

工学博士乾 崇夫君の「船舶の造波抵抗に関する研究」 に対する授賞審査要旨

水面を航行する船舶の後方にはケルビン波として知られている波紋ができるが、そのために船は造波抵抗という形でエネルギーを消費している。船体の形状、すなわち船型と造波抵抗との関係を追求し、可能なかぎり造波抵抗の小さい船型を探究することが、船型学での基本的な課題である。

船型の研究は、乾君の研究がなされるまでは、試験水槽における模型実験を主とした方法で進められ、その意味で経験船型学と呼ぶことができる。一方、造波抵抗理論の研究は、このような船型の研究とは関係なく進められ、船型の改良に対しては無効に等しかった。しかし乾君の造波抵抗に関する研究によって、理論が初めて造波抵抗の小さい船型を得るための有力な手だてとなり、多くの新しい考えの導入や、理論の改善によって、船型の研究に大きな改革がもたらされ、経験船型学にかわる真の船型学が創始された。

本研究における新しい考えの第一は、これまでの「船型と造波抵抗」の中間に「船の波」という視点を導入した点である。水槽において模型船の抵抗を測定し、試行錯誤的に造波抵抗の小さい船型を探究する従来の方法では、造波抵抗という最終結果のみに着目し、その原因である船の波を調べることがおろそかにしていたため、船型と造波抵抗とを結ぶ複雑な物理的因果関係を、その内部にまで立ち入って考究することができず、したがって造波抵抗理論を

水槽試験という現場に持ち込んで成果をあげることが不可能であった。これに対し、船の波を中間に介在させる新しい考えでは、船型 ↓ 波 ↓ 造波抵抗という物理現象の流れに沿って、要因と結果とを一つ一つ追跡し、理論と実験との細密な比較照合が可能となり、したがってその合理的な補正方法を導き出し、造波抵抗理論を幅広く船型の研究に役立たせることができる。このように船の波、すなわち波紋を中心に解析する研究が乾君によって初めてなされ、今日これは「波紋解析的船型試験法」と呼ばれている。

乾君の新しい考えの第二は流線追跡法で、まず理論によって造波抵抗の小さい流体力学的特異点分布を求め、つぎに流線追跡によってこれを船型として現実化するものである。

これらの新しい考えの導入によって、造波抵抗理論が船型の研究に全面的に取り入れられる道が拓かれたが、その具体化には船の波を中心として船型と造波抵抗とを結ぶ一貫した理論の構成が必要である。乾君はこれに対し乾・ハブロック理論を確立した。これは、船型、波および造波抵抗の関係を求めるにあたって船型から出発せずに、前述の流体力学的特異点から出発するものである。特異点分布と船型との関係については、流線追跡法などを応用して厳密な船型条件から両者を正しく対応づける乾理論が得られた。また、特異点分布と波および造波抵抗との関係については、ハブロックの素成波理論を導入した。これによれば複雑な船の波をその構成要素、すなわち素成波にまで分解することができる。これを使用して造波抵抗が算定される。乾君はこの点に着目し、計測波紋を解析して振幅関数を取り出し、実験の側から船型・波・造波抵抗三者間の対応を調べた。他方、同様の関係を理論計算で求め、両者を比較検討することによって、理論モデルと現実との差を見出し、これを補正し、理論をさらに有効なものに改めた。このよ

