

## 星図による天体観測指導について (Ⅱ)

野 添 俊 雄

### A Study on Guidance of Astronomical Observation by the Star Atlas (II)

Toshio Nozoe

#### 1. は じ め に

星図によって天体の観測指導をどのようにすべきかについては、第1報で述べた。その要旨は、観測者に、いつ、どこに、どのような天体が、どのように見えるかをより正しく理解させることであったので、それがため観測者は、任意の日時における星図上の地平線や子午線の位置を正確に知ることがのぞましい。第1報では初歩の学習指導に主眼をおいていたので、これらは近似的な直線や曲線を用いた。しかし、より厳密に検討しようとするならば、地平線や子午線は座標変換により、数学的計算によって求めねばならない。本報においては正確に数値計算して地平線および子午線を求め、これによって、より正確に、より迅速に観測しようとする天体の位置を把握せしめようとするものである。

#### 2. 星図上の地平線と子午線

天頂を  $Z$ , 天の北極を  $N$ , 天体を  $H$ , 観測地点の緯度を  $\varphi$ , 天体の時角を  $t$ , 天体の赤経を  $\delta$ , 恒星時を  $\theta$  とすると球面三角形  $PZH$  は Fig. 1 のようになる。球面三角法を用いて、高度  $h$ , 方位角  $A$  を求める式をつくると、

$$\left. \begin{aligned} \sin h &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ \cos A \cos h &= -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t \\ \sin A \cos h &= \sin t \cos \delta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

が得られる。天体の赤経を  $\alpha$  とすれば、 $t$  と  $\theta$  および  $\alpha$  の間には、

$$t = \theta - \alpha \quad (2)$$

の関係がある。式(1)は  $\alpha, \delta$  より  $h, A$  を求められることを示している。同様に  $h, A$  より  $\alpha, \delta$  を求める式をつくると、(1)の場合と同様にして、

$$\left. \begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A \\ \cos t \cos \delta &= \cos \varphi \sin h + \sin \varphi \cos h \cos A \\ \sin t \cos \delta &= \cos h \cot A \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

を得る。式(3)の  $h=0$  とおくと、式(3)は次のように簡単になる。

$$\left. \begin{aligned} \sin \delta &= -\cos \varphi \cos A \\ \cot t &= \sin \varphi \cot A \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

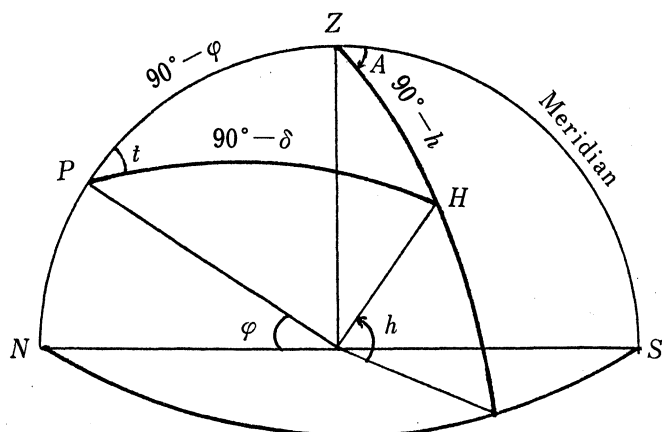


Fig. 1

(4)は  $\varphi, A$  より  $\delta, t$  を計算できることを示しているの、具体的には

$$\varphi = 31^\circ 30'$$

$$\varphi = 35^\circ 39'$$

の鹿児島と東京の二地点の  $\delta$  と  $t$  を高度  $h$  を  $5^\circ$  おきにとって計算した。時角  $t$  を知ると (2) の関係から、

$$\theta = 0$$

の条件を満足する瞬間を考えると、

$$\alpha = -t$$

となるので、 $\varphi, A$  より  $\alpha, \delta$  を求めることができる。Tab. 1 はそれを示したものである。表中での  $\alpha$  の負号の意味は、 $\alpha$  の値を逆向き（星図上の西向き）にとることを示している。したがって Tab 1 によると鹿児島の地平線を正確に星図上に描くことができる。(Fig. 2 参照)。星図上における地平線の動きを考える学習指導の場では、観測者がその観測地点の、星図上の地平線を知ることが、大きな意味をもっている。筆者が観測地点として鹿児島を考えて計算したのは、筆者の観測指導の場が北緯  $30^\circ 30'$  の鹿児島およびその付近であるからである。

