

## 学生群の天測精度について—Ⅱ\*

午前の観測における天測技量の上達過程

内田和良・深田耕一・浜口正人

On the Accuracy in Astronomical Observation  
by the Cadet Groups—ⅡProcess of Gaining Skill in the Ante-Meridian Altitude  
Observations during Training Cruise

By

Kazuyoshi UCHIDA, Koichi FUKADA, and Masato HAMAGUCHI

The previous paper examined into process of cadets gaining skill in the meridian altitude observation. The present report aimed at showing quantitatively the same process in the ante-meridian altitude observation that is another important element for astronomical position fixing and at showing consequence of both observations, one being meridian altitude during slow change of altitude but intense change of azimuth, and vice versa in the ante-meridian observation. To express the process of the ante-meridian altitude observation, the equation II ( $y = ae^{-bx}$ ) was more suitable than the equation I ( $y = ax^{-b}$ ) where  $y$  is the standard error and  $x$  is the number of observations trained. The number of observations of necessity for training differed according to performance of telescope of sextant, 15 for the telescope of  $4 \times 40 \times 6^\circ$  and 10 for the telescope of  $7 \times 35 \times 6.7^\circ$  under the setting that the applicable level was 1 mile in standard error. The difficulty in altitude observation by cadet could be arranged as follows : (1) The meridian altitude of higher than  $87^\circ$ . (2) The ante-meridian and the meridian altitude of lower than  $83^\circ$ . (3) The meridian altitude of lower than  $75^\circ$ . After the cadets trained into the applicable level, accidental error did not show any difference between the ante-meridian ( $0.855'$ ) and the meridian ( $0.849'$ ) altitude observation, but the cadets inclined to estimate the altitude higher than the values estimated by officer in both observations, and personal error of the ante-meridian altitude observation was smaller than that of the meridian altitude observation. And cadets were trained into the level of navigator (i.e. 0.74 miles in standard error) after 16 observations.

---

\* 水産大学校研究業績 第882号, 1980年7月28日受理  
Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 882. Received July 28, 1980.

## 1. 結 言

最近では電波航法の時代であり人工衛星航法も多く利用されている。しかし天体観測による船位決定法はあくまでも基本的な航海術であり、大洋航海における重要性は依然として変わらないと考えられる。

前報<sup>1)</sup>では初心者(学生)群の子午線正中時の太陽高度観測における、上達過程および目標精度を標準誤差で1マイルとし、これを達成するまでの訓練回数について検討した。太陽による正午位置の決定は、一般に午前および子午線正中時の両観測による位置の線によって行なわれる。子午線正中時では高度の変化が非常に小さく方位の変化が大きい時機であり、午前の場合は高度の変化が大きく方位の変化が小さい。このように太陽の動きが異なることに着目し、本報告では午前の観測における学生群の、上達過程および目標達成までの訓練回数について検討するとともに、相反する両観測の結果を比較検討し2・3の知見を得たので報告する。

## 2. 材料および方法

資料は1969, '72~'77の7年間、本校練習船耕洋丸(1215.33トン)の遠洋航海中に、第4年次学生によって行なわれた太陽下辺高度の測定値である。各回の測定値中異常にとびはなれた値は、SMIRNOVの棄却検定(95%の信頼度)<sup>2)</sup>に従い棄却し、残りの測定値より平均値を求め中央値とした。中央値よりのひろがりを偶然誤差と考え標準誤差( $s$ )で表わし<sup>3,4)</sup>この値を用いて天測技量の上達過程を検討した。また前述のように午前と子午線正中時では太陽の動きが異なるので、両観測から得た必要訓練回数に関する結果を比較した。なお使用した六分儀は1969, '72年が玉屋製I型(望遠鏡倍率4×40×6")であり、'73~'77の5年間は同II型(望遠鏡倍率7×35×6.7")であった。気温・水温等は気象報告用機器により計測した。

## 3. 結 果

天側により位置を決定する場合、種々の条件が測定精度に影響をおよぼすが、第I報同様に本報でも日々変化する諸条件のもとでの上達過程を檢

討し、その結果をFig. 1に示した。

この図にみられるように子午線正中時の観測と同様、最初学生群の測定値による位置の線の分布範囲は10マイル以上、ときには19マイル(標準誤差で4マイル)にもおよんでいる。しかし訓練回数を重ねるごとに測定値の分布範囲は変動しながら急速に狭くなり、ある一定回数を経験すれば安定してゆく傾向がうかがわれる。そして航海終了近くには測定値の分布範囲は3マイル(標準誤差で0.8マイル)以下となる。しかし学生群の測定値の平均は熟練者の測定値より深くあらわれる傾向がほとんどの例でみられる。また両測定値の隔たりは最初不安定であるが、標準誤差が小さくなるに従い熟練者に近づき、その差は0.5マイル以下となっている。同様の傾向が子午線正中時の観測でもみられ、天測技量の上達程度を表わす標準誤差( $s$ )は最初急速に減少し、その後変動しながらゆるやかに減少する下記式I・IIで表現できた。

