

多角測量の点検計算等の許容範囲 その2

測量近代化研究会基準点WG

多角測量の点検計算の許容範囲

許容範囲の設定

$$\text{多角路線の端末点の位置の誤差} = \sqrt{M_0^2 + (nS)^2\bar{m}_0^2 + nm_s^2 + \frac{1}{3}n(n+1)(2n+1)S^2\bar{m}^2}$$

M_0 : 既知点の水平位置の誤差、 \bar{m}_0 : 既知点の平均方向角の誤差、 n : 狭角数、 S : 路線長
 m_s : 距離の誤差、 \bar{m} : 一方向の測角の誤差

▶ 既知点誤差と測定誤差に分けて閉合差の許容範囲を設定

1. 既知点誤差

$$\text{既知点誤差} = \sqrt{2M_0^2 + (\Sigma S)^2\bar{m}_0^2}$$

$\sqrt{2}M_0$: 出発点と結合点の2点分の誤差、 $\Sigma S\bar{m}_0$: 出発点の方向角取付方向の誤差

▶ 作業規程の準則の既知点誤差: 水平10cm

▶ 電子基準点を使用した基準点測量の基準点の誤差を検討

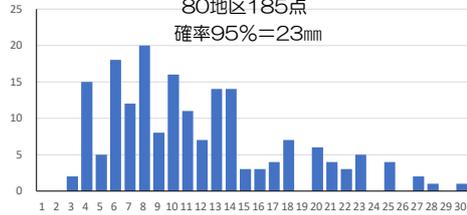
- 電子基準点による2級及び3級基準点測量の標準偏差
- 方向角取付けは省略するため誤差は考慮しない

電子基準点を既知点とした基準点の位置誤差の検討

公共測量における電子基準点を既知点とする基準点の標準偏差の分布

2級基準点

標準偏差（水平MS）の分布
80地区185点
確率95%=23mm



3級基準点

標準偏差（水平MS）の分布
90地区185点
確率95%=20mm



標準偏差（高さ）の分布

確率95%=28mm



標準偏差（高さ）の分布

確率95%=24mm



水平： $\sqrt{2} \times 20\text{mm} \doteq 28\text{mm}$ 高さ： $\sqrt{2} \times 25\text{mm} \doteq 35\text{mm}$

多角測量の許容範囲の検討

水平の許容範囲

結合及び単路線

$$\text{測定誤差} = \sqrt{nm_s^2 + 1/3 n(n+1)(2n+1)s^2m^2} \doteq 14\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$$

$$14\text{mm} \times 2.4 \doteq 35\text{mm}$$

▶ 許容範囲：既知点誤差 $25\text{mm} + 35\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$

単位多角形

$$\text{測定誤差} = s \sqrt{nm_s^2/s + n/10(1+4/n)m^2} \doteq 5.8\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$$

計算式要検討

$$5.8\text{mm} \times 2.4 \doteq 15\text{mm}$$

▶ 許容範囲： $15\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$

【計算の要素】測角精度 $m=3.5''$ 、路線長 $s=700\text{m}$ 、測距精度 $m_s=1.5\text{mm}$

多角測量の許容範囲の検討

標高の許容範囲

高度角観測と器械高・目標高の不確かさ → $m_\alpha : 4.3''$
 ΣS : 路線長

観測比高の誤差 = $m_\alpha \cdot \Sigma S / \sqrt{n} \doteq 21\text{mm}\Sigma S / \sqrt{n}$

