

## 調節弁のキャビテーション解析 —キャビテーション (気泡の発生) 特性を 数値計算で予測する—

研究・開発機関 : アズビル株式会社  
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」、FOCUSスパコン (Fシステム)  
 計算規模 : 60 ノード (480コア)  
 利用ソフトウェア : Advance/FrontFlow/red

### Before

- キャビテーション現象は非定常性が強く、時間スケールも非常に小さい ( $10^{-6}$ 秒程度) 現象なので、数秒程度の流れを解析するためには膨大な計算リソースが必要になります。
- そのため、調節弁内部で発生するキャビテーションの影響や特性値を数値計算力学 (CFD) で予測することは困難でした。

### After

- 「京」の活用で、大規模な計算モデルである調節弁内部のキャビテーション現象を従来の 15 分の 1 の日数で解析することができました。
- 解析結果を活用することで、設計・開発の初期段階でキャビテーションの影響を考慮したアイデア案の評価や、高品質の作りこみができるようになりました。

### ■背景と目的

調節弁は流体を止めたり、流れる量を調節する機能を持った機器で、さまざまなプラントや工場で使用されています。図1に調節弁の代表的な形式であるグローブ弁の構造を示します。グローブ弁は内部のプラグと呼ばれる部品が上下に動くことで流路の最小隙間を制御するシンプルな構造で、幅広い温度・圧力条件に対応しています。その中で制御する流体が液体の場合、圧力条件によってはキャビテーションが発生します。キャビテーションは液体の蒸発と再凝縮により気泡が生ずる現象で、調節弁内部で発生すると振動や騒音、流量の閉塞、壊食などの問題を引き起こします。

当社ではこのようなキャビテーション現象の影響を、数値計算力学 (CFD) で予測する取り組みを行っています。これにより、開発初期段階でキャビテーションの影響を考慮したアイデアの事前評価や、高品質の作りこみが可能になります。しかし、キャビテーション現象は非定常性が強く時間スケールが非常に小さい ( $10^{-6}$  秒程度) 現象なので、実時間で数秒程度の流れを解析するためには膨大な計算リソースが必要でした。

そこでスーパーコンピュータ「京」を使用することで、大規模な計算モデルとなる調節弁のキャビテーション解析を短期間で実施し、その特性のCFD予測技術の確立を目指しました。

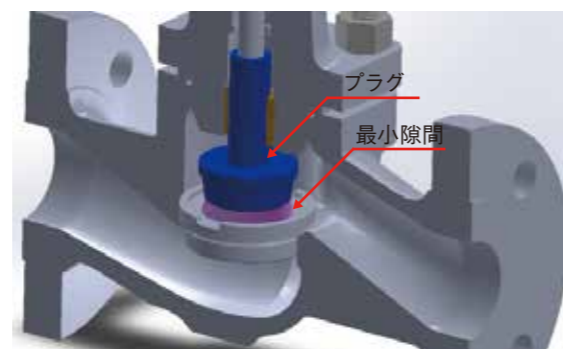


図1 グローブ弁構造図

### ■利用成果

スーパーコンピュータ「京」を用いて、グローブ弁のキャビテーション流れの非定常CFD解析を行いました。計算に用いたモデルの概要を図2に、計算の詳細条件を表1に示します。この解析の結果、グローブ弁のキャビテーションによる流量閉塞特性を予測することができました。圧力条件 $\Delta P$ を変化させて計測した流量 $Q$ の実測値と解析値の比較を図3に、キャビテーション流れの可視化例を図4に示します。

今回の解析はスーパーコンピュータ「京」で最大480並列の計算を行い、一般的なワークステーション (最大24並列) を使用すると約5カ月かかる見込みの計算を約10日に短縮することができました。今後このCFD予測手法を用いることにより、開発初期段階でキャビテーションの影響を考慮したアイデア案の評価や、高品質の作りこみが可能になります。

