

日照の検討と日射量の算出

1. 今後の演習の予定

- 5月22日（水）・第1回目 太陽の位置
 5月29日（水）・第2回目 日影曲線と直達・拡散日射量
 6月5日（水）・第3回目 レポート作成
 6月7日（金） レポート締切

2. 太陽位置の求め方

今回の演習では、全て真太陽時を用いる。

太陽位置は、地上面から見た太陽の位置、日射の来る方向を意味し、下図のように、太陽方位角と太陽高度とにより表される。方位角は、真南からみた太陽の水平方向の角度で、真南を0とし、東側を負、西側を正として表す。太陽高度は、地平面と太陽のなす角度である。

太陽高度 h (度) と太陽方位角 α (度) は、次式により計算することができる。なお、三角関数はすべて「度」で計算する。

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \frac{\sin h \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h \cos \varphi} \quad (2)$$

ただし、 φ はその土地の緯度、 δ は日赤緯、 t は時角である。 δ 、 t の略算式を以下に示す。

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

$$t = 15 \cdot (T - 12) \quad (4)$$

ここで、 n は元旦起算の通し日（元旦から n 日目）、 T は真太陽時（時）である。

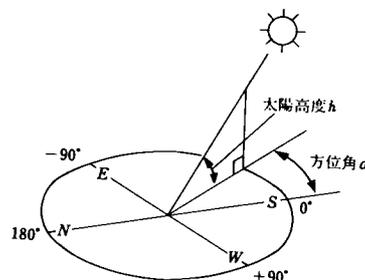


図1 太陽位置

日赤緯 δ は、天球の赤道面からの太陽の高度のことで、赤道上を0とし、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 は、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° に換算したもので、1時間が 15° に相当し、南中時を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 $1/24$ を真太陽時という。

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）標準時から経度による補正を行う。

3．Excelを使って太陽高度と太陽方位角を求めてみよう

1）必要な情報を入力する。

月日（元旦起算通し日）、緯度（ $^\circ$ ），時刻

2）緯度（度 分）を緯度（度）に変換する。

3）時角を計算する（（4）式参照）。

4）日赤緯を計算する（（3）式参照）。

5）太陽高度と太陽方位角を求める。

Excelの関数は、単位に [rad] を用いるため、最初に [rad] で計算して、[度] に変換したものも計算しておく。

$$[\text{rad}] = 180 [\text{度}]$$

Excelの関数の詳細は、付録を参照。

太陽方位角は、真南を0とし、東側を負、西側を正として表すことに注意する。

《例題1》

春分の日（3月21日（元旦起算通し80日目））、夏至の日（6月21日（元旦起算通し172日目））ならびに冬至の日（12月22日（元旦起算通し346日目））の熊本（ $32^\circ 49'$ ）の太陽高度と太陽方位角を求めよ。

4．日影曲線

ある建物が建てられるとき、季節・時刻ごとにどのような影を生ずるのか、また、隣接する建物の影響で対象となる建物にどの程度日照があるのかを知ることは、建築計画にとって非常に重要である。最近では、それらの検討はコンピュータの利用により比較的容易にできるようになってきた。

日影は、当然のことながら、太陽の方位と逆の方向（ $\alpha + 180^\circ$ ）にでき、その長さは太陽高度 h によって決まる。したがって、日影のできる方向と長さは、1日の中でも時々刻々と変化し、また季節によっても変わる。

図2のように、平面上に垂直に立てた単位長さの棒の影の先端がその平面上に描く軌跡を日影曲線という。平面を水平面としたものが水平面日影曲線である。これを1年を通してまとめて描いたものが日影曲線図（図3参照）である。緯度が違えば太陽位置が異なるので地域ごとに同様の図を作成する必要がある。

図の時刻は真太陽時であり、標準時で検討する場合には補正する必要がある。真太陽時であることから、時刻を除くと図の左右が対称である。また、同じ曲線で図の右と左に記された月日が異なっているが、これはこの両日が太陽位置に関しては同じ条件の日であることを示している。

この図を用いて建物の日影図を描くときには、影の長さは、中央の○点と対象とする日時の日影曲線上の点との距離を図中のスケールを用いて測り、建物の高さに乗じて求める。影の方向は、中央の南北軸とのなす角度である。

