

工学博士宮田秀明氏の「船舶の非線形造波に関する研究」に対する授賞審査要旨

業績概要

宮田秀明氏の研究業績は、船の波とそれによる抵抗（造波抵抗）に関するものである。波とそれによる抵抗は船舶の設計にとって最も重要なものであるが、一九六〇年代までは、もっぱら模型実験による力の計測に頼ってきた（第一期、力の時代）。一九六〇年代より船の造る波の研究が進み、波形計測実験や理論的な研究が盛んになった。しかし対象とした波はケルビン波と呼ばれる船より遠くに伝播する線形で分散性の波だけであった。近傍の波は抵抗に寄与しないと考えられていたからである（第二期、線形の時代）。宮田氏は船舶の大型化、幅広化が進展した一九七九年に、船体近傍の波の非線形性に注目し、物体形状や相似則のパラメータによって系統的に変化する不連続線を形成する「自由表面衝撃波」の存在を実験的に証明した。そして、この新しい物理現象の特性を考慮した設計法と長突出薄形の船首形状を開発し世界に広めた。更に、非線形波を再現する数値モデルを開発し、計算機シミュレーションによる設計を可

能にし、船の波と造波抵抗の新しい時代（第三期、非線形の時代）を創始した。第三期の設計法は世界中に広まり、結果として、過去三〇年近くの間に、世界の海で運用されるほとんどの船舶の形状はこの研究成果の恩恵を受け、造波抵抗が二〇―五〇％減り、使用燃料の節減によって経済的効果と環境負荷の低減に貢献している。

1. 自由表面衝撃波の研究

宮田氏は、実船の造波現象の観察から、船体まわりの波の非線形性に着目し、系統的な楔形模型、極端な鈍頭形状を持つ模型、先端角が系統的に変化する模型船などによる豊富な実験を行った。その結果一九七九年に船体近傍場における造波は不連続線を伴うものであること、衝撃条件を満たすものであること、物体先端の角度とフルード数によって垂直衝撃波と斜め衝撃波が存在し、波頂角が系統的に変化することなどを明確に示し、空気力学における衝撃波と同様の特性を持つことを明らかにした。この波のエネルギーの一部は碎波などによって散逸するとともに、残りは分散的に遠方場へ伝播していく。それまで、ほとんどすべての船舶のまわりにこのような非線形造波が存在することは認識されていなかったため、この自由表面衝撃波の発見と特性の明確化は船舶の形状設計に大きな影響を与えた。

2. 自由表面衝撃波を考慮した船の形の設計法の開発

非線形波動には色々なものがあるが、自由表面衝撃波は三次元現象であることや不連続線における散逸現象があることから、空気力学における衝撃波や非線形浅水波に近いものである。しかし、深水域における現象であるので、空気力学や浅水波における衝撃波理論を直接的に用いることはできない。そこで、実験結果も援用して等価な水深を求め特性曲線法を使う実用的な方法を考案した。船の種類、大きさ、速度（フルード数）、吃水（水面下深さ）を考慮して、設計条件下で許される限り前方へ長く突出し、同時に先端角がなるべく小さくなるような船首形状つまり長突出薄型バルブと呼ばれるものを開発した。この設計は一九八〇年代に世界中に普及していた。

3. 非線形水波現象のための数値モデルの開発

自由表面衝撃波は、水面近傍の比較的薄い領域に発生する現象であるから、従来の衝撃波理論を適用するには無理がある。折しも、一九八〇年代はコンピュータの発達・普及が最も盛んだった時代であった。そこで数値モデルによる研究を開始した。まず有限差分法による自由表面衝撃波の解析を行い、不連続線の形成や系統的な波頂角の変化などの自由表面衝撃波の特徴的な現象が数値モデルによ

って再現されることを示した。その後、有限体積法の技術を土台にして、非線形性の源である自由表面の取り扱い、複雑三次元形状を持つ船体への適用における困難を克服して、船の非線形造波問題に適応する数値モデルを作った。この結果、宮田氏は、このような非線形水波に関する数値流体力学の世界においては、世界の第一人者となった。一方、過去二〇年あまりの間、日本国内で用いられる船形状設計用の数値解析ソフトウェアの約半数は、同氏らの成果によるものであり、更に、その発展型の手法は海洋環境問題、製鉄産業や自動車産業においても利用されている。一般的には流体力学における移動境界問題に属するが、氏の一連の研究は、この分野の研究をリードする結果となった。

このような研究業績は、数多くの研究論文として国際誌に掲載されているが、一九八四年には、Academic Press社のAdvances in Applied Mechanics誌（第二四巻）にまとまった成果として収録されている。船舶流体力学の世界では、毎年一人の研究者が選ばれレクチャーを行うことになっている（Weinlum Memorial Lecture）が、宮田氏は二〇〇二年に二四人目のレクチャーに選ばれた。

