近畿大学 農学部 様

“海のダイヤ”クロマグロの生態を流体解析で明らかにする

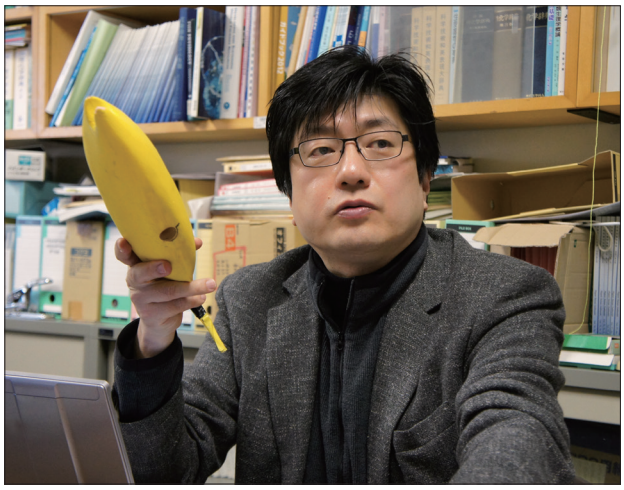
“海のダイヤ”と呼ばれるクロマグロについては、まだ解明されていないことが多い。大型で大海を回遊する魚であるマグロは、観察も実験も容易ではないからだ。近畿大学 農学部 水産学科の高木力教授は、その未知の生態を流体解析で解明しようとチャレンジし続けている。

近畿大学 農学部 水産学科
漁業生産システム研究室
http://www.kindai.ac.jp/

設立	1949年
学校種別	私立
本部所在地	大阪府東大阪市

マグロの中でも最高級とされるクロマグロ。2002年、近畿大学によるクロマグロの完全養殖が成功し、「近大マグロ」として話題となった。

現在、クロマグロの生態については、今もなお未知の部分が多いという。そんなクロマグロをはじめとする魚類に流体解析を適用して、さらに生態を明らかにする取り組みを行っているのが、近畿大学 農学部 水産学科 漁業生産システム研究室 教授の高木力氏だ。



近畿大学 農学部 水産学科
漁業生産システム研究室 教授　高木力 氏

マグロは外洋に生息する大型で肉食の回遊魚である。サバやカツオ、カジキなどと同じスズキ目サバ亜目サバ科に属しており、クロマグロのほかにキハダマグロやメバチマグロなど8種が生息する。クロマグロはその中でも全長が3m、体重は400kgに達し、最大級である。消費量においては漁獲されるマグロのうち2%にすぎないが、“海のダイヤ”とも呼ばれ、最も市場価格の高い魚でもある。高木氏らは流体解析ツールを使って、クロマグロの遊泳能力に関するさまざまな解析を実施してきた。

マグロの泳ぐ速度は非常に速い。キハダマグロの場合は75km程度だが、速いものでは時速90kmになるともいわれる。「水中最速の動物」といわれるバショウカジキは時速108km。いっぽう、生物に対して使われる、単位時間当たりに体長の何倍進むかを表す体長倍速度は、キハダマグロが20 BL/s、バショウカジキは15BL/sである。この値をみても、水中の生物でマグロはトップクラスの速度だといえる。

これだけ高速で、かつ長距離を移動することから、マグロの体の抵抗は非常に小さいと予測される。だが生身の魚を使って抵抗を求めることは非常に難しい。実験をするためにはまず魚が泳げるサイズで流速を変えられる水中環境が必要だ。また魚に抵抗板を取り付けるなどといったことも必要になるという。そして実験をしても大まかな数値しか得られない。そのため高木氏は流体解析を活用することにしたという。マグロのバーチャルモデルについては、レーザー 3D計測機器でマグロの実物をスキャンして作った。腐敗を防ぐため冷凍状態のマグロを使い、レーザーの乱反射を防ぐために白く塗ったりするなど、モデル化の際にはかなり苦労したそうだ。（図1）

