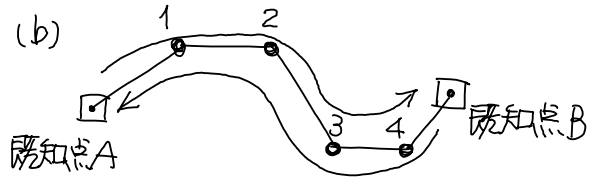
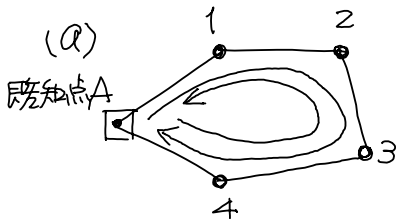


水準測量

重要 水準測量は、測定する路線は **必ず往復で測定** する。片道はありえない。

(a) 環閉合の路線なら ① 右回り と ③ 左回り。

(b) 既知点A ~ 既知点B なら ① A → B と ② B → A。



なぜ往復で測定するのか？

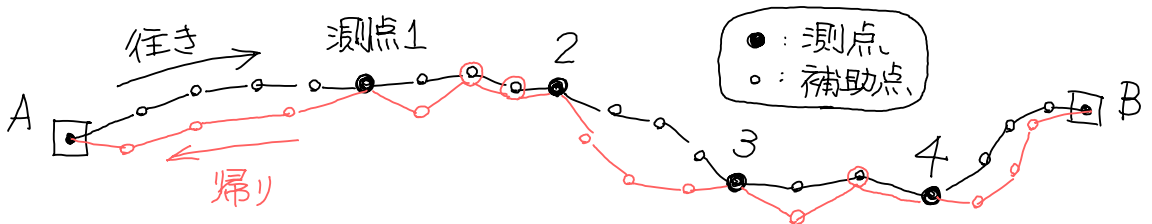
→ 行きと帰りの同じ点での調整地盤高を比較すること、大きな測定ミスがある区間が見つけられる。行きと帰りで値が大きく異なる区間が怪しい...。

測点の作り方

地盤高を知りたい点を「測点」として設定し、名前を付ける。

「測点」はフィールド上にマーキングしたり、釘を打ったりする。

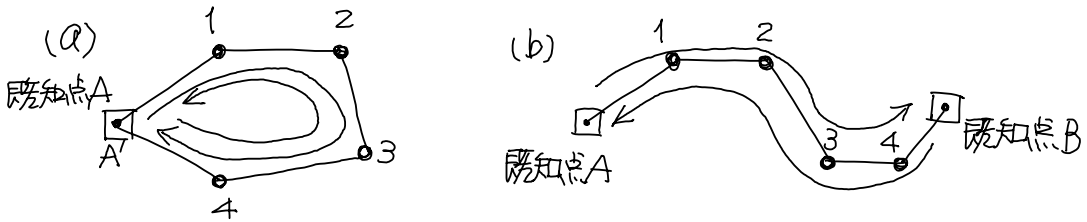
「測点」の間隔が大きくと、1度では両方の点が見測できない時、測点間に補助点を考える事もあるが、補助点については、マーキングしたり、釘を打ったりはしない。また、補助点はあくまでも測定のための中継点であるので、行きと帰りで異なる点でも構わない。



まあ、補助点であっても、何か目印になるような点にはしておけば（ブロック角など）行きと帰りで同位置の補助点が測れるので、測定ミスがわかりやすくなる。

水準測量の測定、誤差調整

II. 測定 (往復が測定)



野帳に記入して計算する。行きと帰りは別に計算する。

環状合(a)の右回りの場合

(単位:m)

点	BS	FS	昇降	地盤高	調整量	調整地盤高
A				10.000		10.000
1		Δh_{A1}			$d_{右A1}$	$h_{右A1}$
2		Δh_{12}			$d_{右A2}$	$h_{右A2}$
3		Δh_{23}			$d_{右A3}$	$h_{右A3}$
4		Δh_{34}			$d_{右A4}$	$h_{右A4}$
A'		Δh_{4A}		$10.000 + e_{右}$	$d_{右AA'}$	$h_{右AA'} = 10.000$

(下例)

$h_{右A1}$:
右回りに点A → 点1に
測定した時の
調整地盤高

環状合(a)の左回りの場合

(単位:m)

