

学生群の天測精度について—Ⅲ*

精度におよぼす気象・海象等の影響

内田和良・浜口正人・深田耕一

On the Accuracy in Astronomical Observation
by the Cadet Groups—Ⅲ

Statistical Analysis of Some Factors which have Effect
on the Accuracy

By

Kazuyoshi UCHIDA, Masato HAMAGUCHI, and Koichi FUKADA

The previous two papers dealt with quantitatively the process of cadets gaining skill and number of observations necessary for train to attain the applicable level as the apprentice officer (1 mile in standard error) in the meridian and ante-meridian altitude observations. The present report examined into influence of some factors which probably had effects on the accuracy of the altitude observed by cadets. The results obtained by the multiple linear regression analysis (all possible selection procedure) were summarized as follows: Relative wind direction— The influence in the ante-meridian altitude observation was expressed by the estimated multiple linear regression equation (1) and the influence in the meridian altitude observation was by the estimated equations (2) and (3). Both observations differed in the sign of partial regression coefficient. Relative wind speed— The influence in the ante-meridian altitude observation was by the estimated equations (1), (4), and (5). That in the meridian altitude observation was by the estimated equations (3) and (6). Wind wave (grade 0 to 5 in the scale of Japan Meteorological Agency) — It could be considered that there was no influence. Ship's rolling— There was no influence in the ante-meridian altitude observation. But, in the meridian altitude observation, the influence was expressed by the estimated equation (3). The times of discontinuances of training by calling foreign ports— The accuracy of the altitude observed by cadets in the ante-meridian altitude observation became stable and high as the times go by. The influence was expressed by the estimated equations (7) and (8). In the meridian altitude observation, the accuracy was almost constant, regardless of the times.

* 水産大学校研究業績 第900号, 1981年2月16日受理.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No.900. Received Feb. 16, 1981.

1. 緒 言

前2報^{1,2)}では初心者(学生)群の天体観測実習において、太陽の子午線正中時および午前の観測を対象とし、観測技術の上達過程および目標精度(標準誤差で1マイル)を達成するまでの訓練回数について検討を試みた。また天体観測による船位決定においては、これまでに位置の線による誤差界や誤差の処理について数多くの研究成果がみられる³⁻⁸⁾

天体の高度測定においてはいかなる器具・方法を利用して最終的な判断は測定者の感覚によらなければならない。特に初心者である学生群が天測により船位を決定する場合、乗船生活の不慣れや船体動揺に対する適応性、または航海途次における外地に寄港することによる実習訓練の中断もしくは集中力の欠如等により熟練者に比べて偶然誤差の量が大きくなると考えられる。そこで筆者らは日々変化する多くの気象・海象および寄港等が学生群の天測の測定精度にどのように影響するかを前2報の資料をもとに検討し2・3の知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

本報告に用いた資料は1972年より1977年までの6年間の本校練習船耕洋丸(1215トン、サイドトロール船型)による遠洋航海中(1972年:南太平洋海域, 1973年~1977年:インド洋海域)に、すでに1ヵ月の乗船実習の経験はあるが航行中の天測実習は行っていない第4年次漁船運用学課程の学生によって行なわれた太陽下辺高度の観測値である。使用した六分儀は1972年が玉屋製I型で、1973年より1977年までの5年間が同II型である。6年間の観測回数は午前の場合が169回、子午線正中時の場合が163回であった。しかし前2報でも報告したように学生群の上達過程の初期は測定値の分布範囲が広く、また変動が激しく周囲の状況等による影響を受ける度合いが不明なため、本報告ではこの期間を除外し、モデル化した数式($y = ae^{-bx}$ または $y = ax^{-b}$ 、ただし x : 観測回数, y : 同時に行なった10~20名の学生による太陽下辺高度観測によって得た値の標準誤差(マイル), a, b : 求めた実験式の係数)より目標値であ

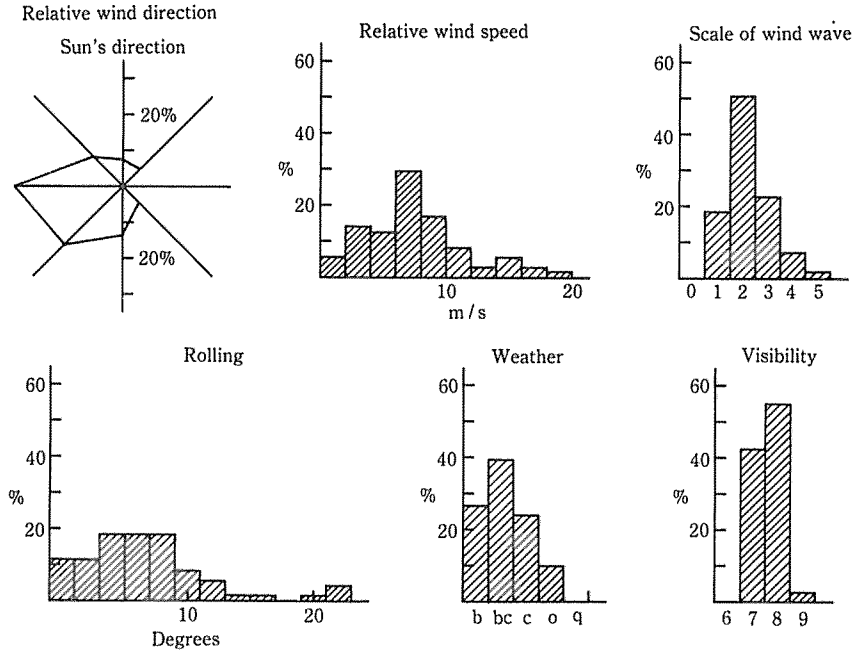
る標準誤差で1マイル以下となる回数を算出し、それ以後の y の値を用いた。したがって本報告に用いた y は午前が71個、子午線正中時が73個である。これら観測時の気象・海象の頻度分布を Fig. 1-1) (午前観測), Fig. 1-2) (子午線正中時観測) に示す。

