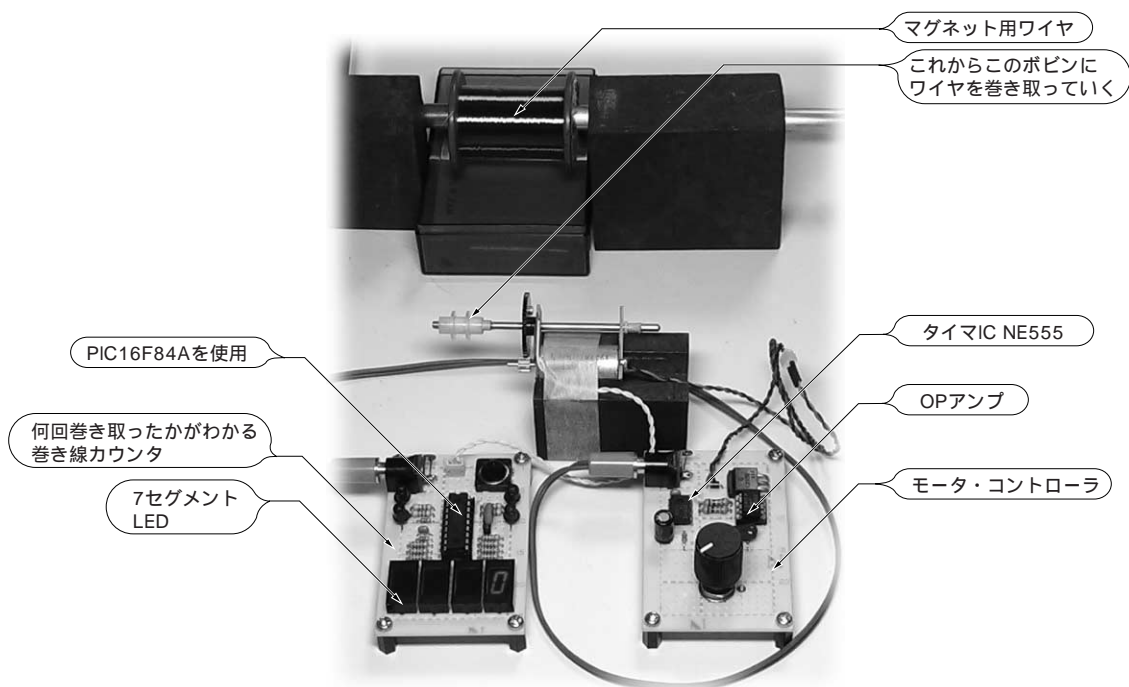


小型で軽いマグネット・アクチュエータの製作

見
本



マグネット・アクチュエータとはいったいどのようなものでしょう。このアクチュエータは、インドア・プレーンのラダーやエレベータのコントロールに使われます。ラジコン・サーボの一種と考えてよいでしょう。ラジコン・サーボと違ってフィードバック回路をもちませんが、構造が簡単なのと、とても軽いため、インドア・プレーンでは多く使われています。このマグネット・アクチュエータはPICからのPWM信号を使ってコントロールします。

本章では赤外線受信機に使用する、マグネット・アクチュエータの製作を取り上げていきます。

このアイコンは、章末に用語解説があります

6.1 動作原理

マグネット・アクチュエータ構造はとても単純で、ぐるぐる巻いたコイルの中に磁石をおいただけものです。コイルに流す電流によって磁界ができて、その中に置かれた磁石の磁力の作用によって、磁石に回転力が働きます(図6.1)。コイルに電流を流さないときは中の磁石はフリーの状態です。コイルに断続的に電流を流すことによってマグネットに発生する回転トルクを変化させてコントロールします。コイルに流す電流の向きを変えるとマグネットに働く回転力が逆向きになります。

写真6.1では二つの磁石が同一方向にきちんと並んでいますが、これは両方の磁石がお互いに引き合っていてニュートラルを保っています。コイルの向きが90度ずれているのは、磁石についているホーンに接続するコントロール・ロッドがお互いにじゃましないようにするためです。コントロール・ロッドには細いカーボン・ロッドなどが使われ、ラダーやエレベータをコントロールします。

