



序章 住宅の快適性とエネルギー消費の基礎

010 住宅の性能とエネルギー

- 011 住宅の性能としての快適性
- 012 住宅の性能の維持管理
- 013 住宅のエネルギー消費

020 居住者の温熱的快適性

- 021 温冷感と快適感
- 022 温冷感のメカニズム
- 023 温冷感を形成する要素

030 温熱的快適性の表示と制御

- 031 温熱指標の考え方とその例
- 032 温熱的快適性の建築的な制御
- 033 温熱的快適性の機械的な制御

040 空調熱負荷とエネルギー

- 041 建築の熱負荷
- 042 顕熱負荷
- 043 内部発熱と潜熱負荷

050 日射の特性

- 051 日射の基礎
- 052 太陽位置
- 053 日射量の計算

060 亜熱帯型省エネルギー住宅の基本理念

- 061 省エネルギーの技術的な考え方
- 062 事業全体のコンセプト



010 住宅の性能とエネルギー

011 住宅の性能としての快適性

ポイント

- 住宅建築に求められる基本性能としての快適性
- 本ガイドラインの中心的課題としての温熱的快適性

ローマ時代の古代から建築には強・用・美の3要素が求められていましたが、これを含めて日常生活を営む住宅には、以下のような性能が求められると考えられます。

- ・安全性（強）：構造体としての強度
- ・利便性（美・用）：外観や空間の機能
- ・快適性（用）：主に物理的な空間の質

安全性は主に構造力学や建築材料、利便性は主に建築計画や意匠設計、快適性は主に環境工学や建築設備に関わる性能と認識されていますが、3分野は相互に重なる部分もあり、図1.1のように考えられます。

居住者が感じる快適性とは、音、光、熱、換気等の物理的特性や、臭気等の化学的特性に加

えて、内装表面の感触のような生理的特性、室内の面積や構造体の安定感のような心理的特性も含む総合的な感覚です。

多様な要素で形成される快適性ですが、本ガイドラインは主として住宅の物理的特性とエネルギーの関係について述べるものです。特に、温熱的快適性は、徒然草の昔から語られており、天候や寒暑が日常の話題に上るなど、日常生活の重要な感覚であり、エネルギーとの関連も深いことから、本ガイドラインの中心的なテーマとなります。温熱的快適性は気候の影響を受けるものと考えられますが、本ガイドラインは、沖縄を含む亜熱帯蒸暑気候地域を対象とするものです。

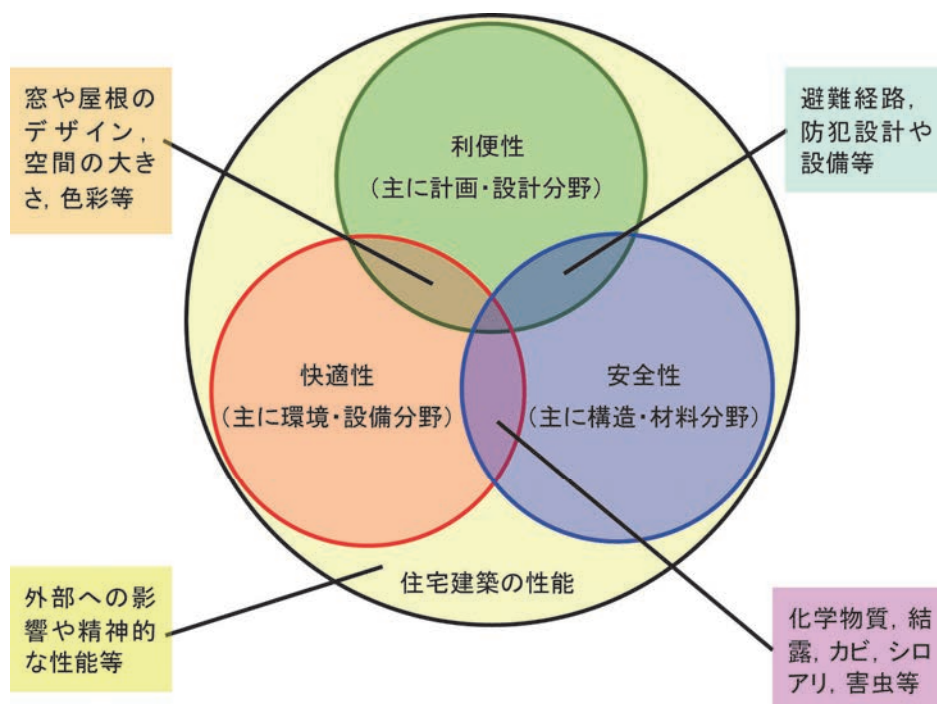


図 1.1 住宅に求められる性能



010 住宅の性能とエネルギー

012 住宅の性能の維持管理

ポイント

- 居住状態で必要となる住宅の性能の維持管理
- 利便性、快適性の維持のために必要となるエネルギー消費

住宅の基本的な性能は、ほぼ設計と施工の段階で決まりますが、居住状態ではそれを維持管理しなければなりません。安全性に関する維持管理は、錆の発生や災害等による破損の点検程度です。利便性に関しては、居室の用途変更や家具や間仕切りの移動等、単発的に住宅の状態を変更する維持管理もありますが、給排水設備、給湯器等の住宅設備機器や、冷蔵庫、洗濯機、掃除機、テレビ、情報通信機器等の家電製品の使用が、日常的な利便性の維持管理となります。快適性に関しては、騒音や採光、換気等を制御するための窓の開閉、室内の明るさ確保のための照明器具や室温を制御するための冷暖房の使

用等が挙げられますが、これらの維持管理は多くの人々が毎日経験していることです。

このような住宅の性能の維持管理を時間的に捉えれば、設計施工時の一回限りのものから、不定期の単発的なもの、日常的なものまで多様に広がっています。また、行動や作業の対象で捉えれば、建築そのものから、建具や内装、設備機器、家電製品まで、これも非常に多様です。これらの関係を図 1.2 に示します。ここで注目したいのは、このような住宅の性能維持のために、特に利便性と快適性を確保するために、電力やガス等のエネルギー消費を伴う住宅設備機器や家電製品が使われていることです。