地平線が決定されると、その観測地点での東、西、南、北天に、どのような天体が、いつ、どのように見えるかを知る必要があるの、子午線は星図上でどのように表示されるかを検討しなければならない。そのために再び式(3)

$$\left. \begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A \\ \cos t \cos \delta &= \cos \varphi \sin h + \sin h \cos A \\ \sin t \cos \delta &= \cos h \cot A \end{aligned} \right\}$$

において、 $\varphi$  の値を  $31^\circ 30'$  (Kagoshima) と  $28^\circ 30'$  (Nase) にとって

$h=0^\circ$  から  $90^\circ$  まで  $1^\circ$  おき

$A=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  と  $45^\circ$  おき

にとって  $\alpha, \delta$  を計算すると、 $\alpha, \delta$  の値は Tab. 2 のようになる。この  $\alpha$  と  $\delta$  の各組の値は、子午線が星図上でどのような動きをするかを表示してくれる。この数値によって星図上の地平線および子午線を正確に知ることができる。Fig. 2, 3 は筆者が作成した観測用星図を用いて、東天と南天の一部 (Fig. 2) と北天 (Fig. 3) を示したものである。西天は東天と対称の図形になるので省略す

Table 1

$\varphi=31^{\circ}30'$ (kagoshima)				$\varphi=35^{\circ}39'$ (Tokyo)			
$A$	$\delta$	$t$	$\alpha$	$A$	$\delta$	$t$	$\alpha$
$0^{\circ}$	$-58:30'$	$0:00'$	$0:00'$	$0^{\circ}$	$-54:21'$	$0:00'$	$-0:00'$
5	-58.08	9.30	- 9.30	5	-54.02	8.32	- 8.32
10	-57.06	18.38	- 18.38	10	-53.09	16.49	- 16.49
15	-55.26	27.08	- 27.08	15	-51.42	24.41	- 24.41
20	-53.14	34.51	- 34.51	20	-49.46	31.59	- 31.59
25	-50.35	41.44	- 41.44	25	-47.25	38.39	- 38.39
30	-47.35	47.51	- 47.51	30	-44.43	44.43	- 44.43
35	-44.17	53.16	- 53.16	35	-41.43	50.13	- 50.13
40	-40.46	58.05	- 58.05	40	-38.29	55.13	- 55.13
45	-37.04	62.24	- 62.24	45	-35.04	59.45	- 59.45
50	-33.14	66.19	- 66.19	50	-31.29	63.56	- 63.56
55	-29.16	69.54	- 69.54	55	-27.46	67.47	- 67.47
60	-25.14	73.12	- 73.12	60	-23.58	71.24	- 71.24
65	-21.07	76.18	- 76.18	65	-20.05	74.47	- 74.47
70	-16.57	79.13	- 79.13	70	-16.08	78.01	- 78.01
75	-12.44	82.01	- 82.01	75	-12.08	81.07	- 81.07
80	- 8.30	84.44	- 84.44	80	- 8.06	84.07	- 84.07
85	- 4.15	87.22	- 87.22	85	- 4.03	87.04	- 87.04
90	- 0.00	90.00	- 90.00	90	- 0.00	90.00	- 90.00
95	4.15	92.36	- 92.36	95	4.03	92.55	- 92.55
100	8.30	95.15	- 95.15	100	8.06	95.51	- 95.51
105	12.44	97.58	- 97.58	105	12.08	98.52	- 98.52
110	16.57	100.45	-100.45	110	16.08	101.58	-101.58
115	21.07	103.41	-103.41	115	20.05	105.12	-105.12
120	25.13	106.47	-106.47	120	23.58	108.35	-108.35
125	29.16	110.05	-110.05	125	27.46	112.11	-112.11
130	33.13	113.40	-113.40	130	31.29	116.03	-116.03
135	37.04	117.35	-112.35	135	35.04	120.13	-120.13
140	40.46	121.54	-121.54	140	38.29	124.46	-124.46
145	44.17	126.43	-126.43	145	41.43	129.46	-129.46
150	47.35	132.08	-132.08	150	44.43	135.15	-135.15
155	50.35	138.14	-138.14	155	47.25	141.19	-141.19
160	53.14	145.08	-145.08	160	49.46	148.00	-148.00
165	55.26	152.50	-152.50	165	51.42	155.18	-155.18
170	57.06	161.20	-161.20	170	53.09	163.09	-163.09
175	58.08	170.29	-170.29	175	54.02	171.27	-171.27
180	58.30	180.00	-180.00	180	54.21	180.00	-180.00