主要な著書および論文の目録 著書

1. Nonlinear Ship Waves — Advances in Applied Mechanics Vol.24, PP215–288
Hideaki Miyata, Takao Inui, Academic Press (1984).
2. Potential Flow of Fluids — Advance in Fluid Mechanics, Hideaki Miyata, Ed.
M. Rahman, Computational Mechanics Publications (1994).
3. 計算力学Ⅳ—自由・移動境界問題の近似解析—, 宮田秀明, 登坂・矢川
編 共著, 養賢堂 (一九九五)。
4. 数値流体力学シリーズ Vol.4 移動境界流れ解析—, 宮田秀明共編共
著, 東京大学出版会 (一九九五)。
5. アメリカズカップレーシングヨットの先端技術—, 宮田秀明, 岩波科
学ライブラリー40 (一九九六)。
6. 熱流体とコンピュータアナリシス—熱流体フォーラムシリーズ—,
宮田秀明, 日刊工業新聞社 共著 (一九九七)。
7. ヨットの科学, 宮田秀明共著, シップアンドオーシャン財団 (一九九
八)。
8. 乱流の数値流体力学, 宮田秀明, 大宮司・三宅・吉沢編 共著, 東京大
学出版会 (一九九八)。
9. アメリカズカップのテクノロジー, 宮田秀明, 東京大学出版会 (二〇〇
〇)。
10. プロジェクトマネジメントで克つ—, 宮田秀明, 日経BP社 (二〇〇
二)。
11. 理系の経営学, 宮田秀明, 日経BP社 (二〇〇三)。
12. 仕事のやり方間違えてます—成功を手にする「理系思考」10の法則
—, 宮田秀明, 祥伝社 (二〇〇四)。

主要研究論文リスト

—自由表面衝撃波の研究—

1. H. Miyata, Characteristics of free surface shock waves around wedge models,
Proc. Continued Workshop on Ship Wave-Resistance Computations, Izu
Shuzenji (Oct. 1980).
 2. H. Miyata, Characteristics of nonlinear waves in the near-field of ships and
their effects on resistance, Proc. 13th Symposium on Naval Hydrodynamics,
Tokyo (1980), 335–351.
 3. H. Miyata, T. Inui and H. Kajitani, Free surface shock waves around ships and
their effects on ship resistance, J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 147 (June 1980), 1–9,
Nav. Archit. Ocean Engng. 18 (1980), 1–9.
 4. H. Miyata, A. Masuko, H. Kajitani and K. Aoki, Characteristics of free surface
shock waves around wedge models (second report), J. Soc. Nav. Archit. Jpn.
151 (July 1982), 1–14.
 5. K. Aoki, H. Miyata, S. Nishimura and H. Kajitani, Numerical analysis of free
surface shock waves around bow by modified MAC-method (third report), J.
Soc. Nav. Archit. Jpn. 153 (June 1983), 13–20.
 6. T. Inui, H. Kajitani and H. Miyata, Nonlinear free-surface waves and computa-
tional hydrodynamics—Trends of ten years research at the Tokyo University
Tank, 75th Anniversary HSVA International Symposium, Hamburg (Sept.
1988), 1–39, Schiffstechnik 36–1 (March 1989), 3–21.
 7. H. Miyata, M. Kanai, N. Yoshiyasu and Y. Furuno, Diffraction waves about an
advancing wedge model in deep water, Journal of Ship Research 34–2 (June
1990), 105–122.
- 船の形の設計法の開発—
1. H. Miyata, Y. Tsuchiya and T. Inui, Resistance reduction by stern-end-bulb
(first report), J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 148 (Dec. 1980), 10–16.

