

〈連載(357)〉

波による抵抗増加



大阪府立大学 名誉教授
池田 良穂

一時期、日本で建造された優秀な船が、波の中で走らないという話を海運会社の人からよく聞いた。筆者は船の横揺れや復原性が専門だったので、その理由についての科学的な理由はよく分からなかったが、平水中での速力を重視して、比較的静かな海域での海上試験で契約速力ができればよいという古くからの商習慣がそうした船を生んだのだと聞いた。平水中では性能を極限まで追い求めて最小の馬力で走れるが、波があると馬力が不足するというのである。その後、実海域での性能が着目を集めて船型改良が進んでいるのは周知のとおりである。

現在、海文堂出版から依頼の「新・船の知識(仮題)」の執筆を行っているが、そのための文献調査で、三菱重工の谷口中氏が執筆した雑誌記事「船型開発物語」を読み直した。1970年2月～4月に日本造船学会誌に3回にわたって掲載された記事で、三菱の長崎水槽の歴史にはじまり、バルバスバウ付き痩せ型船型の開発、フィンスタビライザーの開発など多彩な内容だが、その中に1951年の冬に行われた、貨物船「日聖

丸」の横浜からバンクーバーの往復航海のエピソードが書かれている。同船に産学官の船舶研究者10人が乗り込んで実船計測を行い、船の速力、プロペラ回転数、軸馬力、ピッチング、ローリング、船体主要部に働く応力、海象(波高、波長、風)等が計測された。この時の乗船で、船舶の波浪中の性能低下が如何に大きいかが、主に実験室レベルの研究を行う船舶研究者にも認識されたとのことで、その後の日本の耐航性研究の発展に繋がった。その後、太平洋航路に日本のコンテナ船が就航した頃にも同様の実船計測プロジェクトが行われているが、筆者はまだ学生の時代で、こうした実船実験に携わることはできなかった。

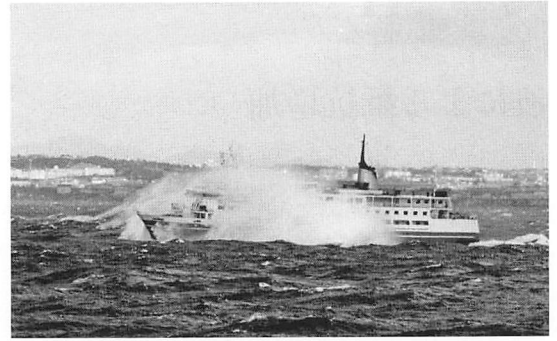
このように70年も前に認識されていたにもかかわらず、近年になって冒頭のような問題が発生したのは、船を建造する造船所としては平水域での試運転における速度補償が精いっぱい、とても実海域における性能を保証することは技術的に難しかったからだ。例えば6mの波高の向波で、設定航海速力からの速力減少が2ノット以内と言う契約をしたとしても、その2ノット以

上の速力減少が起こった時の海象が本当に波高6mに達していたかといった自然条件を正確に把握することができずに、造船所と船主との水掛け論になりかねないからである。

しかし、通信技術の進歩と、各種のセンサーの発達によって、リアルタイムの船の運航状況や気象海象のデータが取れるようになって、実海域における性能保証もできる環境が整いつつある。いよいよ、実海域での性能が、海象のデータと共に正確に把握されるようになって、船の波浪中の性能の良し悪しが正当に評価される時代に突入するものと思われる。

さて波浪中の抵抗増加は、正面から波を受ける向波中で大きくなる。その量および発生メカニズムは、波の長さ(λ)と船の長さ(L)の比、すなわち λ/L によって大きく異なる。 λ/L が1よりかなり小さい時には、船の縦揺れはあまり大きくなり、船首に当たった波が反射されることによる反力による抵抗増加が支配的になる。問題となる海洋の波の多くは、波長が150m以下なので、200~300mを超える大型船では、この成分が大きい。すなわち、船体は余り揺れていないのに速力が落ちるという現象がみられることとなる。この波の反射による成分を減らすには、水面上の船首形状が重要となる。すなわち水面上の船首形状を尖らせて、波を側面方向に反射をさせると波による抵抗増加を減らすことができる。これがユニバーサル造船(現JMU)の開発したアックスバウ、すなわち斧状の船首形状である。その後、水面下のバルブからア

ックスバウまでを繋げたリッジバウも開発され、これが今流行りの垂直船首形状へと繋がったように思う。



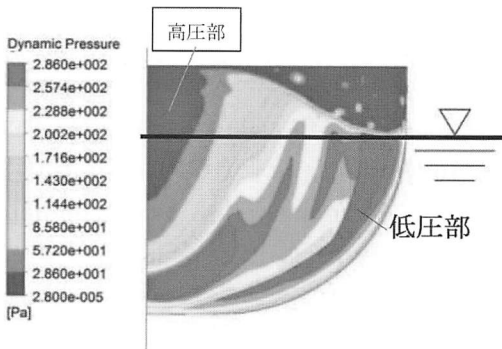
船体がほとんど揺れない短波長の波でも、船体には波による抵抗増加があり船速が落ちる。瀬戸内海での別府航路客船の写真。