6.2 マグネット・アクチュエータの種類

写真6.1で紹介したリモート・アクチュエータとは別に、写真6.2のように直接翼にコイルとマグネットを取り付けるタイプもあります。このような取り付け方で使うコイルには、コイルを支えるためのポピンを使いません。コイルそのものを接着剤などで固めて使います。そうすることでより軽いマグネット・アクチュエータを作ることができます。

写真6.3のように、マグネットが直線運動するマグネット・アクチュエータもあります。リニア・アクチュエータと呼ばれていますが、構造はやや複雑になります。

このリニア・アクチュエータも、図6.2、図6.3のように、PICを使ってドライブすることができます。外観を写真6.4に示します。

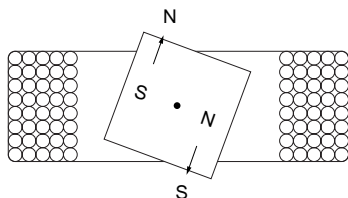


図6.1 マグネット・アクチュエータの動作原理

図のようなコイルが作る磁界の中では、中心に置かれた磁石は時計回りに力が発生する。コイルに断続的な電流を流すことで、この回転力を制御することができる。コイルに流す電流の向きを逆にすると、マグネットは反時計回りの力が発生する。

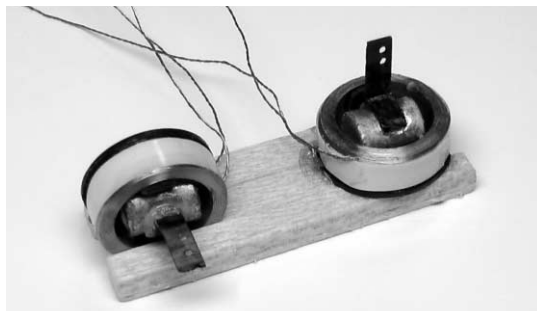


写真6.1 Micro-Mag マグネット・アクチュエータ

マグネット・アクチュエータは基本的にコイルとマグネットで構成されている。写真はリモート・アクチュエータと呼ばれるもので、2個が一組になって市販されている。3.8gとサーボに比べて大変軽いですが、マグネット・アクチュエータとしては大きいほうで、40gから50gぐらいの重さの飛行機をコントロールすることができる。PWM制御された電圧をコイルに供給して

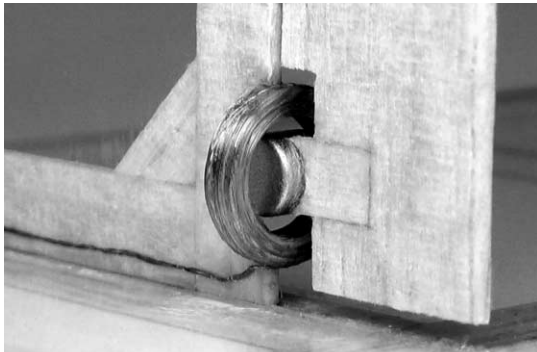


写真6.2 自作マグネット・アクチュエータ

インドア・プレーンの垂直尾翼に取り付けたマグネット・アクチュエータで、コイルは固定された垂直尾翼側に取り付け、マグネットは動翼側に取り付ける。固定翼と動翼を薄いプラスチックのヒンジを使って取り付け、そのプラスチック・ヒンジでニュートラルを保つ構造。この取り付け方法はとても簡単なので、多くのインドア・プレーンで使われている。取り付けられたヒンジを中心にしてマグネットが左右に回転する。コイルの大きさや、マグネットのサイズは、それぞれの飛行機に合わせて組み合わせることになる。

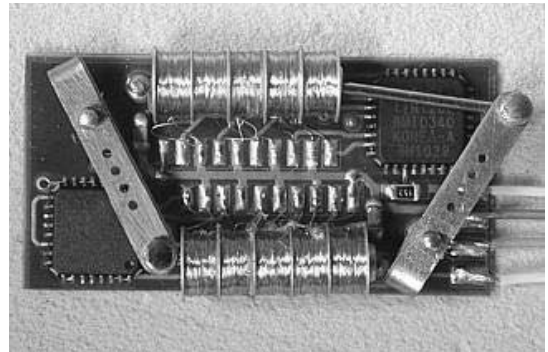


写真6.3 Gasparin製リニア・アクチュエータ

5個のコイルを使って65ステップのコントロールをしている。常にコントロールするコイルの位置にマグネットがくるので、マグネットがどの位置にあってもトルクが強いのが特徴。

