

**工業標準化法 J N L A 制度における測定の不確かさの推定  
及び技能試験用試料開発に係る調査報告書  
(絶縁電線の導体抵抗測定試験)**

平成 1 7 年 3 月

**財団法人 電気安全環境研究所**



## 目 次

はじめに

1 . 調査実施計画.....	1
2 . 調査体制.....	2
3 . 調査概要.....	3
4 . 調査結果.....	3
4.1 均一性試料の調達.....	3
4.2 絶縁電線の導体抵抗測定の不確かさの推定.....	6
4.3 導体抵抗測定マニュアル.....	13
5 まとめ.....	13
附属書 A 引用文献.....	15
附属書 B 導体抵抗 ( JIS C 3005 : 2000 より抜粋 ) .....	16
附属書 C 測定結果.....	17
附属書 D 導体抵抗測定マニュアル ( ダブルブリッジを使用した導体抵抗 測定手順 ) .....	30
附属書 E 銅線の抵抗と温度との関係.....	36
附属書 F 用語の定義.....	37
附属書 G 導体抵抗測定の特性格要因図.....	38

## はじめに

本報告書は、(財)電気安全環境研究所(JET)が独立行政法人 製品評価技術基盤機構(NITE)から公募された「工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさの推定及び技能試験用試料開発に係る調査」の報告書であり、JIS C 3005:2000 による導体抵抗試験における測定の不確かさ及びその試料開発方法についての調査結果を報告するものである。

測定の不確かさを求めることについては、JIS Q 17025:2000(ISO/IEC 17025:1999)によりある一定の条件下において見積もりが必要となるが、同時に規定された測定方法に曖昧な部分がある場合には、マニュアル等により明確化することでその測定の不確かさをできるだけ小さいものにすることも重要である。

## 1. 調査実施計画

JNLA 制度における特定の試験項目（絶縁電線の導体抵抗測定試験）について、測定の不確かさの見積もり方法を検討する。さらに、試験所間等で実施する技能試験に必要なとなる均一性の高い試料の選定方法も含めて検討し、この調査を実施する。

### (1) 実施計画の内容

2 種類の絶縁電線を使用して、導体抵抗測定の不確かさの推定に大きく関わると思われる各種要因とその影響度合いを確認し、絶縁電線の導体抵抗測定試験( JIS C 3005 : 2000 の 4.4 項 ) における導体抵抗測定の不確かさを推定する手段を確立する。

### (2) 実施場所

財団法人 電気安全環境研究所 ( J E T ) 横浜事業所  
〒230-0004 神奈川県横浜市鶴見区元宮 1 丁目 1 2 番 3 0 号

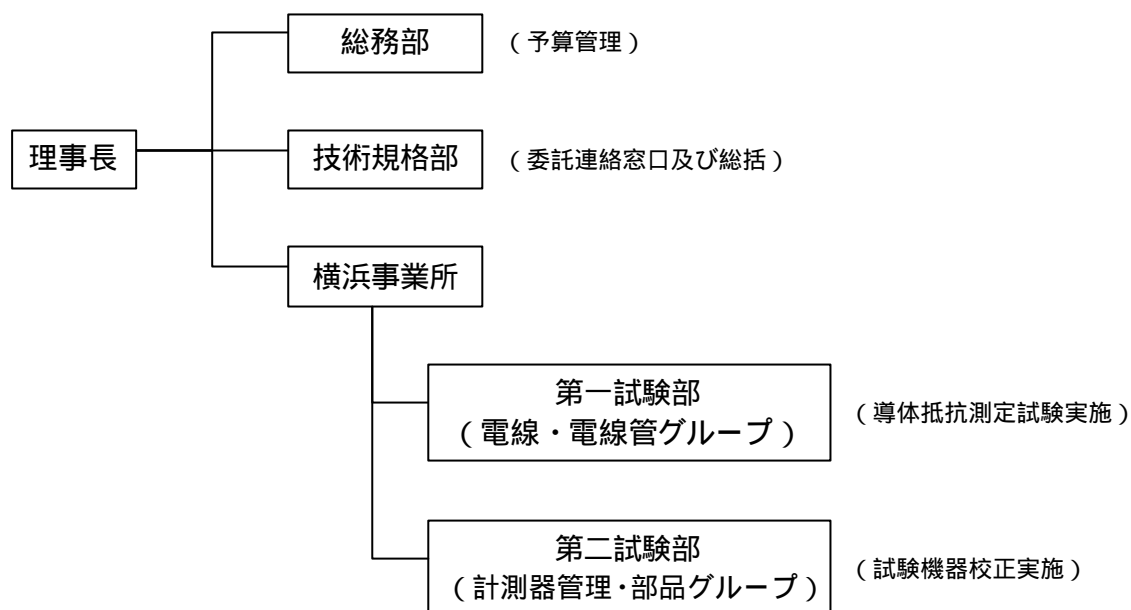
### (3) 実施日程

実施期間：平成 1 6 年 8 月 6 日から平成 1 7 年 3 月 2 5 日まで

作業内容	2004 年					2005 年		
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
試験詳細の検討	→							
試験品の手配及び 試験準備		→						
試験実施			→	→	→	→		
試験データの検証 及びまとめ					→	→	→	
報告書の作成							→	→

## 2. 調査体制

### (1) 調査組織及び管理体制



### (2) 調査者氏名及び役職名

- 佐藤政博 (主任調査員) : 技術規格部技術支援グループ GM
- 白井藤雄 (調査員) : 横浜事業所第一試験部電線・電線管グループ GM
- 安丸義久 (調査員) : 横浜事業所第一試験部電線・電線管グループ  
(事業所付き GM)
- 小林良次 (調査員) : 横浜事業所第二試験部計測器管理・部品グループ GM

### (3) 経理担当者氏名及び役職名

- 安川 浩 : 総務部経理・受託グループ GM

### 3. 調査概要

#### (1) 均一性試料の調達

導体抵抗測定に係る技能試験を実施する場合、均一性の高い試料を準備する必要がある。このため、実際に電線メーカーから供給される絶縁電線を用いて、どの程度の均一性があるかについてその使用の可否を調査した。

試料の均一性の確認に際しては、絶縁電線の導体抵抗測定における不確かさに影響すると思われる要素を抽出してその影響を検証するための測定を行った。

#### (2) 絶縁電線の導体抵抗測定試験の不確かさの推定

2種類の絶縁電線、1.2、1.6について、ダブルブリッジを用いる方法とデジタルマルチメータを用いる方法により測定した結果に基づいて、JIS C 3005:2000の4.4項に規定する導体抵抗測定における測定の不確かさを推定した。

#### (3) 導体抵抗測定マニュアル

導体抵抗の測定にあたっては、その測定の不確かさを見積もることも重要であるが、同時に、規定された測定方法(JIS C 3005:2000の4.4項)に含まれる曖昧な部分については、可能な限り明確化し、全体的な不確かさを小さくすることが重要であることから、測定における注意点等を含めたマニュアルを作成した。

### 4. 調査結果

本調査に使用する試料については、3社の電線(X社、Y社、Z社)の3種類の太さ(1.2、1.6、2.0)の絶縁電線(IV線)をそれぞれ300mの束を購入して、各束の端1mを除いた場所から1.3mの試料110本を連続的に採取し、これを順にn1からn110とした。

#### 4.1 均一性試料の調達

3社の電線メーカー(X社、Y社、Z社)の3種類の太さ(1.2、1.6、2.0)の絶縁電線(IV線)について調査を実施した。

均一性試料の確認については、はじめに3社3種類の20におけるばらつきを全体的にまたがる試料(n10、n20、n30、n40、n50、n60、n70、n80、n90、n100を1グループとする)を用いて行い、次に1社3種類の電線について、連続的な試料(n101からn110を1グループとする)を用いて行った。また、その他の測定についても全体的にまたがる試料を1グループとするものを用いた。

##### 4.1.1 測定の不確かさに影響する要素の確認

###### (1) 導体温度変化の確認

###### a) 試料

X、Y、Zの3社について、1.2、1.6、2.0の全体的にまたがる試料を使用した。

###### b) 前処理

被覆を剥かない状態の試料を30の恒温室において、24時間放置する。

###### c) 測定

試料を室温20に設定した測定場所に移し、導体に傷をつけないように被覆を

剥き、放置直後、1時間後、2時間後及び3時間後の導体抵抗を測定し、測定値の差異が無くなった時間を放置時間とした。導体抵抗の測定は、デジタルマルチメータを用いて行った。

#### d) 結果

3社3種類の90本の試料の時間とともに抵抗値がどの程度ばらつくかについて、附属書CのC1に示すように、試料を30の部屋から20に移動してすぐに測定すると、測定値は大きく外れるが、時間が経過すると測定値が安定し、3時間経過後に測定すると、標準偏差が0.082から0.169となり、この程度の時間で一定温度（全ての測定値が $\pm 3$ 内のばらつき）になることがわかった。

### (2) ダブルブリッジの電線の締め付け具合による影響

ダブルブリッジで導体抵抗を測定する際は、クランプ台へ取り付け際の締め付け状態によりどのような差異があるかについて検証した。

#### a) 試料

n1、n11、n21、n31、n41、n51、n61、n71、n81、n91のそれぞれ3社、3種類の導体径を用いた。

#### b) 前処理

被覆を剥かない状態の試料を20の恒温室において、24時間放置する。

#### c) 測定

20の室温において、通電電流は、ダブルブリッジの抵抗が焼損せず、測定精度を維持できる値として、1.2 = 0.40A、1.6 = 0.70A、2.0 = 1.10Aとする。

なみ締め：実験においては、再現性を確保するため、なみ締めは無負荷（金具の自重のみ）とした。

きつい締め：きつい締めは、500g分銅を金具に乗せ、接触状態をきつい条件とした。

#### d) 結果

附属書C.3に示すとおり、いずれの締め付け状態においても目立った変化は見られず、標準偏差で、0~0.048の範囲となっていることがわかった。

つまり、測定においては、確実にクランプに固定できれば、無視できる要素であると考えられる。

### (3) 導体のたるみによる影響

ダブルブリッジによる測定において、クランプ台に試料を固定したときの試料のたるみがどの程度のものであるかについて検証した。

#### a) 試料

試料は、X社のみで3種類の導体径について、n55、n65、n75、n85、n95の5つの試料を用いる。

#### b) 前処理

被覆を剥かない状態の試料を20の恒温室において、24時間放置する。



### c) 測定

20 の室温において、クランプ台に試料を取り付けた後、導体抵抗の測定を実施し、その後、導体についてのクランプ台の後から実測長を計り、導体抵抗値を換算した。

### d) 結果

附属書 C . 4 に示すようにたるみに対する標準偏差は、0.007 から 0.055 であるが、測定長が既知となれば、長さ換算を実施すれば、標準偏差は、0.005 から 0.0039 とばらつきを少なくすることができることがわかった。

## (4) 測定温度の変化による影響

### a) 試料

試料は、X 社のみで以下の 3 種類の測定温度とし、3 種類の導体径を用いた。

20 : n 4、n 14、n 24、n 34、n 44

10 : n 5、n 15、n 25、n 35、n 45

30 : n 6、n 6、n 26、n 36、n 46

### b) 前処理

被覆を剥かない状態の試料をそれぞれ 10 、 20 、 30 の恒温室において、24 時間放置した。

### c) 測定

10 、 20 、 30 それぞれの室温において測定した。10 及び 30 での測定値に換算係数を乗じて、20 時の測定値との差異を検証した。試料は、周囲温度と同一になるまで 3 時間放置した後に測定した。

### d) 結果

20 測定値と 10 、 30 換算値の平均値を比較したが、導体径が大きいと温度の影響を受けやすい。また、測定温度は、低いほうが 20 測定値に近い結果となった。

## (5) 使用測定器

計測機器等	定格
デジタルマルチメータ	10 $\mu$ ~ 1000M
温度計	0 ~ 50
直尺	1.0m

### 4.1.2 試料の均一性の確認

#### (1) 試料

a) X、Y、Z の 3 社について、1.2 、 1.6 、 2.0 の全体的にまたがる試料を使用した。

b) X 社の 1.2 、 1.6 、 2.0 について、連続的な試料を使用した。

## (2) 前処理

被覆を剥かない状態の試料を(1) a)については、20°Cの測定場所に、(1) b)については30°Cの測定場所に、3時間放置したものを使用した。

## (3) 測定

導体に傷をつけないように被覆を剥き、デジタルマルチメータを用いて試料の導体抵抗を測定した。なお、(1) a)については、20°C、(1) b)については30°Cの室温において実施した。

