

# 温度計測システムの 精度と費用対効果を確保するために

アプリケーション・ノート



温度は科学および産業で最も頻繁に測定される量の1つであり、温度測定はさまざまな理由で行われます。センサは温度測定の中心であり、さまざまな種類から選択できるため、アプリケーションに適したセンサを選択することが重要です。さらに、最適な費用対効果を得るために、使用する温度測定システムもアプリケーションに適合させる必要があります。このアプリケーションブリーフでは、センサ出力が正確で信頼性の高い測定を実現できるように、さまざまなセンサタイプの長所と短所を評価する方法と利用可能な計測オプションについて説明します。

## 温度センサ技術

熱電対、測温抵抗体 (RTD)、サーミスタなど、さまざまなセンサ技術があり、測定範囲、精度レベル、価格、使いやすさなどが大きく異なります。しかし、最適なセンサの選択は、アプリケーションの環境や必要な温度範囲によって大きく左右されます。表1に、これらのセンサの種類の概要を示します。

### 熱電対

熱電対は、最も一般的に使用されている温度測定センサのタイプです。しかし、広く使用されているにもかかわらず、熱電対は温度センサの中で最も理解されていないタイプかもしれません。いくつかの温度センサと比較すると、熱電対は取り扱いが簡単で、単純な動作原理に基づいています。しかし、熱電対には多くの種類があり、一

貫して正確な結果を得るためには、金属学、動作原理、限界、および測定データの取り扱いに特別な注意を払う必要があります。

熱電対は他の温度センサタイプに比べていくつかの利点があります。

- 基本的な熱電対は比較的安価であるが、保護シース、ケーブル、コネクタなどが全体の費用を押し上げる要因となります。
- 熱電対は機械的にシンプルで、耐久性と信頼性があります。熱電対に使用される典型的な金属の特性は、予測可能な出力電圧を提供します。これにより、ユーザーは、反応性や腐食性の環境を含む様々な用途に熱電対を適応させることができます。
- 基本的な熱電対の構造はシンプルで、適切な合金の素線を撚り合わせるだけです。市販の熱電対は、溶接、圧着、またははんだ付けによって組み立てられています。どの方法でも同じような結果が得られます。
- 熱電対は、さまざまなアプリケーションに対応できるように、さまざまなパッケージ技術に適しています。
- 熱電対は、約-100°Cから2500°C以上までの広い温度測定範囲を持っています。
- 熱電対の精度は、一般的に±1~2°Cのオーダーです。これは大部分のアプリケーションにとって十分すぎるほどです。

表1. 一般的な温度センサの種類

Characteristic	Thermocouples	Resistive Temperature Detectors	Thermistors
Overall	Very broad range; moderate accuracy	High accuracy and repeatability	High resolution
Temperature Range	-100° to +2500°C	-200° to +800°C	-80° to +150°C
Accuracy	±1° to 2°C	±0.1° to 0.2°C	±0.1° to 0.2°C
Type of Output Signal	Very low voltage	Slight resistance change	Wide resistance change
Typical Applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Industrial</li> <li>● Food processing</li> <li>● Burn-in</li> <li>● Automotive</li> <li>● Aerospace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Burn-in</li> <li>● Aerospace</li> <li>● Laboratory monitoring</li> <li>● Pharmaceuticals</li> <li>● Automotive</li> <li>● Paper/pulp</li> <li>● Food processing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Biological applications</li> <li>● Control systems</li> <li>● Measurement of environmental temps</li> <li>● Consumer devices</li> </ul>
Notes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Several types, each with specific useful temperature range</li> <li>● Non-linear output</li> <li>● Requires cold junction compensation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relatively fragile</li> <li>● Non-linear ΔR vs. Δt</li> <li>● Requires a resistive bridge circuit or 4-wire low ohms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relatively fragile</li> <li>● Non-linear ΔR vs. Δt</li> <li>● Requires high resolution ohms measurement</li> </ul>

