

ISO17123-1 測量機器の現場試験 理論 改定概要

ISO17123 シリーズとは

ISO17123 測量機器の現場試験手順を定めるシリーズ規格

- 1: 理論
- 2: レベル
- 3: セオドライト
- 4: 光波測距儀
- 5: トータルステーション
- 6: 光学垂球装置
- 7: 回転レーザ
- 8: GNSS (RTK)

理論: シリーズ規格で使用される用語の定義
機器の試験で使用される共通事項を定めている。

不確かさの概念導入に至る経緯

2002年版のIntroductionで計測の不確かさの表現ガイド(GUM)に言及。不確かさの概念の導入を示唆

2006年欧州のISO委員より測定の発注に変化ありと報告
〇〇を「不確かさ△ △」で行う測量業務の入札

ISO17123-1に不確かさの概念の導入に着手

2010年 ISO17123-1 2版制定

JIS規格の改定は不確かさの概念が測量分野に浸透していないことを考慮し、時期を見てJIS化

2012年 EDM改定の最終段階となる

2012年 理論 改定をスタート

2014年 EDMの改定、TSの制定をスタート

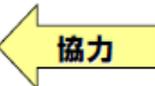
ISO17123-1理論編の改訂概要

- 1977 国際度量衡委員会(CIPM) ⇒ 国際度量衡局(BIPM)
計測の信頼性の表現について、国際的合意のある共通の尺度が必要であることを指摘し、勧告作成を要請。

- 1980 BIPM作業部会による勧告 (INC-1) …簡潔な概要

- 1981, 1986 CIPMが勧告を承認

- CIPM ⇒ ISO(国際標準化機構) 詳細ガイド作成作業照会



- ◆ IEC(国際電気標準会議)
- ◆ OIML(国際法定計量機関)
- ◆ IUPAP(国際純粋及び応用物理学連合)
- ◆ IUPAC(国際純正及び応用化学連合)
- ◆ IFCC(国際臨床化学連合)

- 1993 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)



ISO標準への導入

- ISO17123-1(旧)測量機器の
現場試験手順:理論
- ・精度の表現:標準偏差又は分散
 - ・さまざまな状況での標準偏差の式
 - ・統計的検定法



- ISO17123-1(新)測量機器の
現場試験手順:理論
- ・精度の表現:不確かさ
 - ・標準不確かさのタイプA評価
 - ・標準不確かさのタイプB評価
 - ・不確かさ評価バジェット
 - ・統計的検定法

従来の誤差評価の問題点

- (1)誤差評価では、「誤差=測定値-真の値」と定義。実際に「真の値」を求めることは困難
- (2)誤差評価においては、偶然誤差や系統誤差を総合的に評価するための合理的な合成方法が定められていない。
- (3)測定結果を表現するための用語の定義が国・地域や専門分野によって異なる場合がある。

ISO17123-1理論編の内容(1)

用語と定義

①不確かさ

計測のばらつきを示す用語として、不確かさ(Uncertainty)を導入し、従来の規格で扱っていた偶然誤差だけでなく、系統誤差を含む誤差の包括的な表現として定義する。

②標準不確かさ

正規分布する偶然誤差のばらつきの尺度である標準偏差を、適当な分布を与えることで系統誤差にまで拡張したもの。不確かさバジレットの要素となる。評価法によってタイプAとタイプBに分けられる。

③合成標準不確かさ

測定結果にまつわる全ての標準不確かさ(誤差)を誤差の伝搬則によって足し合わせたもので、測量成果の不確かさを表す。

④拡張不確かさ

標準偏差(σ)に対して 2σ あるいは 3σ などで表現される誤差範囲を、標準不確かさに適用したもの。

⑤不確かさバジレット

測定結果にまつわる全ての不確かさ要素を表形式に整理したもので、最終的に合成標準不確かさあるいは拡張不確かさが見積もられる。

ISO17123-1理論編の内容(2)

