

会報32号

		頁
1. ご挨拶	堀内浩太郎	1
3. 設計きほんのき (その12)	柳原 序	2
4. ソーラーボート用プロペラ手作り製作マニュアル 金沢工大	増山教授監修	10
5. 海外ニュース	片岡登志夫	34

ご挨拶

水ぬるむ4月を迎えます。そろそろ船に乗っても快適なシーズンです。昨年の船をチューンナップして今年のレースに臨む方は、早めに船を浮かべて、今年はどう船を育てようか、時間のあるうちに一度じっくり考えて下さい。小改良にしろ大幅な改良にしろ、ゆとりを持って考えると良いアイデアが浮かぶと思います。今年新艇を作る方は熟成の時間が不足しないよう、早めに船を浮かべて下さい。

「きほんのき」ますます佳境です。実際のモノ造りの過程で「しまった」と思うようなことは少なくないでしょう。そういったことを防ぐ大事な配慮について書かれていて、とても参考になると思います。

プロペラ製作マニュアルは、今までこの会報に何度か載りましたが、そういった作り方の集大成になるかと思えます。大金を掛けて作るのではなく、我々のできる範囲で世界最高の性能を出せるプロペラを作ることができると思います。タイトルにはソーラーボートとありますが、人力ボートでも全く同じことでしょう。

金沢工大の学生諸君が実際にプロペラを作った、その経験を1999年にまとめたマニュアル第1部と、その第1部を使って2000年度に再びプロペラを作った結果、問題があったところを、その経験に基づいて加筆修正した第2部をそのまま載せてあります。またその第2部を元祖の横山文隆さんに見て貰って、修正した方が良いと言われたことが金沢工大の増山教授のまえがきの後に添付してあります。従って2代に亘る学生諸君と横山さんの努力を増山教授がまとめられた大勢の努力の結晶です。今までプロペラを作ったことのない方には一寸判りにくいところもあるかも知れませんが、実際に作ってみればこれほど行き届いた、判りやすい解説は他にあり得ないと思いますので是非皆さんご活用下さい。

海外ニュースは面白い記事ですね。皆様のご努力で日本のソーラーボートも人力ボートも世界一レベルが高く、誇らしいことです。それに100年前、リリエントールの死んだ年に日本人が人力ヘリを作ったと言うのですから。

15 設計の実際

いままで、設計する上での大切なところを概念的に説明してきました。でも、まだ説明をしていない設計をするうえでのだいたいな点もありました。

そこで、これから例をいくつかあげながら、設計の実際で初心者が直面するであろう問題点や経験不足でそこまで考えが至らなかったために起こる失敗例をはなそうとおもいます。

(1) 加工をするときの固定や座り

設計しようとする部品は、加工をするときに固定が困らない形状にする必要があります。たとえば、旋盤である部品を作ろうとして、これが Fig15-1 (a) のような形だったら内径を削るとき、きっと困ってしまいます。ここは (b) のようにしなければいけません。

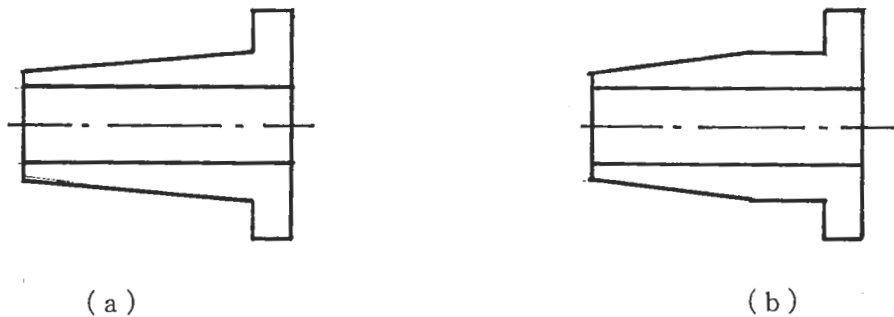


Fig15-1 旋盤加工の形状

おなじように、フライス盤やボール盤の加工でも、部品の「座り」が悪いと非常に苦勞します。機械の固定テーブルへどのように座らせどのようにクランプするか、設計のときに考えておく必要があります。円筒形なら V ブロックをつかい、そのクランプが加工工具の邪魔になっていないか考えます。

もし、どうしても座りが悪い形状にしなければならない事情があれば、固定のためのジグの用意や、Fig15-2 のような「捨てボス」(邪魔になるなら加工後に削り取る) とよばれる足を付けたり、耳を付けます (Fig15-3)。

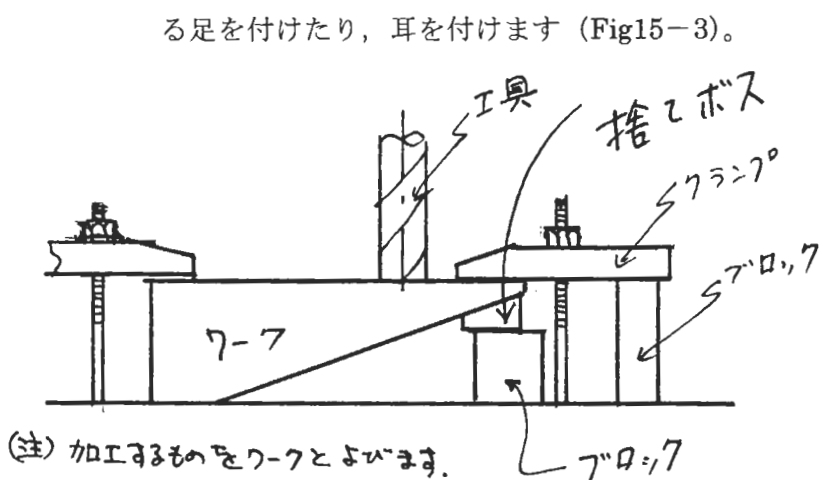


Fig15-2 捨てボス

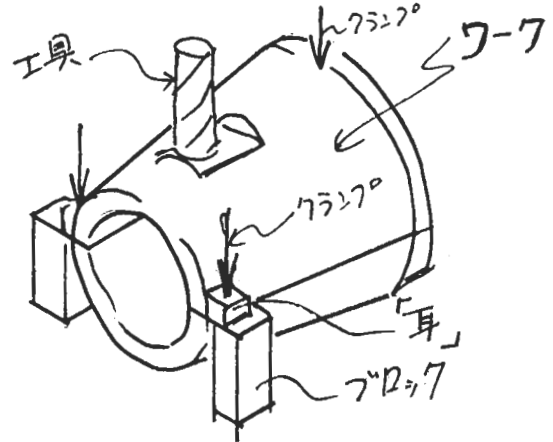


Fig15-3 耳によるすわり

(注) 加工するものを7-7とよびます。

(2) 加工に無理がないか

加工に無理がないか確かめます。たとえば、最も単純なドリル作業。穴径の3倍くらいの加工深さは無難にあげることができます。それが、10倍近くなると、その穴はまっすぐにあかないとか、ドリルが折れる心配があります。標準ドリルでは、Fig15-4の加工深さが限界と考えます。

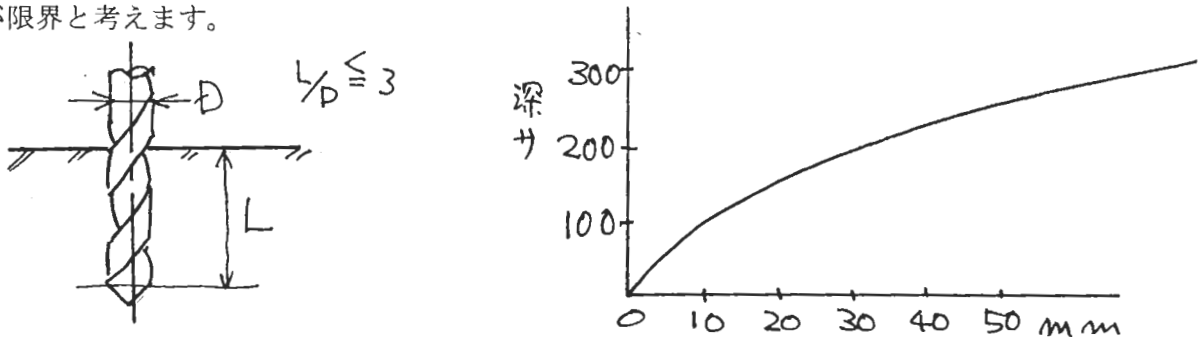


Fig15-4 加工深さの限界

ほかにも、旋盤やフライス盤の無理な加工の例を Fig15-5 に挙げてみました。

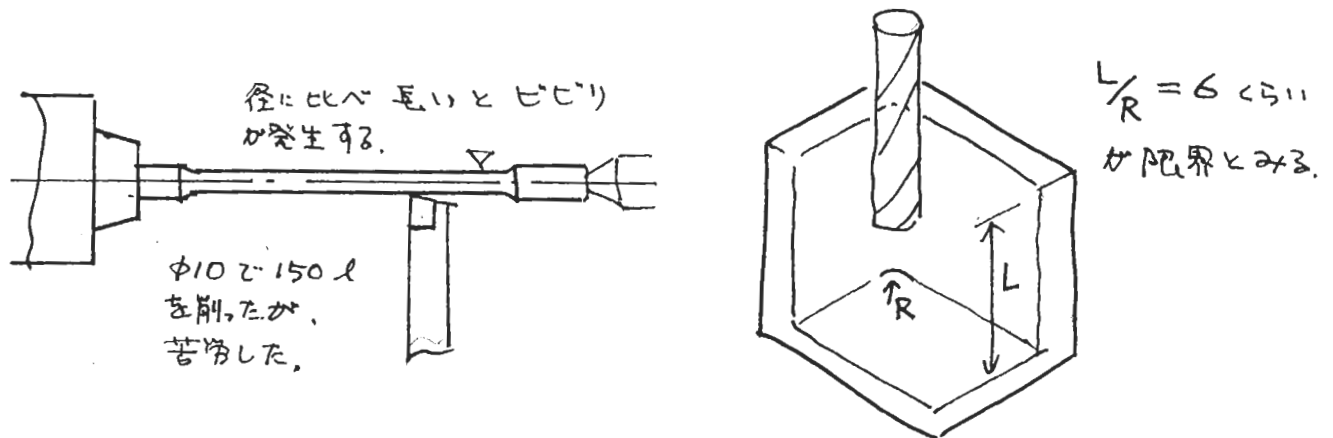


Fig15-5 旋盤, フライス盤の無理な加工

溶接の作業にも、むずかしいところとそうでないところがあります。ここで無理をすると板を焼損させます。そうならないように設計に工夫が必要になります。

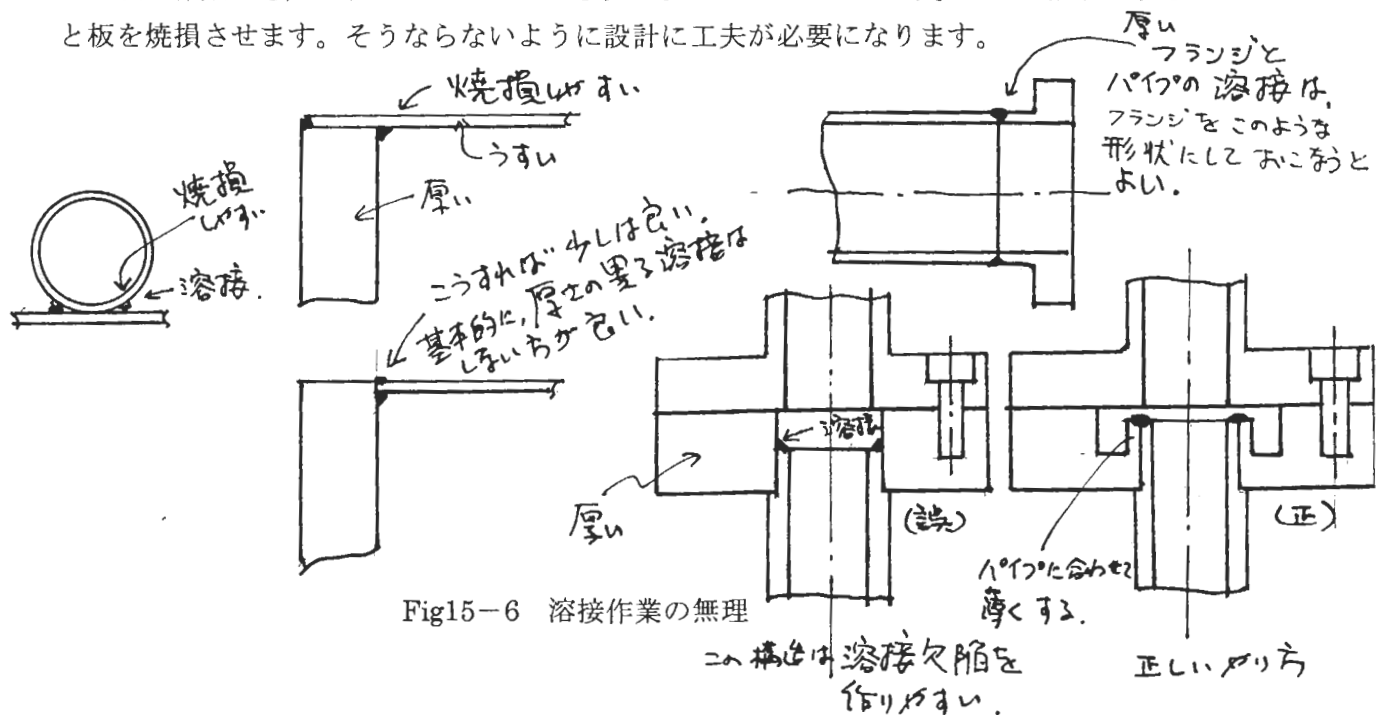


Fig15-6 溶接作業の無理

(3) 加工の変形

板金部品の曲げ加工で、その曲げの近くの先にあけた穴が歪んだり、熱処理で変形をしたり、ということがあります。この変形が許容できないなら防ぐ手立てを講じます。

とくに溶接の変形は大きいので注意します (Fig15-7)。精度が大事な部品は溶接後に機械加工をすることになります。とうぜん溶接する部材には、Fig15-8 のような 1mm から 2mm の削りしろを忘れてはいけません。