マグロの推進力や揚力をシミュレーション

流体解析ツールで加速せず慣性で水中を進んでいるグライド（滑空）状態における抵抗を見積もったところ、体長34cmのマグロ

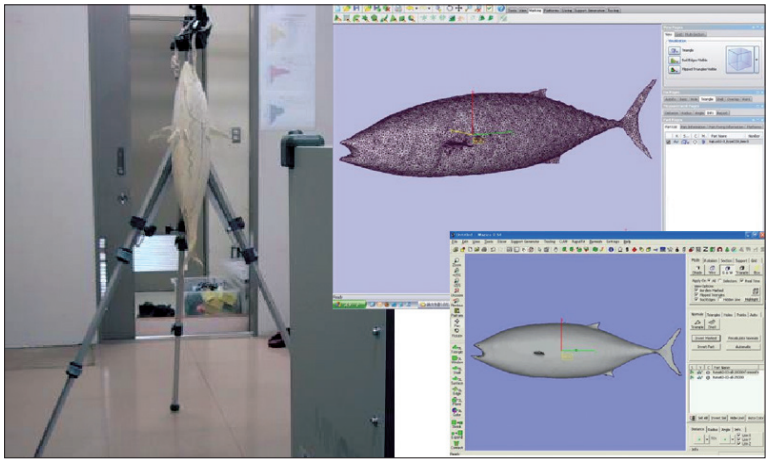


図1　3D計測機器で冷凍マグロの実物をスキャンして作成したモデル

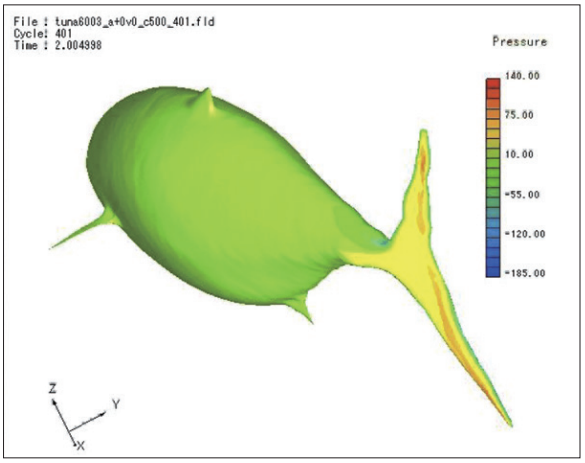


図2　クロマグロの尾びれを動かして泳ぐ様を流体解析

の場合5gfだった。これは高さ15cmの円柱を流れに対して回転軸を垂直に置いた状態で、高さ15cmの円柱に換算すると、円柱の太さが直径3mmに相当する。さらに体長100cmの場合でも400gf、円柱換算で直径30mmと非常に小さいことが分かった。

さらに尾ビレを動かした場合のシミュレーションも行った。（図2）実際のマグロの動きをカメラで撮影し、各点の動きに周期関数を与えて近似することで、バーチャル上で滑らかな動きを再現した。これによって尾ビレの推進力や、翼の代わりをする胸ビレを開いた場合など、さまざまな状態での解析を実施した。

マグロの揚力を発生させる働きをもつのは胸ビレである。マグロには浮き袋があるもののほとんど機能していないため、飛行機のように前進することによってしか揚力を得ることができない。マグロが泳ぎ続けなければいけないと言われる理由の一つがこれになる。シミュレーションを行うことで、胸ビレを開くことによって大きな揚力を発生できることも確認することができた。なお胸ビレをたたんだ時は、体の両側面にあるへこみに胸ビレを収納することができ、体全体が流線型になることで抵抗を極力減らせるようになっている。また尾の付け根の左右にはこぶがあり、これも翼の役割を果たすという。「さらに大きなバショウカジキだと複葉機のように2層になっていて、まるで機械のように思えます。これらの生物の形を流体解析を通して見ると、形の意味が見えてきて非常に面白いです」と高木氏は言う。

マグロの活動も解析で裏付け

またマグロのある移動行動の理由も、流体解析によって定量的な裏付けが得られたそうだ。マグロは進むときに真っすぐではなく、山を登っては下るように、上向きに進んではグライドするという泳ぎ方を繰り返すことが観察されていた。40年以上も前から、この泳ぎ方の方が省エネになるのではないかという説が出されていたという。だが以前は、生物に各種センサーを付けてデータを収集するバイオロギングといった技術が発達していなかったこともあり、確認することは不可能だった。今回、海を泳ぐマグロの水深や尾びれの振動数、体の傾きなどのログデータを取得し、データを使用した解析が可能になったため、その説の正しさが裏付けられたそうだ。実際に水深を変えながら進むことによって、移動に使うエネルギーを10～20%も減らせることが分かったという。今までグライドをするのは「休むためだろう」といった程度の定性的な理解しかされてこなかったが、「省エネのための移動戦略だった」ことが定量的に裏付けられたということだ。

生物の形から行動を読み解く面白さ

高木氏が生物の行動を物理的に読み解く面白さに目覚めたのは、ヒラメの解析がきっかけだという。（図3）もともと高木氏は工学的な分野が得意で、マグロ漁に使われる巻き網などの展開のシミュレーションを研究していたという。そんなこともあって、ヒラメの行動についてもコンピュータによる解析を依頼される機会があった。

ヒラメの抗力や揚力を流体解析ツールで計算し、安定してグライドできる角度を計算したところ、実際の観察と値が見事に一致した。魚類でも人間が設計した乗り物のように計算と一致した行動を取っていることが当時新鮮だったという。

生身では難しい実験を流体解析に置き換える

解析には約10年前からソフトウェアクレイドルの流体解析ツール「SCRYU/Tetra」を使用しているという。同ツールを選んだのは、国内で開発されたソフトであり、かつ使いやすかったからだ。流体解析に取り組みたいと考えたものの、自分たちで解析ツールを開発するのは負担が大きかった。そのためパッケージ製品で使いやすいものを探していたところ、SCRYU/Tetraに出会った。

