



Title	5. 北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成
Author(s)	梶川, 正弘; KAJIKAWA, Masahiro
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 13, 71-98
Issue Date	1965-02-25
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.13.71">https://doi.org/10.14943/gbhu.13.71</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13886">https://hdl.handle.net/2115/13886</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	13_p71-98.pdf



## 5. 北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成

梶川 正 弘

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 39 年 10 月 受理 —

### I. 序 言

撮影された雲の写真から、その位置や水平方向の広がりを解析する場合に、雲の高度を知ることが必要となる。もし、写真上に雲の影が写っている場合には、撮影地点での、その時刻における太陽高度角および方位角がわかれば、それを用いて雲の高度や水平方向の広がりを推定することができる。したがって地球上の任意の地点、日時における太陽高度角および方位角を知ることが必要になってくる。

そのためには、天測暦および天測計算表の利用も可能であるが、その場合には、計算にかなりの熟練と時間を必要とする。しかし、雲の写真解析の場合には、 $0.5^\circ$  以内の精度で充分なので、使用に簡便な計算図を作成し、太平洋上の雲の分布の解析に備えた。

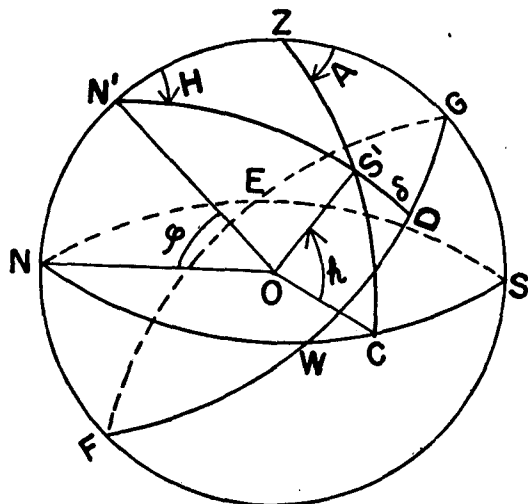
以上の理由から、北半球における任意の緯度、経度、日時をもとにして、太陽高度角および方位角を求める計算図を作成したので若干の使用例とともに報告する。

### II. 計算式および計算方法

第 1 図は中心  $O$  を観測点とし、それを中心とした場合の天球上の座標系を示す図である。 $NWS$  は地平線であり、それぞれ北、西、南の方位とし、また  $FDG$  は天の赤道である。

このような座標系を用いたときには大気による屈折を無視すれば、太陽高度角  $h$  および方位角  $A$  は、次式で表わされる<sup>1), 2)</sup>。

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H$$



第 1 図 座 標 系

Fig. 1. Coordinates

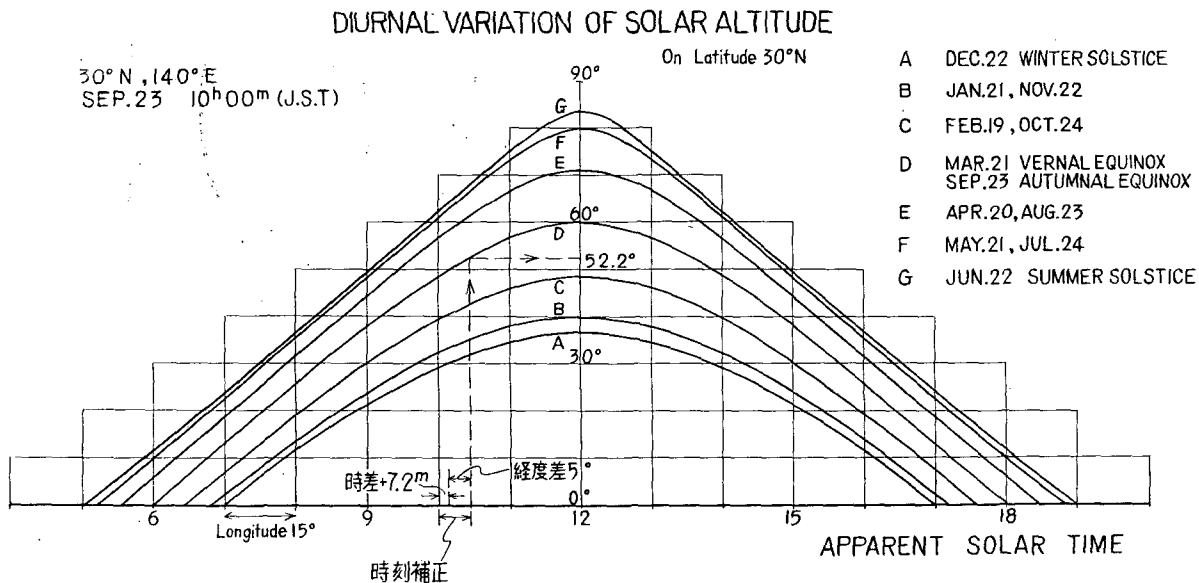
$O$  観測点  $Z$  天頂  $N'$  天の北極  
 $S'$  太陽  $h$  太陽高度角  $A$  太陽方位角  
 $H$  太陽の時角  $\varphi$  観測点緯度  $\delta$  太陽赤緯

1) 渡辺敏夫; 数理天文学, (1959), 恒星社, 124-165.

2) 元吉良治; 札幌における太陽の日周径路と直達日射量の計算, 農業物理研究, 第 2 輯 (昭和 27 年), 5-8.

$$\cos A = \frac{\cos \delta \cdot \sin H}{\cos h}$$

これらの式に各時季(およそ1カ月おき)によって定まる太陽赤緯 $\delta$ の値を代入し、 $20^\circ\text{N}$ より $65^\circ\text{N}$ まで各 $5^\circ$ おきの緯度についての太陽高度角 $h$ および方位角 $A$ が計算され、その結果20枚の日変化曲線が得られた。



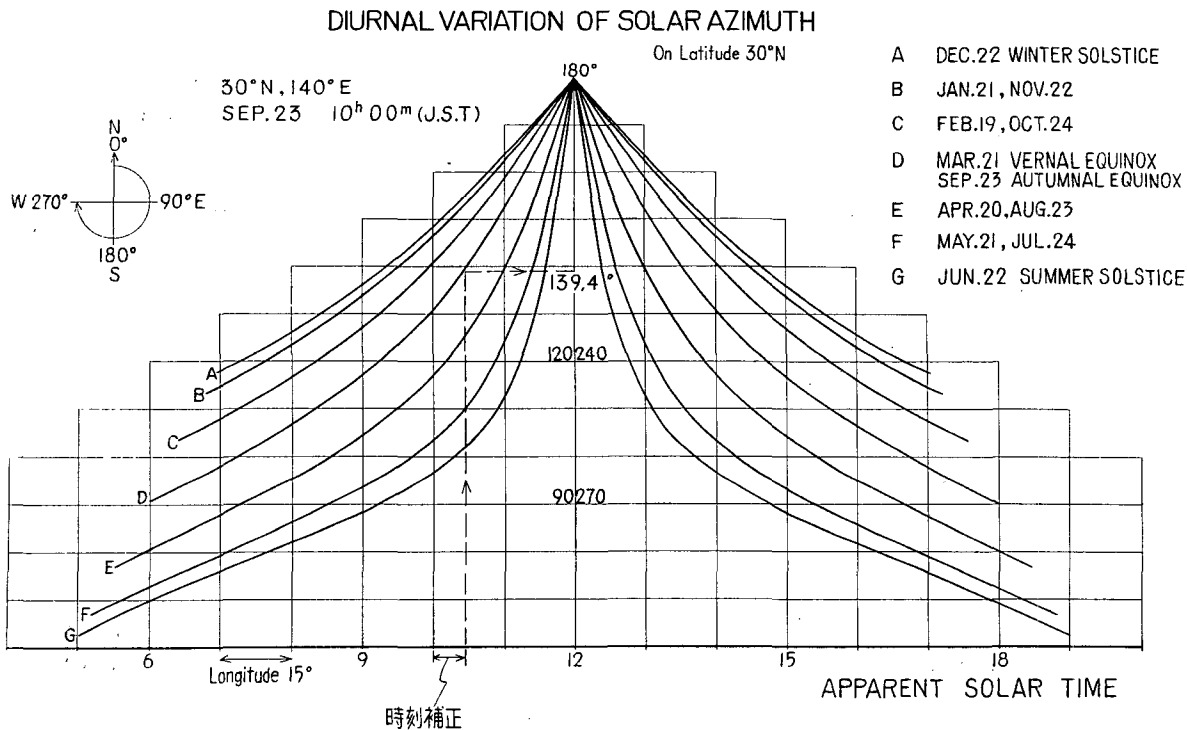
第2図  $30^\circ\text{N}, 140^\circ\text{E}$ , 9月23日, 10時00分(J.S.T)における太陽高度角の計算  
Fig. 2. Calculation of solar altitude for 1000 JST, 23 September on  $30^\circ\text{N}, 140^\circ\text{E}$ .

なお、実際の計算は電子計算機を用いて行なった。

### III. 計算図の使用法

#### 1. 30°N, 140°E, 9月23日, 10時00分(J.S.T)の場合

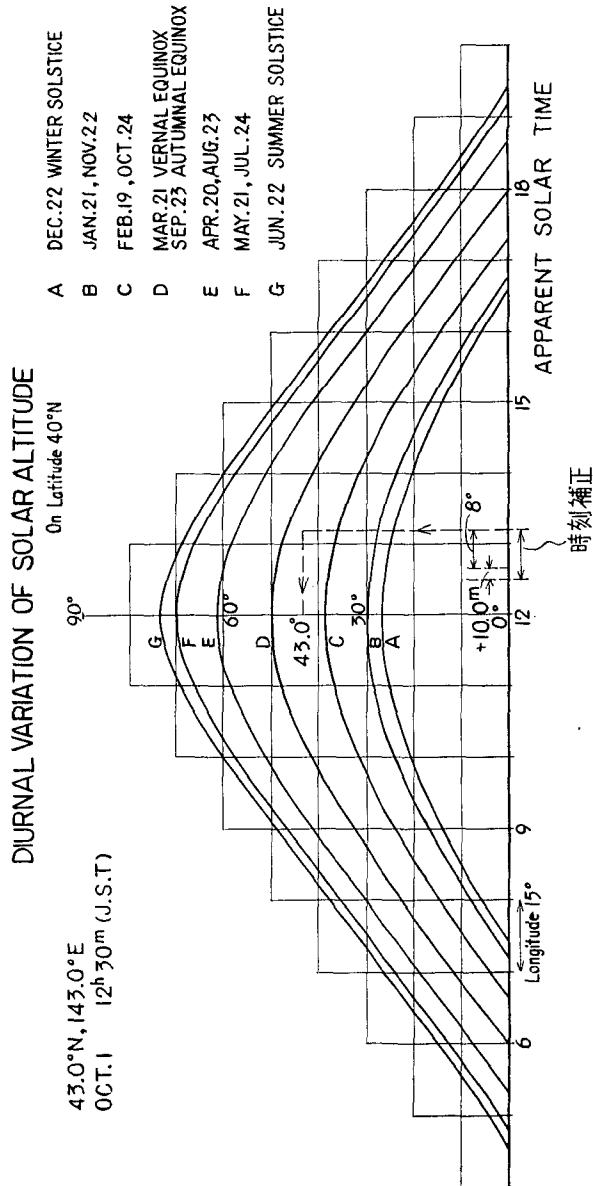
計算図において、時刻はすべて視太陽時を用いてあるので、標準時における数値を知るためには、時差(=視太陽時-平均太陽時)と経度差(=観測点の経度-地方標準時の経度)に対す



第3図 30°N, 140°E, 9月23日, 10時00分(J.S.T)における太陽方位角の計算  
Fig. 3. Calculation of solar azimuth for 1000 JST, 23 September on 30°N, 140°E.