点	BS	FS	昇降	地盤高	調整量	調整地盤高
A'				10.000		10.000
4		$\Delta h_{A'4}$			$d_{左A4}$	$h_{左A4}$
3		Δh_{43}			$d_{左A3}$	$h_{左A3}$
2		Δh_{32}			$d_{左A2}$	$h_{左A2}$
1		Δh_{21}			$d_{左A1}$	$h_{左A1}$
A		Δh_{1A}		$10.000 + e_{左}$	$d_{左AA'}$	$h_{左AA} = 10.000$

元の点Aに戻っているのだから
調整後は10.000になる

行きと帰りの点向の高低差を比較する。

(例) 右回りA~A'と左回りA'~Aの高低差 $e_{右} - e_{左}$ を見る。

Text. P.111 表より、3級水準測量の時の

環状合の許容値(mm) は $10\sqrt{L}$

路線長Lは(Km)

上記の $e_{右} - e_{左}$ が $\pm 10\sqrt{L}$ 以内であれば、この測定はOK。

OKなら、次の誤差調整に進む。

2 測定誤差の調整

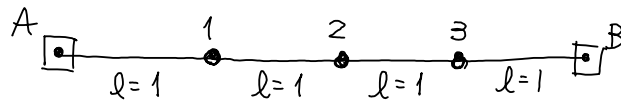
往復測定による高低差が許容値以内であることを確認した後、各点の地盤高への調整量を計算する。

始点から終点までの誤差を e とすると、各点の調整量は次式で表わされる。

$$d = -e \times \frac{\text{始点からの距離}}{\text{全路線長}}$$

$$\rightarrow \text{誤差 } e = (\text{測定した地盤高}) - (\text{既知の地盤高})$$

※分子部分は「始点からの距離」なので、始点から遠い測点ほど、大きな調整量が与えられる。



仮に測点間キョリが全て $l=1$ で、A~B間の誤差が e とすると、

測点1~4に与えられる調整量は、それぞれ

$$-\frac{1}{4}e, -\frac{2}{4}e, -\frac{3}{4}e, -\frac{4}{4}e \text{ となる。}$$

点B(既知点)では、誤差 e が帳消しになり、既知の値と等しくなる。

往きと帰り、それぞれの測点において、調整地盤高を求めよ。

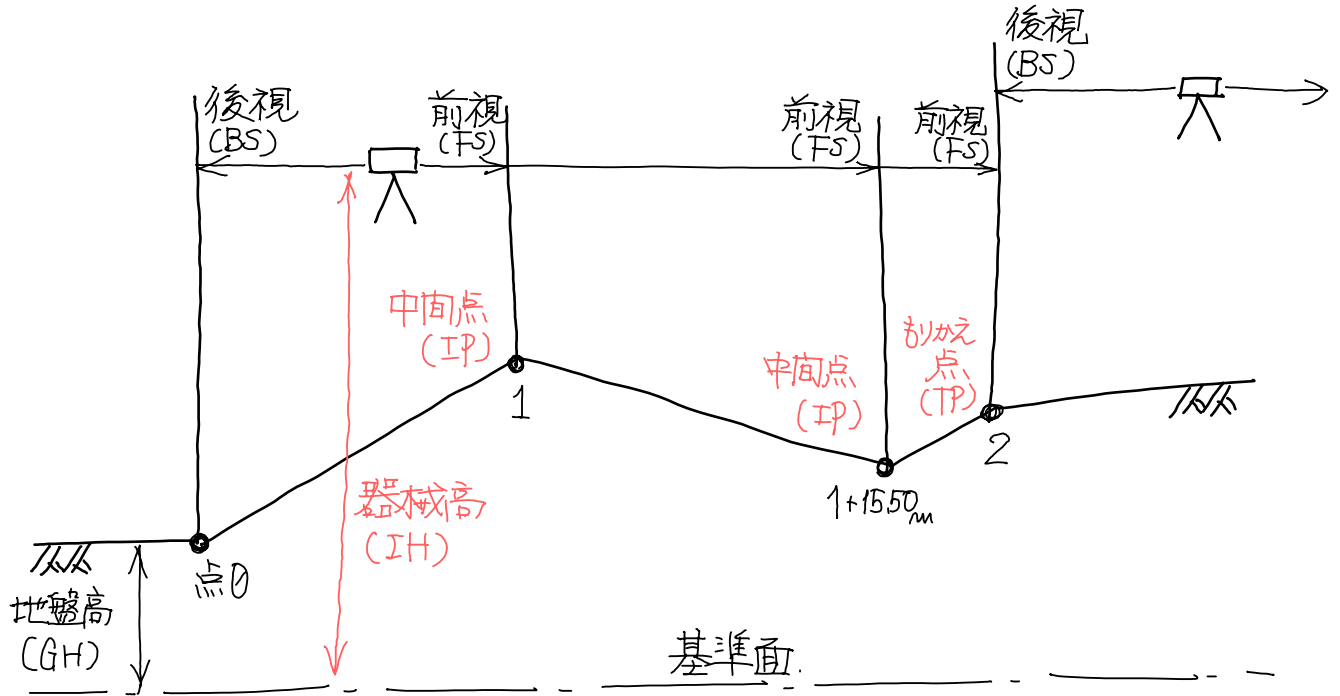
$$(\text{地盤高}) + (\text{調整量 } d) = (\text{調整地盤高})$$

