

第 11 回目 日照の必要性/太陽位置/日照 (教科書 pp. 69~72)

◎ 前期の学修内容：熱環境

建築環境工学分野では、そのほかに「光」環境、「空気」環境、「音」環境分野を学修→後期

考える対象

①すまい，住居，建物そのもの

→熱エネルギーのやり取り

(人の存在はあまり関係ない)

②人とのかかわり：湿度の考え方を導入

→「建物」と「人」との関係

③太陽：外からの影響を考慮→「太陽」と「建物」と「人」の関係 (太陽と私達の生活との関係)

・変化が大きい

・特に一日のうちでの変化が大きい (夜間：0～昼間：800, 900 [W/m²] の変化を毎日繰り返す)

◎ 前期の後半 4 回分の学修内容

重要 変化の様子を理解しよう！ (イメージしよう！)

建築の分野からみた**太陽**の役割

| ↳ほぼ無限で非常に大きなエネルギー源，無料，誰でも自由に使える，
| ほぼ無害，環境負荷はほぼゼロ

| ↳**熱**エネルギーの供給源 —— ↑エネルギーの量はどれくらい？ (第 13 回目：計算)

| 日射 (あたたかい！) ↳どのように変化するか？ (第 14 回目：変化を使った応用)

| 供給源の位置が変化すると

| 受け手が受ける熱エネルギーが大きく変化する

| ↳**光**エネルギーの供給源 —— ↑エネルギーの量はどれくらい？→後期の光環境の分野で

日光 (明るい！) ↳どのように変化するか？→影のでき方が変化する (建物にとって重要) →太陽の位置と大きく関係する

第 11 回目：太陽の動き，第 12 回目：影のでき方

0 今日の内容：太陽の動きをイメージできるようにしよう

- 1 とにかく太陽の動きをイメージする，理解する
- 2 太陽の位置を示すには（位置を特定，位置を同定するには）どうするか？を考える
→他の人と情報を共有するには何が必要だろうか？

ポイント（日本では）←日常生活と結びつける

- ・太陽は東から（南を経て）西へ移動
- ・太陽が南にある時は，太陽は私達の頭の上の方にある
- ・1日で一回り
- ・夜は見えない

先に補足

日照：太陽からの光エネルギーや熱エネルギーを受けている状態

日照時間：1日のうちで，太陽から光エネルギーや熱エネルギーを受けている時間
(→太陽が見えている時間)

→定義：直達日射量が 200 [W/m²] 以上ある時間

日照率：

※太陽の動きをイメージするために，You Tube 上の動画を視聴してみよう。

以下のようなキーワードを入れて，関連する You Tube 上の動画を探してみよう。

少なくとも次の2つの動画は是非見て欲しい。

- ・「日本での太陽の動き」(CG 理科・天体) (著作権者：CG ムービー人理科)
- ・「微速度撮影 1日の影の動き」(理科映像) (著作権者：rikaeizou)

- ・「太陽の通り道と影の動き」(著作権者：morinokuma7)
- ・「地球の自転と太陽・月の動き」(CG 理科・天体) (著作権者：CG ムービー人理科)
- ・「南中高度（ある季節での地点比較）」(CG 理科・天体) (著作権者：CG ムービー人理科)
- ・「南中高度（ある地点での春夏秋冬比較）」(CG 理科・天体) (著作権者：CG ムービー人理科)

- ・「地軸の傾きと南中高度の違い」(CG 理科・天体) (著作権者：CG ムービー人理科) など

※※太陽の動きを頭の中でイメージできるか否かが，今日の講義の内容を理解できるか否かの分かれ目，とても重要なポイント

1 太陽の動き (をイメージする, 理解する) ← 中学の理科で学習した内容を思い出そう

教科書 p. 69 の「2-1 太陽動きと南中高度」の図を参照

※日常生活の中で, 太陽が動く様子を想像する

日本の場合

- ・南中 (真太陽時 (後述) の 12 時) → 夏の南中時の高度は高く (太陽が出ている時間は長い), 反対に冬の南中時の高度は低い (太陽が出ている時間も短い)
- ・春分と秋分の際の太陽の軌道が天球上の赤道

注) 夏の「日の出」や「日の入」の頃には, 北側に太陽がある

→ 日常の生活の中で, そのような経験がなかったか, 想像してみよう

⇒ 太陽と地球の回転軸との関係

夏

冬

春分・秋分

2 太陽の位置を示す (太陽の位置を特定するには, 位置を同定するには) どうするか?