熱電対には比較的少ない欠点がありますが、これらの欠点は、その使用方法や、熱電対を読み取るために必要なハードウェアに大きく影響します。熱電対の出力は1度あたりマイクロボルトのオーダーであり、熱電対は熱電対を取得するためのシステムからかなり離れた場所に設置されることがあります。これらの要因を補うために、差動測定モード、高ゲイン、フィルタリング、測定積分時間の増加など、さまざまな信号処理技術を用いて、信号を最大化し、ノイズを最小化しています。その結果、熱電対の測定速度は比較的遅くなり、通常は1秒間に数百回の読み取りができません。さらに、熱電対の出力は非線形であるため、熱電対の電圧を温度の読み取り値に変換するためのハードウェアやソフトウェアに線形化ルーチンを組み込む必要があります。また、熱電対で温度を測定するには、基準となる接点を使用する必要があります。

熱電対は“ゼーベック効果”を応用したものです。約2世紀前、物理学者トーマス・ゼーベックは、2つの異種金属の接合部が温度の関数である電圧を発生させることを発見しました。歴史的には、熱電対による温度測定は、基準となる既知の温度を感知する第2の熱電対素子に依存していました。かつて、基準温度を作り出す最も一般的な方法は、基準接点を氷浴に浸すことでした。冷接点と呼ばれていました。しかし、現在では、ケースレーの3706Aシステム・スイッチ/マルチメータ、2700シリーズ・マルチメータ/データ収集/スイッチ・システム、DAQ6510データ収集/ロギング・マルチメータ、2750マルチメータ/スイッチ・システムなど、温度測定に適した機器が増えており、1つ以上の基準接点機能を備えています。

熱電対の使用可能な温度範囲では、熱電対の電圧と温度には比例関係があります。しかし、この関係は決して直線的なものではありません。実際、ほとんどの熱電対は、その動作範囲において極めて非線形です。熱電対から温度データを得るためには、非線形の熱電対電圧を、線形化と呼ばれる処理によって温度単位に変換する必要があります。

熱電対をデータ・ロガーなどの計測器の端子に接続すると、その接続部には不要な熱起電力を発生させる追加の接合部が形成されます。銅製の端子ピンを銅製のソケットに差し込んでも、熱起電力は発生しません。しかし、コンスタンタンのピンやソケットを銅線に圧着すると、J型熱電対の接合部と同等になり、熱起電力が発生します。同種の金属を接続するために、熱電対用金属から作られた延長線やコネクタピンが用意されています。熱電対の回路中のすべての導体と終端に注意を払い、回路中に不要な接合部を持ち込まないようにする必要があります。

パッケージングは、特定の用途に対する熱電対の適合性に影響を与えます。熱電対は、一对の熱電対線の剥いた端を撚り合わせることで作ることができますが、最も信頼性が高く安定した動作するのは溶接された熱電対です。実際の用途では、熱電対を密閉して環境から保護したり、特定の用途に最適なマウントやプローブチップなどを取り付けることが必要な場合が多いです。シース (図1) は、熱電対素子を苛性物質や液体などの環境要素による汚染や物理的損傷から保護するため、非常に重要です。シースの材質としては、鉄、鋼、ステンレス、イコネル、セラミック、磁器などがあります。

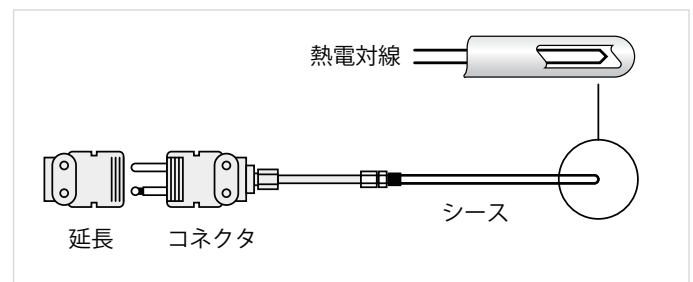


図1. 典型的な工業用熱電対

熱電対の全体的な応答時間は、チップの設計だけでなく、シースの材質と直径、および周囲の媒体にも依存します。応答時間は10分の1秒から数秒まで変化します。

熱電対の構造には、いくつかの異なる金属合金が使用されています。それぞれの合金は、特定の用途に有利な特性を持っています。表2に示すように、これらの合金には一連の標準化された文字コードが割り当てられています。熱電対の各タイプは、個々の導体のカラーコードで識別できます。世界中でいくつかのカラーコード体系が使用されていますが、多くは熱電対のマイナスの導線を赤で示しています。しかし、正極導線、熱電対線の被覆、延長線の被覆の色は異なる場合があります。表3は、米国で使われているカラーコードシステムの概要を示しています。