うにして、波紋解析を通じ、理論と実験とを有機的に関連させる新しい水槽試験法の基礎を築いたのである。

乾君のこの新しい考えは、船型の研究に、また造波抵抗理論の発展に大きく貢献した。「波なし船型」の研究はその一例である。商船の通常の数度では、船の排水容積のうち、船首端および船尾端のわずかな部分だけが造波に寄与し、他の大部分は相互に干渉して造波にほとんど寄与しないことを明らかにし、楔状に拡がる船首波および船尾波のそれぞれの起点にバルブ（球状のふくらみ）を配し、同様に拡がる等振幅、逆位相のバルブの波をこれらに重ねれば、完全造波干渉が得られると考えた。これを実証するため、バルブで消しやすすい船首波および船尾波が起る船型を理論的に求め、これにバルブを付けて水槽試験を行ったが、とくに船首波については波なしがほぼ完全に実現されることを確認した。ここにバルブによる波なし船型の理論が確立された。現在内外において建造されるほとんどの大型、中型の船が船首バルブ付船型であることは本研究によるものといえる。なお、貨物船などでは、載貨量によって船首の喫水が大きく変化し、大型船首バルブ付船型では主船体の船首波とバルブの波との等振幅の条件が崩れることになる。そこで乾君は引続きバルブなし、または補助的な小型バルブを用いる波なし船型の理論をも求め、これによって主船体の各位置から出る要素的な波を内部干渉させ、船首波および船尾波そのものを小さくして、造波抵抗を減少させることができた。さらに乾君はこれまで適用してきた線型理論と実際との間になお残されているわずかな相違がなに由来するかも多角的に探究して、船体の排除効果によって船体のまわりに局所流があり、これが波の発生、干渉、伝播をゆがめ、局所非線型影響を引き起こすことを見出し、自由表面条件を線型化した従来の線型理論にとどまるかぎり、この影響を具体的にとり入れることができないことを明らかにした。乾君はこの局所流を流線追跡で得られる二

重模型流場で表わし、これを基にフルード数 $O \cdot 二$ 以下、すなわち比較的低速域において、造波抵抗を高い精度で推定する新しい理論を完成した。

以上、乾君の造波抵抗に関する研究の概要を述べたが、従来の水槽試験法に波紋解析的船型試験法をはじめ、多くの新しい考えを導入して、近代の船型学を創始、確立した。さらにその成果として波なし船型の理論を完成したのみならず、船舶流体力学の基礎学理の進歩に寄与することにも、船舶の運航経済性の向上に貢献した。その学術的および応用的業績はきわめて大きく、国の内外において高く評価されている。

一、主要な論文目録

1. Masao Kinoshita and Takao Inui: Wave-Making Resistance of a Submerged Spheroid, Ellipsoid and a Ship in a Shallow Sea, 日本造船学会論文集, 第75号 (昭和19年11月発表・昭和28年9月刊行).
2. Takao Inui: Wave-Making Resistance in Shallow Sea and in Restricted Water, with Special Reference to its Discontinuities, 日本造船学会論文集, 第76号 (昭和21年5月発表・昭和29年9月刊行).
3. 乾 崇夫: 造波抵抗の成分に就て, 日本造船学会論文集, 第77号 (昭和21年11月発表・昭和30年7月刊行).
4. 乾 崇夫・西山哲明: 航走初期における造波抵抗の性質, 特に水深の影響について, 日本造船学会論文集, 第84号 (昭和23年11月発表・昭和27年2月刊行).
5. 乾 崇夫: 新しい船型条件による造波抵抗理論の展開 (第1報), 日本造船学会論文集, 第85号 (昭和24年4月発表・昭和27年12月刊行).
6. 乾 崇夫・別所正利: 造波抵抗に対する側壁影響について, 日本造船学会論文集, 第92号 (昭和27年11月発表・昭和32年4月刊行).
7. 乾 崇夫: 新しい船型条件による造波抵抗理論の展開 (第2報) (英文), 日本造船学会論文集, 第93号

