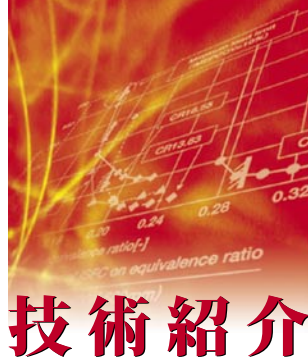




技術紹介

「ヒミコ」に生かされた型製造技術

The mold-making technology used for the *Himiko*

林 邦之



図1 未来型水上バス「ヒミコ」

Abstract

When the axe swung by Reiji Matsumoto cut the rope tied to the hull, the huge form of curved surfaces began to slide down into the water. The scene was the launching ceremony of the futuristic waterbus *Himiko* held in the drizzling rain on November 19, 2003, at the Kanagawa Dockyard Co., Ltd. in Kobe. Produced by the famous manga and anime artist Reiji Matsumoto, this 33.3 m boat with its swirling curved surfaces welded together from steel plates was not yet painted, but from its deck rose a proud teardrop shaped cockpit canopy. As I watched with a feeling of great relief that we had been able to meet our deadline, I looked back over the previous six months.

Some 45 years have passed since Yamaha Motor Co., Ltd. began designing and building boats. The mold-making technology that we have accumulated over those long years of experience were used to their fullest in the building of the *Himiko*. In this report we introduce the mold-making technology used in the *Himiko*.

1 はじめに

松本零士氏の振りかざした斧が、船体をつないでいた支鋼(しこう)を切断すると、巨大な曲面のかたまりは、ゆっくりと水面にすべり下りていった。2003年11月19日、小雨の降る中、神戸の金川造船において、未来型水上バス「ヒミコ」(図1)の進水式が行われた。漫画・アニメ界の巨匠、松本零士氏がプロデュースした、全長33.3mの船体の、うねるような曲面は、鋼板を溶接して作られ、まだ塗装も施されていないが、その先端に大きな「ティアドロップ(涙滴)」形状の Cockpit キャンopies が、誇らしげに設置されていた。私は、ああ間に合ってよかったと感慨にふけりながら、この半年間のことを思い起こしていた。

ヤマハ発動機(以下、当社)が舟艇事業を始めて45年。この間に当社がボートの型製造で培ってきた技術が、「ヒミコ」の建造に生かされた。ここでは、その当社の型製造技術を紹介する。

2 使命感

2003年5月末、社内の知人から電話があった。ボートの窓に使う曲面ガラスを製作している会社が、複雑な形状の曲面ガラスを作るための木型を作るところを探しているという。早速、ガラス会社の大倉に電話をして内容を聞いた。松本零士氏がデザインされた全体が3次曲面の形状の船で、そのほぼ全面に曲面ガラスをつけるという。ピンと来た。この仕事は当社でなければ、できない。翌週、「ヒミコ」を建造する神戸の金川造船で打合せがあり、直感は使命感に変わった。この仕事は当社がやらなければならない。納期とコストが厳しいが、なんとしても、やり抜こう。

当社が舟艇事業を始めたのは、1960年のことである。当初、船大工による木型の製作で始まった型製造は、1990年のNC(Numerical Control)加工の研究開発開始から、2000年の3次元CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)とNC加工機を使用したシステムへと進化した。また、2001年からは、ボート業界他社の型製造も請け負い始め、そして、この「ヒミコ」は、他の業界からの初仕事になった。2003年には大型のNC加工機を新規に導入し、2004年以降は、蒲郡事業所として社内の型はもちろん、社外の仕事も積極的に取り込み、最近では航空業界などの仕事も受注している。

3 型の作り方

はじめに、ボートの型の作り方を、簡単に紹介したい。まず、製品と同じ形状のオ型(以前は木型ともいっていた、オス型のこと。英語ではplug、またはmale plug. plugは栓のこと。)を製作する。これが以前は、船大工による木型であったわけで、現在はNC加工によるオ型である。そのオ型に対して、製品と同じ材料であるFRP(Fiber Reinforced Plastics)を10mm以上積層して、メ型(メス型のこと。英語ではmold、またはfemale moldという。)を製作する。製品は、このメ型の中で積層される(図2)。

