

# CAM 導入による水槽試験用模型製作の合理化

漆間 龍司 \*

*Uruma Ryuji*

杉原 史晃 \*

*Sugihara Fumiaki*

船舶の流体力学的性能を把握する手段の一つとして、実船と幾何学的に相似形な模型を用いて行う水槽試験がある。その水槽試験に用いる模型を製作する上で、素材を切削加工する工程の短縮および省力化のため CAM を導入した。本技術紹介は導入した CAM の効果を報告するものである。

キーワード：水槽試験、模型製作、三次元 CAD、CAM、二次元切削、三次元切削

## 1. はじめに

船舶 / 海洋分野の製品開発では実機と幾何学的に相似な模型を製作し、これを水槽試験に用いて流体力学的諸性能（流体力、運動特性他）が検討されている。この水槽試験用模型船の製作過程において、従来は平面図、側面図、立面図といったいわゆる二次元的図面およびその形状データに則った加工法（二次元切削）が主流であった。

しかし、三次元 CAD の発達により設計工程では三次元データを用いた手法への移行が加速している。模型製作工程では三次元曲面を直接利用し、三次元切削のメリット（後述）を生かす工法の導入が望まれていた。

そのような背景の下、当社では株式会社 IHI 技術開発本部と協力の上、CAM を導入して三次元切削を可能にすることにより、水槽試験用模型船を従来に比べ高精度、低コスト、短納期での製作を目指すこととした。

なお CAM とは既に多分野に使われているコンピュータ支援製造 (computer aided manufacturing)

の略語であるが、本稿で言う CAM の導入とは CAD データを NC 切削機が認識する数値データに変換するソフトの導入に限定して用いている。

## 2. 模型製作のワークフロー

図 1 に水槽試験用模型船製作（パラフィン船）のワークフローを示す。模型船製作は顧客からの形状データを元に木材、発泡ウレタン、パラフィンを材料に模型船を製作する。中でも模型船の大部分を占めるパラフィン船は外側鑄型（外型）、内側鑄型（内型）を組み合わせ、その間に溶解したパラフィンを流し込み、固化したパラフィンを鑄型から取り出して NC 切削機で切削 / 成型し、さらに機械で削り切れない部分は人手により仕上げて製品に仕上げる。

以上の製作工程において CAM を導入したことによるワークフローの主たる違いは三次元切削が可能かどうかであり、その差は後工程である手作業による仕上げ作業の量を大きく左右する。また二次元切削後の削り残しの手仕上げは、単純に手間を要すというだけでなく、熟練工の技量を必要

\* 研究開発事業部 試験技術部 船舶海洋試験グループ

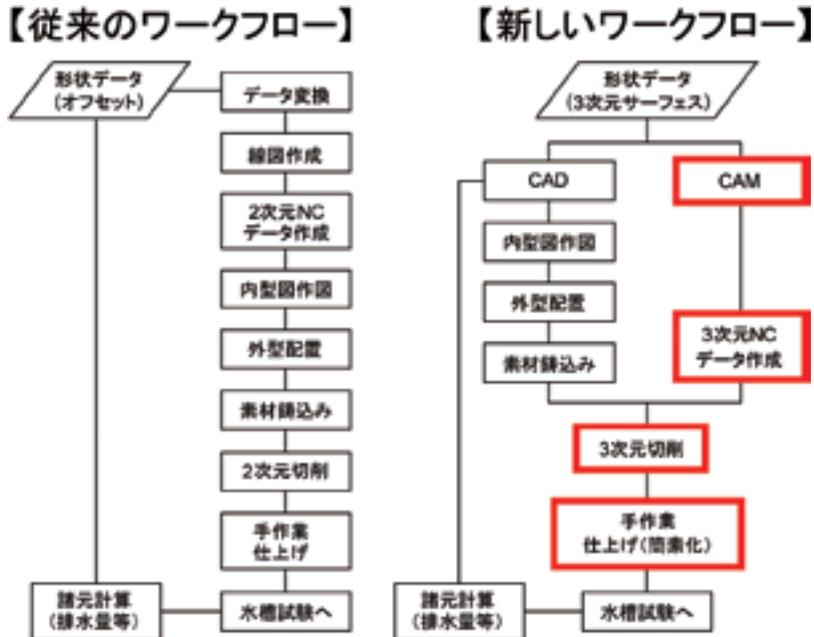


図1 模型製作ワークフロー

とする作業であった。これが三次元切削を行うことによりほとんど製品に近いところまで機械加工が可能となり、以前ほどの熟練度は不要、かつ作業量は6～7割程度に削減された。

### 3. CAM 導入による加工工程

#### 3.1 導入 CAM

今回、CAMを導入するにあたり、以下の点を重視して導入するCAMを選択した。

- 切削対象が船体形状のため曲面に強いCAMであること
  - 使用する既存のNC加工機との互換性
  - 将来のNC切削機更新に対する互換性
- その結果、オープンマインド社のHyperMillを導入した。

#### 3.2 CAMによるNC切削機加工パスの作成

CAMによる加工パスの軌跡図を図2に示す。なお本図は船底を上にしてデッキを下にして天地逆な状態で描かれている。これは広いデッキ面を下にして切削した方が切削中の素材の安定が良いことや船底まで刃物を入れる必要から、実際の工程においても素材が天地逆に置かれて切削されるためである。本図において青色線によるワイヤーフレームとして描かれているものが切削対象（模型船）で、黄色線がCAMにより設定したNC切削機の刃物を通る軌跡（加工パス）である。