## (4) 結果

(1) a)については、附属書C. 1に示す結果となった。(1) b)については、附属書C. 2に示す通りである。前者については、3時間後の値のばらつきは、3σ内に入っており、後者は、1σ内に入っている。

### 4.2 絶縁電線の導体抵抗測定の不確かさの推定

一般的に導体抵抗を測定する場合、0.1~10<sup>6</sup>Ω程度の測定には、ホイートストンブリッジ、0.1Ω以下の測定には、ダブルブリッジがよく使われるが、簡易的に測定することができ、測定レンジの幅が広いデジタルマルチメータでの測定も増えてきているため、ここでは、導体抵抗の測定として、ダブルブリッジでの測定及びデジタルマルチメータによる測定について不確かさの推定を行った。

測定の条件は、次のとおりである。

#### ① 使用試料

1.2φ 及び 1.6φの2種類の絶縁電線(X社)を使用した。

#### ② 測定方法

測定は、ダブルブリッジ及びデジタルマルチメータの2種類の測定器で実施した。

#### ③ 実験モデル

導体抵抗の測定は、JIS C 3005: 2000の4.4項より次式で与えられ、20°Cにおける線長1kmに対する値に換算する。

$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{1000}{l}$$

ここで、 $R_{20}$  : 20°Cにおける1kmあたりに換算した導体抵抗値(Ω/km)

$R_t$  : t°Cでの測定値(Ω)。ただし、リード線の抵抗値を含む場合は、これを除いた値。

$K_t$  : 測定温度t度の値を20°Cに換算する温度換算係数

$l$  : 線長(m)

#### 4.2.1 ダブルブリッジ法

##### (1) 不確かさの要因

ダブルブリッジを用いた導体抵抗の測定における不確かさの要因は、主に次のものが考えられる。

#### ① 測定データ

繰り返し測定におけるばらつきに起因するものでタイプAとして評価した。

#### ② クランプ台

1 mの長さの試料を固定する台であり、電線が接触する部分が劣化していなければ、特に問題とならないが、クランプ台に試料をセットする際のばらつきがあるため、試験方法の影響としてタイプBとして評価した。

#### 検流計

ブリッジの平衡状態を確認するための計測器である。読み取りエラーに起因するばらつきは、繰り返し測定の影響と重複するものと考えて、今回は、無視できると判断した。

#### バッテリー

バッテリーが消耗すると、正確に測定することが出来ないため、測定を開始する前に、バッテリーチェックを必ず行うこととし、今回は、無視できると判断した。

#### 負荷装置

導体抵抗を測定するために微小電流を流すためのものであるため、今回は、無視できると判断した。

#### 温度計

導体抵抗は、抵抗値を 20 における km 換算したものであることから、温度は重要な要因であるため、温度計の不確かさの値をタイプBとして評価した。

#### ダブルブリッジ

本測定器は、計測器の不確かさの値をタイプBとして評価した。

不確かさの要因	概要	タイプ
繰り返し測定の影響 ( $R$ )	読み取り誤差を含む繰り返し測定に起因するもの	タイプA
測定器の影響 ( $INST$ )	ダブルブリッジがもつもの	タイプB
試験方法の影響 ( $INHER$ )	ダブルブリッジに試料をセットする際のもの	タイプB
温度の影響 ( $TEMP$ )	試験環境に起因するもの	タイプB

## (2) 繰り返し測定の影響

- 1) 試験環境：20.0～30.0、湿度：25～75%
- 2) 試験試料：各試料の1 m部分を測定 (n12)
- 3) 繰り返し回数：n = 5

X社 1.2				
回数	倍率	読取値 ( /m )	測定値 ( /m )	換算値 ( /km )
1	0.1	0.1566	0.01566	15.66
2		0.1568	0.01568	15.68
3		0.1568	0.01568	15.68
4		0.1567	0.01567	15.67
5		0.1568	0.01568	15.68
			平均値	15.674

標準偏差	0.00894
------	---------

温度 20.0 湿度 33%

X社 1.6				
回数	倍率	読取値 ( /m )	測定値 ( /m )	換算値 ( /km )
1	0.01	0.8772	0.008772	8.772
2		0.8763	0.008763	8.763
3		0.8771	0.008771	8.771
4		0.8765	0.008765	8.765
5		0.8765	0.008765	8.765
平均値				8.7672
標準偏差				0.00402

温度 20.0 湿度 33%

X社 1.2 の標準不確かさは、 $u_{R1.2} = 0.00894$

X社 1.6 の標準不確かさは、 $u_{R1.6} = 0.00402$

### (3) 測定器の影響

今回使用したダブルブリッジは、次の条件において、所内校正証明書より、レンジ 0.1 及び 0.01 の時の不確かさが  $\pm 0.02\%$  とあるため、読取値が一律にばらついていると判断した。

#### 1) 使用環境条件

室 温：25  $\pm$  5  
 相対湿度：25% ~ 75%  
 気 圧：1010hPa  $\pm$  10hPa  
 風 速：0.1m/h 以下

#### 2) 標準不確かさ

$$\begin{aligned} u_{INST1.2} &= 0.015674 \times 0.0002 \times 1000 \div \sqrt{3} \\ &= 0.00181 \\ u_{INST1.6} &= 0.008765 \times 0.0002 \times 1000 \div \sqrt{3} \\ &= 0.001012 \end{aligned}$$

### (3) 試験方法の影響

試験方法の影響として、クランプ台に試料を固定する際のばらつきとして、過去の繰り返し実験の結果を考慮した。

$$\begin{aligned} u_{INHER1.2} &= 0.0577 \\ u_{INHER1.6} &= 0.0173 \end{aligned}$$

### (4) 温度の影響

今回使用した温度計は、次の条件において、所内校正証明書より、20 における不

確かさが 0.647 とあるため、読取値が一律にばらついていると判断して抵抗値換算して求める。

$$u_{\text{TEMP}} = 0.00508 \div \quad = 0.00293$$

**(5) 合成不確かさ**

$$u_{1.2}(m_x) = (u_{R1.2}^2 + u_{\text{INST}}^2 + u_{\text{INHER}}^2 + u_{\text{TEMP}}^2)$$

$$= 0.05849 \quad /\text{km}$$

$$u_{1.6}(m_x) = (u_{R1.6}^2 + u_{\text{INST}}^2 + u_{\text{INHER}}^2 + u_{\text{TEMP}}^2)$$

$$= 0.01803 \quad /\text{km}$$

**(6) 拡張不確かさ**

包含係数を  $k = 2$  とする。

$$U_{1.2} = k \times u_{1.2}(m_x) = 2 \times 0.05849 = 0.11698$$

$$0.117 \quad /\text{km}$$

$$U_{1.6} = k \times u_{1.6}(m_x) = 2 \times 0.01803 = 0.036058$$

$$0.0361 \quad /\text{km}$$

**(7) 最終結果**

X社 1.2 の導体抵抗は、15.674 ( / km )  $\pm$  0.117 ( / km ) であった。

拡張不確かさは、標準不確かさに包含係数  $k = 2$  を掛けた値に基づいており、信頼水準は 95% である。

X社 1.6 の導体抵抗は、8.7672 ( / km )  $\pm$  0.0361 ( / km ) であった。

拡張不確かさは、標準不確かさに包含係数  $k = 2$  を掛けた値に基づいており、信頼水準は 95% である。

## A 2 . 1 . 8 バジェットシート

不確かさの要因	タイプ	分布の形	分布係数	標準不確かさ
繰り返し測定の影響 ( $R$ )	A	正規	$k = 1$	0.00894/0.00402
測定器の影響 ( $INST$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.00181/0.001012
試験方法の影響 ( $INHER$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.0577/0.0173
試験環境の影響 ( $TEMP$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.00293
合成不確かさ				0.05849/0.01803
包含係数				$k = 2$
拡張不確かさ				0.117/0.0361

### 4.2.2 デジタルマルチメータ法

#### (1) 不確かさの要因

デジタルマルチメータを用いた導体抵抗の測定における不確かさの要因は、主に次のものが考えられる。

測定データ

繰り返し測定におけるばらつきに起因するものでタイプAとして評価した。

デジタルマルチメータ

本測定器は、計測器の不確かさの値をタイプBとして評価した。

試験方法によるもの

試料の1mの部分測定するもの及びクリップの接触抵抗によるものとして、過去の繰り返し測定の試験結果を利用してタイプBとして評価した。

温度計

導体抵抗は、抵抗値を20におけるkm換算したものであるため、温度は重要な要因であるため、温度計の不確かさの値をタイプBとして評価した。

不確かさの要因	概要	タイプ
繰り返し測定の影響 ( $R$ )	読み取り誤差を含む繰り返し測定に起因するもの	タイプA
測定器の影響 ( $INST$ )	デジタルマルチメータがもつもの	タイプB
試験方法の影響 ( $INHER$ )	測定する際に起因するもの	タイプB
試験環境の影響 ( $TEMP$ )	試験環境に起因するもの	タイプB

#### (2) 繰り返し測定によるもの

- 1) 試験環境：20.0～30.0、湿度：25～75%
- 2) 試験試料：各試料の1m部分を測定 (n13)
- 3) 繰り返し回数：n = 5

X社、1.2		
回数	測定値 ( /m )	換算値 ( / km )
1	0.01563	15.63
2	0.01573	15.73
3	0.01564	15.64
4	0.01552	15.52
5	0.01567	15.67
平均値		15.64
標準偏差		0.07662

温度 20.0 湿度 33%

X社、1.6		
回数	測定値 ( /m )	測定値 ( /m )
1	0.00866	0.00866
2	0.00870	0.00870
3	0.00858	0.00858
4	0.00868	0.00868
5	0.00867	0.00867
平均値		8.658
標準偏差		0.04598

温度 20.0 湿度 33%

X社 1.2 の標準不確かさは、 $u_{R1.2} = 0.07662$

X社 1.6 の標準不確かさは、 $u_{R1.6} = 0.04598$

### (3) 測定器の影響

今回使用したデジタルマルチメータは、次の条件において、所内校正証明書より、不確かさが±0.2%とあるため、読取値が一律にばらついていると判断した。

#### 1) 使用環境条件

室 温：25 ±5  
 相対湿度：25% ~ 75%  
 気 圧：1010hPa± 10hPa  
 風 速：0.1m/h 以下

#### 2) 標準不確かさ

$$u_{INST} = 0.002 \div 2 \div \sqrt{3} = 0.001157$$

### (4) 試験方法の影響

試験方法の影響として、1 mの箇所での測定及びクリップ接触抵抗等のばらつきとして、過去の繰り返しデータより読み取り値の±1%の不確かさを利用した。

$$u_{INHER} = 0.01 \div 2 \div \sqrt{3} = 0.002887$$

**(5) 温度の影響**

今回使用した温度計は、次の条件において、所内校正証明書より、20 における不確かさが 0.647 とあるため、読取値が一律にばらついていると判断した。

$$u_{TEMP} = 0.00508 \div \sqrt{3} = 0.00293$$

**(6) 合成不確かさ**

$$u_{1.2}(m_x) = (u_{R1.2}^2 + u_{INST}^2 + u_{INHER}^2 + u_{TEMP}^2)^{1/2} \\ = 0.076739 \quad /km$$

$$u_{1.6}(m_x) = (u_{R1.6}^2 + u_{INST}^2 + u_{INHER}^2 + u_{TEMP}^2)^{1/2} \\ = 0.046178 \quad /km$$

**(7) 拡張不確かさ**

包含係数を  $k = 2$  とする。

$$U_{1.2} = k \times u_{1.2}(m_x) = 2 \times 0.076739 = 0.153478 \\ 0.153 \quad /km$$

$$U_{1.6} = k \times u_{1.6}(m_x) = 2 \times 0.046178 = 0.092356 \\ 0.0924 \quad /km$$

