

インドア・プレーン入門機の製作

見本



インドア・プレーンとはその名のとおり、体育館などの屋内で飛ばす飛行機をいいます。ゴムを動力とした滞空時間を競う大変軽量の飛行機をはじめ、グライダー、スケール機、曲技機、ヘリコプタ、羽ばたき機など多くの種類があります。

ここではPICで作った赤外線送受信機を使って、リモート・コントロールのできるインドア・プレーンを製作します。動力には軽量のモータを使いますが、中にはゴムを動力としたインドア・プレーンもあります。リモート・コントロール・インドア・プレーンは、総重量が150g以下、モータ重量が20g以下を目安とします。

9.1 リモート・コントロール・インドア・プレーン

一般の電動ラジコン飛行機と大きく変わる点は、その軽さにあります。屋内で飛ばすわけですから、重くてスピードのある飛行機ほど飛ばしにくくなります。できるだけ軽い飛行機でゆっくり飛ばす飛行機のほうが、限られた空間では飛ばしやすくなります。

リモート・コントロール装置を搭載したインドア・プレーンでは、翼面荷重 $\leq 10\text{g}/\text{dm}^2$ 以下が飛ばしやすく、 $5\text{g}/\text{dm}^2$ ぐらいになるとゆったりとした飛行を楽しむことができます。たとえば、全備重量 $\leq 100\text{g}$ の飛行機なら翼面積が 20dm^2 必要になります。50gの飛行機では 10dm^2 の翼面積が必要になります。

翼面荷重が大きくなるほど飛行機の飛ばす速度は速くなり、逆に翼面荷重が少ないほど飛行機はゆっくり飛んでくれます。翼面荷重を少なくするには、大きな飛行機を軽く作らなければなりません。翼面荷重が $10\text{g}/\text{dm}^2$ ぐらいまでなら、写真9.1のようなバレー・コート1面の広さで飛行させることができます。

国内にもインドア・プレーンのキットがあります。また海外にはたくさんのキットが販売されています。しかしインドア・プレーンは使う材料も少なく、比較的簡単に作ることができるので、慣れてきたら自分で作るほうが安上がりで楽しさもまた格別です。

このアイコンは、章末に用語解説があります



写真9.1 バレー・コート1面の平均的な体育館

地域によって異なるが、市で運営している体育館では無料で借りられるところが多く、有料でも時間単位あるいは半日単位で安い費用で借りることができる。数人の仲間で借りれば、一人当たりの負担も500円から1,000円程度ですむ。最近ではインドア・プレーンも認知され、筆者の近郊ではほとんどの体育館が借りられるようになった。屋外での飛行と違い、天候に左右されることもなく、いつでも無風の快適な環境で飛行を楽しむことができる。体育館では床面を保護するために、白い底の運動靴の着用が義務付けられている。



9.2 市販のライト・プレーンを改造

ここでは、写真9.2にあるような市販のA級ゴム動力ライト・プレーンを赤外線でコントロールするインドア・プレーンに改造してみます。本来はゴムを巻いて屋外で飛行させるフリー・フライト用ですが、動力のゴムをモータに置き換えて、サーボを使って方向舵のコントロールを行います。インドア・プレーンに改造するには、できるだけ軽く作ることが大切なので、部品によっては作り直したり、削ったりして軽量化することになります。

ユニオンモデル製「ユニオン号」、「オリンピック号」、ヨシダ製「スーパーアロー」の3種類を候補に選びましたが、その中で最も小さな「オリンピック号」(400円)を改造することにしました(写真9.3)。



写真9.2 市販のA級ライト・プレーン

市販のライト・プレーンにはA級とひとまわり大きいB級がある。A級ライト・プレーンは翼長、機長とも50cm以下になっている。どちらもゴムを巻いてプロペラを回すが、プロペラとゴムをモータと電池に置き換えてインドア・プレーンに改造することができる。

