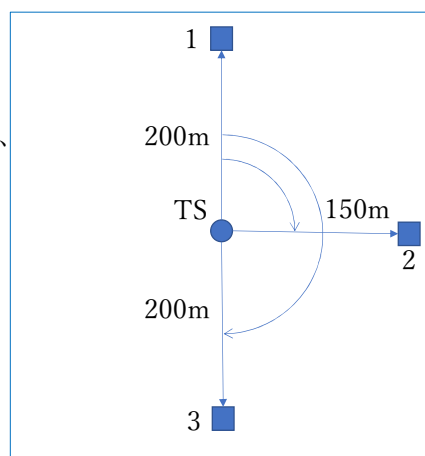


測距の点検のための許容範囲

1

野外基線場における測定実験の概要 第1回研究会資料-5

- 角観測：3方向、正反3対回の角観測を実施し、各方向6回の角測定の平均値を1セット分として採用、2セットで1観測
- 測距：3方向をそれぞれ視準ごとに1回測距を実施し、各方向6回測距の平均値を1セット分として採用、2セットで1観測
- 上記方法で、3機種でそれぞれ10回観測を繰り返し実施する。
- 通常の測量作業を再現するため、目標の視準において通常を超えるような注意は払わない。
- 実験日時：2021年2月3日9:30-17:00
- 実験場所：国土地理院菱形基線場



2

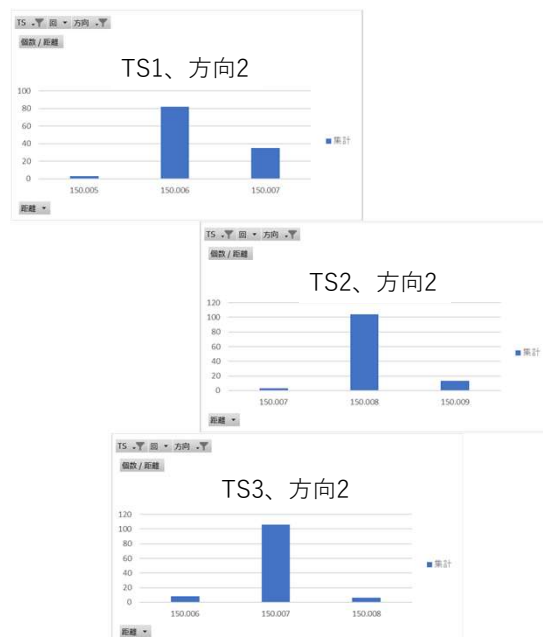
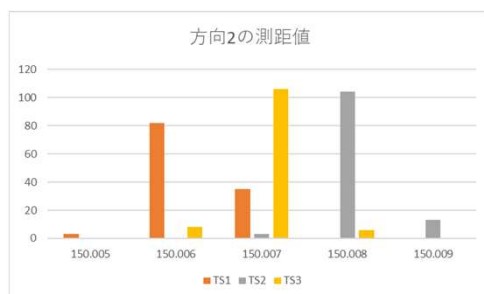
測距の繰り返し性（併行精度：repeatability）

TS	方向	平均値	標準偏差	帰無仮説	帰無仮説	帰無仮説	max-min
				m1 = m2	m2 = m3	m3 = m1	
1	1	200.0009	0.0005	棄却	—	—	0.002
1	2	150.0063	0.0005	棄却	—	—	0.002
1	3	200.0003	0.0005	棄却	—	—	0.002
2	1	200.0024	0.0005	—	棄却	—	0.002
2	2	150.0081	0.0004	—	棄却	—	0.002
2	3	200.0016	0.0005	—	棄却	—	0.001
3	1	200.0015	0.0005	—	—	棄却	0.001
3	2	150.0070	0.0003	—	—	棄却	0.002
3	3	200.0008	0.0004	—	—	棄却	0.002

測定数はいずれも120回。miの“i”はTSの番号を示す。

3

測距値の分布の例



4

測距値の点検のための許容差

- どのTSにおいても測距の標準偏差は0.5mm以下、最大値と最小値の差はどのTSも2mm以下。
- 異なるTS間では各方向の測距の平均値にはいずれも有意な差がある。
 - 測距平均値の機器間の差（器差）の最大値は1.8mm（方向2のTS1とTS2の差）。
- 検定データに基づいて得られた測距値の較差の標準偏差が大きいのは、器差を含むため（1.3mm: 第1回研究会資料—4）。
 - 検定データから得た値を基に同一機器での繰返し測距の許容範囲を決めるのは不適切。
- 現地観測における測距の許容範囲は、器差を含んだ検定データに基づく5mmではなく、この実験に基づく2mmが適切と判断。

5

基線場における測距の繰返し性と機器検定における較差の標準偏差から推定する器差

- 2級TSの2019年度における測距の検定（957台）における基準値との較差の標準偏差は1.3mm（基線長400m）
 - 基準値との較差の平均値は0.2mmと小さいので、基準値に対するRMSEへの寄与はなく、RMSEは1.3mmで標準偏差と変わらない。
- 基線場での測定実験における同一TSの繰返し性の標準偏差は0.5mm（基線長150m, 200m）
- 距離に比例する測距誤差を2ppmと仮定して除去すると、検定の標準偏差は1.0mm、基線場の標準偏差は0.3mm
- さらに距離分を除去した後の二つの標準偏差の差が「器差のみ」に起因すると仮定すると、検定されたTSの器差の標準偏差は $0.95\text{mm} \doteq 1.0\text{mm}$
 - 粗い推定ではあるが、この値は検定時にほとんどのTSの器械定数が $\pm 3\text{mm}$ の範囲（3 σ レベル）で調整できていることを示唆。また、各メーカーの公称精度の数値とも整合。

6

シューハート管理図係数の測距値の許容範囲への適用

- シューハート管理図係数を用いた上方管理限界： $U_{CL} = D_2^* \sigma$, $n=2$ (1対回) のとき $D_2^* = 2.833$ (2σ 相当), 3.686 (3σ 相当)
 $n=4$ (2対回) のとき $D_2^* = 3.818$ (2σ 相当), 4.698 (3σ 相当)
 - n は測定値の数、 σ は測定値の標準偏差
- 同一機器による測距値の標準偏差：
 $\sigma \doteq 0.5\text{mm}$ (基線長200m) $\Rightarrow 0.4\text{mm}$ (基線長50m換算)
- 2σ 相当： $U_{CL} = 1.4\text{mm}, 1.9\text{mm}$ (200m)、 $1.1\text{mm}, 1.5\text{mm}$ (50m)
 3σ 相当： $U_{CL} = 1.8\text{mm}, 2.3\text{mm}$ (200m)、 $1.4\text{mm}, 1.8\text{mm}$ (50m)
- 測距の最小目盛値が1mmであることを考えると、 $U_{CL} = 2\text{mm}$ に設定することが妥当。この値は、基線場での測定実験から得た許容範囲を裏付けている。
 - 上記は同一機器による繰返し測距に適用可能な考え方であり、計算には器械定数を含めていない。