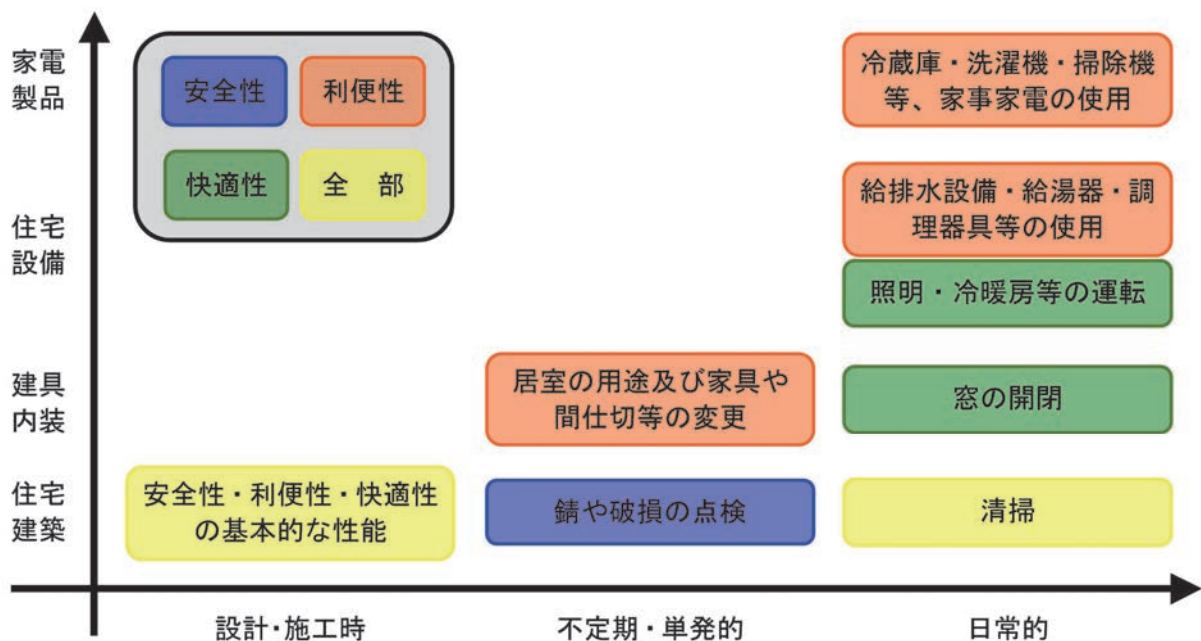


図 1.2 住宅の性能の維持管理



010 住宅の性能とエネルギー

013 住宅のエネルギー消費

ポイント

- 住宅で用いられるエネルギーの使用機器、用途、建物との関係
- 建物の性能の影響を受けるエネルギー、ライフスタイルの影響を受けるエネルギー

近代社会以前の住宅で用いられたエネルギーは、ほとんど調理と照明のための燃料だけでしたが、現在、住宅で用いられる最も一般的なエネルギーは電力になりました。電力の用途は非常に広く、電力以外のエネルギーを使わないオール電化住宅も可能です。

電力は空調機、給湯器、照明器具、調理器具等の住宅設備機器から、テレビやパソコン等の情報・娯楽用の家電製品まで広く使われています。冷蔵庫、洗濯機、掃除機、洗浄式便座等は家電製品ですが、住宅設備機器として見ることもできそうです。

ガスを燃料とする給湯器や調理器具は一般的ですが、灯油燃料の給湯器も使われています。ガスや灯油は暖房にも使われますが、蒸暑地域で使われることは稀です。

現在の住宅におけるエネルギーは、ほとんど利便性と快適性の向上または維持のために使われていますが、さらにその用途は情報通信や娯楽にも広がっています。そのエネルギーは建物に関する住宅設備のためのエネルギーと、建物には関係なくライフスタイルや居住者の嗜好によって決まるエネルギーに分けることができます。以上のようなエネルギーを消費する設備機器、その使用目的、および影響因子を図 1.3 に示します。

建物の性能によって直接的な影響を受けるエネルギー消費は空調と照明ですが、これらの省エネルギー化のための住宅設計指針と、その他のエネルギーを削減するためのライフスタイルや設備機器の運用管理方法を示すことが本ガイドラインの目的です。

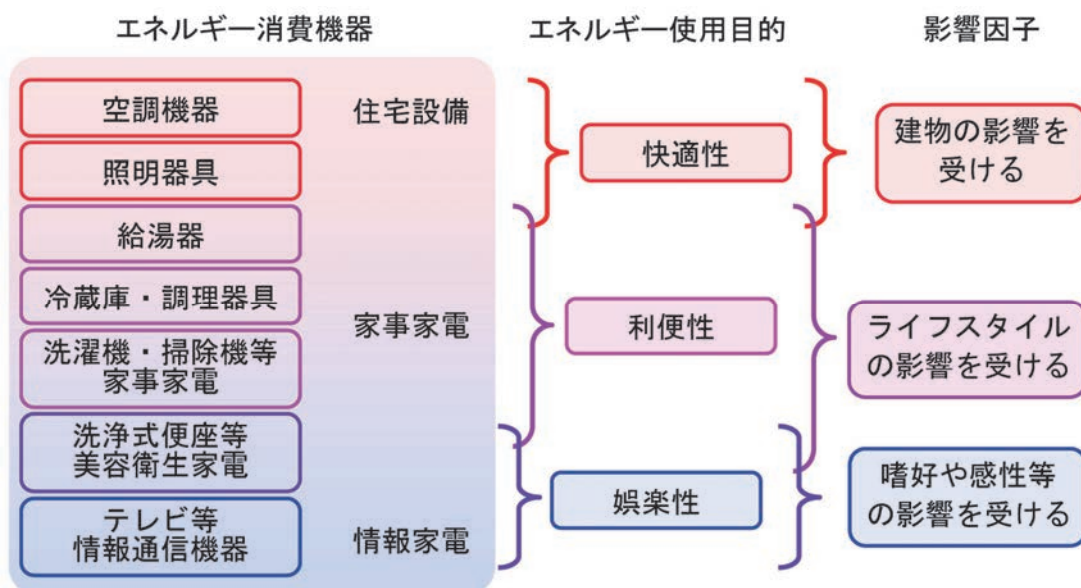


図 1.3 住宅におけるエネルギー消費



020 居住者の温熱的快適性

021 温冷感と快適感

ポイント

- 快適性を評価する快適感と、温熱感覚を表す温冷感の関係
- 対象は定常状態の温冷感によって決まる温熱的快適感

人間の生理的・心理的な感覚による快適性の評価が快適感です。快適感は通常「非常に不快」から「非常に快適」までの感性的な言葉で表されます。一方、熱的な刺激に対する人体の生理的な反応が温熱感覚ですが、それを暑さや寒さの感覚で評価すると温冷感になります。温冷感も通常、「非常に寒い」から「非常に暑い」までの感性的な言葉で表されます。通常は、暑くも寒くない中立状態の感覚が最も快適であり、暑くなるほど、または寒くなるほど不快になるので、温冷感と快適感は図 1.4 のように表されます。

現実的な居住者の感覚は多様で複雑です。長時間同じ状態が続く定常状態の場合は図 1.4 のような関係ですが、短時間に環境が変化する非

定常状態では変わります。たとえば、夏の暑い屋外から冷房された室内に入った場合、定常状態では冷え過ぎで不快でも、非定常状態では快適に感じる場合があります。これは人体の生理的な反応時間と、瞬間的に感じる感覚との時間的な差によるものです。定常状態に達する時間には諸説ありますが、概ね 1～1.5 時間程度と考えられます。

温冷感や快適感には寒がり等の個人差があり、体調や感情等の生理的、心理的な影響も含まれることがあります。本ガイドラインでは一般的と考えられる図 1.4 のような単純な関係を対象とします。つまり、定常状態の居住状態を想定し、温冷感によって一義的に決定される快適感を対象とします。

