

応用測量において発揮される 測量機器の性能

路線測量及び用地測量
(河川測量を除く)

1

観測に使用を想定する主要機器

- 全測連のアンケート調査を参考にする
- 2級トータルステーション
 - 準則においては3級TSまたは3級セオドライト及び測距儀
- 1級GNSS測量機
 - 準則においては2級GNSS測量機
- 3級レベル及び2級標尺
 - 現時点では準則の規定通りとする。(水準測量の規程見直し後に再検討)
 - 仮BM設置測量では3級(平地)または4級(山地)水準測量
 - 縦断測量では4級(平地)または簡易(山地)水準測量
 - 横断測量では指定なし

2

2級TSの性能

- 第2回研究会資料6、第3回研究会資料5より
 - 1夾角1対回の測角の不確かさ：2.5”（1対回）、3.5”（0.5対回）
 - TSおよび反射鏡の致心の不確かさ：4.3”（50m）
 - 点間距離100mの場合に換算⇒2.15”（100m）
- 上記の測角の不確かさを点間100mの数値に換算
 - 3.3”（1対回） ⇒長さに換算すると1.6mm
 - 4.1”（0.5対回） ⇒長さに換算すると2.0mm
- 測距の不確かさ：1.5mm
 - 1辺の測距の不確かさ（測距の器械定数含む）：1.3mm
 - 反射鏡の器械定数の不確かさ：0.3mm
 - TSおよび反射鏡の致心の不確かさ：0.3mmおよび0.6mm

3

TS観測における精度管理（1）

- 準則第550条（設計条件となる点（「条件点」））の観測

区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法	1対回	0.5対回	2回測定
較差の許容範囲	40”	—	5mm

- 1対回観測では水平角観測の良否の判定はできない（第5回研究会資料5-2）ため、許容範囲の記載を削除
 - ⇒条件点間距離の点検測量により不良観測の判定可能
- 距離測定は2回測定の較差が2mm以内とする（第5回研究会資料5-3：同一機器、同一環境における繰り返し測距）

4

2級TSによる位置の不確かさ (1)

- 基準点から条件点までの距離 < 100m を想定し、不確かさを見積もり (第2回研究会資料6、第3回研究会資料5に基づく)
 - 測角方向 (1対回) < 1.6mm
 - 測距方向 (異なる機器) < 1.5mm } ⇒ 1σ ≒ 1.6mm の誤差円
 - 95% の確率円半径 = 2.4477σ ≒ 3.9mm ≒ 4mm
- 推定される条件点間距離の不確かさ
 - $\sqrt{2}\sigma \doteq 2.3\text{mm}$
 - 95% の確率円半径 ≒ 5.6mm < 6mm
- 課題：上記の値は反射鏡の定数誤差(0.3mm)、致心誤差(0.6mm)を前提としているが、路線測量、用地測量に適用できるのか？ (もう少し大きい可能性)

5

条件点間距離に対する要求精度

- 準則第550条 (条件点間の点検測量：座標計算と実測の比較)

距離 \ 区分	平地	山地	備考
30m 未満	10 mm	15 mm	S は点間距離の計算値
30m 以上	S/3,000	S/2,000	

- 距離 < 100m で95% の確率円半径 ≒ 6mm の推定からは十分達成可能
 - 水平角観測を0.5対回に変更しても達成可能かもしれない (後述)

6

TS観測における精度管理 (2)

- 準則第551条 (IP、その他の主要点、中心点、用地幅杭設置 (以上、路線測量))
- 準則第604条 (境界測量、用地境界仮杭測量 (以上、用地測量)) の観測

区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法	0.5対回	0.5対回	2回測定
較差の許容範囲	—	—	5mm

- 水平角観測は0.5対回であり、観測の良否の判定はできない
⇒それぞれの工程で、隣接点間距離の測量により確認 (点検)
- 距離測定は2回測定の較差が2mm以内とする (第5回研究会資料5-3)

7

2級TSによる位置の不確かさ (2)

- 基準点からIP、その他の主要点、中心点、用地境界杭等までの距離 < 100mを想定し、不確かさを見積もり
 - 測角方向 (0.5対回) < 2.0mm
 - 測距方向 (異なる機器) < 1.5mm } ⇒ $1\sigma \doteq 1.8\text{mm}$ の誤差円
 - 95%の確率円半径 = $2.4477\sigma \doteq 4.4\text{mm} < 5\text{mm}$
- 推定されるそれぞれの点間距離の不確かさ
 - $\sqrt{2}\sigma \doteq 2.5\text{mm}$
 - 95%の確率円半径 $\doteq 6.1\text{mm} < 7\text{mm}$
- 課題：上記の値は反射鏡の定数誤差(0.3mm)、致心誤差(0.6mm)を前提としているが、路線測量、用地測量に適用できるのか？
 - 反射鏡の誤差が上記の範囲内なら、条件点の測量も水平角観測0.5対回でよい可能性