$$y = ae^{-bx} \dots\dots\dots I$$

$$y = ax^{-b} \dots\dots\dots II$$

本報告においても各年度・各群について標準誤差( $s=y$ )の経回数( $x$ )変化をしらべるためこれらの式でモデル化し、上達過程および目標達成までの必要訓練回数を検討した。訓練回数の検討にあたっては子午線正中時の場合と同様に、学生群がとくに細かな指導を必要とした1~2回目を除き、2~3回目以降の測定値から式I・IIにより求めた結果をTable 1およびFig. 2に示した。天測技量の上達過程は全例とも回帰係数が $\alpha = 0.05$ で有意とみなせ、上記2式のいずれでも表現できると考えられる。

上記2式を用いて学生群が目標精度(推定標準誤差で1マイル)を達成するまでに要する訓練回数を計算すればTable 2のとおりである。また上記2式を用いて等回数線図を描き、午前と子午線正中時の両観測における係数を記入したものがFig. 3である。各係数を両観測についてみれば、係数 $a$ の違いは最初の巧拙によるものであり、係数 $b$ は訓練による上達の緩急をあらわしている。また両観測における係数を子午線正中時(●)と午前(○)で示した。この図を用いて子午線正中時の観測に必要な訓練回数( $x_m$ )と午前の観測に対するそれ( $x_a$ )を比べると、学生群は次の3群に分

けられる。

- 1)  $x_m > x_a \dots\dots '69A \cdot B, '72A \cdot B$
- 2) 係数は大きく異なるが、求めた必要回数

ほとんど変わらない (●と○を結ぶ線は等回数線と平行に近い)  $\dots\dots '73A \cdot B, '74B$

- 3)  $x_m < x_a \dots\dots '74A \cdot B, '75B$

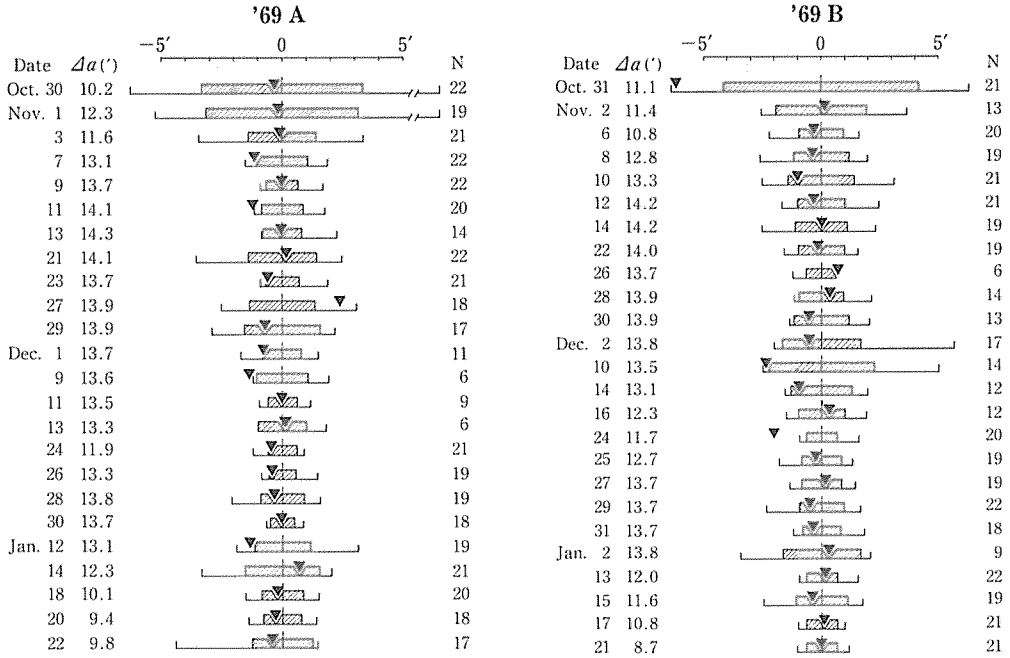
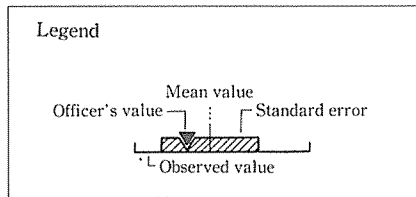


Fig. 1. Change in the relative distribution of ante-meridian altitude observed by the cadets in accordance with the passing of the training days.