表2. 熱電対の種類

Type	Gauge	°F Range	°C Range
J (Iron vs. Constantan)	8	-70 to 1400	-57 to 760
	14	-70 to 1100	-57 to 593
	20	-70 to 900	-57 to 482
	24	-70 to 700	-57 to 371
K (Chromel vs. Alumel)	8	-70 to 2300	-57 to 1260
	14	-70 to 2000	-57 to 1093
	20	-70 to 1800	-57 to 982
	24	-70 to 1600	-57 to 870
N (Nicrosil vs. Nisil)	8	-70 to 2300	-57 to 1260
	14	-70 to 2000	-57 to 1093
	20	-70 to 1800	-57 to 982
	24	-70 to 1600	-57 to 870
T (Copper vs. Constantan)	14	-70 to 700	-57 to 371
	20	-70 to 500	-57 to 260
	24	-70 to 400	-57 to 200
E (Chromel vs. Constantan)	8	-70 to 1600	-57 to 871
	14	-70 to 1200	-57 to 649
	20	-70 to 1000	-57 to 538
R, S Platinum vs. Platinum/13% Rhodium	24	-50 to 2650	-46 to 1454
B (Platinum/6% Rhodium vs. Platinum/30% Rhodium)	24	32 to 2650	0 to 1454

表3. Thermocouple Color Codes, United States

Type	(+) Conductor	(-) Conductor	Thermocouple Jacket	Extension Jacket
J	White	Red	Brown	Black
K	Yellow	Red	Brown	Yellow
N	Orange	Red	Brown	Orange
T	Blue	Red	Brown	Blue
E	Purple	Red	Brown	Purple
R	Black	Red	—	Green
S	Black	Red	—	Green
B	Gray	Red	—	Gray

卑金属熱電対タイプJ、K、N、E、Tは、経済的で信頼性が高く、適度な精度を持っています。全熱電対の90%以上を占め、-200°~1700°Cの温度範囲に適しています。

- Eタイプ：-200°~871°Cに適しています。真空から軽度の酸化性までの雰囲気と極低温に適用可能。E型は、卑金属熱電対の中で最も高い出力を提供します。
- タイプJ：低温(0°~600°C)に適しています。760°C以上の温度では使用すべきではありません。経済的で信頼性が高い。プラスチック産業で人気があるが、規定の温度範囲内であれば、一般的な熱電対としても有用。
- タイプK：1250°Cまでの業界標準。化学的に還元される環境では腐食する可能性がある。
- タイプN：タイプKに似ているが、より耐酸化性に優れている。
- タイプT：200°~350°Cに適しています。食品加工産業でよく使用される。

熱電対のタイプR、S、Bはプラチナとロジウムで構成されているため、貴金属熱電対と呼ばれています。これらの熱電対は、卑金属タイプよりも高精度で安定していますが、価格も高くなります。1700°Cまでの用途と、他のタイプをテストするための基準として使用されています。金属蒸気による高温での汚染を防ぐため、非金属のシースの中に入れて使用する必要があります。

- タイプR：高温(1450°Cまで)用の工業規格。他の金属と接触すると汚染されやすい。酸化性雰囲気では安定していますが、真空や還元性雰囲気では急速に劣化します。

- タイプS：産業用センサとしてはあまり使われていません。
- タイプB：タイプRとSに似ていますが、1700°Cまで有効です。250°C以上の温度での使用が最適。低温では弱く非線形な出力が得られ、0°Cから50°Cまでは出力電圧に「ディップ」が生じます。Bタイプの熱電対は50°C以下の温度では使用できません。

