

IV-1 座標値の精度予測による 観測トラバース網の計画法

○新潟大学大学院 学生会員 笠井 秀敏
新潟大学工学部 正会員 丹 泰美

(概要)

角および距離の測定値の精度が予測できれば、シュミレーションなどの方法⁽¹⁾によって測点座標の精度を予測することができる。観測すべきトラバース網の選定にあたって、測点座標値の精度の定量的予測によって検討する方が従来の経験的な検討方法より合理的である。ここではこの方法について述べ、次に、開放トラバースの精度改善の検討方法への利用例を説明する。その際、従来使用されていないが、『補助的測距を加えた閉合トラバース網』が不等辺長の閉合トラバースの精度改善に有効であることを示す。

1. 測点の調整後座標値の精度(分散)の予測方法

1-1. 簡便法

図-1のような開放トラバースでのm点の座標値 x_m , y_m に対応する分散 $\sigma^2_{x_m}$, $\sigma^2_{y_m}$ は次式から求まる。

$$\sigma^2_{x_m} = (y_m - y_0)^2 \sigma^2_{\theta_0} + (y_m - y_1)^2 \sigma^2_{t_1} + \dots + (y_m - y_{m-1})^2 \sigma^2_{t_{m-1}} \\ + \cos^2 \theta_0 \cdot \sigma^2_{l_1} + \dots + \cos^2 \theta_{m-1} \cdot \sigma^2_{l_m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma^2_{y_m} = (x_m - x_0)^2 \sigma^2_{\theta_0} + (x_m - x_1)^2 \sigma^2_{t_1} + \dots + (x_m - x_{m-1})^2 \sigma^2_{t_{m-1}} \\ + \sin^2 \theta_0 \cdot \sigma^2_{l_1} + \dots + \sin^2 \theta_{m-1} \cdot \sigma^2_{l_m} \quad \dots\dots\dots (2)$$

図-2のような1つの閉合トラバースのi点の座標値 x_i , y_i は同時調整法で求め、その分散は次式から求まる。

$$\sigma^2 = \sigma^2_a \sigma^2_b / (\sigma^2_a + \sigma^2_b) \quad \dots\dots (3)$$

ただし、 σ^2_a , σ^2_b はa及びbルートで求めたi点の(1)、(2)式による分散である。

1-2. シュミレーションによる方法

- ①同時調整法⁽²⁾により角および距離の測定値から閉合差が0の閉合トラバース(角と距離のデーター)を作る。
- ②測定値 $\theta_0, t_1 \dots, l_1 \dots$ に対応する測定値の標準偏差が $\sigma_{\theta_0}, \sigma_{t_1} \dots, \sigma_{l_1} \dots$ となるように、正規乱数から作った仮想的な誤差を①のデーターに加え、これを測定値とする一組の疑似測定値データーを作る。
- ③②の疑似測定値データーをN組作り、各組ごとに同時調整法による調整計算を行う。
- ④③で計算したN組の座標値の平均値および分散を求める。

2. 開放トラバース改善のための閉合トラバースの諸形式

今、図-1に示すような①から⑥までの路線において①点を既知点とした閉合トラバースによって測量することを考える。開放トラバースを改善する閉合トラバースとしては、図-2、3、4に示すA、B、Cタイプが考えられる。

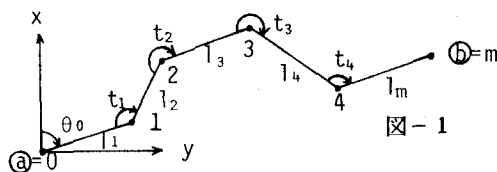


図-1

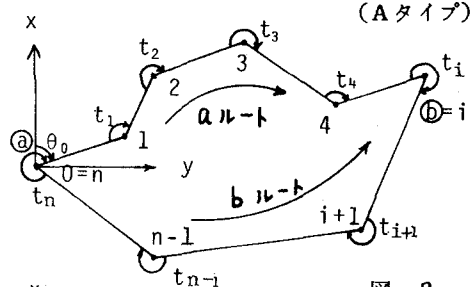


図-2

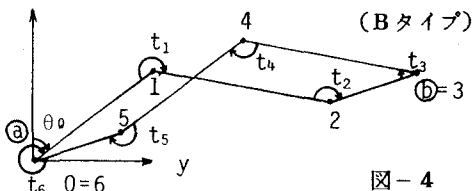


図-3

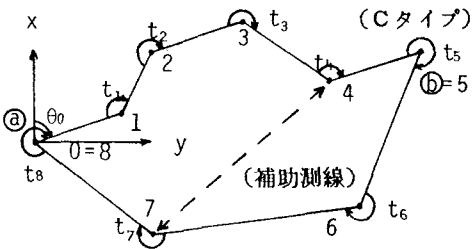


図-4

3. 精度改善のための各トラバースの比較

(表-1 ⑤点の座標値の標準偏差cm)

