

目 次

1. 確度表現について	1
1-1. 確度とは	1
1-2. 記録計 μ R シリーズでの確度表現	1
2. リニアスケーリング時の測定確度	3
2-1. リニアスケーリング時の測定確度（一般式）	3
2-2. 拡大率が小さいときの測定確度	3
3. マイナス温度測定時の基準接点補償確度について	5
3-1. 基準接点補償確度とは	5
3-2. マイナス温度測定時の基準接点補償確度について	5
4. Log 入力の表示確度	7
4-1. ディジタル値の表示確度の計算方法	7
4-2. 表示確度の計算例（仮数部の表示桁数が 3 の場合）	8
4-3. Log 入力の表示分解能	9

Blank Page

1. 確度表現について

計測器（記録計）等をお客様が選定する場合、お客様は生産プロセスの測定対象に合わせて入力センサの種類、測定周期（サンプリング周期）、確度等を基本に選定を行います。

そこで、これら選定条件の1つである確度について、記録計μRシリーズの一般仕様書（General Specification）等で用いられている用語の解説を行い、確度の見方の基本を説明します。

1-1. 確度とは

指定された条件において、種々の要因で生ずる誤差の限界（誤差限界）で表した計測器の精度となります。言い換えると、計測器が測定した値がどれだけ真の値*に近いかを示すもので、「入力した信号に対する誤差の限界値」を表したものとなります。計測器においては、一般的に百分率誤差と絶対誤差が併用されることが多く、例えば、±（測定値の0.1% + 2digits）または、±（測定値の0.2% + 1mV）などと表現します。

*：JISでは「ある量を誤差の伴わない方法で測定した場合の値」とありますが、実際には、測定によって真の値を求めるることはできませんので、できるだけ真の値に近い協約値（conventional true value）が、真の値の代わりに用いられます。協約値としては、国家標準にトレーサビリティをもつ値、または使用者との間で標準として取り決められた値が用いられます。

また、確度は温度、湿度などにより影響を受けるため、一般仕様書等ではある一定範囲の条件における性能として表現しています。例えばμRシリーズの場合、以下の通りとっています。

測定・記録確度：基準動作状態：23 ± 2°C, 55 ± 10%RH. 電源電圧 90 ~ 132VAC, 180 ~ 264VAC, 電源周波数 50 / 60Hz ± 1% 以内、ウォームアップ 30 分以上、振動等計器動作に影響のない状態における性能

1-2. 記録計μRシリーズでの確度表現

μRシリーズでは、測定の誤差と記録の誤差を規定し確度の仕様としています。以下は、μRシリーズの一般仕様書に記載されている確度の仕様（例：直流電圧の場合）です。

入力種類	レンジ	測定（デジタル表示）		記録（アナログ）	
		測定確度	最高分解能	記録確度	分解能
直流電圧 (DCV)	20mV	± (0.1% of rdg+2digits)	10 μV	測定確度 ± (0.3% of 記録スパン)	ペンモデル 不感帯 0.2% of 記録スパン 打点モデル 分解能 0.1mm
	60mV		10 μV		
	200mV		100 μV		
	2V		1mV		
	6V		1mV		
	20V		10mV		
	50V		10mV		
	1-5V		1mV		

(1) 測定の誤差

測定の誤差は測定確度と表現し、2V レンジの場合の確度は以下の通りとなります。

測定確度：± (0.1 % of rdg + 2 digits)

rdg : reading (読み値)

digit(s) : 入力によらない一定の誤差。1 digit は、表示できる最小の値で

計測器 (μ R シリーズ) での分解能になり、2V レンジの場合 1 digit=0.001V(1mV) です。

計算例

2V レンジで 2V 測定時の測定確度を求めます。

$$\text{測定確度} = \pm (0.1\% \times 2V + 2 \times 0.001V)$$

$$= \pm \left(\frac{0.1}{100} \times 2V + 2 \times 0.001V \right)$$

$$= \pm 0.004V (\pm 4 \text{ digits})$$

(2) 記録の誤差

記録の誤差は記録確度と表現し、直流電圧の場合の確度は以下の通りとなります。

記録確度：測定確度± (0.3 % of 記録スパン)