$21\text{mm} \times 3 \doteq 60\text{mm}$

結合及び単路線 ▶ 許容範囲 : $35\text{mm} + 60\text{mm}\Sigma S / \sqrt{n}$

単位多角形 ▶ 許容範囲 : $60\text{mm}\Sigma S / \sqrt{n}$

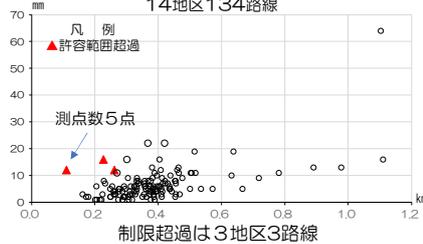
参考

四等三角点 : $m_\alpha = 4''$ → 許容範囲 : $50\text{mm}\Sigma S / \sqrt{n}$

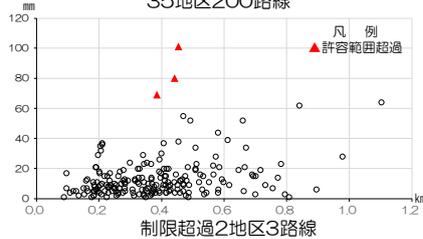
4級基準点測量（2級TS）における検証結果

【水平】

単位多角路線閉合差
14地区134路線

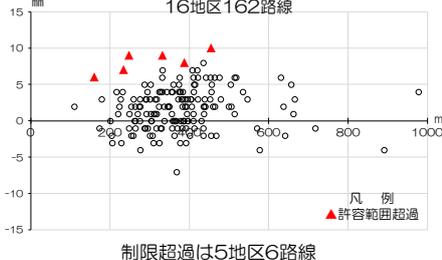


結合多角路線閉合差
35地区200路線

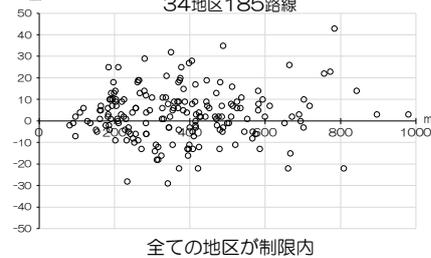


【標高】

単位多角路線閉合差
16地区162路線



結合多角路線閉合差
34地区185路線



点検計算の許容範囲のまとめ

1. 作業規程の準則に定める許容範囲では精度管理としては適さない。
2. 2級トータルステーションの測角及び距離測定精度を基に許容範囲を設定。

1) 水平位置の閉合差

①結合多角・単路線 $25\text{mm}+35\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$ ($150\text{mm}+100\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$)

②単位多角 $15\text{mm}\sqrt{n}\Sigma S$ ($50\text{mm}\Sigma S\sqrt{n}$)

計算式要検討

2) 標高の閉合差

①結合多角・単路線 $35\text{mm}+60\text{mm}\Sigma S/\sqrt{n}$ ($200\text{mm}+300\text{mm}\Sigma S/\sqrt{n}$)

②単位多角 $60\text{mm}\Sigma S/\sqrt{n}$ ($300\text{mm}\Sigma S/\sqrt{n}$)

()は作業規程準則の許容範囲

多角測量の厳密網平均計算の許容範囲

「作業規程の準則」に定める平均計算の許容範囲の項目

1. 一方向及び高低角の残差
2. 距離の残差
3. 水平角及び高低角の単位重量あたりの標準偏差
4. 新点の標準偏差



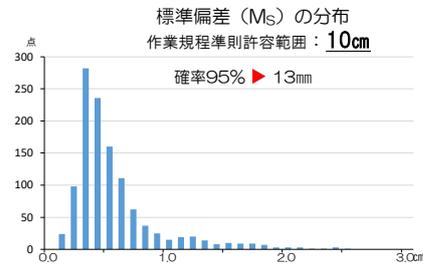
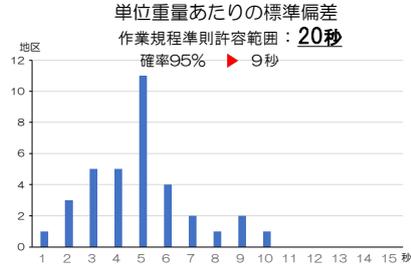
- ▶ 2級トータルステーションの観測精度
 - ▶ 電子基準点を既知点とする測量成果の位置精度
- これらに応じた各項目の許容範囲を設定