**(8) 最終結果**

X社 1.2 の導体抵抗は、15.64 ( / km ) ± 0.153 ( / km ) であった。

拡張不確かさは、標準不確かさに包含係数  $k = 2$  を掛けた値に基づいており、信頼水準は 95% である。

X社 1.6 の導体抵抗は、8.658 ( / km ) ± 0.0924 ( / km ) であった。

拡張不確かさは、標準不確かさに包含係数  $k = 2$  を掛けた値に基づいており、信頼水準は 95% である。

**(9) バジェットシート**

不確かさの要因	タイプ	分布の形	分布係数	標準不確かさ
繰り返し測定の影響 ( $R$ )	A	正規	$k = 1$	0.07662/0.04598
測定器の影響 ( $INST$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.0001157
試験方法の影響 ( $INHER$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.002887
試験環境の影響 ( $TEMP$ )	B	矩形	$k = \sqrt{3}$	0.00293
			合成不確かさ	0.076739/0.046178
			包含係数	$k = 2$
			拡張不確かさ	0.153/0.0924



### 4.3 導体抵抗測定マニュアル

ダブルブリッジによる導体抵抗測定についてのマニュアルを附属書Dのように作成した。この測定においては、ブリッジの平衡状態における接触抵抗を考慮しなくてもよいが、各ターミナルの締め付け具合、試料に流す電流等についての注意が必要なためである。

## 5 まとめ

今回の調査は、電線の導体抵抗測定における不確かさの推定をどのように実施するか、並びに当該測定について、試験所間で実施する技能試験のための試料の調達をどのようにするかについて実施したが、その結果、次の事項について特筆する必要がある。

### (1) 試料の調達

技能試験を実施するにあたっては、試料の調達をどのように行うかが問題である。

電線には、より線、単線があるが、後者を使用した理由は、より線を使用した場合に、不確かさに影響を与える要素がさらに増え、単純化したモデルとしては、後者のほうが理解しやすいと判断したためである。

また、一般的に使用されるサイズの中から1.2、1.6及び2.0の、通常のルートを使って電材店から購入した一束300mの電線の束を技能試験用試料として使用することが十分可能であることが、今回のデータで裏付けられた。

試験試料は、1束の連続的なものと全体にまたがるものとのを使用し、この測定を実施したが、測定温度の違いはあるものの、連続的なものが全体にまたがるものよりもばらつきが少ないことが確認された。

今回は、デジタルマルチメータのみによる測定を実施したが、実際に均一性試験を行って技能試験参加試験所に配布する場合は、より高精度の測定が必要になる。この場合、ダブルブリッジによる測定が考えられるが、ブリッジによる測定は試料をクランプ部分により試料を傷つけてしまうため、均一性試験においては、1mの試料として試験するのではなく、例えば、2mの測定を行って、試料配布時に規定の長さに切断し傷ついた部分を排除してより均一性の高い試料を配布する必要がある。

### (2) 不確かさの推定

#### A トレーサビリティの課題

今回ダブルブリッジ、デジタルマルチメータのいずれによる測定においても測定計器の校正の不確かさに関する情報が上位校正機関から値付けが得られなかったため、当所の校正室が値付けしているものを採用した。この値が上位校正機関から得られる場合には、その値を利用することも可能である。

#### B 試料の選定

試料は、1.2と1.6を使用した。これは、一般的に使用されるサイズの中で比較的細いものと太いものを採用したためにこのサイズとなった。また、より線、単線がある中で後者を使用した理由は、より線を使用した場合に、不確かさに影響を与える要素がさらに増え、単純化したモデルとしては、後者のほうが理解しやすいと判断したためである。

### **C 不確かさ推定に影響する主たる要素**

不確かさの値に影響する主な要素としては、電線のたるみによる影響、接触抵抗の影響(特にデジタルマルチメータによる方法)及び温度の影響が考えられる。従って、試験時に、これらに関する確認が重要となる。

### **D 導体抵抗測定長さ換算法と不確かさ**

今回の測定は、JISの規定上から試料の長さを少なくとも1mと規定していることから、その長さで測定を実施したが、より精度の高い測定を実施するためには、試料の長さを十分長いものとする 것도重要である。

また、電線の導体抵抗測定の不確かさの推定においては、1mの長さの電線に対する測定値の不確かさをそのまま1kmのものとして出しているが、実際は、この間の相関性をデータとしてとる必要があり、さもなければ、1mの長さの測定値に対する不確かさを単に換算したものであることを明記する必要がある。

### **E 導体抵抗測定温度換算と不確かさ**

測定温度による影響について、附属書C.5に示す結果の通り、温度換算を行ったものが、水平とならず傾きを示している。従って20℃への温度換算をすると、測定精度が悪くなることが確認された。

### **F 測定方法による不確かさへの影響**

4.3) 不確かさの推定においては、ダブルブリッジによる測定の方が、マルチメータによるものよりも不確かさを小さく抑えることができることが確認された。

## 附属書 A 引用文献

- ・ 計測における不確かさの表現のガイド 日本規格協会
- ・ JIS C 3005 : 2000 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法
- ・ JIS Z 9021 : 1998 シューハート管理図
- ・ IEC-CTL GUIDE 001 : 2004 Application of Uncertainty of Measurement to Conformity Assessment Activities in the Electrotechnical Sector

## 附属書 B 導体抵抗

### ( JIS C 3005 : 2000 より抜粋 )

4.4 導体抵抗 導体抵抗は、図B1のホイートストンブリッジ法などの手法によって完成品全長又は少なくとも1 m長の電線で測定し、次の式で20 度のときの線長1 km に対する値に換算する。

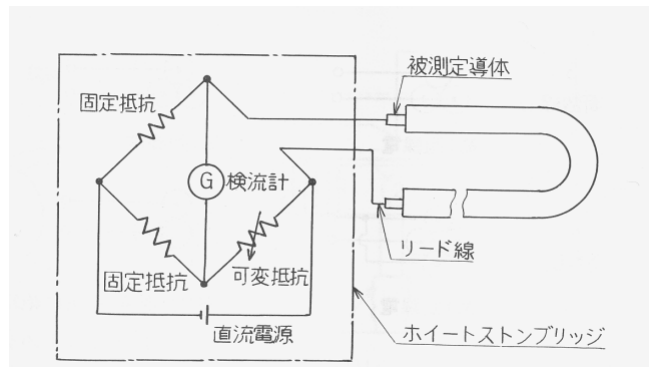
$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{1000}{l}$$

ここで、 $R_{20}$ : 20 における1 km あたりに換算した導体抵抗値( / km)

$R_t$  :  $t$  での測定値( )。ただし、リード線の抵抗値を含む場合は、これを除いた値。

$K_t$  : 測定温度  $t$ 度の値を 20 に換算する温度換算係数

$l$  : 線長 ( m )



図B1 ホイートストンブリッジ法

表B1 導体抵抗温度換算係数表(標準温度 20 )

温度 (t)	銅 (K <sub>t</sub> )	アルミニウム (K <sub>t</sub> )	温度 (t)	銅 (K <sub>t</sub> )	アルミニウム (K <sub>t</sub> )	温度 (t)	銅 (K <sub>t</sub> )	アルミニウム (K <sub>t</sub> )
0	1.085	1.087	14	1.024	1.025	28	0.970	0.969
1	1.081	1.082	15	1.020	1.020	29	0.966	0.965
2	1.076	1.078	16	1.016	1.016	30	0.962	0.962
3	1.072	1.073	17	1.012	1.012	31	0.959	0.958
4	1.067	1.068	18	1.008	1.008	32	0.955	0.954
5	1.063	1.064	19	1.004	1.004	33	0.951	0.951
6	1.058	1.059	20	1.000	1.000	34	0.948	0.947
7	1.054	1.055	21	0.996	0.996	35	0.944	0.943
8	1.050	1.050	22	0.992	0.992	36	0.941	0.939
9	1.045	1.046	23	0.988	0.988	37	0.937	0.936
10	1.041	1.042	24	0.985	0.984	38	0.934	0.932
11	1.037	1.037	25	0.981	0.980	39	0.931	0.929
12	1.033	1.033	26	0.977	0.977	40	0.927	0.925
13	1.028	1.029	27	0.973	0.973			

## 附属書 C 測定結果

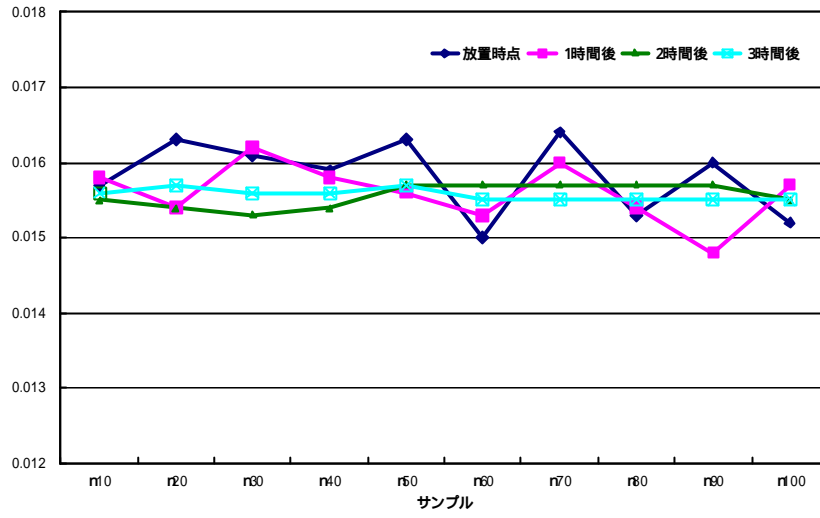
### C.1 時間経過

サンプル	X社 1.2				X社 1.6				X社 2.0			
	測定値 (m)				測定値 (m)				測定値 (m)			
	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後
r10	0.0157	0.0158	0.0155	0.0156	0.0093	0.0083	0.0088	0.0088	0.0062	0.0053	0.0055	0.0054
r20	0.0163	0.0154	0.0154	0.0157	0.0094	0.0085	0.0084	0.0089	0.0056	0.0065	0.0054	0.0056
r30	0.0161	0.0162	0.0153	0.0156	0.0085	0.0087	0.0090	0.0089	0.0056	0.0070	0.0055	0.0055
r40	0.0159	0.0158	0.0154	0.0156	0.0098	0.0090	0.0086	0.0088	0.0058	0.0061	0.0051	0.0055
r50	0.0163	0.0156	0.0157	0.0157	0.0088	0.0093	0.0088	0.0087	0.0053	0.0058	0.0054	0.0055
r60	0.0150	0.0153	0.0157	0.0155	0.0088	0.0081	0.0088	0.0089	0.0053	0.0065	0.0056	0.0056
r70	0.0164	0.0160	0.0157	0.0155	0.0090	0.0092	0.0089	0.0088	0.0063	0.0064	0.0056	0.0054
r80	0.0153	0.0154	0.0157	0.0155	0.0083	0.0095	0.0088	0.0088	0.0063	0.0060	0.0053	0.0056
r90	0.0160	0.0148	0.0157	0.0155	0.0087	0.0082	0.0085	0.0087	0.0057	0.0057	0.0052	0.0056
m100	0.0152	0.0157	0.0155	0.0155	0.0082	0.0099	0.0087	0.0087	0.0052	0.0053	0.0059	0.0053
最大値	0.0164	0.0162	0.0157	0.0157	0.0098	0.0099	0.0090	0.0089	0.0063	0.0070	0.0059	0.0056
最小値	0.0150	0.0148	0.0153	0.0155	0.0082	0.0081	0.0084	0.0087	0.0052	0.0053	0.0051	0.0053
平均値	0.01582	0.01560	0.01556	0.01557	0.00888	0.00887	0.00873	0.00880	0.00573	0.00606	0.00545	0.00550
標準偏差	0.00050	0.00040	0.00016	0.00008	0.00051	0.00061	0.00018	0.00008	0.00042	0.00055	0.00023	0.00011