Note  $\Delta\alpha$ : Change of altitude per minute  
 N: Number of data



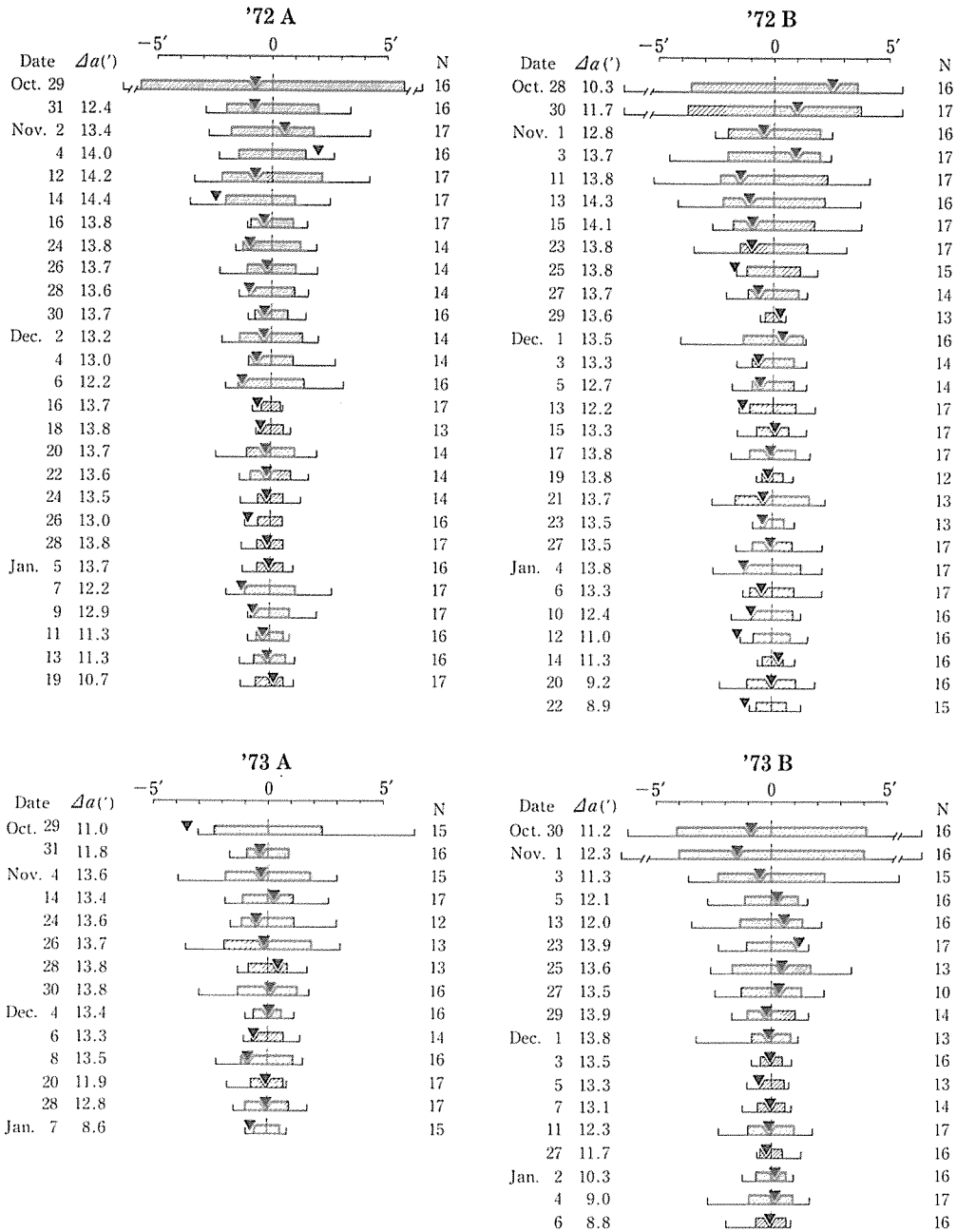
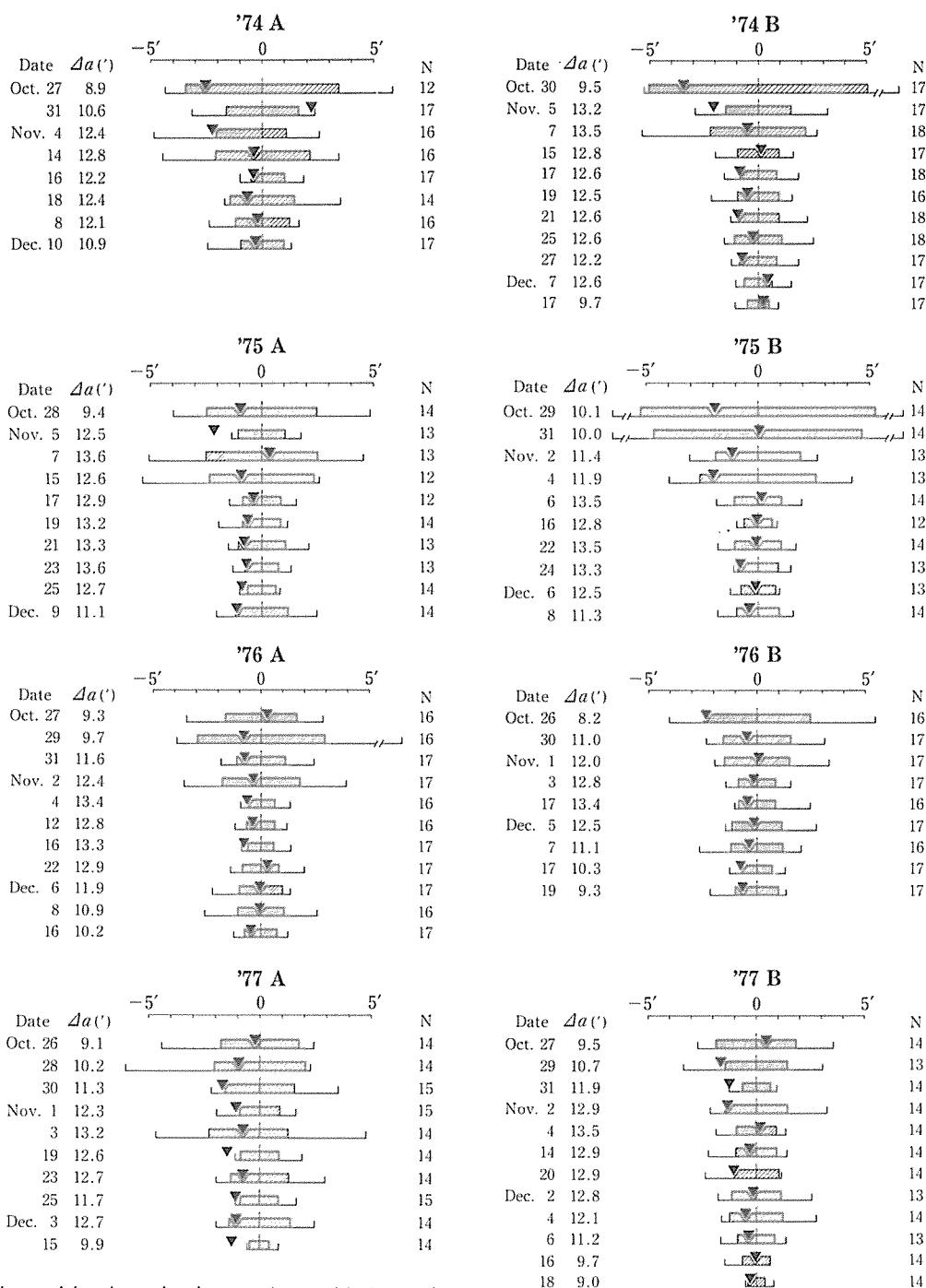


