

## 第5回 オフセットが発生するメカニズム

ワイド制御技術研究所 所長 広井 和男  
ひろ い かず お

前回、P(比例)制御系ではオフセット(定常偏差)が発生し、制御量を目標値にピッタリ一致させることができないという限界があることを説明しました。今回は、引き続き加熱炉出口温度制御系を例にして、P制御ではなぜオフセットが発生するのかを考えて見ましょう。

### 1. 負荷増加時のオフセット

図1に、原料流量(負荷)が増加した場合に、加熱炉出口の原料温度 $T$ にオフセットが発生するメカニズムを示します。図において、x軸は温度 $T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )、y軸は操作信号 $MV$ (%)です。また、点線は負荷特性曲線、実線はP制御特性直線を示します。目標値 $T_s$ と負荷特性曲線 $L_1$ の交点Aで、P制御特性直線が交叉するようにP制御のバイアス $b$ を調整

して、その値を $b_A$ とします。その後のP制御特性直線は(1)式となります。

$$MV = K_P \times e + b_A \quad \dots(1)$$

$K_P$  : 比例ゲイン

$e$  : 偏差 (=  $T_s - T$ )

今、A点、つまり目標値 $T_s$ 、負荷(原料流量) $L_1$ 、バイアス $b_A$ で、偏差 $e$ がゼロのバランス状態にあるとします。この状態から負荷が $L_2$ に増加した場合にも、目標値 $T_s$ を維持するためには、操作信号 $MV$ はB点に対応する $b_B$ になる必要があります。しかし実際には、(1)式で制御されるため偏差が出て、P制御特性直線と負荷特性曲線 $L_2$ との交点Cで安定し、オフセット( $T_s - T_c$ )が発生することになります。負荷が増加した場合には、目標値 $T_s >$  制御量 $T_c$ という関係となり、制御

量 $T_c$ は目標値 $T_s$ より低い値で安定することになります。つまり、負荷増加時のオフセットは目標値の下側に発生することになります。

比例ゲイン $K_P$ を大きくしていきますと、交点Aを中心にしてP制御特性直線が急勾配になり、オフセットは小さくなっていきます。一般に、オフセットは小さい方がよいので、比例ゲイン $K_P$ を大きくしたいと考えます。しかし、比例ゲイン $K_P$ を大きくしていくと、オフセットは小さくなりますが、制御系がだんだん不安定になり、ついには振動してしまいます。制御系が不安定になったり、振動してしまったのでは制御をする意味がなくなりますから、比例ゲイン $K_P$ を大きくすることには限界があります。したがって、P制御ではオフセットの発生は避けられないことになり、制御量を目標値にピッタリ一致させることはできません。

### 2. 負荷減少時のオフセット

詳しい説明は省略しますが、上記1項の負荷増加の場合を参考にしながら、作図して負荷が減少した場合には、オフセットが目標値の上側に発生することを確認してみてください。

### 3. 目標値上昇時のオフセット

図2に、原料流量(負荷)は一定状態で目標値を上昇させた場合に、

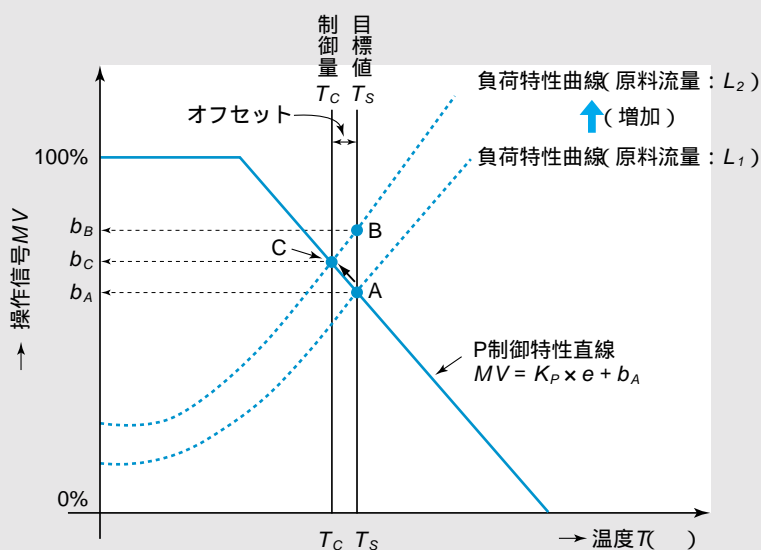


図1 オフセットが発生するメカニズム(負荷増加時)

