

# Keysight Technologies

温度測定点をすばやく  
明らかにし、特定する

アプリケーション概要

## テストチャレンジ

- 試作機の温度特性評価
- 長期間に渡る建物診断

## 概要

従来、最適な温度センサーを取り付ける位置を見つけるには、設計の知識か直感にたよるしかありませんでした。例えば、設計者が温度センサーを取り付ける際に、最適な場所を単純に推測する、ということはまれではありません。しかし、より簡単にもっと正確な方法があったとしたらどうでしょうか？また、迅速な試験を通じて設計知識を補間し、しかも直感的でない現実的な方法があったとしたらどうでしょうか？

以下のテストチャレンジは、キーサイトのデータロガー 34970A/34972Aや赤外線サーモグラフィ U5855Aがどのように温度測定についてより素早く、よりよい洞察を得られるかについて説明しています。

### 試作機の温度特性評価

あなたは研究開発のエンジニアで、ちょうど試作機を作成したところです。すべてが設計通りに動作しました。しかし、使用部品が通常使用において異常な熱を持たないか確かめるために設計した試作機の温度特性が必要です。設計メモを見ながら、理論的に最も電力を消費する部位を確認し、異常が発生する可能性のある場所を特定することはできますが、予想外の割合で電力を消費しているような設計不良は発見できないかもしれません。U5855A TrueIRサーモグラフィはこれらの問題を迅速に見つけ出すことができます。そして、異なる方法として、60個までの熱電対を34970A/34972Aデータロガーシステムに結線して、試作機の温度特性をとることもできます。

### 長期間に渡る建物診断

長期間に渡る建物の診断は、また難しい課題といえます。建物の土台が沈下した後に、構造物や断熱材の隙間が発生するかもしれません。そのような問題は冷暖房のコストを上げ、より悪い場合には構造欠陥にまで至る可能性もあります。これらの長期間の変化の特性を得るのに、先進的な政府や建築業者は、今や、建物の温度をモニターしています。U5855A TrueIRサーモグラフィを使用し、初期の点検で、問題部分を容易に見つけ出すことができます。一度問題点を見つけ出せば、34972AデータロガーのLAN機能を使用して、温度センサーネットワークの設定をし、長期間、遠隔地から温度特性をモニターすることができます。

## サーモグラフィを使用した迅速な温度測定点の特定

ある期間、温度のモニターが必要だとします。このようなときにデータロガーシステムは、柔軟、正確で、決められた間隔で、データを取得することができます。しかしながらモニターするのに適したポイントをどのように選択したらよいか、また、温度モニターのためのデータロガーシステムの使い方について関心があるのではないのでしょうか。どれだけ入念に計画し、準備をしても、温度測定試験時に、予期していないことがよく起こります。これからどのようにこの予期していないことを最小限に留めることができるかを紹介します。

まず初めに、モニターしたい場所を特定する必要があります。モニターしたい場所は、従来の電子回路設計における、ホットスポットやエアーフローの弱い箇所です。他のアプリケーション事例では、例えば建物診断のような場合には、ホットスポットやコールドスポットである部分に関心があると思います。これらの状況で、問題の場所を特定するのに特に有効なツールが、キーサイトのU5855A TrueIRサーモグラフィです。このコスト効率のよいカメラが、独自のアルゴリズムによって、温度イメージを320 x 240ピクセル(センサー素子解像度の4倍)で出力します。これはファインレゾリューションという機能で、これにより、U5855Aは、320 x 240ピクセルクラスのサーモグラフィと比較して、非常に低価格になっています。

U5855Aサーモグラフィは、問題の温度特性を迅速に捉えるための多くの特長を備えています。また、操作が平易なのですぐに取り扱えるようになります。温度を静止画として視覚化でき、それをPCにダウンロードして見るか、U5855A本体上の大きいディスプレイでリアルタイムに見ることができます。これにより、どこが予測より熱く、もしくは冷たくなっているかを見つけ出せます。

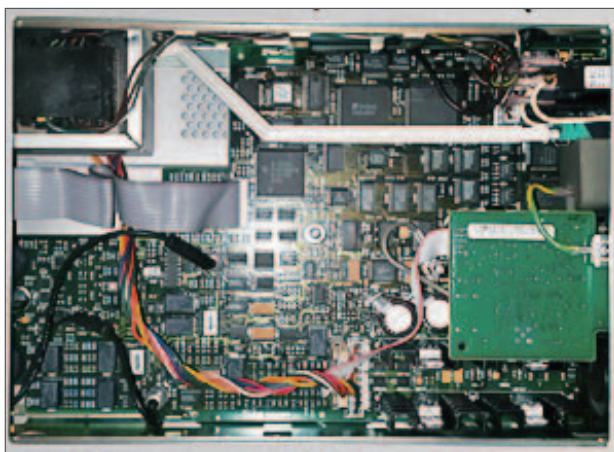


図1. PCA(電子回路アセンブリ)

