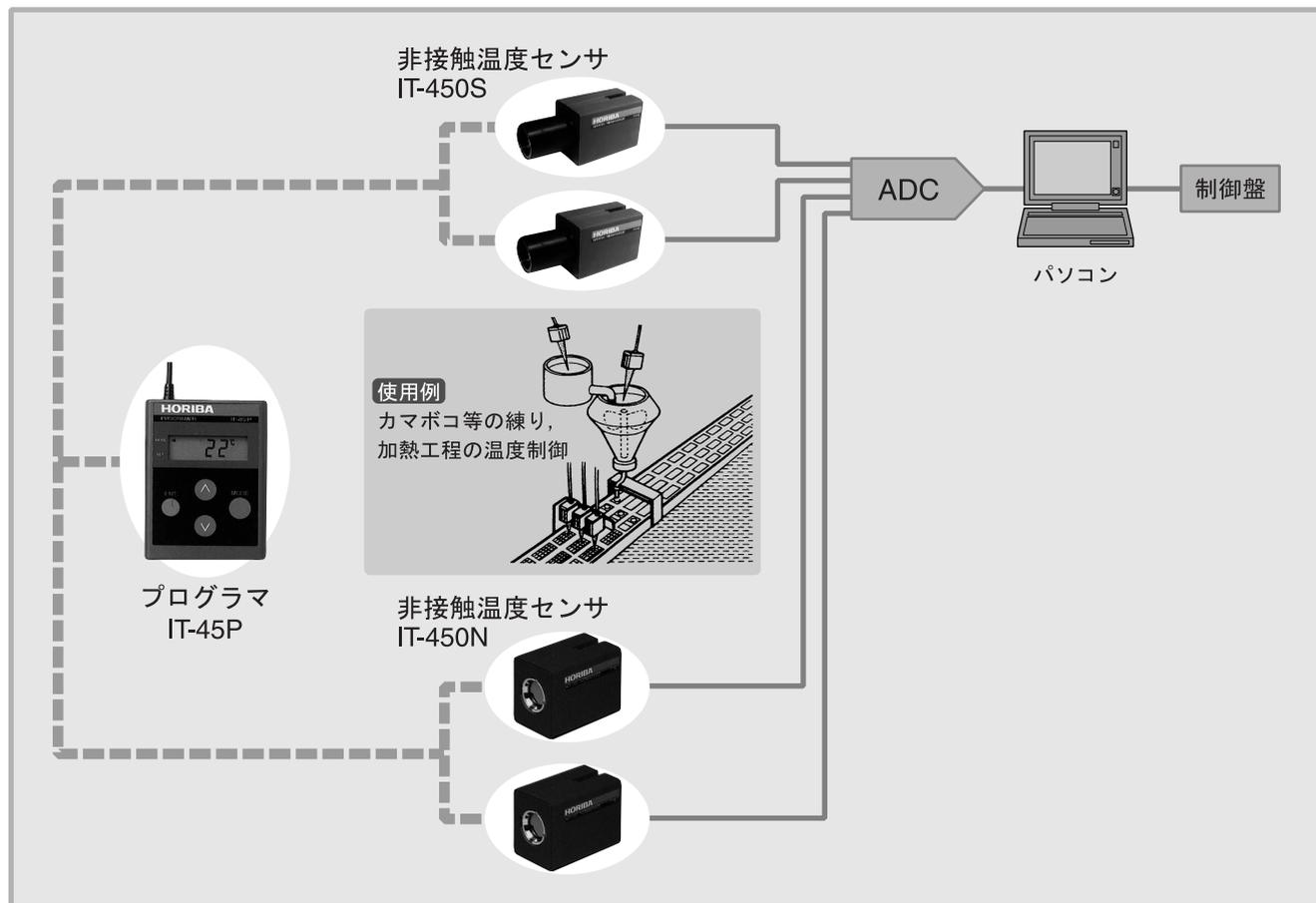


超小型非接触温度センサ IT-450 シリーズ

The IT-450 Series Non-Contact Infrared Thermosensor

大須賀 直博



要旨

生産ラインにおける様々な温度管理にフレキシブルに対応できる超小型非接触温度センサ IT-450 シリーズをラインアップした。IT-450 は、徹底した小型で機能重視の設計となっており、温度表示や放射率など測定条件の設定や変更はプログラマを用いて行う。本シリーズには、温度範囲(- 50 ~ 1000)や視野範囲が異なる 6 機種が用意されており、お客様の用途に合わせて最適な機種、オプションを組み合わせて便利に使用できる。本稿では、IT-450 シリーズの設計コンセプト、これを実現したキーテクノロジー、いくつかの応用例を紹介する。

Abstract

Horiba has introduced the IT-450 series non-contact infrared thermosensor which can be used for a variety of temperature controls in production lines. The IT-450 units are small and designed to be functional, allowing programmers to configure and alter measuring conditions of instrument temperature range and emissivity. The series includes 6 types of thermosensors which differ in temperature range(-50 to 1000°C) and visual field, providing a wide selection of options suitable for all customers' needs. In this article we will discuss the IT-450 series' design concepts and key technology, as well as a few examples of its application.

