

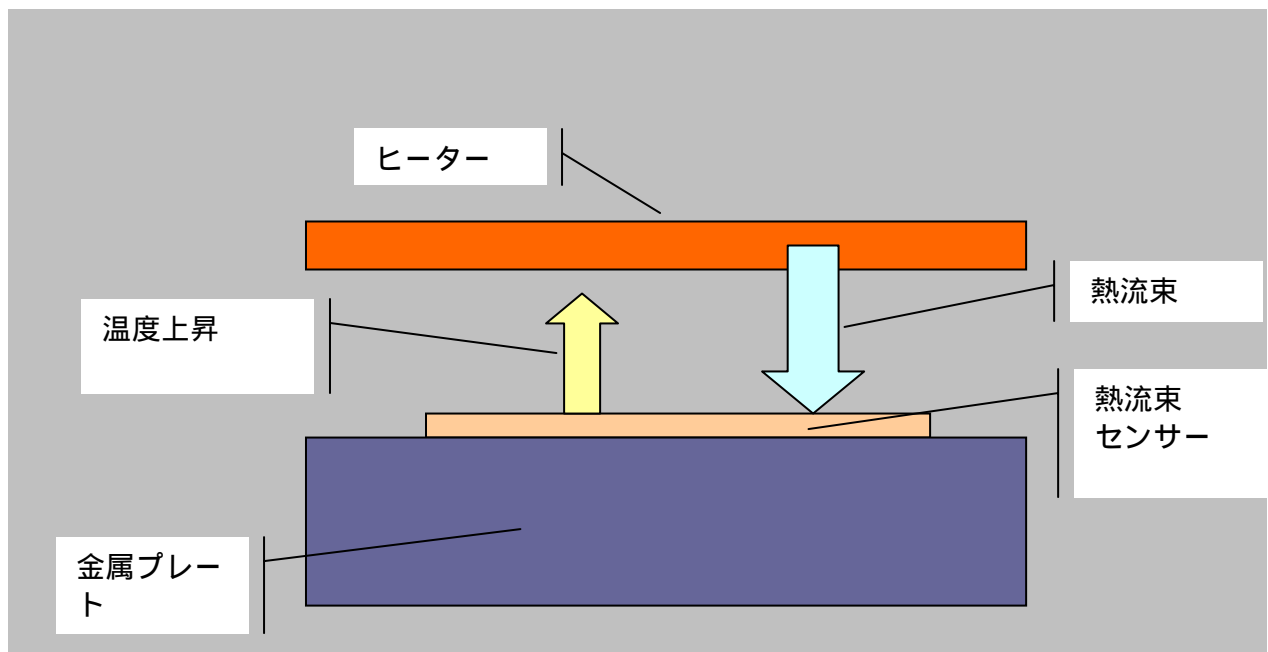
## 熱流束センサーの絶対較正及び輻射センサーの絶対較正への応用

CAPTEC 社製熱流束センサーの較正方法は、熱流束センサーの上面にセンサーと同じサイズのフォイルヒーターを重ね接触させ、高精度な絶対較正を実施しております。絶対較正の利点及び輻射センサーの絶対較正への応用について下記にご紹介します。

### 1. 接触法による絶対較正

下図のように、対象物とヒーターを離して設置した場合、薄膜ヒーターによって消費されるジュール熱は対象物に温度上昇や熱流束を生じさせます。

対象物が熱伝導率の高い材質(アルミニウム, 銅, スチールなど)であれば、表面温度は対象物内部の温度と同じに保たれ、表面温度の上昇は極めて微小になります。また、対象物内部のエネルギー消費がないため温度勾配はキャンセルされます。下図のように、対象物表面を通過する熱エネルギーが、対象物に蓄積される熱流束の熱源になります。



