

斜面日射量の計算方法について

高知大学農学部

正会員

○紙井泰典

正会員

近森邦英

1. はじめに

地域日射量を算定する際、斜面日射量を考える必要がある。しかし、斜面の勾配・方向は様々であり、全ての斜面の実測日射量を求めることは非常に困難である。どうしても水平面日射量から斜面日射量を推定することになるが、そのための方法は直達日射量と散乱日射量とでは適用式が異なるため、直達・散乱の成分別の日射量値が必要である。それも太陽位置が時刻によって変化し、斜面への入射角が時刻によって変化するため、時間量程度の直達・散乱日射量が必要となる。ところが直達日射量を計測している気象官署の数は全国で14官署、散乱日射量を計測しているのは全国でも館野高層気象台1箇所にすぎない。そこで水平面日射量から直達日射量、散乱日射量を分離することが必要となる。これまでの研究では渡辺・浦野・林の方法は精度が良いといわれている¹⁾。ここでは渡辺らの式と同等かそれ以上の精度を有する直散分離式を見いだしたので報告する。

2. 使用したデータと式

係数の同定に使用したデータは1985・1988年(館野は1981・1984年)の気象庁の14官署(表1参照)の法線面時間全日射量 I_{GR} 及び水平面時間直達日射量 I_{DR} である。ただし、前者は大気外水平面日射量 $I_0 \cdot \sin h$ (h :太陽高度, ラジアン)で、後者は時間大気外法線面日射量 I_0 で割って基準化した指標 K_T, K_D として用いている。同様にして水平面時間散乱日射量 I_{SH} の基準化指標 $K_S = I_{SH} / I_0 \cdot \sin h$ として求めた。同定用データは、理論的には $0 \leq K_T, K_D \leq 1$ となるが、 $K_T, K_D = 0$ or 1 のデータは(1)式の形からいって係数同定には適当でないと考え、 $0 < K_T, K_D < 1$ の条件を、また物理的には必要ないが、あまりに太陽高度が低いときは、実測値のばらつきが大きくなることから、 $0.1 \leq \sin h$ の条件を満足するもののみを使用した。推定式は次の式の係数を誤差平方和を永井・角屋のSP法によって最小化するときの係数として求めた²⁾。

$$K_D / K_T = K_D + (0.659 - 0.148 \sin h) \cdot K_D^{0.612} \cdot k_D^{0.554} \quad (1)$$

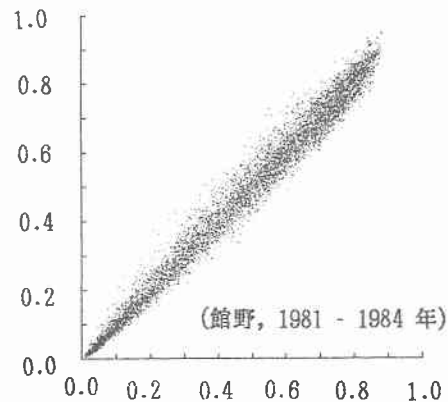
$$(R^2 = 0.975, s = 0.0459, n = 159,923)$$

ここに、 R^2 : 単回帰の決定係数(相関係数の自乗), s : 標準誤差, n : データ数(14官署の1985・1988年)。

(1)式は全国一律に適用可能と考えられるが、測定官署の近くにおいては、最寄りの官署だけのデータで同定した方が精度が高いと考えられたので、各測定官署ごとの同定も行った結果を表2に示す。表2中の A_0, A_1, B, C はそれぞれ(1)式の0.659, -0.148, 0.612, 0.554に対応する係数である。館野の係数同定の結果を、実測 K_D / K_T を縦軸、(1)式の右辺を横軸にとって図1に示す。

表1 観測官署の位置

地名	北緯 (度 分)	PAIR	東経 (度 分)	海抜 (0.1 m)
札幌	43 3		141 20	172
根室	43 20		145 35	258
秋田	39 43		140 6	94
宮古	39 39		141 58	425
輪島	37 23		136 54	53
松本	36 15		137 58	6100
館野	36 3		140 8	260
米子	35 26		133 21	65
潮岬	33 27		135 46	732
福岡	33 35		130 23	25
鹿児島	31 34		130 33	43
清水	32 43		133 1	310
石垣島	24 20		124 10	57
那覇	26 14		127 41	349
父島	27 5		142 11	27
南鳥島	24 18		153 58	87
平均	34 01		137 11	566

図1 K_D / K_T と(1)式の右辺との関係

3. 結果

1989 - 1993 年の各官署の全天日射量・直達日射量データを、上述の方法で無次元指標化して推定したものを横軸にとり、実測値から計算した結果を縦軸にとって米子の例を図2に示す。その推定精度は、実測 K_D 、 K_S を従属変数、計算値を独立変数として単回帰分析をしたときの決定係数と標準誤差で表3示す。