ユニバーサル造船が開発したアックスバウは、水面上船首を尖らせて、船首に当たる波を左右に反射させて抵抗増加を軽減している

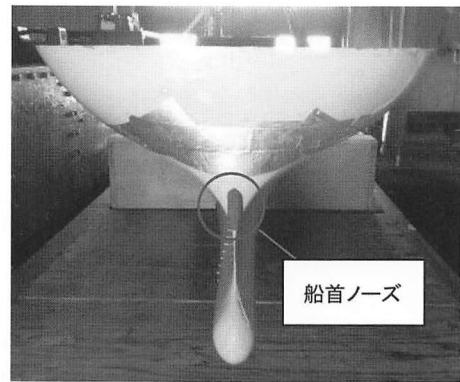
元々、波浪中抵抗増加の専門家ではない筆者が、波浪中抵抗増加に興味を持ったのは、ベトナムからの留学生がCFD(コンピュータによる数値流体力学)で波浪中の抵抗を計算していたことにあり、船首正面に波が当たった時の船体表面の圧力分布の計算結果を目にした時であった。ノンバラスト船として開発した鈍頭の肥大船の水面上船首表面にくっきりと高い圧力の部分が現

われ、波の高さによってその形と位置が変わっていくことに気が付いた。すなわち船首に波が当たってスタグネーション(よどみ点)が現われて、その周辺の圧力が高くなり、これが波浪中抵抗増加になっていることがわかった。この高い圧力の部分に必要なサイズの突起をつけて圧力を減らせば、波浪中抵抗増加は減るはず。これをノーズと呼んで、模型船に取り付けてCFD計算や模型実験をしてみると、ほぼ想定通りに波浪中抵抗増加を減らすことができた。既存船でも、水面上船首に適切な位置に適切な大きさの突起を付加すれば、アックスバウと同様に波浪中抵抗増加を減らすことができるのだ。この時には本当に嬉しかった。



正面規則波を受けながら航行する肥大船船首に働く圧力分布のCFD計算値(波の山が船首にぶつかる瞬間。右上部分は空気中)

次に行ったのが、痩せ型のPCCの波浪中抵抗増加の研究だった。こちらは実験ベースでの研究で、波浪中での船首のスプレアの観測を行い、そこからスタグネーションの位置を探るという手法を試してみた。しかし、これはCFDのようにはいかなかった。なかなかスタグネーションの位置が特定できない。波の高さによっても、波の長さによっても位置も形も違っているようで、ここかという位置にノーズをつけても思うようには抵抗は減らなかった。そんな試行錯誤の後、意外にもフレアーの付根当りに小さなノーズをつけることでスプレーが減少して、波浪中抵抗増加もかなり減少することがわかった。この研究を修士論文の研究として行った女子学生は、今は、DNVのスタッフとして海外で活躍している。



PCCの船首用に開発された船首ノーズ。模型実験から最適な位置と形を求めることができた

こうした一連の研究(参考文献に示す)で、CFDの有用性が確認でき、適切な付加物で波浪中抵抗増加を減らすことができることを示した。模型実験とは違って、CFDは単に抵抗だけでなく、圧力分布や、渦の発生など様々な流体現象を設計者の目の前に示してくれる。筆者が現役時代には考えられなかった進歩である。現役の最後に、少しだけ、CFDの活用法について研究できたことはとても幸せなことであった。

波浪中の抵抗増加の研究としては、 λ/L が大きい場合、すなわち船の長さが波長と同じか、それ以上の場合で、船が波によって大きく縦揺れをしながら航行する時の

抵抗増加の低減方法の開発が残っている。この時の抵抗増加は、主に船体が揺れることによって発生する造波現象によるものとされているが、船体運動を減らすことだけしか削減法がないのであろうか。CFDでは、波浪中で運動する船体の計算もできる段階に来ていると聞く。CFDを通して揺れる船体から発せられる声を聴き、小型船での波浪中抵抗増加を減らす合理的な方法が発見されるのも、そう遠いことではないように思う。



波の中で大きく縦揺れしながら進む貨物船。船長より長い波を受けると船体運動が大きくなり、その運動によって生ずる波が抵抗増加を生む

参考文献

- (1) N.V.He, Y.Ikeda: Added Resistance Acting on Hull of a Non Ballast Water Ship, *J. Marine Sci.Appl.*, 13, 2014
- (2) N.V.He, Y.Ikeda: Optimization of a triangle nose attached on the blunt bow ship to reduce added resistance in wave by using CFD, *日本船舶海洋工学会講演会論文集*、第18号、2014
- (3) Y.Ikeda, Y.Aoyama, S.Ibata, H.Ngo, S.Miyake: Development of a small Nose to reduce the added resistance in short waves for a blunt ship, *Proc. of JNT-NAM2014*, 2014.10
- (4) Y.Aoyama, N.Shimizu, S.Ibata, Y.Ikeda: Development of a bow appendage to reduce added resistance in head waves for OPU Non Ballast Ship, *日本船舶海洋工学会講演会論文集*、第20号、2015
- (5) Y.Aoyama, N.Shimizu, S.Ibata, Y.Ikeda: Development of a bow appendage to reduce added resistance in head waves for OPU Non Ballast Ship in very shallow draft condition, *日本船舶海洋工学会講演会論文集*、第22号、2016
- (6) 青山裕子他: 波浪中を航行する肥大バルクキャリアの船首スプレー特性と抵抗増加軽減船首付加物の開発、*日本船舶海洋工学会講演会論文集*、第22号、2016
- (7) Y.Aoyama, Y.Tai, T.Ikebuchi, S.Ibata, S.Miyake, Y.Ikeda: Development of a bow appendage to reduce added resistance in head waves for a PCC, *日本船舶海洋工学会講演会論文集*、第22号、2016