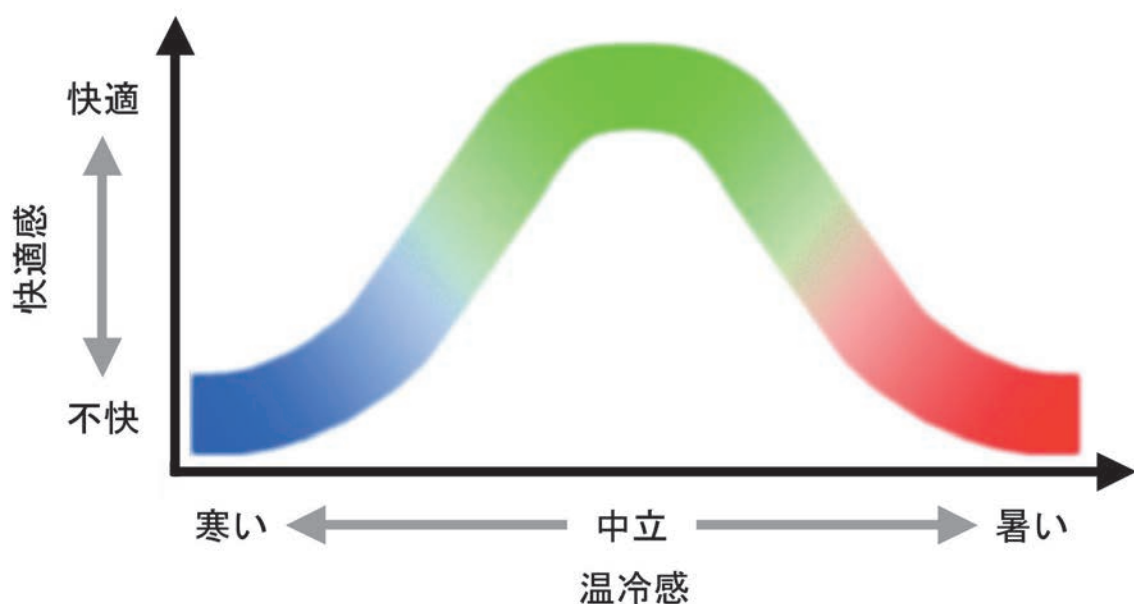


図 1.4 快適感と温冷感の関係



020 居住者の温熱的快適性

022 温冷感のメカニズム

ポイント

- 人体の体温を一定に保つための熱生産と放熱による熱平衡の考え方
- 熱ストレスを受けた場合の熱収支の変化による温冷感のメカニズム

恒温動物は体温を一定に保つように体内で熱を生産していますが、その熱は最終的に体表面からの放射や対流と、呼吸や発汗に伴う蒸発潜熱（気化熱）によって放出されます。熱生産と放射、対流、蒸発の収支が人体の熱収支であり、そのバランスがとれた状態が熱平衡です。一般に、これらの発熱量及び放熱量は人体の体表面積に比例します。

熱平衡が崩れると体温が変化することになりますが、健康な状態では、人体が自律的に反応するため、身体を中心部分の体温（深部体温）はほとんど変化しません。発熱量が増加し放熱量が減少するような熱ストレスが人体にかかる

と、発熱を抑えるための活動の抑制や放熱を促進するための血流量の増加や発汗等の反応が起こります。このとき温熱感覚が変化し、温冷感として暑さを感じます。逆の場合は、放熱を減らすための血流量の減少や体表面積の縮小、発熱を増加させるための震え等の反応になります。この場合、温冷感として寒さを感じます。

実際には、このような熱収支に、時間的な変化や感情等の多様な要素が結びついて、特定の温冷感が生じるのですが、本ガイドラインでは生理反応としての温熱感覚だけで温冷感が決定されるものと考えます。

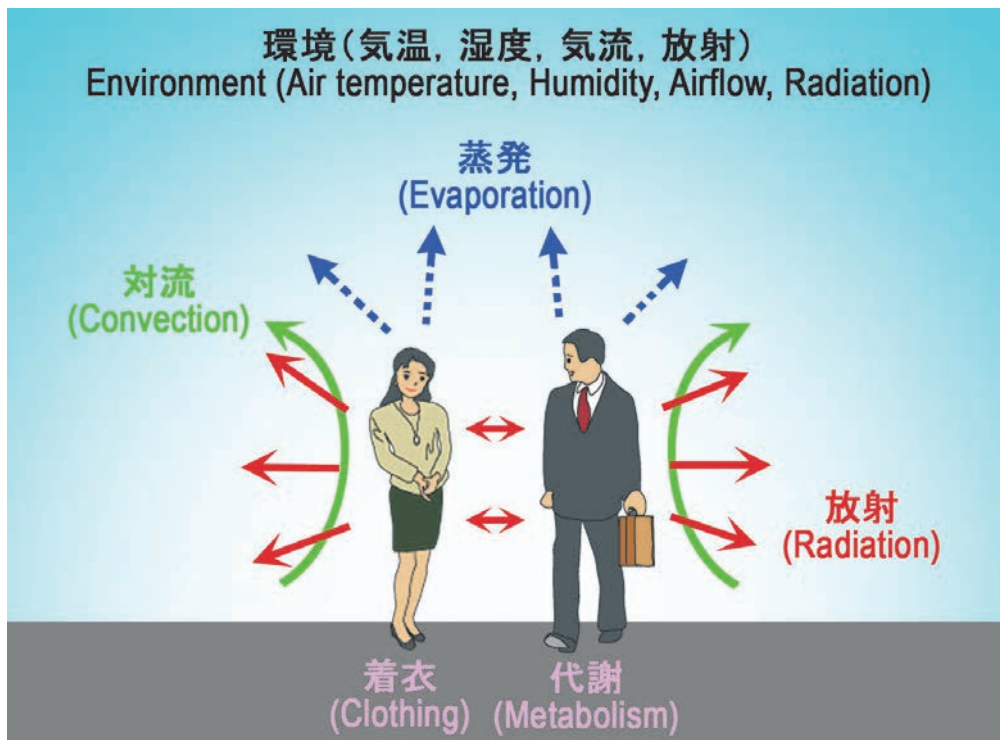


図 1.5 人体の熱平衡と温熱感覚を形成する要素



020 居住者の温熱的快適性

023 温冷感を形成する要素

ポイント

- 人体からの放熱を決定する4つの環境要素（気温、湿度、気流、放射）
- 人体の熱生産と放熱に対する抵抗を表す2つの人体要素（代謝率、着衣量）

放射による放熱は人体からの射出と周囲からの入射の収支であり、入射量は周囲の表面温度で決まります。対流による放熱は人体表面と周辺空気との対流伝熱であり、気温と気流速度で決まります。蒸発による放熱量は蒸発潜熱と蒸発量の積ですが、これらは気温と湿度の影響を受けます。つまり、人体からの放熱は、気温、気流、湿度、放射または表面温度の4つの環境要素から求められます。

人体の発熱量とは代謝量であり、活動状態によって決まります。種々の活動状態は、成人が静かにイスに座っている状態を基準として、代謝量をその比で表すことが多く、これを代謝率とよび、met（メット）という単位で表します。1metは体表面積1m²当り約58Wに相当します。日本人の平均的な体表面積を約1.7m²とすると、1人の発熱量は約100Wになります。人体の活動状態と代謝率の関係を表1.1に

示します。

着衣は放熱に対する熱抵抗になります。実際の着衣は多様な素材やデザインで、通常は頭部や手足は露出していますが、熱抵抗としては全身を覆う均質材を想定します。気温21℃、相対湿度50%、気流0.1m/sの室内で着席安静状態（1met）の人が快適と感じる状態を基準として着衣量を定義します。着衣量の単位はclo（クロ）で、1cloは成人男性のビジネススーツ程度ですが、その熱抵抗は約0.155m²℃/Wです。種々の着衣の状態とその着衣量の関係を表1.2に示します。

温熱感覚を形成する人体要素は、代謝率と着衣量の2つです。人体からの放熱を決める4つの環境条件と合わせて、合計6要素が人体の温冷感を決定する要素となります。その概要を図1.5に示します。これらの6つの要素をまとめて温熱要素をよびます。

