

日照率におよぼす地形地物の*

影響を補正する方法

吉 田 作 松**

要 旨

日出・日没の方角に地形障害があると、日照率の値には一般性がなくなる。その原因は、まず、天文可照時間と実際の可照時間が異なるからである。そこで実際の可照時間を用いた日照率を算出すると、今度は、かりに雲の分布が同じでも、太陽の高度によってその日照率が相違するという現象がある。これらの関係を、モデル考察ならびに日照時間観測値の解析によって求め、日出・日没時の太陽高度と時刻を算出しておけば、地形障害の影響を完全に補正することができる方法を得た。

1. はしがき

日照率を算出する場合、気象庁の地上気象観測法では、観測された日照時間を天文可照時間で除することになっている。この場合、日出・日没の方角に地形地物があっても、その高度角が 3° 以下であれば、日照率に対する影響は全くないとみてよい。ジョルダン日照計もバイメタル日照計(農業気象観測所で使用されている)も、太陽高度がすくなくとも 3° 以上にならないと、記録しないからである(吉田, 1968 a)。しかし、地形地物の高度角がもっと大きくなれば、日照率が見かけ上小さく算出されることは明らかである。

地形地物の高度角が、日照率に影響する地点において

- S_0^* : 天文可照時間
- S_0 : 実際の可照時間
- S : 実際に観測される日照時間
- S^* : かりに地形地物を取り除いたとすると観測されるはずの日照時間

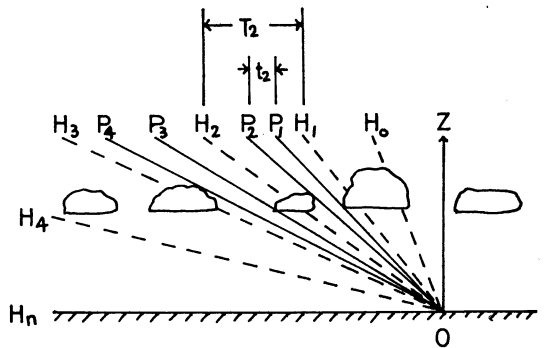
とすると、上にのべたことは、 $S^*/S_0^* > S/S_0^*$ ということである。各地の日照率を比較するのに、これでは不都合なので、すでに報告したように(吉田, 1968 a)、東北地方では246の日照計設置点について S_0 を測定した。それでは、これによって算出される S/S_0 は、地形の影響が全くない日照率、すなわち S^*/S_0^* に等しいと見なせるであろうか。

雲が全天に等間隔に分布していても、空の各部分ごとの雲量を目測すると、天頂に近い部分では少なく、地平線に近い部分では多い。これは、雲に厚さがあるからである(荒井・渡辺, 1960)。これと同じ現象が日照時間にもあり、太陽が水平に動くとき、つまり南中時刻には、日照時間に影響するのは、雲の幅だけであるが、太陽高度がどんどん変化している時間には、その厚さも、日照時間に影響する。そして、雲が全天に等間隔に分布していても、太陽高度が低いほど、1時間当りの日照時間が少ないはずである。つまり、 $S/S_0 > S^*/S_0^*$ のはずである。

この報告では、月平均値について、 S/S_0 を補正して S^*/S_0^* を得る方法をのべる。

2. 日出・日没時の太陽高度と日照率との関係(モデルによる考察)

2. 1 同じ大きさの雲が等間隔に分布している場合
観測地点から見た太陽の経路に沿って雲が第1図のよ



第1図 太陽高度ごとの日照率を計算する方法。

* A Method to correct the Topographic Effect on Percentage of Possible Sunshine.

** S. Yoshida 気象庁統計課(前仙台管区気象台)
—1969年11月18日受理—
—1970年1月12日改稿受理—

第1表 全天が上層雲または中層雲におおわれたとき、日照計が記録し始める、または記録し終わる時刻と太陽高度の例。“日照計記録”の欄の()内に、その時刻と高度を示す。1965年、仙台。