これらの要素の中から学生群に特に影響を与えらると思われる相対風向・相対風速・風浪階級・ローリング・航海途次の入出港回数等を選び、前2報で計算した当日の学生群の標準誤差値(s)について観測時の諸要素に対する重回帰分析(変数最良選択法による⁹⁾)を行ない、どのように各要素が影響しているかを検討した。相対風向・相対風速はコーシンペン(光電製作所 K・K 製)により得られた値を用い、相対風向は太陽の方向より時計回りに度の単位で、相対風速は m/s で用いた。風浪階級は気象観測担当航海士による目視観測結果を気象庁風浪階級表により階級別に用いた。ローリングはクリノメータにて計測し、左右の揺れの大きさ(°)を加算した値を用いた。なお観測した諸要素の中で天候については観測回数の約90%が、視程については約97%が天測するのに十分良好な状態であったことから、この2要素が実験資料の測定精度に影響をおよぼすとは考えられないので今回の検討からは除いた。

3. 結果および考察

航行中に天測を行なう場合、測定者は風向・風速・風浪・ローリング・天候・視程等により種々の影響を受ける。またこれら気象・海象の諸要素は船の針路および船速によって一概には言えないが、一般的に個々の要素が単独で影響を与えるものではなく諸要素が総合的に影響し合っているものと考えられる。しかし実際の航海中に得た資料ではある要素の影響を考える場合に、他のすべての要素を一定に保つか、または一定の値をとった時に資料を分けて扱うということは困難である。したがって可能性のある多数の要素を説明変数として用いた重回帰分析をしなければ個々の要素の影響は扱えない。このことから本報告では天候・視程を除く他の要素すなわち相対風向・相対風速・風浪階級・ローリングに相対風向ダミー変数を加え、さらに外地寄港の入出港回数と入港出港別

1) Ante-meridian altitude observation



2) Meridian altitude observation

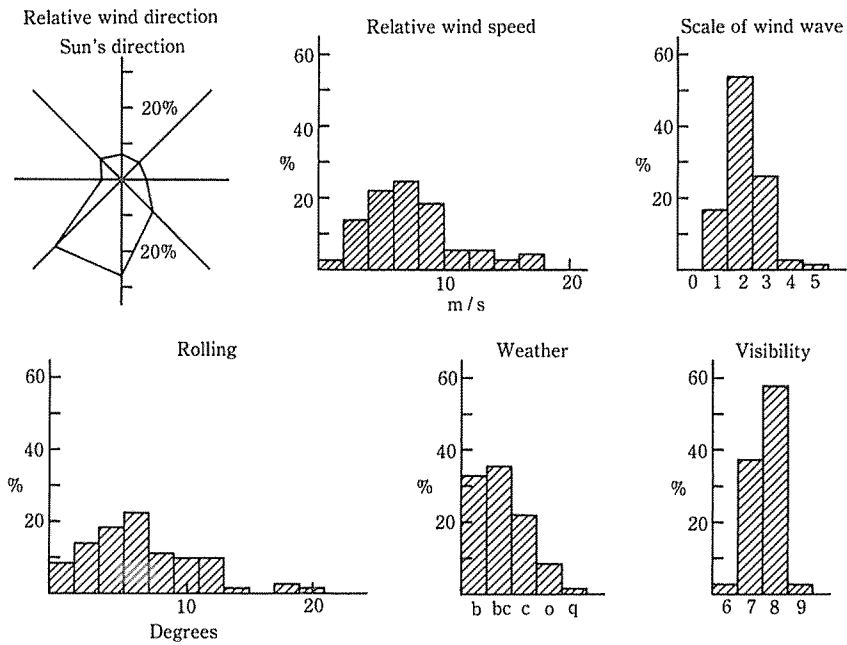


Fig. 1 Relative frequency distributions of sailing conditions.

のダミー変数を加えてこれらを説明変数 ($x_1 \sim x_7$) とし、当日の学生群の標準誤差値 ($s = y$) に対する最良重回帰式 ($y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_7x_7$) を推定し、どのような要素が測定精度に影響をおよぼしているかを検討した。上記説明変数およびダミー変数は次のとおりである。

- x_1 : 相対風向 ($0^\circ \sim 180^\circ$ の時そのまま, $180^\circ \sim 360^\circ$ の時は $360^\circ - x_1$ とし両者は x_5 で識別した)
- x_2 : 相対風速 (m/s)
- x_3 : 風浪階級 (風浪の高さとし m で表わす)
- x_4 : ローリング ($^\circ$)
- x_5 : 相対風向ダミー (x_1 をそのまま用いた時 0, $360^\circ - x_1$ の時 1)
- x_6 : 入出港回数 (回)
- x_7 : 入港出港ダミー (出港の時 0, 入港の時 1)

なお本報告の重回帰分析ではすべての説明変数を用いず次の方法によった。すなわち目的とする説明変数を見出すため変数相互の相関を考え、分析対象とする変数と相関が大きい他の説明変数は除外した。また x_1 と x_5 , x_6 と x_7 は同時に用いなければならない。

3.1 相対風向・相対風速

風を受けながら洋上で天測を行なう場合、測定者の感覚として特定の方向、特に前面からかかってくる風速が大である時には観測姿勢が不安定となり易く六分儀の視野内に太陽を保てなくなったり、六分儀を持つ手が風の強弱により小刻みに震えたりする。また六分儀の接眼レンズと測定者の眼の間を風が強く通過することによる出涙で観測が容易でなくなると考えられる。