1 はじめに

赤外線放射温度計は、センサをサンプルに直接接触させないでも測定できることから、とくに食品や電子部品などの生産現場において動いている物体の温度監視に効力を発揮する。応答がはやく、サンプルに触れないので衛生的であり、傷をつけることもない。

ホリバは、自動車排ガス分析装置で永年培ってきた赤外線技術をベースに、15年以上前から各種の赤外線放射温度計を開発、製品化してきた。これらが市場に浸透するにしたがい、「我々の生産ラインに直結できる小型で高精度で、無駄のない、しかも拡張性に富んだ温度モニタが欲しい」との要望が急増している。とくに近年は、単なる温度制御以外に、工程全体の管理を目的として使われることも多くなってきている。

ホリバは、これらのニーズを背景に、各種生産ラインの温度制御にフレキシブルに対応できる超小型非接触温度センサIT-450シリーズをラインアップした。

45-P)によって行うようにした。温度表示や設定は本体の取り付け時や点検時に通常は不要と判断しこれらの機能は削除した。これにより、超小型化を図り、様々な生産ラインに組み込むことができるようになった。なお、出力は生産ラインでは一般的な4～20mAの電流出力とし、電源電圧も工場で広く使われている12～24Vとした。

図1にIT-450シリーズの本体部を、主な仕様を表1に示す。

光学系は、収差の少ない集光レンズ、低温領域の輻射だけを効率的に透過する多層膜干渉フィルタを窓材としたサーモパイル赤外線センサから構成されている。センサに生じた微弱なアナログ信号は増幅後、リニアな温度目盛りに変換し、アナログ信号を供給する。

また、放射率の設定や、小刻みに変動する温度を安定に測定するためのスムージング機能は、プログラムを接続することによって行う。

2 設計コンセプト

“Simple is Best”がIT-450シリーズ設計の基本コンセプトである。

生産ライン用の計測機器は、高精度、高い安定性、そしてローコストでなければならない。IT-450は、生産ラインに直結して使うことを前提に設計された、徹底的に機能重視の温度センサである。つまり、温度センサの中心である光学系と信号処理系のみを本体部に集約し、測定結果の表示や測定条件の設定はオプション化したプログラム(IT-



図1 超小型非接触温度センサIT-450シリーズ
Non-contact Infrared Thermosensor IT-450 Series

形式	IT-450S/IT-450L	IT-450F	IT-450FH	IT-450N	IT-450NH
測定温度範囲	0～500	-50～500 (0以下はプログラムにて設定変更が必要)	0～1000	-50～500 (0以下はプログラムにて設定変更が必要)	0～1000
電流出力	4～20mA(0～500) 負荷インピーダンス300以下	4～20mA(0～500) 負荷インピーダンス300以下	4～20mA(0～1000) 負荷インピーダンス300以下	4～20mA(0～500) 負荷インピーダンス300以下	4～20mA(0～1000) 負荷インピーダンス300以下
精度定格*1	±(3+0.1%出力レンジ)以内 (0～300) ±(2%rdg-3+0.1%出力レンジ)以内 (300～500)	±(3+0.1%出力レンジ)以内 (0～300) ±(1%rdg+0.1%出力レンジ)以内 (300～50) ±(10%rdg +3+0.1%出力レンジ)以内 (-50～0)	±(3+0.1%出力レンジ)以内 (0～300) ±(1%rdg+0.1%出力レンジ)以内 (300～1000)	±(2+0.1%出力レンジ)以内 (0～200) ±(1%rdg+0.1%出力レンジ)以内 (200～500) ±(10%rdg +3+0.1%出力レンジ)以内 (-50～0)	±(2+0.1%出力レンジ)以内 (0～200) ±(1%rdg+0.1%出力レンジ)以内 (200～1000)
測定波長		8～16μm			
応答時間		0.4s以内(95%応答、移動平均データ数=1の場合)			
使用温湿度範囲		温度0～55、湿度35～85%(結露なきこと)			
耐水性		IPX-2			