地上に立っているときに

・ 2 種類の情報

太陽方位角: どの方向に太陽があるか?

太陽高度: どのくらいの高さに太陽があるか?

たった 2 つの情報だけで, 太陽の位置に関する情報を他の人と共有することが可能

1) 決まりごと (基準はどこか? に気をつける)

① 太陽方位角

- ・ 南が基準で 0 度 (ゼロ度)
- ・ 時計回りがプラス (午後の太陽方位角はプラス)
- ・ 反時計回りがマイナス (午前の太陽方位角はマイナス)

※ただし, 南半球では北が基準

② 太陽高度

- ・ 水平が基準で 0 度 (ゼロ度)
- ・ 太陽が出る昼間はプラス
- ・ 太陽が出ていない夜間はマイナス

2) 復習

① 角度の単位: 時計と同じ 60 進法

○度○分○秒 例) 1 度 2 分 3 秒

○° ○′ ○″ 1 度は 60 分, 1 分は 60 秒, 0.1 度は 1 度の 1/10 (つまり, 6 分 = 60 分の 1/10)

では, 1.1 度は何度何分?

② 三角関数を復習しておきましょう

参照) 『図説 やさしい建築数学』(今村仁美・大谷一翔, 学芸出版社)

③ ギリシア文字 (ギリシャ文字)

参照) 教科書 p. 140 φ : ファイ δ : デルタ

3) 太陽高度と太陽方位角を求めるための式

太陽高度 h ([°], もしくは [度]) と太陽方位角 α ([°], もしくは [度]) は、次の (1) ~ (4) 式により計算することができる。今回の講義で扱う三角関数はすべて [°] (「度」) で計算する。

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad \langle 1 \rangle$$

$$\cos \alpha = \frac{\sin h \cdot \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \varphi} \quad \langle 2 \rangle$$

ここで、

φ : その土地の緯度 (北緯, または南緯) [度] (φ : ファイ) (熊本は北緯 32 度 49 分)

δ : 日赤緯 [度] (δ : デルタ) ← 計算で求めることができる

t : 時角 [度]

日赤緯 δ , 時角 t の略算式を以下に示す。

$$\delta \cong 23.45 \cdot \sin(0.983540 \cdot n - 80.145404) \quad \langle 3 \rangle$$

$$t = 15 \cdot (T_t - 12) \quad \langle 4 \rangle$$

ここで、

n : 元旦起算の通し日 (元旦から n 日目)

T_t : 真太陽時による時刻 (時)

- ・日赤緯 δ : 季節による天球の赤道面からの太陽の高度 (赤道からのずれ)。赤道上を 0, 天球の北極側を正とする。地軸が公転軸と $23^\circ 27'$ ずれているために日赤緯は $\pm 23^\circ 27'$ (夏至~冬至) の範囲内で毎日変わる。
- ・時角 t : 太陽が南中 (太陽が真南にくること) してから翌日南中するまでの 1 日を 360° に換算したもの。1 時間が 15° に相当し、南中時 (12 時) を 0, 午前を負, 午後を正の値とする。この 1 日を真太陽日といい, その $1/24$ が真太陽時による 1 時間に相当する。真太陽時の 12 時 (その場所で太陽が南中したときの時刻) は日本標準時と違って, 日本国内でも地域によって変わるので注意。日本標準時の 12 時は日本国内ではどこでも同じ。

例) 11 時 : -15 度, 12 時 : 0 度, 13 時 : 15 度, 13 時 30 分 : 22.5 度

真太陽日の 1 日の長さは、地球の公転軌道が楕円であることと地球の自転軸が公転軌道と直角でないことにより、季節によって異なっている。したがって、通常は 1 年を通して平均した平均太陽時を用い、(日本) 標準時からその土地の東経 L による補正を行う。

