

[vv]ヲ作り前記ノ式ニ依リ γ 及 γ_* ヲ見出ス. 例ヘバー等三角ノ一角ニ於テ24回觀測ヲナシテ次ノ結果ヲ得タリトス

觀	v	v ²	觀測値 l	v	v ²
116°43'44."45	5.19	26.94	52.35	-2.71	7.34
50.55	-0.91	0.83	51.30	-1.66	2.75
50.95	-1.31	1.72	51.05	-1.41	2.00
48.90	0.74	0.55	51.70	-2.06	4.24
49.20	0.44	0.19	49.05	0.59	0.35
48.85	0.79	0.63	50.55	-0.91	0.83
47.40	2.24	5.02	49.25	0.39	0.15
47.75	1.89	3.57	48.75	2.89	8.35
51.05	-1.41	2.00	49.25	0.39	0.15
47.85	1.79	3.20	53.40	-3.76	14.14
50.60	-0.96	0.92			
48.45	1.19	1.42			
51.75	-2.11	4.45			
49.00	0.64	0.41			
			$x = 116^\circ 43' 49.64''$		$[vv] = 92.15$

此角ノ最モ確カラシキ値ハ觀測値ヲ加ヘテ之レヲ24ニテ除スレバ求ムルヲ得即チ 116° 43' 49.64'' ナリ之レヨリ第一觀測値ヲ減ズレバ第一殘差 $v_1 = 5.19$ ヲ得. 之レヲ二乗スレバ $v_1^2 = 26.94$ ヲ得 此殘差ノ二乗ヲ總和スレバ $[vv] = 92.15$ トナル故ニ一回ノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{92.15}{23}} = 1.35''$$

故ニ上記ノ殘差中12個ハ 1.35''ヨリ小ニシテ12個ハ 1.35''ヨリ大ナリ

算術的平均數ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_* = \frac{1.35}{\sqrt{24}} = 0.28''$$

故ニ整正值ハ 116° 43' 49.64'' ± 0.28''

此24觀測値ノ平均數ノ精密度ハ之レガ眞値トノ差ハ 0.28''以下

ナリト云フ程度ナリ

第四表ヲ使用スレバ γ 及 γ_* ノ計算容易ナリ

例ヘバ $n = 24$ ナルトキハ

$$\gamma = 0.1406 \sqrt{92.15} = 1.35''$$

$$\gamma_* = 0.287 \sqrt{92.15} = 0.28''$$

又算術的平均値ノ中數誤差ハ

$$m_x = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{92.15}{24 \times 23}} = \sqrt{0.167} = \pm 0.41''$$

第二節 現ハレ易キ誤差ヲ算出スル簡單式

前節ノ $\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$ ナル式ハ殘差ノ二乗ヲ作ルニ勞力ヲ要

スルヲ以テ之レヨリ較々不精密ナレドモ殘差ノ二乗ヲ要セザル式ヲ使用スルコトアリ

今 n ヲ觀測ノ數
 $[v]$ ヲ殘差ノ總和
 $[x]$ ヲ誤差ノ總和
 トスルトキハ
 $\frac{[x]}{n}$ ハ誤差ノ平均數ナリ

第四章第二節ニ依リ此平均數ハ

$$\frac{[x]}{n} = \frac{2h}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty x e^{-h^2 x^2} dx = \frac{1}{h\sqrt{\pi}}$$

第 四 表

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

$$\gamma_x = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

ナル式ニ依リ γ ヲ算出スルニ用フル表

n	$\frac{0.6745}{\sqrt{n-1}}$	$\frac{0.6745}{\sqrt{n(n-1)}}$	n	$\frac{0.6745}{\sqrt{n-1}}$	$\frac{0.6745}{\sqrt{n(n-1)}}$
2	0.6745	0.4769	40	0.1080	0.0171
3	0.4779	0.2754	41	0.1066	0.0167
4	0.3894	0.1947	42	0.1053	0.0163
5	0.3372	0.1508	43	0.1041	0.0159
6	0.3016	0.1231	44	0.1029	0.0155
7	0.2754	0.1041	45	0.1017	0.0152
8	0.2549	0.0901	46	0.1005	0.0148
9	0.2385	0.0795	47	0.0994	0.0145
10	0.2248	0.0711	48	0.0981	0.0142
11	0.2133	0.0643	49	0.0974	0.0139
12	0.2029	0.0587	50	0.0964	0.0136
13	0.1947	0.0540	51	0.0954	0.0134
14	0.1871	0.0500	52	0.0944	0.0131
15	0.1803	0.0465	53	0.0935	0.0128
16	0.1742	0.0435	54	0.0926	0.0126
17	0.1686	0.0409	55	0.0918	0.0124
18	0.1636	0.0386	56	0.0909	0.0122
19	0.1590	0.0365	57	0.0901	0.0119
20	0.1547	0.0346	58	0.0893	0.0117
21	0.1508	0.0329	59	0.0886	0.0115
22	0.1472	0.0314	60	0.0878	0.0113
23	0.1438	0.0300	61	0.0871	0.0111
24	0.1406	0.0287	62	0.0864	0.0110
25	0.1377	0.0275	63	0.0857	0.0108
26	0.1349	0.0265	64	0.0850	0.0106
27	0.1323	0.0255	65	0.0843	0.0105
28	0.1298	0.0245	66	0.0837	0.0103
29	0.1275	0.0237	67	0.0830	0.0101
30	0.1252	0.0229	68	0.0824	0.0100
31	0.1231	0.0221	69	0.0818	0.0098
32	0.1211	0.0214	70	0.0812	0.0097
33	0.1192	0.0208	71	0.0806	0.0096
34	0.1174	0.0201	72	0.0800	0.0094
35	0.1157	0.0196	73	0.0795	0.0093
36	0.1140	0.0190	74	0.0789	0.0092
37	0.1124	0.0185	75	0.0784	0.0091
38	0.1109	0.0180	80	0.0759	0.0085
39	0.1094	0.0175	85	0.0736	0.0080
			90	0.0713	0.0075
			100	0.0678	0.0068

而シテ $hr=0.4769$ ナル故ニ

$$\gamma = 0.8453 \frac{[x]}{n}$$

而シテ第四章第十一節ニ依リ

$$\frac{[x^2]}{n} = \frac{[v^2]}{n-1} \text{ ナリ}$$

故ニ平均ニ於テハ x^2 ハ v^2 ヨリ大ニシテ n ト $(n-1)$ ノ比ナリ從テ x ハ v ヨリ大ニシテ \sqrt{n} ト $\sqrt{n-1}$ ノ比ナリ即チ

$$\frac{[x]}{\sqrt{n}} = \frac{[v]}{\sqrt{n-1}}$$

故ニ一回測量ノ現ハレ易キ誤差 γ ハ次ノ如シ

$$\gamma = \frac{0.8453[v]}{\sqrt{n(n-1)}}$$

從テ算術的平均數ノ現ハレ易キ誤差 γ_x ハ次ノ如シ

$$\gamma_x = \frac{0.8453[v]}{n\sqrt{n-1}}$$

第五表ニ於テ n ノ値ノ 2 ヨリ 100 ニ對シ $[v]$ ノ係數ヲ示セリ故ニ
此表ヲ使用スレバ計算ヲ省クヲ得ベシ例ヘバ長サ 20 米突ノ卷尺ヲ
以テ或ル距離ヲ 8 回測リ次ノ結果ヲ得タリトス。

觀 測 値 (米突)	v (米突)
188.97	0.095
188.88	0.005
188.91	0.035
188.99	0.115
188.83	0.045
188.80	0.075
188.81	0.035
188.81	0.065
平均 188.875	$[v]=0.500$

第 四 表

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{0.845^2 [v]}{\sqrt{n(n-1)}} \\ \gamma_x &= \frac{0.845 [v]}{n\sqrt{n-1}} \end{aligned} \right\} \text{ナル式=依リ}\gamma\text{ヲ算出スル=用フル表}$$

n	$\frac{0.8453}{\sqrt{n(n-1)}}$	$\frac{0.8453}{n\sqrt{n-1}}$	n	$\frac{0.8453}{\sqrt{n(n-1)}}$	$\frac{0.8453}{n\sqrt{n-1}}$
2	0.5978	0.4227	40	0.0214	0.0034
3	0.3451	0.1993	41	0.0209	0.0033
4	0.2440	0.1220	42	0.0204	0.0031
5	0.1890	0.0845	43	0.0199	0.0030
6	0.1543	0.0630	44	0.0194	0.0029
7	0.1304	0.0493	45	0.0190	0.0028
8	0.1130	0.0399	46	0.0186	0.0027
9	0.0996	0.032	47	0.0182	0.0027
10	0.0891	0.0282	48	0.0178	0.0026
11	0.0806	0.0243	49	0.0174	0.0025
12	0.0736	0.0212	50	0.0171	0.0024
13	0.0677	0.0188	51	0.0167	0.0023
14	0.0627	0.0167	52	0.0164	0.0023
15	0.0583	0.0151	53	0.0161	0.0022
16	0.0546	0.0136	54	0.0158	0.0022
17	0.0513	0.0124	55	0.0155	0.0021
18	0.0483	0.0114	56	0.0152	0.0020
19	0.0457	0.0105	57	0.0150	0.0020
20	0.0434	0.0097	58	0.0147	0.0019
21	0.0412	0.0090	59	0.0145	0.0019
22	0.0393	0.0084	60	0.0142	0.0018
23	0.0376	0.0078	61	0.0140	0.0018
24	0.0360	0.0073	62	0.0137	0.0017
25	0.0345	0.0069	63	0.0135	0.0017
26	0.0332	0.0065	64	0.0133	0.0017
27	0.0319	0.0061	65	0.0131	0.0016
28	0.0307	0.0058	66	0.0129	0.0016
29	0.0297	0.0055	67	0.0127	0.0016
30	0.0287	0.0052	68	0.0125	0.0015
31	0.0277	0.0050	69	0.0123	0.0015
32	0.0268	0.0047	70	0.0122	0.0015
33	0.0260	0.0045	71	0.0120	0.0014
34	0.0252	0.0043	72	0.0118	0.0014
35	0.0245	0.0041	73	0.0117	0.0014
36	0.0238	0.0040	74	0.0115	0.0013
37	0.0232	0.0038	75	0.0113	0.0013
38	0.0225	0.0037	80	0.0106	0.0012
39	0.0220	0.0035	85	0.0100	0.0011
			90	0.0095	0.0010
			100	0.0085	0.0008

故ニ算術的平均數ハ 188.875 米突

殘差ノ總和ハ $[v]=0.500$

故ニ第五表ニ於テ $n=8$ ノ所ニ於テ 0.1130 及 0.0399 ヲ見出ストキ
ハ容易ニ γ 及 γ_x ヲ算出シ得ベシ即チ

$$\gamma = 0.1130 \times 0.5 = 0.0565 \text{ 米突}$$

$$\gamma_x = 0.0399 \times 0.5 = 0.0200 \text{ 米突}$$

前節ノ式ニテ算出スルトキハ

$$\gamma = 0.051 \text{ 米突}$$

$$\gamma_x = 0.018 \text{ 米突トナル}$$

第 三 節 重 み 等 シ カ ラ ザ ル 測 量

一個ノ未知數ニ於ケル數多ノ測量ノ重み等シカラザルトキハ其未知數ノ最モ確カラシキ値ハ一般平均法ニ依テ之ヲ見出ス即チ各觀測値ニ其重みヲ乘ジ其積ノ總和ヲ重みノ和ニテ除シテ之ヲ得即チ

$$z = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

zヲ最モ確カラシキ値
lヲ觀測値
pヲ其重み
トスレバ第四章第十二節(2)式ニ依リ

次ニ z ノ値ヨリ各觀測値ヲ減ジテ n 個ノ殘差 v ヲ見出シ之ヲ二乘シ v^2 = 其重みヲ乘ジテ pv^2 ヲ作り之ヨリ總和 $[pvv]$ ヲ作ルトキハ重み 1 ナル測量ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}}$$

又 z ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_z = \frac{\gamma}{\sqrt{[p]}} = 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{(n-1)[p]}}$$

一般ニ或ル任意ノ重みノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ其重みノ平方根ニテ γ ヲ除シテ之レヲ得

例ヘバ次表ニ於テ第二縦列ノ觀測値ハ回数ノ等シカラザル複測ノ結果ニシテ即チ 18,26'' ハ 5 回ノ複測, 16,30'' ハ 4 回ノ複測ノ結果ナリ

p	l	v	v ²	pv ²
5	87° 51' 18.26''	-0.10	0.010	0.05
4	87° 51' 16.30	+1.86	3.400	13.84
1	87° 51' 21.06	-2.90	8.410	8.41
4	87° 51' 17.95	+0.21	0.044	0.18
3	87° 51' 16.20	+1.96	3.842	11.53
4	87° 51' 20.85	-2.69	7.236	28.94
[p]=21	$\gamma = 87^\circ 51' 18.16''$	[pvv]=62.95		

故ニ複測ノ回数ヲ觀測値ノ重みトセリ

然ルトキハ一般平均數 z ノ重みハ 21 ナリ

z ヨリ l ヲ減シテ v ヲ求メ之レヲ二乗シテ之レニ其重みヲ乘ジテ pv^2 ヲ作り其總和 62.95 ヲ得

然ルトキハ重み 1 ナル觀測値ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$n=6 \text{ ナル故ニ}$$

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{62.95}{5}} = 2.39''$$

又第四表ヲ用フレバ

$$\gamma = 0.3016 \sqrt{62.95} = 2.39''$$

又一般平均數ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_z = \frac{2.39}{\sqrt{21}} = 0.98''$$

又任意ノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ其重みノ平方根ニテ(2.39''ヲ除シテ之レヲ得. 其重みヲ知ルトキハ數多ノ觀測値ヲ結合シテ其最モ確カラシキ値ヲ決定スルコトヲ得ベシ次ニ之レヲ例示セン

或ル角ノ測定ニ於テ次ノ二個ノ組アリトセヨ.

第一ノ組ハ 20'' 迄讀定シ得ベキ轉鏡經緯儀ニテ測リシモノ.

第二ノ組ハ 1' 迄讀定シ得ベキ轉鏡經緯儀ニテ測リシモノトス.

今角ヲ各十回宛測量セリトセヨ.

而シテ度盛ノ誤差ヲ除ク爲メニ複測法ヲ用ヒ又偏心ノ誤差ヲ除ク爲メニ兩側ノ遊尺ヲ讀ミタリトス.

第一轉鏡經緯儀			第二轉鏡經緯儀		
l	$\frac{x_1 - l}{v}$	v ²	l	$\frac{x_{11} - l}{v}$	v ²
34° 55' 35''	-2	4	34° 56' 15''	-39	1521
55' 35''	-2	4	55' 30''	+6	36
55' 20''	+13	169	54' 30''	+66	4356
55' 05''	+28	784	55' 15''	+21	441
55' 75''	-42	1764	56' 00''	-24	576
55' 40''	-7	49	55' 45''	-9	81
55' 10''	+23	529	55' 30''	+6	36
55' 30''	+3	9	55' 30''	+6	36
55' 50''	-17	289	56' 00''	-24	576
55' 30''	+3	9	55' 45''	-9	81
$x_1 = 34^\circ 55' 33''$	$\frac{-70}{+70}$ [v]=0	[vv]=3610	$x_{11} = 34^\circ 55' 36''$	$\frac{-105}{+105}$ [v]=0	[vv]=7740

而シテ

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = 0.6745 \sqrt{\frac{3610}{10 \times 9}} = 0.6745 \sqrt{40.1} \\ &= 0.6745 \times 6.33 = \pm 4.27 = \pm 4.3'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{II}} &= 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = 0.6745 \sqrt{\frac{7740}{10 \times 9}} = 0.6745 \sqrt{86} \\ &= 0.6745 \times 9.274 = \pm 6.257 = \pm 6.3''\end{aligned}$$

故 = 第一轉鏡經緯儀 = 依ル觀測値 $34^\circ 55' 33'' \pm 4.3''$

第二轉鏡經緯儀 = 依ル觀測値 $34^\circ 55' 36'' \pm 6.3''$

故 = 此平均數ノ重みハ $p_1 : p_{\text{II}} : p = \frac{1}{\gamma_1^2} : \frac{1}{\gamma_{\text{II}}^2} : \frac{1}{\gamma^2}$ ナル式 = 依リ

$$p_1 : p_{\text{II}} = \frac{1}{4.3^2} : \frac{1}{6.3^2} = 11 : 5 \text{ (略)}$$

故 = 角ノ最後ノ整正值ハ

$$z = 34^\circ 55' + \frac{33 \times 11 + 36 \times 5}{16} = 34^\circ 55' 33.9''$$

而シテ此平均値ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\begin{array}{l|l}\frac{\gamma_z}{\gamma_1} = \frac{\sqrt{p_1}}{\sqrt{p_2}} \text{ 式 = 依リ} & \frac{\gamma_z}{\gamma_{\text{II}}} = \frac{\sqrt{p_{\text{II}}}}{\sqrt{p_2}} \text{ 式 = 依リ} \\ \frac{\gamma_z}{4.3} = \frac{\sqrt{11}}{\sqrt{16}} = \frac{3.317}{4} & \frac{\gamma_z}{6.3} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{16}} = \frac{2.236}{4}\end{array}$$

故 =

$$\begin{array}{ll}\gamma_z = 4.3 \sqrt{\frac{11}{16}} & \gamma_z = 6.3 \sqrt{\frac{5}{16}} \\ = 4.3 \times \frac{3.317}{4} & = \frac{6.3 \times 2.236}{4} \\ = \frac{14.2631}{4} & = \frac{16.0868}{4} \\ = \pm 3.6'' & = \pm 3.5''\end{array}$$

而シテ兩場合ニ於ケル單一測量ノ現ハレ易キ誤差ハ $13''$ 及 $20''$ ナリ即チ

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \text{ ナル式 = 依リ}$$

$$\gamma_1 = 0.6745 \sqrt{\frac{3610}{10-1}} = 13''$$

$$\gamma_2 = 0.6745 \sqrt{\frac{7740}{10-1}} = 20''$$

故 = 相當スル重みハ、

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\gamma_2^2}{\gamma_1^2} = \frac{20^2}{13^2} = \frac{400}{169}$$

故 = 第一器械ヲ以テナシタル測量ハ第二器械ヲ以テナシタル測量ヨリ約 $2\frac{1}{3}$ 倍信用アリト云フヲ得ベシ。故 = 同一未知數ニ於ケル測量ノ精密度ガ等シカラザルコトヲ知り且又現ハレ易キ誤差ヲ見出ス方法ナキトキハ信用ノ度ニ依リ重みヲ定メ之レヨリ一般ノ平均値ヲ求ムルヲ得可シ

勿論此ノ如キ場合ニ於テ重みヲ定ムルニハ經驗及判斷力ヲ要ス。

第六章 測定數ノ函數

第一節 總 說

爰ニ測定數ヨリ算出スル所ノ未知數ノ値ノ精密度ヲ定ムルコトヲ論ゼントス。例ヘバ土地ノ面積ハ邊及角ノ函數ナリ。即チ測量ニ依リテ邊及角ノ最モ確カラシキ値ヲ見出シタルトキハ面積ノ最モ確カラシキ値ハ幾何學ニ依リテ計算サル而シテ其面積ノ精密度ハ測定シタル邊及角ノ値ノ精密度ニ關係ス。線ノ測定ハ其ノ結果ヲ考フルトキハ直接測量ナレドモ實際ニ於テハ線ノ長サハ其各部分ノ函數即チ其各部分ノ和ナリ同理ニテ角ノ測定値ハ二個ノ遊尺讀度ノ函數即チ二個ノ讀度ノ差ナリ

第二節 直線測量

單位ノ長サノ尺度ヲ連續使用シテ或距離ヲ測ルトキハ其現ハレ易キ誤差ハ距離ノ長キニ從ツテ増スモノナリ此法則ハ第四章第八節(7)式ニ依リ

$$\gamma_z^2 = \gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 + \dots + \gamma_n^2 \dots\dots\dots(1)$$

而シテ各部分ノ長サガ總テ等シク之レヲ單位ノ長サトスレバ部分ノ數ハ線ノ長サト等シ今

$$\left. \begin{array}{l} \gamma \text{ ヲ單位長サノ測量ノ現ハレ易キ誤差} \\ \gamma_z \text{ ヲ全距離ノ測量ノ現ハレ易キ誤差} \\ l \text{ ヲ測量シタル距離} \end{array} \right\} \text{トスレバ}$$

第四章第八節(8)式ニ依リ

$$\gamma_z^2 = l\gamma^2 \text{ 故ニ } \gamma_z = \gamma\sqrt{l} \dots\dots\dots(2)$$

即チ直線測量ノ現ハレ易キ誤差ハ其長サノ平方根ニ比例ス例ヘバ平地ニ於ケル測鏈距離測量ノ現ハレ易キ誤差 γ ヲ1尺ニ付キ 0.005尺トスレバ

$$\text{百尺ノ距離ニ於テハ } \gamma_z = 0.005\sqrt{100} = 0.05 \text{ 尺}$$

$$\text{千尺ノ距離ニ於テハ } \gamma_z = 0.005\sqrt{1000} = 0.16 \text{ 尺}$$

而シテ第四章第四節(9)式ニ依リ測量ノ重みハ現ハレ易キ誤差ノ自乗ニ反比シ又第八節(8)式ニ依リ現ハレ易キ誤差ノ自乗ハ距離ニ正比ス故ニ直線測量ノ重みハ其長サニ反比スルコトヲ知ル即チ

$$p_1 : p_2 : p = \frac{1}{l_1} : \frac{1}{l_2} : \frac{1}{l} \dots\dots\dots(3)$$

故ニ單位長サノ測量ノ重みガ1ナレバ l ナル長サノ測量ノ重みハ $\frac{1}{l}$ ナリ

γ ノ値ハ長サ l ナル線ヲ數回測リ γ_z ヲ計算スレバ(2)式ニ依リ之レヲ見出シ得ベシ即チ

$$\gamma_z = \gamma\sqrt{l} \text{ 故ニ } \gamma = \frac{\gamma_z}{\sqrt{l}}$$

例ヘバ卷尺ヲ使用シテ長サ約189米ノ距離ヲ八回測リシトスルトキハ單一測量ノ現ハレ易キ誤差 γ_z ハ 0.05米ナリ即チ

測 量 値 (米)		v	v ²
1.	188.97	0.095	0.009025
2.	188.88	0.005	0.000025
3.	188.91	0.035	0.001225
4.	188.99	0.115	0.013225
5.	188.83	0.045	0.002025
6.	188.80	0.075	0.005625
7.	188.81	0.065	0.004225
8.	188.81	0.065	0.004225
算術的平均數	188.875	[v]=0.500	[v ²]=0.039600

$$\gamma_x = 0.6745 \sqrt{\frac{0.0396}{7}} = 0.6745 \sqrt{0.0057} = 0.6745 \times (\pm 0.0755) \\ = \pm 0.0509 \text{ 米}$$

又長サ 1 米ノ直線ノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ 0.004 米ナリ即チ

$$\gamma = \frac{\gamma_x}{\sqrt{l}} = \frac{0.05}{\sqrt{159}} = \pm 0.004 \text{ 米}$$

併シγヲ見出ス最モ便利ナル方法ハ長サノ等シカラサル數線ヲ往復測量スルニ在リ

今 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ ヲ線ノ長サ
 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ ヲ往復測定ノ差トシ
 n ヲ線ノ數

此差ヲ真ノ誤差トスレバ第四章第十一節ニ依リ重み 1 ナル測量ノ

現ハレ易キ誤差ハ $\gamma_x = 0.6745 \sqrt{\frac{[pdd]}{n}}$ ナリ

又第八節ニ依リ此現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_x = \sqrt{\gamma^2 + \gamma^2} = \gamma\sqrt{2}$$

而シテ之ヲ等シク置クトキハ

$$\gamma_x = 0.6745 \sqrt{\frac{[pdd]}{n}} = \gamma\sqrt{2}$$

故ニ $\gamma = \frac{0.6745 \sqrt{\frac{[pdd]}{n}}}{\sqrt{2}} = 0.4769 \sqrt{\frac{[pdd]}{n}}$

之レ單位ノ長サノ測量ニ於ケル現ハレ易キ誤差ナリ

式中 p ハ重みニシテ (2) 式ニ依リ $\frac{1}{l}$ ナリ。

例ヘバ測鏈ヲ用ヒテ或ル土地ノ周圍ヲ測量シ次ノ結果ヲ得タリト

ス

邊ノ番號	第 一 回	第 二 回
1	17.21 測鏈	17.18 測鏈
2	3.48 "	3.52 "
3	15.14 "	15.19 "
4	1.27 "	1.25 "
5	20.06 "	20.12 "
6	8.85 "	8.92 "
7	0.70 "	0.70 "
8	6.75 "	6.78 "

第一邊ニ於ケル差 $d_1 = 0.03$	$d_1^2 = 0.0009$	$p_1 d_1^2 = \frac{d_1^2}{l_1} = 0.000052$
第二邊 " $d_2 = 0.04$	$d_2^2 = 0.0016$	$p_2 d_2^2 = \frac{d_2^2}{l_2} = 0.000712$
第三邊 " $d_3 = 0.05$	$d_3^2 = 0.0025$	$p_3 d_3^2 = \frac{d_3^2}{l_3} = 0.000164$
第四邊 " $d_4 = 0.02$	$d_4^2 = 0.0004$	$p_4 d_4^2 = \frac{d_4^2}{l_4} = 0.000317$
第五邊 " $d_5 = 0.06$	$d_5^2 = 0.0036$	$p_5 d_5^2 = \frac{d_5^2}{l_5} = 0.000179$
第六邊 " $d_6 = 0.07$	$d_6^2 = 0.0049$	$p_6 d_6^2 = \frac{d_6^2}{l_6} = 0.000550$
第七邊 " $d_7 = 0.00$	$d_7^2 = 0.0000$	$p_7 d_7^2 = \frac{d_7^2}{l_7} = 0.000000$
第八邊 " $d_8 = 0.03$	$d_8^2 = 0.0009$	$p_8 d_8^2 = \frac{d_8^2}{l_8} = 0.000133$

$$[pdd] = \left[\frac{d^2}{l} \right] = 0.002107$$

故ニ單位長サ即チ 1 測鏈ニ付キ現ハレ易キ誤差ハ

$$r = 0.4769 \sqrt{\frac{[pdd]}{n}} = 0.0077 \text{ 測鏈即チ } 0.77 \text{ 節}$$

第四章第八節 (7) 式ハ明カニ直線測量ノ精密度ガ部分測量ノ精密度ニ關係スルコトヲ示ス、即チ部分ノ數ノ少キ程 r_x ハ小トナリ從テ h ハ大トナル。故ニ長キ測鏈ヲ使用スルトキハ部分ノ數ハ少クナリテ精密トナル。

[注意]

前述ノ理論ハ測量ノ偶然誤差ニ應用シ得ルモ總テノ規則誤差ヲ研究シ之レヲ觀測値ヨリ

除去シ然ル後ニ此式ヲ適用スベシ。

例ヘバ測鏈又ハ卷尺ノ長サニ於ケル温度ノ影響ハ寒暖計ニテ温度ヲ計リ計算シテ訂正スルヲ得。又測線ノ偏スルニヨリ起ル誤差ハ測鏈ヲ充分ニ引張スレバ除キ得ベシ。

一般ニ直線測量ノ規則誤差ハ線ノ長サニ比例シテ増シ偶然誤差ハ線ノ長サノ平方根ニ比例シテ増スモノナリ。

第三節 角 測 量

其一. 單測法

一般ニ角ハ分度圓盤ニ於ケル遊尺讀度ノ差ニテ測定ス。

而シテ此讀度ハ二個ノ遊尺讀度ノ平均ヲ用フ。

第四章第八節 (6) 式ニ依リ

$$\gamma_a^2 = \gamma_1^2 + \gamma_2^2$$

ヲ用ヒテ測量ノ現ハレ易キ誤差ヨリ此讀度ノ精密度ヲ決定シ得ベシ

次ニ分迄讀ミ得ベキ二個ノ遊尺付轉鏡複測經緯儀ニテ爲シタル角

ノ測量ニ就テ例示セン

11 回ノ複測ヲナス爲メニ 35° ノ角ヲ選ビ又各讀度ハ二個ノ遊尺ノ平均ナリトス

遊 尺 (A)	遊 尺 (B)	平 均 讀 度	角 度
5° 03' 30"	5° 03' 30"	5° 03' 30"	34° 56' 15"
39 59 30	39 60 00	39 59 45	34 55 30
74 50 00	74 55 30	74 55 15	34 54 30
109 49 30	109 50 00	109 49 45	34 55 15
144 45 00	144 45 00	144 45 00	34 55 00
179 41 00	179 41 00	179 41 00	34 55 45
214 37 00	214 36 30	214 36 45	34 55 30
249 32 30	249 32 00	249 32 15	34 55 30
284 28 00	284 27 30	284 27 45	34 56 00
319 24 00	319 23 30	319 23 45	34 55 45
354 19 30	354 19 30	354 19 30	

而シテ第四章第十節ニ依リ一回ノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ約20秒ナリ

[参考]

l	v	v ²
34° 56' 15"	-35"	1225
34 55 30	+10	100
34 54 30	+70	4900
34 55 15	+25	625
34 56 45	-65	4225
34 55 30	+10	100
34 55 30	+10	100
34 56 00	-20	400
34 55 45	-05	25
360	0	11700
算 術 的 平 均		
34° 55' 40"		

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

$$= 0.6745 \sqrt{\frac{11700}{8}}$$

$$= 0.6745 \sqrt{1462.5}$$

$$= 0.6745 \times 38$$

$$= 20 \text{ 秒}$$

今 γ_1 ヲ一個ノ遊尺讀度ノ現ハレ易キ誤差
 γ_2 ヲ二個ノ遊尺ノ平均讀度ノ現ハレ易キ誤差 } トシ

各測量ハ二個ノ讀度ノ差ナル故ニ、

γ_2	γ_1
$20 = \sqrt{\gamma_2^2 + \gamma_2^2}$ $= \sqrt{2\gamma_2^2}$ $= \sqrt{2} \times \gamma_2$ $= 1.4 \times \gamma_2$	$14.1 = \frac{\gamma_1}{\sqrt{2}}$ $\text{故ニ } \gamma_1 = 20 \text{ 秒}$
$\text{故ニ } \gamma_2 = \frac{20}{1.4} = 14.1 \text{ 秒}$	

故ニ角ノ一回ノ測量ノ現ハレ易キ誤差ハ一個ノ遊尺ノ一回ノ讀度ノ現ハレ易キ誤差ニ等シ。

故ニ兩遊尺ヲ讀ミ其平均ヲ取ルトキハ偏心ノ誤差ヲ除去シ得ルノ

ミナラズ其ノ精密度ヲ増シ得ベシ。

其二. 複測法

複測法ハ水平圓盤上ノ位置ヲ替ヘテ n 回角ヲ測ルモノナリ。

γ_1 平均讀度ノ現ハレ易キ誤差

γ 觀測値(兩讀度ノ差ノ $\frac{1}{n}$)ノ現ハレ易キ誤差

γ_2 n 個ノ獨立測量ノ平均值ノ現ハレ易キ誤差

トスルトキハ

誤差移行ノ法則 (7) 及 (5) 式ニ依リ $\gamma = \frac{\sqrt{2}\gamma_2}{n}$

但シ見透ノ誤差ハ無キモノトス。

又其一ニ依リ

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 \sqrt{2}}{\sqrt{n}}$$

故ニ n 回複測ノ現ハレ易キ誤差ハ n 個ノ獨立測量ノ平均ノ現ハレ易キ誤差ノ $\frac{1}{\sqrt{n}}$ ナリ。

故ニ複測法ハ單測法ヨリ精密ナレドモ複測ニハ見透ノ誤差及他ノ原因ニ依ル誤差アルヲ以テ 6 回以上ノ複測ヲナスハ必ズシモ常ニ利益ナラズ

[参考]

$$\frac{\gamma}{\gamma_2} = \frac{\frac{\gamma_1}{n} \sqrt{2}}{\frac{\gamma_1}{\sqrt{n}} \sqrt{2}} = \frac{\frac{1}{n}}{\frac{1}{\sqrt{n}}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad \text{故ニ } \gamma = \frac{\gamma_2}{\sqrt{n}}$$

第四節 面積測量

z_1 及 z_2 フ矩形ノ二邊トシ γ_1 及 γ_2 フ夫々其現ハレ易キ誤差トスレバ第四章第八節 (12) 式ニ依リ面積 ($z_1 z_2 = F$) ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_F = \sqrt{z_1^2 \gamma_2^2 + z_2^2 \gamma_1^2}$$

今 γ フ單位重みノ測量ノ現ハレ易キ誤差トスレバ

$$\gamma_1^2 = \gamma^2 z_1$$

及 $\gamma_2^2 = \gamma^2 z_2$

故ニ面積ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_F = \gamma \sqrt{z_1 z_2 (z_1 + z_2)}$$

例ヘバ矩形ノ兩邊ヲ測鏈ニテ測リ 60 尺及 150 尺トシ其面積ヲ 9000 平方尺トシ 1 測鏈ニ付キ現ハレ易キ誤差ヲ

$$\gamma = 0.01 \quad \text{トスレバ}$$

$$\gamma_F = \gamma \sqrt{z_1 z_2 (z_1 + z_2)}$$

$$= 0.01 \sqrt{60 \times 150 (60 + 150)} = 13.75 \text{ 平方尺}$$

之レ 9000 平方尺ノ面積ノ現ハレ易キ誤差ナリ

又誤差移行ノ法則ニ依リ或ル面積ノ現ハレ易キ誤差ハ其邊及角ノ現ハレ易キ誤差ヨリ見出し得可シ

此最モ簡單ナル場合ハ次ノ如シ

$\triangle ABC$ ノ面積ハ A 角, AB 邊及 AC 邊ヨリ見出し得可シ

$$AB = 252.52 \pm 0.06$$

$$AC = 300.01 \pm 0.06$$

$$\angle A = 42^\circ 13' 00'' \pm 30''$$

ナルトキハ

$$F = \triangle ABC = \frac{1}{2} AB \cdot AC \sin A = 25,452.4 \text{ 平方尺}$$

[参考]

$$\log 252.52 = 2.4022958$$

$$\log 300.01 = 2.4771357$$

$$\log \sin 42^\circ 13' = 9.8273279 - 10$$

$$4.7067594$$

$$\log 2 = 0.3010300$$

$$4.4057294 = \log 25,452.4$$

$$4057219$$

$$75$$

第四章第八節 (15) 式ト比スルニ

$$\gamma^2 = \left(\frac{dF}{dz_1}\right)^2 \gamma_1^2 + \left(\frac{dF}{dz_2}\right)^2 \gamma_2^2 + \left(\frac{dF}{dz_3}\right)^2 \gamma_3^2$$

$$AB = z_1 \quad \gamma_1 = 0.06 \text{ 尺}$$

$$AC = z_2 \quad \gamma_2 = 0.06 \text{ 尺}$$

$$\sin A = z_3 \quad \gamma_3 = 0.00015 \text{ 即チ } 30'' \text{ ニ相應スル差}$$

故ニ

$$\frac{dF}{dz_1} = \frac{1}{2} AC \sin A$$

$$\frac{dF}{dz_2} = \frac{1}{2} AB \sin A$$

$$\frac{dF}{dz_3} = \frac{1}{2} AB \cdot AC \cdot \cos A$$

此値ヲ(15)式ニ入レテ面積ノ現ハレ易キ誤
差 $\gamma = 8.9$ 平方尺ヲ見出し得ベシ。

【参考】

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \times 300.01 \times 0.67194 \times 0.06\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \times 252.52 \times 0.67194 \times 0.06\right)^2}$$

$$+ \left(\frac{1}{2} \times 252.52 \times 300.01 \times 0.7406 \times 0.00015\right)^2$$

$$= \sqrt{36.573 + 25.908 + 16.467}$$

$$= \sqrt{78.948}$$

$$= 8.885$$

第 七 章

多數ノ未知數ニ於ケル獨立測量

第一節 計算ノ順序

多數ノ互ニ關係アル未知數ニ於テ獨立ニ測量ヲナシタルトキハ此測量ハ第三章ノ方法ニ依リ整正シ其精密度ハ第四章ノ方法ニ依リ決定シ得ベシ。次ニ其順序ヲ述ベシ。

第一. z_1, z_2, z_3, \dots ヲ定メントスル未知數トシ各測量ニ對シテ觀測式ヲ作ル。或ハ z_1, z_2, z_3, \dots 等ヲ未知數ノ近似値ノ修正數トスレバ計算スベキ數ガ小トナリテ便利ナリ。

