

小型軽量に作るためのノウハウを盛り込んだ

ラジコン飛行機の機体発見ブザーの製作

山本 健一

ラジコンの世界では、装置の中を見るとPICが使われている製品もあります。電飾のシーケンスのように簡単なものから、ブラシレス・モータのコントロール、スピード・コントローラ、ラジコン受信機など、主要なパーツにPICが使われています。飛行機用の装置はなにしろ軽いことが優先されますが、PICを活用することで、小型化、軽量化を進めることができます。ここでは、その中で、ラジコンの受信信号を読み取り、何かを制御するという基本機能を理解するために、機体発見ブザーを製作します。用いたPICはPIC12C509Aです。

6-1 ラジコンの世界、最近の動向

ラジコンに興味がない人は、ラジコン飛行機＝エンジン機と思っている人も多いことでしょう。しかし、現実には電動モータの力で飛ぶ電動ラジコン飛行機が多くなってきました。エンジン機と電動機の正確な比率はわかりませんが、筆者の回りを見渡しても8割くらいは電動飛行機です。



写真6-1 トルク・ロール
飛行機を空中に浮かんだ状態にコントロールしている(機体：keiFUN, 操作：左奥は広瀬氏, 右手前は吉岡氏)

筆者自身も、最近では電動飛行機しか飛ばしていませんが、その動向について少し述べたいと思います。

一昔前、電動ラジコン機は、飛ぶのがやっとというイメージが強かったのですが、現在はそのようなイメージはすっかり払拭されました。たとえば、機首を真上に向けて機体を空中静止させるなんていうことも電動で可能になりました(写真6-1)。もちろん、この演技を行うのに高度な操縦テクニックが必要なのはいうまでもありませんが、それ以前に機体の重量よりプロペラが生み出す推力が上回っていることが最低条件です。

このようなことが可能になった背景には、モータ、バッテリー、サーボ・モータや受信機などのメカ(装置)の進歩が大きく貢献しています。

モータについては、少し前まで一部のマニアが扱っていたに過ぎなかったブラシレス・モータの入手が容易になり、簡単に扱えるようになってきたのが特徴です。ブラシレス・モータだからといって必ずしもハイ・パワーということはないでしょうが、通常のブラシ・モータと比較して効率が高いものが多いようです。

バッテリーは長い間ニカド・バッテリーの独壇場でした。電動ラジコン飛行機で唯一の不満が飛行時間の短さでした。飛行機の場合、大容量のバッテリーを搭載すれば重くなってしまい飛行が困難になってしまいます。そのようなとき、救世主のように登場したのが、ニッケル水素バッテリーです。同じ重さのニカド・バ

このアイコンは、章末に用語解説があります

表6-1 バッテリーの比較

容量は、一般的に入手可能なもの。リチウム・ポリマ・バッテリーの容量はそれほど大きくないように見えるが、1セル当たりの電圧が高いため、ニカド、ニッケル水素と同容量の場合、セル数は1/3で済む

種類	電圧, 容量	特徴	問題点	外観例 (注1)
ニカド	1.2V 50mAh ~ 2,400mAh	▶ 大電流放電に強い ▶ 急速充電が可能 ▶ 過充電, 過放電に強い 飛行時間 35分	▶ メモリ効果がある ▶ 環境汚染物質カドミウムを含む	
ニッケル水素	1.2V 300mAh ~ 3,300mAh	▶ ニカドより大容量 飛行時間 6分	▶ メモリ効果がある ▶ 自己放電が大きい	
リチウム・イオン	3.7V	▶ エネルギー密度が高い ▶ 自己放電が小さい	▶ 過充電, 過放電に弱い ▶ ラジコン模型の動力用としてはまだ一般的ではない	 (注2)
リチウム・ポリマ	3.7V 145mAh ~ 3,300mAh	▶ エネルギー密度が高い ▶ 自己放電が小さい 飛行時間 12分	▶ 過充電, 過放電に弱い ▶ 低温時における大電流放電が苦手 ▶ 誤った使い方をすると発火の恐れがある	

