



# 浴び心地を向上させる シャワーヘッド設計 —最適形状導出の自動化技術—

研究・開発機関 : TOTO株式会社 総合研究所  
 利用施設 : 自社設備  
 計算規模 : 1ケース約1時間、総計算約10日  
 利用ソフトウェア : ANSYS Fluent, ANSYS HPC Pack, modeFRONTIER (ESTECO)

## Before

- シャワーヘッドの研究開発にあたり、シミュレーションの活用で試作コスト削減や期間短縮を実現してきました。しかし、解析条件設定や結果処理といった単純作業に対する人的負荷の課題がありました。
- シミュレーションを単純に利用した場合、トレードオフ関係を考慮した最適形状導出には約2ヶ月かかりました。

## After

- シミュレーションの単純繰り返し作業を自動化する事で、技術者は創造的業務に専念する事が可能となりました。
- シミュレーションに最適化アルゴリズムを組合せる事で、広い寸法範囲から最適形状を導出する事や、一度に複数目的の最適化が可能となり、最適形状の導出期間が約2か月から約10日まで短縮されました。

## 背景と目的

TOTOでは「節水」と「浴び心地」との両立を目指したシャワーを開発しています。2017年5月より発売しているコンフォートウエーブシャワー(図1)は、従来シャワーの約35%節水で「適度な刺激感のある浴び心地」を実現しました。

大粒の水玉をスイングしながら勢よく吐水する新開発のウエーブ吐水(図2)と、従来シャワーの吐水とをミックスして、適度な刺激感をもたらします。ウエーブ吐水は、ノズル内部の障害物にぶつけて水の流りに周期的な渦を生じさせる事により、高速(1秒間に約200回)で左右に振れながら吐水する、TOTOの新技术です。

このウエーブ吐水を短期間に開発するため、ノズルの最適設計にシミュレーションを用いてきました。シミュレーションというと、試作実験を繰り返す方法と比べコスト削減や開発期間短縮に繋がると思われがちですが、実際には条件設定や結果処理といった単純作業に多くの時間を要します。そこで、最適形状導出の自動化技術を導入し、より効率的な設計方法を取り入れました。



図1 コンフォートウエーブシャワー

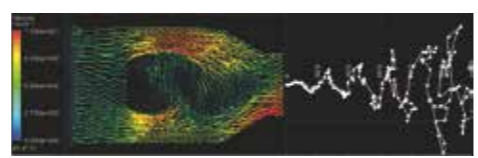
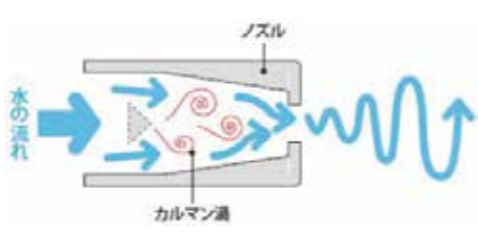


図2 ウエーブ吐水ノズル

## 利用成果

### 自動化による単純作業の効率化

従来のシミュレーションのフローを図3左に示します。最適解が得られるまで、一計算ごとの条件設定や結果処理を何十何百回と繰り返します。この単純繰り返し作業低減のため、1回目の計算はモデル作成～計算実行まで手動、2回目以後の形状変更・条件設定・計算実行は自動化、というシステムを構築しました。