第二. 觀測式ヨリ法正式ヲ作ル。此法正式ノ數ハ未知數ノ數ト同ジ

第三. 法正式ヲ解キテ未知數ノ値ヲ求ムルトキハ其値ハ未知數ノ最モ確カラシキ値ナリ

第四. 殘差誤差ヲ見出し第四章第十七節 (2) 式ニ依テ重み 1 ナル測量ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出セ又必要ナレバ未知數ノ整正值ノ重み及現ハレ易キ誤差ヲ算出セヨ。未知數ノ數ガ 4 個以上ニシテ重み等シキ測量ナルトキハ第三章第四節 (7) 式及 (10) 式ニ依ルヲ便トス又測量ノ重み等シカラザルトキハ第三章第十四節 (1) 式及 (6) 式ニ依リ法正式ヲ作り此法正式ヲ第十六節ノ方法ニ依リテ解クベシ。

次ニ實例ヲ以テ此方法ヲ説明セン

第二節 水準測量ノ平均法

其一. 測量ノ精密度等シキ場合

次ノ高サハ合衆國ニ於ケル測量結果ニシテ重み等シキモノト假定

ス

1. 0 點以上 Z_1 ノ高サ	573.08 尺
2. Z_1 以上 Z_2 ノ高サ	2.60 尺
3. 0 點以上 Z_2 ノ高サ	575.27 尺
4. Z_2 以上 Z_3 ノ高サ	167.33 尺
5. Z_3 以上 Z_4 ノ高サ	3.80 尺
6. Z_2 以上 Z_1 ノ高サ	170.28 尺
7. Z_5 以上 Z_4 ノ高サ	425.00 尺
8. 0 點以上 Z_5 ノ高サ (ばるちもあ經由)	319.91 尺
9. 0 點以上 Z_6 ノ高サ (ひらでるひや經由)	319.75 尺

但シ

0 點ハ大西洋ノ平均水位

Z_1 ハゑり湖ノ平均水位 (合衆國せんとろーれんす河近傍ノ湖)

Z_2 ハくりぶらんど市ノ水準基面

Z_3 ハころんぶす停車場ノ高サ

Z_4 ハびつばーぐ停車場ノ高サ

Z_5 ハはりすばーぐ停車場ノ高サ

今此等ノ測量ヲ修正シテ單一測量ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出サント

ス

第一. Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 及 Z_5 點ノ未知高ヲ z_1, z_2, z_3, z_4 及 z_5 トスルトキハ測量ノ結果ヨリ次ノ觀測式ヲ得

$$\begin{aligned} z_1 &= 573.08 & z_2 - z_1 &= 2.60 \\ z_2 &= 575.27 & z_3 - z_2 &= 167.33 \\ z_4 - z_3 &= 3.80 & z_4 - z_2 &= 170.28 \\ z_4 - z_5 &= 425.00 & z_5 &= 319.91 \\ z_5 &= 319.75 \end{aligned}$$

第二. z_1 ノ法正式ヲ作ルベシ其法ハ各觀測式ニ於ケル z_1 ノ係數ヲ其式ニ乗ジ其積ヲ加フ. 同様ニ各未知數ニ對シテ法正式ヲ作ルベシ即チ

$$\begin{aligned} 2z_1 - z_2 &= 570.48 \\ -z_1 + 4z_2 - z_3 - z_4 &= 240.26 \\ -z_2 + 2z_3 + 3z_4 - z_5 &= 599.08 \\ -z_4 + 3z_5 &= 214.66 \end{aligned}$$

第三. 法正式ヲ解キテ次ノ値ヲ得

$$\begin{aligned} z_1 &= 572.81 & z_2 &= 575.14 \\ z_3 &= 744.05 & z_4 &= 745.43 \\ z_5 &= 320.03 \end{aligned}$$

之レ五點ノ修正高ナリ

第四. 此値ヲ觀測式ニ入レ殘差誤差ヲ見出シ其自乘ヲ作ルトキハ次ノ如シ

番 號	v	v ²
1	0.27	0.073
2	0.27	0.073
3	0.13	0.017
4	0.42	0.176
5	0.42	0.176
6	0.01	0.000
7	0.40	0.160
8	0.12	0.014
9	0.28	0.078
		[v] = 0.767

而シテ測量ノ數ハ $n=9$

未知數ノ數ハ $q=5$

p ハ總テ1ナル故ニ

第四章第十七節 (2) 式ニ依リ

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{0.767}{9-5}}$$

$$= 0.6745 \sqrt{\frac{0.767}{4}} = 0.295^R$$

之レ各測量ノ現ハレ易キ誤差ナリ

第五. 上記ノ整正值ノ現ハレ易キ誤差ヲ定ムルニハ其重みヲ見出スコト必要ナリ

例ヘバ z_2 ノ重みヲ見出スニハ z_2 ノ法正式ノ絶対項ヲBトシ他ノ絶対項ヲ0トスルトキハ $z_2 = \frac{26}{51} B$ トナリ

z_2 ノ重みハ $\frac{51}{26}$ ナリ故ニ z_2 ノ値ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma_2 = \frac{0.295}{\sqrt{1.96}} = 0.207^R$$

故ニ z_2 ノ高サハ次ノ如シ

$$z_2 = 575.14 \pm 0.21$$

[參考]

$$(1) 2z_1 - z_2 = 0 \quad \text{故ニ } z_1 = \frac{z_2}{2}$$

$$(2) -z_1 + 4z_2 - z_3 - z_4 = B \quad -\frac{z_2}{2} + 4z_2 - z_3 - z_4 = B \quad \text{故ニ } -\frac{z_2}{2} + 4z_2 - z_3 - z_4 = B$$

$$(3) -z_2 + 2z_3 - z_4 = 0 \quad -z_2 + 2z_3 = z_4$$

$$(4) -z_2 - z_3 + 3z_4 - z_5 = 0 \quad -z_2 - z_3 + 3z_4 - \frac{z_4}{3} = 0$$

$$(5) -z_1 + 3z_5 = 0 \quad \text{故ニ } z_5 = \frac{z_1}{3}$$

$$\text{故ニ } -z_2 - z_3 + \frac{8}{3}(-z_2 + 2z_3) = 0$$

$$\text{故ニ } -z_2 - z_3 - \frac{8z_2}{3} + \frac{16z_3}{3} = 0$$

$$\text{故ニ } -\frac{11z_2}{3} + \frac{13z_3}{3} = 0$$

$$\text{故ニ } 11z_2 = 13z_3$$

$$B = -\frac{z_2}{2} + 5z_2 - 3z_3$$

$$= \frac{9z_2}{2} - 3 \times \frac{11}{13} z_2$$

$$= \frac{117 - 66}{26} z_2$$

$$= \frac{51}{26} z_2$$

$$\text{故ニ } z_2 = \frac{26}{51} B$$

其二. 測量ノ精密度等シカラザル場合

精密度ノ等シカラザル水準測量ヲ整正スル方法ハ前述ノ方法ト大差ナシ但シ法正式ヲ作ル前ニ各觀測式ニ其重みノ平方根ヲ乘ズルヲ要ス

之レヲ説明スル爲メニ前述ノ9個ノ測量ヲ重み等シカラザルモノト考ヘ第9番ノ重みヲ最モ少トシ之ヲ1トス之レ「ばるちもあ」ニ於ケル平均水面ハ大西洋ノ平均水面ニ等シキヤ否ヤ不明ナル故ナリ

第3乃至第8ハ鐵道ノ水準測量ナリ故ニ其重みヲ4トス第1及第2ハ注意シテ行ハレタル政府ノ測量ノ結果ニシテ多年間使用スル水路ノ水位ナル故ニ最モ信用アルモノナリ。故ニ其重みヲ25トス而シテ觀測式ハ前記ノ如シ

故ニ重みノ平方根ヲ各々ニ乘ジテ次ノ如クス

$$\begin{aligned} 5z_1 &= 2865.40 \\ 5z_2 - 5z_1 &= 13.00 \\ 2z_2 &= 1150.54 \\ 2z_3 - 2z_2 &= 334.66 \\ 2z_4 - 2z_3 &= 7.60 \\ 2z_4 - 2z_1 &= 340.56 \\ 2z_4 - 2z_5 &= 850.00 \\ 2z_5 &= 639.82 \\ z_5 &= 319.75 \end{aligned}$$

之レヨリ法正式ヲ作レバ次ノ如シ

$$\begin{aligned} 50z_1 - 25z_2 &= 14262.00 \\ -25z_1 + 37z_2 - 4z_3 - 4z_4 &= 1015.64 \\ -4z_2 - 8z_3 - 4z_4 &= 654.12 \\ -4z_2 - 4z_3 + 12z_4 - 4z_5 &= 2396.32 \\ -4z_4 + 9z_5 &= -100.61 \end{aligned}$$

此式ヲ解クトキハ z ノ値ヲ得ベシ

$$\begin{aligned} z_1 &= 572.98 & z_2 &= 575.48 & z_3 &= 742.36 \\ z_4 &= 745.72 & z_5 &= 320.25 \end{aligned}$$

此 z ノ値ヲ觀測式中ニ入レ殘差 v_1, v_2, \dots, v_9 ヲ見出シ v^2 ヲ作り

之レニ重みヲ乘ズルトキハ次ノ如シ

番 號	p	v	vv	pvv
1	25	0.10	0.010	0.250
2	25	0.11	0.012	0.300
3	4	0.20	0.040	0.160
4	4	0.44	0.194	0.776
5	4	0.43	0.185	0.720
6	4	0.02	0.0004	0.002
7	4	0.48	0.210	0.840
8	4	0.34	0.116	0.464
9	1	0.50	0.250	0.250
				[pvv]=3.762

重み1ナル測量ノ現ハレ易キ誤差ハ第四章第十七節(2)式ニ依リ次ノ如シ

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{3.762}{4}} = 0.635R$$

第1及第2測量ノ現ハレ易キ誤差ハ第四章第十七節(1)式ニ依リ

$$r_2 = \frac{r}{\sqrt{p_2}} = \frac{0.635}{5} = 0.13R$$

第3乃至第8測量ノ現ハレ易キ誤差ハ次ノ如シ

$$r_3 = \frac{r}{\sqrt{p_3}} = \frac{0.635}{2} = 0.32R$$

上記ノ整正值ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出スニハ重みヲ定メザルベカラズ例ヘバ

z_4 ノ重みヲ見出スニハ第四法正式ノ絕對項ヲAトシ他ノ法正式ノ絕對項ヲ0トシテ之レヲ解クトキハ

$$z_4 = \frac{135}{894}A$$

故 = z_4 ノ重みハ 6.62 ナリ

z_4 ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$r_{z_4} = \frac{0.635}{\sqrt{6.62}} = 0.25^R$$

同様ニ

$$r_{z_5} = 0.15^R$$

此ノ如キ簡單ナル場合ニテハ法正式ノ絶對項ヲ A_1, A_2, \dots

ニテ現ハストキハ直ニ總テノ重み及未知數ヲ見

出スヲ得ベシ

例ヘバ其一ノ場合ノ法正式ヲ次ノ如ク書キ

$$2z_1 - z_2 = A_1$$

$$-z_1 + 4z_2 - z_3 - z_4 = A_2$$

$$-z_2 + 2z_3 - z_4 = A_3$$

$$-z_2 - z_3 - 3z_4 - z_5 = A_4$$

$$-z_4 - 3z_5 = A_5$$

之ヲ解クトキハ

$$51z_1 = 32A_1 + 13A_2 + 11A_3 + 9A_4 + 3A_5$$

$$51z_2 = 13A_1 + 26A_2 + 22A_3 + 18A_4 + 6A_5$$

$$51z_3 = 11A_1 + 22A_2 + 50A_3 + 27A_4 + 9A_5$$

$$17z_4 = 3A_1 + 6A_2 + 9A_3 + 12A_4 + 4A_5$$

$$17z_5 = A_1 + 2A_2 + 3A_3 + 4A_4 + 7A_5$$

之レニテ重みハ直ニ知ラレ又未知數ノ値モ直ニ見出サル又 $Z_1, Z_2,$

Z_3, Z_4, Z_5 點ノ高サノ近似値ニ於ケル修正數ヲ z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 トシ之レ

ヲ未知數トスレバ計算ハ稍簡單トナル

即チ 573 ヲ Z_1 點ノ高サノ近似値トシ

575 ヲ Z_2 " " "

742 ヲ Z_3 " " "

745 ヲ Z_4 " " "

320 ヲ Z_5 " " " トス

故ニ

Z_1 點ノ高サハ $573 + z_1$

Z_2 點ノ高サハ $575 + z_2$

Z_3 點ノ高サハ $742 + z_3$

Z_4 點ノ高サハ $745 + z_4$

Z_5 點ノ高サハ $320 + z_5$

然ルトキハ觀測式ハ次ノ如シ.

$$z_1 = 0.08$$

$$z_2 - z_1 = 0.60$$

$$z_2 = 0.27$$

$$z_3 - z_2 = 0.53$$

$$z_4 - z_3 = 0.80$$

$$z_4 - z_2 = 0.28$$

$$z_4 - z_5 = 0.00$$

$$z_5 = -0.09$$

$$z_5 = 0.25$$

之レヨリ法正式ヲ作ルトキハ

$$2z_1 - z_2 = -0.52$$

$$-z_1 + 4z_2 - z_3 - z_4 = +0.26$$

$$-z_2 + 2z_3 - z_4 = -0.47$$

$$-z_2 - z_3 + 3z_4 - z_5 = +1.08$$

$$-z_4 + 3z_5 = -0.34$$

此法正式ヲ解クトキハ

$$\begin{aligned} z_1 &= -0.19 \text{尺} & z_2 &= 0.14 \text{尺} \\ z_3 &= 0.05 \text{尺} & z_4 &= 0.43 \text{尺} \\ z_5 &= 0.03 \text{尺} \end{aligned}$$

故ニ高サハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} Z_1 \text{ 點ノ高サハ } Z_1 &= 573.00 - 0.19 = 572.81 \text{尺} \\ Z_2 \text{ 點ノ高サハ } Z_2 &= 575.00 + 0.14 = 575.14 \text{尺} \\ Z_3 \text{ 點ノ高サハ } Z_3 &= 742.00 + 0.05 = 742.05 \text{尺} \\ Z_4 \text{ 點ノ高サハ } Z_4 &= 745.00 + 0.43 = 745.43 \text{尺} \\ Z_5 \text{ 點ノ高サハ } Z_5 &= 320.00 + 0.03 = 320.03 \text{尺} \end{aligned}$$

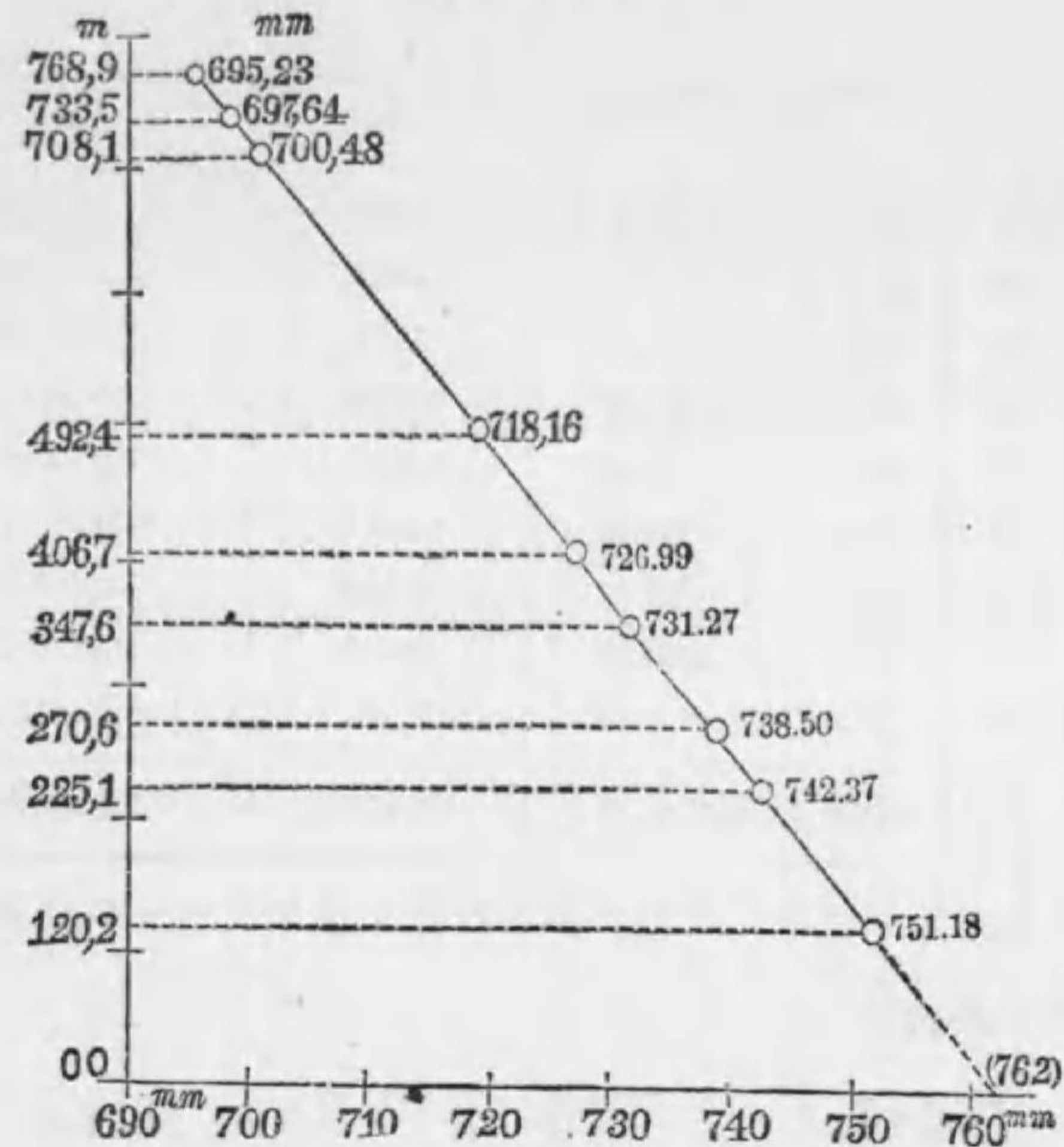
第三節 氣壓測高式

しようでる教授ノ報告ニ依レバ獨逸ノいるてんべるぐノ九個ノ氣象觀測所ノ海拔高及氣壓ハ次ノ如シ

觀測所名	海拔高(米)	氣壓(托)
1. Br.	120.2	751.18
2. Can.	225.1	742.37
3. St.	270.6	738.50
4. Cal.	347.6	731.27
5. Fri.	406.7	726.99
6. H.	492.4	718.16
7. J.	708.1	700.48
8. Fre.	733.5	697.64
9. Sch.	768.9	695.23

海拔高 (h) ヲ縱ニ氣壓 (B) ヲ横ニ取ルトキハ海拔高及氣壓ノ關係ハ次圖ノ如シ

第十圖



高クナルニ從ヒ氣壓 (B) ガ降ルモノト假定シテ氣壓 (B) ヲ高サ (h) ノ函數トシテ示ス之レヲ圖示スルトキハ其ノ關係ヲ知ルヲ得ベク又 h ノ誤差ヲ知リ得ベシ而シテ第十圖ニ依レバ h 及 B ノ關係ハ直線函數ノ如ク見ユルガ故ニ

$$B = x + hy \dots \dots \dots (1) \text{ ナル式トス}$$

此式中ニハ二個ノ未知數アルガ故ニ之レヲ定ムルニハ二個ノ觀測ニテ充分ナレドモ九個ノ觀測ヲ採用セントスルトキハ前述ノ法ニヨリテ法正式ヲ作ラザルベカラズ先ヅ誤差式ヲ設ケントス而シテ高サニハ誤差ナキモノト見テ水銀柱ノ讀度ニ誤差アルモノトス

$$v = x + hy - B \dots \dots \dots (2) \text{誤差式}$$

此式ヲ第三章第五節ノ一般誤差式 (2) = 比較スルトキハ

$$a = 1, b = h, l = -B \dots \dots \dots (3)$$

故ニ

番 號	a	b	l	b ²	bl
1	1.0	120.2	-751.18	14448	-90291.836
2	1.0	225.1	-742.37	50670	-167107.487
3	1.0	270.6	-738.50	73224	-199838.100
4	1.0	347.6	-731.27	120826	-254189.452
5	1.0	406.7	-726.99	165405	-295666.833
6	1.0	492.4	-718.16	242458	-353621.984
7	1.0	708.1	-700.48	501406	-496009.888
8	1.0	733.5	-697.64	538022	-511718.940
9	1.0	768.9	-695.23	591207	-534562.347
計	9.0	4073.1	-6501.82	2297666	-2903006.867

$$a = 1$$

$$a^2 = 1$$

$$[aa] = 9$$

$$[ab] = [b] = 4073.1$$

$$[al] = [l] = -6501.82$$

故ニ法正式ノ係數ハ次ノ如シ

$$\left. \begin{aligned} [aa] &= +9.0 & [ab] &= +4073.1 & [bb] &= +2297666.00 \\ [al] &= -6501.82 & [bl] &= -2903006.867 \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

$$[aa][bb] = +20678994.00$$

$$[ab][ab] = +16590143.61$$

$$[aa][bb] - [ab][ab] = +4088850.39$$

$$[bb][al] = -14939010752.12$$

$$[ab][bl] = -11824237811.70$$

$$[bb][al] - [ab][bl] = -3114772940.42$$

$$[aa][bl] = -26127061.803$$

$$[ab][al] = -26482563.042$$

$$[aa][bl] - [ab][al] = +355501.239$$

$$\text{故ニ } x = -\frac{[bb][al] - [ab][bl]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = -\frac{-3114772940}{+4088850} = +761.77$$

$$y = -\frac{[aa][bl] - [ab][al]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = -\frac{+355501}{+4088850} = -0.08695$$

$$B = x + hy$$

$$B = 761.77 - 0.08695h \dots \dots \dots (5)$$

$$h = 11.50(761.77 - B)$$

近似値ヲ用フレバ簡單ニナシ得ベシ第十圖ニ於テ $h=0$ ノ點マデ直線ヲ延長スレバ 762 耗ヲ得ベシ故ニ之レヲ近似値 (x) トス

$$(x) = 762.00 \dots \dots \dots (6)$$

又 y ノ近似値ヲ得ン爲メニ次ノ計算ヲナス

$$(1) \quad h = 120.2 \quad B = 751.18$$

$$(9) \quad h = 768.9 \quad B = 695.23$$

$$\text{差 } \Delta h = 648.7 \quad \Delta B = -55.95$$

$$(y) = \frac{-55.95}{648.7} = -0.08625 \dots \dots \dots (7)$$

故ニ近似函數ハ

$$(B) = (x) - (y)h$$

$$(B) = 762.00 - 0.08625h \dots \dots \dots (8)$$

$$x = (x) + \delta x \quad y = (y) + \delta y' \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{故ニ } B = (762 + \delta x) - (0.08625 + \delta y')h \dots \dots \dots (10)$$

而シテ観測誤差アル爲メニ此式ノ如クナスニハ修正數 (v)ヲ Bニ加ヘザルベカラズ

$$B + v = (762 + \delta x) - (0.08625 + \delta y')h$$

故ニ誤差式ハ次ノ如シ

$$v = \delta x - h\delta y' + (762 - 0.08625h) - B \dots\dots\dots(11)$$

此式ニ於テハ δx 及 $\delta y'$ ノ係數ニ非常ナル差アリ即チ δx ノ係數ハ 1ナルニ $\delta y'$ ノ係數 (h)ハ 120-769ニシテ非常ニ大ナリ此ノ如キ不等ハ形式上宜シカラザル故ニ次ノ如クナス

$$v = \delta x - \frac{h}{100}(100\delta y') + (762 - 0.08625h) - B$$

而シテ $100\delta y' = \delta y$ トスレバ.....(12)

$$v = \delta x - \frac{h}{100}\delta y + (762 - 0.08625h) - B \dots\dots\dots(13)$$

此式ヲ一般ノ誤差式 $v = a\delta x + b\delta y - l$ ト對照スレバ

$$\left. \begin{aligned} a &= 1 \\ b &= -\frac{h}{100} \\ -l &= (762 - 0.08625h) - B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

故ニ $-l = (B) - B =$ 近似値一観測値.....(15)

h	(B)	B	l	a	b	b ²	l ²	bl
120.2	751.63	751.18	+0.45	+1.0	-1.20	1.44	0.20	-0.54
225.1	742.59	742.37	+0.22	+1.0	-2.25	5.06	0.05	-0.50
270.6	738.66	738.50	+0.16	+1.0	-2.71	7.34	0.03	-0.43
347.6	732.02	731.27	+0.75	+1.0	-3.48	12.11	0.56	-2.61
406.7	726.92	726.99	-0.07	+1.0	-4.07	16.56	0.00	+0.28
492.4	719.53	718.16	+1.37	+1.0	-4.92	24.21	1.88	-6.74
708.1	700.93	700.48	+0.45	+1.0	-7.08	50.13	0.20	-3.19
733.5	698.74	697.64	+1.10	+1.0	-7.34	53.88	1.21	-8.07
768.9	695.68	695.23	+0.45	+1.0	-7.69	59.14	0.20	-3.46
合計			+4.88	+9.0	-40.74	229.87	4.33	-25.26

$$\left. \begin{aligned} [ax] &= +9.00 & [ab] &= -40.74 & -[al] &= +4.88 \\ [bb] &= +229.87 & -[bl] &= -25.26 & & \\ & & [ll] &= +4.33 & & \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

$$\delta_x = \frac{[bb][al] - [ab][bl]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = \frac{1121.7 - 1029.1}{2068.8 - 1659.7} = \frac{92.6}{409.1} = -0.226$$

$$\delta_y = \frac{[aa][bl] - [ab][al]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = \frac{-227.34 + 198.81}{2068.8 - 1659.7} = \frac{28.53}{409.1} = +0.06974$$

故ニ (12) 式ニ依リ

$$\delta_y' = \frac{\delta_y}{100} = +0.000697$$

近似値 (x) = 762.00 (y) = 0.086250

修正値 $\delta_x = -0.23$ $\delta_y' = +0.000697$

修正値 $x = 761.77$ $y = 0.086947$(17)

故ニ平均シタル函數ハ次ノ如シ

$$B = x - yh = 761.77 - 0.086947h \dots\dots\dots(18)$$

之レ前ノ結果ト一致ス

此式ニ依テ各 hニ對シテ Bヲ計算シテ観測値ト比較スルトキハ

次ノ如シ

番號	海拔高 h (米)	観測値 B' (耗)	(13) 式ヨリ算出セル Bノ値 (耗)	v (耗)	v ²
1	120.2	751.18	751.32	+0.14	0.0196
2	225.1	742.37	742.20	-0.17	0.0289
3	270.6	738.50	738.24	-0.26	0.0676
4	347.6	731.27	731.55	+0.23	0.0529
5	406.7	726.99	726.41	-0.58	0.3364
6	492.4	718.16	718.96	+0.80	0.6400
7	708.1	700.48	700.21	-0.27	0.0729
8	733.5	697.64	698.00	+0.36	0.1296
9	768.9	695.23	694.91	-0.31	0.0961
合計					1.4695 = [vv].....(19)

單位「重み」ノ中數誤差

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-2}} = \sqrt{\frac{1.4695}{9-2}} = \sqrt{\frac{1.4695}{7}} = \pm 0.46^{\text{mm}}$$

yノ中數誤差

$$m_y = \frac{m}{\sqrt{p_y}} = \frac{0.46}{\sqrt{45.45}} = \pm 0.06797$$

xノ中數誤差

$$m_x = \frac{m}{\sqrt{p_x}} = \frac{0.46}{\sqrt{1.78}} = \pm 0.34$$

$$\text{故} = \delta y = +0.06975 \pm 0.06797$$

$$dy' = \frac{\delta y}{100} = +0.000697 \pm 0.00068$$

$$\delta x = -0.23 \pm 0.34$$

【参考】

$$m_y = \frac{m}{\sqrt{p_y}} = \frac{m}{\sqrt{\frac{1}{[\beta\beta]}}} = \frac{m}{\sqrt{[bb.1]}} = \frac{0.46}{\sqrt{45.45}} = \pm 0.06797$$

$$[bb.1] = [bb] - \frac{[ab][ab]}{[aa]} = 229.87 - \frac{-40.74}{9.00}(-40.74) \\ = 229.87 - \frac{1659.7476}{9} = 45.4546$$

$$m_x = \frac{m}{\sqrt{p_x}} = \frac{m}{\sqrt{[aa.1]}} = \frac{0.46}{\sqrt{1.78}} = \pm 0.34$$

$$[aa.1] = [aa] - \frac{[ab][ab]}{[bb]} = 9.00 - \frac{1659.7476}{229.87} = 1.78$$

第 八 章

條件付測量

第一節 計算ノ順序

條件付測量ヲ整正スル普通ノ方法ハ第三章ニ於テ又精密度ヲ算出スル方法ハ第四章ニ於テ述ベタリ。

次ニ其順序ヲ示サン。

第一、 n' 個ノ條件ニ從フベキ q 個ノ未知數ニ於テ n 個ノ測量ヲ爲シタルトキハ先ヅ近似値ノ修正數ヲ未知數トシテ觀測式及條件式ヲ修正數ノ項ニテ顯ハス

第二、 n' 個ノ條件式ヨリ n' 個ノ未知數ノ値ヲ殘リノ $q-n'$ 個ノ未知數ノ項ニテ示シ此値ヲ獨立測量ヲ示ス觀測式ニ入ル

第三、 n 個ノ觀測式ヲ第七章ノ方法ニ依テ整正シテ $(q-n')$ 個ノ未知數ノ最モ確カラシキ値ヲ見出シ之ヲ條件式ニ入レ殘リノ n' 個ノ未知數ノ最モ確カラシキ値ヲ見出ス。

第四、整正值ヲ n 個ノ觀測式ニ入レテ殘差誤差ヲ見出シ第四章第二十三節 (1) 式ニ依リ重み1ナル觀測値ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出ス

又整正值ノ重み及其現ハレ易キ誤差ハ第四章第十七節 (1) 式ニ依リテ見出ス

第二節 三角形内角ノ平均法

其一、三内角ノ測量ノ精密度等シキ場合

今平面三角形ノ三内角ヲ等シキ精密度ヲ以テ測量シタルトキハ各角ノ修正數ハ其三角ノ和ト180°ノ差ノ $\frac{1}{3}$ ナリ次ニ之レヲ不定係數法ニ依リ證明セン

一. l_1, l_2 及 l_3 ヲ觀測値トシ

z_1, z_2 及 z_3 ヲ其最モ確カラシキ値トスレバ條件式ハ次ノ如シ

$$z_1 + z_2 + z_3 - 180^\circ = 0$$

之レニ觀測値ヲ入ルルトキハ零トナラズシテ差 d ヲ生ズベシ

即チ

$$l_1 + l_2 + l_3 - 180^\circ = d$$

之レヲ第三章第十九節(1)式ト比スルトキハ

$$a_1 = a_2 = a_3 = +1 \text{ 及 } w_1 = d$$

二. K ヲ不定係數トシ重みヲ總テ1トスルトキハ(3)式ニ依テ

$$[aa]K + d = 0$$

$$\text{或ハ } 3K + d = 0 \quad \text{故ニ } K = -\frac{1}{3}d$$

三. (4)式ニ依テ

$$v_1 = -\frac{d}{3}$$

$$v_2 = -\frac{d}{3}$$

$$v_3 = -\frac{d}{3}$$

故ニ三内角ノ最モ確カラシキ値ハ

$$z_1 = l_1 - \frac{d}{3}$$

$$z_2 = l_2 - \frac{d}{3}$$

$$z_3 = l_3 - \frac{d}{3}$$

四. 殘差誤差ノ自乗ノ和ハ次ノ如シ

$$[vv] = \left(\frac{d}{3}\right)^2 + \left(\frac{d}{3}\right)^2 + \left(\frac{d}{3}\right)^2 = 3 \times \frac{d^2}{9} = \frac{d^2}{3}$$

故ニ單ナル測量角ノ現ハレ易キ誤差ハ第四章第二十三節(1)式ニ依リ $0.39d$ ナリ即チ

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{n'}} = 0.6745 \sqrt{\frac{\frac{d^2}{3}}{1}} = \frac{0.6745d}{\sqrt{3}}$$

$$n' = \frac{0.6745d}{1.732} = 0.39d$$

【參考】 前述ノ方法ハ

$$\left. \begin{array}{l} (l_1 + z_1) + (l_2 + z_2) = l_3 \\ l_1 + \frac{1}{3}d \\ l_2 + \frac{1}{3}d \\ l_3 + \frac{1}{3}d \end{array} \right\} \text{ノトキト同様ナリ}$$

又整正角ノ現ハレ易キ誤差ハ $0.32d$ ナリ

【參考】 第六章第三節ニ依リ未知數ノ重みヲ見出し第四章第十七節(1)式ニ依リ其現ハレ易キ誤差ヲ見出す。

其二. 三内角ノ測量ノ精密度等シカラザル場合.

平面三角ノ三内角ノ測量ノ精密度等シカラザルトキハ其修正數ハ其重みニ反比ス。

$$\left. \begin{array}{l} \text{【實例】 } l_1 = 36^\circ 25' 47'' \text{ 重み } 4 \\ l_2 = 90^\circ 36' 28'' \text{ 重み } 2 \\ l_3 = 52^\circ 57' 57'' \text{ 重み } 3 \\ \text{和} = 180^\circ 00' 12'' \end{array} \right\} \text{トス}$$

一. 殘差及係數ヲ見出すコト.

z_1, z_2 及 z_3 ヲ最モ確カラシキ値トスルトキハ前ノ如ク條件式

$$z_1 + z_2 + z_3 - 180^\circ = 0$$

三角形ノ殘差ハ $d=12''$

第三章第十九節 (1) 式ニ依リ

$$a_1 = a_2 = a_3 = 1$$

二. 一個ノ不定係數ヲ見出スコト.

$$(2) \text{ 式ヨリ } \left[\frac{aa}{p} \right] K_1 + d = 0$$

$$\text{一個ノ法正式ハ } \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) K + 12 = 0$$

$$\text{即チ } \left(\frac{3+6+4}{12} \right) K + 12 = 0$$

$$\text{故ニ } K = -\frac{144}{13} = -11.08$$

三. 修正數ヲ見出スコト

(4) 式ヨリ修正數ハ,

$$v_1 = \frac{a_1}{p_1} K_1 = \frac{K}{4} = -2.77''$$

$$v_2 = \frac{a_2}{p_2} K_1 = \frac{K}{2} = -5.54''$$

$$v_3 = \frac{a_3}{p_3} K_1 = \frac{K}{3} = -3.69''$$

故ニ整正值ハ次ノ如シ

$$z_1 = 36^\circ 25' 44.23''$$

$$z_2 = 90^\circ 36' 22.46''$$

$$z_3 = 52^\circ 57' 53.31''$$

$$\text{和} = 180^\circ 00' 00.00''$$

殘差ハ修正數 v_1, v_2 及 v_3 ニシテ此重み付自乗ノ和ハ次ノ如シ

$$[pvv] = 132.92$$

第四章第二十三節ニ依リ重み 1 ナル測量ノ現ハレ易キ誤差ハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{n'}} = 0.6745 \sqrt{\frac{132.92}{1}} \\ &= 0.6745 \times 11.53 = 7.77'' \end{aligned}$$

第四章第十七節 (1) 式ニ依リ觀測値ノ現ハレ易キ誤差ハ次ノ如シ

$$\gamma_1 = \frac{\gamma}{\sqrt{p_1}} = \frac{7.77}{\sqrt{4}} = 3.89''$$

$$\gamma_2 = \frac{\gamma}{\sqrt{p_2}} = \frac{7.77}{\sqrt{2}} = 5.50''$$

$$\gamma_3 = \frac{\gamma}{\sqrt{p_3}} = \frac{7.77}{\sqrt{3}} = 4.49''$$

整正值ノ現ハレ易キ誤差ハ之レヨリ稍小ナリ

第三節 一立點ニ於ケル角ノ平均法

n 個ノ角及其和ヲ一立點ニテ測定シ其重みガ皆等シキトキハ n 單角ノ和ト其和角トノ差ノ $\frac{1}{n+1}$ ヲ各角ニ修正スレバ可ナリ

又 n 角ガ水平的ニ閉鎖シ而シテ其重みガ等シキトキハ 360° ト其 n 角ノ和トノ差ノ $\frac{1}{n}$ ヲ各角ニ修正スレバ可ナリ.

