

PID制御方法の改良方法について

2019年4月14日
株式会社アイティプランツ

はじめに

PID制御で、制御値を目標値に合致させることができるが、PIDパラメータ（比例係数 K_p 、積分係数 K_i 、微分係数 K_d ）を適切に設定しなければならない。PIDパラメータは、設定する目標値や周辺環境によっても変化する。PIDパラメータが適切でないと、振動したり、オフセットが出たりする。振動すると制御不能になるために、振動しない程度に、PIDパラメータのゲインを落として設定するのだが、ゲインを落とすと、目標値と観測値との間にオフセットがでてしまう。オフセットをなくすために、その都度、PIDパラメータを設定し直すのも面倒である。自動的にオフセットを最小化する方法が必要になる。本論では、PID制御に、オフセットを最小化するための、長時間積分項を付加することにより、目標値と観測値との差が最小化する方法について述べる。

PID制御について

従来のPID制御は、次の式で表現される。

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 $u(t)$ は制御値であり、 K_p は比例ゲイン、 K_i は積分ゲイン、 K_d は微分ゲインである。 $e(t)$ は誤差であり、式2で定義される。

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad \dots\dots(2)$$

$r(t)$ は目標値、 $y(t)$ は観測値である。

オフセット最小化

オフセットを最小化するには、誤差関数を以下のように修正する。

$$u(t) = K_p E(t) + \int_0^t E(\tau) d\tau + K_d \frac{dE(t)}{dt} \quad \dots\dots(3)$$

$$E(t) = e(t) + K_x (\bar{r}(t) - \bar{y}(t)) \quad \dots\dots(4)$$

$$K_x = 0 \quad \text{if } \sigma(t) > \sigma_s \quad \dots\dots(5)$$

$$K_x = \text{const}(0.25) \quad \text{if } \sigma(t) \leq \sigma_s$$

$$\bar{r}(t) = c \int_{t_0}^{t_1} r(\tau) d\tau \quad \dots\dots(6)$$

$$\bar{y}(t) = c \int_{t_0}^{t_1} y(\tau) d\tau \quad \dots\dots(7)$$

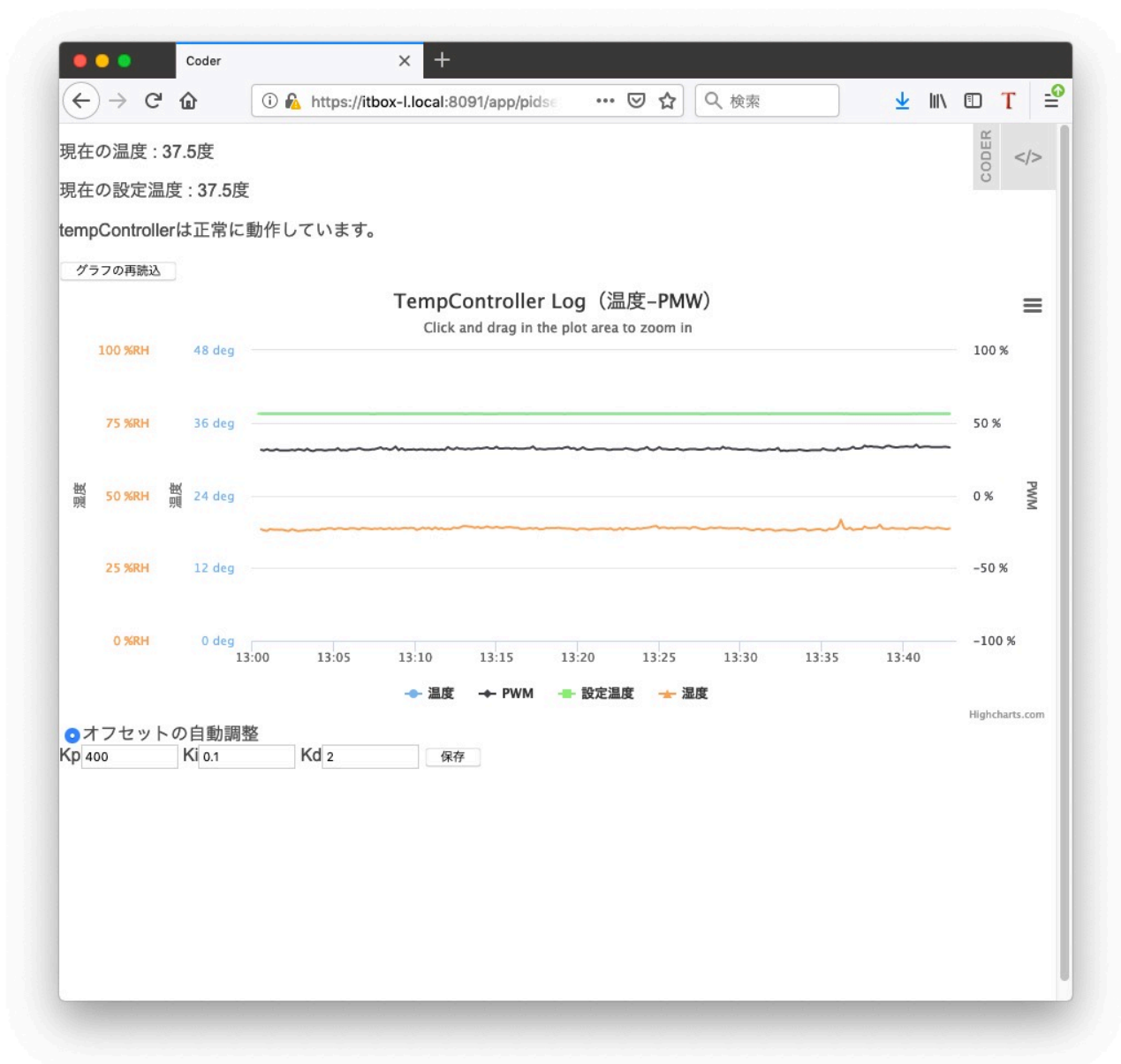
$$c = \frac{1}{t_1 - t_0} \quad \dots\dots(8)$$

$\sigma(t)$ は $\bar{y}(t)$ の標準偏差であり、 σ_s は閾値である。観測値の変動が大きい場合には、オフセット最小化を行わず、観測値の変動が小さくなってから、オフセット最小化を行うことになる。

$\bar{r}(t)$ は目標値の時間平均、 $\bar{y}(t)$ は観測値の時間平均である。この式の意味は、観測値が安定した時に、目標値にオフセットを徐々にゼロにしていく修正を施すことを意味する。つまり、目標値を仮想的な目標値として、オフセットをなくすのである。

実験

実験に用いたのは、温度制御型インキュベータ (ITBOX)であり、10秒ごとにPID制御が可能である。1分で6回のPID制御ができるので、1分毎にオフセット最小化を行える。



±0.05度の精度で目標温度と設定温度が一致していることが分かる。PIDパラメータは、小さめに設定しておけば、全ての目標値に対して、オフセットをゼロにすることができる。

この方法は、温度制御だけでなく、湿度制御にも適用できる。しかし、湿度制御の加湿は超音波加湿器で行うために、厳密な制御はできず、多少の振動が生じる。



オフセットの自動調整は、制御中にでもON/OFFすることができる。

● オフセットの自動調整

OFFにした場合には、通常のPID制御と同じになる。