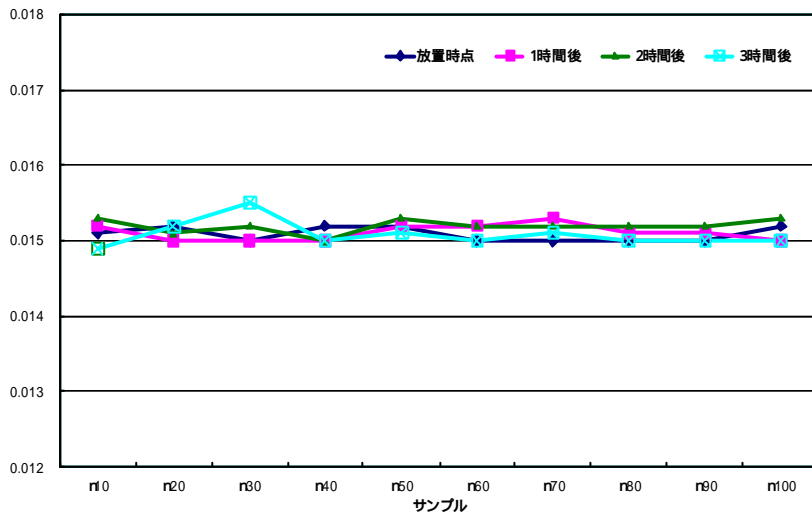
サンプル	Y社 1.2				Y社 1.6				Y社 2.0			
	測定値 (m)				測定値 (m)				測定値 (m)			
	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後
r10	0.0151	0.0152	0.0153	0.0149	0.0082	0.0087	0.0086	0.0085	0.0054	0.0055	0.0056	0.0056
r20	0.0152	0.0150	0.0151	0.0152	0.0083	0.0084	0.0087	0.0088	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055
r30	0.0150	0.0150	0.0152	0.0155	0.0088	0.0083	0.0087	0.0085	0.0058	0.0056	0.0054	0.0054
r40	0.0152	0.0150	0.0150	0.0150	0.0082	0.0086	0.0086	0.0084	0.0052	0.0055	0.0055	0.0053
r50	0.0152	0.0152	0.0153	0.0151	0.0087	0.0085	0.0086	0.0086	0.0052	0.0055	0.0055	0.0054
r60	0.0150	0.0152	0.0152	0.0150	0.0082	0.0088	0.0086	0.0085	0.0053	0.0056	0.0056	0.0054
r70	0.0150	0.0153	0.0152	0.0151	0.0087	0.0085	0.0085	0.0086	0.0055	0.0055	0.0056	0.0056
r80	0.0150	0.0151	0.0152	0.0150	0.0084	0.0087	0.0086	0.0086	0.0052	0.0053	0.0055	0.0053
r90	0.0150	0.0151	0.0152	0.0150	0.0085	0.0087	0.0086	0.0084	0.0058	0.0053	0.0056	0.0055
m100	0.0152	0.0150	0.0153	0.0150	0.0085	0.0086	0.0084	0.0086	0.0058	0.0055	0.0056	0.0055
最大値	0.0152	0.0153	0.0153	0.0155	0.0088	0.0088	0.0087	0.0088	0.0058	0.0056	0.0056	0.0056
最小値	0.0150	0.0150	0.0150	0.0149	0.0082	0.0083	0.0084	0.0084	0.0052	0.0053	0.0054	0.0053
平均値	0.01509	0.01511	0.01520	0.01508	0.00845	0.00858	0.00859	0.00855	0.00547	0.00548	0.00554	0.00545
標準偏差	0.00010	0.00011	0.00009	0.00017	0.00023	0.00015	0.00009	0.00012	0.00025	0.00010	0.00007	0.00011

サンプル	Z社 1.2				Z社 1.6				Z社 2.0			
	測定値 (m)				測定値 (m)				測定値 (m)			
	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後	放置時点	1時間後	2時間後	3時間後
r10	0.0149	0.0155	0.0154	0.0154	0.0088	0.0088	0.0083	0.0084	0.0062	0.0057	0.0055	0.0053
r20	0.0158	0.0157	0.0155	0.0154	0.0098	0.0087	0.0087	0.0087	0.0047	0.0054	0.0053	0.0055
r30	0.0160	0.0151	0.0154	0.0155	0.0094	0.0088	0.0085	0.0086	0.0052	0.0056	0.0056	0.0054
r40	0.0156	0.0151	0.0156	0.0156	0.0093	0.0087	0.0086	0.0083	0.0063	0.0056	0.0056	0.0055
r50	0.0160	0.0153	0.0155	0.0155	0.0089	0.0086	0.0086	0.0087	0.0072	0.0052	0.0055	0.0056
r60	0.0157	0.0156	0.0156	0.0156	0.0086	0.0088	0.0085	0.0088	0.0062	0.0052	0.0055	0.0055
r70	0.0152	0.0154	0.0154	0.0154	0.0086	0.0085	0.0082	0.0088	0.0055	0.0054	0.0056	0.0054
r80	0.0158	0.0153	0.0155	0.0153	0.0086	0.0088	0.0083	0.0085	0.0064	0.0059	0.0053	0.0056
r90	0.0163	0.0158	0.0154	0.0153	0.0080	0.0085	0.0086	0.0087	0.0063	0.0056	0.0056	0.0055
m100	0.0160	0.0153	0.0153	0.0154	0.0098	0.0090	0.0086	0.0086	0.0064	0.0056	0.0055	0.0056
最大値	0.0163	0.0158	0.0156	0.0156	0.0098	0.0090	0.0087	0.0088	0.0072	0.0059	0.0056	0.0056
最小値	0.0149	0.0151	0.0153	0.0153	0.0056	0.0085	0.0082	0.0083	0.0047	0.0052	0.0053	0.0053
平均値	0.01573	0.01541	0.01546	0.01544	0.00868	0.00872	0.00849	0.00861	0.00604	0.00552	0.00550	0.00549
標準偏差	0.00041	0.00024	0.00010	0.00011	0.00122	0.00015	0.00017	0.00017	0.00071	0.00022	0.00012	0.00010