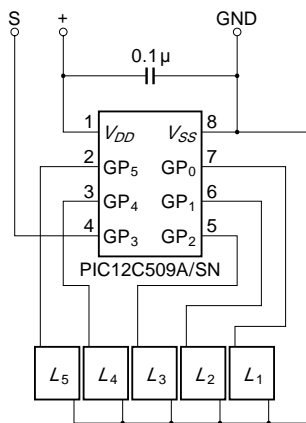


図6.2 PIC12C509A によるリニア・アクチュエータ

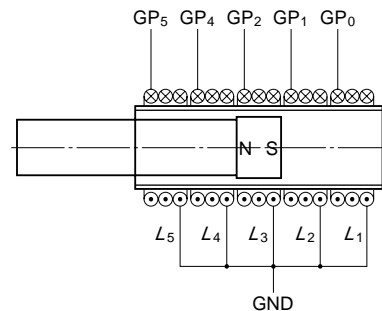


図6.3 リニア・アクチュエータのコイル構成

写真6.4 自作リニア・アクチュエータ

PIC12C509Aの5個の出力ポート全部を使い、5個のコイルをドライブして、33ポジションの分解能を実現している。セルフ・ニュートラル・プログラムを組み込んである。コイルの内部にマグネットがあり、ニュートラルのときは中央のコイルに通電してニュートラルを保ち、舵角に応じて、それぞれのコイルを切り替えながらPWM制御を行い、マグネットの位置制御をする。

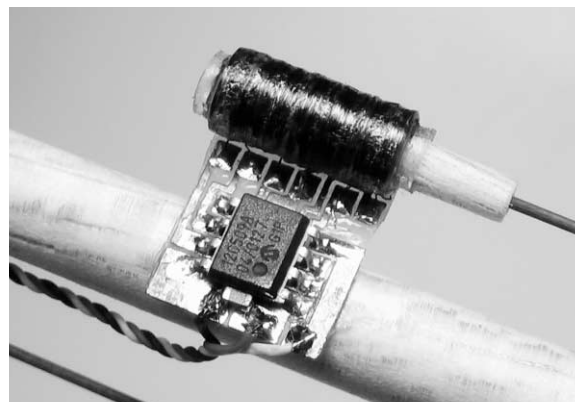




写真6.5 マグネット用ワイヤ

6.3 マグネット・アクチュエータに使うワイヤ

マグネット・アクチュエータのコイルには、銅線にポリウレタンで絶縁皮膜処理されたポリウレタン線というマグネット用ワイヤを主に使います(写真6.5参照)。工業製品では自動巻線機で巻くのに都合がよい自己融着電線が使われます。コイルを巻きながらドライヤの熱で電線の表面にコーティングされた接着剤を溶かして固めます。アルコールで表面を溶かして固める方法もあります。また巻いたコイルに電流を流してコイルの発熱によって接着剤を溶かして固める方法もあります。

自己融着電線をアマチュアが手に入れることは困難なので、比較的入手しやすいポリウレタン線のマグネット用ワイヤを使って、コイルを巻きながら接着剤で固めます。

マグネット・アクチュエータに使われるマグネット用ワイヤは、0.1mm, 0.08mm, 0.07mm, 0.05mmの太さのものが一般的に使われています(表6.1参照)。特別に小さなマグネット・アクチュエータには0.04mm, 0.025mm, 0.02mmといった太さのものも使われます。最も多く使われている0.05mmのマグネット・ワイヤは、小さなボビンに巻いたものが比較的安価に入手できます。