*1: 周囲温度23、湿度55%、放射率1.000

表1 T-450シリーズの主な仕様
Specifications

3 キーテクノロジー

このような設計コンセプトを具体化するための技術面のキーポイントを示す。

3.1 光学系

高精度な放射温度計を実現するための基本は、測定対象から輻射された赤外線をできる限り効率よく集め、高感度で安定な赤外線センサで検出することである。

(1) 集光系

物体から放射された赤外線は、反射防止コーティングを施したシリコンレンズで集光し、赤外線センサに結像させる。温度計の測定視野は、レンズの焦点距離、センサの視野角、測定対象と温度計の距離などによって決まるが、正確な温度計測を行うためには、被測定領域より小さいことが必要となる。IT-450シリーズでは、図2に示す各種の視野特性をもった機種をラインアップしており、お客様の用途、測定環境に合わせて最適なものが選択できる。

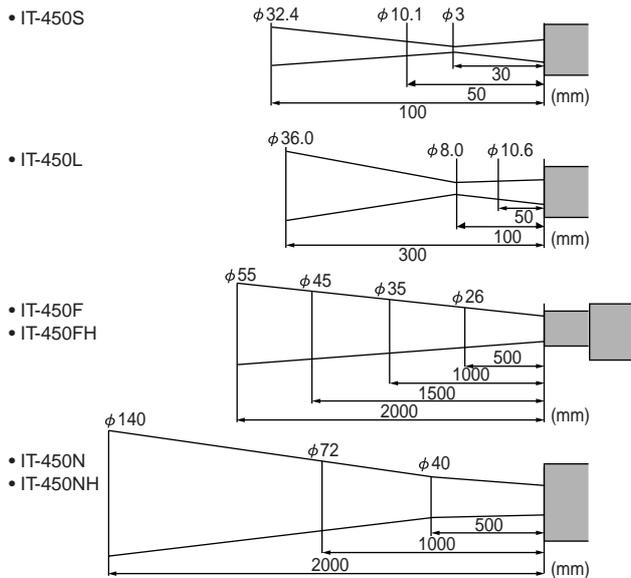


図2 T-450シリーズの視野特性
Target size

(2) サーモパイルセンサ

IT-450シリーズの赤外線センサにはサーモパイルを適用している。サーモパイルは、微細加工技術を使って多数の熱電対を直列につないだもので、微弱な赤外線を室温下で高感度に検知することができる。半面、周囲の温度変化に敏感で、安定に温度測定をする際には工夫が必要である。

ホリバは、高感度・低ドリフトで基準温度補償センサを一体化したサーモパイルセンサ(図3)を独自に開発し、安定性のよいIT-450シリーズを実現した。

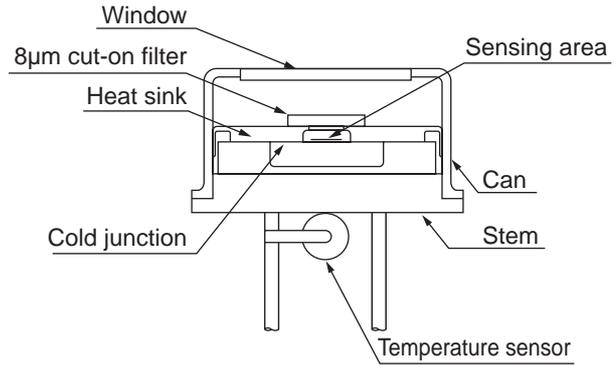


図3 サーモパイルセンサ
Thermopile sensor

(3) 多層膜干渉フィルタ

500 以下の物体から輻射される赤外線は、 $1 \mu\text{m}$ 以上の長波長領域が主体となる。一方、物体の温度を放射温度計で測ろうとすると、大気中の水分や炭酸ガスが赤外線を吸収し、正確な温度計測の妨げとなる。

ホリバは、 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ の大気の窓と言われる波長帯域を中心に透過する多層膜干渉フィルタを開発し、これをサーモパイルの窓としている。これにより、水蒸気などの影響を受けず、高精度な測定が可能である。図4にIT-450に適用しているフィルタの分光特性を示す。