Fig. 1. Change in the relative distribution of ante-meridian days of the training days.

Note  $\Delta a$ : Change of altitude per minute



altitude observed by the cadets in accordance with the passing

N : Number of data

Table 1. Estimated equations and their significance.

		I $(y = ae^{-bx})$			II $(y = ax^{-b})$			<i>n</i>
		<i>a</i>	<i>b</i>	$F_0$	<i>a</i>	<i>b</i>	$F_0$	
1969	A	1.471	0.029	4.739*	2.304	0.355	12.768**	24
	B	1.672	0.032	8.435**	2.446	0.345	14.900**	25
1972	A	2.144	0.055	30.996**	4.036	0.586	60.900**	27
	B	2.215	0.049	22.120**	4.003	0.534	36.917**	28
1973	A	1.770	0.070	9.566**	2.061	0.375	9.463**	14
	B	2.132	0.098	30.525**	4.803	0.721	61.625**	18
1974	A	3.052	0.143	13.083**	3.159	0.510	15.622**	8
	B	2.923	0.158	19.625**	3.840	0.768	40.239**	11
1975	A	2.264	0.115	6.343*	2.465	0.475	6.412*	10
	B	4.884	0.218	23.344**	6.226	0.953	41.148**	10
1976	A	1.857	0.094	5.832*	2.158	0.450	7.615*	11
	B	1.953	0.103	7.847*	2.211	0.451	15.868**	9
1977	A	2.140	0.128	8.423*	2.191	0.468	6.996*	9
	B	1.610	0.077	7.970*	2.219	0.493	13.256**	12

Note To estimate coefficients and their Snedecor's F values, respective equations are transformed into as follows :

