

会報51号

	頁
1. ご挨拶	堀内浩太郎 1
2. 新しい人力船の構築方法について	寺尾 裕 2
3. 人力ボート 世界最速への挑戦 ～COGITO(コギト) チーム～	
	柳原 序、深町得三、上村正毅、本山 孝 26

ご挨拶

明けましておめでとうございます。お屠蘇の気分もぬけ切らないうちに申し訳ありませんが、もし年の初めから今年のレース艇の構想に夢の翼を拡げて頂けたら嬉しいと思います。そしてできればこのところ停滞気味の速度記録を何とか塗り替えて頂きたいものと思っています。

さて今回の会報の内容ですが、まず東海大学の寺尾先生による新しい船の作り方の解説です。昨年のレースはご存じの通り清水港の東海大学の直ぐそばで行われ、レース開催については東海大学の皆さんに大変お世話になりました。さらに先生はなるべく多くの東海大学の学生が実際に船を作ってレースに参加できるよう初心者向きの船の作り方を考案されたのです。そして驚くほどの短期間に学生が4隻ものレース艇を完成してレースに出走しました。その手法が公開されましたので、参考にして頂ければ幸いです。

もう一つの話題としてコギトチームがこれまでの活動やこれからの計画をまとめてヤマハ発動機の社報に掲載した文章を転載させて頂きました。簡潔に技術的な内容と経過をまとめてありますので、参考にして頂けるかと思えます。特にご覧頂きたいのはこれからの速度記録挑戦の計画です。飛行機の音速の壁にも比すべき人力ボートの大きな夢、20ノットの壁を突破するべく、コギトチームは長期的な視点で計画を進めています。その概要をご覧頂き、応援をお願いしたいと思います。

新しい人力船の構築方法について

2006.07.28

東海大学海洋学部

船舶海洋工学科

寺尾裕

1. 概要

2006年度、新たな授業を開講、船舶海洋工学実習Aにおいて人力船の製作を行うことを計画した。この製作した人力船を用い7月21日より23日に清水で開催された全日本ソーラ&人力船大会に参加することとした。はじめ人力船の参加艇数は4艇以上を考えていたが、製作担当の1 Semester生は一度も船体を製作した経験がないうえに、工作経験もほとんどない。この学生諸君に多数の船体を製作してもらうにあたり以下の仕様を考え、新しい制作方法を考案し、船体製作を行うとともに大会参加までを行った。

2. 設計について

使用目的は1名乗りのレース使用の人力船とする。レース参加にはレギュレーションを満たす必要があり、その中での設計となる。またレースまでに使用時間も長くはなく、One-Off艇としても、寿命は短くても良い。そのために思い切った軽量化船体を製作することを試みた。また設計にあたり、

- a)低コスト
- b)リサイクル
- c)大量生産可能
- d)特別な技量を有さずとも制作できること。
- e)工作技術が簡単
- f)制作中にゴミの排出が少なく環境に優しいこと

というキーワードで設計を進め、新しい船体構築方法を考えた。ここでは、船体を制作する材料として、発泡スチロールを用いた厚板構造を考える。この厚板を組み合わせることで船体の構成・強度部材とする。

発泡スチロールは

- a)安価
- b)入手が容易
- c)軽量であるために部材の運搬も容易
- d)加工が簡単
- e)接合も容易

しかし

- f)切削時に部材がビーズ状に剥離し、ゴミとなると始末に悪い。

g)表面は弱く、すぐ傷が付く。

h)吸水性があり、船体構成材料にとり望ましくない特性も持つ。

これらの特性を踏まえ、長所を利用し欠点を加工方法で補うという工作方法を選択した。

発泡スチロールを用いて船体製作をする方法については、船舶海洋工学科（マリンデザイン工学科）では 1994 年度以来取り組んできている。その工作方法の変遷をたどると、

(1) 大ブロック工法

a) 1 つの大きなブロックから船体を、船体断面形状のテンプレートを頼りに力任せに削り出す方法(94-99)

b) 船体を上下に包み込むゲージを用い、熱線でだまかな形を切断、以後テンプレートを用いて船体を切削する。このとき船体断面形状はおよそ台形とした。(2000)

(2) 小ブロック工法

船体を 300mm 間隔のセクションで輪切りにした状態で船体横断面ブロックごとに外形に沿って切断、これを接合して切削する(01-05)

(3) 厚板構造工法(06)

船体外板を厚板構造とし、これで船体を構成する。

という順に工法を進化させてきた。(1)(2)(3)の順に、切削により削る贅肉部分が小さくなり、ゴミの発生がすくない。発泡スチロールの切削クズは細かいビーズ状となり、掃除しにくく、吸い込むと腹がふくれてしまい、誠に気持ちが悪い。

3. スチロール厚板構造工法について

船体工作法の歴史は、木材を建造材料とした時代には、丸木船や丸太をくりぬいたカヌーの工作法から始まると考えれば 2. の(1)(2)はほとんどこれらの方法と変わらない。そのあとの製材技術の進歩から、船の作り方は大きく分けて

a) Shell First

b) Frame First

と呼ばれる工法に分かれる。

和船の工法は a) に近く、Shell (外板) を曲げて船体を構成し、その中に Frame (肋骨) を入れる方法である。また b) は近代造船の工法であり、あらかじめ Frame をたて、その上に外板を張るという工法である。これは素材が木材から金属に変遷しても受け継がれている。

今回の工法はどちらかといえば a) の工法になる。発泡スチロール厚板による曲げ加工が可能かは、板圧とスチロールの発泡率によって定まる。またその工作法の要は厚板の接合場所 (Chine) 部における加工精度である。和船や、ベニヤ板を貼り合わせて船体を作る方法 (ステッチ&グルー工法) でも接合面の精度を確保するのが難しい。そのため和船では接合面に鋸を入れて面を摺り合わせ、防水性能を高めるという手法をとる。

このような面倒で高度な手法は、学生達には技量が無く採用は難しい。そのために接合面の加工方法を工夫するとともに、船形を工夫して摺り合わせに相当する工作方法を省く方法を考えた。要するに接合面の加工精度（平面度、なめらかさ、角度等）を確保できればよいわけであるからそれらを一度に満たす加工方法を考案すれば良いことになり、切断方法を工夫した。これについては船形のところで解説をおこなう。

4. 船体設計について

船体は、発泡スチロール厚板構造とする。中心に合板 6mm のキールをおき、外板 4 枚で船体を構成、リングフレームとデッキで接合、船体外側を FRP で加工する。これにより全体が 1 つのシェル構造となる。キールは合板で製作し、定尺では長さが不足するので FRP テープでつなぐこととした。キールの最小高さは 50mm を確保することとして、船体縦強度はこのキールのみで持たせる設計としてある。

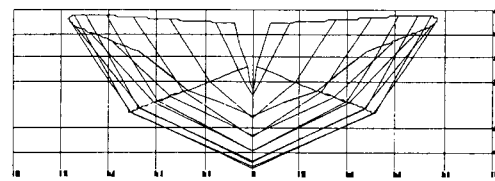


Fig.1 Body Plan

排水量を 105Kgf、全長 4800mm として船体設計を進める。船形は外板 4 枚を互いにひねり曲面で構成する、もっとも簡単な船形とする。その中で最小の GM を確保しておく。この場合、局面で構成される船形の選択範囲は限られ、その中で排水量と抵抗性能を確保するために数多くの船体設計を繰り返し、20 艇以上の船形を発生させその中で良いと思われる物を選択した。

Free Board は船体中央部で盛り上がったコーンケープ形とし、船体が横傾斜したときの予備浮力を少しでも確保できるものとし、横傾斜時にも船の初心者には恐怖心を与えないような穏やかな復元性能をもつ船形とした。このことは船幅の増加があることを意味し、推進時の抵抗面では不利となるが、波のある海面での走行となることを考え、あえて採用してある。

初期計画ではぎりぎりの GM でサイドフロートを取り付けなくとも走行できるものを考えていた。なぜならフロートを加工し、取り付ける工作の手間を省きたかったからである。しかし、実際は船体工作時に、船体が発泡スチロールであるために外板接合時のひずみが大きくなり、船形をトリムしチャイン船形を丸形まで成型し直してしまい、初期設計時より大きく船形が変わってしまった。そのため復元力不足に陥った艇体があり、大会には全艇急遽フロートを取り付け走行することとした。

これらも、新しい工法における工作法の問題点の 1 つであり、あらかじめ多くの基準点

を設け、外板を正確に固定する方法を考えておけば防げた問題である。今回は外板のねじり剛性を過大に評価したことと、固定方法がまずく、外板の固定が不十分であり、組み立て精度が確保できなかったことを反省している。

船体の計算結果を以下に示す。Cp,Cmとも高速船形となっていることがわかる。

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	0.105	tonne
2	Volume	0.103	m ³
3	Draft to Baseline	0	m
4	Immersed depth	0.155	m
5	Lwl	4.606	m
6	Beam wl	0.483	m
7	WSA	1.758	m ²
8	Max cross sect area	0.046	m ²
9	Waterplane area	1.45	m ²
10	Cp	0.479	
11	Cb	0.298	
12	Cm	0.624	
13	Cwp	0.652	
14	LDB from zero pt	-0.243	m
15	LCF from zero pt	-0.291	m
16	KB	-0.046	m
17	KG	0	m
18	BMt	0.177	m
19	BMI	15.507	m
20	GMt	0.13	m
21	GMI	15.46	m
22	KMt	0.13	m
23	KMI	15.46	m
24	Immersion (TPc)	0.015	tonne/cm
25	MTc	0	tonne.m
26	RM at 1 deg = GMt.Disp	0	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

Density: 1.025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

Table.1 船体性能計算結果

今回は、駆動装置も自作とし、できるだけリサイクルを考えたものとする。要するに古自転車のフレームを切断し使用することとし、また後部のギヤーに傘歯車を組み込み、シャフトドライブ機構として組み込む。またすべての駆動機構と人体の体重およびペダルに掛かる反作用は 1 本のアルミ角フレームに掛かる構造とし、余計な力が船体に掛かるのを避ける構造とした。

リサイクルとは言葉は良いが、すべて違う大きさの自転車部品を寄せ集め、使用することとなり、後々の組み立て工程に大きく手間取る要因となった。どうせリサイクルするならば、せめて同型の古自転車を集める努力をするべきであった。また自転車のどの部分が使えるかの判断のために自転車の部品を最小単位まで分解して調べることで設計を開始したが、分解工具がなく、工具まで自作することとなった。

