

技術解説

サーモカメラの基礎知識と応用例

株式会社タムロン 特機事業本部
ICM技術部 技術二課

鳴原 健

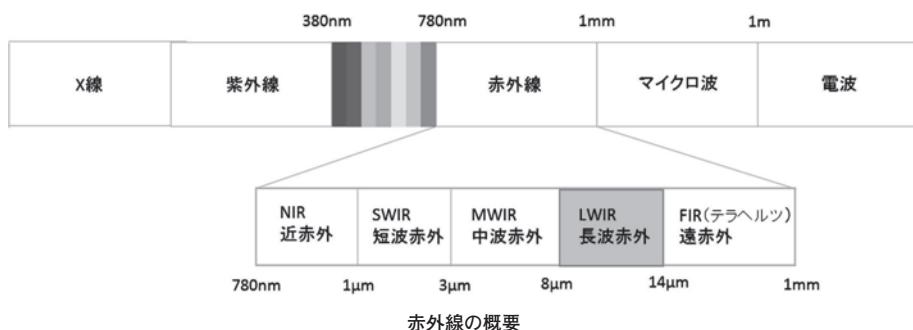


1.はじめに

近年、サーモカメラが注目を集め様々な用途に使用されてきています。タムロンでは、これまで培ってきた光学技術と画像処理技術を融合させ、メカニカルシャッターによるキャリブレーションを必要としない「シャッターレスサーモカメラ」を新たに開発しました。本稿では、サーモカメラで使用する長波赤外線についての特徴とサーモカメラのメリット、そして現状の課題とその解決策について提案を行います。最後に、サーモカメラの用途応用例から、サーモカメラの普及の可能性について説明します。

2.長波赤外線とは

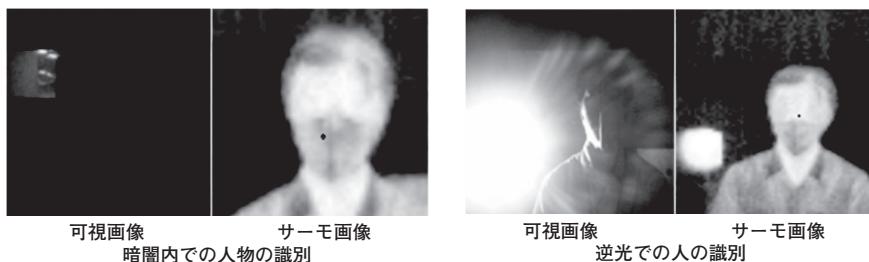
赤外線は、人の目では見えませんが、あらゆる物体から放射される電磁波です。通常の監視カメラで用いる380nm～780nmまでの可視光線より長い波長帯に位置し、赤外線は5つに分類されます。サーモカメラは赤外線の波長帯の中で長波赤外線(8μm～14μm)の波長を感知し映像として再現します。長波赤外線は地球上の生活温度帯(-20°C～100°C)において最も適した波長帯であり、環境温度27°Cでの中心波長が10μmであるため、サーモカメラではこの波長帯が使われています。



3.サーモカメラのメリット

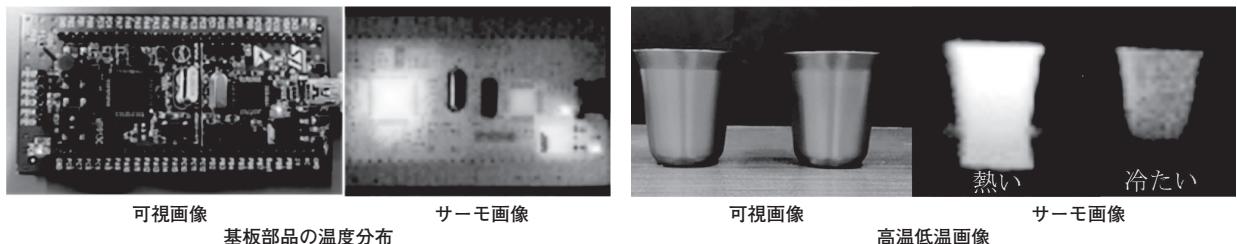
3.1.光が無くても映像化が可能

可視カメラは、物体の反射光を検出することで映像化するため、光(照明光)が無ければ映像化することができません。それに対し、サーモカメラは物体から放射される電磁波を検出するため、光がないところ(暗闇)でも映像化することが可能です。また、逆光内でも光の影響を受けることなく撮影することができます。