飛行時間に関しては、どれもニカドを基準にして同重量のバッテリー搭載時の推定値。機体や飛ばし方によっては、ニカドでも10分の飛行ができる

(注1) 写真は(株)リトルベルランカ提供 <http://www.little-bellanca.com/>
 (注2) これは筆者のノートPCに入っていたもの

ッテリより大容量であるため、一気にニッケル水素バッテリーの時代が来ると思いました。ところが、2003年ごろから、バッテリー界に革命ともいえるバッテリーが出現してしまいました。

それは、リチウム・ポリマ・バッテリーです。これは、デジカメや携帯電話用のバッテリーとして普及してきたリチウム・イオン・バッテリーの親戚のようなものと考えられますが、とにかく軽くて大容量です(表6-1)。これでもう飛行時間についての不満はなくなりました。まだ市販されるようになってから日も浅く、安全性や低温時の特性など問題点もありますが、いずれ解消されていくことでしょう(*1)。

ラジオ・コントロール・メカもここ数年で急速に軽量化が進んだような気がします。その昔、30gを切ったサーボ・モータの出現に胸躍らせたものですが、今や超小型機用のサーボ・モータの重量は数グラムですから、その進歩にはほんとうに驚かされます(表6-2)。

軽量化といえば、忘れてはならない分野にインドア・ラジコン・プレーンがあります。体育館などを貸し切って、室内でラジコン機を楽しもうというものです。この分野の機体重量は、数十グラムという軽さで、中には、数グラムという超軽量機も存在するのです。このクラスの機体ともなると、コントロールには、従来の電波以外にテレビのリモコンでおなじみの赤外線を使ったりします。舵の操作は、磁石とコイルを組み合わせたマグネット・アクチュエータと呼ばれるものもよく使われています。

実際に数グラムの機体がコントロールされて飛んでいる様子は、まるでSF映画かアニメでも見ているようです。

皆さん、10円硬貨1枚より軽い無線操縦の飛行機なんて想像できますか。

表6-2 サーボ・モータ小型化の歴史

年代	1977年以前	1976年	最近	軽量型																				
特徴	このころは小型サーボと言われているものでも40g前後であったように記憶している	30×19×29mm（実測値） 28.5g（実測値） （サンワ製ミニサーボSM-324）	22.8×9.5×16.5mm 5.4g	自作することが多いため、重量、外形は様々だが、重量は0.5～3g、外形は直径5～15mm、高さは3～8mm程度のものが多い																				
資料	メーカー(マイクロアビオニクス社)カタログの例 PX-405： 大きさ46×37×21mm，重さ48g，トルク1.5kg/cmと大型機にも十分なトルクをもつ強力サーボ． （1個 5,000円） PX-IC： 超小型ICサーボ． 大きさ18×36mm，重さ36g，トルク1.5kg/cmとまさに小さな巨人． 049～60級に使える万能タイプ． （1個 8,000円）	SM-324の外観 	メーカー(GWS社)カタログの例 <table><tr><td>モデル</td><td>PICO</td><td>PICO+F</td><td>NARO</td></tr><tr><td>サイズ (L×W×Hmm)</td><td>22.8×9.5×16.5</td><td>22.8×9.5×19.8 0.90×0.37×0.78</td><td>22.0×11.24×21.35</td></tr><tr><td>重さ(g)</td><td>5.4</td><td>6.2</td><td>8.8</td></tr><tr><td>4.8V スピード (sec/60)</td><td>0.12</td><td>0.12</td><td>0.11</td></tr><tr><td>トルク (kg-cm)</td><td>0.70</td><td>0.79</td><td>0.80</td></tr></table>	モデル	PICO	PICO+F	NARO	サイズ (L×W×Hmm)	22.8×9.5×16.5	22.8×9.5×19.8 0.90×0.37×0.78	22.0×11.24×21.35	重さ(g)	5.4	6.2	8.8	4.8V スピード (sec/60)	0.12	0.12	0.11	トルク (kg-cm)	0.70	0.79	0.80	マグネット・アクチュエータの外観 （田中光一氏 提供） 
モデル	PICO	PICO+F	NARO																					
サイズ (L×W×Hmm)	22.8×9.5×16.5	22.8×9.5×19.8 0.90×0.37×0.78	22.0×11.24×21.35																					
重さ(g)	5.4	6.2	8.8																					
4.8V スピード (sec/60)	0.12	0.12	0.11																					
トルク (kg-cm)	0.70	0.79	0.80																					