表 1.1 種々の活動状態の代謝率

代謝率 (met)	活動の状態
0.7	睡眠
1.0	イスに座って安静(読書等を含む)
1.2	立っている状態
1.4	立っての軽作業(書類整理等)
1.6~3.5	立っての家事(料理, 皿洗い等)
2.0	歩行(60m/min.程度の速度)
3.5~5.5	階段を下る(3.5), 上る(4.0~5.5)

表 1.2 種々の服装の着衣量

着衣量 (clo)	着衣の状態
0.0	裸体
0.3~0.4	夏の軽装(半袖, 半ズボン, 裸足)
0.6~0.7	一般軽装(半袖, 長ズボン, 靴下)
1.0	ビジネススーツ(靴下と靴を着用)
1.2~1.8	ビジネススーツの上に薄手コート 冬の厚手ビジネススーツ
2.0	上記の上にオーバーコート



030 温熱的快適感の表示と制御

031 温熱指標の考え方とその例

ポイント

- 温熱指標または体感温度の基本的な考え方としての実在環境と仮想環境
- 全温熱要素を考慮して理論的に求められる総合温熱指標 (SET*, PMV)

温熱指標とは、一般に2つの人体要素と4つの環境要素で形成される人体の温熱感覚を1つの尺度で表したものです。その尺度が温度の場合は、体感温度とよばれることがあります。直接、温冷感や快適感の尺度で表示する指標も提案されています。

体感温度の基本的な考え方は、6つの温熱要素で構成される実在環境と、気温以外の5つの温熱要素を一定に設定した仮想環境を想定し、両者の温熱感覚が同一になる仮想環境の気温を求めることです。初期の体感温度は実在環境と仮想環境の実験室を実際に作り、多数の被験者がそれらを交互に体感した結果から、統計的に求めました。

被験者実験による古典的な体感温度の代表は1920年代にアメリカで開発された有効温度 (Effective Temperature, ET) です。仮想環境は湿度100%、気流は無風、周辺表面温度は気温に設定され、実在環境で変化する温熱要素は気温、湿度、気流だけです。その結果の表示は特殊な線図から読み取る方法だったので、乾球温度と湿球温度から略算する式が開発され

ました。これは華氏 (°F) 単位の略算式だったため、不快指数 (Discomfort Index, DI) という快適感の指標になりました。

1970年代には熱収支の理論的な計算から体感温度を求める研究が進み、その成果が新有効温度 (New Effective Temperature, ET*) になりました。これはすべての温熱要素が対象となり、仮想環境も任意に設定できます。仮想環境として湿度50%、気流0.15m/s、周辺表面温度を気温に設定した場合が、標準新有効温度 (Standard ET*, SET*) です。

熱収支の理論計算と被験者実験を組合せて、温熱環境を直接、温冷感で表示する温熱指標にPMV (Predicted Mean Vote) があります。ETやET*はアメリカで空調を対象に開発されましたが、PMVは北欧のデンマークで主に暖房を対象に開発されました。

すべての温熱要素を考慮した温熱指標は、総合温熱指標とよばれ、多数の指標が提案されていますが、現在、SET*とPMVが一般的に広く使われています。

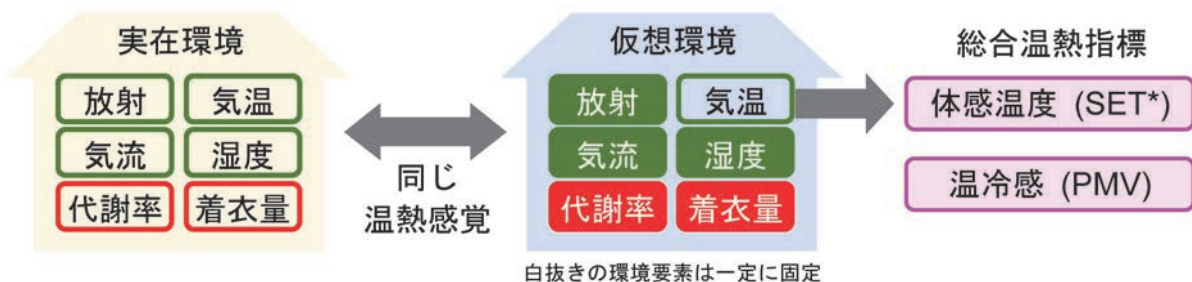


図 1.6 温熱指標、体感温度の概念と総合温熱指標



030 温熱的快適感の表示と制御

032 温熱的快適感の建築的な制御

ポイント

- 蒸暑気候における温熱的快適感の建築的な制御は「日除け」と「風通し」
- 日射制御には多様な方法があるが、通風は予測が困難、ソフト的対応も多様

近代工業化以前から、人間は温熱的快適感のために、居住空間の温熱環境を制御してきました。蒸暑気候地域の最大の課題は夏期の蒸し暑さですが、これに対して昔から「日除け」（日射制御）と「風通し」（通風）という2つの明確な方針があります。

日射制御のための代表的な建築部位は、ヒサシと縦型ルーバーです。多層の集合住宅では、上階のベランダがヒサシになり、住戸間の仕切り壁が縦型のルーバーになります。ル・コルビジェ設計によるマルセイユのユニテ・ダビタシオンは、そのデザイン性も高く評価されています。

沖縄の伝統的な民家では、屋根を延長してその先端を吹き放しの柱で支え、下に縁側を備えた「アマハジ」という特徴的な空間を形成し、玄関や接客の場となっています。戦後の沖縄では、花ブロックによるデザイン性の高い日射制御装置も見られます。

後付けの日射制御設備には、外壁に設置する

「よしず」や「すだれ」があり、植栽や遮熱塗料は屋上にも外壁にも使われます。最近では太陽電池も日射制御設備となります。室内に設置される日射制御設備としては、カーテンやブラインドがあります。

通風の性能は開口や間仕切りの配置によって決まるので、建築の平面計画が重要な意味を持ちます。実際の通風は自然の風や周囲の建物等の影響を強く受けるため、その性能の予測や適切な設計は簡単ではありません。一般に、複数の開口を建物の複数の方向に向けて設けること、取外しや移動が可能な間仕切を使うことが有効な手段です。

一般的な熱の建築的な制御は、断熱と気密化ですが、これらは冷暖房、特に暖房時に有効であり、蒸暑気候には適さない場合があります。さらに、打ち水、ウチワ、着衣の調整等のライフスタイルや、心理的な効果を意図した風鈴や清涼感のある色彩等、多様なソフト的制御法もあります。



(a) アマハジ（中村家）



(b) 花ブロック（聖クララ修道院）



(c) マルセイユのユニテ

図 1.7 日射制御のための建築デザイン



030 温熱的快適感の表示と制御

033 温熱的快適感の機械的な制御

ポイント

- エアコンは室内空気の気温と湿度を制御できる唯一の方法
- エアコンの消費エネルギーはエアコン自体の性能と建物の熱負荷

扇風機は人体周囲の気流速度を上げて、対流による放熱を促進する暑さに対する初期の機械装置ですが、室内空気の温度や湿度は制御できません。その他の機械装置として、除湿器、加湿器、換気扇、種々の暖房器具等が挙げられますが、エアコンの普及と蒸暑気候地域という観点から、本ガイドラインの対象とはしません。

20世紀初頭にアメリカで熱サイクルを具体化した空調装置（Air Conditioner, エアコン）が発明されましたが、当初は冷媒が可燃性や毒性物質であり、住宅には普及しませんでした。アメリカでフロン類が発明されたのは1930年頃ですが、それを用いた住宅用エアコンが一般家庭まで普及したのは戦後50年代です。日本でも50年代には住宅用エアコンの製造販売が始まりましたが、一般家庭に普及したのは70年代です。アメリカの住宅ではダクトで送風する集中型が多いのに対し、日本では個別のセパレート型が主流です。なお、ヨーロッパの住宅では、エアコンはほとんど使われていません。