HyperMillは加工パスの設定機能に加えて、加工前に切削シミュレーションを行って刃物同士あるいは刃物を移動させるアームと切削対象が干渉

しないか等を事前にチェックすることが可能である。現在、用いている NC 切削機はアームのヘッド部が大きいため、船体面との干渉回避の検討は重要であり、このシミュレーション機能が大いに役立っている。図3にはCAMディスプレイ上での切削シミュレーション画像例を示す。なお本図も図2や後掲の写真1、2と同様、天地逆に描かれている。

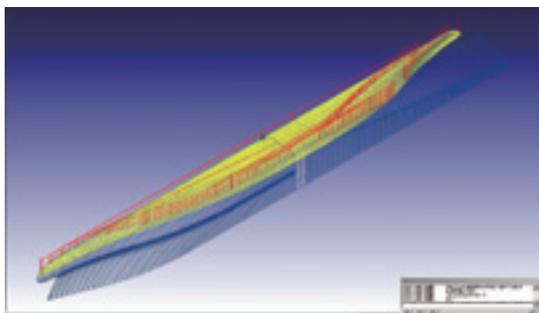


図2 NC カッターが通る軌跡  
(加工パス) の設定例

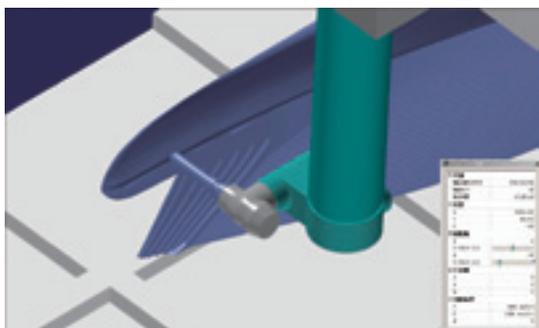


図3 NC 切削機干渉シミュレーション (船首側)

#### 4. NC 切削機による模型船加工の実際

CAMにて作成した加工パスにより、NC 切削機にてパラフィン素材を実際に切削している様子を写真1～2に示す。写真1では円盤カッターによる素材の荒削りであり二次元切削を行っている。写真2はボールエンドミルによる船首端部に対する三次元切削であって、上記図3と対応する部位である。三次元CADのメリットを生かすべく導入したCAMの効果としてボールエンド

ミルによる三次元切削が可能となり、仕上げ作業が従来より削減できた。一方、現在使用しているNC 切削機では、全ての面にわたり三次元切削が良いというわけではない。以下に当社における二次元切削と三次元切削の長所・短所を比較する。

- 二次元切削：(長所) 動きが単純なため NC 切削機のアーム駆動が少なく主方向の動きが主になる。そのためカッターに与えられるパワーは三次元より大きく、単位時間当たりの切削容積は三次元より大きい。(短所) 長手方向だけの切削のため、切削された素材にはまだ多くの削り残しが段々畑状に残り、これをノミやカンナによる手作業で落とすという作業が残される。また負荷の見極めが難しく、過負荷状態に陥り、切削機が緊急停止することがある。緊急停止すると脆弱な軸については芯出し等の校正作業が必要となる場合もある。
- 三次元切削：(長所) 二次元切削と逆でボールエンドミルでゆっくり丁寧に切削するため、切削後の削り残しは少なく人間の手による作業をかなり削減できる。(短所) これも二次元切削と逆で、手仕上げの人手は削減できるが同じ切削容積を切削する時間は二次元より要する。

当社では多少の船型の違いに対しては、コスト・納期の観点から個別の鋳型を作ることはせず標準的な鋳型を流用しており、対象船型に対し専用鋳型でないため、余肉の量を最小限にすることができていない。当社ではまず二次元切削で荒削りを行い、その後三次元切削を行うという両者の長所を組み合わせる工法を取っている。

三次元切削のメリットを最大限生かすための課題として余肉の量を最小限にすることが挙げられ、その対策として個別の船型にフィットする自在鋳型の導入を予定している。

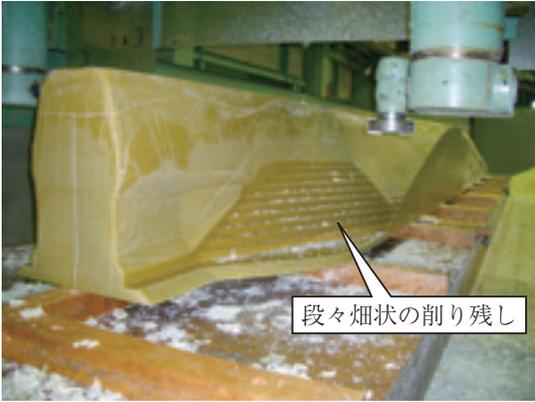


写真1 NC 切削機加工写真 (荒削り切削)



写真2 NC 切削機加工写真 (船首端部仕上切削)

## 5. まとめ

CAMを導入したことにより可能となった三次元切削と従来からの二次元切削の長所を上手く組み合わせることにより、手仕上げ作業を削減し、製作工程を大幅に短縮することができた。また、模型船の製作精度が向上するとともに伝承すべき技術も少なくなった。

一層の模型製作合理化を目指して以下の事項を検討中である。

- 模型形状にフィットして自在に変形する自在鑄型を導入し、余肉削減を図ることにより、切削量を削減し加工時間を短縮するとともにNC切削機の過負荷による緊急停止などのリスクを排除する。
- 現状のNC切削機に刃物の自動交換機能を持たせて、切削工程の自動化の度合いをさらに高める。

## 参考文献

IIC Review Vol.32 2004



研究開発事業部 試験技術部  
船舶海洋試験グループ  
漆間 龍司  
TEL. 045-759-2094  
FAX. 045-759-2107



研究開発事業部 試験技術部  
船舶海洋試験グループ  
杉原 史晃  
TEL. 045-759-2094  
FAX. 045-759-2107