U5855Aのようなサーモグラフィは、最大、最小のポイントを表示でき、そのスポットの温度を素早く読むことができます。サーモグラフィを使い5分以内に対象の特性をとることさえもできます。つまり、注力して取り組むべき問題の場所を迅速に特定することが可能です。

U5855Aで、温度の読み値を正確にするには、対象のプリント回路基板(PCB)や測定している物質に合わせて、サーモグラフィ上の放射率を設定するだけです。物質の放射率は、赤外線放射エネルギーと相関があります。例えば、通常のFR-4基板の放射率は0.91です。もう一つの方法は、基板を放射率の高いコーティングスプレーで塗布する方法です。例えばボロンナイトライド(窒化ホウ素)の潤滑油は放射率がほぼ1です。

図2は、2つの同じプリント回路アセンブリ(PCA)のイメージです。左側のイメージは全体のPCAのイメージで、右側は、左図で見つけたホットスポットに、接写したイメージです。一般的な温度安定度のモニター用としての基板上の5点に加えて、特性を確認したい9点のホットスポットがあります。

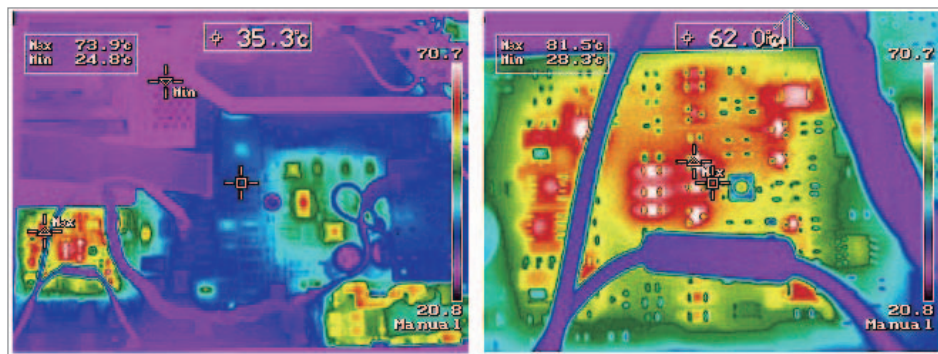


図2. PCA熱画像。右図はPCAの左側の一部を大きく取り直したもの。

U5855Aは、レンズから10cmの距離まで対象物に近づいてフォーカスすることができます。また、光学ズームを備えているので、カメラの画面上で4倍まで拡大可能です。ブレンド(重ねあわせ)、ピクチャー・イン・ピクチャー(PinP)などのツールで、それぞれのコンポーネント同士、どのコンポーネントでも、可視画像と熱画像を容易に比較することができます。

U5855Aは、エレクトロニクス分野での特性評価ソリューションとして最適です。ほとんどの他のサーモグラフィは、最小フォーカス距離がより長いので、より遠くに設置しなければならず、これは、熱画像の分解能の低下を招きます。分解能の低い熱画像は、詳細を捉えることができません。この低分解能の画像を補うためには、より解像度の高いサーモグラフィが時に必要になります。

多くの電気製品は、シャーシや囲いで、ケース内に収められています。シャーシ内の温度特性評価が、それゆえに望まれます。以下の方法で、エアフローが十分かどうか決めることができます。ホットスポットを迅速に特定する一つの方法が、シャーシに切り込みを入れるか、見たい回路部分に窓を取り付ける方法です。そして、よくゴミ袋で使われるポリエチレン製シートで窓を覆います。この方法であれば、閉じたシャーシのエアフローをシュミレーションでき、設計物の温度もみることができます。

### 温度測定データの取得をする

一旦データを取得するポイントが決まったら、設計物の熱プロファイルのさらなる特性をとるのにデータロガーシステムが使えます。34970A/34972Aのようなシステムを使うことで、サーモグラフィ以上の多くの利点を得ることができます。低い温度センサー0.06°C以下(校正標準との相対値)の精度で温度測定をすることができます。実際の使用環境や設計されたシャーシ内で、全体の温度特性をとることができます。