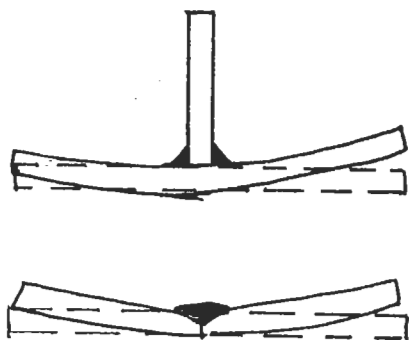


Fig15-7 溶接による変形

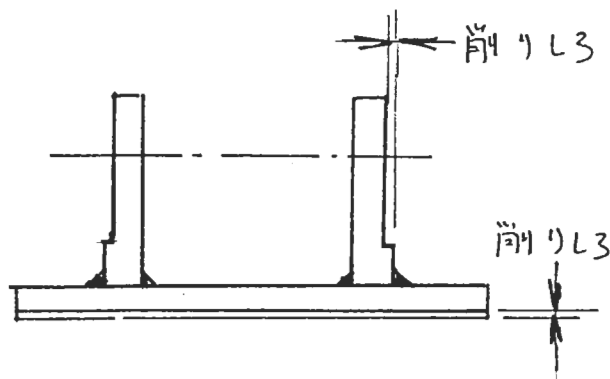


Fig15-8 削りしろ

さて、直径 10mm で長さ 800mm のシャフトの熱処理を業者へ頼んだことがあります。使いものにならないほど変形するといわれましたが、あにはからんや、まともなものができました。業者が、炉の中で変形しにくいような置き方の工夫をしました。

これは、単に熱処理を依頼したのではなく、変形を予測し、手立てを相談したところが成功の理由でした。

(4) 工具のスペース

穴をあけようとしたらドリルが入らない、ドリルのチャックがケースに当たってしまった、溶接しようとしたら溶接棒が入らない、よくやる失敗です。Fig15-9 はそんな例を挙げました。

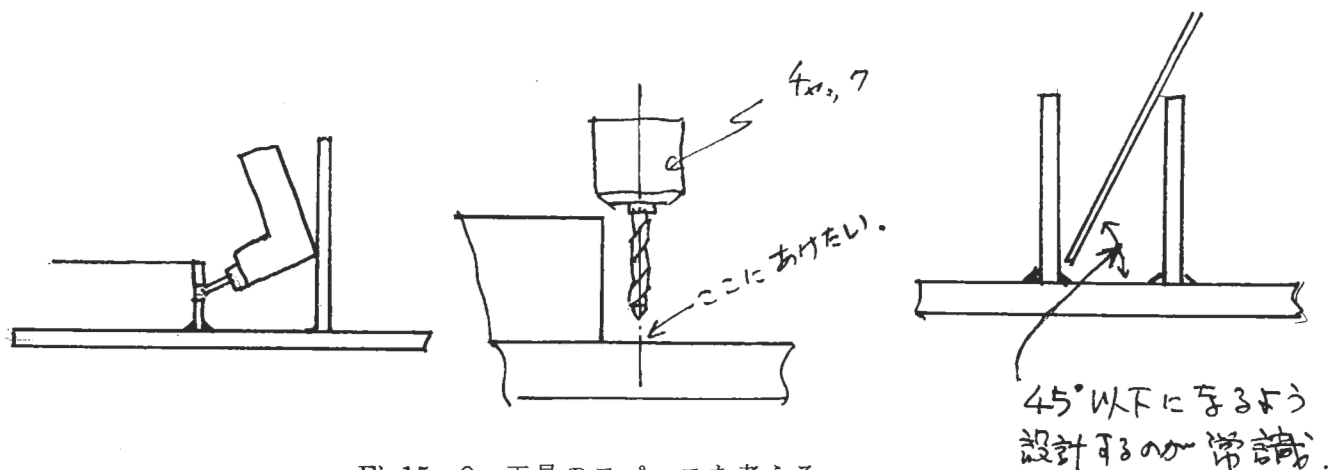


Fig15-9 工具のスペースを考える

(5) 「逃げ」をつける

ネジ加工をするところは、Fig15-10のようにダイスや刃物が肩に当たってしまうから「逃げ」が必要になります。

また、研削のばあいも Fig15-11のように「逃げ」をつける必要があります。

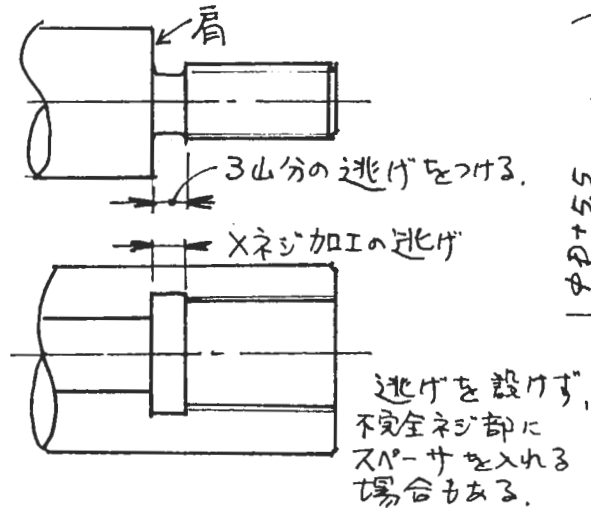


Fig15-10 ネジ加工の逃げ

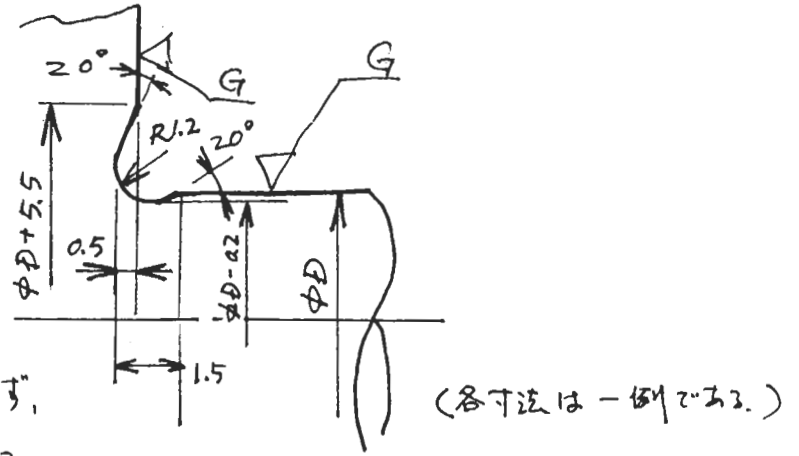


Fig15-11 研削の逃げ

(6) 「いんろう」と「位置決めピン」

取り付け位置の精度が大事な部分、たとえば軸受けケースは、「いんろう」とよばれるガタのないはめ合いで位置決めをします。ネジで正確な位置決めをするのは不可能です。

「いんろう」を旋盤でつくるのは簡単ですが、そうでない場合は位置決めピンを使います。

Fig15-12に例をしめします。

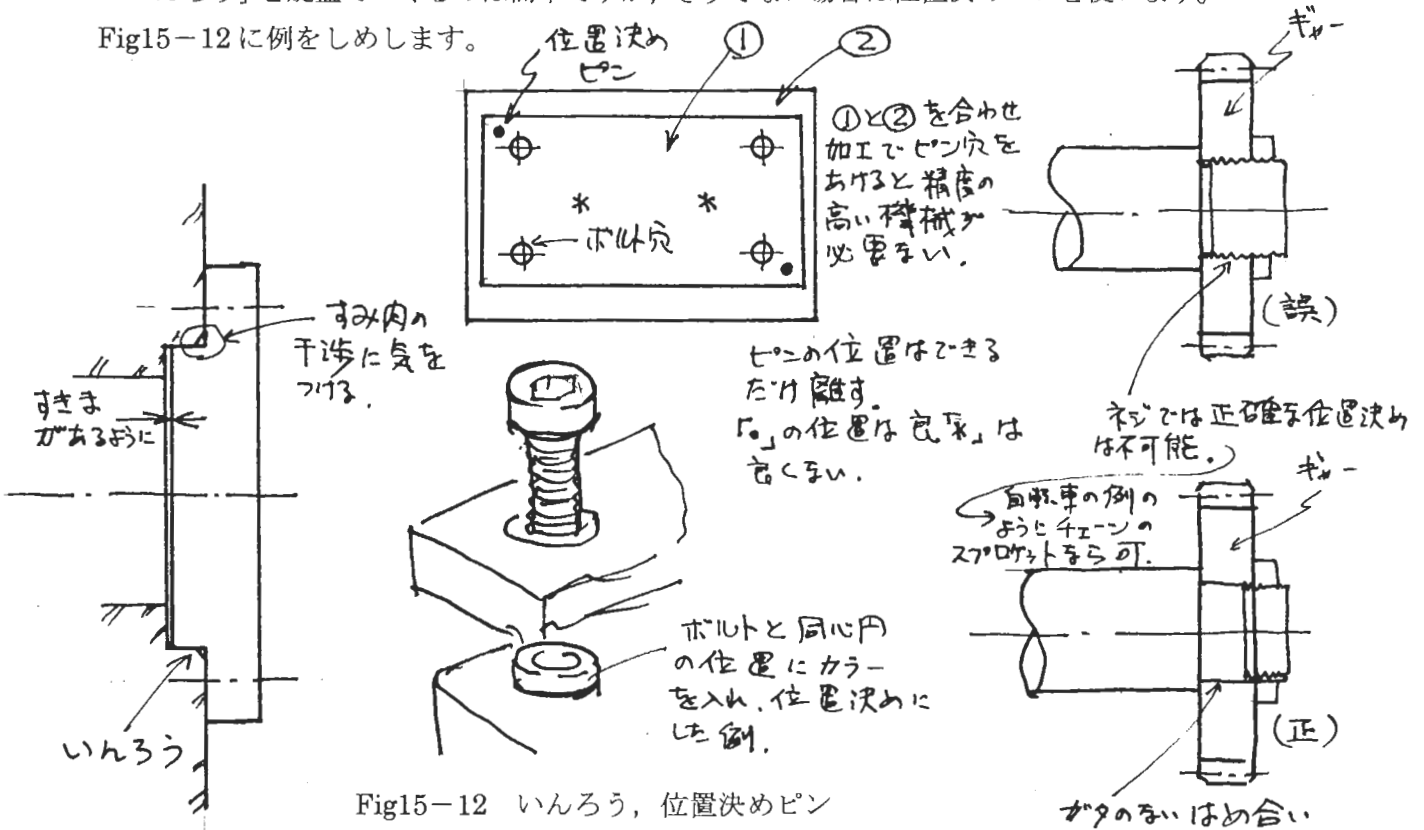
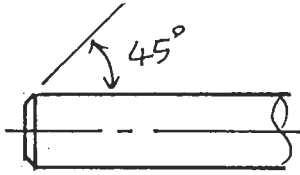


Fig15-12 いんろう，位置決めピン

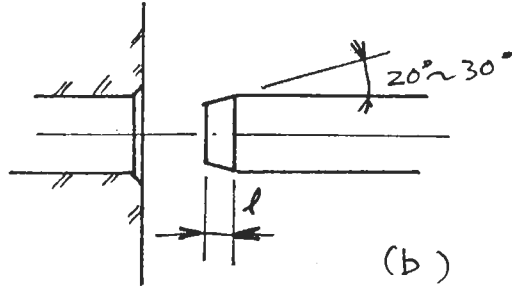
(7) 組立と整備性を考えること

部品ができて、いざ組立といったときに思わぬ失敗に気づいたり、どうも作業がやりにくかったりということがあります。

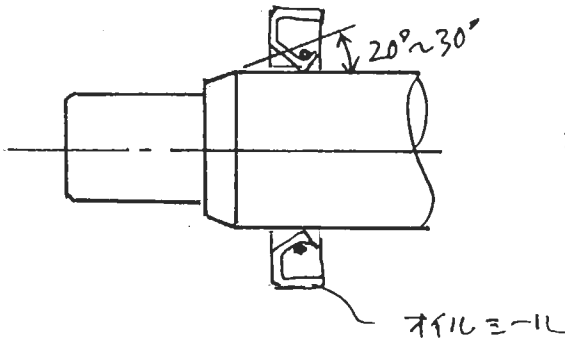
そんな例やその理由などを挙げてみました。



(a)



(b)

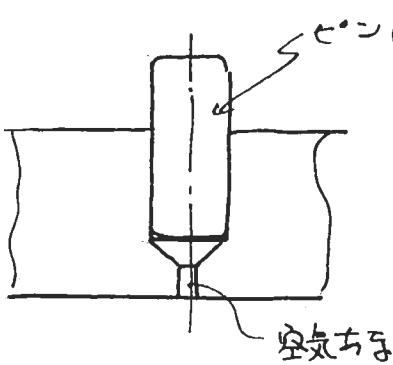


(c)

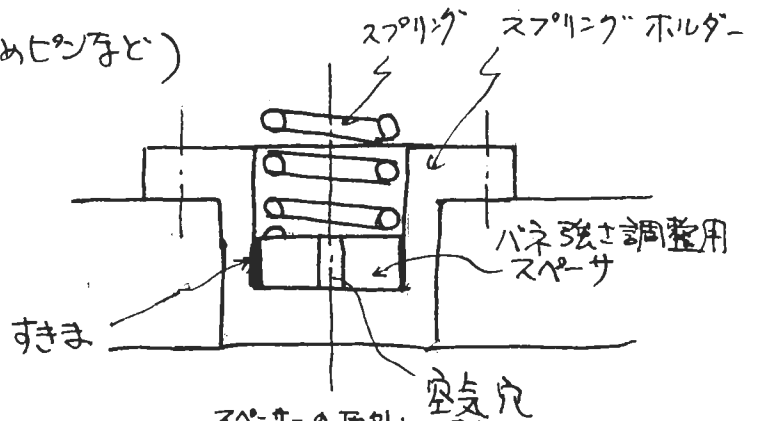
一般の面取りは45°だが、出し入れするピンは(b)のように小さい角度にすると入れやすい。スペースが許されるなら、 l を長くするとさらに良い。