現在のエアコンはヒートポンプ化により、熱流を反転できるので、冷房だけでなく暖房にも使われます。エアコンは室内空気の温度と湿度を制御できる唯一の装置ですが、熱サイクルを回すために、多くのエネルギーを消費します。エアコンの消費エネルギーは、エアコンの性能と建物の熱負荷によって決まります。エアコン自体の機械的な性能は成績係数（Coefficient of Performance, COP）で表されますが、近年、より実効的な指標として、暖房時も含めた通年エネルギー消費効率（Annual Performance Factor, APF）が使われています。住宅用のAPFは東京の戸建木造住宅を想定した計算のため、非木造で冷房が主体の沖縄には適しません。

インバーター化等によりエアコン自体の性能は高くなりましたが、建物の熱負荷を抑えて一層の省エネを図ることが、本ガイドラインの重要な目的です。以上のエアコンに関わる話題を図1.8に示します。

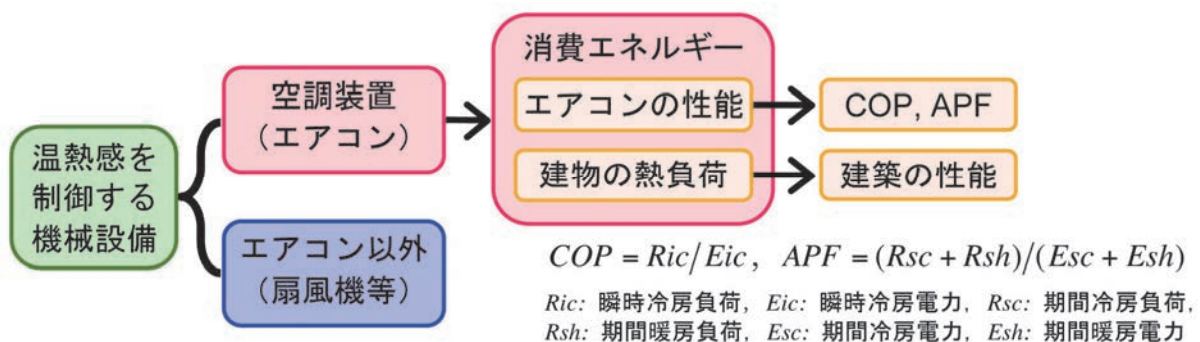


図 1.8 温熱感制御のためのエアコンとそのエネルギー消費



040 空調熱負荷とエネルギー

041 建築の熱負荷

ポイント

- エアコンによるアクティブな温熱的快適感の制御に対する熱負荷
- 3つの顕熱流（直接熱取得、熱貫流、換気熱負荷）、内部発熱、潜熱負荷

住宅の温熱的快適感の制御には、動力を用いない建築的な方法やライフスタイルによるソフト的な方法と、室内空気の温湿度をエアコンで直接、制御する方法があります。前者はパッシブ手法、後者はアクティブ手法です。アクティブ手法による制御の際、移動させるべき熱量を熱負荷とよびます。冷房時と暖房時では熱流が反転しますが、それぞれ冷房負荷、暖房負荷とよびます。

日射は非常に強力な外部熱源であり、エアコンの大きな冷房負荷になりますが、逆に、暖房負荷は軽減されます。日射による冷房負荷は、窓ガラスのような透明材料を透過して、直接、室内に入射する直接熱取得と、壁面等に当たった日射が受照面の温度を上昇させ、壁等の固体部分を貫流して室内に達する貫流熱の2つに分けて考えられます。熱貫流は日射の有無に関わらず、建物の固体部分を熱伝導で移動する熱です。通常は外気温と室内の気温に差によって生じる熱流ですから、常に存在する熱負荷です。

通風に関しては、パッシブ手法では、積極的に活用すべき資源であり、風通しを良くするために建物を開放的にすべきです。アクティブ手法では、熱い外気を室内に運び込む冷房負荷となるので、熱負荷低減のためには閉鎖的な建築形態が必要になります。これは通風に限らず、風として感じない隙間を通る換気でも発生する熱負荷なので、一般にこれを換気熱負荷とよびます。

建物の中では人体や電気製品、調理器具等が発生する内部発熱があります。このような内部

発熱は、冷房負荷になりますが、暖房負荷にはなりません。

以上のような温度差によって生じる熱を顕熱とよびます。それに対して、同じ温度でも水から水蒸気になるような状態変化に伴う熱がありますが、これを潜熱（気化熱）とよびます。蒸暑気候では通常、冷房時にこの潜熱による負荷が無視できません。

建物の熱負荷、特に冷房負荷となる顕熱負荷をまとめると以下ようになります。

- ・ 直接熱取得（室内へ入射する日射）
- ・ 熱貫流（固体部分の伝導による熱流）
- ・ 換気熱負荷（換気に伴う熱の移動）
- ・ 内部発熱（人体や家電等の発熱源）

以上の熱負荷のイメージをまとめて、図 1.9 に示します。

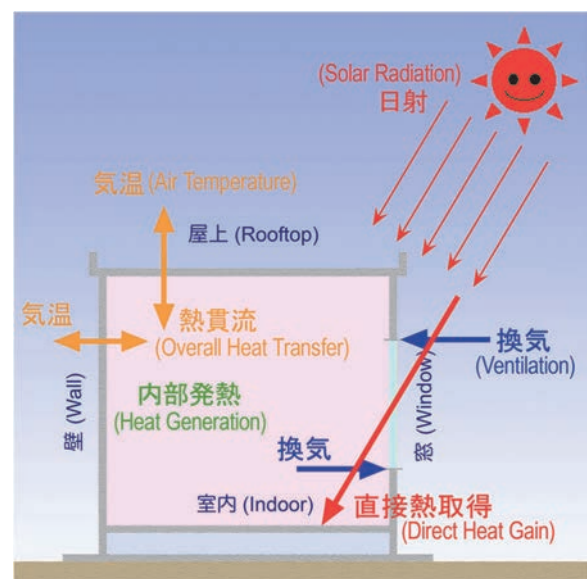


図 1.9 建物の熱負荷



040 空調熱負荷とエネルギー

042 顕熱負荷

ポイント

- 顕熱負荷（直接熱取得、熱貫流、換気熱負荷）の説明
- 熱貫流の計算における日射の扱い（相当外気温度）

直接熱取得とは、透明なガラス等を通して直接入射する太陽放射です。図 1.10 に示すように太陽放射は可視光域に大きなエネルギーを持ち、ガラスを通して入射します。ガラスは約 $3 \mu\text{m}$ 以上の長波長の赤外線に対しては不透明なので、室内から外へ向かう赤外線は透過できず、室内に熱が蓄積します。これが温室効果です。なお、ガラスの表面では可視光線も一部反射されますが、反射率は入射角度によって変化します。

熱貫流とは、外気と室内空気の間を壁体等の建物の固体部分を貫通して熱が流れる現象です。壁体等の表面には境界層とよばれる薄い空気層が形成され、熱流に対する抵抗になります。境界層内では熱は放射と対流によって伝わりますが、それらを合わせて熱伝達とよびます。固体部分の熱伝導は、放射や対流に比べて非常に遅い流れです。壁体に中空層があれば、そこでも境界層と同じように熱伝達で熱が伝わります。熱流の強さは主に固体部分の熱伝導率に