(*1) 執筆は2004年夏。

6-2 製作した装置の概要

ここで製作する装置は、ラジコン飛行機用に考えられたもので、これを機体に取り付けておくと、草むらの中に不時着した時などブザーを鳴らすことで、その場所をいち早く特定することができます。

サーボ・モータとメカ・スイッチ、ブザーの組み合わせでも同様のことができますが、小型にできませんし今一つスマートではありません。ここでは、PICマイコンの応用として、小型、軽量の機体発見ブザーの作り方を紹介します。

この回路は、ブザーを鳴らすだけでなく、LEDを点灯させたり、リレーを介してモータのON/OFF制御を行うなどといった応用も可能です。

6-3 ラジコン受信機からの信号

ラジコン受信機からは、図6-1に示すパルス信号が出力されています。一般のラジコン飛行機では、この信号を受けてサーボ・モータでエルロン（主翼）、エレベータ（水平尾翼）、ラダー（垂直尾翼）を制御し、プロペラを回しているモータの回転速度を変えます。

パルス信号の幅は、送信機のスティックを動かすことで約1.0ms～2.0msの間で変化します。このパルスが約20msごと繰り返されて送信機から送られてくるのです。今回の回路はパルス信号の幅を計測して、約1.5ms以下になった場合にブザーを鳴らすというものです。

6-4 PIC12C509Aを使って小型化した回路図の説明

図6-2に機体発見ブザーの回路図を示します。シンプルで、製作するのも簡単です。

試作したボードを上から見たものを写真6-2に、裏面を写真6-3に示します。

使用するマイコンは、8ピンのPIC12C509Aです。普通、マイコンを使うときには発振器やリセット回路を外付けする必要がありますが、このマイコンは発振器やリセット回路を内蔵していますので、これら



の機能を積極的に利用することで回路全体を簡素化することができます。飛行機に乘せるものですから、軽量化は最優先です。

Q_1 は抵抗内蔵トランジスタで、このトランジスタのベース(回路図ではS端子)に受信機からのパルス信号が入力されます。パルス信号は、トランジスタによって“H”/“L”が反転されて、マイコンのポート(GP_3)に入力されます。マイコンの処理としては特に反転させる必要はありませんが、わざわざトランジスタを入れたのには理由があります。それは、受信機メーカーによって受信機からの出力パルスの電圧が2V程度しか出ていないものもあるからです。

マイコンの電源電圧が4Vだったとすると、2V程度の電圧ではマイコンは“H”と認識できない可能性があります。つまり、 Q_1 の目的は反転ではなく電圧レベルの変換を目的としています。

ところで、 Q_1 のコレクタとマイコンの電源の間にプルアップ抵抗がないことに気づきましたか。このマイコンは、設定によって内部にプルアップ抵抗を接続できるのです。ここでは、内部プルアップ抵抗を有効にすることで外付けのプルアップ抵抗を省略しています。

ダイオード D_1 は、電源逆接続による回路保護という意味もありますが、マイコンに供給される電源電圧を少し下げのために利用しています。PIC12C509Aの動作保障電圧は、3.0 ~ 5.5Vです。電源にニカド・バッテリー4本を直列にする場合は、4.8Vなので問題ないと思われますが、充電直後では6V近くあります。ダ