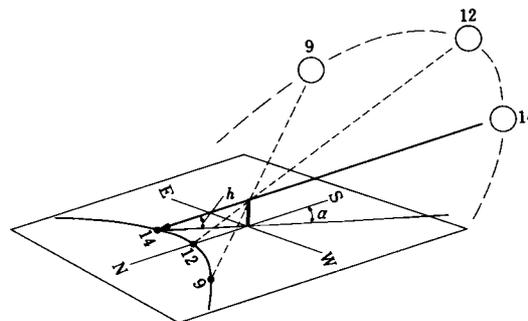


図2 日影曲線の作成方法

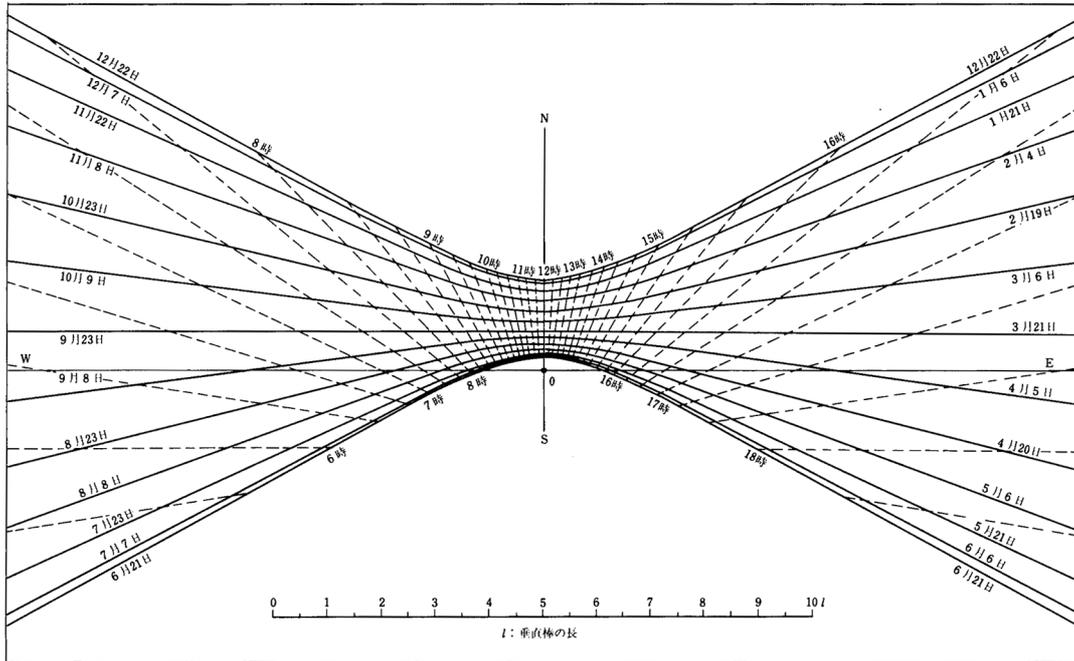


図3 水平面日影直線図（北緯35°）

5. Excelを使って日影曲線を描いてみよう

1) X軸座標値, Y軸座標値を計算する。図4を参照のこと。ただし, $L=1$ としている。

$$x = \frac{1}{\tan h} \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

$$y = \frac{1}{\tan h} \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

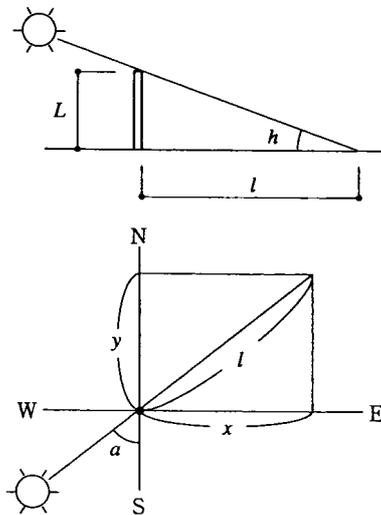


図4 棒の影

2) 散布図でグラフをつくる。

「グラフの種類」「散布図」「データポイントを平滑線でつないだマーカーなしの散布図」

注) グラフを作成するには、まず1日分のデータでグラフを描き、次いで、「形式を選択してペースト」を用いて、データを重ねていく、とうまく描ける。

《例題2》

《例題1》で求めた、春分の日（3月21日（元旦起算通し80日目））、夏至の日（6月21日（元旦起算通し172日目））ならびに冬至の日（12月22日（元旦起算通し346日目））の熊本（ $32^{\circ}49'$ ）の太陽高度と太陽方位角を用いて、水平面日影図を描け。

