



シミュレーションを用いた 数値曳航水槽の実用化

研究・開発機関 : 一般財団法人 日本造船技術センター、国立大学法人 東京大学
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」
 計算規模 : 約3000万ノード時間積
 利用ソフトウェア : FrontFlow/blue

Before

- 水槽試験は約150年の歴史があり、船舶の建造前の評価手法として確立されていましたが、模型の製造から試験終了までに1ヶ月程度の期間が必要となっていました。
- 数値流体力学(CFD)を使う手法では速度や圧力が不規則に変化する乱流を簡易的にモデル化して使用しており、実際的水槽試験より精度や信頼性が数%から数十%劣っていました。

After

- シミュレーションを使えば、船体周りの詳細な流れの様子まで把握可能となり、従来の実験より優れた設計手法となることが分かってきました。
- スーパーコンピュータ「京」を用いることにより、乱流の細かい挙動まで再現でき、従来のCFD技術と比較しても、より完全に実際的水槽試験を再現でき、その完全代替が可能であることが分かりました。

背景と目的

当センターでは図1に示すような1隻あたり数百万円から1千万円程度の費用が掛かる曳航水槽試験を年間50隻から100隻程度実施しており、これは国内で実施される同試験の約半数にあたります。最も需要の多い、抵抗試験、自航試験、プロペラ単独試験の3種類を対象とした数値シミュレーションは伴流計測、流線観察、境界層計測などを別途実施する必要がないため、図2に示すように現在の曳航水槽試験の需要の約9割を代替できる可能性が有ります。

コンピュータシミュレーションは、実験では物理的に再現できない事象を仮想的に再現することができ、水槽実験よりリスク、コストが低いという長所があります。船体周りの流体シミュレーションの場合、実験で観察困難な詳細な流れ場の情報を簡単に得ることができ、船型と船体抵抗の関係やプロペラ、舵、その他付加物の相互干渉の物理的メカニズムの把握に役立ち、新商品開発のための非常に強力な手法になります。

そこで、曳航水槽試験と同等な精度と信頼性を持ったCFD技術の実用化を目指すことにしました。

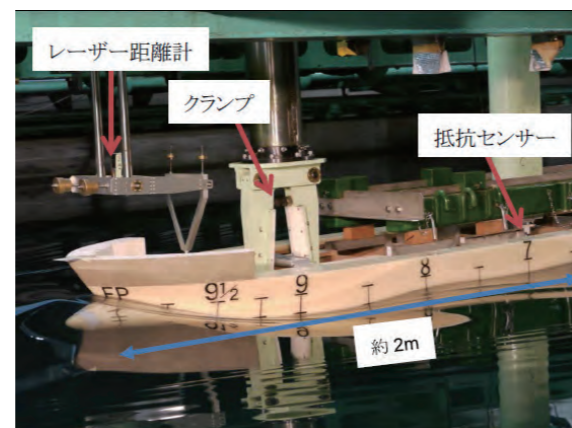


図1 大型模型を用いた曳航水槽試験の様子

利用成果

スーパーコンピュータ「京」を用いて、東京大学と連携し船長6mの模型船の周りに直径500ミクロン、流さ5mm程度の縦渦が無数に張り付いている状況を計算格子で表現し(計算格子数は320億)、その挙動を把握することに成功しました(図3)。

本取り組みは、新聞等を通じてその社会的意義が認識され、国際会議でも最優秀論文賞を獲得するなど、国内外において高い評価を得ることが出来るとともに、この大規模計算結果は世界各国の研究者らにも共有されています。

現在、国内で多く製造されている船種であるタンカー、バルクキャリアー、コンテナ船、自動車専用船、客船に対しての検証を、8つの造船企業(今治造船(株)、尾道造船(株)、(株)大島造船所、(株)新来島どっく、サノヤス造船(株)、内海造船(株)、(株)名村造船所、常石造船(株))と連携して行っています。

市販の汎用CFDソフトウェアは、適用範囲を広くするため、専門分野への適用基準や精度検証が不十分になりがちです。反対に、専門分野に特化しようとする市場が小さいため、十分な適用基準策定や精度検証を実施するコストを賄うことが困難になります。このような特化作業は通常保守の範囲に入り、ソフトウェア本体の開発費の2倍から3倍掛かるという統計も出ており、単一企業では対応困難となります。

そこで、専門分野ごとにCFDの厳密な適用基準、精度を担保した使用方法のガイドラインを公的機関が作成し、国が法的に設計者にその利用を義務付ける方策が考えられます。実は船舶業界ではこの枠組みを潜在的に持っています。International Maritime Organization (IMO)では全世界で統一な条約を策定していますが、2013年に低燃費の船は市場に投入できない規定が加わり、燃費の良し悪しを曳航水槽試験によって確認することになりました。しかし、現時点ではこの条約下ではCFDは十分な精度保証ができていないため、曳航水槽試験の代替はできないということになっています。

技術的には曳航水槽試験と同等な精度と信頼性を持ったCFD技術の確立が進み、将来、ピーク性能で2ペタフロップスの専用計算機を10億円くらいで購入できるようになると、現在、当センターで実施している模型試験の約9割を模型試験より安価に代替できる目処が付きます。

今後も企業、大学等の研究機関と連携して、曳航水槽試験の完全代替に向けての技術確立、その定着化への活動も推進して行きたいと思っています。

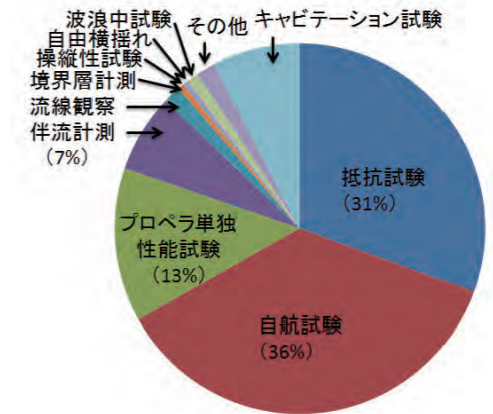


図2 日本造船技術センターの最近の試験実施実績

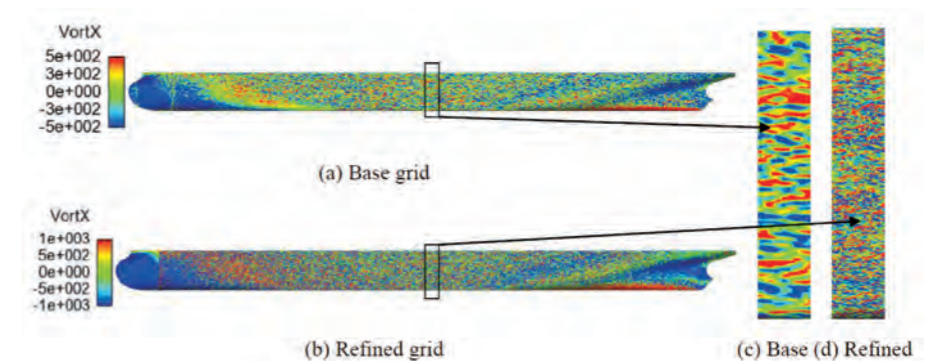


図3 船体表面温度分布 ((a,c) 6千万格子、(b,d) 320億格子)