### 測温抵抗体

測温抵抗体 (RTD) は、最も安定した正確なタイプの温度センサです。RTDの測定範囲は、熱電対よりも狭く、約-200°C~+800°Cです。RTDの実際の測定範囲は、その組成や構造によって異なりますが、この範囲から大きく変わることはありません。RTDは、食品、実験室、医薬品など、高い精度と再現性が要求される場合に使用されます。精度は、特定の温度における抵抗値のパーセンテージで表されることが多いです。

RTDの製造にはいくつかの技術が用いられる。一般的なRTDは、ガラスやセラミックのポビンに白金線を巻いたもので、これをガラスなどの保護材で封止しています。(図2) また、非導電性の基板上に導電性のフィルムを蒸着し、そのフィルムを保護するためにカプセル化したり、コーティングしたりした構造のものもあります。RTDのアセンブリには、コネクタ、金属シース、ハンドルなどが含まれており、熱電対プローブのようにになっています。

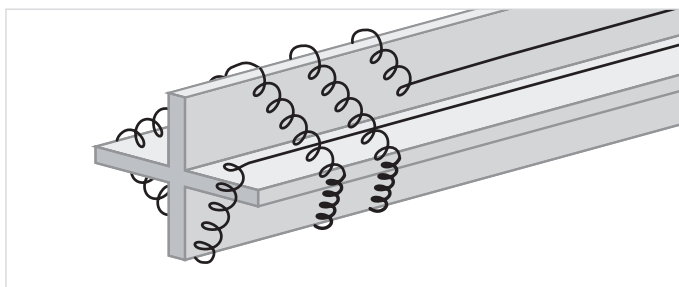


図2. A simple RTD.

RTDは、ほとんどの金属の抵抗値が温度の上昇とともに増加するという原理に基づいています。一般的な測温抵抗体は、ほとんどが白金線できています。白金測温抵抗体の抵抗値は数十Ωから数千Ωの範囲ですが、ほとんどの白金測温抵抗体は0°Cで100Ωの値に規格化されています。白金RTDの温度係数(α)は、使用する白金の純度に応じて、0.00385Ω/Ω/°C(欧州曲線)~0.00392Ω/Ω/°C(米国曲線)となっています。

熱電対とは異なり、RTDには基準接点が必要ありません。標準的なDMMをRTDに接続し、RTDの抵抗値を測定して、対応する温度に変換するだけの簡単なことのように思えるかもしれませんが、実際には、RTDと関連する配線の抵抗特性には、低抵抗の測定に最適な高感度の計測器が必要です。例えば、α=0.00385Ω/Ω/°Cの100Ω RTDは、100Ω×0.00385Ω/Ω/°C、つまり0.385Ω/°Cの抵抗変化しか生じません。RTDとオームメータをつなぐリード線は、数Ωの値を持つ場合があります。100ΩのRTDの場合、1Ωは約2.5°Cの等価温度誤差になります。

抵抗値を温度に変換するには2つのオプションがあります。1つは、単純にルックアップテーブルを参照して、特定の抵抗に対応する温度を見つけることです。この方法は、ある温度でイベントが発生するようなソフトウェアプログラムでは有効ですが(対応する抵抗値や電圧をトリガーレベルとして使用できます)、以下のような場合には適していません。RTDの抵抗値に基づいて温度をリアルタイムに読み取るのには適していません。抵抗値を温度に変換する2つ目の方法は、方程式によるものです。この目的のために最も一般的に引用された式は、カレンダー-バン・ドゥーセン係数と呼ばれる定数のセットを使用する多項式です。

表4. 一般的なRTDアルファのカレンダー-バン・ドゥーセン係数

Standard	RTD Temperature Coefficient ( $\alpha$ )	A	B	C*
DIN 43760	0.003850	$3.9080 \times 10^{-3}$	$-5.8019 \times 10^{-7}$	$-4.2735 \times 10^{-12}$
American	0.003911	$3.9692 \times 10^{-3}$	$-5.8495 \times 10^{-7}$	$-4.2325 \times 10^{-12}$
ITS-90	0.003926	$3.9848 \times 10^{-3}$	$-5.8700 \times 10^{-7}$	$-4.0000 \times 10^{-12}$

