2

船舶技術研究所におけるCFD研究の動向

児 玉 良 明*

船舶流体力学においても，航空分野と同様に，NS方程式の差分計算からなるCFD（計算流体力学）が流場研究に利用されている。本報告ではおもに船舶技術研究所（以下，船研）におけるCFD研究の概要を述べ，流場の制御の観点から，MHDを利用した流場制御についてふれる。

船体まわりの粘性流の計算では，自由表面を上下対称面と近似して波の影響を無視し，高レイノルズ数定常流を乱流モデルを用いて計算している[1]。乱流モデルはBaldwin－Lomaxのゼロ方程式モデルである。船体は抵抗の少ない流線型をしており，粘性成分が抵抗の大部分を占める。このような物体の抵抗値を正確に計算するためには，物体形状の正確な表現が不可欠である。速度分布は，肥大していない船型では，かなり正確に計算できるようになってきたが，抵抗値などの積分量は依然として定量的一致度があまり良くない。

自由表面にできる波は，船舶流体力学に固有の計算困難な現象であるが，物体適合・自由表面不適合の格子系を用いることによって，かなりの計算が行われるようになってきた[2]。波の計算の困難な点は，波が遠方まで殆ど減衰しないで伝播するため，差分計算では格子点を船体近傍から遠方まで相当多くとらないと精度良い計算ができない点である。

プロペラまわり流れでは，舶用プロペラのピッチ比が航空のATPプロペラと比べて小さく（通常1.0以下），隣合う翼同士が前後方向にかなりずれて配置されているのが特徴的である。また，キャビテーションが発生することが流場を複雑にしている。キャビテーション現象を含めた計算は，わずかの例外[3]を除いて，本格的におこなわれていない。

船尾伴流中で作動するプロペラと船体の干渉問題は，船の推進効率に関連して重要である。船尾伴流中をプロペラ翼が回転するとき，その流入流場は時間的に変化するので，プロペラまわり流場は非定常流場となる。厳密には，船尾流場をNS方程式を計算して求めると連動してプロペラ廻り流場の非定常計算を行わなければならないが，より簡便な方法とし，船尾流場に及ぼすプロペラの作用を，船尾流場に関するNS方程式の運動量の吹き出し分布として表す方法がある[4]。このときプロペラの計算は，揚力面理論など従来のポテンシャル流計算を用いてもよい。

CFDの利用価値の一つとし，実現困難な流場の性質を数値シミュレーションを利用して調べることがあげられる。MHD（電磁流体力学）を利用した船体まわり流場の制御の研究もその一つである。導電性流体である海水に強磁場のもとで電流を流すと，ローレンツ力がはたらく。これを流場制御に利用することを考える。海水では，磁気レイノルズ数が非常に小さいので誘導磁場は無視できる。したがって磁場は静磁場として与えられ，ローレンツ力は運動量方程式中に外力項として付加される。最近研究されている超電導電磁推進では，ローレンツ力を推力として利用する。磁場は，流速の変動成分すなわち乱流に対して，磁力線に直角方向の流速変動を抑制するようにはたらく。図1は$k-\varepsilon$モデルを用いて計算したチャンネル内流れの速度・乱れのエネルギー等の分布を示す。図2は図1と同じ状態に磁場をかけたもので，速度uとともに乱れのエネルギーkが小さくなっている。翼面に磁石を埋め込んで磁場をかけた場合，

*船舶技術研究所

This document is provided by JAXA.

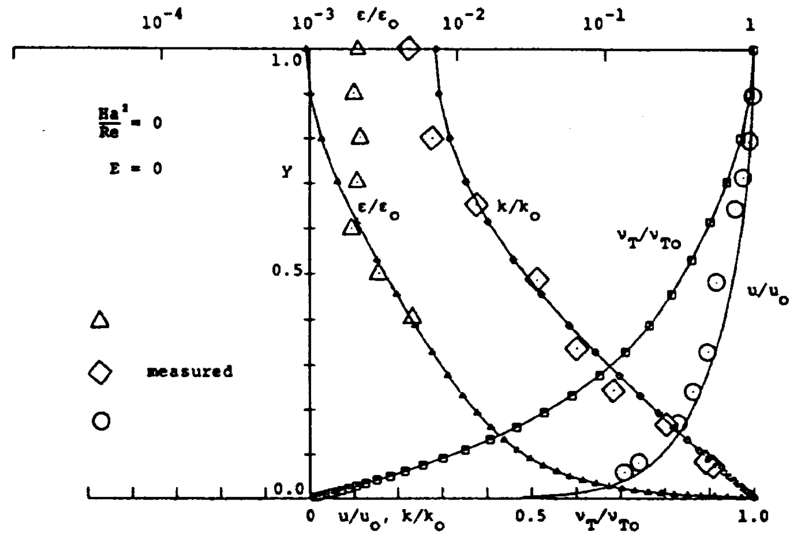

図1　チャンネル流れ（磁場なし）
$Ha^2/Re=0$
Ha：ハルトマン数

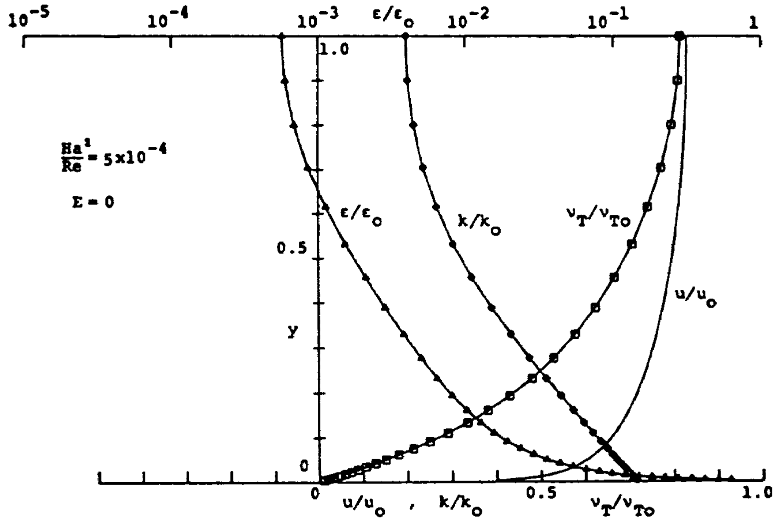

図2　チャンネル流れ（磁場あり）
$Ha^2/Re=5\times10^{-4}$

磁力は翼面を離れると急速に減衰するので，結果として，磁場の抑制力は翼面のごく近傍すなわち境界層内部に選択的に作用することとなる[5]。ただし海水の場合には電気伝導度が低いので，よほど強力な磁場をかけないと作用が顕著にならない。

参 考 文 献

1）Kodama, Y. : Grid Generation and Flow Computation for Practical Ship Hull Forms, 5 th Int'l Conf. on Num. Ship Hydro., 1989.

2）Hino, T. : Computation of a Free Surface Flow around an Advancing Ship by the NS Equations,　5 th Int'l Conf. on Num. Ship Hydro.，1989.

3）久保田晃宏他：キャビテーション後方流場の乱流構造，キャビテーションに関するシンポジュウム（第4回），日本学術会議，1985。

4）Stern, F. et al : A Viscous Flow Approach to the Computation of Propeller −Hull Interaction, J. of Ship Research, Vol.32, No. 4, 1988.

5）日夏宗彦：電磁力で制御された翼型まわり乱流場の流場制御シミュレーション，造船学会論文集，vol. 163，1988年6月。

This document is provided by JAXA.