その測点の最終的な地盤高は、往きと帰りの調整地盤高の平均とする。

$$\text{例) } h_i = \frac{(h_{右A1} + h_{左A1})}{2} \quad (h_i: \text{最終的な点1の地盤高})$$

※但し、ここで、 $h_{右A1}$ と $h_{左A1}$ の値が大きく違う場合(数mm以上)、測定にミスがある。ここまで、往復測定による高低差が許容値内であることをチェックしているが、この整合は、各測点における⊕誤差と⊖誤差が足し合わさって、トータル誤差が偶然ゼロに近くなっている。

水准測量 (器高式)



後視 (BS): 器械より始点側、始点もしくは ちりかえ点を視準した時の読み値。
器械を据えかえる毎に、BSの読みは1点のみ。

前視 (FS): 後視 (BS) 以外の全ての読み値。

→ 中間点 (IP): 後視 (BS), ちりかえ点 (TP) 以外の読み値。

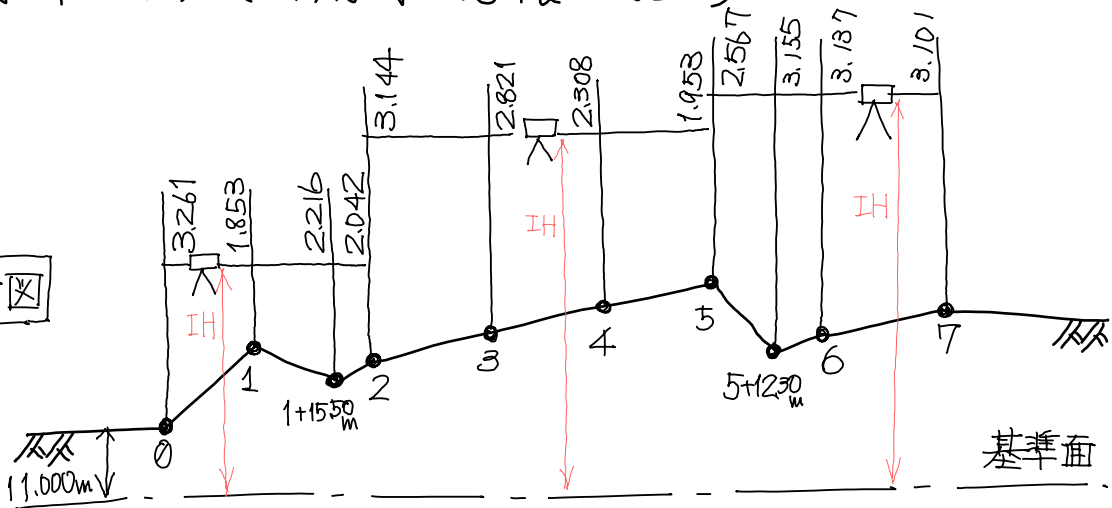
→ ちりかえ点 (TP): 今回の測定で、最も終点側の点の読み値。

この点を測定したら、器械を据え変えることによる。

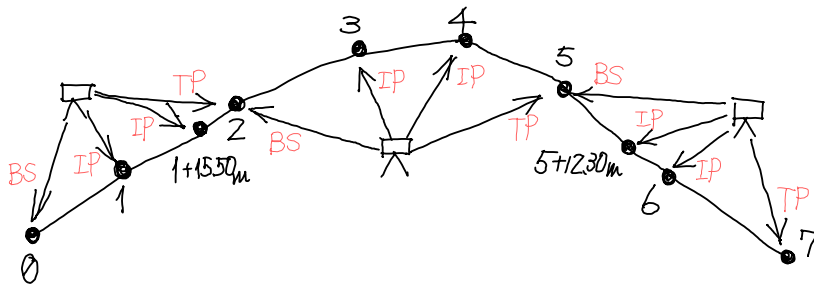
器械高 (IH): レベルの望遠鏡の高さ

水準測量 (器高式の野帳への記入)