オイルシールをとう入する段差の部分は、リップを傷つけないようにするため45°より小さくする。

Fig 15-13 面取りの角度

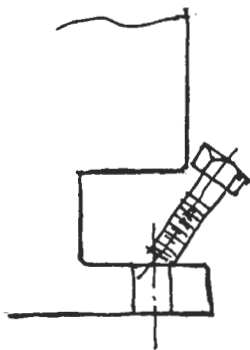


空気あきがないとピンが入らない。ピンの軸方向に溝をつけて空気の通りとしこい。

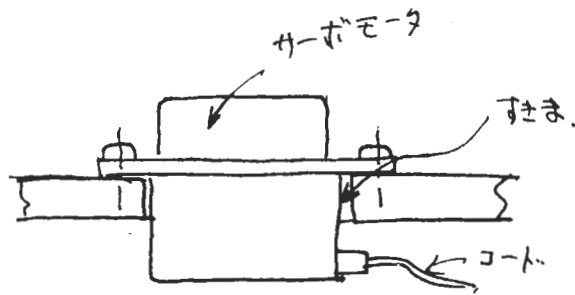


スパーサの取外しのために、スパーサとホルダーの面はすきまを設ける。または空気穴をつける。すきま、穴とも大きくしておかないとグリスの油膜で役に立たないときもある。

Fig 15-14 空気あき

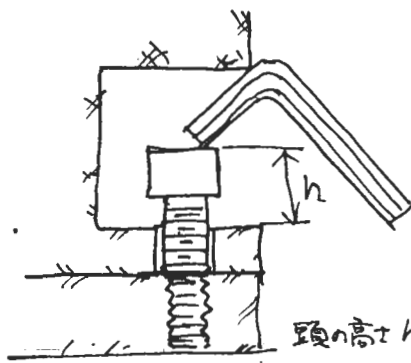


ボルトが入らない例。



設計ではじゅうぶん余裕を
もたすきまなのに……

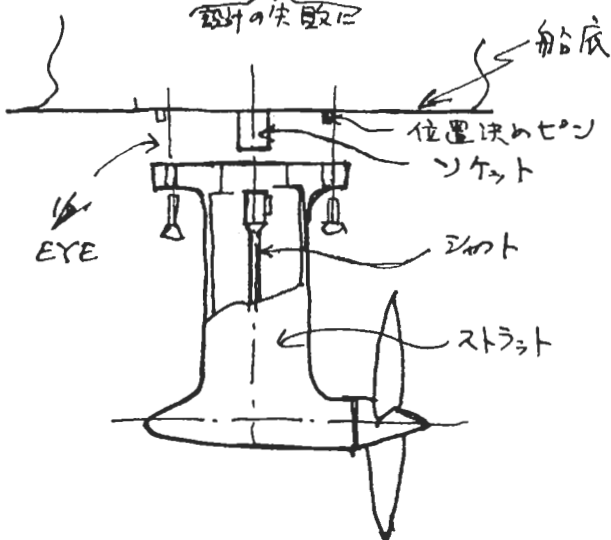
実際はAが当たって組立か
できない。



頭の高さhのために

ボルトが入っても、工具が入らない。
図面にはねじ込まれた状態
で示すのが気がつかない。

設計の失敗に



シフトとソケットがストラットの中で
結合する設計の場合。

結合部をのぞけず作業が不便。

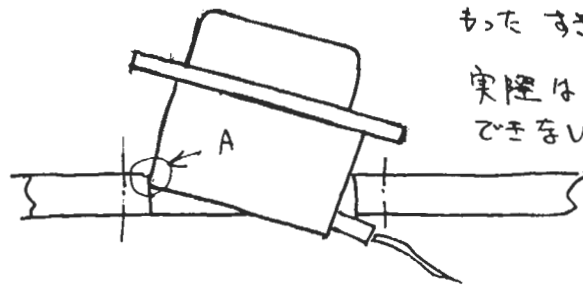
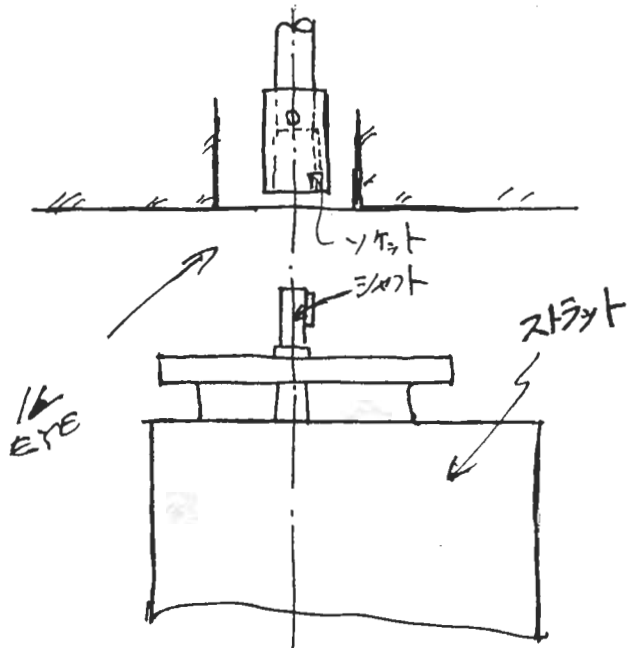
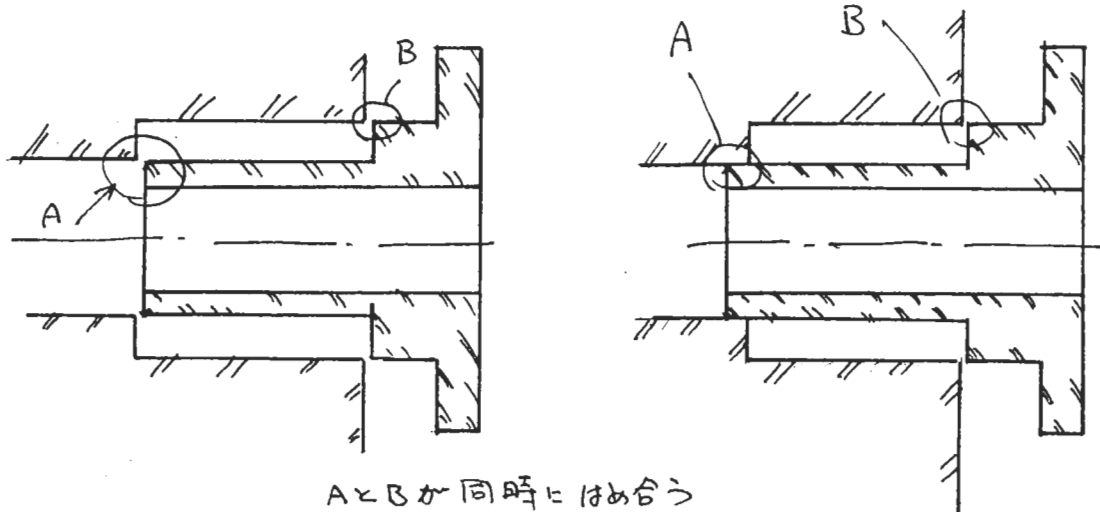


Fig 15-15 部品が入らない例。



このようにすると楽に組立られる。

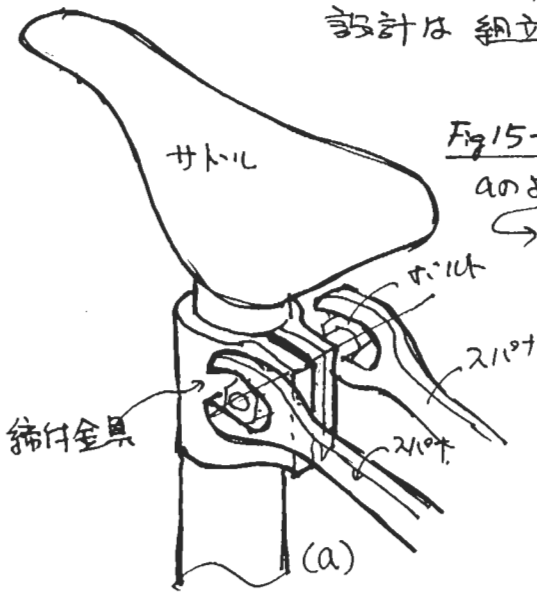
Fig 15-16 見えと作業の問題



AとBが同時にはめ合う設計は組立に不便.

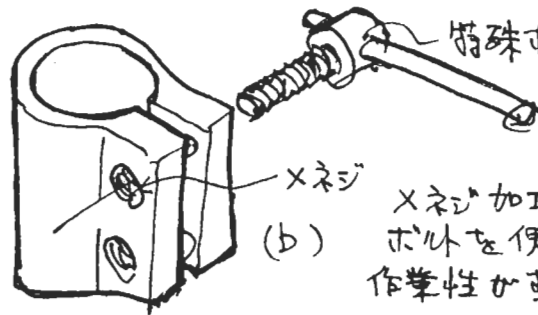
Aをはめ合ってからBをはめ合うようにすると組立

Fig 15-17 組立に不使な形状がよい.



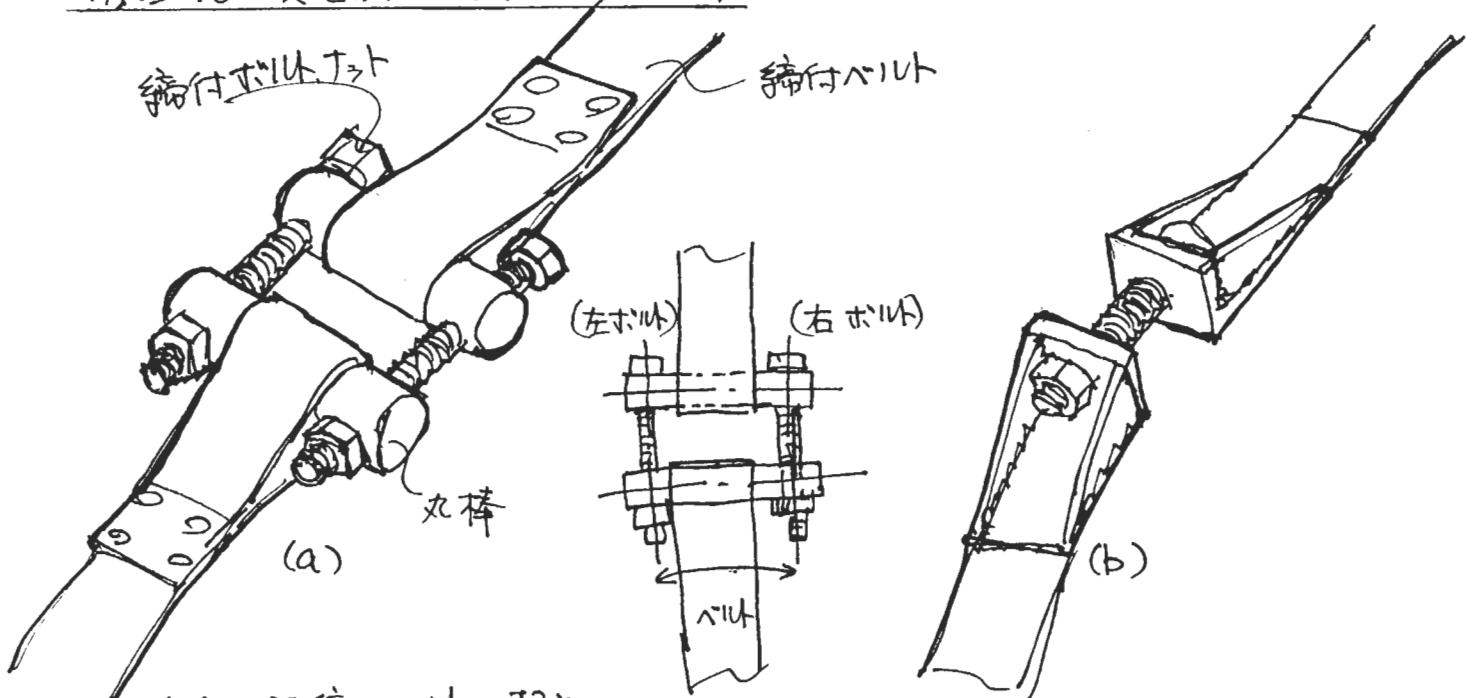
aのよう

→ 締付金具を通しボルト(金具にはバカ穴があいて、ボルトとナットで締る。)式になると、両手が必要で作業性悪い。



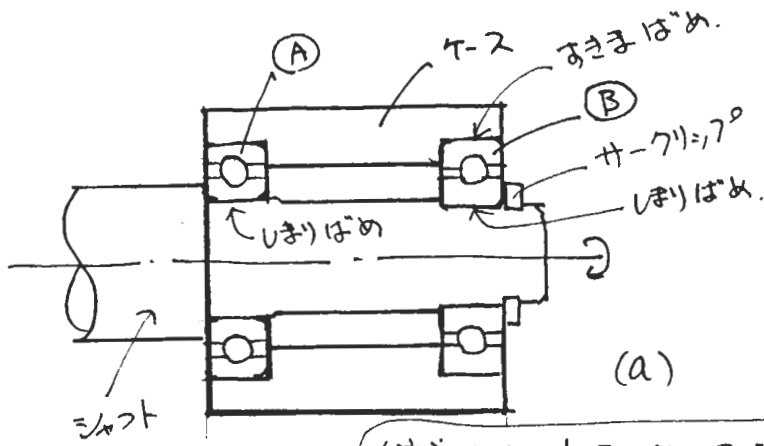
Xネジ加工と特殊ボルトを使うと作業性がよくなる。

Fig 15-18 工具を使わずに組立られる設計



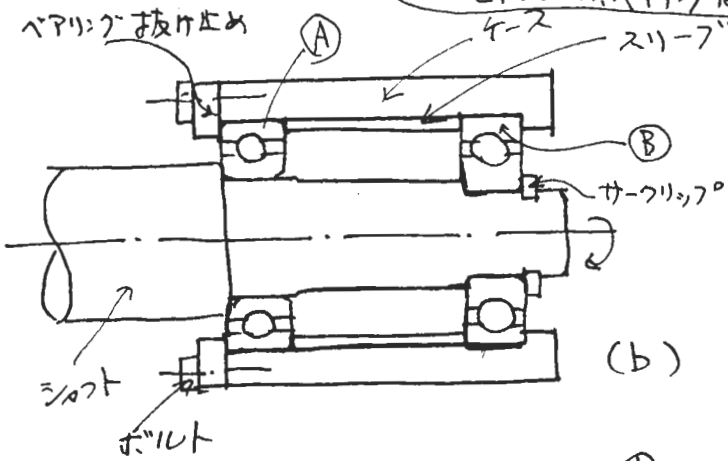
(a)のよう締付ボルトにすると、右を少し締付て、反対の左を少し締付て、交互にし付けたいけり。そのためにナットは左右にずれることになる。ここは(b)のよう設計にし付けたいけり。

Fig 15-19 使いにくい設計例.