- (昭和28年7月).
8. Takao Inui: Japanese Developments of the Theory of Wave-Making and Wave Resistance, Seventh International Conference on Ship Hydrodynamics, General Lectures with Discussions, Norwegian Ship Model Experiment Tank Publications, Nos. 32-37 (1954).
 9. 乾 崇夫・岩田達三・沈 炳: 造波抵抗のハンゾフ・ホローについて, 日本造船学会論文集, 第97号(昭和30年8月).
 10. Takao Inui: Asymptotic Expansions Applied to Problems in Ship Waves and Wave-Making Resistance, Proc. Fifth Japan National Congress for Applied Mechanics, 5, pp. 305-308 (1956).
 11. 乾 崇夫・菊池義男・岩田達三: 浅水における造波抵抗——理論・実験の比較, 日本造船学会論文集, 第100号(昭和32年2月).
 12. 乾 崇夫・菊池義男・岩田達三: 安息香酸塗膜による模型船 Wave Profile の測定, 日本造船学会論文集, 第100号(昭和32年2月).
 13. 乾 崇夫・増永公明・三浦豊昭・大越章三郎: 写真による船尾造波機構の観察, 日本造船学会論文集, 第101号(昭和32年8月).
 14. Takao Inui: Study on Wave-Making Resistance of Ships, 60th Anniversary Series of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 2, pp. 173-355 (1957).
 15. Takao Inui: Wave-Making Resistance of Ships Travelling on a Shallow Water, Proc. Sixth Japan National Congress for Applied Mechanics, 6, pp. 357-360 (1957).
 16. 乾 崇夫: 正しい船型条件による造波抵抗理論の新展開(第3報), 日本造船学会論文集, 第102号(昭和33年2月).
 17. 乾 崇夫・高幣哲夫・熊野道雄: 球状船首の造波効果に関する水槽試験, 日本造船学会論文集, 第108号(昭和35年12月).

18. 乾 崇夫・高幣哲夫・重瀧通弥・甲斐敬二：高速客船くれない丸における Waveless Bulb の船首波打消しに関する研究 (第1報・第2報・第3報), 日本造船学会論文集, 第110号 (昭和36年12月).
19. Takao Inui: Wave-Making Resistance of Ships, Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, Vol. 70 (1962).
20. 乾 崇夫：波のたたない船型 (Waveless Form) に関する研究, 東京大学工学部紀要 A 第1号 (昭和38年).
21. Takao Inui, Hisashi Kajitani and Kyoshi Kasahara: Non-Bulbous Hull Forms Derived from Source Distribution on the Vertical Rectangular Plane, Proc. International Seminar on Theoretical Wave Resistance, The University of Michigan, Vol. 1 (1963).
22. Takao Inui: Some Mathematical Tables for the Determination of Wave Profiles, Proc. International Seminar on Theoretical Wave Resistance, The University of Michigan, Vol. 1 (1963).
23. Takao Inui, Tetsuo Takahai and Tetsuo Tagori: A Guide Note for Design of Ship Model Basins with Special References to "Wave Analysis" Work, Proc. International Seminar on Theoretical Wave Resistance, The University of Michigan, Vol. 2 (1963).
24. Takao Inui and Tetsuo Tagori: A Guide Note for Design of Ship Model Basins with Special References to "Wave Analysis" Work, Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo (B), Vol. xxvii, No. 1 (1964).
25. 乾 崇夫：実験船型学と造波抵抗理論, 日本造船学会, 造波抵抗シンポジウム (昭和40年6月).
26. Takao Inui: Wave Patterns and Hull Forms of Ships, The Experimental Tank of The University of Tokyo (1965).
27. 乾 崇夫・梶谷 尚・武隈克義・高橋 雄：水線および肋骨線形状と造波抵抗, 日本造船学会論文集, 第120号 (昭和41年12月).
28. Takao Inui: The Bulbous Bow—A Glimpse of Its Past and Present Status, Japan Shipbuilding

and Marine Engineering, Vol. 1, Nos. 1-2 (1966).

29. 乾 崇夫・梶谷 尚・久住昇三・三浦豊昭・大越章三郎：東京大学船型試験水槽曳行台車等の改新について，日本造船学会論文集，第123号（昭和43年6月）。
30. 乾 崇夫：抵抗成分の分離，日本造船学会，抵抗・推進シミュレーション（昭和43年6月）。
31. 乾 崇夫・梶谷 尚・福谷直通・山口真裕：高次船型の造波機構，日本造船学会論文集，第124号（昭和43年12月）。
32. 乾 崇夫・梶谷 尚：単純船型の船首波解析，日本造船学会論文集，第124号（昭和43年12月）。
33. 乾 崇夫・梶谷 尚：水線および肋骨線形状と造波抵抗（その2），日本造船学会論文集，第124号（昭和43年12月）。
34. 乾 崇夫・梶谷 尚・成田秀明・茂里一敏：単純船型の波形解析——肋骨線形状の影響（その1），日本造船学会論文集，第126号（昭和44年12月）。
35. Takao Inui and Hisashi Kajitani: Bow Wave Analysis of Simple Hull Forms, Proc. 12th International Towing Tank Conference, Rome (1969).
36. Takao Inui and Hisashi Kajitani: Sheltering Effect of Complicated Hull Forms, Proc. 12th International Towing Tank Conference, Rome (1969).
37. 乾 崇夫・梶谷 尚・成田秀明・茂里一敏：単純船型の波形解析——肋骨線形状の影響（その2），日本造船学会論文集，第128号（昭和45年12月）。
38. 茂里一敏・乾 崇夫・梶谷 尚・江口義夫：船側波形による造波特性解析とその船型計画への応用，日本造船学会論文集，第132号（昭和47年12月）。
39. 山口真裕・乾 崇夫・梶谷 尚：高次船型の造波機構に対する平底影響，日本造船学会論文集，第132号（昭和47年12月）。
40. Takao Inui, Hisashi Kajitani, Hideaki Narita and Kazuhiro Mori: Wave Analysis of Simple