標準不確かさのタイプA評価

タイプAの標準不確かさ(u)は、**統計的評価を用いて**求められ、実験標準偏差 s で表される。 $u = s$

観測のモデル式 F に対して、出力値より多くの数の観測モデル式が得られる場合に、**最小二乗法**により、出力推定値及びその実験標準偏差、並びに調整後の入力値の実験標準偏差が求められる。

$$x + r = F(y)$$

$$x + r = F(y_0) + \frac{\partial F}{\partial y} (y - y_0)$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial y_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_N}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial F_N}{\partial y_n} \end{pmatrix} = A$$

$$s_0^2 = \frac{r^T P r}{v}$$

$$S_{\tilde{x}} = s_0^2 A N^{-1} A^T$$

$$\tilde{y} = (A^T P A)^{-1} A^T P l = N^{-1} n$$

ISO17123-1理論編の内容(3)

標準不確かさのタイプB評価

タイプBの標準不確かさ(u)は、**統計的評価以外の方法**で求められるもので、以下のような様々な情報を利用した科学的判断に基づいて評価される。

- 以前の測定データ
- 一般的知識及び経験
- 製造業者の仕様
- 校正データ
- その他

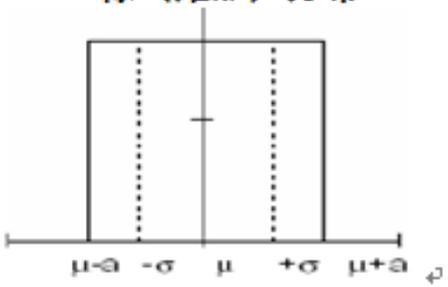
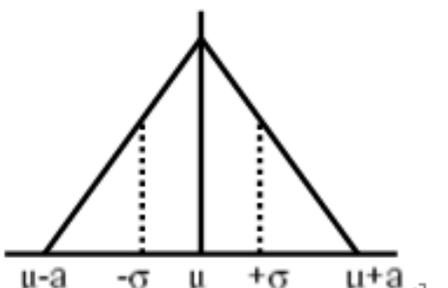
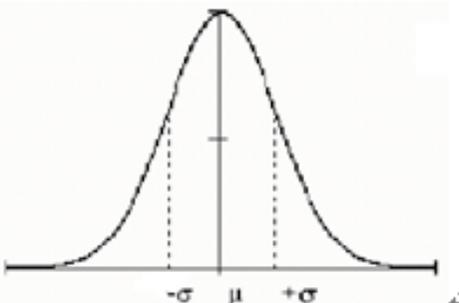
想定される様々な誤差分布に応じた標準偏差

誤差分布(確率密度関数)が推定できれば、以下の式で標準偏差(分散)が求められる。

$$\mu = E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx$$

$$\sigma^2 = E\{(X - \mu)^2\} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx = E(x^2) - \mu^2$$

ISO17123-1理論編の内容(4)

確率密度分布	密度関数	応用例
<p>一様(矩形)分布</p> 	<p>確率密度関数</p> $f(x) = \frac{1}{2a}$ $(\mu - a \leq x \leq \mu + a)$ <p>標準偏差</p> $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$	<p>デジタル表示の分解能, 間隔, 偏差などの許容誤差</p>
<p>三角分布</p> 	<p>確率密度関数</p> $f(x) = \frac{1}{a} \left[1 - \frac{ x - \mu }{a} \right]$ $(\mu - a \leq x \leq \mu + a)$ <p>標準偏差</p> $\sigma = \frac{a}{\sqrt{6}}$	<p>中央が最も高く, 両側に直線的に減少する形の許容誤差。</p>
<p>正規(ガウス)分布</p> 	<p>確率密度関数</p> $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$ $-\infty < x < \infty, \sigma > 0$ <p>標準偏差</p> <ul style="list-style-type: none"> 統計的解析による 	<p>相関のない測定サンプルから得られる標準偏差</p>