オフセットが発生するメカニズムを示します。図において、今、A点、つまり目標値  $T_{S1}$ 、負荷（原料流量） $L$ 、バイアスが  $b_A$  で、偏差  $e$  がゼロのバランス状態にあるとします。この状態から、負荷は一定で目標値を  $T_{S2}$  に上昇させた場合に、オフセットがどのように発生するかを追ってみます。制御量が新しい目標値  $T_{S2}$  になるためには、操作信号  $MV$  は目標値  $T_{S2}$  と負荷特性曲線  $L$  との交点  $F$  に相当する大きさのバイアス  $b_F$  をとる必要があります。しかし、実際には、(2)式に示すP制御特性直線で制御されるため、目標値が  $T_{S2}$  になった瞬間には偏差  $(T_{S2} - T_{S1})$  が発生して、操作信号  $MV$  はこの偏差の大きさに対応したP制御特性直線のG点からスタートすることになります。

$$MV = K_P \times e + b_A \dots (2)$$

$K_P$  : 比例ゲイン

$e$  : 偏差 (=  $T_{S2} - T$ )

この操作信号  $MV$  を受けて、加熱炉出口温度は上昇を始め、偏差  $(T_{S2} - T_H)$  に対応する操作信号  $b_H$

と負荷特性曲線  $L$  との交点  $H$  で安定します。つまり、加熱炉出口温度は  $T_H$  で安定し、オフセットの大きさは  $(T_{S2} - T_H)$  になります。このように目標値を上昇させた場合には、上昇前の目標値  $T_{S1} < 制御量  $T_H < 上昇後の目標値  $T_{S2}$  という関係となり、制御量  $T_H$  は目標値  $T_{S2}$  よりも低い値で安定することになります。つまり、目標値を上昇させた場合のオフセットは目標値の下側に発生することになります。$$

## 4. 目標値降下時のオフセット

詳しい説明は省略しますが、上記3項の目標値上昇時の場合を参考にしながら、作図して目標値を降下させた場合には、オフセットが目標値の上側に発生することを確認してみてください。

## 5. P制御の使い方

これまでに得られたP制御の使い方に関する知見をまとめますと、次のようになります。

通常運転範囲の中間点近傍で

著者紹介



広井 和男

ワイド制御技術研究所  
所長

(TEL : 0426-51-2802

E-mail:kazuo.hiroi@h8.dion.ne.jp)

偏差がゼロになるようにバイアスを調整し、比例ゲイン  $K_P$  は制御量が振動的にならない範囲で、できる限り大きい値に設定します。しかし、オフセットが発生して、制御量を目標値にピッタリ一致させることはできません。

現在出ているオフセットを所定目標値の反対側に移動するには、目標値をオフセットの反対側に大きくもって行って制御し、制御量が所定目標値の反対側になったとき、所定目標値に戻します。

P制御のみではオフセットが発生することから、P制御が単独で使用されることは稀であり、次回説明するI(積分)制御と組み合わせで適用されるのが一般的です。しかし、P制御単独でなければならない場合もあります。それは積分特性をもつ制御対象を追値制御する場合で、代表的な例はボイラ蒸気圧力の変圧制御です。この場合、外乱(蒸気流量)変化によるオフセットを抑制するには、高精度のフィードフォワード制御を組み合わせで適用する必要があります。

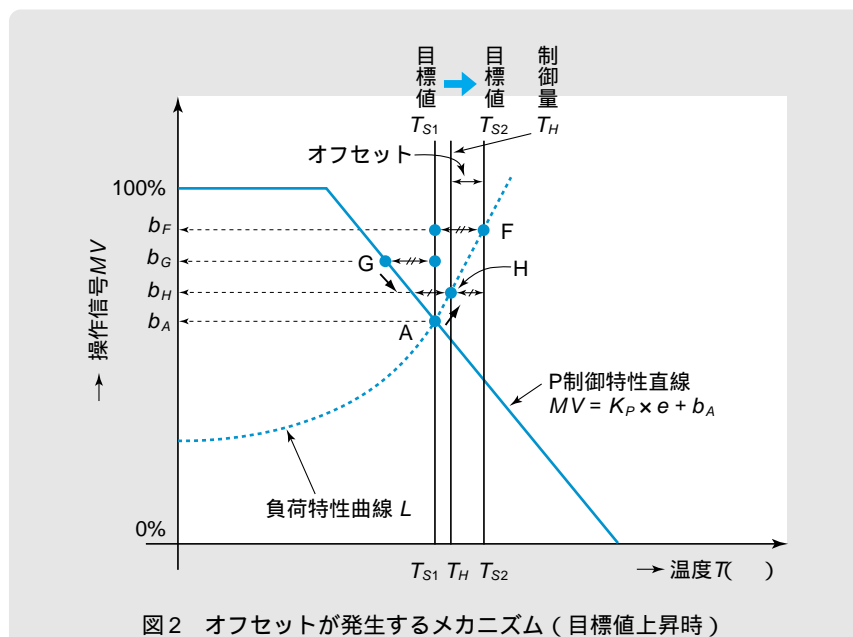


図2 オフセットが発生するメカニズム (目標値上昇時)