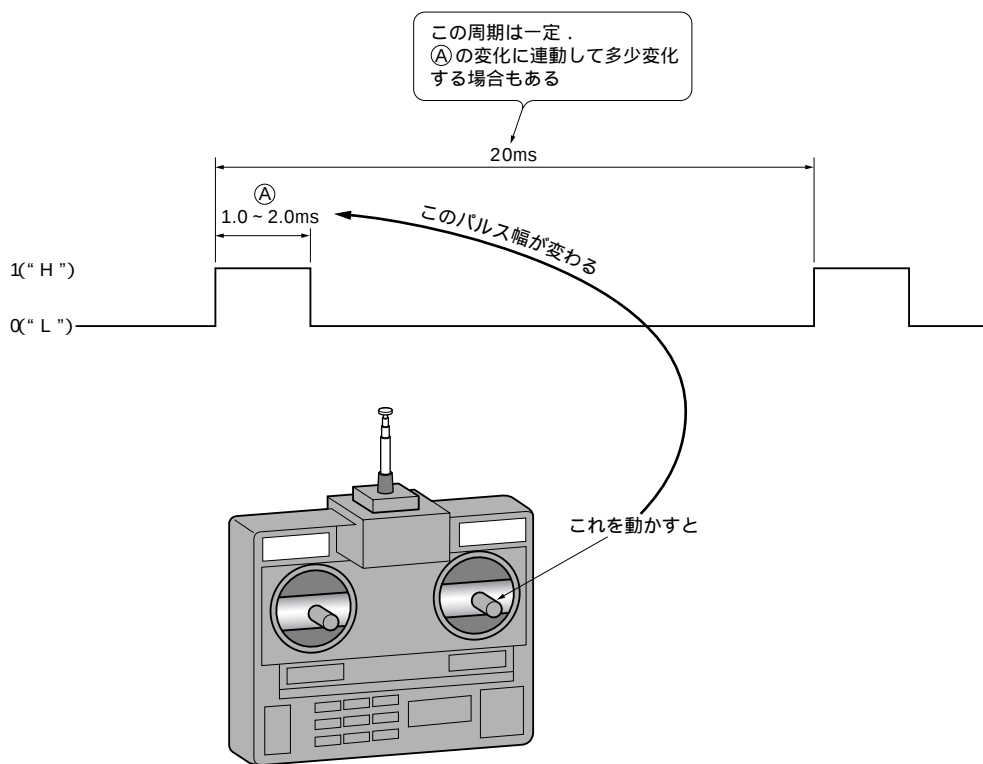


図6-1 受信機からの信号

ラジコンの受信機から出力される信号は、約1.0ms ~ 2.0ms幅のパルス。送信機のスティック操作でこのパルス幅が変化し、スティック中央(ニュートラル)の状態では、約1.5ms。このパルスが約20msごと繰り返し出てくる。パルス幅に関しては、プロポ・メーカーの違いによる差はほとんどない。しかし、パルスの電圧は、ほぼ電源電圧まで出力されるものや、2V程度の低い電圧しか出力されないものもあるので対応に注意。

トランジスタQ₂は、マイコンのポートの出力で直接ブザーを鳴らすにはパワー不足なので、電流増幅の



- 1 Q_1, Q_2 は抵抗内蔵トランジスタ。外形がやや大きくなるが、それぞれRN1002, 1005でも特性は同じ。回路図中にRN1202とRN1205の内部構成を示したので、入手困難な場合は、トランジスタ2SC1815と抵抗を使って抵抗内蔵トランジスタと同じものを構成してもよい。
- 2 ほかにはHDB06PN(秋月電子通商)などが使えらる。ただし、外形はやや大きい。

PIC12C509Aに内蔵されている発振器，リセット回路，プルアップ抵抗などの機能を利用することで回路の部品点数を少なくすることができる．抵抗内蔵トランジスタは，トランジスタと抵抗で構成することも可能．トランジスタは，NPNタイプで電流100mA以上が流れるスイッチング用ならほとんどのものが使える．