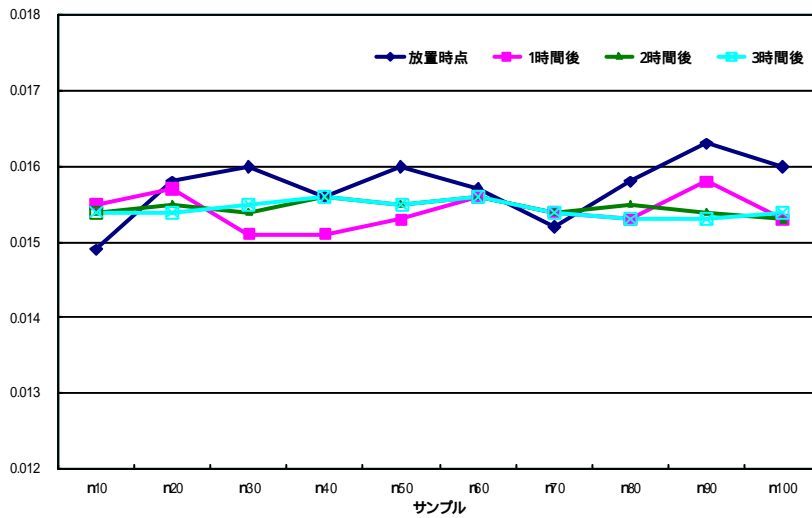
X社  
1.2



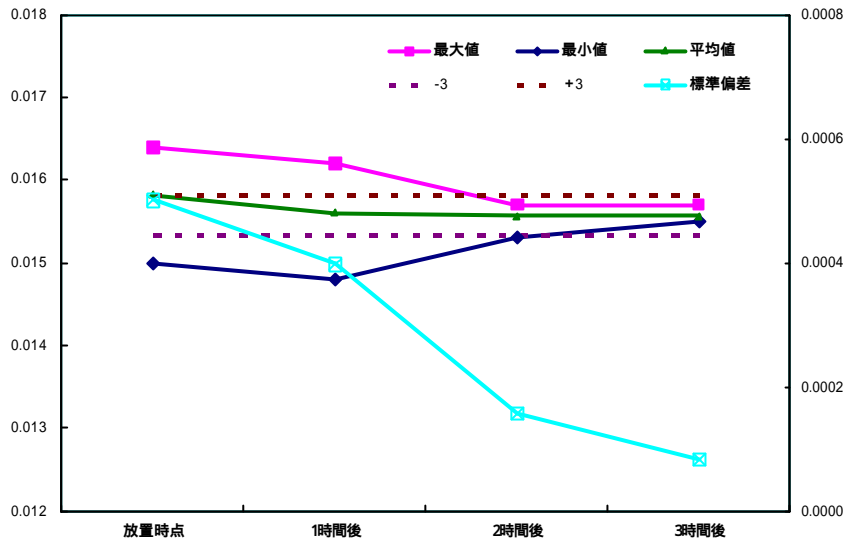
Y社  
1.2



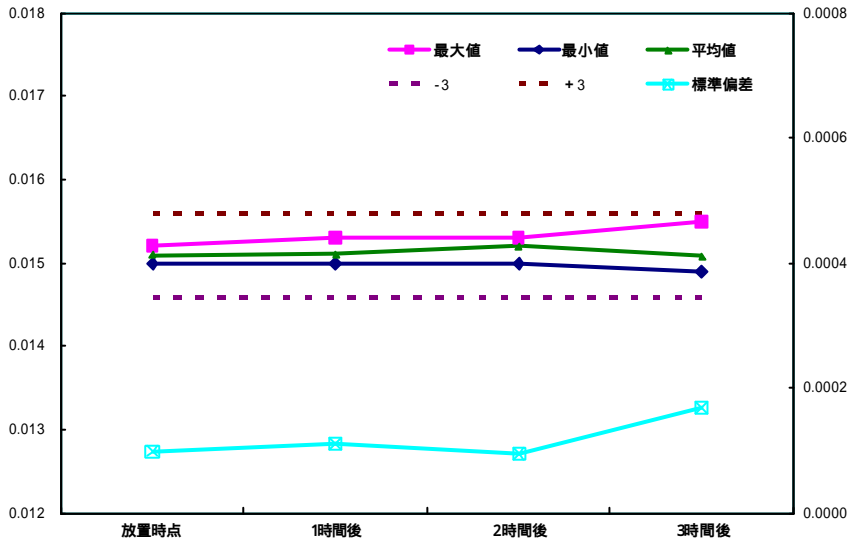
Z社  
1.2



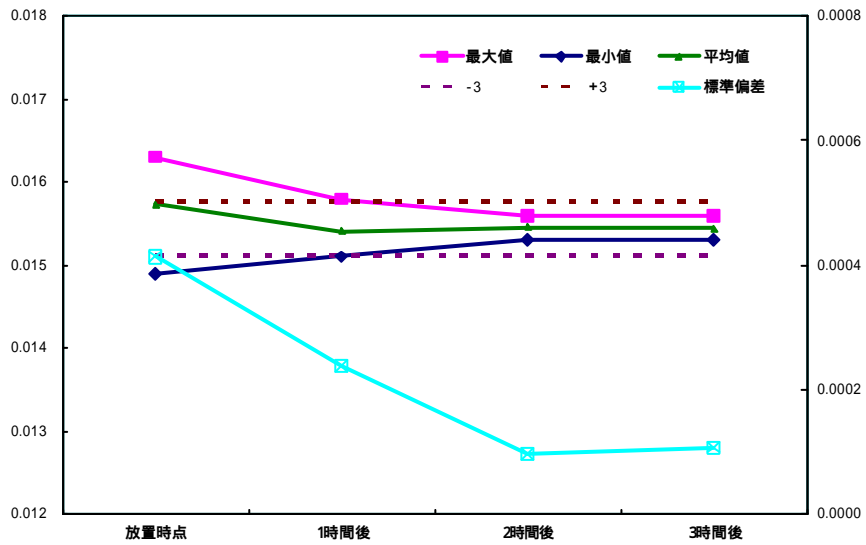
X社  
1.2



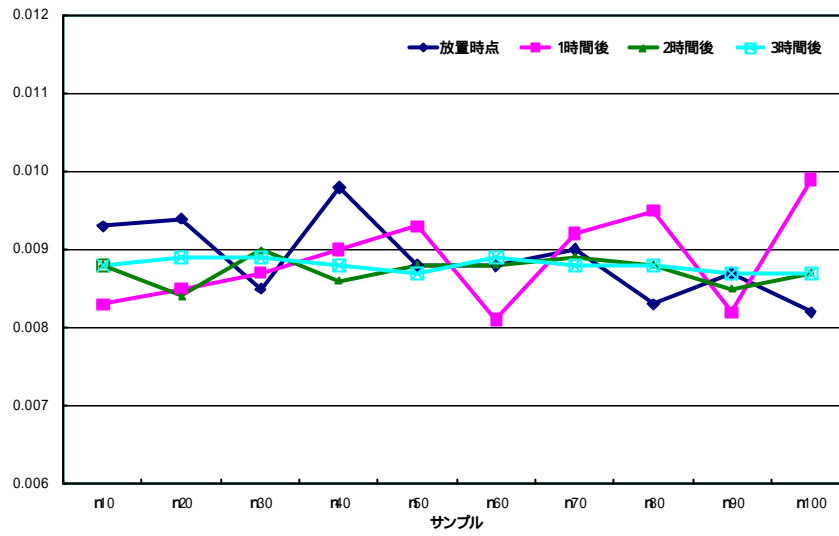
Y社  
1.2



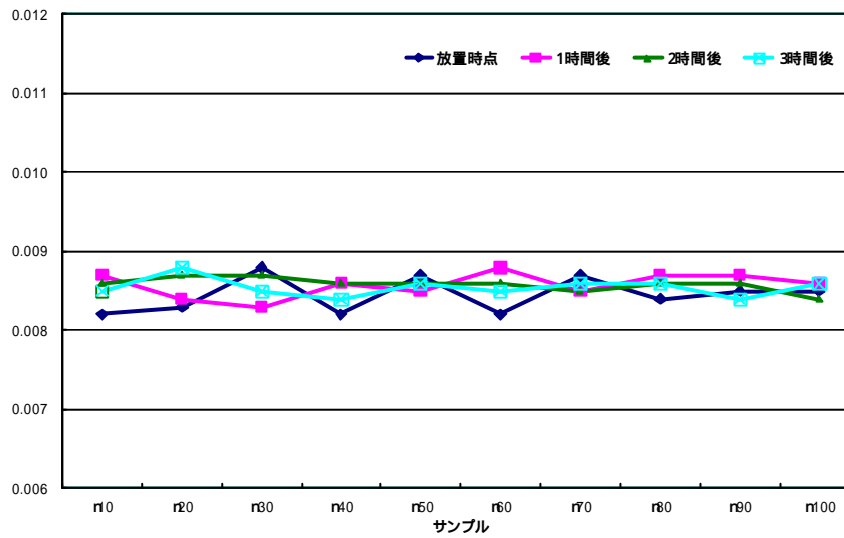
Z社  
1.2



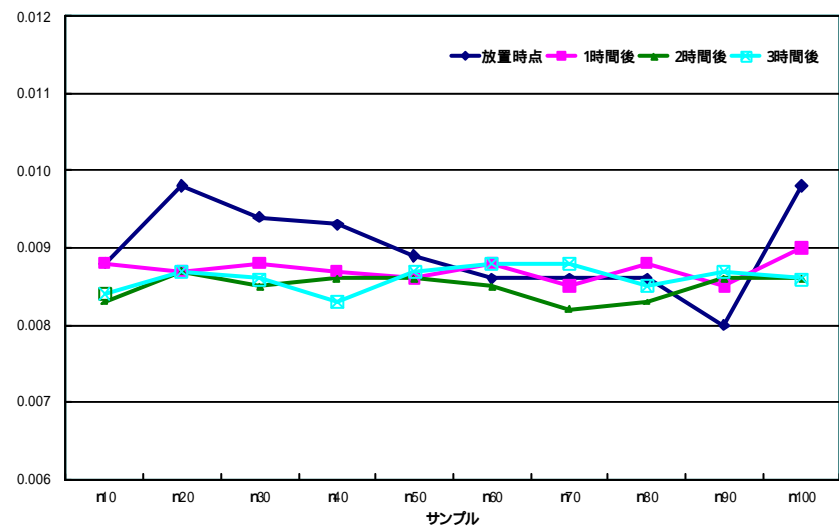
X社  
1.6



Y社  
1.6

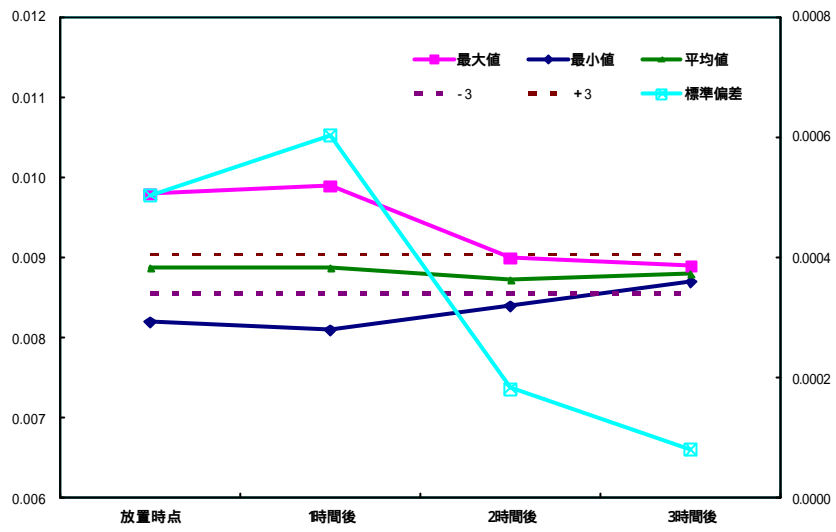


Z社  
1.6

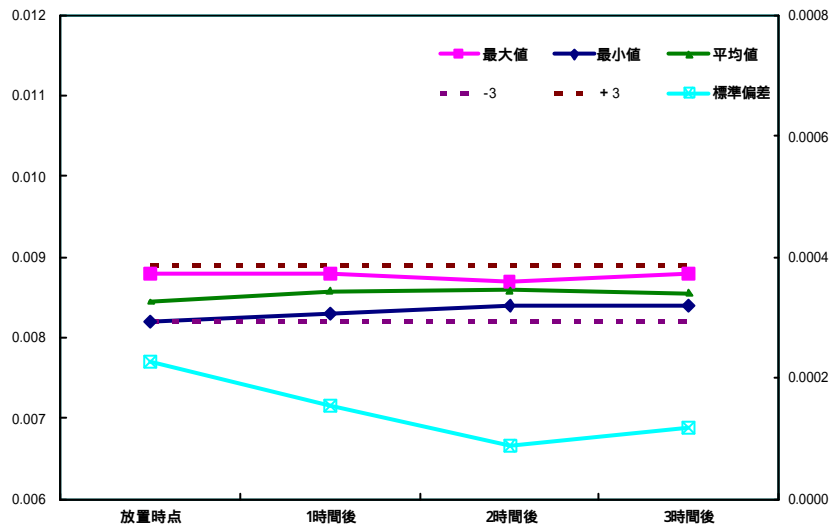




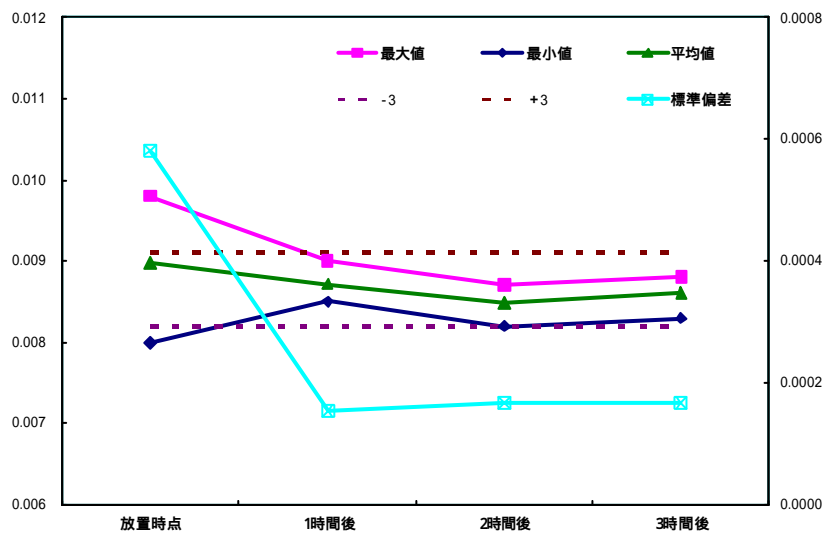
X社  
1.6



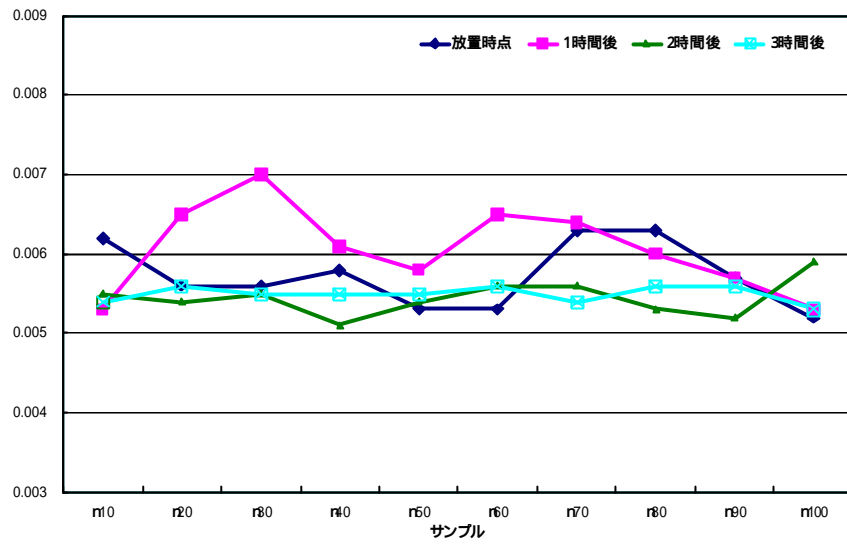
Y社  
1.6



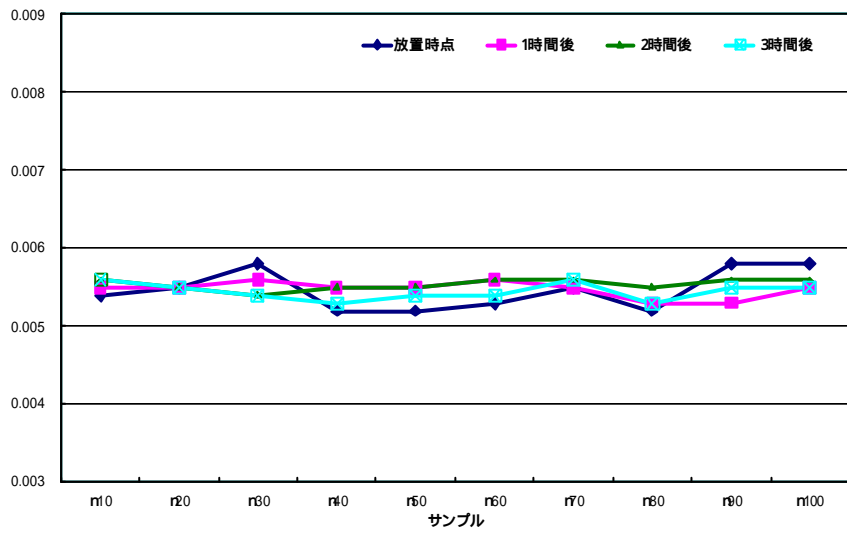
Z社  
1.6



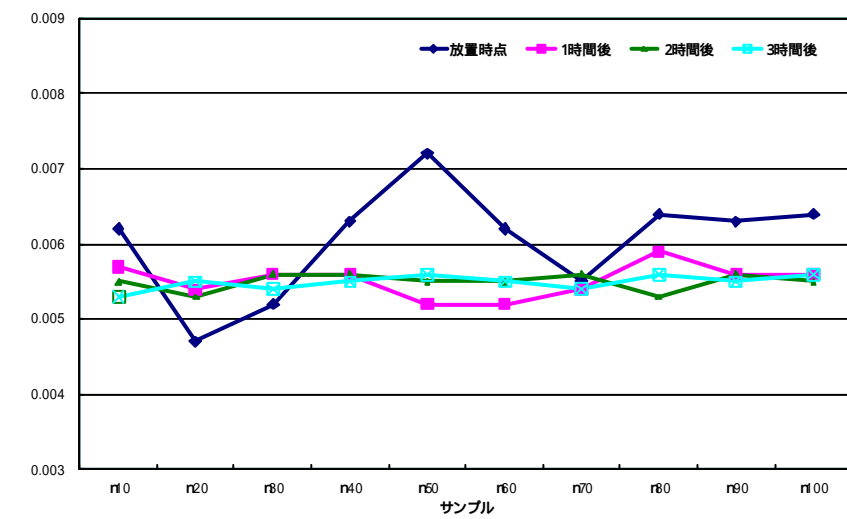
X社  
2.0



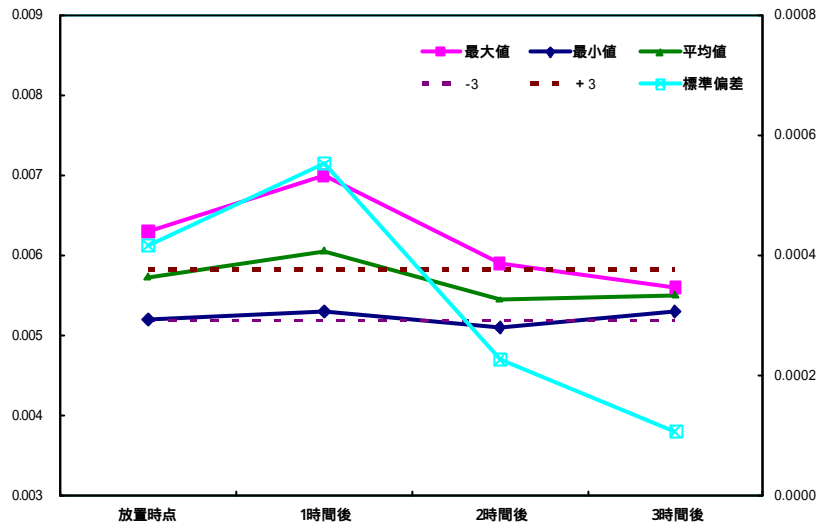
Y社  
2.0



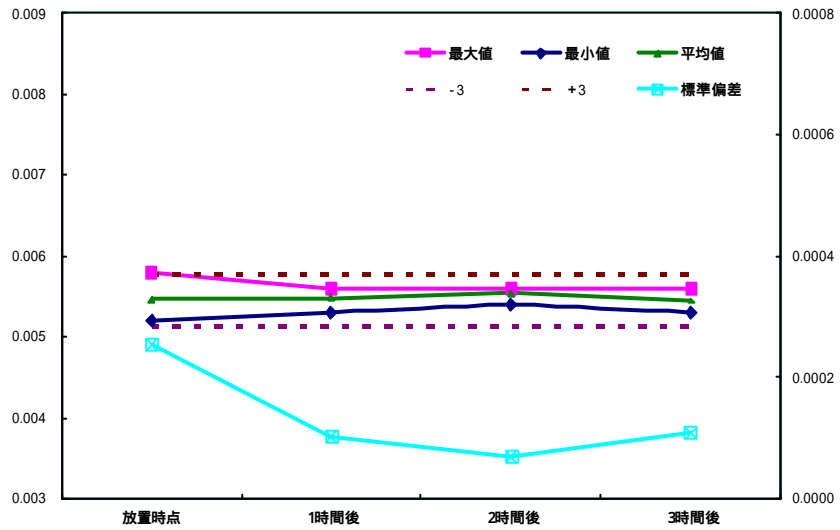
Z社  
2.0



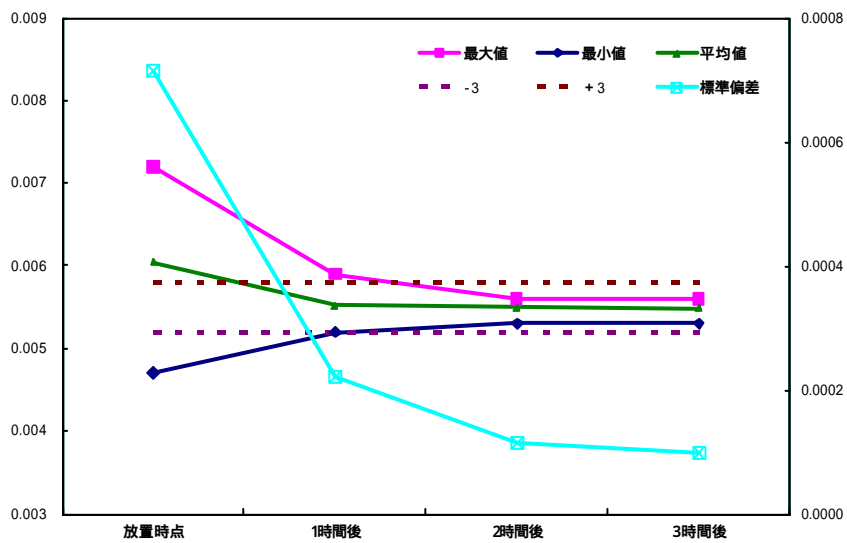
X社  
2.0



Y社  
2.0



Z社  
2.0



## C.2 試料の均一性

### 連続 10 本

サンプル	X社 1.2	X社 1.6	X社 2.0
	測定値 ( ) 放置時点	測定値 ( ) 放置時点	測定値 ( ) 放置時点
r101	0.0163	0.0091	0.0058
r102	0.0163	0.0090	0.0059
r103	0.0162	0.0091	0.0058
r104	0.0163	0.0090	0.0059
r105	0.0163	0.0090	0.0058
r106	0.0162	0.0090	0.0059
r107	0.0162	0.0090	0.0059
r108	0.0162	0.0091	0.0059
r109	0.0163	0.0090	0.0058
r110	0.0162	0.0090	0.0058
最大値	0.0163	0.0091	0.0059
最小値	0.0162	0.0090	0.0058
平均値	0.01625	0.00903	0.00585
標準偏差	0.00005	0.00005	0.00005

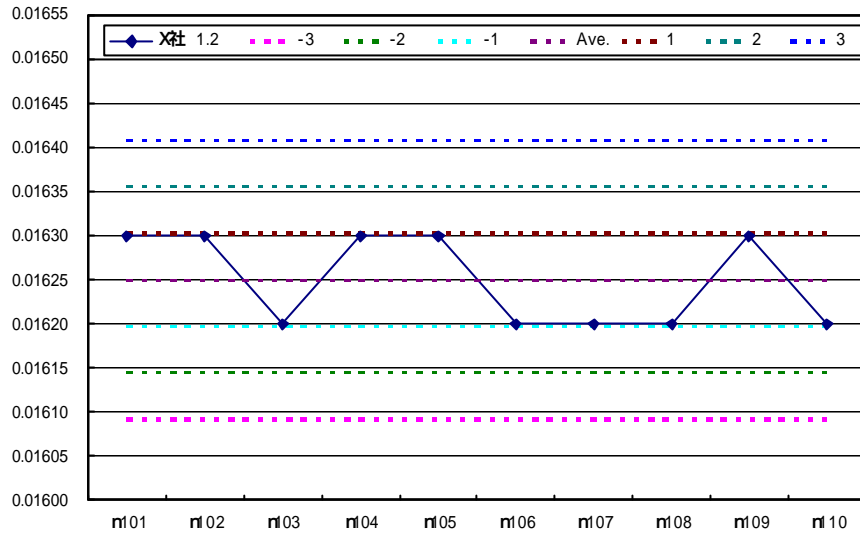
温度：30.0 、 湿度：19%