従来の統計的検定による評価

1) 統計的検定による評価

(設問) サンプル測定によって得られた標準偏差Sは、製造業者が示している値、又は事前に決められた値 σ_0 に対して、等しい又はより小さいと言えるか？

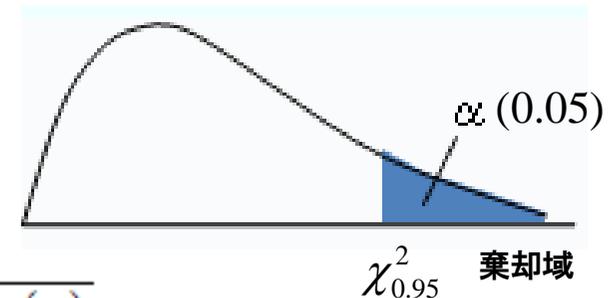
設問に対して、ISO17123-1理論編では、実験標準偏差Sについて、その母集団の標準偏差 σ の値を仮定した上で、下記のような帰無仮説と対立仮説を立てて統計的検定を行っている。

	帰無仮説	対立仮説
(設問)	$\sigma \leq \sigma_0$	$\sigma > \sigma_0$

統計的(仮説)検定では、母集団の標準偏差 σ の値を仮定して、実験標準偏差Sを検定式に当てはめたときに χ^2 分布のどの辺に位置しているかを求め、予め、仮説で設定された棄却域に入るか、入らないかで、仮説の妥当性を評価する。

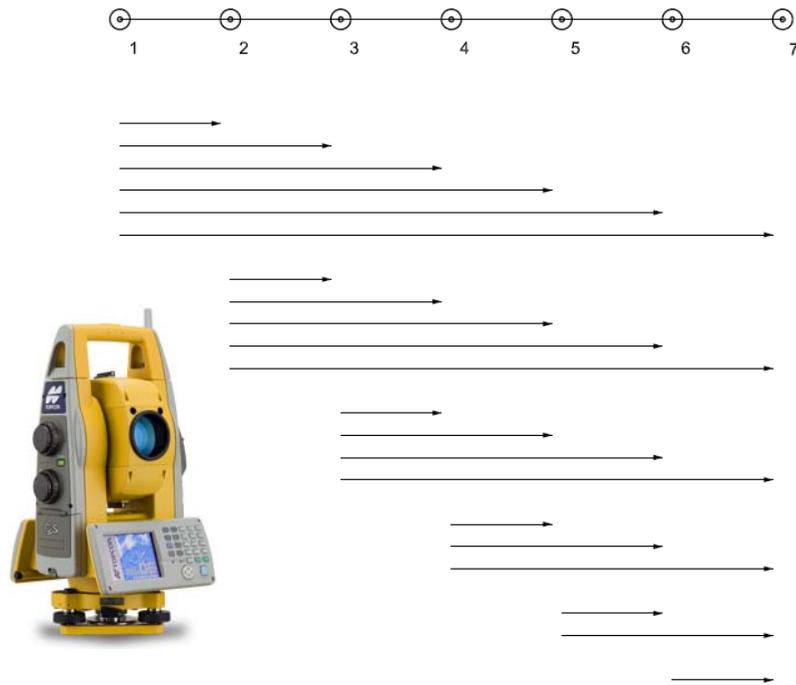
条件式
$$v \frac{S^2}{\sigma_0^2} > \chi_{1-\alpha}^2(v), v = n - 1$$

(ISOでは、帰無仮説についての条件式)で
$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}} \quad \text{上側検定}$$



σ が σ_0 に等しければ、検定式の値は χ^2 分布の中心部に分布するであろうし、もし、値が中心部から異常に大きければ(棄却域に入れば)、 σ の値は σ_0 よりは大きいと判断するのが妥当である。

従来の統計的検定による評価(2)



