$Tr_{i,n-1}$	15.0	℃
$TS'_{T,m,n-1,j}$	15.0	℃
$TS'_{A,m,n-1,j}$	0.0	W/m2
$Teo_{n-1,j}$	15.0	℃
$q_{n-1,j}$	0.0	W/m2
$Tfun_{i,n-1}$	15.0	℃
$xr_{i,n-1}$	0.00579618	kg/kg(DA)
$xf_{i,n-1}$	0.00579618	kg/kg(DA)

表 10 各種定数値

記号	定数	単位
ca	1005	J/(kg・K)
ρa	1.2	kg/m3
Δt	900	秒
$Nroom$	6(標準住戸の場合) 1(単室モデルの場合)	室
$as_{i,k}$	0.8	—
$\varepsilon_{i,k}$	0.9	—
Lat	0.6049	rad
L	2.3373	rad

付録19. 外表面の定義

表 11 外表面の定義(標準住戸の場合)

	方位角[°] ($W\alpha_{i,k}$)	傾斜角[°] ($W\beta_{i,k}$)	地面日射反射率 ($\rho_{G,k}$)	温度差係数 ($a_{i,k}$)
北	180	90	0.1	
東	-90	90	0.1	
南	0	90	0.1	
西	90	90	0.1	
水平				1.0
床				0.7

表 12 外表面の定義(単室モデルの場合)

	方位角[°] ($W\alpha_{i,k}$)	傾斜角[°] ($W\beta_{i,k}$)	地面日射反射率 ($\rho_{G,k}$)	温度差係数 ($a_{i,k}$)
北	180	90	0.1	
東	-90	90	0.1	
南	0	90	0.1	
西	90	90	0.1	
水平	0	0	0.1	
床	0	180	0	

$Wz_{i,k}$ 、 $Ww_{i,k}$ 、 $Ws_{i,k}$ は傾斜面に関する変数であり、(114)式で計算できる。

$$\begin{aligned} Wz_{i,k} &= \cos W\beta_{i,k} & Ww_{i,k} &= \sin W\beta_{i,k} \cdot \sin W\alpha_{i,k} \\ Ws_{i,k} &= \sin W\beta_{i,k} \cdot \cos W\alpha_{i,k} \end{aligned} \quad (114)$$

また、傾斜面の天空に対する形態係数 $\varphi_{S,i,k}$ 、地面に対する形態係数 $\varphi_{G,i,k}$ は、(115)、(116)式から求める。

$$\varphi_{S,i,k} = \frac{1 + \cos W\beta_{i,k}}{2} = \frac{1 + Wz_{i,k}}{2} \quad (115)$$

$$\varphi_{G,i,k} = 1 - \varphi_{S,i,k} \quad (116)$$

付録20. 空間の定義

表 13 空間の定義(標準住戸の場合)

大分類	小分類	室気積 (Vol_i) [m ³]	室空気の熱容量 (RM_i) [J/K]	部位の 面数 (Nw_i)	計画換気[m ³ /h]			すきま風[m ³ /h]		
					暖房	中間	冷房	暖房	中間	冷房
主たる居室		70.92	85,530	14	60	60	60	0	0	0
その他居室	寝室	31.8	38,351	9	40	40	40	0	0	0
その他居室	子供室 1	25.83	31,151	8	20	20	20	0	0	0
その他居室	子供室 2	25.84	31,163	9	20	20	20	0	0	0
その他居室	和室	39.75	37,939	11	20	20	20	0	0	0
非居室		94.88	114,425	17	0	0	0	0	0	0

表 14 空間の定義(単室モデルの場合)

大分類	小分類	室気積 [m ³]	室空気の熱容量 (RM_i) [J/K]	部位の 面数 (Nw_i)	計画換気[m ³ /h]			すきま風[m ³ /h]		
					暖房	中間	冷房	暖房	中間	冷房
主たる居室		24.3	29,306	7	12.15	12.15	12.15	0	0	0