### 10 本間隔

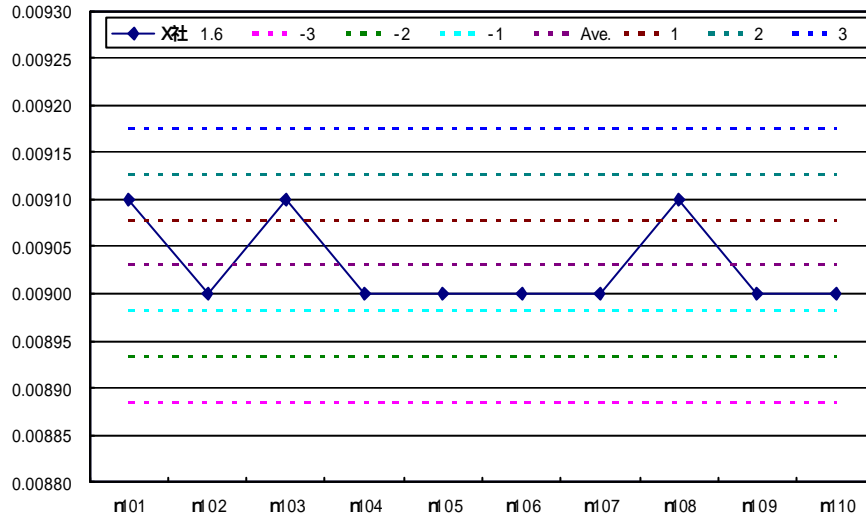
サンプル	X社 1.2	X社 1.6	X社 2.0
	測定値 ( ) 放置時点	測定値 ( ) 放置時点	測定値 ( ) 放置時点
r10	0.0156	0.0088	0.0054
r20	0.0157	0.0089	0.0056
r30	0.0156	0.0089	0.0055
r40	0.0156	0.0088	0.0055
r50	0.0157	0.0087	0.0055
r60	0.0155	0.0089	0.0056
r70	0.0155	0.0088	0.0054
r80	0.0155	0.0088	0.0056
r90	0.0155	0.0087	0.0056
r100	0.0155	0.0087	0.0053
最大値	0.0157	0.0089	0.0056
最小値	0.0155	0.0087	0.0053
平均値	0.01557	0.00880	0.00550
標準偏差	0.00008	0.00008	0.00011

温度：20.0 、 湿度：33%

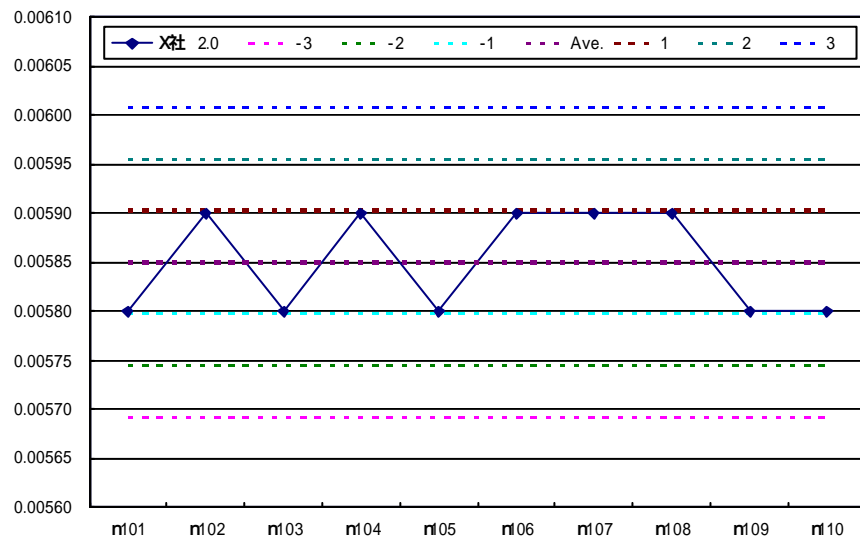
X社  
1.2



X社  
1.6



X社  
2.0



### C.3 締め付け具合による影響

サンプル	X社 1.2		Y社 1.2		Z社 1.2	
	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め
n1	0.01568	0.01567	0.01520	0.01520	0.01561	0.01561
n11	0.01571	0.01571	0.01522	0.01518	0.01563	0.01563
r21	0.01567	0.01567	0.01520	0.01516	0.01569	0.01569
r31	0.01570	0.01569	0.01522	0.01522	0.01564	0.01563
r41	0.01569	0.01569	0.01518	0.01518	0.01565	0.01565
r51	0.01571	0.01571	0.01521	0.01521	0.01563	0.01563
r61	0.01572	0.01571	0.01523	0.01523	0.01566	0.01566
r71	0.01569	0.01569	0.01521	0.01521	0.01563	0.01563
r81	0.01570	0.01570	0.01521	0.01521	0.01556	0.01556
r91	0.01566	0.01566	0.01519	0.01519	0.01560	0.01560
最大値	0.01572	0.01571	0.01523	0.01523	0.01569	0.01569
最小値	0.01566	0.01566	0.01518	0.01516	0.01556	0.01556
平均値	0.015693	0.015690	0.015207	0.015199	0.015630	0.015629
標準偏差	0.000019	0.000018	0.000015	0.000021	0.000035	0.000035

