



Title	太陽観測による正午位置決定に就て
Author(s)	平岩, 節; HIRAIWA, Takashi
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 2(4), 302-307
Issue Date	1952-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22727
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(4)_P302-307.pdf



太陽観測による正午位置決定に就て

平 岩 節 (航海運用学教室)

ON THE DETERMINATION OF NOON POSITION BY THE OBSERVATION OF THE SUN

Takashi HIRAIWA

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

In the case of the determination of noon position by both ante-meridian and noon sights by the sun, it is generally considered to be best that 1st sight should be made about 8 a.m., or when its azimuth is near 90°.

However, the former is based upon customary practice, while the latter deals with both of two position lines equally precise, without considering the error due to transferring the position line. Hence, each of them is not theoretical.

In this paper, the writer treated of the probable best opportunities to observe 1st sight according to various combinations of latitude and declination.

Table 1 shows the values of the best opportunities to observe 1st sights.

Fig. 2 shows respectively, the reliability of ship positions obtained by both observations at the best opportunities to observe 1st sights and at noon, by which it can be confirmed that the case when latitude and declination are of the same sign is better than when they are of contrary signs.

Fig. 3 shows the azimuths of the sun at the best opportunities to observe 1st sights, which generally lie between 50° and 70°; accordingly it cannot easily be said that it is preferable to observe 1st sight when its azimuth is near 90°.

In this paper, the writer dealt with a standard error of each observation as 0.74, and an error of estimated position as $0.74\sqrt{t}$ (t: hour), which under various circumstances are not free from some differences. Accordingly some discrepancies can scarcely be avoided in comparison with the values of the table 1.

However, the writer hopes herewith that it may become a useful guide to learning the best opportunity to observe 1st sight by the sun.

1. 緒 言

天体観測により正午位置を決定する方法として一般船舶にありては太陽の午前観測と子午線高度観測による位置の線の組合せによつてゐる。つまり二本の位置の線の交点を以て決定船位とするのである。

二本の位置の線による船位の確率密度は位置の線が直交するとき最大であるから最良の組合せであるが、これは飽く迄等精度の場合に就て言えるのであつて航行船舶に於ける如く轉位の線による場合

にありては赤緯と緯度との組合せに應じて最良の交角は變化するものである。従つて交角が直角に近い方がよいとか習慣的に午前8時に觀測すればよいとか言うのは余りにも粗雑な言であるといわねばなるまい。

最近船位誤差に確率的解明が施されつゝあるは寔に喜ぶべき現象である。本文に於ては一般に行われてゐる太陽の午前觀測と正午觀測による正午位置決定法に於て各緯度、赤緯に應じて如何なる時角のとき觀測を行えばよいか、換言すれば午前觀測の最良の時機に就て述べる。尙本文に於て使用せる單觀測の誤差量は海務院較島教授等の行える觀測結果に依つたものであり記して同氏等に謝意を表する。

2. 二本の位置の線の交點の確率密度

Fig. 1 に於て第一觀測時の推定船位を A, 正午の推定位置を B とすれば正午位置は兩位置の線の交點 O として決定される。今二本の位置の線を X, Y; その交角を φ とし, X, Y の誤差が何れも正規分布に従うものとし X, Y の標準誤差 (即ち實測値の標準偏差) を夫々 σ_1, σ_2 とす

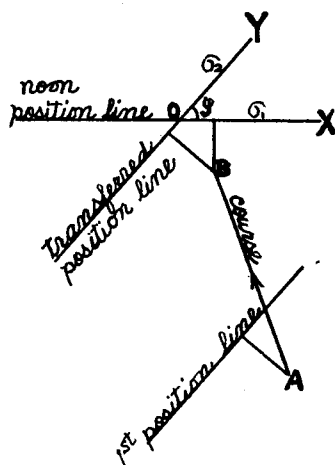


Fig. 1

$$\sigma_y = \frac{\sigma_1}{\sin \varphi}, \quad \sigma_x = \frac{\sigma_2}{\sin \varphi}$$

Y の確率密度函数は

$$f_2(y) = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{2\pi} \sigma_1} e^{-\sin^2 \varphi \frac{y^2}{2\sigma_1^2}}$$

X の確率密度函数は

$$f_1(x) = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{2\pi} \sigma_2} e^{-\sin^2 \varphi \frac{x^2}{2\sigma_2^2}}$$

