

本稿をもって「温度のお話」は終了させていただきます。

プロセスオートメーションにおけるインタフェースのトップメーカー、エム・システム技研のお客様である様々な分野の技術者の皆様を対象に、話しを進めて参りました。しかし、温度の計測・制御に携わっている専門技術者の方々には、ものたりない内容であったことと思われま。また温度以外の専門技術者の方々にとっては、説明の省略が多く、ご理解いただきにくい点が多々あったように思われますが、ご容赦願います。

今後、具体的な事例に当たって、少しでも皆様にご協力できる場所があれば、質疑、討論、資料請求など何なりとお申し付けいただければ、幸甚の至りです。

本稿では、お客様である技術者各位ではなく、その販売や購入などの流通に貢献なさっている方々のために、温度センサの代表である熱電対と抵抗式測温体の JIS の一部を紹介し、お役に立てればと考えています。

### 1. 関連 JIS

本来は表 1 に示した関連 JIS (約 60 ページ) を熟読なさることが好ま

表1 関連JIS

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| 熱電対            | (JIS C 1602)          |
| 抵抗式測温体         | 測温抵抗体 (JIS C 1604)    |
|                | サーミスタ測温体 (JIS C 1611) |
| 温度測定方法 - 電気的方法 | (JIS Z 8704)          |
| 温度測定方法通則       | (JIS Z 8710)          |

表 2 測温体の利点および欠点

| 測温体      | 利点   | 欠点  |
|----------|--|---|
| 熱電対      | (1) 小さい箇所の温度の測定ができる。<br>(2) 遅れを小さくすることができる。<br>(3) 振動・衝撃などに対して丈夫である。<br>(4) 温度差を測るのに都合が良い。 | (1) 基準接点が必要である。<br>(2) 基準接点および補償導線の誤差を考える必要がある。   |
| 測温抵抗体    | (1) ある大きさの部分の平均温度を測定するのに都合が良い。<br>(2) 基準接点などを必要としない。<br>(3) 熱電対に比較して常温、中温付近で精度が良い。         | (1) 遅れを小さくしにくい。<br>(2) 振動の強い場所では破損のおそれがある。<br>(3) 自己加熱に注意する必要がある。   |
| サーミスタ測温体 | (1) 小さい箇所の温度測定ができる。<br>(2) 基準接点などを必要としない。<br>(3) 感度が非常に良い。<br>(4) 導線の抵抗による誤差を無視できる場合が多い。   | (1) 抵抗と温度との非直線性が大きく、使用温度範囲が限定される。<br>(2) 自己加熱に注意する必要がある。<br>(3) 多くの場合、互換用抵抗を必要とする。<br>(4) 衝撃によって破損するおそれがある。 |

しいわけですが、詳細に亘り繁雑な点も多いので、実用的に抜粋してご紹介します。

### 2. 各種測温体の利用上の比較

2-1 出力電圧信号の大きさ  
イ) 熱電対は、ゼーベック効果により、1 当たり約 40 ~ 60  $\mu$ V の出力電圧を発生します。

ロ) 測温抵抗体 (白金測温抵抗体) は 1 の温度変化により約 0.4% の抵抗変化を生じ、検出回路であるホイーストブリッジの出力としては熱電対より 10 倍以上の電圧を得ることができます。

ハ) サーミスタ測温体は負の抵抗特性で、約 4% の抵抗変化を生じ、抵抗値が大きいため、熱電対より数百倍のブリッジ出力電圧を得られます。

そして、出力信号が大きいセンサ

ほど外部からの電氣的誘導障害や温度ドリフトなどに強く、電子回路設計上の負担は軽くなります。

#### 2-2 特長についての比較

熱電対は、感温部を小さく設計でき、設置に際しての自由度が大きく、安価です。比較的高温度の測定に適しており、800 ~ 1000 以上では測温抵抗体に比べて高い安定性をもっています。

測温抵抗体は、次に列挙する特長をもっています。

イ) ブリッジ出力が大きいため、関連する記録・制御・信号変換を高精度で行えます。

ロ) ブリッジ回路の設計により、温度に対応する出力を自由にとることができます。

ハ) 冷接点温度測定とその値を使った補償回路が不要です。

#### 二 微小な温度変化に対する感度

表 3 抵抗式測温体の使用温度範囲

| 種類       | 使用温度範囲                   |               |         |         |
|----------|--------------------------|---------------|---------|---------|
|          | 低温用                      | 中温用           | 高温用     |         |
| 測温抵抗体    | Pt100                    | - 200 ~ + 100 | 0 ~ 350 | 0 ~ 650 |
| シース測温抵抗体 | Pt100, JPt100            | - 200 ~ + 100 | 0 ~ 350 | 0 ~ 500 |
| サーミスタ測温体 | - 50 ~ + 350のうち指定された温度範囲 |               |         |         |

単位

表4 測温抵抗体の許容差 単位

| クラス | 許容差                      |
|-----|--------------------------|
| A   | $\pm (0.15 + 0.002  t )$ |
| B   | $\pm (0.3 + 0.005  t )$  |

