

キャリブレーションの重要性

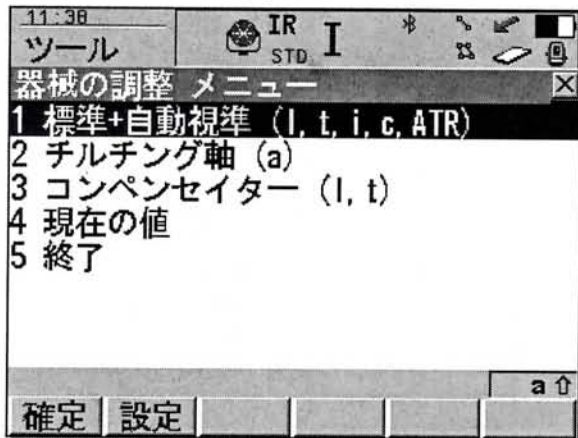
トータルステーションで最高の測定精度を得るためには、器械の調整（キャリブレーション）が極めて重要です。

不適切にキャリブレーションされた器械では、器械の精度仕様では測定できません。そして、要求/期待される精度を満たさない測点を次々と生み出すこととなります。

トータルステーションで正確な測定をするためには、すべての器械がお互いに完全に直交していることが前提となります。しかし、この前提を完璧に達成することや、長期に渡り継続することは不可能です。これは、すべての器械製造者が直面する制約です。

本ニュースレターは、キャリブレーション（器械誤差の決定）にフォーカスします。

TPS1200 では、キャリブレーション手順は「器械の調整」と呼ばれ、メニューの中の「ツール」パネルにあります。



点検調整は、非常に簡単で、数分しかかかりません。そして、キャリブレーションの結果は1回分保存されます。

「器械の調整」により決定可能な器械誤差は、下記の通りです。

- **c** : 視準軸誤差
- **a** : チルチング軸誤差
- **I,t** : コンペンセータ誤差
- **i** : パーチカルインデックス誤差
- **ATR Hz** ゼロポイント誤差
- **ATR V** ゼロポイント誤差

いつキャリブレーションを行うか？

トータルステーションの製造工程で、器械誤差が決定され、ゼロになるよう調整されます。しかし、それでも器械は定期的にキャリブレーションされる必要があります。

この定期的な器械のキャリブレーションに加え、下記のような状況ではキャリブレーションを行なうべきです。

- **最初に使用前** : 器械は大きな温度変化を伴う長距離を輸送されています。
- **長期間使用した後、あるいは長期間にわたり保管した後**
- **大幅な温度変化** - 前回器械をキャリブレーションした時の温度に比べて、器械を使用する環境の温度が10℃以上異なる場合は、再キャリブレーションを強く推奨します。保管している時の温度と、使用する環境の温度が大幅に異なる場合も含まれます。
- **乱暴な、あるいは長距離の運送の後** - 器械に衝撃が加わらないよう、常に対策をとってください。
- **高い精度が必要な測定業務を行う場合**

キャリブレーションを行う時の留意事項

ひとたびキャリブレーションが実施されると、すべての測定結果に対して補正値が加わります。もしキャリブレーションが不正確だと、それ以降のすべての測定に悪影響を与えてしまいます。

従って、精密に器械誤差を決定するために、下記に準拠して、適切かつ正確にキャリブレーションを実施してください。

- **良好な大気の状態**, 例えば、強い陽炎が無いこと。曇りの時や、早朝。
- **水準** : 電子気泡管を使用し、器械を精密に水準する。
- 器械、整準盤、三脚は**確実に固定する**
- 器械と三脚に**直射日光があたらないこと**。そうでないと、器械や三脚の片面だけの温度上昇が起こります

キャリブレーションを行う前に、器械を周囲温度になじませるために十分な時間をとってください。目安として、最低でも20分、あるいは保管時の温度と使用する時の温度差1度につき2分が必要です。

System 1200 ニュースレター No.34

TPS1200 器械の調整

理論的背景

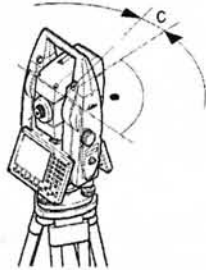
トータルステーションの器械誤差を理解するためには、器械の軸と、それら間の本質的な関係を知ることが重要です。

- 視準軸 **L** は、チルチング軸 **T** に対して直交していなければならない
- チルチング軸（水平軸／横軸） **T** は、鉛直軸 **V** に対して直交していなければならない
- 鉛直軸（縦軸） **V** は、真の鉛直方向になければいけない。

上記の条件に関するいかなる不完全さも測定精度に影響する器械誤差を生み出します。

視準軸誤差 (c)

視準軸誤差 (Hz コリメーションエラーとも呼ばれる) は、チルチング軸に対して直交する直線と、光学的な視準軸（望遠鏡の中の十字線が指す方向）との間の差 "c" によって生じます。