時刻(JMT)		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
5月7日	天気						☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	
	全雲量						10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	雲量雲形						2 st 10 cs	3 st 10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	0 ⁻ sc 10 cs	0 ⁻ cu 10 cs	1 cu 10 cs
	日照計記録	バイメタル ジョルダン		終(14.5h, 46°)												
5月14日	天気	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉					
	全雲量	10 ⁻	10	10	10	10	10	10	10 ⁻	10 ⁻	10					
	雲量雲形	10 ⁻ cs	10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	10 cs	7 cs 3 ci	10 ⁻ cs	10 cs					
	日照計記録	バイメタル ジョルダン		始(7.3h, 33°) 終(9.9h, 62°)												
7月7日	天気	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	
	全雲量	9	10	10	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	
	雲量雲形	4 cu 9 Ac	10 Ac	10 Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	1 cu 10 ⁻ Ac	1 cu 10 ⁻ Ac	
	日照計記録	バイメタル ジョルダン		始(8.5h, 47°) 終(17.4h, 17°)												
7月28日	天気	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	
	全雲量	10 ⁻	10	10	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	10 ⁻	
	雲量雲形	1 sc 10 ⁻ Ac	10 Ac	10 Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	10 ⁻ Ac	1 cu 10 ⁻ Ac	1 cu 10 ⁻ Ac	1 cu 10 ⁻ Ac	2 cu 10 ⁻ Ac	3 cu 10 ⁻ Ac	
	日照計記録	バイメタル ジョルダン		始(9.1h, 51°) 終(14.0h, 55°) 始(10.6h, 67°) 終(12.7h, 67°)												

うに分布しているとしよう。任意の間隔にとった太陽の位置を H_0, H_1, \dots, H_n とし、太陽が H_0 から H_1 に移動するに要する時間を T_1 、 H_1 から H_2 に移動するに要する時間を T_2, \dots とする。また、 T_1 の間に陽がさした時間を t_1 (第1図では0時間)、 T_2 の間にさした時間を t_2 (第1図では P_1 から P_2 まで太陽が移動する時間)、……とすると、

$$H_{i-1} \sim H_i \text{ の間の日照率} = t_i / T_i \quad (1)$$

$$H_0 \sim H_n \text{ の間の日照率} = \sum_{i=1}^n t_i / \sum_{i=1}^n T_i \quad (2)$$

赤緯(つまり日付)と緯度がきまれば、 H_i と P_i の太陽高度の時刻は、計算により、または太陽方位高度図(吉田, 1966)から求めることができる。(1)式は、太陽高度帯ごと、または1時間ごとの日照率を求めるのに用いられ、(2)式は、日出・日没時の太陽位置を H_n 、南中時の太陽位置を H_0 とすれば、1日の日照率を表わす。

観測地点から見た、太陽の運行経路に沿って、第2図のような雲の分布が1日中つづき、移動する場合、日出・日没時の太陽高度と日照率(S/S_0)との関係を、(2)式を用いて計算し、第4図に示す(ただし、ここに

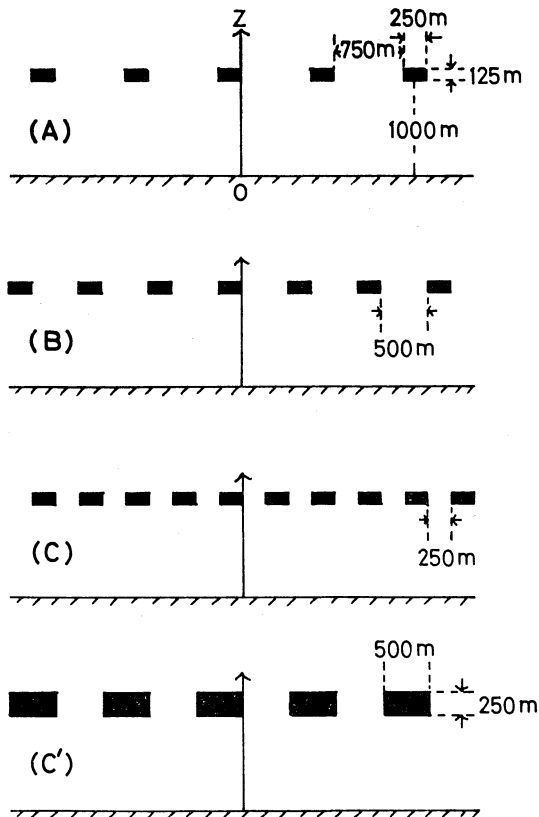
計算例として、厚さと幅の比が1/2である雲をとりあげたことには、格別の根拠はない)。