\* 0°C未満の温度にのみ使用。0°Cより高い温度の場合、C=0。

RTDの抵抗値と温度の関係を表す一般的な式は次のとおりです。

$$RTD = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t-100)^3]$$

RTDは、温度tにおけるRTDの抵抗値。R0は0°CにおけるRTDの抵抗値、A、B、Cは表4に示すカレンダー-バン・ドゥーセン係数です。0°Cよりも高い温度の場合、「C」係数は0となり、式は次のようになります。

$$RTD = R_0[1 + At + Bt^2]$$

RTDをはじめとするほとんどの抵抗性センサを使用する際の一つの側面として、センサに励磁電流が流れることで生じる抵抗性（「ジュール」）加熱があります（電力=励磁電流<sup>2</sup>×RTDの抵抗）。熱エネルギーの量はわずかですが、それでも測定精度に影響を与える可能性があります。自己発熱は、通常、RTDの温度を1°C上昇させる電力量として指定されます。典型的な値は約1mW/°Cです

ジュール加熱による精度の低下は、高い励磁電流や比熱の低い周囲の媒体が停滞していると悪化します。これらの影響は、周囲の媒体が動いていたり、RTDから熱を奪うように攪拌されていたりすると、最小限に抑えることができます。

### サーミスタ

サーミスタ（感温抵抗体）は、一般的に使用されている抵抗性温度検出器のひとつです。RTDとサーミスタは同じ抵抗体ですが、動作や使用方法が大きく異なります。

サーミスタ（**図3**）は、受動的な半導体素子です。サーミスタには、NTC（負の温度係数）サーミスタとPTC（正の温度係数）サーミスタがあります。

NTCサーミスタは、温度が上がると抵抗値が下がり、PTCサーミスタは、温度が上がると抵抗値が上がります。温度計測の用途では、PTCサーミスタよりもNTCタイプがよく使われています。



図3. サーミスタ

非常に小型のサーミスタが製造可能であり、この小型化により、わずかな温度変化にも素早く対応できます。しかし、自己発熱の問題が発生しやすい一面があります。また、サーミスタは比較的壊れやすいため、取り扱いや取り付けには注意が必要です。

サーミスタは、RTDに比べて基本抵抗値の範囲が非常に広く、キロオームからメガオームの基本抵抗値が容易に入手できます。また、サーミスタの温度係数は、RTDに比べて比較的大きく、摂氏数パーセント以上のオーダーとなっています。この温度係数の高さは、1°Cあたり数千Ωもの抵抗値変化をもたらします。そのため、計測器とサーミスタをつなぐ配線の抵抗は微々たるものであり、高精度を実現するためには、高ゲインの計測器入力や3線・4線式の計測構成といった特殊な技術は必要ありません。

サーミスタの欠点は比較的少ないのですが、正確で信頼性の高い測定を行うためには、その限界を認識することが重要です。例えば、サーミスタは比較的低温のデバイスであり、一般的な測定範囲は-50°C～150°Cですが、一部のサーミスタは300°Cまで使用できます。この範囲は、熱電対やRTDに比べてかなり狭いものです。高温にさらされると、サーミスタの校正が永久に失われ、測定精度が低下してしまいます。サーミスタは非常に非線形応答で、熱電対やRTDほど標準化されていません。一般的な温度計測よりも、比較的限られた温度範囲での繊細な計測を必要とする用途に適している傾向があります。

サーミスタは、RTDよりも基本抵抗値が高く、抵抗の温度係数も高いことから、4線式構成や高感度測定機能などの技術は、より重要なサーミスタ用途でのみ必要とされます。なぜなら、テストリードの抵抗は、サーミスタ自体の抵抗と比較して、比較的重要ではないからです。