よって決まります。断熱とは熱伝導率の小さい材料で、熱を通りにくくすることを意味します。

日射を受ける建物の外表面は、表面温度は外気温より高くなります。これを熱貫流として扱うために、入射する日射分だけ外側の境界層に温度差をつけて外気温が上昇したように見せかけて、通常の熱貫流と同様に計算する方法が用いられます。この見かけの外気温を相当外気温 (Sol Air Temperature, SAT) とよびます。相当外気温を含めた熱貫流のイメージを図 1.11 に示します。

換気熱負荷とは、室温とは温度の異なる外気が、換気により室内に流入することで伝達される熱です。空気が持つ熱の移動なので、顕熱としては換気量と空気の比熱と温度差の積になりますが、空気の比熱は 1kJ/kgK 程度の小さな値です。なお、蒸暑地域では高温多湿の空気が流入するため、換気によって潜熱負荷を生じる場合が多々あります。

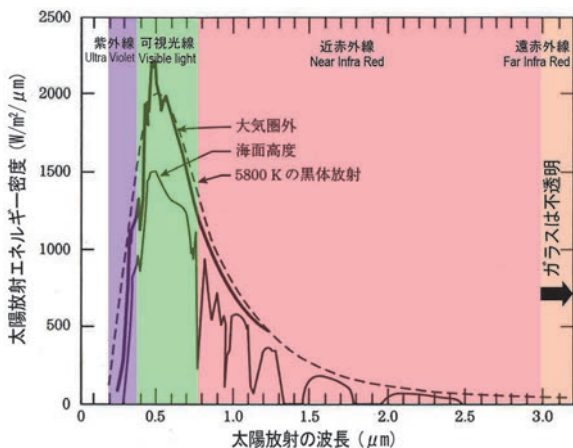


図 1.10 太陽放射の波長とエネルギー

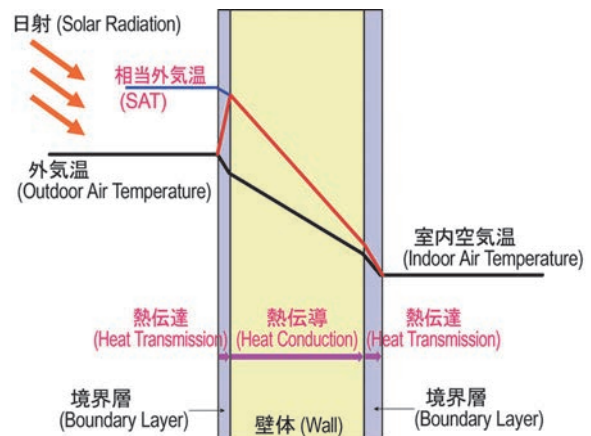


図 1.11 熱貫流と相当外気温度の概要



040 空調熱負荷とエネルギー

043 内部発熱と潜熱負荷

ポイント

- 人体や家電、ガス器具等の内部発熱による顕熱負荷と潜熱負荷
- エアコンの冷房運転、除湿運転における空気の水蒸気量の動き

内部発熱とは室内の在室者や電気製品、燃焼器具等によって発生する熱です。成人1人当たり約100Wの熱を発生しており、電気製品やガス器具等は、消費したエネルギーが最終的にすべて熱にかわります。電気製品による発熱はほぼ顕熱ですが、人体や燃焼器具は顕熱と同時に水蒸気も発生しており、潜熱負荷も発生します。

潜熱負荷とは空気中の水蒸気が液水になる際に除去すべき気化熱で、水蒸気1g当たり約2.45kJの熱量です。図1.12の空気線図上の空気の動きに示すように、高温多湿の蒸暑気候では、一般にエアコンの冷房運転時には大きな潜熱負荷があり、吹き出し空気は18℃程度の飽

和状態になっています。

エアコンの除湿運転における潜熱負荷の状況も図1.12に示します。除湿運転とはエアコンを連続的に冷房運転して、空気温を露点以下に下げ、水蒸気を凝結させて取り除くことです。強制的な連続冷房運転ですから、過冷房状態になりますが、これを防ぐために、吹き出し空気を再加熱する高級機種のエアコンもあります。このような除湿機能は大きなエネルギー消費につながります。

蒸暑地域で問題となる夏型結露とは、夜間に冷却された熱容量の大きな鉄筋コンクリート壁体等の表面に、流入した高温多湿の外気が触れて起こる結露です。

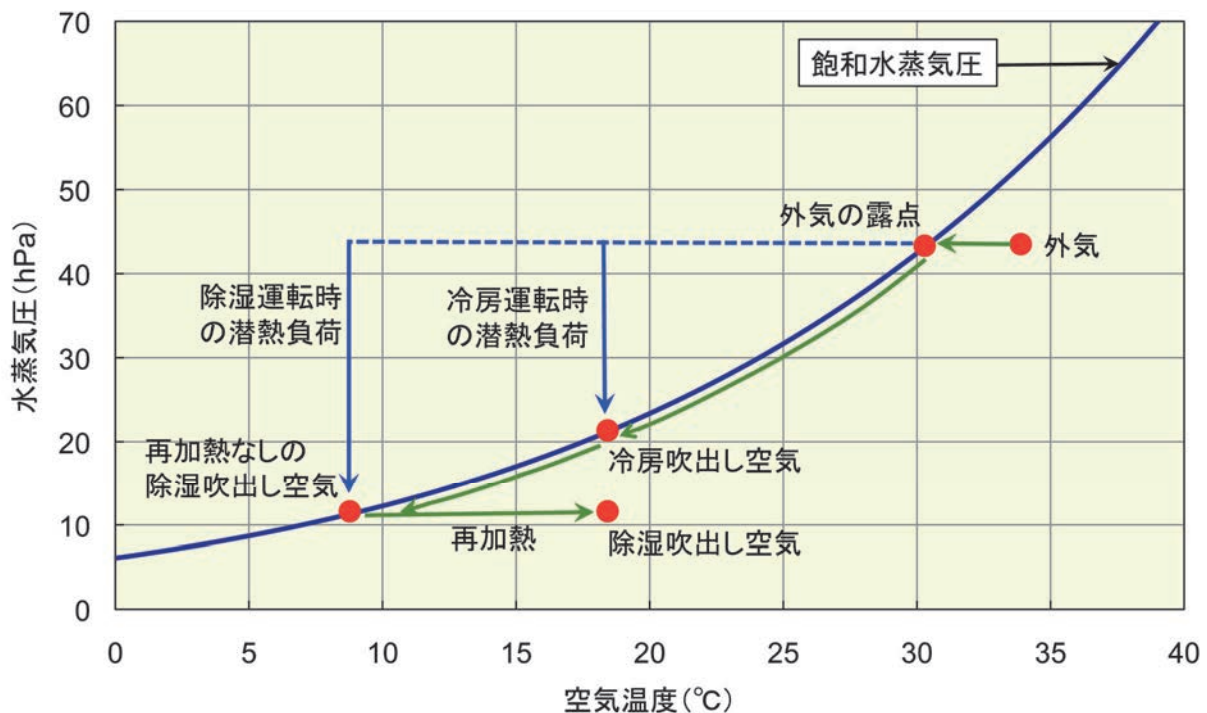


図 1.12 エアコンの冷房運転と除湿運転における潜熱負荷



050 日射の特性

051 日射の基礎

ポイント

- 大気層により日射を全天日射、直達日射、天空日射、大気放射に分離
- 晴天時は直達日射、曇天時は天空日射が卓越、大気放射はほぼ一定

蒸暑地域において温熱的快適感の最大の負荷は日射です。日射は太陽から直接、地表まで到達する直達日射と、大気層によって空全体に広がった後、地上に達する天空日射に分けられます。直達日射は太陽から直接届く強い光線で、日影を作りますが、天空日射は天空全体から来るため方向性がなく、日影を作しません。窓に入射する直達日射が直接熱取得となります。