船体設計では、船体のチェーンラインをどう配置するかで大いに迷う。ここではダイアゴナルラインに沿い前後までのばす構想とした。これに外板の切断面を合わせることで、接合面の加工精度（平面度、なめらかさ、角度等）を確保する。つまり 2 枚の切断面を 3 次元的な同一平面上に取ることにした。これにより、2 枚の発泡スチロールの外板の接合面では、熱線で切り込む Path を空間的に同じになるように、船台に切り込み用の熱線のガイドを設け工作が可能となった。これも今後の課題ではあるが、チェーンでは熱線で接合できる可能性も考えられるが、今回は Try していない。

また中心部には合板製のキールが入るが、その分の突き合わせの厚みを除き、船底外板を熱線で切断加工してある。

なお熱線の温度制御には、調光器の部品を組み立て、放熱器を兼ねた空き缶の蓋に組み込んで使用した。

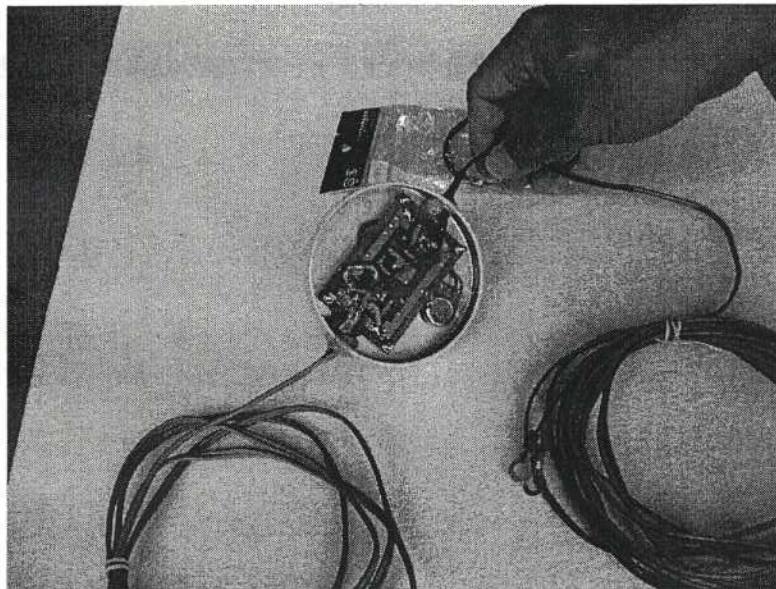


Photo1. 熱線(ニクロム線)の温度調節装置

5. 船体設計図

以下に設計図を示す。自転車のフレームを前側に使い、人力でペダルを回転させると、それを傘歯車でプロペラ回転軸に伝える簡単な機構である。傘歯車の伝達比を2.5倍ととり、自転車のスプロケットの伝達比を2とし、5倍の増速比を確保する。人体の出力で最大2Hzを考え、プロペラの回転数では最大600rpmを見込む。

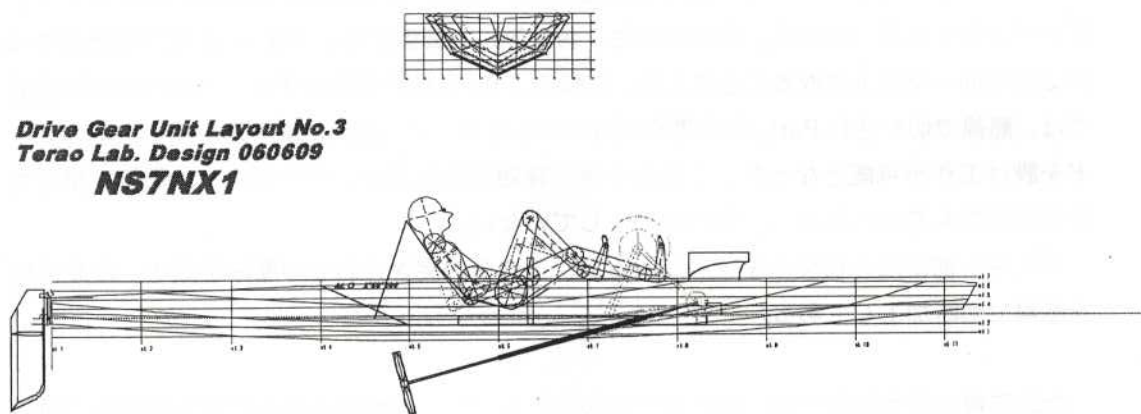
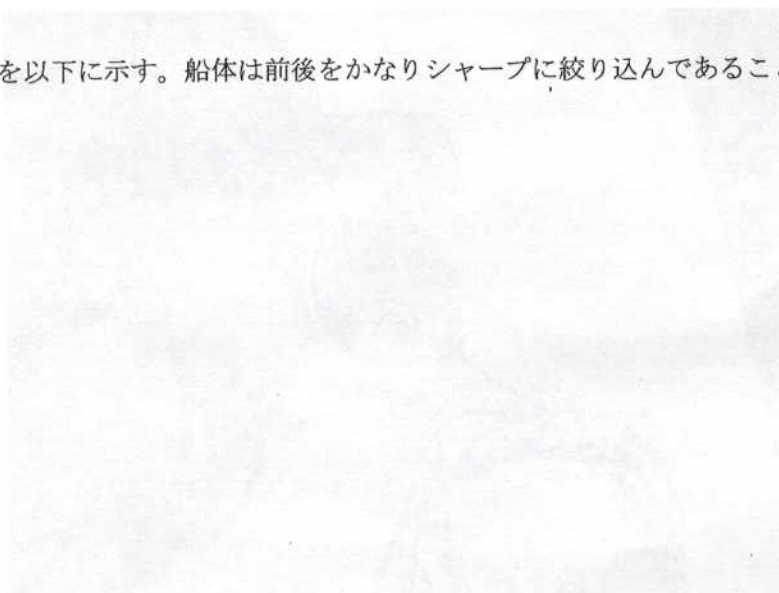


Fig.2 船体設計図

また透視図を以下に示す。船体は前後をかなりシャープに絞り込んであることもわかる。



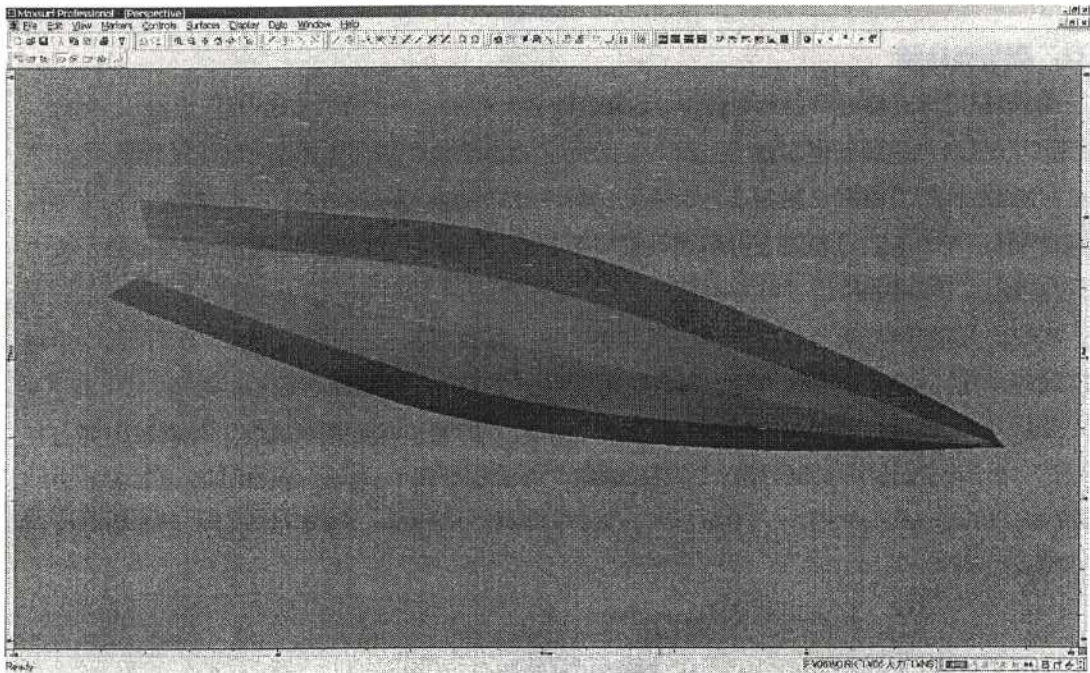


Fig.3 透視図

排水量分布図を以下に示す。このような面で構成された船体では前後に排水量分布の小さい船形になってしまうが、LCB を後ろに置くこととして、高速性能をもたせてある。またチェーンを水面上に置くように配置しておく。

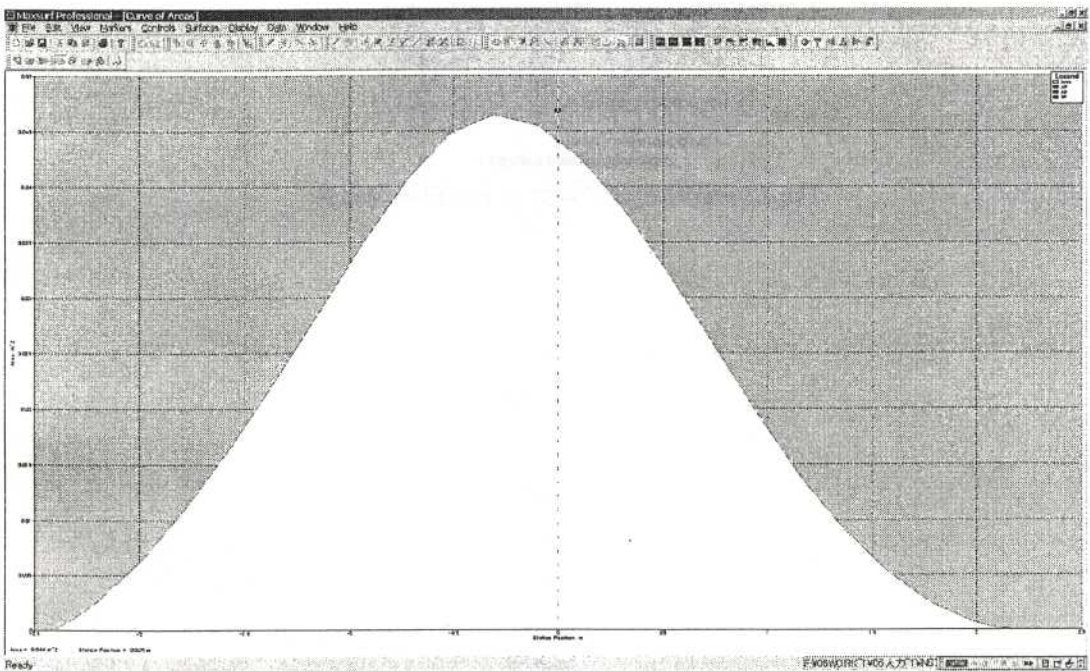


Fig.4 排水量分布

6. 駆動部詳細

駆動部には直歯の傘歯車を採用し、強度をもたせるようにギヤーを選択する。これは、曲歯の方が力の伝達効率が良く、そのため同じ力を伝達するにも小型のものが採用できるが、今回は自作で歯車を組むことを考え、組み立て精度の保証がないことから、あえて直歯を採用してある。このことは船が後進する場合にも歯車には負担が同じように掛かることを意味し、強度的にはこの方が良い。