第4図によれば、日出・日没時の太陽高度が高いほど S/S_0 が大きくなる傾向は、(A) ~ (C') のすべての場合に共通である。このモデル雲の場合、厚さと幅の比が1/2であるが、もしこれが1/3, 1/4, ……のように、もっとうすい雲の場合には、日出・日没時の太陽高度の変化に伴う S/S_0 の変化がもっと小さくなる。そして雲の厚さが0(ただし太陽の直射光は通さないとする)と見なせるほどうすいならば、 S/S_0 は、太陽高度に関係なく一定で、絶対的雲量、つまり雲の分布密度だけに関係する。たとえば、厚さが0で、分布間隔が第2図と同一の雲があったとすれば、 S/S_0 は、(A)のとき75%、(B)のとき67%、(C)と(C')のとき50%である。

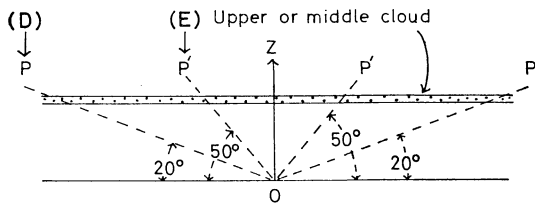
2.2 全天に一樣にうすい雲がひろがっている場合

太陽が雲にさえぎられている場合、ジョルダン日照計は、上層雲ならば、太陽高度が10° くらいでも記録することがしばしばある。しかし、中層雲ならば、30° 以下で記録することはまれである(吉田, 1968b)。

これがバイメタル日照計ではどうであるか、を知りたいのであるが、バイメタル日照計は散乱光も受光するの



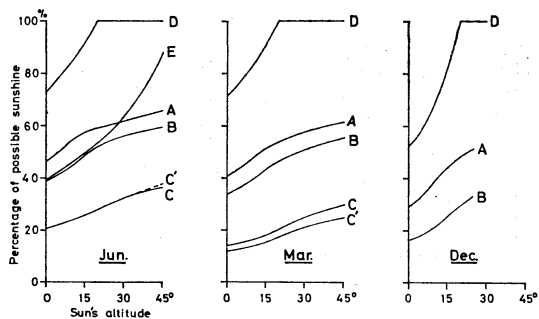
第2図 雲の分布のモデル (直達光を通さない雲)



第3図 雲の分布のモデル (うすい雲が全天に一樣にひろがっている場合。PとP'は、日照計が記録する限界の太陽位置)。

で、全天が完全に一樣な雲におおわれた場合を調べなければならない。上層雲または中層雲で、長い時間このような状態にあることはまれであるが、4例を第1表に示す。両日照計とも、太陽高度が低くなると記録しなくなり、限界の高度は、パイメタル日照計の方が低い。

うすい雲が全天に一樣にひろがっており、日照計が記録する限界の太陽高度が20°および50°であるとき(第



第4図 日出・日没時の太陽高度と日照率(S/S_0)の関係(モデルによる計算結果)。緯度=38°。A~Eは、第2図と第3図に対応する。

3図)の、日出・日没時の太陽高度と日照率(S/S_0)との関係を、(2)式を用いて計算し、第4図にあわせ示す。

第4図によれば、いずれの場合にも、日出・日没時の太陽高度が高いほど S/S_0 が大きい(太陽高度0°に対する S/S_0 が、とりもなおさず S^*/S_0^* である)。月平均では、第3図に相当する日数は、第2図のような場合に比べて、はるかに少ないから、実際に観測される関係は、第4図の(A)~(C')に似たものになることが想像される。

3. 日出・日没時の太陽高度と日照率との関係(実測結果)

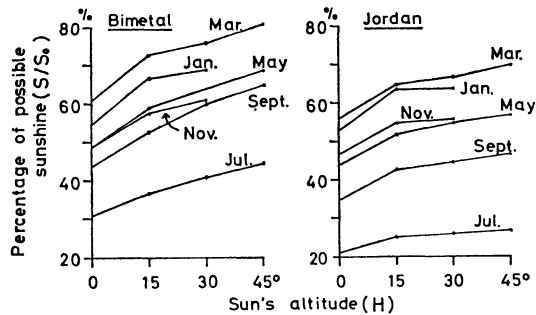
3.1 資料

資料として、仙台(緯度=38°16')における1964年12月~1965年11月の、ジョルダンおよびパイメタル日照計の自記記録が用いられた(時刻を正確に読みとるため、この期間、パイメタル日照計は1日巻自記記録がとられた)。