大気層から放射される長波長の放射を日射に含めることもあります。地表面や雲で反射する日射は、図 1.13 のような複雑な動きをしますが、地上で受ける実際の日射はこれらが複合されたもので、全天日射とよべます。一般に气象台で測定される日射量は、水平面全天日射量です。

大気の影響を受けない大気圏外の直達日射を

法線面で測定した大気圏外法線面直達日射量は太陽定数とよばれ、実測値で約 1360W/m^2 です。地表で測定された法線面直達日射量は、晴天時に 900W/m^2 以上、曇天時はほとんど 0 です。天空日射は水平面で測定されますが、晴天時には 100W/m^2 程度、曇天時は 400W/m^2 程度の値になります。水平面全天日射量は、法線面直達日射量の鉛直成分と水平面天空日射量の和で、晴天時には 1000W/m^2 以上になります。

大気放射は長波長の赤外線で、昼夜、天気にかかわらず 400W/m^2 程度のほぼ一定値ですが、夜間は地表面から上空へ向かう赤外線放射の方が 100W/m^2 程度大きいので、地表面は冷却状態になります。

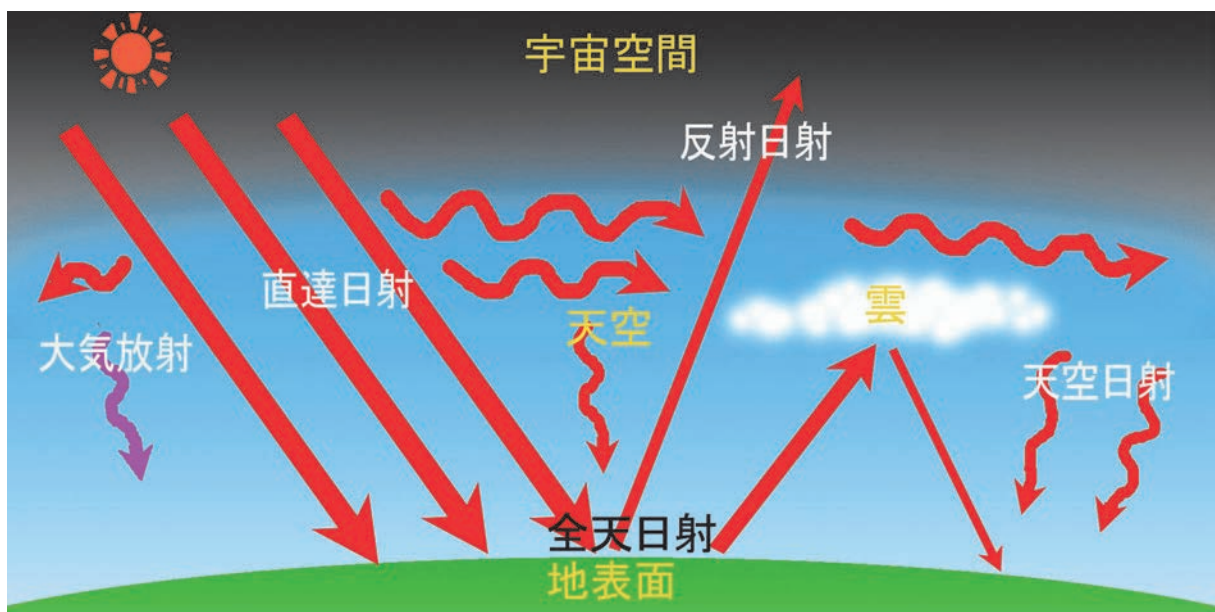


図 1.13 地表面の日射を形成する多様な日射や放射の成分



050 日射の特性

052 太陽位置

ポイント

- 太陽位置は太陽高度と太陽方位角で表示
- 太陽位置は日赤緯、時角、地球上の緯度から計算可能

直達日射を定量的に扱うための基礎となる太陽位置は図 1.14 に示すように、高度 (h) と方位角 (a) という 2 つの角度で表します。高度は水平面から太陽を見上げる仰角、方位角は真南からの方位を、西を正、東を負として、角度で表したものです。これらの角度は季節及び時刻により、単純な関数では表せない複雑な変化をします。

季節の変化は地軸の傾きにより生じるもので、変数としては太陽の日赤緯 (δ) となります。時刻の変化は 1 日を 360 度に割り当てた時角 (t) で表します。太陽の南中時を基準として午

前を負、午後を正で表します。太陽の南中時は、経度による時差と均時差で時刻を補正する必要があり、これを真太陽時とよびます。地球上の位置情報として緯度 (ϕ) を加えれば、表 1.3 の式で太陽位置を表すことができます。なお、日赤緯と均時差は理科年表等から求める必要があります。

この 3 式の左辺は図 1.14 に示すように、太陽位置を示す 3 次元単位ベクトルの各成分になります。那覇市 (北緯 26.2 度) の夏至、春分・秋分、冬至における水平面上の太陽位置を図 1.15 に示します。

表 1.3 太陽位置の計算式

南北成分 (南向きを+)	$\cos h \cdot \cos a = \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos t - \sin \delta \cdot \cos \phi$
東西成分 (西向きを+)	$\cos h \cdot \sin a = \cos \delta \cdot \sin t$
鉛直成分 (上向きを+)	$\sin h = \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos t + \sin \delta \cdot \sin \phi$

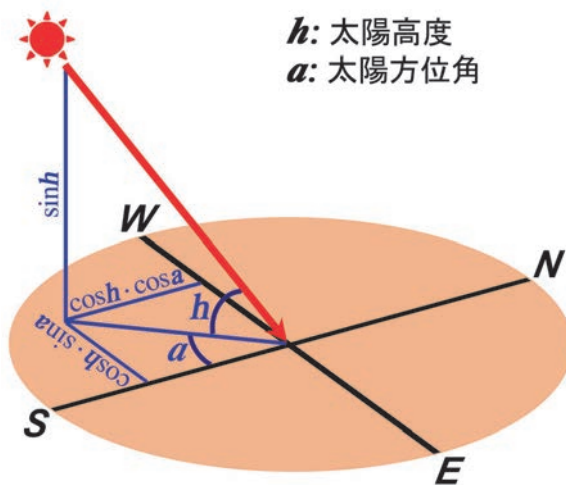


図 1.14 太陽位置の表し方

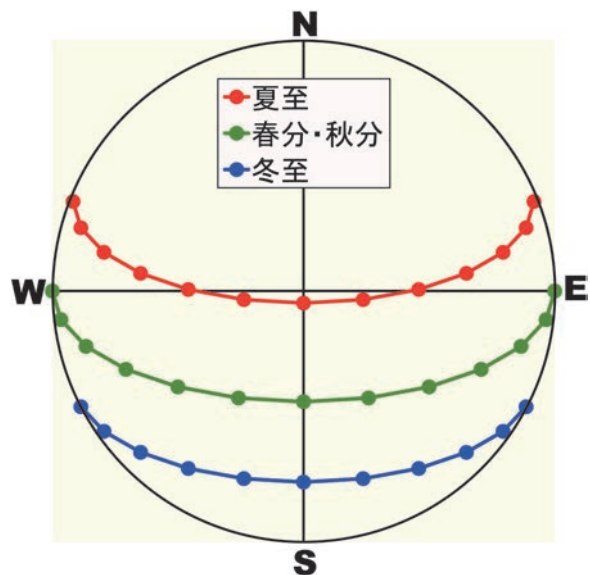


図 1.15 平面上の太陽の位置



050 日射の特性

053 日射量の計算

ポイント

- 任意受光面の日射量を求めるためには、全天日射量の直散分離が必要
- 直達日射量は受光面の法線ベクトルとの内積、天空日射量は天空率との積

日射量の一般的なデータは気象台で測定している水平面全天日射量です。これは直達日射量の鉛直成分、つまり法線面直達日射量に太陽高度の正弦 ($\sin h$) をかけたものと、水平面天空日射量の和を意味します。