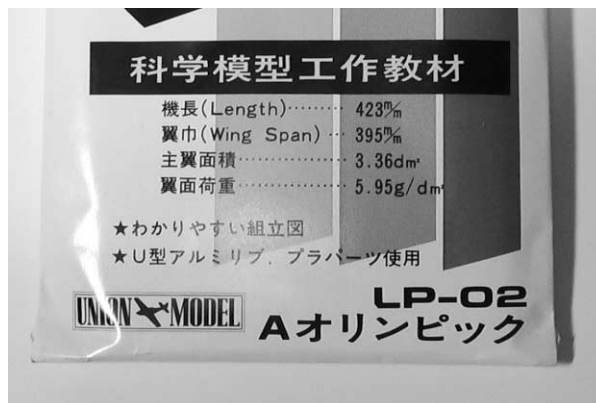


写真9.3 オリンピック号のスペック

ユニオンモデル製の「オリンピック号」は、A級ライト・プレーンの中では最も小さな飛行機で、わかりやすい組み立て図もついていて、インドア・プレーンに改造するのに向いている。

9.3 完成重量の試算

ユニオンモデル製のA級ライト・ブレン「オリンピック号」は主翼の面積が 3.36dm^2 で翼面荷重が $5.95\text{g}/\text{dm}^2$ と表示されていることから、ゴム動力機としての完成重量は約20gであることがわかります。この翼面荷重はインドア・ブレンとしても適切で、体育館でも十分に飛ばせます。

最初に、キット(写真9.4参照)に入っている一つ一つの部品を秤でチェックします。竹ひごでできた主翼と水平尾翼はそのまま使うことにして、垂直尾翼は飛行方向の制御をするために、改造が必要になります。胴体はプロペラを回すためのゴムの張力に耐えられる強度のあるものが使われていますが、モータを使うので、胴体の強度は必要ありません。バルサの胴体に置き換えて軽量化します。主翼台はプラスチック製ですが、 1.1g と比較的軽量なので、そのまま使うことにします。車輪と脚は少し重すぎる感じがしますが、飛行機の完成重量を見極めた上で軽量化すべきかどうかの判断をします。インドア・ブレンでは翼面荷重が少ないので、胴体着陸でも問題ありませんが、プロペラに弱いものを使うときは保護するために必要です。

翼を貼る和紙がキットに入ってきましたが、インドア・ブレンでは通常もっと軽量のフィルムを使いたいところです。完成重量に問題がなければ和紙を使います。この時点で予想される飛行機の完成重量は 11g ほどになりそうです。

搭載する赤外線受信機は、第5章で作ったスピード・コントローラ内蔵3チャンネル赤外線受信機を使います。その重量は 1.1g です。インドア・ブレン用の軽量なサーボが 3.7g 、 140mAh のリチウム・ポリマ電池が 4g で、モータ・ユニットを除いて 20g ほどの重量になります。