また、自転車の後ろのギヤーにはラチェット機構が組み込まれているが、今回は船の後進には都合が悪いので、ギヤー部と軸部を溶接し、ラチェット機能を殺してある。

製作したのは2つのコの字型のブラケットで、内側に傘歯車が入り、外側は内側と自転車フレームを船体中央部の角パイプに固定する役割を持つ。板厚 4mmSUS としてしまい、強度的にはオーバースペックであるが、人体の瞬発力を恐れ、強度は十分すぎる物を採用してある。

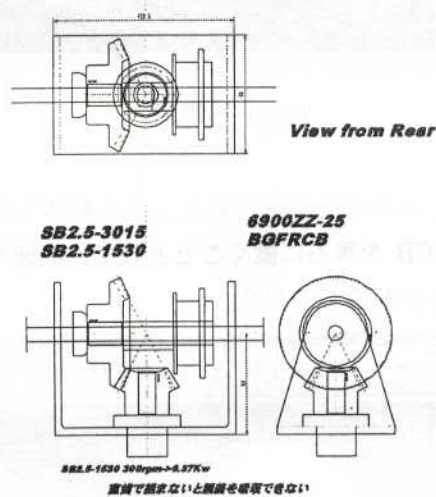


Fig.5 傘歯車とスプロケットの組み合わせ

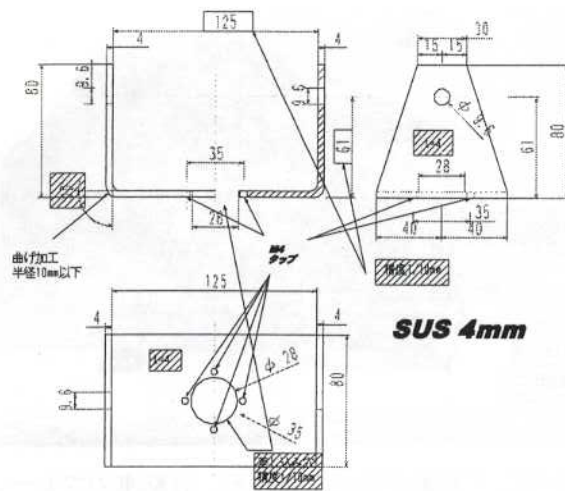


Fig.6 傘歯車取り付け金具

プロペラ軸は、傘歯車には 10φ のあり合わせの SUS の磨き丸棒を継ぎ使用、以後それぞれプロペラまで軸をロックタイトで接合して使用した。部材が不足し、見つけれられる限りのシャフトと中空シャフトを探し出し、釣り竿の様に継いでプロペラ軸を製作、使用した。接合時、軸と中空パイプの脱脂洗浄が不足していて、1 艇はレース時にプロペラシャフトの破損となった。

プロペラは、模型飛行機の物の中で、直径、ピッチの組み合わせの中で使えそうなものを購入し使用した。これも実船実験で、プロペラを取り替えて、人体の出力にあうものを選択する予定であったが、時間的に最適化が間に合わなかった。

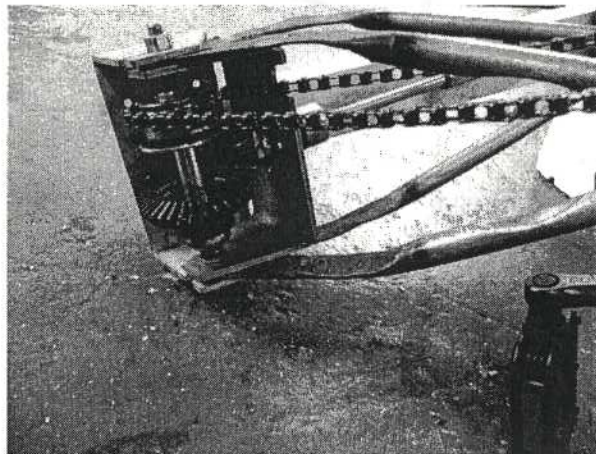


Photo.2. 自転車フレームに組み込んだ傘歯車とプロペラ軸

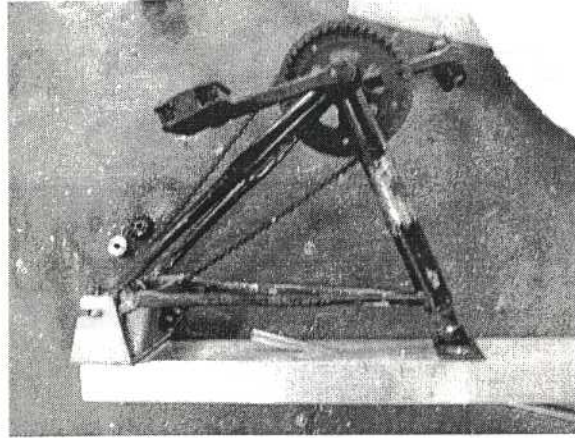


Photo.3 プロペラ軸を外して駆動系を見たところ。自転車のフレームのギヤー部を切り取り、サドルの部分に脚を設け、フレームに固定する。
写真の左側が船首方向に取り付けられる。

7. 操縦装置

船体のキール部の上に角パイプでフレームを組んである。それに穴を開け J 型のパイプを差し込み、パイプの下端にレバーを設け、そこから後部の舵取り装置まで釣り糸でつなぐ。簡単なシステムであるが、ペダルをこぎながらも、右手での操舵を可能としてある。

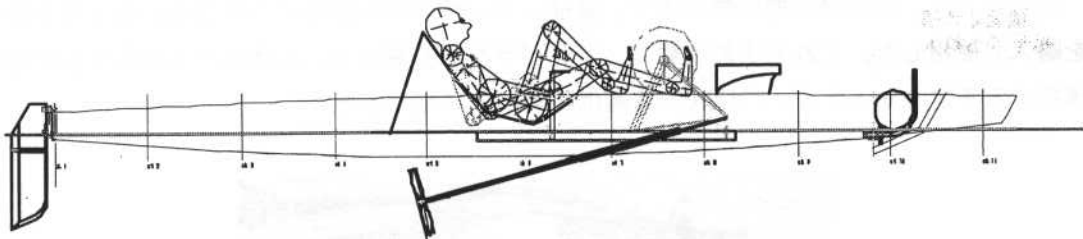


Fig.7 操縦装置と人体の干渉を見る

8. 船台と熱線切断ガイドの配置

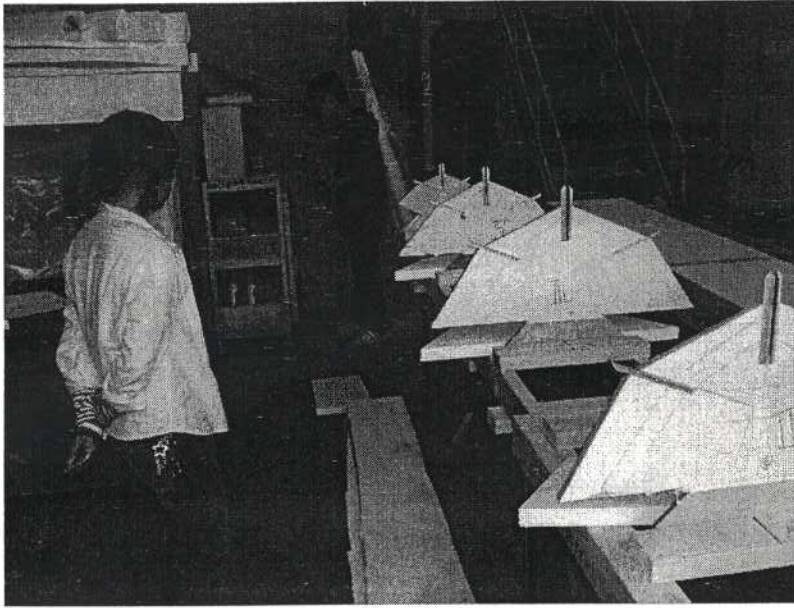


Photo.4 外板組み立てのための梯子形船台に船体断面を取り付け、さらに切断のための熱線のガイドを取り付けたところ。ガイドはアルミL材で製作してある。

9. 製図から船体制作

a) 船体は可展面構成として、外板は展開し面にひらく。

この面を用いて、定規を作成する。

定規は、3mm ベニヤとし、展開面を実物大に展開して書き、カッターナイフで切断。

定規寸法はベニヤの定尺寸法より大きいので、布テープでつないで長さを確保、確実に固定しておく。

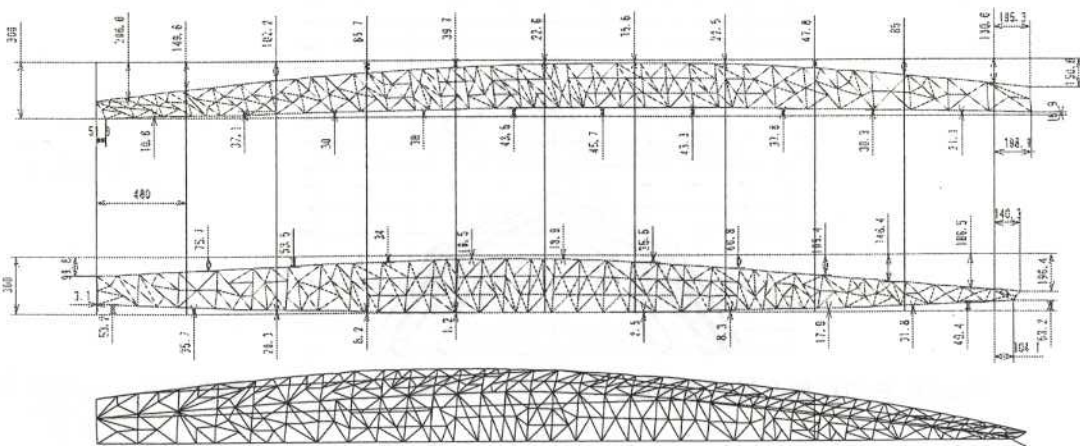


Fig.8 船底の外板展開図

b) キール部制作

厚さ暑さ 5.5mm のベニヤを FRP で接合しキールの外形を制作しておく。SS 断面の間隔が 480mm であるので、間違えないようにけがき、切断しておく。切断はカッターかバンドソウで行う。