基板の余分な部分をカットすれば40 × 20mm程度の大きさになる。マイコンは、ソフト変更がスムーズにできるようにICソケットを利用している。

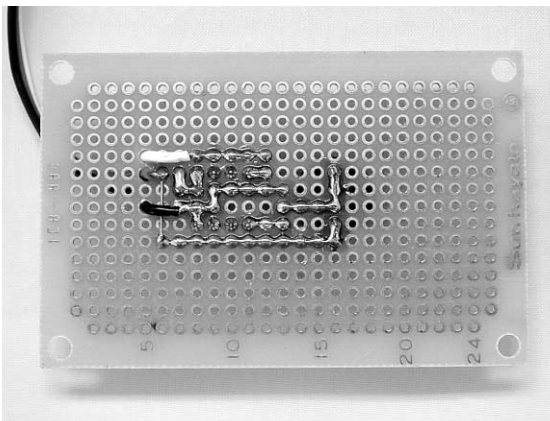


写真6-3 基板のはんだ面

ハーネス(ケーブル)を接続するとき、この写真のように基板に電線が通る穴を空けて、はんだ面に電線の被覆まで出してはんだ付けすると断線しにくくなる。

目的で付加しています。

ブザーBZ₁は、必ず発振器内蔵のものを使ってください。発振器内蔵のブザーとは、直流電源を接続するだけで、ブザー音を発するもののことです(表6-3)。

回路図にも示しましたが、ブザー以外にもLEDの点灯やリレーを介してモータのON/OFFなどといった応用もできます。回路図のようにリレーの逆接点を利用して、モータにブレーキをかけることができます。また、リレーを接続する場合は、図のようにフライ・ホイール・ダイオード必ず入れてください。さもないとQ₂が壊れます。

マイコンの電源に並列に挿入してあるコンデンサC₁は、パスコンと呼ばれているもので、ノイズ防止や安定動作のためにマイコンの電源には、必ず挿入するようにします。

6-5 ソフトウェアの説明

プログラムのフローチャートを図6-3に、プログラムをリスト6-1に示します。

プログラムは、アセンブリ言語を使って記述しています。このプログラムは、マイコンの動作を理解してもらうために作成したもので、簡素化してあります。

プログラムは、大きく分けて電源投入時に一度だけ実行する初期設定の部分と継続的に処理を行う部分の二つがあります。継続的な処理を行う部分は、さらに信号入力パルス幅を計測する部分とブザーを鳴らすかどうかの判定処理に分けられます。

では、プログラムの中身を詳しく見ていきましょう。

● リセット直後

まず、マイコンは、電源が投入されてマイコンがリセットされた後、プログラム・メモリのh'0000'番地に書かれた命令を実行します。

表6-3 利用できるブザー

TMB05 (スター精密)	HDB06PN (秋月電子通商)
動作電圧.....4.0 ~ 6.5V 音圧.....90dB typ(10cm, 5V印加時) 消費電流.....22mA typ(5V印加時) 発振周波数...2300 ± 300Hz(5V印加時) 外形.....φ 12 × 9.5(直径 × 高さ) 重量.....2g	動作電圧.....4.0 ~ 7.0V 音圧.....90dB typ(10cm, 6V印加時) 消費電流.....27mA typ(6V印加時) 発振周波数...2200 ± 300Hz(6V印加時) 外形.....φ 16 × 14(直径 × 高さ) 重量.....5g
5Vの電源につないだとき という意味	外形以外のデータは不明なので、同等品と思われる スター精密社製 HMB06 のデータを掲載
	