ほとんどのサーミスタの出力は非常に非線形であり、その応答は標準化されていません。したがって、メーカーは頻繁に特定の製品のための抵抗-温度曲線、テーブル、または定数を提供しています。一般的なサーミスタの $\alpha$  (アルファ) は、1°Cあたり-2%から-8%の範囲で、一般的に温度範囲の低い方が大きくなります。リニアライズされたサーミスタも存在しますが、コンピュータによるデータ収集システムやソフトウェアの使用により、読み出しハードウェアがリニアライズされたタイプでなければならない場合を除いて、リニアライズされたサーミスタは不要です。

コンピュータを使ったアプリケーションでは、比較的正確なサーミスタの曲線をSteinhart-Hart式で近似することができます。

$$T = \frac{1}{A + B \times \ln(R_T) + C[\ln(R_T)]^3}$$

Tは温度(ケルビン)で、摂氏温度に273.15を加えたものに相当します。RTはサーミスタの抵抗値です。サーミスタメーカーは、特定のサーミスタの定数A、B、およびCを提供する必要があります。

## 測定機器のオプション

温度計測システムの性能は、センサと同様に、使用する計測機器にも大きく依存します。複数のセンサを監視する必要がある場合は、適切なスイッチングハードウェアを選択することも重要です。完成したシステムがアプリケーションの要件を完全に満たすためには、選択プロセスを開始する前にいくつかの重要な質問を検討することが役立ちます。

- どのような種類の温度トランスデューサを扱うことができますか？
- システムはいくつの温度チャンネルに対応できなければならないですか？
- アプリケーションは遠隔地の温度を測定・監視する必要がありますか？
- アプリケーションでは、温度以外の電気的な測定をシステムに組み込む必要がありますか？
- 私の測定にはどのような種類のトレーサビリティが必要ですか？

熱電対、RTD、サーミスタは多くの計測器と互換性がありますが、中でもデジタルマルチメータ(DMM)は最も一般的な選択肢の一つです。最近では、温度センサが発生させる非常に低い電圧や抵抗を測定できるDMMが増えています。DMMは、もともと低ノイズ設計であり、トレーサブルな精度仕様を備えているため、温度計測用途に適しています。複数のポイントで温度を監視する必要があるアプリケーションでは、柔軟性、測定精度、およびテストスループットの観点から、スイッチングハードウェアを統合したDMMが最も経済的なソリューションであることがよくあります。例えば、ケースレーの3706Aシステムスイッチ/マルチメータ(図4)は、スケラブルな機器グレードのスイッチングとマルチチャンネル測定を1つの機器に統合しています。



図4. 3706Aシステムスイッチ/マルチメータは、1つの2Uシャーシで最大360の熱電対チャンネルをサポートします。

温度モニタシステムの構築者にとって、高速スイッチングとハイインテグリティな計測を一台で実現することは、システムインテグレーションのプロセスを大幅に簡素化し、システムのハードウェアコストの抑制につながります。3706Aは、さまざまな温度監視・制御アプリケーションに適した複数の機能を備えています。

- 高さ2Uのシングルシャーシに標準的な端子台接続で最大360の熱電対チャンネルを搭載しています。
- 互換性のある3720、3721、3724マルチプレクサカードには、熱電対タイプの温度測定用のスクリー端子アクセサリで自動冷接点補償(CJC)を搭載しています。
- 2.2kΩ、5kΩ、10kΩの3種類のサーミスタによる温度測定を内蔵でサポートされます。
- LXI/Ethernet接続により、遠隔地での温度監視を簡略化します。
- 内蔵のTSP-Link™インターフェースを使用して、追加の3700Aシリーズシャーシに温度監視チャンネルを拡張することができます。
- 14本のプログラマブル・デジタルI/Oラインにより、コンポーネント・ハンドラや他の機器などの外部機器を制御したり、重要な温度パラメータが許容範囲を超えた場合にアラームを送信したりすることが可能です。
- リアルタイムでデータの傾向と分析をサポートする内蔵のグラフツールキットは、温度監視作業には欠かせません。このツールキットを使用することで、ユーザーはデータを取得しながら素早く簡単かつ柔軟に観察することができ、長時間にわたるテストの進捗状況をわずか数秒で確認し、予想外の結果が出た場合には調整を行うことができます。PCや機器に特別なソフトウェアをインストールしたり、機器のリーディングバッファからデータを抽出してサードパーティのパッケージや表計算ソフトに取り込んで解析するためのコードを書く必要はありません。
- バーンインのように、複数の温度、電圧、抵抗値をモニタするアプリケーションでは、3706Aのプロット機能により、テスト期間中のトレンドを簡単に把握することができます。最大40チャンネルの散布図を、リアルタイムモードまたはユーザー定義の増分で表示できます。3706Aでは、チャンネルごとに測定値を簡単に比較・対照できるため、潜在的な問題を早期に発見することができます。