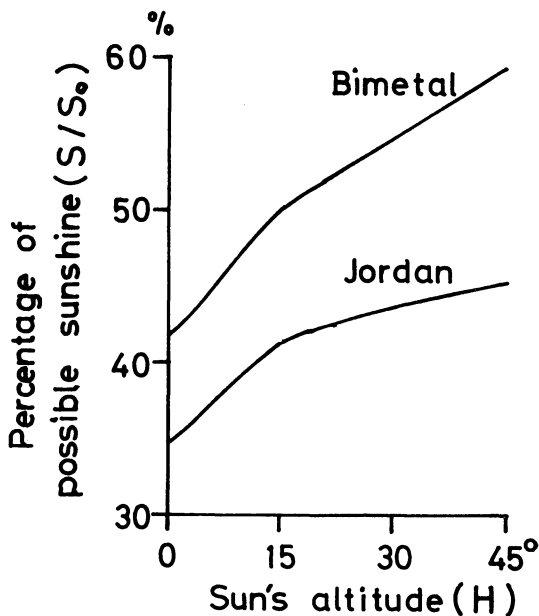
まず、太陽高度15°、30°、45°に相当する時刻を自記紙に目盛りし、0~15°、15~30°、30~45°、45°以上の、それぞれの時間内の日照時間を読みとる。つぎに、(2)式と同じ方法で、各太陽高度に対する S/S_0 を計算する。

3.2 結果

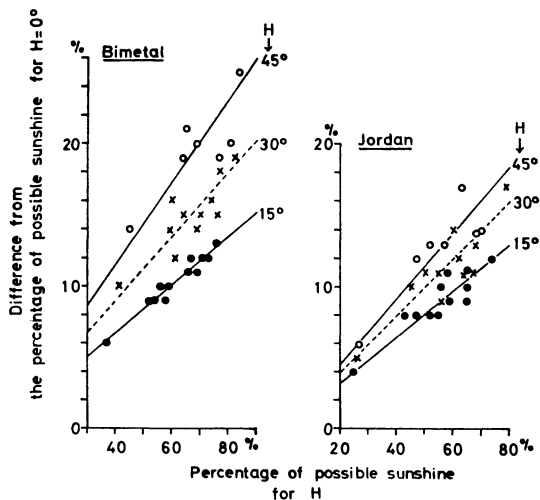
日出・日没時の太陽高度と S/S_0 の関係の例を、第5図に示す。図で、1月と11月に太陽高度45°の分がないのは、第4図の12月と同様、このころに太陽高度が45°に達しないからである。また、パイメタルの方がジョルダンより S/S_0 が大きいのは、両日照計の原理が異なる



第5図 日出・日没時の太陽高度と日照率 (S/S_0) の関係 (実測資料による結果). 1965年, 仙台.



第7図 5~7月の平均の H と S/S_0 の関係. 仙台.



第6図 日出・日没時の太陽高度 (H) に対する日照率 (S/S_0) と, $H=0^\circ$ に対する日照率 (S^*/S_0^*) との差の関係.

ためである (吉田, 1968 b).

太陽高度が高いほど S/S_0 が大きいことは, 各月とも共通しており, その増加傾向は, モデルから計算した第4図の (A) ~ (C') に, きわめてよく似ている (ただし, 第5図の各月の S/S_0 の絶対値は, 月平均雲量に相応して, 大小を示している).

いま, 近似的に, S_0/S_0^* と S/S^* が比例し, 比例定数は, 日出・日没時の太陽高度の関数であるとすると

$$\frac{S_0}{S_0^*} = f(H) \cdot \frac{S}{S^*}$$

$f(H)$: 比例定数

H: 日出・日没時の太陽高度

これから

$$\Delta\left(\frac{S}{S_0}\right) = \frac{S}{S_0} - \frac{S^*}{S_0^*} = (1 - f(H)) \cdot \frac{S}{S_0} \quad (3)$$

第5図と同じ資料 (ただし1月から12月まで毎月) を用いて, S/S_0 と $\Delta(S/S_0)$ との関係を示したのが, 第6図である.