3-1. AタイプとBタイプとの比較

まず、AタイプをA1タイプに、BタイプをB1タイプにそれぞれ簡略化したものを使って、比較してみる(図-5)。A1、B1タイプ共に、測角の分散 σ^2_a 、測距の分散 σ^2_l は次のようにとる。

$$\sigma^2_{t1} = \sigma^2_{t2} = \dots = \sigma^2_a = (4 \text{ 秒})^2 \quad \sigma^2_{t0} = 0$$

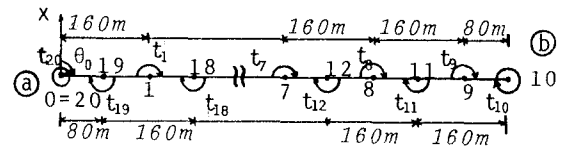
$$\sigma^2_{l1} = \sigma^2_{l2} = \dots = \sigma^2_l = (3 \text{ mm})^2$$

各タイプについて簡便法によって求めた⑤点の座標値の標準偏差 σ を表-1に示す。これを見ると、y方向の σ はA1、B1共に同程度の精度といえるが、x方向の σ は両者共に著しく悪い。B1ではx方向の σ の改善は望めないが、A1では改善の余地がある。つまりbルートの σ^2_{x19} のうち

(1)式の $(y_{19} - y_{22})^2$ σ^2_{t22} の値が大で精度を落としている。そこで $\sigma^2_{t22} = 0$ 、 $\sigma^2_{t0} = \sigma^2_a$ となる様に観測したものとし(A2タイプ)、それを簡便法によって求めた結果、A2タイプではA1タイプより⑤点の精度が高くなった事がわかる。これはbルートの精度が相対的に高くなったためである。

形状	方向	ルート		(3)による
		a	b	
B	σ_x	4.83	6.01	3.76
	σ_y	0.95	0.95	0.67
A	σ_x	7.12	4.19	3.61
	σ_y	1.31	0.53	0.49
A	σ_x	7.71	2.98	2.78
	σ_y	1.31	0.53	0.49
A	σ_x	7.71	0.83	0.83
	σ_y	1.31	0.61	0.55

(B1タイプ)

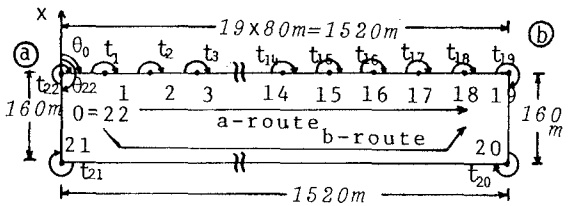


(A1, 2タイプ)

図-5

3-2. A2タイプの改善(A3タイプ)

A2タイプにおいて σ_x をさらに改善するために、(1)式の $(y_{19} - y_{21})^2$ σ^2_{t21} の値を小さくするを試みる。つまり y_{21} を y_{19} に近づけてみる。このA3タイプ(図-6)を簡便法によって求めた結果、開放端⑤点の精度が高められた事がわかる。



(C1タイプ)

3-3. 補助測線を加えたC1タイプ

次にaルート上の各測点の精度について調べてみる。A3タイプについて簡便法によって求めた結果(表-2)、aルート上の各測点における σ は⑤点のそれよりも大きい事がわかった。この各測点の精度を上げるために、中間測点間の距離のみを測り(これを補助測線と呼ぶ)、条件数を増したものをC1タイプとする(図-6)。このタイプは、簡便法では推算できないため、シュミレーションによる方法によって推算した(表-2)。その結果 σ_x は半程度に減少し、補助測線を入れた効果は著しいものがある事がわかる。

図-6

(A3タイプ)

(表-2 主要点の座標値の標準偏差cm)

形	測点	6	10	15	19
A	σ_x	1.42	2.15	1.08	0.83
	σ_y	0.63	0.71	0.69	0.55
C	σ_x	0.77	0.92	0.76	0.79
	σ_y	0.59	0.62	0.70	0.53

(注)

- (1) シュミレーションによるトラバース測量の調整ずみ座標の誤差計算; 笠井秀敏、丹泰美、神立秀明 第1回土木学会新潟会研究調査発表会論文集 1983年11月26日
- (2) 条件付観測として誘導し、角と距離を同時に調整する方法