サンプル	X社 1.6		Y社 1.6		Z社 1.6	
	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め
n1	0.008802	0.008802	0.008688	0.008687	0.008708	0.008708
n11	0.008845	0.008833	0.008722	0.008702	0.008713	0.008712
r21	0.008823	0.008821	0.008688	0.008688	0.008704	0.008704
r31	0.008859	0.008856	0.008669	0.008669	0.008702	0.008702
r41	0.008842	0.008842	0.008699	0.008669	0.008714	0.008714
r51	0.008820	0.008819	0.008673	0.008673	0.008724	0.008727
r61	0.008832	0.008832	0.008676	0.008676	0.008741	0.008732
r71	0.008818	0.008816	0.008682	0.008682	0.008703	0.008704
r81	0.008821	0.008819	0.008675	0.008675	0.008719	0.008718
r91	0.008813	0.008813	0.008692	0.008693	0.008758	0.008758
最大値	0.008859	0.008856	0.008722	0.008702	0.008758	0.008758
最小値	0.008802	0.008802	0.008669	0.008669	0.008702	0.008702
平均値	0.0088275	0.0088253	0.0086864	0.0086814	0.0087186	0.0087179
標準偏差	0.0000170	0.0000156	0.0000156	0.0000110	0.0000182	0.0000172

サンプル	X社 2.0		Y社 2.0		Z社 2.0	
	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め	なみ締め	きつ締め
n1	0.005576	0.005576	0.005551	0.005551	0.005559	0.005559
n11	0.005594	0.005591	0.005565	0.005565	0.005555	0.005555
r21	0.005595	0.005592	0.005553	0.005551	0.005573	0.005573
r31	0.005596	0.005584	0.005541	0.005541	0.005583	0.005572
r41	0.005604	0.005591	0.005541	0.005541	0.005559	0.005558
r51	0.005582	0.005582	0.005561	0.005561	0.005562	0.005556
r61	0.005591	0.005584	0.005568	0.005568	0.005579	0.005578
r71	0.005600	0.005591	0.005565	0.005565	0.005568	0.005566
r81	0.005608	0.005607	0.005558	0.005558	0.005582	0.005582
r91	0.005596	0.005596	0.005552	0.005545	0.005578	0.005573
最大値	0.005608	0.005607	0.005568	0.005568	0.005583	0.005582
最小値	0.005576	0.005576	0.005541	0.005541	0.005555	0.005555
平均値	0.0055942	0.0055894	0.0055555	0.0055546	0.0055698	0.0055672
標準偏差	0.0000095	0.0000086	0.0000096	0.0000102	0.0000105	0.0000097

#### C.4 導体のたるみによる影響

サンプル	X社 1.2			X社 1.6			X社 2.0		
	測定値	測定長 m	換算値	測定値	測定長 m	換算値	測定値	測定長 m	換算値
r65	0.01577	1.004	0.01571	0.008839	1.001	0.008830	0.005584	1.000	0.005584
r65	0.01580	1.007	0.01569	0.008844	1.001	0.008835	0.005590	1.001	0.005584
r75	0.01576	1.004	0.01570	0.008844	1.001	0.008835	0.005591	1.001	0.005585
r85	0.01571	1.002	0.01568	0.008853	1.001	0.008844	0.005602	1.001	0.005596
r85	0.01572	1.003	0.01568	0.008873	1.002	0.008855	0.005590	1.001	0.005584
最大値	0.01580	1.007	0.01571	0.008873	1.002	0.008855	0.005602	1.001	0.005596
最小値	0.01571	1.002	0.01568	0.008839	1.001	0.008830	0.005584	1.000	0.005584
平均値	0.015752	1.0040	0.015692	0.0088506	1.0012	0.0088400	0.0055914	1.0008	0.005587
標準偏差	0.000037	0.0019	0.000013	0.0000135	0.0004	0.0000099	0.0000065	0.0004	0.000005

### C.5 測定温度による影響

10

サンプル	X社 1.2		X社 1.6		X社 2.0	
	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値
r6	0.01518	0.01580	0.008502	0.008850	0.005373	0.005593
r15	0.01516	0.01578	0.008552	0.008902	0.005374	0.005594
r25	0.01515	0.01577	0.008520	0.008902	0.005395	0.005616
r85	0.01518	0.01580	0.008562	0.008912	0.005395	0.005616
r45	0.01518	0.01580	0.008543	0.008892	0.005383	0.005603
最大値	0.01518	0.01580	0.008562	0.008912	0.005395	0.005616
最小値	0.01515	0.01577	0.008502	0.008850	0.005373	0.005593
平均値	0.015170	0.015790	0.0085358	0.0088916	0.0053840	0.0056044
標準偏差	0.000014	0.000014	0.0000245	0.0000243	0.0000108	0.0000113

20

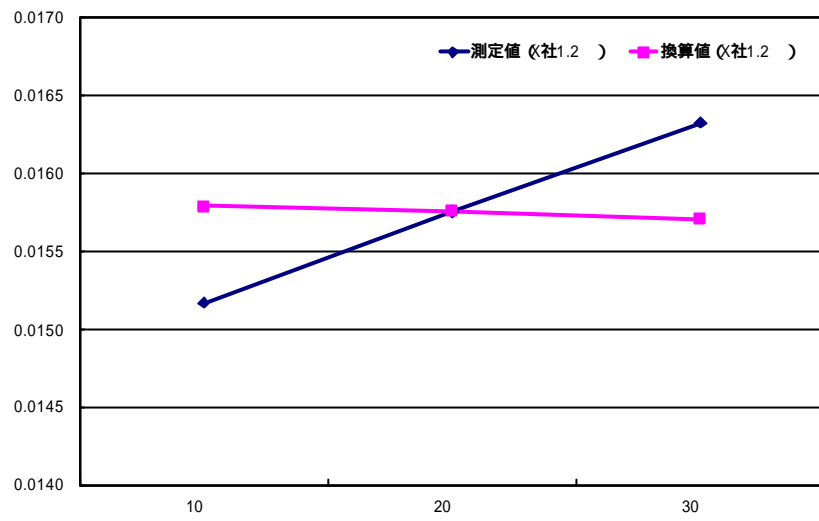
サンプル	X社 1.2		X社 1.6		X社 2.0	
	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値
r4	0.01578	-	0.008791	-	0.005570	-
r14	0.01577	-	0.008842	-	0.005573	-
r24	0.01575	-	0.008863	-	0.005586	-
r84	0.01574	-	0.008861	-	0.005578	-
r44	0.01574	-	0.008861	-	0.005578	-
最大値	0.01578	-	0.008863	-	0.005586	-
最小値	0.01574	-	0.008791	-	0.005570	-
平均値	0.015756	-	0.0088436	-	0.0055770	-
標準偏差	0.000018	-	0.0000306	-	0.0000061	-

30

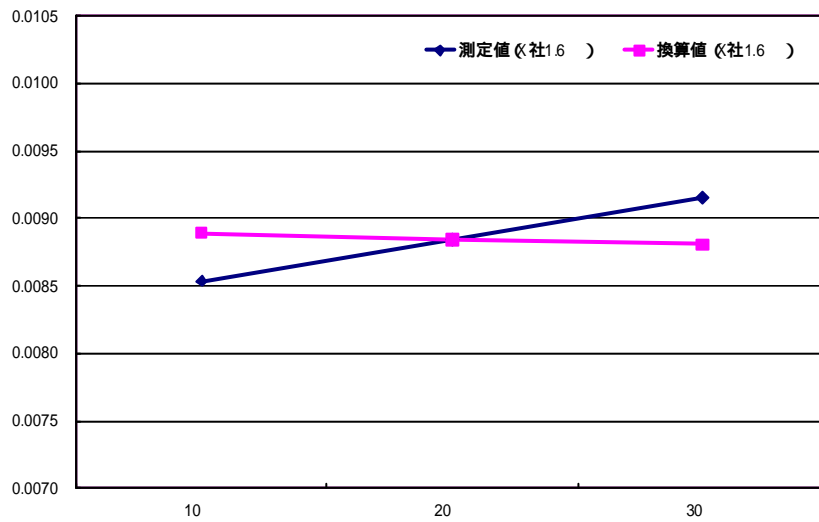
サンプル	X社 1.2		X社 1.6		X社 2.0	
	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値	測定値	20 換算値
r6	0.016320	0.015700	0.009144	0.008798	0.005777	0.005559
r16	0.016350	0.015730	0.009161	0.008815	0.005777	0.005559
r26	0.016320	0.015700	0.009161	0.008815	0.005777	0.005559
r86	0.016320	0.015700	0.009156	0.008810	0.005777	0.005559
r46	0.016310	0.015690	0.009158	0.008812	0.005779	0.005560
最大値	0.016350	0.015730	0.009161	0.008815	0.005779	0.005560
最小値	0.016310	0.015690	0.009144	0.008798	0.005777	0.005559
平均値	0.0163240	0.0157040	0.0091560	0.0088100	0.0057774	0.0055592
標準偏差	0.0000152	0.0000152	0.0000070	0.0000070	0.0000009	0.0000004



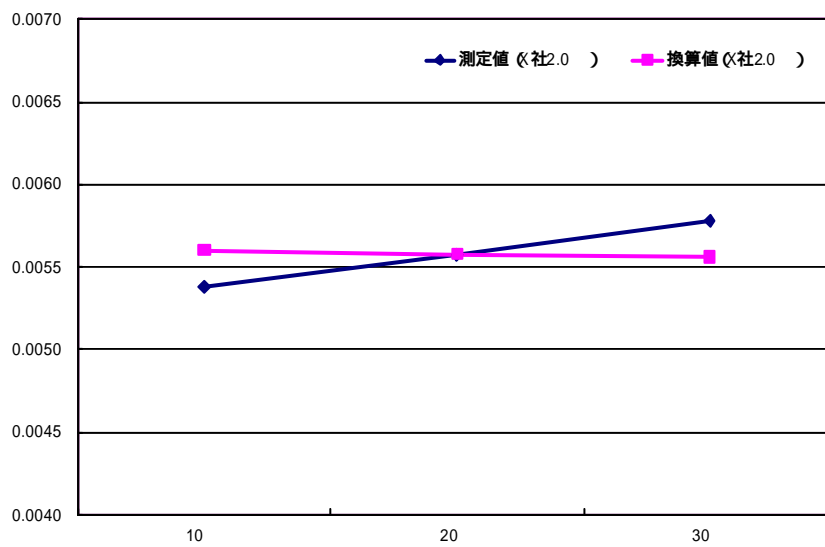
X社  
1.2



X社  
1.6



X社  
2.0



## 附属書 D 導体抵抗測定マニュアル(ダブルブリッジ を使用した導体抵抗測定手順)

注：この附属書は、JETのダブルブリッジ測定手順をもとに作成したものである。

### D 1 . 導体抵抗測定の試料採取

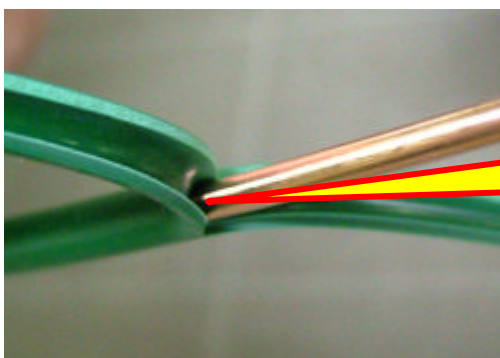
測定長は、1 mとする。

下図のように試料採取する。なお、束から試料を採取する場合、巻き始め、終わりの部分 1 m は、測定対象としない。

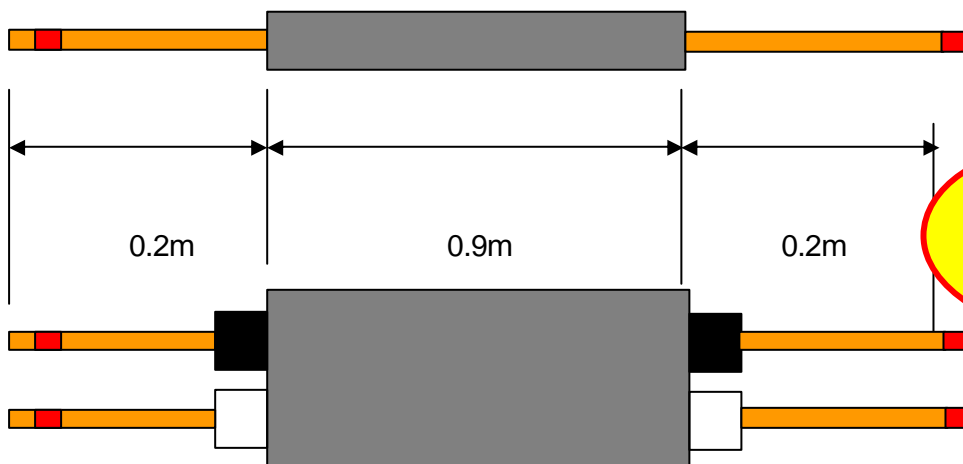
測定長を 1 m とする場合

導体抵抗の測定長が 1.0m であるから、全長 1.3m とし、左右 0.2m ずつ被覆を剥く。

導体に傷を付けないように注意する。



導体に傷がついていないことは、  
被覆に白い筋が入っていることで  
確認できる



集合より線は、  
より線がほつれ  
ないようテープ



## D 2 . 測定準備

### D 2 . 1 測定装置一式 全景

検流計 (写真 D 4)      ブリッジ (写真 D 3)      バッテリー      負荷装置



クランプ測定台(写真 D 2)