キールの外側（船底部）はカンナでなめらかに整形しておく。船台に取り付けて、変な凹凸が無く滑らかであるかを確認しておく。

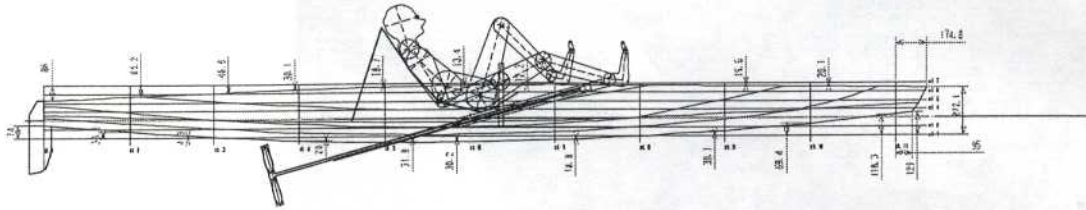


Fig.9 キールライン

c) 各断面のうち、BHD を構成する部分を作図、10mm のベニヤに写し取り切断。

これに

中心部の加工（キールを取り付ける部分）

熱線カット用基準金具

針金取り付け用の穴(直径 4mm)数個

を取り付け用意する。

d) 船台製作

水平定番および組み立て船台を制作する。

水平定番は 10mm 以上のコンパネ材を使用、水準器を用いて水平台を製作しておく。

高さは人の作業の楽な高さとする。

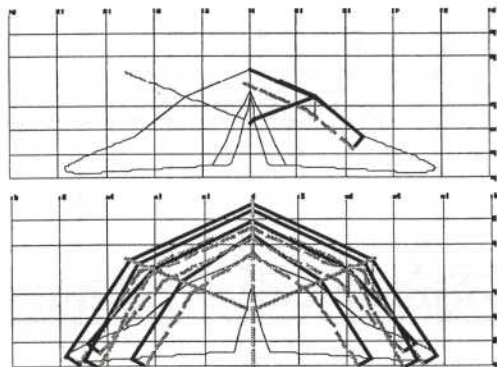


Fig.10 船台に取り付ける断面。スチロール厚板の分を減じて製作する。

制作船台はハシゴとし、ハシゴ段は 480mm 間隔にそろえ、直角、平行のハシゴを組む。

船体断面部分を、順番を間違えないように、高さ、中心をそろえハシゴの段部分に取り付ける。

a) - d) まではほぼ同時平行作業のできるの、人数の割り振りを考えて合理的に作業を進める。

e) 外板工作

外板の接合

35mm スチロール板の接合面（短手）を軽くサンディングし、接合面をそろえる。

200 番程度のサンドペーパーでゆっくり削り余計なバリを取る。

エポキシ接着剤（急速硬化タイプ 5 分程度）で面を接合。3 枚つなぎ合わせる。

接合面の下にはポリ袋を引き、余計な接着を避ける。

接合面の上より、軽くテープで固着。全体が動かないように定盤上に、

軽くウエイトで固定する。

全体が 1 枚の平板となるように注意して接合する。



Photo.5 発泡スチロール厚板を長さ方向に接着しているところ

マーキング

接合面が硬化したら、小さい（幅の狭い定規）を先にあて、サインペンでマーキング。

このとき、セクションと、前後方向をわかるように忘れずにマーキングする。

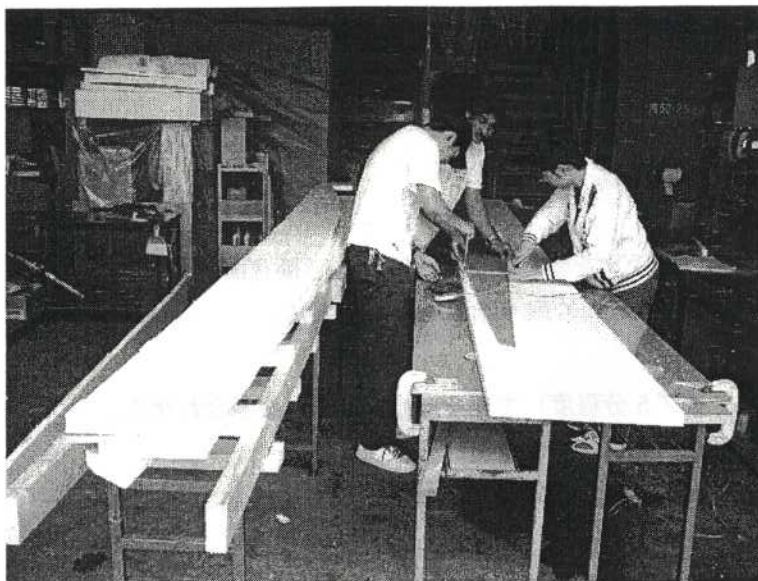


Photo.6 外板の定規を製作し、接続したスチロールに外板をけがいているところ。左は梯子形の船体組み立て用船台

外板切断 1

外板マーキングラインの 10mm 外側を切断する。

切断は、接着したスチロール板の下に薄いベニヤ板 (3mm) を引き、水平定盤を傷つけないようにカッターを用いて 10mm ほど外側を丁寧に切断する。はじめは少し浅く切り込み、次第に深く切り込み、最後に切り離してあることを確認する。いきなり深くスチロール板に切り込むとスチロール板が割れるので注意。