対象物から離して設置されたヒーターからの熱流束は、安定した状況において以下のパラメーターによって変動します。

- ヒーターの温度
- 空気媒体の熱抵抗  $R_{th}$

対象物表面から離れたヒーターからの熱エネルギーは、温度降下によるエネルギー損失によって、ヒーターの熱量の一部のみ対象物に加熱されます。

CAPTEC社が実施している接触による感度較正法では、ヒーターの温度降下が最小になるよう、金属プレートの上に較正を行う熱流束センサーを設置し、熱流束センサーの上にフォイルヒーターを重ね接触させて行います。熱流束センサーの熱抵抗値が極めて微小なため、温度降下・エネルギー消費はほとんどゼロになります。

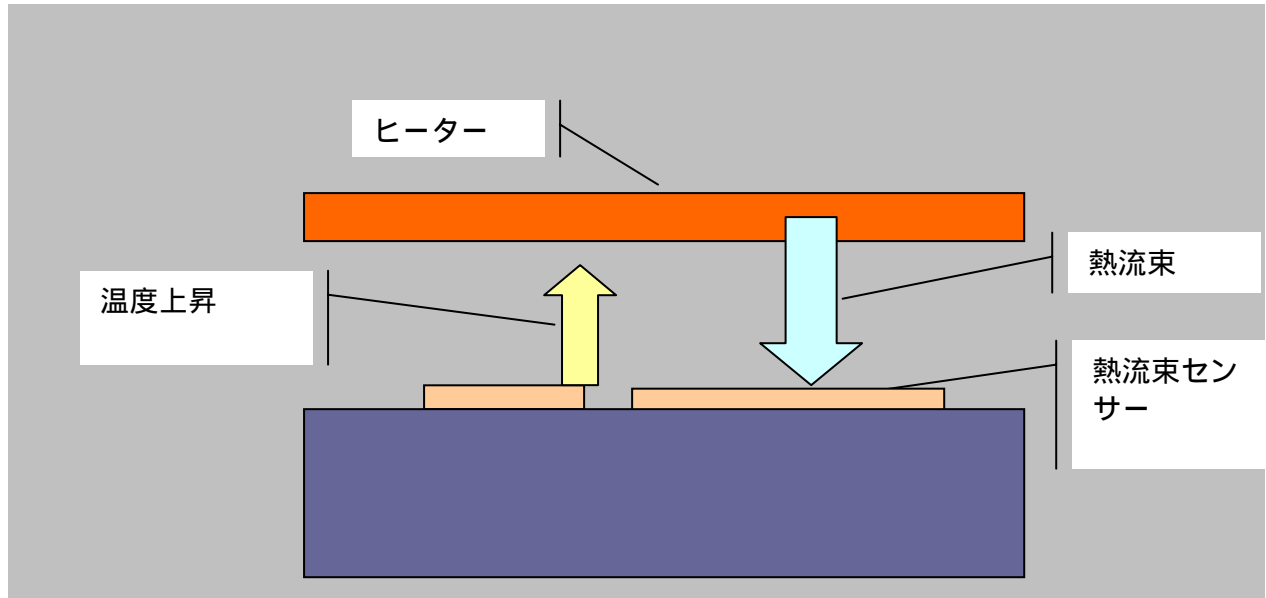
ヒーターからの熱エネルギーが金属プレートに蓄積される熱流束の熱源になります：

$$\varphi = (RI^2)_{\text{joule}} \quad (\text{where } R \text{ thermal resistance in } ^\circ\text{W/m}^2) \quad (1).$$

