

數測點に於て互に交切せざる可らざる二對角線によりて照査せらる。此の三角法の輕便なる所以は、其演算は獨立にして、且つ順次に計算し得るの點にあり、凡て諸種の事業を同時に爲し了らんよりも、之を別て數種とし、初め一種類の事を完成し、順次に他に移るときは、大に勞力を省くを常とす、先づ凡ての測標を打ち定め、次に凡ての角度を測るべし、而して計算にありては、凡ての測點番號を第一列に記載し、凡ての相當角を野帳より第二列に轉記し、凡ての已知量の對數を求めて第三列に記入し、凡ての加算ををし、終に凡ての計算邊の長を對數表に依りて、索め最終列に記載すべし、製圖にありては、凡ての弦を索め野帳に記入し、終りに連結線を書くべきを以て、全事業は一小組によりて迅速に進捗せらるべし。

其他外業は、一定線の方位角により凡ての角を測るときは、又大に其勞力を省くべし、測量を始むるに際し第一基線の真正子午線よりの方位

角を發見すれば、各新測點に於て後視によりて遊標を整し、且零度より三百六十度迄全く圖に沿ひ角度を讀まば、全測量中各線の眞方位角を知るを得べし、若し又同時に羅針盤を零度より三百六十度迄讀むときは、羅針は常に各方位角の照査をなすべし、或は測點間の距離を、スタヂヤにて測るときは、又甚だ僅少の手續を費すのみにて測量の進行上計算の照査を得べし、精密なる結果を得んと欲せば上記の如く差によりて算出するに代ふるに、トランシットを以て各奇數測點に於て二角を實測すべきなり。

### ●「タコメートル」速度公式算法

「タコメートル」は羽の回轉數に由て河流の速度を測量するの器あり之を使用して流水の速度を測量するに、先づ初めに固有の速度公式を定立するを要す而して之を定立するに種々の試験法あり通常は小舟

に該器を附着せしめ鎮靜なる水中に於て種々の速度に依て舟を馳走せしめ該器の羽が何回旋轉するやを定むるにあり然れども此の如き試験法は都て觀測に誤差なきを免れざるものあれば嘗に之が平均回轉數のみを以て固有の速度公式を定立する能はず然らば奈何せば可なるやと云ふに他なし最小自乗法 (Method of leastsquares) に由て算するの外なし最小自乗法の原理を説明するは頗る冗長に渉るの恐れあるを以て之を略し只た左に其法の運用を示し併せて「タコメート」實驗の一例を掲ぐ

左の如き觀測方程式 (Observation equation) あり A B C は未知數にして他は已知數なり

$$\begin{array}{ll} \text{I} & 0 = N_1 + a_1A + a_2B + a_3C \\ \text{II} & 0 = N_2 + b_1A + b_2B + b_3C \\ \text{III} & 0 = N_3 + c_1A + c_2B + c_3C \\ \text{IV} & 0 = N_4 + d_1A + d_2B + d_3C \end{array}$$

但觀測方程式の數は未知數の數より多し是則ち解題に困難なる所

以なり

最小自乗法に由て A に對する法方程式 (Normal equation) を作らんとせば先づ第一方程式に於ける A の係數たる  $a_1$  を第一方程式に乘し次に第二方程式に於る A の係數たる  $b_1$  を第二方程式に乘し順次  $c_1$  を第三に  $d_1$  を第四方程式に乘し而して其和を求むべし左に其運算を示す

$$\begin{array}{l} 0 = a_1N_1 + a_1a_1A + a_1a_2B + a_1a_3C \\ 0 = b_1N_2 + b_1b_1A + b_1b_2B + b_1b_3C \\ 0 = c_1N_3 + c_1c_1A + c_1c_2B + c_1c_3C \\ 0 = d_1N_4 + d_1d_1A + d_1d_2B + d_1d_3C \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{I} \quad 0 = (a_1N_1 + b_1N_2 + c_1N_3 + d_1N_4) + (a_1a_1 + b_1b_1 + c_1c_1 + d_1d_1)A \\ \quad + (a_1a_2 + b_1b_2 + c_1c_2 + d_1d_2)B \\ \quad + (a_1a_3 + b_1b_3 + c_1c_3 + d_1d_3)C \end{array}$$

B に對する法方程式を作らんとせば先  $a_2$  を第一方程式に乘し次に  $b_2$  を第二方程式に乘し順次  $c_2$  を第三に  $d_2$  を第四に乘し而して其和を求むべし即ち