接合

次に切り残しの部材を中央で切断、両端を再度エポキシ接着剤で接合し次の外板を切断する準備をする。

外板切断 2

接着剤が硬化したら 2 番目の定規を用い、けがき、切断。この注意事項は、前述と同じである。

船体外板 4 枚で船体ができる。つまり、6 枚定尺スチロール厚板を接合し船の外板ができあがることになる。

外板のトリミング

荒く切断した外板を船台に取り付ける。

はじめは船底外板を金具に取り付け、切断する。

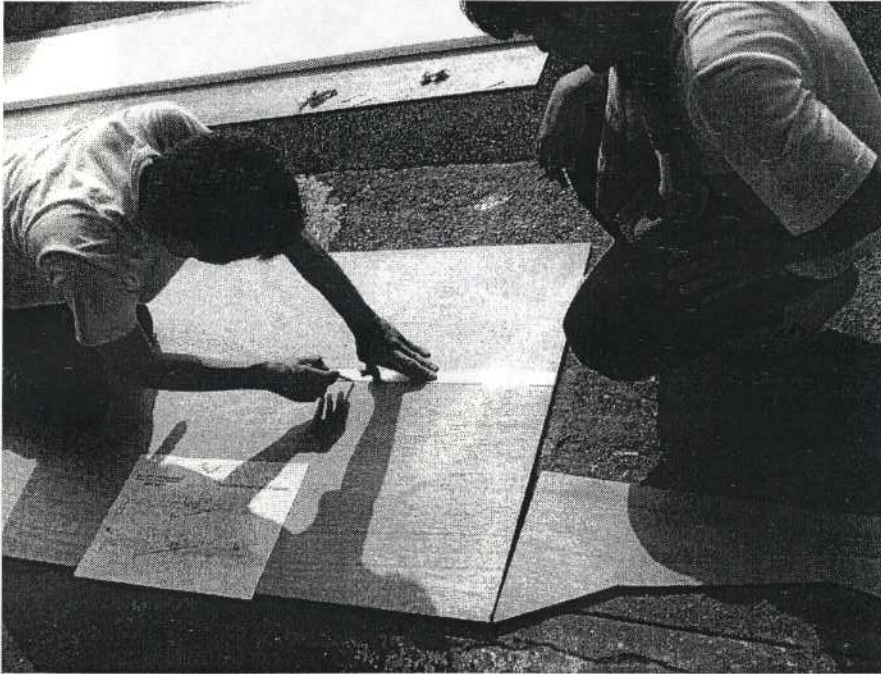


Photo.7 キール部の野書き

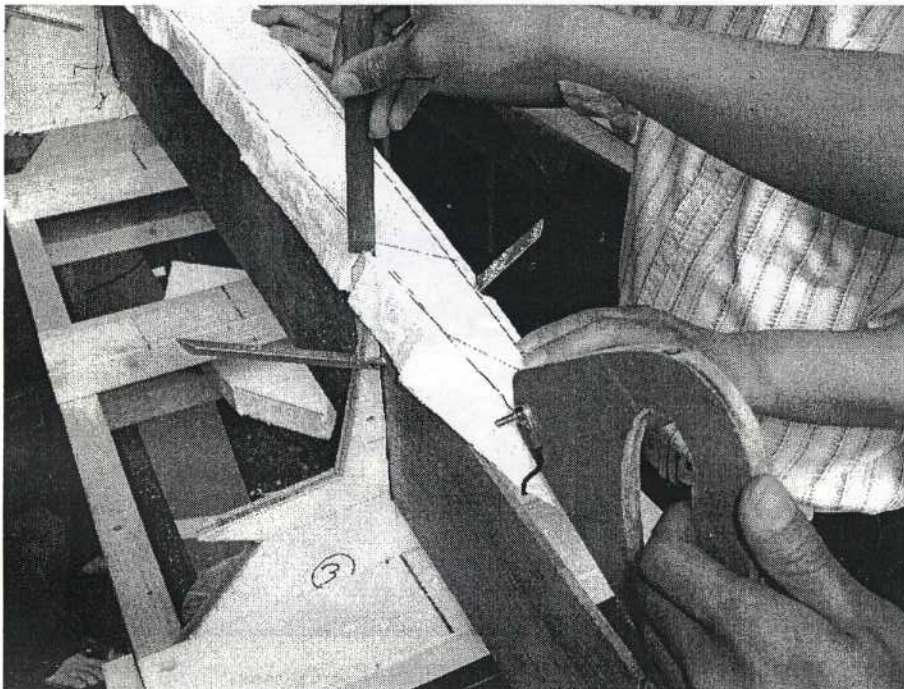


Photo.8 熱線による外板の切断行程

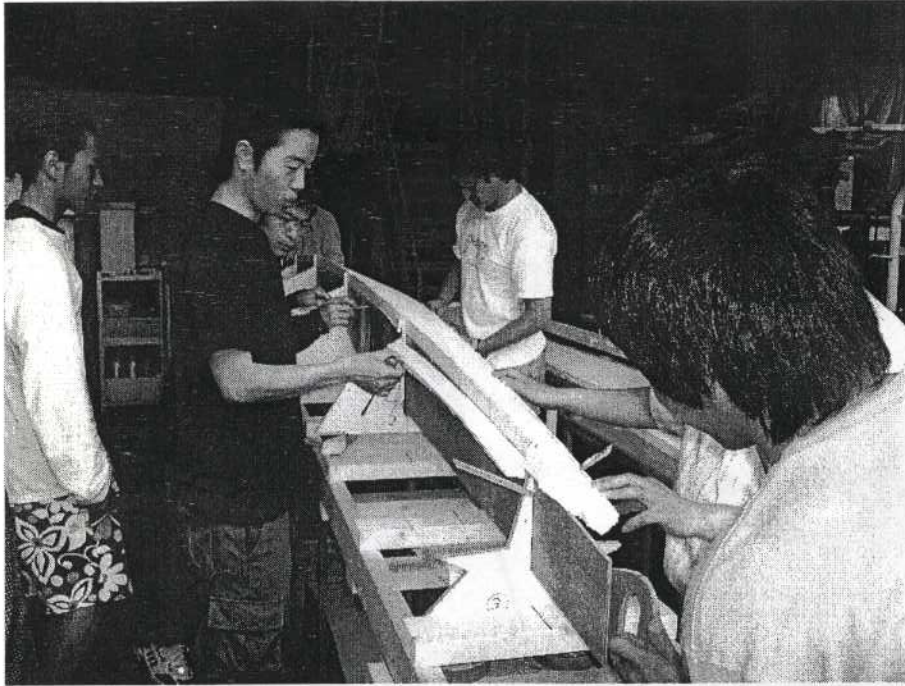


Photo.9 外板が熱線で切れたところ。きれいな切断面ができる

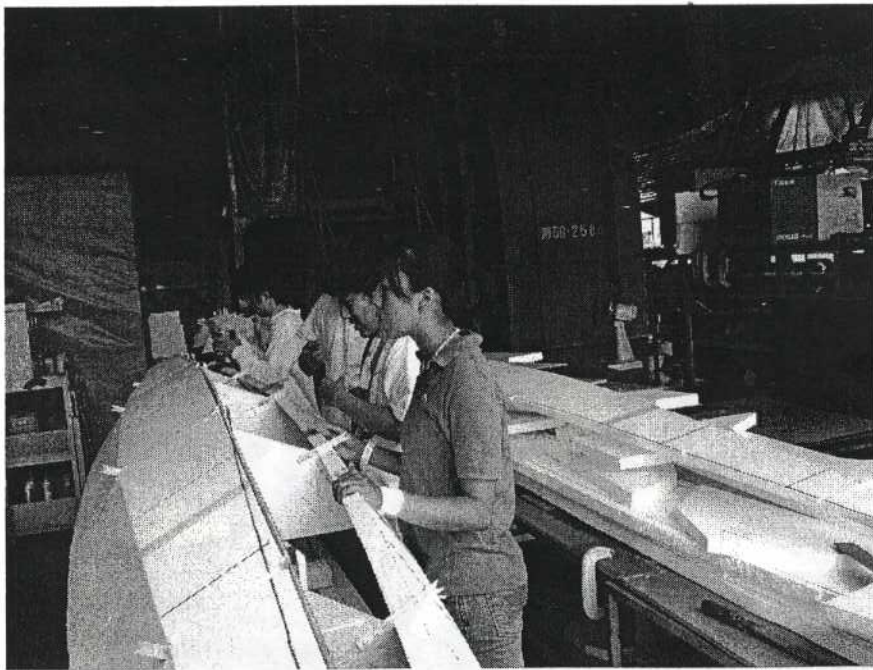


Photo.10 右の外板ができあがり、左の外板の加工を行っているところ。
チェーンの切断面の精度が確保できればきれいな局面の船体が構成できる。



Photo.11 切りそろえた船体外板

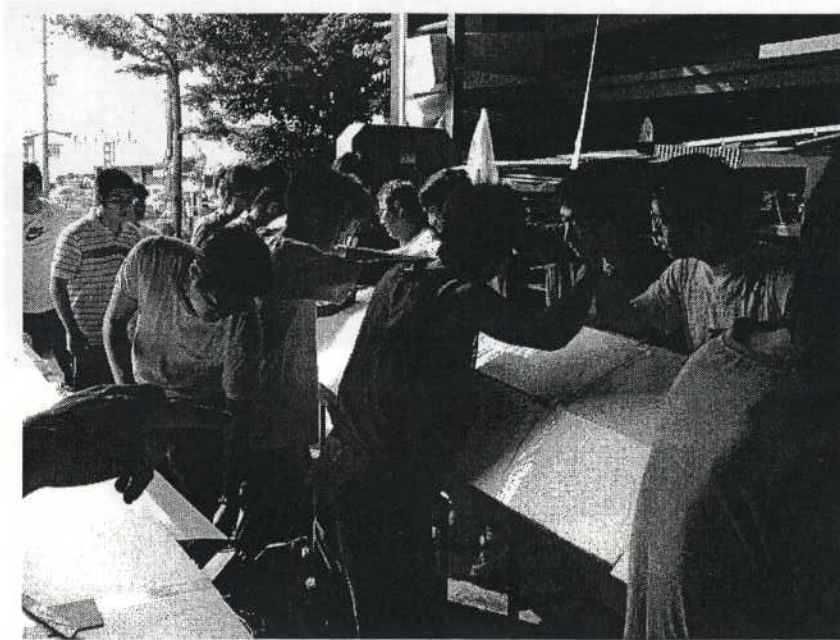


Photo.12 一気に船体を貼り合わせているところ。

動かないように幅広のペットテープで船体外板を互いに固定しているところ。

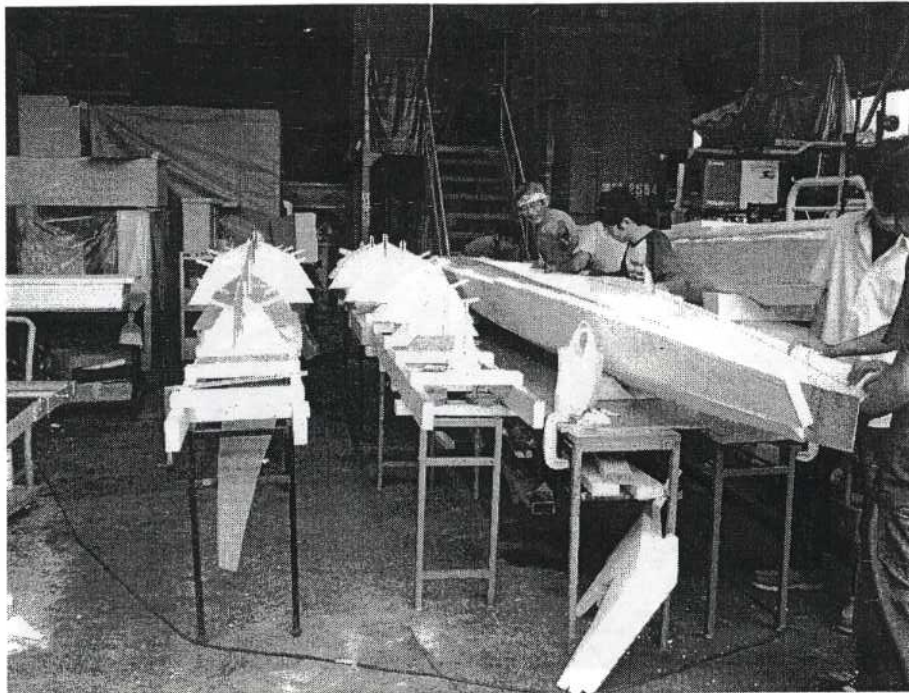


Photo.13 固着した船体を組み立て船台から外したところ。

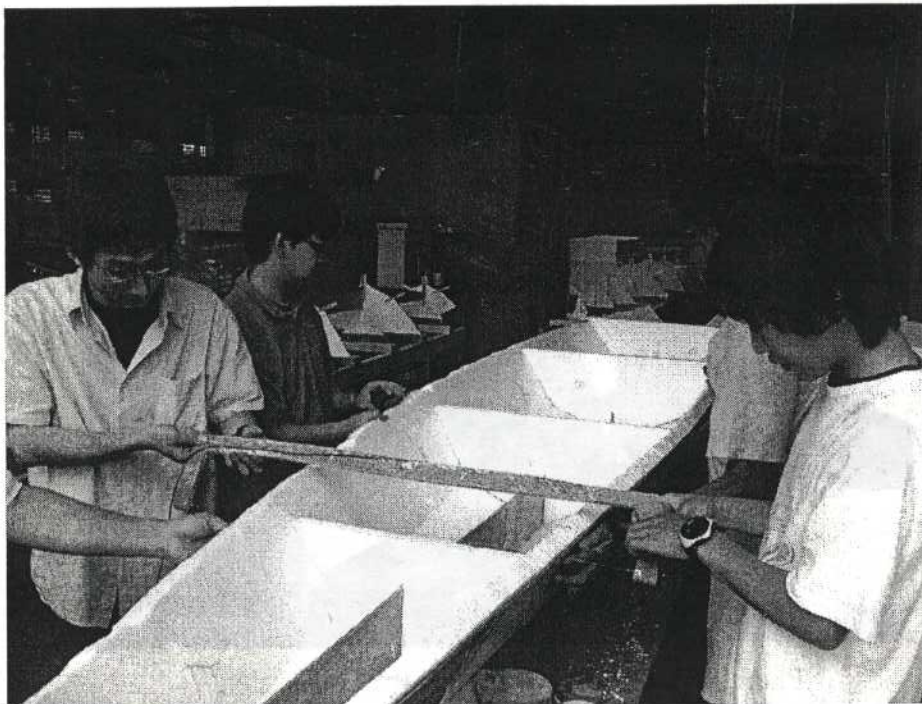


Photo.14 Free Board の上面を、ゲージをあてて熱線を用い、切りそろえているところ。
スチロール船体はBHDがあっても難なく切断することができる。