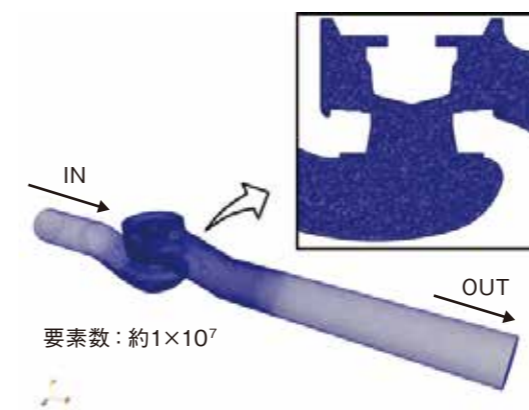


図2 計算モデル概要

表1 計算条件

解析対象	グローブ弁 (フルモデル)
CFD ソフト	Advance/FrontFlow/red ver5.4
乱流モデル	Large Eddy Simulation
解析流体	水 (圧縮性を考慮)
キャビテーション	均質流モデル
境界条件	INLET/OUTLET : 圧力境界
壁面条件	Spalding 則
時間刻み幅	$5.0e-05$ [s] ~ $5.0e-06$ [s]

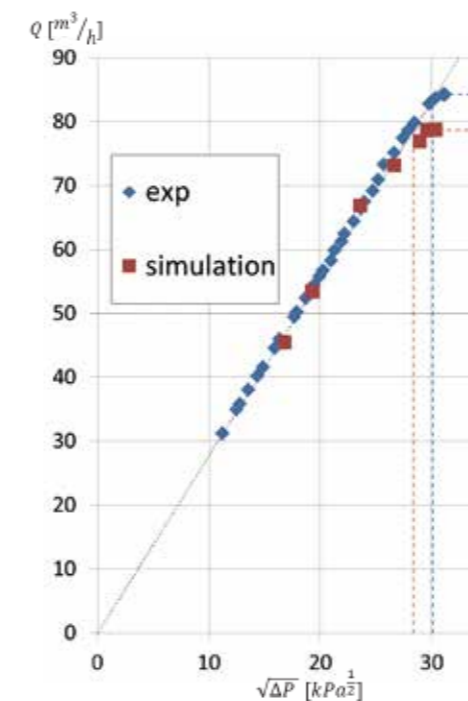


図3 流量閉塞特性の比較

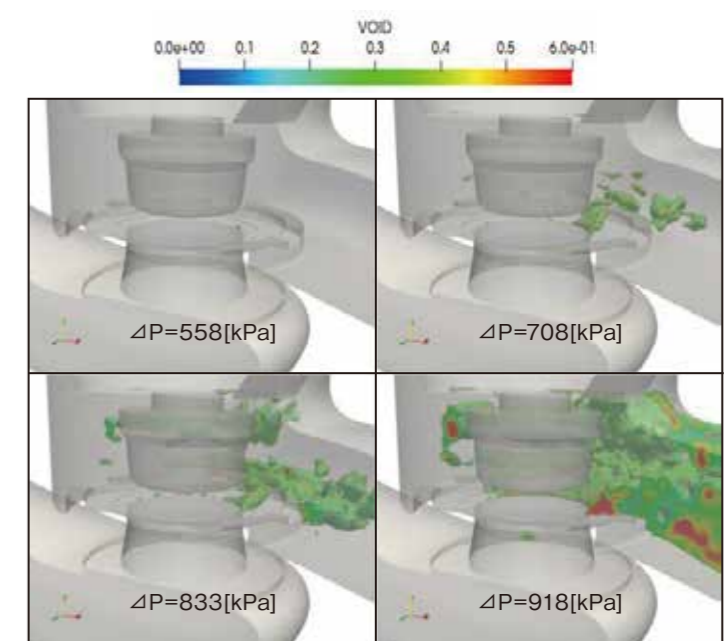


図4 VOID率によるキャビテーション流れの可視化 (VOID率: 気液2相流中の気相の体積分率)