温度特性の最初のステップの一つが、適切なセンサーを選択することです。一般的な温度センサーには、熱電対、測温抵抗体(RTD)、サーミスター、そしてICセンサーです。どのセンサーが優れているかは、アプリケーションによって異なります。

例えば熱電対は、フォームファクター、簡便さ、低価格という利点から、多点での温度プロファイルに適しています。また、広い温度範囲で使えるので、様々な状態において使用する場合にも適しています。熱電対は丈夫で、長期安定度の測定のために金属部分に溶接するなど、最も多用途で使用できる温度センサーです。

### 測定のヒント

もしケースなどの囲い内の被測定物(DUT)でエアフローの製品設計をよりよく確認したい場合、ポリエチレン製シートを囲いの一部に使用することができます。ポリエチレンは断熱せず赤外線(IR)エネルギーを透過します。

### 測定のヒント

U5855Aは温度差0.07 °Cを捉えられる、最良クラスの感度仕様(分解能)を持っています。

34970A/34972A内でほとんどの動作が処理されます。つまりソフトウェアでのリファレンス補正や、電圧から温度への変換まで行います。熱電対の使用は、2本の線を接続するように非常に簡単です。34970A/34972Aデータロガーシステムは、モジュール形式で、温度リファレンスが内蔵されているので、正確な熱電対測定が簡単に実現できます。

一方、RTDは、比較的高い線形性を持ち、長期での安定度が良く、再現性も高いので、恒温槽での使用によく適しています。リード線の抵抗分を補正する4線式抵抗測定は、RTDを正確に測定するのに適しています。この測定は、34970A/34972Aデータロガーの標準測定機能です。RTDは最も正確で、安定した温度センサーです。しかしまた、最も反応速度が遅く、最も高いセンサーでもあります。精度が重要だが、スピードやコストが二のつぎの精密アプリケーション向けです。

RTDのように、サーミスタは抵抗変化による温度センサーです。感度が高いのが良い点で、これまでに述べた他のセンサーより温度に対して大きく抵抗が変化します。この大きく変化する抵抗を測定するという特長を利用して、温度の小さな変化を捉えることができます。

これらのセンサーの中で、ICセンサーのみ電源が必要ですが、測定しやすい電気信号を出力するためにシグナル・コンディショニングが内蔵されています。もう一つの利点は、ICセンサーは絶対温度に線形比例した出力を供給できることです。

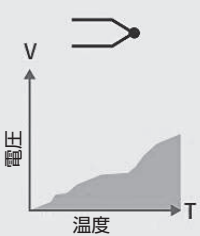
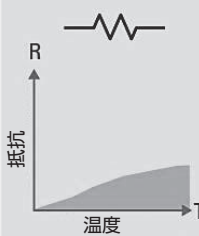
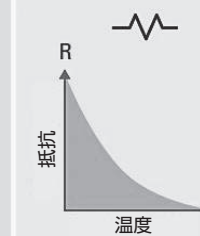

熱電対	RTD	サーミスタ	ICセンサ
			
<b>利点</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電源不要</li> <li>・シンプル</li> <li>・堅牢</li> <li>・さまざまな形状</li> <li>・広い温度範囲</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最も安定</li> <li>・最も正確</li> <li>・熱電対よりリニア</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高出力</li> <li>・高速</li> <li>・2端子抵抗測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最もリニア</li> <li>・最も高出力</li> <li>・低価格</li> </ul>
<b>欠点</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非線形</li> <li>・低電圧</li> <li>・基準が必要</li> <li>・低い安定度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高価</li> <li>・低速</li> <li>・電流源が必要</li> <li>・抵抗変化が小さい</li> <li>・4端子測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非線形</li> <li>・制限された温度範囲</li> <li>・壊れやすい</li> <li>・電流源が必要</li> <li>・自己発熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<math>T &lt; 250\text{ }^{\circ}\text{C}</math></li> <li>・電源が必要</li> <li>・低速</li> <li>・自己発熱</li> <li>・構成の制限</li> </ul>

図3. 温度センサーの種類による比較

キーサイト34970A/34972Aのファームウェアに組み込まれている変換ルーチンは、B-、E-、J-、K-、N-、R-、S-、T-タイプの熱電対、2.2-、5-、10-k $\Omega$ サーミスター、広いレンジのRTDに対応しています。結果は、直接温度C、FもしくはKで表示されます。