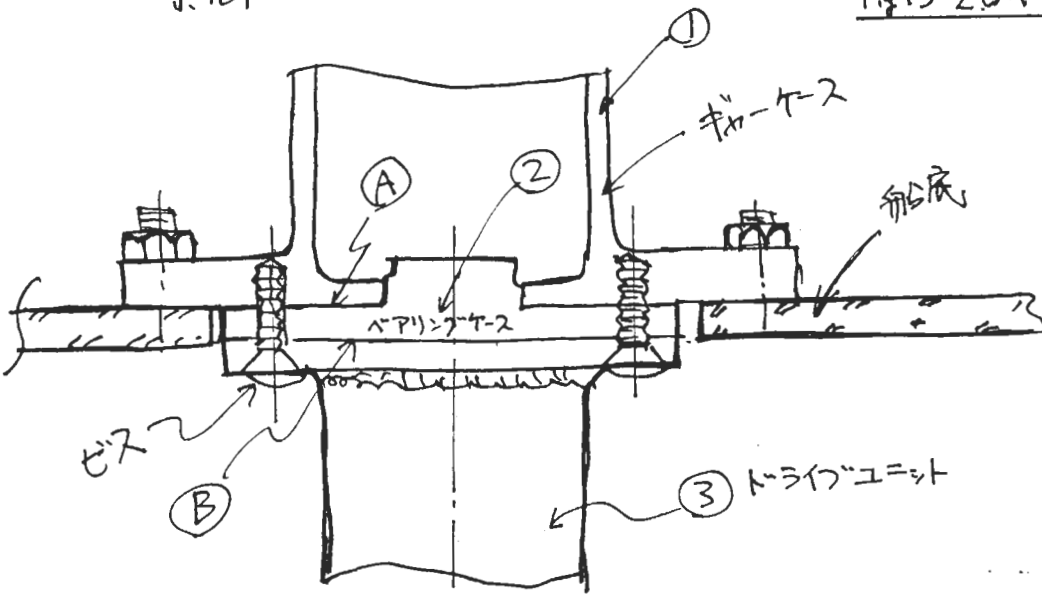
(a) のようなケースを設計すると、組立の最後にベアリング (B) を入れてサークリップとする。ベアリングとシャフトのはめ合はしりばめだから、非常に組立にくい。

(注) シャフトのフレッキングコロジョンを防ぐため、ベアリングは軸側をしりばめ、ケース側をすきまばめにする。詳しくはベアリングカタログに説明がある。



(b) のように設計すると、ベアリング (A), (B) は軸と一体の持ちケースに組立られる。

Fig 15-20 ベアリングケースの設計



部品①, ②, ③の3つをビスで組立られる。③のトヨタを外そうとすると、②のベアリングケースも外れる。ここの構造は取扱いが不便。

Fig 15-21. 3つの部品を同時に組立ると不便になる。

ソーラーボート用プロペラ手作り製作マニュアル

監修 金沢工業大学機械系 増山 豊

1999年の浜名湖大会において、大会1日目の土曜日の夜にソーラー&人力ボート協会主催のセミナーが開かれ、スパーフェニックスの横山文隆氏が人力ボート用プロペラの製作法を紹介された。これを聞いた、金沢工業大学夢考房ソーラーボートチームのメンバーが、後日厚かましくも、製作方法を直接お教え頂けないかとメールを打った。これに対し、横山氏からご親切にも快諾の返事を頂き、学生が研修を受ける機会を設けて頂いた。

このマニュアルは、横山氏から直接プロペラ製作法をお教えいただいた学生が、その後自分達なりに身に付けた製作法をまとめたものである。このようなプロペラの製作法は、すでに本会報13号で柳原氏が、また同16号で横山氏が紹介されている。このマニュアルはこれらを踏襲するものであるが、学生諸君が後輩のためになるべく分かりやすく、またそれなりに自分達で身につけたノウハウを含めて書き下ろしたものである。内部資料なので見苦しい点多々あるかと思うが、本会員諸兄のご参考になれば幸いである。

学生にこのような機会を与えて頂くとともに、本マニュアルの公表をご了解頂いた横山文隆氏に厚く御礼申し上げます。

本マニュアルの内容は、'99年度当時のものが第1部、さらに'00年度にこれをもとにプロペラ製作に取り組み、その経験から加筆修正したものが第2部である。

マニュアル製作に直接携わったのは下記の諸君である。

第1部：

1999年度 金沢工業大学大学院修士1年 小嶋 務、山本邦裕
金沢工業大学機械工学科4年 鹿山貴弘

第2部：

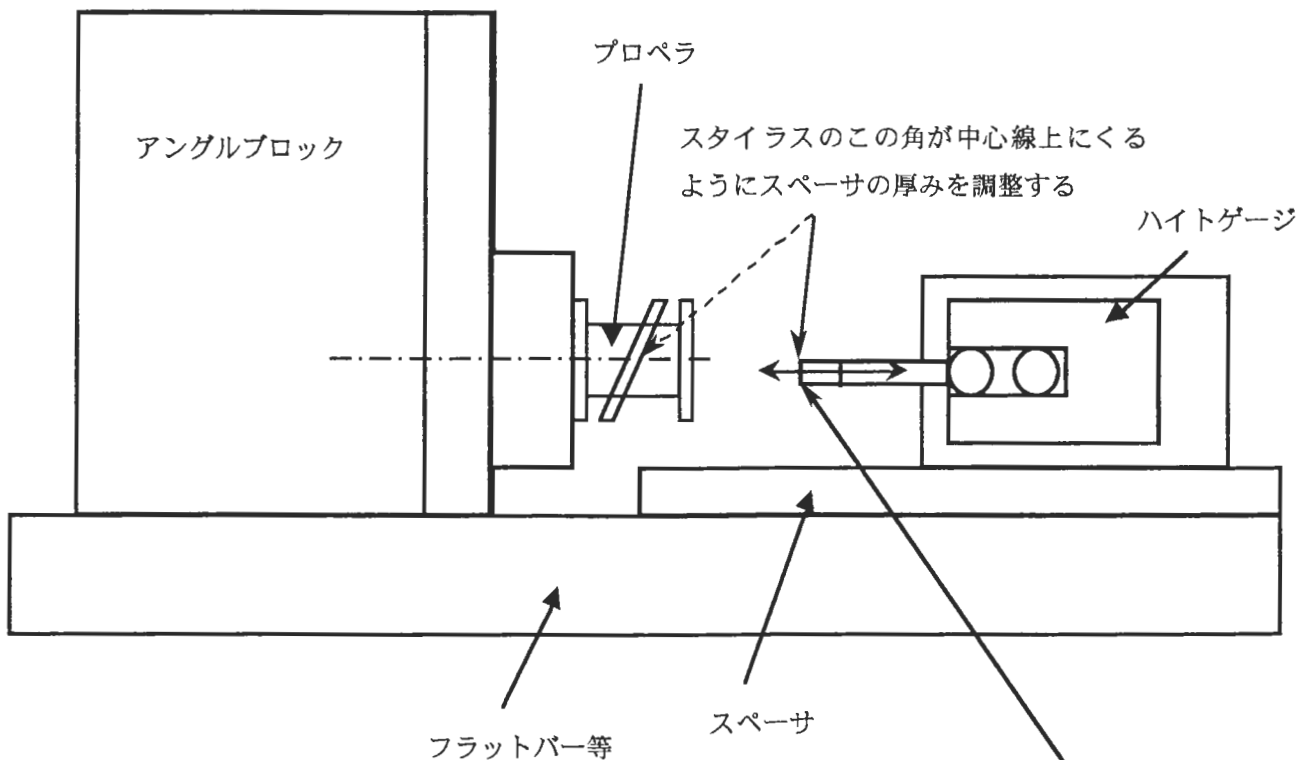
2000年度 金沢工業大学機械工学科4年 中野英晴、宮崎広基、藤田雅啓

なお本マニュアルの記述内容に関し、横山文隆氏より以下のような点を修正した方がよいとご指摘をいただいています。本文はあえて訂正しませんでしたので、以下の点を読み替えてご参照下さい。

プロペラ製作マニュアル 第2部

1. 2ページ：アクリル板→塩ビ板・・・塩ビ板の方が加工が楽なため。

2. 3 ページ : L 字型のフランジ→アングル材 (ここではアルミアングル材を使用)
3. 5 ページ : アクリル板→塩ビ板・・・ (同上理由)
4. 6 ページ : 3.1.7 V字型に切削する → V字型に研削する・・・砥石で削る場合は「研削」という表現の方が適切のため。(フライス盤の場合は切削で可)
5. 7 ページ : 3.3 において溶接時の軸は仮溶接後に取り外すと簡単に抜ける。
6. 9 ページ : 3.7.2 曲げ棒 → 振り棒、曲げる → 振る。この下の「曲げる」も振るの方が正確。
7. 8 ページ : 3.5 の段階のケガキ線はブレードの平面形切断用で、ピッチ角計測用には使えない。ピッチ角の計測用ケガキ線は振った後でないと正確には入れられないので、最初は大雑把に振る時はマジックの線でも良い。
ピッチ角計測用ケガキ線を入れる時は、大体の「ねじれ」になった後、下記(上から見た図)のようにハイトゲージを用いてケガキ線を入れると、正確に半径○○mmの線になる。



この絵のようにハイトゲージをガイドに添って動かせば、プロペラを回転させてもプロペラ中心から等しい半径でケガキ線を入れることができる。

ブレードの振れが逆で、こちら側にケガキ線を入れる場合は、こちら側を中心線に合わせる

上から見た図

プロペラ製作マニュアル

ソーラーボートプロジェクト

平成 11 年 10 月 20 日作成

作成者：小嶋 努、鹿山 貴弘、山本 邦裕

プロペラ製作までの経緯

今年度の浜名湖大会 2 日目の夜に行われたセミナーで、スーパーフェニックスの横山様からプロペラの製作方法が紹介された。製作方法は NC フライスなどで削り出して作っているのではなく、ボスとブレードの溶接により約 2 日ほどあればできるということであった。このプロペラの製作方法の紹介は、今までプロペラを外注品に頼っていた私たちにとってとても興味深い話であった。

大会後約 1 週間ほどして横山様の御好意により、学生であれば週末に工場内の施設を使いプロペラの製作をすることが可能であるというメールをいただき、プロペラを自作することにした。

その後、必要な道具や用意しなくてはならないものを製作し 10 月 16 日(土)、17 日(日)に静岡県浜名郡新居町にあるヤマハ発動機(株)新居工場にてプロペラの製作を御一緒させていただいた。

工場内(私たちがプロペラ製作を行った場所)は設計工学研究室の 1/3 ぐらいの部屋で旋盤、フライス盤をはじめ夢考房にある工作機械はそろっており、ちょうど夢考房を小さくした感じの部屋であった。また、溶接する場所も特に夢考房と違うという印象はなく、改めて私たちの恵まれた環境を実感した。ただ、エンドミルやディスクグラインダーなどといった工具に関しては夢考房より豊富に種類があったように思う。

プロペラの製作について

プロペラの製作は後でも記すが溶接、ねじり、切削、仕上げの工程に分けられる。各工程において使用する工具、かかる時間は違うが準備するものを整え、ブレードのテーパ切削、ボスの切削を済ませてさえおけば 2 日あれば十分できるということであった。しかし、私たちの場合ブレードのテーパ切削を済ませて持って行ったが、左右の重量が 5 g 違っていたことや、スーパーフェニックスのプロペラに比べて直径が大きく翼厚が厚いこと、翼型が複雑なこと、私たちの用意した翼断面のテンプレートがしっかりしていなかったこともあり最後の仕上げ工程の途中で終わり、2 日間で完成させることはできなかった。