厳密水平網平均計算の許容範囲の検討

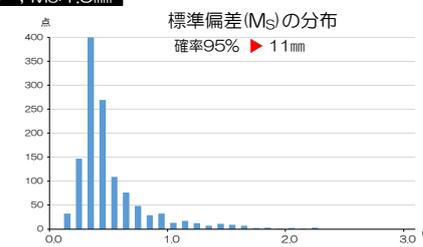
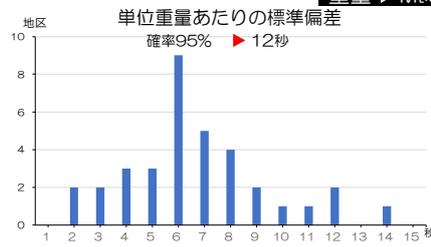
作業規程の準則に規定する4級基準点測量の重量と2級トータルステーションの測角・測距性能を重量とする平均計算との比較

4級基準点測量（35地区）XY厳密網平均計算結果

重量 ▶ Mt:13.5", Ms:10mm

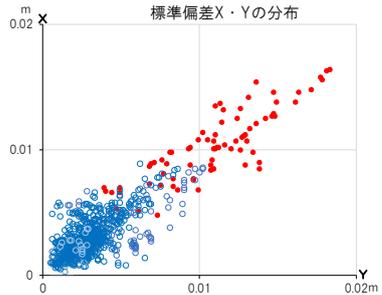
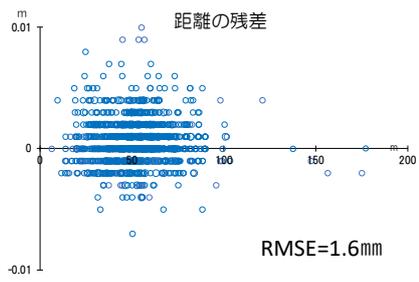


重量 ▶ Mt:3.5", Ms:1.5mm

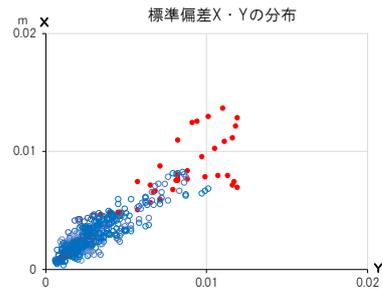
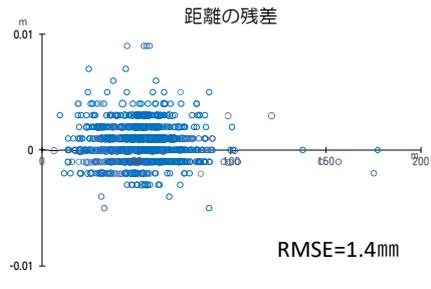