Bに對する法方程式運算を略す(左の如し)

$$\text{II} \quad 0 = (a_2N_1 + b_2N_2 + c_2N_3 + d_2N_4) + (a_1a_2 + b_1b_2 + c_1c_2 + d_1d_2)A \\ + (a_2a_2 + b_2b_2 + c_2c_2 + d_2d_2)B \\ + (a_1a_2 + b_1b_2 + c_1c_2 + d_1d_2)C$$

Cに對する法方程式も亦右の如く先の $a_2$ を第一方程式に乘し順次 $b_2$ を第二に $a_3$ を第三に $a_4$ を第四に乘し而して其和を求むべし即ちCに對する法方程式運算を略す(左の如し)

$$\text{III} \quad 0 = (a_3N_1 + b_3N_2 + c_3N_3 + d_3N_4) + (a_1a_3 + b_1b_3 + c_1c_3 + d_1d_3)A \\ + (a_2a_3 + b_2b_3 + c_2c_3 + d_2d_3)B \\ + (a_1a_3 + b_1b_3 + c_1c_3 + d_1d_3)C$$

此の如くして作られたる法方程式の數は未知數の數と同一なり故に之を分解すれば直に未知數の値を得べし  
例之ば「タコメーター」の實驗に於て $\gamma$ を一秒時間の速度とし $\rho$ を羽の

時間 秒數	回数	$\gamma$ 一秒時間 速度(R)	$x$ 一分時間 回数	觀測方程式	$\gamma y$	$zx$
63	201	4.76	191.4	4.76 = 191.4A + C	911.064	36633.96
56	205	5.36	219.6	5.36 = 219.6A + C	1177.056	48224.16
56	213	5.36	228.2	5.36 = 228.2A + C	1223.152	52075.24
58	217	5.17	224.5	5.17 = 224.5A + C	1160.665	50400.25
57	220	5.26	231.6	5.26 = 231.6A + C	1218.216	53638.56
57	219	5.56	230.5	5.56 = 230.5A + C	1212.430	53130.25
54	216	5.26	240.0	5.26 = 240.0A + C	1334.400	37600.00
57	221	5.26	232.6	5.26 = 232.6A + C	1223.476	54102.76
69	206	4.35	179.1	4.35 = 179.1A + C	779.085	32076.81
72	208	4.17	173.3	4.17 = 173.3A + C	722.661	30032.89
71	210	4.23	177.5	4.23 = 177.5A + C	750.825	31506.25
73	210	4.11	172.6	4.11 = 172.6A + C	709.386	26790.76
74	217	4.05	175.9	4.50 = 175.9A + C	712.395	30942.81
75	220	4.00	176.0	4.00 = 176.0A + C	744.000	30976.00
75	215	4.00	172.0	4.00 = 173.0A + C	688.000	29584.00
75	218	4.00	174.4	4.00 = 174.4A + C	697.600	30415.36
		74.90	3199.2		15224.415	651128.06

「タコメーター」試驗(距離三百尺)

一分時間の回轉數とすれば公式の形は左の如し

$$y = Ax + C$$

A及Cは未知數にして實驗に於て左の如き觀測方程式を得

$$y_1 = x_1 A + C$$

$$y_3 = x_3 A + C$$

$$y_2 = x_2 A + C$$

$$y_4 = x_4 A + C$$

Aに對する法方程式左の如し

$$I \quad (x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4) = (x_1^2 x_1 + x_2^2 x_2 + x_3^2 x_3 + x_4^2 x_4) A + (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) C$$

Cに對する法方程式は

$$II \quad (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) A + (1 + 1 + 1 + 1) C$$

此の如く法方程式を作りたる以上は未知數の數と方程式の數と同一なるが故に未知數の値を得るは容易なりとす

法方程式

$$I \quad 15224.415 = 651128.06A + 3199.2C$$

$$II \quad 74.9 = 3199.2A + 16C$$

$$\text{次に} \quad A = .02168 \quad C = +.3464$$

之を速度公式に代用するとさう左の如し

$$v = .02168x + .3464$$

この一秒時間の速度(何尺)を示めしxは羽の一分時間の回轉數を示めす

### ●流量計算法

凡そ河川の流量を計算するには先河流の速度を實測(第一)又は算定(第二)之を流水横斷面積に乘するにあり而して(第二)河川洪水の流速を實測するには先出水の期を俟たざる可らず而して出水あるもの期して俟つ可からず良し出水に際會するも諸川一時に實測を施すの實際至難の業たり況んや出水位に由りて流速亦異變し一々之を實測す