較正感度は、温度上昇がないため、ヒーターの単位面積あたりの熱量により得ることができます。

## 2. 比較較正法

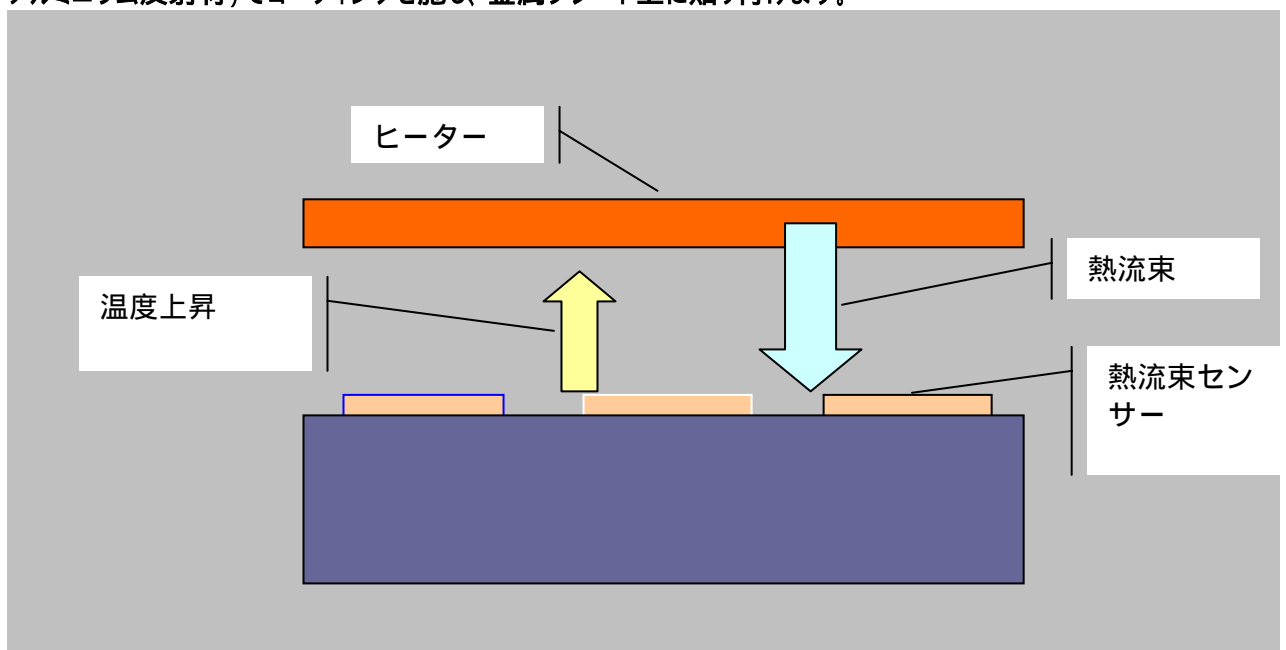
foil heater is detached from the metal plate and installed in a state where it is separated from the metal plate. In this case, the heater heats the metal plate surface through convection and radiation. The heat flux sensor installed on the metal plate detects the heat flux accumulated on the metal plate.



In the comparison calibration method, the heat flux sensor to be calibrated is installed on the metal plate along with the calibrated heat flux sensor. The heat flux sensor has a very low thermal resistance, so the energy consumption is zero, and the surface temperature of the sensor is maintained at the same temperature as the metal plate. Both sensors detect the same heat flux passing through the sensor surface.

## 3. センサー表面放射率差の評価

As shown in the diagram below, different emissivities (black, white, aluminum reflective material) are coated on top of the heat flux sensor to evaluate the correction sensitivity by the contact method, and attached to the metal plate.



金属プレートに貼り付けられた熱流束センサーは、ヒーターからヒーターと熱流束センサー間の熱エネルギーギャップを伴う熱蓄積要素への熱流束を示します。  
ヒーターからの熱エネルギーが熱流束センサーの検知面へ入射する輻射熱は(1)式で表されます。