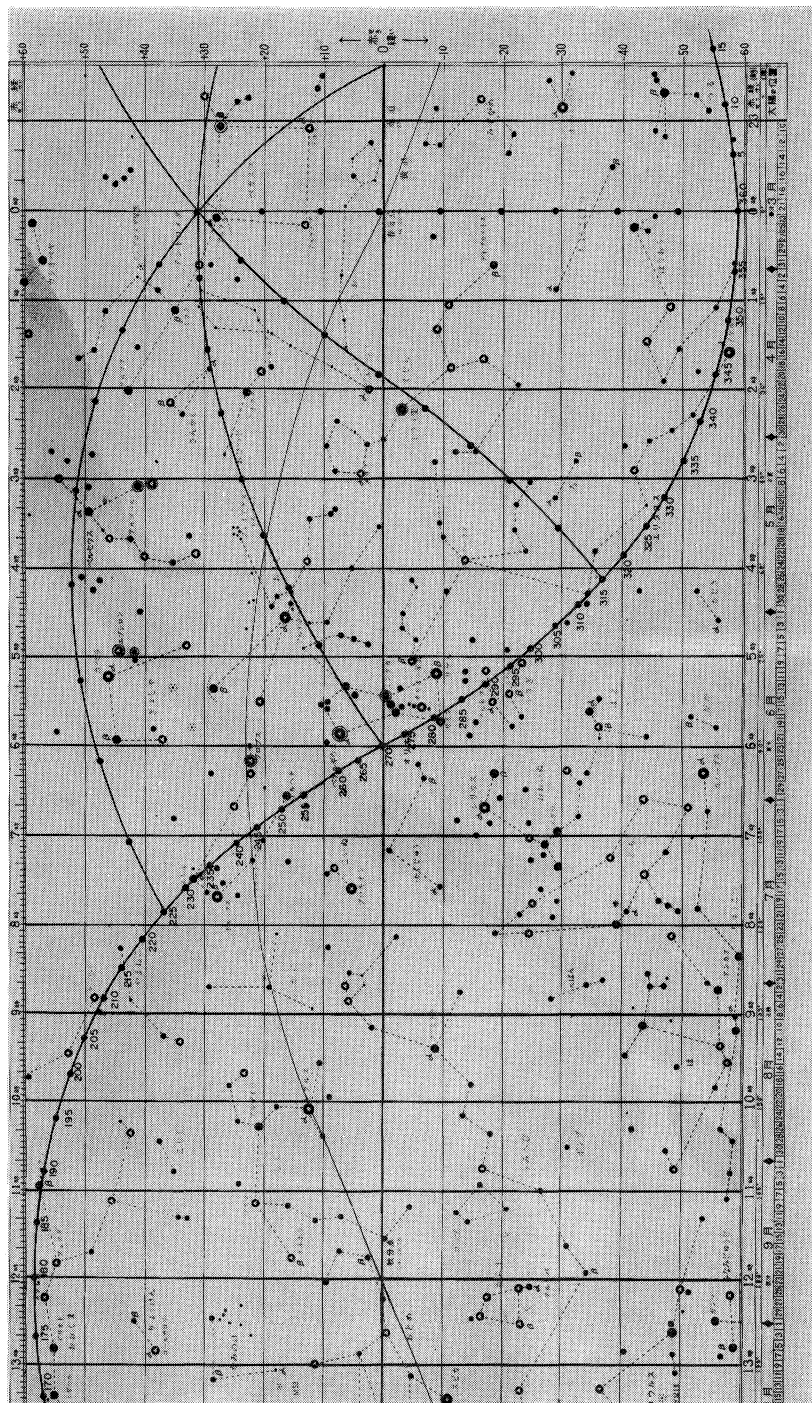
[illegible]