相対風向 (x_1) と s との相関について検討すると、午前観測の場合 s に対する単相関では x_2, x_3, x_4, \dots の順で x_1 は 4 番目に相関があったが 5% の水準で有意とみなせなかった。また x_1 に対する単相関は x_4, x_5, s, \dots の順であったが、これについてもすべて 5% で有意とみなせなかった。次に s について x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 を可能性のある説明変数として用いた重回帰分析を行なった。その結果説明変数としていずれか n 個を用いるとすれば次の組み合わせによる重回帰係数 (r) が最も大きくなることがわかった。

n	
1	x_2
2	x_2, x_5
3	x_2, x_5, x_1
4	x_2, x_5, x_1, x_4
5	x_2, x_5, x_1, x_4, x_3

これらのうち $n = 1 \sim 3$ の相関係数が 5% で有意とみなせた。ここでは x_1 を問題としているので $n = 3$ の式を示せば次の通りである。

$$y = 0.629 + 0.001 x_1 + 0.027 x_2 - 0.100 x_5 \dots (1)$$

$$(r = 0.352^*, n_1 = 3, n_2 = 62)$$

x_1 は 7° から 178° まで変動するので x_1 による最大差は 0.171 マイルであり、風向が後方に 1° づつ向かうごとに y は 0.001 マイル増大する。 $n = 1 \sim 3$ の各式による y の計算値と実測値との比較を Fig. 2-1) に示す。また子午線正中時の場合 s に対する単相関では x_1, x_2, x_4, \dots の順で x_1 は最も相関が高くかつ 5% で有意とみなせた。 x_1 に対する単相関は s, x_3, x_6, \dots の順で x_3 ままで 5% で有意とみなせた。次に午前の場合と同じ変数と考えた重回帰分析では次の組み合わせによる r が最も大きくなることがわかった。

n	
1	x_1
2	x_1, x_2
3	x_1, x_2, x_4
4	x_1, x_2, x_4, x_3
5	x_1, x_2, x_4, x_3, x_5

これらのうち $n = 1 \sim 3$ の相関係数が 5% で有意とみなせ、 x_1 について最も少ない数の説明変数を用いるとすれば

$$y = 1.028 - 0.002 x_1 \dots (2)$$

$$(r = 0.267^*, n_1 = 1, n_2 = 70)$$

また最も多数の説明変数を用いるとすれば

$$y = 0.905 - 0.002 x_1 + 0.012 x_2 + 0.008 x_4 \dots (3)$$

$$(r = 0.332^*, n_1 = 3, n_2 = 68)$$

となる。したがって x_1 は 0° から 179° まで変動するので x_1 による y の最大差は 0.358 マイルであり、風向が後方に 1° づつ向かうごとに y は 0.002 マイル減少する。 $n = 1 \sim 3$ の各式による y の計算値と実測値との比較を Fig. 2-2) に示す。以上両観測の分析結果で大きく異なる点は x_1 の係数 (a_1) の符号が逆になることである。これは午前の場合には相

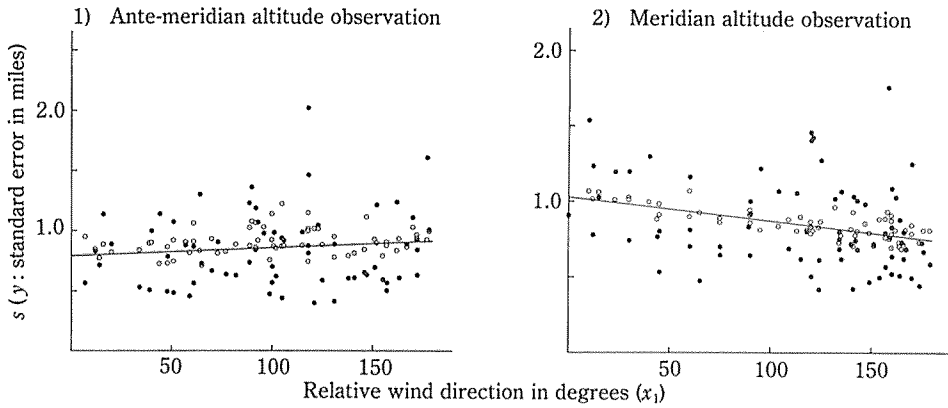


Fig.2 Regression on the relative wind direction.

Note
 •: Observed value
 ◦: For 1) Eq. (1)
 ◦: For 2) Eq. (3)
 —: Linear regression equation on x_1 (significant at 0.05 level)

対風向が後方に向かうに従って y の値も正比例して大きくなっており、風を正面近くから受けるほど精度におよぼす影響は小さくなっているが、子午線正中時の場合には逆に影響は大きくなるということが言える。この原因については前 2 報でも述べたとおり両観測における観測方法の違いや太陽の動きの違いなど種々考えられるが、Fig. 1-1), Fig. 1-2) のとおり資料の相対風向の平均が午前で 100.7° 、子午線正中時で 115.2° またその分散も 2254° 、 2568° と両観測共に資料に片寄りはなく一概に何が原因であるとは言えない。また資料は船の航海計画に従って一定針路を航行中に観測したものであり、相対風向を変えての観測を行っていないことも考慮すると今後の天測実習計画に検討を必要とすると考えられる。また x_5 について考えると午前の場合 $n = 2$ で取り入れられ、相対風向が $180^\circ \sim 360^\circ$ の間では値が小さくなっているが、子午線正中時の場合 $n = 5$ で取り入れられ 5% で有意とみなせないことから、相対風向の左右の差はなく考慮しなくても良いと言える。

相対風速 (x_2) と s との相関を検討し Fig. 3-1) (午前観測), Fig. 3-2) (子午線正中時観測) に示した。午前の場合 s に対する単相関では x_2, x_3, x_4 …… の順で x_2 は最も相関が高くかつ 5% で有意とみなせた。 x_2 に対する単相関では x_3, x_5, s ……