→建物に当たる日射などを考える際には、真太陽時で考えても問題はないので、建築環境工学では、以下の式を使うことは少ない。

$$T_m = T + \frac{(L - 135)}{15} \quad \langle 5 \rangle$$

$$T_t = T_m + \frac{e}{60} \quad \langle 6 \rangle$$

$$e \approx 9.8 \cdot \sin(1.967080 \cdot n - 160.290808) - 7.6 \cdot \cos(0.983540 \cdot n - 65.145356) \quad \langle 7 \rangle$$

ここで、

T_m : その地点の平均太陽時

T : 日本標準時 (中央標準時)

L : その地点の経度 (東経)

e : その日の均時差 (真太陽時と平均太陽時の差) →教科書 p. 71 参照

注 1) 日本標準時

日本標準時は、実際には、兵庫県明石市の平均太陽時ではなく、国立研究開発法人 情報通信研究機構 日本標準時グループが生成する協定世界時 UTC (NICT) を 9 時間 (東経 135 度分の時差) 進めた時刻のこと (<https://www.nict.go.jp/JST/JST5.html>)。

注 2) 自分で計算しておこう

- ・ 6 時から 18 時までの時角を 1 時間おきに計算しておこう
- ・ 夏至, 冬至, 春分, 秋分の日赤緯を前頁の $\langle 3 \rangle$ 式を使って, それぞれ計算しておこう

注 3) 三角関数の逆関数

→ $\sin h$ や $\cos \alpha$ から, h や α を求める時には, 以下のような三角関数の逆関数を使う。

- ・ $y = \sin x$ の時, $x = \sin^{-1} y$, もしくは $x = \arcsin y$ (arcsin : アークサイン)
- ・ $y = \cos x$ の時, $x = \cos^{-1} y$, もしくは $x = \arccos y$ (arccos : アークコサイン)

→ 関数電卓で計算できる (関数電卓のマニュアルを確認してください)。

逆関数 :

関数 $y = f(x)$ において, 関数値 y が定まれば逆に x の値がただ 1 つ定まるとき, すなわち x が y の関数 $x = g(y)$ と考えられるとき, g を f の逆関数という。

4) 〈1〉と〈2〉を用いた太陽高度と太陽方位角の実際の計算手順

①配付資料 101 頁の〈1〉式で計算すると

$$\sinh = \boxed{\text{数値}} \text{ が出てくる}$$

次に、 h を計算するために

$$h = \arcsin \boxed{\text{数値}} \text{ を使う}$$

②配付資料 101 頁の〈2〉式で計算すると

$$\cos \alpha = \boxed{\text{数値}} \text{ が出てくる}$$

次に、 α を計算するために

$$\alpha = \arccos \boxed{\text{数値}} \text{ を使う}$$

注 1) 関数電卓では

注 2) 配付資料 101 頁の〈2〉式を使うと、太陽方位角は必ずプラスの値が出てきてしまう。

→午前中の場合は、自分の手でマイナスをつける

【参考文献】(順に、タイトル、編著者名、出版社、発行年月、価格、ISBN。〔〕内は熊本県立大学図書館所蔵情報)。

[1] 『環境工学教科書 第二版』(環境工学教科書研究会編著、彰国社、2000年8月、¥3,500+税、ISBN: 4-395-00516-0) [書庫(4F), 525.1||Ka 56, 0000308034]

→第三版もあり(2020年2月、ISBN: 978-4-395-32146-9) [和書(2F), 525.1||Ka 56, 0000387929] [電子ブック, 5000001065]

復習プリント

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

今日の講義の内容を，自分なりに，整理してください。まとめてください。

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

熊本（北緯 $32^{\circ} 49'$ ）における，春分の日（3月21日），夏至の日（6月21日）ならびに冬至の日（12月22日）の午前10時（真太陽時）の太陽の位置（太陽高度と太陽方位角）を，配付資料 101 頁に書かれた式を用いて求めてください。ただし，閏年でないとします。