また、細いマグネット・ワイヤは、リレーやタイマなどに使われているものをほどいて使うことができます。

6.4 マグネット・アクチュエータに使うマグネット

マグネット・アクチュエータに使うマグネットは、できるだけ磁力の強いものを使います。マグネットにはフェライト、ネオジウム、サマリウム・コバルト、アルニコといった種類がありますが、最も磁力が強くて安価なのがネオジウム・マグネットです。ネオジウム・マグネットはもろくて錆びやすい性質をもっているため、一般的にはニッケル・メッキされたものが販売されています。

ネオジウム磁石では磁気特性の違いにより、材質名でN35, N35H, N40, N45といった種類があり、数値の多いほど最大エネルギー積が大きく、強力な磁石といえます。

形状は円柱型のものを一般的に使いますが、角形のマグネットを使うこともあります。ネオジウム・マ

表6.1¹⁾ マグネット・ワイヤのサイズ

AWG, SWG サイズ (No.)	AWG		SWG		AWG, SWG サイズ (No.)	AWG		SWG		AWG, SWG サイズ (No.)	AWG		SWG	
	mm	inches	mm	inches		mm	inches	mm	inches		mm	inches	mm	inches
8	3.264	0.1285	4.0640	0.1600	25	0.455	0.0179	0.5080	0.0200	42	0.064	0.0025	0.1020	0.0040
9	2.906	0.1144	3.6650	0.1443	26	0.404	0.0159	0.4570	0.0180	43	0.056	0.0022	0.0910	0.0036
10	2.588	0.1019	3.2640	0.1285	27	0.361	0.0142	0.4170	0.0164	44	0.051	0.0020	0.0810	0.0032
11	2.304	0.0907	2.9160	0.1160	28	0.320	0.0126	0.3760	0.0148	45	0.045	0.00176	0.0710	0.0028
12	2.052	0.0808	2.6420	0.1040	29	0.287	0.0113	0.3450	0.0136	46	0.040	0.00157	0.0610	0.0024
13	1.829	0.0720	2.3370	0.0920	30	0.254	0.0100	0.3150	0.0124	47	0.0356	0.00140	0.0510	0.0020
14	1.628	0.0641	2.0320	0.0800	31	0.226	0.0089	0.2950	0.0116	48	0.0315	0.00124	0.0410	0.0016
15	1.450	0.0571	1.8290	0.0720	32	0.203	0.0080	0.2740	0.0108	49	0.0282	0.00111	0.0310	0.0012
16	1.290	0.0508	1.6260	0.0640	33	0.180	0.0071	0.2540	0.0100	50	0.0251	0.00099	0.0250	0.0010
17	1.151	0.0453	1.4220	0.0560	34	0.160	0.0063	0.2340	0.0092	51	0.0224	0.00088		
18	1.024	0.0403	1.2190	0.0480	35	0.142	0.0056	0.2130	0.0084	52	0.0198	0.00078		
19	0.912	0.0359	1.0160	0.0400	36	0.127	0.0050	0.1930	0.0076	53	0.0178	0.00070		
20	0.813	0.0320	0.9140	0.0360	37	0.114	0.0045	0.1730	0.0068	54	0.0157	0.00062		
21	0.724	0.0285	0.8130	0.0320	38	0.102	0.0040	0.1520	0.0060	55	0.0140	0.00055		
22	0.643	0.0253	0.7110	0.0280	39	0.089	0.0035	0.1320	0.0052	56	0.0124	0.00049		
23	0.574	0.0226	0.6100	0.0240	40	0.079	0.0031	0.1220	0.0048	57	0.0111	0.000438		
24	0.511	0.0201	0.5590	0.0220	41	0.071	0.0028	0.1120	0.0044					



写真6.6 ネオジウム・マグネット各種

左から 1mm角(N35), 2 x1mm(N40), 3 x0.6mm(N35H), 3 x1.5mm(N35), 3 x2mm(N40), 4 x2mm(N40), 4 x3mm, 5 x2mm(N40), 5 x3mm(N40), 4mm角x8mm(N35), 8 x3mm(N40)のネオジウム・マグネット。