6. 直達日射量と天空日射量

建築において、環境との調和、自然エネルギーの有効利用を考える場合、第一に検討すべきは、日射（主に熱と光）の適切なコントロールである。日射は、建築空間の熱環境、光環境、心理面を含めた快適性、さらには冷暖房、照明などのエネルギー消費に極めて大きな影響を及ぼす。

地球に到達する太陽放射エネルギーは、大気圏外法線面で平均 $1.37\text{kW}/\text{m}^2$ （ $=1,178\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ；太陽定数 J_0 ）である。内訳はおおむね、紫外域が1割弱、残りは可視域、赤外域が各半分ずつという配分であるが、これらはすべて最終的には熱エネルギーとなる。大気に突入り地表に到達するまでに、これらの一部は、反射・吸収・散乱される。その結果、地表では、図5のように、太陽からの指向性の強い直達日射と、空全体からの指向性の弱い天空日射として観察される。直達日射および天空日射の強さは、土地の緯度、時刻、季節、天候、大気の透明度などの影響を強く受けるが、晴天日については太陽高度 h および大気透過率 P で整理され、以下の式で表される。

法線面直達日射量：

$$J_D = J_0 \cdot P^{(\frac{1}{\sin h})}$$

ブーゲ（Bouguer）の式 (7)

水平面天空日射量：

$$J_S = \frac{1}{2} \cdot J_0 \cdot \sin h \cdot \frac{\left(1 - P^{(\frac{1}{\sin h})}\right)}{(1 - 1.4 \cdot \ln P)}$$

ベルラーゲ（Berlage）の式 (8)

ここで、大気透過率は、大気の透明度の指標で、図6のように太陽が天頂にある時の地表に到達する直達日射の割合 $[J_D/J_0]$ を表す。また、 $0 < P < 1$ の値をとり、値が高ければ、直達日射は強くなり、逆に天空日射は弱くなるという関係になる。

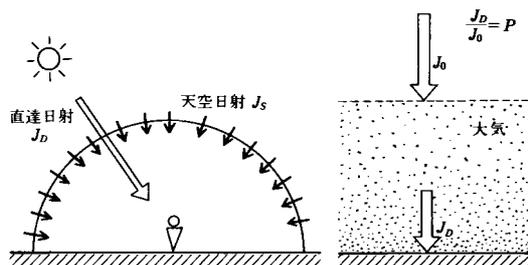


図5 直達日射と天空日射 図6 大気透過率

水平面において直達日射と天空日射を併せて測定したものは（水平面）全天日射量 J_H と呼ばれ、気象台等で測定されている日射量は一般にこの値である。

$$J_H = J_D \cdot \sin h + J_S \quad (9)$$

壁・窓など鉛直面に入射する日射量 J_V については、天空の半分が面で隠れることから、太陽および面の方位角（ α , A_V ）を用いて、次式で表される。

$$J_V = J_D \cdot \cos h \cdot \cos(\alpha - A_V) + \frac{J_S}{2} \quad (10)$$

なお、こうして求めた日射量（図7参照）は、あくまで晴天時を想定した計算値であり、実際には、曇りや雨の日、大気中の塵の多少などによって大きく変動する。

7. Excelを使って各方位に入射する日射量を求めてみよう

- 1) 法線面直達日射量を計算する（式（7）を参照のこと）。
- 2) 水平面天空日射量を計算する（式（8）を参照のこと）。
- 3) 水平面全天日射量を計算する（式（9）を参照のこと）。
- 4) 南，東，西面垂直日射量を計算する（式（10）を参照のこと）。

注) 東面では午後から、西面では午前中は、直達日射は当たらず、天空日射のみしか当たらないことに注意すること。

《例題3》

《例題1》で求めた、夏至の日（6月21日（元旦起算通し172日目））ならびに冬至の日（12月22日（元旦起算通し346日目））の熊本（ $32^\circ 49'$ ）の太陽高度と太陽方位角を用いて、それぞれの日の水平面全天日射量、南面の壁が受ける日射量、東面の壁が受ける全天日射量の1日の変化をグラフに描け。ただし、大気透過率は、夏至では0.6、冬至では0.75とする。