故に眞位置の横座標が x と $x+dx$ との間、縦座標が y と $y+dy$ との間、平行四邊形の中に落ちる確率は

$$\frac{\sin \varphi}{2\pi \sigma_1 \sigma_2} e^{-\sin^2 \varphi \left(\frac{x^2}{2\sigma_2^2} + \frac{y^2}{2\sigma_1^2} \right)} \sin \varphi \cdot dx \cdot dy \text{ となる。}$$

こゝに $dx \cdot dy \cdot \sin \varphi$ はこの平行四邊形の面積であるから $\frac{\sin \varphi}{2\pi \sigma_1 \sigma_2} e^{-\sin^2 \varphi \left(\frac{x^2}{2\sigma_2^2} + \frac{y^2}{2\sigma_1^2} \right)}$ は同時分布の確率密度函数である。故に交點 O の確率密度 (k) は上記の probability density function に於て $x=0, y=0$ とおけば $k = \frac{\sin \varphi}{2\pi \sigma_1 \sigma_2}$ である。

3. 午前觀測の最適機

$k = \frac{\sin \varphi}{2\pi \sigma_1 \sigma_2}$ に於て $\sigma_1 = \sigma_2$ なるときは $\varphi = 90^\circ$ のとき即ち位置の線が直交するとき k は最大であることは容易に言える。換言すれば位置の線の精度が等しいとき二回の觀測により觀測位置を決定するには方位の差が 90° なる 때가最もよいということである。航行船舶にありては同時觀測によらなければ $\sigma_1 = \sigma_2$ ということは考えられない。本文で採上げてゐる隔時觀測の場合にありては勿論 $\sigma_1 \neq \sigma_2$ である故 $\frac{\sin \varphi}{\sigma_1 \sigma_2}$ を最大ならしめることを考えねばならない。こゝに單觀測の標準誤差 $\sigma_1 =$

0.74. 又推定位置の標準誤差は海潮流、皮流による一時間當りの標準誤差を 0.6、操舵の標準誤差を 1.3、自差の不正確に基づくものを 0.6、推定風壓差によるものを 1.3、測程儀示度の標準誤差を 2% と假定すれば、數時間内に於ける前後左右の標準誤差は共に近似的に $0.74\sqrt{t}$ にて表わされる (但し t は航走時間)。従つて $\sigma_2 = 0.74\sqrt{1+t}$ 依つて $k = \frac{\sin \varphi}{2\pi(0.74)^2 \sqrt{1+t}}$ (1) を最大ならしむればよいことになる。

太陽の隔時観測による正午位置決定の場合に於ては (1) 式は次の様にかきかえることが出来る。

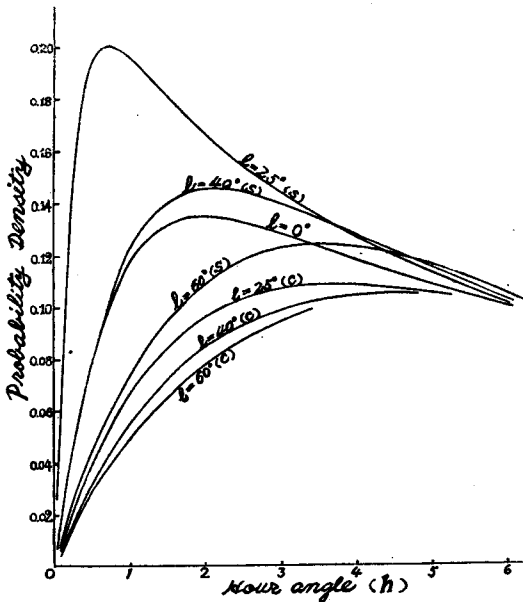
$$k = c \frac{\sin Z}{\sqrt{1+h}}$$

c 常 數
 Z 1st Sight に於ける太陽の方位
 h 1st Sight に於ける太陽の時角 (時)

これを最大ならしめる條件は h が小で Z が大であればよいが h と Z との間には之に相反する性質があり又 $\sin Z$ を h にて置き換えて極大値を求めるのは解法上困難である。それ故筆者は h の最大値附近に於ける刻々の h に対する Z を求め k の最大となる h を得る方法をとつた。第 1 表はその結果を示す。こゝに實際問題として上述の観測値及び推定位置の標準誤差は過去の経験、観測結果等よりの知識から大體の値が知れてゐるにすぎない關係上數値に左程精密な數字を必要としないし、又確率密度も短時間内に於ては急増減はないので赤緯は 5° 間隔とし、緯度は表使用上便利な様に 1° 間隔とした。表の使用に當つて赤緯の中間値に對しては目算によつて結構である。又その時の緯度、赤緯の大きさに應じて時角に幅をもたせて差支ない。尙表中※印を附せるものより高緯度のものは最適機の計算値が日出前になるからかゝる場合には日出後適當な高度に達するのを待つて観測すればよい。

Fig. 2. Probability densities of the intersecting points according to each hour angle when declination is 20°; latitude 0°, 25°, 40°, 60°.