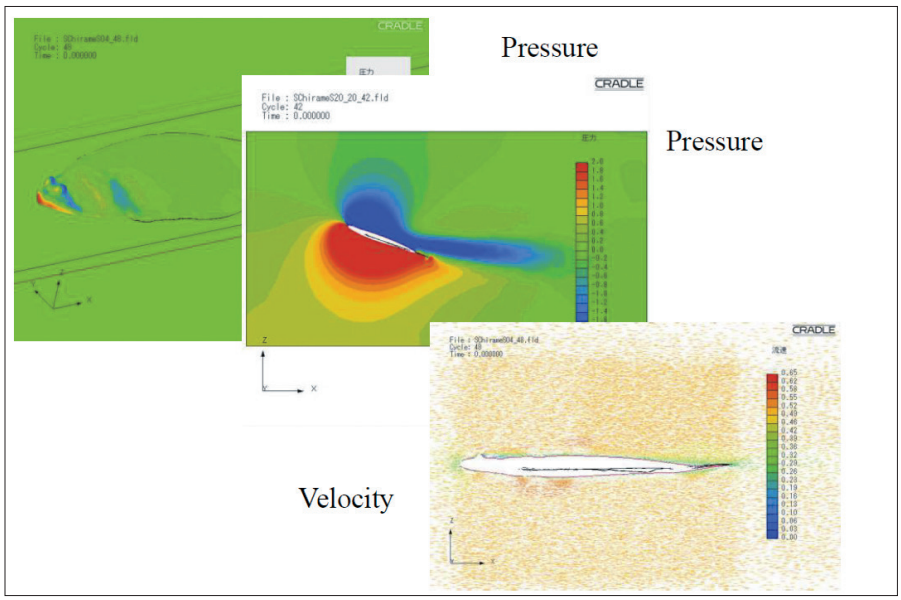


図3　SCRYU/Tetraを使用したヒラメの解析結果

同ツールは使いやすい上に購入後のサポートも充実しており満足しているという。解析ツールで絶対値を求めることは難しいが、迎角2°と4°での抵抗の違いなど、相対的な比較には有効だということだ。

「サメ肌とヒラメの表皮での比較となると乱流が関わり、乱流モデルの組み込み方で解が変わってしまうので、まだ使うのは難しい」というが、「最近はコンピュータの性能も向上し、価格も落ち着いて研究費でも購入しやすくなってきた」というように、使用する環境も整ってきたといえそうだ。

「実験ではアバウトな数値しか出せません。この分野で非接触でデータを出すには、シミュレーションしかありません。今や欠かせないツールです」と高木氏は言う。

漁業にもっと ICT 技術を活用したい ―― ICT 活用が漁業を救う

高木氏は、将来、漁業にもっとICT（Information and Communication Technology）を活用していければという。農業分野では環境のモニタリングや農作物の観測などにICTの活用が進んでいる。だが水中の世界では水深も広さもあり、観察することすら簡単ではない。だからこそ高木氏らが取り組む魚の行動や網の展開のシミュレーションなどはICTの有望分野だ。

生物の行動を解析できれば、適切なサイズのみを、速度や行動パターンを利用して捕れるようになるかもしれない。これらを基に種類に応じた適切な漁獲方法が確立されれば、水産資源の効率的な利用や安定した生産に結び付けられる。高木氏らは、ICTを駆使した漁業のことを「スマートフィッシング」と呼んでいる。その実現のためにもシミュレーションをはじめとするICTがますます欠かせない技術になりそうだ。

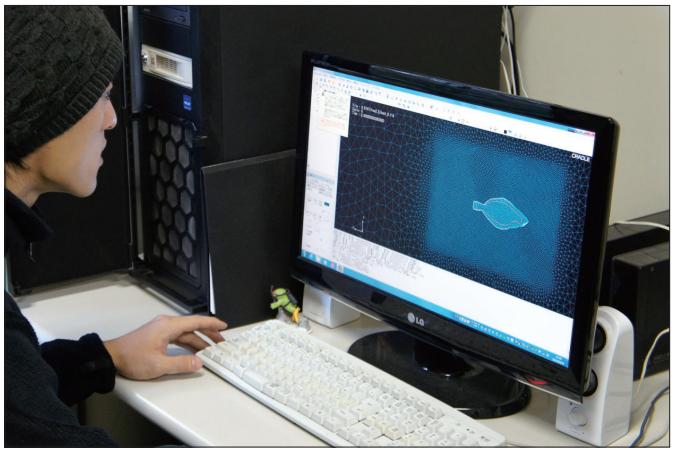
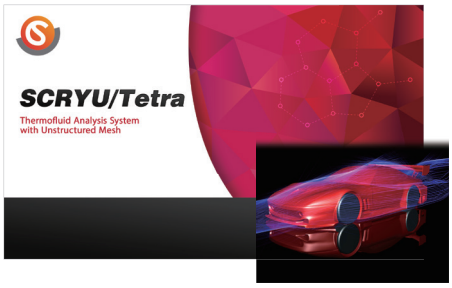


図4　SCRYU/Tetraで解析する様子

図5　（左）近畿大学農学研究科水産学専攻 漁業生産システム研究室
博士後期課程2年生 小川晋さん
（右）近畿大学　農学部水産学科 講師 鳥澤眞介氏

関連製品のご紹介



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くだけとなっています。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2014年3月現在のもので、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。

© Software Cradle