Hull Forms—Effect of Frameline Forms, Selected Papers from The Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 9 (1972).

41. 乾 崇夫・梶谷 尚・久住昇三・大越章三郎：高次船型の造波機構に対する平底影響（第2報），日本造船学会論文集，第133号（昭和48年6月）。
42. Kazuhiro Mori, Takao Inui and Hisashi Kajitani: Analysis of Ship-Side Wave Profiles, with Special Reference to Hull's Sheltering Effect, Proc. 9th Symposium on Naval Hydrodynamics, Paris (1973).
43. 北沢孝宗・乾 崇夫・梶谷 尚：高次船型の流場解析，日本造船学会論文集，第135号（昭和49年6月）。
44. Takamune Kitazawa, Takao Inui and Hisashi Kajitani: Velocity Field Measurements Applied for Analysis of Ship's Wave-Making Singularities, Proc. 10th Symposium on Naval Hydrodynamics, Cambridge (1974).
45. 日下祐三・乾 崇夫・梶谷 尚：自由表面条件を考慮した船型の等価特異点分布，とくに線積分効果について，日本造船学会論文集，第138号（昭和50年12月）。
46. 岡村英邦・乾 崇夫・梶谷 尚：局部流を考慮した航走波の解析，日本造船学会論文集，第138号（昭和50年12月）。
47. 乾 崇夫・梶谷 尚・加藤直三：肋骨線が垂直な肥大船の船尾渦に関する研究，日本造船学会論文集，第138号（昭和50年12月）。
48. Takao Inui, Hisashi Kajitani and Hidekuni Okamura: Propagation of Ship Waves on a Non-Uniform Flow, Proc. 14th International Towing Tank Conference, Ottawa (1975).
49. Takao Inui, Hisashi Kajitani and Yuzo Kusaka: Analysis of Hydrodynamical Source Singularities for Surface Ships, Proc. 14th International Towing Tank Conference, Ottawa (1975).
50. 加藤直三・乾 崇夫・梶谷 尚：肥大船舶尾流場の解析（その1），日本造船学会論文集，第140号（昭和51

年12月).

51. 乾 崇夫・梶谷 尚・久住昇三・大越章三郎：船体造波における局所非線型影響，東京大学工学部紀要A，第14号（昭和51年）.
 52. Takao Inui: Introductory Remarks, Proc. International Seminar on Wave Resistance, Tokyo (1976).
 53. Takao Inui and Hisashi Kajitani: Hull Form Design, its Practice and Theoretical Background, Proc. International Seminar on Wave Resistance, Tokyo (1976).
 54. Takao Inui and Hisashi Kajitani: A Study on Local Non-Linear Free Surface Effects in Ship Waves and Wave Resistance, A Colloquium Held on the Occasion of the 25th Anniversary of the Institut für Schiffbau, Hamburg (1977).
- 注 現「日本造船学会」は昭和四三年一月、旧称「造船協会」を頭記のちよび改めた。当学会の論文集名は昭和二年（第八三号）まで「造船協会会報」、以後昭和四二年（第一二二号）まで「造船協会論文集」であったが、このころ現在の「日本造船学会論文集」に統一された。