の順で x_3, x_5 が 1% で、 s が 5% で有意とみなせた。次に s について x_2, x_3, x_4 を可能性のある説明変数として用いた重回帰分析では次の組み合わせによる r が最も大きくなることがわかった。

n	
1	x_2
2	x_2, x_4
3	x_2, x_4, x_3

これらのうち $n = 1$ の相関係数が 5% で有意とみなせた。この時の回帰式は次のとおりである。

$$y = 0.669 + 0.021 x_2 \dots\dots\dots(4)$$

$$(r = 0.271^*, n_1 = 1, n_2 = 69)$$

x_2 は 0 m/s から 20 m/s まで変動するので x_2 による y の最大差は 0.420 マイルであり、風速 1 m/s 増すごとに y は 0.021 マイル増大する。また子午線正中時の場合 s に対する単相関では x_2, x_4, x_1 …… の順で x_2 は最も相関は高いが 5% で有意とみなせなかった。 x_2 に対する単相関では x_3, x_5, x_7 …… の順で最初の x_3 だけが 1% で有意とみなせた。次に午前の場合と同じ変数を考えに用いた重回帰分析では x_2, x_4, x_3 の順序に変数は加わりますがすべて 5% で有意とみなせなかった。しかし上記重回帰分析では相対風速と関連の深い相対風向が加味されていない。これは資料の中に相対風向の不明 (いわゆる風向なしの状態) で午前観測 71 例

中5例, 子午線正中時観測73例中1例) があったためである。これらの例を削除し説明変数 x_1 と x_5 を加えて重回帰分析を行なった結果前述の相対風向の場合で述べたとおり, 午前の場合 x_2, x_5, x_1, x_4, x_3 の順序に, 子午線正中時の場合 $x_1, x_2,$

x_4, x_3, x_5 の順序に変数が加わり, かつ両観測共 $n = 3$ までが5%で有意とみなせた。これらのうち x_2 を用いしかも最も少ない数の説明変数を用いた式は, 午前の場合式(5), 子午線正中時の場合は式(6)となる。

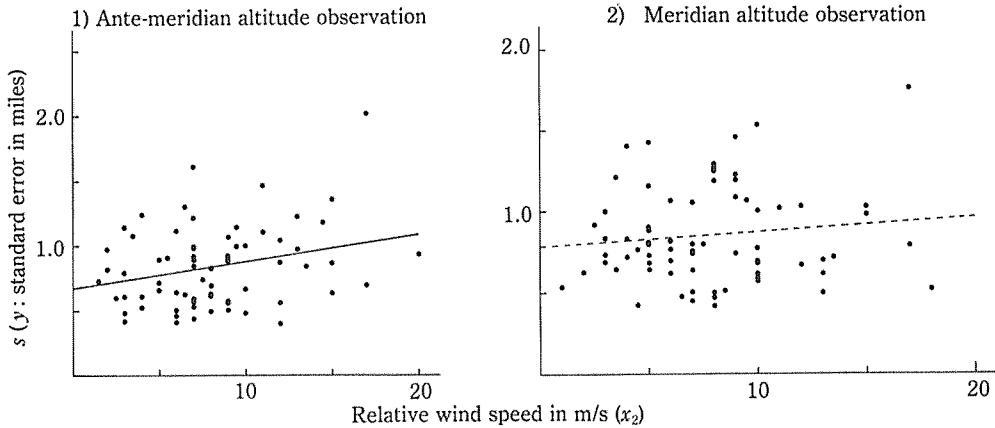


Fig. 3 Regression on the relative wind speed.

Note •: Observed value
 —: Linear regression equation on x_2 (significant at 0.05 level)
 - - - : Linear regression equation on x_2 (insignificant at 0.05 level)

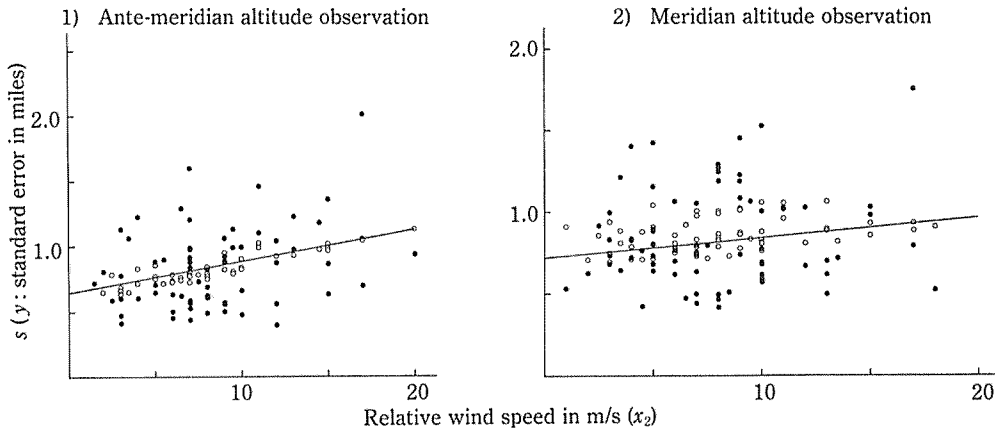


Fig. 4 Regression on the relative wind speed.

