



〈連載 (323)〉

## 船舶研究の思い出ばなし



大阪経済法科大学・客員教授  
池田 良穂

いつものように日本船舶工学会から分厚い英文論文集が送られてきた。ぱらぱらとめくっていると「Ikeda revisited」という論文タイトルが目飛び込んできた。直訳すると「再考されたIkeda」となるが、Ikedaとは？ 私？

さっそく読んでみると、Ikedaはたしかに筆者のことで、筆者がずいぶん昔に作成した「船舶の横揺れ減衰力の推定法」を、最

近の大型のPCTC等にも使えるように改良したことを報告する論文だった。スウェーデンのワレニウス社の技術者とKTH大学の先生の共著で、Ikeda法と呼ばれる推定法を、最近の大型PCTCに応用すると過小評価になるので、ビルジキールと船体に働く揚力によってつくられる横揺れ減衰力の評価を修正して合うようにしたという内容だった。

### 論文タイトルと要約

Journal of Marine Science and Technology (2019) 24:306–316  
<https://doi.org/10.1007/s00773-017-0497-z>

REVIEW ARTICLE

#### Ikeda revisited

Carl-Johan Söder<sup>1</sup> · Anders Rosén<sup>2</sup> · Mikael Huss<sup>1</sup>

Received: 6 February 2017 / Accepted: 28 October 2017 / Published online: 29 November 2017  
 © The Author(s) 2017. This article is an open access publication

#### Abstract

In this paper Ikeda's method for roll damping prediction is revisited and the applicability of the method to modern volume carriers is considered. For volume carriers the hull lift and bilge keel components are the dominating components and the estimation of these components in the original method are benchmarked and scrutinized. It is concluded that the speed dependence of the bilge keels damping is underestimated by the original method. This is partially explained by that Ikeda seems to have underestimated the lift force of the bilge keels in his analytical expressions. Correcting for this and taking account of the lift force-generated pressure on the hull surface gives overall better agreement with model tests. It is also concluded that the hull lift damping component is significantly overestimated with the original method. Non-viscid CFD is used to propose a new generic expression for estimating the lift coefficients for volume carriers which greatly improve the accuracy in comparison to model test results. With these improvements Ikeda's method is revitalized and the applicability is extended to unconventional volume carriers.

**Keywords** Roll damping · Semi-empirical methods · Model tests · Ikeda's method · CFD · Volume carrier

船舶の横揺れ減衰力は、波の中での大きな同調横揺れを抑えるために非常に大きな力であり、それを大きくするために船にはビルジキールが取り付けられ、さらにフィンスタビライザーやアンチローリングタンク、高速船ではTフォイルやトリムタブなどが装備されることもある。

ちょうど筆者が大学院の学生の時、この横揺れ減衰力の研究に取り組んで、その推定法を作成した。もう40年以上も前のことである。この推定法は、世界的には「Ikeda method」と呼ばれており、波浪中の船体運動の計算プログラムの中に広く装着されるようになったが、なんとといっても裏方で、あまり脚光を浴びることはなかった。

しかし、最近IMOの第2世代の非損傷時復原性規則の中で、パラメトリック横揺れ等の計算に、この方法を使うこともできることとなり、少しは脚光を浴びることとなった。そして、時々、この方法で推定した横揺れ減衰力が合わないといった趣旨の論文が発表されるようになったが、もともと半世紀前の当時の一般貨物船や大型タンカー用を対象に作られた方法なので、新しい船型になれば合わない場合がでてくることもいたしかたない。

本連載の原稿執筆の直前に、以上のようなハプニングがあったので、客船からは少し話題はそれるが、少し思い出話にお付き合いいただきたい。

大学の研究者にとって研究テーマを見つけることは意外に難しい。たまたま目の前に格好のテーマが現れることもあるが、それは極めてまれである。

筆者が大学院生の頃、船舶の耐航性の研

究分野では、完全流体力学(ポテンシャル理論)という条件の下に、運動する船体に働く流体力を理論的に求めて、それを船体運動方程式に代入して運動を計算する方法に関する研究が全盛期だった。

完全流体力学とは、流体の粘性すなわち粘り気をないとして近似的に展開した理論で、波の問題等は良い精度で計算ができる。特に縦揺れや上下揺れなどの運動は、波を造ることによる流体力が支配的なので理論とよく合う。ただし、船体運動の中で横揺れだけは粘性の影響を強く受けるために、理論計算をすると60度とか90度といったとんでもなく大きな横揺れとなる。そこで、当時は横揺れ減衰力の理論値を適当に大きく修正することで目をつぶっていた。当時、粘性の影響を考慮した流体を理論的に解くことは不可能だったからである。

当時研究テーマを探していた筆者は、当時の流行の分野である完全流体力学を使った船体運動理論では、優秀な研究者が集中して研究をしており、とても成果は出せそうもないので、ほとんどだれも見向きもしていなかった横揺れ減衰力にチャレンジすることとした。

それまでは個々の船型について模型船を造って水槽で横揺れ減衰力を計測して、それを運動計算に使うという方法が一般的であったが、それでは普遍性に乏しく学問とは言えない。そこで、まずは、横揺れ減衰力がどのようにして発生するかを物理的に明らかにすることから研究を始めた。