以下にプロペラの製作においてあらかじめ用意しなくてはならない道具(ジグ)、プロペラの製作手順を記す。

準備段階で最も大切なのは角度ジグとプロペラの翼断面形状のテンプレート、平面型のテンプレートは丁寧に作ることである。

製作中に最も大切なのは各工程においてバランスをしっかり見ることである。

プロペラ自作にあたって必要になる工具

- プロペラ部材：二相ステンレス鋼 (NAR-DP-3)
- 溶接時に使う丸棒：真鍮
- 溶接棒：DP-3T (φ1.6mm×1000mm) 住友の TIG 溶接棒.住金溶接工業 (株)
- ディスクグラインダー：中-MYTON MAS - 40/大-MYTON MAG - 40
(NITTO KOHKI)エアーで使用出来る物が使い勝手が良い。
- ディスク：大-レチボンゼット RZ 形状 27 号 MAX4300m/min Z24M 216065
(NIPPON RESIBON CORPORATION)
- ヤスリ：PCWN - RT 粘度 P120.CC240.CC320 幅 95mm×25m(KOVAX)タックロール

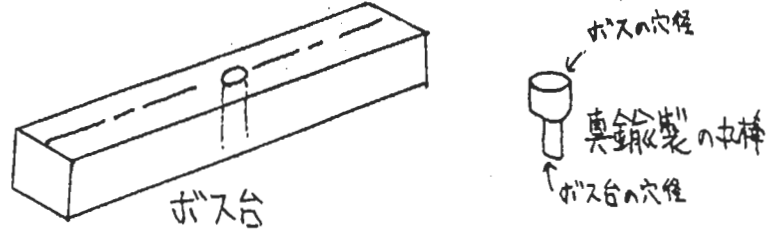
準備段階で必要な道具

- 溶接台

350×35×35 ぐらいのアルミ角材。中央に貫通穴

- 溶接台にボスを固定するシャフト

真鍮製の丸棒。(弱いので溶接時にひずみが出て抜ける。一度のみの使用)



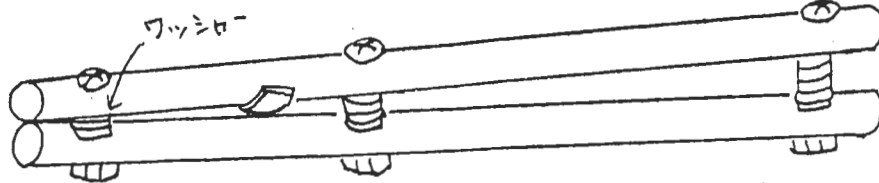
- テンプレート

プロペラの平面型のテンプレート。薄いアクリル板。(前後の印、中心線をつけておく)

プロペラ断面のテンプレート。1mmのアルミ板。(根元、中央、先端の3ヶ所ぐらい)

- ねじりジグ

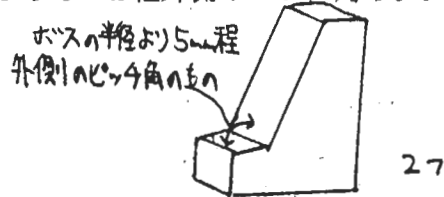
φ20のアルミ棒2本をネジ止めしたもの。間にワッシャーを入れて高さを調整。



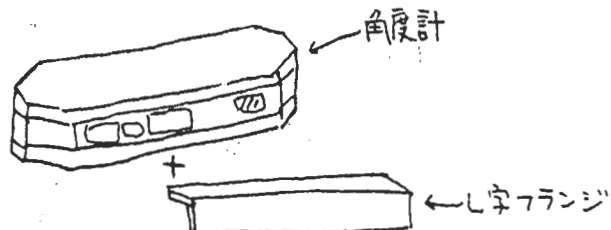
ワッシャーで左右の高さをかえておけば
どの厚さにも対応できる。

- 角度ジグ

ボスの半径より5mm程外側のピッチ角のジグを2つ。(溶接時に使用)

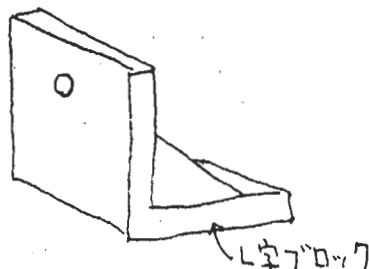


- L字フランジを付けた角度計



- ケガキ用L字ブロックとシャフトブラケット

高さはプロペラの
半径以上下なるべく
重いもの



4

プロペラの製作手順

1. ブレードのテーバー切削

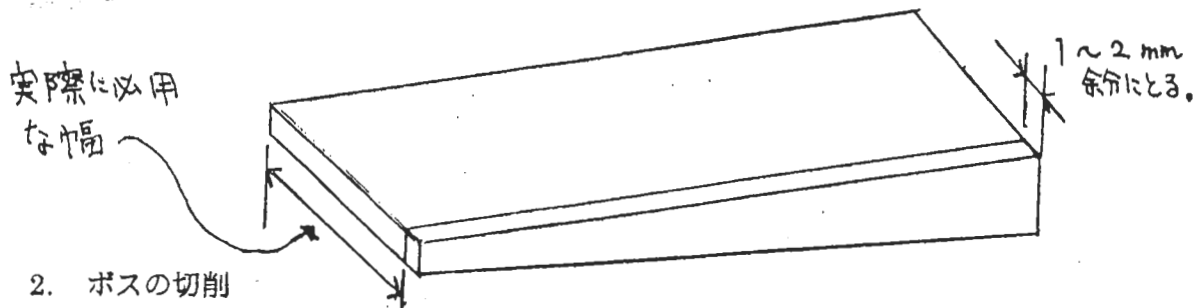
後でテンプレートでケガキ線を入れることを考えて切削の幅を最大翼弦長より 1mm から 2mm 余分にとる。

(ストレートテーバーになるように翼厚を決めると加工が楽になる)

このとき、2枚のブレードの重量差は 0.1g 以下になるようにする。

最初に重量を正確に合わせておかないと後でバランスをとる時、どの工程で誤差が出たのかわからなくなる。

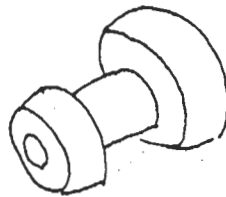
切削後、万力で締め付けブレードの反りを無くす。また、バリをとっておく。



2. ボスの切削

溶接に必要な最小限の長さでボスの形状を糸巻き状にして、極力重量を少なくする。後で、エポキシパテで整形する。

(キー溝を使用する場合、溶接時にひずみが出てしまうため、この時点ではキー加工してはいけない。)

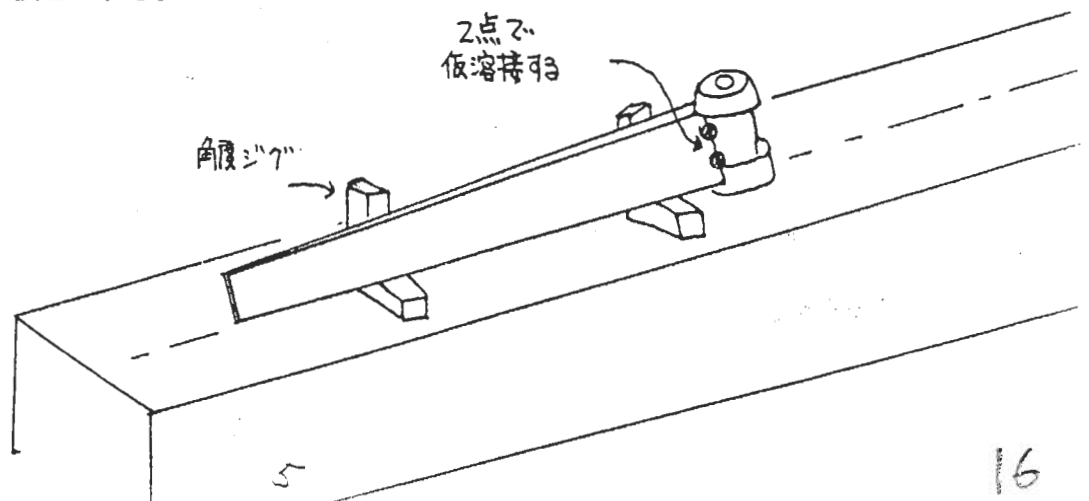


ボスは糸巻き状にすると重量面で有利である。

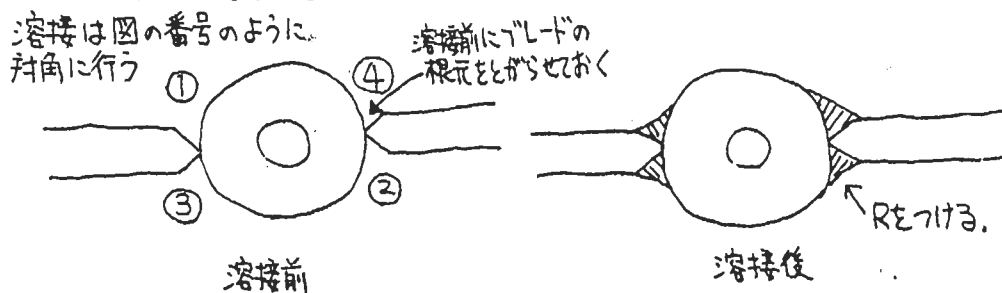
3. ボスとブレードの溶接

(溶接棒はプロペラ部材用[SUS329J4L]の住金溶接工業(株)製 DP-3T $\phi 1.6$ を使用。)

- 1 ボスをボス台に立てて挿し、準備段階で作った角度ジグに合わせてブレードを置きボスに2点で仮止めする。



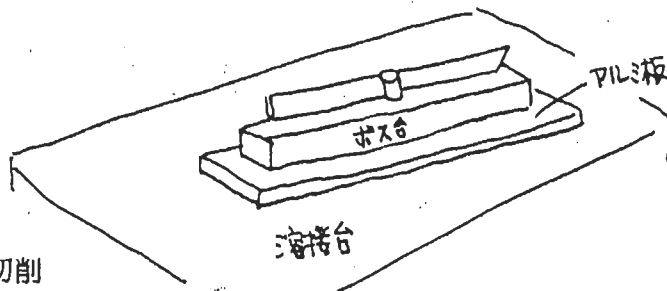
- 2 角度計を当てて、根元に角度をつけるためプライヤーを使用しひねって直す。
(このときあまり力を入れると取れてしまうので慎重に行う)
- 3 2枚目のブレードを1枚目と同様に溶接する。
- 4 仮溶接した後、スケールを用いて2枚のブレードが一直線になるように調整する。
- 5 溶接後はボスの穴がひずむのでリーマでもう一度仕上げる。
- 6 2枚のバランスを合わせる。
(手で押さえて調整、その後バランス取りで確認)これを繰り返す。
- 7 プライヤーを使って2枚の高さ、角度を合わせる。
- 8 2枚のバランスが整ったら本止めを行う。本止めは図のように対角に行い R をつける。横にして行ってもよい。



- 9 溶接終了後、熱いうちに鉄ブラシで溶接部を磨けば変色を落とすことができる。
- 10 水で冷やす。

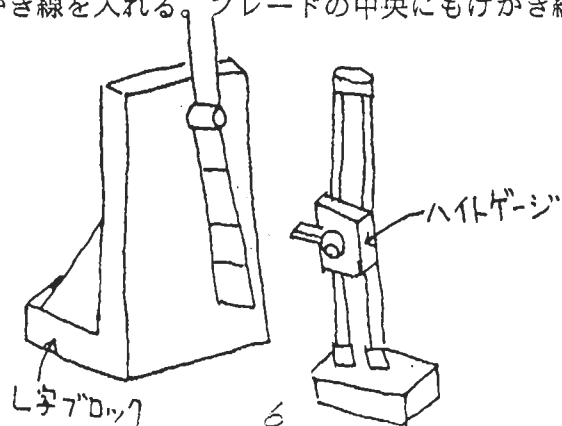
※溶接時の注意

ボス台の下に薄い板を置く。(板をアルミにすると電気を通すので良い)
 溶接前にブレードの角を落とす。(角を落とすことにより中まで溶け込んでいく)
 ブレードの中心線とボスの中心を大体合わせる。



4. ブレードの切削

- 1 リーマでボス穴をきっちり出す。
- 2 ボス穴に丸棒を挿す。
- 3 ブレードの表面に色を塗る。(ブレードの根元と先端)プロペラ直径のところにハイトゲージでけがき線を入れる。ブレードの中央にもけがき線を入れる。

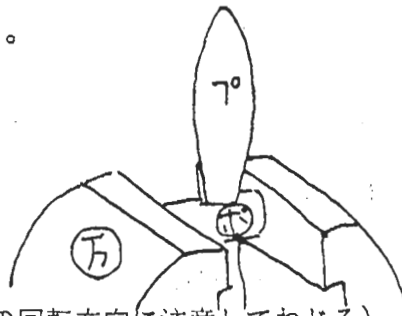


ハイトゲージでけがき線を入れる。

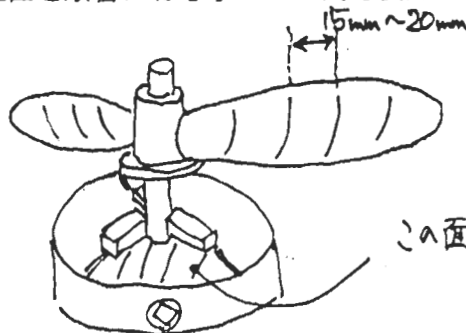
- 4 平面形のテンプレートを使用し、ブレードに翼型をけがく。(この線に沿って削るのでしっかりとけがくこととテンプレートの表裏を間違えないように)
- 5 コンタマシーンでけがき線に沿って 0.5mm くらい残して切り落とす。残し過ぎると後で削るのが大変。(部材が硬く危ないので手袋をして、下に木板を敷いたり木棒でブレードを押ししたりして切る)
- 6 もう一方のブレードを削る。(削り終わった方のバリをとっておかないと手が痛い)
- 7 両方削り終わったら、ベルトサンダーでけがき線に沿って正確に削っていく。ボスに近い部分はベルトサンダーでは削れないので手ヤスリ。
- 8 バランスをとる。(簡単には曲がらないが、先端に力をかけるとそこだけ曲がってしまうので注意)