Fig. 2

註 Fig.2 に記入された子午線の計算は、北緯  $31^{\circ}30'$  の鹿児島と、鹿児島県の南部の中心の都市、北緯  $28^{\circ}30'$  の名瀬について、 $A=0^{\circ}$ 、 $A=45^{\circ}$ 、 $A=90^{\circ}$ 、 $A=135^{\circ}$  によって求めたものである。鹿児島県下については緯度  $30'$  おきにこの計算をしたが、紙面の都合で上記の二地点にとどめることにした。

Table 2

 $\varphi=31^{\circ}30'$  $A=0(180^{\circ})$ 

$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$
0°	-58°29'	0° 0'	1°	-57°29'	0° 0'	2°	-56°29'	0° 0'	3°	-55°29'	0° 0'	4°	-54°29'	0° 0'
5	-53 29	0 0	6	-52 29	0 0	7	-51 29	0 0	8	-50 29	0 0	9	-49 29	0 0
10	-48 29	0 0	11	-47 29	0 0	12	-46 29	0 0	13	-45 29	0 0	14	-44 29	0 0
15	-43 29	0 0	16	-42 29	0 0	17	-41 29	0 0	18	-40 29	0 0	19	-39 29	0 0
20	-38 29	0 0	21	-37 29	0 0	22	-36 29	0 0	23	-35 29	0 0	24	-34 29	0 0
25	-33 29	0 0	26	-32 29	0 0	27	-31 29	0 0	28	-30 29	0 0	29	-29 29	0 0
30	-28 29	0 0	31	-23 29	0 0	32	-26 29	0 0	33	-25 29	0 0	34	-24 29	0 0
35	-23 29	0 0	36	-22 29	0 0	37	-21 29	0 0	38	-20 29	0 0	39	-19 29	0 0
40	-18 29	0 0	41	-17 29	0 0	42	-16 29	0 0	43	-15 29	0 0	44	-14 29	0 0
45	-13 29	0 0	46	-12 29	0 0	47	-11 29	0 0	48	-10 29	0 0	49	- 9 29	0 0
50	- 8 29	0 0	51	- 7 29	0 0	52	- 6 29	0 0	53	- 5 29	0 0	54	- 4 29	0 0
55	- 3 29	0 0	56	- 2 29	0 0	57	- 1 29	0 0	58	0 29	0 0	59	0 30	0 0
60	1 30	0 0	61	2 30	0 0	62	3 30	0 0	63	4 30	0 0	64	5 30	0 0
65	6 30	0 0	66	7 30	0 0	67	8 30	0 0	68	9 30	0 0	69	10 30	0 0
70	11 30	0 0	71	12 30	0 0	72	13 30	0 0	73	14 30	0 0	74	15 30	0 0
75	16 30	0 0	76	17 30	0 0	77	18 30	0 0	78	19 30	0 0	79	20 30	0 0
80	21 30	0 0	81	22 30	0 0	82	23 30	0 0	83	24 30	0 0	84	25 30	0 0
85	26 30	0 0	86	27 30	0 0	87	28 30	0 0	88	29 30	0 0	89	30 30	0 0
90	31 30	0 0												