記録スパン： μ R10000 では、100mm, μ R20000 では、180mm となります。

計算例

μ R10000, 2V レンジで測定スパン：0 ~ 2V, 記録幅：100mm に設定。2V 測定時の記録確度を求める。(2V 測定時の測定確度は、上記 a. 項での計算結果より± 0.004V)

$$\text{記録確度} = \text{測定確度} \pm (0.3\% \text{ of 記録スパン})$$

$$= \pm (\text{測定確度} + 0.3\% \text{ of 記録スパン})$$

$$= \pm \left(\frac{0.004V}{2V} \times 100\text{mm}^{*1} + \frac{0.3}{100} \times 100\text{mm}^{*2} \right)$$

$$= \pm 0.5\text{mm}$$

* 1 : 記録幅 (設定値)

* 2 : 記録スパン

(3) ディジタル表示の分解能

計測器では、入力信号をいったん A-D 変換器でディジタル信号に変換しているため、A-D 変換器の性能により分解能が決まります。分解能には表示分解能および測定分解能があり、直流電圧の場合は、 μ V または mV、温度の場合は°Cで表現します。 μ R シリーズの一般仕様書等で表現しているディジタル表示の分解能は、表示分解能になります。

2. リニアスケーリング時の測定確度

入力電圧を物理値に変換するためには、「リニアスケーリング」という演算処理を行ないます。例えば、1～5Vの入力電圧を0～100l/hという物理値に換算するために、リニアスケーリングを使用します。

リニアスケーリングを行なった場合の測定確度の算出方法ですが、1章で説明した測定確度を用い、下記の計算により求めることになります。

2-1. リニアスケーリング時の測定確度（一般式）

スケーリング時の測定確度 (digits) = 測定確度 (digits) × 拡大率 + 2 digits (小数点以下切り上げ)

ただし、拡大率 = スケーリングスパン (digits) / 測定スパン (digits)

DXAdvanced の計算例

1-5V レンジ (積分時間：16.7ms 以上), 測定スパン 1.000～5.000V, スケーリングスパン 0.000～2.000 の場合
入力が 5V のときの測定確度は次のとおりです。

$$\begin{aligned}\text{測定確度 (1-5V レンジ)} &= \pm (0.05\% \times 5V + 3 \text{ digits}) = \pm (0.0025V (3 \text{ digits}) + 3 \text{ digits}) \\ &= \pm 6 \text{ digits}\end{aligned}$$

$$\text{拡大率} = \{2000 \text{ digits (0.000～2.000)}\} / \{4000 \text{ digits (1.000～5.000)}\} = 0.5$$

したがって、

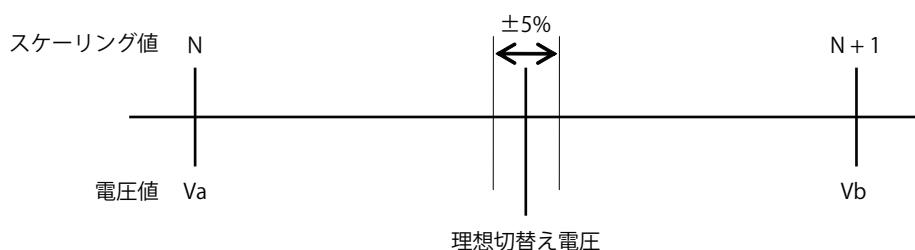
スケーリング時の測定確度 = $\pm (6 \times 0.5 + 2) \text{ digits} = \pm 5 \text{ digits}$ (小数点以下を切り上げ)

2-2. 拡大率が小さいときの測定確度

下記条件のスケーリング測定確度は、次のようにになります。

(1) 測定確度(digits) × 拡大率 < 0.05 の場合

スケーリング値が切り換わる理想の入力値の誤差範囲を、±5%と規定します。



DXAdvanced の計算例

1-5V レンジ (積分時間 : 16.7ms 以上), 測定スパン 1.000 ~ 5.000V, スケーリングスパン 0 ~ 20 の場合

入力が 5V のときの測定確度は次のとおりです (次ページ) 。

$$\begin{aligned}\text{測定確度 (1-5V レンジ) } &= \pm (0.05\% \times 5V + 3 \text{ digits}) = \pm (0.0025V (3 \text{ digits}) + 3 \\ &\quad \text{ digits}) \\ &= \pm 6 \text{ digits}\end{aligned}$$