船台に、船体断面用の熱線ガイド用金具が取り付けられている。その分外板に穴加工を行い、外板をセクションと密着させる。これにはカナノコが使いよい。切削位置を良く見て、最小限の穴をあける。そつと外板を金具に押し込む。

熱線による外板切断

はじめに船底中心線部分に近い外板部を加工。キール取り付け位置を切断し、次いでチェーン部（横）を切断する。

始め電圧をかけずに切断位置を確認する。冷えた熱線（ニクロム線船）を金具にあて、切断位置を確認後、熱線が滑らないように注意しながら、熱線の温度を上げる。温度制御は制御器のつまみを時計回りに回すと温度が高くなる。

少しずつつまみを回すと発信音が聞こえ、スチロールが溶け始める。あまり温度を上げると切断面がきれいにならない。

温度調節器の発信音に注意。発信音が出ないときには電源の接続を確認すること。

各セクションの部分に人をつけ、注意して切断すること。

うまくゆけばきれいな切断面ができる。

外板は無理に押さえると変形してしまう。セクションの部分（骨のあるところのみ）を軽く押さえること。

船側外板は、銅線でセクションに縫いつけて固定後、切断すること。そうしないと固定できずに切断できない。このとき、あまりつよい力で外板を取り付けないこと。

外板の接合

外板切断面修正ののち、外板を接合する。接合にはスチロール用の接着剤を用いる。

はじめにキール部分、+船底外板

として組み、その後船側外板を貼り合わせる

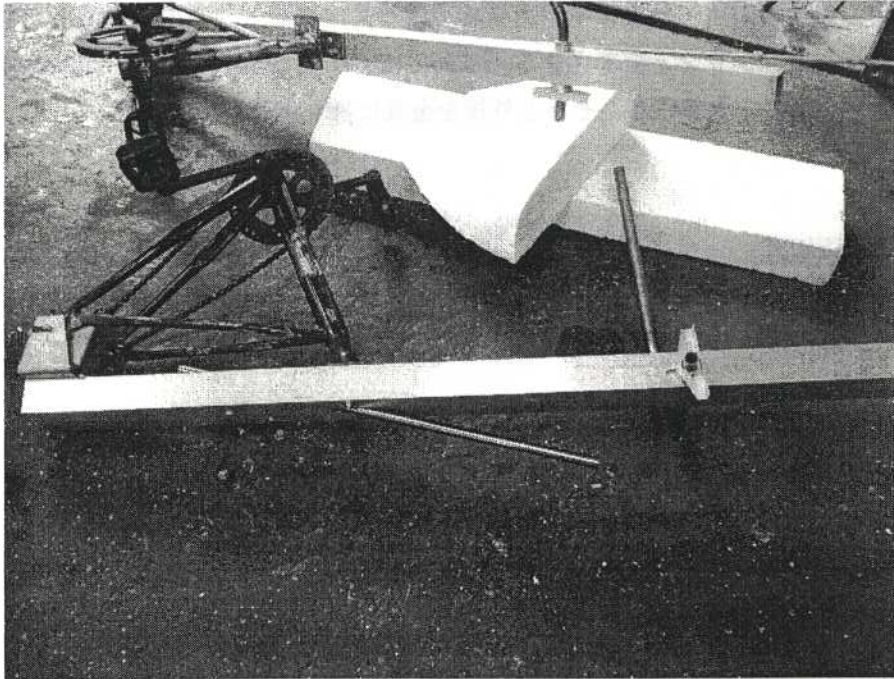


Photo.15 組あがった駆動部と舵取り装置



Photo.16 船体に駆動装置を組み込んでいるところ

10. 進水式およびレース

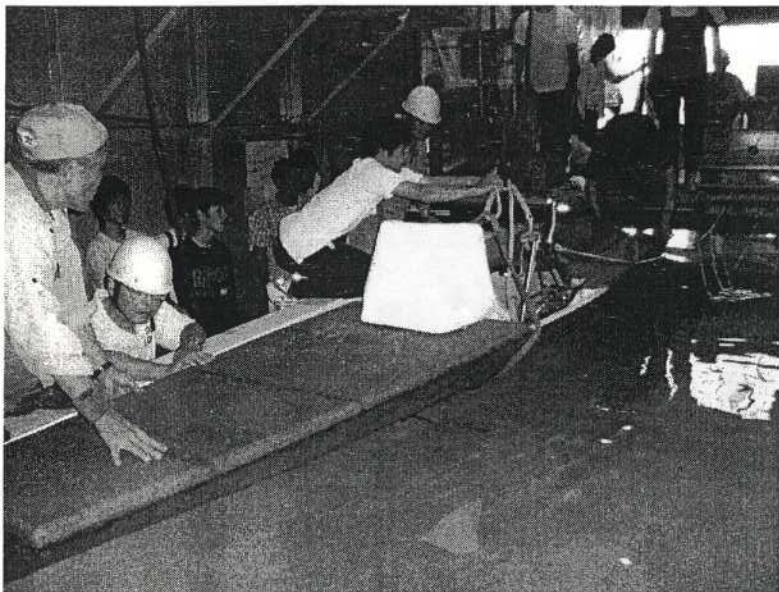


Photo.17 船舶工学科実験角水槽で進水式の準備をしているところ

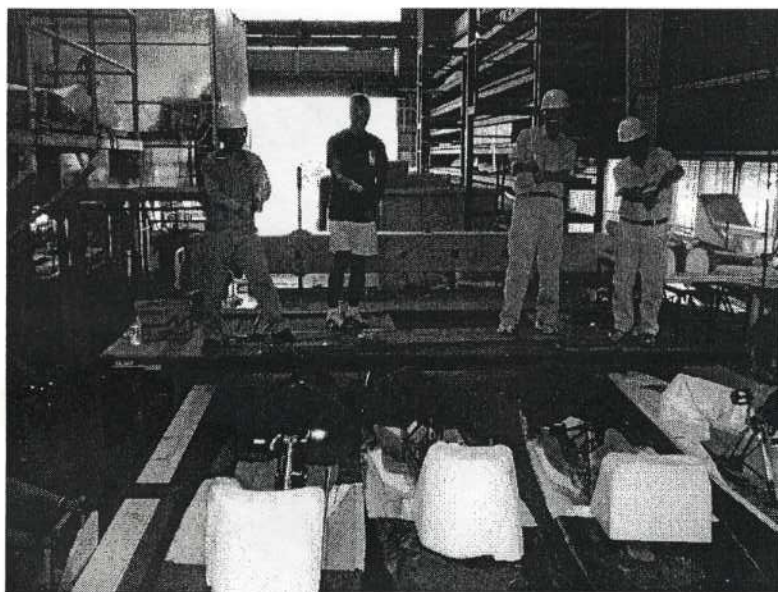


Photo.18 皆で進水式。4艇が進水した。



Photo.19 人力船大会の出廷の様子

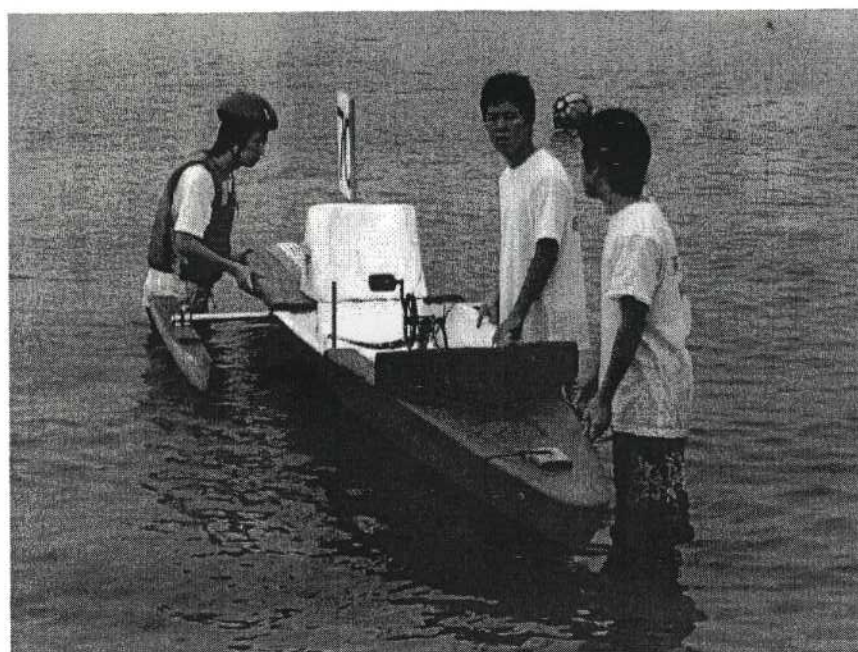


Photo.20 出走前は皆緊張する

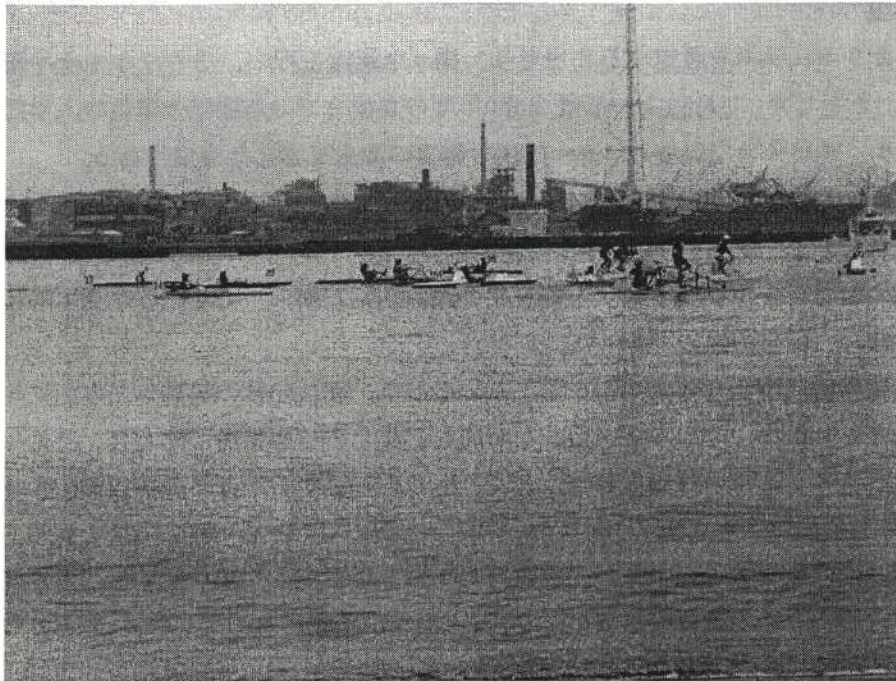


Photo.21 30分耐久レーススタート前



Photo.22 大会が終了し、船を移動する準備をしているところ。

10. 反省事項

今回、新たなカリキュラムを設定するに当たり、様々な議論を行い、そのなかで全く新しい試みを行うこととした。これは1つには2006年度の高校までの新課程の学生の入学に備えることであり、また今までのセメスター制度の弊害の除去を考えたものである。

ものづくりを中心に置いた教育の一端はすでにマリンデザイン工学科・船舶工学科時代に先行する授業科目としてあったが、1年次の初期教育に取り込み、また人力船大会にまで学生を全員参加させるというプロジェクト教育まで踏み込んだ物は、今までどのカリキュラムにもない独特の、独自のものであった。

そのため、授業準備に多大な時間が掛かることとなった。また船体の建造コストもできるだけ抑えることとしたが、そのことが余計な時間を必要とする悪循環に陥った。このことは教育にかけるコストとその評価と言うことで、もう少し時間をかけて詳細に検討する必要がある。船体構成のための工法についても、世界でも初めてだと思われる方法を採用、成功について多くの危惧を抱いていたが、各教員の知識と経験により乗り越えることができた。大会における人力船の走行成績はあまり芳しいものではなかったが、これもぶつつ本番ということで見れば上出来である。

今回のプロジェクト授業と、また学生諸君の多大な協力と努力により、清水地区で始めて開催された全日本人力&ソーラーボート大会は見事な成功裏におわったと考える。この後、学生諸君の顔つきが変わり、また言われなくても動ける様になったことが直接的な大変化である。さらに、学生達が自分たちに自信を持たせたことがとりわけ大きい。このことが、大会における集中的な労働の結果かも知れず、またこの結果が持続して行くものかも、未知であるとしかいいえない。

しかし、今回の授業における結果のすべては、船舶海洋工学科全教員の一致団結した、心からの教育指導のたまものであることは言うまでもない。教員団が一致して努力する姿を学生諸君に見せたことも大きな収穫である。このような手間の掛かる、また各教員への負担の大きい教育コースが今後継続できるのかという大きな問題は、今後も継続して考えてゆかなければならない問題ではあるが、各教員の評価はおおむね良い。大会も面白かったという声が学生側からも、観客席からも多くあり、一安心している。



特集：挑戦

人力ボート世界最速への挑戦 ～COGITO(コギト)チーム～

Team "Cogito" and the challenge to build the world's fastest human-powered boat

柳原 序 深町 得三 上村 正毅 本山 孝

Abstract

The Yamaha Motor Company (YMC) employee club "COGITO" team has been participating in Japan's annual human-powered boat race competition for 15 years now. Although it is somewhat disappointing to see that the size in this annual competition has been decreasing in recent years, there is a positive trend recently for an increasing number of student teams from universities, vocational schools and high schools working hard to build new boats or revise existing ones each year for the competition. There are also a number of family teams and volunteer club teams from corporations that are enjoying competing each year. Among