

〈連載(270)〉

客船の操縦性と
フィッシュテール型舵について考える



大阪府立大学大学院 海洋システム工学分野教授
池田 良穂

最近の客船の操縦性能は極めてよいことがよく報告されている。10万総トンを超える大型クルーズ客船では360度旋回可能なポッド推進器に加えて、巨大なサイドスラスタを船首に複数装備している船が多い。したがって「その場回頭」が可能で、筆者の研究室で行ったAISデータに基づく長崎港での解析では、必要回頭スペースは、わずか船長の1.2倍であることが分かった。これは、同じくAISデータに基づくコンテナ船の分析結果の約60%とかなり狭い。しかも、コンテナ船とは違って、タグボートの支援は受けていないから、まさに驚異的な数字と言える。

欧州のクルーズハブ港に入っている巨大客船の様子がグーグルアースで見ることができるが、確かに狭いスペースに複数の巨大客船が接岸している。こうしたことができるのも、新しい推進器と巨大サイドスラスタのおかげと言える。また、こうした強力なハードウェアだけでなく、各種の操船用のソフトウェアが操船者の手助けをしている。風や潮流等を考慮に入れ、さらに

電子海図を用いて岸壁への接触の予測や接岸速度などを予測するシステムも実用化されている。

9月に乗船したバルト海のクルーズフェリーには、狭い多島海を航行するための自動操船システムが搭載されていた。最近、自動車の自動運転システムや、自動駐車システムが開発されて注目を浴びているが、船の世界はその少し先を行っている。かつて、日本では知能化船開発のプロジェクトがあった。だが、当時のIT技術では実現が難しく実用化はできなかった。しかし、現在の進んだIT技術を使えば無人ロボット船団が大洋を航海することが可能になるかもしれない。発想はよかったが、時代的に早すぎた技術開発の一例かもしれない。

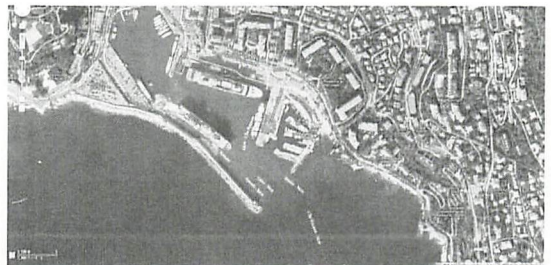


写真 狭いニース港に停泊する2隻の大型客船
(グーグルアースより)

舵でも、高い揚力を発生させることのできる高揚力舵が古くから開発されてきた。たとえば舵の後端に可動フラップを付けたフラップ舵や、小さなプロペラを付けた舵、そしてシーリングラダーと言う商品名で販売されている魚型断面をもつフィッシュテール舵などがよく知られている。特にシーリングラダーは、フラップやプロペラといった可動部がないため、故障の確率も低いことから、広く普及している。

シーリングラダー(ジャパンハムワージ社)のカタログによると、最大揚力係数は一般的な翼型断面の舵よりも30%近く大きいとされている。しかし、その揚力が大きくなる流体力学的なメカニズム、また抵抗が大きいのではないかというデメリットについては、筆者の長年の疑問であった。

抵抗や揚力について、壁にぶつかった時に筆者がまず開くのがヘルナー(S. F. Hoerner)著のFluid-Dynamic Drag(1965年出版)とFluid-Dynamic Lift(1975年出版)の2冊だ。いずれも自費出版本だが、大学の図書室で学生時代に巡り合った。あらゆる形状の抵抗や揚力を網羅的に紹介した一種の流体力学便覧で、時々、開くだけで楽しい本である。

その第8章には、右図のように、フィッシュテール型の一種のウェッジ付の舵の揚力についても紹介がされていた。すなわち、流線形断面では最大揚力係数が0.98なのに対し、後端をカットすると1.3に、ウェッジをつけると1.25となり、断面の後端形状を流線形から変化させることによって30%程度の揚力増加が可能となっている。

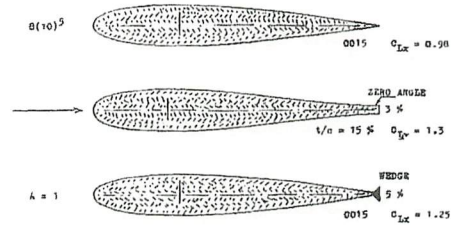


Figure 6. Effectiveness (maximum lift and normal force coefficients) of three control or rudder section shapes, tested (4,c) in the form of rectangular "wings" with $A = 1$.