Note •: Observed value
 ○: For 1) Eq. (1)
 ○: For 2) Eq. (3)
 —: Linear regression equation on x_2 (significant at 0.05 level)

$$y = 0.634 + 0.025 x_2 \dots\dots\dots(5)$$

$$(r = 0.309^*, n_1 = 1, n_2 = 64)$$

$$y = 0.948 - 0.002 x_1 + 0.012 x_2 \dots\dots\dots(6)$$

$$(r = 0.308^*, n_1 = 2, n_2 = 69)$$

また最も多数の説明変数を用いるとすれば午前の場合が前記式(1)で、子午線正中時の場合は式(3)となる。従って x_2 は午前の場合 0 m/s から 20 m/s まで、子午線正中時の場合 1 m/s から 18 m/s まで変動するので x_2 による y の最大差はそれぞれ 0.540マイル (式(1)による)、0.204マイルであり、風速が 1 m/s 増すごとに y は 0.027マイル、0.012マイル増大する。 $n = 1 \sim 3$ の各式による y の計算値と実測値との比較を Fig. 4-1) (午前観測), Fig. 4-2) (子午線正中時観測) に示す。このように s について特に子午線正中時の観測においては x_2 と s の単相関では有意とみなせなかったが、 x_1 を加えた重回帰分析では有意とみなせることから次のように考えられる。相対風向による測定精度への影響は午前観測は式(1)にて、子午線正中時の観測は式(2), (3)にて推定でき、相対風速については午前の場合式(1), (4), (5)にて、子午線正中時の場合は式(3), (6)にて推定できるものと思われる。

3.2 風浪階級

気象庁風浪階級表によると階級が 1 大きくなるにつれて波高は比例的には大きくならないで、各階級に含まれる波高はその範囲が広がっている。このため重回帰分析するにあたり各階級の平均波高を用いて検討した。その結果を Fig. 5-1) (午前観測), Fig. 5-2) (子午線正中時観測) に示す。午前の場合 s に対する単相関では $x_2, x_3, x_4 \dots$ の順で x_3 は 2 番目に高い相関があったが 5% で有意とみなせなかった。 x_3 に対する単相関では $x_2, x_4, s \dots$ の順で x_4 までが 1% で有意とみなせた。また変数 x_2, x_3, x_4 を考えた重回帰分析でも x_3 が取り入れられる式はすべて 5% で有意とみなせなかった。子午線正中時の場合 s に対する単相関では $x_2, x_4, x_1 \dots$ の順で 6 番目に高い相関があったが 5% で有意とみなせなかった。 x_3 に対する単相関では $x_2, x_4, x_6 \dots$ の順で x_4 までが 1% で有意とみなせた。また午前の場合と同様の重回帰分析でも x_3 が取り入れられる式はすべて 5% で有意とみなせなかった。以上

他に両観測共 x_3 について x_4 を除いた (x_2, x_3), (x_1, x_2, x_3, x_5), (x_2, x_3, x_6, x_7), ($x_1, x_2, x_3, x_5, x_6, x_7$) の 4 組 (x_1 の入る組み合わせでは 3・1 で述べたように風向不明の資料は除いた) について重回帰分析を行なったが、その結果も x_3 を用いた式はすべて 5% で有意とはみなせなかった。

次に同一舷における隔日の連続した天測において、風浪階級が 2 以上変化した場合の s の変化を資料より抜粋し Table 1-1) (午前観測), Table 1-2) (子午線正中時観測) に示す。両観測共回数は 7 回であったが、これらからも明らかなごとく階級が前回天測した時よりも小さく (大きく) なったからといって s の値も小さく (大きく) なるとは言えないようである。

資料を収集した耕洋丸で船体の動揺が激しくなるのは風浪階級が 4 以上であるが、荒天の時是一般に天測が可能な気象条件ではなく、この階級 4 以上の資料も乏しい欠点はある。しかし両図・両表の結果から、目標精度に達した後の学生群の天測では、本資料の風浪階級の範囲内では測定精度におよぼす影響は無視できると考えられる。

3.3 ローリング

ローリング・風浪階級の両要素は互いに関連があるが、船の針路または船速により別々の要素として取扱わなければならない場合もあり本報告でも別個に検討した。ローリング (x_4) についての結果を Fig. 6-1) (午前観測), Fig. 6-2) (子午線正中時観測) に示す。前述の通りローリングの度数は左右の揺れを加算したものである。午前の場合 s に対する単相関では $x_2, x_3, x_4 \dots$ の順で x_4 は 3 番目に高い相関があったが 5% で有意とみなせなかった。 x_4 に対する単相関では $x_3, x_5, x_1 \dots$ の順で最初の x_3 だけが 1% で有意とみなせた。 x_2, x_3, x_4 の変数を考えた重回帰分析でも x_4 を用いた式は 5% で有意とみなせなかった。また x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 の分析でも同様であった。子午線正中時の場合 s に対する単相関では $x_2, x_4, x_1 \dots$ の順で x_4 は 2 番目に高い相関があったが 5% で有意とみなせなかった。 x_4 に対する単相関では $x_6, x_3, x_7 \dots$ の順で x_6, x_3 が 1% で、 x_7 が 5% で有意とみなせた。午前の場合と同じ変数を考えた 2 組の重回帰分析で (x_2, x_3, x_4) の場合は $n = 3$

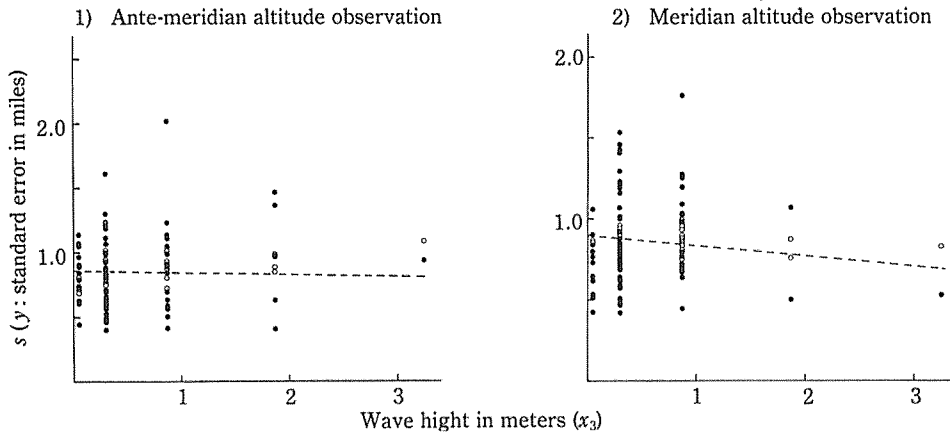


Fig. 5 Regression on the wind wave.

