

モータのしくみから位置/速度制御の実践テクニックまで

実践講座 小型モータの選定と制御技術

第9回 ブラシ付き DC モータの位置制御

～サーボ機構のしくみから台形波制御まで～

萩野 弘司/Igeta Kenichiro
Hiroshi Hagino

第6回(2007年1月号)から第8回(2007年3月号)まで、ブラシ付き DC モータの速度制御を取り上げましたが、今回はモータ制御のもう一つの重要な課題である位置制御を実現します。

これまでの速度制御回路(ハードとソフト)に対して、今回の位置制御回路(ハードとソフト)がまったく別物になると扱いにくいものになるので、一つの回路とソフトで速度制御と位置制御の両方に切り替えて使用できるようにします。

位置制御とサーボ機構

物体の位置(回転角や移動距離)を制御することを位置制御と呼び、このような位置制御システムを一般にサーボ機構と呼んでいます。サーボ機構は、入力である位置指令が時々刻々変化し、物体の位置はその指令を追いかけて追従する、いわゆる追値制御が代表的な動作となります。

サーボ機構の一例を図9-1に示します。いま、ある物体の位置(回転角)をモータで制御しようとするとき、

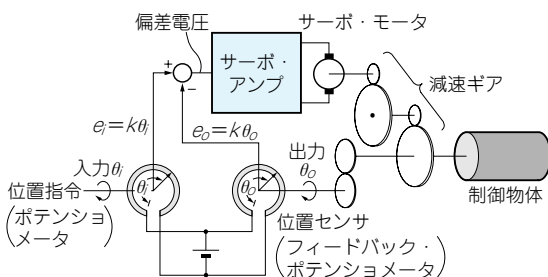


図9-1 サーボ機構の一例

物体の位置を制御することを位置制御と呼び、位置制御システムを一般にサーボ機構と呼ぶ

この制御物体の大きさに応じて動かすための力(トルク)が必要になります。物体をモータでダイレクト・ドライブ(直接駆動)しようすると、大きな力を出すために大きなモータが必要になります。普通はモータ軸に減速ギアを取り付け、増力することによって小さなモータで動くようにします。その代わりに、モータ軸は減速比ぶんだけ速い回転速度で、かつ多くの回転角を回する必要がありますが、一般的なモータの特性はこのような使い方に向いています。

制御物体の位置を検出するためには、位置センサを使用します。図9-1では位置指令の発生と、位置センサにポテンシオメータを使用しています。位置指令の電圧値 $e_i = K\theta_i$ と、位置センサの電圧値すなわちフィードバック電圧値 $e_o = K\theta_o$ との差電圧 $e = e_i - e_o = K(\theta_i - \theta_o)$ を偏差電圧として求め、これをサーボ・アンプで増幅してモータを駆動するとき、偏差電圧が減少する方向にモータが回転するようにすると、偏差電圧が無くなる位置、すなわち指令値電圧値とフィードバック電圧値が一致するところで平衡状態となり、モータが停止します。

平衡状態では、 $e = e_i - e_o = K(\theta_i - \theta_o) = 0$ となるので、 θ_i と θ_o は等しくなります。

実験で使用する機構部の概要

● モータと減速ギアの選定

今回は、減速ギア・ヘッド付きのモータを用いたほうが簡単なので、ブラシ付き DC モータ DMN37SB (日本サーボ) に直径 50 mm の減速比 1/18 の 50 G 型ギア・ヘッドを組み合わせて、モータの後部にはこれまでと同じ 1000 p/r のインクリメンタル・エンコーダを直結したものを特注で製作しました。このモータの型式は DMN37SE50G-X048 (日本サーボ) となります⁽¹⁾。

Keywords

ブラシ付き DC モータ, 速度制御, 位置制御, 台形波制御, TB6549, DMN37JB, エンコーダ, H8/3694F, MB-H8, 減速ギア, ギア・ヘッド, DMN37SB, サーボ機構, 追値制御, N35T10 kΩ, タップ・マウント, サーボ・マウント

表9-1 ポテンシオメータ N35T10 kΩの概略仕様

抵抗値	10 kΩ ± 15%
単独直線性	± 0.2%
分解度	理論的無限小
抵抗温度係数	± 400 PPM/℃
機械的回転角	360°連続
有効電気角	345° ± 2°
回転トルク	1 mN・m(max.)
回転寿命 [rev]	5000万回転
軸許容回転速度	400 r/min(max.)
軸受け	ボール・ベアリング
軸の回転振れ限度	0.0508 mm(max.)
使用温度範囲	- 55 ~ + 125℃