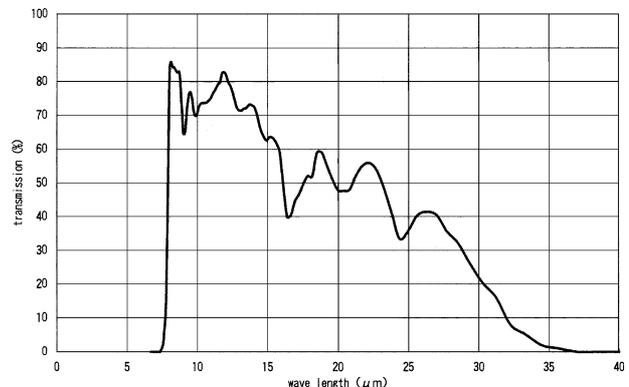


図4 干渉フィルタの分光特性
Spectral characteristic of interference filter

3.2 プログラマ

IT-450シリーズのもう一つの特長は、分野ごとに異なる様々なニーズに容易に対応するために、放射率の設定やスムージング機能をプログラマにまとめてオプション化した点である。これにより、複数の本体を1台のプログラマで設定することができ、生産ラインでの多地点・同時温度モニタリングへの拡張が容易である。

(1) 放射率の設定

物質の表面から放射される赤外線強度は、その表面の状態によって異なる。理想的な黒体が放射する赤外線強度に対し、同じ温度の被測定物質から放射される赤外線強度の

比率を放射率(ϵ)と言う。汎用放射温度計では、測定対象ごとを ϵ を設定して、真の温度になるよう補正する。

測定対象物質が決まっている生産ラインで使うIT-450シリーズでは、 ϵ の設定機能はプログラマに持たせ、本体への負荷を軽減した。

なお、IT-450では放射率設定は1.99までできるようになっている。放射率が1以上とは原理的にはありえないが、工場などでこれまで使われていた温度計と置き換える際に、両者の指示値の合わせ込みのために、便宜上、設けた。

(2) スムージング

測定対象物によっては温度が小刻みに変動し出力が読み取りにくいことがある。この変動をならして読み取りやすくする機能がスムージングである。実際には設定した数のデータの平均値を求め、その値に応じた出力を出すようにしている。データは刻々と入ってくるので平均に用いるデータもそれに応じて変わる(移動平均)。移動平均するデータ数は1~25で設定できる。多くするほど変動は小さくなるが、応答速度はそれだけ遅くなる。

図5にスムージング機能を示す。

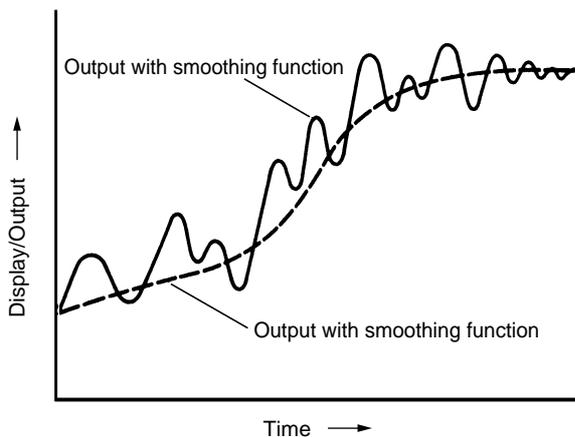


図5 スムージング機能
Smoothing function

(3) 出力スケール設定

測定対象物が決まっている場合、測定温度もある範囲に入っていることが多い。このようなとき出力スケール設定の機能を使えば自分が必要とする測定温度範囲を電流出力4~20mAと設定できる。測定対象物の温度の変化に対する出力の変化を大きくすることができる。

図6に出力スケール設定機能を示す。

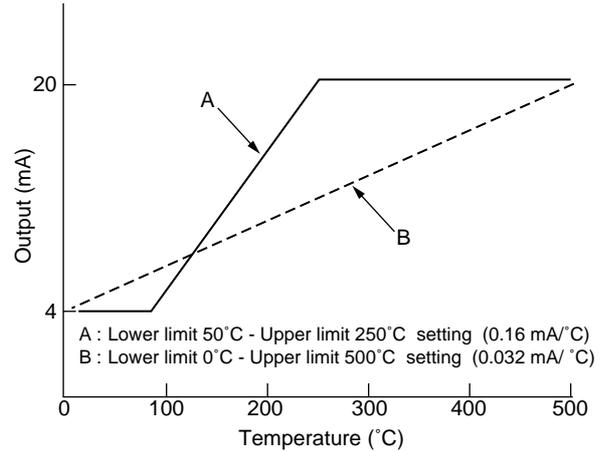


図6 出力スケール設定機能
Examples of output scale setting

3.3 レーザマーカ

赤外線放射温度計を生産ラインに取り付けるとき、被測定物のどこを測定しているかが確認できないために、測定誤差が大きくなってしまったり、極端な場合は全く別のものの温度を測ってしまうミスを犯すことがある。とくに、距離が遠かったりサンプルが小さい場合に問題となる。