I  $\log y = \log a - bx$

II  $\log y = \log a - b \log x$

\* significant at 0.05 level      \*\* significant at 0.01 level

$F_0$  : 1 and  $(n-2)$  degrees of freedom

$x$  : The number of watches trained for the observations

$y$  : Standard error in miles

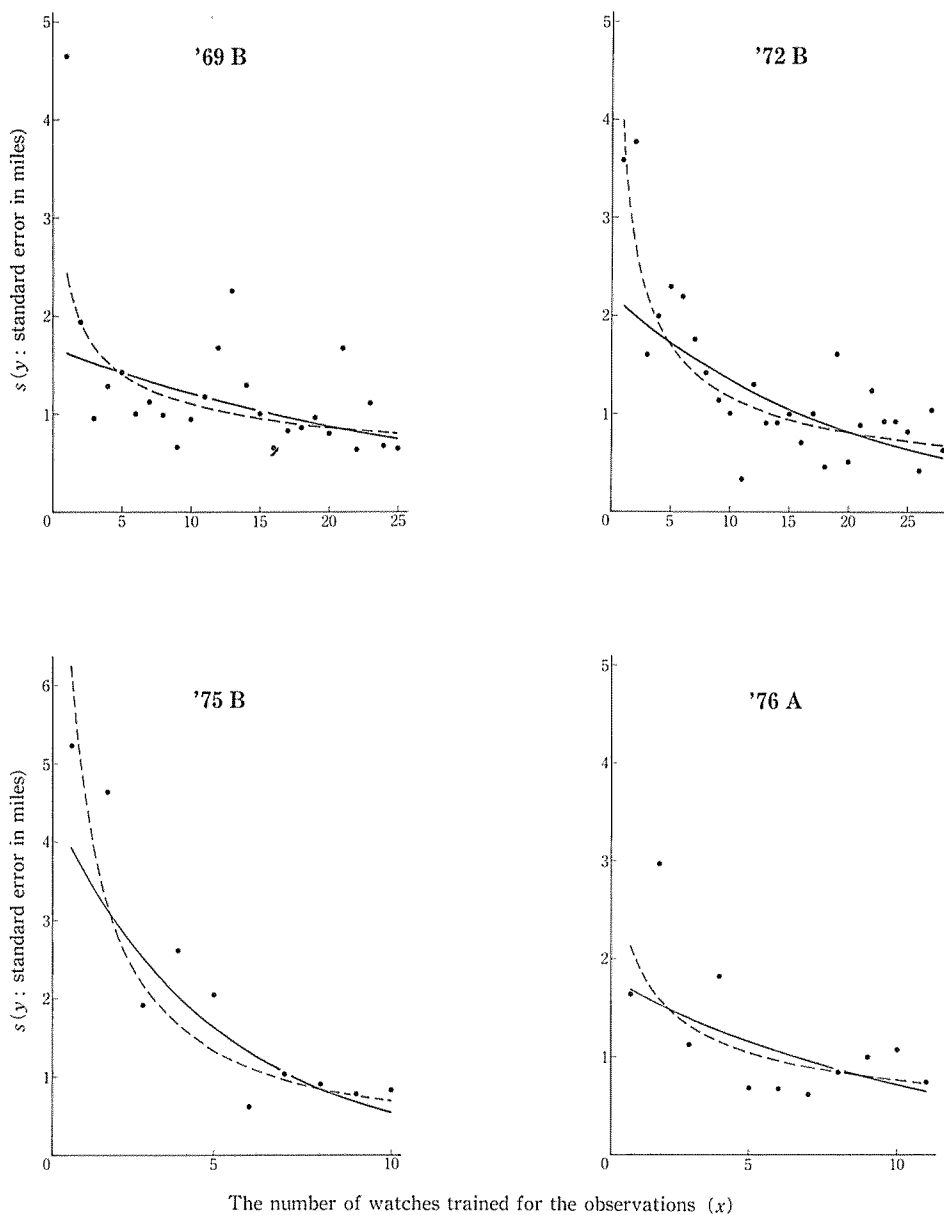


Fig. 2. Process of the cadets gaining skill in position fixing.

Note Progress of training ( $x$ ) indicates the number of the training days for the ante-meridian altitude observation.

● : Standard error of the observed value

—: Equation I see Table 1

---: Equation II

#### 4. 考 察

天測により位置を決定する場合、決定位置の誤差界を知ることは重要な問題であり、これは各位置の線の精度を知ることによってなされる。

前報においては最も精度が高いといわれる子午線正中時の太陽観測について、学生群の天測技量の上達過程、および目標精度を標準誤差で1マイル(中央誤差で0.74マイル)と決めこの目標を達成するまでの過程、ならびに訓練回数について検討した。