温度モニターに使用するセンサーのタイプを決めたら、ボードや構造物上にセンサーをマウントする必要があります。例えば、熱電対を使用する場合、モニターするものの表面に直接接触させなければなりません。表面へ熱電対を取り付ける数は、表面温度が変化していく様子が確実にモニターできるなかで最小限にしなければなりません。

建物によっては一年もしくはそれ以上のより長いデータ・ロギングシステムが必要とされるかもしれません。この場合、熱電対の取り付けを金属部に溶接やネジ止めのように、しっかりと丈夫に接続できていることを確認したいでしょう。

エレクトロニクス分野では、信頼ある接続のために、部品を載せたいが、PCAを傷つけない接続が望まれます。高温の半田で熱電対を半田付けでき、また、カプトン<sup>®</sup>テープや接着剤で熱電対をPCAに貼付できます。

システムに接続されたら、実環境や、恒温槽などの様々な環境下で、システムをモニターすることができます。34970A/34972Aデータロガーは、ソフトウェアの自動化により簡単に正確に長時間モニターすることができます。

## 測定のヒント

プログラミングはしたくない？ キーサイトBenchLinkデータロガー Proをお試しください。多くの一般的なデータロガーの測定が自動化されていて、あなたのデータを視覚的なグラフにします。

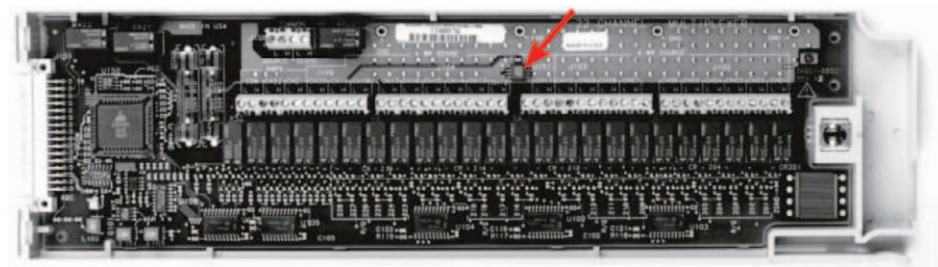


図4. 34970A/34972Aデータロガーのモジュール、矢印は温度リファレンスを指しています。

図5は、BenchLink データロガー Proソフトウェアで、PCAボードから捕捉した、グラフとデータを示しています。このデータはKタイプ熱電対を使用して測定した、14の温度測定点です。これらの測定点はサーモグラフィで特定されたものです。温度測定点に加えて、電圧、電流や他の一般的なデジタルマルチメータ(DMM)で測定できるような測定項目をモニターすることができます。データロガー Proクイックグラフによりグラフのすべてのポイントを同じスケールで表示されるので、ポイント間の詳細比較をすることができます。この機能は測定の時間トレンドを迅速にグラフィカルに見ることができるものです。

ユニットがウォームアップ後、データロガーのスキャンで、DUTの14の測定点(U5855ATrueIRサーモグラフィで特定したものの)の特性評価をします。スキャンは、分、時間、日刻みの正確なインターバルでデータ収集します。34970A/34972Aは長時間の正確な温度測定に役立ちます。そして、データはさらに後解析で、より深く理解することができます。エレクトロニクス分野で、また建物診断の長期モニターの温度特性評価において特に有用です。



図5. 14点の温度特性測定の結果

## サマリー

U5855Aのようなサーモグラフィを使用することで、迅速にモニターしたい温度測定点を特定することができます。また、34970A/34972Aのようなデータロガーシステムと温度センサーにより、設計物の全体的な特性をとるために、信頼性があり、正確で、長期間の温度測定ができます。これらのソリューションにより、温度センサーの場所の特定や設計物の温度測定が今までになくより簡単になりました。

myKeysight

**myKeysight**

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

A personalized view into the information most relevant to you.

DEKRA Certified  
**ISO 9001:2008**  
Quality Management System

[www.keysight.com/quality](http://www.keysight.com/quality)

Keysight Technologies, Inc.  
DEKRA Certified ISO 9001:2008  
Quality Management System

Keysight Channel Partners

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

Get the best of both worlds: Keysight's measurement expertise and product breadth, combined with channel partner convenience.

## キーサイト・テクノロジー合同会社

本社〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

## 計測お客様窓口

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ■■■ 0120-421-345

(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678

(042-656-7840)

Email [contact\\_japan@keysight.com](mailto:contact_japan@keysight.com)

電子計測ホームページ

[www.keysight.co.jp](http://www.keysight.co.jp)

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。