付録21. 隣室間換気の定義

表 15 隣室間換気($Vnxt_{i,j,n}$)定義(標準住戸の場合)

			風上室(<i>j</i> 室)																	
			冬期						中間期						夏期					
			主たる居室	その他居室				非居室	主たる居室	その他居室				非居室	主たる居室	その他居室				非居室
				寝室	子供室1	子供室2	和室			寝室	子供室1	子供室2	和室			寝室	子供室1	子供室2	和室	
風下室(<i>i</i> 室)	主たる居室																			
	その他居室	寝室					20						20						20	
		子供室1																		
		子供室2																		
		和室																		
非居室			60	40	20	20	20		60	40	20	20	20		60	40	20	20	20	

※ 単位[m³/h]

表 16 隣室間換気($Vnxt_{i,j,n}$)定義(単室モデルの場合)

		風上室(j 室)		
		冬期	中間期	夏期
風下室(i 室)	主たる居室	0	0	0

※ 単位[m³/h]

付録22. 室供給熱量の最大能力

表 17 室供給熱量の最大能力(標準住戸の場合)

大分類	小分類	室床面積 [m ²]	放射暖房 有無	放射暖房 機器容量[W] $Lccap_{i,n}$	対流式空調機器容量[W] $Lrcap_{i,n}$	
					暖房	冷房
主たる居室		29.81	あり	4,800	10,100	-6,000
その他居室	寝室	13.25	なし	—	5,600	-3,400
その他居室	子供室 1	10.77	なし	—	4,900	-3,000
その他居室	子供室 2	10.77	なし	—	4,900	-3,000
その他居室	和室	16.56	なし	—	—	—

表 18 室供給熱量の最大能力(単室モデルの場合)

大分類	小分類	室床面積 [m ²]	放射暖房 有無	放射暖房 機器容量[W] $Lccap_{i,n}$	対流式空調機器容量[W] $Lrcap_{i,n}$	
					暖房	冷房
主たる居室		9.00	なし			

付録23. 表面熱伝達率

表 19 表面熱伝達率(標準住戸の場合)

	室内側表面熱伝達率[W/(m ² ・K)]($hi_{i,k,n}$)	室外側表面熱伝達率[W/(m ² ・K)]($ho_{i,k,n}$)
外壁	9.1	25.0
1 階床	6.7	6.7
2 階天井	11.1	11.1
内壁(間仕切り)	9.1	9.1
内壁(天井)	11.1	6.7
内壁(床)	6.7	11.1
窓・ドア	9.1	25.0
室内戸	9.1	9.1

表 20 表面熱伝達率(単室モデルの場合)

	室内側表面熱伝達率[W/(m ² ・K)]($hi_{i,k,n}$)	室外側表面熱伝達率[W/(m ² ・K)]($ho_{i,k,n}$)
外壁	9.1	25.0
1 階床	6.7	25.0
2 階天井	11.1	25.0
窓・ドア	9.1	25.0

面 m の放射熱伝達率 hr_m は平均放射温度 MRT と放射率 ε_m 、付録 12. で求めた形態係数 $Fmrt_{i,k}$ を用いて(117)式で求めることができる。平均放射温度 MRT は 20℃を仮定する。

$$hr_m = \frac{\varepsilon_m}{1 - \varepsilon_m \cdot Fmrt_m} \cdot 4 \cdot \sigma \cdot (MRT + 273.15)^3 \quad (117)$$

こ こ hr_m : 面 m の放射熱伝達率[W/(m²・K)]

に、

σ : ステファン・ボルツマン定数[W/m²K⁴] (=5.67E-8)

$Fmrt_m$: 面 m の形態係数[－](計算法は付録 12.)