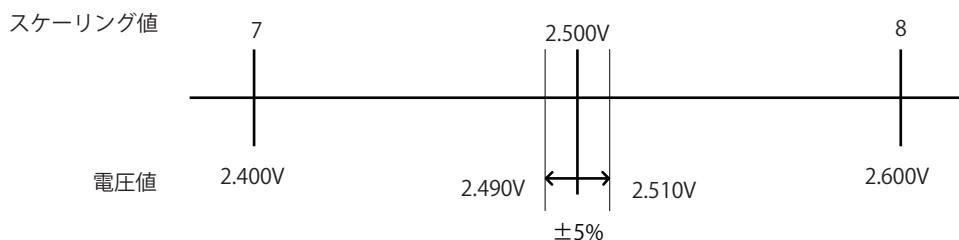
$$\begin{aligned}\text{拡大率} &= \{20 \text{ digits (0} \sim 20\}\} / \{4000 \text{ digits (1.000} \sim 5.000\}\} = 0.005 \\ 6 \text{ digits} \times 0.005 \text{ (拡大率)} &= 0.03\end{aligned}$$

測定確度 (digits) × 拡大率 < 0.05 なので, 確度は上記の規定に準じます。

スケーリング値が N から N+1 に切り替わる理想の電圧値に対し, N から N+1 にあたる電圧値の幅の ± 5% はグレーゾーンとなり, スケーリング結果は, N または N+1 のいずれかになります。

これが問題になる場合は, スケーリング値の桁数を増やしてください。

例)



2.490V ~ 2.510V 間のスケーリング値は, 7 または 8 のいずれかとなります

(2) $0.05 \leq \text{測定確度(digits)} \times \text{拡大率} < 0.5$ の場合

確度は ± 1 digit と規定します。

DXAdvanced の計算例

1-5V レンジ (積分時間 : 16.7ms 以上), 測定スパン 1.000 ~ 5.000V, スケーリングスパン 0.0 ~ 25.0 の場合

入力が 5V のときの測定確度は, 次のとおりです。

$$\begin{aligned}\text{測定確度 (1-5V レンジ) } &= \pm (0.05 \% \times 5V + 3 \text{ digits}) = \pm (0.0025V (3 \text{ digits}) + 3 \\ &\quad \text{ digits}) \\ &= \pm 6 \text{ digits}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{拡大率} &= \{250 \text{ digits (0.0} \sim 25.0\}\} / \{4000 \text{ digits (1.000} \sim 5.000\}\} = 0.0625 \\ 6 \text{ digits} \times 0.0625 \text{ (拡大率)} &= 0.375\end{aligned}$$

$0.05 \leq \text{測定確度 (digits)} \times \text{拡大率} < 0.5$ より, 確度は ± 1 digit となります。

3. マイナス温度測定時の基準接点補償確度について

3-1. 基準接点補償確度とは

熱電対は最も頻繁に利用されているセンサで、その素材も用途により多種に渡ります。熱電対は、2本の異種金属の一方の端を溶接し、他端の2端子から熱起電力を測定するものです。

熱電対の出力電圧は、両端の温度の影響を受けるので、熱電対を接続する測定器の端子部（基準接点）の温度を測定し、測定結果を基に演算補正することにより、測定対象の温度を特定します。このような操作を基準接点補償 (RJC : Reference Junction Compensation) と呼びます。

基準接点補償は、測定器自身が測定端子部の温度を自動測定する内部基準接点補償 (Internal RJC) と、測定器とセンサの間に温度定点を設置し、熱電対の測定端子部側の温度を固定する外部基準接点補償 (External RJC) の2種類があります。内部基準接点補償の場合、測定端子部の温度測定自体が測定確度を持つことになり、それが基準接点補償確度です。

3-2. マイナス温度測定時の基準接点補償確度について

横河電機の記録計（ここでは、 μ Rシリーズ、DAQSTATION DXシリーズおよびCXシリーズ、DAQMASTER MX/MWシリーズ、MVシリーズとします）の基準接点補償確度の仕様欄には、"0°C以上測定時" という但し書きがあり、 $\pm 1^\circ\text{C}$ 、 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ といった確度値が示されています。では、マイナス温度測定時の基準接点補償確度はどうなるのでしょうか？

一般的に、マイナス温度測定時は、基準接点補償確度値は大きく（悪く）なってしまいます。

（記録計機器本体がマイナス温度になるのではなく、測温対象がマイナス温度にある状態を述べています。記録計本体の使用温度範囲は、基本的に0～50°Cです。）

横河電機の記録計ではトランジスタを基準接点補償器としており、このトランジスタは測定器側の端子温度に応じて電圧を発生させます。この電圧と、実測定中の熱電対の電圧（熱起電力）から、基準接点が0°Cの場合の電圧（熱起電力）を算出し、それを使用している熱電対の基準熱起電力曲線に照らし合わせ、温度として出力します。

