

端子部温度測定時の注意点

§0 要約

端子部温度による負荷軽減曲線を用いるには、表面実装抵抗器の端子部温度を正しく測定することが必要です。この測定が誤っていると、過度な温度上昇による機器の故障などの事故につながる恐れがあります。本テクニカルノートでは、表面実装抵抗器の端子部温度を正しく測定するために注意すべき点を解説します。

§1 赤外線サーモグラフによる温度測定

近年、赤外線サーモグラフ（以降サーモグラフ）は、その取り扱いの容易さから電子機器の温度確認に使用されることが多くなってきました。本章では、正しい測定を行うためのポイントについて解説します。

1.1 測定環境

サーモグラフは、物質が放射する赤外線を検出し、そのエネルギーから物質の温度を把握する装置です。サーモグラフで測定される赤外線は、測定対象物が放射するものだけでなく、周囲の物質から放射された赤外線が、測定対象物に反射したものも含んでいます（図1）。よって、測定対象物の温度を正しく把握するためには、照明やはんだごて、人体など赤外線の発生源や、周囲からの赤外線の映り込みのない部屋での測定を推奨します。

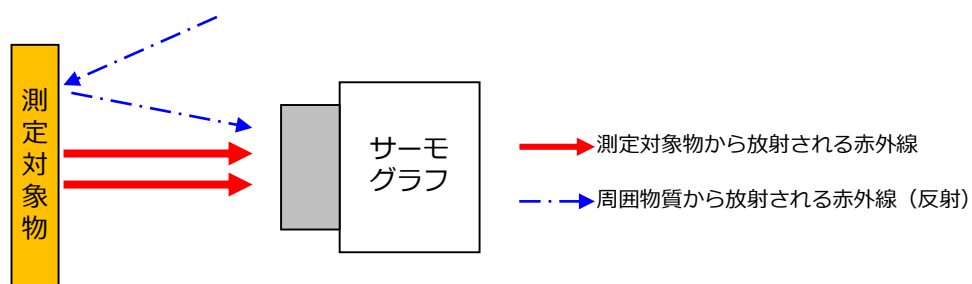


図1 サーモグラフで測定される赤外線（例）

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。
技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>
本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

端子部温度測定時の注意点

1.2 物質の放射率

測定対象物から放射される赤外線エネルギーの大きさは、温度と物質の放射率によって異なります。すなわち、同じ温度でも、測定対象物の材質や表面状態によってサーモグラフでは異なる温度として測定されます。そのため、サーモグラフによる測定では、測定対象物の放射率に合わせて補正を行う必要があります。放射率とは、物質からの赤外線エネルギーの放射のしやすさを表したものであり、1に近ければ放射しやすく、0に近ければ放射しにくいこととなります。実装済み基板のように、測定対象物が複数の物質から構成されている場合は、放射率を一律に設定することが困難です。このような場合は、測定対象物に黒体(*)塗料を塗布し、測定対象物の放射率を1に近づけて測定することを推奨します。

*黒体：物体の温度に応じた理論上最大の赤外線を放射する理想的な物体のこと。あらゆる光を反射しないため、常温では黒色に見える。

図2は、測定対象物の一部にのみ黒体塗料を塗布した実装済み基板の熱画像です。黒体塗料を塗布したチップ抵抗器とその周辺の熱画像は色が白く、100℃よりも高くなっています。しかし、黒体塗料を塗布していない抵抗器の端子部は、約50℃になっています。これは、抵抗器の端子部が金属で放射率が低いため、サーモグラフでは低い温度として測定されるためです。このように、測定対象物の放射率を合わせないと、正しい温度が測定できない場合がありますので、注意が必要です。