又一立點ニ於テノ角ガ水平的ニ閉鎖シ和或ハ差ヲ測量スルトキハ其修正ハ第一節ノ方法ニ依リ之レヲ爲スヲ得.

$$\begin{aligned} \text{即チ } n &= \text{測量數} & q &= \text{未知數} \\ n' &= \text{條件數} & & \left. \vphantom{\begin{matrix} n \\ n' \end{matrix}} \right\} \text{トスレバ} \end{aligned}$$

n' 條件ニ依リ $q-n'$ 個ノ未知數ノ項ニテ n' 個ノ未知數ヲ示シ n 觀測式ヲ修正シテ $q-n'$ 個ノ最モ確カラシキ値ヲ見出シ之レヲ條件式ニ入レテ殘リノ n' 個ノ未知數ヲ得

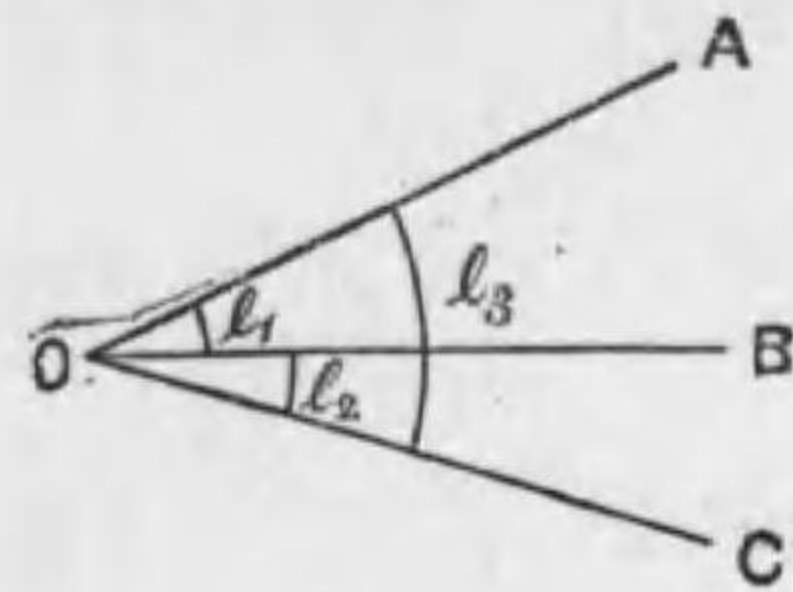
〔参考〕

S 個ノ見透線ヲ定ムル = (s-1) 角ヲ要ス。今 10 個ノ角ヲ測定シタリトスレバ、10-(s-1) 個ノ條件式アリテ解ク可キ法正式ノ數ハ例ヘバ s=4, w=6 ノトキハ三個ナリ。

其一. 測量ノ精密度等シキ場合.

〔例一〕 二角及其和ヲ一立點ニ於テ測量スルトキニ常ニ二角ノ觀測値ノ和ハ其和ノ觀測値ト一致セズ即チ次ノ條件式ヲ満足セシメズ

第十一圖



$\angle AOB + \angle BOC = \angle AOC$

今 l_1 ナ AOB 角ノ觀測値
 l_2 ナ BOC 角ノ觀測値 } トスレバ
 l_3 ナ AOC 角ノ觀測値

$l_1 + l_2 \neq l_3$ $l_1 + l_2 - l_3 = d$

今重みヲ等シトシテ測量ヲ修正シ且其修正値ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出サントス。

一. z_1 ナ觀測値 l_1 ノ修正數
 z_2 ナ觀測値 l_2 ノ修正數 } トスレバ
 $l_1 + z_1$ ナ AOB 角ノ最モ確カラシキ値
 $l_2 + z_2$ ナ BOC 角ノ最モ確カラシキ値

觀測式ハ次ノ如シ

$l_1 + z_1 = l_1$
 $l_2 + z_2 = l_2$
 $(l_1 + z_1) + (l_2 + z_2) = l_3$

此觀測式ハ次ノ形トナル

$z_1 = 0$ $z_2 = 0$
 $z_1 + z_2 = l_3 - (l_1 + l_2) = d$

二. 法正式ヲ作ルトキハ

$2z_1 + z_2 = d$ $z_1 + 2z_2 = d$

三. 法正式ヲ解クトキハ修正數ノ最モ確カラシキ値ヲ得ベシ

$z_1 = \frac{1}{3}d$ 及 $z_2 = \frac{1}{3}d$

故ニ修正値ハ次ノ如シ

$l_1 + \frac{1}{3}d$

$l_2 + \frac{1}{3}d$

$l_3 - \frac{1}{3}d$

四. 殘差誤差ハ修正數ナルヲ以テ殘差誤差ノ自乗ノ和ハ.

$(\frac{1}{3}d)^2 + (\frac{1}{3}d)^2 + (\frac{1}{3}d)^2 = \frac{d^2}{9} + \frac{d^2}{9} + \frac{d^2}{9} = \frac{1}{3}d^2$

故ニ單一觀測値ノ現ハレ易キ誤差ハ第四章第二十三節(1)式ニ依リ

$r = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n}} = 0.6745 \sqrt{\frac{\frac{1}{3}d^2}{1}} = 0.389d$

五. 第十七節ノ方法ニ依リ z_1 及 z_2 ノ修正値ノ重み 1.5 ナ見出レ得ベシ

〔参考〕

法正式ヲ $\left. \begin{matrix} 2z_1 + z_2 = d \\ z_1 + 2z_2 = d \end{matrix} \right\}$ トスレバ

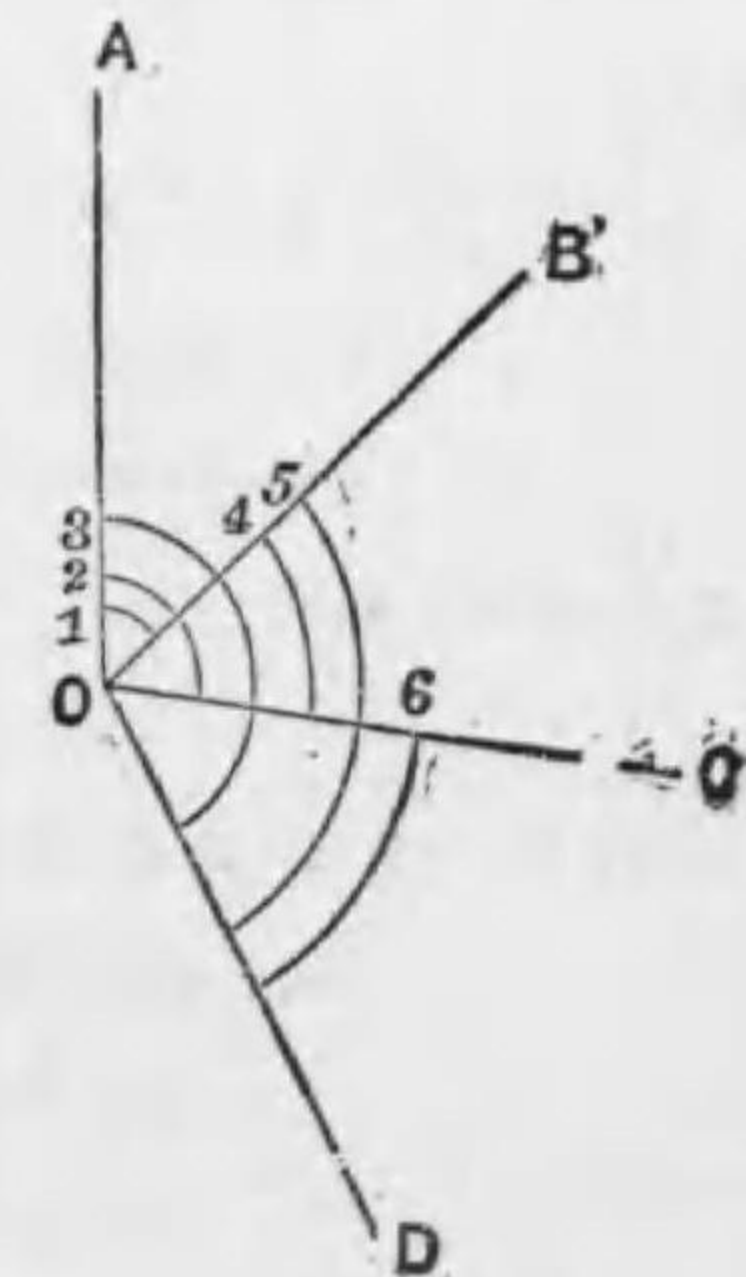
$2z_1 + z_2 = 0$	$2z_1 + z_2 = A$
$2z_1 + 4z_2 = +2B$	$\frac{1}{2}z_1 + z_2 = 0$
$-3z_2 = -2B$	$1.5z_1 + 0 = A$
故ニ $z_2 = \frac{2}{3}B$	故ニ $z_1 = \frac{1}{1.5}A$
故ニ z_2 ノ重サハ $p_{z_2} = \frac{3}{2} = 1.5$	故ニ $p_{z_1} = 1.5$

故ニ z_1 及 z_2 ノ修正値ノ現ハレ易キ誤差ハ $0.318d$ ナリ 即チ $\frac{0.389d}{\sqrt{1.5}} = 0.318d$

〔例二〕 四個ノ見透方向アル立點 0 = 於テ六角ヲ測ルトキハ三角ハ平均ノ條件トナル今次ノ如ク六角ヲ測定シタリトス

- (1) = 48° 17' 1.4''
- (2) = 96 52 16.8
- (3) = 152 54 6.8
- (4) = 48 35 14.3
- (5) = 104 37 7.8
- (6) = 56 1 48.9

第十二圖



(1), (2), (3) ナ (A'B), (AOC), (AOD) ノ近似値ト

シ x, y, z ナ其ノ修正數トス

(AOB) = 48° 17' 1.4'' + x

(AOC) = 96° 52' 16.8" + y

(AOD) = 152° 54' 6.8" + z

今6個ノ修正數ヲ v1, v2, v3, v4, v5 及 v6 トスレバ最初ノ3個ノ誤差式ハ

v1 = x
v2 = y
v3 = z

而シテ第四ノ誤差式ハ 48° 35' 14.3" + v4 = (96° 52' 16.8" + y) - (48° 17' 1.4" + x)

v4 = -x + y + 1.1"

第五ノ誤差式ハ 101° 37' 7.8" + v5 = (152° 54' 6.8" + z) - (48° 17' 1.4" + x)

v5 = -x + z - 2.8"

第六ノ誤差式ハ 56° 1' 48.9" + v6 = (152° 54' 6.8" + z) - (96° 52' 16.8" + y)

v6 = -y + z + 1.1"

故ニ6個ノ誤差式ハ次ノ如シ。

誤差式

v1 = +x
v2 = +y
v3 = +z
v4 = -x + y + 1.1"
v5 = -x + z - 2.4"
v6 = -y + z + 1.1"

法正式

3x - y - z + (+2.4 - 1.1) = 0 即チ 3x - y - z + 1.3 = 0
-x + 3y - z + (+1.1 - 1.1) = 0 -x + 3y - z + 0.0 = 0
-x - y + 3z + (-2.4 + 1.1) = 0 -x - y + 3z - 1.3 = 0

此式ヲ解クトキハ

x = -0.3" y = 0.0" z = +0.3"

此修正數ヲ (1) (2) (3) 等ノ角度ニ加フルトキハ

AB = 48° 17' 1.1"
AC = 96 52 16.8
AD = 152 54 7.1

一測量ノ中數誤差ハ

m = sqrt([vv]/n) = sqrt(7.34/3) = +/- 1.56"

【例三】 不定係數法ニ依リ解ク例

(1) = 48° 17' 1.4" (4) = 48° 35' 14.3
(2) = 96 52 16.8 (5) = 104 37 7.8
(3) = 152 54 6.8 (6) = 56 1 48.9

w4 = (2) - (1) - (4) = +1.1"

w5 = (3) - (1) - (5) = -2.4"

w6 = (3) - (2) - (6) = +1.1"

第三章第十八節(4)式ニ依リ

(1) -v1 + v2 -v4 + w4 = 0 w4 = +1.1"
(2) -v1 + v3 -v5 + w5 = 0 w5 = -2.4"
(3) -v2 + v3 -v6 + w6 = 0 w6 = +1.1"
x = v1 y = v2 z = v3 及 l4 = -w4 l5 = -w5 l6 = -w6

法正式ハ

+3K1 + K2 - K3 + w4 = 0
+ K1 + 3K2 + K3 + w5 = 0
- K1 + K2 + 3K3 + w6 = 0

之ヲ解クトキハ

K1 = (-2w4 + w5 - w6)/4, K2 = (w4 - 2w5 + w6)/4, K3 = (-w4 + w5 - 2w6)/4

x = v1 = a1K1 + b1K2 + c1K3 = -1 x K1 - 1 x K2 = (-2w4 + w5 - w6)/4 - (w4 - 2w5 + w6)/4 = (w5 + w6 - 1.1 - 2.4)/4 = -0.3"

y = v2 = a2K1 + b2K2 + c2K3 = (-w4 + w6)/4 = (-1.1 + 1.1)/4 = 0.0"

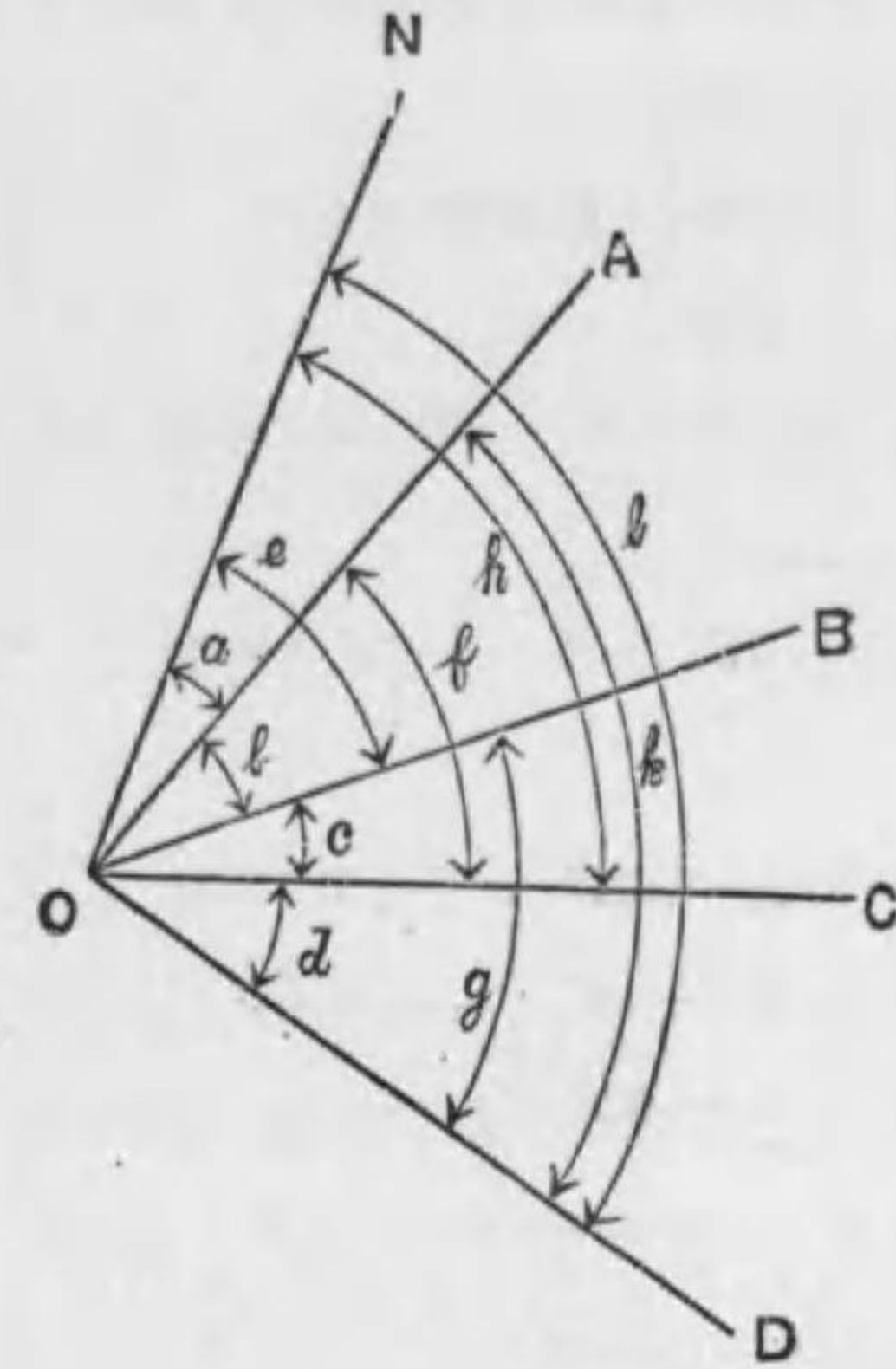
z = v3 = a3K1 + b3K2 + c3K3 = (-w5 - w6)/4 = (2.4 - 1.1)/4 = +0.3"

w4 = a4K1 + b4K2 + c4K3 = (+2w4 - w5 + w6)/4 = (2 x 1.1 + 2.4 + 1.1)/4 = +1.4

w5 = a5K1 + b5K2 + c5K3 = (-w4 + 2w5 - w6)/4 = (-1.1 - 4.8 - 1.1)/4 = -1.8

w6 = a6K1 + b6K2 + c6K3 = (+w4 - w5 + 2w6)/4 = (1.1 + 2.4 + 2.2)/4 = +1.4

第十三圖



【例四】

基線 ON = 對スル OA, OB, OC 及 OD 線

ノ精密ナル方向角ヲ求メントス即チ、

- $\angle NOA = a$
- $\angle AOB = b$
- $\angle BOC = c$
- $\angle COD = d$
- $\angle NOB = e$
- $\angle AOC = f$
- $\angle BOD = g$
- $\angle NOC = h$
- $\angle AOD = k$
- $\angle NOD = l$

ヲ測定シテ

方向角

- $\angle NOA = w$
- $\angle NOB = x$
- $\angle NOC = y$
- $\angle NOD = z$

ノ近似値ヲ求メントス

誤差式ハ次ノ如シ、

- $v_1 = w - a$
- $v_2 = x - w - b$
- $v_3 = y - x - c$
- $v_4 = z - y - d$
- $v_5 = x - e$
- $v_6 = y - w - f$
- $v_7 = z - x - g$
- $v_8 = y - h$
- $v_9 = z - w - k$
- $v_{10} = z - l$

誤差ノ自乗ノ總和ヲ作ルトキハ

$$[vv] = (w-a)^2 + (x-w-b)^2 + (y-x-c)^2 + (z-y-d)^2 + (x-e)^2 + (y-w-f)^2 + (z-x-g)^2 + (y-h)^2 + (z-w-k)^2 + (z-l)^2$$

之レヲ變數ニ就テ微分シテ微分係數ヲ零トスレバ次ノ四式ヲ得、

$$\begin{cases} (w-a) - (x-w-b) - (y-w-f) - (z-w-k) = 0 \\ (x-w-b) - (y-x-c) + (x-e) - (z-x-g) = 0 \\ (y-x-c) - (z-y-d) + (y-w-f) + (y-h) = 0 \\ (z-y-d) + (z-x-g) + (z-w-k) + (z-l) = 0 \end{cases}$$

例ハバ O 點ヨリ水平角ヲ測定シテ結果ヲ

得タリトス

- $\angle NOA = a = 36^\circ 21' 30''$
- $\angle AOB = b = 29^\circ 43' 0''$
- $\angle BOC = c = 48^\circ 6' 30''$
- $\angle NOB = d = 66^\circ 3' 30''$
- $\angle AOC = e = 77^\circ 50' 30''$
- $\angle NOC = f = 114^\circ 12' 0''$

今 OA, OB 及 OC ナル方向ガ基線 ON トナス角

ハ夫々次ノ如シ

- $\angle NOA = a = w$
- $\angle NOB = d = x$
- $\angle NOC = f = y$

此近似値ヲ求メントス

條件式ハ次ノ如シ

$$\begin{cases} a + b = d \\ b + c = e \\ c + d = f \end{cases}$$

誤差式ハ次ノ如シ、

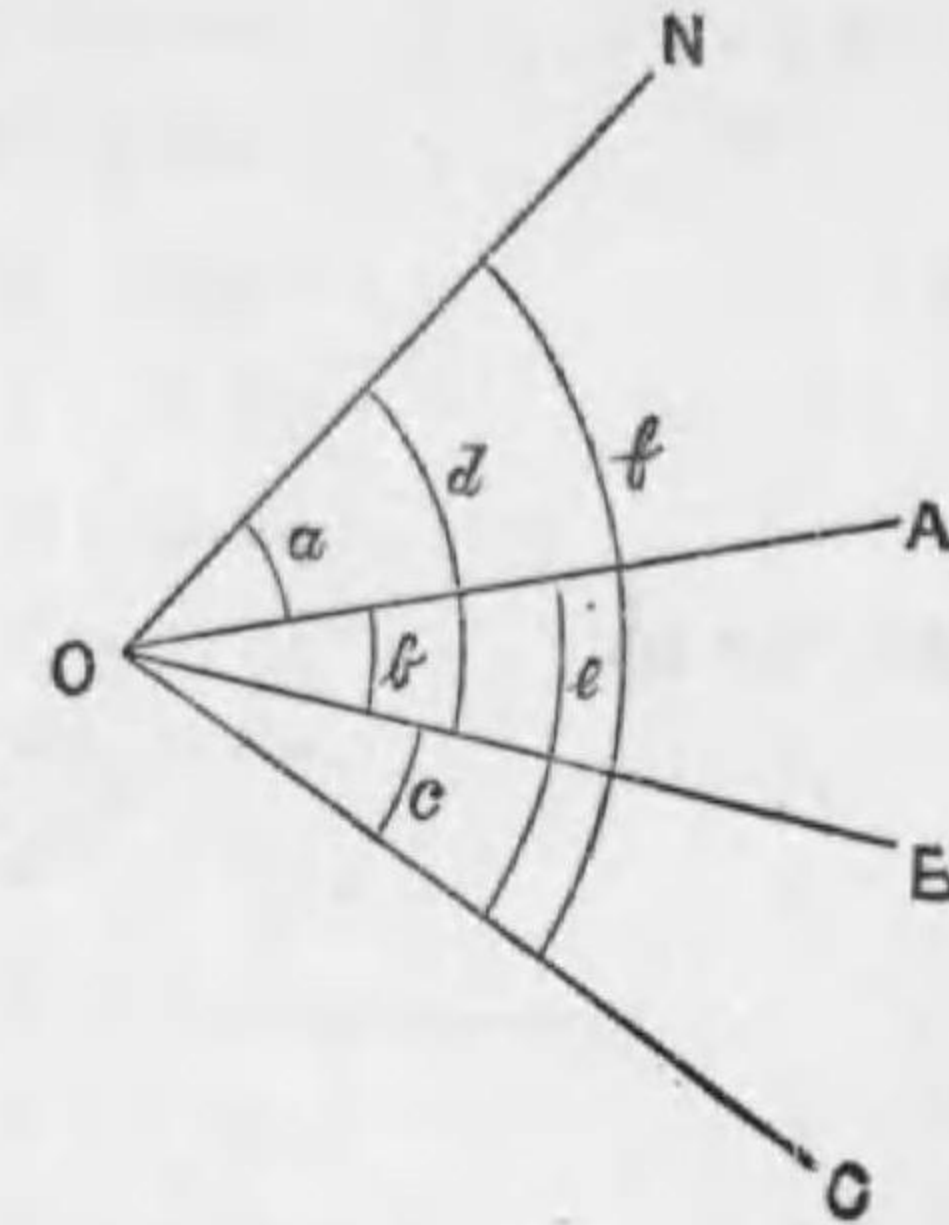
- $v_1 = w - a$
- $v_2 = x - w - b$
- $v_3 = y - x - c$
- $v_4 = x - d$
- $v_5 = y - w - e$
- $v_6 = y - f$

誤差ノ自乗ノ總和ヲ作ルトキハ

$$[vv] = (w-a)^2 + (x-w-b)^2 + (y-x-c)^2 + (x-d)^2 + (y-w-e)^2 + (y-f)^2$$

之レヲ變數ニ對シテ微分シテ微分係數ヲ零トナストキハ

第十四圖



$$\begin{cases} (w-a)-(x-w-b)-(y-w-e)=0 \\ (x-w-b)-(y-x-c)+(x-d)=0 \\ (y-x-c)+(y-w-e)+(y-f)=0 \end{cases}$$

故=

$$\begin{aligned} 3w-x-y+a-b-e &= -71^\circ 12' 0'' \\ 3x-w-y+a+d-e &= 47^\circ 40' 0'' \\ 3y-w-x+c+e+f &= 240^\circ 9' 0'' \end{aligned}$$

yヲ除クトキハ

$$\begin{aligned} w-x &= -29^\circ 43' 0'' \\ 2x-w &= 95^\circ 47' 15'' \end{aligned}$$

故=

$$\begin{cases} w = 36^\circ 21' 0'' \\ x = 62^\circ 4' 15'' \\ y = 114^\circ 10' 45'' \end{cases} \text{トシ}$$

誤差ハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} v_1 &= w-a = -0^\circ 0' 30'' \\ v_2 &= x-w-b = +0^\circ 0' 15'' \\ v_3 &= y-x-c = 0^\circ 0' 0'' \\ v_4 &= x-d = +0^\circ 0' 45'' \\ v_5 &= y-w-e = +0^\circ 0' 45'' \\ v_6 &= y-f = -0^\circ 1' 15'' \\ \text{總和} &= 0^\circ 0' 0'' \end{aligned}$$

誤差ノ自乗ノ總和ハ次ノ如シ

$$30^2 + 15^2 + 0^2 + 45^2 + 45^2 + 75^2 = 10800$$

一觀測ノ中數誤差ハ次ノ如シ

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n}} = \sqrt{\frac{10800}{3}} = \pm 60''$$

【例五】 立點 H = 於テ七個ノ角ヲ測量シタルモノニシテ各角ノ値ハ同數ノ平均値ニシテ其重み等シトス

番 號	見 透 點	觀 測 値		
		度	分	秒
1	B 及 W	44	25	40.613
2	B 及 P	80	47	32.819
3	W 及 P	36	21	51.996
4	P 及 R	91	34	24.758
5	P 及 B	279	12	27.619
6	R 及 Q	62	37	43.405
7	Q 及 B	125	00	18.808

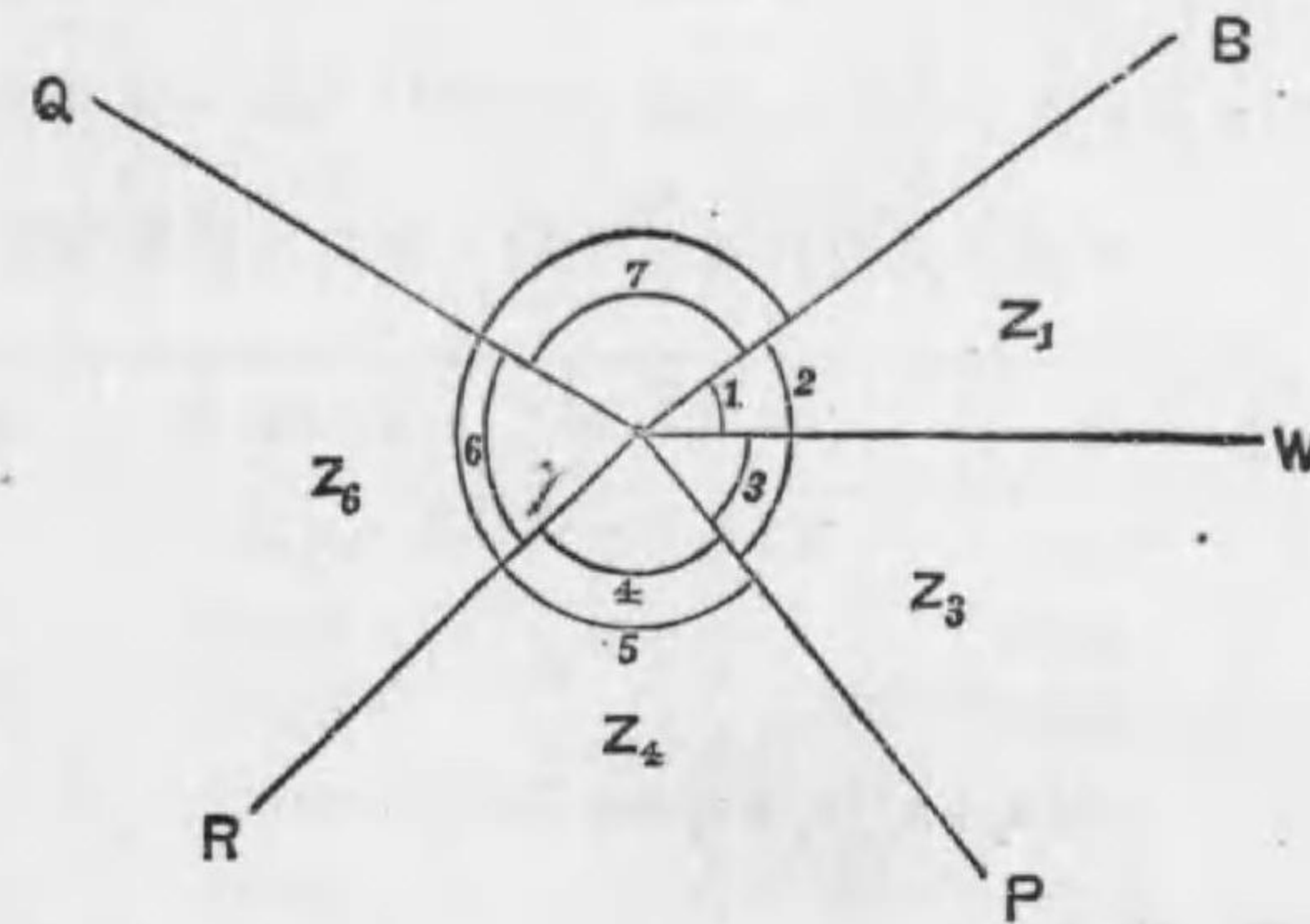
立點 H 及七個ノ角ノ位置ハ第十五圖ノ如シ

今觀測值ヲ整正シ且其現ハレ易キ誤差ヲ見出サントス

條件式ハ次ノ三式ナリ

$$\begin{cases} \angle 1 + \angle 3 = \angle 2 \\ 360 - (\angle 1 + \angle 3) = \angle 5 \\ 360 - (\angle 1 + \angle 3 + \angle 4 + \angle 6) = \angle 7 \end{cases}$$

第 十 五 圖



一. Z_1, Z_3, Z_4 及 Z_6 ヲ四個ノ單角ノ最モ確カラシキ値トスルトキハ觀測式ハ次ノ如シ

$$Z_1 = 44^\circ 25' 40.613''$$

$$Z_1 + Z_3 = 80^\circ 47' 32.819''$$

$$Z_3 = 36^\circ 21' 51.996''$$

$$Z_4 = 91^\circ 34' 24.758''$$

$$360^\circ - (Z_1 + Z_3) = 279^\circ 12' 27.619''$$

$$Z_6 = 62^\circ 37' 43.405''$$

$$360^\circ - (Z_1 + Z_3 + Z_4 + Z_6) = 125^\circ 00' 18.808''$$

今 Z_1, Z_3, Z_4, Z_6 ヲ近似値トシ

z_1, z_3, z_4, z_6 ヲ修正數トセヨ

即チ $Z_1 = 44^\circ 25' 40.613'' + z_1$

$Z_3 = 36^\circ 21' 51.996'' + z_3$

$Z_4 = 91^\circ 34' 24.758'' + z_4$

$Z_6 = 62^\circ 37' 43.405'' + z_6$

故ニ前記ノ觀測式ニ此値ヲ入ルルトキハ次ノ簡單ナル觀測式ヲ得

$$z_1 = 0,$$

$$z_1 + z_3 = +0.210$$

$$z_3 = 0,$$

$$z_4 = 0,$$

$$z_1 + z_3 = -0.228$$

$$z_6 = 0,$$

$$z_1 + z_3 + z_4 + z_6 = +0.420$$

二. 法正式ハ次ノ如シ

$$4z_1 + 3z_3 + z_4 + z_6 = +0.402$$

$$3z_1 + 4z_3 + z_4 + z_6 = +0.402$$

$$z_1 + z_3 + 2z_4 + z_6 = +0.420$$

$$z_1 + z_3 + z_4 + 2z_6 = +0.420$$

三. 法正式ヲ解クトキハ次ノ結果ヲ得

$$z_1 = z_3 = +0.022''$$

$$z_4 = z_6 = +0.126''$$

此修正數ヲ近似値ニ入ルルトキハ第1第3第4及第6角ノ最モ確カラシキ値ヲ得ベシ而シテ之レヨリ加算ニ依リ第2第5及第7角ノ

最モ確カラシキ値ヲ得

故ニ整正值ハ

第一角 = $44^\circ 25' 40.635'' = Z_1$

第三角 = $36^\circ 21' 52.018'' = Z_3$

第四角 = $91^\circ 34' 24.884'' = Z_4$

第六角 = $62^\circ 37' 43.531'' = Z_6$

第二角 = $80^\circ 47' 32.653'' = Z_1 + Z_3$

第五角 = $279^\circ 12' 27.347'' = 360^\circ - (Z_1 + Z_3)$

第七角 = $125^\circ 00' 18.932'' = 360^\circ - (Z_1 + Z_3 + Z_4 + Z_6)$

四. 殘差誤差ノ自乘ヲ作ルトキハ次表ノ如シ

番號	觀測值	整正值	v	vv
1	40.613''	40.635''	+0.022	0.0005
2	32.819	32.653	-0.166	0.0276
3	51.996	52.018	+0.022	0.0005
4	24.758	24.884	+0.126	0.0159
5	27.619	27.347	-0.272	0.0740
6	43.405	43.531	+0.126	0.0159
7	18.808	18.932	+0.124	0.0154
				[vv] = 0.1498

故ニ第四章第十七節ニ依リ單測量ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{[vv]}{n}} = 0.6745 \sqrt{\frac{0.1498}{3}} = 0.151''$$