では、何故マイナス側では基準接点補償確度値は大きく（悪く）なってしまうのでしょうか？

熱起電力曲線と言うように、熱電対の温度と電圧の関係は、傾きが一定ではありません（詳細については専門書をご参照下さい）。一般的に熱電対は、プラス側に比べ、マイナス側の温度で温度変化に対して熱起電力の変化が小さくなります。記録計では、電圧を0°C基準の基準熱起電力にもとづいて温度に変換します。したがって、トランジスタの電圧誤差を温度に変換する際、一般的に、プラス側の温度誤差よりマイナス側の温度誤差の方が大きくなります。

以下に温度別の基準接点補償確度の一例を示します（対象温度が0°C未満の場合は仕様保証外となります）。

	K	E	J	T	L	U
23°C	± 0.5°C					
0°C	± 0.5°C					
-50°C	± 0.6°C	± 0.6°C	± 0.6°C	± 0.6°C	± 0.5°C	± 0.5°C
-100°C	± 0.7°C					
-150°C	± 0.9°C	± 0.9°C	± 0.8°C	± 0.9°C	± 0.7°C	± 1.0°C
-200°C	± 1.3°C	± 1.2°C	± 1.2°C	± 1.3°C	± 0.9°C	± 1.0°C

4. Log 入力の表示確度

横河電機の記録計では、Log 入力 (Log 表示) 機能を備えているモデルがあります（モデルにより特注仕様）。

Log 設定チャネルのデジタル値の表示確度を、取扱説明書に記述した内容よりも詳細に求める方法をまとめます。

4-1. デジタル値の表示確度の計算方法

表1 表示確度計算で使用する記号

入力		表示	
直流電圧	X	デジタル値 (測定値)	Y
スパン下限値	VL	スケーリング下限値	SL
スパン上限値	VU	スケーリング下限値	SU

(1) 入力電圧をデジタル値に変換する式

$$Y = 10^{(SU-SL) \times (X-VL) / (VU-VL) + SL}$$

(2) 入力電圧と最大誤差

入力電圧 X のときにとりうる値のマイナス側の最小電圧を Xm_err とし、プラス側の最大電圧を Xp_err とします。

$$Xm_{err} = X - (\text{電圧レンジの測定確度})$$

$$Xp_{err} = X + (\text{電圧レンジの測定確度})$$

(3) デジタル値 (表示値) のハードウェア誤差

入力電圧が Xm_err のときのデジタル値 (表示値) を Ym_derr とし、真のデジタル値 Y との差を、マイナス側のハードウェア誤差 Ym' とします。同様に、入力電圧が Xp_err のときのデジタル値 (表示値) を Yp_derr とし、真のデジタル値 Y との差を、プラス側のハードウェア誤差 Yp' とします。

$$Ym' = Y - Ym_{derr}$$

$$Yp' = Yp_{derr} - Y$$

(4) 仮数部の表示確度

下記の式により、ハードウェア誤差にソフトウェア誤差を加算して表示確度とします。

$$\text{表示確度 (マイナス側)} = -(Ym' \times 1.1 + 1 \text{ digit})$$

$$\text{表示確度 (プラス側)} = (Yp' \times 1.1 + 1 \text{ digit})$$

4-2. 表示確度の計算例（仮数部の表示桁数が3の場合）

以下の例では、DX1000G でのデジタル値（表示値）の確度を算出します。

表2 表示確度の計算例の測定条件

項目	条件
積分時間	16.7ms 以上
直流電圧スパン	6V レンジ 1.000 ~ 5.000V
スケーリングスパン	-2 ~ 3

(1) 入力電圧をデジタル値に変換する式

$$\begin{aligned}
 Y &= 10^{(SU - SL) \times (X - VL) / (VU - VL) + SL} \\
 &= 10^{(3 - (-2)) \times (X-1) / (5-1) + (-2)} \\
 &= 10^{(1.25 \times (X-1) - 2)}
 \end{aligned}$$

(2) 入力電圧に対する測定誤差

6V レンジの測定確度 = $\pm (0.05\% \text{ of rdg} + 3 \text{ digits})$
rdg とは入力電圧を電圧値で表した値です。

測定誤差が最も大きくなる、入力電圧が 5.000V の場合で計算します。
(1) に示す式に、5.000V を代入すると、結果は 1.000×10^3 となります。