本報告では太陽観測による位置決定のもう一方の重要な時機である午前中の観測について、前報同様学生群の天測技量の上達過程および目標達成までの訓練回数を日々変化する諸条件のもとで検討した。午前中の観測の最適時機は子午線正中時との時間差にもよるが、太陽が東西圏を通過する時機近くが選ばれる。したがって高度の変化が大きく方位の変化が小さい時であり、子午線正中時はこれと反対に高度の変化が非常に小さく方位の変化が大きい時機である。子午線高度緯度法は極めて精度の高い緯度測定法である<sup>3)</sup>といわれる理由は、計算に用いられる推定経度の誤差が介入しないという計算過程のこともあるが、 $\Delta a = \cos l \sin z \Delta h$ でも明らかなように高度の変化が最小時機であるということにもよる。また高度の変化について中根ら<sup>4)</sup>は午前と午後の観測を比較し、個人誤差で午後の観測の方が1.1~1.4マイル深くなるが中央誤差ではそれほど増加しなかったとしている。しかし午前と子午線正中時の観測の比較はみられないので、この両観測時機についても検討した。

学生群の上達過程を午前の観測について検討す

ると、Fig. 1 にみられるように最初学生群の測定値は10マイル以上、ときには19マイルにもおよんでいる。しかし学生群の上達は速く測定値の分布範囲は急速に小さくなり、気象・海象等の悪条件が重ならない限り変動幅も小さく一定精度までは順調に上達してゆくことがうかがわれる。学生群の上達程度を表わす標準誤差についてみても、目標精度である1マイルに達する回数は早く、その後変動を繰り返して安定してゆくことがうかがわれ、前報同様の指数曲線を描く傾向である。しかし測定値の分布範囲ならびに標準誤差の変動は、子午線正中時における'69, '72の両年度に比較して小さく、高度の変化量が大きい午前の観測時機より、83'以上ときには87'以上の観測を数回含む高々度の観測の方が、学生群にとっては困難な観測と推察される。そこで定量的な考察を進めるため前報において検討し、上達過程を良く表現していると考えられた2つの式<sup>5)</sup>を用いて、標準誤差の訓練回数に対する回帰係数の有意性をしらべた結果はTable 1に示すとおりである。天測技量の上達過程は各年度・各群全てについて回帰係数が $\alpha = 0.05$ で有意とみなせ、式I・IIいずれの式でも表現出来るものと考えられる。しかし回帰係数が $\alpha = 0.01$ で有意とみなせる例は式Iで14例中7例であるが、式IIにおいては14例中11例にもおよんでいる。また $F_0$ の値は'77年度Aと、僅かな違いである'73年度Aとの2例を除くすべてについて式IIが高い値を示している。これらのことから式IIの方が式Iより上達過程全般の傾向をより良く表現していると考えられる。しかし目標精度( $s=1$ )を達成するに要する訓練回数の推定にあたっては、より安定した高い精度を目標とすることが望まし

Table 2. Estimated days of training to attain skill of 1 mile standard error.

		1969	1972	1973	1974	1975	1976	1977
A	I	13.3	13.9	8.2	7.8	7.1	6.7	5.9
	II	10.5	10.8	6.9	9.5	6.7	5.5	5.3
B	I	16.1	16.2	7.8	6.8	7.3	6.5	6.2
	II	13.4	13.4	7.8	5.8	6.8	5.8	5.1



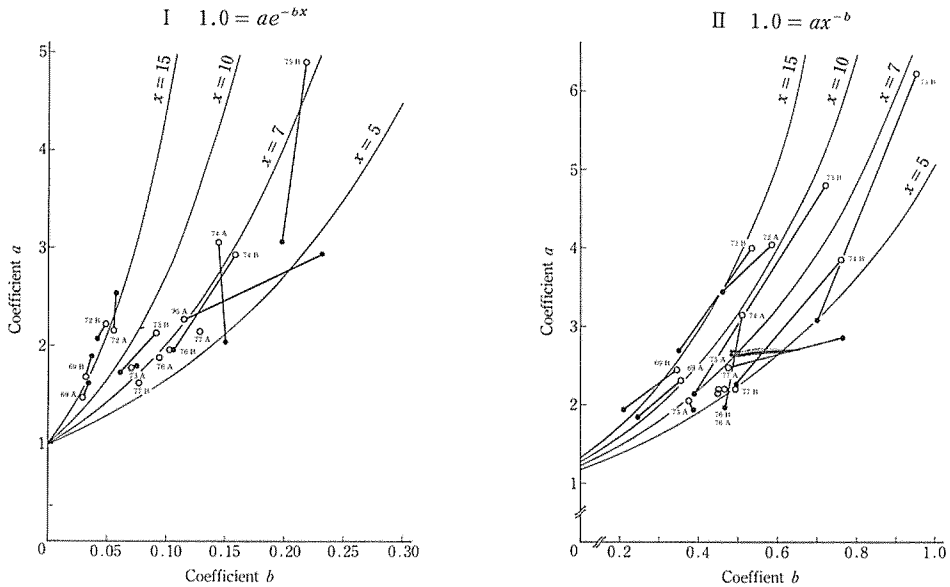


Fig. 3. The training-day isopleth diagram and short-hand comparison of the number of training days to attain to level of 1 mile standard error.

