

船体の設計を経済的に

スウェーデンのエーテボリーにて、このほど船舶流体力学の国際ワークショップが開催された。中心テーマは巨大な原油運搬船における船体周りの乱流ということで、FLUENTによる船体の1:58スケールモデルのシミュレーションが紹介された(Kim氏, 2000年)。シミュレーション結果は韓国船舶海洋技術研究所(KRISO)によるデータ(Van氏ら, 1998年)と比較された。スケールモデルの長さに基づくレイノルズ数は 4.6×10^6 で、これは秒速1.05mで牽引される長さ5.5mのスケールモデルに相当する。シミュレーションでは、約200,000個の6面体セルが使用された。また、乱流のモデリングには、壁近傍を取り扱う壁関数としてレイノルズ応力輸送モデル(RSTM)が使用された。計算は、Sun Ultraワークステーション(Sun OS 5.6)で実行された。

抵抗(抗力)、船尾境界層、主流方向渦、プロペラ面の速度場など、船体周りのさまざまな流れが調査されたが、FLUENTによる予測は、すべての面で実験データとよく一致していることが明らかになった。図1(Van氏ら, 1998年)が示すように、船全体の周りの流れで最も顕著な特徴の1つは、プロペラ面の軸方向流速分布が示す独特の形状といえる。ウサギの耳や鉤爪の形に非常によく似たこの構造は、船尾境界層から発生し、下流方向の流れの発生に伴って巻き上がる自由渦面の断面像である。図2に示されるように、RSTMによるFLUENTのシミュレーション結果は、この流速分布の特徴的な形状をよくとらえている。

船舶設計者にとって、もう1つ重要なのは、船体に作用する全抵抗または抗力であるFLUENTが予測した全抗力は、実測値に極めて近いことが判明した。RSTM計算で予測した船体の全抵抗係数が約

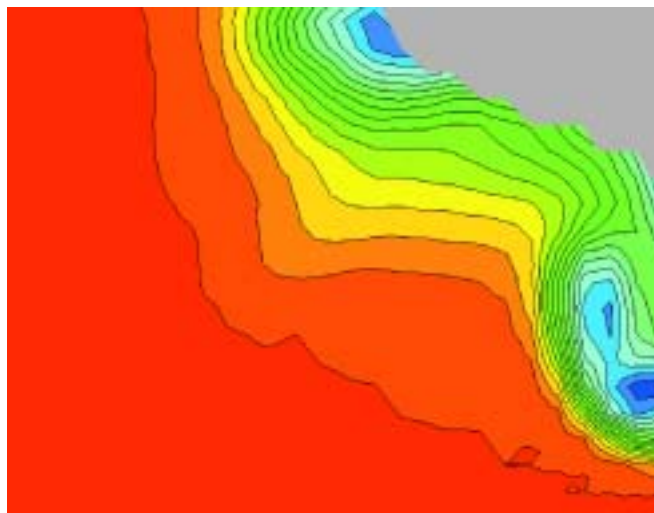


図1. KRISOの曳航水槽データから引き出された、プロペラ面の軸方向流速分布

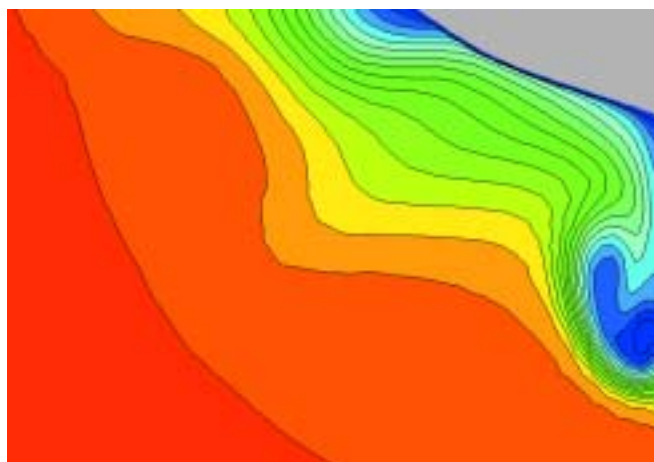


図2. レイノルズ応力輸送モデルを使用して、FLUENTにより予測された軸方向流速分布

4.06×10^{-3} だったのに対し、実測値は約 4.11×10^{-3} だった(Kim氏ら, 1999年)。ちなみに、ワークショップで紹介されたその他の事例では、ほとんどがk-モデルのように比較的シンプルな乱流モデルを使用しており、抗力はかなり過剰に予測されていた。

この研究で、CFDが船体設計にとって有用なツールであることが実証された。とりわけRSTMを使用した予

測は、計算コストの面でも経済的な壁関数アプローチとの併用により、極めて正確である。他の船体設計の定性的評価だけでなく、船の抵抗や推進性能に関連する流れやその他の要素の正確な予測をする上でも、FLUENTの信頼性は高いといえよう。

コンピューターの性能が日進月歩で向上している現在、乱流のRANS計算から高精度の結果を得ようとするエンジニアにとってもはやRSTMは手の届かないものではない。特に、対象分野が船体周りの流れのように流線型カーブ、渦、回転を伴う場合は、ぜひRSTMを使用すべきだろう。

参考文献

1. Kim, S.E., "Reynolds Stress Transport Modeling of Turbulent Shear Flow Past a Modern Tanker Hull Form", Proceedings of Gothenburg 2000, A Workshop on Numerical Ship Hydrodynamics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2000.
2. Kim, W.J., Kim, D.H., and Van, S.H., "Calculation of Turbulent Flows around VLCC Hull Forms with Stern Frame Modification", Presented at the 7th Symposium on Numerical Ship Hydrodynamics, Nantes, France, July, 1999.
3. Van, S.H. et al., "Technology for Enhancing Resistance Performance of Ships", KRISO Report, November, 1998.

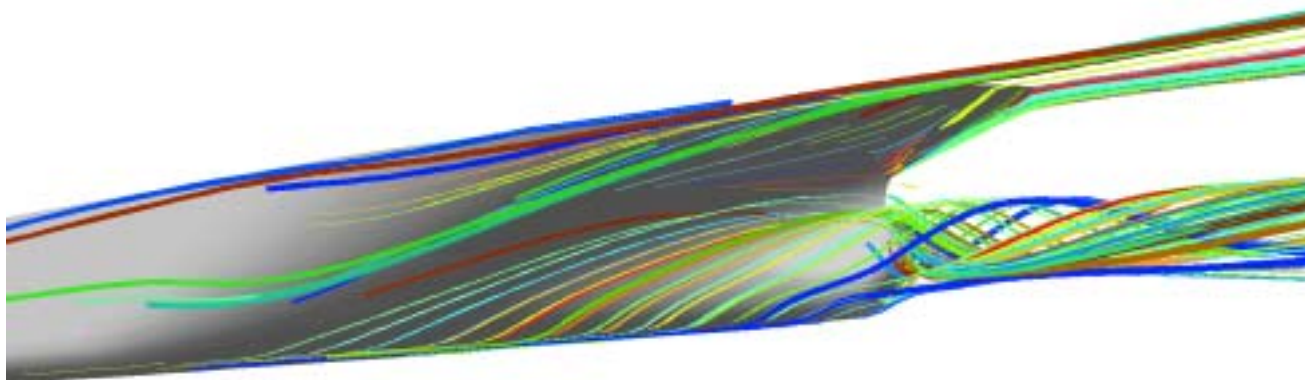


図3. FLUENTにより予測された、主流方向渦の船尾からの離脱