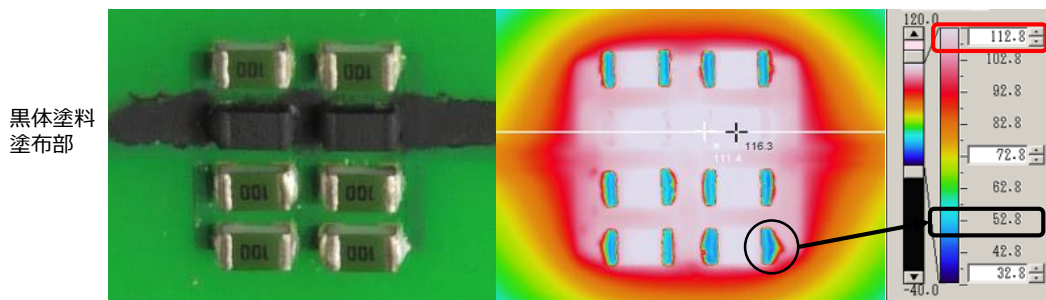


図2 サーモグラフで測定した熱画像（例）

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

端子部温度測定時の注意点
1.3 サーモグラフィの解像度の影響

表面実装抵抗器のように、微細な部品の温度を正しく測定するにはサーモグラフィの解像度を考慮する必要があります。サーモグラフィの解像度は、検出器のピクセル数だけではなく、レンズの拡大率によっても変わります。拡大率の異なるレンズを使用して角形チップ抵抗器SG73P1Jの温度を測定した結果を例に解説します。チップ抵抗器をプリント基板に実装し、その抵抗器へ0.25Wを印加した時の温度分布を図3(a)に示します。ここで、 $X \mu\text{m}/\text{pixel}$ レンズとは、図3(b)に示すように、被写体の $X \mu\text{m}$ 四方を検出器の受光素子1ピクセルに拡大できる能力を持っているレンズのことを意味します。

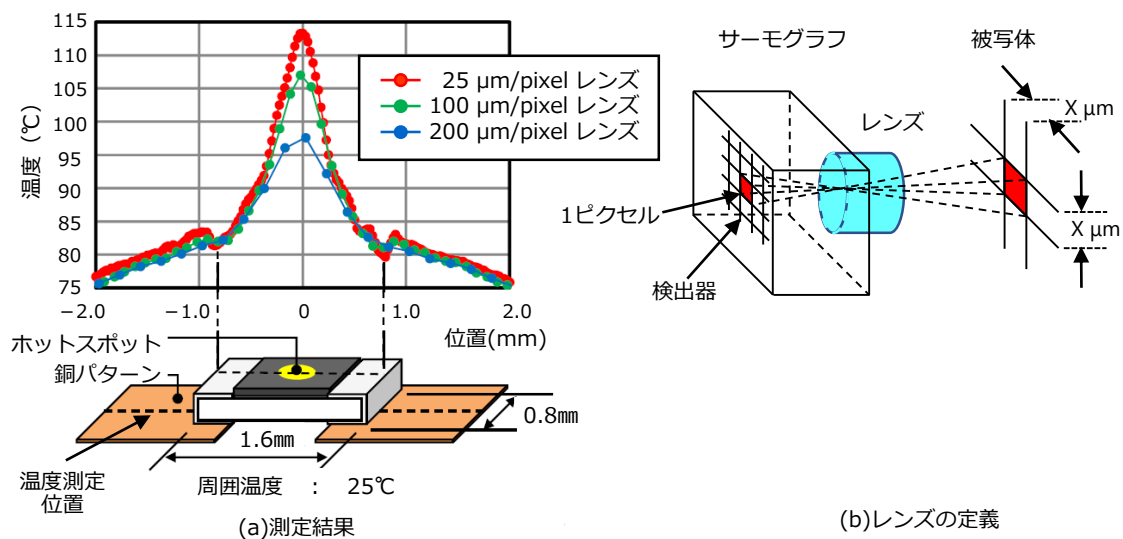


図3 拡大率の異なるレンズによる温度測定結果 (例)