船体が回転することによる摩擦力、船体の角やビルジキールから発生する渦による力、前進速度に伴って生ずる揚力などは、

いずれも流体の粘性によって生じ、それがそれぞれ横揺れ減衰力に寄与する。このように粘性に基づく横揺れ減衰力をいくつかの成分に分離して計測し、それぞれの特性を徹底的に調べて推定法を組み上げた。

この研究の過程で学んだことは、根本まで戻って考えることが大事だということだった。ただ、実験を繰り返しても真実はなかなか見えないことも実感した。それは、実験値は様々な実験誤差を含んでいて、その陰に真実が隠れてしまっていることが往々にしてあるためだ。そこで粘性の基本である境界層の特性、剥離の発生メカニズム、2次元の渦と3次元の渦の違い、流れの迎え角と揚力の関係などをできるだけ基礎理論を勉強して、それをベースにして実験値を整理してみると現象の裏側にある法則が見えてきて、それを活用して各成分を組み立てていくと、意外に適用範囲の広い推定法を組み立てることができた。

この出来上がった横揺れ減衰力の推定法を応用して、日本の復原性規則またはIMOのウェザークラリティアをクリアするためのビルジキールの寸法を求める手法なども考案した。

そして、この研究の過程で得られた知見は次の研究テーマにも繋がった。当時は造船不況に突入して、造船各社は、船に次ぐ第2の柱として海洋開発に取り組みはじめていた。海洋構造物のジャッキアップリグ、セミサブともに、働く波力を推定するためには粘性流体力学が必須であった。ジャッキアップリグの足に働く粘性波力や、セミサブのローハルに働く粘性流体力等を明

らかにすることができた。

しかし海洋開発の全盛期もそう長くは続かず、衰退期に入った頃に、また新しい研究テーマが見つかった。

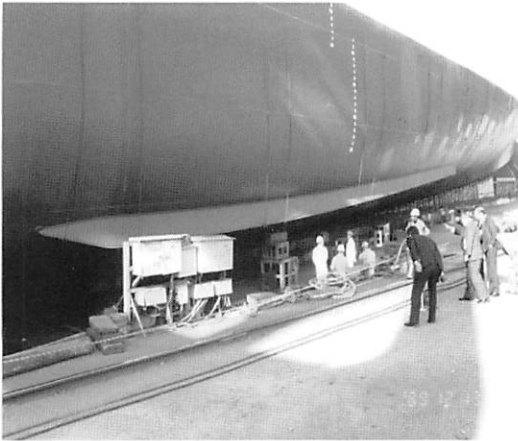
それが高速艇の流体力学であった。船底に働く揚力で浮上して抵抗を低減させて高速をだす半滑走艇はそれまでの流体力学ではなかなか対応ができなかった。しかも小型船の場合には多額の費用のかかる模型船の水槽試験を行うこともままならない。

そのため、どちらかというとな年の経験と勘で高速艇は設計、建造されていた。加速時に船首が上がりすぎて滑走に移れない船や、滑走時の姿勢が最適でなく所要の速力がでないといった事例もあることがわかってきた。

それまで半滑走艇の抵抗試験は、一般的な排水量型船舶の場合と同様に、模型船を上下方向とトリム角を自由にした状態で曳航して抵抗を測っていた。これでは静止状態の姿勢と重心位置の違いによって、抵抗はいろいろと複雑に変わる。これが高速艇の抵抗推定は難しいと言われる原因であった。



同調横揺れする小型船の様子



船の同調横揺れを軽減するためのビルジキール

しかし、その姿勢変化は、船体に働く重力と、水からの抵抗と揚力、そして曳航力(実際の船では推進器が発生する推力)のバランスで決まるはずだ。ここで未知数となるのは、水からの抵抗と揚力だけで、これは船体の浮上量とトリム角が決まれば決まるはず。すなわち、浮上量とトリム角を系統的

に変化させた時の船体に働く流体力が系統的に分かっていれば、どのような重心前後位置、推進機配置によろうが、走行する姿勢と抵抗は決まるということに気がついた。

こうして流体力データベースによるシミュレーションを使った高速艇の新しい抵抗推定法を開発することができて、それを報告した論文には学会の賞もいただいた。その後、比較的小さな模型でも精度よく流体力が計測できることもわかり、尺度影響についても解明されて、小型高速艇の船型開発にも利用できるようになった。そして、民間企業との共同研究として、フルード数が6という超高速滑走艇であるジェットスキーの船型開発でも、この試験法が威力を発揮した。しかも模型船の大きさはわずか60cmでも精度の良い計測ができた。この試験法は、今でも大阪府立大学の曳航水槽で実施することができる。

## Eメール質問箱

読者の皆様からの、ご質問・ご意見をインターネットで受け付け致します。

どんなことでも結構です。どしどしお寄せ下さい。

ご質問については、小社で出来得る限り回答致します。不明の点についても関係各方面に問い合わせ、ご期待に沿えるよう努力いたします。



ご意見には実名・匿名の区別をご指示下さい  
アドレス kyoyu@sanyonet.ne.jp