5. ねじる

- 1 各半径位置 (15mm~20mm 間隔) にマジックで印を付けておく。
- 2 万力にボスを直角に固定する。



- 3 根元からねじる。(プロペラの回転方向に注意してねじる)
- 4 マジックで印をつけた半径位置を順番にねじりピッチ角を測定。角度計使用。



- 5 曲げて測定しての繰り返し。(このときの許容範囲は $0.1^\circ \sim 0.3^\circ$)

※ねじるときの注意

根元周辺が細く薄い場合は曲がりやすいのでそういうところはモンキーレンチを噛ませて押さえつける。

- 6 反対側もねじる。(ねじる向きに注意)
- 7 両方ねじり終わったら左右の高さをスケールで測る。
- 8 けがき線が見えやすくするために表面を整えておく。正確にけがき線を書くためブレードに色を付ける。けがき線を入れる。

9 ねじり角度の微調整を行う。

※ねじったときの注意

ねじった時の応力が残っていて、削っているときに 0.5° ぐらい簡単にずれてしまう。ねじる時ねじったのを少し戻したりすると中の応力が緩和されたりします。

6. 削る

1 ディスクグラインダーで負圧面から削る。

(削る所のイメージを作っておくことが大切。どんな風にどのくらい削るのか記憶しておく。横にじわじわ流すように削る。)

※注意

返りが出てくるので時々やすりがけしてやる。同じ所をずっと削っていると熱くなるので細めに場所を変えてやる。翼型のテンプレートを当てて、当たっている所が出っ張っている所なので、そこを削る。手元を明るくしてやった方がよい。(テンプレートとプロペラとの隙間も分かりやすい)

2 左右の負圧面を削ったら、一度バランスを取ってみる。削ってバランスを取る。

3 正圧面を削る。

※注意

時々ゆがみ(熱過ぎると起こる)が出ていないか負圧面側にテンプレートを当てて確認する。

4 ボス部分はリューターを使用して削る。

7. 紙やすりで仕上げる (120 番ぐらいからはじめる)

1 正圧面を先にやする。

2 反対の正圧面。

3 負圧面は豪快にやすってよい。

4 反対の負圧面。

5 もう一度けがき線を書いて角度を計る。

※やすりがけの時の注意

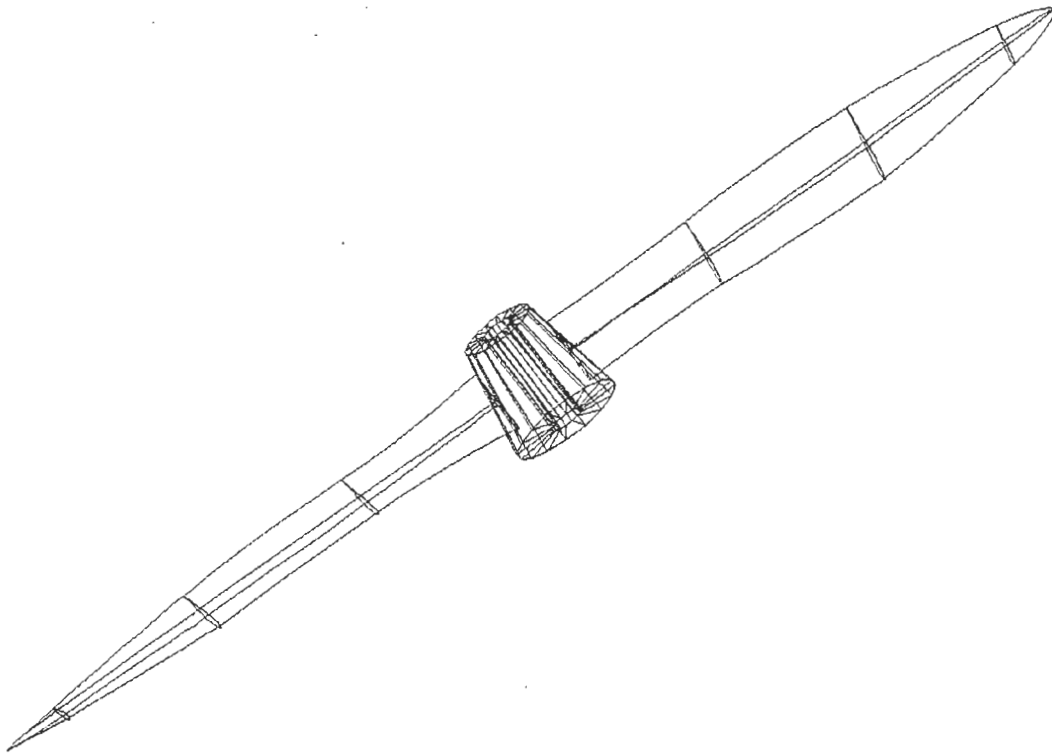
同じ方向にやする。→斜め方向にやする。(前にやすった所の傷が見えるから)一番時間をかけて慎重にやる。

8. ボスの整形

1 エポキシパテを円筒上のものに流し込み丸棒を作る。

2 旋盤でボスの形に切削しボスにくっつける。

ソーラーボート用プロペラ 製作マニュアル



2000年度 駆動班 編

はじめに

99年度の浜名湖大会2日目の夜に行われたセミナーで、スーパーフェニックスの横山様からプロペラの制作方法が紹介された。制作方法はNCフライスなどで削り出すのではなく、ボスと羽根の溶接により約2日あればできるというものであった。このプロペラの製作方法の紹介は、今までプロペラを外注品に頼っていた私達にとって、とても興味深い話であった。

大会後約1週間ほどして横山様の御好意により、学生であれば週末に工場内の施設を使用し、プロペラの製作が可能であるというメールをいただき、プロペラの自作をする事になった。そして、必要な道具や用意しなくてはいけないものを製作した後、平成11年10月16日(土)17日(日)に静岡県浜名郡新居町にあるヤマハ発動機(株)新居工場において、プロペラ製作を御一緒させていただいた。

プロペラの製作はねじり、切削、仕上げに分けられ、各行程において使用する工具と羽根とボスの切削が済んでいれば、2日あればできるということであった。しかし、我々が用意した羽根の重量が左右で5gf違っていた事や、スーパーフェニックスのプロペラに比べて直径が大きく、翼厚が厚く、翼形が複雑であったことや、我々が用意した翼断面のテンプレートがしっかりできていなかったこともあり、2日間で完成させる事はできなかった。

準備段階で注意する事は角度治具と翼型テンプレートと外形テンプレートを丁寧に製作することで、製作中に最も大切なのは各行程において、バランスをしっかりと見る事である。

平成11年10月 平成11年度駆動班一同

我々は99年度に作成した「プロペラ製作マニュアル」を基に、実際にレースで使用するプロペラの製作を行った。実際に製作してみるとマニュアル通りにはうまくいかず、二重反転用プロペラの製作では歪みなど様々な問題が発生し、試行錯誤の連続であった。そこで前回のマニュアルにこの度得られた経験を加え、加筆修正したものが本マニュアルである。

平成12年12月 平成12年度駆動班一同

1. プロペラに必要な道具

1. 1 溶接治具

- ・ 溶接用軸：溶接時にボスと個定するための真鍮の軸（溶接回数分必要）
- ・ 角度治具：溶接時に羽根を固定するL字型の治具（材質：ジュラルミン）
溶接台に固定 高さ-ブレード幅以上 幅-5mm程度 左右二箇所ずつ必要
- ・ 溶接台：溶接用軸と角度治具を取り付ける台
- ・ バイスプライヤ：羽根を角度治具に固定する

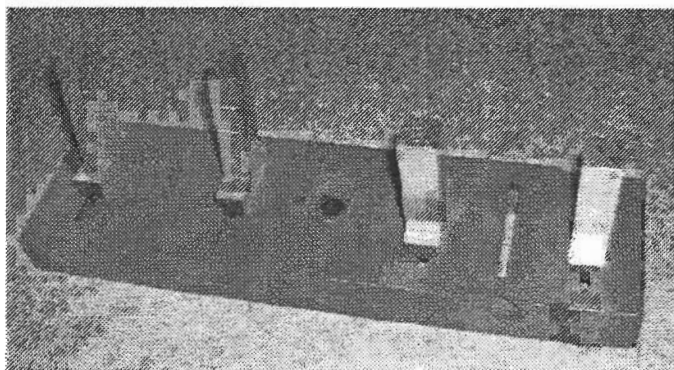


Fig. 1.1 溶接治具一式

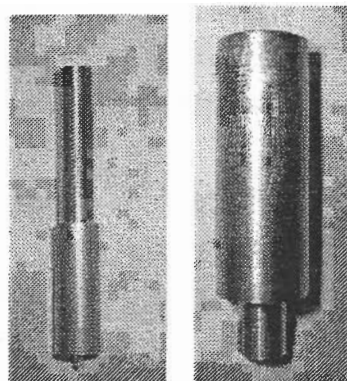


Fig. 1.2 溶接軸

1. 2 ケガキ用治具

- ・ 外形テンプレート：羽根の平面型テンプレート 薄いアクリル版
- ・ ケガキ用軸：溶接軸と同じ形状でステンレス製
ケガキ台にプロペラを固定するための軸
- ・ ケガキ台：ハイトゲージで半径位置にケガキ線を入れるときにプロペラの中
心高さを一定にするための台

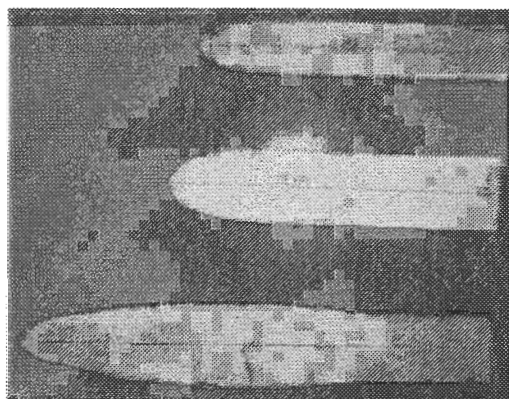


Fig. 1.3 外形テンプレート

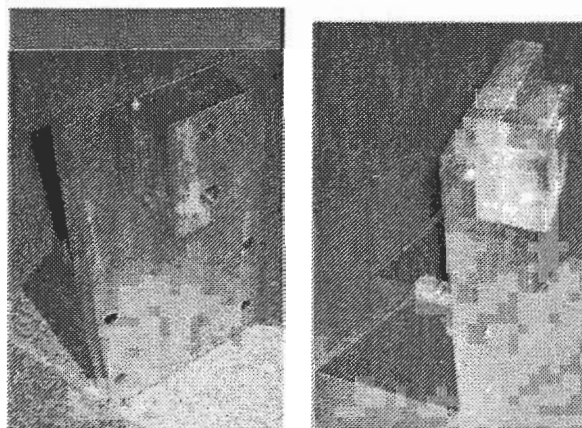


Fig. 1.4 ケガキ台

1. 3 羽根角調整治具

- ・ 羽根角調整棒：アルミ棒材2本をボルトで固定したもので、間にワッシャを入れる事で隙間を調節する この隙間に羽根をはさみ、ひねる。
- ・ 角度計：ブレードの羽根角を計測する L字型のフランジを付け、線で角度を計測できるようにする。
- ・ 角度計測用軸：溶接軸と同じ形状でステンレス製 ケガキ用軸併用可能

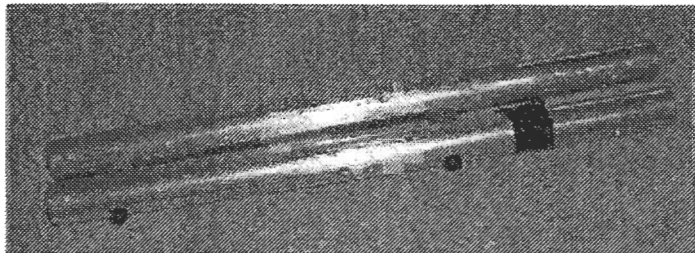


Fig. 1.5 羽根角調整棒

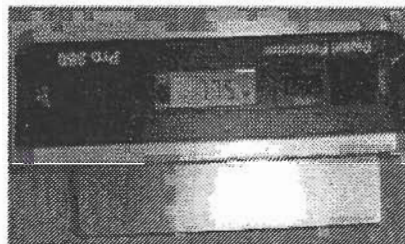


Fig. 1.6 角度計

1. 4 翼型切削用治具

- ・ エア-ディスクグラインダ：翼型に切削する ステンレス用砥石を使用する
- ・ 翼型テンプレート：プロペラの翼断面形状のテンプレート(4,5 個所分)