4級基準点測量XY厳密網平均計算結果

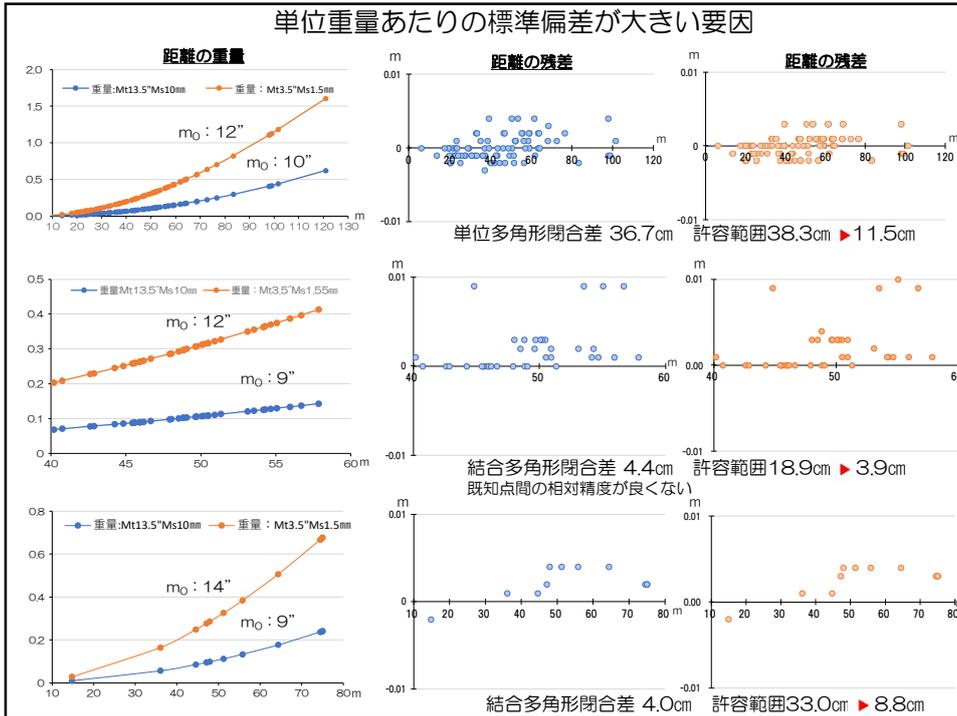
重量 ▶ Mt 13.5", Ms 10mm



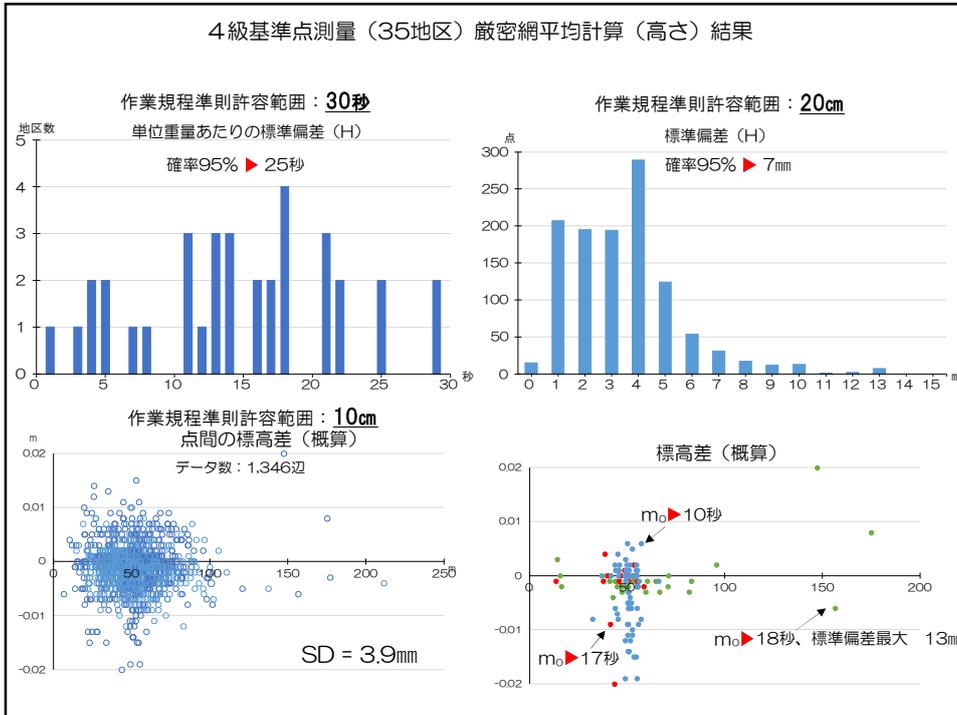
重量 ▶ Mt 3.5", Ms 1.5mm



単位重量あたりの標準偏差が大きい要因



4級基準点測量（35地区） 厳密網平均計算（高さ）結果



厳密水平網平均計算の許容範囲の検討 まとめ

1. 作業規程の準則に定める許容範囲では精度管理基準としては適さない項目がある。
2. 許容範囲の設定項目は作業規程の準則を踏襲する。
3. 平均計算結果を基に許容範囲を以下のとおり設定
 - ①水平角の単位重量当たりの標準偏差 ▶ 15秒 (20秒)
 - ②新点位置の標準偏差 ▶ 2cm (10cm)
 - ③高低角の単位重量当たりの標準偏差 ▶ 30秒 (30秒)
 - ④新点標高の標準偏差 ▶ 2cm (20cm)

()は作業規程準則の許容範囲