

感覚・環境要素の特徴と物理的記述

概要

環境設計で主に扱われる感覚は視覚・聴覚・温覚（触覚）・嗅覚およびそれらの組み合わせである。視覚に対応する視環境・光環境の特徴は方向が視野内に限定されること、障害物がない限り感覚される距離範囲が非常に広いことである。音環境には方向の限定がなく、感覚される距離範囲が広い。温熱環境、空気環境には方向の限定はないが、伝わる速度が遅いため、感覚される距離範囲は狭い。明るさや音の大きさの感覚は対数的に知覚されることが知られており、これをウェーバー・フェヒナーの法則と呼ぶ。それぞれの感覚には対応する環境要素を記述するための物理量が定義されている。光環境の記述には**照度と輝度**および**表色系**が使われる。音環境は**音の大きさ**、**高さ**、音色で表現され、大きさはデシベル表示の音圧レベルや騒音レベルで、高さは周波数で記述される。温熱環境は**人体の熱収支**に影響する気温・湿度・風速・放射と代謝量・着衣量を組み合わせた**温熱指標**により記述される。

照度と輝度

照度は物体が受ける光の強さを表す尺度で、単位はルクス (lx) である。照度は受照面に入射する光束を単位面積あたりに換算したものであるため、点光源を発した光の場合、距離が2倍になれば1/4になる。受照面が斜めになると、照度は余弦法則にしたがって減少する。輝度は物体表面を発して眼に入る、ある方向に対する光の強さを表す尺度で単位としてはカンデラ毎平方メートル (cd/m²) がよく使われる。照度はある面上の一点を決めれば、見る方向やそこに置かれるものの表面の影響を受けないため、作業面上の照明が十分かなどの判断に使われる。物体の明るさがどのように見えるかということは輝度が基になっているものと考えられるが、輝度分布を検討するためには、見られる方向とその表面の色や性質も特定する必要がある。

・照度について 点光源の場合について、受照面の面積、光源との距離と角度の変化に伴って照度がどのように変化するか、簡単な計算をしてすぐに答えられるようにしておくこと。関連して、三角関数の代表的な数値 (0, 30, 45, 60, 90 度, 以下同様) を答えられるようにしておくこと。

表色系

色を表す方法。色を個人の主観の違いを越えて表し、正確に記録したり伝えたりするために、一般に表色系が用いられる。物体の色を表す代表的な表色系はマンセル表色系である。これは色合いの違いを表す色相と、明るさの度合いを表す明度、鮮やかさの度合いを表す彩度の3属性を用いてひとつの色を表す方法である。一方、光の色を表す場合には、簡単な指標として、色温度がよく用いられる。これは黒体の放射温度で近似的に光の色を表すもので、晴れた日中の自然光は約 5000K、白熱電球は約 3000K である。

音環境：音の大きさ・高さと聴覚

音波は縦波＝疎密波として媒質を伝わり、空気中では空気の微小な圧力変化すなわち音圧を生じる。音の伝わる速度が音速である。空気中の音速は気温を $t[^\circ\text{C}]$ とすると $331.5 + 0.6t[\text{m/s}]$ なので、常温約 15°C の $340[\text{m/s}]$ が代表値としてよく使われる。1秒間の媒質の振動数が周波数であり単位は Hz (ヘルツ) である。たとえば時報は、440Hz の音が3回と 880Hz の音からなっている。波長は音速を周波数で割った値である。音は大きさ・高さ・音色の三要素で記述される。音の大きさは音圧レベルや騒音レベルとしてデシベル (dB) 単位で表す。音圧レベルは人の耳に知覚される最小の音圧変化に対する音圧の比の常

用対数を取り 20 倍したものである。人間の耳に聞こえる音の周波数は約 20~20000Hz である。周波数の数値が小さいと音は低く、大きいと高く感じられる。音の高さは周波数が 2 倍になるごとに類似の感覚を生じ、これを 1 オクターブと呼ぶ。大きさに対する耳の感度は、周波数によって異なり、低周波数域では鈍く 4000Hz 近辺で最も高くなる。そこでこの周波数特性を考慮して音の大きさを表すのが騒音レベルである。音圧レベルと区別するために dB(A) (デシベル・エイ) をつけて表示する。

