

水平角観測精度に及ぼす風力の影響

福井工業大学 正会員 長 浜 友 治

1. 序言

一般に、測量作業における風の影響については、変動、光の縦横屈折、見之の良否等と共に、氣象誤差として観測誤差を増大せしめるものである。現実一般公共測量において、精度に影響すると考えられる強風下で、観測が行われている。本実験においては、Wild T-Zを用い水平角観測における、各風力階級の精度変化を解析した。

2. 試験観測

観測地は、福井県三国町地先の海岸で、1969. 10月中連続観測を実施した。視準目標は、氣象誤差による観測精度の影響を除くため、十字線夾角 $10''$ 程度の適当距離 $60m$ 地先に視準釘を設け、(1.2)を観測した。使用した器械は、Universal Theodolite Wild T-Z 15cm であり、三等三角測量程度の3討回観測を1セットとし、風力は、3杯風程式風速計により、10分間平均風速を記録した。但し地上 $0.5m$ の地表面風速である。

3. 実験値解析

(1) 観測差

n 討回における観測差 μ の max. error を $M_{(r-l)n}$ で表わすと、

$$M_{(r-l)n} = \pm Z \sqrt{n(v_s^2 + v_m^2)}$$

v_s : sighting error v_m : micro-value reading error

目標の大きさも充分で、見之が良く contrast $\delta \approx 1$

$$v_s = \theta = \theta_0 / M = 1.4'' \quad v_m = \frac{B}{\sqrt{Z}} = 0.7''$$

θ : 望遠鏡の分解能 θ_0 : 肉眼の分解能 $= 40''$ M : 望遠鏡の倍率 $= 28$ 倍

B : 最小読定値 $= 1''$

表 - 1 μ の異常率

	0~3 m/s			3~6 m/s			6~9 m/s		
	E	N	Σ	E	N	Σ	E	N	Σ
n	11	7	18	20	15	35	7	10	17
n'	0	0	0	3	4	7	3	3	6
P	0	0	0	15.0	26.7	20.0	42.9	30.0	35.3

以上より $M_{(r-l)n} = \pm 5.4''$ となる。

(2) 倍角差

n 討回における倍角差の max error は、

$$M_{(r+l)n} = \pm Z \sqrt{n(v_s^2 + v_m^2)} \pm Z v_g \sqrt{n}$$

v_g : graduation error

v_g は Wild T-Z では $2''$ 程度である。計算の結果、 $M_{(r+l)n} = \pm 12.3''$ となる。

観測データより、倍角差については、すべて制限値を越えたものはない。

この結果、各風力階級における観測差の異常率を示すと、表-1の如くなる。但し n は全個数、 n' は越えた個数、 P は比率である。

表 - 2

	0~3 m/s		3~6 m/s		6~9 m/s	
	E	N	E	N	E	N
$\bar{x}$	2.25	2.80	3.37	3.78	5.37	4.39
S	1.00	1.74	1.52	1.97	1.32	2.56
n	11	7	20	15	7	10

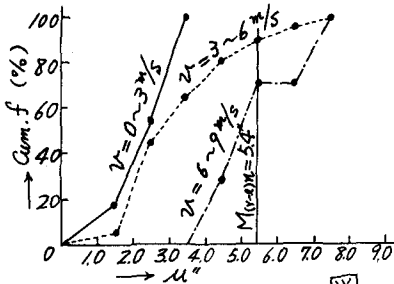
観測差の $\bar{x}$, S, nのデータを表-2に示す。

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad S = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$$

図-1に Cum. f diagram を示す。測者Eでは、

各風力階級による観測差に有意差が認められるが、測者Nでは、 $V=3\sim6\text{ m/s}$ と $6\sim9\text{ m/s}$ の間に大きな変化が認められない。

測者E Cum. f diagram



測者N Cum. f diagram

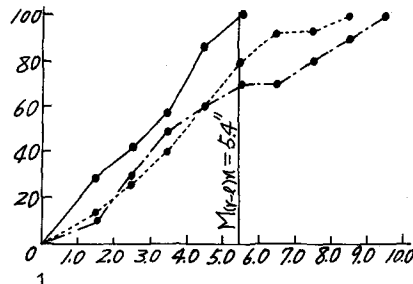
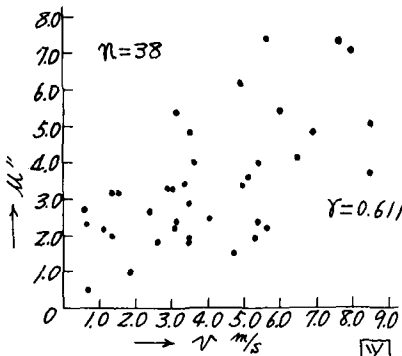


