

ナカシマプロペラ株式会社 様

船舶用プロペラの効率化を追求 流体技術で国際競争を勝ち抜く

環境対応が着々と進んでいる造船業界。国内外の造船メーカーに向け船舶用プロペラを供給するナカシマプロペラは、率先して安全かつエネルギー効率の高いプロペラや省エネルギー付加物の開発、製造を行っている。その際に欠かせないツールとなっているのが、ソフトウェアクレイドルの流体シミュレーションソフトウェアSCRYU/Tetraだ。



ナカシマプロペラ株式会社
<http://www.nakashima.co.jp/>

創業	1926年
設立	2008年
事業内容	船用機器の開発・製造・販売 環境改善装置の開発・製造・販売 エクステリア商品の企画・製造・販売
本社	岡山市東区上道北方
代表者	代表取締役社長 中島基善



写真1 エンジニアリング本部 プロペラ設計部 プロペラ・ポッド推進性能室
写真右：室長 蓮池伸宏 氏 / 写真左：課長代理 岡崎全伯 氏

GHG削減目標へと動く船舶業界

ナカシマプロペラは2016年に創業90周年を迎えた船舶プロペラの開発、製造を行う企業だ。日本をはじめ、中国や韓国などの造船所に向けてさまざまなプロペラを提供している。船舶用プロペラの市場シェアは、国内で8割、海外で3割になるという。

「船舶用プロペラでは、流体解析技術、鋳造技術、そして機械加工技術の3つが欠かせません」とナカシマプロペラ エンジニアリング本部 プロペラ設計部 プロペラ・ポッド推進性能室 室長の蓮池伸宏氏（写真1・右）は語る。プロペラは基本的に一品受注生産で、船ごとに最適な性能を発揮できるよう設計を行う。仕上げには職人が100分の1ミリメートル

を見わたる精度で羽根の表面を磨く。その技術は「第1回ものづくり賞」の内閣総理大臣賞を受賞するほどだ。また業界に先駆けてCFRP製のプロペラの製造にも成功している。この製品も第6回同賞で内閣総理大臣賞を受賞しており、非常に高い技術力が認められている（写真3）。

今、船舶業界が全力を挙げて取り組んでいるのが「エネルギー効率設計指標（EEDI：Energy Efficiency Design Index）」の規制値クリアだ。これは温室効果ガス削減のために、国際連合の専門機関である国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）が定めるものだ。この規制値は段階的に引き上げられ、それをクリアできない船は運航できなくなる。「当社としても、これらのニーズに応え

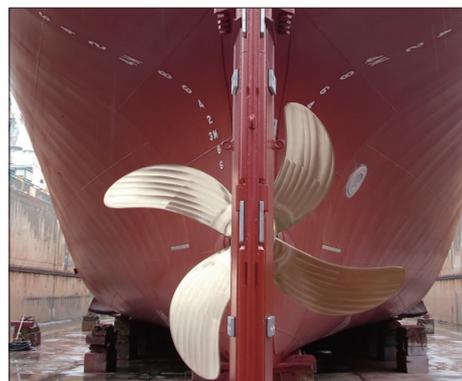


写真2（左） 直径3メートルのケミカルタンカー用プロペラ
ナカシマプロペラがつくるプロペラの表面には「ナカシマ模様」とも呼ばれる独特のしま模様が入っているため一目でわかる。
写真3（右） 「第6回ものづくり賞」受賞 CFRP製プロペラの製造技術に対して内閣総理大臣賞を受賞した。

られるような製品を開発して船体全体での目標の達成に寄与していきたいと考えています」とナカシマプロペラ エンジニアリング本部 プロペラ設計部 プロペラ・ポッド推進性能室 課長代理の岡崎全伯氏（写真1・左）は語る。

キャビテーションの制御が欠かせない

プロペラの設計において最も重

重要なこととして蓮池氏があげたのが、「キャビテーションの制御」だ。キャビテーションは、水中で急激に圧力が下がることにより、水が沸騰して気泡が生じる現象である。気泡はすぐ水に戻るが、その時にギガパスカルオーダーの崩壊圧が生じるという。これによってプロペラにエロージョンと呼ばれる物理的な侵食作用が起こる。またキャビテーションは船の振動の原因にもなる。安全かつ推進性能を維持するためには、キャビテーションと、それにより生じるエロージョンを発生させないことが何よりも大切になるのだ。