・音の物理量について、気温が与えられた時の音速および音速と周波数と波長の関係を計算して答えられるようにしておくこと。

人体の熱収支

人間は活動に応じて体内で熱を生産するとともに、熱を環境に放散している。この両者のバランスによって、暑い・寒い、あるいは快・不快の温熱感覚が生じる。人体の生産熱量を単位表面積あたりの発熱量として表したものを代謝量という。人体から環境への熱放散には、皮膚表面・衣服からのものと呼吸によるものがあるが、呼吸によるものは割合が小さい。皮膚面からの熱放散量は、対流熱放散量、放射熱放散量、蒸汗熱放散量に分けられる。対流熱放散量は人体周囲の空気の動きによる熱交換であり、風速が大きいほど、気温が低いほど促進される。放射熱放散量は人体表面と周囲の壁・床・天井・窓・家具等の物体表面との間で行われる電磁波による熱交換であり、おもに周囲の平均放射温度 (周囲壁面温度の面積による重み付け平均で近似できる) で決まる。対流と放射を合わせたものを顕熱損失という。蒸汗熱放散は皮膚面からの水分の蒸発による潜熱損失であり、風速が大きいほど、湿度が低いほど促進される。これは体温調整機能による人体に特有の熱放散であり、日本の夏のような蒸暑環境ではとくに重要である。衣服は人と環境の間の熱交換において熱抵抗として働き、着衣量 (単位 clo) が最もよく用いられる。

温熱指標

温熱的快適性を表す指標で、世界的の最も広く使用されているものは予測平均温冷感 PMV と ASHRAE 標準有効温度 SET*である。いずれも、気温・湿度・風速・放射の環境要素および代謝量・着衣の人体要素からコンピュータによって求めることができる。最近では空調制御を PMV や SET*で行うことも少なくない。

参考文献

日本建築学会編「人間環境学」朝倉書店, p.19~31

浦野良美・中村洋編著「建築環境工学」森北出版, 第 5 章温熱感覚 (石井昭夫)

屋外気候と室内気候

概要

温熱環境に関する環境設計を行う場合には、まず対象地域・場所の屋外気候を知ることが重要である。気候は年間を通して変化するので、1年間の気候の概略を**クリモグラフ**などによって把握する。気温・降雨量などのほか、卓越する風向、**海陸風**の状況、都市部では**ヒートアイランド**現象なども考慮する。近年では、二酸化炭素排出の増加等による**温室効果**から地球温暖化が進みつつあり、環境設計においては省エネルギーへの配慮が不可欠である。一方、太陽からの日照・日射は直射の有無によって微気候に大きな影響を与える。**太陽の軌道**は緯度・経度より正確に予測することができ、これを基に**日影**を予測することができる。周囲の建物等による日影、設計対象建物等の日影の影響を常に意識する。建物の熱的性能は、断熱と気密の両面から考える。窓面は一般に壁面よりも断熱性能が低いので、冬期には窓面近傍で冷やされた空気が対流して発生する**コールドドラフト**に注意する。建物内の気流を制御するためには、高気密にした上で計画的な**換気**を常時行う。計画的な換気は、**シックハウス**や**結露**の防止、省エネルギーの観点からも重要である。

クリモグラフ（気候図）

ある土地の気候が年間を通してどのように変化するかを見やすく表示するために気象要素の各月平均値を二次元のグラフとしてプロットしたもの。気温と降雨量を表示するもののほか、気温に湿度や風速などを組み合わせたものがある。

海陸風

海岸地帯では（特に夏季の）晴天日の日中には日射による受熱特性の違いによって、陸地は海面よりも温度が高くなり上昇気流が発生することによって（地表での）大気圧が低くなるので、海面から空気が流れ込む。これが海風であり、夜間になると逆に陸地から海面に向かう陸風が吹く。海陸風は、比較的規則的に高頻度で発生し、風速も一般的に強風ではない。日本の主要都市は海岸に立地しているものが多いので、都市計画に当たっては気候・大気汚染の制御に海陸風を配慮することが望ましい。

ヒートアイランド

都市化が進行するにつれて周辺郊外と異なる気候、都市気候が形成されるが、特に都心部で高温となる現象が顕著である。等温線を等高線に見立てた断面図が島状になるのでヒートアイランドと呼ばれる。一般的に気温が降下して行く夜間から早朝にかけて著しくなる。

温室効果

夜間は日射による受熱が無くなるため、地表面から天空に向けての放射により地表面の冷却が進む（放射冷却）。地表面（表面温度 300K 程度）からの放射は赤外放射である。炭酸ガスや水蒸気は赤外線を吸収する作用があるが、大気中の炭酸ガス濃度が高かったり、雲が多かったりすると、天空への放射が妨げられ、地表面冷却は抑えられる。これが温室効果である。自動車・火力発電所・暖房ボイラーなどからの炭酸ガス排出が増加してきているが、その温室効果によって都市高温化・地球温暖化が進むので、炭酸ガス排出を抑えることは世界的に緊急の課題である。