五. 第一法正式ノ絕對項ヲ A トシ他ノ法正式ノ絕對項ヲ 0 トス

レバ 解法ニヨリ

$$z_1 = \frac{10}{17} A \quad \text{故ニ } z_1 \text{ ノ重みハ } 1.7 \text{ ナリ}$$

同理ニテ

$$Pz_4 = 1.4$$

z₁ 及 z₃ ノ整正值ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\frac{0.151}{\sqrt{1.7}} = 0.116''$$

z₄ 及 z₆ ノ整正值ノ現ハレ易キ誤差ハ $\frac{0.151}{\sqrt{1.4}} = 0.128''$

而シテ第二、第五及第七角ノ現ハレ易キ誤差ヲ見出スニハ文字ニテ之ヲ顯ハシ法正式ノ他ノ組ヲ作り之ヲ解クヲ要ス

〔例六〕 不定係數法ニ依リ解クノ例

番 號	見 透 點	角 度
1	B 及 W	44° 25' 40.613''
2	B 及 P	80° 47' 32.819''
3	W 及 P	36° 21' 51.996''
4	P 及 R	91° 34' 24.758''
5	P 及 B	279° 12' 27.619''
6	R 及 Q	62° 37' 43.405''
7	Q 及 B	125° 00' 18.808''

今 7 個ノ角ノ最モ確カラシキ値ヲ z₁, z₂, z₃, …… z₇ トスルトキハ

$$\left. \begin{aligned} z_1 - z_2 + z_3 &= 0 \\ z_4 - z_5 + z_6 + z_7 &= 0 \\ z_1 + z_3 + z_4 + z_6 + z_7 - 360^\circ &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

此式ニ觀測値ヲ入ルルトキハ次ノ殘差アリ

$$w_1 = -0.210, w_2 = -0.648, w_3 = -0.420 \dots\dots\dots(2)$$

(1) 式ヲ第三章第十八節 (1) 式ト比較シテ係數 a, b 及 c ノ値ヲ見出ス即チ

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= 0 & b_0 &= 0 & c_0 &= 0 \\ a_1 &= +1 & b_1 &= 0 & c_1 &= +1 \\ a_2 &= -1 & b_2 &= 0 & c_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} a_3 &= +1 & b_3 &= 0 & c_3 &= +1 \\ a_4 &= 0 & b_4 &= +1 & c_4 &= +1 \\ a_5 &= 0 & b_5 &= -1 & c_5 &= 0 \\ a_6 &= 0 & b_6 &= +1 & c_6 &= +1 \\ a_7 &= 0 & b_7 &= +1 & c_7 &= +1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

而シテ重みヲ 1 トスレバ (3) 式ヨリ次ノ法正式ヲ得

$$\begin{aligned} 3K_1 + 2K_3 - 0.210 &= 0 \\ +4K_2 + 3K_3 - 0.648 &= 0 \\ 2K_1 + 3K_2 + 5K_3 - 0.420 &= 0 \end{aligned}$$

之レヲ解クトキハ

$$\begin{aligned} K_1 &= +0.167 \\ K_2 &= +0.271 \\ K_3 &= -0.145 \end{aligned}$$

(4) 式ヨリ修正式ハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} v_1 &= +K_1 + K_3 = +0.022'' \\ v_2 &= -K_1 = -0.167'' \\ v_3 &= +K_1 + K_3 = +0.022'' \\ v_4 &= +K_2 + K_3 = +0.126'' \\ v_5 &= +K_2 = +0.271'' \\ v_6 &= +K_2 + K_3 = +0.126'' \\ v_7 &= +K_2 + K_3 = +0.126'' \end{aligned}$$

而シテ此修正數ヲ觀測値 l₁, l₂, …… l₇ ニ加フルトキハ整正值ヲ得

而シテ此値ハ [例五] ノ値ト殆ンド等シ

其二 測量ノ精密度等シカラザル場合

〔例一〕

番 號	見 透 點	觀 測 値	重 み
1	C 及 M	55° 57' 58."68	3
2	M 及 Q	48 49 13.64	19
3	C 及 Q	104 47 12.66	17
4	Q 及 S	54 38 15.53	13
5	M 及 S	103 27 28.99	6

Z_1, Z_2 及 Z_4 ヲ第一、第二及第四角トスレバ條件式ハ次ノ如シ

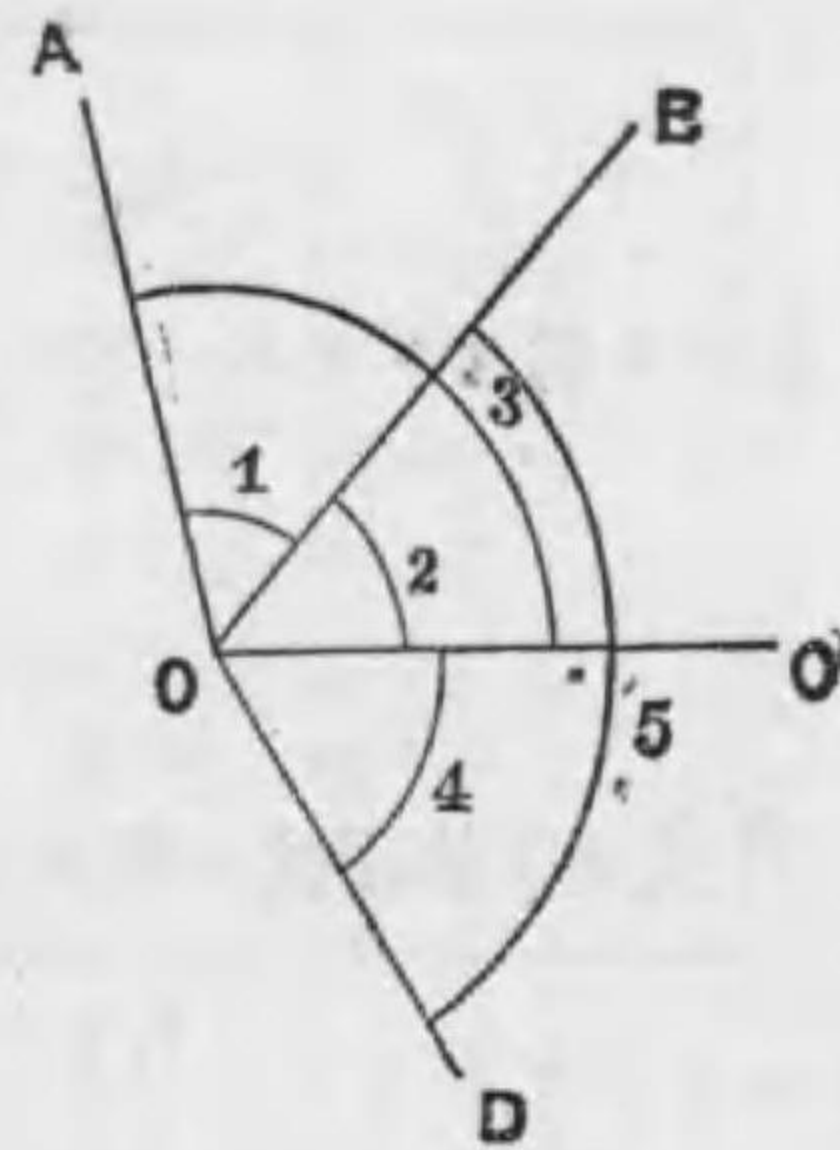
$$Z_1 + Z_2 = Z_3$$

第 十 六 圖

$$Z_2 + Z_4 = Z_5$$

又觀測式ハ次ノ如シ

1. $Z_1 = 55^\circ 57' 58.68''$ 重み 3
2. $Z_2 = 48^\circ 49' 13.64''$ 重み 19
3. $Z_1 + Z_2 = 104^\circ 47' 12.66''$ 重み 17
4. $Z_4 = 54^\circ 38' 15.53''$ 重み 13
5. $Z_2 + Z_4 = 103^\circ 27' 28.99''$ 重み 6



今 z_1, z_2 及 z_4 ヲ Z_1, Z_2 及 Z_4 ノ觀測

値ノ修正數トスレバ簡單ナル觀測式ハ次ノ如シ。

- | | |
|---------------------|-------|
| $z_1 = 0$ | 重み 3 |
| $z_2 = 0$ | 重み 19 |
| $z_1 + z_2 = +0.34$ | 重み 17 |
| $z_4 = 0$ | 重み 13 |
| $z_2 + z_4 = -0.18$ | 重み 6 |

之レヨリ法正式ヲ作ルトキハ

$$20z_1 + 17z_2 = +5.78$$

$$17z_1 + 42z_2 + 6z_4 = +4.70$$

$$6z_2 + 19z_4 = -1.08$$

此式ヲ解クトキハ

$$z_1 = +0.285''$$

$$z_2 = +0.005''$$

$$z_4 = -0.059''$$

故ニ整正值ハ次ノ如シ。

$$\text{第一角} = 55^\circ 57' 58.965''$$

$$\text{第二角} = 48^\circ 49' 13.645''$$

$$\text{第三角} = 104^\circ 47' 12.610''$$

$$\text{第四角} = 54^\circ 38' 15.471''$$

$$\text{第五角} = 103^\circ 27' 29.116''$$

現ハレ易キ誤差ヲ見出ス法ハ次ノ如シ

番 號	觀 測 値	整 正 値	v	vv	p	pvv
1	58.68''	58.965''	+0.285	0.0812	3	0.244
2	13.64	13.645	+0.005	0.0000	19	0.000
3	12.66	12.610	-0.050	0.0025	17	0.042
4	15.53	15.471	-0.059	0.0035	13	0.045
5	28.99	29.116	+0.126	0.0159	6	0.095
[pvv] = 0.426						

第四章第二十三節ニ依リ

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{n}}$$

$$= 0.6745 \sqrt{\frac{0.426}{2}} = 0.31''$$

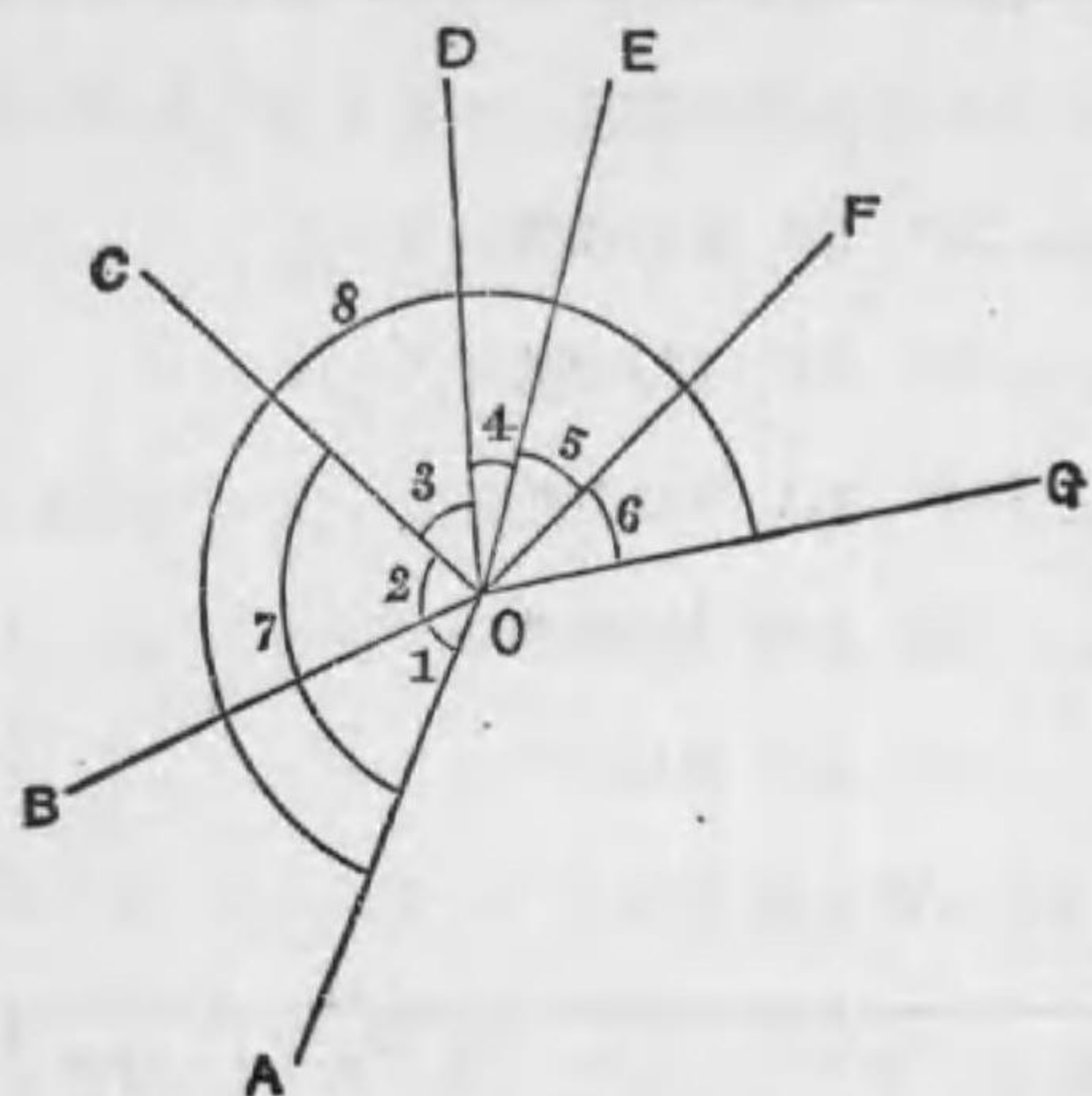
之レ重み 1 ナル測量ノ現ハレ易キ誤差ナリ

又第二角ノ現ハレ易キ誤差ハ次ノ如シ

$$r_2 = \frac{0.31}{\sqrt{19}} = 0.07''$$

故 = 第二角ノ整正值ノ現ハレ易キ誤差ハ 0.07'' ヨリ小ナリ。之レ
整正 = 依リ重みガ増ス故ナリ

第 十 七 圖



多數ノ見透線ニテ比
較的ニ條件式ノ少ナキ
時ハ不定係數法ヲ用フ
ルヲ宜シトス例ヘバ。
第十七圖ニ於テ (1) (2)
(3) (4) (5) 及 (6) ノ六個
ノ角ヲ測リ此等ノ角ノ
外ニ檢定用トシテ (7)
及 (8) ノ二個ノ角ヲ測
リタリトスレバ次ノ二

個ノ條件式アリ

$$(1) + (2) = (7) \text{ 及 } (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) = (8)$$

次ニ觀測値及其重みヲ擧グレバ次ノ如シ

番 號	左見透點	右見透點	觀 測 角 度 (度)	重 み
1	A	B	(1) = 27,94758	5
2	B	C	(2) = 86,18972	12
3	C	D	(3) = 63,70226	4
4	D	E	(4) = 8,76737	3
5	E	F	(5) = 26,27865	4
6	F	G	(6) = 82,73775	3
7	A	C	(7) = 114,13753	7
8	A	G	(8) = 295,62484	5
				43

.....(1)

第一條件式ハ次ノ如シ

$$27.94758 + v_1 + 86.18972 + v_2 = 114.13753 + v_7$$

秒ヲ單位トスレバ

$$v_1 + v_2 - v_7 - 2.3 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

同様ニ第二條件式ハ次ノ如シ

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 - v_8 - 15.1 = 0 \dots\dots\dots(3)$$

兩法正式ノ係數ハ次ノ如シ

$$\left[\frac{aa}{p} \right] = +\frac{1}{5} + \frac{1}{12} + \frac{1}{7} = 0.200 + 0.083 + 0.143 = +0.426$$

$$\begin{aligned} \left[\frac{bb}{p} \right] &= \frac{1}{5} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \\ &= 0.200 + 0.083 + 0.250 + 0.333 + 0.250 + 0.333 + 0.200 \\ &= 1.649 \end{aligned}$$

$$\left[\frac{ab}{p} \right] = \frac{1}{5} + \frac{1}{12} = 0.200 + 0.083 = 0.283$$

故ニ二個ノ法正式ハ次ノ如シ

$$+0.426K_1 + 0.283K_2 - 2.3 = 0$$

$$+0.283K_1 + 1.649K_2 - 15.1 = 0$$

之ヲ解クトキハ $K_1 = -0.8$ $K_2 = +9.3$

第三章第十八節 (6) 式ニ依テ

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{a_1 K_1}{p_1} + \frac{b_1 K_2}{p_1} + \frac{c_1 K_3}{p_1} \\ &= \frac{1}{5}(-0.8) + \frac{1}{5}(+9.3) = \frac{1}{5}(-0.8 + 9.3) = +1.7 \end{aligned}$$

同様ニ

$$v_2 = +1.7 \quad v_3 = +2.3$$

$$\begin{array}{l} v_2 = +0.7 \quad v_6 = +3.1 \\ v_3 = +2.3 \quad v_7 = +0.2 \\ v_4 = +3.1 \quad v_8 = -1.9 \end{array}$$

之レヲ (1) 式ノ觀測値ニ加フルトキハ平均角トナリ餘剩ヲ生ゼズ

$[p.vv]$ ハ v 或ハ $[wK]$ ヨリ求メラル

$$[p.vv] = 138.6$$

重み 1 ノ角ノ中數誤差ハ $m = \sqrt{\frac{138.6}{2}} = \pm 8.3$ 或ハ $\pm 2.7'$

第四節 方向對測ノ平均法

第一法

同ジ方法ニテ圓盤ノ位置ヲ變更シテ對測ヲ反覆スルトキハ平均値ヲ得可シ。

各對測毎ニ圓盤ノ位置ヲ等シキ間隔例ヘバ四對測ノ場合ニハ 45° 毎ニ六對測ノ場合ニハ 30° 毎ニ變更シテ測ルハ分割誤差ヲ除ク爲メナリ

各對測ヲ比較スルニハ一見透方向ヲ $0^\circ 0' 0''$ ニナストキハ便利ナリ

立點 0 ニ於テ A, B, C 及 D 點ヲ見透シ六對測ヲナシタルトキハ之レヲ次表ノ如ク第一部ニ記入シ又 P^0 ナル最初ノ方向ヲ $359^\circ 59' 60.0''$ トナス之レ對測ヲ動カストキニ負値トナラザル爲メナリ。

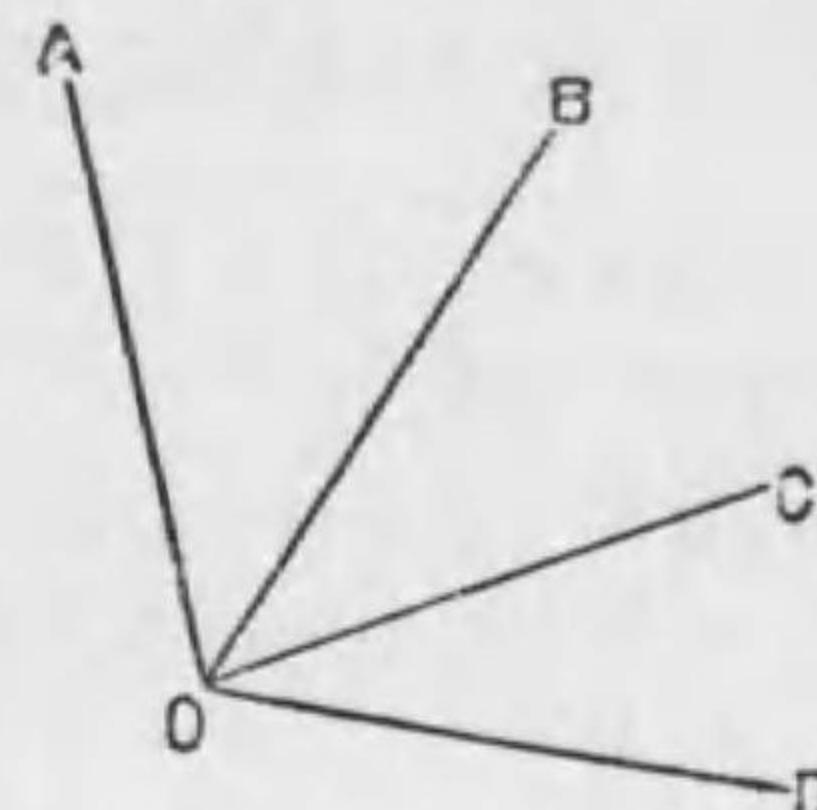
今第一部ニ於テ橫列ノ和及方向角ノ平均ヲ作り又檢定ノ爲メニ縱列ニ對測ノ總和ヲ作ル。

橫列ノ和 1021.0 ハ各對測ノ橫列ノ和ノ總和ト一致セザル可カラズ方向ノ平均 (A) ハ橫列ノ和ヲ六除シタルモノニテ之レニ度及分ヲ

加フルトキハ次ノ如シ

$$\begin{array}{l} P^0 = 60.00'' = 0^\circ 00' 00.00'' \\ P^1 = 8.58 = 56^\circ 04' 08.58'' \\ P^2 = 60.08 = 307^\circ 55' 00.08'' \\ P^3 = 41.50 = 345^\circ 43' 41.50'' \end{array}$$

第十八圖



次ニ中數誤差ヲ計算スル爲メニ對測平均値 B ヲ作ル而シテ之レガ殆ンド等シキカ否ヲ見ル

此對測平均値 B ヨリ再ビ平均値 $A_0 = 42.54$ ヲ作り之レヲ各 B ト比較シテ對測ノ差 $A_0 - B$ ヲ作ル。

此 $A_0 - B$ ナル値ヲ第一部ノ方向値ニ加フルトキハ第二部ノ動カシタル方向値ヲ得。

又第一部ニ於ケル如ク 第二部ニ於テモ行フトキハ方向平均値 A ハ同様ナリ。併シ對測平均値 B' ハ總テ等シ而シテ方向平均値 $A^0 A^1 A^2 A^3$ ヲ第二部ノ動カシタル方向値ト比入ルトキハ誤差 v ヲ生ズ之レ第三部ニ在ル如シ縱列及橫列ノ和ヲ作ルトキハ總和ハ 0 トナル但シ圓約ノ爲メニ 0.02 位トナルコトアリ。

此 v ヲ二乗シテ第四部ノ如クナス而シテ此縱橫列ノ總和ハ

$$[v^2] = 59.74 \text{ トナリ。中數誤差ハ}$$

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)(s-1)}}$$

式中 n ハ對測ノ數

s ハ各對測ニ於ケル方向ノ數

第六表

六對測ニ依ル方向測定ノ中數誤差算出表

對測番號 水平圓盤ノ位置	1	2	3	4	5	6	橫列 總計	方向ノ 平均值
I 見透點 P ^o 359° 59' " P' 56° 04' " P'' 307° 54' " P''' 345° 43'	60.0	60.0	60.0	60.0	61.0	60.0	360.0'	60.00'' = A ^o
	6.0	10.5	11.0	10.0	8.5	5.5	51.5	8.58 = A'
	63.0	61.0	60.5	62.0	56.0	58.0	360.5	60.08 = A''
	40.5	45.0	43.5	33.5	40.0	41.5	249.0	41.50 = A'''
合計 對測平均 B	169.5	176.5	175.0	170.5	164.5	165.0	1021.0	170.16 42.54 = A ₀
對測ノ移動 A ₀ -B	+0.16	-1.58	-1.21	-0.08	+1.42	+1.29	0.00	
II = I + (A ₀ -B) P ^o P' P'' P'''	60.16	58.42	58.79	59.92	61.42	61.29	360.00	60.00 = A ^o
	6.16	8.92	9.79	9.92	9.92	6.79	51.50	8.58 = A'
	63.16	59.42	59.29	61.92	57.42	59.29	360.50	60.08 = A''
	40.66	43.42	42.29	38.42	41.42	42.79	249.00	41.50 = A'''
合計 對測平均 B'	170.14	170.18	170.16	170.18	170.18	170.16	1021.00	42.54 = A ₀
III v ^o = A ^o - P ^o v' = A' - P' v'' = A'' - P'' v''' = A''' - P'''	-0.16	+1.58	+1.21	+0.08	-1.42	-1.29	0.00	
	+2.42	-0.34	-1.21	-1.34	-1.34	+1.79	-0.02	
	-3.08	+0.66	+0.71	-1.81	+2.66	+0.79	-0.02	
	+0.84	-1.92	-0.79	+3.08	+0.08	-1.29	0.00	
合計	+0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.04	
IV v ^{o2} v' ² v'' ² v''' ²	0.03	2.50	1.46	0.01	2.02	1.66	7.65	
	5.86	0.12	1.46	1.80	1.80	3.20	14.24	
	9.49	0.44	0.62	3.39	7.08	0.62	21.64	
	0.71	3.69	0.62	9.49	0.01	1.66	16.18	
	16.09	6.75	4.16	14.69	10.91	7.14	59.74 59.74	= [vv]

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)(s-1)}} = \sqrt{\frac{59.74}{(6-1)(4-1)}} = \sqrt{\frac{59.74}{15}} = \pm 2.00'' \dots \dots (1)$$

[參考]

測定ノタル總方向ノ數ハ $n \times s = 24$ 未知數ハ n 個ノ對測移動 (A₀-B) 及 s 見透線間ノ無關係ノ角 (s-1) ナリ。故ニ中數誤差算出式ノ分母ハ

$$n \times s - (s-1) - n = (n-1)(s-1)$$

此場合ニハ

$$n=6 \text{ 及 } s=4$$

$$(n-1)(s-1) = 15$$

故ニ一對測ニ於ケル一方向ノ中數誤差ハ $m = \sqrt{\frac{59.74}{15}} = \pm 2.00'' \dots \dots (2)$

六對測平均ノタル一方向ノ中數誤差ハ $m_x = \frac{2.01}{\sqrt{6}} = \pm 0.98'' \dots \dots (3)$

第二法

A₀-B ナル對測移動ヲ作ル代リニ方向平均值 A ト觀測值 P トノ差即チ $d = A - P$ ヲ作リ其水平列ノ和ヲ作レバ 0 トナラザル可カラズ

此差 (d) ハ對測移動ナリ

$z = \frac{[d]}{s}$ ハ第六表ノ (A₀-B) ト一致ス

z ヲ d ヲ引クトキハ $v = d - z$ トナリテ第六表ノ第三部ニ一致ス之レヨリ第六表第四ノ如ク [vv] ヲ作リ。或ハ d ヲ直接ニ [vv] ヲ作ル

$$v = d - z$$

第一對測

第二對測

s 見透點 $\begin{cases} v_1'v_1' = d_1'd_1' - 2d_1'z_1 + z_1^2 & v_2'v_2' = d_2'd_2' - 2d_2'z_2 + z_2^2 \\ v_1''v_1'' = d_1''d_1'' - 2d_1''z_1 + z_1^2 & v_2''v_2'' = d_2''d_2'' - 2d_2''z_2 + z_2^2 \end{cases}$

$$[v_1v_1] = [d_1d_1] - 2[d_1]z_1 + sz_1^2$$

$$[v_2v_2] = [d_2d_2] - 2[d_2]z_2 + sz_2^2$$

$$= [d_1d_1] - 2\frac{[d_1]^2}{s} + \frac{[d_1]^2}{s}$$

$$= [d_2d_2] - 2\frac{[d_2]^2}{s} + \frac{[d_2]^2}{s}$$

$$= [d_1d_1] - \frac{[d_1]^2}{s}$$

$$= [d_2d_2] - \frac{[d_2]^2}{s}$$

第七表

四個ノ見透點ニ於テ六對測ヲシタル場合ノ一方向測定ノ中數誤差ヲ算出スル表

對測番號 水平圓盤ノ位置	1	2	3	4	5	6	橫列 ノ和	方向ノ 平均値
I 見透點 P' 359° 59' " P' 56° 04' " P'' 307° 54' " P''' 345° 43'	60.0"	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	360.0	60.00 = A°
	0.0	10.5	11.0	10.0	8.5	5.5	51.5	8.58 = A'
	63.0	61.0	60.5	62.0	56.0	58.0	360.5	60.08 = A''
	40.5	45.0	43.5	38.5	40.0	41.5	249.0	41.50 = A'''
合計	169.5	176.5	175.0	170.5	164.5	165.0	1021.0	
II d = A - P								
A° - P°	0.00"	0.00"	0.00"	0.00"	0.00"	0.00"	0.00"	
A' - P'	+2.58	-1.92	-2.42	-1.42	+0.08	+3.08	-0.02	
A'' - P''	-2.92	-0.92	-0.42	-1.92	+4.08	+2.08	-0.02	
A''' - P'''	+1.00	-3.50	-2.00	+3.00	+1.50	0.00	0.00	
[d]	+0.66	-6.34	-4.84	-0.34	+5.66	+5.16	-0.04	
對測移動 $z = \frac{[d]}{4}$	+0.16	-1.58	-1.21	-0.08	+1.42	+1.29	0.00	
III $v^{\circ} = d^{\circ} - z^{\circ}$ $v' = d' - z'$ $v'' = d'' - z''$ $v''' = d''' - z'''$	-0.16	+1.58	+1.21	+0.08	-1.42	-1.29	0.00	
	+2.42	-0.34	-1.21	-1.34	-1.34	+1.79	-0.02	
	-3.08	+0.66	+0.79	-1.84	+2.66	+0.79	-0.02	
	+0.84	-1.92	-0.79	+3.08	+0.08	-1.29	0.00	
	+0.02	+0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.04	
VI 二乗 [d][d]	0.44	40.20	23.43	0.12	32.04	26.63	122.86	$=[d]^2$ $30.72 = \frac{[d]^2}{4}$
二乗 dd								
P°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
P'	6.66	3.61	5.86	2.02	0.01	9.49	27.73	
P''	8.53	0.85	0.18	3.69	16.65	4.33	31.23	
P'''	1.00	12.25	4.00	9.00	2.25	0.00	28.50	
和	16.19	16.79	10.04	14.71	18.91	13.82	90.46	$=[dd]$ $30.72 = \frac{[d]^2}{4}$ $59.74 = [vv]$

之レヨリ二乗ノ總和ハ

$$[vv] = [dd] - \frac{[d]^2}{s}$$

第七表ノ三部ヨリ作リタル $[vv] = 90.46 - \frac{122.86}{4} = 59.74$ ハ第六

表ト一致ス

此法ハ簡單ニシテ便利ナリ.

第五節 水準測量ノ平均法

其一. 測量ノ重み等シキ場合

A 點ト B, C, D 及ビ E 點トノ眞高低差夫々 w, x, y 及ビ z ナル
トキ測量ノ結果次ノ如ク數多ノ値アリ其近似値ヲ定メントス.

水準測量ノ結果次ノ如シ.

- A 點ト B 點ノ高低差 a
- A 點ト C 點ノ高低差 b
- B 點ト C 點ノ高低差 c
- B 點ト D 點ノ高低差 d
- C 點ト D 點ノ高低差 e
- B 點ト E 點ノ高低差 f
- D 點ト E 點ノ高低差 g

然ルトキハ $w = a$

$$x = b$$

$$x - w = c$$

$$y - w = d$$

$$y - x = e$$

$$z - w = f$$

$$z - y = g$$

トナルベキナリ然レドモ測量ニ誤差アル故
ニ次ノ如クナル

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= w - a \\ v_2 &= x - b \\ v_3 &= x - w - c \\ v_4 &= y - w - d \\ v_5 &= y - x - e \\ v_6 &= z - w - f \\ v_7 &= z - y - g \end{aligned} \right\}$$

誤差ノ二乗ノ總和ヲ作ルトキハ

$$[vv] = (w-a)^2 + (x-b)^2 + (x-w-c)^2 + (y-w-d)^2 + (y-x-e)^2 + (z-w-f)^2 + (z-y-g)^2$$

之レヲ微分シ微分係數ヲ零トスレバ次式ヲ得.

$$\left. \begin{aligned} (w-a) - (x-w-c) - (y-w-d) - (z-w-f) &= 0 \\ (x-b) + (x-w-c) - (y-x-e) &= 0 \\ (y-w-d) + (y-x-e) - (z-y-g) &= 0 \\ (z-w-f) + (z-y-g) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

此四式ヲ解クトキハ w, x, y 及 z ノ近似値ヲ得.