 $\varphi=31^{\circ}30'$  $A=45^{\circ}(315^{\circ})$ 

$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$	$h$	$\delta$	$\alpha$
0°	-37° 4'	62°24'	1°	-36°25'	61°28'	2°	-35°45'	60°33'	3°	-35° 4'	59°38'	4°	-34°24'	58°44'
5	-33 42	57 52	6	-33 1	57 0	7	-32 19	56 9	8	-31 37	55 19	9	-30 54	54 29
10	-30 11	53 40	11	-29 28	52 52	12	-28 45	52 5	13	-28 1	51 18	14	-27 17	50 32
15	-26 33	49 46	16	-25 49	49 2	17	-25 4	48 17	18	-24 19	47 33	19	-23 34	46 50
20	-22 49	46 7	21	-22 3	45 25	22	-21 18	44 43	23	-20 32	44 1	24	-19 46	43 20
25	- 1 90	42 40	26	-18 13	41 59	27	-17 27	41 20	28	-16 40	40 40	29	-15 54	40 1
30	- 1 57	39 22	31	-14 20	38 43	32	-13 33	38 5	33	-12 46	37 27	34	-11 59	36 49
35	-11 11	36 11	36	-10 24	35 33	37	- 9 36	34 56	38	- 8 49	34 19	39	- 8 1	33 42
40	- 7 14	33 5	41	- 6 26	32 28	42	- 5 38	31 52	43	- 4 51	31 15	44	- 4 3	30 39
45	- 3 15	30 3	46	- 2 27	29 26	47	- 1 39	28 50	48	0 52	28 14	49	0 4	27 38
50	0 43	27 2	51	1 31	26 25	52	2 19	25 49	53	3 7	25 13	54	3 55	24 37
55	4 42	24 0	56	5 30	23 24	57	6 18	22 47	58	7 6	22 11	59	7 53	21 34
60	8 41	20 57	61	9 28	20 20	62	10 16	19 43	63	11 3	19 5	64	11 50	18 27
65	12 38	17 50	66	13 25	17 11	67	14 12	16 33	68	14 59	15 54	69	15 46	15 15
70	16 32	14 36	71	17 19	13 57	72	18 5	13 17	73	18 52	12 37	74	19 38	11 56
75	20 24	11 15	76	21 10	10 34	77	21 55	9 52	78	22 41	9 10	79	23 26	8 27
80	24 11	7 44	81	24 56	7 0	82	25 41	6 16	83	26 25	5 31	84	27 10	4 45

$$A=90^{\circ}(270^{\circ})$$
[illegible]
$$A = 135^\circ (225^\circ)$$
[illegible]

$$\varphi = 28^{\circ}30'$$
$$A=0^{\circ}(180^{\circ})$$
[illegible]
$$\varphi = 28^{\circ}30'$$
$$A=45^{\circ}(315^{\circ})$$
[illegible]

$$A=90^{\circ}(270^{\circ})$$
[illegible]
$$A=135^{\circ}(225^{\circ})$$
[illegible]



ることとした。Fig. 4は北緯  $31^{\circ}30'$  の、星図上での地平線と、子午線を示す。この地平線と子午線のつくる図形は、東西南北天にはどのような天体が見えるかを明瞭に示してくれる。

地平線上の数値は方位角を  $5^{\circ}$  おきに示し、子午線上の点は高度を  $10^{\circ}$  おきに示したものである。したがってこれらを用いるならば、天体の出没方位や、任意時刻における天体の高度をも知ることができる。その利用については次章で述べることにしよう。