図3(a)から、黄色で示したホットスポットの温度は、 $25 \mu\text{m}/\text{pixel}$ レンズでは約 113°C 、 $100 \mu\text{m}/\text{pixel}$ レンズでは約 107°C 、 $200 \mu\text{m}/\text{pixel}$ レンズでは約 98°C であり、同じ温度を測定してもレンズの拡大率によって結果が異なっています。チップ抵抗器のホットスポットのように非常に小さく、温度変化が大きい場所では、拡大率が大きく影響します。そのため、レンズの拡大率には注意が必要です。一方、端子部の温度はレンズの拡大率にかかわらずほぼ同じですので、比較的容易に測定が可能です。

§2 熱電対による温度測定

電子機器の温度測定では、熱電対が広く使われています。熱電対による温度測定は、サーモグラフィとは異なり、プリント基板が筐体内に組み込まれた状態、つまり実際の動作環境と同じ状態での測定が可能です。そのため、チップ抵抗器の端子部の温度測定は、この方法を推奨します。本章では熱電対による温度測定の注意点について解説します。

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

端子部温度測定時の注意点

2.1 測定場所への熱電対の固定

熱電対による温度測定は、熱電対の先端部を測定したい箇所に接触させることが重要です。KOAでは、はんだ付けによる熱電対の固定を推奨していますが、熱電対は電気を通すため、機器を動作させながら測定する場合は、誤作動に注意する必要があります。また、抵抗器にかかる電圧によっては熱電対を接続する機器のチャンネル間耐圧や対地耐圧にも注意が必要です。よって、熱電対を固定する端子部はGND側を推奨します（図4）。多点を一つの測定機器で測定する場合には、チャンネル間が相互に絶縁されたタイプの測定機器を使用することを推奨します。

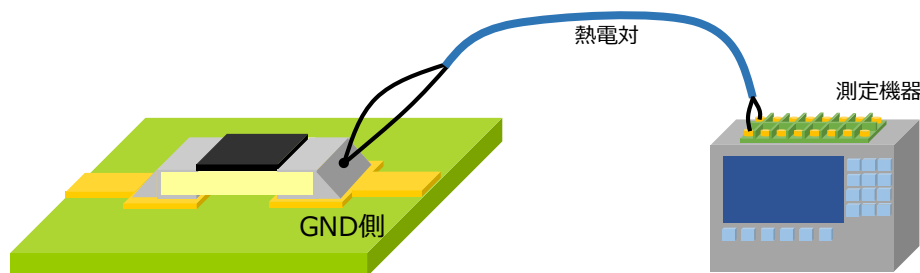
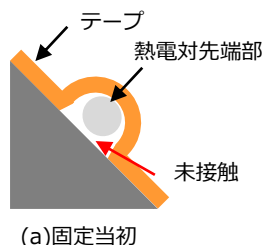


図4 熱電対の接続例

熱電対をテープや接着剤で簡易的に固定すると、正しい温度が測定できない場合があります。テープによる固定では、テープに弾力があるため、熱電対の先端部を測定したい箇所に接触させることが困難です（図5(a)）。また、テープの経時変化や測定箇所の発熱によってテープが剥離し、測定箇所と熱電対が離れてしまうことがあります（図5(b)）。測定箇所と熱電対が接触していないと、正しい温度が測定できません。目視では熱電対と測定箇所が接触しているように見えても、実際には接触していない場合があるため、抵抗器の端子部温度の測定ではテープ固定は推奨しません。

また、接着剤による固定も、接着剤が硬化する過程で、測定箇所と熱電対の間に接着剤が入り込んでしまうと、接着剤を介した温度測定結果になってしまうため注意が必要です（図6）。