Note •: Observed value
 ○: Multiple linear regression equation of x_2 , x_3 , and x_1 (insignificant at 0.05 level)
 ----: Linear regression equation on x_3 (insignificant at 0.05 level)

Table 1. Change of standard error when the scale of wind wave changed more than grades 2 in a series of altitude observations.

1) Ante-meridian altitude observation			
Year	Date	Change of the scale of wind wave	Change of standard error
'72	Dec.15→Dec.17	4→2	0.701→0.994
	Dec.16→Dec.18	4→2	0.408→0.501
	Dec.20→Dec.22	1→3	1.070→0.888
'73	Jan. 2→Jan. 4	2→5	0.631→0.936
	Jan. 4→Jan. 6	5→3	0.936→0.636
'75	Nov.17→Nov.19	1→3	0.860→0.827
	Nov.21→Nov.23	3→1	1.076→0.733

2) Meridian altitude observation			
Year	Date	Change of the scale of wind wave	Change of standard error
'72	Dec.15→Dec.17	4→2	1.068→1.459
	Dec.18→Dec.20	3→1	1.163→0.828
	Dec.20→Dec.22	1→3	0.828→1.024
'73	Jan. 2→Jan. 4	2→5	1.009→0.525
	Jan. 4→Jan. 6	5→3	0.525→0.793
'75	Oct.29→Oct.31	3→1	0.758→1.088
	Dec. 2→Dec. 4	1→3	0.766→1.022

で x_1 が取り入れられるが 5% で有意とみなせなかった。 $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ の場合には $3 \cdot 1$ で述べたとおり x_1 は $n = 3$ で取り入れられかつこの $n = 3$ までが 5% で有意とみなせた。この時の回帰式は式 (3) で、 x_1 は 0° から 20° まで変動するので x_1 による y の最大差は 0.160 マイル、ローリングが 1° 増すごとに y は 0.008 マイル増大する。この両観測における相違は高々度観測にみられる午前観測と子午線正中時の上達過程の違いと類似し、次の事から生じるものと推察される。すなわち高度が高くなるほど六分儀の視野内の太陽の弧は長くなり、水平線との正合が困難となる。これにローリングが加わる事によりさらに難度は増してくる。この事は 鮫島ら³⁾ が指摘していることと一致するが、中根ら²⁾ の実験結果とは相反するものがある。しかし中根らの実験に使用した船は小型船 (20 トン) でローリングの周期の違いが大きく作用しているものと考えられ、またこの場合は午前と午後の観測を対象としており子午線正中時の観測資料はない。午前観測は瞬時の測定であり、精神の集中が可能であるが、子午線正中時の観測は太陽の最高々度測定であり、正中時附近ではごく緩やかな高度変化である。さらに推測位置の隔たりにより時として測定に長い時間を要する

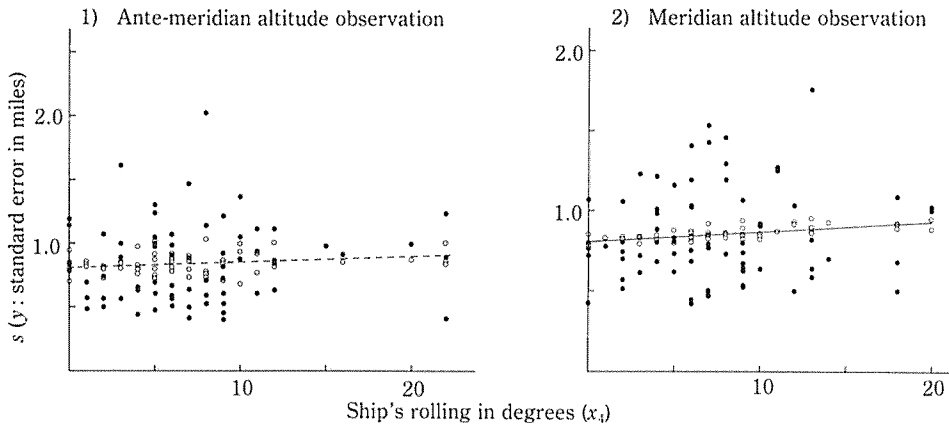


Fig.6 Regression on the ship's rolling.

- Note
- : Observed value
 - : For 1) multiple linear regression equation of x_2 and x_4 (insignificant at 0.05 level)
 - : For 2) Eq. (3)
 - : Linear regression equation on x_4 (insignificant at 0.05 level)
 - : Linear regression equation on x_4 (significant at 0.05 level)

ことがある。したがって精神の集中力の欠如を招き易く、水平線との正合の決定に対して不安が生じるのではないかと推察される。これらのことから午前観測では重回帰分析しても有意とみなせる式は見い出せず、精度におよぼす影響は現われなかったが、子午線正中時の観測ではローリングが大きくなるにしたがって精度におよぼす影響も大きくなり、式(3)にて推定できるものと考えられる。

3.4 入出港回数

資料を収集した航海は通称遠洋航海と言われていたもので、定係港を出港して学生群の大半が初めての外地である港に入港、停泊、出港と一航海平均して4港位の入出港を繰り返して帰港する。この外地寄港ということで天測の訓練は一時中断されるし、また初めての外地ということで精神的に安定を欠き易い状況にある。このようなことから入港前にある水準に達していた天測精度が寄港することによりどのように影響を受けるかを検討した。その結果を Fig. 7-1) (午前観測), Fig.

