

PID 制御の実験

電 20-103 田中 裕

1. P 制御のモデルづくり

今回用いる記号を以下に示す。

g	: 重力加速度(Excel 計算上では $9.8[\text{m/s}^2]$)
U	: ドローンのもつ総揚力[N]
m	: 機体の質量[kg]
z_r	: 現在の機体の原点からの z 軸(上下方向)の変位[m]
z_y	: 機体の原点から上下向きの変位の目標値[m]
Z_0	: 機体の最初の z 軸の原点からの変位。[m]
t	: 時間[s]
$e(t)$: 制御偏差(ここでは $z_y - z_r[\text{m}]$)
$u(t)$: 操作量(ここでは $U - mg[\text{N}]$)
ϕ	: 機体座標系におけるロール角[°]
ψ	: 機体座標系におけるヨー角[°]
K_p	: 比例ゲイン
K_d	: 微分ゲイン
K_i	: 積分ゲイン

ドローンに全く回転がかかっておらず、外乱もなく、ドローンが上下方向にのみ移動すると仮定する。この時、ニュートンオイラーの方程式より、地上座標系 z 軸における運動は

$$m\ddot{z} = (\cos\phi\cos\psi)U - mg \quad (1.1)$$

とあらわすことができる。また、今回、ドローンは全く回転していないので $\phi = \psi = 0$ となるため

$$m\ddot{z} = U - mg \quad (1.2)$$

と表せる。 $U - mg = u(t)$ と置くと

$$u(t) = m \frac{\Delta z}{\Delta t^2} \quad (1.3)$$

と表せる。ここで $\Delta z = e(t)$ とすると比例定数 K_p を用いて

$$u(t) = K_p e(t) \quad (1.3)$$

とあらわすことができる。

また、式(1.3)から、

$$\Delta z = \frac{u(t)\Delta t^2}{m} \quad (1.4)$$

式(1.4)式を用いて操作量によって変動した値 z'_r は

$$z'_r = z_0 + \Delta z \quad (1.5)$$

となる。この z'_r をもとに算出された $e'(t)$ に基づいて新たな操作量 $u'(t)$ を作っていく、 z 軸上の座標の値をフィードバック制御する。(実際の z'_r は実測値を用いるが今回はシミュレーションのため式(1.5)を用いる。)

2. PD 制御のモデルづくり

PD 制御において操作量 $u(t)$ は

$$u(t) = K_p e(t) - K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

とあらわされ、第二項は

$$K_d \frac{de(t)}{dt} = K_d \frac{e(t) - e(t-1)}{\Delta t} \quad (2.2)$$

と計算することができる。

3. PI 制御のモデルづくり

PI 制御において操作量 $u(t)$ は

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (3.1)$$

とあらわされ、第二項は

$$K_i \int_0^t e(t) dt = K_i (z_y - z_r) \Delta t \quad (3.2)$$

PID 制御の実験

電 20-103 田中 裕

と計算することができる。

4.Excel を用いた実験

式(1.3)、(1.5)、(2.2)、(3.2)を基に Excel を用いて実験する。この際、機体の重量は $1[\text{kg}]$ 、重力加速度は $9.8[\text{m/s}^2]$ 、目標値は $30[\text{m}]$ で計算した。

以下に実験結果を示す。

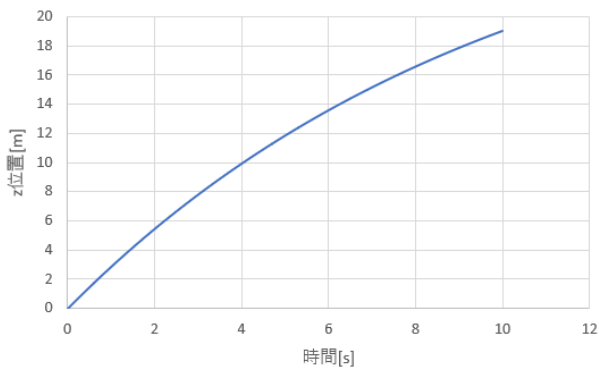


fig1.z軸座標のPID制御($K_p = 1$)

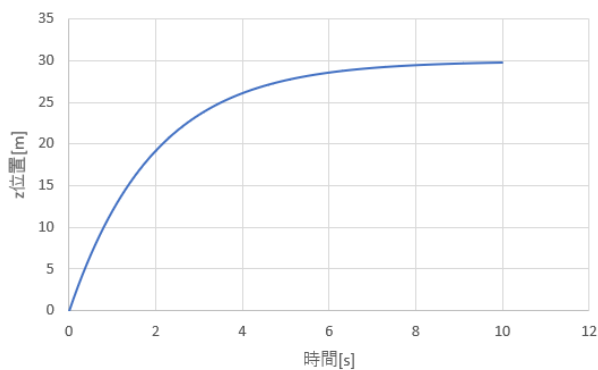


fig2.z軸座標のPID制御($K_p = 5$)

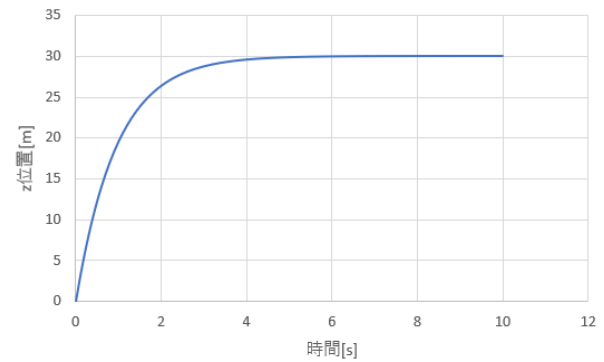


fig3.z軸座標のPID制御($K_p = 10$)

fig.1~3 のように p 制御だけでも比例ゲインを大きくすればなんかいい感じに目標値($30[\text{m}]$)に収束することがわかった。

令和 3 年 2 月 17 日

PID 制御の実験

電 20-103 たなか 田中 ゆう 裕