NCによるオ型製造に、欠かせない要素が3つある。①3次元CAD/CAM、②材料・工法、③NC加工機である。それぞれについて、以下に解説する。

3.1 3次元CAD/CAM

舟艇事業で使用している3次元CAD/CAMソフトは、Unigraphics®である。社外の仕事をする場合には、IGES(Initial Graphics Exchange Specification)変換されたファイルでやりとりをしている。設計部門、デザイン部門から送られた3次元データに対して、フィレット(角R、隅R)付けを行い、データが完成する。このデータをもとに、一方ではUnigraphics®のCAM機能によって加工データを作成し、もう一方では実際の加工物(ワーク)の下部構造(サブストラクチャー)をCAD上で設計する(図3)。

※Unigraphics®は、UGS PLM Solutionsの登録商標です。

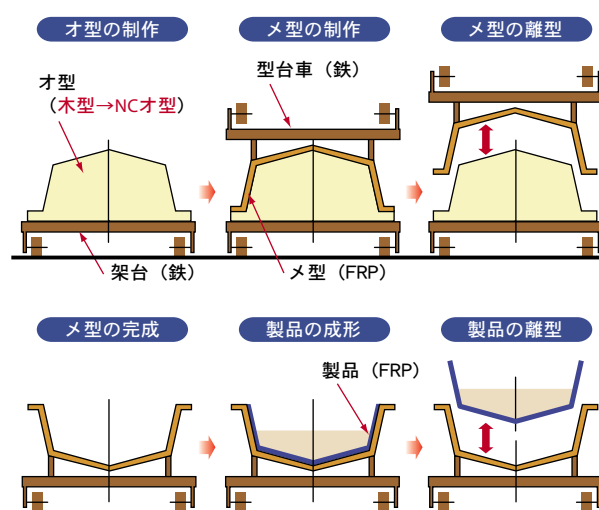


図2 FRP用型の作り方

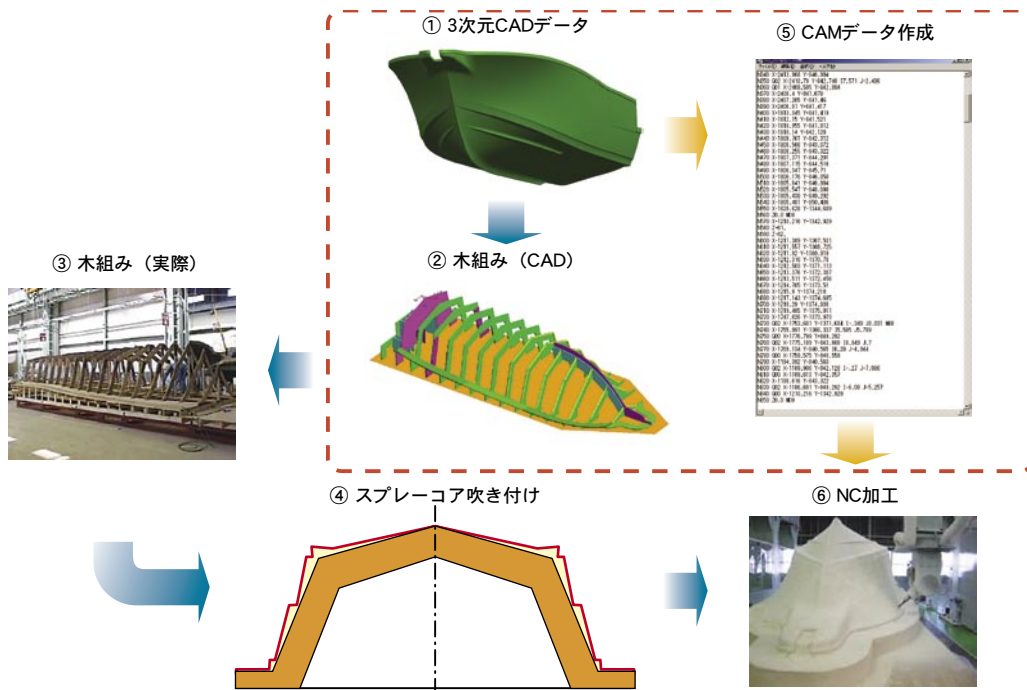


図3 仕事の流れと3次元CAD/CAM

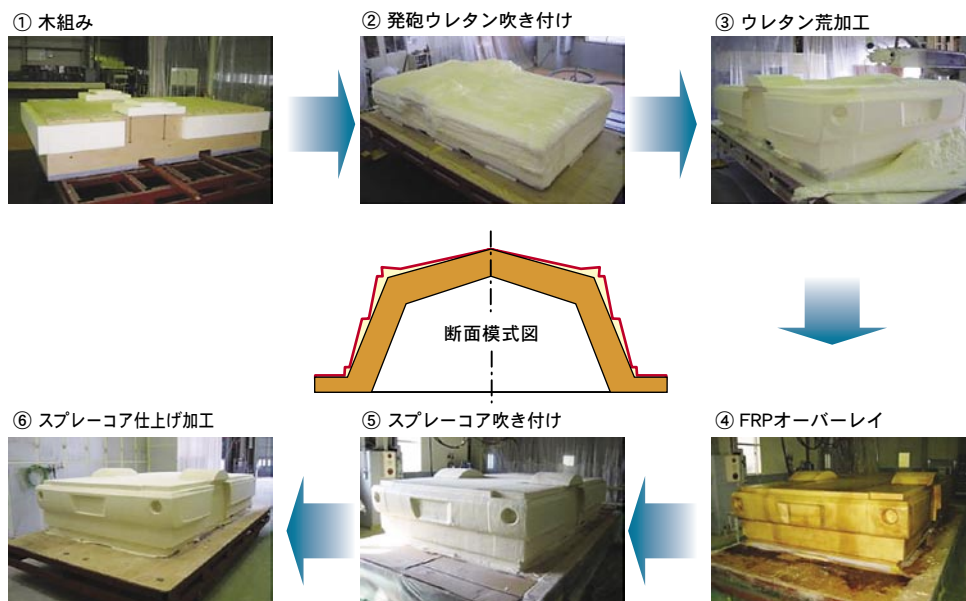


図4 材料・工法

3.2 材料・工法

材料・工法は、1990年当時に大型造形の研究開発を始めてから長年の課題であったが、2000年からアメリカのボート用型製造会社が使用している材料(スプレーコア)を輸入して使い始めた。この材料によって、大型造形が可能になった。工法は、以下のとおりである。まず、最終形状よりも、ひとまわり小さな木型(サブストラクチャー)を簡単な形状で作し、その上にウレタンフォームを吹き付ける。この状態で1回目のNC加工を実施するが、最終形状より10mm小さく加工する。加工後、ウレタンフォームを安定化させるためにFRPを1枚積層する。その上にスプレーコアを約15mm吹き付ける。そして、2回目のNC加工を実施する(図4)。こうして加工し終わると、型の表面は、厚さ10mmのFRPとスプレーコアのシェルで覆