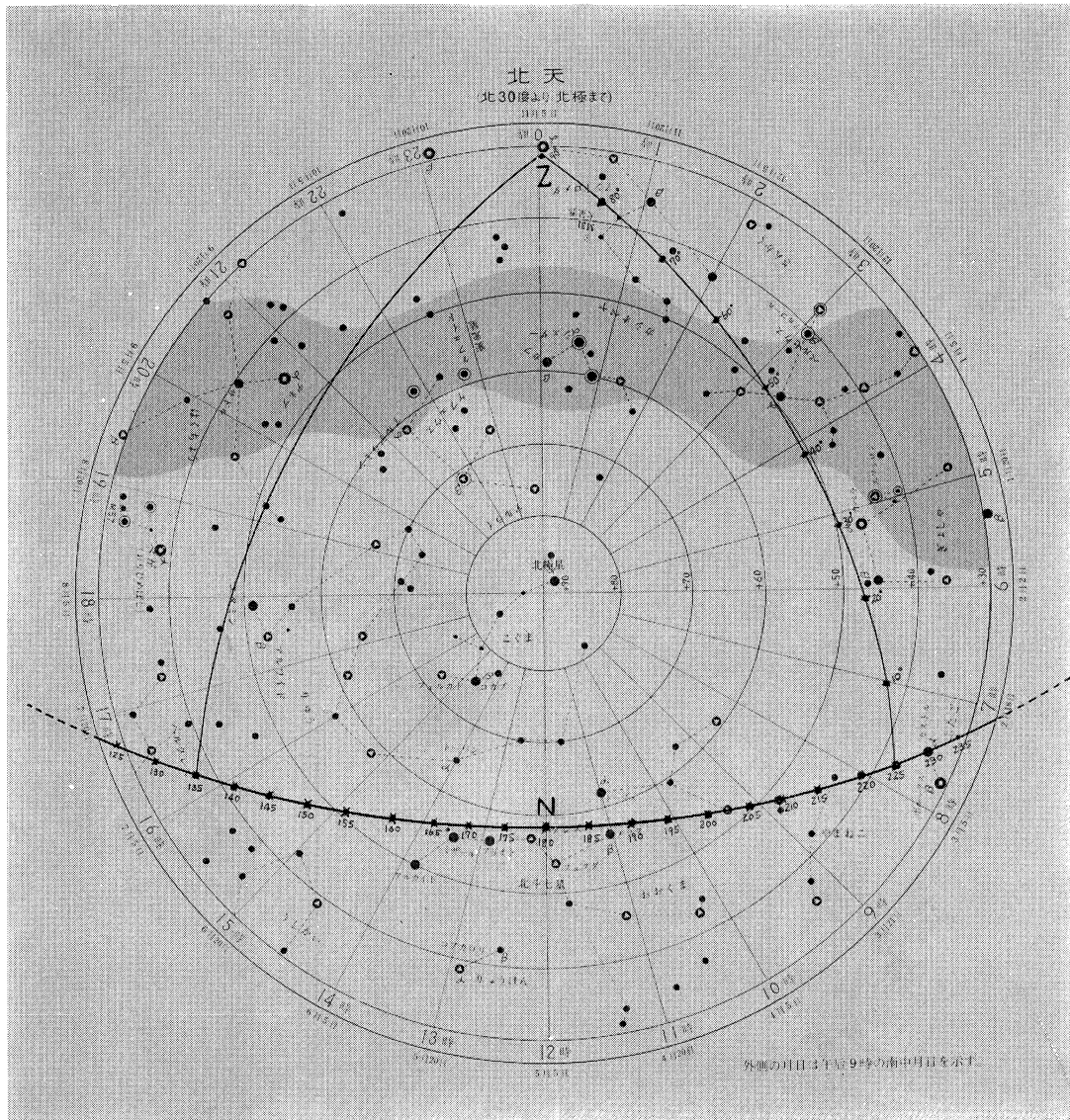


Fig. 3  $\varphi=31^{\circ}30'$  の北天における地平線と子午線

### 3. 観測用シートの作成と使用法

Fig. 2, 3の地平線や子午線を透明度のよいセロファンや塩化ビニール等を用いて、観測用星図と等大に地平線および子午線を記入したFig. 4のようなシートをつくることは簡単である。今このシートを観測用シートと名付けよう。この観測用シートを星図上に正しく重ねて、これを西より東

