

99/12/20提出
「生産と技術」

工学研究科・船舶海洋工学専攻

船舶工学講座船舶設計学領域

長谷川和彦

Sub-area of Ship Design, Area of Naval Architecture,
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering

Keywords : ship design, ship manoeuvrability, ship controllability

1. はじめに

平成 10 年 4 月、工学部の大学院重点化の最後となった地球総合工学科に属する船舶海洋工学専攻には、船舶工学講座と海洋システム工学講座があり、船舶工学講座はさらに

- ・ 船舶設計学領域 (長谷川研究室)
- ・ 船舶構造強度学領域 (矢尾研究室)
- ・ 船舶性能学領域 (松村研究室)

の 3 領域 (研究室)、海洋システム工学講座はさらに、

- ・ 海洋システム工学領域 (富田研究室)
- ・ 海洋空間開発工学領域 (内藤研究室)

の 2 領域 (研究室) に分かれている。さらに、協力講座として、接合科学研究所・機能評価研究部門の

- ・ 数理解析学分野 (村川研究室)

がある。

本稿は、このうち、船舶設計学領域について、紹介する。

2. 船舶の船型設計

本来、船舶の設計にはその性能 (スピード、操縦性、耐航耐波性など) を得るための船型設計と与えられた貨物の種類や搭載量に応じた強度を実現するための船殻設計に分かれる。本研究領域では船舶性能学領域 (推進抵抗性能) および海洋空間開発工学領域 (耐航耐波性能) とともに前者の設計を扱い、主に操縦性能、復原性能について教育と研究を行っていたが、平成元年に造船学科および専攻が船舶海洋工学科および専攻に改組されたに伴い、一部、海洋工学分野の教育・研究にも着手している。

さらに、平成 10 年度の大学院重点化に伴い、

上述した 5 領域に組織替えされ、各領域ではそれぞれ独自の領域へと発展しつつある。

しかし、すべての領域が船舶や海洋構造物の性能と設計に関与しており、本領域はその一翼を担っているだけに過ぎない。ここでは、従来から行われてきた本領域の主テーマである、船舶操縦性と船舶復原性について紹介する。

3. 船舶操縦性能

3. 1 自由航走試験と K T モデル

船舶の操縦性能とは、設計された船舶が運航されるときに針路安定性と旋回性に代表される。この分野を世界的にリードしてきたのが本研究室 (旧船舶操縦性研究室) の野本謙作名誉教授である。船舶に働く操縦流体力は粘性流体力学が支配的であり、当時、初期設計段階での操縦性推定はきわめて困難であった。野本名誉教授は電気工学や制御工学の手法を取り入れ、K (ゲイン) と T (時定数) というふたつの指数を用いた一次遅れ応答モデル (K T モデル) を 1960 年代に導いた。さらに、その指数を求めるため、模型船を用いた自由航走試験 (いわゆる Z 試験) を提案した。豊中キャンパスの図書館前の池や吹田キャンパスの総合研究棟前の池で、模型船が走っているのをご覧になった方がおられることと思う。見た目には遊びに見えるが、かなり正確な計測と制御をアナログを用いてデジタルに行うという野本名誉教授の大胆な発想が試験装置の随所に見えた。

現在も、その簡便性ゆえ、野本名誉教授提案の Z 試験とその K T 解析 (模型実験から K、T を求めること) は重要な試験として実船が進水後の公式海上試験のひとつとして実施されており、これを上回る実船の操縦性試験は提案されていない。

3. 2 船舶試験水槽とMMGモデル

その後、1970年代に入り、筆者を始め日本の主要な操縦性研究者が集まり、船舶の操縦運動数学モデル検討グループ（略称MMG）を結成し、新しい操縦運動モデルを提案した。これがMMGモデルである。KTモデルが自由航走試験によりその指数を求めたのに対し、MMGモデルは船型試験水槽（本学のもは、長さ100m、幅8m、深さ4.5m）や角水槽（長さ50m、幅30mほどの水槽、本学にはないが、MMGモデルの普及や海洋構造物などの波浪中試験に伴い日本中の造船所や造船関連研究所に相次いで建造され、現在では世界的な船舶研究所にはある）において拘束模型試験を実施して、そのパラメータを同定する。そのため、模型船を拘束しながら、特定の運動をさせるための試験装置がいろいろ考案された。本研究室では模型船に正弦上の運動をさせるPMM試験装置を作り、その後、システム解析の手法を用いて解析できるインパルス応答型のPMM試験装置に改造した。