同様に、ケースレーDAQ6510データ収集・記録マルチメータと2750マルチメータ/スイッチシステム(図5と6)は、温度の監視と記録に適しています。どちらの機器も、熱電対、RTD、サーミスタをサポートし、内蔵のシグナルコンディショニングと300Vの絶縁機能を備えています。温度センサの使用を開始するには、システム構築者は、温度測定をサポートする9つの7700シリーズスイッチ/制御モジュールのうちの1つを接続し、センサを接続するだけで、あとは機器が処理してくれます。熱電対が断線したり、切断されたりした場合は、装置がオペレーターに警告を發します。



図5. データ収集・記録マルチメータシステム「DAQ6510」は、熱電対、RTD、サーミスタをサポートしており、温度測定に適しています。



図6. 2750マルチメータ/スイッチシステムは、最大200本の熱電対と100本の4線式RTDおよびサーミスタを切り替えて測定することができます。



3706Aと同様に、これらのメインフレームは、自動（内蔵）、外部、シミュレート（3つの冷接点補償（CJC）の方法をサポートしています。また、チャンネルモニタ機能を搭載しており、スキャン中にフロントパネルのディスプレイで特定の入力チャンネルをモニタすることができます。また、この機能は、温度があらかじめ設定された限界値を超えた場合など、何らかの外部要因に基づいてスキャンシーケンスを開始するアナログトリガーとしても機能します。必要なデータだけを取得するので、異常なデータを見つけるために何時間もかけて正常な測定値を検索する必要はありません

2スロットの「DAQ6510」は、製品開発、ATE、コンポーネントテスト、プロセスモニタリングにおける温度ロギング、高精度な計測と制御、ミックスドシグナルのデータ収集などのアプリケーションに最適です。

DAQ6510は、タッチスクリーンのグラフィカル・ユーザー・インタフェースを採用しており、マルチチャンネル温度計測システムのセットアップ、実行、モニタリング、分析を大幅に簡素化します。温度スキャンの設定は1つのメニューから行うことができます。テストの状態をモニタし、クリティカルなチャンネルは表示ステータス画面で

確認できます。最大20チャンネルのトレンドをグラフまたは表形式で表示できます。これらの作業はすべて、PCを必要とせずに行うことができます。このようにして、テストを迅速かつ容易に設定することができ、研究者、設計者、テストエンジニアはテスト結果をすぐに得ることができます。

2750は、5つのモジュール・スロットを備えているため、数百チャンネルの計測・制御アプリケーションのソリューションを簡単に構成することができます。特に、電源のバーンイン試験などのアプリケーションに有効です。

温度の測定にはさまざまな理由があります。センサは数多くありますが、熱電対、測温抵抗体、サーミスタの3つが主な種類です。温度計測システムの性能は、選択したセンサの種類だけでなく、使用する計測ハードウェアにも依存します。表5に、ケースレーの温度測定オプションの概要を示します。特定のトランスデューサに最適化されたスイッチングカードの詳細については、3706A、DAQ6510、2700シリーズデータアキュイジションシステムのオンラインデータシートを参照してください。