操作パネル(写真 D 1)

### D 2 . 2 測定装置の原理

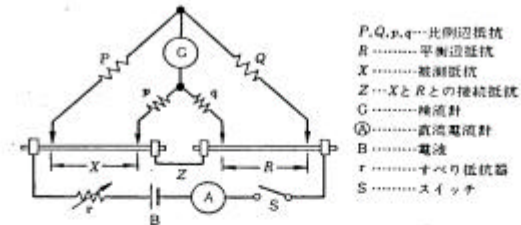


図 D 2 . 2 . 1 ダブルブリッジの原理図

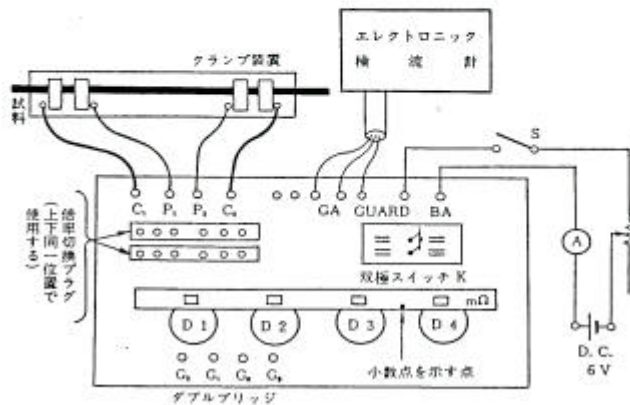


図 D 2 . 2 . 2 ダブルブリッジの接続図

### D 2 . 3 試験環境の設定

校正された温湿度計で確認する！



#### D 2 . 3 . 1 試験室

常温でも「温度補正係数」を用いて、20 の値に換算することができる（1 単位）が、可能な場合には、20 になるように調整する。

試験温度を 20 に保つため、空調等を利用して室温を一定に保つ。

空調の設定に注意する



#### D 2 . 3 . 2 試料

- 1) 導体の酸化を防ぐために、導体部分の被覆を取り除くのは測定日とする。
- 2) 20 に設定した試験環境に導体の温度が 20 になるまで放置する。（原則として 3 時間以上）

#### D 2 . 3 . 3 測定装置

あらかじめ電源を投入し、エージングしておく。（原則として 3 時間以上）

#### D 2 . 3 . 4 負荷の設定

導体の素線径又は断面積によって、負荷電流が相違するので注意する。  
（負荷電流はダブルブリッジの仕様によって、定めている。）

直径 (mm)	負荷電流 (A)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	負荷電流 (A)
0.45	0.05	0.50	0.17
0.60	0.08	0.75	0.25
0.80	0.17	0.82	0.28
1.0	0.26	0.90	0.30
1.2	0.40	1.25	0.42
1.6	0.70	1.31	0.44
2.0	1.10	1.5	0.50
2.3	1.40	1.8	0.60
2.6	1.80	2.0	0.67
3.2	2.70	3.5	1.15
3.5	3.20	5.5	1.85
4.0	4.20	8.0	2.70
4.5	5.40	14	4.70
5.0	6.60	22	7.30
		30	10.0
		38	12.5
		50	17.0
		60	20.0

写真D 1 - 1  
電流値に応じて3 A又は30 Aの RANGE 設定をする。



写真D 1 - 3  
LOAD ボタンを押すと通電。



A/Ω ボタンを押しながら、ダイヤル



写真D 1 - 2



写真D 1 - 4  
電流調整ダイヤル

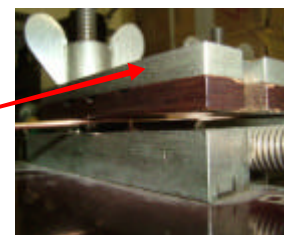
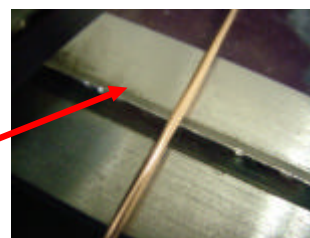


試料は、0.75mm<sup>2</sup>なので、3Aレンジで0.25 Aに調整する。

### D 2 . 3 . 5 試料のセット (写真D 2 - 1)

室温に十分なじんだ状態で試料をクランプ台にセットする。  
なお、次の事項について注意する必要がある。

- 1) クランプのエッジが崩れていないことを確認する。
- 2) 導体の取り付け時には、最初に両端の電流端子は、しっかりと締め付けて、試料に張りを持たせて、固定する。
- 3) 電圧端子に加える圧力は、導体を保持できる必要最小限の力でよい。このとき、導体に過度の圧力を加えて導体がつぶれないように注意を払う。



両端の電流端子はしっかりと締め付けること。

- 4) 目視にて、直線性が確認できるよう両端はしっかりと締め付け、電線のたわみができる限り少なくするよう注意を払いながらセットする。

D 3. 測定

検流計の振れが「0」になるように、ブリッジ G<sub>0</sub> を押して測定する。このとき、あらかじめ測定電流に合わせてブリッジのレンジを設定する。

レンジの設定においては、通電時間をできるだけ最小限にするため、試料の要求値から、測定値を想定した上で設定する。

試料例； IV 1.6mm<sup>2</sup> メッキなし      試料長 1.0m      室温 20.0℃

電気用品安全法 別表第一 附表第八 軟銅集合より線

20℃における電気抵抗 (Ω/km) 1.6Φ → 8.92 以下

$8.92 \div 1000 \times 1 \div 1 \div 1 = 0.00892 \text{ } \Omega = 0.01 \times 0.892 \text{ } \Omega$  従って、0.01 が適切なレンジとなる。

写真 D 3-1



レンジ	測定電流の範囲	1.0m
0.1	0.5A未満	100
0.01	0.5A以上 5A未満	10
0.01	5A以上	1

注意：この表の上限値を超えると、ダブルブリッジ内の抵抗が焼き付くので注意すること！また、下限を超えると測定精度が保てなくなるので注意すること。

写真 D 3-2 ブリッジボタン G<sub>0</sub> を押して測定する。



写真 D 3-3 拡大写真



写真 D 4-1 検流計の振れが「0」になるように



検流計の振れが「0」になったときの値を測定する。



この例では、1.6mmの測定結果は、 $0.01 \times 877.18 \text{ m}\Omega = 0.01 \times 0.87718 \Omega$ であった。  
 しかしながら、最小桁の測定値は測定誤差が大きいため、  
 四捨五入して  $0.01 \times 877.18 \text{ m}\Omega / \text{m} = 0.01 \times 0.8772 \Omega / \text{m}$   
 とする。

この測定結果を 20°Cにおける 1 km当たりの抵抗値に換算

$$R_{20} = R_t \times K_t \times 1000 \div \ell = 0.01 \times 1 \times 0.8772 \times 1000 / 1 = 8.772$$



注意：基準値は、標準抵抗を基礎としているので測定値と大きく差はなく、90%前後になるはずである。測定値が 80%以下のように著しく良い場合には、正しい値が測定されていないと考えるべきである。従って、測定値が基準値の 100%~80%に入っていることを確認する。

試料例； $(8.772 / 8.92) \times 100 = 98.34\%$ であり、正しい測定と判断する。

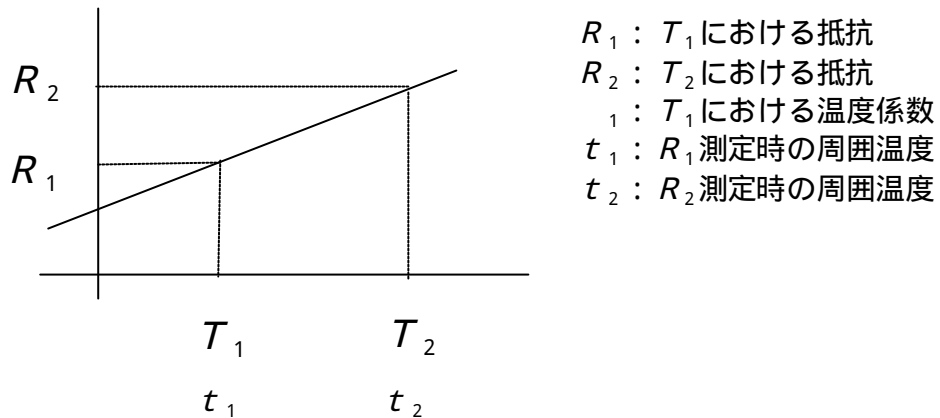
#### D 4. 使用計測器一覧表

計測機器等	定格
クランプ測定台	1 m
ダブルブリッジ	0.1mΩ ~ 100Ω
検流計	100 μV、5nA
バッテリー	DC 12V
負荷装置	150 Ω
温度計	0 ~ 50 °C
直尺	1.0m

## 附属書 E 銅線の抵抗と温度との関係

銅線の抵抗は、温度によって変化し、10～100 の間では、一般的に次のような式で表すことができる。

$$R_2 = R_1 \{ 1 + \alpha_1 (T_2 - T_1) \} \dots\dots\dots$$



定質量温度係数とは、一定質量の導線の固定2点間の抵抗の変化に対する温度係数で、温度による導体の膨張・収縮は考慮しない。

標準軟銅抵抗の低湿度係数は、20 において1 degにつき  $1 / 254.45 = 0.00393$  で、この温度係数と温度との間には、各導電率を通じて次のような関係がある。

$$\alpha_1 = \frac{1}{245.45 + (T_1 - 20)} = \frac{1}{(1 / 0.00393) + (T_1 - 20)} \dots\dots$$

及び より

$$R_2 = R_1 \left[ 1 + \frac{T_2 - T_1}{234.5 + T_1} \right]$$

よって巻線の温度差  $T_2 - T_1$  (deg) は、

$$T_2 - T_1 = \left[ \frac{R_2}{R_1} - 1 \right] \left[ 234.5 + T_1 \right]$$

となり、抵抗測定時の周囲温度の影響を考慮して式を直せば、次の式となる。

$$T_2 - T_1 = \left[ \frac{R_2}{R_1} - 1 \right] \left[ 234.5 + T_1 \right] - (t_2 - t_1)$$



## 附属書 F 用語の定義

次の用語の定義は、「計測における不確かさの表現のガイド」((財)日本規格協会版)より抜粋したものである。また、[ ]内は、引用文の項を記載している。

注：GUM：Guide to the expression of Uncertainty in Measurement

- F.1 標準不確かさ (standard uncertainty) [ GUM 2.3.1 ]**  
標準偏差で表される、測定の結果の不確かさ。
- F.2 (不確かさの)タイプAの評価 (Type A evaluation (of uncertainty)) [ GUM 2.3.2 ]**  
連続する測定値の統計的解析による不確かさの評価方法。
- F.3 (不確かさの)タイプBの評価 (Type B evaluation (of uncertainty)) [ GUM 2.3.3 ]**  
連続する測定値の統計的解析以外の手段による評価方法。
- F.4 合成標準不確かさ (combined standard uncertainty) [ GUM 2.3.4 ]**  
測定の結果がいくつかの他の量の値から求められる時の、測定の結果の標準不確かさ。これは、これらの各量の変化に応じて測定結果がどれだけ変化するかによって重み付けした、分散又は他の量との共分散の和の正の平方根に等しい。
- F.5 拡張不確かさ (expanded uncertainty) [ GUM 2.3.5 ]**  
測定の結果について、合理的に測定量に結びつけられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間に定める量。
- F.6 包含係数 (coverage factor) [ GUM 2.3.6 ]**  
拡張不確かさを求めるために合成標準不確かさに乗ずる数として用いられる数値係数。

## 附属書 G 導体抵抗測定の特異要因図