表 21 室内側表面の対流、放射熱伝達率

室内側表面放射熱伝達率[W/(m ² ・K)]($hr_{i,k,n}$)	(117)式
室内側表面对流熱伝達率[W/(m ² ・K)]($hc_{i,k,n}$)	$hi_{i,k,n} - hr_{i,k,n}$

付録24. 壁体構成

表 22 壁体構成(標準住戸の場合)

部位名称	部材	熱伝導率 [W/mK]	容積比熱 [kJ/m ³ K]	厚さ [mm]
外壁	せっこうボード	0.22	830	9.5
	密閉空気層	11.11		
	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	0.05	8	64
	合板	0.16	720	12
	木片セメント板	0.17	1,679	15
	Ro	25.00		
1 階床	合板	0.16	720	12
	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	0.05	8	64
	Ro	6.67	830	
2 階天井	せっこうボード	0.22	830	9.5
	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	0.05	8	171
	Ro	11.10	830	
内壁(間仕切り)	石こうボード	0.22	830	12.5
	非密閉空気層	11.11		
	石こうボード	0.22	830	12.5
	Ro	9.10	830	
内壁(天井)	石こうボード	0.22	830	12.5
	非密閉中空層	14.29		
	合板	0.16	720	12
	Ro	6.67	830	
内壁(床)	合板	0.16	720	12
	非密閉中空層	14.29		
	石こうボード	0.22	830	12.5
	Ro	11.10	830	

表 23 壁体構成(単室モデルの場合)

部位名称	部材	熱伝導率 [W/mK]	容積比熱 [kJ/m ³ K]	厚さ [mm]
1 階床	合板	0.16	720	22
	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	0.05	13	150
	Ro	25.00		
外壁	せっこうボード	0.22	830	12
	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	0.05	13	100
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11		
	合板	0.16	720	9
	モルタル	1.50	1,600	30
	Ro	25.00		
2 階天井	せっこうボード	0.22	830	12
	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	0.05	8	200
	非密閉空気層(10mm 以上)	11.11		
	合板	0.16	720	12
	鋼板	55.00	3,600	1
	Ro	25.00		

付録25. 開口部の仕様

表 24 開口部の仕様(標準住戸の場合)

名称	垂直入射時の 日射熱取得率	垂直入射時の 日射透過率 ($\tau_{N,i,k}$)	垂直入射時の 吸収日射取得率 ($B_{N,i,k}$)	熱貫流率 ($U_{i,k}$) [W/m ² K]	室内表面から裏面空 気までの熱貫流率 ($U_{so,i,k}$) [W/m ² K]
窓	0.79	0.74	0.05	4.65	9.51
室内戸	0.00	0.00	0.00	2.33	3.13
ドア	0.16	0.00	0.16	4.65	9.51

表 25 開口部の仕様(単室モデルの場合)

名称	垂直入射時の 日射熱取得率	垂直入射時の 日射透過率 ($\tau_{N,i,k}$)	垂直入射時の 吸収日射取得率 ($B_{N,i,k}$)	熱貫流率 ($U_{i,k}$) [W/m ² K]	室内表面から裏面空 気までの熱貫流率 ($U_{so,i,k}$) [W/m ² K]
窓	0.79	0.74	0.05	4.65	9.51

付録26. 外部日よけの仕様

表 26 外部日よけの仕様(標準住戸の場合)

名称	開口部幅[mm]	開口部高さ[mm]	出巾[mm]	窓上端とバルコニーの距離 [mm]	向かって左側の底のでっぱり [mm]	向かって右側の底のでっぱり [mm]
記号	$W_{R,i,k}$	$H_{R,i,k}$	$D_{i,k}$	$H_{I,i,k}$	$W_{I1,i,k}$	$W_{I2,i,k}$
バルコニー	3300	2100	910	480	290	50
寝室軒	1650	1050	650	512.5	1445	7360
子供室 1 軒	1650	1.95	650	512.5	5227.5	3407.5
子供室 2 軒	1650	1.95	650	512.5	7047.5	1587.5

表 27 外部日よけの仕様(単室モデルの場合)

外部日除けはなし

付録27. 部位ごとの境界条件、仕様と面積

表 28 部位ごとの境界条件、仕様と面積(標準住戸の場合)