1	2	3	4	5
Dist No. j	Pt p	Pt q	Observations $x_{p,q}$ (m)	Residuals $r_{p,q}$ (mm)
1	1	2	50,801	+2,9
2	1	3	162,806	+2,3
3	1	4	335,904	-1,5
4	1	5	478,407	-5,8
5	1	6	559,810	-1,0
6	1	7	580,098	+3,1
7	2	3	112,007	-3,9
8	2	4	285,096	+1,3
9	2	5	427,594	+2,0
10	2	6	509,004	-0,2
11	2	7	529,292	+3,8
12	3	4	173,091	+1,9
13	3	5	315,592	-0,4
14	3	6	396,999	+0,4
15	3	7	417,295	-3,5
16	4	5	142,494	+3,4
17	4	6	223,904	+1,2
18	4	7	244,200	-2,8
19	5	6	81,409	-2,5
20	5	7	101,697	+1,6
21	6	7	20,293	-2,2
Σ				0,0

$$s_0 = u_{\text{ISO EDM}} = 0,0032 \text{ m} = 3,2 \text{ mm} \quad s_{\delta} = 3,2 \text{ mm} \times \sqrt{0,2} = 1,45 \text{ mm}$$

統計的検定

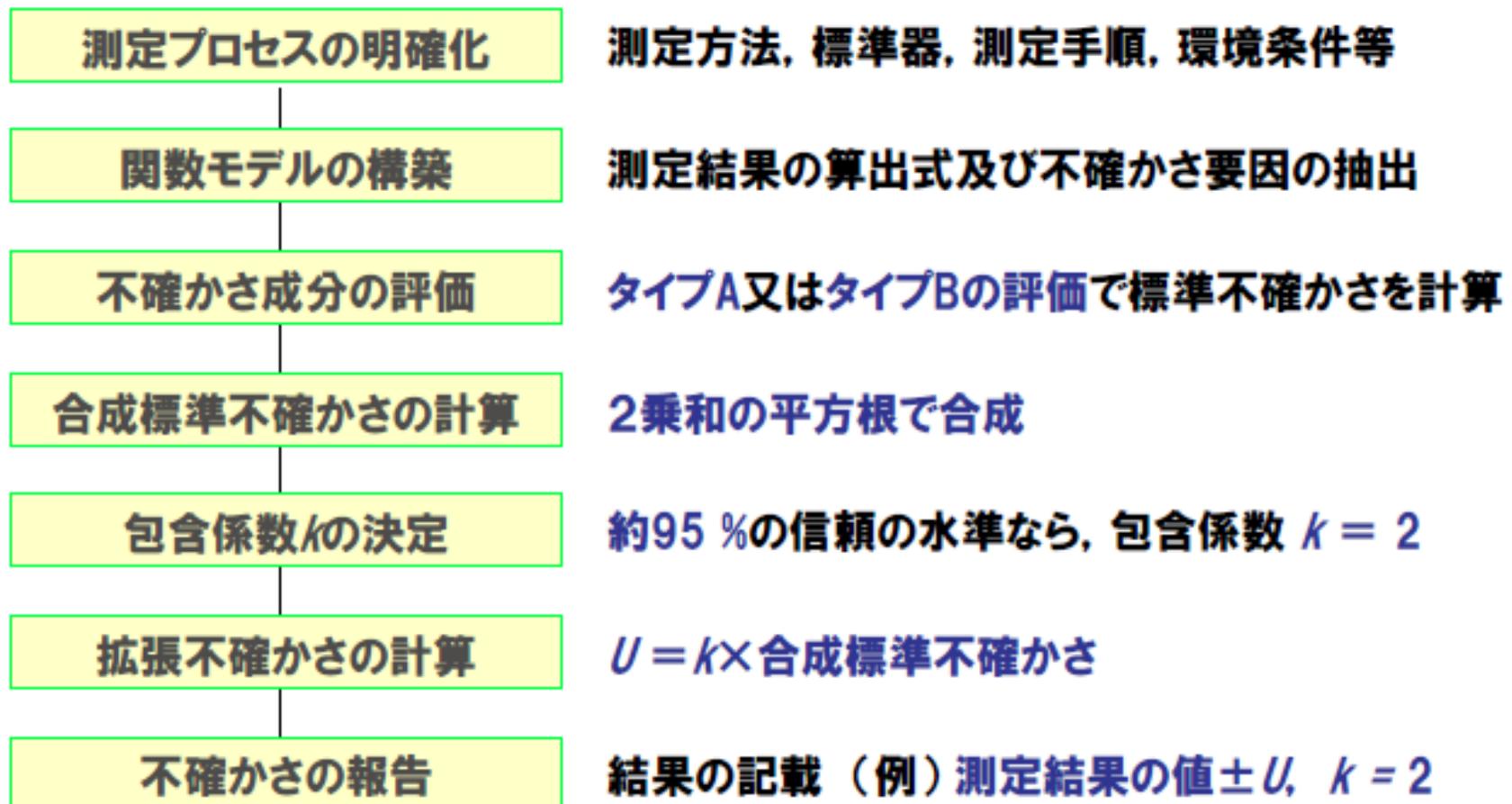
$$s_0 \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(14)}{14}} \quad s_0 \leq \sigma \times \sqrt{\frac{23,68}{14}} = \sigma \times 1,30$$