2. H. Miyata, H. Kajitani, M. Nitō, K. Aoki, M. Nagahama and Y. Tsuchiya, Free surface shock waves and methods for hull form improvement (second report), *J. Soc. Nav. Archit. Jpn.* 152 (Jan. 1983), 13–21.
 3. H. Miyata, H. Kajitani, S. Nishimura, H. Tomianga, H. Horie and S. Kuzumi, A method of minimizing wave resistance for hull forms of middle-speed ships, *J. Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn.* 189 (June 1983), 71–82.
 4. H. Miyata, S. Nishimura and H. Kajitani, Finite-difference simulation of non-breaking 3-D bow waves and breaking 2-D bow waves, *Proc. 4th Inter. Conf. on Numerical Ship Hydrodynamics*, Washington (Sept. 1985), 259–292.
 5. H. Miyata, T. Ohnori and E. Kamal, Hydrodynamical design of super-slender-twin-hull ferries by CFD techniques, *Proc. 6th Inter. Conf. Numerical Ship Hydrodynamics*, Iowa (Aug. 1993).
 6. H. Miyata, H. Akimoto and F. Hiroshima, CFD performance prediction simulation for hull-form design of sailing boats, *Journal of Marine Science and Technology* (1997), 2:257–267.
 7. H. Miyata and Y.-W. Lee, Application of CFD simulation to the design of sails, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.4 (1999), 163–172.
 8. H. Orihara and H. Miyata, Numerical simulation method for flows about a semi-planning boat with a transom stern, *Journal of Ship Research*, Vol.44, No.3 (Sept. 2000), 170–185.
 9. H. Akimoto and H. Miyata, Finite-volume simulation method to predict the performance of a sailing boat, *Journal of Marine Science and Technology* (2002), 7:31–42.
- 数値モデルの開発—
1. H. Miyata and S. Nishimura, Finite-difference simulation of nonlinear ship waves, *J. Fluid Mechanics* 157 (Aug. 1985), 327–357.
 2. H. Miyata, S. Nishimura and A. Masuko, Finite-difference simulation of nonlinear waves generated by ships of arbitrary three-dimensional configuration, *J. Computational Physics* 60–3 (Sept. 1985), 391–436.
 3. H. Miyata, Nonlinear wave making of a two-dimensional advancing body, *Theoretical and Applied Mechanics* 33, Univ. Tokyo Press (1985), 15–49.
 4. H. Miyata, Computational towing tank experiments by a finite-difference method, *Proc. Inter. Conf. on Computational Mechanics* Vol. 2, Tokyo (May 1986), VII, 65–70.
 5. H. Miyata, Finite-difference simulation of breaking waves, *J. Computational Physics*, 65–1 (July 1986), 179–214.
 6. N. Baba and H. Miyata, Higher-order accurate difference solutions of vortex generation from a circular cylinder in an oscillatory flow, *J. Computational Physics* 69–2 (April 1987), 362–396.
 7. H. Miyata, T. Sato and N. Baba, Difference solution of a viscous flow with free-surface wave about an advancing ship, *J. Computational Physics*, 72–2 (Oct. 1987), 393–421.
 8. H. Miyata, Computational hydrodynamics — The state of art and the future, *大韓造船学会秋季研究発表会特別講演‘仁荷大学校（一九八七年十一月）’*, 1–12.
 9. H. Miyata, Vortex shedding beneath the free-surface, *Computational Mechanics* Vol.3 No.4 (1988), 217–228.
 10. H. Miyata, Engineering application of computational fluid dynamics — The state of art, *Journal of Hydrodynamics (China)* Ser. B, 2–1 (1990), 1–11.
 11. H. Miyata, M. Zhu and O. Watanabe, Numerical study on a viscous flow with free-surface waves about a ship in steady straight course by a finite-volume method, *Journal of Ship Research* 36–4 (Dec. 1992), 332–345.
 12. Y. Saito, H. Miyata and T. Saito, CFD simulation of 3-dimensional motion of a ship in waves, application to an advancing ship in regular heading waves, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.4 (1999), 108–116.

13. H. Orihara and H. Miyata, Evaluation of added resistance in regular incident waves by computational fluid dynamics motion simulation using an overlapping grid system. *Journal of Marine Science and Technology*, 8 (2003), 47–60.
14. H. Miyata, Towards Virtual Reality by Computational Physics, *Ship Technology Research*, Vol.50 (2003), 34–48.
15. J. Yamasaki, H. Miyata and A. Kanai, Finite-difference simulation of green water impact on fixed and moving bodies, *Journal of Marine Science and Technology*, 10 (2005), 1–10.
7. H. Miyata and Y. Yamada, A finite-difference method for 3D flows about bodies of complex geometry in rectangular co-ordinate systems, *Inter. J. Numerical Methods in Fluids* 14 (1992), 1261–1287.
8. H. Miyata and N. Ogawa, 3D vortical flow past bodies of revolution with conical afterbodies, *Computer Methods in Applied Mech. and Eng.* Vol.117 (1994), 269–288.
9. A. Kanai and H. Miyata, Direct numerical simulation of wall turbulent flows with microbubbles, *Inter. J. Numerical Methods in Fluids* 35 (2001), 593–615.
1. H. Miyata, Y. Tsuchiya and M. Kanai, New conceptual design of hydrofoil catamarans, *Inter. High-Performance Vehicle Conference*, Shanghai (Nov. 1988), IV 1–23.
2. H. Miyata, Development of a new-type hydrofoil catamaran, *Journal of Ship Research* 33–2 (June 1989), 135–144.
3. H. Miyata and T. Kawano, Pseudo-physical transition to turbulence on a suddenly stopped flat-plate, *Numerical Methods in Fluid Dynamics II*, Proc. Inter. Sympo. Computational Fluid Dynamics-Nagoya, Nagoya (Aug. 1989), 686–690.
4. H. Miyata, N. Shikazono and M. Kanai, Forces on a circular cylinder advancing steadily beneath the free-surface, *Ocean Engineering* 17–1/2 (1990), 81–104.
5. H. Miyata and Y. G. Lee, Vortex motions about a horizontal cylinder in waves, *Ocean Engineering* 17–3 (1990), 279–305.
6. H. Miyata, H. Nogami, M. Shirai and Y. Shirose, Fast ferry by super-slender twin hull, *IMAS 91 High Speed Marine Transportation*, Sydney (Nov. 1991), 23–27.