表5. Keithley Multi-channel Temperature Measurement Solutions

Model	Compatible Transducers	Maximum Channels	Relay Types	Special Features
3706A 6-slot, 2U full-rack-width mainframe with integrated digital multimeter	Thermocouple J, K, N, T, E, R, S, B types	360	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低ノイズのマルチメータによる高速スキャン</li> <li>熱電対のオープン検出</li> <li>熱電対接続と冷接点補償 (内部CJC) 用のネジ端子アクセサリ</li> <li>選択可能な温度リファレンス</li> <li>長寿命のソリッドステートカード (3724)</li> <li>温度単位の選択 (°C、°F、K)</li> <li>オフセット補正されたΩで低抵抗の精度を向上</li> <li>RTDおよびサーミスタ接続用のネジ端子アクセサリ</li> </ul>
	RTD, 3- or 4-wire PT100, D100, F100, PT385, PT3916, Custom RTD	180	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	
	Thermistor 2.2kΩ, 5kΩ, 10kΩ	360	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	
DAQ6510 2-slot, 2U half-rack-width mainframe with integrated digital multimeter	Thermocouple J, K, N, T, E, R, S, B types	80	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱電対のオープン検出</li> <li>カード対応の冷接点補償 (内部CJC)</li> <li>選択可能な温度リファレンス</li> <li>長寿命のソリッドステートカード (7710)</li> <li>温度単位の選択 (°C、°F、K)</li> <li>オフセット補正されたΩで低抵抗の精度を向上</li> <li>RTDおよびサーミスタ接続用のネジ端子</li> </ul>
	RTD, 4-wire PT100, D100, F100, PT385, PT3916, Custom RTD	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	
	Thermistor 2.2kΩ, 5kΩ, 10kΩ	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	
2750 5-slot, 2U full-rack-width mainframe with integrated digital multimeter	Thermocouple J, K, N, T, E, R, S, B types	200	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱電対のオープン検出</li> <li>カード対応の冷接点補償 (内部CJC)</li> <li>選択可能な温度基準</li> <li>長寿命のソリッドステートカード (7710)</li> <li>温度単位の選択 (°C、°F、K)</li> <li>オフセット補正されたΩで低抵抗の精度を向上</li> <li>RTDおよびサーミスタ接続用のネジ端子</li> </ul>
	RTD, 4-wire PT100, D100, F100, PT385, PT3916, Custom RTD	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	
	Thermistor 2.2kΩ, 5kΩ, 10kΩ	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気機械式リレー</li> <li>リードリレー</li> <li>ソリッドステートリレー</li> </ul>	

**お問い合わせ先：**

オーストラリア 1 800 709 465  
オーストリア 00800 2255 4835  
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777  
ベルギー 00800 2255 4835  
ブラジル +55 (11) 3759 7627  
カナダ 1 800 833 9200  
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777  
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777  
デンマーク +45 80 88 1401  
フィンランド +41 52 675 3777  
フランス 00800 2255 4835  
ドイツ 00800 2255 4835  
香港 400 820 5835  
インド 000 800 650 1835  
インドネシア 007 803 601 5249  
イタリア 00800 2255 4835  
日本 81 (3) 6714 3086  
ルクセンブルク +41 52 675 3777  
マレーシア 1 800 22 55835  
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90  
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777  
オランダ 00800 2255 4835  
ニュージーランド 0800 800 238  
ノルウェー 800 16098  
中国 400 820 5835  
フィリピン 1 800 1601 0077  
ポーランド +41 52 675 3777  
ポルトガル 80 08 12370  
韓国 +82 2 6917 5000  
ロシア +7 (495) 6647564  
シンガポール 800 6011 473  
南アフリカ +41 52 675 3777  
スペイン 00800 2255 4835  
スウェーデン 00800 2255 4835  
スイス 00800 2255 4835  
台湾 886 (2) 2656 6688  
タイ 1 800 011 931  
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835  
アメリカ 1 800 833 9200  
ベトナム 12060128  
2017年4月現在



[www.tek.com/ja](http://www.tek.com/ja)

テクトロニクス／ケースレイインスツルメンツ

各種お問い合わせ先：<https://www.tek.com/ja/contact-tek>

技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡、修理・校正依頼  
〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。記載価格は2022年00月現在（税抜）。  
Copyright © 2022, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。  
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2022年7月 1KZ-61407-0