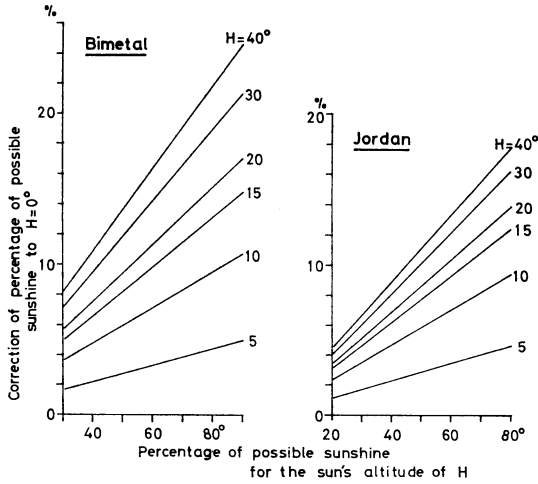
図によれば, $\Delta(S/S_0)$ は, Hが高いほど, また S/S_0 が大きいほど, 大きい. なお, 同一の H でも, 季節, すなわち赤緯によって, S/S_0 と $\Delta(S/S_0)$ の関係がいくらか相違する可能性があるが, 資料のうえでは, 季節による差は認められなかった.

第6図は, S/S_0 と H から $\Delta(S/S_0)$ が得られ, したがって, S^*/S_0^* が推定されうることを意味する.

4. 日照率の補正

農業気象観測所はいろいろの地点に設置されており, 地形地物の影響を大きく受けるところもある. たとえば, 東北地方における246の日照観測地点のうち, 日出・日没時の太陽高度が 10° 以下が200地点, $11 \sim 20^\circ$ が38地点, 21° 以上が8地点である. したがって, 第6図を, 日照率補正の実際作業に便利にする必要がある.

そのために, まず, 南中時の太陽高度が高い5~7月の平均の, H と S/S_0 との関係を特に詳しく求め(第7



第8図 日出・日没時の太陽高度がHであるときの日照率(S^*/S_0)から、 $H=0^\circ$ であるときの日照率(S^*/S_0^*)を推定するための補正值を求める図。

図), これから $H=5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 40^\circ$ に対する S/S_0 を読みとり, それらを第6図にプロットする。つぎに, すでにひかれている $H=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ に対する直線を参照しながら, すべての直線が座標の原点をとるようにして, いろいろの H について, S/S_0 と $\Delta(S/S_0)$ との関係を描いたのが, 第8図である。

$S^*/S_0^* = S/S_0 - \Delta(S/S_0)$ であるから, $\Delta(S/S_0)$ は補正值ということになる。たとえば, $H=20^\circ$ の地点で, バイメタル日照計による S/S_0 が60%と算出されたときは, これから補正值12%を差引いた48%が, 地形の影響を除いた日照率である。もしも, 日出時と日没時の太陽高度が等しくないときには, それぞれについて第8図を用いて補正值を求め, 平均すればよい。

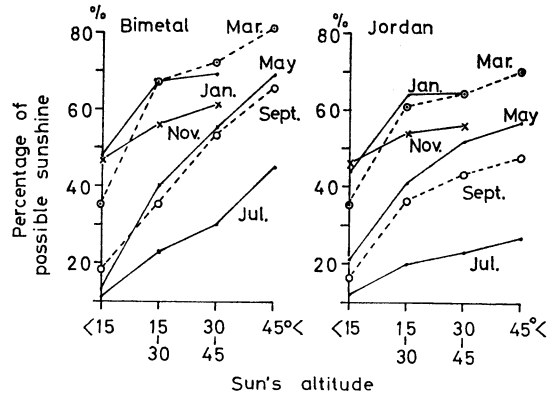
以上のべたような日照率の補正方法の考え方は, 観測地点の周辺の地形地物を, 仮想的に除去することに相当する。しかし, 地形(山など)によってできる雲はそのまま残すから, 地形性の天気特性を失うことにはならない。

なお, 第2節のモデル考察において, 試みに緯度を 3° くらい変えても, 第4図の関係曲線にはほとんど変化がなかった。したがって, 仙台の資料にもとづいて作成した第8図は, 東北地方全域に適用できると考えられる。