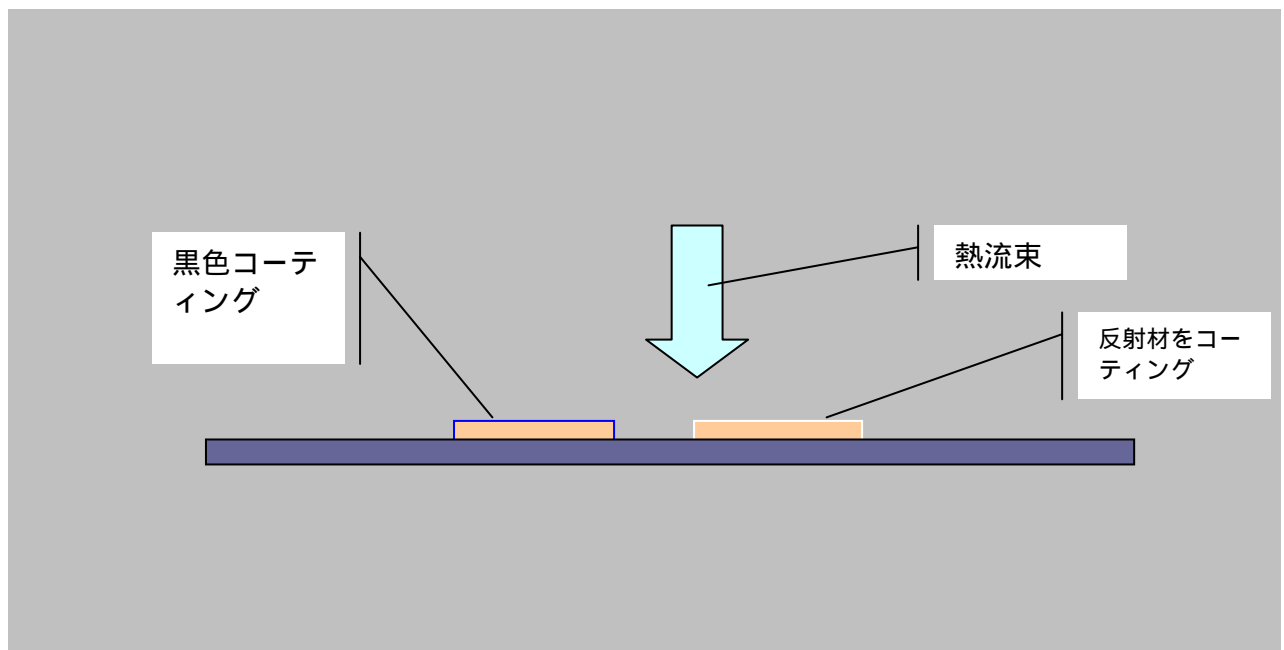
$$\varphi_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma (T^4 - T_{\text{sensor}}^4) \quad \text{in Watt /m}^2 \quad (1)$$

according to the Stefan Boltzman law, where  $\varphi$  is the radiant flux in  $\text{Watt/m}^2$ ;  $T_{\text{sensor}}$  absolute temperature of the receiving surface (K);  $T$  average surface temperature of the heater (K);  $\sigma = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$   $\varepsilon$  emissivity;

センサー表面は異なる輻射率でコーティングされており、各センサーに入射する輻射熱流束は全く異なります。また、各センサーは輻射と対流熱によるトータルの熱流束を計測します。

#### 4. 絶対輻射熱流束計測

CAPTEC社製熱流束センサーは、接触法による絶対較正によって高精度に較正されています。絶対較正された熱流束センサーは、熱流束センサーを通過する熱流束を高精度に計測(通過する熱流束 = 出力電圧 / 絶対較正感度)します。異なる輻射率で表面をコーティングした熱流束センサーは、各々熱流束センサーを通過する熱流束を計測します。表面にコーティングを施した熱流束センサーによる輻射熱計測は絶対輻射熱計測を可能にします。これは輻射熱流束計測に開発された基本仮定です。



波長帯域において一定の輻射率の黒色コーティングが施された絶対輻射センサーは、黒体輻射センサーとして動作します。コーティング材の輻射率、輻射係数、熱源や光源の評価などに応用できます。