IT-450F/FHでは、赤色レーザを内蔵した照準器(図7)をオプションとして用意している。これを本体に取り付けることによって測定領域を肉眼で確認することで、精度の高い測定が可能である。レーザマーカは位置確認がすめば本体からはずし、別の本体とも共有することもできる。これにより、小型化と同時に、計測系全体の費用削減にもつながる。

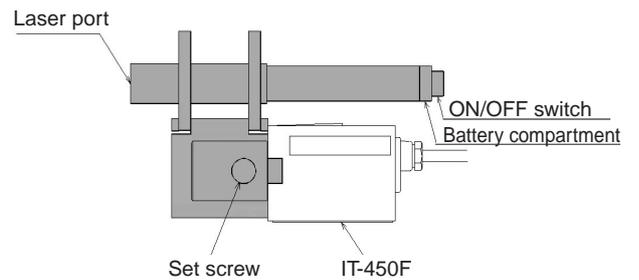


図7 レーザ照準器
Laser sight

4 応用例

放射温度計の最大の特長は、非接触で温度が計測できる点である。従って、自動車、半導体、食品などの生産ラインで、動いている製品の温度を遠隔で監視し、生産プロセスの制御系にリアルタイムにフィードバックすることができる。以下にいくつかの測定例を示す(図8, 図9, 図10)。

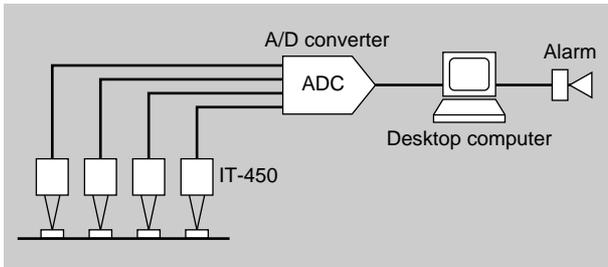


図8 加工食品の焼上工程の温度管理
Temperature control in cooking stage of processed food

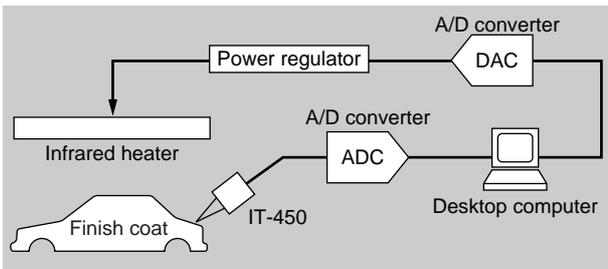


図9 車の焼付塗装工程の温度管理
Temperature control when baking on car finishes

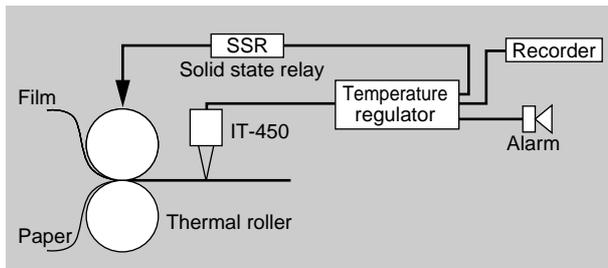


図10 紙のラミネート加工工程の温度管理
Temperature control when laminating paper

5 おわりに

IT-450シリーズは、小型、安価で、熱電対型の放射温度計に比べ、視野野特性に優れ、広い温度範囲で直線性がよいなど様々な特長がある。また接触式温度計は、極部しか測れず、接触したことにより、対象物の温度を変えてしまうことにもなり、速さが重要なラインには不向きである。一方、IT-450シリーズは極部を測りたければSタイプを、全体の平均温度を知りたければNタイプを使うということもできる。この特長が発揮できる用途は多岐にわたるものと考えている。

今後とも、ホリバは、新しいセンサを開発し、これを使った温度計を次々と製品化していく所存である。また接触式温度計は、静止しているものしか測れなく、接触したことにより対象物の温度を変えてしまうことにもなる。それには、お客様からの「こんなものを測りたい。こんなところで使いたい。とにかく現場を見に来てくれ。」などの、ご意見・ご要望が基本となる。本稿が、お客様と我々開発担当者との距離を一層近くするきっかけになることを願っている。



大須賀 直博
Naohiro OHSUGA
新事業統括センター
開発部