7-2) (子午線正中時観測) に示す。これは同一般における寄港地出港後最初の天測の s より、当該港入港前最後の天測の s を引算した値の頻度分布を入出港の回数ごとに表わしたものである。この場合全資料を使用し、そのうち1マイル以下となる回数以後の入出港の分は黒で表わした。寄港により精度におよぼす影響があるとすれば両図共プラス側に分布が片寄らなくてはならないが、図からも明らかなごとくある回数ではプラス・マイナス側のどちらかに片寄っている場合もあるが、全体的には両観測共両側に平均して分布している。このことは予想された寄港による訓練の中断および精神的不安定に陥いるということの影響はないものと推察される。また入出港の回数を重ねるごとに頻度分布の幅が午前の場合には小さくなっているが子午線正中時の場合は大体一定となっている。これは午前の場合入出港を重ねるごとに前後の天測の精度が安定してくるものと考えられ、子午線正中時の場合は入出港を重ねなくても大体において精度は一定していると考えられる。これらのことは3.3でも述べたように観測の相違や太陽の動きが

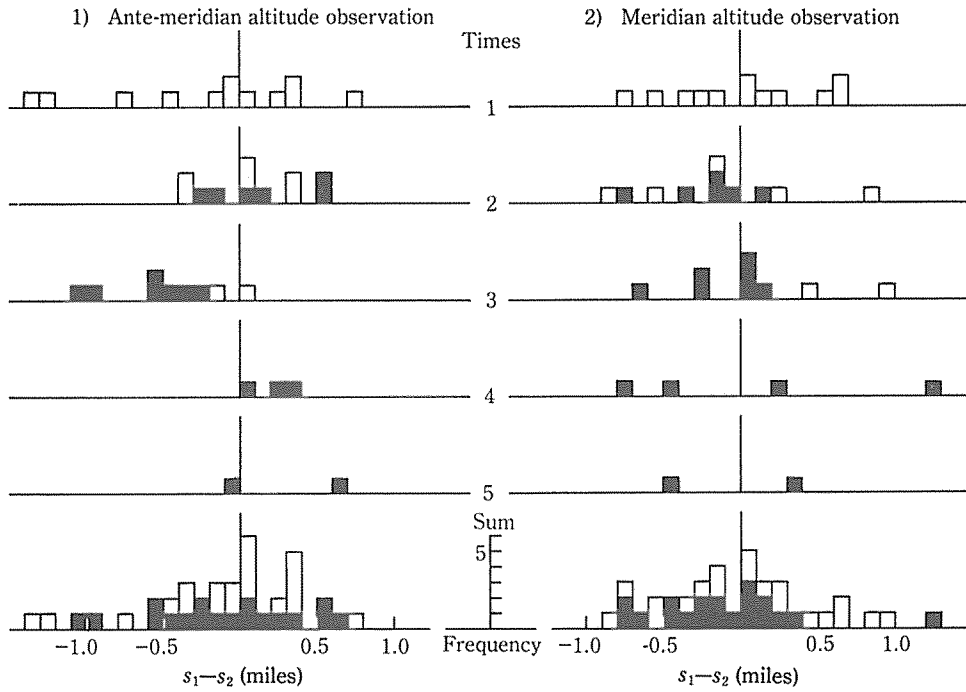


Fig. 7 Relative frequency distributions of first value after departure from a port-final value before enter port.

Note s_1 : First value after departure from a port
 s_2 : Final value before enter port
 ■ : Under 1 mile in standard error

異なるということ、午前観測は当日の最初の天測であり、また訓練の最初の期間は精度が安定していないが、目標精度に達した後は安定性も増し寄港による影響も少なくなってくるものと考えられる。

次に寄港の前後の天測の資料について重回帰分析し、その結果を Fig. 8-1) (午前観測), Fig. 8-2) (子午線正中時観測) に示す。午前の場合 s に対する単相関では $x_3, x_6, x_5 \dots$ の順で x_6 は 2 番目に高い相関がありかつ 5% で有意とみなせた。 x_6 に対する単相関では $s, x_1, x_3 \dots$ の順で最初の s までが 5% で有意とみなせた。次に s について x_1 から x_7 までのすべての変数を用いた重回帰分析では $x_3, x_6, x_5, x_1, x_1, x_7, x_2$ の順に各変数に加わり、 $n = 1$ が 5% で、 $n = 2 \sim 4$ が 1% で、 $n = 5, 6$ が 5% で有意とみなせ x_6 は $n = 2$ で取り入れ

られ高い相関があった。これらのうち x_6 について最も少ない数の説明変数を用いた時の回帰式は

$$y = 1.043 + 0.224 x_3 - 0.103 x_6 \dots\dots\dots(7)$$

$$(r = 0.537^*, n_1 = 2, n_2 = 37)$$

であり、最も多数の変数を用いるとすれば

$$y = 1.149 + 0.001 x_1 + 0.245 x_3 - 0.007 x_4$$

$$- 0.122 x_5 - 0.112 x_6 + 0.019 x_7 \dots\dots\dots(8)$$

$$(r = 0.572^*, n_1 = 6, n_2 = 33)$$

となる。したがって x_6 は 1 回から 6 回まで変動するので x_6 による y の最大差は 0.560 マイル (式(8)による) で 1 回入出港することに y は 0.112 マイル減少し精度が良くなっていくことがうかがえる。また子午線正中時の場合 s に対する単相関では $x_1, x_2, x_3 \dots$ の順で x_6 は 5 番目に高い相関があったが 5% で有意とみなせなかった。 x_6 に対する単相関では $x_3, x_2, x_1 \dots$ の順で最初の x_3 だけが 5% で

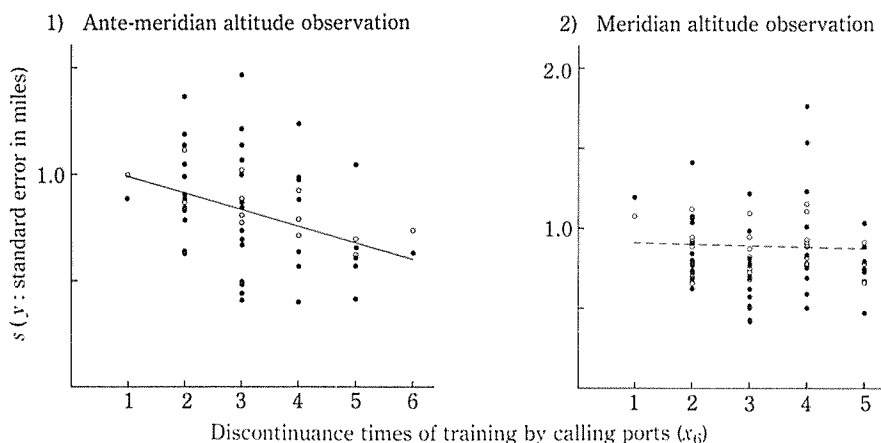


Fig. 8 Regression on the times of discontinuances of training by calling foreign ports.