室名		外皮フラグ	方位・隣室名 (付録 M.、付録 N.)	非正常フラグ	壁体・開口部名 (付録 R.)	面積 [m2]	ひさし (付録 S.)
主たる居室		TRUE	北	TRUE	外壁	4.9775	
		TRUE	北	FALSE	ドア	1.62	
		TRUE	東	TRUE	外壁	17.982	
		TRUE	東	FALSE	窓	3.13	
		TRUE	南	TRUE	外壁	10.2135	
		TRUE	南	FALSE	窓	6.94	バルコニー
		TRUE	床	TRUE	1 階床	29.81	
		TRUE	天井	TRUE	2 階天井	4.14	
		FALSE	非居室	TRUE	内壁(間仕切り)	18.7725	
		FALSE	非居室	FALSE	室内戸	2.84	
		FALSE	その他居室子供室 1	TRUE	内壁(天井)	10.77	
		FALSE	その他居室子供室 2	TRUE	内壁(天井)	10.77	
		FALSE	その他居室和室	TRUE	内壁(間仕切り)	5.676	
	FALSE	その他居室和室	FALSE	室内戸	3.06		
その他居室	寝室	TRUE	南	TRUE	外壁	8.098	
		TRUE	南	FALSE	窓	1.73	寝室軒
		TRUE	西	TRUE	外壁	8.838	
		TRUE	西	FALSE	窓	0.99	
		TRUE	天井	TRUE	2 階天井	13.25	
		FALSE	非居室	TRUE	内壁(間仕切り)	7.316	
		FALSE	非居室	FALSE	室内戸	1.42	
		FALSE	その他居室子供室 1	TRUE	内壁(間仕切り)	8.736	
		FALSE	その他居室和室	TRUE	内壁(床)	13.25	
	子供室 1	TRUE	南	TRUE	外壁	4.76525	
		TRUE	南	FALSE	窓	3.22	子供室 1 軒
		TRUE	天井	TRUE	2 階天井	10.77	
		FALSE	非居室	TRUE	内壁(間仕切り)	5.678	
		FALSE	非居室	FALSE	室内戸	1.42	
		FALSE	主たる居室	TRUE	内壁(床)	10.77	
		FALSE	その他居室寝室	TRUE	内壁(間仕切り)	8.736	
		FALSE	その他居室子供室 2	TRUE	内壁(間仕切り)	8.736	
	子供室 2	TRUE	東	TRUE	外壁	9.168	
		TRUE	東	FALSE	窓	0.66	
		TRUE	南	TRUE	外壁	4.76525	
		TRUE	南	FALSE	窓	3.22	子供室 2 軒
		TRUE	天井	TRUE	2 階天井	10.77	
		FALSE	非居室	TRUE	内壁(間仕切り)	5.678	
		FALSE	非居室	FALSE	室内戸	1.42	
		FALSE	主たる居室	TRUE	内壁(床)	10.77	
	和室	FALSE	その他居室子供室 1	TRUE	内壁(間仕切り)	8.736	
		TRUE	北	TRUE	外壁	2.639	
		TRUE	南	TRUE	外壁	8.605	
		TRUE	南	FALSE	窓	4.59	
		TRUE	西	TRUE	外壁	10.556	
		TRUE	床	TRUE	1 階床	16.56	
		TRUE	天井	TRUE	2 階天井	3.31	
		FALSE	非居室	TRUE	内壁(間仕切り)	7.316	
		FALSE	非居室	FALSE	室内戸	1.42	
		FALSE	主たる居室	TRUE	内壁(間仕切り)	5.676	
		FALSE	主たる居室	FALSE	室内戸	3.06	