る時刻の補正が必要となる。例えば、9月23日における時差は、ほぼ+7.2分(第6図参照)であり、また日本標準時の経度(135°E)との差は、この場合には5°であるから、これらを合わせた時刻補正を施すと、太陽高度角は、30°Nにおける高度角の計算図(第9図(a)参照)を用いて、第2図のようになる。

太陽方位角も、30°Nにおける方位角の計算図(第9図(b)参照)を用いて、同様な時刻補正を施して求められる(第3図)が、視太陽時(横軸)についての午前と午後に対して、縦軸の目盛は各々左側、右側を使用しなければならない。方位角の計算図を使用する場合には、この点を



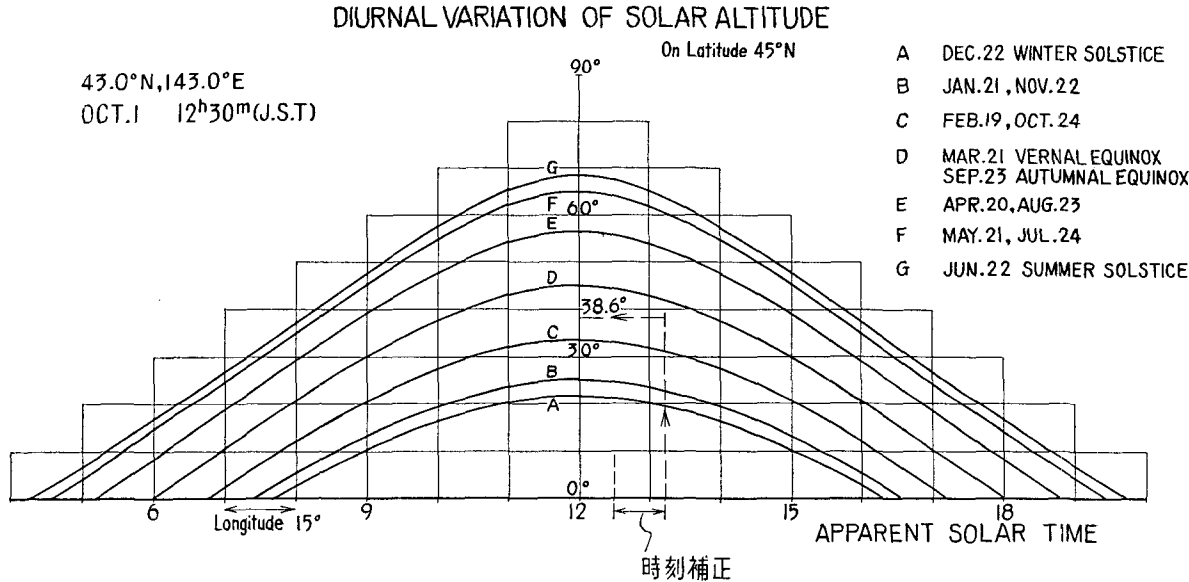
第4図(a) 43°N, 143°E, 10月1日, 12時30分(J.S.T)における太陽高度角の計算, その(1)  
 Fig. 4(a). Calculation of solar altitude for 1230 JST, 1 October on 43°N, 140°E (1).

注意しなければならない。

2. 43°N, 143°E, 10月1日, 12時30分(J.S.T)の場合

この例の場合においては, 太陽高度角は, 40°Nと45°Nにおける高度角の計算図(第11図および第12図(a)参照)を用いて計算される。

すなわち, III.1の場合と同様な方法で時刻補正を施し, 10月24日と9月23日の両曲線より, 内分によって10月1日の値を, 40°Nと45°Nの両図について求め, それらを再び内分して43°Nにおける値が求められる(第4図(a)および(b)参照)。



第4図(b) 43°N, 143°E, 10月1日, 12時30分(J.S.T)における太陽高度角の計算, その(2)

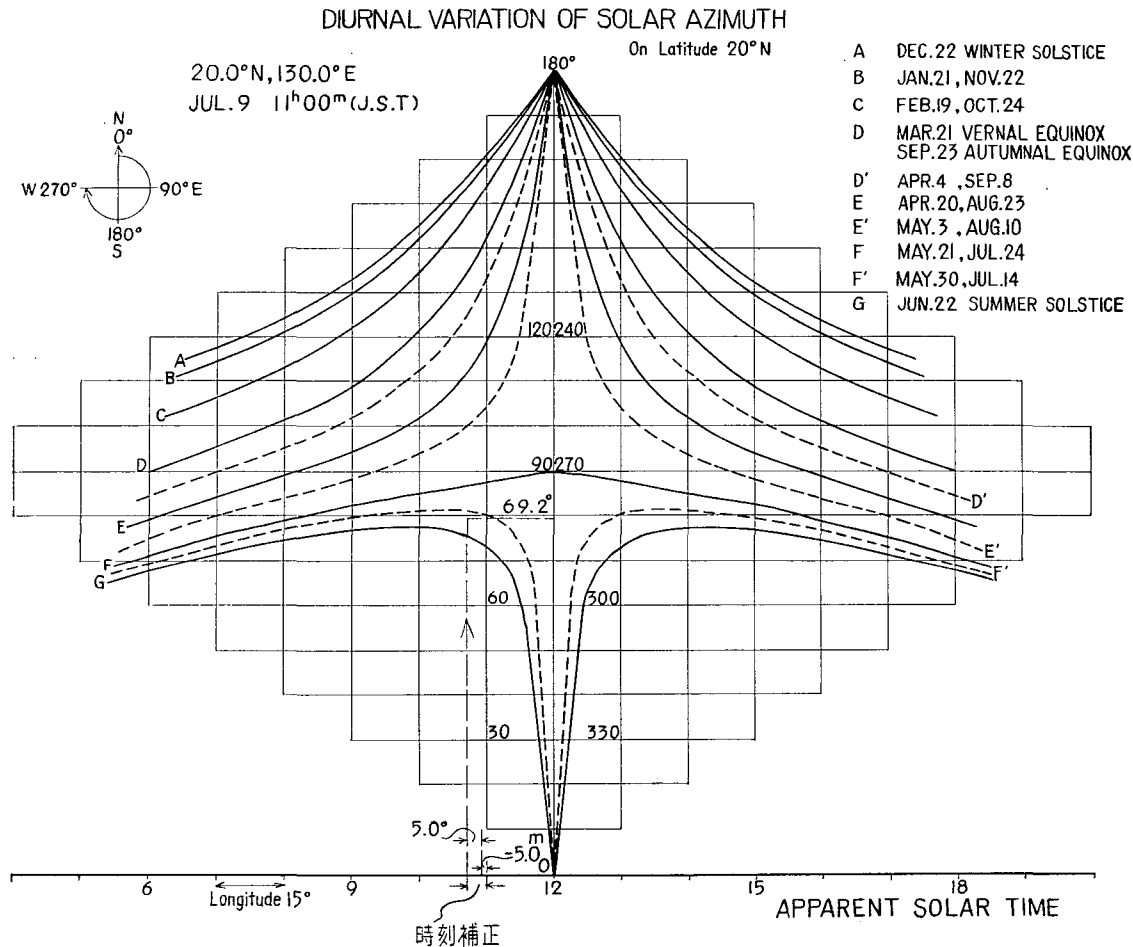
Fig. 4(b). Calculation of solar altitude for 1230 JST, 1 October on 43°N, 140°E (2).

両図から、 $43.0^\circ$  ( $40^\circ\text{N}$ の図より) および  $38.6^\circ$  ( $45^\circ\text{N}$ の図より) という数値が求まり、内分して、この場合の太陽高度角は、 $40.4^\circ$ となる。

また太陽方位角は、同様な内分法によって、 $40^\circ\text{N}$ と $45^\circ\text{N}$ における方位角の計算図を用いて求めることができる。

3.  $20^\circ\text{N}$ ,  $130^\circ\text{E}$ , 7月9日, 11時00分(J.S.T)の場合

$20^\circ\text{N}$ においては、太陽の日間運動の関係から、第5図のように、5月21日より7月24日までのあいだ、太陽方位角は、 $90^\circ(\text{E})\sim 0^\circ(\text{N})\sim 270^\circ(\text{W})$ の間で変化し、他の緯度の場合と少し異



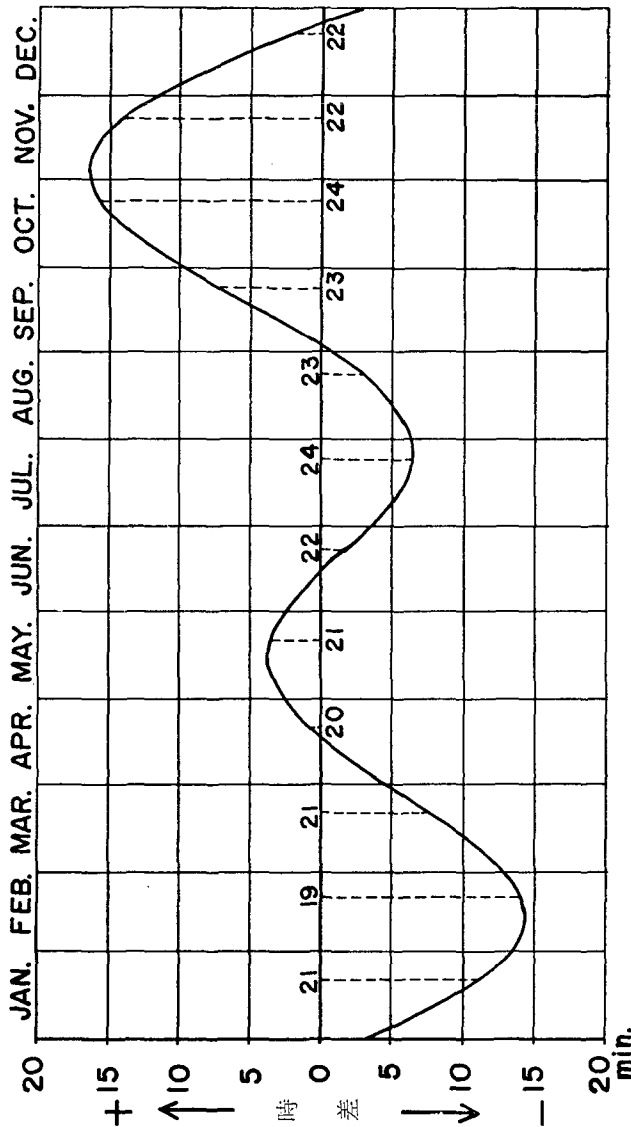
第5図  $20^\circ\text{N}$ ,  $130^\circ\text{E}$ , 7月9日, 11時00分(J.S.T)における太陽方位角の計算  
Fig. 5. Calculation of solar azimuth for 1100 JST, 9 July, on  $20^\circ\text{N}$ ,  $130^\circ\text{E}$ .