しかし、同本にも揚力が増加する流体力学的なメカニズムについての説明はなかった。また、翼の後部の形状変化によって揚力特性がどのように変わるかについてもわからなかった。

筆者の研究室にベトナム・ダナン大学の講師の先生が、博士号を取得するためにやってきた。彼は、舵の特性について、プロペラや船体との干渉効果も含めて数値流体力学(CFD)を使って解明したいという。CFDとは、流体の運動を支配するナビエ・ストークス方程式をコンピュータを使って解く方法で、少し前までは、その計算手法の開発自体が最先端の研究だったが、今では市販のコンピュータソフトがいくつも出回り、それを購入すればだれでも計算ができる環境になりつつある。

筆者の研究室でも、数年前から、Fluentというソフトを購入し、これまでに新開発のノンパラスト船の平水中抵抗や波浪中抵抗の計算に用いてきた。現在は、15台余りのコンピュータが、日夜、船舶の流体力学的解析のために稼働している。

彼には、まず、このCFDを使って、フィ

フィッシュテール型舵の高揚力発生メカニズムと、抵抗増加について説明することをテーマとして与えた。半年ほどの研究で、フィッシュテール型舵の流体力学的特性の全貌が明らかになった。

その結果によると、フィッシュテール型舵では、直進時には、舵の最大幅位置より少し後方で剥離が起こり、一種の死水域が形成され、それが後端のテール部分までをうまく覆うようにすると抵抗があまり大きくなり、迎角が10度程度までは維持され、それ以上になると抵抗係数はうなぎ上りに増加する。

舵を切って流れに対して迎角が付くと、舵の前面側での剥離が次第に後方に移動して、死水域が少なくなり、迎角が10度を超えると死水域は消えて舵の後端付近の圧力が上昇し、これが高揚力を発生する。計算された揚力係数は右図のようになり、迎角が5度程度で、一般的な流線形断面舵に比べて60%も揚力が大きくなり、最大揚力係数は30~60%も増加する。この30~60%の増加量の違いは、フィッシュテールの後端の大きさ(テール幅)によるが、最大揚力係数が大きい断面形状ほど、直進時の抵抗も大きくなるから、その両者の兼ね合いが設計上は重要となる。

こうして、長年のフィッシュテール型断面舵の流体力学的特性に関する疑問が解消された。この結果を、船舶の高性能化にいかに応用するかが、次の課題である。

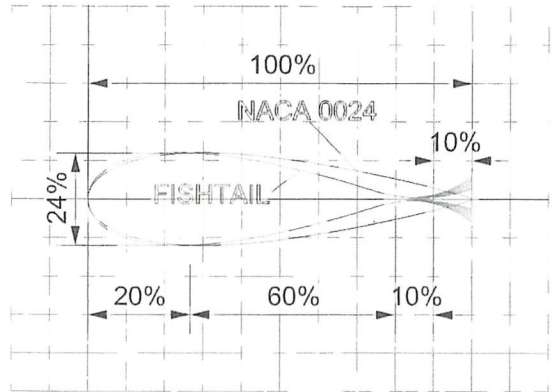


図 計算に用いたフィッシュテール断面形

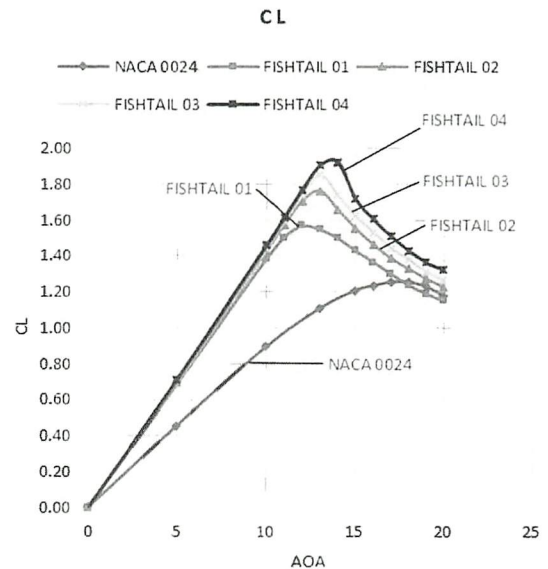


図 CFDで計算したフィッシュテール断面舵の揚力係数

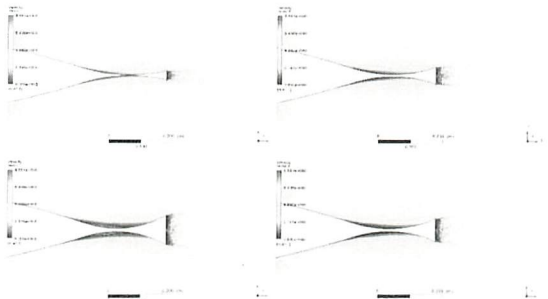


図 迎角が0の時の死水の状況