

最適なヒートシンクの形状決定 —構造設計における最適化手法の活用—

研究・開発機関 : 佐賀県工業技術センター
 利用施設 : センター保有の設計支援用WS、CPU : intel Xeon 2.4GHz相当
 計算規模 : 「ヒートシンク解析」 1回当たり約9分
 利用ソフトウェア : ダッソーシステムズ(株) SolidWorks flow simulation 2017

Before

- CAEは、設計段階で製品の性能に問題がないかなど、コンピュータを用いて事前に検討できるシステムで多くの業界で様々な製品に利用されています。
- 一方で、CAE解析で製品性能を適切に改善するための形状や寸法等を定量的に明らかにしたいといった企業の要望には十分対応できるところまでには至っていませんでした。

After

- CAE解析に最適化技術を活用し、製品性能の改善点を定量的に見出す手法を構築し、その有効性を製品モデルで確認しました。
- この手法を用いてCAE解析を行うことにより、適切な形状や寸法等を定量的に明らかにでき、企業の要望に応えられるようになりました。

■背景と目的

CAE(Computer Aided Engineering)は、設計段階で製品の性能に問題がないかなどの確認を、コンピュータを用いて事前に検討できるシステムであり、多くの業界で様々な製品を対象に利用されています。

当センターではCAE解析システムを導入して以来、企業との共同研究や技術相談、依頼試験等に取り組むことで、解析モデルや材料モデルの作成、製品強度の定量化などの解析ノウハウを蓄積しています。

これらの活動によって、CAE解析を製品設計に活用する県内企業は着実に増え、企業が設計した構造モデルを用いてCAE解析を行い、その解析結果と材料強度を比較して製品強度が確保されているかを評価することで、製品性能の改善において一定の成果が得られてきました。

しかし、CAE解析だけでは製品性能を適切に改善するための形状や寸法等を定量的に明らかにしたいといった企業の要望にまでは十分には対応できていません。そこで、CAE解析に最適化技術を適用することで解析結果を評価し、製品性能の改善点を定量的に見出す方法の構築を目指しました。

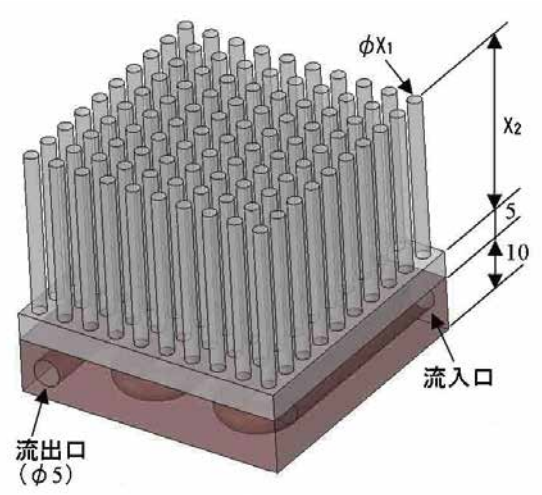


図1 ヒートシンクの解析モデル

■利用成果

ヒートシンクへの適用

ヒートシンクとは、熱を吸収し空気中に放熱することで対象物である製品の冷却を目的とした部品のことです。図1に示すモデルは、下部にある銅製のベースブロックの穴内に温水が流れており、温水からの熱はベースブロックと上部のヒートシンクを通過し、周辺空気293K(20°C)へ放熱される仕組みになっています。その際、流入口から流入する温度353K(80°C)の温水が、流出口から流出する時に温度343K(70°C、10°C冷却)未満となるようにヒートシンクの適切な円筒突起形状を決定することが必要となります。

すなわち、数学モデル上は、流出口の温水を343K(70°C)未満とする制約条件のもとで、目的関数であるヒートシンクの重量を最小とするための、設計変数であるヒートシンクの円筒突起形状の直径 x_1 と高さ x_2 を決めることが必要となります。