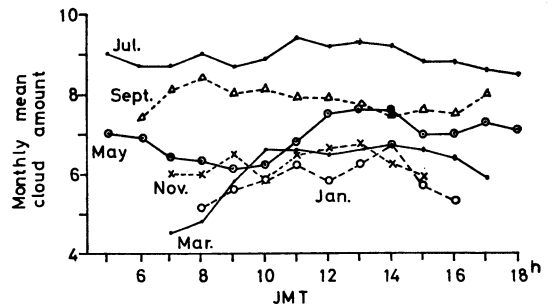
5. 太陽高度帯ごとの日照率

昆・新関・池田(1966)は, 3時間ごとの等日照率線

1970年2月



第9図 太陽高度帯ごとの日照率。仙台。



第10図 屋間における雲量の日変化。1965年, 仙台。

を描き, 北東気流型の日における岩手県内の日照率分布の日変化を調べた。この方法は, 地域気象の研究に有効であり, 今後大いに用いるべきであると思われるが, 日照率を, 天気または雲量に対応するものとみなす限り, つぎの点に注意しなければならない。

第9図は, 第5図と同じ資料を用いて, 太陽高度 15° 以下, $15\sim30^\circ, 30\sim45^\circ, 45^\circ$ 以上の, それぞれに対する日照率を示す。ただし, この場合には, 15° 以下というのは, 日照計が記録可能な太陽高度として, 日出のとき, バイメタルは 5° , ジョルダンは 3° , 日没のとき, バイメタルは 5° , ジョルダンは 6° をとり, これらの高度から 15° までの時間を可照時間として用いたものである(吉田, 1968 a)。

図からわかるように, 雲の状況に変化がなくても, 太陽高度帯ごとの日照率は大幅に変化する。太陽高度が低いほど, 日照率は小さく算出され, たとえば, 太陽高度 45° 以上に比べて, 15° 以下のときは半分以下である。したがって, 日照率の日変化を, そのまま天気の日変化とみなすわけにはいかない。

念のために、仙台における昼間（日出直後の正時から日没直前の正時まで）の雲量の日変化を第10図に示す。太陽高度が低い朝夕に雲量が多い、という事実はない。

6. あとがき

地形地物の影響を受ける地点の日照率を、全くそのような影響のない日照率に補正する方法をのべた。この方法が利用されるためには、日照計設置地点において、必ず、日出・日没時の太陽高度とその時刻が、季節別に算出されることが望まれる。

文 献

- 荒井隆夫・渡辺次男, 1960: 天気学, 技報堂, 28~30.
- 昆 幸雄・新関競三・池田誠也, 1966: 北高型における岩手県の風と天気について, (研究時報22巻3号に掲載予定)
- 吉田作松, 1966: 太陽方位高度図について, 東北技術だより(仙台管区気象台) No. 31, 37~40.
- 吉田作松, 1968 a: 可照時間について, 天気, 15, 255~258.
- 吉田作松, 1968 b: バイメタル日照計による観測値の性質—ジョルダン日照計との相違とその原因—研究時報, 20, 6~23.

第15期 第12回常任理事会 議事録

日 時: 昭和45年1月12日 15.00~18.00

場 所: 気象庁予報部会議室

出席者: 山本理事長, 大田, 毛利, 根本, 朝倉, 岸保, 松本, 大井, 神山, 北川, 各常任理事

議 題

議決事項:

1. 地区研究のあり方, 学会のあり方, 学会のあり方と将来の希望(九州大会における座談会)の取り扱いについて

座談会の記事を天気に掲載する。それに基づいてさらに内容を検討する。

2. 学会奨励賞(仮称)について
賞は設ける方向とし, 検討委員会の意見を考慮し再検討する。名称についても検討すること。

3. 学会参加費について

会場費として徴収する。したがって気象庁で行なうときには徴収しない。

4. 故正野教授記念論文集刊行について
刊行準備委員会を設ける。委員に窪田正八・河村武各会員, 岸保・須田両理事を委嘱し, 刊行計画案を作成してもらう。担当理事は岸保氏とする。

6. 45年度秋季大会開催期日について
10月27日(火)~29日(木)を予定し, 関西支部に連絡する。

7. その他
45年度総会大会開催期日について
担当の東管と打ち合わせた結果に基づき, 5月26日(火)~28日(木)を予定する。

承認事項:

Douglas A. Addott 外27名の入会を承認する。