

台車系制御サンプルプログラム cart_sample.c の説明資料

1 DC モータ系の1次遅れフィルタ + 速度フィードバック補償

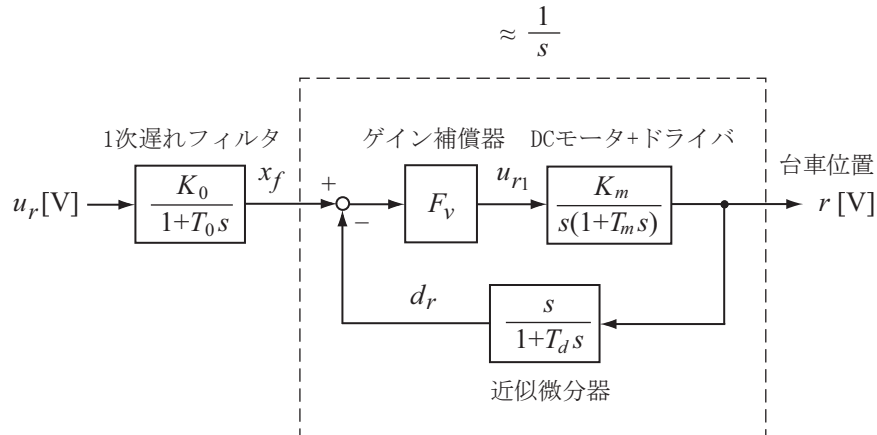


図 1: DC モータ系の特性補償用ブロック線図

図 1 に DC モータの入出力特性を補償するブロック線図を示す．図のように速度フィードバックを行い， $F_v > 0$ をある程度大きく与えると，駆動系のパラメータ K_m ， T_m に関わらず，破線の部分が低周波数域で近似的に $1/s$ となる．これは，古典制御でよく知られたフィードバック補償法の一つであり，従来からモータの制御に利用されている．

1.1 1次遅れフィルタのCプログラム

1次遅れフィルタの伝達関数を次式とする．

$$\frac{x_f(s)}{u_r(s)} = \frac{K_0}{1 + T_0 s} \quad (1)$$

これに対するCプログラムの作り方は以下のとおりである．まず，上式を

$$(1 + T_0 s)x_f(s) = K_0 u_r(s)$$

と変形し，これを時間領域で表す．

$$T_0 \dot{x}_f(t) = K_0 u_r(t) - x_f(t)$$

すなわち

$$\dot{x}_f(t) = \frac{1}{T_0}(K_0 u_r(t) - x_f(t))$$

これを差分近似すると

$$\Delta x_f(t) = \frac{1}{T_0}(K_0 u_r(t) - x_f(t))\Delta t$$

を得る．微分方程式の解法にはオイラー法を適用する．

$$x_f(t + \Delta t) \approx x_f(t) + \Delta x_f(t)$$

以上から，1次遅れフィルタのCプログラムは次のように書ける．

$$x_f += (K0*ur-x_f)*dt/T0;$$

x.fの初期値は0.0とする．

1.2 近似微分のCプログラム

近似微分の伝達関数は次式である．

$$\frac{d_r(s)}{r(s)} = \frac{s}{1 + T_d s} = \frac{1}{T_d} \left(1 - \frac{1}{1 + T_d s} \right) \quad (2)$$

これから次式を得る．

$$d_r(s) = \frac{1}{T_d}(r(s) - x_d(s)), \quad x_d(s) = \frac{1}{1 + T_d s}r(s)$$

これらから， r の近似微分のCプログラムは次のように書ける．

$$x_d += (r-x_d)*dt/Td;$$
$$dr = (r-x_d)/Td;$$

ただし，x.dの初期値は， r の初期値（ここでは0.0）とする．

1.3 速度フィードバック補償

以上から， u_{r1} を計算するCプログラムは以下となる．

$$ur1 = Fv*(x_f-dr);$$

2 閉ループ伝達関数を $1/(1+T_s)^2$ とする状態フィードバック制御

以上によって、駆動系の伝達関数は次のように補償された。

$$\frac{r(s)}{u_r(s)} = \frac{K_0}{s(1+T_0s)} \quad (3)$$

これから次式を得る。

$$r(s)(s+T_0s^2) = K_0u_r(s)$$

時間領域では

$$T_0\ddot{r}(t) + \dot{r}(t) = K_0u_r(t)$$

すなわち

$$\ddot{r}(t) = \frac{1}{T_0}(-\dot{r}(t) + K_0u_r(t)) \quad (4)$$

いま、 v [m] を目標入力、 \tilde{r} を台車の位置 [m] とする。 v から \tilde{r} までの伝達関数を

$$\frac{\tilde{r}(s)}{v(s)} = \frac{1}{(1+Ts)^2}$$

とするには次式を満たすようにすればよい。

$$\ddot{\tilde{r}}(t) = \mu(t) = -\frac{1}{T^2}\tilde{r}(t) - \frac{2}{T}\dot{\tilde{r}}(t) + \frac{1}{T^2}v(t) \quad (5)$$

また、(4) 式に、台車の位置の測定電圧をメートルに換算する換算係数、 c_r [m/V] を掛けると

$$\ddot{\tilde{r}}(t) = \frac{1}{T_0}(-\dot{\tilde{r}}(t) + c_r \cdot K_0u_r(t)) \quad (6)$$

(6)、(5) 式から次式を得る。

$$u_r(t) = \frac{T_0\mu(t) + \dot{\tilde{r}}(t)}{c_r \cdot K_0}$$

以上から、閉ループ系を 2 次遅れ系とする状態フィードバック制御を行う C プログラムは以下となる。

```
mu = -1.0/(T*T)*C_r*r-2.0/T*C_r*dr+v/(T*T);
ur = (T0_actual*mu+C_r*dr)/(C_r*K0_actual);
```

ただし、 $T0_actual$ 、 $K0_actual$ は 1 次遅れフィルタ + 速度フィードバック補償された駆動系の実際の時定数とゲインである。これらは同定する必要がある。