この誤差は、水平分度盤の読み（水平角）に影響し、天頂方向を視準する時には大きくなります。下表は、水平視準軸誤差 $c=10''$ の場合の、異なる天頂角での水平角への影響を示します。

天頂角	水平角誤差
90°	10''
60°	12''
30°	20''

チルチング軸誤差(A)

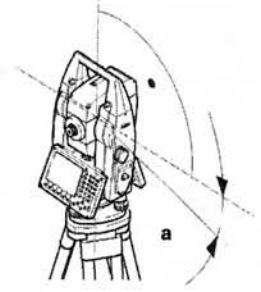
チルチング軸誤差は、鉛直軸に対して直交する直線と、機械的なチルチング軸（水平軸）との間の差 "a" によって生じます

チルチング軸誤差は、完全に水準された機械で、望遠鏡を鉛直な直線（例えばビルの角の線）にそって縦方向に動かせば見ることができます。器械を水平方向には動かしてなくても十字線はその鉛直な線から離れてしまいます

視準軸誤差と同様、チルチング軸誤差は天頂方向を視準するにつれ、水平角に対してより大きな影響を与えます。しかし、視準軸誤差と異なり、チルチング軸誤差は、水平方向のターゲット

トを視準する場合には影響しません。また、鉛直角への影響もありますが、非常に小さいので、通常無視できます。

下表は、チルチング軸誤差 $a=10''$ の場合の、異なる天頂角での水平角への影響を示します。



天頂角	水平角誤差
90°	0''
60°	6''
30°	17''

鉛直軸誤差 (v)

鉛直軸誤差は、器械自身の誤差ではなく、セットアップ（器械の設置）の誤差です。この誤差は、器械の鉛直軸が真の鉛直方向に一致していないと発生します。

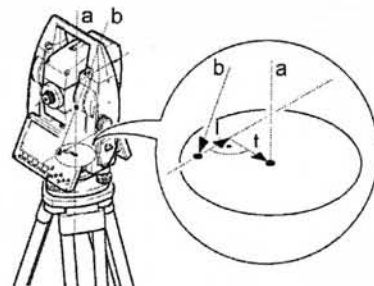
視準軸誤差(c)やチルチング軸誤差(a)とは異なり、バーチカル軸誤差は水平角と鉛直角の両方に影響し、また正反観測を行っても消すことはできません。

鉛直軸誤差は、器械の設置時にとても注意深く水準することで避けることができます。2軸のコンペンセータを内蔵している場合には、精密な水準はコンペンセータにより数学的に補正されるので、器械を設置する時の水準は概略で良いということになります。

コンペンセータ誤差 (L, T)

コンペンセータ誤差は、鉛直方向に対するコンペンセータのゼロ点の差です。

2軸コンペンセータでは、コンペンセータ誤差は2つの成分に分割できます。1つは望遠鏡に対して平行な成分(l)で、もう一方は望遠鏡に対して直交する成分 (t)です。（下図参照）



System 1200 ニュースレター No.34

TPS1200 器械の調整

縦方向コンペンセータ誤差 (l) は、バーチカルインデックス誤差 (i) (後述) に似ていて、鉛直角の読みにのみ影響します。横方向コンペンセータ誤差 (t) は、チルチング軸誤差に似ていて、主に水平角に影響します。天頂方向を視準するにつれ、水平角に対する影響は大きくなります。

バーチカル・インデックス誤差 (l)

バーチカル・インデックス誤差 "l" は、器械の機械的な鉛直軸と、鉛直分度盤の 0° 指標が一致していない時に発生します。

バーチカル・インデックス誤差は、視準の方向には依存せず、すべての鉛直角の読みに影響しますが、水平角の読みには影響しません。

ATR コリメーション誤差

ATR コリメーション誤差は、望遠鏡の中心 (十字線) と、ATR カメラ (CCD) の中心との角度のズレです。

ATR コリメーション誤差の Hz-成分は、水平角の読みに影響し、V-成分は鉛直角の読みに影響します。

ATR を使用して測定を行う場合、例えば新たにキャリブレーションを行ったとしても、十字線はプリズムの中心にはいかないことに留意ください。これは、器械の不良ではありません。ライカの ATR は、プリズム中心の方向との差を ATR が測定し、角度の測定値を自動的に補正します。この十字線とプリズム中心とのズレは、EDM モードを "FAST" に設定して測定したときに顕著に見られます。望遠鏡は (ポジショニングに要する時間を節約するため) 概略プリズム方向に向けられ、プリズム中心との角度の残りの差分は ATR により補正されます。

TPS1200 の器械の調整

前述の通り、「器械の調整」を行う前に、適切な周囲環境であることと、器械が周囲温度に十分なじんんでいることを確認してください。

「器械の調整」の手順は非常に簡単です。一画面に表示されるガイダンスに従うだけです。

標準+自動視準

「器械の調整」の「標準+自動視準」は、下記の誤差を同時に決定します。

- l,t: コンペンセータ誤差
- l: バーチカルインデックス誤差
- c: 視準軸誤差
- ATR ゼロ点誤差

この調整は、器械とほぼ同じ高さにある (視準軸誤差を決めるときに、チルチング軸誤差の影響を避けるため)、100m 程度離れたターゲットを測定することで行われます。