われることになる。スプレーコアは比重0.6の材料で、硬度、強度も十分あり、作業者が型の上に乗って作業ができる。

3.3 NC加工機

当社の蒲郡事業所には、NC加工機が3台ある。1台は、1990年に導入した片持ち式の3軸の加工機である。加工範囲は、長さ10m×幅2m×高さ2.5mで、現在も稼動中である。次が、1991年に導入した木工NC加工機で、主に合板の平面加工を行っている。加工範囲は、長さ2.4m×幅1.2m×高さ0.15mである。NC才型のサブストラクチャーを製作する時には、この木工NC加工機で、合板からフレームと表面材を切り出している。また、高さ150mm以内のものであれば、3次元加工も可能である。最後が、2003年に導入した門型の5軸NC加工機(図5)である。加工範囲は長さ12m×幅5m×高さ3mで、金属以外のものを加工する、いわゆるモデル加工機としては日本で最大のものである。この加工機は門型のため、片持ち3軸加工機では反転や分割をしなければならなかった加工物を、そのままの状態、一体で加工できるようになった。また、加工速度も最大で10m/分と、3軸加工機の約3倍となり、加工能力を大幅に増大させることができた。なお、ここで3軸とか5軸とか、いっているのは、加工機が動く自由度の数を示しており、3軸とは、X、Y、Zの3軸の方向に刃具(ツール)が移動することを意味し、5軸とは、前述の3軸に加えて、ツールをつかむヘッドがA軸とC軸の周りに回転することを意味している。例えば5軸加工機で凸面体を加工する場合に、加工物の表面の法線方向に、常に刃具の中心線に向ける同時5軸加工が可能となる。