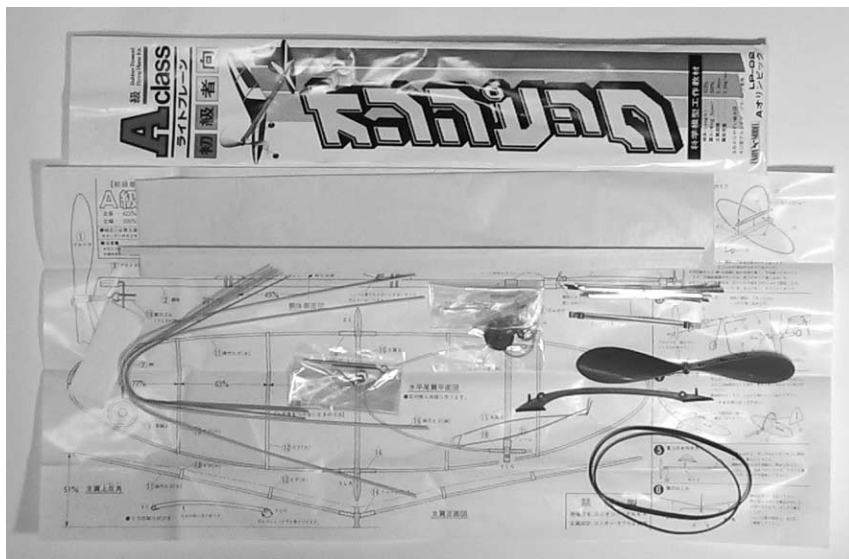


写真9.4 「オリンピック号」の中身

この中から必要のないプロペラやゴムを除いて、リモート・コントロールに必要な機材を加えることになるが、モータをはじめ、サーボや電池や受信機を載せなければならないので、全備重量を 20g で仕上げるのはとても無理。翼面荷重が $10\text{g}/\text{dm}^2$ 以下なら問題なく飛ばせるので、完成目標を 30g 以下としてみる。



写真9.5 モータ各種

インドア・プレーンに使われるモータにはいろいろな種類がある。写真にあるものはその中の一部で、一番大きなモータで12g、一番小さなモータで0.46g。

9.4 モータ・ユニットの選択

インドア・プレーンに使われるモータを写真9.5に示します。製作する飛行機に合わせて搭載するモータを選び出しますが、減速するギヤ比、組み合わせるプロペラ、使用する回転数、モータの消費電流、ユニットの静止推力^⑧、ユニット全体の重量など様々な要素があるので、飛行機にマッチしたモータを選び出すのはなかなか大変です。

140mAhのリチウム・ポリマ電池をインドア・プレーンに使った場合、連続で流せる電流は容量の3倍(3C)程度です。つまり400mA程度の電流なら問題ないことになります。この電流は水平飛行するときに流せる電流と考えてよいでしょう。短時間なら1Aぐらいの電流を取り出すことが可能なので、モータがフル・パワーのときは600mAから800mAの電流を流す設定でも大丈夫です。もっと少ない消費電流で、大きなパワーを取り出せればそれに超したことはありませんが、小型モータほど効率が悪い傾向があるので、モータの選択は難しいところです。

9.5 モータ・ユニットの推力

一般的にインドア・プレーンが飛ぶためには、全備重量の3分の1程度の推力が必要です。30gの飛行機なら約10gの推力があれば飛行できますが、上昇するときにはもう少し推力が必要です。15gから18gの推力はほしいところです。

モータの推力を調べるのに秤を使います。どのようなモータとどのようなプロペラを組み合わせたらよいかは、消費電流と推力とユニット重量を見ながら選び出しますが、モータのギヤ比との兼ね合いもあるので簡単には選び出せません。