例ヘバ水準測量ニ於テ次ノ結果ヲ得タリトス

$$\begin{aligned} a &= 45.437^* & d &= 105.127^* \\ b &= 69.817 & e &= 80.768 \\ c &= 24.402 \end{aligned}$$

A 點ヨリ B, C, 及 D 點ヘノ高低差 w, x, y ノ近似値ヲ求メントス
誤差ハ次ノ如シ

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= w - 45.437^* \\ v_2 &= x - 69.817 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} v_3 &= x - w - 24.402 \\ v_4 &= y - w - 105.127 \\ v_5 &= y - x - 80.768 \end{aligned} \right\}$$

誤差ノ二乗ノ總和ヲ作ルトキハ

$$[vv] = (w-45.437)^2 + (x-69.817)^2 + (x-w-24.402)^2 + (y-w-105.127)^2 + (y-x-80.768)^2$$

之レヲ w, x 及 y ニ關シテ微分シ其微分係數ヲ零トスレバ次ノ式ヲ得

$$\left. \begin{aligned} (w-45.437) - (x-w-24.402) - (y-w-105.127) &= 0 \\ (x-69.817) + (x-w-24.402) - (y-x-80.768) &= 0 \\ (y-w-105.127) + (y-x-80.768) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

即チ

$$\left. \begin{aligned} 3w - x - y &= -81.092^* \\ 3x - w - y &= 13.451 \\ 2y - w - x &= 185.895 \end{aligned} \right\}$$

之レヨリ

$$\left. \begin{aligned} x + w &= 115.254^* \\ x - w &= 24.386 \end{aligned} \right\}$$

故ニ

$$\left. \begin{aligned} w &= 45.434^* \\ x &= 69.820 \\ y &= 150.574 \end{aligned} \right\}$$

	v^2
$v_1 = 45.434 - 45.437 = 0.003$	0.000009
$v_2 = 69.820 - 69.817 = 0.003$	0.000009
$v_4 = 150.574 - 105.127 - 45.434 = 0.013$	0.000169
$[vv] = 0.000187$	

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n'}} = \sqrt{\frac{0.000187}{2}} = 0.0306 \text{ 米}$$

A, B 及 C ノ三點ガ稍等距離ニ在リトス

此三點ノ高サヲ精密ニ定メル爲メニ水準測器ヲ A 及 B 兩點間ニ据ヘ A 及 B 點ニ在ル照尺ヲ讀ミ次ノ讀數ヲ得タリトス。

A 點ノ照尺讀數 8.7342 尺 (12回ノ平均)

B 點ノ照尺讀數 2.3671 尺 (9回ノ平均)

次ニ水準測器ヲ B 及 C 兩點間ニ移シテ B 及 C 點ニ在ル照尺ヲ讀ミ次ノ讀數ヲ得タリトス

B 點ノ照尺讀數 5.0247 尺 (7回ノ平均)

C 點ノ照尺讀數 11.2069 尺 (4回ノ平均)

次ニ水準測器ヲ C 及 A 兩點間ニ移シテ C 及 A 點ニ在ル照尺ヲ讀ミ次ノ讀數ヲ得タリトス

C 點ノ照尺讀數 0.4672 尺 (5回ノ平均)

A 點ノ照尺讀數 0.6510 尺 (3回ノ平均)

今此等ノ讀數ノ整正值・各點間ノ水準ノ差及照尺ニ於ケル一回ノ讀數ノ現ハレ易キ誤差ヲ求メントス。

今 A 點ノ高サヲ 0 トシテ他ノ點ノ高サヲ見出サントス。

測 點	後 視	前 視	各	總
A ₁₂ B ₉	8.7342	2.3671	+6.3671	+6.3671
B ₇ C ₄	5.0247	11.2069	-6.1822	+0.1849
C ₅ A ₃	0.4672	0.6510	-0.1838	+0.0011
	14.2261	14.2250		
	14.2250			
	0.0011			

讀數ノ回数即チ各見透ノ重みハ第一列ニ於テ測點名稱ニ附記シ A ノ高サヲ 0 トスレバ B ノ高サハ 6.3671 尺トナリ C ノ高サハ 0.1849 尺トナリ A 點ニ戻レバ A 點ノ高サガ 0.0011 尺トナリ 0 トナラズ故ニ之レヲ平均スルヲ要ス今 A, B 及 C 點ニ於ケル後視ヲ Z₁, Z₃ 及 Z₅ トシ B, C 及 A 點ニ於ケル前視ヲ Z₂, Z₄ 及 Z₆ トシ z₁, z₃, z₅, z₂, z₄ 及 z₆ ヲ此等ノ觀測値ノ修正數トスレバ觀測式ハ次ノ如シ

$$\begin{array}{ll} z_1=0 & \text{重み } 12 \\ z_2=0 & \text{重み } 9 \\ z_3=0 & \text{重み } 7 \\ z_4=0 & \text{重み } 4 \\ z_5=0 & \text{重み } 5 \\ z_6=0 & \text{重み } 3 \end{array}$$

條件式ハ次ノ如シ

$$z_1 + z_3 + z_5 - z_2 - z_4 - z_6 = -0.0011$$

條件式ヨリ z₄ ノ値ヲ見出シ之レヲ觀測式ニ入レ之レニ各重みノ平方根ヲ乗ズレバ

$$\begin{aligned} \sqrt{12}z_1 &= 0 \\ \sqrt{7}z_3 &= 0 \\ \sqrt{5}z_5 &= 0 \\ 3z_2 &= 0 \\ \sqrt{3}z_6 &= 0 \end{aligned}$$

$$2z_1 + 2z_3 + 2z_5 - 2z_2 - 2z_6 = -0.0022$$

之レヨリ法正式ヲ作ルトキハ

$$\begin{aligned} 16z_1 + 4z_3 + 4z_5 - 4z_2 - 4z_6 &= -0.0044 \\ 4z_1 + 11z_3 + 4z_5 - 4z_2 - 4z_6 &= -0.0044 \\ 4z_1 + 4z_3 + 9z_5 - 4z_2 - 4z_6 &= -0.0044 \\ -4z_1 - 4z_3 - 4z_5 + 13z_2 + 4z_6 &= +0.0044 \end{aligned}$$

$$-4z_1 - 4z_3 - 4z_5 + 4z_2 + 7z_6 = +0.0044$$

第一式ハ z_1 ノ法正式

第二式ハ z_3 ノ法正式

第三式ハ z_5 ノ法正式

第四式ハ z_2 ノ法正式

第五式ハ z_6 ノ法正式

此等ノ式ヲ解クトキハ

$$z_1 = -0.00008$$

$$z_2 = +0.00011$$

$$z_3 = -0.00014$$

$$z_4 = +0.00024$$

$$z_5 = -0.00020$$

$$z_6 = +0.00033$$

此修正數ヲ觀測値ニ加フレバ次ノ整正值ヲ得

測 點		照 尺 高 (尺)		高 低 ノ 差 (尺)	
		後 視	前 視	各	總
A	B	8.73412	2.36721	+6.36691	+6.36691
B	C	5.02456	11.20714	-6.18258	+0.18433
C	A	0.46700	0.65133	-0.18433	0.00000
		14.22508	14.22508		

殘差ハ此場合ニハ修正數 z_1, z_2, \dots 等ナリ

此レヲ二乗シテ其重みヲ乘ジ之レヲ加フレバ

$$[pvv] = 0.000001079$$

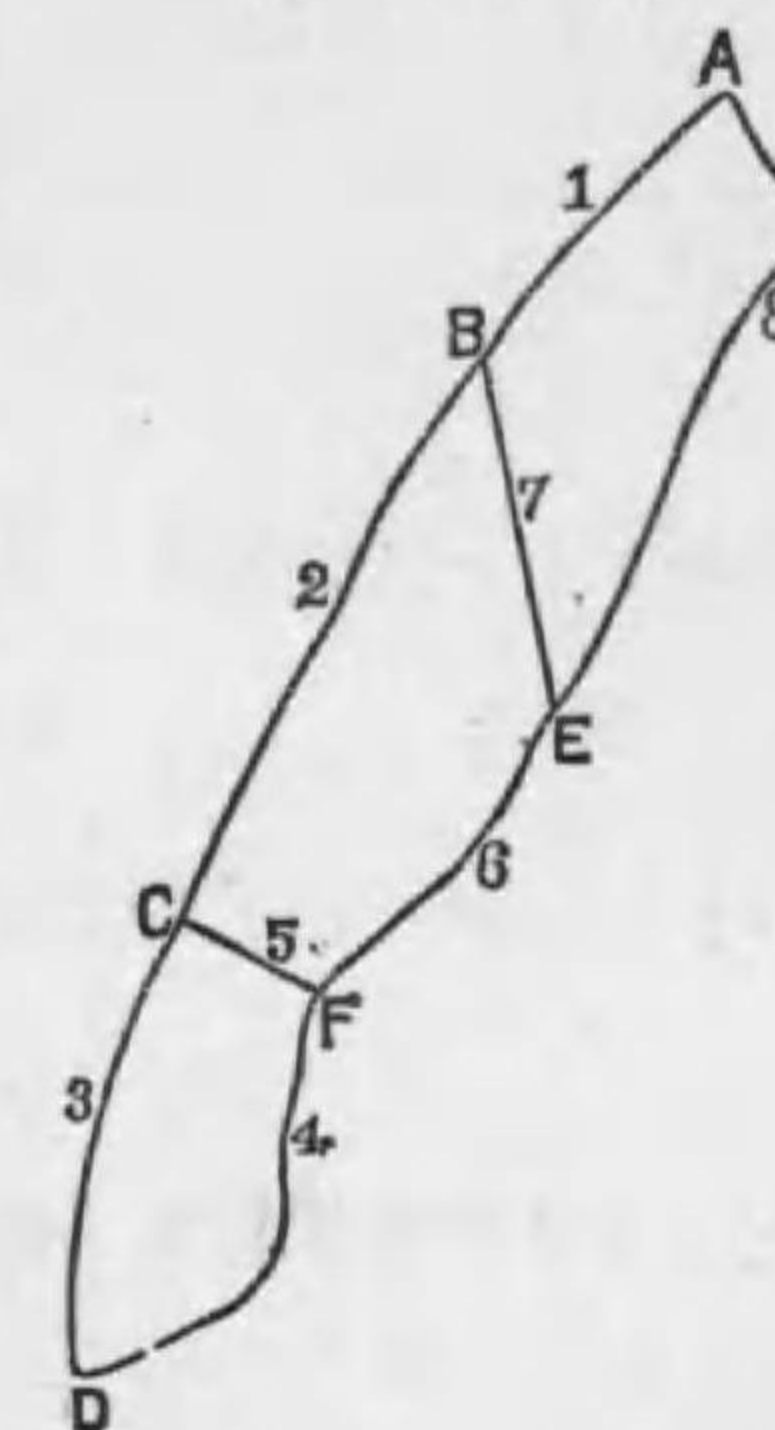
故ニ照尺ニ於ケル一回ノ讀度ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$r = 0.6745 \sqrt{0.000001079} = 0.0007 \text{ 尺}$$

第六節 水準線網ノ平均法

水準測量ガ等シキ精密度ニテ爲サレタルトキハ水準差ノ現ハレ易キ誤差ハ水準線ノ長サノ平方根ニ比例ス即チ直線測量ノ如ク誤差移行ノ法則ニ依テ支配セラル。

第十九圖



故ニ水準差ノ重みハ二點間ノ距離ニ反比スルモノトス。

水準線網ノ三角形或ハ多角形ニ於テハ水準差ノ和ハ0ナラザル可カラザルノ條件アリ故ニ第一節ノ方法ニ依リ此條件式ヨリ水準ノ觀測差ニ對スル修正數ヲ定メ得ベシ例ヘバ第十九圖ノ ABE, BCFE 及 CDF ナル三個ノ形ヲナス八個ノ水準ノ差ヲ平均セントス

番 號	測 點	水 準 ノ 差 (呎)	距 離 (哩)	重 み
1	A-B	120.2	4.0	0.25
2	B-C	230.6	7.2	0.14
3	C-D	143.6	5.0	0.20
4	F-D	294.4	6.3	0.16
5	F-C	150.2	2.0	0.50
6	E-F	93.4	4.8	0.21
7	E-B	14.5	3.5	0.29
8	A-E	106.7	8.3	0.12

此三個ノ多角形ニ於ケル不一致ヲ無クスル爲メニ水準差ノ修正數ヲ見出サントス

$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6, h_7, h_8$ ヲ水準差ノ最モ確カラシキ値トスルトキハ次ノ三條件式アリ

$$\triangle ABE = \text{於テ } h_1 - h_7 - h_8 = 0$$

$$\square BCFE \quad " \quad h_2 - h_5 - h_6 + h_7 = 0$$

$$\triangle CDF \quad " \quad h_3 - h_4 + h_5 = 0$$

$v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8$ ヲ水準差ノ修正數トスレバ

$$h_1 = 120.2 + v_1$$

$$h_2 = 230.6 + v_2$$

.....

然ルトキハ三條件式ハ次ノ如クナル

$$v_1 - v_7 - v_8 - 1.0 = 0$$

$$v_2 - v_5 - v_6 + v_7 + 1.5 = 0$$

$$v_3 - v_4 + v_5 - 1.2 = 0$$

之レヨリ不定係數式ヲ書キ v ノ重みヲ距離ノ反商トスレバ

$$v_1 = +4.0K_1$$

$$v_2 = +7.2K_2$$

$$v_3 = +5.0K_3$$

$$v_4 = -6.3K_3$$

$$v_5 = -2.0K_2 + 2.0K_3$$

$$v_6 = -4.8K_2$$

$$v_7 = -3.5K_1 + 3.5K_2$$

$$v_8 = -8.3K_1$$

次ニ三法正式ヲ作レバ

$$15.8K_1 - 3.5K_2 - 1.0 = 0$$

$$-3.5K_1 + 17.5K_2 - 2.0K_3 + 1.5 = 0$$

$$- 2.0K_2 + 13.3K_3 - 1.2 = 0$$

此等ノ式ヲ解クトキハ

$$K_1 = +0.04848 \quad K_2 = -0.066855$$

$$K_3 = +0.08017$$

此 K ノ値ヲ不定係數式ニ代入シ修正數 v ヲ見出シ之レヨリ修正値ヲ得即チ

番 號	觀測水準差 (呎)	v (呎)	修正水準差 (呎)
1	120.2	+0.19	120.39
2	230.6	-0.48	230.12
3	143.0	+0.40	143.40
4	294.4	-0.51	293.89
5	150.2	+0.29	150.49
6	93.4	+0.32	93.72
7	14.5	-0.40	14.10
8	106.7	-0.40	106.30

測量ノ精密度ヲ知ル爲メニ修正數ヲ二乗シ之レニ重みヲ乘シテ此相乘積ノ總和ヲ作ルトキハ

$$[pvv] = 0.246$$

然ルトキハ重み 1 ナル觀測ノ現ハレ易キ誤差即チ長サ 1 哩ノ線ノ兩端ニ於ケル水準差ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$r = 0.6745 \sqrt{\frac{0.246}{3}} = 0.19 \text{ 呎}$$

第九章

條件式付三角網平均法

第一節 四角形ニ於ケル條件式

今二本ノ對角線ヲ有スル四角形ノ簡單ナル場合ヲ示サントス。第二十圖ノ四角形ニ於テ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ノ八個ノ角ヲ測ル例ヘバ

$$\angle DAC = 1$$

$$\angle CAB = 2$$

.....

四角形ヲ作ルニハ、

一邊ト四角ヲ知レバ可ナリ。故ニ八角ヲ測レバ四角ハ餘分ナリ故ニ此四角ハ四個ノ條件式ヲ生ズ

今此條件式ヲ求メントス四個ノ三角形アリ即チ

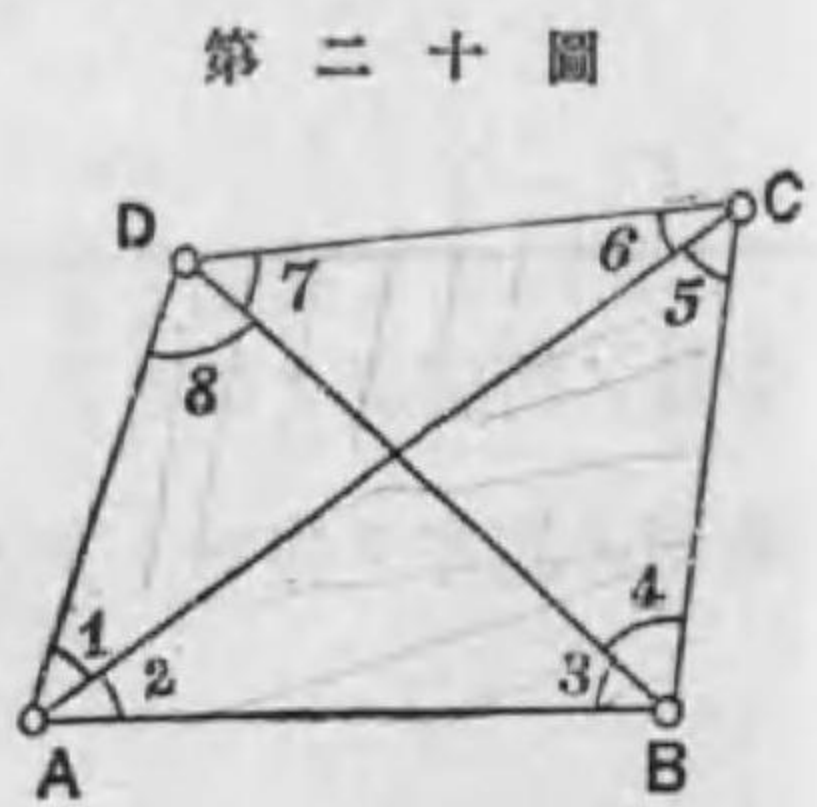
I. ABD 三角形 $(1) + (2) + (3) + (8) = 180^\circ \dots\dots(1)$

II. BCD 三角形 $(4) + (5) + (6) + (7) = 180^\circ \dots\dots(2)$

III. ADC 三角形 $(1) + (6) + (7) + (8) = 180^\circ \dots\dots(3)$

IV. ABC 三角形 $(2) + (3) + (4) + (5) = 180^\circ \dots\dots(4)$

此四式ハ互ニ無關係ナラズ例ヘバ (1) 及 (2) 式ヲ加ヘテ (3) 式ヲ減ズルトキハ (4) 式トナル即チ三個ノ三角形ガ出來レバ第四ノ三角形ハ自ラ出來ルモノナリ



第二十圖

【参考】 $l=6 \quad p=4$
 $l'=0$
 $l+(l-l')-p=1+6-4=3$ 角式ノ數
 $l-2p+3=6-8+3=1$ 邊式ノ數

又各三角形ノ内角ノ和ガ 180° ノ條件ニ一致スルトキハ勿論四角形ノ内角ノ和ハ 360° トナルベシ即チ

$$(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7) + (8) = 360^\circ \dots\dots(5)$$

此式ト前ノ (1)-(4) 式ノ内二式アレバ四角形ノ内角ノ和ニ關スル總テノ條件ヲ示スヲ得ベシ。

故ニ三個ノ無關係ノ角式ヲ見出シタレドモ八角ヲ測リタルニヨリ四個ノ條件式ガ成立スベキナリ故ニ第四式ヲ求メザル可カラズ。之レハ第二十一圖ノ構造ニ依テ知ラルルモノナリ。

四個ノ三角形ガ其内角ノ和ガ 180° トナルモ四角形ハ閉合スルト云フヲ得ズ。何トナレバ AB 邊ノ構造ニ依リ Dニ於テ示誤三角形 $D_1D_2D_3$ ガ成立ス。即チ ABC 三角形ヨリ作り始メテ AD, BD, CD 三線ヲ引クトキハ之レハ一般ニ一點ニ會セズシテ示誤三角形ヲ生ズ示誤三角形ガ一點ニ會スル條件式ハ次式ナリ

$$\frac{\sin(1+2)\sin(5)\sin(7)}{\sin(8)\sin(2)\sin(5+6)} = 1 \dots\dots(6)$$

【参考】

$BD_1 = BD_3$ トス即チ

$$BD_1 = \frac{AB \sin(1+2)}{\sin(5)}$$

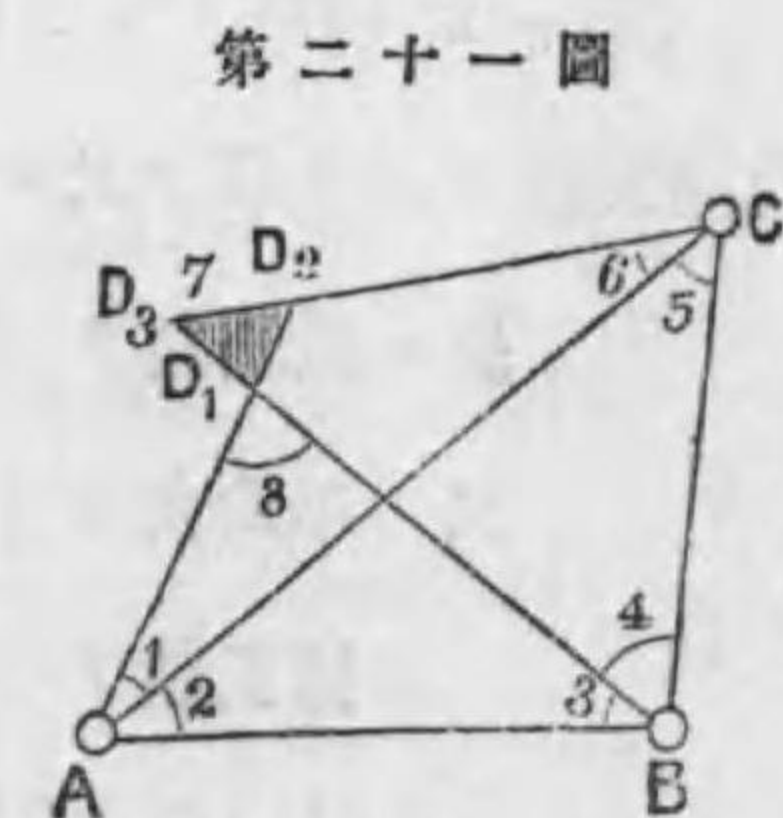
$$BD_3 = \frac{AB \sin(2)\sin(5+6)}{\sin(5)\sin(7)}$$

此兩式ヲ等シク置クトキハ

$$\frac{AB \sin(1+2)}{\sin(8)} = \frac{AB \sin(2)\sin(5+6)}{\sin(5)\sin(7)}$$

$$\frac{\sin(1+2)\sin(5)\sin(7)}{\sin(8)\sin(2)\sin(5+6)} = 1$$

此 (6) 式ヲ邊式ト云ヒ B ヲ中點ト云フ何トナレバ (6) 式ハ BD 及



第二十一圖

BC ヨリ計算シタル BA ガ一致スベキコトヲ示スヲ以テナリ併シ此

(6) 式ハ示誤三角形ヲ示ス唯一ノ形ナラズ。

例ヘバ A ヲ中點ニ取リテ AD₁=AD₂ トスレバ、

$$\frac{\sin(3)\sin(5)\sin(7+8)}{\sin(6)\sin(8)\sin(3+4)} = 1 \dots\dots\dots(7)$$

【参考】

$$AD_1 = \frac{AB\sin(3)}{\sin(5)}$$

$$AC = \frac{AB\sin(3+4)}{\sin(5)}$$

$$AD_2 = \frac{AC\sin(6)}{\sin(7+8)} = \frac{AB\sin(3+4)\sin(6)}{\sin(5)\sin(7+8)}$$

AD₁=AD₂ トスレバ

$$\frac{AB\sin(3)}{\sin(5)} = \frac{AB\sin(3+4)\sin(6)}{\sin(5)\sin(7+8)}$$

$$\text{故ニ} \frac{\sin(3)\sin(5)\sin(7+8)}{\sin(6)\sin(8)\sin(3+4)} = 1$$

四角形ニハ七個ノ異ル邊式アリ併シ爰ニハ必要ナル數ノ式ヲ見出シタレバ充分ナリ。即チ (1) (2) (3) 及 (6) 式ヲ選ビ之レヲ四個ノ無關係ノ條件式トナス

⑥ 條件式ノ變形。

從來ノ式ニ於テ (1), (2), (3) 等ハ角ヲ示シ即チ (1) 式ハ

$$(1) + (2) + (3) + (8) = 180^\circ \text{ ナラザル可カラズ併シ避クベカラザ}$$

ル觀測誤差アルヲ以テ此ノ如クナラズ。

故ニ觀測角ヲ (1), (2), (3) }
又 平均角ヲ [1], [2], [3] } トスレバ
修正數ヲ δ₁, δ₂, δ₃ }

$$\begin{cases} (1) + \delta_1 = [1] \\ (2) + \delta_2 = [2] \\ (3) + \delta_3 = [3] \end{cases} \dots\dots\dots(8)$$

第三章第十七節ノ一般式ト比較スレバ

$$\left. \begin{array}{l} (1), (2), (3) \text{ ハ } l_1, l_2, l_3 \dots\dots\dots \\ [1], [2], [3] \text{ ハ } x_1, x_2, x_3 \dots\dots\dots \end{array} \right\} = \text{當ル}$$

$$[1] + [2] + [3] + [8] - 180^\circ = 0 \dots\dots\dots(9)$$

併シ觀測値 (1), (2), (3), (8) ヲ入ルルトキハ殘差 w ヲ生ズ。即チ

$$(1) + (2) + (3) + (8) - 180^\circ = w \dots\dots\dots(10)$$

此殘差ヲ無クナス爲メニ觀測値ニ修正數 δ₁, δ₂, δ₃, δ₈ ヲ入ルルトキハ

$$(1) + \delta_1 + (2) + \delta_2 + (3) + \delta_3 + (8) + \delta_8 - 180^\circ = 0 \dots\dots\dots(11)$$

(10) 及 (11) 式ヨリ

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_8 + w = 0 \dots\dots\dots(12)$$

第二節 四角形内角ノ平均法

其一。角式及邊式ニ依ル法

第二十圖ニ於テ八角ヲ觀測シタリトシ之レヲ四個ノ三角形ニ分ツ

トキハ次ノ如シ。

$$\begin{array}{l} \triangle ABD \left\{ \begin{array}{l} (1) = 37^\circ \quad 26' \quad 41'' \\ (2) = 34 \quad 35 \quad 25 \\ (3) = 41 \quad 17 \quad 34 \\ (8) = 66 \quad 40 \quad 24 \\ \hline 180^\circ \quad 00' \quad 04'' \quad w = +4'' \end{array} \right. \\ \triangle ABC \left\{ \begin{array}{l} (2) = 34^\circ \quad 35' \quad 25'' \\ (3) = 41 \quad 17 \quad 34 \\ (4) = 55 \quad 58 \quad 2 \\ (5) = 48 \quad 9 \quad 2 \\ \hline 180^\circ \quad 00' \quad 03'' \quad w = +3'' \end{array} \right. \dots\dots\dots(13) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \triangle BCD \left\{ \begin{array}{l} (4) = 55^\circ 58' 2'' \\ (5) = 48 \quad 9 \quad 2 \\ (6) = 29 \quad 51 \quad 26 \\ (7) = 46 \quad 1 \quad 27 \\ \hline 179^\circ 59' 57'' \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ w = -3'' \end{array} \right. \\ \\ \triangle ACD \left\{ \begin{array}{l} (1) = 37^\circ 26' 41'' \\ (8) = 66 \quad 40 \quad 24 \\ (7) = 46 \quad 1 \quad 27 \\ (6) = 29 \quad 51 \quad 26 \\ \hline 175^\circ 59' 58'' \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ w = -2'' \end{array} \right. \end{array}$$

此四個ノ三角形ヨリ次ノ四個ノ條件式アリ。

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_8 + 4'' = 0 \dots\dots\dots(14)$$

$$\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + 3'' = 0 \dots\dots\dots(15)$$

$$\delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 - 3'' = 0 \dots\dots\dots(16)$$

$$(\delta_1 + \delta_3 + \delta_7 + \delta_6 - 2'' = 0) \dots\dots\dots(17)$$

此内只三個ノ式ハ無關係ニシテ一個ハ無關係ナラズ次ニ邊式 (6) ヲ直線式ニ爲サザル可カラズ。

此レガ爲メニ先ヅ對數ヲ算出ス

	logsin	1 秒ニ對スル差
(5) = 48° 09' 02''	9.8720983	18.9
(7) = 46° 01' 27''	9.8571109	20.8
(1+2) = 72° 02' 06''	9.9783924	6.9
	9.7075016	
(8) = 66° 40' 24''	9.9629667	9.0
(2) = 34° 35' 25''	9.7541220	30.6

.....(18)

$$(5+6) = 78^\circ 00' 28'' \quad \left. \begin{array}{l} 9.9904169 \\ 9.7075056 \end{array} \right\} 4.5$$

$$\text{檢定} \quad 9.7075016 - 9.7075056 = -0.0000040$$

$$7 \text{ 位ヲ單位トスレバ } w = -40 \dots\dots\dots(19)$$

此對數ノ殘差 w ト角ノ修正數 δ トノ關係ヲ定ムル爲メニ對數表ヨリ 1. 秒ニ對スル對數差ヲ記入ス例ヘバ (5) 角ニハ 18.9 ト記ス。

又角ノ一秒ノ差ニ付キ對數ニ 18.9 ノ差アルコトヲ知ル故ニ角度ノ差 δ₅ 秒ニ付キ 18.9δ₅ ノ差アリ。

他ノ角度ニ對シテモ同様ナリ。故ニ δ₆, δ₇, δ₁+δ₂ ナル角差ニハ次ノ如ク w = -40 ヲ生ズルコトヲ知ル

$$\begin{aligned} &+18.9\delta_5 + 20.3\delta_7 + 6.9(\delta_1 + \delta_2) - 9.0\delta_8 - 30.6\delta_2 - 4.5(\delta_5 + \delta_6) \\ &-4.0 = 0 \dots\dots\dots(20) \end{aligned}$$

又六位ノ對數ニテ計算スルトキハ、

$$\begin{aligned} &+1.89\delta_5 + 2.03\delta_7 + 0.69(\delta_1 + \delta_2) - 0.90\delta_8 - 3.06\delta_2 - 0.45(\delta_5 + \delta_6) \\ &-4.0 = 0 \dots\dots\dots(21) \end{aligned}$$

之レヲ δ ノ順序ニナストキハ、

$$+0.69\delta_1 - 2.37\delta_2 + 1.44\delta_5 - 0.45\delta_6 + 2.03\delta_7 - 0.90\delta_8 - 4.0 = 0 \dots\dots(22)$$

又此ノ如キ式ニハ任意ノ數ヲ乗除シテモ差支ナシ。

又邊式ノ係數ヲ成ルベクニ近キモノニナスヲ便利トス。

邊式係數ノ理論的算出法。

邊式ノ係數 18.9, 20.3 等ハ正弦對數ノ 1 秒ニ對スル差トシテ求メタレドモ此係數ハ理論上算出スルヲ得今一般ニ邊式ハ次ノ如シ。

$$\frac{\sin(1)\sin(3)\dots\dots\dots}{\sin(2)\sin(4)\dots\dots\dots} = 1 \dots\dots\dots(23)$$

之レヲ對數ノ形ニスレバ。

$$\text{logsin}(1) - \text{logsin}(2) + \text{logsin}(3) - \text{logsin}(4) \dots\dots\dots = 0$$

此クナルベキ筈ナレドモ此クノ如クナラズシテ對數ニ差 w ヲ生
ジテ次式ノ如クナル.

$$\text{logsin}(1) - \text{logsin}(2) + \text{logsin}(3) - \text{logsin}(4) \dots\dots = w \dots\dots (24)$$

而シテ觀測角値 (1)(2).....等ニ修正數ヲ如フルトキハ w ハ無ク
ナル可シ即チ

$$\text{logsin}((1) + \delta_1) - \text{logsin}((2) + \delta_2) + \dots\dots\dots = 0$$

「てらー」ノ公理ニ依リ.

$$\text{logsin}((1) + \delta_1) = \text{logsin}(1) - \mu \cotag(1) \frac{\delta_1}{\rho} \dots\dots\dots (25)$$

式中 $\mu = 0.4342944819$ 對數係數

$$\rho = 206265''$$

δ_1 ハ秒ニテ示ス

$$\log \frac{\mu}{\rho} = 4.32336 - 10 \quad \frac{\mu}{\rho} = 0.000021.055$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{或ハ七位ノ對數ニスレバ } \log \frac{\mu}{\rho} = 1.32336 \quad \frac{\mu}{\rho} = 21.055 \\ \text{六位ノ對數ニスレバ } \log \frac{\mu}{\rho} = 0.32336 \quad \frac{\mu}{\rho} = 2.1055 \end{array} \right\} \dots\dots (26)$$

今 (25) 式ノ δ_1 ノ係數ヲ a_1 トスレバ

$$\text{logsin}((1) + \delta_1) - \text{logsin}(1) = a_1 \delta_1 \dots\dots\dots (27)$$

式中 $a_1 = \frac{\mu}{\rho} \cotag(1)$

今例トシテ (18) 式ヲ取ルトキハ

$$(5) = 48^\circ 09' 02'' \quad \log \cotag(5) = 9.95214$$

$$\log \frac{\mu}{\rho} = 1.32336$$

$$\log a_1 = 1.27550$$

$$a_1 = 18.858$$

之レ (20) 式ノ 18.9 ト一致ス.

總テノ係數ヲ此ノ如ク計算スルトキハ (20) 式ノ代リニ次式ノ如
クナル.

$$\begin{aligned} &+ 18.858\delta_5 + 20.222\delta_7 + 6.827(\delta_1 + \delta_2) - 9.079\delta_8 - 30.532\delta_4 \\ &- 4.472(\delta_5 + \delta_6) - 40.0 = 0 \dots\dots\dots (28) \end{aligned}$$

併シ對數表ヨリ求ムレバ充分ニシテ別ニ算出スルヲ要セズ

其二 角式ノミニ依ル法

四角形 ABCD ノ各隅ニ於テ二角ガ等シキ精密度ニテ測ラレタリ
トセヨ而シテ各三角形ニ於テ三角ノ和ガ 180° トナル如ク且又四角
形ノ内角ノ和ガ 360° トナル如ク此角ヲ整正セントス

今 A 點ニテ測リシ角ヲ (1) 及 (2) トシ

B " (3) 及 (4) "

C " (5) 及 (6) "

D " (7) 及 (8) "

今 δ_1 及 δ_2 ヲ (1) 及 (2) ノ修正數トスレバ最モ確カラシキ値ハ
(1) + δ_1 及 (2) + δ_2 ナリ

今 A 點ニ於テ次ノ三個ノ三角形アリ

$$\triangle ABD, \triangle DAC \text{ 及 } \triangle BCA$$

而シテ此等三個ノ三角形ノ内角ノ和ガ 180° ナレバ第四ノ三角形
 $\triangle DCB$ ノ内角ノ和モ亦 180° トナルベシ

三個ノ條件式ハ次ノ如シ

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + d_1 = 0$$

$$\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + d_2 = 0$$

$$\delta_1 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + d_3 = 0$$

式中 d_1, d_2, d_3 ハ三角形ノ三内角ノ和ト 180° ノ差ナリ例ヘバ

$$(1) + (2) + (3) + (8) - 180^\circ = d_1$$

此三個ノ條件式ヨリ第三章第十八節ノ方法ニ依リ八個ノ修正數ノ値ヲ見出シ得ベシ

今 (4) 式ニ依リ各修正數ニ對スル不定係數式ヲ書クトキハ次ノ如シ

$$+K_1 + K_3 = \delta_1$$

$$+K_1 + K_2 = \delta_2$$

$$+K_1 + K_2 = \delta_3$$

$$+K_1 + K_3 = \delta_4$$

$$+K_2 = \delta_5$$

$$+K_2 = \delta_6$$

$$+K_3 = \delta_7$$

$$+K_3 = \delta_8$$

【参考】 K_1 ノ係數ハ第一條件式ニ於ケル相當未知數ノ係數ナリ

(3) 式ニ依リ法正式ヲ作ルトキハ

$$4K_1 + 2K_2 + 2K_3 + d_1 = 0$$

$$2K_1 + 4K_2 + d_2 = 0$$

$$2K_1 + 4K_3 + d_3 = 0$$

之ヲ解クトキハ K_1, K_2, K_3 ノ値ヲ得ベシ而シテ之ヲ不定係數式ニ入ルルトキハ修正數ノ値ヲ得

$$\delta_1 = \delta_8 = \frac{1}{8}(-2d_1 + d_2 - d_3)$$

$$\delta_2 = \delta_3 = \frac{1}{8}(-2d_1 - d_2 + d_3)$$

$$\delta_4 = \delta_5 = \frac{1}{8}(2d_1 - 3d_2 - d_3)$$

$$\delta_6 = \delta_7 = \frac{1}{8}(2d_1 - d_2 - 3d_3)$$

此値ヲ觀測値ニ加フルトキハ整正值ヲ得

例ヘバ測量ニ依リ次ノ値ヲ得タリトス.

$$(1) = 41^\circ 58' 47'' \quad (5) = 49^\circ 17' 30''$$

$$(2) = 64^\circ 8' 34'' \quad (6) = 53^\circ 53' 51''$$

$$(3) = 36^\circ 34' 15'' \quad (7) = 46^\circ 49' 16''$$

$$(4) = 29^\circ 59' 51'' \quad (8) = 37^\circ 18' 18''$$

而シテ差ハ次ノ如シ

$$d_1 = (1) + (2) + (3) + (8) - 180^\circ = -6''$$

$$d_2 = (2) + (3) + (4) + (5) - 180^\circ = +10''$$

$$d_3 = (1) + (4) + (7) + (8) - 180^\circ = +12''$$

而シテ上式ニ依リ修正數ハ次ノ如シ

$$\delta_1 = \delta_8 = +1.25'' \quad \delta_2 = \delta_3 = +1.75''$$

$$\delta_4 = \delta_5 = -6.75'' \quad \delta_6 = \delta_7 = -7.25''$$

故ニ整正值ハ

$$(1) + \delta_1 = 41^\circ 58' 48.25'' \quad (5) + \delta_5 = 49^\circ 17' 23.25''$$

$$(2) + \delta_2 = 64^\circ 08' 35.75'' \quad (6) + \delta_6 = 53^\circ 53' 43.75''$$

$$(3) + \delta_3 = 36^\circ 34' 16.75'' \quad (7) + \delta_7 = 46^\circ 49' 08.75''$$

$$(4) + \delta_4 = 29^\circ 59' 44.25'' \quad (8) + \delta_8 = 37^\circ 18' 19.25''$$

而シテ此等ノ角値ハ幾何學上ノ條件ニ適スルモノニシテ最モ確カラシキ値ナリ.

第三節 一般條件式ノ數

n' フ條件式ノ數.....(1)

p フ角點ノ數

l フ連結線ノ數

l' フ一方ノミヨリ觀測シタル連結線ノ數

$l-l'$ フ兩方ヨリ觀測シタル連結線ノ數

.....(2)

W フ角度測量ノ數(角度測量ヲナス場合).....(3)

R フ方向測量ノ數(方向測量ヲナス場合).....(4)

但シ方向測定ハ各測點ニ於テ完全ニ對測ヲナスモノトス。

第一. 角度測量ノ場合.