与えられた σ が3.0 mmとして $3,2 \text{ mm} \leq 3,0 \text{ mm} \times 1,30$

よって、帰無仮説は棄却できない。

不確かさバジエットのよる評価

測定結果に含まれる全ての不確かさ要素を計算し、合成標準不確かさを求める。分かり易さのため表形式が使用される。



不確かさバジレットのよる評価(2)

致心誤差



温度、気圧、水蒸気圧測定の不確かさ

周波数の不確かさ

距離: 578.345m

測定のばらつき、ゼロ点誤差



致心誤差

入力量	入力値xi	標準不確かさUi	分布	感度係数Ci	Ci × Ui	評価タイプ
Dm	578.345 m	3.2 mm	正規	1	3.2	A: 観測
σ	1.3 mm	1.5 mm	正規	1	1.5	A: 観測
Δf/f	0	0.5ppm	正規	Dm	0.3	B: メーカ値
Δt	+9.8 mm	1°C	正規	1ppm × Dm	0.6	B: 経験値
Δp	+1.4 mm	1hPa	正規	0.3ppm × Dm	0.2	B: 経験値
Δrh	0.1 mm	20%	矩形	0.005ppm × Dm	0.1	B: 経験値
e	0	0.4 mm	矩形	1	0.4	B: メーカ値
r	0	0.4 mm	矩形	1	0.4	B: メーカ値
Disp	0	0.3 mm	矩形	1	0.3	B: メーカ値
				合成標準不確かさ	3.7 mm	

$$u_{c,EDM 578} = \sqrt{u_D^2 + u_\delta^2 + u_{\Delta f}^2 + u_{\Delta t}^2 + u_{\Delta p}^2 + u_{\Delta rh}^2 + u_e^2 + u_r^2 + u_{Disp}^2}$$

k = 2として、信頼区間95%(正規分布を仮定して)の値として±7.3 mm

機器検定にどう反映するかが課題

現在の方法(測量機器の性能評価)

(1) 第三者による屋内・検定場での検定

- 「準則」で定められた**測量機器に要求される**性能
- 各測量の等級、測量成果の要求品質に対応して、決定されている測量機器のランクとそれに要求される性能(較差または標準偏差の許容値)
- 屋内あるいは野外で、真(とみなせる)値が与えられた検定場での測定で、較差あるいは標準偏差が許容値以内に収まっているかどうかで評価

(2) 測量者が現場で検定

- 「準則」で代替法として認めているJISの統計的検定法による評価
- 「準則」では、上記の測量機器ランクに対応して(と想定される)条件値が決定されている
- 現場の測量条件のみでの測定によって、条件値に収まっているかどうかで評価

新たに提案されている方法(測量成果の信頼性評価)

現場測定に想定される全ての不確かさを加味した評価

- 測量機器の性能だけでなく、測定方式や測定環境の全体で現れる不確かさの見積もり
- **測量成果に要求される**品質が満たされるかどうかで、測量機器及び測量方式を評価