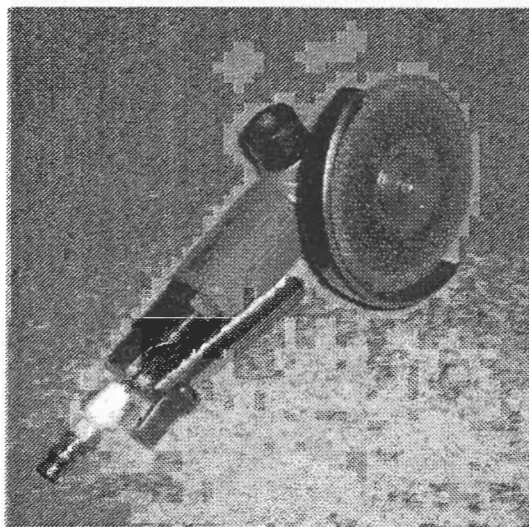


Fig. 1.7 エア-ディスクグラインダ

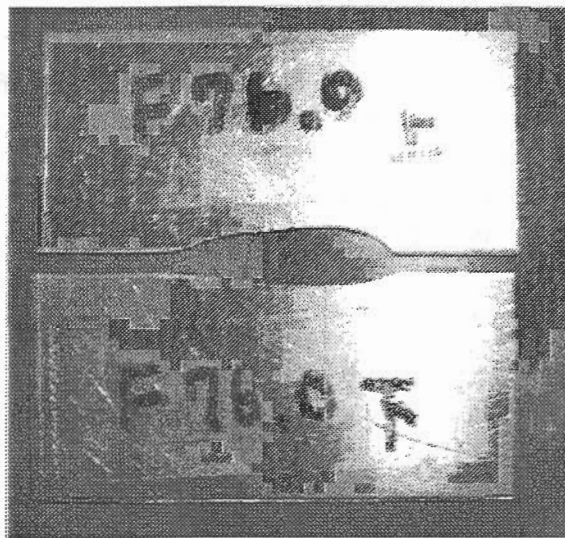


Fig. 1.8 翼型テンプレート

1. 5 その他

- ・ バランス調整用軸：ドライブシャフトと同径の丸棒

2. 治具の製作

2. 1 角度治具

1. ジュラルミンブロック 50×50×50 を六面出しする
2. 片方の下側に正直台をはさみ、傾けてマシンバイスにチャックする
傾きは (90deg-付けたい角度) を角度計で計測する。
3. なるべく大きいエンドミルで切削する
仕上げのときZ軸を動かさないようにする
4. 5mm 間隔のケガキ線を入れる
5. 中心付近に4. のケガキ線と交差するようなケガキ線を入れる
6. 2、4、6、8 番目の交差している点に固定用ボルトの長さ分の穴をボール盤
であけ、雌ネジを切る
7. ケガキ線を目安にコンタマシンで4つに分割し、バリを金ヤスリで削る



Fig. 2.1 角度治具切削行程

2. 2 翼型テンプレート

1. 各半径位置の翼型を原寸大で印刷したものを二枚用意し、一枚を翼弦で切断する
2. 切断したものを中心にケガキ線を入れた 20×50×1mm のアルミ板に翼断面図の中心線とケガキ線を合わせてのりで貼り付ける
3. 張り合わせた紙の翼型の線の手前まで大まかにアルミ板を紙ごと削る
4. もう一枚の翼型の印刷紙をアルミ板の下に敷き、わずかにずらしたとき、その紙とテンプレートの隙間が一定になるように、凸部を確認しながら、貼り付けた線の中心まで慎重に削る
5. できたらそのテンプレートの適応半径位置を刻印する

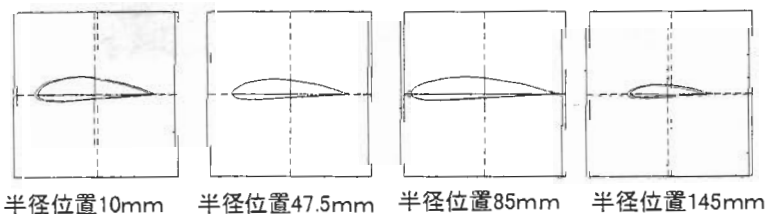


Fig. 2.3 各半径位置での翼型

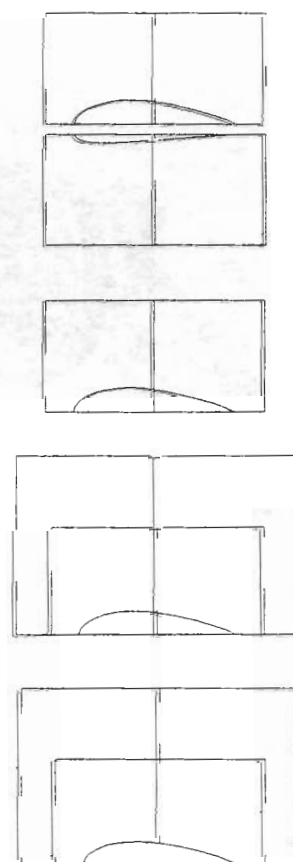
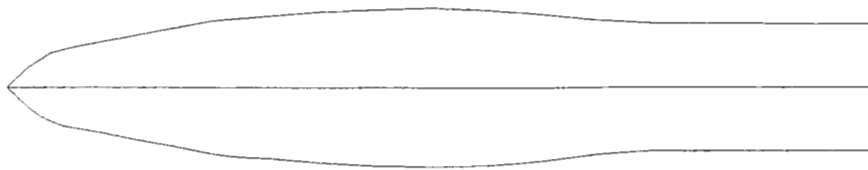
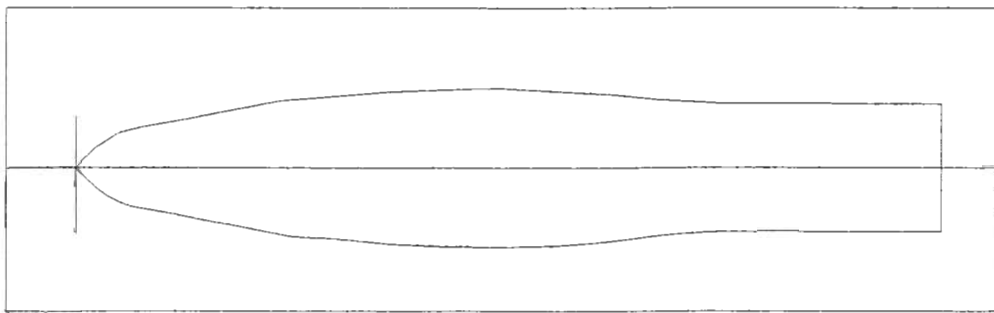


Fig. 2.4

翼型テンプレート製作行程

2. 3 外形テンプレート

1. 半径位置の翼型を原寸大で印刷する
2. 印刷したものを薄いアクリル板にのりで貼り付ける
3. 張り合わせた紙の翼型の線の手前まで大まかにアクリル板を紙ごとはさみで切断する
4. 貼り付けた紙の線の半分くらいまで慎重に削る



3. プロペラの製作

3. 1 羽根の切削

1. 厚さが翼厚以上の縦の長さが羽根 2 枚分以上で端をフライス盤で一直線に切削したステンレス板を Fig. 3.1 のようにマシンバイスにチャックする。
 - ・ 後で2つに分割しケガキ線を入れる事やチャックする事、溶接すると斜めになる事も考慮して、最大翼弦長よりも余分な大きさのステンレス板を使用する。
 - ・ チャックするときには切削しない面にステンレス板と同じ高さの正直板を、左端が少し見える程度の位置に挟む。こうすると切削中の振動が少なく、少しはみ出た部分で、零点を合わせられる。
2. Fig. 3.2 のようにNCフライス盤で切削する。
 - ・ ブロック運転で1行程ずつ切削すると、入力の際に同じところにエンドミルがあるので、そこが多く削れてしまうため、プログラム運転で切削するようにする。
 - ・ 座標は使用するエンドミルの半径と製作したいものから計算する。
 - ・ 切削深さは羽根一つ分とする
 - ・ Fig. 3.2 では先端まで切削しているが、そうすると曲げるときに不都合なので厚めに切削しておく。
3. チャックしていた部分をコンタマシンで切断して、切断面をフライス盤で切削して直線状にする。
4. 高さを計測し中心にケガキ線を入れる。
5. ケガキ線を目安にコンタマシンで2つに分割する。
6. 分割したものを重ねてチャックしてフライス盤で切削し、同じ大きさにする。
7. 溶接する側をグライダでV字型に切削する。
8. バリを取り、2枚の羽根の重量差が0.1g fになるようにグラインダで削る。

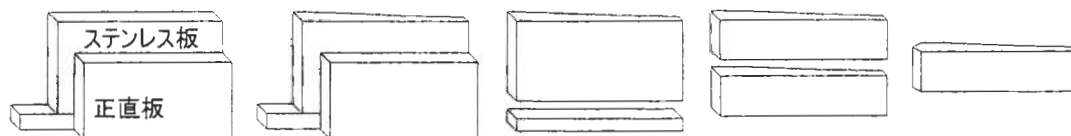


Fig. 3.1 羽根切削行程

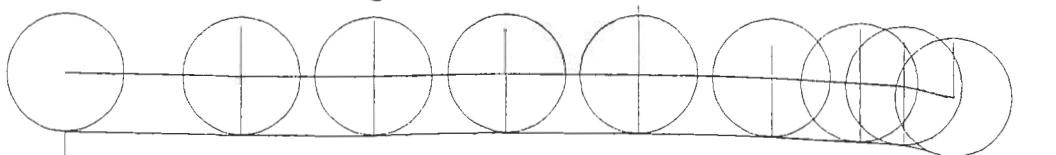


Fig. 3.2 NCフライス盤での羽根切削

3. 2 ボスの切削

1. 旋盤を用いて丸棒から外形を切削する。
 2. 旋盤を用いてドリルでシャフト径の穴を切削する。
 3. リーマーでドリル穴の径を整える。
- ・ 二重反転-前プロペラのベアリング用の穴や固定用のネジ穴は溶接時に歪むのでこの時点では加工しない。



Fig. 3.3 ボス

3. 3 羽根とボスの溶接

1. ボスに溶接用軸を挿入し、溶接台に立てる。
- ・ 切削しない面が正圧面になる事を考慮して、ボスの向きを確認する。
2. プロペラの回転方向を考えて、角度治具を溶接台にボルトで軽く固定する。
 3. 角度治具に羽根の切削していない面を置き、羽根の両端と中心が一直線になるように調節し、角度治具をしっかり固定する。
 4. 羽根を角度治具に押し付けながらバイスプライヤで固定する。
 5. 左右裏表交互に 2 点ずつ点溶接をした後、Fig. 3.4 のようにRがつくように本溶接をする。
- ・ 溶接は対角に行う。
 - ・ 固定してあるので、横にして溶接しても良い。

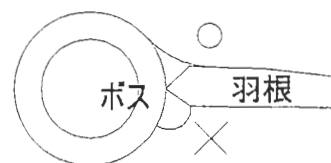


Fig. 3.4 溶接の良し悪し

3. 4 溶接後の作業

1. 溶接したものを自然冷却で冷ました後、バイスプライヤを外し、溶接台からプロペラを溶接用軸とともに外す。
 2. 溶接用軸の溶接台に挿入した部分を木板ではさみ万力で固定する。
 3. CRC 等をシャフト穴に吹きつけ、羽根部分をつかんで上方向に引っ張り、プロペラから外す。
- ・ 外れない場合は、ボール盤を用いて切削する。
 - ・ その時マシンバイスは下側に穴があいているものを使用し、横から木板でしっかりと、めり込むぐらい挟む。
 - ・ まずシャフト径よりも小さいドリルでできるだけ中心にあわせて切削し、次にシャフトと同径のドリルを使用する。
 - ・ 二重反転用-前プロペラは3段階ぐらい小さい径で穴を切削した後、シャフトと同径のドリルで切削する。
4. ボスを万力で固定し(木板を挟む)、リーマーで穴を仕上げる。
 5. バランス調整棒をシャフト穴に挿入し定盤上でバランスを見る。

3. 5 ケガキ線を入れる

1. ケガキ台の軸を挿入する部分を外し、プロペラを装着する。(Fig. 3.5)
2. ハイトゲージで羽根の高さを計測し、羽根の中央線を切削されていない面に入れる。(左右同じ高さにする) (Fig. 3.6)
3. 外した部分を元に戻しケガキ用軸の中心を零点とする。
4. プロペラを付けテンプレートの根元と先端を重なる半径位置にケガキ線を入れる。(Fig. 3.7)
5. Fig. 3.5のように羽根の中心線とケガキ線に外形テンプレートをあわせて、両面テープで固定する。
6. 外形テンプレートに合わせてケガキ線を入れる。(Fig. 3.8)
7. 曲げるときに角度を計測する半径位置にケガキ線を入れる (Fig. 3.9)

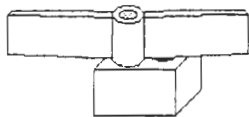


Fig. 3.5

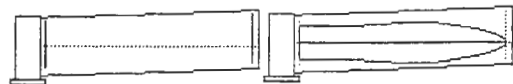


Fig. 3.7



Fig. 3.8



Fig. 3.9

3. 6 外形の切削

1. コンタマシンを用いてケガキ線を目安に余分な部分を切断する。この時後縁を5mmぐらい残しておく、削る時に失敗しにくくなる。
2. グラインダで慎重に削る。

*外形切削の注意点

- ・ 特に先端は薄いため削れ易いので、多めに残しておいた方が曲げたり、翼型に切削するとき都合が良いが、残しすぎると切削するのが大変なので、細かく削れるようになったら、少なくしていても良い。
- ・ 一気に切断しようとする、コンタマシンの刃に負荷がかかり折れる事があるので、細かく切断していった方が良い。
- ・ 部材が熱くなったり、厚さの違いで部分ごとに切断に要する時間が一定でない、安全のため溶接用の手袋をして、下に木板を敷きいっしょに切断する。



3. 7 羽根角の調整

1. Fig3.10 のように 3.6.でケガキ線を入れた各半径位置にマジックで印を付け番号を振り、万力で Fig3.11 のように固定する。この時ステンレスの板を挟むとボスが滑りにくい。

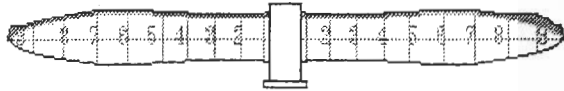


Fig3.10

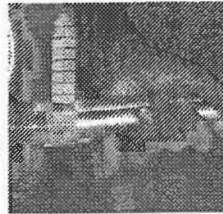


Fig3.13



Fig3.14

2. 固定したら根元から Fig3.12 のように曲げ棒を当て、プロペラの回転方向に注意して Fig3.13 のように曲げる。
3. Fig3.14 のように角度計測用丸棒をチャックしプロペラを装着して、手前の平らな部分で零点を取り、Fig3.15 のように角度計を羽根にしっかりつけて角度を測る。(計測面の角度を算出しておく)
4. 根元の角度が合ったら、Fig3.16 のように羽根を輪ゴムで束ねた丸棒で挟み、それを万力で固定して曲げたり、Fig3.17 のように羽根にステンレス板をかまして万力で固定して曲げたりする。Fig.3.16 の方法が羽根を面で固定するのに対して、Fig3.17 の方法は羽根を線で固定するので、この方法を用いる時は根元側から順番に行い、角度が合えば次の計測点に進むようにしてはいけない。