無關係ノ條件式ノ數ハ餘分ノ測量ノ數ニ等シ何トナレバ餘分ノ測量ハ各獨立ノ測量檢定ヲ生ズル故ナリ。

三角網ニ於テ一本ノ基線ヲ測定シタルトスレバ必要ナル角ノ數ハ次ノ如シ

今一本ノ基線アレバ其兩端ノ二點ハ角ヲ測定セザルモ其位置ヲ定メ得ベシ而シテ此二點以外ニ一點ヲ定ムルニハ二角ヲ要ス故ニ。

	基線兩端ニ在ル二點ヲ定ムルニハ	0角
(p-2)點	第三點ヲ定ムルニハ	2角
	第四點ヲ定ムルニハ	2角
	
	第p點ヲ定ムルニハ	2角

計 $0+(p-2)2=2p-4$ 角

故ニ W 個ノ角ヲ測定シタルトキハ

$W-(2p-4)$ 個ノ角ハ餘分ナリ。故ニ

條件式ノ數ハ $n'=W-2p+4$(5)

此條件式ヲ分チテ角式及邊式ノ二種トナシ角式ヲ更ニ分チテ點式

及三角式(或ハ多角式)ノ二種トス

其一. 點式ノ例ハ次圖ノ A 及 B 測點ノ周圍ノ如シ

B點ニ於ケル點式ハ

第二十二圖

$$(12)+(15)+(16) \\ + (19)+(22)=360^\circ$$

A點ニ於ケル點式ハ

$$(3)+(6)+(8)+(10) \\ + (24)+(25)=360^\circ$$

一般ニ立點ニ於ケル見透

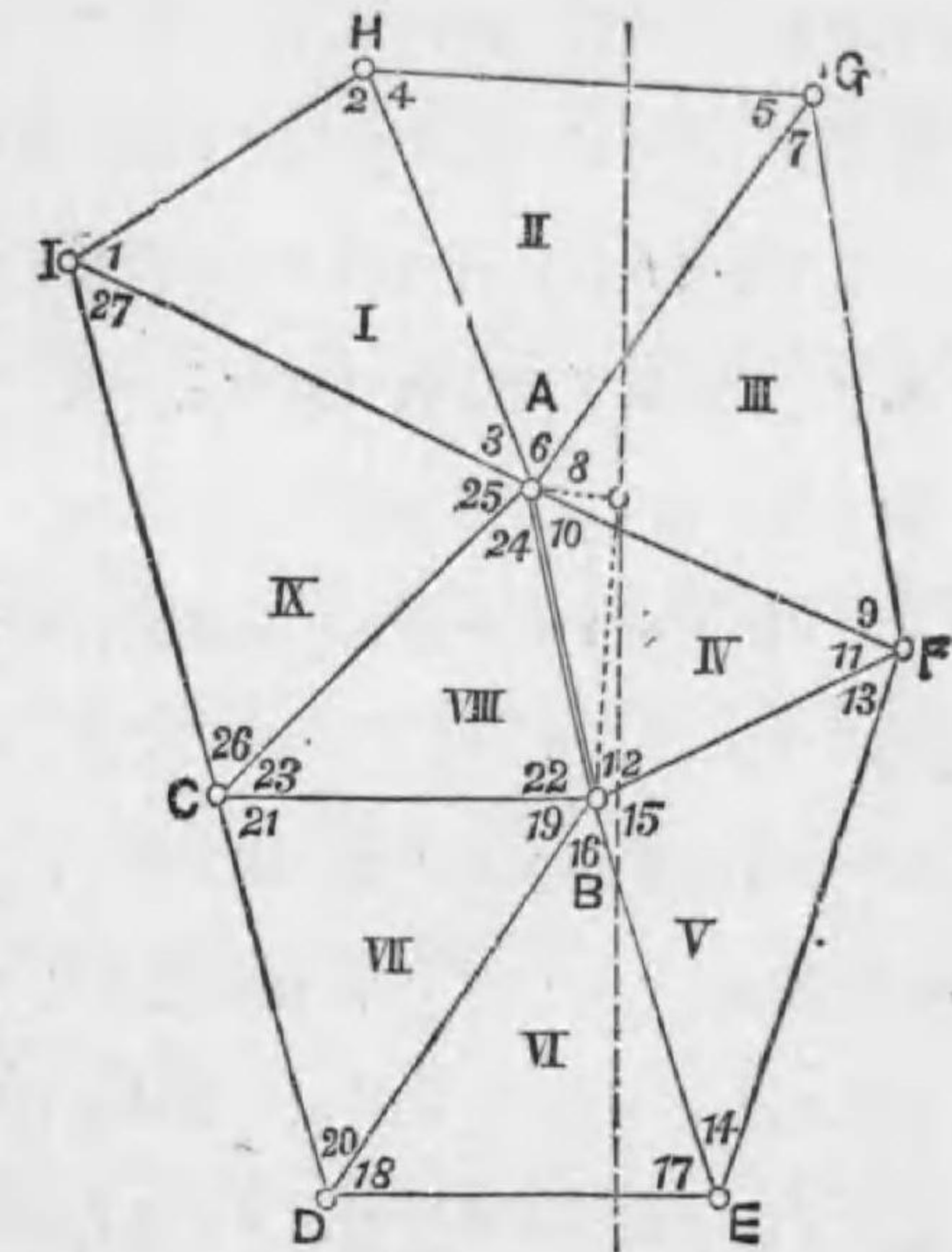
線ノ數 S ナルトキハ之レヲ

定ムルニ $(S-1)$ 個ノ角ヲ要

ス。故ニ若シ n 個ノ角ヲ測

リシトスレバ點式ノ數ハ

$n-S+1$ ナリ.....(6)



點式ハ三角網ノ平均ニ入ラズ之レ各立點ニ於テ別ニ平均ヲナスヲ以テナリ。

方向測定ニ於テハ點式ナシ。

其二. 三角式(或ハ多角式)

三角形ニ於テハ、

$$(1)+(2)+(3)=180^\circ$$

或ハ

$$(1)+(2)+(3)=180^\circ + \text{球面過剩}$$

四角形=於テハ、

$$(1)+(2)+(3)+(4)=360^\circ$$

一般= $(1)+(2)+\dots+(n)=(n-2)180^\circ$

多角形ノ數ハ次ノ如シ。

一方ヨリノミ觀測シタル線ニ依テ他ノ點ト關係スル所ノ點即チ前方或ハ後方ニ切リタルノミノ點ハ角式ヲ數フルトキニ算入セズ

無關係ノ三角式ノ數ハ三角形ノ數ニ等シカラズ之レ三角式ノ加減ニ依テ他ノ三角式ヲ生ズル故ナリ又四角式ハ二個ノ三角式ヨリ得ベシ。故ニ各多角式ハ三角式ト同ジ役目ヲナス。

次ノ方法ニ依テ無關係ノ多角式ノ數ヲ定メ得ベシ。

今 p 點ヲ結付ケテ多角形ヲ作ルトキハ此多角形ノ邊數ハ p ナリ。而シテ l 線アルトキハ $(l-p)$ ハ尙結付ケザル線ニシテ此線ガ新式ヲ生ズ。

故ニ p 邊ノ多角形ガ一個ノ式ヲ生ジ、

$l-p$ 線ガ $l-p$ 個ノ式ヲ生ズ。故ニ

全部ニテ $1+l-p$ 個ノ三角式(多角式)ヲ生ズ.....(7)

之レ l 線ヲ兩方ヨリ見透シタル場合ニシテ若シ l' 線ヲ一方ヨリ見透シタルトキハ次ノ如クナル。

$$1+(l-l')-p \text{ 三角式(多角式)ノ數.....(8)}$$

併シ只前方或ハ後方ニ切リタルノミノ點ハ p 點中ニ算入セズ例ヘバ四角形ニ於テ

$$l=6, p=4, l'=0 \text{ ナルトキハ}$$

$$1+(l-l')-p=1+6-4=3 \text{ 三角式ノ數}$$

又 $l=15, p=7$ ナルトキハ

$$1+l-p=1+15-7=9 \text{ 三角式ノ數}$$

邊 式 ノ 數

先ヅ三角網ト三角鏈ノ區別ヲ述ベシ

三角鏈ハ或ル三角形ヨリ或ル一定ノ路ニテ他ノ三角形ニ達スルモノヲ云ヒ三角網ハ數多ノ路ニテ達スルモノヲ云フ。

故ニ一本ノ對角線ノ四角形ハ三角鏈ニテ二本ノ對角線ノ四角形ハ三角網ナリ。

邊ガ交切スレバ無論三角網トナルモ邊ガ交切スルト否トハ區別トナラズ。

對角線ガ交切セザルモ三角網トナル、例ヘバ第二十二圖ノ如キ三角網アリ。

又三角鏈ニ於テ尙一個ノ角ヲ測ルトキハ即チ一本ノ見透線ガ入ルトキハ三角鏈ガ三角網トナル而シテ此新シキ邊ノ長サヲ二重ニ示スヲ得ル故ニ新シキ一個ノ條件式ヲ生ズ。故ニ

三角鏈ヲ設クルニ必要ナラザル邊ハ邊式ヲ生ズ。

三角鏈ニハ邊式ナシ故ニ次ノ規則アリ。

三角網ノ邊式ノ數ハ三角網ヲ三角鏈ニナス爲メニ消スヲ要スル邊ノ數ニ等シ

邊式ノ數ヲ求ムル法ハ次ノ如シ。

三點ヲ連結スルニハ三線ヲ要シ此レヨリ一點毎ニ二線ヲ要ス。

即チ最初ノ三點ヲ連結スルニハ三線ヲ要シ、

($p-3$) 點 { 第四點ヲ連結スルニハ二線ヲ要シ,
第五點ヲ連結スルニハ二線ヲ要シ,
.....

(第 p 點ヲ連結スルニハ 2 線ヲ要ス

計 $3 + (p-3)2 = (2p-3)$ 線

故ニ l 線アルトキハ $l - (2p-3)$ 線ハ不要ノ線ナリ

故ニ $l - 2p + 3$ ハ邊式ノ數ナリ(9)

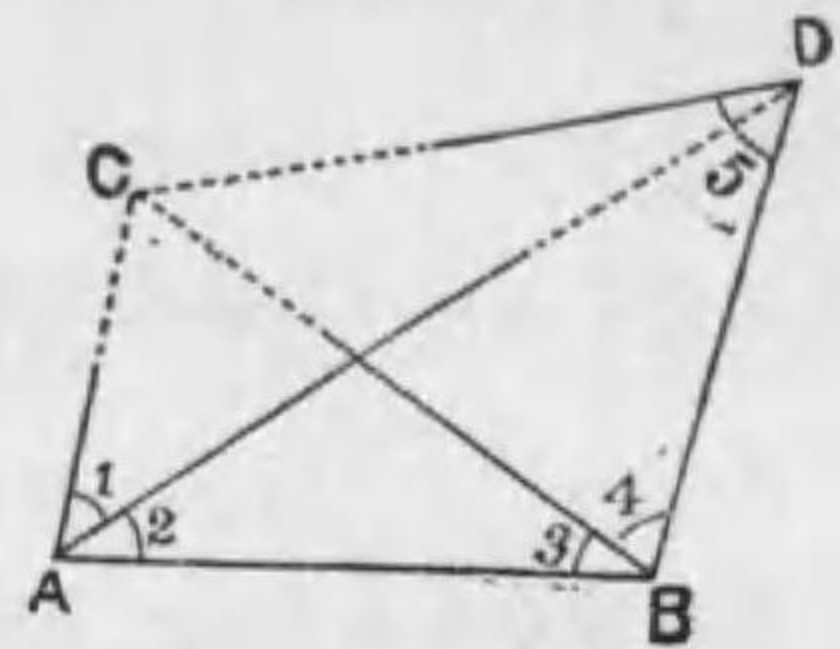
第二十三圖ニ於テ五個ノ角ヲ測リタリトスレバ

$l=6$
 $p=4$ } ナル故ニ邊式ノ數ハ

$l - 2p + 3 = 6 - 8 + 3 = 1$

第二十三圖ノ四個ノ三角形ガ總テ

180° トナルモ四角形ハ檢定ヲ要ス.



第二十三圖

CD 邊ヲ AB 邊ヨリ二重ニ算出シ次式ヲ得ル

I. $CD = AB \frac{\sin(1+2)\sin(4)}{\sin(1+2+3)\sin(5)}$

II. $CD = AB \frac{\sin(2)\sin(4)}{\sin(2+3+4)\sin(4+5)}$

此兩式ヲ等シクスルトキハ邊式トナル.

$\frac{\sin(1+2)\sin(2+3+4)\sin(4+5)}{\sin(1+2+3)\sin(2)\sin(5)} = 1$ (10)

此條件ガ充タサレザレバ (1)(2)(3)(4)(5) ノ五角ヲ以テ四角形ヲ誤
リナシニ作ルコトヲ得ズ或ル一點ニ於テ示誤三角形ヲ生ズベシ

測角ノ條件式

次ニ測角ノ條件式ヲ述ベシ但シ點式ヲ除ク

- W フ 測量シタル角數
 - p フ 點數
 - l フ 兩方ヨリ見透シタル邊數
- } トスレバ

$l - 2p + 3$ 邊式ノ數
 $l - p + 1$ 三角式(或ハ多角式)ノ數
 $n' = 2l - 3p + 4$ (點式無シ)
 $n' = W - 2p + 4$ (點式共)

 } 條件式ノ數(11)

而シテ此 l 線ノ内 l' ハ只一方ヨリ見透シタル線又 p 點ノ内 p' 點
ハ只進切或ハ退切ニテ定メタル點ナリトスレバ

$l - 2p + 3$ 邊式ノ數
 $l - l' - (p - p') + 1$ 三角式(或ハ多角式)ノ數
 $n' = 2l - l' - 3p + p' + 4$ } 條件式ノ數
 $n' = W - 2p + 4$ }(12)

第二十二圖ノ三角網ニ於テハ、

$W = 27$
 $p = 9$ } ナリ故ニ
 $l = 17$

$l - 2p + 3 = 2$ 邊式
 $l - p + 1 = 9$ 角式
A 及 B = 2 點式
 $W - 2p + 4 = 13$ 條件式

點式ハ A 及 B 點ニ在リテ次ノ如シ

A 點 $(3) + (6) + (8) + (10) + (24) + (25) - 360^\circ = 0$
B 點 $(12) + (15) + (16) + (19) + (22) - 360^\circ = 0$ }(13)

角式ハ次ノ如シ

$(1) + (2) + (3) - (180^\circ + \text{球面過剩}) = 0$
 $(4) + (5) + (6) - (180^\circ + \text{球面過剩}) = 0$ }(14)

p ヲ點數 } トスレバ
 l ヲ兩方ヨリ觀測シタル邊ノ數 }

(11) 式及 (16) 式ヨリ次式ヲ得

$$\left. \begin{aligned}
 l-2p+3 & \text{ 邊式} \\
 l-p+1 & \text{ 角式} \\
 n'=2l-3p+4 & \\
 n'=R-3p+4 & \text{ 條件式}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

故ニ $2l=R$ トナル

即チ線ヲ兩方向ヨリ測レバ方
 向ハ邊ノ二倍トナル

例ヘバ等二十四圖ニ於テハ、

$$\begin{aligned}
 R &= 12 \\
 l &= 6 \\
 p &= 4
 \end{aligned}$$

$$n' = 12 - 12 + 4 = 4$$

又 l ノ内ニテ l' ヲ只一方ヨリ見透シタル線ノ數 } トスルトキハ
 p ノ内ニテ p' ヲ只進切或ハ退切シタル點數 }

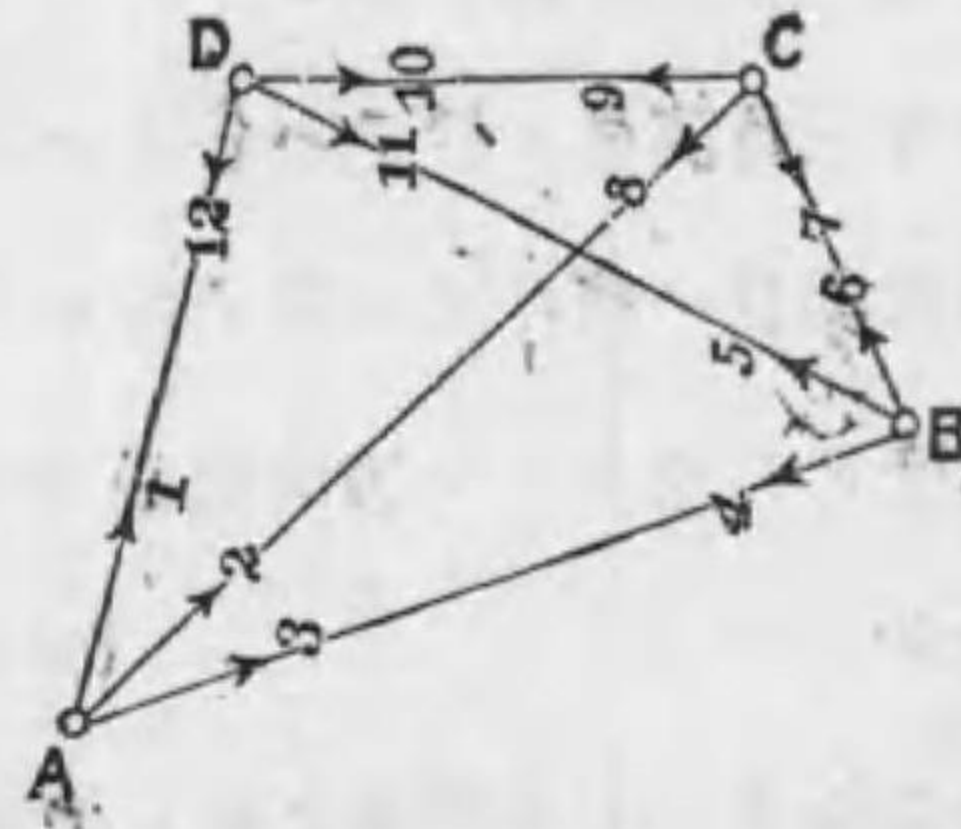
$$\left. \begin{aligned}
 l-2p+3 & \text{ 邊式} \\
 (l-l')-(p-p')+1 & \text{ 角式} \\
 n'=2l-l'-3p+p'+4 & \text{ 條件式}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

(I) 三角形條件ガ方向ニ關係スルトキハ各條件式ノ係數ノ代數的和ハ零トナル

(II) 方向修正數ヲ各點毎ニ加フレバ零トナル

此理由ハ次ノ如シ

第二十四圖



今角ニ關スル條件式ヲ

$$a\delta + a'\delta' + a''\delta'' + \dots\dots\dots = 0 \text{ トス}$$

式中 $\delta, \delta', \delta'' \dots\dots\dots$ 角ノ修正數

v_i 及 v_r ヲ方向ノ修正數トスレバ

$$a(v_r - v_i) + a'(v_r' - v_i') + a''(v_r'' - v_i'') + \dots\dots\dots = 0$$

$$av_r - av_i + a'v_r' - a'v_i' + a''v_r'' - a''v_i'' + \dots\dots\dots = 0$$

爰ニ係數ハ 0 ナリ即チ

$$a - a + a' - a' + a'' - a'' + \dots\dots\dots = 0$$

又第三章第十八節 (9) 式ニ依リ v' 式ハ次ノ如シ

$$\left. \begin{aligned}
 v_1 &= a_1k_1 + b_1k_2 + c_1k_3 \\
 v_2 &= a_2k_1 + b_2k_2 + c_2k_3 \\
 v_3 &= a_3k_1 + b_3k_2 + c_3k_3 \\
 v_4 &= a_4k_1 + b_4k_2 + c_4k_3
 \end{aligned} \right\}$$

今之レヲ加フルトキハ

$$[v] = [a]k_1 + [b]k_2 + [c]k_3 \text{ トナル}$$

而シテ $[a], [b]$ 及 $[c]$ ハ立點毎ニ零ナル故ニ $[v] = 0$ ナリ

條件式ヲ實際ニ作ルニ當リ各種ノ角ノ和ノ式ヲ作ルニ困難ナラズ
 又三角網ハ三角形ニ分ツテ得ル故ニ邊式ハ四角形ノ對角線ニ對シ正
 弦ノ積トシテ前例ノ如ク容易ニ之ヲ作ルヲ得 少シ困難ナルハ只進
 切或ハ退切ノミノ點ナリ故ニ此ノ如キ點ハ全體ノ計算ヨリ省クヲ宜
 シトス

第四節 完全方向對測ノ四角形ノ平均法

第二十四圖ノ四測點ニ於テ總テノ方向ヲ測定シタルトキハ之レヲ

平均スル法次ノ如シ先ズ條件式ヲ見出サン

$$\left. \begin{aligned} l &= 6 \\ R &= 12 \\ p &= 4 \end{aligned} \right\} \text{ナル故} =$$

邊式 $l - 2p + 3 = 6 - 8 + 3 = 1$

角式 $l - p + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$

條件式 $R - 3p + 4 = 12 - 3 \times 4 + 4 = 4$

$$\left. \begin{aligned} (1.3) + (4.5) + 11.12 &= 180^\circ \\ (5.6) + (7.9) + (10.11) &= 180^\circ \\ (2.3) + (7.8) + (4.6) &= 180^\circ \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{三角式}$$

$$\frac{\sin 1.2 \sin 4.6 \sin 10.11}{\sin 2.3 \sin 5.6 \sin 10.12} = 1 \dots \dots \dots \text{邊式}$$

四測點ニ於テ總テノ方向ヲ次ノ如ク觀測セリトス

A 點		B 點	
(1) = 284° 33' 24.00"	(4) = 162° 22' 40.13"	(2) = 319° 25' 51.44"	(5) = 206° 59' 7.20"
(3) = 342° 22' 44.90"	(6) = 246° 26' 53.07"	(7) = 66° 26' 53.07"	(10) = 1° 49' 59.47"
(8) = 139° 25' 48.91"	(11) = 26° 59' 9.14"	(9) = 181° 49' 59.47"	(12) = 104° 33' 24.00"
C 點		D 點	

(1) 方向ハ (12) 方向ト一致シ (10) 方向ハ (9) 方向ト一致シ (7) 方向ハ (6) 方向ト一致スル如ク始メノ方向ヲ取ルトキハ残りノ方向ハ一致セズ例ヘバ (5) 方向ト (11) 方向ハ一致セズ之レ觀測誤差及球面過剰アルニ因ル

三角網ノ平均ヲナスニハ先ヅ球面過剰 (ε) ヲ計算スルヲ要ス

基線 CB = 34432.57*

logCB = 4.53697 = log34432.57*

緯度 = 48°

地球半徑 logγ = 6.80479

之レヨリ (ε) ヲ算出シテ次ノ如ク記スベシ

觀 測 値			
(1.3) = 57° 49' 20.90"	(2.3) = 22° 56' 53.46"		
(4.5) = 44 36 27.07	(7.8) = 72 58 55.84		
(11.12) = 77 34 14.86	(4.6) = 84 4 12.94		
計 180° 0' 2.83"	計 180° 0' 2.24"		
條件 180 0 1.83	條件 180 0 1.22		
w = +1.00"	w = +1.02"		
(5.6) = 39° 27' 45.87"	(8.9) = 42° 24' 10.56"		
(7.9) = 115 23 6.40	(10.12) = 102 43 24.53		
(10.11) = 25 9 9.67	(1.2) = 34 52 27.44		
計 180° 0' 1.94"	計 180° 0' 2.53"		
條件 180 0 0.67	條件 180 0 1.28		
w = +1.27"	w = +1.25"		

今方向ノ修正數ヲ v_1, v_2, \dots, v_{12} トスルトキハ之レヨリ次ノ四個ノ

條件式ヲ生ズ

$$\left. \begin{aligned} v_3 - v_1 + v_5 - v_4 + v_{12} - v_{11} + 1.00 &= 0 \\ v_8 - v_2 + v_8 - v_7 + v_6 - v_4 + 1.02 &= 0 \\ v_6 - v_5 + v_9 - v_7 + v_{11} - v_{10} + 1.27 &= 0 \\ v_9 - v_8 + v_{11} - v_{10} + v_2 - v_1 + 1.25 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

此ノ式ニ於テ係數ノ和ハ零ナリ即チ

$$+1-1+1-1+1-1=0$$

而シテ此ノ四個ノ條件式中ノ三個ノ式ガ満足サルトキハ他ノ一式ハ勿論満足サル、ヲ以テ此式中ニテ三個ノ式ヲ取レバ可ナリ。

此他次ノ邊式ヲ生ズ即チ

$$\frac{\sin(1.2)\sin(4.6)\sin(10.11)}{\sin(2.3)\sin(5.6)\sin(10.12)}=1$$

此レニ依ツテ觀測方向ノ差ノ檢定ヲ爲シ得ベシ

角 度

(1.2) =	34°	52'	27.44"	9.7572273	+5.7	}(4)
(4.6) =	84	4	12.94	9.9996699	+22	
(10.11) =	25	9	9.67	9.6284216	+449	
				9.3833188		
(2.3) =	22°	56'	53.46"	9.5909515	+498	
(5.6) =	39	27	45.87	9.8031677	+256	
(10.12) =	102	43	24.53	9.389225	-48	
				9.3833217		

故ニ $w = -0.0000029$

今對數ノ六位ヲ單位トスルトキハ條件式ハ次ノ如シ

$$+3.02(v_2-v_1)+0.22(v_6-v_4)+4.49(v_{11}-v_{10})$$

$$-4.98(v_3-v_2)-2.56(v_6-v_5)+0.48(v_{12}-v_{10})-29=0$$

今之ヲ v_1, v_2, v_3 ノ順序ニナストキハ

$$-3.02v_1+8.00v_2-4.98v_3-0.22v_4+2.56v_5-2.34v_6-4.97v_{10}$$

$$+4.49v_{11}+0.48v_{12}-2.9=0$$

而シテ此式ニ於テモ係數ノ和ハ零ナリ即チ

$$-3.02+8.00-4.98-0.22+2.56-2.34-4.97+4.49+0.48=0$$

之ノ邊式ト (3) 式ノ三個ノ角式ニ作リ四個ノ條件式ヲ生ズ
條件式ノ係數ヲ表示セバ次ノ如シ

條 件 式 ノ 係 數 表

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	w
$K_1 a$	-3.02	+8.00	-4.98	-0.22	+2.56	-2.34	-	-	-	-4.97	+4.49	+0.48	-2.90
$K_2 b$	-1	-	+1	-1	+1	-	-	-	-	-	-1	+1	+1.00
$K_3 c$	-	-1	+1	-1	-	+1	-1	+1	-	-	-	-	+1.02
$K_4 d$	-1	+1	-	-	-	-	-	-1	+1	-1	-	+1	+1.25

和 係 數 ノ 計 算

$$[aa]=3.02^2+8.00^2+4.98^2+0.22^2+2.56^2+2.34^2+4.97^2+4.49^2+0.48^2$$

$$=155.09$$

$$[ab]=+3.02-4.98+0.22+2.56-4.49+0.48=-3.19$$

$$[ac]=-8.00-4.98+0.22-2.34=+15.10$$

$$[ad]=+3.02+8.00+4.97+0.48=+16.47 \quad [bc]=+1+1=+2.00$$

$$[bb]=1^2+1^2+1^2+1^2+1^2+1^2=+6.00 \quad [bd]=+1+1=+2.00$$

$$[cc]=1^2+1^2+1^2+1^2+1^2+1^2=+6.00 \quad [cd]=-1-1=-2.00$$

$$[dd]=1^2+1^2+1^2+1^2+1^2+1^2=+6.00$$

$$\left. \begin{aligned} [ac]K_1+[ab]K_2+[ac]K_3+[ad]K_4-2.90 &= 0 \\ [bb]K_2+[bc]K_3+[bd]K_4+1.00 &= 0 \\ [cc]K_3+[cd]K_4+1.02 &= 0 \\ [dd]K_4+1.25 &= 0 \end{aligned} \right\} \text{法正式}$$

K_1	K_2	K_3	K_4	
[aa]	[ab]	[ac]	[ad]	[a]
	[bb]	[bc]	[bd]	[b]
		[cc]	[cd]	[c]
			[dd]	[d]

K_2	K_3	K_4	
[bb.1]	[bc.1]	[bd.1]	[bl.1]
	[cc.1]	[cd.1]	[cl.1]
		[dd.1]	[dl.1]

K_2	K_4	
[cc.2]	[cd.2]	[cl.2]
	[dd.2]	[dl.2]

K_4	
[dd.3]	[dl.3]

故 = $K_4 = \frac{[dl.3]}{[dd.3]}$

故 = 法正式ハ次ノ如クナル

$$\begin{cases} 155.09K_1 - 3.19K_2 - 15.10K_3 + 16.47K_4 - 2.90 = 0 \\ + 6.00K_2 + 2.00K_3 + 2.00K_4 + 1.00 = 0 \\ + 6.00K_3 - 2.00K_4 + 1.02 = 0 \\ + 6.00K_4 + 1.25 = 0 \end{cases} \dots\dots(7)$$

此式ヲ解クトキハ

$$\begin{cases} K_1 = +0.044 \\ K_2 = +0.078 \\ K_3 = -0.232 \\ K_4 = -0.431 \end{cases} \dots\dots(8)$$

次 = 修正數 v ヲ表ノ形式ヲ用ヒテ計算ス

K	1	2	3	4	5	6
+0.044	-0.132	+0.132	-0.218	+0.010	+0.112	-0.103
+0.07	-0.078	—	+0.078	-0.078	+0.078	—
-0.232	—	+0.232	-0.232	+0.232	—	-0.232
-0.431	+0.431	-0.431	—	—	—	—
v	+0.221	+0.153	-0.372	+0.144	+0.190	-0.335
總和	-0.002			-0.001		

7	8	9	10	11	12
—	—	—	-0.217	+0.197	+0.021
—	—	—	—	-0.078	-0.078
+0.232	-0.232	—	—	—	—
—	+0.431	-0.431	+0.431	—	-0.431
+0.232	+0.199	-0.431	+0.214	+0.119	-0.332
0.000			+0.001		

而シテ此 v ヲ各測點毎ニ加フレバ 0.000" トナルベキモノナリ斯クシテ見出シタル v ヲ觀測方向ニ加ヘ且ツ 0.01" 以下ヲ略スルモノトス

觀測值	v	平均值	v^2
(1) = 284° 33' 24.00"	+0.22	[1] = 284° 33' 24.22	0.0484
(2) = 319 25 51.44	+0.15	[2] = 319 25 51.59	0.0225
(3) = 342 22 4.90	-0.37	[3] = 342 22 41.53	0.1369
(4) = 162 22 40.13	+0.14	[4] = 162 22 40.27	0.0196
(5) = 206 59 7.20	+0.19	[5] = 206 59 7.39	0.0361
(6) = 246 26 53.07	-0.33	[6] = 246 26 52.74	0.1089
(7) = 66 26 53.07	+0.23	[7] = 66 26 53.30	0.0529
(8) = 139 25 48.91	+0.20	[8] = 139 25 49.11	0.0400
(9) = 181 49 59.47	-0.43	[9] = 181 49 59.04	0.1849

(10) = 1 49 59.47 +0.21	[10] = 1 49 59.68	0.0441
(11) = 26 59 9.14 +0.12	[11] = 26 59 9.26	0.0144
(12) = 104 33 24.00 -0.33	[12] = 104 33 23.67	0.1089
		[vv] = 0.8176

而シテ平均方向ヨリ平均角度ヲ得之レヲ (2) 式ノ如ク各三角形ニ於テ集ムルトキハ

[1.3] = 57° 49' 20.31"	[2.3] = 22° 56' 52.94"	(11)
[4.5] = 44 36 27.12	[7.8] = 72 58 55.81	
[11.12] = 77 34 14.41	[4.6] = 84 4 12.47	
和 = 180° 0' 1.84"	和 = 180° 9' 1.22"	
條件 1.83	條件 1.22	
[5.6] = 39° 27' 45.35"	[8.9] = 42° 24' 9.93"	
[7.9] = 115 23 5.74	[10.12] = 102 43 23.99	
[10.11] = 25 9 9.58	[1.2] = 34 52 27.37	
和 = 180 0' 0.67	和 = 180° 0' 1.29"	
條件 0.67	條件 1.28	

次ニ邊式ノ一致スルヤ否ヲ見ルベシ

[1.2] = 34° 52' 27.37"	logsin [1.2] = 9.7572271	(12)
[4.6] = 84 4 12.47	logsin [4.6] = 9.9976699	
[10.11] = 25 9 9.58	logsin [10.11] = 9.6284212	
9.3833181		
[2.3] = 22° 56' 52.94"	logsin [2.3] = 9.5909490	
[5.6] = 39 27 45.35	logsin [5.6] = 9.8031664	
[10.12] = 102 43 23.99	logsin [10.12] = 9.9892028	
9.3833182		

次ニ精密度ヲ定メシ

一觀測方向ノ中數誤差

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n'}} = \sqrt{\frac{0.82}{4}} = \pm 0.45''$$

式中 n' ハ條件式ノ數

平均前ノ一角ノ中數誤差

$$m' = m\sqrt{2} = \pm 0.64''$$

第五節 はんのうゑる五角形ノ平均法

六點形ニ屬スル方向測定ハ次ノ如シ

立 點 I		
II	(1) = 0° 0'	0.00"
VI	(2) = 70 56	34.82
V	(3) = 110 42	21.36
IV	(4) = 163 44	49.52
III	(5) = 259 4	4.67
立 點 II		
VI	(6) = 384° 21'	15.98"
I	(7) = 0 0	0.00
III	(8) = 45 5	26.24
立 點 III		
II	(9) = 326° 1'	19.33"
I	(10) = 0 0	0.00
IV	(11) = 50 15	28.80
立 點 IV		
III	(12) = 325° 34'	46.28"

I	(13)=	0	0	0.00
VI	(14)=	44	9	14.00
V	(15)=	74	52	31.12

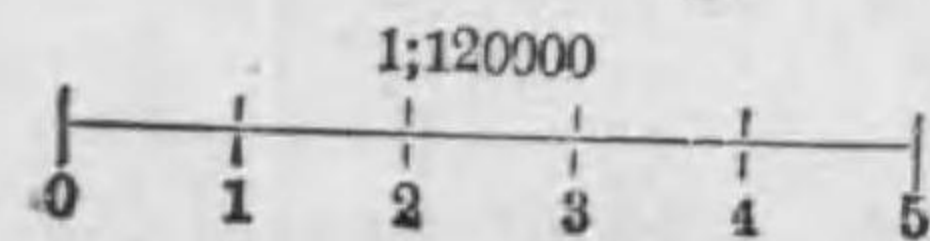
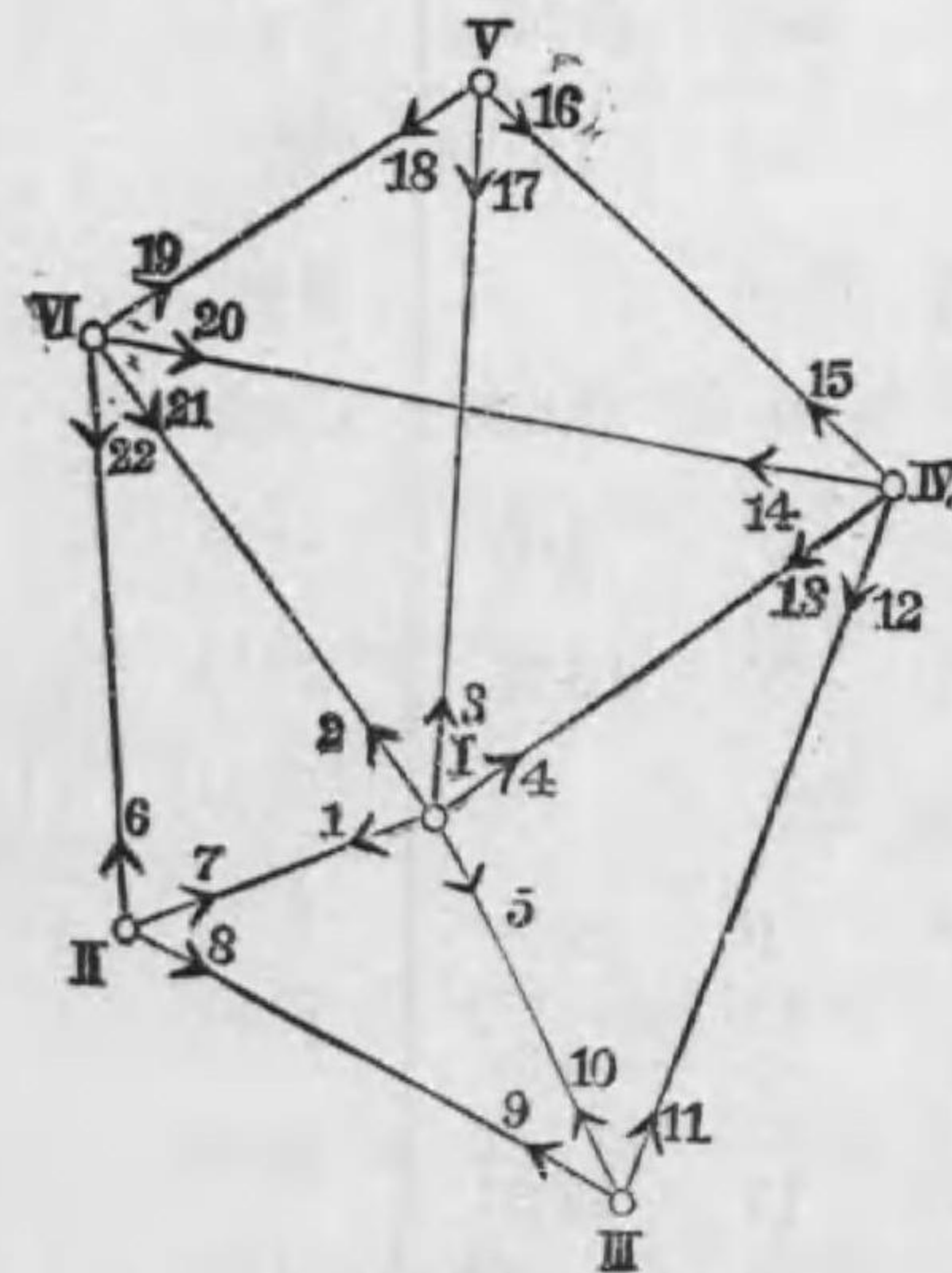
立點 V

IV	(16)=	307°	55'	0.00''
I	(17)=	0	0	0.00
VI	(18)=	56	4	7.29

立點 VI

V	(19)=	275°	49'	51.50''
IV	(20)=	316	57	24.36
I	(21)=	0	0	0.00
II	(2)=	33	24	40.16

第二十五圖



基線 I II=S=2391.672 米

logS=3.3787016

條件式ノ數ハ次ノ如シ.