室名	外皮フラグ	方位・隣室名 (付録 M.、付録 N.)	非定常フラグ	壁体・開口部名 (付録 R.)	面積 [m2]	ひさし (付録 S.)
非居室	FALSE	その他居室寝室	TRUE	内壁(天井)	13.25	
	TRUE	北	TRUE	外壁	43.2205	
	TRUE	北	FALSE	窓	3.69	
	TRUE	東	TRUE	外壁	4.914	
	TRUE	西	TRUE	外壁	12.5	
	TRUE	西	FALSE	窓	2.97	
	TRUE	床	TRUE	1 階床	21.52	
	TRUE	天井	TRUE	2 階天井	25.68	
	FALSE	主たる居室	TRUE	内壁(間仕切り)	18.7725	
	FALSE	主たる居室	FALSE	室内戸	2.84	
	FALSE	その他居室寝室	TRUE	内壁(間仕切り)	7.316	
	FALSE	その他居室寝室	FALSE	室内戸	1.42	
	FALSE	その他居室子供室 1	TRUE	内壁(間仕切り)	5.678	
	FALSE	その他居室子供室 1	FALSE	室内戸	1.42	
	FALSE	その他居室子供室 2	TRUE	内壁(間仕切り)	5.678	
	FALSE	その他居室子供室 2	FALSE	室内戸	1.42	
	FALSE	その他居室和室	TRUE	内壁(間仕切り)	7.316	
	FALSE	その他居室和室	FALSE	室内戸	1.42	

表 29 部位ごとの境界条件、仕様と面積(単室モデルの場合)

室名	外皮フラグ	方位・隣室名 (付録 M.、付録 N.)	非定常フラグ	壁体・開口部名 (付録 R.)	面積 [m2]	ひさし (付録 S.)
主たる居室	TRUE	北	TRUE	外壁	8.1	
	TRUE	東	TRUE	外壁	8.1	
	TRUE	西	TRUE	外壁	8.1	
	TRUE	南	TRUE	外壁	4.5	
	TRUE	南	FALSE	窓	3.6	
	TRUE	床	TRUE	1 階床	9.0	
	TRUE	水平	TRUE	2 階天井	9.0	

付録28. 暖冷房設定温度

空調の設定温度は対流空調、放射空調に応じて前時刻の相対湿度を用いて表 30 より計算する。

表 30 設定温度

空調方式	計算根拠	設定温度計算法
冷房時	着衣量 0.4clo、代謝量 1.0Met、風速 0.2m/s	$OT_{set,i,n} = -0.021 \cdot RH_{i,n-1} + 28.6$
対流暖房時	着衣量 1.0clo、代謝量 1.0Met、風速 0.2m/s	$OT_{set,i,n} = -0.027 \cdot RH_{i,n-1} + 25.2$
放射暖房時	着衣量 1.0clo、代謝量 1.0Met、風速 0.0m/s	$OT_{set,i,n} = -0.030 \cdot RH_{i,n-1} + 24.5$

前時刻の室相対湿度 $RH_{i,n-1}$ は前時刻の室絶対湿度 $xr_{i,n-1}$ から(118)式で求めた水蒸気分圧と、前時刻の室温 $Tr_{i,n-1}$ から(111)式で求めた飽和水蒸気圧 P_{ws} の比で(119)式より計算する。

$$P_w = \frac{xr_{i,n-1} \cdot P}{xr_{i,n-1} + 0.62198} \quad (118)$$

$$RH_{i,n-1} = \frac{P_w}{P_{ws}} \cdot 100 \quad (119)$$

付録29. 局所換気のスケジュール

表 31 局所換気のスケジュール

単位:[m3/h]

室名		時刻																							
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
主たる居室	平日	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0
	休日	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	75	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0	0
非居室	平日	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	52	25	102.8
	休日	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1.2	1.2	0	0	0	0	2	75.8	25	2	0.8	25	27	100.8