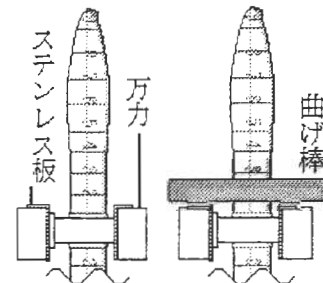


Fig3.11

Fig3.12



Fig3.15

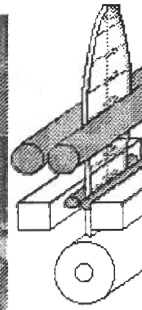


Fig3.16

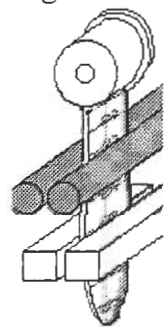


Fig3.17

上記のように曲げ・計測を繰り返し、角度が合えば（許容範囲を決めておく）根元から順番に次のポイントを曲げる。先端は細く薄い為曲がりやすいので加える力に注意する。また、曲げすぎた場合は逆方向に曲げ、その部分を万力で挟んで修正する。

5. 両方曲げ終わったら定盤上で Fig3.18 に示す高さを測り、違っていれば修正する。

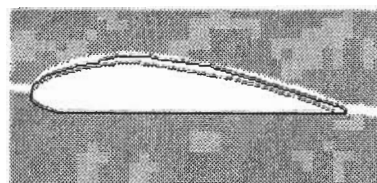
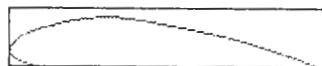


Fig3.18

6. 全体的な見た目のバランスおよび重量バランスを見る

3. 8 翼型切削

1. 水で冷やしながらグラインダで負圧面を大まかに削る。
2. 正圧面の前縁を翼型テンプレートにあわせながらエアディスクグラインダーで削る。(前縁以外は削らなくてよい)
3. 負圧面を翼型テンプレートにあうようにエアディスクグラインダーで削る。テンプレートをあてる時は、必ず正圧面のテンプレートもあてるようにする。
4. 溶接部分はリューターで削る。
5. 上下のテンプレート同士がつくまで削る。
6. バランスをみて重い方を少し削る。



削る時の注意点

- ・ 同じ所をずっと削っていると熱くなるので細めに場所を変えてやる。
- ・ ブレードにマジックペンで色を塗るとどこを削っているか良く分かる。
- ・ テンプレートをあてて、あたっている所を削る。わかりにくい時はブレードにマジックペンで色を塗り、軽くテンプレートで擦り跡をつけ、そこを削る。
- ・ テンプレートはブレードとの隙間が分かりやすいように手元を明るくして当てる。
- ・ 安全のため長袖・長ズボンの衣類はもちろん、軍手か溶接用手袋、保護メガネ、耳栓、防塵マスクを着ける。
- ・ 後縁は削りすぎない様に慎重に作業する。

3. 9 羽根の仕上げ

1. 100番で大きな傷がなくなるまで、(縦・横・斜めに磨くと傷の位置がわかりやすい) 磨き、徐々に細かいペーパーで仕上げていく。
 2. 薄くケガキ線が残るので、そこにマジックペンで印をつけ角度を計る。
 3. 金属用磨き粉をつけウエスで磨く。
- * やすりがけの時の注意点
- ・ スタイルフォームや木などを当てて磨く。
 - ・ 後縁はできるだけ鋭くしたほうが良いが、危険なので慎重に磨く。

- ・ 安全の為、必ず軍手を着ける。
- ・ プロペラはねじれているのでブレードの一部を木の上などにおいて削る。

3. 1 0 ボスの追加工

1. ボール盤でねじ穴の下穴を空ける。
2. タップでねじを切る。

以下は二重反転-前プロペラ（ベアリング穴の切削）の追加工

3. Fig3.7.1 のようにボスを NC フライス盤のマシンバイスにチャックする。
4. スモールテスターを主軸に取り付けボスの中心位置を出し、その座標を零点にする。

*零点の出し方

ア) 三角印 (y 軸は▲ x 軸は△) の位置のどちらかにスモールテスターを当て、目盛りを 0 にする。

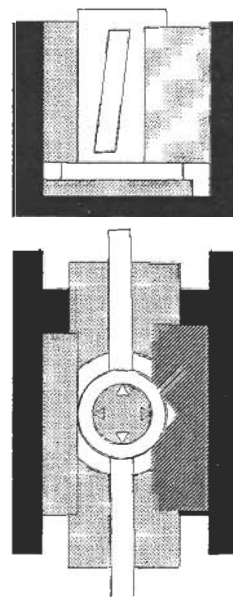
イ) 180 度主軸を回転させもう一方の印の位置でどれくらい差があるのかを見る。

ウ) その差の半分の距離を軸方向に手動で移動させ、また目盛りを 0 にする。

エ) また 180 度主軸を回転させ目盛りが 0 であれば、そこを零点にする。

0 でなければ 0 になるまで上記の作業を繰り返す。

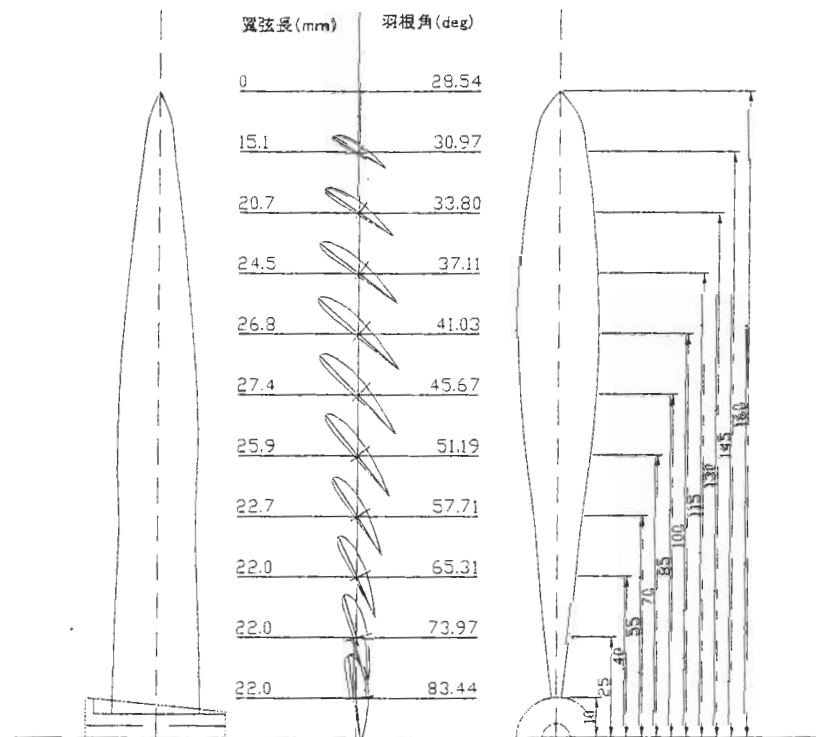
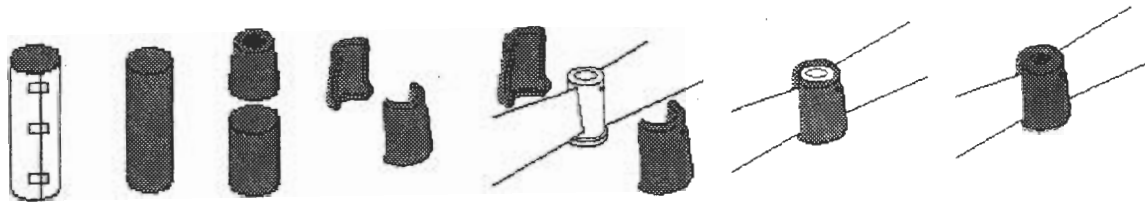
5. ブロック運転→プログラム運転→円ポケットミルでベアリングの径の分だけ削る。
6. バリが出ているのでリーマーで仕上げる。



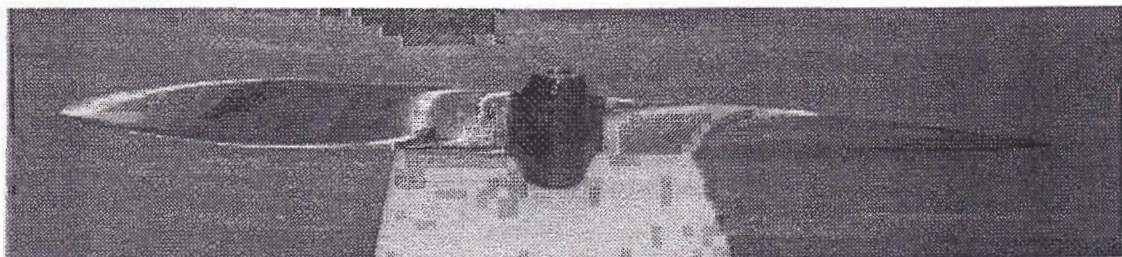
3. 1 1 ボスの成形

1. 円筒状にしテープで止めた紙にエポキシパテを流し込み棒状にする。
2. 紙をはがし、旋盤で外形およびボスが入るくらいの穴を切削する。
3. 半分に切断しリューターでボスやブレードに合うように内径を削り、固定ねじ用の穴をあける。
4. 速乾ボンドでボスに接着する。この時ねじ穴にボルトを入れておく。(塗装終了まで)
5. ブレード部分をマスキングし、パテで隙間を大まかに埋める。
6. 紙やすりで整形する。
7. サーフェイサ、スプレー塗料で塗装する。

8. 塗料が乾いたらマスキングをはがす。



耐久仕様のプロペラ形状



自作したプロペラ

あとがき

このマニュアルに記述されている制作方法には次のような問題点がある。

- ・ 重量バランスが均等であっても、推力バランスが均等でない
- ・ 同半径位置での左右の羽根角が全く同じではない
- ・ 計測する人によって、角度が変わる
- ・ 溶接にはある程度の技術が必要で、誰にでもできるわけではない
- ・ 羽根を削りすぎると修復できない

したがって、今後プロペラを製作する学生には、最良の制作方法の確立を目標に多くの方法を試してもらいたい。

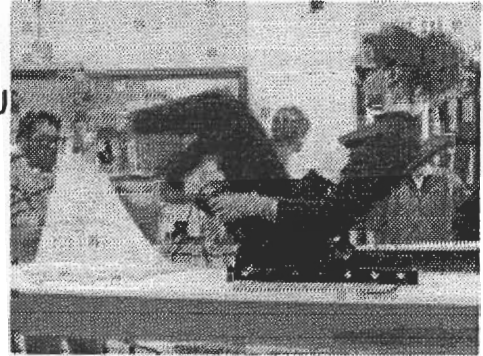
そして、新しい方法が成功したら本マニュアルを加筆修正した改訂版を作成し、後の学生に残して行ってほしい。

平成 12 年 12 月 2000 年度ソーラーボートプロジェクト駆動班一同

* 海外ニュース

* 日本のソーラー／人力ボートがカナダ、北米のテレビで紹介される

2月初め日本ソーラー／人力ボート協会にカナダのテレビ番組制作会社から、問い合わせがありました。現在製作中の水中翼船の歴史についての特集番組に日本のソーラー／人力水中翼船のビデオ映像を使用したいというものでした。深町得三理事とコギトチームの柳原序氏の尽力でヤマハ発動機広報部が撮影したビデオが先方へ送られました。内容は三ヶ日での100mレースに出走した、今切、コギト、フェニックス、それに昨年の競艇場での1周スラロームのスタート場面です。先方からは「素晴らしい画像をありがとう！」という返事と、放映は北米CBCとカナダのディスカバリーチャンネルで6月の予定との連絡がありました。日本でもケーブルテレビでディスカバリーチャンネルが放映されているので、視聴できるかもしれません。



* 100年前の人力ヘリコプター

25年ほど前に航空評論家野沢正氏が雑誌「ヒコーキ野郎」で1902年ごろ東京麹町で丸岡桂が製作した人力ヘリコプターを紹介していました。元日本大学講師で人力ヘリコプター世界記録を持つ内藤晃氏と筆者は10年ほど前にそれを知りました。ライト兄弟の初飛行とほぼ同時期に日本でそのような試みがあったことに驚くとともに、大変誇らしく思っていました。残念なことに野沢氏は近年亡くなられ、「歌人で発明家の丸岡桂が製作した」以外の詳細は全く不明でした。

今年になって、内藤晃氏と筆者は丸岡桂のヘリコプターの調査を初め、その結果以下のことがわかりました。当時国学院の聴講生だった桂は地上を水平に走れる自転車が垂直に空に向かって走れぬわけではないと思い、友人の松下大三郎と共に製作しました。製作時期は1896年（明治29年）または1897年（明治30年）になるようで、1896年はリリエントールが墜落した年です。母親からの送金を資金にあて、それを昇空器と呼びました。回転翼はセルロイド製で、可動式の尾翼と羽ばたき翼も付いておりました。パイロットには体力がある植木屋（一説には人力車夫）をたのみ、ニッカーズボン、背広、烏打ち帽を着せました。東京市ヶ谷の鉄工所で製作し、土手三番町で実験しました。植木屋が顔を真っ赤にしてペダルを踏みこみ、全体が揺れ、三本の脚が交互に浮き上がり、立会人は浮いた！と騒いだと言うことです。丸岡桂はその後歌人として活躍、能楽研究に励み謡本に譜を入れ誰でも謡えるような発明をしました。松下大三郎は日本語の文法を研究し松下文法を表し一時代を画しました。大三郎の出身は今年大会が開かれる船明ダムの近くの豊岡村で、生家と豊岡総合センターに石碑が立てられています。