3.2. 温度計測、温度分布、識別が非接触で可能

物体の温度を計測するためには、熱電対や接触式温度計などを用い、測りたい物体表面に接触させることで温度を計測することが一般的です。非接触温度計もありますが、どちらの温度計も被測定物の1点の温度しか計測できません。サーモカメラは画像に映るすべての物体の温度を非接触で計測可能です。特に画像として温度分布の取得が可能であり、被測定物周辺の熱の状態なども把握することが可能です。



4. サーモカメラが抱える課題

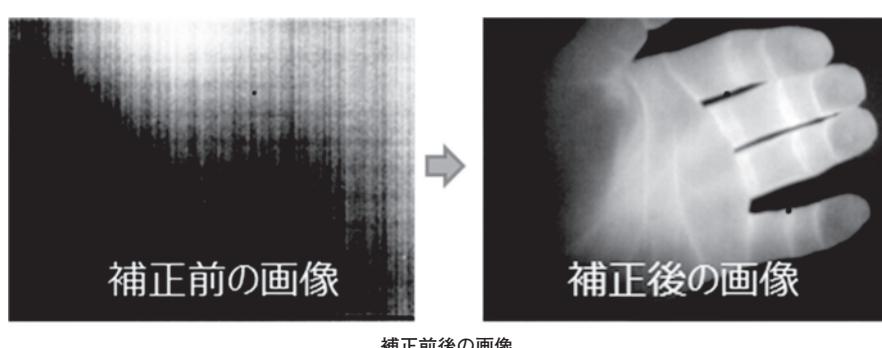
暗闇でも人の識別が可能であること、人の目では見ることのできない物体の熱状態を非接触で把握できるなどのメリットがある一方、サーモカメラには後述の課題があり、普及の障害になっています。

4.1. 高価格

可視カメラと比べるとサーモカメラの価格は非常に高価で、主に①レンズ②センサーに起因しています。サーモカメラのレンズ硝材には、ゲルマニウムやカルコゲナイトと呼ばれる長波赤外線に対して高い屈折率、透過率をもつ希少金属が使われるため、非常に高価です。センサーは長波赤外線を吸収する特殊な構造を持つため、可視カメラで使用するCCDやCMOSと比べて製造工程上複雑であるためコストが上がります。従って、QVGAやVGAのように画素数が増えるほど高価になります。今後、サーモカメラの普及が進むと大量生産によるコスト低下が期待できます。

4.2. センサーの画素補正が困難、シャッター補正が必要

サーモカメラで使用されるセンサーは可視カメラ(CMOS)とは異なり、各画素の感度にバラつきが大きく、それが固定パターンノイズとなるため、センサー出力のままでは正常な画になりません。そこで、各画素の感度バラつきを補正する(バラつきを少なくする)調整が必要です。画素の感度は環境温度によっても影響を受けるため、環境温度が変化すると、再び感度ムラが発生します。これを解決するために、サーモカメラ内部にはシャッター機構が内蔵されています。これは、一定時間毎に均一な温度であるシャッター表面を見せてことで、各画素の感度バラつきを再補正すること、環境温度変化により基準温度を修正することの2つの役割があります。しかし、定期的にシャッターの動作音がするため、静かな場所での使用には適さず、またシャッター動作中は映像が途切れてしまうことや、シャッターメカに寿命があるなどの欠点があります。



4.3.レンズの交換ができない(画角の自由度が無い)

サーモカメラは、レンズとカメラ筐体すべてを一体化した状態で補正を行う必要があるため、ユーザーがレンズを交換することができません。レンズ交換後に専用設備で校正を行わないと、画像劣化や、温度精度の悪化に繋がります。また、限られた画角のレンズのみしか対応していないことが多いため、画角の選択の自由度がありません。

5.タムロンが提案する解決策

タムロンでは、前述の課題を解決すべく、新たに画角の異なる3機種(90度:LW10F90-E、42度:LW10F42-ET、12度:LW10F12-ET)の「シャッターレスサーモカメラコアモジュール」を開発しました。タムロン独自の演算処理によりメカニカルシャッターを用いず、温度精度±2°C*を実現しています。