Note

- : Observed value
- : For 1) Eq. (7)
- : For 2) multiple linear regression equation of $x_1, x_2, x_4, x_6,$ and x_7 (insignificant at 0.05 level)
- : Linear regression equation on x_6 (singificant at 0.05 level)
- : Linear regression equation on x_6 (insignificant at 0.05 level)

有意とみなせたとすぎなかった。次に午前の場合と同じ組み合わせを考えた重回帰分析では $x_1, x_2, x_4, x_7, x_6, x_5, x_3$ の順に各変数が加わり、 $n = 1 \sim 3$ までの式が5%で有意とみなせたが x_6 および x_7 はこの範囲には取り入れられなかった。またこの他に $(x_6, x_7), (x_3, x_1, x_6, x_7)$ の2組についての分析でも r が非常に小さくすべて5%で有意とはみなせなかった。 x_7 について考えると午前の場合 $n = 6$ で取り入れられ出港後の天測の方が入港前より値が大きくなっている。子午線正中時の場合は $n = 4$ で取り入れられるが、5%で有意とみなせず寄港前後の差は考慮しなくても良いと言える。これらのことから目標精度に達した後の学生群の天測では、午前観測では入出港を重ねるごとに入出港による影響が少なくなって測定精度も良好となり、また精度の安定性も良くなるということが言える。子午線正中時の観測では入出港の回数よりも相対風向・相対風速の影響が大きく作用しており、また入出港回数には関係なくその前後の測定精度は大体において一定しているということが言えるようである。

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。

4. 要 約

練習船における学生の太陽による天測実習で、目標精度 ($s = 1$ マイル) に達した後の値について、外界からの影響や寄港による訓練の中断もしくは集中力の欠如等による影響を重回帰分析 (変数最良選択法による) により検討した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 相対風向・相対風速による影響について、午前および子午線正中時の両観測共有意とみなせる回帰式 (式(1)~式(6))が見い出せた。しかし各式の偏回帰係数は予想していたよりは小さく、相対風向の場合 (両観測における係数の符号は逆であるが) 最大差の幅は0.171~0.358 マイル、相対風速の場合は0.204~0.540 マイルであることから、この2要素が測定精度におよぼす影響はわずかでしかないと考えられる。
2. 本実験中に経験した風浪階級0~5の範囲

では、測定精度と風浪階級の間には相関はなく、初心者といえども精度は変わらない。

3. ローリングによる影響について、午前観測では測定精度との間に相関はないが、子午線正中時の観測では有意とみなせる回帰式(式(3))が見い出せた。この両観測の相違は観測方法や太陽高度の違いにより高々度観測の難度が第Ⅱ報と同様に現われ、これにローリングが加わりさらに影響していると考えられるが、この場合の最大差はわずか0.160マイルであり、相対風向・相対風速による影響より小さいと考えられる。
4. 外地寄港による影響について、午前観測では入出港の回数とは高い相関があり、有意とみなせる回帰式(式(7), (8))が見い出せ、入出港を重ねるごとに、すなわち訓練回数を経るごとに精度は良くなりかつ安定性も増してくる。子午線正中時の観測では入出港回数には相関がなく、その前後の精度は大体一定しており、目標精度までの上達は午前観測同様であるが、その後の上達は遅く安定性に乏しいと言えることができる。

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) 内田和良・深田耕一・浜口正人：水産大研報，29，91～101（1980）。
- 3) 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）。
- 4) 鮫島直人：船位誤差論，天然社，東京，1954，pp.24～27。
- 5) 平岩 節：日本航海学会論文集，17，115～125（1957）。
- 6) 平岩 節：日本航海学会論文集，26，29～34（1961）。
- 7) 広田 実：日本航海学会論文集，34，89～95（1965）。
- 8) 中根重勝・日高 昇：長崎大学水産学研究报告，28，205～212（1969）。
- 9) 大崎紘一・菊池 進・緒方正名：統計技術，同文書院，東京，1978，pp.91～103，pp.217～238。

Appendix table

Estimated multiple linear regression equations

y_i	Eq.No.	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
y_1	(1)	0.629	0.001	0.027			-0.100		
	(4)	0.669		0.021					
	(5)	0.634		0.025					
	(7)	1.043			0.224			-0.103	
	(8)	1.149	0.001		0.245	-0.007	-0.122	-0.112	0.019
y_2	(2)	1.028	-0.002						
	(3)	0.905	-0.002	0.012		0.008			
	(6)	0.948	-0.002	0.012					

$y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_jx_j$

$i = 1$: For the ante-meridian altitude observation

$i = 2$: For the meridian altitude observation

x_1 : Relative wind direction (°) When $x_1 > 180^\circ$, $360^\circ - x_1$

x_2 : Relative wind speed (m/s)

x_3 : Wind wave height (m)

x_4 : Ship's rolling (°)

x_5 : Dummy variable of relative wind direction (when $360^\circ - x_1 : 1$, otherwise : 0)

x_6 : Times of calling ports

x_7 : Dummy variable of times of calling ports
(before enter port : 0, after departure from a port : 1)