Here { S...same sign (l. d)
C...contrary sign (l. d)



算値が日出前になるからかゝる場合には日出後適當な高度に達するのを待つて観測すればよい。

一例として赤緯が 20°、緯度が 0°, 25°, 40° 60° の場合を考えれば最適機の時角は夫々 1^h56^m,

41^m(Same sign) 3^h56^m(Contrary sign),
2^h6^m(S) 4^h44^m(C),
3^h34^m(S) 5^h11^m(C), 3^h24^m(Sun rise),

となるが k 値の變化の状態を graph に畫いて見た。

Fig. 2 が即ちそれである。同圖を通して最適機として許容さるべき時角の幅がよく判ると思う。

4. 最適機の比較及び方法

3. に述べた如く赤緯と緯度とが與えられればそれに対する天測最適機は求められるが、それ等の最適機に観測した場合決定船位の確らしさは k の値によつて勿論異なる。つまり k が大きくなれば船位の確らしさは

Table. 1. Best hour angle to observe 1st sight

d	l. d; Same sign						l. d; Contrary sign					
	0°	5°	10°	15°	20°	23°	0°	5°	10°	15°	20°	23°
0°		38 ^m	1 ^h 8 ^m	1 ^h 32 ^m	1 ^h 56 ^m	2 ^h 10 ^m		38 ^m	1 ^h 8 ^m	1 ^h 32 ^m	1 ^h 56 ^m	2 ^h 10 ^m
1	12 ^m	33	1 3	1 27	1 51	2 6	12 ^m	44	1 13	1 37	2 1	2 15
2	20	27	57	1 23	1 47	2 2	20	50	1 18	1 42	2 5	2 19
3	27	21	51	1 18	1 42	1 57	27	56	1 22	1 47	2 10	2 24
4	33	13	45	1 13	1 38	1 53	33	1 ^h 2 ^m	1 27	1 52	2 14	2 28
5	39	12	40	1 8	1 33	1 48	39	1 7	1 32	1 56	2 19	2 32
6	44	12	34	1 3	1 28	1 44	44	1 12	1 37	2 1	2 23	2 37
7	50	20	27	58	1 23	1 39	50	1 17	1 42	2 6	2 28	2 41
8	55	26	21	52	1 18	1 34	55	1 22	1 46	2 10	2 32	2 46
9	1 ^h 1 ^m	33	13	47	1 13	1 29	1 ^h 1 ^m	1 27	1 50	2 14	2 36	2 50
10	1 6	38		41	1 8	1 24	1 6	1 32	1 55	2 19	2 41	2 54
11	1 12	44	10	34	1 3	1 19	1 12	1 37	1 59	2 23	2 45	2 59
12	1 17	50	18	28	58	1 14	1 17	1 42	2 4	2 27	2 49	3 3
13	1 22	55	25	20	53	1 9	1 22	1 46	2 9	2 32	2 54	3 8
14	1 27	1 ^h 1 ^m	32	11	48	1 4	1 27	1 51	2 13	2 37	2 58	3 12
15	1 32	1 6	39		42	59	1 32	1 56	2 18	2 41	3 2	3 16
16	1 37	1 11	45	10	36	54	1 37	2 1	2 22	2 45	3 8	3 21
17	1 42	1 16	51	20	30	48	1 42	2 5	2 27	2 50	3 11	3 25
18	1 47	1 22	57	28	22	43	1 47	2 10	2 31	2 54	3 15	3 30
19	1 52	1 27	1 ^h 2 ^m	35	13	36	1 52	2 15	2 36	2 59	3 20	3 34
20	1 56	1 32	1 8	42		30	1 56	2 19	2 40	3 3	3 24	3 39
21	2 1	1 37	1 13	48	12	23	2 1	2 24	2 45	3 8	3 28	3 43
22	2 6	1 43	1 19	54	22	14	2 6	2 28	2 49	3 12	3 33	3 48
23	2 11	1 48	1 24	59	29		2 11	2 33	2 54	3 16	3 37	3 52
24	2 15	1 53	1 30	1 ^h 5 ^m	35	13	2 15	2 37	2 58	3 21	3 42	3 56
25	2 20	1 58	1 35	1 10	41	22	2 20	2 42	3 3	3 25	3 46	4 1
26	2 25	2 3	1 40	1 15	48	30	2 25	2 46	3 7	3 29	3 50	4 5
27	2 29	2 8	1 45	1 21	54	36	2 29	2 51	3 12	3 33	3 55	4 9