だが設計段階でキャビテーションを正確に予測することは以前は難しかったという。同社の設計で用いているポテンシャル計算では、「キャビテーションは翼面に発生する量が多いか少ないかというレベルでしか分かりませんでした」と蓮池氏は語る。「使っているツールの精度が甘いと、より踏み込んだ設計ができません。信頼性の高いツールを持っていれば、そこに躊躇なく踏み込めるのです」（蓮池氏）。攻めの設計を行うため、つまりより高い精度でキャビテーションやエロージョンのリスクをとらえるためには、流体解析ツールの活用は必須だったという。

蓮池氏らは流体解析ツールの導入にあたっていくつかのツールを検討したが、最終的にソフトウェアレイドルのSCRYU/Tetraを選んだ。同ツールを選んだ理由について、

蓮池氏は「国内唯一の有力なCFDベンダーであることが、まず一番の理由でした」と語る。またきめ細かい対応も採用を決めた理由だという。現在も「現場での課題を相談すると、必要であれば新しい機能も開発してくれます。非常に機動性が高く、対応もかゆい所に手が届くといった感じで大変助かっています」（蓮池氏）。海外ベンダーや汎用ベンダーではこういった迅速できめ細かい対応は難しい。そこで2005年にSCRYU/Tetraを導入し、活用に取り組み始めた。

エロージョンリスクを実装

導入当初に得られた成果の一つが、エロージョンのリスクを「エロージョンインデックス」機能で評価できるようになったことだ。蓮池氏らが流体解析ツールを導入してまず取り組みたかったのが、エロージョンの評価だった。図1がエロージョンインデックスのカウンター図だ。白い泡はキャビテーションを表している。6枚の羽根をすべて違う形状で検討した結果、左上の羽根がエロージョンリスクの少ない形状だということが確認できる。キャビテーションは流れの遅くなっている上部に差し掛かるときに発生し、横側に移動するまでにつぶれてなくなる。性能のよい羽根では、キャビテーションはスムーズに上に移動し、羽根に衝撃を与えずに消えていることが確認できた。

実はこのエロージョンインデックスは「ソ

フトウェアレイドルさんに実装を検討頂き、SCRYU/Tetraに導入していただきました」と蓮池氏はいう。これはもともと能見らが提唱していたエロージョンのリスク予測指標であるが（注1）、船用プロペラのエロージョンリスク予測に効果的と判断したためだ。従来はどのような形状のプロペラだとエロージョンのリスクが高いかを正確に評価することは難しかった。だが今回の取り組みによってリスクの高い形状の条件が分かるようになった。またキャビテーションがスムーズに消えるようにコントロールできるようになった。そのため羽根の小翼面積化と効率化も同時に達成できたという。

新たな省エネ付加物の設計にも活用

ナカシマプロペラはSCRYU/Tetraを活用して、プロペラ以外のエネルギー効率を向上させる付加物も開発している。その一つがラダーバルブの一種である「アルティメットラダー」だ。ラダーバルブとは、舵の前縁、プロペラの頭の後ろにあたる位置に付けられる球状の突起物だ。プロペラが回転すると、通常その後方にハブ渦と呼ばれる細長く伸びた渦が発生する。これはエネルギー効率の低下につながる。そこでハブ渦が発生する後方に突起物を配置することで、ハブ渦を拡散させる。

アルティメットラダーは、ラダーバルブをさらに進化させたものだ。これは本来、舵側に取り付けるバルブを、プロペラの頭に直接取り付けられたものになる。バルブをよりプロペラ側に近づけることによって2つの効果を実現している。一つはハブ渦の拡散性能のアップ、もうひとつは伴流利得の向上だ。「ラダーの縁にあったヘッドをプロペラの方に近づけることで、プロペラに入る流れが遅くなることを狙っています。この形状は当社オリジナルになります」（岡崎氏）。プロペラはできる限り遅い流れの中で遅く回すときに最も効率がよくなるため、プロペラ面に入ってくる流れをせき止める効果