*測定対象温度:10°C~60°C 環境温度10°C~40°Cが条件



5.1.低価格のサーモカメラ(低コスト)の開発

サーモカメラは非常に高価であることを説明しましたが、タムロンでは低画素センサー(80画素×80画素)を採用し、カメラ筐体を共通化するなどで低コストを可能にしました。また、タムロン独自の画像処理技術を組み合わせることで、低画素ながらもコントラストの高い画質表現を可能にしました。



5.2.シャッターレス構造の採用と補正の一体化

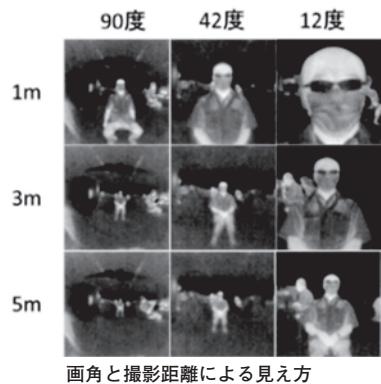
タムロン独自のアルゴリズムを開発し、シャッター機構を排除することを可能にしました。これにより、シャッター音が無く、画像の途切れがありません。また、シャッター起因による機械的な故障の心配もなく、高い信頼性向上を得ています。

5.3.レンズ選択が可能

タムロンがこれまで培ってきた光学技術より、広角から望遠までの高性能レンズを取りそろえ、画角の異なる3機種(90度、42度、12度)のサーモカメラを用意しました。レンズのバリエーションを増やすことで、使用したいシーンに合わせてユーザーが自由に画角を選択することができます。これにより安価な低画素カメラでも最適な画角のレンズを選択することで、高画素カメラに勝る効果が得られる可能性があります。さらに、劣悪な環境でも使用できるように防塵・防滴機能を採用しています。



各種レンズ群



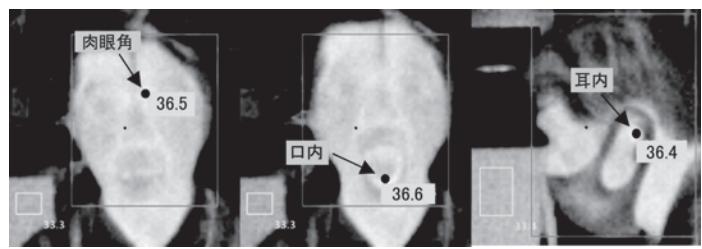
画角と撮影距離による見え方

6. サーモカメラの用途応用例(体表面温度の計測)

今年に入り、新型コロナウィルスによる影響により、熱発者発見を目的とした体表面高温者スクリーニングカメラとして、サーモカメラを見かけることが多くなりました。体表面高温者スクリーニングで重要なことは、温度精度です。温度精度を向上させる例として、画面内に基準温度とする被写体を設置し、それを常時測定しておくことで温度補正を行い、温度精度を向上させるシステムが挙げられます。次に重要なことは、体温を推定する測定箇所です。スクリーニングは主に額で測定を行いますが、環境影響が原因で測定にばらつきが生じます。体温推定のためには、腋下体温に近い測定点で見るべきであり、額や顔表面ではなく、環境影響を受けにくい肉眼角や口内、耳が好適であると考えられます。測定箇所における最適な撮影倍率が温度精度を高める上でも重要であり、タムロンではレンズの種類と撮影距離から最適なサーモカメラの選択が可能です。



実証風景



測定箇所の事例（肉眼角、口内、耳内）

7. おわりに

長波赤外線の基礎技術、サーモカメラに対する課題と解決に向けてのタムロンの提案を述べさせていただきました。サーモカメラは、可視カメラにない特徴を持っており、今後も様々な場面で導入が進むことと思われます。一方で、サーモカメラの正しい知識を持たずに設置を行うと、満足のいく結果が得られないこともあります。導入にはこうした知識をもつメーカーへの相談をお勧めします。なお本稿で紹介しましたタムロンのサーモカメラはBtoB製品であり、お客様のシステム構築の際の要素として提供させていただいております。レンズとカメラの双方の技術を保有するタムロンのサーモカメラが皆様のシステム構築にお役に立てる事を願っています。