なお、(1) 式を用いて K_T から K_D を求めるのに、次のような計算方法を採用した。

① $K_D = K_T$ を仮定し、② $P = K_D / K_T$ 、 $Q = K_D + A \cdot K_D^B \cdot (1 - K_D)^C$ を計算する。③ $|P - Q| < 0.001$ ならば K_D と $K_S = K_T - K_D$ を、求める推定値とする。④ そうでないときは $K_D = Q \cdot K_T$ として P, Q を再度計算し、 $|P - Q| < 0.001$ となるまでこの計算を繰り返す。希に推定途中の $K_D > 1$ となるときがあるが、その場合は $K_D = K_T$ として計算を打ち切る。

この方法によって時間水平面全天日射量が、直達日射量、散乱日射量に分離される。

[参考文献]

- 1) 渡辺俊行・浦野良美・林 徹夫：水平面全天日射量の直散分離と傾斜面日射量の推定，建築論集，N0.330，pp.96 - 108, 1983
- 2) 角屋睦・永井明博：流出解析法（その12） - タンクモデルとSP法による最適同定 -，農土誌48(12)，pp.935 - 943, 1980
- 3) 紙井泰典・近森邦英・丸山利輔：時間全天日射量からの散乱日射量の推定，農土論集，投稿中

表2 各測定官署ごとの係数の同定結果

地点名	A_0	A_1	B	C	R^2	s	n
札幌	0.712	-0.186	0.627	0.599	0.972	0.0483	11,631
根室	0.651	-0.132	0.683	0.610	0.983	0.0392	10,533
秋田	0.626	-0.152	0.625	0.473	0.988	0.0324	10,440
宮古	0.633	-0.119	0.610	0.576	0.983	0.0364	10,754
輪島	0.649	-0.191	0.583	0.437	0.970	0.0495	10,483
松本	0.670	-0.170	0.611	0.573	0.959	0.0589	11,988
館野	0.786	-0.280	0.657	0.716	0.986	0.0321	8,724
米子	0.645	-0.125	0.606	0.535	0.987	0.0324	11,012
瀬戸	0.784	-0.282	0.650	0.555	0.989	0.0324	12,637
福岡	0.689	-0.182	0.590	0.523	0.931	0.0758	12,075
鹿児島	0.689	-0.179	0.613	0.588	0.985	0.0521	12,087
清水	0.606	-0.832	0.616	0.583	0.988	0.0313	11,209
石垣島	0.662	-0.187	0.590	0.364	0.980	0.0421	11,732
那覇	0.652	-0.105	0.608	0.592	0.983	0.0343	12,080

(注) 同定用データは館野（1981 - 1984 年）以外は 1985 - 1988 年。

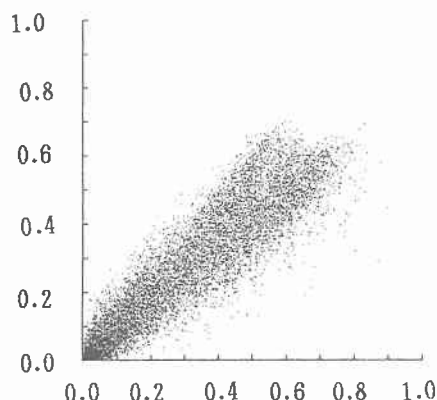
図2 K_D / K_T とその推定値との関係 (米子, 1989 - 1993 年)

表3 全国の係数と各地区ごとの係数による検証結果

地点名	全国係数の K_D			全国係数の K_S		地区係数の K_D		地区係数の K_S	
	R^2	s	n	R^2	s	R^2	s	R^2	s
札幌	0.868	0.0726	15,814	0.411	0.0789	0.866	0.0730	0.400	0.0797
根室	0.923	0.0808	15,831	0.504	0.0757	0.923	0.0611	0.593	0.0686
秋田	0.934	0.0521	16,008	0.640	0.0633	0.931	0.0532	0.647	0.0627
宮古	0.914	0.0621	15,949	0.571	0.0667	0.914	0.0620	0.596	0.0647
輪島	0.943	0.0464	16,088	0.708	0.0535	0.923	0.0550	0.688	0.0571
松本	0.941	0.0530	16,045	0.558	0.0626	0.941	0.0528	0.586	0.0606
館野	0.950	0.0460	16,091	0.732	0.0508	0.951	0.0457	0.777	0.0464
米子	0.912	0.0571	16,034	0.575	0.0652	0.913	0.0568	0.559	0.0664
瀬戸	0.940	0.0546	16,110	0.666	0.0571	0.943	0.0531	0.655	0.0580
福岡	0.924	0.0516	16,191	0.635	0.0602	0.925	0.0514	0.578	0.0647
鹿児島	0.906	0.0621	16,210	0.583	0.0671	0.904	0.0624	0.587	0.0667
清水	0.946	0.0506	16,119	0.579	0.0656	0.946	0.0505	0.639	0.0608
石垣島	0.897	0.0644	16,210	0.500	0.0675	0.887	0.0673	0.519	0.0662
那覇	0.882	0.0623	16,223	0.544	0.0596	0.893	0.0593	0.573	0.0577

(注) 検証用データは 1989 - 1993 年の 14 官署の時間全天日射量・直達日射量データ。

$K_S = K_T - K_D$ として算出。