28	2 34	2 12	1 50	1 26	59	42	2 34	2 55	3 16	3 38	3 59	4 13
29	2 39	2 17	1 55	1 31	1 ^h 5 ^m	48	2 39	3 0	3 20	3 42	4 3	4 17
30	2 43	2 22	2 0	1 36	1 11	55	2 43	3 4	3 25	3 46	4 7	4 21
31	2 47	2 26	2 5	1 41	1 17	1 ^h 1 ^m	2 47	3 8	3 29	3 50	4 11	4 25
32	2 52	2 31	2 10	1 47	1 22	1 7	2 52	3 12	3 33	3 54	4 15	4 30
33	2 56	2 35	2 15	1 52	1 28	1 13	2 56	3 16	3 37	3 58	4 19	4 34
34	3 0	2 40	2 19	1 57	1 33	1 18	3 0	3 21	3 42	4 2	4 23	4 38
35	3 4	2 44	2 24	2 2	1 39	1 24	3 4	3 25	3 46	4 6	4 27	4 42
36	3 8	2 48	2 29	2 7	1 45	1 30	3 8	3 29	3 50	4 10	4 31	4 45
37	3 12	2 53	2 33	2 12	1 50	1 35	3 12	3 33	3 54	4 13	4 34	*4 49
38	3 16	2 57	2 37	2 17	1 55	1 41	3 16	3 36	3 58	4 17	4 38	4 52
39	3 20	3 1	2 42	2 21	2 0	1 46	3 20	3 40	4 1	4 20	4 41	4 55
40	3 24	3 5	2 46	2 26	2 6	1 52	3 24	3 44	4 5	4 23	4 44	4 58
41	3 28	3 9	2 50	2 30	2 11	1 57	3 28	3 47	4 8	4 26	*4 48	5 1
42	3 32	3 13	2 55	2 35	2 16	2 2	3 32	3 51	4 12	4 29	4 50	5 3
43	3 35	3 18	2 59	2 40	2 21	2 8	3 35	3 54	4 15	4 32	4 53	5 5
44	3 39	3 21	3 3	2 44	2 26	2 13	3 39	3 57	4 18	4 35	4 55	5 7
45	3 42	3 25	3 7	2 49	2 31	2 18	3 42	4 0	4 20	4 38	4 57	5 9
46	3 46	3 29	3 11	2 53	2 35	2 23	3 46	4 3	4 22	4 40	4 59	5 10
47	3 49	3 32	3 15	2 57	2 40	2 28	3 49	4 6	4 25	4 43	5 1	5 12
48	3 52	3 36	3 19	3 2	2 45	2 33	3 52	4 9	4 27	4 45	5 2	5 13
49	3 55	3 39	3 23	3 6	2 49	2 37	3 55	4 12	4 29	4 47	5 4	5 15
50	3 58	3 42	8 26	3 10	2 54	2 42	3 58	4 15	4 31	*4 49	5 5	5 16
51	4 1	3 46	3 30	3 14	2 58	2 46	4 1	4 17	4 33	4 51	5 6	5 17
52	4 4	3 49	3 34	3 18	3 2	2 51	4 4	4 19	4 35	4 52	5 7	5 18
53	4 7	3 52	3 37	3 22	3 6	2 55	4 7	4 21	4 37	4 53	5 8	5 19
54	4 9	3 55	3 41	3 26	3 10	3 0	4 9	4 23	4 39	4 54	5 9	5 19
55	4 12	3 58	3 44	3 30	3 14	3 4	4 12	4 25	4 41	4 55	5 10	5 20
56	4 14	4 1	3 48	3 33	3 18	3 8	4 14	4 27	4 42	4 56	5 10	5 20
57	4 17	4 3	3 51	3 37	3 22	3 13	4 17	4 29	4 43	4 57	5 10	5 20
58	4 19	4 6	3 53	3 40	3 26	3 17	4 19	4 31	4 44	4 58	5 10	5 20
59	4 21	4 8	3 56	3 43	3 30	3 21	4 21	4 32	4 45	4 59	5 11	5 20
60	4 22	4 10	3 58	3 46	3 34	3 25	4 22	4 33	4 46	4 59	5 11	5 20

Fig. 3. Probability density of the intersecting point of the two position lines gotten from 1st sight at the best time and noon sight.
The sign shows the probability density in the combination of sunrise and noon.

