

解析技術を用いた小型船舶用船外機的设计支援

島田 勝* 射庭 智之* 寺田 幹夫*

抄 録

自動変速機の開発で培ってきた流体解析技術を用いて、ヤマハ発動機株式会社マリン事業部様に対して部品設計支援を行った。解析ソフトの選択からデータ処理の工夫、流れ場の詳細分析まで、流体力学の知見や解析・データ処理の技術をフルに活用することで、お客様のニーズに的確にお応えし、高い評価を頂くことができた。

1. はじめに

自動車用自動変速機の開発では、熱・流体に関する様々な検討を行っている。変速機内の熱・流体现象は複雑かつ多岐に及び、例えば油圧系では数 μm ~数百 mm の現象を同時に解くマルチスケール問題や、油に空気が混入した際の油圧応答遅れ、圧力波の伝播問題などがある。また潤滑系ではギヤによる油の攪拌や、高速回転するクラッチやプーリー、ベアリング等への強制潤滑・冷却問題などがあり、現象の理解や可視化には幅広く、そして高度な解析技術が必要である。

今回、その流体解析技術を適用し、ヤマハ発動機株式会社マリン事業部様の部品設計支援を行ったので、ここに紹介する。



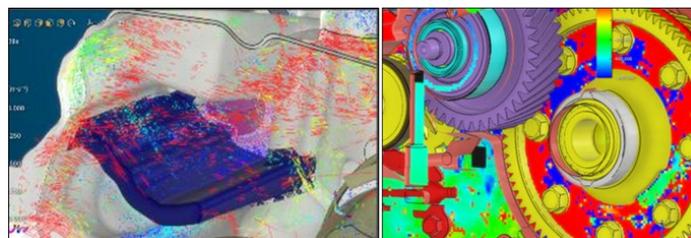
Fig. 1 Outboards for Small Vessels

2. 設計支援の概要

2.1 解析の概要

解析の対象はFig. 1に示した小型船舶用船外機のギヤボックス（赤枠部）であり、攪拌ロス低減のため、油の挙動の詳細な分析を行った。目的および今後の設計検討の発展性を考え、現象再現には空気の考慮が不可欠であると判断したため、解析は気液二相流を精度良く計算できる汎用熱流体解析ソフトSIMULIA XFlow (以下 XFlow)⁽¹⁾を用いることとした。

XFlowは解析精度が良い反面、速度ベクトルが小さく見えない、圧力分布を滑らかに描けないなどの表示上の問題があり、詳細なポスト処理を苦手としている (Fig. 2)。自動変速機の開発においては主なアウトプットがギヤによる攪拌ロスや油のマクロな挙動だったため問題にならなかったが、今回の目的においてはそこが大きな課題となる。そこで、XFlowの結果データを優れた可視化・データ処理機能を持つ別の流体解析ソフトSTAR-CCM+⁽²⁾に読み込ませることで、解決を図ることとした。



(a) Velocity vector

(b) Pressure distribution

Fig. 2 XFlow results display example

* ジャヤトコ エンジニアリング (株) 部品システム開発部

2.2 データ処理

ギヤボックス内の流れを分析する際には、乱れ成分の取扱いに注意が必要である。ギヤで攪拌された流れは大小様々な渦や界面変動により常に変化しており、基本的に同じ流れが繰り返されることはない。そのため、瞬時の流れ場を見ても正確な分析ができず、判断を誤ることに繋がりがねない。そこで今回はデータを平均化することで、乱れ成分を除去することとした。ただし、単純な時間平均化ではギヤ表面のデータを正しく残すことはできないため、ギヤの位相に注目し、ギヤの歯が全く同じ位置にある時のデータのみを抽出して平均化するアンサンブル平均を行った (Fig. 3)。