入手先：千石電商 秋葉原店で入手可。	入手先：秋月電子通商 秋葉原店で入手可。

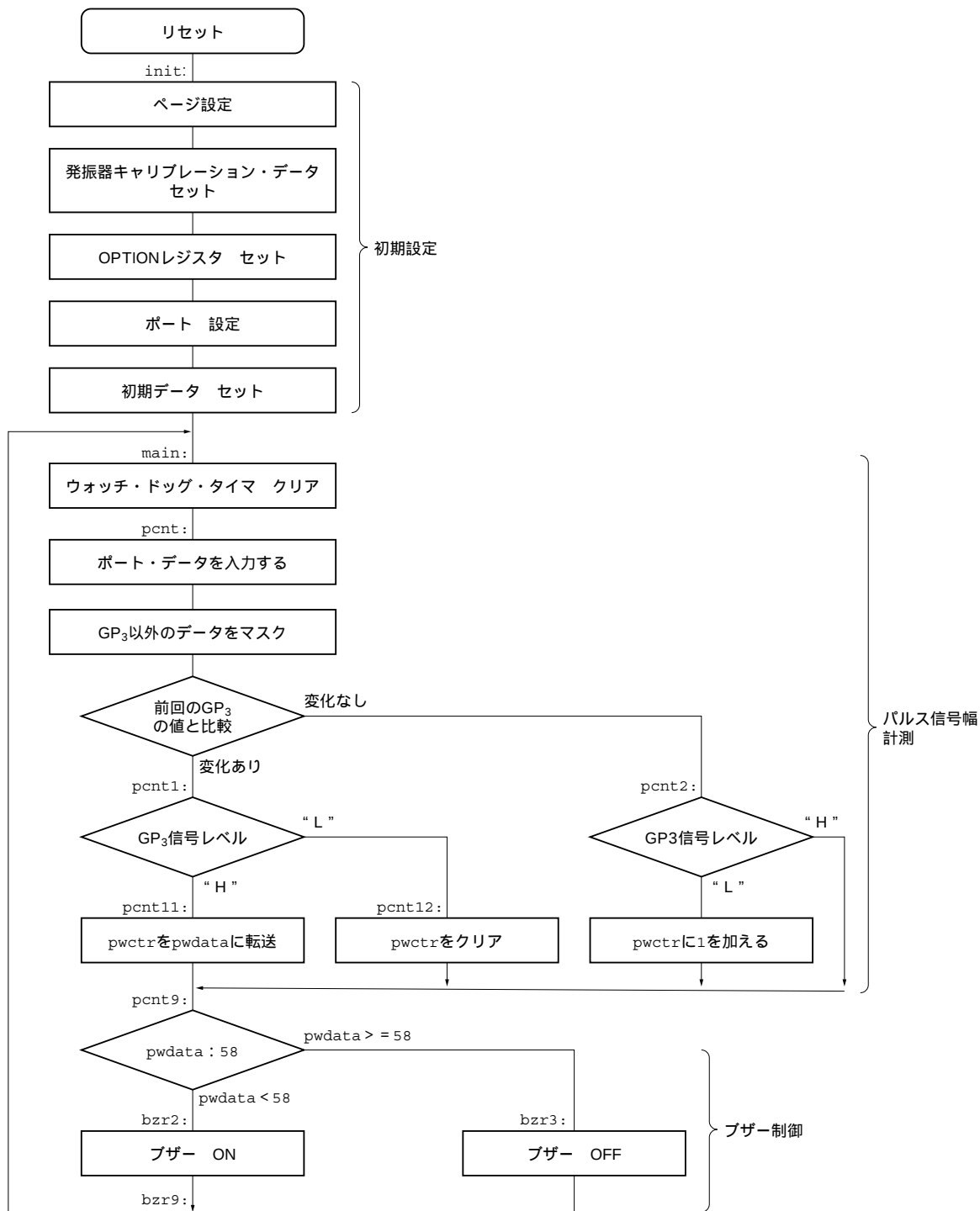


図6-3 フローチャート

初期設定と継続的に処理を行う部分とに大きく分かれる。継続的に処理を行う部分では、パルス信号の幅を測定し、その結果をもってブザーを鳴らすか鳴らさないかを判断している。