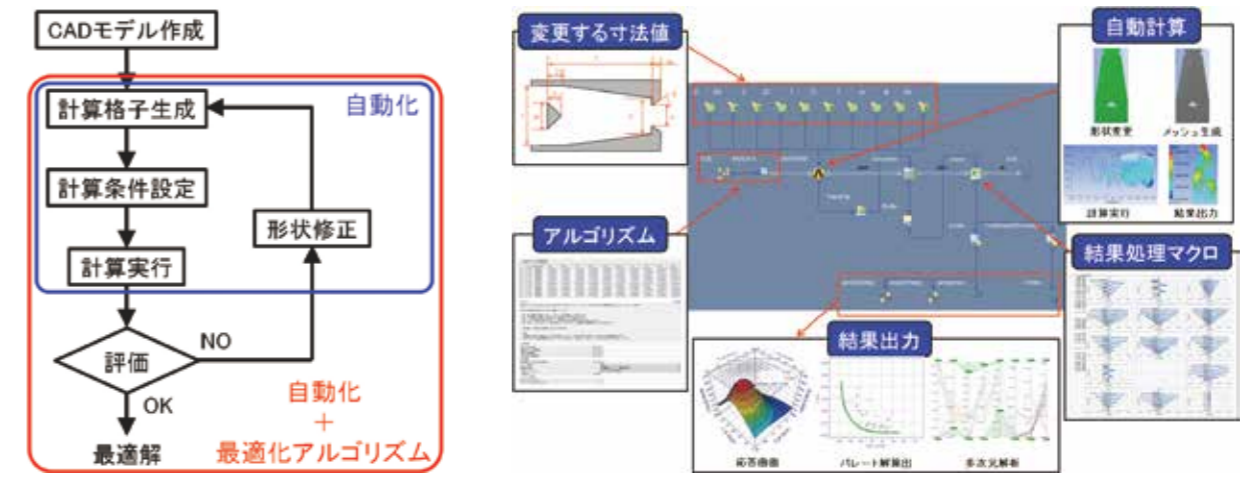


図3 シミュレーションフローと連成解析の全体像

### 最適化アルゴリズムの利用

「一方を追求すれば他方を犠牲にせざるを得ない」というトレードオフの関係は、日常の至る所に存在しています。これは設計開発時も同様であり、トレードオフの関係になる二つの性能の最適解は図4赤曲線のようにになります。従来の設計方法では一度に広い寸法範囲を含ませる事が難しく、目的ごとに複数回実施する必要がありました。一方で、最適化アルゴリズムは寸法範囲を広く設定し大量の計算結果から予測するシステムのため、一度に複数目的の最適化が可能となり、さらに検討漏れの発生確率が低くなりました。

最適化計算結果は寸法値の数値出力だけではなく、応答曲面のような視覚的な出力が可能です(図5)。この曲面から、性能への影響が強い重要な設計変数を見極めたり、最適解がどの領域に存在しそうかといった見当をつけたりする事ができます。最終的に「製造可能な寸法範囲」や「要求仕様を満たすような出力性能」として制限をかける事で、最適解を選定します(図6)。

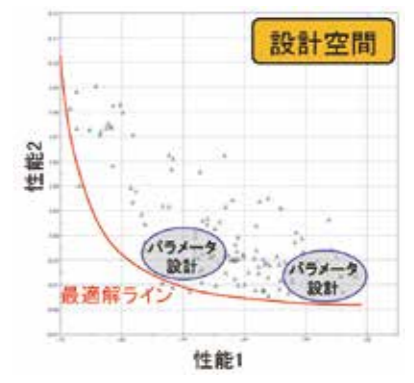


図4 トレードオフの関係

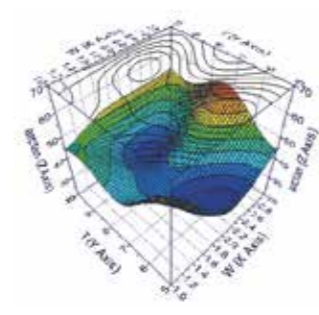


図5 寸法特性の把握

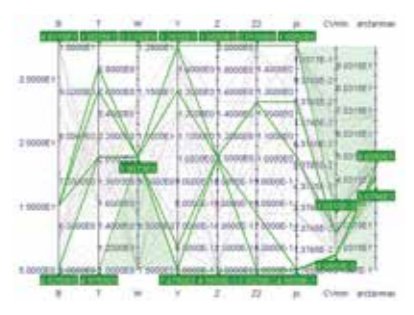


図6 最適解の選定

### まとめ

本事例では、ANSYS FluentとmodeFRONTIERとを連成させる事で、単純繰り返し作業を自動化し、技術者は統計処理後の結果分析作業に専念する事が可能になりました。また、最適形状導出までに要した期間は、シミュレーションを単純に利用した場合は約2ヶ月、シミュレーション解析に最適化アルゴリズムを組み合わせた場合は約10日であり、開発期間を約6分の1に短縮する事ができました。