DMN37SBは定格電圧24Vのモータですが、今回のターゲット・ボードでは12Vで駆動することになり、無負荷回転速度が約2600 r/minとなります。

2000 r/minで速度制御したとき、1/18の減速後の回転速度は111 r/min(1.85 r/s)となり、1回転に要する時間は0.54 sとなります。

これまで速度制御対象として用いてきた1000 p/rのインクリメンタル・エンコーダ付きブラシ付きDCモータDMN37JEBのモータ部であるDMN37JBは、トルクが大きいのでこのギア・ヘッドとマッチしないため、同じDMN37シリーズのなかからトルクの小さな機種であるDMN37SBに変更しました。

● 位置センサの選定

図9-1のサーボ機構の例にならって、位置センサと位置指令の発生にポテンシオメータを使用することにします。モータに直結したインクリメンタル・エンコーダは、今回は速度検出用として使用します。

インクリメンタル・エンコーダも位置センサとしてよく用いられますが、原点信号や位置のメモリを必要とし、始動時には原点復帰動作などが必要となり面倒なので、**アブソリュート・センサ(絶対値センサ)**であるポテンシオメータを使用することにします。

ポテンシオメータは、**RCサーボ(ラジコン・サーボ)**などにも使われている最もオーソドックスな位置センサで、本質的にアブソリュート・センサであることが特徴です⁽²⁾。

今回は、サーボ機構に適した導電性プラスチック型**ポテンシオメータ N35T10 kΩ**(日本サーボ)を使用します。表9-1に概略仕様を参考に示します⁽³⁾⁽⁴⁾。

ポテンシオメータは、原理的には可変抵抗器の一種です。しかし、表9-1に示したように、サーボ機構に使用するものは一般的な可変抵抗器に比べると、

- 分解度が理論的無限小と小さい
- 機械的回転角が360°で、連続的に回せる
- 有効電気角が広い

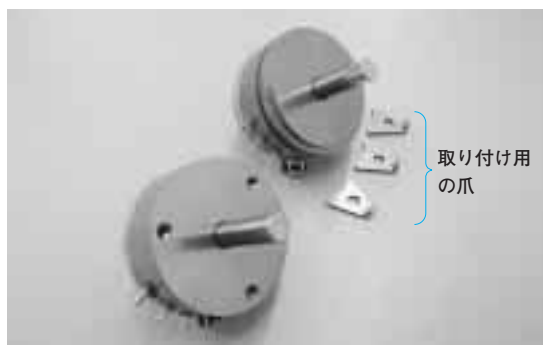


写真9-1 ポテンシオメータ N35型の外観形状

- 回転トルクが小さい
- 回転寿命が長い
- 軸受けにボール・ベアリングを使用し、軸の機械的精度が良い
- 使用温度範囲が広い

といった特徴があり、**精密可変抵抗器**であると言えます。

N35型ポテンシオメータには取り付け方法の違いにより、**写真9-1**に示すようにN35TとN35Sの2種類があります。T型(**タップ・マウント**)は、ケースのタップ穴を用いて3本のねじで取り付けるもっとも簡便な方式のもので、S型(**サーボ・マウント**)は、3個の取り付け用の爪をケース外周の取り付け溝に引っ掛けてねじで締め付ける方式で、爪を緩めるとケースを回転することができるので、サーボ機構の位相調整には適しています。本格的なサーボ機構にはサーボ・マウントを使うべきですが、精度の良い大径の取り付け穴加工が必要になります。

● モータ・センサ・ユニットの製作

モータのギア・ヘッドの出力軸に位置センサのポテンシオメータを結合する方法はいろいろありますが、今回は平歯車を用いることにしました。平歯車は**KHK標準歯車**(小原歯車工業)のなかから**DS成形平歯車: カタログ番号DS0.5-80**を選びました。

この歯車はφ6の穴径公差が-0.05~-0.1であり、モータとポテンシオメータのφ6の軸に圧入するだけで、しっかりと嵌め合い固定できるので便利です。ポテンシオメータの回転トルクは小さいので、これで問題なく回転させることができます。

今回は、モータとポテンシオメータの歯数を同じにして1:1の結合にしましたが、歯数を変えればモータ軸とポテンシオメータ軸の回転角度の比率を変えることもできます。

製作したモータ・センサ・ユニットの外観を**写真9-2**に、回路図を図9-2に示します。位置指令発生