なっている。しかし、内分や時刻補正の方法などは、先の例の場合とほぼ同様な方法でよい。

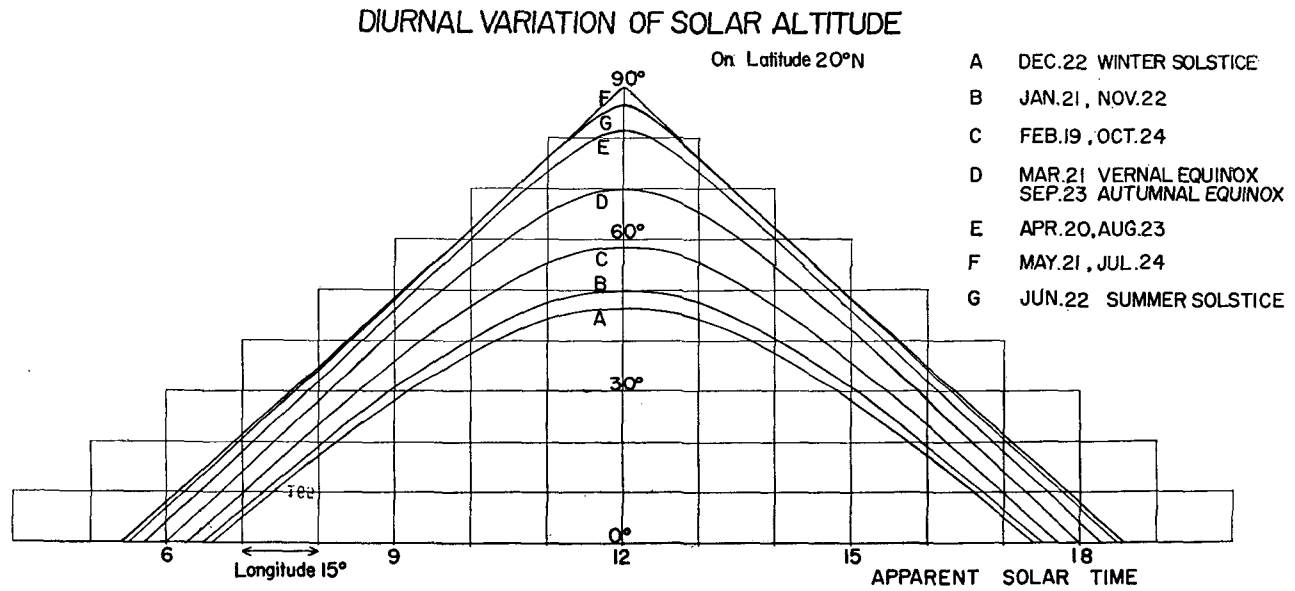
すなわち、この例の場合において、観測点は  $135^{\circ}\text{E}$  よりも東にあるので、時刻補正をするときには、経度差  $5^{\circ}$  に相当する時刻を差し引かなければならない(第5図参照)。また、太陽方位角は先の例の場合と同様な方法で求めることができる。なお、 $20^{\circ}\text{N}$  での太陽方位角の日変化曲線(第7図(b)参照)の図には、内分を容易にするためにいくつかの補助線が画かれている。

#### IV. 計 算 図

以下に、時差の年変化曲線と、任意の地点および日時における太陽高度角と方位角の計算図を示す。



第6図 時差の年変化  
Fig. 6. Annual variation of the equation of time.

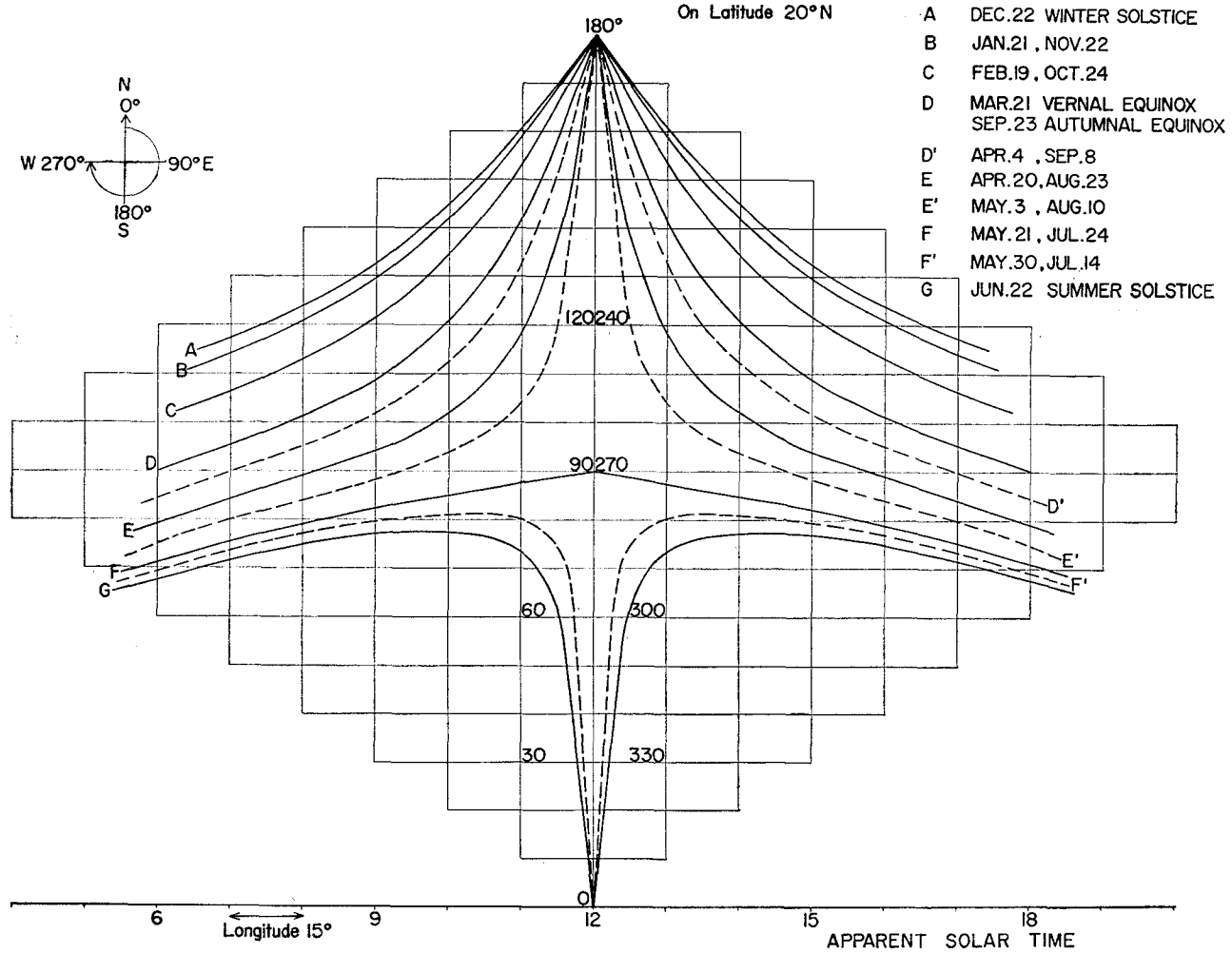


第7図(a) 20°Nにおける太陽高度角の計算図

Fig. 7(a). Calculating diagram of solar altitude on 20°N.

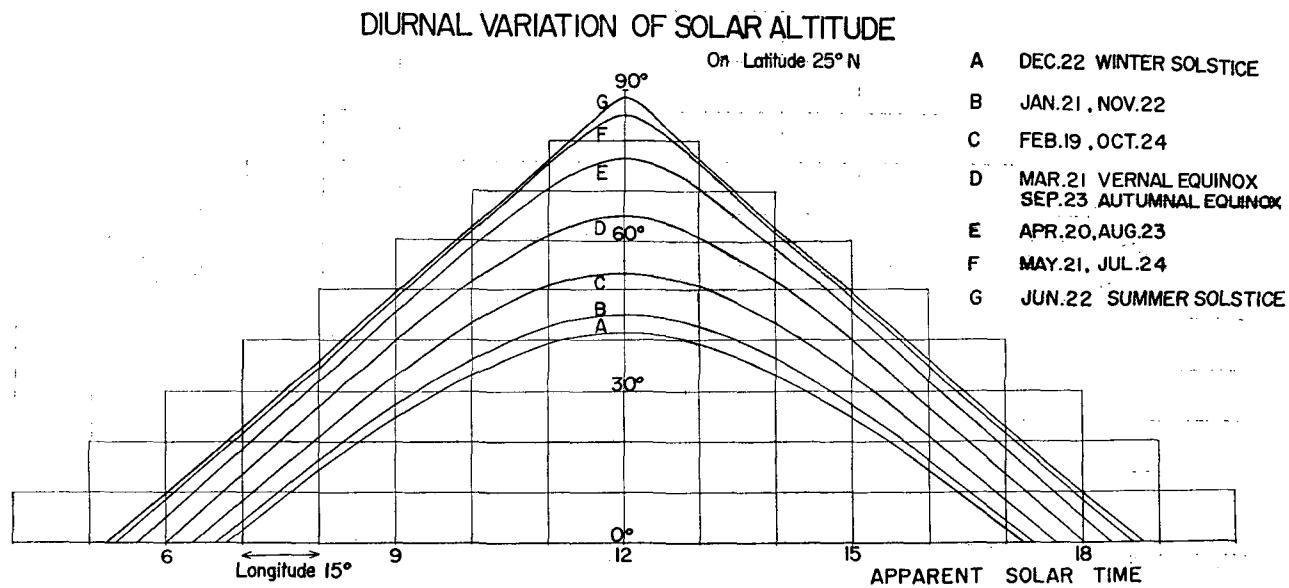
# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