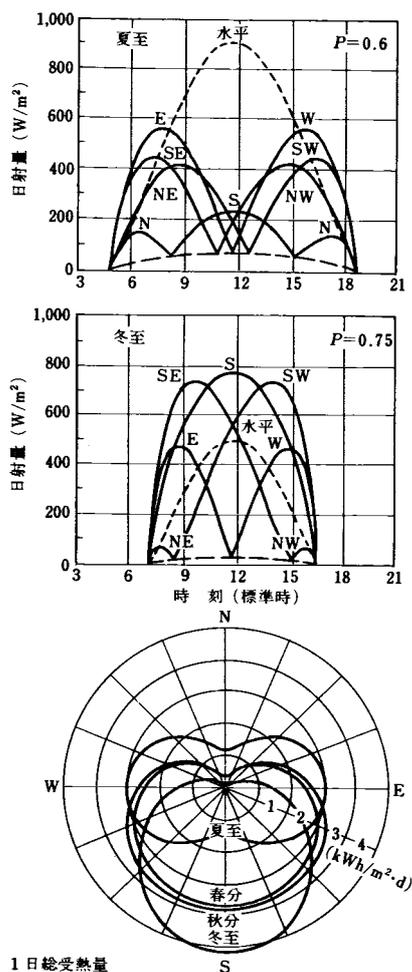


図7 東京における季節ごとの各方位に入射する日射量

8. 参考文献（〔〕内は、熊本県立大学所蔵情報）

- 1) 『環境工学教科書』（環境工学教科書研究会編著，彰国社，1996年3月，¥3,675，ISBN：4-395-00394-X）〔開架2，519||KA 56，0000185180〕
- 2) 『環境工学教科書 第2版』（環境工学教科書研究会編著，彰国社，1999年，¥3,675，ISBN：4-395-00516-0）〔所蔵なし〕（「環境設備原論」の教科書）
- 3) 『建築設計資料集成 1 環境』（日本建築学会編，丸善，1978年6月，絶版）〔開架2，525.1||KE 41||1，0000157165，0000166428〕
- 4) 『建築環境工学用教材 環境編 第3版』（日本建築学会編著，日本建築学会，1995年2月，¥1,937，ISBN：4-8189-0442-2）〔開架2，525.1||N 77，0000236338〕
- 5) 『日本建築学会設計計画パンフレット 24 日照の測定と検討』（日本建築学会環境工学委員会編，彰国社，1977年8月，¥1,648，ISBN：4-395-22024-X）〔開架2，525.08||N 77||24，0000178867〕
- 6) 『これだけは知っておきたい日照計画の知識』（田中授・柳瀬正敏，鹿島出版会，1985年11月，¥1,890，ISBN：4-306-01096-1）〔開架2，525.1||Ta 84，0000236948〕

- 7) 『実用教材 建築環境工学 基礎からその演習まで』（山形一彰，彰国社，2000年2月，
¥2,520，ISBN：4-395-00611-6）〔所蔵なし〕
- 8) 『数値計算で学ぶ 光と熱の建築環境工学』（宿谷昌則，丸善，1993年7月，¥9,135，
ISBN：4-621-03862-1）〔所蔵なし〕
- 9) 『エース建築工学シリーズ エース建築環境工学Ⅰ - 日照・光・音 - 』（松浦邦男・高橋大次，
朝倉書店，2001年4月，¥3,360，ISBN：4-254-26862-9）〔開架2，525.1||Ma
89，0000255993〕
- 10) そのほか，建築環境工学に関する教科書など（ 県立大学図書館で，探してみてください。 ）

9. 参考URL

- 1) 演習資料のダウンロード (<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/ennsyu.html/sysennsyu.html>)
- 2) 九州大学大学院 総合理工学研究院 環境共生工学部門 都市建築環境工学研究室（片山研究室）が提供している教育用のツールとして開発されたコンピュータ・ソフトウェア (http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/j/et_aee/eta-top.htm)
建築環境工学のいくつかのトピックスに関する計算について，（Mccintosh上ではなく）Windows上で計算するためのもの。興味がある人は，使ってみてください。

質問などは，下記の担当者まで

講師・辻原 万規彦

部屋：環境共生学部旧棟（旧生活科学部棟）4階西南角

電話：096-383-2929（内線492）

e-mail：m-tsuji@pu-kumamoto.ac.jp

助手・香川 治美

部屋：環境共生学部旧棟（旧生活科学部棟）4階南側中央付近

電話：096-383-2929（内線482）

e-mail：haru206@pu-kumamoto.ac.jp