點數 p=6

邊數 l=11 } ナルヲ以テ

方向數 R=2l=22

邊式

$$l - 2p + 3 = 11 - 12 + 3 = 2$$

角式

$$l - p + 1 = 11 - 6 + 1 = 6$$

條件式

$$R - 3p + 4 = 22 - 18 + 4 = 8$$

[第一 三角形]

$$(1) - (5) = 100^\circ 55' 55.33''$$

$$(10) - (9) = 33 58 40.67$$

$$(8) - (7) = 45 5 26.24$$

$$\text{計} \quad 180 \quad 0 \quad 2.24$$

$$\text{條件} \quad 180 \quad 0 \quad 0.02$$

$$w = +2.22$$

$$v_1 - v_5 + v_{10} - v_9 + v_8 - v_7 + 2.22 = 0 \dots\dots\dots(1)$$

[第二 三角形]

$$(5) - (4) = 95^\circ 19' 15.15''$$

$$(13) - (12) = 34 25 13.72$$

$$(11) - (10) = 50 15 28.80$$

$$\text{計} \quad 179 \quad 59 \quad 57.67$$

$$\text{條件} \quad 180 \quad 0 \quad 0.03$$

$$w = -2.36$$

$$v_5 - v_4 + v_{13} - v_{12} + v_{11} - v_{10} - 2.36 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

[第三 三角形]

$$(4) - (3) = 53^\circ 2' 28.16''$$

$$(15) - (13) = 74 53 31.12$$

$$(17) - (16) = 52 5 0.00$$

$$\text{計} \quad 179 \quad 59 \quad 59.28$$

$$\text{條件} \quad 180 \quad 0 \quad 0.04$$

$$w = -0.76$$

$$v_4 - v_3 + v_{15} - v_{13} + v_{17} - v_{16} - 0.76 = 0 \dots\dots\dots(3)$$

[第四 三角形]

(3)-(2)=	39° 45'	46.54''
(18)-(17)=	56 4	7.29
(21)-(19)=	84 10	8.50
計	80 0	2.33
條件	180 0	0.03
$w = +2.30$		

$$v_3 - v_2 + v_{18} - v_{17} + v_{21} - v_{19} + 2.33 = 0 \dots\dots\dots(4)$$

[第五 三角形]

(4)-(2)=	92° 48'	14.70''
(14)-(13)=	44 9	14.00
(21)-(20)=	43 2	35.64
計	180 0	4.34
條件	180 0	0.04
$w = +4.30$		

$$v_4 - v_2 + v_{14} - v_{13} + v_{21} - v_{20} + 4.30 = 0 \dots\dots\dots(5)$$

[第六 三角形]

(2)-(1)=	76° 56'	34.82''
(7)-(6)=	75 38	44.02
(22)-(21)=	33 24	40.16
計	179 59	59.00
條件	180 0	0.00
$w = -1.02''$		

$$v_2 - v_1 + v_7 - v_6 + v_{22} - v_{21} - 1.02 = 0 \dots\dots\dots(6)$$

[第七 三角形]

(20)-(19)=	41° 7'	32.86''
------------	--------	---------

(15)-(14)=	30 43	17.12
(18)-(16)=	108 1	7.29
計	179 59	57.27
條件	180 0	0.03
$w = -2.76$		

$$v_{20} - v_{19} + v_{18} - v_{16} + v_{15} - v_{14} - 2.76 = 0$$

之レハ (3) 式 + (4) 式 - (5) 式ニテ得ラルル故ニ不用ナリ

邊式

A 點ノ周圍ニ於テ

$$\frac{\sin(7-6)\sin(10-9)\sin(13-12)\sin(17-16)\sin(21-19)}{\sin(8-7)\sin(11-10)\sin(15-13)\sin(18-17)\sin(22-21)} = 1$$

B S 對角線ニ於テ

$$\frac{\sin(3-2)\sin(15-13)\sin(20-19)}{\sin(4-3)\sin(15-14)\sin(21-19)} = 1$$

	logsin	一秒ニ對スル差
(7)-(6) = 75° 33' 44.02''	9.9862255	5.4
(10)-(9) = 33 58 40.67	9.7473139	31.3
(13)-(12) = 34 25 13.72	9.7522497	30.7
(17)-(16) = 52 5 0.00	9.8970249	16.4
(21)-(19) = 84 10 8.50	9.9977471	2.1
$Z = 9.380611$		

	logsin	一秒ニ對スル差
(8)-(7) = 45° 5' 26.24''	9.8501708	21.0
(11)-(10) = 50 15 28.80	9.8858874	17.5
(15)-(13) = 74 52 31.12	9.9846894	5.7
(18)-(17) = 56 4 7.29	9.9189250	14.2

$$(22)-(21) = \begin{matrix} 33 & 24 & 40.16 & 9.7408703 & 31.9 \\ & & & N=9.3805429 & \end{matrix}$$

$$Z-N = +0.0000182$$

六位ノ對數ニスレバ、

$$\begin{aligned} &+0.54(v_7 - v_6) + 3.13(v_{19} - v_9) + 3.07(v_{13} - v_{12}) + 1.64(v_{17} - v_{16}) \\ &+ 0.21(v_{21} - v_{19}) - 2.10(v_8 - v_7) - 1.75(v_{11} - v_{10}) - 0.57(v_{15} - v_{13}) \\ &- 1.42(v_{18} - v_{17}) - 3.19(v_{22} - v_{21}) + 18.2 = 0 \\ &-0.54v_6 + 2.64v_7 - 2.10v_8 - 3.13v_9 + 4.88v_{10} - 1.75v_{11} \\ &- 3.07v_{12} + 3.64v_{13} - 0.57v_{15} - 1.64v_{16} + 3.06v_{17} - 1.42v_{18} \\ &- 0.21v_{19} + 3.40v_{21} - 3.19v_{22} + 18.2 = 0 \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

第二ノ邊式 $\log \sin$ 一秒ニ對スル差

$$(3)-(2) = \begin{matrix} 39^\circ & 45' & 46.54'' & 9.8059169 & 25.3 \end{matrix}$$

$$(15)-(13) = \begin{matrix} 74 & 52 & 31.12 & 9.9846894 & 5.7 \end{matrix}$$

$$(20)-(19) = \begin{matrix} 41 & 7 & 32.86 & 9.8180374 & 24.1 \\ & & & Z=9.6086437 & \end{matrix}$$

$$(4)-(3) = \begin{matrix} 53 & 2 & 28.16 & 9.9025835 & 15.8 \end{matrix}$$

$$(15)-(14) = \begin{matrix} 30 & 43 & 17.12 & 9.7083056 & 35.4 \end{matrix}$$

$$(21)-(19) = \begin{matrix} 84 & 10 & 8.50 & 9.9977471 & 2.1 \\ & & & N=9.6086362 & \end{matrix}$$

$$Z-N = +0.0000075$$

$$\begin{aligned} &+2.53(v_8 - v_2) + 0.57(v_{15} - v_{13}) + 2.41(v_{20} - v_{19}) \\ &- 1.53(v_4 - v_3) - 3.54(v_{15} - v_{14}) - 0.21(v_{21} - v_{19}) + 7.5 = 0 \\ &- 2.53v_2 + 4.11v_3 - 1.53v_4 - 0.57v_{13} - 2.97v_{15} + 3.54v_{14} + 2.41v_{20} \\ &- 2.20v_{19} - 0.21v_{21} + 7.5 = 0 \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

故ニ(1)乃至(8)ノ8個ノ條件式ヲ得タリ之レヲ集ムレバ次ノ如シ

$$-v_1 + v_2 - v_6 + v_7 - v_{11} + v_{22} - 1.02'' = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$+v_1 - v_5 - v_7 + v_8 - v_9 + v_{17} + 2.22'' = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$-v_4 + v_5 - v_{10} + v_{11} - v_{12} + v_{13} - 2.36'' = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$-v_3 + v_4 - v_{13} + v_{15} - v_{16} + v_{17} - 0.76'' = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$-v_2 + v_3 - v_{17} + v_{18} - v_{19} + v_{21} + 2.30'' = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$-v_2 + v_4 - v_{13} + v_{14} - v_{20} + v_{21} + 4.30'' = 0 \dots\dots\dots(6)$$

$$\begin{aligned} &-0.54v_6 + 2.64v_7 - 2.10v_8 - 3.13v_9 + 4.88v_{10} - 1.75v_{11} \\ &- 3.07v_{12} + 3.64v_{13} - 0.57v_{15} - 1.64v_{16} + 3.06v_{17} - 1.42v_{18} \\ &- 0.21v_{19} + 3.40v_{21} - 3.19v_{22} + 18.2 = 0 \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &-2.53v_2 + 4.11v_3 - 1.53v_4 - 0.57v_{13} + 3.54v_{14} - 2.97v_{15} \\ &- 2.20v_{19} + 2.41v_{20} - 0.21v_{21} + 7.5 = 0 \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

條件式

$$\begin{aligned} &a_1v_1 + a_2v_2 + a_3v_3 + a_4v_4 + a_5v_5 + a_6v_6 + a_7v_7 + a_8v_8 + \dots\dots\dots \\ &+ a_{22}v_{22} + 18.20 = 0 \end{aligned}$$

a	a ²	a	b	ab	ac
0.54	0.2916	+3.64	-0.57	-2.0748	+0.54
2.64	6.9696	-0.57	-2.97	+1.6929	+2.64
.....	-0.21	-2.20	+0.4620	-3.40
3.19	10.1761	+3.40	-0.21	-0.7140	-3.19
[aa]=107.1942		[ab]=-0.6339		[ac]=-3.41	

法正式

$$\begin{aligned} &+107.19K_1 - 0.63K_2 - 3.41K_3 + 3.27K_4 + 0.08K_5 + 0.49K_6 - 0.87K_7 - 0.24K_8 + 18.20 = 0 \\ &\quad + 58.16K_2 - 2.32K_3 + 1.01K_5 - 8.09K_6 + 2.53K_7 + 2.44K_8 + 7.50 = 0 \\ K_1 = &-0.177 \quad + 6.06K_3 - 2.00K_4 \quad - 2.00K_7 - 2.00K_8 - 1.02 = 0 \\ K_2 = &-0.048 \quad + 8.00K_4 - 2.00K_5 \quad + 2.22 = 0 \\ K_3 = &-0.387 \quad + 6.00K_5 - 2.00K_6 \quad - 2.6K_7 - 2.36 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_1 &= -0.367 & +6.00K_1 - 2.00K_2 - 2.00K_3 - 0.76 &= 0 \\
 K_2 &= +0.112 & +6.00K_2 + 2.00K_3 + 2.30 &= 0 \\
 K_3 &= +6.422 & +6.00K_3 + 4.30 &= 0 \\
 K_4 &= -0.014 \\
 K_5 &= -0.931
 \end{aligned}$$

之レヨリ次式ニ依テ修正數 (v) ヲ計算スベシ

$$v_1 = a_1 K_1 + b_1 K_2 + c_1 K_3 + \dots$$

$$v_2 = a_2 K_1 + b_2 K_2 + c_2 K_3 + \dots$$

條件式ヲ縦列ニナストキハ第 I 條件式表ヨリ第 II 表ノ如ク計算ヲナスヲ得.

第一ノ檢算ハ v ヲ各點毎ニ加フルトキハ零トナルコトナリ例ヘバ
 $+0.020 + 0.670 - 0.633 - 0.545 + 0.479 = 0$

但シ此檢定ハ重要ノモノナラズ何トナレバ K = 誤リアルモ v ノ和ハ條件式ノ係數ノ和ナル爲メ = 0 ナルヲ以テナリ.

故ニ此 v ガ條件式ヲ充スヤ否ヤノ檢定ヲナスヲ宜シトス.

$$[v^2] = -[wK] \text{ ヲ計算スレバ之レハ檢定トナル.}$$

而シテ之レヨリ中數誤差ヲ求メン.

今 v ヲ 0.01" 迄圓約スレバ次ノ如シ

v	v ²	v	v ²
1 +0.02"	0.0004	9 +0.92	0.8464
2 +0.68	0.4624	10 -1.34	1.7956
3 -0.63	0.3969	11 +0.42	0.1764
4 -0.55	0.3025	12 +0.43	0.1849
5 +0.48	0.2304	13 +0.00	0.0000
6 +0.48	0.2304	14 -1.10	1.2100
7 -0.49	0.2401	15 +0.57	0.4489
8 +0.01	0.0001	16 -0.13	0.0169

$\left. \begin{matrix} 1.8632 \\ 4.6791 \end{matrix} \right\}$

v ₁	v ₁₀	v ₁₆	v ₁₇
—	-0.57	-1.64	+3.06
+3.54	-2.97	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	+1	-1	+1
—	—	—	-1
+1	—	—	—

$$87 - 0.367 = +0.020$$

	+0.101	+0.290	-0.541
-0.160	+0.142	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	+0.422	-0.422	+0.422
—	—	—	+0.014
-31	—	—	—
-0	+0.665	-0.182	-0.105
	= v ₁₁	= v ₁₆	= v ₁₇

v	v ²
0.02	0.0004
0.68	0.4624
-0.63	0.3969
-0.55	0.3025
0.48	0.2304
0.48	0.2304
-0.49	0.2401
0.01	0.0001

v	v ²
0.92	0.8464
-1.34	1.7956
0.42	0.1764
0.43	0.1849
0.00	0.0000
-1.10	1.2100
0.57	0.4489
-0.13	0.0169

$$00K_7 - 2.00K_8 - 0.76 = 0$$

$$00K_7 + 2.00K_8 + 2.30 = 0$$

$$+6.00K_8 + 4.30 = 0$$

I 条件式 例へば $-0.51v_6 + 2.64v_7 - 2.10v_8 \dots - 3.19v_{21} + 18.20 = 0$

		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}	v_{17}	v_{18}	v_{19}	v_{20}
K_1	7	—	—	—	—	—	-0.54	+2.64	-2.10	-3.13	+4.88	-1.75	-3.07	+3.64	—	-0.57	-1.64	+3.06	-1.42	-0.21	—
K_2	8	—	-2.53	+4.11	-1.58	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.57	+3.54	-2.97	—	—	—	-2.20	+2.41
K_3	1	-1	+1	—	—	—	-1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K_4	2	+1	—	—	—	-1	—	-1	+1	-1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K_5	3	—	—	—	-1	+1	—	—	—	—	-1	+1	-1	+1	—	—	—	—	—	—	—
K_6	4	—	—	-1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	-1	—	+1	-1	+1	—	—	—
K_7	5	—	-1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1	+1	-1	—
K_8	6	—	-1	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	-1	+1	—	—	—	—	—	-1

II 表ノ如ク計算

レコトナリ例へば

= 0

誤リアルモノ

シトス

II K ヲリヲ算出スル表 例へば $v_1 = a_1K_1 + b_1K_2 + \dots = +0.387 - 0.367 = +0.020$

$K_1 = -0.177$	—	—	—	—	—	+0.096	-0.467	+0.372	+0.554	-0.864	+0.310	+0.543	-0.644	—	+0.101	+0.290	-0.541	+0.251	+0.037	—
$K_2 = -0.048$	—	+0.121	0.197	+0.076	—	—	—	—	—	—	—	—	+0.027	-0.160	+0.142	—	—	—	+0.106	-0.116
$K_3 = -0.387$	+0.387	-0.387	—	—	—	+0.387	-0.387	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_4 = -0.367$	-0.367	—	—	—	+0.367	—	+0.367	-0.367	+0.367	-0.367	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_5 = +0.112$	—	—	—	-0.112	+0.112	—	—	—	—	-0.112	+0.112	-0.112	+0.112	—	—	—	—	—	—	—
$K_6 = +0.422$	—	—	-0.422	+0.422	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.422	—	+0.422	-0.422	+0.422	—	—	—
$K_7 = -0.014$	—	+0.014	-0.014	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+0.014	-0.014	+0.014	—
$K_8 = -0.931$	—	+0.931	—	-0.931	—	—	—	—	—	—	—	—	+0.931	-0.931	—	—	—	—	—	+0.931
	+0.020	+0.679	-0.633	-0.545	+0.479	+0.483	-0.487	-0.005	+0.921	-1.343	+0.422	+0.431	+0.004	-1.100	+0.665	-0.132	-0.105	+0.237	+0.157	+0.815
	= v_1	= v_2	= v_3	= v_4	= v_5	= v_6	= v_7	= v_8	= v_9	= v_{10}	= v_{11}	= v_{12}	= v_{13}	= v_{14}	= v_{15}	= v_{16}	= v_{17}	= v_{18}	= v_{19}	= v_{20}

- v^2
 - 0.8464
 - 1.7956
 - 0.1764
 - 0.1849
 - 0.0000
 - 1.2100
 - 0.4489
 - 0.0169
- 4.6791

I 條件式 例へバ $-0.54v_6 + 2.64v_7 - 2.10v_8 \dots - 3.19v_{21} + 18.20 = 0$

	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}	v_{17}	v_{18}	v_{19}	v_{20}	v_{21}	v_{22}	w	
	---	-0.54	+2.64	-2.10	-3.13	+4.88	-1.75	-3.07	+3.64	---	-0.57	-1.64	+3.06	-1.42	-0.21	---	+3.40	-3.19	+18.20
58	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.57	+3.54	-2.97	---	---	---	-2.20	+2.41	-0.21	---	+7.50
	---	-1	+1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-1	+1	-1.02
	-1	---	-1	+1	-1	+1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	+2.22
	+1	---	---	---	---	-1	+1	-1	+1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-2.36
	---	---	---	---	---	---	---	---	-1	---	+1	-1	+1	---	---	---	---	---	-0.76
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-1	+1	-1	---	---	+1	---	+2.30
	---	---	---	---	---	---	---	---	-1	+1	---	---	---	---	---	-1	+1	---	+4.30

II K ヲリ v ヲ算出スル表 例へバ $v_1 = a_1K_1 + b_1K_2 + \dots = +0.387 - 0.367 = +0.020$

	---	+0.096	-0.467	+0.372	+0.554	-0.864	+0.310	+0.543	-0.644	---	+0.101	+0.290	-0.541	+0.251	+0.037	---	-0.602	+0.565
76	---	---	---	---	---	---	---	---	+0.027	-0.160	+0.142	---	---	---	+0.106	-0.116	+0.010	---
	---	+0.387	-0.387	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	+0.387	-0.387
	+0.367	---	+0.367	-0.367	+0.367	-0.367	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12	+0.112	---	---	---	---	-0.112	+0.112	-0.112	+0.112	---	---	---	---	---	---	---	---	---
22	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.422	---	+0.422	-0.422	+0.422	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	+0.014	-0.014	+0.014	---	-0.014	---
31	---	---	---	---	---	---	---	---	+0.931	-0.931	---	---	---	---	---	+0.931	-0.931	---
45	+0.479	+0.483	-0.487	-0.005	+0.921	-1.343	+0.422	+0.431	+0.004	-1.100	+0.665	-0.132	-0.105	+0.237	+0.157	+0.815	-1.150	+0.178
	$=v_3$	$=v_4$	$=v_7$	$=v_8$	$=v_9$	$=v_{10}$	$=v_{11}$	$=v_{13}$	$=v_{14}$	$=v_{15}$	$=v_{16}$	$=v_{17}$	$=v_{18}$	$=v_{19}$	$=v_{20}$	$=v_{21}$	$=v_{22}$	

17	-0.11"	0.0121	} 2,1063
18	+0.24	0.0576	
19	+0.16	0.0256	
20	+0.81	0.6561	
21	-1.15	1.3225	
22	+0.18	0.0324	
8.6486			

[檢 算]

	w	K	-wK	
1	+18.20	-0.177	3.2214	} -0.3947
2	+ 7.50	--0.048	0.3600	
3	- 1.02	-0.387		
4	+ 2.22	-0.36	0.8147	
5	- 2.36	+0.112	0.2643	
6	- 0.76	+0.422	0.3207	
7	+ 2.30	-0.014	0.0322	
8	+ 4.30	-0.931	4.0033	
8.6219				

此 8.65 及 8.62 トノ差ハ僅カニテ之レニテ充分ナリ

一方向ノ中數誤差ハ次ノ如シ

$$m = \sqrt{\frac{8.65}{8}} = \pm 1.04''$$

次ニシテ觀測シタル方向ニ加ヘ條件式ヲ満足スルヤ否ヲ檢セン

立 點 I

	觀測方向	値	修正數	平均方向	值
II	(1)= 0°	0'	0.00" + 0.02"	0°	0 0.02
VI	(2)= 70	56	34.82 + 0.68	70	56 35.50
V	(3)= 110	42	21.36 - 0.63	110	42 20.73

Table with multiple columns and rows, containing numerical data and possibly station identifiers. The text is faint and difficult to read.

IV	(4)=163	44	49.52	-0.55	163	44	48.97
III	(5)=259	4	4.67	+0.48	259	4	5.15
				50.37"	0.0"	50.37"	

立 點 II

IV	(6)=284°	21'	15.98"	+0.48	281°	21'	16.46"
I	(7)= 0	0	0.00	-0.48	359	59	59.52
III	(8)= 45	5	26.24	-0.00	45	5	26.24
				42.22"	0.00"	42.22"	

立 點 III

II	(9)=326°	1'	19.33"	+0.91	326°	1'	20.24"
I	(10)= 0	0	0.00	-1.33	359	59	58.67
IV	(11)= 50	15	23.80	+0.42	50	15	23.22
				48.13"	0.00"	48.13"	

立 點 IV

III	(12)=325°	34'	46.28"	+0.43	325°	34'	46.71
I	(13)= 0	0	0.00	+0.01	0	0	0.01
VI	(14)= 44	9	14.00	-1.09	44	9	12.91
V	(15)= 74	52	31.12	+0.66	74	52	31.73
				31.40	+0.01"	31.41"	

立 點 V

IV	(16)=307°	55'	0.00"	-0.13	307°	54'	59.87
I	(17)= 0	0	0.00	-0.10	359	59	59.90
VI	(18)= 56	4	7.29	+0.23	56	4	7.52
				7.29	0.00"	7.29"	

立 點 VI

V	(19)=27.°	49'	51.50	+0.16	275°	49'	51.66
IV	(20)=316	57	24.76	+0.81	316	57	25.17
I	(21)= 0	0	0.00	-1.15	359	59	58.85
II	(22)= 33	24	40.16	+0.17	33	24	40.33
				56.02"	-0.01"	56.01"	

此平均シタル方向ヨリ再ビ三角形ノ内角ヲ作ルトキハ條件ニ適ス。例ヘバ第一三角形ニ於テ。

[3]=70° 56'	35.50"	[7]=359° 59'	59.62	[2]= 33° 24'	40.33
[1]= 0° 0'	0.02"	[6]=282° 21'	16.46	[21]=259° 59'	58.85
[2]-[1]=70° 56'	35.48"	[7]-[6]= 75° 38'	43.06"	[22]-[21]= 33° 24'	41.48"
I	[2]-[1]=70° 56'	35.48"			
II	[7]-[6]=75° 38'	43.06"			
VI	[22]-[21]=33° 24'	41.48"			
180° 0' 0.02".....(6)					

同様ニ他ノ三角形ヲ作レバ次ノ如シ

I

[1]-[5]= 0° 00'	00.02"	-259° 04'	05.15"	=100° 55'	54.87
[10]-[9]=359	59	58.67	-326	01	20.24 = 33
[8]-[7]= 45	05	26.24	-359	59	59.52 = 45
180° 00' 00.02".....(1)					

II

[5]-[4]=259° 04'	05.15	-163° 44'	48.97	=95° 19'	16.18
[13]-[12]= 00	00	00.01	-325	34	46.71 = 34
[11]-[10]= 50	15	29.22	-359	59	58.67 = 50
180° 00' 00.03".....(2)					

III

[4]-[3]=163° 44'	48.97	-110° 42'	20.73	=53° 02'	28.724
[15]-[13]= 74	52	31.78	- 0	00	00.01 = 74
[17]-[16]=359	59	59.90	-307	54	59.87 = 52
180° 00' 00.04".....(3)					

IV

[3]-[2]=110° 42'	20.73	- 70° 56'	35.50	=39° 45'	45.23
[18]-[17]= 56	04	07.52	-359	59	59.90 = 56
[21]-[19]=359	59	58.85	-275	49	51.66 = 84
180° 00' 00.04".....(4)					

V

[4]-[2]=163° 44'	48.97	- 70° 56'	35.50	=92° 48'	13.47
------------------	-------	-----------	-------	----------	-------

$$\begin{aligned}
 [14]-[13] &= 44\ 09\ 12.91 - 0\ 00\ 00.01 = 44\ 09\ 12.89 \\
 [21]-[20] &= 359\ 59\ 58.85 - 316\ 57\ 25.17 = 43\ 02\ 33.68 \\
 &\qquad\qquad\qquad 180^\circ\ 00'\ 00.04\dots\dots(5)
 \end{aligned}$$

VI

$$\begin{aligned}
 [20]-[19] &= 316^\circ\ 57'\ 25.17 - 275^\circ\ 49'\ 51.66 = 41^\circ\ 07'\ 33.51 \\
 [15]-[14] &= 74^\circ\ 52'\ 31.78 - 44\ 09\ 12.91 = 30\ 43\ 18.88 \\
 [18]-[16] &= 56\ 04\ 07.52 - 307\ 54\ 59.87 = 108\ 09\ 07.65 \\
 &\qquad\qquad\qquad 180^\circ\ 00'\ 00.03\dots\dots(0)
 \end{aligned}$$

VII

$$\begin{aligned}
 [2]-[1] &= 70^\circ\ 56'\ 35.50 - 0\ 00'\ 00.02 = 70^\circ\ 56'\ 35.48 \\
 [7]-[6] &= 359\ 59\ 59.52 - 284\ 21\ 16.46 = 75\ 38\ 43.06 \\
 [22]-[21] &= 33\ 24\ 40.33 - 359\ 59\ 58.85 = 33\ 24\ 41.48 \\
 &\qquad\qquad\qquad 180^\circ\ 00'\ 00.02''\dots\dots(6)
 \end{aligned}$$

	logsin
[7]-[6] = 75° 38' 43.06	9.9862250
[10]-[9] = 33 58 38.43	9.7473069
[13]-[12] = 34 25 13.30	9.7522184
[17]-[16] = 52 05 00.03	9.8970249
[21]-[19] = 84 10 07.19	9.9977468
	9.3805520
[8]-[7] = 45° 05' 26.72	9.8501718
[11]-[10] = 50 15 30.55	9.8358905
[15]-[13] = 74 52 31.77	9.9846898
[18]-[17] = 56 04 07.62	9.9189255
[22]-[21] = 33 24 40.33	9.7408708
	9.3805484

$$9.3805520 - 9.3805484 = 0.0000036$$

三角形ノ計算ニ於テ 0.02'' 乃至 0.04'' ノ小ナル差ハ之レヲ三個ノ角ニ分配ス。而シテ三角邊ヲ正弦比例ニテ計算スルニハ一本ノ基線ヲ要ス。

前述ノ如ク基線ハ

$$S_{I\ II} = 2391.672\text{米}$$

$$\log S_{I\ II} = 3.3787016$$

之レヲ以テ次ノ如ク各邊ヲ算出スルヲ得可シ。

$$\log S_{I\ II} = 3.3787016$$

$$\log S_{I\ III} = 3.4815665$$

$$\log S_{I\ IV} = 3.6152086$$

$$\log S_{IV} = 3.7028735$$

$$\log S_{I\ VI} = 3.6240521$$

$$\log S_{II\ III} = 3.6234413$$

$$\log S_{III\ IV} = 3.7274425$$

$$\log S_{IV\ V} = 3.6207673$$

$$\log S_{V\ VI} = 3.5110402$$

$$\log S_{VI\ II} = 3.6133487$$

$$\log S_{II\ IV} = 3.7805583$$

第六節 精密度等シカラザル測角ノ三角網平均法

此平均ニ於テハ複測ノ回数ヲ以テ重みトセリ。

$$\text{基線 } AB = 4962.8282\text{米}$$

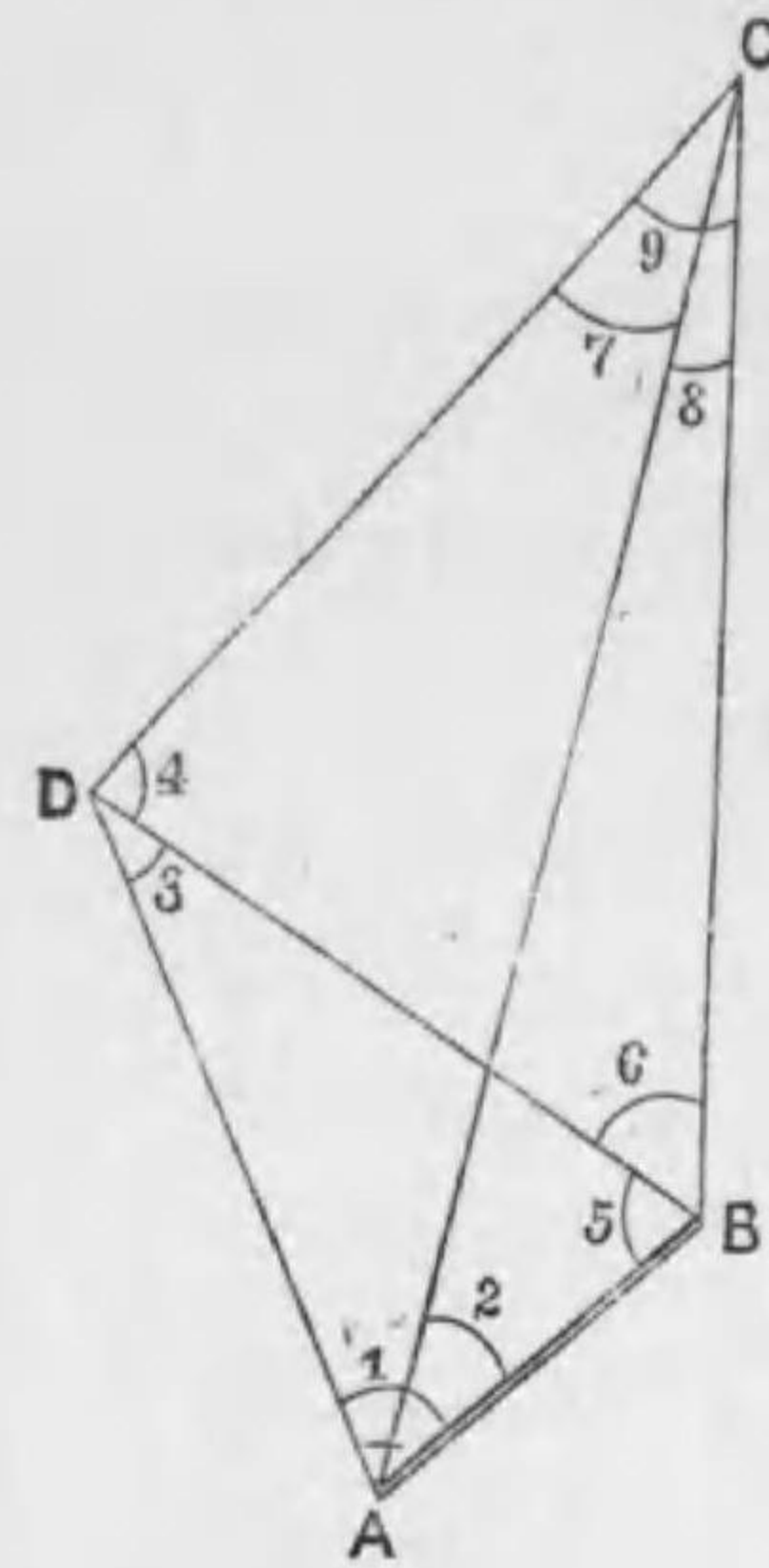
観測角度	重み (p)	$\frac{1}{p}$
(1) = 81° 21' 43.36''	70	0.0143
(2) = 31 37 39.73	7	0.1429
(3) = 25 16 28.85	101	0.0099
(4) = 76 33 44.65	47	0.0213
(5) = 73 21 46.35	85	0.0118
(6) = 67 4 27.96	57	0.0175
(7) = 28 5 42.53	10	0.1000
(8) = 7 56 6.92	28	0.0357
(9) = 33 21 49.55	30	0.0333

$$[p] = 435$$

$$0.3867$$

第二十六圖

條件式ノ數ハ次ノ如シ



$$\left. \begin{aligned} w &= 9 \\ p &= 4 \\ l &= 6 \end{aligned} \right\} \text{ナルヲ以テ}$$

$$w - 2p + 4 = 9 - 8 + 4 = 5 \text{ 條件式}$$

$$\text{邊式 } l - 2p + 3 = 6 - 8 + 3 = 1$$

$$\text{角式 } l - p + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

$$\text{O 點} = \text{點式} = 1$$

$$1 + 3 + 1 = 5$$

$$\frac{\sin(1)\sin(4)\sin(8)}{\sin(3)\sin(9)\sin(2)} = 1 \text{ (中點B)}$$

$$(1) + (3) + (5) - (180 + \epsilon) = 0$$

$$\text{DAB } \epsilon = 0.138'$$

$$(4) + (6) + (9) - (180 + \epsilon) = 0 \text{ BDC } \epsilon = 0.505$$

$$(2) + (5) + (6) + (8) - (180 + \epsilon) = 0 \text{ BAC } \epsilon = 0.151$$

$$(7) + (8) - (9) = 0$$

今三角形内角ノ和ヲ作レバ次ノ如シ

$$(1) = 81^\circ 21' 43.36'' \quad (4) = 76^\circ 33' 44.65'' \quad (2) = 31^\circ 37' 39.73''$$

$$(3) = 25 \quad 16 \quad 28.85 \quad (6) = 67 \quad 4 \quad 27.96 \quad (5) = 73 \quad 21 \quad 46.35$$

$$(5) = 73 \quad 21 \quad 46.35 \quad (9) = 36 \quad 21 \quad 49.55 \quad (6) = 67 \quad 4 \quad 27.96$$

$$\text{計 } 179 \quad 59 \quad 58.560 \quad \text{計 } 180 \quad 0 \quad 2.160 \quad (8) = 7 \quad 56 \quad 6.92$$

$$\text{條件 } 180 \quad 0 \quad 0.138 \quad \text{條件 } 180 \quad 0 \quad 0.505 \quad \text{計 } 180 \quad 0 \quad 0.960$$

$$w = -1.578 \quad w = +1.655 \quad \text{條件 } 180 \quad 0 \quad 0.151$$

$$w = +0.809$$

[参考]

球面過剩 ϵ

ϵ ヲ見出スニハ基線 $AB = 4962.8282$ 米及角度ヨリ概略ニ三角形ノ面積 F ヲ計算シ又平均緯度 $49^\circ 30'$ ナル故ニ

$$\log r = 6.80487 \text{ トシテ } \epsilon = \frac{p}{r^2} F \text{ ナル式ニテ計算ス}$$

條件式ヲ作レバ次ノ如シ

邊式ハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} &+0.320v_1 + 0.503v_4 + 15.105v_8 - 4.459v_3 - 2.860v_9 \\ &- 3.419v_2 + 4.715 = 0 \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

六位ノ對數ニテ計算ス

三個ノ三角式ハ次ノ如シ.

$$v_2 + v_6 + v_8 + 0.809'' = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$v_1 + v_3 + v_5 - 1.578 = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$v_4 + v_7 + v_9 + 1.655 = 0 \dots\dots\dots(4)$$

點式ハ次ノ如シ

$$v_7 + v_8 - v_9 - 0.100'' = 0 \dots\dots\dots(5)$$

條件式ノ係數ヲ其重みト共ニ表ニ示セバ次ノ如シ.