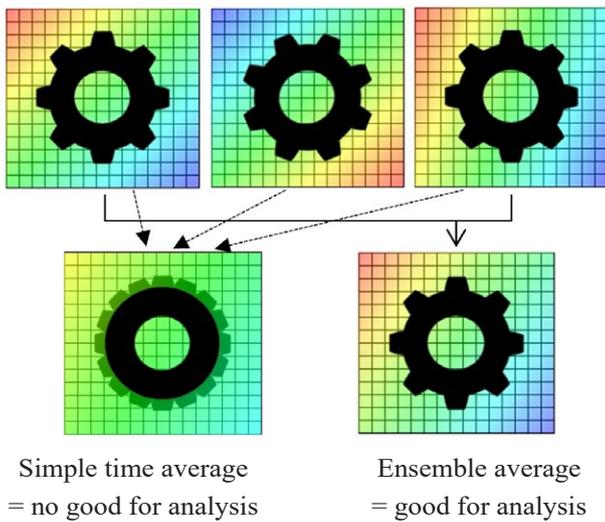


Fig. 3 Data processing method

これにより、ギヤの位相に応じた時間平均成分のみが残るため、見るべき現象をしっかりと捉えることができるようになった。

しかし、XFlowの結果をSTAR-CCM+に受け渡す際には、以下の課題を克服する必要があった。

- 1) XFlowから出力されるデータが、STAR-CCM+で読み込めるフォーマットになっていない
- 2) ギヤの位相が同じだとしても、ベアリングやシャフトなどの位相が揃っていないため、各時刻で出力される結果ファイル内でデータの並びが変わってしまい、そのままではアンサンブル平均ができない (同じ場所のデータなのに各ファイルで書かれる行が異なる)

これらの課題に対しては、各々データ処理プログラムを作成して対応することとした。まず1)に対しては、テキストデータの処理に特化した言語であるawkを用いてフォーマットの書き換えを行った。次に、2)についてはSTAR-CCM+のデータマッピング機能を用いることとした。まず位相が異なる回転体をモデルから削除した統一メッシュを用意し、各時刻で書き出された結果ファイルを順番に読み込み、マッピングし、そして出力する、という処理を行った。結果ファイルは200個あったため、javaプログラミングによりすべてを自動化し、業務の高速化・効率化を図った。

こうした処理を行うことで、同じ場所のデータが常に同じ行に書かれるようになったため、データ処理が容易になり、awkで簡単なプログラムを作成することで、アンサンブル平均を行うことができるようになった。

Fig. 4に流れの分析を行った事例を示す。乱れ成分の少ないデータを用いることで、圧力分布や速度分布、それらと損失トルクの関係など、詳細な分析・評価を行うことができた。またそれにより損失トルクと密接な関係にある設計パラメータを同定することができ、設計指針の明確化に繋がった。

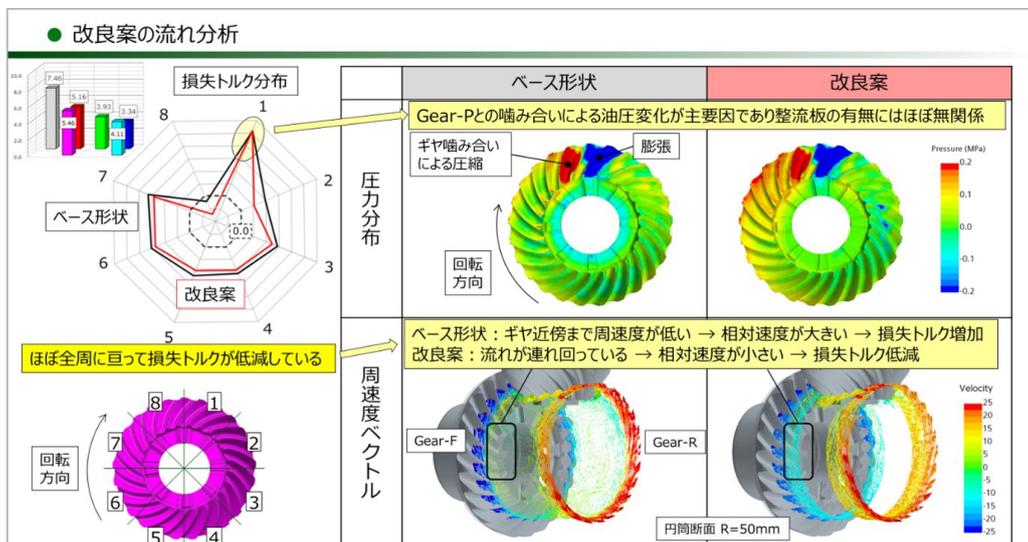


Fig. 4 Example of data analysis

3. まとめ

今回、流体解析技術を用いて、初めて自動車業界以外の部品に対して設計支援を行った。これまで経験したことのない部品の検討ではあったが、自動変速機の開発で培ってきた流体力学の知見、解析技術、プログラミングを伴うデータ処理技術などをフルに活用することで、お客様のニーズに的確にお応えし、高い評価を頂くことができた。今後も更に技術を磨き、様々なお客様に対して技術貢献をしていきたい。

- (1) SIMULIAは、フランスの法律に基づいて設立された欧州会社（Societas Europaea）であり、ヴェルサイユの商業裁判所書記 課に登記番号 322 306 440 で登録されているダッソー・システムズ、またはアメリカ合衆国やその他の国における ダッソー・システムズの子会社の商標もしくは登録商標。
- (2) STAR-CCM+はSiemens社（Siemens AG）の登録商標。

■ 著者 ■



島田 勝



射庭 智之



寺田 幹夫