these, YMC's club COGITO team is one of the long-time participants that has always been one of the top competitors since the early years. This is the result of the love of the team members for the challenge of designing and building human-powered boats and the pride they take in this task. Despite these efforts, however, the speed records recorded by these boats have peaked out in recent years. The time seems to have come for the members of the COGITO team to re-dedicate themselves to the challenge of creating the new design improvements that will render the world's fastest human-powered boat capable of setting a world record. In this report we talk about the history of the team's efforts and the passion of its members for this challenge.

1 はじめに

COGITOチームが人力ボートレースに参加して、今年で15年になる。大会当初に比べると、その規模が小さくなっているのが残念だが、最近では、大学、高専、高校の学生チームが毎年がんばって新艇を作り、あるいは改良しながら、意欲的に参加するようになってきている。他に、ファミリーチームや企業有志チームも、レースを楽しみながら参加を続けており、大会が形作られている。COGITOチームもこの中にあって息の長い活動を続け、参加当初からトップクラスの成績をとりつづけている。これは、チームメンバーの人力ボートに対する思い入れの表われ、と自負している。

ところで、スピードを競う人力ボートではあるが、この数年、その記録の伸びが頭打ちとなっている。そこで、COGITOチームとして、さらなる改良を加えた世界最速の人力ボートを作り、世界記録を更新することを目標に、人力ボートレースへ挑戦したので、経緯を含め、紹介する。

2 人力ボートとは

人力ボートは、1人または2人の人力(脚力・腕力)で走行するボートである。世界各地で人力ボートのレースが開催されているが、日本ソーラー&人力ボート協会が主催するレースのルールでは、大きさは、全長6m、全幅3m、高さ3.5m以下で、船底が水面から離れる構造の水中翼型と、それ以外の排水量型に分かれる。「COGITO艇(水中翼型)は、どんな乗り物ですか?」とよく聞かれるが、旋回するときのバランス感覚は、モーターサイクルやマリッジットと同じであり、自由に海原を走り抜ける感覚は、気持ちがよいものである。

2.1 水中翼型人力ボート

水中翼型的人力ボートは、全没型と水面貫通型に分かれる(図1)。抵抗が少ないのは全没型であるが、解決しなければいけない2つの問題がある。ひとつは、翼走(水中翼が揚力を発生して走ること)状態では横安定がないこと。もうひとつは、揚力があり余って翼が空中へ飛び出さないように制御する必要があることだ。今では、我々COGITO以外のチームでも全没型の水中翼船を作るようになり、水中翼型人力ボートの標準形のようになった感があるが、当初は、この2つの問題のために「この船はまともに走らない」と思った人の方が多かった。COGITOチームで水中翼船を初めて製作したとき、横安定問題は解決できる、と決心させたのは、50年ほど前の堀内浩太郎氏(元・ヤマハ発動機取締役、現・日本ソーラー・人力ボート協会会長)が開発した船外機の水翼船(図2)の成功である。氏は、ドライバーの能動的な操縦で横安定が保てることを証明した。また、揚力制御の問題は、前翼をスコップのような水面センサーで動かす方式(図3)で解決している。実は、この調節がいちばん難しいのだが、センサーは上下に、ヒンジ位置は前後に調節できる構造にして、調節のしやすさを工夫している。

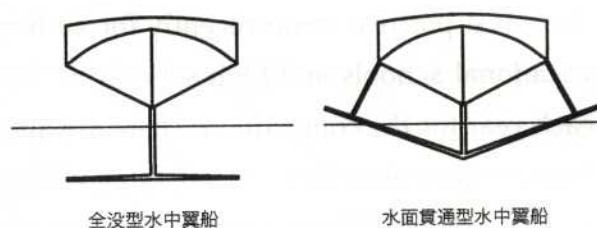


図1 水中翼船の種類



図2 堀内浩太郎氏の水翼船

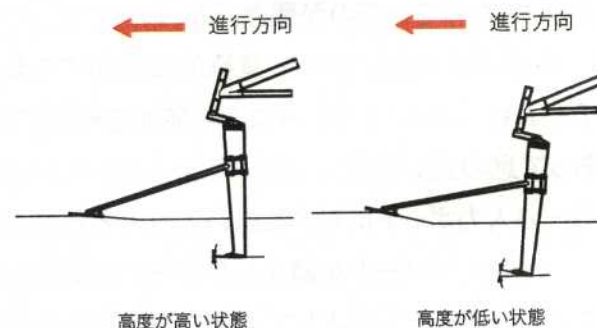


図3 ハイセンサー

2.2 人力ボート設計のポイント

人力ボートを設計する場合には、まず、人力のパワー条件を決めることが出発点になる。パワーとその持続時間の関係は、すでにいろいろ発表されている。

おおよそ表1のとおりだ。この関係を有効に利用できる水中翼船を設計するポイントは、

- ①レイノルズ数に適合した翼型を選ぶこと
- ②離水速度
- ③翼の強度
- ④翼のたわみ量
- ⑤いかに抵抗を減らすか
- ⑥ペダル回転数と増速比
- ⑦効率の高いプロペラ

となる。それぞれの設計はトレードオフの関係だから難しい。たとえば、最高速を上げることを考えた翼は、離水速度が速すぎて、翼走状態までもっていくパワーが足りなくなる。COGITO艇は、CFUDPP(カーボン一方向プリプレグ)で翼を作り、主翼は干渉抵抗を小さくするためストラットと前後に取り付けをずらし、米国MIT(Massachusetts Institute of Technology)のLarrabee教授が開発した最小誘導ロス設計法の2重反転プロペラを採用している。

表1 一流アスリートのパワーと持続時間

継続時間	出力
30 秒	800W
5 分	400W
1 時間	180W

2.3 人力ボートのエンジン

人力ボートでは、漕ぎ手をエンジンと呼ぶ。水中翼型人力ボートが翼走することを考えると、エンジンには、体重当りの出力が優れる漕ぎ手が望ましい。これまでCOGITOチームでは、トップスピードの記録を更新するために、漕艇の元オリンピック代表の堀内俊介(ヤマハ発動機MEカンパニー)だけでなく、人力飛行機"チーム・エアロセプシー"のパイロット等、社内の自転車競技経験者に協力をしてもらい、エンジンと艇の馬力のベストな組合せを選定してきた。エンジンの出力を最大限発揮できるようにするには、