図 - 1

測者E V-u Correlation diagram



測者N V-u Correlation diagram

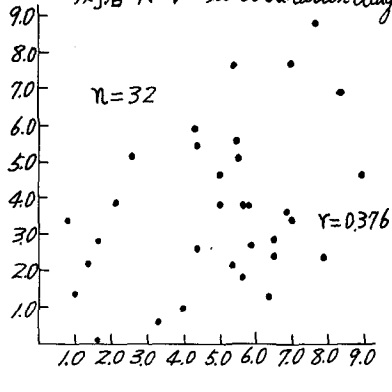


図 - 2

図-2にV-u Correlation diagramを示す。相関係数 r を計算すると

$$r = S(XY) / \sqrt{S(XX)S(YY)}$$

$$\text{但し } S(XX) = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left\{ \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 / n \right\} \quad S(YY) = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left\{ \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 / n \right\}$$

$$S(XY) = \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left\{ \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) / n \right\}$$

この結果、測者Eでは $r=0.611$ 、測者Nでは $r=0.376$ となる。

$$r \text{ 検定 } \phi, P \rightarrow r \quad P = Z \frac{\sqrt{(1-r^2)^{\frac{n-2}{2}}}}{B\left(\frac{\phi}{2}, \frac{1}{2}\right)}$$

測者Eでは

$$r(\phi, P) = r(35, 0.01) = 0.4/82 \quad |r_0| > r(\phi, P) \text{ となり高度に有意である。}$$

測者Nでは

$$r(\phi, P) = r(30, 0.05) = 0.3494 \quad |r_0| > r(\phi, P) \text{ となり有意である。}$$

安定した測者Eの母相関係数 ρ の区間推定を行ってみると5%の危険率で信頼限界は

$$Z_D = Z_r + u(\alpha) / \sqrt{n-3}, \quad Z_L = Z_r - u(\alpha) / \sqrt{n-3}$$

逆変換を行って $\rho_0 = 0.778$, $\rho_L = 0.362$ となる。 (Z 変換図表使用)

(3) 最確値の自乗平均誤差

$$m = \pm \sqrt{\sum d^2 / n(n-1)}$$

m には垂直軸誤差を除く器械誤差はすべて消失され、観測誤差のみが含まれる。

1 セット 3 封回の自乗平均誤差 m の $\bar{x}_0$, s , n のデータを表-3 に示す。

$$\bar{x}_0 = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_0)^2 / n-1}$$

最確値 1 封回 n 回に生ずる自乗平均誤差 m_0 は

$$m_0 = \pm \sqrt{Z(v^2 + v_m^2) / n}$$

これより $m_0 = \pm 0.904$ となり、各風力階級における異常率を求めると表-4 の如くなる。

次に $v-m$ Correlation diagram を図-3 に示す。

この結果、 $v = 3 \text{ m/s}$ 付近までは m_0 は、正規分布する事が予想される。更に、 $v = 5 \sim 6 \text{ m/s}$ 付近で両者共、 m_0 の値が減少する同傾向のカーブを描くことは注目される。この原因については、風の息に基因すると考えられるが、今後更に研究を續行して原因を究明したい。

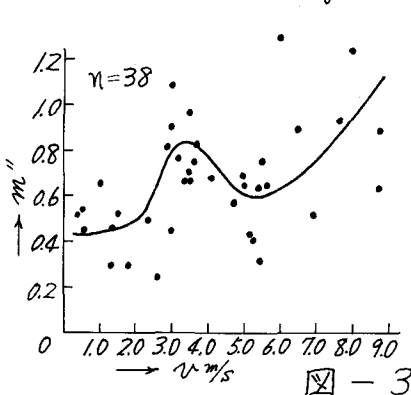
表-3

	0~3 m/s		3~6 m/s		6~9 m/s	
	E	N	E	N	E	N
$\bar{x}_0$	0.488	0.470	0.683	0.815	0.912	0.896
s	0.169	0.161	0.191	0.182	0.285	0.283
n	11	7	20	15	7	10

表-4 m の異常率

	0~3 m/s			3~6 m/s			6~9 m/s		
	E	N	Σ	E	N	Σ	E	N	Σ
n	11	7	18	20	15	35	7	10	17
n'	0	0	0	3	3	6	3	3	6
P	0	0	0	15.0	20.0	35.0	42.9	30.0	72.9

測者 E $v-m$ Correlation diagram



測者 N $v-m$ Correlation diagram

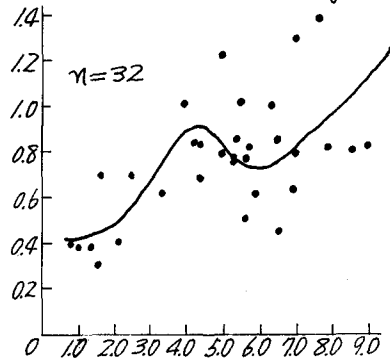


図-3

4. 結語

今回の試験観測では、各風力階級のデータが充分でなかった事、連続観測による観測者の精神的、肉体的な疲労が観測誤差の内に入ってきたと考えられる事、10分間平均風速における風の息等今後検討されるべき問題が残ったが、一般観測差、最確値共、 $v = 3 \text{ m/s}$ 近くにおいて観測精度に影響を及ぼすものと推定される。

参考文献

- 1) 斎藤暢夫「基準気測量の実際」
- 2) 佐藤一彦、底野忠夫「ニコソプライト NT-2 の実験」測量 18 巻 7 号
- 3) 稲井三郎「推計学入門須知」