マグネットは豊富なサイズがそろっていて、しかも大変安価です。写真6.6からもわかるように、マグネットは円柱の上下方向に着磁されているものがほとんどです。

6.5 マグネット・アクチュエータのトルク

写真6.1で紹介した Micro-Mag マグネット・アクチュエータは3g・cmほどのトルクで、ラジコン・サーボの1k・cmから8kg・cmもあるトルクとは比較にならないほどわずかな力しかありません。それでもインドア・プレーンのラダーやエレベータのコントロールには十分です。軽くてゆったり飛ぶインドア・プレーンでは、0.1g・cm以下のトルクでも十分コントロールできます。

トルクを大きくする方法の一つに、コイルが作る磁界の強さを大きくする方法があります。磁界の強さはアンペア・ターンに比例するので、太いマグネット用ワイヤを使って、巻き数を増やせばよいのです。ところが銅の比重は約9.8もあるので、アンペア・ターンの大きなコイルほど重くなります。

トルクを大きくする別の方法に、大きなマグネットを使う方法がありますが、鉄の比重が約7.85もあるので、使える大きさにも限度があります。

6.6 巻き線カウンタの製作

マグネット・アクチュエータに使用するコイルは、400回から1000回ぐらい巻いて作ります。手で巻いても巻けないことはないのですが、巻き数を数えながら、何百回も巻くのは大変な労力です。巻き数が表示されるカウンタがあれば、楽にコイルを巻くことができます。そこで、PIC16F84Aを使った4桁のカウンタを製作します。

図6.4に回路、表6.2にパーツ・リストを示します。

秋月電子の片面ユニバーサル基板Cタイプ(71mm × 47mm)に組み込んでみました。5Vの電源を外部から供給できるようにDCジャックを使っています。写真6.7の左上のタクト・スイッチがリセット・ボタンです。左側の中央にあるコネクタにカウント用のリード・スイッチを接続します。7セグメントLEDの足の配線がやや煩雑になる程度で比較的楽に配線できます。

6.7 巻き線カウンタのプログラム

PIC16F84Aを使った4桁のカウンタで、7セグメントLEDを使ってダイナミック点灯しています。プログラムにより、ゼロ・サブレス表示をさせているのが特徴です。つまりカウントしている桁数

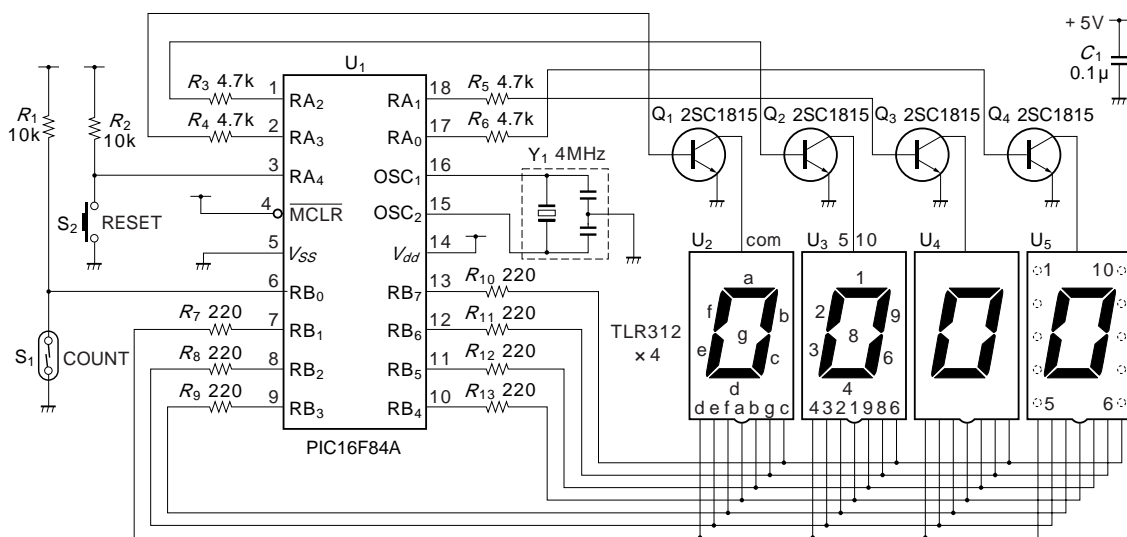


図6.4 カウンタ回路図