備考1)許容差とは、抵抗素子の示す抵抗値を標準抵抗値表によって換算した値から測定温度 $t$ を引いた値の許容される誤差の最大限度をいう。

備考2)  $|t|$  は、+、- の記号に無関係な温度( )で示される測定温度である。

が高く、中程度の温度領域で、校正の絶対精度が熱電対より10倍以上良好です。

ホ)最近では、JISの対象ではありませんが、微小温度差計測用として1k (0 において)の白金測温抵抗体でかなり信頼性の高い製品も実用化されてきています。

サーミスタ測温体は、高出力が得られるので0.01 ~ 0.001 の微小な温度差や温度偏位の計測センサとして分析機器、医用電子機器に利用されています。

一方、出力が大きく電子回路をローコストに設計できるため、事務機、空調機、一般家電製品には早く

から活用されており、国内における年間のサーミスタ生産は数億本に達しています。

経時、経年変化が生じない測定対象温度範囲としては、- 50 ~ + 250 程度をお奨めします(JISビード型)。

最近では、大量生産されているため、 $\pm 0.5$  (0 において)の互換性のあるものが使用されています。

### 3. 絶対精度に関する信頼性

最も需要の多い - 100 ~ + 650 の範囲において、環境温度や外部ノイズ、経時変化、校正の容易さなどを加味しておおまかに考えると、最も信頼性の高い温度センサは白金測温抵抗体であり、それに準じることが熱電対やサーミスタであると考えてください。

最近の電子産業におけるプロセスでは、白金測温抵抗体の利用が

著者紹介



西尾 壽彦  
(有)ケイ企画 代表取締役 /  
(株)エム・システム技研 顧問  
(FAX No. 045-984-1632)

大幅に増加しています。

JISに規定されている熱電対と測温抵抗体の許容差は大きく異なるので、よく承知しておいてください。

### 4. 電子回路の信頼性

最近のセンサ入力用演算増幅器はオフセット電圧がゼロに近く温度ドリフトもありません。また、温度係数が小さい金属抵抗も安価に入手できるため、温度変換器の信頼性はJISに規定されている以上に優れたものであり、安心して使用できます。

ただし、熱電対用の変換器の補償接点(接続端子)の温度と補償素子の温度に時間遅れが生じるような場合、すなわち使用環境温度が急激に変化するときは、精密計測には不適です。

とくに常温付近の計測では、誤差が大きくなります。

このような場合には、測温抵抗体が適しています。

\* \* \*

読者各位には、長期間にわたり拙文にお付き合いいただき、大変光栄に思います。連載を終えるに当たり、厚く御礼申し上げます。

表5 熱電対の種類、主な性能および特徴 (B、R、S、N省略)

| 記号 | 階級    | 素線径 (mm) | 常用温度 ( ) | 過熱使用限度( ) | 特徴   | トレーサブルな温度範囲および精度           |
|----|-------|----------|----------|-----------|--|----------------------------|
| K  | 0.4級  | 0.65     | 650      | 850       | 起電力の直線性が良い。酸化性雰囲気に適する。金属蒸気に強い。やや熱履歴変化がある。                              | 0 ~ 1100<br>$\pm 50 \mu V$ |
|    | 0.75級 | 1.00     | 750      | 950       |  |                            |
|    | 1.5級  | 1.60     | 850      | 1050      |  |                            |
|    |       | 2.30     | 900      | 1100      |  |                            |
|    |       | 3.20     | 1000     | 1200      |  |                            |
| E  | 0.4級  | 0.65     | 450      | 500       | 熱起電力が大きい。非磁性である。K熱電対より安価。やや熱履歴変化がある。                                   | 0 ~ 700<br>$\pm 50 \mu V$  |
|    | 0.75級 | 1.00     | 500      | 550       |  |                            |
|    | 1.5級  | 1.60     | 550      | 650       |  |                            |
|    |       | 2.30     | 600      | 750       |  |                            |
|    |       | 3.20     | 700      | 800       |  |                            |
| J  | 0.4級  | 0.65     | 400      | 500       | 熱起電力がやや大きい。熱起電力の直線性が良い。還元性雰囲気に適する。安価、特性、品質のばらつきが大きい。さびやすい。高温で熱履歴変化がある。 | 0 ~ 600<br>$\pm 50 \mu V$  |
|    | 0.75級 | 1.00     | 450      | 550       |  |                            |
|    | 1.5級  | 1.60     | 500      | 650       |  |                            |
|    |       | 2.30     | 550      | 750       |  |                            |
|    |       | 3.20     | 600      | 750       |  |                            |
| T  | 0.4級  | 0.32     | 200      | 250       | 低温での特性が良い。均質性が良い。安価、還元性雰囲気に適する。熱伝導誤差が大きい。                              | 0 ~ 300<br>$\pm 30 \mu V$  |
|    | 0.75級 | 0.65     | 200      | 250       |  |                            |
|    | 1.5級  | 1.00     | 250      | 300       |  |                            |
|    |       | 1.60     | 300      | 350       |  |                            |

表6 K熱電対の許容差

| 種類 |             | 許容差の分類                                 |   |  |
|----|-------------|--|---|--|
|    |             | クラス1                                   | クラス2                                    | クラス3                                       |
| K  | 温度範囲<br>許容差 | - 40 以上 + 375 未満<br>$\pm 1.5$          | - 40 以上 + 333 未満<br>$\pm 2.5$           | - 167 以上 + 40 未満<br>$\pm 2.5$              |
|    | 温度範囲<br>許容差 | 375 以上1000 未満<br>$\pm 0.004 \cdot  t $ | 333 以上1200 未満<br>$\pm 0.0075 \cdot  t $ | - 200 以上 - 167 未満<br>$\pm 0.015 \cdot  t $ |
|    | 旧階級         | 0.4級                                   | 0.75級                                   | 1.5級                                       |