

熱起電力型温度センサによるレンジフード省エネ自動運転の実現

Development of Automatically Operated Range Hood by Thermoelectromotive Force Sensor

可知昌道* 浦田裕介*
Masamichi Kachi Yusuke Urata

単素子型の熱起電力型温度センサを用いて算出される検知エリアの放射エネルギー量は、検知エリア内の調理物の温度と調理コンロ天面の温度と、それらの面積から求められる放射エネルギー量と等しくなる。上記の2つの放射エネルギー量を等価式で結ぶことで調理物の温度を算出し、調理物の温度に応じた省エネ自動運転を行うレンジフードを開発した。

We developed a range hood which operates automatically according to the temperature of the cooking food. This method is based on the principle that the total radiant energy of the area detected by thermoelectromotive force sensor is equal to the radiant energy that is radiated from the cooking food and from the upper surface of the range.

1. 自動運転制御と省エネ性

レンジフードは、調理開始時に一度風量を設定すると、風量を切り替えずに使用することが多い。しかし、調理開始時やとろ火調理など、油煙発生量が少ない状況では、過換気状態となり無駄な電力を消費している。

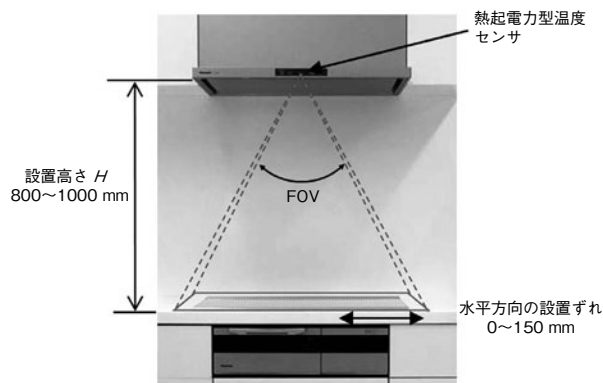
従来、調理物温度と油煙発生量には相関関係があるため、サーミスタなど温度センサを用いてレンジフードの自動運転制御を行っていた。しかし、サーミスタは接触式センサのため、油汚れによる信頼性の課題や、調理物温度を直接計測していないために、外乱の影響を受けやすかった。

そこで、非接触式である安価な単素子型の熱起電力型温度センサ（以下、センサと記す）を用いて、油煙発生量に応じた換気風量に制御することで、過換気状態を抑えた省エネ自動運転を実現した。

2. 調理物温度の検出

2.1 センサの仕様

センサの検知エリアは、施工時にレンジフードの設置高さや、レンジフードと調理コンロの水平方向のずれが生じて調理コンロ天面が収まるものとした(設置条件: 第1図)。また、センサの検知感度は、FOV (Field Of View: 視野角) 端部ほど感度が低下するため、感度80%の検知エリア内に調理物が収まるように決定した。



第1図 設置条件
Fig. 1 Setting condition

2.2 調理物の温度算出

単素子型のセンサは、例えば耳式体温計のように、測定対象物が検知エリアを満たしていることで、対象物の温度を直接検知できる。しかし、本開発では検知エリアが広いので、検知エリア内には調理物と調理コンロ天面が含まれてしまい、放射エネルギー量が一律とならず、検知温度は測定対象である調理物温度とならない。そこで、検知温度から調理物温度を算出することで、自動運転制御を可能とした。以下、算出方法を説明する。

(1) 式に示す単位面積当たりの放射エネルギー量の計算式である「シュテファン・ボルツマンの法則式」を使用して、検知エリア内の調理物の占める面積から調理物の温度を算出する。

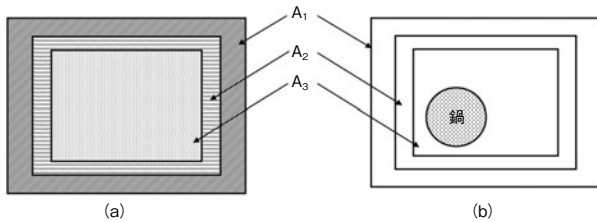
$$W = \sigma T^4 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 W : 単位面積当たりの放射エネルギー量 [W/m^2],
 σ : シュテファン・ボルツマン定数 [$W/m^2/K^4$], T : 黒

* パナソニック エコシステムズ (株)
Panasonic Ecology Systems Co., Ltd.