測定確度： $\pm (0.05\% \times 5V + 3 \text{ digits}) = \pm (0.0025V(3 \text{ digits}) + 3 \text{ digits}) = \pm 6 \text{ digits}$
(求めた digits の小数点以下を切り上げ)
したがって、入力電圧 5.000 V に対して、とりうる電圧の範囲は、4.994V ~ 5.006V になります。

(3) マイナス側のLog表示

(1) 式にマイナス側の最小電圧 $Xm_{err} = 4.994V$ を代入します。
 $Ym_{derr} = 10^{(1.25 \times (4.994 - 1) - 2)} = 9.829 \times 10^2$
ハードウェア誤差： $10 - 9.829 = 0.171 = 18 \text{ digits}$ (小数点以下 3 桁を切り上げ)
ソフトウェア誤差の加算： $18 \text{ digits} \times 1.1 + 1 \text{ digit} = 20.8 \text{ digits}$
したがって、仮数部の表示確度は、小数点以下を切り上げて 21 digits となります。

(4) プラス側のLog表示

(1) 式にプラス側の最小電圧 $Xp_{err} = 5.006V$ を代入します。
 $Yp_{derr} = 10^{(1.25 \times (5.006 - 1) - 2)} = 1.0174 \times 10^3$
ハードウェア誤差： $1.0174 - 1.0 = 0.0174 = 1.8 \text{ digits}$ (小数点以下 4 桁を切り上げ)
ソフトウェア誤差の加算： $1.8 \text{ digits} \times 1.1 + 1 \text{ digit} = 2.98 \text{ digits}$
したがって、仮数部の表示確度は、小数点以下を切り上げて 3 digits となります。

(5) Log表記での確度

Log 表記での確度は、 $9.79 \times 10^2 \sim 1.03 \times 10^3$ となります。

4-3. Log 入力の表示分解能

測定条件によっては、Log 設定チャネルのディジタル値表示が最小分解能まで表示できないことがあります。これは、本機器の電圧測定の分解能によるものであり、異常ではありません。

Log 表示の仮数部の表示桁を 3 術にした場合に、仮数部に 0.01 分解能 (1.00 ~ 9.99) を出すために必要な 1decade あたりの電圧スパンを表 3-1, 表 3-2 に示します。表の値は、理論値であり計算時の丸め処理等により、全ての範囲で 0.01 分解能を得ることができるとは限りません。

(1) DX100, DX200, μ R10000, μ R20000

表3-1 1decadeあたりの電圧スパン (DX100, DX200, μ R10000, μ R20000)

レンジ	電圧スパン
20mV	2.31mV 以上
60mV	6.91mV 以上
200mV	23.1mV 以上
2V	0.231V 以上
6V	0.691V 以上
20V	2.31V 以上
50V	11.51V 以上

(2) DX1000, DX2000, DX1000G, DX1000N

表3-2 1decadeあたりの電圧スパン (DX1000, DX2000, DX1000G, DX1000N)

レンジ	電圧スパン
20mV	2.302mV 以上
60mV	6.91mV 以上
200mV	23.02mV 以上
2V	0.2302V 以上
6V	0.691V 以上
20V	2.302V 以上
50V	11.51V 以上

Log 表示の仮数部の表示桁を 2 術にした場合に、仮数部に 0.1 分解能 (1.0 ~ 9.9) を出すために必要な 1decade あたりの電圧スパンを表 4-1, 表 4-2 に示します。表の値は、理論値であり計算時の丸め処理等により、全ての範囲で 0.1 分解能を得ることができるとは限りません。

(3) DX100, DX200, μ R10000, μ R20000

表4-1 1decadeあたりの電圧スパン (DX100, DX200, μ R10000, μ R20000)

レンジ	電圧スパン
20mV	0.23mV 以上
60mV	0.69mV 以上
200mV	2.3mV 以上
2V	0.023V 以上
6V	0.069V 以上
20V	0.23V 以上
50V	1.15V 以上

(4) DX1000, DX2000, DX1000G, DX1000N

表4-2 1decadeあたりの電圧スパン (DX1000, DX2000, DX1000G, DX1000N)

レンジ	電圧スパン
20mV	0.230mV 以上
60mV	0.69mV 以上
200mV	2.30mV 以上
2V	0.0230V 以上
6V	0.069V 以上
20V	0.230V 以上
50V	1.15V 以上