8

路線測量、用地測量における要求精度

- 準則第553条、第566条（路線測量：中心点、用地幅杭等の点間距離の点検測量）
- 準則第609条（用地測量：境界点間距離の点検測量）

距離 \ 区分	平地	山地	備考
20m 未満	10 mm	20 mm	S は点間距離の計算値
20m 以上	S/2,000	S/1,000	

- 距離 < 100m で95%の確率円半径 \approx 7mmの推定からは十分達成可能

9

用地測量における補助基準点設置の精度管理

- 準則における補助基準点の規定

区分	水平角観測	鉛直角観測	距離測定
方法	2 対回(0° , 90°)	1 対回	2 回測定
較差の許容範囲	倍角差	60 "	5 mm
	観測差		

- 角観測の許容範囲は準則の4級基準点と同じ \Rightarrow 基準点測量の見直しの結果と整合させる（倍角差、観測差、高度定数のいずれも15" \leftarrow 第5回研究会資料2）
- 距離測定についても同様、5mmを2mmに
- これにより、区域基準点（仮称）とほぼ同等の精度管理

10

Network型RTK-GNSSの性能

- 第1回研究会資料6より
- 180m基線における基線ベクトルの不確かさ
← 間接観測法に適用可能
 - 水平方向： $\sigma(dN), \sigma(dE) \doteq 5\text{mm}$
 - 鉛直方向： $\sigma(dU) \doteq 11\text{mm}$
- 第4回研究会参考資料1より
- 単点観測法における位置の不確かさ
 - 水平方向：RMSE $\approx 4\text{mm} \sim 50\text{mm}$ (場所による差が大きい)
 - 鉛直方向：RMSE $\approx 8\text{mm} \sim 73\text{mm}$ (場所による差が大きい)
 - 整合性確保の手間が大きく、応用測量では実用性に乏しい
 - 間接観測法を採用すれば系統誤差が大幅に消去されると見込まれる

11

Network型RTK-GNSS（間接観測法）による位置の不確かさ

- 高低差が小さく、鉛直方向の不確かさが基線長の不確かさに効かないと仮定
- 点間距離 $< 100\text{m}$ (TSと同じ条件)
 - 水平位置の不確かさは、 $\sigma(dN), \sigma(dE) \doteq 5\text{mm} \Rightarrow 1\sigma \doteq 5\text{mm}$ の誤差円
 - 95%の確率円半径：12mm
 - 基線長の再現性も同じ
 - 2級TSの場合の95%の確率円半径 (4mm~4.4mm) の約2.7~3倍の大きさとなる
 - ⇒ 路線測量への適性はどうか
 - ⇒ 用地測量で境界測量や境界仮杭設置への適性はどうか
- 高さの不確かさは、 $\sigma(dU) \doteq 11\text{mm} \Rightarrow 2\sigma(95\%) \doteq 22\text{mm}$
 - ⇒ 横断測量への適性はどうか

12

GNSS観測における精度管理

- 準則第550条の間接観測法を例とする
 - 10エポック観測2セット間の較差の許容範囲： $\Delta N, \Delta E \leq 20\text{mm}$
- 2回測定の較差による上方管理限界
 - シューハートの管理係数の適用で、 $\sigma(dN), \sigma(dE) \doteq 5\text{mm}$ のとき、 $k=2$ (2 σ レベル) で14mm、 $k=3$ (3 σ レベル) で18mm
 - 準則の許容範囲はやや大きい
 - ただし、 $\Delta N, \Delta E \leq 14\text{mm}$ (または18mm) で精度管理を行ったとしても、点間距離における不確かさは95%の確率円半径で17mmとなり、TSと同等の扱いはできない
 - 許容範囲 $\Delta S < S/2000$ において $\Delta S = 17$ とすると $S > 34\text{m}$ であれば許容範囲内
- シューハートの管理係数の適用で、 $\sigma(dU) \doteq 11\text{mm}$ のとき、 $k=2$ (2 σ レベル) で31mm、 $k=3$ (3 σ レベル) で41mm
 - 横断測量での較差の許容範囲： $\Delta U \leq 30\text{mm}$ ← $k=2$ (2 σ レベル) 相当