- 特徴**
- ・FRP用の型(金属ではなく柔らかいものを加工)
 - ・大型(加工範囲) 12m x 5m x 3m
 - ・高速(加工速度) 10m/分
 - ・高精度(加工精度) ±0.1mm



(2004年4月稼働開始)



図5 大型高速NC加工機

4 「ヒミコ」のガラス型

さて、「ヒミコ」に戻る。2003年6月末に、金川造船、大倉、当社の3社で打合せを行い、同年11月の進水式に、一番大きなコックピットキャノピーのガラス一式を設置することが最優先課題となった。そのためには、通常ではない方法が取られた。まず、金川造船から、フェアリング(点を線や面で立体的につなぎ、きれいにしなすこと)されていない状態の2次元のデッキラインズをいただき、当社で3次元フェアリングを実施して、デッキの3次元形状を確定させる。次に、この3次元データをもとに、鋼製のデッキを製造するための2次元データを、当社から金川造船に提供する。また一方で、同じ3次元データをもとに、曲面ガラスを製作するための才型を当社が製作し、大倉に納入する。この方法のおかげで、納期の短縮が図られ、



図6 船体に設置されたコックピットキャノピー

かつ、鋼板の船体に曲面ガラスがぴったり合うことが可能になった。曲面ガラスは合計で36枚あり、表面積は全部で166m²。この表面積は30フィート(9.1m)クラスのボートの総型表面積に匹敵する。コックピットキャノピーは、長さ9m、幅3m、表面積25m²の巨大なものであった。7月中旬から3次元フェアリングにとりかかり、8月末にコックピットキャノピーの型を納入、約80日間のガラス製作の工程を経て、無事、進水式の前に設置することができた(図6)。その後も、10月まで順次、オ型を製作していった。

ここで、曲面ガラスの製造方法について紹介する。ボートのように、販売隻数が数百のオーダーの曲面ガラスを製作するには、重力曲げといわれる方法を用いる。ボートメーカーは、ガラスが設置される部分の型を支給し、ガラスメーカーは、その型の外周部の形状に合わせた鉄枠の型を製作し、ガラスをその鉄枠に乗せてオーブンに入れ、熱で柔らかくなったガラスが自重で変形し、所期の形状になったところで冷却する。そして、その支給された型は、ガラスの形状を検査するジグとしても使用するのである。今回の「ヒミコ」の場合は、これに加えて、ガラスを受けるサッシの曲げ加工にも用いられた。サッシも部材幅が細いとはいえ、3次元形状のため、オ型の上でサッシを叩いて形状に合せるのである。ということから、今回のオ型はある程度の強度を必要としていた。当社のスプレーコアNCオ型の威力を存分に発揮できた。

5 おわりに

進水式の後、「ヒミコ」の建造は進められ、2004年3月26日に、東京都観光汽船の水上バスとして隅田川に就航した。初日から話題を集め、ほぼ満席の運航が続いている。

①3次元CAD/CAM、②スプレーコア、③大型NC加工機を活用した、ボート用オ型製造技術は、他の分野にも適用が可能だと考えている。特徴は、大きな自由曲面が、精度よく加工できることである。適用の候補として考えられるのは、デザイン性の高い建築、新幹線の先頭車両、航空機等であるが、例えば、立体地形図なども可能性があると思われる。防災対策用のハザードマップを立体で作成すれば、効果的ではないかと考えられる。より広くこの技術を知っていただき、新しい価値の創造に寄与したいと考える。

■参考ホームページ

- 1) 松本零士オフィシャルホームページ <http://www.leiji-matsumoto.ne.jp/>
- 2) 東京都観光汽船 水上バス ヒミコ http://www.suijibus.co.jp/himiko_ship/index.html
- 3) ヤマハ発動機 製品一覧 型製造 <http://www.yamaha-motor.co.jp/product/nc/index.html>

■著者



林 邦之
Kuniyuki Hayashi
国内マリン事業部
舟艇製品開発室