On Latitude 20°N



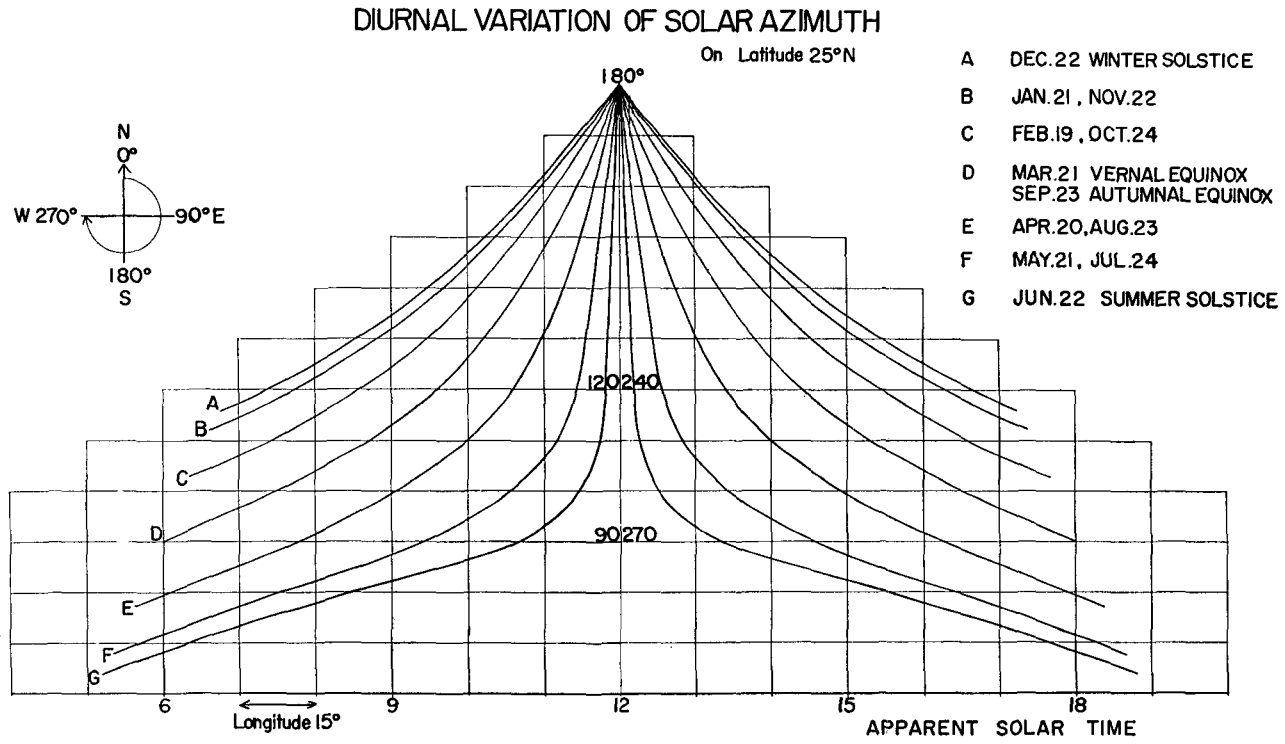
第7図(b) 20°Nにおける太陽方位角の計算図

Fig. 7 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 20°N.



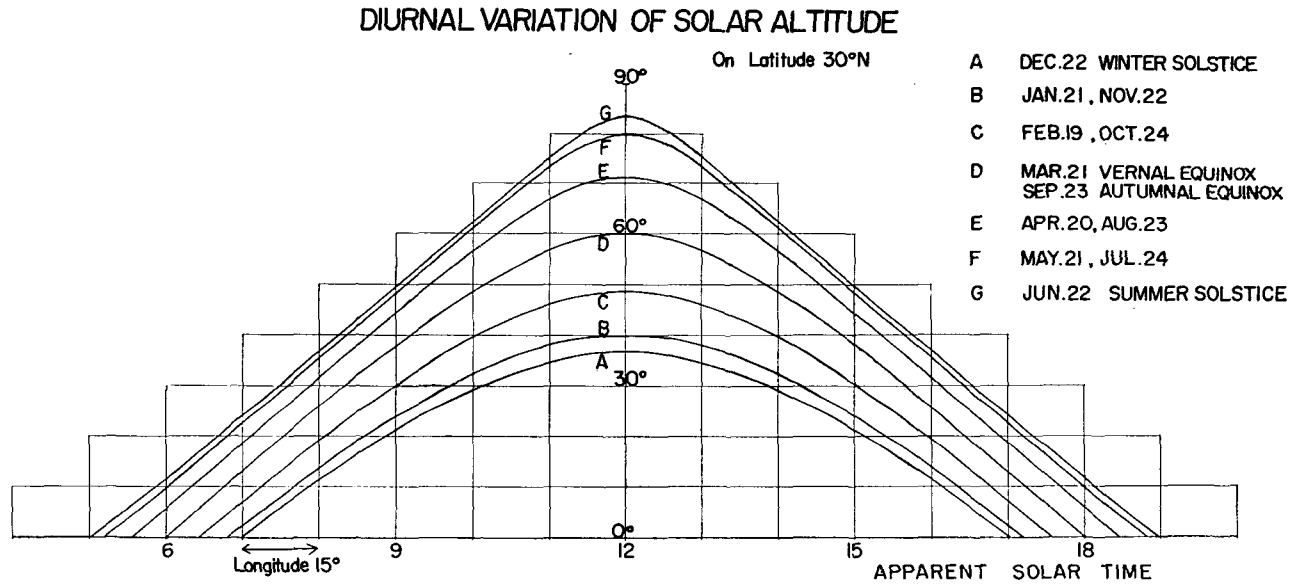
第8図(a) 25°Nにおける太陽高度角の計算図

Fig. 8(a). Calculating diagram of solar altitude on 25°N.

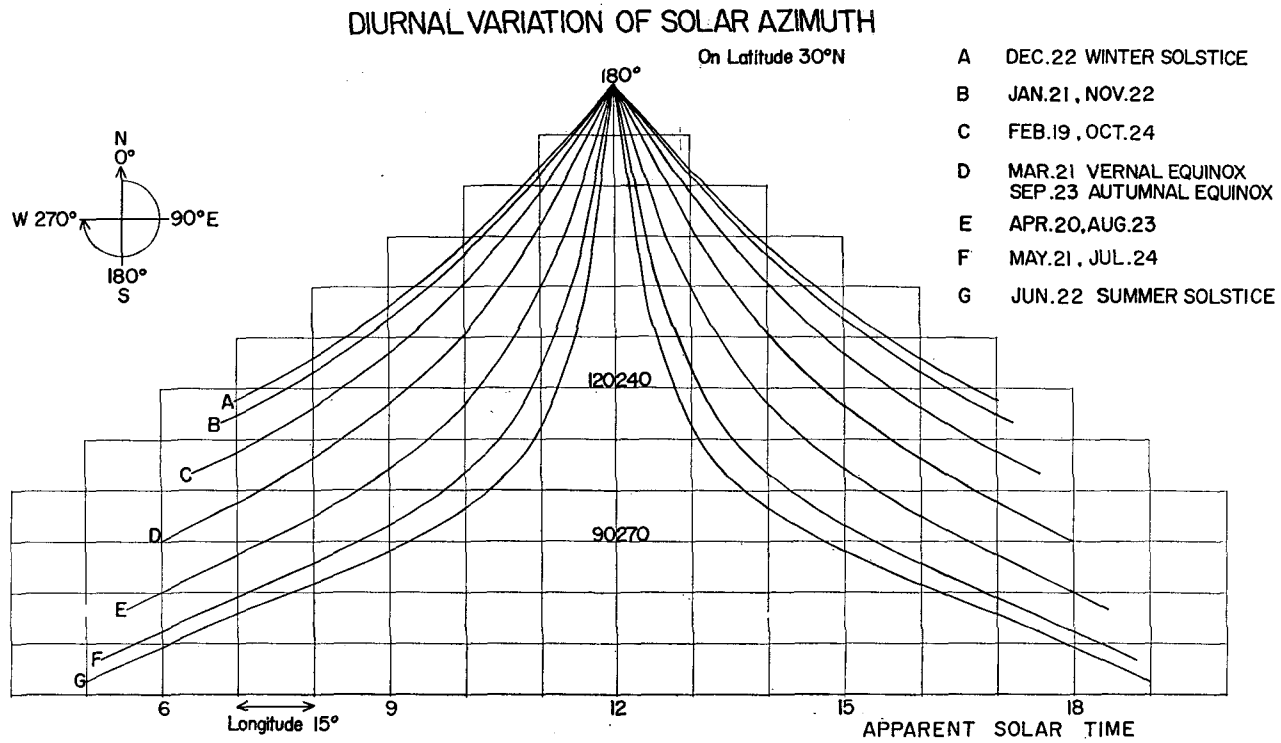


第8図(b) 25°Nにおける太陽方位角の計算図  
 Fig. 8 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 25°N.