- ①思い切りペダリングできる直進安定性
- ②体力を大きく消耗するスタートから翼走までの時間の短縮
- ③前後エンジンの息のあったパワー

が、重要である。つまり、水中翼の選定・調整はもとより、ポジションやギア比をエンジンに合ったものとし、かつ、容易にチューニングできることが記録として表われるのである。

一方、毎年開催されるソーラー&人力ボート全日本選手権大会には、3種目のレースがあり、それぞれに適したエンジンの選出と船のチューニングが必要となる。表2にレース種目別の競技時間、船のスピード、エンジンの心拍数等を示す。短距離の200mは、競技時間が25秒と短いので、多少重量級でも脚力と瞬発力のあるエンジンが良い。反対に、耐久レースは、エンジンの途中交代がないため、1時間にわたって安定したパワーを維持できる持久力のあるエンジンが適任となる。

表2 ソーラー&人力ボートレース全日本選手権大会の競技種目と仕様

	200m	スラローム	耐久
競技時間	25 秒	3 分	60 分
平均スピード	8m/s	6m/s	3m/s
主翼面積	840cm ²	840cm ²	1,680cm ²
プロペラ回転数	1,300 回 / 分	940 回 / 分	770 回 / 分
ペダル回転数	140 回 / 分	110 回 / 分	90 回 / 分
心拍数	--	--	170 ~ 180 回 / 分
体重(2 名)	130kg	120kg	110kg

2.4 軽量化と材質

「人力ボートのパワーソースは、人間2人分の力(2人乗りの場合)」といっても、人力は極限られたパワーである。そのパワーを艇のスピードに生かすには、ボートは鳥のように軽くなけてはならない。しかも水中翼型の艇では艇体が水面上の空間を「飛ぶ」のであるから、なおさらである。そのため、COGITOチームのボートは、艇体や水中翼の素材として、アルミよりも軽く、鉄より強いCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)を用いている。CFRPは、形状を自由に形作ることができるため、設計の意図する形の製作と、細かな改造が可能なのである。

3 人力ボートレースへの挑戦

我々COGITOチームは、1992年の第2回「夢の船コンテスト」から本格的に人力ボートレースへ参加した。改良を加えながら、現在では、第3世代目の艇を製作し、レースに参加している(図4)。以下、人力ボートレースへの挑戦の経緯を説明する。





		船のタイプ	乗員数	乗車姿勢	ハルの構造	重量
第1世代		排水量型	1人	リカンベントタイプ	CFRP サンドイッチ構造	19kg
第2世代		全没型 水中翼船	2人	ロードレース タイプ	アルミ薄板	34kg
		全没型 水中翼船	2人	ロードレース タイプ	CFRPとAFRPの サンドイッチ構造	34kg
第3世代		全没型 水中翼船	2人	リカンベント タイプ	CFRPとAFRPの サンドイッチ構造	39kg

図4 GOGITO艇の変遷

3.1 前COGITO時代

1989年頃、ヤマハ発動機で、「浮かべたい水面まで少人数(1人または2人程度)で手軽に運搬でき、簡単に組み立てられ、水面で自由に遊べる船」をコンセプトに、アメリカズカップ艇や軽量シングルスカル(CFUDPPを使用)の製造技術を用いて、人力ボートを製作した。艇体はCFRP表皮、プラスチックフォームを心材とし、バキュームアシストしたサンドイッチ構造で、艇体を形作るパネルとしては、かなり高剛性である。バルクヘッドなど内部補強の構造材は極わずかである。そのボートはとても軽く、自家用車のルーフへの積み込みが可能で、積み下ろしも簡単にできる。これだけの艇体が目の前にあって、人力ボートレースへ参加しない手はないとして、当時集まった会社仲間の有志がCOGITOチームへと続くのである。これが、「超軽量COGITO艇」の挑戦の始まりとなった。

3.2 COGITO第1世代

1991年、当時の(財)日本船舶振興会主催の第1回「夢の船コンテスト」というイベントが開催されることを知り、応募した。排水量型・1人乗り・リカンベント(椅子乗り姿勢)タイプ的人力ボートを自信满满で設計審査に出したところ、なんと予想外の落選! どうも審査員の意図を読み違えていたようだ気付いた。彼らは人が車輪の中に入って進むような船を「夢の船」と思っていたようである。

しかし、翌1992年の第2回「夢の船コンテスト」では、同じ設計で今度は審査に合格した。本番の200mスプリントレースで見事優勝を飾った時には、前年の口惜しい思いも吹き飛んだ。

少しエピソードを…。第2回「夢の船コンテスト」に参加したとき、我がCOGITOチームは、3分割にした艇体をそれぞれ1人で肩に担ぎながら会場に搬入した。他のチームはというと、トラックで運び入れ、10人前後で彼らの艇をトラックから降ろしていたことを思い出す。まさしくCOGITO艇は超軽量だったのである。

3.3 COGITO第2世代

第2世代目の艇は、2人乗り・ロードレースタイプとし、よりスピードを求めて全没型の水中航船とした。2人乗りにした理由は、このレースの規定乗員数が2人までであり、1人乗りよりパワーウエイトレシオと揚抗比が有利になるからだ。乗員が増えたこともあり、前述のごとく、まさに軽量化が必須命題であった。

3.4 COGITO第3世代

2006年、第3世代目の艇として、2人乗り・リカンベントタイプの全没型水中航船「COGITO-R」を新造した。以下に詳細を述べる。

(1) 目標

2003年、韓国遠征(図5)を計画していたころから、次世代COGITO艇の製作というテーマがメンバーの中で少しずつ具体化してきた。目標は、18.67ノット(34.6km/h)の世界記録を更新し、さらには20ノットを上回るというものである。

人力ボートの速度記録は、IHPVA(国際人力乗り物協会)が認定していて、100mの平均速力になっている。1人乗り部門では米国MITの「デカビテータ」の18.50ノット、複数ドライバー部門では前COGITO時代の仲間であった横山文隆氏が作った「スーパーフェニックス」(図6)の18.67ノットがタイトルを持っている。COGITO艇の記録は、日本ソーラー・人力ボート協会認定の18.39ノットで、1997年から横ばい状態になっている。

また、人力ボートの世界では、過去に米国Du Pont社が2万5千ドルの賞金を設定したこともあって、20ノットを超えることが大きな関心になっているのだ。まだ誰もこの「夢」を達成していない。新艇「COGITO-R」は、この壁を破るためのワンステップなのだ。



図5 韓国遠征



図6 スーパーフェニックス

(2) 新艇「COGITO-R」の仕様

世界記録を更新し、20ノットを上回る艇を作るための技術的な検討を進めて行く中で、最大の課題は空気抵抗の低減であることに気付いた。前面投影面積を極限まで減らし、艇体形状も空力学的に見直すことを検討した。陸上の記録挑戦自転車を参考にしながら、漕ぐ姿勢をリカンベントに変え、艇体全体を流線型のフルカウルで覆うという基本コンセプトにたどり着くのは早かったが、その後、韓国から帰ったころから、メンバーもそれぞれの仕事での責任範囲が増え、基本設計から詳細設計への作業が思うように進まなくなってしまった。

そうした中、フルカウルの艇体をカーボンファイバーで作るという部分は、人力ボートに興味を持った企業からの協力もあり、艇体のメス型を作るところまで進んだ。しかし、2人乗り・リカンベントのメカニカルな部分の検討が、なかなか進まず、第3世代のCOGITO艇による世界記録更新という挑戦自体に暗雲が漂いはじめた。

この状況を打開する手として選んだのが、まずメカニカルな部分だけのスケルトンを組み上げて機能を確認するという方法で、「ソーラー&人力ボートレース全日本選手権大会2006」に出走させた「COGITO-R 2006」がそれである(図4最下段)。レースの結果は、

【200mスピードレース】

- ・予選(100mトライアル) 15.25秒(12.7ノット) 人力Aクラス1位
- ・決勝(200m) 40.63秒(9.6ノット) 人力Aクラス1位

であった。1位の成績は収めたものの、チューニングが間に合わず、スピードは以前より大きくダウンし、今回は世界記録更新は成らなかった。しかし、実際にレースで走らせてみて、いくつかの課題が見え、基本的な寸法関係が把握できたことで、今後のフルカウル仕様への貴重なデータが得られたと思う。

4 おわりに

COGITOチームの名の由来は、ペダルをこぐ人＝漕ぎ人(コギト)と、デカルトのcogito ergo sum(我思う故に我あり、コギト・エルゴ・スム)を引っ掛けた駄洒落である。駄洒落から始まった活動であるから、メンバーも、あまり肩肘張らず、それぞれが、できることをできるときにやるという、のんびりしたスタンスで続けてきた。思い返せば15年も続いた理由は、この辺にあるのかも知れない。ある意味で「お気楽な集まり」であるが、ここぞ!という時のがんばりは保証ものである。たとえば、本番前日の土曜日にハンドルバーのブラケットが折れてしまったときには、休日の東京中を走りまわってアルミ溶接のできる店を見つけ、自分たちで修理して翌日は優勝した。また、大会会場で後ろの翼を水中に落としてしまった(これが本当の“水中翼”)ときには、メンバーがダイビングショップでスクーバ用具一式を借り、競艇場のヘドロに潜って見事発見・回収し、なくしたシャフトとともに徹夜で復元して翌日には優勝した。このような自慢にならないが酒の肴にはなるエピソードに表われている。

来年こそは、ファインチューンした「New・COGITO艇」で、世界記録への挑戦と達成の喜びをメンバー一同、分かち合いたいものである。熱い応援をいただけたら幸いである。

■著者



柳原 序
Tsuide Yanagihara
コーポレートR&D統括部
システム技術研究部



深町 得三
Tokuzou Fukamachi
プール事業部



上村 正毅
Masaki Kamimura
MC事業本部
SyS統括部
第3SyS部



本山 孝
Takashi Motoyama
MC事業本部
SyS統括部
生産技術部