建築では屋根面や壁面は一般に水平ではありませんが、このような水平面以外の面が受光面になる場合は、正確な日射量を求めるために、全天日射量を法線面直達日射量と水平面天空日射量に分離する必要があります。このような日射の分離を直散分離とよび、その方法も種々提案されております。

直散分離の基本的な考え方は、大気透過率という共通のパラメータを持つ法線面直達日射量と水平面天空日射量の推定式を組合せ、両者の計算結果として得られる水平面全天日射量が気象データと一致するように、パラメータを調整することです。

大気透過率は0から1の値ですから、一定値に収束させるのは比較的簡単です。法線面直達日射量と水平面天空日射量の推定式は古典的にはブーゲの式、ベルラーゲの式がありますが、

現在は多数、提案されています。なお、気象庁では札幌、つくば、福岡、石垣島、南鳥島の5カ所で、法線面直達日射量、水平面天空日射量、大気放射量を実測しており、そのデータは気象庁のホームページから利用できます。

直達日射量は方向性を持つベクトル量ですから、受光面の鉛直成分を求める必要があります。壁面や傾斜屋根面等の任意の傾斜や方位を持つ面では、受光面の法線方向を単位ベクトルで表現し、これと太陽位置を表わす単位ベクトルの内積をとれば、簡単に受光面に対する鉛直成分を求めることができます。そのイメージを図1.16に示します。

天空日射量は水平面のデータとして与えられますが、水平面以外ではそのまま受光できません。光源が天空に一様分布していると仮定すると、その日射量は天空の見える割合に比例します。これは半球上に投影された天空をさらに水平面に投射した立体角投射率とよばれる値で示されます。単純な天空率の例を図1.17に示します。

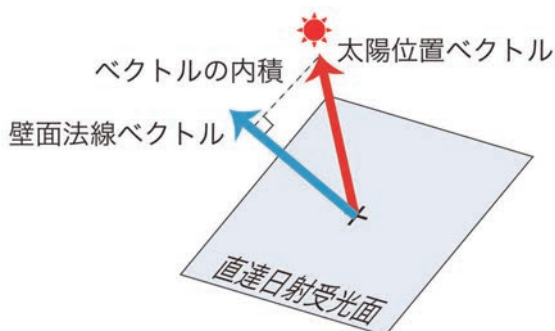


図 1.16 直達日射量の計算

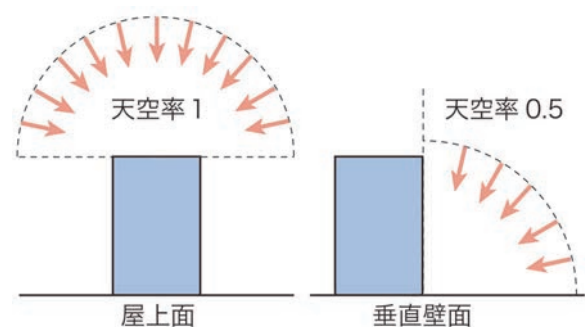


図 1.17 天空日射量を求める天空率



060 亜熱帯型省エネルギー住宅の基本理念

061 省エネルギーの技術的な考え方

ポイント

- 住宅の消費されるエネルギーの分類と各エネルギーの省エネルギー化の方針
- 建築設計により省エネルギー化できる採光と空調熱負荷

住宅におけるエネルギー消費の対象は、表 1.4 の4段階程度に分けられます。レベル1は照明、集合住宅の給排水ポンプやエレベータ、寒冷地の暖房等、生存や生活するため、レベル2は冷暖房、換気、除湿等の快適性を確保するため、レベル3は給湯器、家事家電や調理器具等の利便性を維持するため、レベル4は情報通信、娯楽、美容衛生等の嗜好や娯楽のためのエネルギーです。

建築的に制御できるエネルギーはレベル1と2が中心で、レベル3と4は主に機器の選択とライフスタイルに依存しますが、最近では HEMS (Home Energy Management System) の導入により、各種機器類のエネルギー消費の可視化や、優先順位付けによる運転制御を行い、エネルギー消費量を管理する方法も可能になっ

てきました。

建築設計の立場から見た省エネルギーの具体的な内容は、結局、照明と空調になり、自然採光で明るい室内、夏涼しく冬暖かい家、という古典的な理想に帰着します。日射の制御は採光、温熱双方に重要です。温熱環境に関しては、自然の通風を活用する開放型（パッシブ）と、空調を前提に熱負荷低減を目指す閉鎖型（アクティブ）に分けられます。気象条件が厳しくなれば、最終的に快適性を確保するため、開放型から閉鎖型へ移行する分岐点があると考えられます。両者をシームレスにつなぐ閉鎖可能な開放型のような方法は、今後、住宅設計における非常に重要な課題となります。以上の省エネルギー住宅のイメージを図 1.18 に示します。

表 1.4 住宅におけるエネルギー消費の目的、内容及び建築との関係

レベル	エネルギーの目的	具体的な内容	建築との関係	建築的省エネ
1	生存・生活に必要	照明, 給排水, 暖房	建築に必要	採光設計
2	快適性の確保	空調, 換気, 除湿	建築で制御	空調熱負荷
3	利便性の確保	家事家電, 給湯器	ライフスタイル	HEMS (Home Energy Management System)
4	嗜好・教養・娯楽	情報通信, 美容健康	居住者の好み	

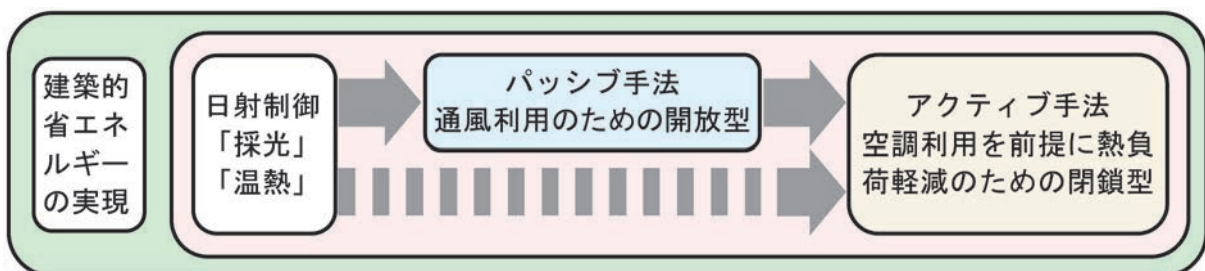


図 1.18 建築的な省エネルギー住宅を実現するための基本構想