太陽の軌道と日影

設計対象地を中心に考えると、太陽は天球上を東から昇り、南の空を通過して南中時に最も高度が高く

なり、西に沈む。春分と秋分にはほぼ真東から昇り真西に沈み、冬は南寄りからより低い軌道を、夏は北寄りからより高い軌道を通る。冬至に太陽高度が最も低くなり日影は最も長くなるので、日当たりや日照時間は冬至で検討されることが多い。環境設計では、一日のうち日の出から日の入りまでの日照時間から周囲の建物等の日影になる時間を除いた日当たりの得られる可能性のある時間数を日照時間と呼び、住宅では冬至における4時間日照が最低限の基準とされる。設計時には日照時間だけでなく、どの時間帯に日照が得られるかも重要であり、ひさしやルーバーなどの日射遮蔽装置の効果も同時に検討する。

コールドドラフト

足元や腰部など局所的に不快感をもたらす冷気流であるが、特に全身は温熱的快適状態にあるときに問題となる。冬季では窓面や断熱性の悪い壁面で室内空気が冷却され落下し床面を流れて生じることが多い。夏季では冷房吹き出し気流が室内空気との混合拡散が不十分なまま在室者を直撃したり、床面を流れたりする。

換気

室内の空気を新鮮な外気と入れ替えることで、室内空気汚染対策の最も基本的な手法である。風力や室内外温度差を利用する自然換気と換気扇などによる機械換気がある。室内全体を一様濃度に保つ全般換気に対して、汚染質発生源近傍や居住域を清浄に保つ方法が局所換気である。全般換気を計画的に行うためには、全体の気密性を確保した上で給気口から排気口までの空気の流れを考える。排気を行う換気扇のすぐそばに給気口や開放された窓があると他の場所の空気が流れない。給気から排気までの距離を長くとり、室間の空気の流れのためにドアのアンダーカットなどを必要に応じて設ける。

シックハウス

近年見られる室内空気汚染の一つで、アレルギー等特異体質の人に影響が顕著に現れる。建材や家具・調度から発生するホルムアルデヒドをはじめとする種々の揮発性有機化合物、カビ・ダニなどがその主要原因と見なされる。2003年7月施行の改正建築基準法ではシックハウスの防止を目指して、建材および換気についての規制が導入された。空間の利用者が持ち込む家具やスプレーなども原因となり得るため、じゅうぶんな換気量を確保する設計が安全である。

建築における結露

空気中の水蒸気が露点温度以下の物体に触れると物体表面に水分となって付着する現象。冬季に窓ガラスに生じる結露が最もなじみ深い。断熱材などの建築部材の内部で生じる結露は甚大な被害をもたらすので、防止対策が重要である。換気により水分を逃がすこと、表面の冷たくなる部分を減らす、室の隅まで通気をよくすることが考えられるが、水分の発生とバランスをとる必要がある。室内で発生する水蒸気の発生源としては炊事が最も大きい。洗濯物を干すことと石油やガスのファンヒーターは同程度に大きい。植物や人の呼吸なども無視できない。

参考文献

浦野良美・中村洋編著「建築環境工学」森北出版、第4～8章

視環境と音環境の計画

概要

視環境の計画では、必要に応じて物を見分けることができる**明視性**の確保と、周囲の光環境・事物の意味が適切だと感じられるようにすることが目標となり、適切な照度・照度分布となるよう、**グレア**が発生しないように**採光**・照明計画を行う。色彩については、加齢による水晶体の黄変により見え方が変化して青系の色が暗く見え、周囲との対比が若者と異なることに注意する。

音環境の計画では、**音環境の三要素**を考慮し、必要な音が聞き分けられるように静けさを確保するとともに、適切な響きを伴う空間をつくることが目標となる。建築内外において発生する音は**空気音**と**固体音**（床衝撃音）に分けられる。騒音防止のために音を遮ることを**遮音**と呼ぶ。

- ・色彩計画については、代表的な具体例が示されたときにどれが望ましいか判断できること

明視性

明視の4条件は、対象物の明るさ、対比（コントラスト）、大きさ、見る時間の長さである。これにより、ある特定の個人について、周囲の環境が変化した時の物の見やすさの違いが表現されるが、高齢社会においては加齢による視力変化に対応することも不可欠である。対比は視対象と背景の色彩・反射率の違い、および陰影によって生じる輝度対比による。大きさは視対象そのものの大きさと、対象が観察される距離によって決まる。球技を行う場合のように、高速で移動する視対象を視認する必要がある場合には時間を考慮する必要がある、通常は照度を高めることで視力を補う。移動を伴う場合などは明るさの変化による順応状態にも配慮する。とくに暗順応（暗さに慣れる）は明順応に比べ時間がかかる。