Note ○: The ante-meridian altitude observation  
●: The meridian altitude observation

く、このためには後述のように多くの訓練回数を必要とすることとなる。Table 2 にみられるように式 I より求めた目標精度を達成するまでの推定訓練回数は14例中12例と、式 II より求めた値より多いか等しくなっている。したがって必要訓練回数の推定には式 I をも考慮に入れることが望ましいと考える。その結果、必要訓練回数は'69, '72の両年度においては16回, '73年度以降は10回となった。この違いは'73年度以降高倍率・広視野の六分儀を用いたためと推察される。

目標精度 ( $s = 1$ ) を達成した後は Fig. 2 にみられるように両曲線による標準誤差の推定値は逆転し、熟練者と呼ばれる技量すなわち中央誤差で  $0.5 (s = 0.74)$  マイル<sup>3,5)</sup> に到達するには、式 II の方が式 I より多くの訓練回数を必要とする。また前述のとおり式 II がより良く全般の傾向を表現していると考えられるので、熟練者と呼ばれる天測技量までの上達過程を表わすには式 II が適当と考えられる。

Fig. 3 に示した等回数線図によれば午前と子午線正中時の両観測における係数はそれぞれ大きく

違っているが、式 I と式 II を用いて目標達成までの訓練回数を求め、学生群を分けると次のようになる。

1. 午前の観測では
  - 1) 10回以上 ('69A・B, '72A・B)
  - 2) 6回以上10回以下 ('73以降すべて)
2. 子午線正中時の観測では
  - 1) 15回以上 ('69A・B, '72A・B)
  - 2) 7回以上10回以下 ('73A・B)
  - 3) 7回以下 ('74A・B, '75A・B)
3. 午前の観測と子午線正中時の両観測においては
  - 1) 午前の観測が子午線正中時の観測より目標達成回数が増加する ( $x = 15$  の線に近づくかまたは減少方向に横切る) ('69A・B, '72A・B)
  - 2) 両観測がほとんど変わらないかまたは僅かに増減する (等回数線にほとんど平行) ('73A・B, '74B)
  - 3) 午前の観測が明確に増加する (等回数線を増加の方向に横切る) (その他)

しかし3.3)の場合でも午前の値は3.2)に示した子午線正中時の値に近づくがそれを越えない。

子午線正中時の観測においては'69, '72年度(83°以上), '73年度(83°近く), '74年度以降(75°以下)と観測高度に差異があったため目標達成回数が異なった。しかし高度変化の大きい時機である午前の観測においては, '69, '72の両年度と'73年度以降の2つに分かれるだけである(Table 2 参照)。午前の観測高度はすべて62°以下であり, 中根ら<sup>3)</sup> 鮫島ら<sup>6)</sup> の報告にみられるように, 70°以下の高度においては定誤差・偶然誤差ともに高度の影響はみられなかったとされ, また Fig. 1 に併記したとおり各年度とも高度の変化量に大きな差はみられない。1分間の高度変化量が14'近くと大きな観測時機においても標準誤差の値に変化はみられず, 午前の観測において高度の変化量による影響はないものと推察される。したがって2つのグループに分かれた原因は六分儀の望遠鏡の性能差によるものとする。すなわち学生群における太陽観測の難度は(1)まず, 高度の変化は小さくても方位の変化が大きい子午線正中時の観測で, 87°以上の天体をも含む高々度の観測, (2)次に高度の変化が大きい午前の観測と83°以下の子午線正中時の観測, (3)そして75°以下の子午線正中時における観測の順となった。

前報においては必要訓練回数を経験した後の標準誤差の平均を0.78マイル<sup>1)</sup>と示した。しかし午前の観測において'74年度以降は必要訓練回数が大きくあられ, 前報同様の取り扱いをすれば資料がきわめて少なく比較検討が出来ない。このため, 本報では各年度・各群それぞれが標準誤差で1マイルの目標精度に達する回数を用いることとした。Table 3 に見られるように個人誤差と考えられる熟練者と学生群との比較では, 午前の観測で0.383マイル, 子午線正中時の観測で0.457マイルと学生群が深い測定値を示し, 多くの報告<sup>1,3,6)</sup>にみられるとおりとなった。また両観測を比較すると午前の方が熟練者に近い値となる。これは高々度の天体観測では定誤差は少し増加の傾向にあったが, 偶然誤差はたいして変わりはなかったとする鮫島ら<sup>6)</sup>の報告と一致した。

また16回以上の訓練を行なった'69~'73年度と

Table 3. Comparison of the means of standard error and differences between means of cadet's and officer's value in the ante-meridian and the meridian altitude observation, after gaining skill in 1 mile standard error.