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	w
$\frac{p}{1}$	70	7	101	47	85	57	10	28	30	
$\frac{1}{p}$	0.0143	0.1429	0.0099	0.0213	0.0118	0.0175	0.1000	0.0357	0.0333	
1.	+0.320	-3.419	-4.459	+0.503	—	—	—	+15.105	-2.860	+4.715
2.	—	+1	—	—	+1	+1	—	+1	—	+0.809
3.	+1	—	+1	—	+1	—	—	—	—	-1.578
4.	—	—	—	+1	—	+1	—	—	+1	+1.655
5.	—	—	—	—	—	—	+1	+1	+1	-0.100

$$\text{次} = \left[\frac{aa}{p} \right] \left[\frac{ab}{p} \right] \text{ 等ヲ作ル可シ.}$$

$$\begin{aligned} \left[\frac{aa}{p} \right] &= 0.320^2 \times 0.0143 + 3.419^2 \times 0.1429 + 4.459^2 \times 0.0099 \\ &\quad + 0.503^2 \times 0.0213 + 15.105^2 \times 0.0357 + 2.860^2 \times 0.0333 \\ &= 10.2941 \end{aligned}$$

之レヲ計算スルトキハ次ノ法正式ヲ得.

$$\begin{aligned} +10.2941K_1 + 0.0511K_2 - 0.0396K_3 - 0.0846K_4 + 0.6348K_5 + 4.7150 &= 0 \\ +0.2079K_2 + 0.0118K_3 + 0.0175K_4 + 0.0357K_5 + 0.8090 &= 0 \\ +0.0360K_3 &\quad -1.5780 = 0 \\ +0.0721K_4 - 0.0333K_5 + 1.6550 &= 0 \\ +0.1690K_5 - 0.1000 &= 0 \end{aligned}$$

此五個ノ式ヲ解クトキハ次ノ K ノ値ヲ得ベシ.

$$K_1 = -0.3436$$

$$K_2 = -4.0814$$

$$K_3 = +44.7898$$

$$K_4 = -23.2072$$

$$K_5 = -1.8279$$

v ヲ計算スルニハ (6) 式ヲ縦列ニ加フレバ可ナリ.

$$\begin{aligned} v_1 &= +\frac{a_1K_1}{70} + \frac{c_1K_2}{70} = +0.638'' \\ &= +\frac{0.320}{70} \times (-0.3436) + \frac{1}{70} \times (+44.7898) \\ &= -0.00157 + 0.64 = 0.638'' \\ v_2 &= -\frac{3.419}{7} \times (-0.3436) + \frac{1}{7} \times (-4.0814) \end{aligned}$$

$$= +0.168 - 0.583 = -0.415''$$

此vヲ觀測角ニ加フルトキハ次ノ如シ.

觀測角值	修正數(v)	修正角值
(1) = 81° 21' 43.360	+0.638''	[1] = 81° 21' 43.998''
(2) = 31° 37' 39.730	-0.415	[2] = 31° 37' 39.315
(3) = 25° 16' 28.850	+0.459	[3] = 25° 16' 29.309
(4) = 76° 33' 44.650	-0.497	[4] = 76° 33' 44.153
(5) = 73° 21' 46.350	+0.479	[5] = 73° 21' 46.829
(6) = 67° 4' 27.960	-0.479	[6] = 67° 4' 27.481
(7) = 28° 25' 42.530	-0.183	[7] = 28° 25' 42.347
(8) = 7° 56' 6.920	-0.396	[8] = 7° 56' 6.524
(9) = 36° 21' 49.550	-0.689	[9] = 36° 21' 48.870

平均シタル結果ガ條件ヲ満足セシムルヤ否ヤヲ見ル可シ.

次ニ三角邊ノ計算ヲナス.

$$\text{基線 } AB = 4962.8282^* \quad \log AB = 3.69572923$$

$$BC = 18851.510 \pm 0.12^* \quad \log BC = 4.27534614$$

$$AC = 22896.729^* \quad \log AC = 4.35977344$$

$$CD = 17851.153 \pm 0.11^* \quad \log CD = 4.25166624$$

次ニ精密度ノ計算ヲナス.

先ヅv及pヨリ [pvv]ヲ作り又(wK)ヲ作りテ次ノ檢定ヲナス.

$$[pvv] = -[wK]$$

	v	v ²	p	pv ²
(1)	+0.638	0.4070	70	28.49
(2)	-0.415	0.1722	7	1.21
(3)	+0.459	0.2107	101	21.28
(4)	-0.497	0.2470	47	11.61

(5)	+0.479	0.2294	85	19.50
(6)	-0.479	0.2294	57	13.08
(7)	-0.183	0.0335	10	0.34
(8)	-0.396	0.1563	28	4.39
(9)	-0.680	0.4624	30	13.87
			435	113.77

= [pvv]

	w	K	-wK
(1)	+4.715	- 0.3436	+ 1.62
(2)	+0.809	- 4.0814	+ 3.30
(3)	-1.578	+44.7898	+70.68
(4)	+1.655	-23.2072	+38.41
(5)	-0.100	- 1.8279	- 0.18

113.83

= -[wk]

故 = [pvv] = -[wk] = 113.8 之レニテ充分ナリ

單位重みノ中數誤差ハ、次ノ如シ

$$m = \sqrt{\frac{113.8}{5}} = \pm 4.77''$$

第七節 四角形邊式ノ撰定法

角ノ條件式ニ種々ノ形アル如ク邊式ニモ亦種々ノ形アリ而シテ此等ノ形ハ計算ノ精否上等シカラズ。

邊式ノ選定ニハ次ノコトヲ考フベシ。

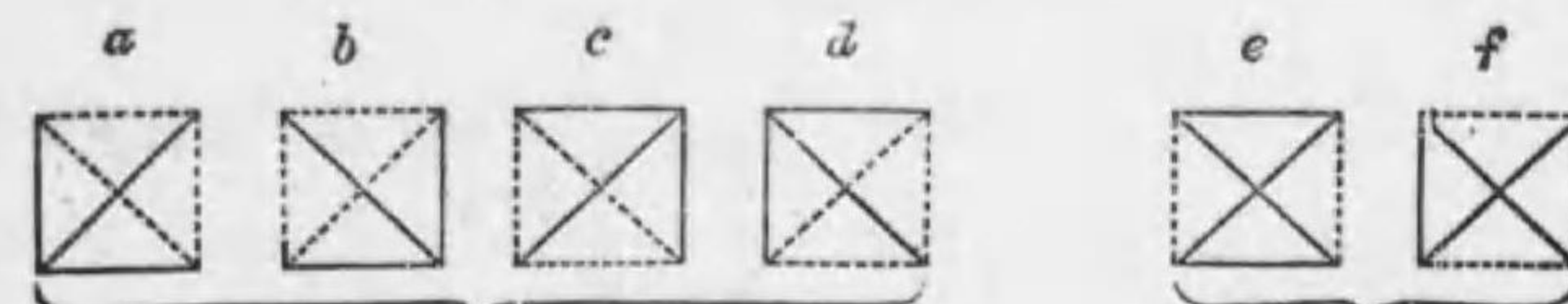
第一、交點ヲ定ムル場合ニハ銳角ヲ直接ニ邊式中ニ入ルベシ此ク

スルトキハ大ナル餘切ガ係數トナルヲ以テ宜シ。四角形ノ邊式ハ任意ノ邊ヲ基線トシテ他ノ邊ハ之レヨリ算出シ得ルモノナリ而シテ四角形ハ六邊アルヲ以テ此六邊ヲ二邊宛組合セタルモノ丈即チ 15ノ場合丈邊式ノ形アルベシ。

[參考]

$$\frac{6}{2 \cdot 6 - 2} = \frac{6.5}{1.2} = 15$$

第二十七圖



六項ノ邊式(十二)

八項ノ邊式(三)

$$\frac{3}{2 \cdot 3 - 2} = \frac{3 \times 2}{2} = 3$$

a乃至dハ各三個ノ結合アリ即チ角點ヲ共通スル二邊ノ結合ナリ e及fハ兩方ニテ三個ノ場合ナリ即チ各相對スル二邊ノ結合及對角線二本ノ結合ナリ。例ヘバ、第二十圖ニ於テ ADヲAB基線ヨリ導クトキハ

$$AD = \frac{AB \sin(3)}{\sin(8)} = \frac{AB \sin(3 + 4 \sin(6))}{\sin(5) \sin(7 + 8)} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{即チ } \frac{\sin(3) \sin(5) \sin(7 + 8)}{\sin(3 + 4) \sin(6) \sin(8)} = 1 \dots \dots \dots (2)$$

又 ABヨリ ACヲ求ムルモ同ジモノヲ得ベシ故ニ a, b, c, dハ各自ニ只一個ノ式ヲ生ズルノミ。

次ニ e及fノ邊式ヲ求メン。

今 AB基線ヨリ DCヲ導クトキハ

$$DC = \frac{AB \sin(1+2) \sin(4)}{\sin(8) \sin(5+6)} = \frac{AB \sin(3+4) \sin(1)}{\sin(5) \sin(7+8)}$$

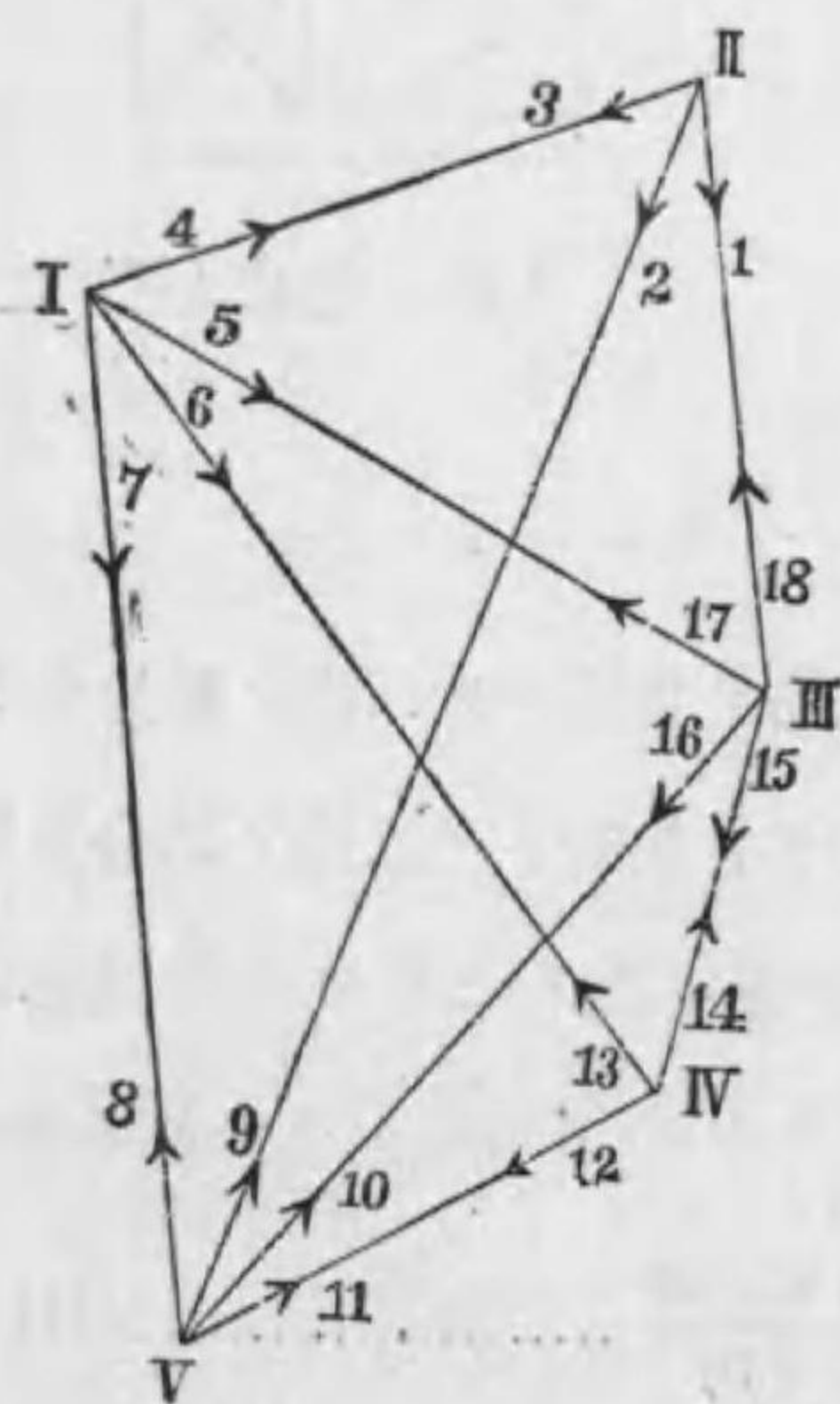
即チ $\frac{\sin(1+2) \sin(4) \sin(5) \sin(7+8)}{\sin(1) \sin(3+4) \sin(5+6) \sin(8)} = 1 \dots\dots\dots(3)$

a 乃至 d ノ場合ハ六項ノ邊式ナレドモ b 及 f ノ場合ハ八項ノ邊式ナリ。

第八節 五角形ノ三角網條件式

第二十八圖ノ如ク。

第二十八圖



$$\left. \begin{aligned} l &= 9 \\ p &= 5 \\ R &= 18 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{ナル場合ノ條件式ハ次ノ} \\ \text{如シ} \end{array}$$

角式 $l - p + 1 = 9 - 5 + 1 = 5$

邊式 $l - 2p + 3 = 9 - 10 + 3 = 2$

條件式 $R - 3p + 4 = 18 - 15 + 4 = 7$

角式ハ次ノ如シ。

$$(3-1) + (5-4) + (18-17) = 180$$

$$(6-5) + (14-13) + (17-15) = 180$$

$$(7-6) + (11-8) + (13-12) = 180$$

$$(2-1) + (10-9) + (18-16) = 180$$

$$(7-5) + (10-8) + (17-16) = 180$$

邊式ハ次ノ如シ。

$$\begin{aligned} & \log \sin(16-15) + \log \sin(2-1) + \log \sin(7-4) + \log \sin(1-8) \\ & + \log \sin(14-13) + \log \sin(18-17) \log \sin(7-6) - \log \sin(17-15) \\ & - \log \sin(3-1) - \log \sin(14-12) \log \sin(18-16) - \log \sin(9-8) = 0 \\ & \log \sin(11-8) + \log \sin(14-13) + \log \sin(5-4) + \log \sin(16-15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \log \sin(2-1) - \log \sin(7-6) - \log \sin(17-15) - \log \sin(3-1) \\ & - \log \sin(14-12) - \log \sin(10-9) = 0 \end{aligned}$$

第九節 簡單三角測量ノ平均法

簡單三角測量ノ整正ニ於ケル計算ノ順序ハ四角形ノ平均ト同シク先ヅ各角點ニ於ケル角ノ平均ヲナシ次ニ之レヲ幾何學上ノ條件ニ一致スル如ク邊式ニテ修正スル。

此方法ハ嚴格ニ言フトキハ最小二乘法ノ主義ト一致セズ何トナレバ各角點ニ於ケル平均ニ於テ各角ノ修正數 v_1 ヲ見出シ形状ノ整正ニ於テ他ノ修正數 v_2 ヲ見出ス故ニ合計 $v_1 + v_2$ ノ修正數アリ故ニ等シキ重みノ測量ノ場合ニ其最モ確カラシキ値ヲ得ルニハ $[(v_1 + v_2)^2]$ ヲ最小ニナスヲ要ス然ルニ此方法ハ第一ノ平均ニ依テ $[v_1^2]$ ヲ最小ニナシ第二ノ平均ニ依テ $[v_2^2]$ ヲ最小ニナスモノナレバナリ然レドモ此方法ハ勞力少クシテ角式邊式ヲ同時ニナス法ニ比シテ其結果ニ大差ナシ

次ニ實例ヲ以テ此兩方法ノ比較ヲ示サン

第二十九圖ニ於テ AB 基線ヲ用ヒテ互ニ見透シ得ザル C 及 D ニ點間ノ距離ヲ定ムル爲メニ次ノ觀測ヲナセリトス

BAC = 27° 09' 05."5

BAD = 51° 34' 35."5

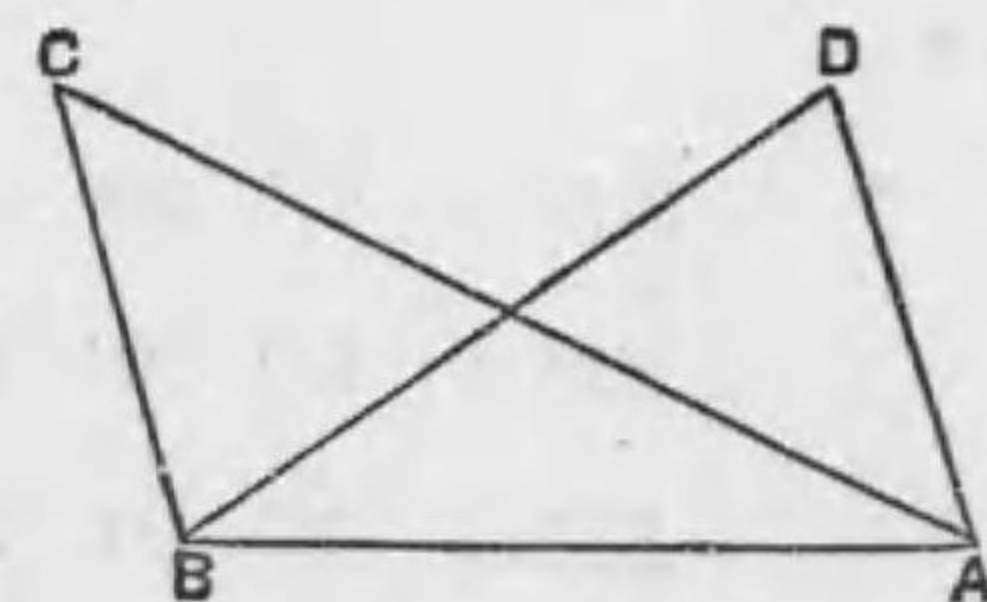
CAD = 24° 25' 27."8

ABD = 70° 08' 32."1

ABC = 128° 29' 07."5

DBC = 58° 20' 38."4

第二十九圖



ACB = 24° 21' 46."0

ADB = 58° 16' 50."8

第二節ノ方法ニ依リ四個ノ條件式ヲ書ク即チ

1. A 點ニ於ケル條件式
2. B 點ニ於ケル條件式
3. △ABC ニ於ケル條件式
4. △ABD ニ於ケル條件式

整正值ハ次表ノ如シ

觀 測 値	整 正 値	v	v ²
05.5"	06.2	+0.7	0.49
35.5	35.6	+0.1	0.01
27.8	29.4	+1.6	2.56
32.1	32.0	-0.1	0.01
07.5	08.6	+1.1	1.21
38.4	36.6	-1.8	3.24
46.0	45.2	-0.8	0.64
50.8	52.4	+1.6	2.56

[vv]=10.72

一觀測ノ現ハレ易キ誤差ハ

$$\gamma = 0.6745 \sqrt{\frac{0.72}{4}} = 1.1''$$

又簡單法ニ依レバ先ヅ A 及 B 點ニ於ケル整正ヲナシ次ノ結果ヲ得タリ

BAC = 27° 09' 06."2	重み	1.5
BAD = 51° 34' 34."8	"	1.5
ABD = 70 08 31.1	"	1.5
ABC = 128 29 08.5	"	1.5

次ニ此四角及 C 及 D 點ニ於ケル角ヲ用ヒテ △ABC 及 △BAD ヲ整正スルトキハ其結果ハ次表ノ如シ。

觀 測 値	整 正 値	v	v ²
05.5"	06.0	+0.5	0.25
35.5	35.7	+0.2	0.04
27.8	29.7	+1.9	3.61
32.1	32.0	-0.1	0.01
07.5	08.3	+0.8	0.64
38.4	36.3	-2.1	4.41
46.0	45.7	-0.3	0.09
50.8	52.3	+1.5	2.25

[vv]=11.30

[vv]ノ値ハ前法ト大差ナシ

[終 了]

東北大學工學部 工學士 鶴見 一之氏 東京帝國大學教授 工學士 草間 偉氏 共著

土木施工法

菊利洋裝 全一冊 紙數四百三十餘頁 定價金四百七十餘圓 郵稅金貳拾七圓

第一章 石積工：石材の施工の工程の二章 煉瓦工：煉瓦の施工の工程の三章 基礎工：基礎の施工の工程の四章 橋梁工：橋梁の施工の工程の五章 土留工：土留の施工の工程の六章 掘削工：掘削の施工の工程の七章 築堤工：築堤の施工の工程の八章 築港工：築港の施工の工程の九章 築路工：築路の施工の工程の十章 築橋工：築橋の施工の工程の十一章 築壩工：築壩の施工の工程の十二章

工學士 川口 虎雄氏 工學士 遠藤 金市氏
 工學士 三浦 鶴太郎氏 工學士 松本 岩太郎氏
 工學士 小溝 茂橋氏 工學士 得業 弘春美氏 共著

土木工學

菊利洋裝 紙千數八百四十頁 定價金參圓五拾錢 郵稅金貳拾七錢

上巻目次 總論第一章 解析幾何學大意：點・直線・座標軸の變換・圓錐曲線第二章 微積分學大意：微積分學積分學第一章 平面形質の中心第三章 平面形質の慣性能率第四章 外力の作用に於ける物體の平衡状態第五章 一點に會する力の合力第六章 力の流出第七章 水質の計算第八章 運動の器中の水に及ぼす影響第九章 定流第十章 射水及流水の作用第十一章 射水及流水の作用第十二章 射水及流水の作用第十三章 射水及流水の作用第十四章 射水及流水の作用第十五章 射水及流水の作用第十六章 射水及流水の作用第十七章 射水及流水の作用第十八章 射水及流水の作用第十九章 射水及流水の作用第二十章 射水及流水の作用第二十一章 射水及流水の作用第二十二章 射水及流水の作用第二十三章 射水及流水の作用第二十四章 射水及流水の作用第二十五章 射水及流水の作用第二十六章 射水及流水の作用第二十七章 射水及流水の作用第二十八章 射水及流水の作用第二十九章 射水及流水の作用第三十章 射水及流水の作用第三十一章 射水及流水の作用第三十二章 射水及流水の作用第三十三章 射水及流水の作用第三十四章 射水及流水の作用第三十五章 射水及流水の作用第三十六章 射水及流水の作用第三十七章 射水及流水の作用第三十八章 射水及流水の作用第三十九章 射水及流水の作用第四十章 射水及流水の作用第四十一章 射水及流水の作用第四十二章 射水及流水の作用第四十三章 射水及流水の作用第四十四章 射水及流水の作用第四十五章 射水及流水の作用第四十六章 射水及流水の作用第四十七章 射水及流水の作用第四十八章 射水及流水の作用第四十九章 射水及流水の作用第五十章 射水及流水の作用第五十一章 射水及流水の作用第五十二章 射水及流水の作用第五十三章 射水及流水の作用第五十四章 射水及流水の作用第五十五章 射水及流水の作用第五十六章 射水及流水の作用第五十七章 射水及流水の作用第五十八章 射水及流水の作用第五十九章 射水及流水の作用第六十章 射水及流水の作用第六十一章 射水及流水の作用第六十二章 射水及流水の作用第六十三章 射水及流水の作用第六十四章 射水及流水の作用第六十五章 射水及流水の作用第六十六章 射水及流水の作用第六十七章 射水及流水の作用第六十八章 射水及流水の作用第六十九章 射水及流水の作用第七十章 射水及流水の作用第七十一章 射水及流水の作用第七十二章 射水及流水の作用第七十三章 射水及流水の作用第七十四章 射水及流水の作用第七十五章 射水及流水の作用第七十六章 射水及流水の作用第七十七章 射水及流水の作用第七十八章 射水及流水の作用第七十九章 射水及流水の作用第八十章 射水及流水の作用第八十一章 射水及流水の作用第八十二章 射水及流水の作用第八十三章 射水及流水の作用第八十四章 射水及流水の作用第八十五章 射水及流水の作用第八十六章 射水及流水の作用第八十七章 射水及流水の作用第八十八章 射水及流水の作用第八十九章 射水及流水の作用第九十章 射水及流水の作用第九十一章 射水及流水の作用第九十二章 射水及流水の作用第九十三章 射水及流水の作用第九十四章 射水及流水の作用第九十五章 射水及流水の作用第九十六章 射水及流水の作用第九十七章 射水及流水の作用第九十八章 射水及流水の作用第九十九章 射水及流水の作用第一百章 射水及流水の作用

九州帝國大學教授 工學士 君島 八郎氏 著

河海工學

菊利洋裝 紙數千二百餘頁 定價金參圓五拾錢 郵稅金貳拾七錢

目次概要 第一編 氣象 一、總論 二、溫度 三、氣壓 四、風 五、湿度 六、雨 七、蒸發 八、特殊の氣流 九、天氣豫報 十、氣候の附録和英對譯術語 第二編 地下水及地表水 一、地下水 二、地表水 三、流水溪谷 四、海洋の附録水力學才式、和英對譯術語 第三編 河工 一、緒論 二、河川の方向 三、河川の正斷面 四、河川改修 五、高水工 六、低水工 七、特殊河川工事 八、我國の治水工事一般 九、流末工事 十、河航河川の改修 十一、溪流の改修 附録 第四編 第四編渠工 一、運河 二、水閘 三、開門 四、運河昇降槽及針路 五、堰堤 六、貯水堤 七、魚道 八、魚梯 九、筏路及流材路 十、河渠化法

增補君島測量學

菊利洋裝 全一冊 紙數三百七十餘頁 定價金參圓八拾錢 郵稅金貳拾七錢

君島大測量學

菊利洋裝 全二冊 紙數三百四十餘頁 定價金參圓五拾錢 郵稅金貳拾七錢

目次概要 一、領測量法 二、測量器械附屬裝置 三、磁盤測量 四、測量用望遠鏡 五、轉鏡儀測量 六、水準測量 七、平板測量 八、六分儀 九、面積 十、體積 十一、計算製圖用諸機械 附録度量衡比較表

上巻目次 第一章 簡易なる測量：計算に用ふる諸表 基本數學 圓周率 微分及積分 解析幾何 第二章 極めて普通なる測量器械：距離を測る機械 方向を測る器械 高低を測る機械 平板測量 地形測量 地形測量の諸法 迅速法の原理 野築及内築の迅速法 地形描寫法 地形測定の精度 第四章 路線測量：路線測量の性質 踏査 踏査の曲線 踏査の内築 第五章 氣壓測量：氣壓測量の大意 氣温及氣濕 氣壓計の構造 氣壓計の觀測 觀測氣壓の更正 氣壓測量の原理 氣壓測量に於ける誤差の起源及精度

下巻目次 第六章 三角測量：三角測量の大意 測點の選定 基線の測定 地平角の測定 實測角の測定 三角網の邊長 第七章 隧道測量：隧道の大意 中心線の地上設置 中心線の地下設置 隧道の水準測量 隧道測量の精度 第八章 河川測量：河川測量の概説 細部測量 縱斷測量 橫斷測量 流速測量 流量測定 浮遊沈澱物の測定 第九章 海洋測量：海洋測量の大意 三角測量 深淺測量 潮汐測量 潮汐及洋流の測定 第十章 寫真測量：寫真測量儀 寫真測量の原理 野築及内築

九州帝國 工學博士 吉田 徳次郎氏著

土壓及擁壁設計法

目次第一編地表勾配の定 第一章總説○第二章土の凝聚力及摩擦角○第三章土の凝集力と地表勾配との關係○第四章土の壓力及抵抗力
第一章總説○第二章土の表面 概説、崩壊面又は滑動面、他六節○第三章 Rankine 氏の土壓論：概説、豫備理論、Rankine 氏の土壓の基礎を假定、他二節○第四章 Boussinesq 氏の理論○第五章 Weyrauch 氏の理論○第六章土壓公式の價值○第三編擁壁○第一章總説○第二章重り擁壁○第三章鐵筋混凝土擁壁：總説、楔形鐵筋混凝土に於ける應力の計算、半重り式鐵筋混凝土擁壁、他二節○第四章周知石垣
工學博士 廣井 勇氏著

菊判洋裝 全一冊 紙版數三百五十餘頁 郵定價金拾參圓

築港

目次摘要 前編：一、概説○二、港灣の調査○三、海理○四、工事用材○五、工事用器械及工場○六、防波塙工事○七、護岸及防砂工事
○八、波濤工事
後編：一、泊船渠○二、繫船岸○三、陸上設備○四、修船渠○五、河口改良工事○六、大船運河○七、航路標識○八、港政○附錄
工學博士 岡崎 文吉氏著

菊判洋裝 紙版數八百五十頁 前編 定價金參圓八拾錢 全一冊 同版二百三十種 後編 定價金六圓 郵稅各金貳拾七錢

治水

目次摘要：第一編 總論：第一章 河川の成因 流量○河水と森林との關係○河川の荒廢保護治水の目的○第二章 河川の管理○第三章 治水工事の實例○根本義治草及び最近の理想○第二編 一般の河工：第一章 河工の定義○分類及び理想○第二章 原始的河川○第三章 原始的河川に於ける天然狀態の保存○第四章 河川の平衡狀態○第五章 河川氾濫に關する理論及其應用○第六章 治水工事

菊判洋裝 全一冊 紙版數六百五十餘頁 郵定價金拾參圓

工學博士 日比 忠彦氏著

鐵筋混凝土其理論及應用

上巻目次 第一編 緒論：發達の歴史○鐵筋混凝土構造の利害○第二編 材料論：膠着材料○混凝土原料の配合及其產額○他九項○第三編 構造論：床版若しくは矩形桁の構造○丁形桁の構造○柱の構造○壁の構造○第四編 桁架論：普通桁架及床版○連續桁○第五編 計算論：彎曲を受ける桁の一般假想定理○其他十一項
中巻目次 第六編 實験論：桁架に關する實験○柱に關する實験○第七編 基礎論：一般基礎○基礎杭○特殊基礎○第八編 附屬論外二項○第九編 拱及桁架外二項○第十編 建築論○床○柱○他一項
下巻目次 第十一編 桁架論：總論○床版桁○單桁桁○放桁桁○他四項○第十二編 桁架論：總論○床版桁單桁桁○桁桁○連續桁○他三項○第十三編 拱橋論：總論 他六項○第十四編 河海及衛生工論：貯槽及溜池他四項
原田 碧氏編纂

四六判洋裝 全三冊 郵下中上 卷卷定定價金拾拾圓 稅各金參拾八錢

實鐵筋コンクリート構法

本書は著者の久しき經驗に依り平易に鐵筋コンクリートの設計公式を説明し、併せて計算上必要な諸表を蒐集し、施工の梗概を述べて、家屋橋梁擁壁等の建築に就て、勉めて實地應用の實を擧げしめんことを務めたり。

工學士 鶴見 一之氏著

下水道

目次 第一章 完全下水道築設の必要○第二章 下水道方式○第三章 設計○第四章 下水渠施工及び各部構造○第五章 下水渠の清掃
○第六章 邸宅地の排水○第七章 下水の處分○第八章 保留法及び小規模下水道○第九章 塵埃の處分○第十章 工費○附錄

菊判洋裝 全一冊 紙版數三百六十餘頁 郵定價金拾四圓 稅價金拾八錢

丸善株式會社發行工業要書

<p>工學博士 栗原忠三氏著</p> <p>發電水力</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金貳圓參拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學士 伊藤風太郎氏著</p> <p>水力事業論</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金參圓七拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學博士 田中不二氏著</p> <p>水力機械學</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金參圓五拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學士 平野正雄氏著</p> <p>應用力學</p> <p>四六倍洋裝全一册 定價金參圓四拾錢 郵稅金拾七錢</p>	<p>工學博士 柴田睦作氏著</p> <p>圖式力學</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金參圓五拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學士 久保田圭右氏著</p> <p>工業力學</p> <p>四六二倍洋裝全一册 定價金五圓 郵稅金拾七錢</p>	<p>工學士 久保田圭右氏著</p> <p>製圖者必携</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金貳圓貳拾錢 郵稅金八錢</p>	<p>工學士 久保田圭右氏著</p> <p>高等平面圖學</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金貳圓七拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學士 久保田圭右氏著</p> <p>高等立體圖學</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金貳圓貳拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>今木七十郎氏編纂</p> <p>增補木工手便覽</p> <p>袖珍洋裝全一册 定價金貳圓貳拾錢 郵稅金拾八錢</p>
<p>工學博士 岡崎文吉氏著</p> <p>輓近ノ水力電氣</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金四圓參拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>工學博士 太刀川平治氏著</p> <p>特高壓送電線路ノ研究</p> <p>四六倍洋裝全一册 定價金八圓五拾錢 郵稅金拾七錢</p>	<p>中條清三郎氏著</p> <p>電機設計法</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金參圓八拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>理學博士 水野敏之丞氏著</p> <p>電子ノ活動</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金參圓八拾錢 郵稅金拾八錢</p>	<p>理學博士 水野敏之丞氏著</p> <p>電子論</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金六圓 郵稅金拾七錢</p>	<p>理學博士 水野敏之丞氏著</p> <p>原電子論</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金五圓五拾錢 郵稅金拾七錢</p>	<p>理學博士 水野敏之丞氏著</p> <p>續原電子論</p> <p>菊判洋裝全一册 定價金五圓 郵稅金拾七錢</p>	<p>理學博士 水野敏之丞氏著</p> <p>理論電氣學</p> <p>四六倍洋裝全一册 定價金參圓六圓 郵稅金拾七錢</p>	<p>工學士 瀧口三雄氏著</p> <p>英和電氣工學辭典</p> <p>二五判洋裝全一册 定價金貳圓七拾錢 郵稅金拾七錢</p>	<p>中島、廣井、中山、服部、柴田、若島、六工學博士、草間、永山、二工學士共著</p> <p>英和工學辭典</p> <p>三五判洋裝全一册 定價金貳圓 郵稅金拾八錢</p>

521

2

終