体の絶対温度 [K] とする。

また、放射エネルギー量の算出時には、検知エリアの感度が影響するため、第2図 (a) のように分割した各検知エリアの感度を、第1表に示す。検知エリアの平均感度は、センサの感度のFOV特性から決定した。



第2図 検知エリア感度分布
Fig. 2 Sensitivity distribution of detected area

第1表 検知エリアによる面積および平均感度

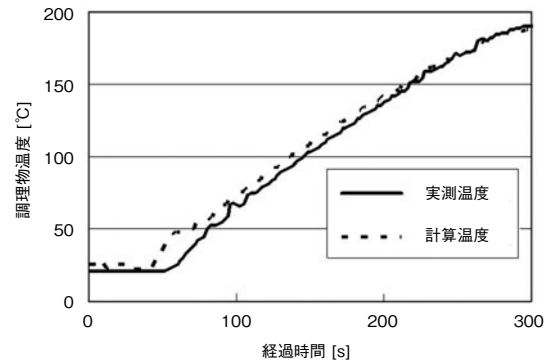
Table 1 Detected area and mean sensitivity

検知エリア	平均感度
A ₁ (感度10%以上50%未満)	30%
A ₂ (感度50%以上80%未満)	60%
A ₃ (感度80%以上)	90%

次に、センサが検知する放射エネルギー量 W_1 は、センサの検知温度 T_p と、検知エリア面積、平均感度から求まる。一方、検知エリアが発する放射エネルギー量 W_2 は、調理物が第2図 (b) のように設置された場合、調理物の温度 T_1 、周囲温度 T_h 、調理物の面積 πR_1^2 (R_1 : IHクッキングヒーターの標準鍋の半径) と調理物以外の面積に平均感度を加味して求められる。ここで、エネルギーの等価式の関係より、 $W_1=W_2$ となることから、 T_1 は (2) 式で算出できる。

$$T_1 = \sqrt[4]{\frac{(T_p^4 - T_h^4) \times H^2 \times \chi + T_h^4 \times 0.9\pi R_1^2}{0.9\pi R_1^2}} \dots \dots (2)$$

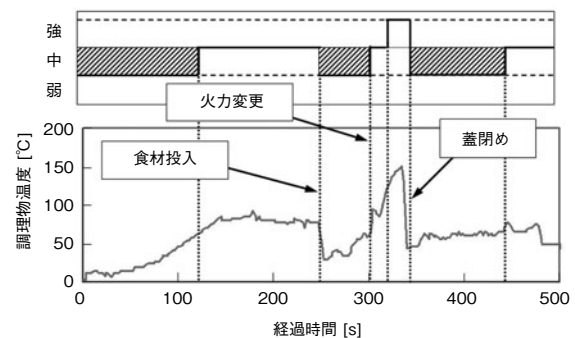
また、 χ は H^2 (H : センサから調理コンロ天面までの距離) に比例する検知エリアの面積計算時に生じる定数である。距離 H は施工時に計測し、初期設定することで検知温度の精度を向上した。(2) 式を用いて、 $H = 800$ mm の条件下で算出した調理物温度と実測温度の比較を、第3図に示す。算出した調理物温度は実測温度に非常に近く、(2) 式の妥当性が確認できた。



第3図 調理物温度の比較結果
Fig. 3 Comparison of cooking food temperature

3. 自動運転制御の検証

前述の計算で得られる調理物温度を用いて自動運転制御を行う。温度の閾値 (しきいち) はモニタ評価、調理条件により決定した。一般的に中運転で使用する調理メニューを、自動運転制御で実際に調理した場合の運転動作を、第4図に示す。



第4図 調理の一例
Fig. 4 Sample of cooking

食材投入や火力変更、鍋の蓋 (ふた) 閉めなどの動作による調理物温度の変化に応じて風量自動制御を行っていることがわかる。また、調理開始時から中運転を行い適切な風量制御をしない手動運転時と比較すると、斜線部分で過換気状態を抑えた省エネ運転となる。

第2表に、調理時の消費電力を手動運転時と自動運転制御時とで比較し、その結果を示す。調理は4名家族世帯の1週間の標準メニュー (日本電機工業会・IH調理器

第2表 自動運転による省エネ効果

Table 2 Energy saving effect by automatic driving

	手動運転時	自動運転時
消費電力量	815 Wh	532 Wh
省エネ率	-	35%

技術委員会調べ)を1品ずつIHクッキングヒーターで行った。使用する鍋は調理メニューに合わせて選定し、手動時の風量は調理メニューごとに一般的に使用する風量とした。この結果から、自動運転制御は、手動運転時に比べて35%の消費電力を削減した省エネ運転となっていることがわかる。

また、その実使用感もモニター評価にて、一般家庭の普段の調理に近い形の官能試験で確認している。その結果、使用感についてもおおむね高い評価が得られている。

4. 今後の展望

今回、単素子型の熱起電力型温度センサを用いて調理物の温度を算出し、低コストで省エネ自動運転を行うレンジフードが開発できた。今後は、調理物の位置を検出し、複数の調理物にも対応した吸込み気流制御をすることで、さらに風量を抑えた省エネ自動運転の開発を目指す。