断面図



平面図



野帳

点	距離	BS	IH	FS		GH
				TP	IP	
0	0.00	3.261	14.261			11.000
1	20.00				1.853	12.408
1+15.50	15.50				2.216	12.045
2	4.50	3.144	15.363	2.042		12.219
3	20.00				2.821	12.542
4	20.00				2.308	13.055
5	20.00	2.567	15.977	1.953		13.410
5+12.30	12.30				3.155	12.822
6	7.70				3.137	12.840
7	20.00				3.101	12.876
計	140.00	8.972		7.096		12.876

点0のGH 11.000

$8.972 - 7.096 = 1.876 \text{ (m)}$

$12.876 - 11.000 = 1.876 \text{ (m)}$

一致可

水準測量における再測路線の判別

- 測定値の信頼性は、「軽重率」で表わされる。

「軽重率」：測定値の重み付け。軽重率が多いほど、信頼性が高い。

軽重率を p_i とするとき...

- (1) 測定回数に比例 $p_1 : p_2 : p_3 = 4回 : 8回 : 6回 = 2 : 4 : 3$
- (2) 標準偏差の2乗に反比例 $p_1 : p_2 = \frac{1}{2^2} : \frac{1}{1^2} = \frac{1}{4} : \frac{1}{1} = 1 : 4$
- (3) 路線長に反比例 $p_1 : p_2 : p_3 = 2km : 3km : 1km = \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{1} = 3 : 2 : 6$

↓ 言うなれば...

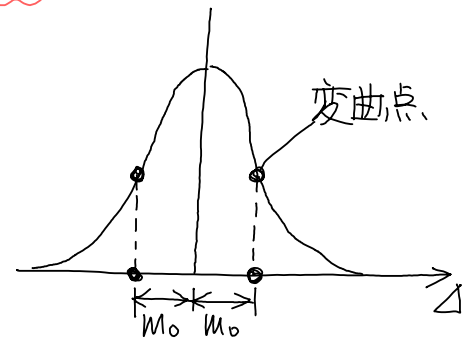
- (1) 何度も測定したデータは信頼性が高い。
- (2) 標準偏差の大きいデータ (バラツキの大きいデータ) は、信頼性が低い。
- (3) 長距離のデータは信頼性が低い。

- 最確値と標準偏差 (測定条件が同じ場合)

$$\text{最確値 } (M) = \frac{\sum (\text{測定値})}{\text{測定値の数}}$$

$$\text{最確値 } M \text{ の標準偏差 } m_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}}$$

(※ v : 残差 = 各測定値 - 最確値)



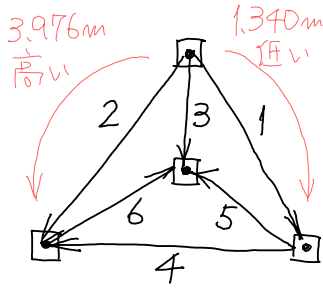
- 最確値と標準偏差 (軽重率を考慮した場合)

$$\text{最確値 } M = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

(p_i : 軽重率
 l_i : 測定値)

$$\text{標準偏差 } m_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum (p v^2)}{\sum p \cdot (n-1)}}$$

[演習問題] Text. P. 118 [5]



矢印の向きに注意。
高低差は、矢印の向きに「正」。

路線番号	高低差(m)	路線長(km)
1	-1.340	4.0
2	+3.976	4.0
3	+2.283	2.5
4	+5.306	4.0
5	+3.583	2.5
6	-1.680	2.5

公共測量の3級水準測量なので、環閉合差の許容誤差は $10\sqrt{L}$ (mm)

L はkm単位

それぞれの環閉合について考える

経路	環閉合差(m)	路線長(km)	$10\sqrt{L}$ (mm)	判定
1→5→(3)	-0.037	9.0	±30	X
2→6→(3)	+0.013	9.0	±30	O
4→6→(5)	+0.040	9.0	±30	X
1→4→(2)	-0.010	12.0	±35	O

※()は逆行

上記の判定がXである2経路に共通する路線は5があるので、路線5の再測が必要。