(a) 固定当初



(b) 経時又は熱による剥離

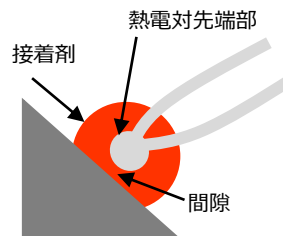


図6 接着剤による固定の注意点

図5 テープによる固定の注意点

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

端子部温度測定時の注意点

2.2 熱電対の先端部の加工

熱電対には、先端部が溶接されているものと、されていないものがあります。熱電対の先端部を溶接せずに、素線をよじって使うと、温度の測定箇所は熱電対の先端部ではなく、よじった部分の根本になりますので、測定したい箇所と違う温度が測定される場合があります（図7(a)）。また、熱電対の素線同士をはんだ付けで固定する場合も注意が必要です。はんだ付け時に素線同士が離れてしまうと、正しい温度が測定できない場合があります（図7(b)）。これらのことから、熱電対の先端は、溶接して使用することを推奨します（図7(c)）。

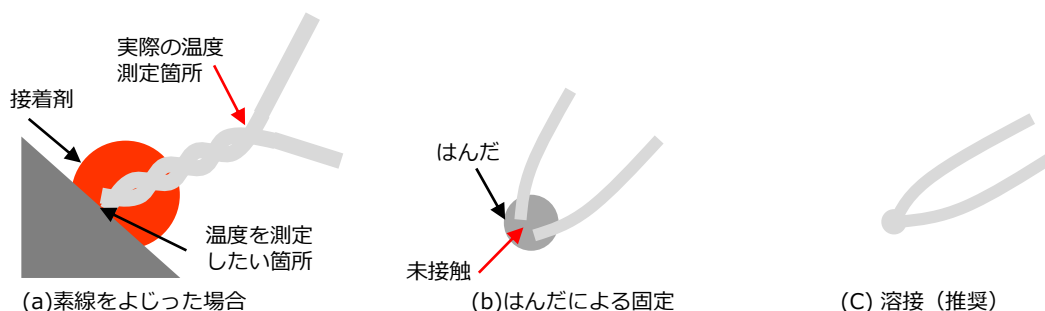


図7 熱電対の先端部の加工

2.3 熱電対からの放熱

熱電対による温度測定は、抵抗器の端子部に熱電対を固定するため、熱電対が新たな放熱経路になります。つまり、熱電対から周囲の空気へ放熱するため、測定した温度は実際の温度よりも低くなります。図8に熱電対を取り付けた時の温度低下のイメージを示します。熱電対を取り付けたことによる温度の低下が ΔT になります。正確な温度を測定するためには、 ΔT を極力小さく抑えることが重要です。