モータにはたくさんの種類がありますが、30g前後の飛行機を飛ばすのに使えそうなモータ・ユニットを何種類か選び出してみました。

候補の一番目はKP-00モータ・ユニットとU-80プロペラ^⑧の組み合わせです。両方で5.4gととても

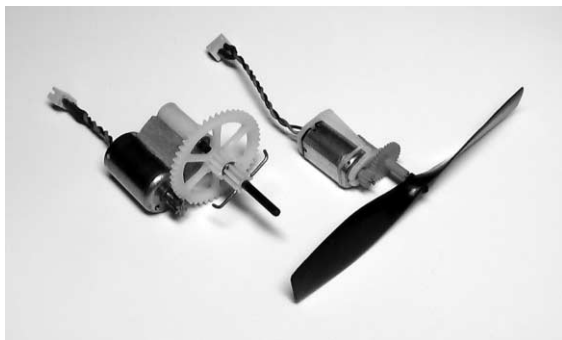


写真9.6 DC5-2.5モータ(左)とKP-00モータ・ユニット

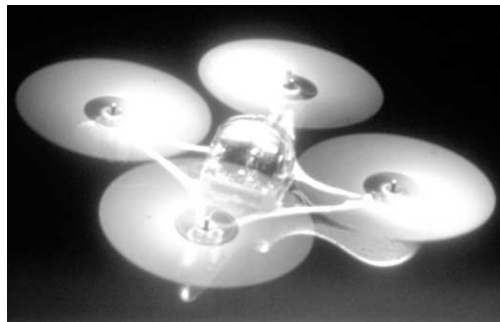


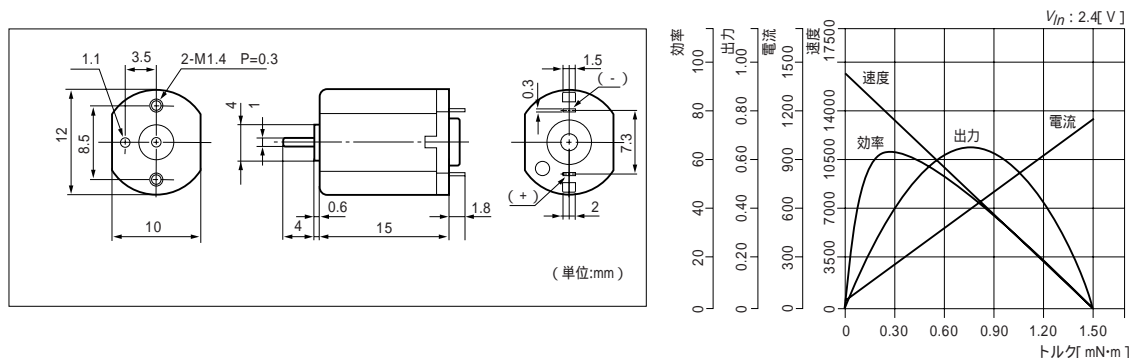
写真9.7 Keyence製GYROSAUCER E-570の外観
(本体の生産は終了)

軽いのですが、初期電流が1Aを超えてしまいます。でも飛行中はフル・パワーで飛ばさないのでは何とか使える範囲ではあります。

2番目はインドア・ブレンによく使われているDC5-2.4というコアレス・モータです。モータの重さは10gですが、ギヤを使って減速するので、ユニット重量は18gほどになります。コアレス・モータなので消費電流も少なく大変効率が良いのですが、プロペラを含めると30gの飛行機にはモータ・ユニットの占める割合が大きすぎます。

この二つの外観を写真9.6に示します。

3番目に選んだのがKeyence製のジャイロソーサーに使われているモータ・ユニットです(写真9.7)。ジャイロソーサー用のモータ・ユニットは補修部品として販売されていて、ギヤ・ユニットと一緒にモータもついています。できるだけ軽いほうがよいので、できればひとまわり小さなモータに取り換えたいところです。たまたま1個90円で買った、端子間抵抗2のジャンク・モータが長さで5mm小さく、少し軽いのので使ってみることにしました(図9.1)。小さなモータが入手できない場合はジャイロソ



E12B-01-S	印加電圧 (V)	無負荷回転数 (rpm)	無負荷電流 (mA)	起動電流 (mA)	端子間抵抗 (Ω)	起動トルク (mN·m)	最大効率 (%)	最大出力 (W)	質量 (g)
	2.4	16,500	57	1,150	2.1	1.51	60.4	0.7	5.6

図9.1 ジャンク・モータと同じサイズ、同じ端子間抵抗をもつモータの規格

この図はシーアイ化成 (<http://www.cik.co.jp/>)のモータ規格だが、マブチ・モータではN20という型番で広く知られている。このサイズのモータは数え切れないほどのメーカーで作られていて、秋葉原でも多くのジャンク・モータが出回っている。端子間抵抗に違いのあるものがあるが、いろいろなモータをテストしてみて、製作する飛行機にマッチしたものを選び出すのも楽しみの一つ。