	Ante-meridian		Meridian	
	$\bar{s}$	$\bar{I}_c - \bar{I}_o$	$\bar{s}$	$\bar{I}_c - \bar{I}_o$
1969 - 1973	0.812	0.298	0.860	0.357
1974 - 1977	0.883	0.553	0.832	0.617
Total	0.836	0.383	0.849	0.457

Note  $\bar{s}$  : Means of standard error  
 $\bar{I}_c$  : Means of cadet's value  
 $\bar{I}_o$  : Officer's value

10回程度と少ない'74年度以降とでは, 目標精度に達した後の個人誤差は大きく異なり, 0.25マイルもの違いがみられる。高々度の観測や六分儀の性能(倍率および視野)差により'69, '72年度は, 上達は遅いが目標精度を達成した後の精度は非常に良く, '73年度も含めて考えると16回以上の訓練を経験すれば, 学生群においてほとんどの者は個人誤差, 偶然誤差ともに熟練者に近づき精度の良い測定が可能になるものとする。

資料の処理に関して終始御指導をいただいた本校前田弘教授に深甚の謝意を表す。

### 3. 要 約

練習船の航海で学生の天測実習について前報では太陽の子午線正中時を対象とした。本報告においては太陽による位置決定のもう一方の重要な時機である午前観測について, 前報同様の方法により検討を加えるとともに, 子午線正中時と午前の観測すなわち高度の変化が最も小さく方位の変化が最も大きい時機と, 高度の変化が大きく方位の変化が小さい時機, という相反する条件における結果を比較検討した。それらを要約すると次のとおりである。

1. 学生群の天測技量の上達過程はその程度を示す標準誤差の経回数変化が指数曲線, 式 I ( $y = ae^{-bx}$ ) および式 II ( $y = ax^{-b}$ ) に従うのでその係数を用い上達過程を検討した。その結果

式Ⅱは式Ⅰにくらべ回帰係数が $\alpha = 0.01$ で有意とみなせる群が多く、 $F_0$ の値はほとんどの例で大きいので、変動傾向をより良く表現していると考えられる。

2. 目標精度 ( $s = 1$ ) に達するまでの推定訓練回数は、六分儀の性能差により異なるものと考えられるが、高度の変化量による影響はないものと考えられる。式Ⅰおよび式Ⅱを用いて求めた必要訓練回数は下記ようになった。

- 1) 望遠鏡 (倍率  $4 \times 40 \times 6^\circ$ ) の六分儀を用いた場合 16回
- 2) 望遠鏡 (倍率  $7 \times 35 \times 6.7^\circ$ ) の六分儀を用いた場合 10回

3. 初心者の太陽高度観測の難度は下記のとおりとなった。

- 1) 高度の変化は小さくても方位の変化が大きい子午線正中時の観測で、 $87'$ 以上の天体をも含む高々度の観測
- 2) 高度の変化が大きい午前の観測および子午線正中時で $83'$ 以下の高度観測
- 3) 子午線正中時における $75'$ 以下の高度観測

4. 各年度・各群が目標精度を達成した後の標準誤差 (偶然誤差) および熟練者と初心者との差 (個人誤差) を検討すれば次のとおりとなった。

- 1) 偶然誤差は午前の観測では $0.855$ マイル、子午線正中時の観測では $0.849$ マイルとほとんど差はなく、熟練者と呼ばれる精度にはおよばないが、学生群の天測技量の上達程度は良好と考える。

2) 個人誤差は多くの報告にみられるように、午前および子午線正中時の観測ともに深くあらわれた。しかし午前の観測では $0.383$ マイルと子午線正中時のそれ ( $0.457$ マイル) より小さく、午前の観測が熟練者に近い値を示した。

3) 本実験において16回以上の訓練を経験した場合、偶然誤差は熟練者と呼ばれる値にはおよばなかったが、個人誤差は両観測とも小さく (午前： $0.298$ マイル、子午線正中時： $0.357$ マイル)、ほとんどの学生はいかなる条件下においても熟練者に近く、安定した測定が可能となると考えられる。

## 文 献

- 1) 内田和良・浜口正人・深田耕一：水産大研報，25，221～231 (1977)。
- 2) 岸根卓郎：理論応用統計学，養賢堂，東京，1970，pp. 401～408。
- 3) 岩永道臣・樽美幸雄：精説天文航法 (下)，成山堂，東京，1963，pp. 154～159，p. 212。
- 4) 中根重勝・日高 昇：長崎大学水産学研究報告，28，205～212 (1969)。
- 5) 鮫島直人：船位誤差論，天然社，東京，1954，pp. 26～27。
- 6) 鮫島直人・庄子和民・上坂太郎・川本文彦・鈴木 捷：商船大学海務学院研究報告，2，1～21 (1941)。