星図上の地平線と子午線

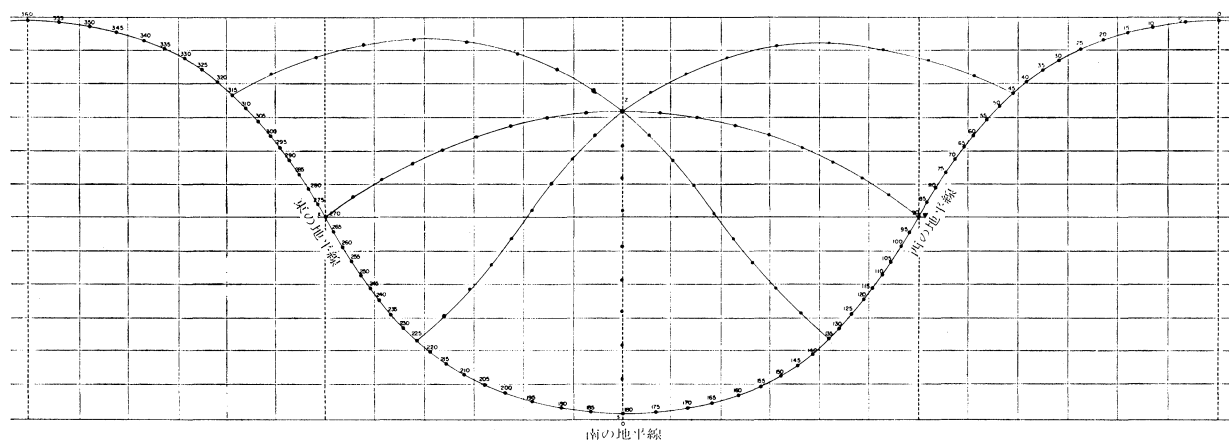


Fig. 4

に適当に動かすことによって、四季の東西南天の星の様子を知ることができる。今具体的問題、  
問 11月20日の夜の8時には、東天にどのような星が見えるか。を解くことにしよう。

筆者の作成した星図によると、星図の上らんには星の南中日時の表がついているので、11月20日の午後8時のところの経線をさがし、その経線と観測用シートのZSの線と一致させると東西南天にはどのような星が、どのように見えるかを知ることができる。この方法は簡単であるが、それに用いる星図には詳細な南中日時の表が用意される必要がある。(Fig. 2 参照)

このようにして、任意の日時における東西南天に、どのように見えるかを知ることができる。北天についても、同様に北天用の観測用シートを作成し (Fig. 3 参照)、これを回転することによって、任意の日時の北天の様子を詳細に知ることができる。この場合も観測用シートに対応する星図が用意されねばならない。

#### 4. お わ り に

筆者は第1報において、いつ、どこで、どのような天体が、どのように見えるかについて、星図による天体観測指導について述べた。本報においては更に厳密な、更に容易な、方法について検討を加えるのがねらいであった。それがため、地平線や方位角の数値計算に電子計算機を導入して、正確に身近な観測地としての鹿児島値を求めて、この素材の上で観測用シートを作成して、いつ、どこで、どのような天体が、どのように見えるかについての星図による天体観測指導の問題を究明した。この方法が学生や、現度教師による児童、生徒指導の参考になれば幸である。そして、更に学習指導により良い星図をつくろう——・もっと星図を親しみ易いものにたかめよう——・これは、天文指導の現場にいるものとして、一つの大きな課題であろう。