寸法最適化手法の適用結果

ヒートシンクからの放熱状態と流出口の温水の温度についてシミュレーションを行いました。図2は設計変数 $x_1=1.5$ (mm)、 $x_2=10$ (mm)の初期モデルの計算結果で、流出口の温度 $T(x)=348.4$ (K)となりました。図3は設計変数 $x_1=2.0$ (mm)、 $x_2=30$ (mm)の時の結果で、流出口の温度 $T(x)=344.8$ (K)となり、いずれの結果も制約条件を満足していません。図4は設計変数 $x_1=2.0$ (mm)、 $x_2=60$ (mm)の時の結果で、流出口の温度 $T(x)=342.7$ (K)となり、制約条件の343(K)未満を満足する結果が得られています。

今回の解析では、設計変数の範囲について、円筒の直径 x_1 を0.5(mm)間隔で3種類、円筒の高さ x_2 を10(mm)間隔で6種類の寸法で変化させ、全18通りの組み合わせの中で最適な形状を見出すこととしました。

設計変数 x_1 、 x_2 が大きくなるにしたがって、制約条件を満足する結果に近づきますが、目的関数であるヒートシンクの重量は増加します。そのため制約条件を満足した時点でヒートシンク重量が最小値をとることから、図4に示す形状が最適解となることがわかります。

■まとめ

今回の事例では設計変数を製品の寸法とし、制約条件下において、目的関数を最小化する寸法最適化手法を、ヒートシンクのCAE解析に適用しました。最終的に最適解が定量的に得られていることから、寸法最適化で使用したアルゴリズムが、企業の製品モデルに適用可能であることが確認できました。

ただし、入力した設計変数の範囲に制約条件を満足する解が存在しない場合、最適解が得られないまま計算が終了することになるので注意が必要です。

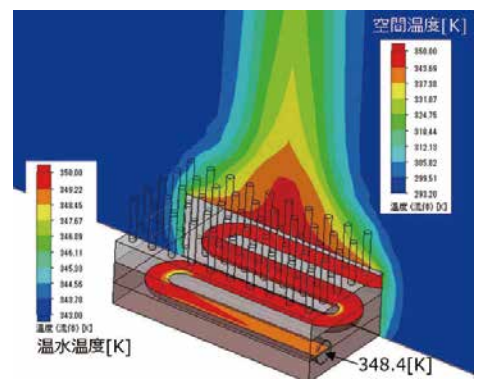


図2 寸法最適化 ($x_1=1.5$ (mm)、 $x_2=10$ (mm))

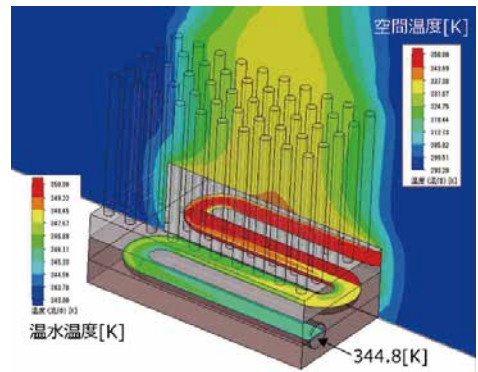


図3 寸法最適化 ($x_1=2.0$ (mm)、 $x_2=30$ (mm))

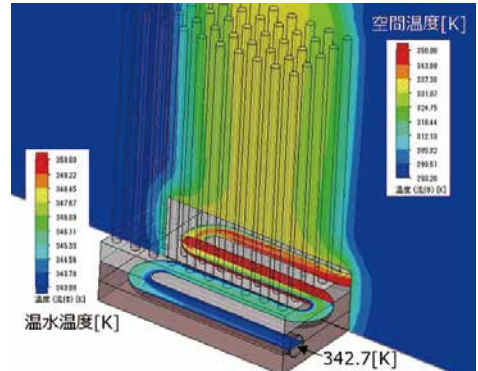


図4 寸法最適化 ($x_1=2.0$ (mm)、 $x_2=60$ (mm))