北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成

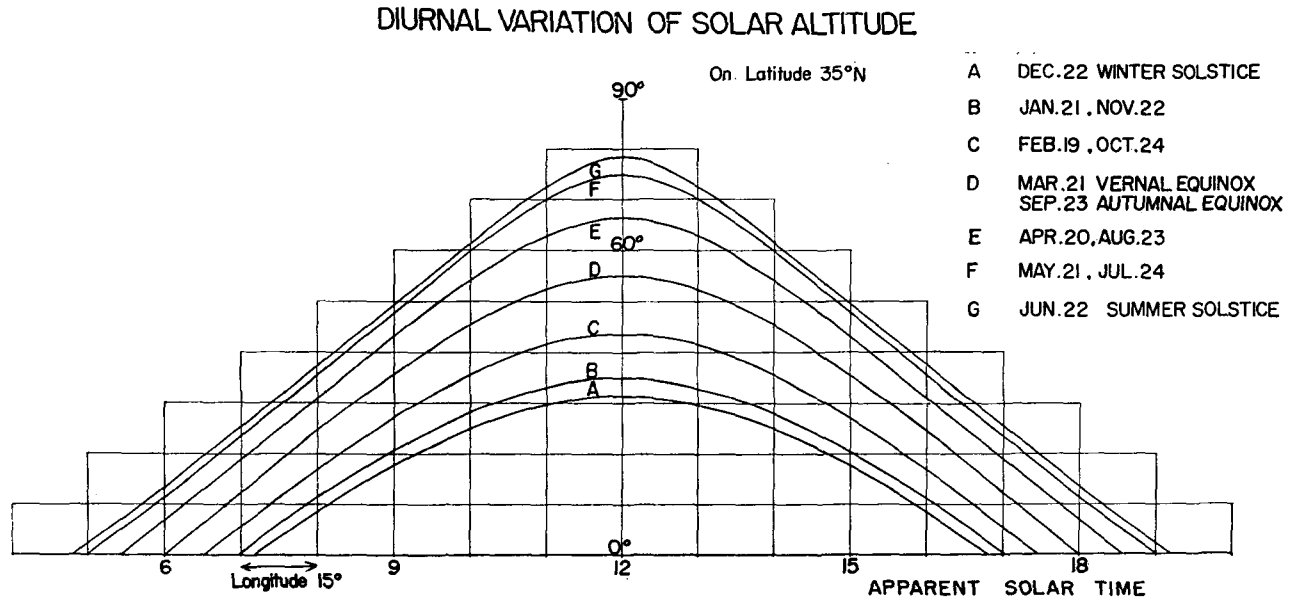


第9図(a)  $30^{\circ}\text{N}$ における太陽高度角の計算図  
Fig. 9(a). Calculating diagram of solar altitude on  $30^{\circ}\text{N}$ .



第9図(b) 30°Nにおける太陽方位角の計算図  
 Fig. 9 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 30°N.

北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成

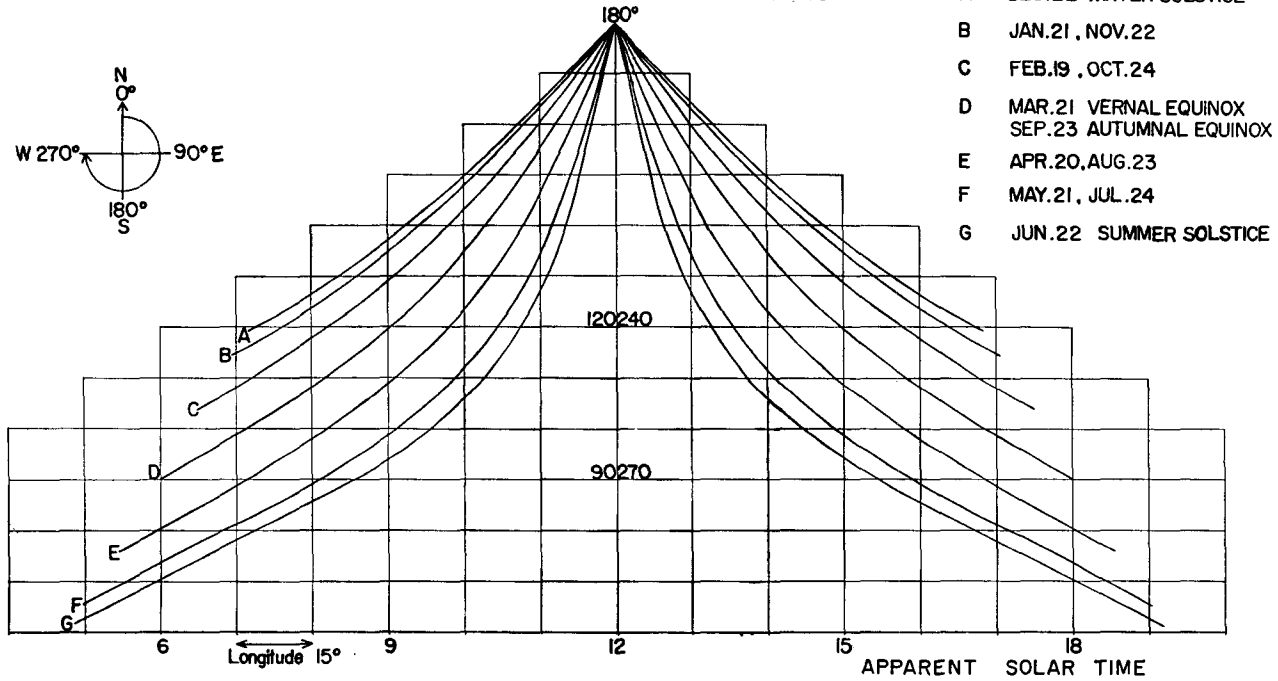


第10図(a)  $35^{\circ}\text{N}$ における太陽高度角の計算図

Fig. 10 (a). Calculating diagram of solar altitude on  $35^{\circ}\text{N}$ .

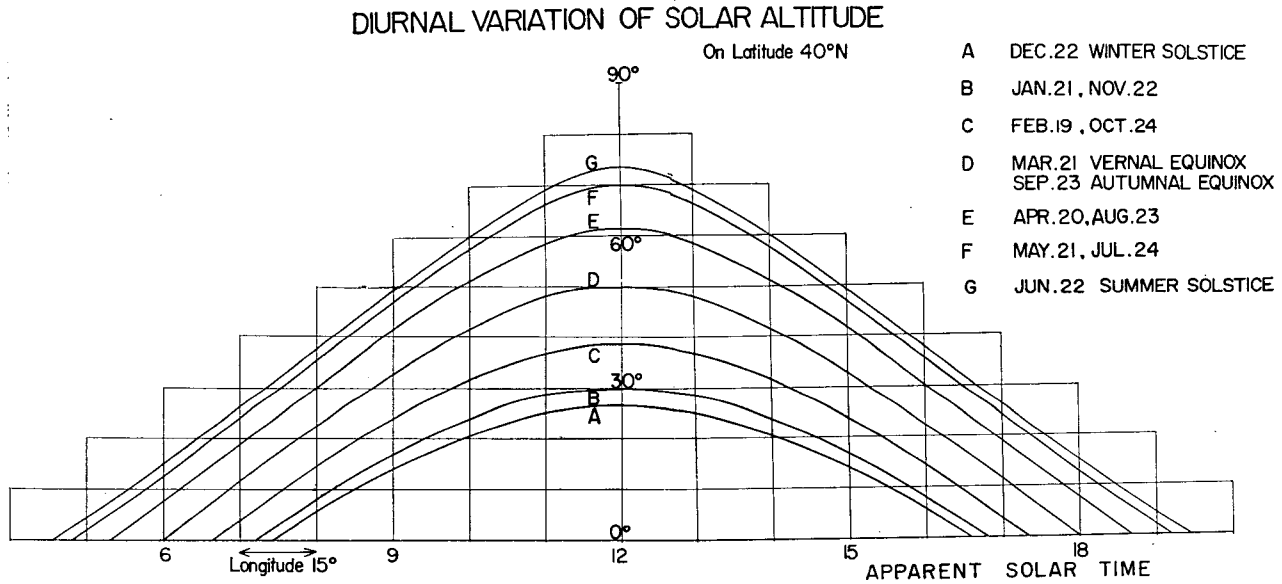
# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

On Latitude 35°N



第10図(b) 35°Nにおける太陽方位角の計算図

Fig. 10 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 35°N.

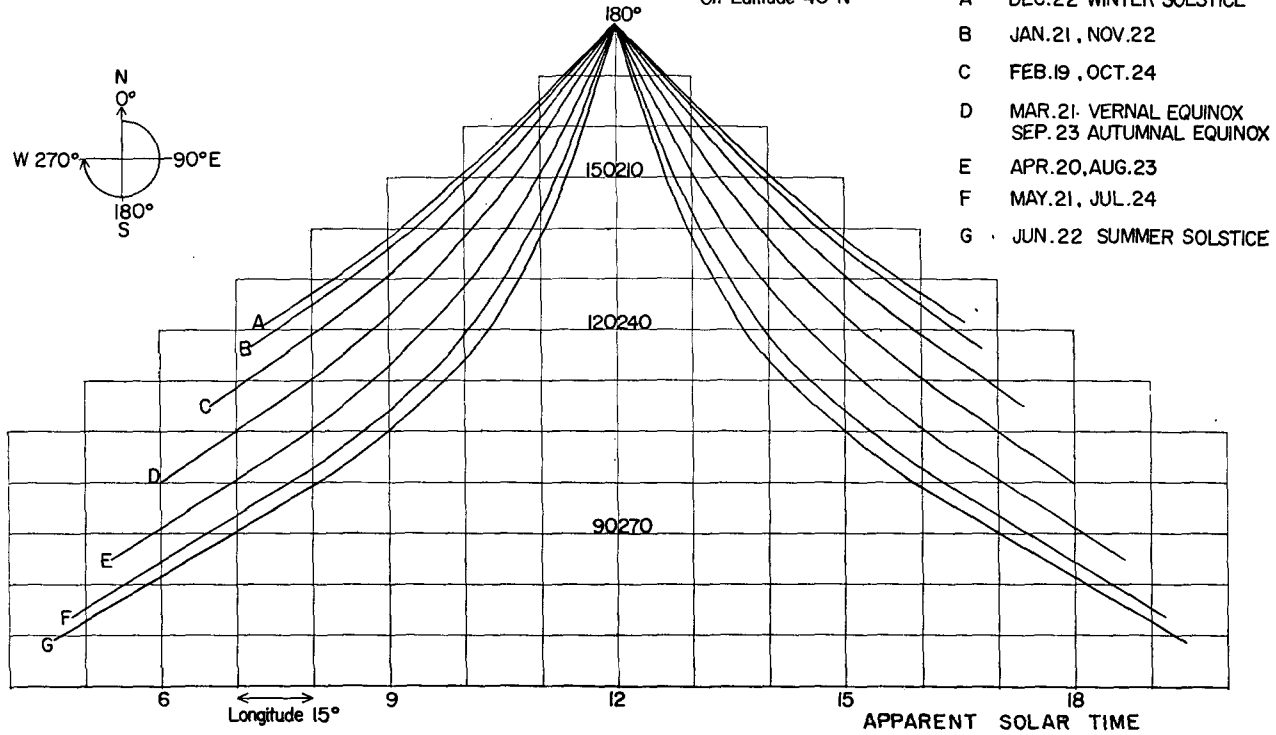


第 11 図 (a) 40°N における太陽高度角の計算図

Fig. 11 (a). Calculating diagram of solar altitude on 40°N.

# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

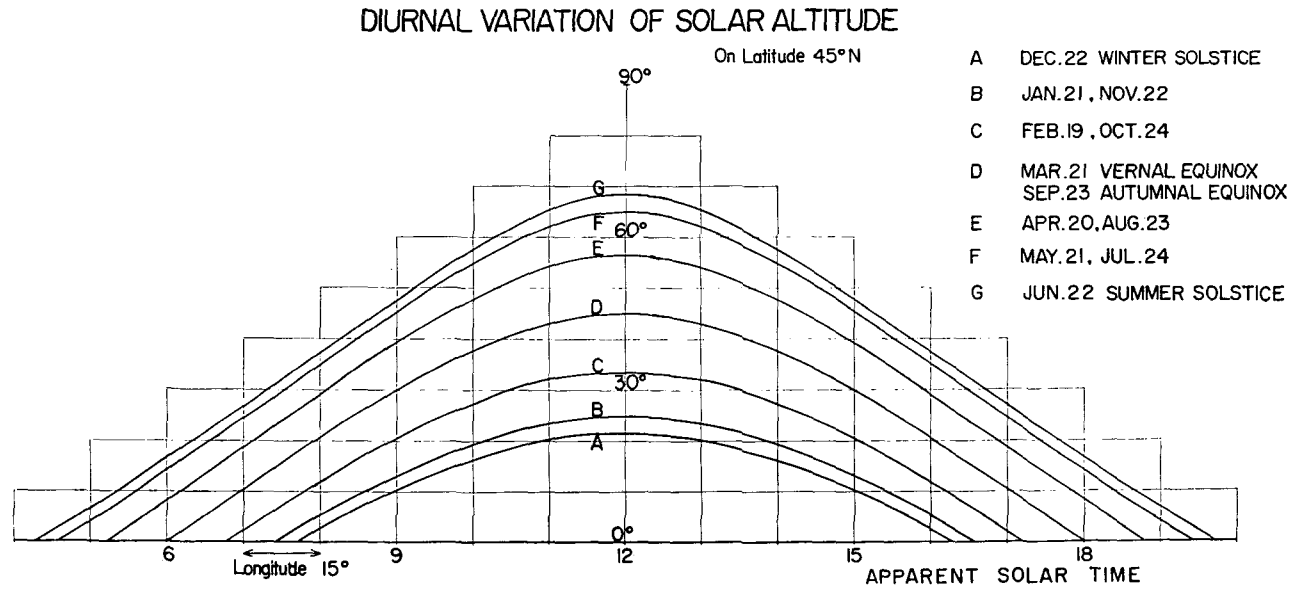
On Latitude 40°N



第11図(b) 40°Nにおける太陽方位角の計算図

Fig. 11 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 40°N.

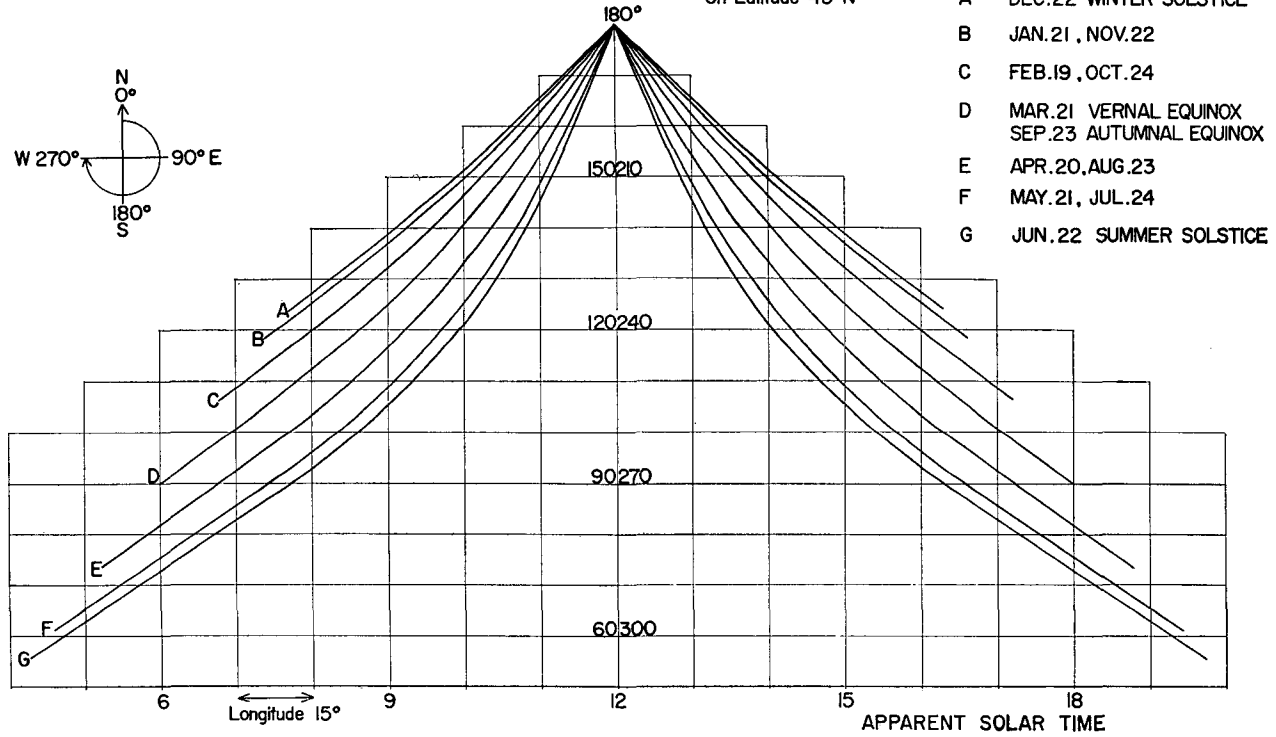
北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成



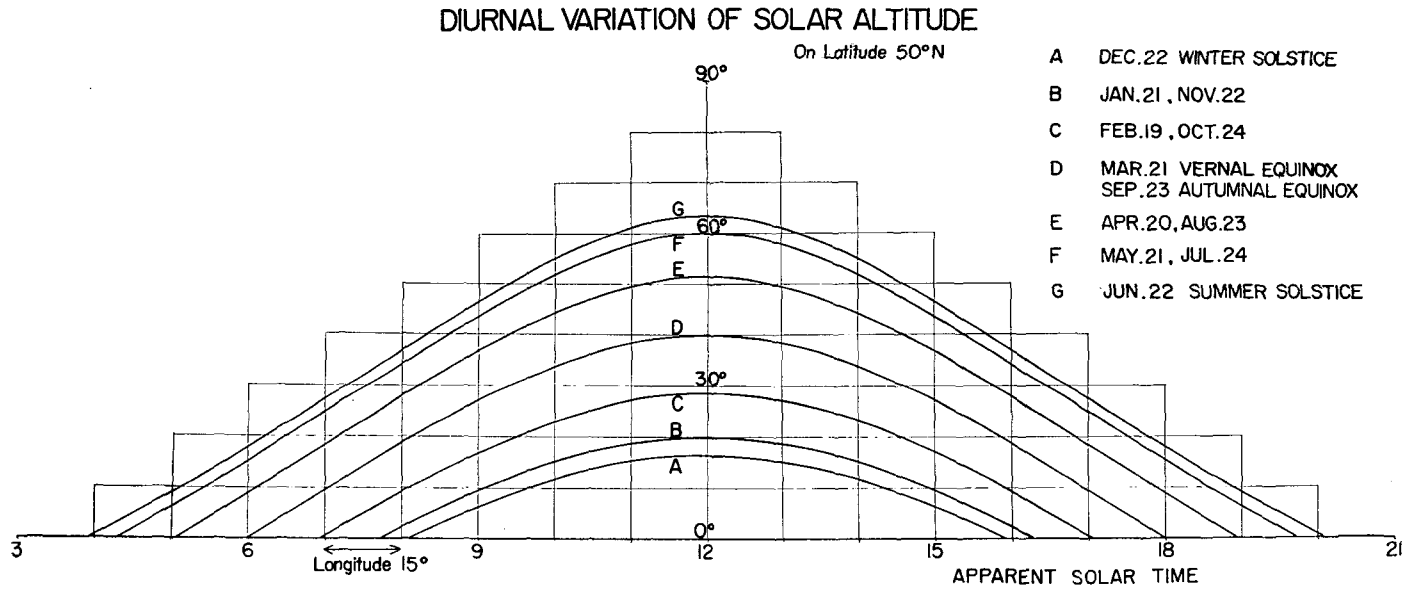
第 12 図 (a) 45°N における太陽高度角の計算図  
 Fig. 12 (a). Calculating diagram of solar altitude on 45°N.

# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

On Latitude 45°N

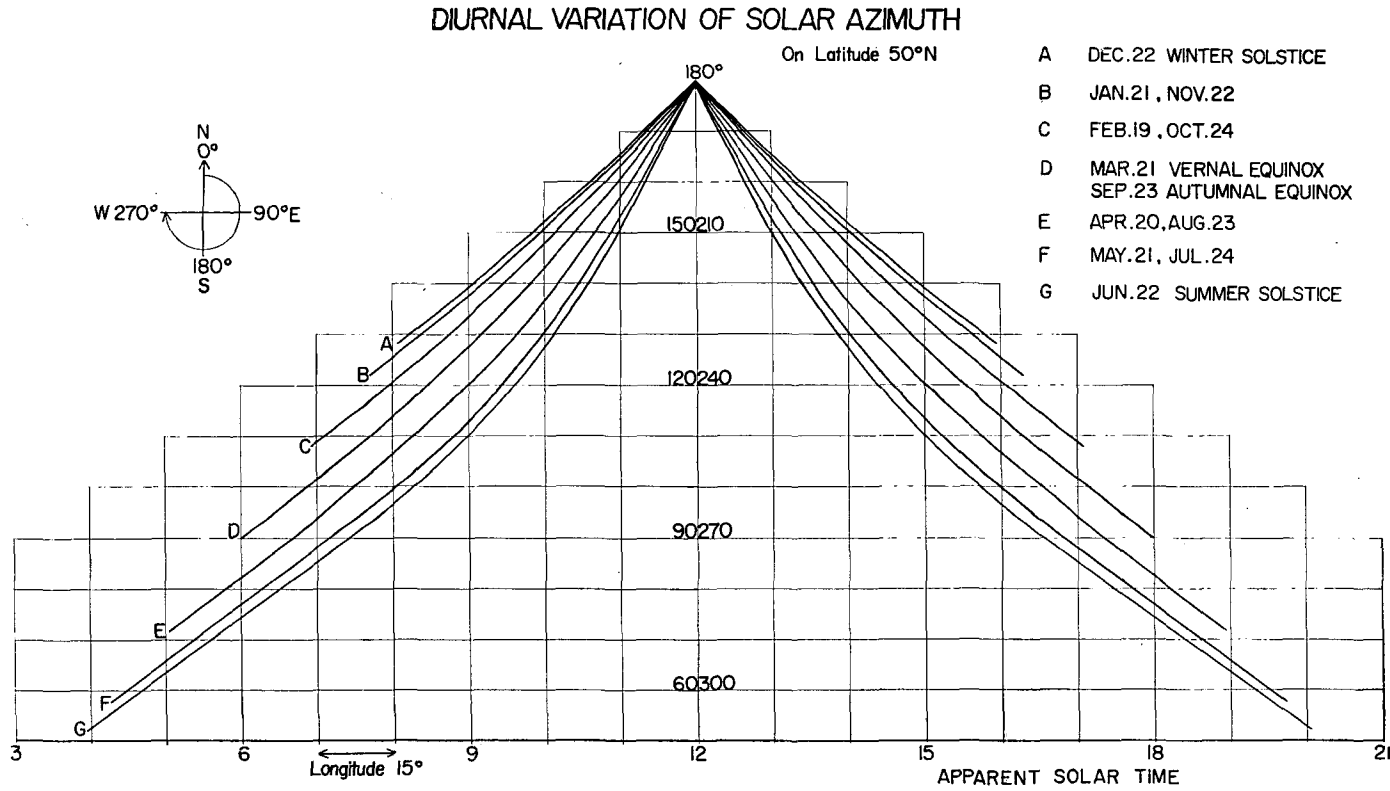


第12図(b) 45°Nにおける太陽方位角の計算図  
Fig. 12 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 45°N.