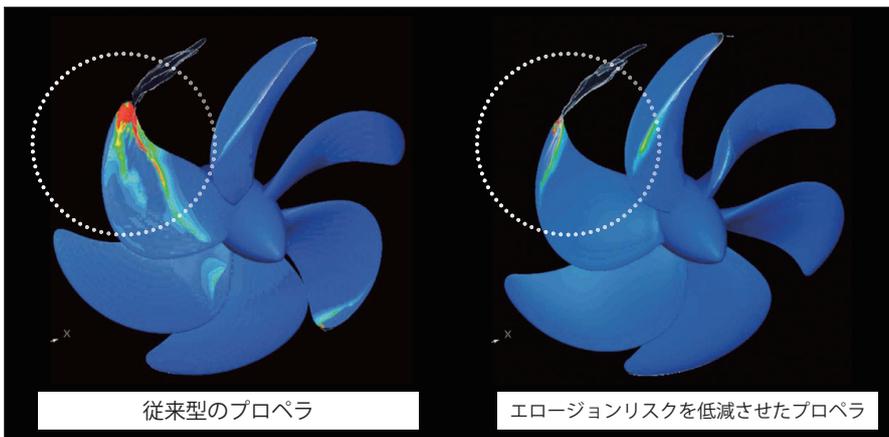


図1 カラーカウンターはエロージョンインデックス、白い流れはキャビテーションを表している

注1) エロージョンインデックス：キャビテーションによるエロージョンリスクを予測する指標。
Nohmi, M., Iga, Y., and Ikhohagi, T., "Numerical Prediction Method of Cavitation Erosion", Proc. of Turbomachinery Society of Japan, Vol. 59, 2008

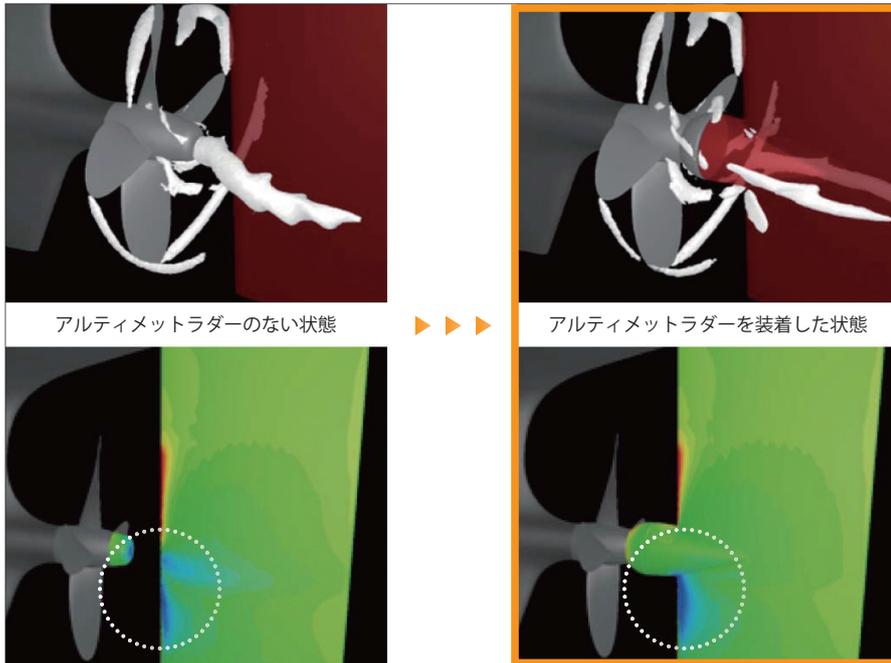


図2 頭に付けたバルブヘッドでハブ渦を回収することにより、舵の上の負圧が増加し、舵の抵抗が減少する。またプロペラ面に入ってくる流れをせき止める効果により、伴流利得を向上させることに成功した。

により、伴流利得を向上させることができるのだ（図2）。

「ここ何年かの中に、CFDツールの力を借りて新しい省エネ付加物を提案できるようになりました」と蓮池氏という。CFDによって、キャップ単体でなくプロペラや船体、舵などを合わせた全体としての最適化ができる。元々はこういった付加物は試作品を作って水槽の中でプロペラを回転させながら実験していた。「今はCFDのおかげで試験を減らすとともに、最適な形状を低コストで簡単に素早く検討することができます」（蓮池氏）。

統合ツールを最大限活用

SCRYU/Tetraを使う中で感じたのは、「メッシュの作成からソルバーの実行まで非常に高いレベルで統合されているので、とても使いやすい」と蓮池氏という。メッシュが非常に切りやすいのもポイントだということだ。「SCRYU/Tetraは割とすぐに使いこなすことができました。当社では設計のメンバーはみな当たり前前

