

所 外 発 表 論 文 等 概 要

<推進性能部>

Series 60 模型周りの造波粘性流場の数値計算法

Numerical Computation of Viscous Flow with Free Surface
around a Series 60 Model

塩谷 茂明、児玉 良明

平成8年11月

日本造船学会秋季講演会論文集第180号

船体まわり流れに関してナビエ・ストークス方程式を数値的に解くCFD計算法は、波無し状態についてはかなり発達してきたが、自由表面波が存在する場合には、自由表面境界条件の困難さから、課題が未だ残されている。本論文では、船舶の周りの造波粘性流場に関するCFD計算法について、若干の改良を行い、シリーズ60船型モデル($C_B=0.60$)を供試船に数値計算を行い、実験結果と比較した。

シリーズ60船型は、以前に計算を行ったWigley船型より少し肥えた船型であるが、これについても高精度な船体抵抗係数の推定が可能であることを確認した。

粗い格子を用いて、船体を静止状態から徐々に加速して一定前進速度に達する方法で自由表面波の計算を促進した後、密な格子に移行して詳細な粘性流場を計算した。この方法によって、従来の単一格子を用いた場合には発散した計算も収束解が得られ、方法の有効性が確認された。

船体周り流れの計算によく用いられるBaldwin-Lomax乱流モデルに、船尾縦渦の近傍で渦粘性係数を小さくする強制減衰モデルと、逆圧力勾配のある場所で渦粘性係数を小さくする圧力修正モデルを導入した、SR222修正Baldwin-Lomax乱流モデルを用いて造波粘性流場を計算した結果、修正乱流モデルは、伴流分布等の船尾粘性流場について、従来のモデルよりも実験との一致度が高かった。

計算結果の波形は、船側では実験結果との一致度が非常に良い。しかし、船体から離れるにつれて、計算で得られた波形は減衰が大きく、一致度は低下するため、波紋のシミュレーションは必ずしも良好とは言えない。特に、波長が短くなる低フルード数域でこの傾向が著しい。今後は、タンカーなどの肥大船型の計算、波紋計算の高精度化、碎波を含む自由表面計算法の高度化に取り組むべきである。

CFD入門(6) ー任意形状物体まわり流れの計算ー

Introduction to CFD (6) ー Computation of Flow around a
Body with Arbitrary Geometry ー

児玉 良明

平成8年12月

日本造船学会誌第810号 (平成8年12月号)

CFD (Computational Fluid Dynamics、計算流体力学) は、流体運動の支配方程式であるナビエ・ストークス (略称、NS) 方程式を数値的に解くことによって、流体運動を計算機上でシミュレーションする手法である。CFDは数10万～数100万元の連立方程式を解く大規模計算であり、近年の計算機の発達により初めて工学的実用性をもつに至った。

本文は、船まわりの流れを主な計算対象としたCFDについて初歩から説明した連載の第6回目であり、流体運動の支配方程式であるNS方程式の、任意形状物体まわりの流れを計算するための離散化法について説明した。

まず、非圧縮流の代表的な計算スキーム (計算法) であるMAC法と擬似圧縮法について説明した。MAC法では、各時間stepで連続の式が満たされる、いわゆるtime-accurateな計算が可能であるが、発散し易い。擬似圧縮法は、time-accurateな計算はできないが、定常流を短い計算時間で求めることができる。

これまでの1次元問題に関するCFDの知見を基に任意形状物体まわり流れを計算するためには、物体適合格子とGaussの積分定理を必要とする。物体適合格子は、計算対象の物体形状にfitした格子であり、物理空間と計算空間の間の写像 (座標変換) を定義する。Gaussの積分定理は、1次元の場合の定積分の拡張であり、体積積分を、その体積の周囲の面積分に変換する。未知数を格子セルの中心に置き (cell-centered配置)、格子セルをコントロール・ボリュームとして使用する。

移流項は、連載の第5回に説明した風上差分を用いて離散化する。ただし、座標変換を考慮する必要がある。擬似圧縮法では、移流項の信号の伝播速度の形から、流れが必ず亜音速であり、不連続面である衝撃波は発生しないことが保証されている。粘性項はGaussの積分定理を用いて評価する。

以上により、時間ステップを更新するための連立方程式が導かれる。