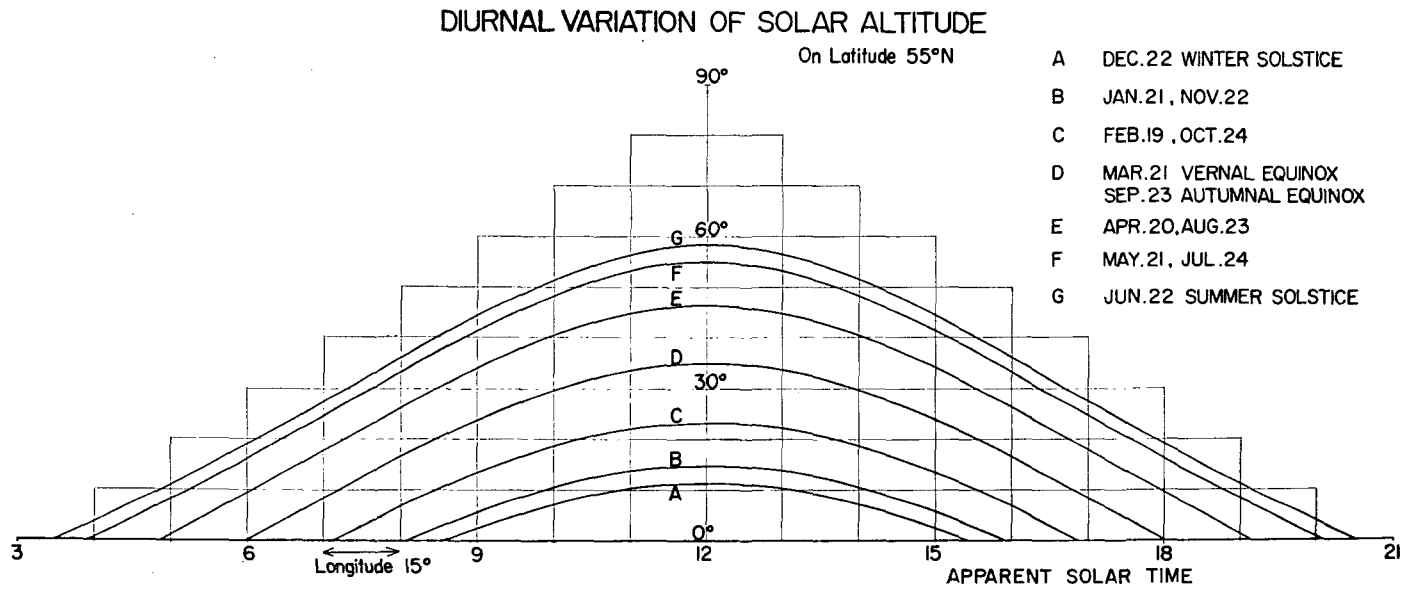
第13図(a) 50°Nにおける太陽高度角の計算図

Fig. 13 (a). Calculating diagram of solar altitude on 50°N.



第13図(b) 50°Nにおける太陽方位角の計算図  
 Fig. 13 (b). Calculating diagram of solar azimuth on 50°N.

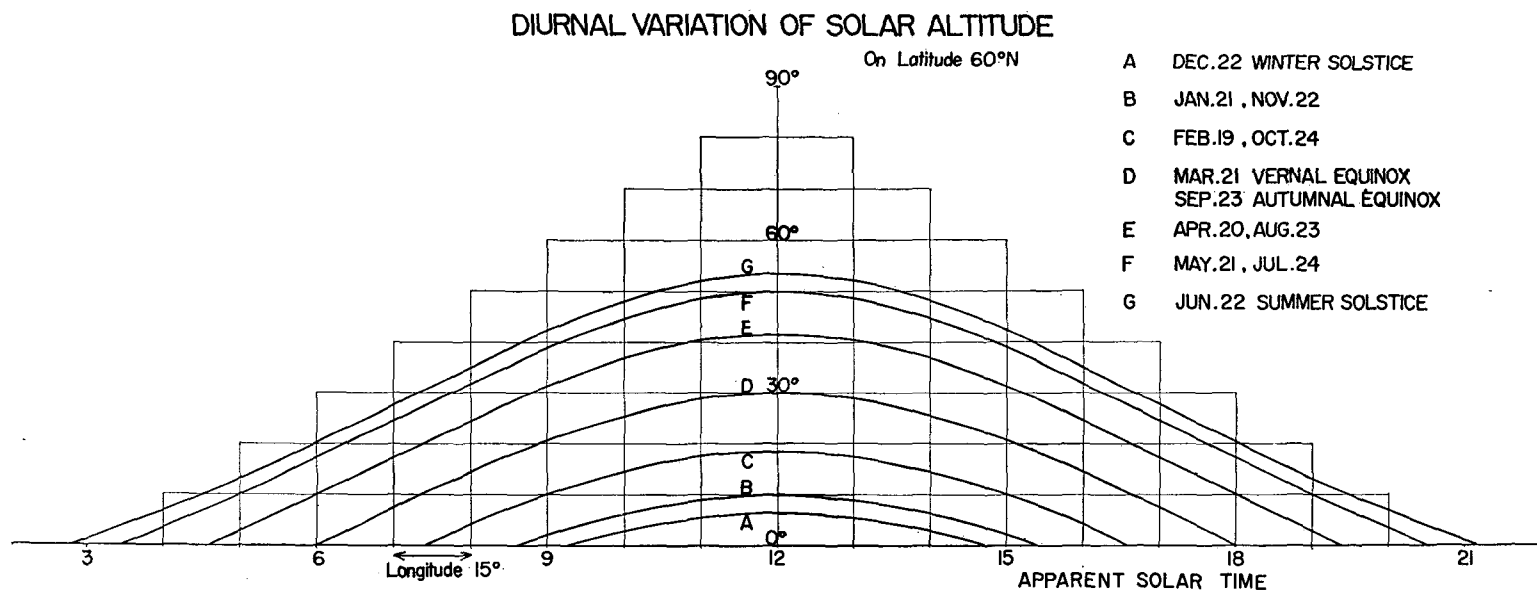
北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成



第14図(a)  $55^{\circ}\text{N}$ における太陽高度角の計算図

Fig. 14(a). Calculating diagram of solar altitude on  $55^{\circ}\text{N}$ .





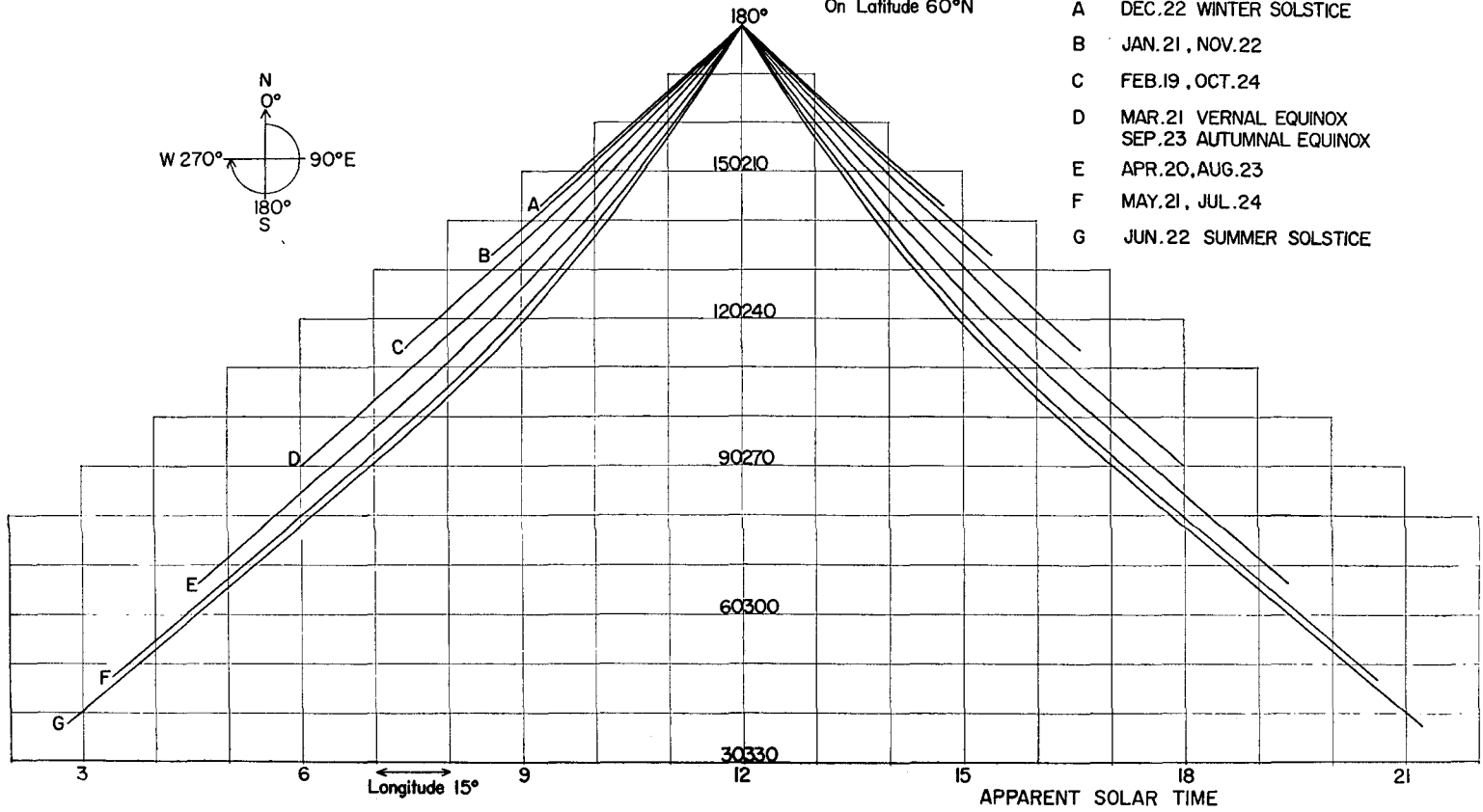
第15図(a)  $60^{\circ}\text{N}$ における太陽高度角の計算図

Fig. 15 (a). Calculating diagram of solar altitude on  $60^{\circ}\text{N}$ .

# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

On Latitude 60°N

- A DEC.22 WINTER SOLSTICE
- B JAN.21 , NOV.22
- C FEB.19 , OCT.24
- D MAR.21 VERNAL EQUINOX  
SEP.23 AUTUMNAL EQUINOX
- E APR.20 , AUG.23
- F MAY.21 , JUL.24
- G JUN.22 SUMMER SOLSTICE



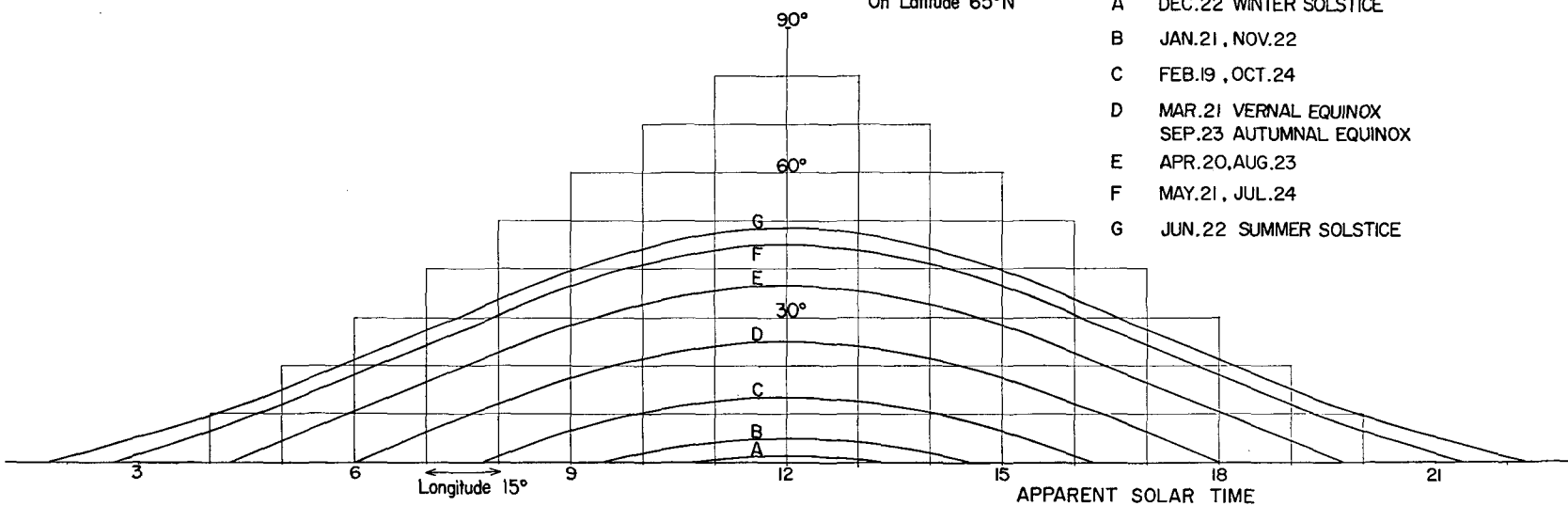
第15図(b). 60°Nにおける太陽方位角の計算図  
 Fig. 15(b). Calculating diagram of solar azimuth on 60°N.

北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成

## DIURNAL VARIATION OF SOLAR ALTITUDE

On Latitude 65°N

- A DEC.22 WINTER SOLSTICE
- B JAN.21 , NOV.22
- C FEB.19 , OCT.24
- D MAR.21 VERNAL EQUINOX  
SEP.23 AUTUMNAL EQUINOX
- E APR.20,AUG.23
- F MAY.21 , JUL.24
- G JUN.22 SUMMER SOLSTICE



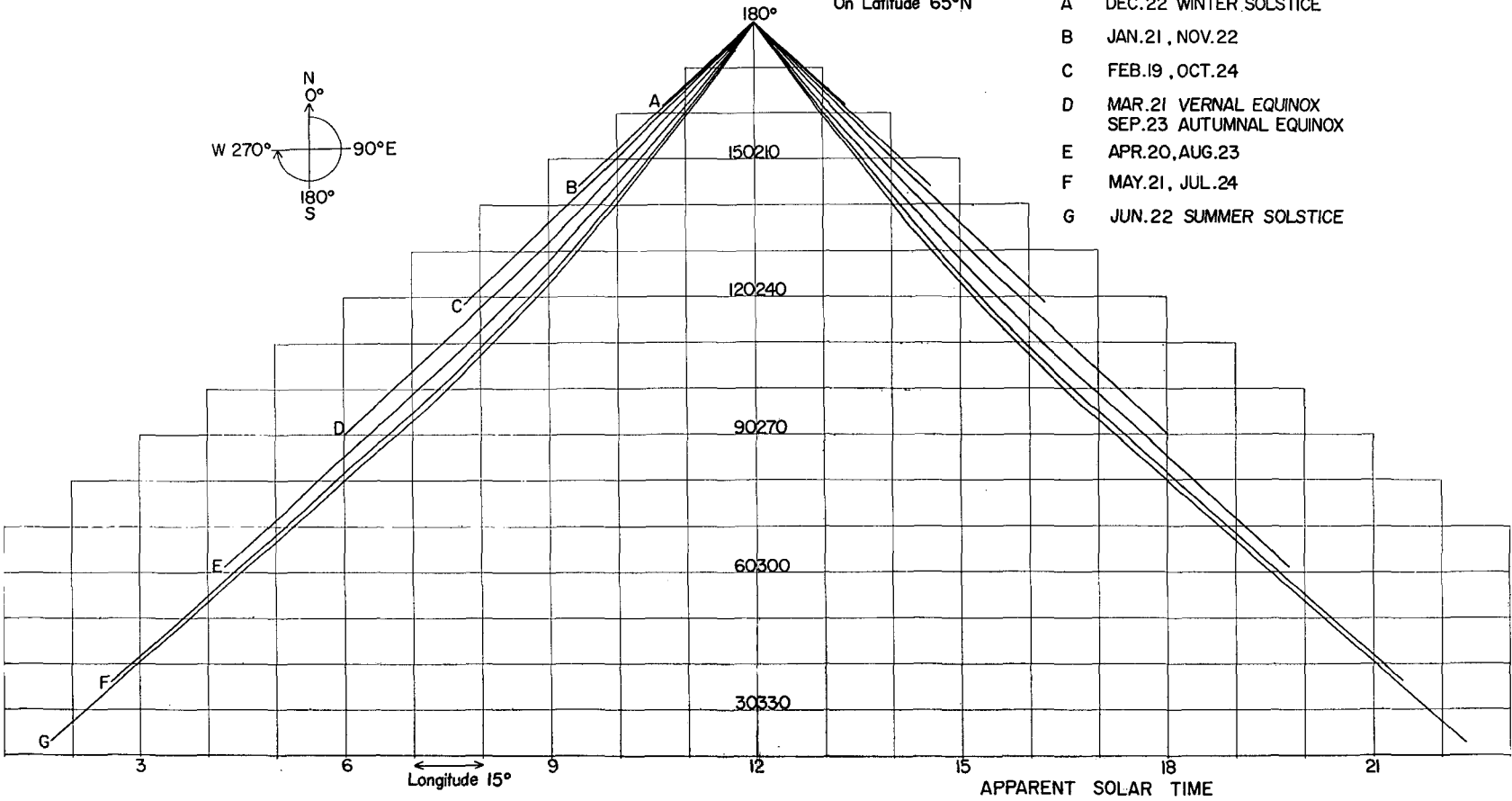
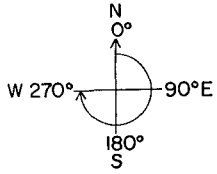
第16図(a) 65°Nにおける太陽高度角の計算図

Fig. 16(a). Calculating diagram of solar altitude on 65°N.

# DIURNAL VARIATION OF SOLAR AZIMUTH

On Latitude 65°N

- A DEC.22 WINTER SOLSTICE
- B JAN.21 , NOV.22
- C FEB.19 ,OCT.24
- D MAR.21 VERNAL EQUINOX  
SEP.23 AUTUMNAL EQUINOX
- E APR.20,AUG.23
- F MAY.21, JUL.24
- G JUN.22 SUMMER SOLSTICE



第16図(b) 65°Nにおける太陽方位角の計算

Fig. 16(b). Calculating diagram of solar azimuth on 65°N.

北半球における太陽高度角および方位角の計算図の作成

## V. ま と め

これらの計算図を使用する際に、内分を必要とする場合には、少しく手数がかかる(5分程度の時間が必要)が、求める数値が $0.5^\circ$ 以内程度の精度でよければ、これらの計算図は十分利用できると思う。また、使用例では日本標準時に関してのみ述べているが、原理的に北半球のどの地点でも使用可能なことはあきらかである。

終りに御指導いただいた、北海道大学理学部地球物理学教室気象学研究室の孫野長治教授、ならびに終始有益な助言をいただいた同研究室の諸氏に、また計算に際してプログラミング等のお世話になった北海道大学計算センターに厚くお礼申し上げます。

この研究は、日米科学協力事業による太平洋上の雲の研究の一部として行なわれたものである。

## 5. On the Calculating Diagrams of Solar Altitude and Solar Azimuth on the Northern Hemisphere

By Masahiro KAJIKAWA

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Calculating diagrams of solar altitude and solar azimuth were constructed for the analysis of aerial photographs of clouds.

If the latitude and the longitude, the date and the time of observation point are known, solar altitude and azimuth are obtained from these diagrams so easily.

When the diagrams are used, it needs correction of time concerning a difference of the latitude and the equation of time, because the time of the diagrams have used the apparent solar time.

The diagrams at intervals of 5 degrees, from  $20^\circ\text{N}$  to  $65^\circ\text{N}$ , are shown from Fig. 7 to Fig. 16.