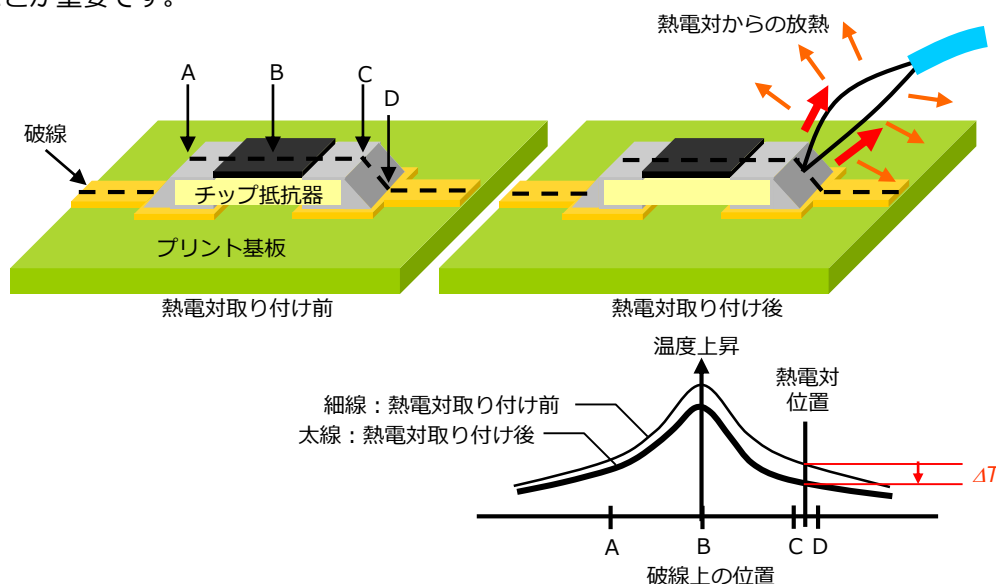


図8 熱電対取り付けによる温度の低下（例）

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP

端子部温度測定時の注意点

ΔT に影響を与える大きな要因は、熱電対の種類と線の太さです。温度測定で用いられることの多い、素線径0.2mmのタイプTの熱電対を例に解説します。タイプTの素線の材料は、銅とコンスタンタンです。銅は熱伝導率が高く、多くの熱が放熱されます。また、素線径が太いと熱抵抗が下がり、更に放熱量が増えます。放熱量が多いと ΔT が大きくなるため、タイプTはこの測定に適していないといえます。一方で、タイプKの熱電対はアルメルとクロメルのため、熱伝導率が低く、更に素線径が細いと放熱量が抑制されます。これらの熱電対について、簡略化した熱回路網(図9)を用いて計算した ΔT の結果を表1に示します。なお、 R_{th} は熱抵抗であり、温度の伝わりにくさを示します。*熱回路網法：熱を電気回路に見立てて解析する手法。詳細についてはお問い合わせ下さい。

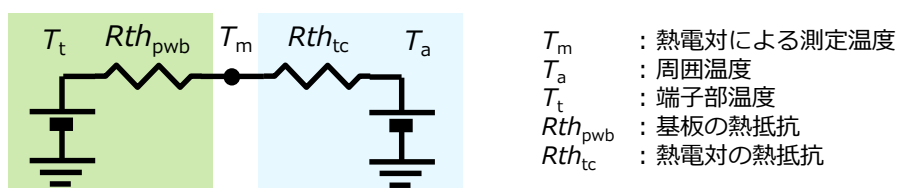


図9 熱電対取り付け時の熱回路網 (例)

表1 熱回路網を用いた温度低下の計算 (例)

熱電対 タイプ	素線径 (mm)	熱抵抗($^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$)		端子部温度 T_t ($^{\circ}\text{C}$)	測定温度 T_m ($^{\circ}\text{C}$)	温度差 ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
		$R_{th_{pwb}}$	$R_{th_{tc}}$			
K	0.1	300	5500	100	96.1	3.9
T	0.2	300	1000	100	82.7	17.3

温度差 ΔT がタイプKでは3.9 $^{\circ}\text{C}$ 、タイプTでは17.3 $^{\circ}\text{C}$ であり、熱電対によって大きく異なることがわかります。この結果から、熱電対は、温度差の少ない素線径0.1mmのタイプKを推奨します。なお、タイプKのはんだ付けには、ステンレス用のフラックスなどの活性度の高いものが使用できます。

§3 まとめ

端子部温度を使って負荷軽減を行うには、正しい端子部温度を測定することが重要です。サーモグラフで測定する場合は、測定環境、放射率の設定、測定対象に合わせた適切な拡大率のレンズの使用が重要です。熱電対で測定する場合は、熱電対の取り付け方、先端部の加工状態、熱電対からの放熱による温度低下を考慮する必要があり、素線径0.1mmのタイプK熱電対を用いることで温度低下を軽減できます。

KOAでは端子部温度の測定方法や、簡易温度シミュレーターによるプリント基板のパターン検討など、各種サポートをご用意しておりますので、お気軽にお問い合わせください。

以上

ご注意 この文書は予告なしに変更される場合があります。

技術的なお問い合わせはこちらよりお願いいたします。 <https://www.koaglobal.com/contact/productsForm>

本文のご利用に際しては、右記URLの免責事項に合意したものとみなします。 https://www.koaglobal.com/utility/disclaimer_TecDoc?sc_lang=ja-JP