付録30. 機器発熱スケジュール

表 32 機器発熱スケジュール

単位:W

室名	曜日	時刻																							
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
主たる居室	平日	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	84.3	269.1	270.6	167.8	117.4	66.9	185.2	218.7	66.9	66.9	167.8	218.7	303.9	269.1	269.1	269.1	242.9	242.9
	休日	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	286.5	269.1	445.1	418.9	286.5	117.4	66.9	66.9	167.8	303.9	269.1	167.8	269.1	269.1	242.9	66.9
非居室	平日	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	95.1	57.0	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	148.8	41.5	95.1	
	休日	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	95.1	110.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	41.5	95.1	41.5	41.5	41.5	95.1	41.5	95.1	
その他の居室	子供平日	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	60.0	30.0	80.0	35.0
	子供休日	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	63.8	80.0	80.0	15.0	15.0	15.0	15.0	20.0	20.0	17.5	15.0	80.0	31.3	80.0	15.0
	子供平日	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	38.3	14.8
	子供休日	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	50.0	50.0	3.0
	寝室平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	275.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	寝室休日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	412.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

付録31. 照明発熱スケジュール

表 33 照明発熱スケジュール

単位:W

室名	曜日	時刻																							
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
非居室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.6	154.8	101.3	149.8	76.0	0.0	0.9	47.5	0.0	0.0	64.3	64.3	70.6	77.0	114.2	267.4	273.3	79.8
	休日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	186.2	200.5	228.0	58.9	65.2	57.0	14.3	0.0	0.0	116.9	76.2	41.1	59.8	57.9	160.0	190.6	62.7
主たる居室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.5	137.4	63.0	167.4	21.0	0.0	121.8	63.0	0.0	0.0	82.9	84.0	124.8	136.8	184.8	84.0	84.0	42.1
	休日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	184.8	209.1	84.0	84.0	163.7	68.4	0.0	0.0	84.0	124.8	136.8	190.8	84.0	84.0	84.0	0.0
その他居室	子供室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	21.0	84.0	84.0
	子供室1	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	84.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.0	84.0	42.0	0.0	84.0	21.0	84.0	0.0
	子供室2	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	42.0	0.0	63.0	84.0	21.0	
	子供室2	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	84.0	84.0	84.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.0	84.0	84.0	0.0
	寝室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	寝室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	寝室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	寝室	平日	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

付録32. 人体発熱スケジュール

記号	意味	単位
$Hhum_{s,i,n}$	i 室の n 時点における人体発熱	W
$Hhum_{l,i,n}$	i 室の n 時点における人体発湿	kg/s
$Nresi_{i,n}$	i 室の n 時点における在室人数	人
$Tr_{i,n-1}$	i 室の $n-1$ 時点における室温	℃

表 34 在室人数スケジュール ($Nresi_{i,n}$)

単位: 人

室名	曜日	時刻																							
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
主たる居室	平日	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	2	2	3	3	2	1	1
	休日	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	2	1	0	0	2	3	3	4	2	2	1	0
その他居室	子供室1	平日	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
		休日	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
	子供室2	平日	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
		休日	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	寝室	平日	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		休日	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

在室人数から発熱量への換算は以下の式による。

$$Hhum_{s,i,n} = Nresi_{i,n} \cdot [63 - 4 \cdot (Tr_{i,n-1} - 24)] \quad (120)$$

$$Hhum_{l,i,n} = \frac{Nresi_{i,n} \cdot \max[119 - 63 - 4 \cdot (Tr_{i,n-1} - 24), 0]}{L_w} \quad (121)$$

付録33. 計算結果出力項目

表 35 計算結果出力項目

時間	出力項目	記号
毎時刻ステップ	i 室の n 時点における室温	$Tr_{i,n}$
	i 室の部位 k における n 時点の室内側表面温度	$Ts_{i,k,n}$
	i 室の n 時点における室の作用温度	$OT_{i,n}$
	i 室の n 時点における対流式空調の室供給熱量	$Lc_{i,n}$
	i 室の n 時点における放射式空調の室供給熱量	$Lr_{i,n}$
	i 室の n 時点における室加湿熱量	$Ll_{i,n}$
	i 室の部位 k における n 時点の室内側表面熱流	$qi_{k,n}$
年間	i 室の n 時点における対流式空調の室供給熱量	
	i 室の n 時点における放射式空調の室供給熱量	