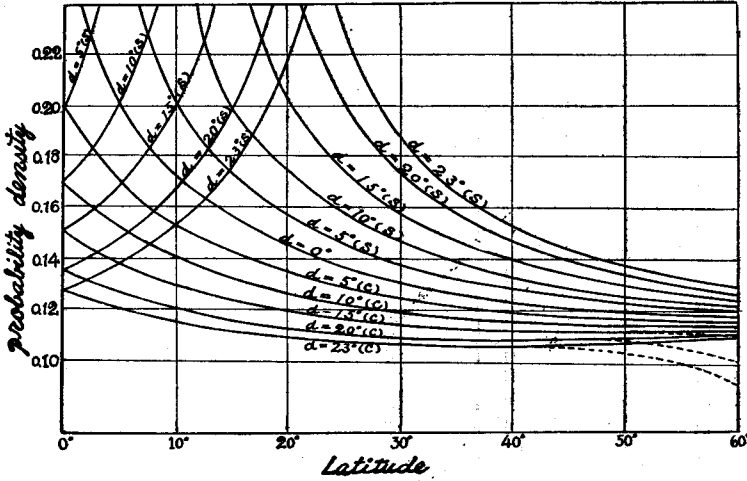
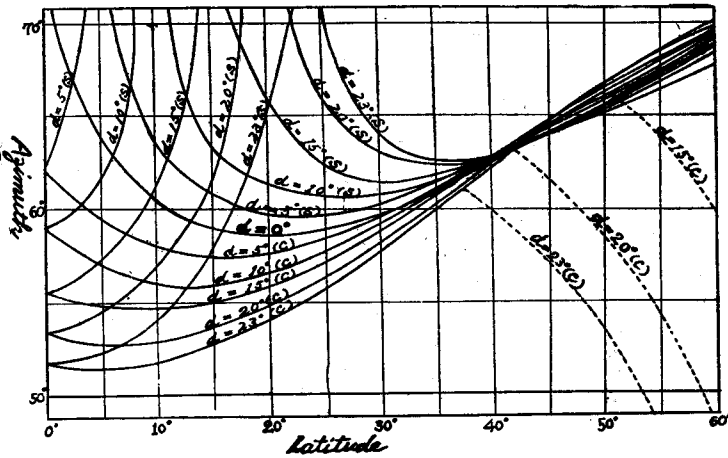


Fig. 4. Azimuth of the sun at the best time to observe 1st sight.
The sign shows the azimuths of sunrise.



5. 結 言

船位の確らしさは位置の線の数が多ければ多い程大となることは既に知られてゐるところである。その点から言えば午前と正午の二回の観測では條件が悪いと言える。これは一つには日中太陽以外の天體観測の機会に恵まれないという悪い條件によつてゐるので已むを得ないところである。又船位決定の点から見れば、他に方法は考えられるが船舶の習慣として正午位置に重點をおいてゐる關係上従來の午前と正午観測の組合せの吟味、検討を行つた。

又本文中單観測の標準誤差を 0.74 として扱つたがこの値は観測者個々に就て異なること勿論であ

増す。換言すれば誤差累は當然小となるので行船上は k の値を可及的大ならしめたいのであるが k の最大値は前述の如く緯度、赤緯によつて決定されるもので如何とも出来ない。然し乍ら與えられた條件下に於て最良の時機を見出すことは航海に必要なること論を俟たない。Fig. 3 は各緯度、赤緯に對する最適機観測と正午観測より得たる二本の位置の線の交點の確率密度を畫いたもので赤緯と緯度とが異符號のときより同符號の時の方が良好であることが判る。

又 Fig 4 は最適機に於ける太陽の方位を示す。

同圖に見る如く最適機の方位は大體 50° から 70° の間に位するもので漫然と 90° に近い方がよいとは言ふことは出来ない。

る。而も確率密度は單觀測の標準誤差に左右されるものであるから觀測技術の向上が望まれる。それと他の一つは本文に述べたるは推定船位の標準誤差を $0.74\sqrt{t}$ として取扱つているので個々の場合若干の相違あるは免れない。従つて最適機に幾らかのずれの生ずるのは不可避であるが、天測時機の基準となれば幸甚である。又決定船位に就て適當な誤差界を考え航海の萬全を期すること航海者として一層大切な事であると思う。

(水産科學研究所業績 第 98 號)