もし器械が ATR 機能が無いモデルの場合、あるいは ATR 補正を決める必要が無い場合は、ターゲットはプリズムである必要はありません。

しかし、ATR のキャリブレーションを行う場合には、ターゲットはライカ標準プリズム (GPR1) でなければなりません。(これは、観測業務に使用するのが 360° プリズムや他のいかなるプリズムの場合でも同じです。)

ターゲットをマニュアルで視準する時には、常に細心の注意を払ってください。

「標準+自動視準」では、ターゲットを正及び反で数回観測してください。これは、視準誤差を平均するためです。2回目以降の測定では、測定品質 (信頼度) 管理のため、標準偏差が表示されます。

11:40		IR	STD	I	*	☰	☷	☱	☶	
ツール		器械調整 測定値								
測定回数	:	2								
σ l コンペ	:	0° 00' 00"								
σ t コンペ	:	0° 00' 00"								
σ i Vコン	:	0° 00' 08"								
σ c Hzコリ	:	0° 00' 00"								
σ ATR Hz	:	0° 00' 06"								
σ ATR V	:	0° 00' 03"								
確定								測定		a ↑

System 1200 ニュースレター No.34

TPS1200 器械の調整

チルチング軸誤差の決定

チルチング軸誤差は天頂付近を視準した時のみ影響するので、器械に比べて十分に高い、あるいは低い位置に設置されたターゲットを観測することで決定されます。

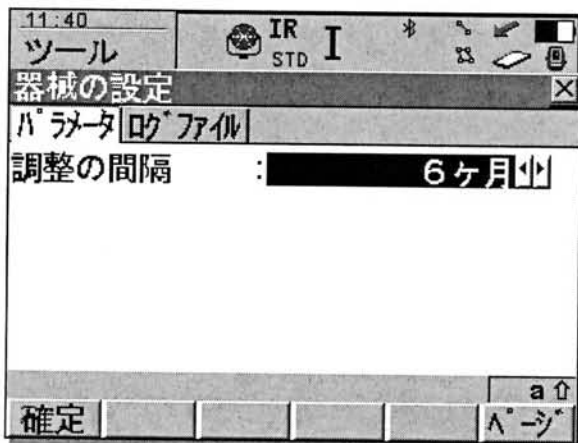
視準軸誤差の影響を避けるため、「標準+自動視準」がチルチング軸キャリブレーションの前に行われていなければなりません。

チルチング軸誤差の決定は、視準するプリズムあるいはターゲットは必要ありません。すなわち、この調整はいつでもできることとなります。できるだけ器械から離れていて、できるだけ高い、あるいは低いところにある適当な目標物（高層ビルの目印にできる部分など）を選ぶだけです。ただし、この点は、2回正確に視準できることが必要です。

点検調整の設定

前述の通り、キャリブレーション結果は1回分保存されます。表示するためには、他のアプリケーションと同様、適当なフォーマットファイルを選択してください。

更に、定期的な点検調整の実施を喚起するメッセージが一定の間隔で表示されます。「ツール」の「器械の調整」で F2(CONF) を押してください。デフォルトとして、この調整の間隔は6ヶ月に設定されています。



機械的な調整

上述の器械誤差以外のいくつかの調整項目は数学的に補正することができず、機械的に調整する必要があります。

- 器械及び整準盤の円形気泡管
- 可視光レーザービーム（ノンプリ測距用）

機械的な調整については、TPS1200 の取扱説明書をご参照ください。

特に、ノンプリズムで端部や傾いた平面を測る場合には、視準軸とレーザービームの軸とのズレが測定誤差につながります。これは、十字線で視準したポイントでなく、ノンプリレーザーがあたったところを測るからです。従って、ノンプリレーザーは、周期的な調整が必要です。

精度に対するその他の影響

最高精度の測定結果を得るためには、注意深いキャリブレーションと調整が必要です。しかし、それだけで最善の結果が保証されるわけではありません。

測定結果の精度に影響するその他の多くの要因があります。

- 器械及び三脚の、片面の温度上昇（例えば、直射日光による⇒日傘を使用してください）
- 強い陽炎及び予測できない反射
- 不十分な周囲環境へのなじみ
- ...

更に、高精度な測定が求められる場合には、正反観測を強く推奨します。正反観測では、測定した角度を平均することで、ほとんどの器械誤差（及び不正確に決定された器械誤差）を排除することができます。

最後に

トータルステーションは、精密機器であり、最大限の注意を払って取り扱うべきものであることを常にご留意ください。

なお、TPS1200 以外の機種でも、キャリブレーションの考え方は全く同じです。具体的な内容、手順については、取扱説明書をご参照ください。（ユーザが実施できる範囲が若干異なります）