析を行っています」（蓮池氏）。

またナカシマプロペラは来年、直径6メートルと今までで最大のCFRP製プロペラの製作も計画している。CFRPは軽量なため、金属製よりも大きなプロペラを取り付けることが可能になりエネルギー効率を高めることができる。「金属製と違ってCFRPはしなりがあります。これをうまくコントロールすることで、キャビテーションをコントロールするとともに振動をより抑えることが可能になります」（蓮池氏）。構造と流体の連成が必要になるため解析は複雑になるが、ここでもSCRYU/Tetraが活躍しているという。「こういった複数の機能を使う時も、SCRYU/Tetraではオールインワンのできるもので非常に便利ですね」（蓮池氏）。

船全体のバーチャル試験環境をつくる

今後、船舶業界で重要になってくるのは騒音対応だと蓮池氏という。海上を移動する船舶のプロペラからは騒音が発生するが、これがクジラなどの海洋生物同士の音声を使ったコミュニケーションに悪影響を与える

とされている。そのため騒音に関する規制が議論されているという。この動きに対応するために、ナカシマプロペラでも騒音低減に力を入れていくということだ。

さらにナカシマプロペラが取り組もうとしているのが、プロペラだけでなく船体全体を統合した状態における設計の最適化だ。「今まではプロペラメーカーはプロペラだけ、造船メーカーは船体だけというように、個別に設計の最適化を行ってきました。ですが船舶としてトータルの効率化を考えるためには、すべてを組み合わせる解析を行う必要があります。そこで『バーチャルトーイングタンク（仮想曳航水槽）』を構築しようとしています」（蓮池氏）。

この取り組みのために、ナカシマプロペラは並列計算の環境拡大も進めている（写真4）。現在は3000並列だが2016年春には5000並列に増強するという。「かつては2週間かかっていた数千万要素の計算も、現在は1日強で行えるようになっていきます」（蓮池氏）。ナカシマプロペラではバーチャルトーイングタンクのEEDI認証での使用も見据えているという。「ソフトウェアクレイドルさんとも協力してシミュレーション環境を構築していく予定です」（蓮池氏）。

常に先進的な取り組みを続けるナカシマプロペラ。ソフトウェアクレイドルも、その取り組みを支えるべくソリューションの提供に、今後も注力する予定だ。

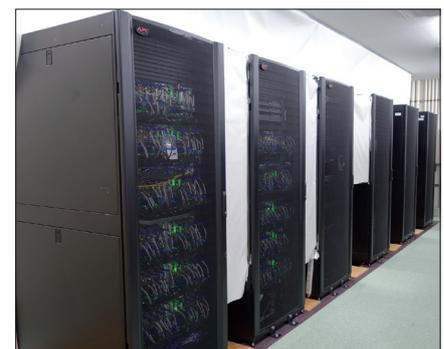


写真4 ナカシマプロペラの並列環境



SCRYU/Tetra

SCRYU/Tetraは複雑な形状の熱流体解析を簡便に行うことをコンセプトに設計したソフトウェアです。多くのCADネイティブデータを含む形状データに対応するインターフェースを備えており、条件設定においても、ウィザードに従い、対話形式で設定していただくとなっています。また、従来難しいとされていたメッシュ作成においても、自動化、高速化などさまざまな工夫が施されたメッシャーを有しており、初心者の方から解析専任者の方まで、多くの方にご利用頂けます。

● この記事に関するお問い合わせは下記まで。

株式会社ソフトウェアクレイドル

● 本社

〒530-0001 大阪市北区梅田3-4-5 毎日インテシオ
Tel: 06-6343-5641 Fax: 06-6343-5580

● 東京支社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-11-1 ゲートシティ大崎ウエストタワー
Tel: 03-5435-5641 Fax: 03-5435-5645

● 名古屋営業所

〒450-0001 愛知県名古屋市中村区那古野1-47-1 名古屋国際センタービル
Tel: 052-589-8649

Email: info@cradle.co.jp | Web: www.cradle.co.jp



※SCRYU/Tetraは、日本における株式会社ソフトウェアクレイドルの登録商標です。
※その他、本パンフレットに記載されている会社名、製品・サービス名は、各社の商標または登録商標です。
※本資料の内容、テキスト、画像等の無断転載・無断使用を固く禁じます。
※本パンフレットに掲載されている製品の内容・仕様は2016年1月現在のものです、予告なしに変更する場合があります。
また、誤植または図、写真の誤りについて弊社は一切の責任を負いません。