MMGモデルは、1980年代に入って操縦運動モデルとして日本にはすっかり定着し、世界的にも流通しており、ここでもMMGを中心とした日本の研究者が世界をリードしている。

現在は、MMGモデルの精密化、そして、基本設計段階における船舶主要寸法等からの推定法、されには数値流体力学（CFD）を用いた理論的推定法の研究が進んでいる。数値流体力学分野の研究では船舶性能学領域や運輸省船舶技術研究所などで研究が進んでおり、今後の発展が期待できる。

4. 操船シミュレータ、自動運航・航行支援システムと交通環境評価

4. 1 操船シミュレータとヒューマン・マシン・システムの解析

1970年代、相次ぐ大型タンカーの建造ブームにより、各造船所は競って大型の建造ドックを作り、世界一の記録は次々と日本の造船所によって塗り替えられていった。しかし、タンカーは大型になると針路不安定になり安全上、危険となる。現に大型タンカーの事故が世界各地で起こり、原油流出などの問題に発展しつつあった。

そこで、航空機などではすでに訓練などの目的で使用されていたシミュレータを本研究室に作った。

船舶用のものとしては世界最初である（1976年）。当時はそれほど大規模な計算機はなく、書棚ほどの大きさのアナログコンピュータを用い、インターフェースはOPアンプを用いた手作りであった。それが、筆者の修士論文である。卒業論文ですべて手作りのアナログコンピュータを自作していて、その時、アナログ回路やロジック回路を1から勉強したのは今でも筆者の財産となっている。

また、この操船シミュレータを用いて行った実験の結果、人間が与える最大の位相補償は船舶の場合30度から40度である、ということがわかった。これがその後、国際海事機構（IMO）による船舶の操縦性国際基準の根拠のひとつとして採用されている。

4. 2 自動航行・操船支援システムと交通環境評価

1980年代に入り、コンピュータの性能が格段に飛躍するにしたがい、人工知能の研究が盛んとなった。また、ファジィやニューロといった新しい概念も実用化されてきた。

東京湾や瀬戸内海といった幅狭海域でタンカーなどの衝突・座礁事故が相次ぎ、操船者のヒューマン・エラーが問題となった。そこで、船長の判断をもつ自動化船の計画が運輸省を主体として始まった。筆者はその計画とは別に独自の研究を続けており、現在は、幅狭海域ですべての船に船長判断を持たせた交通流シミュレーションやシミュレータが研究室内で実現しており、幅狭海域での交通環境アセスメントなどに利用されている。

現在は、GPSとAIS（VHFを用いた自動船舶情報通信システム）、さらに通信衛星を経由したインターネットによる海域船舶航行情報・支援システムへと展開中である。

5. 船舶復原性

衝突・座礁と並んで多いのが転覆事故である。世界的には「タイタニック」の氷河との衝突による浸水による事故、日本では青函連絡船「洞爺丸」に転覆事故を契機にして国内法、国際法とも船舶の復原性基準を設け、事故の再発防止をねらっている。それでも転覆事故があとを絶たない。多くは悪天候についての無謀航海が原因であるが、中には、基準を満足しているにもかかわらず事故を起こしたケースがある。こうした転覆事故のうち、

波浪中、特に追い波中（波が船の船尾方向から来て船を追い越していく状態）の転覆現象について研究を長年行ったのが本研究室（当時、運動制御学講座）の浜本剛実名誉教授である。特に一瞬の波によって起こり、船乗りに恐れられているブローチングと呼ばれる転覆現象や、パラメトリックオシレーションと呼ばれる真追い波中の波との相対出会い周期により起こる同調横揺れによる転覆などこれまで試験水槽では見られなかった現象を次々と再現し、さらにそれを数値シミュレーションによっても再現し、この分野の世界的第一人者となった。

現在、この研究は梅田直哉助教授により引き継がれており、本研究室の新しい展開が期待される。また、この分野では国際試験水槽会議 (ITTC) や国際海事機構 (IMO) 、さらに、日英共同研究、日本学術振興会のインドネシアとの学術交流事業などにより国際的なプロジェクトとして国際協力にも貢献している。

6. おわりに

専門外の方にも、読み物として本研究室の概要について紹介するつもりだったが、やはり、専門用語などあり、筆者の能力不足を露呈する結果となった。しかし、読み返してみると、本研究室は常に「安全」を基本とした船舶の性能設計にずっと関わっており、しかも、担当教授はいつも新しい分野を切り開いており、その結果、いずれも世界的研究者となって活躍していることに誇りを感じる。こうした研究室の風土は、野本、浜本両名誉教授によって培われたものであり、この場を借りて両名誉教示に感謝申し上げたい。