グレア

グレアとはまぶしさのことで、視対象が見にくくなる減能グレアと、不快を感じる不快グレアに分けられる。発生状況による分類としては、輝度の高い光源が視線近くにあるために生じる直接グレア、鏡面反射に近い表面に光が反射して生じる反射グレア、視野内の照度差が大きすぎる場合に生じる対比グレアがある。一般に視作業の視線から 15° 以内に高輝度の照明器具や窓があることは好ましくない。正反射または指向性の強い拡散反射による光が、視対象と重なり、その部分に光の幕が重なったように見える現象を光幕反射と呼び、対象の輝度比が低下するためまぶしさを感じなくても見にくくなる。視対象がガラスのような平滑な光沢面の場合には鏡のように映り込んだ反射映像によって見にくくなる場合もある。

採光計画

採光のための窓に必要な条件は、1)室の用途に応じた基準昼光率が得られること、2)室全体の均斉度が1/10以上となるような昼光率の分布になること、3)通常の使用域でグレアが避けられること、4)作業位置において手暗がりや光幕反射を生じないこと、などである。採光窓の形式ごとに見ると、一般の側窓採光は窓から離れた室奥が暗くなるがある程度の立体感が得られ、透明窓であれば見通しも得られる。開放可能なものは通風にも役立つ。高窓採光＝ハイサイド・ライトでは室内の照度分布は均一に近づくと見通しや通風は得にくくなる。利用可能な壁面が大きくなるため、展示や収納などを重視する場合に向いている。天窗採光＝トップライトは大空間の場合でも中央部に直接採光を導くことができ、採光量は大きく照度分布も均一化しやすい。隣接建物の影響を受けにくいかわり、見通しは得られない。太陽高度が高いときに直射日光が入射しやすくなるため、熱も含めて直射をどのように制御するか工夫が必

要である。雨じまいには特に注意する必要がある。頂側光＝トップサイド・ライトは室内側から見ると天窗と同様であるが、屋根をのこぎり状や段状などにして、窓そのものは鉛直に近い面に設けるもの。採光面を北向きにすれば直射日光の影響をさけることができる。

音環境の三要素

良い音環境を設計する際の三要素として静けさ・良い音・良い響きということが言われる。背景音の大きさが大きすぎない状態を確保すること、音源の音が良いこと、音が伝わってくる過程での響きが良いことが必要という意味である。音の良し悪しは、音そのものだけでなく、その音を発生するモノの意味まで含めて感じられるため、人間側の要素が大きいことに注意を要する。音環境全体を風景のようにとらえ、音源を含めて全体を考えるのがサウンドスケープの概念である。

音の響き

音は壁などに入射すると、反射・透過・吸音されるため、空間内の音の響きは、周囲の囲まれ方、壁などの特性により異なる。室内で発生して壁に入射した音のうち室内側に反射しない割合（透過・吸音される割合）を吸音率と呼ぶ。吸音率に面積をかけたものが吸音力である。ある音の発生が止まった瞬間から完全に聞こえなくなる＝音圧レベルが 60dB 小さくなる（100 万分の 1 になる）までの時間を残響時間と呼び、響きの目安として用いる。残響時間は空間の容積が大きいほど、また吸音力が小さいほど長くなる。壁面等の吸音率が同じなら、凹凸の多いほど面積が大きいいため吸音力は大きくなり残響時間は短くなる。

空気音と固体音（床衝撃音）

建築中で問題となる音には、空気を伝わる空気音のほか、躯体の振動として伝わる固体音がある。代表的な固体音は給排水音と、床の振動として発生する床衝撃音である。小銭を落とす場合のようなものを軽量床衝撃音、子どもが飛び跳ねる音のようなものを重量床衝撃音という。軽量床衝撃音は床表面の仕上げによる影響が大きく、カーペットを敷くなどの対策が可能であるが、重量床衝撃音を小さくするには床スラブを厚くする、防振層をはさんだ浮き床にするなどの対策が必要となる。

遮音

音が発生して聞こえるまでの経路は音源側・伝搬経路・受信側と分けることができ、できるだけ音源側に近いところで対策することが望ましい。空気音の遮音には、まず隙間を減らすことが重要である。壁面の遮音性能は単層壁の場合には、周波数と面密度（単位面積当たり重量）の積の対数に比例する質量則によって決まる。音の周波数が高いほど遮音性能は高くなるので、低音を遮音する方が難しい。二重壁とすれば同じ材料で厚みを 2 倍（面密度を 2 倍）にするより有利であるが、低周波数域では共振により性能が低下することに注意する。

参考文献

日本建築学会編「人間環境学」朝倉書店、p.33～36

浦野良美・中村洋編著「建築環境工学」森北出版、第 2 章