

流体中に置かれた物体の抗力低減形状の決定問題に関する研究

中央大学 正会員 ○野島 和也

中央大学 正会員 川原 睦人

1. はじめに

近年 CFD と最適化手法を組み合わせることによって自動的に最適形状を求める研究が行われている．抗力最小形状決定への取り組みは、まず Pironneau¹⁾により Stokes 流れを仮定した場合において設計変数に物体表面座標を用いた最小化アルゴリズムが提案された．適当な流れ場の数値解法がなかったため解を得るに至らなかった．しかし、Stokes 流れでは物体表面渦度が一定となる最適条件を導き出し、これを用いて面積一定条件のもと抗力最小形状を求めている．その後、Pironneau の提案したアルゴリズムをもとに抗力を目的関数に用いて二次元領域の定常 Stokes 流れや Oseen 流れにおいて抗力最小形状を得ている^{2),3)}．

2. 形状決定とメッシュ作成

形状決定問題では、形状更新時にメッシュの破壊が生じたり、得られる勾配が波打ったりといった問題がある⁴⁾．メッシュの破綻は、構造型のメッシュを使用した場合に起こり、勾配の波打ち現象は非構造型のメッシュを使用した場合におこる．この問題の回避方法として、物体周りに局所的な構造型メッシュ・領域全体に再構築が容易な非構造型メッシュを配置する、非構造・構造ハイブリッドのメッシュを用いる方法が提案された．

本研究の対象となる、三次元領域の形状決定問題については、有限要素メッシュの作成が困難であるため、扱うことが困難であった．三次元解析においても、最適化プロセスにおいて非構造・構造ハイブリッドのメッシュを使用することを前提に、有限要素メッシュ再構築システムの構築を行う．本研究では、このメッシュ再構築システムのベースとして Delaunay 分割法⁵⁾を利用し、物体周りに三次元の構造型メッシュの層を構築方法、表面要素の変形に対する、ロバスト向上についての表面要素均一化方法を開発し、三次元領域での抗力最小形状を導く．

3. メッシュ構築例

図1に示すメッシュは、最適化かていで有限要素メッシュが大きく変形し、計算が破綻したときの有限要素メッシュである．左は、表面の要素が広がりすぎた為、右は逆に狭まりすぎた為に破綻が起きた例である．

本研究では、この問題について表面要素を均等な幅に保ちながら形状・要素の更新を行う方法について研究を行った．要素平滑化の効果については、図2に示す．図2上は、形状最適化の過程で、先端と後端の表面要素が広が

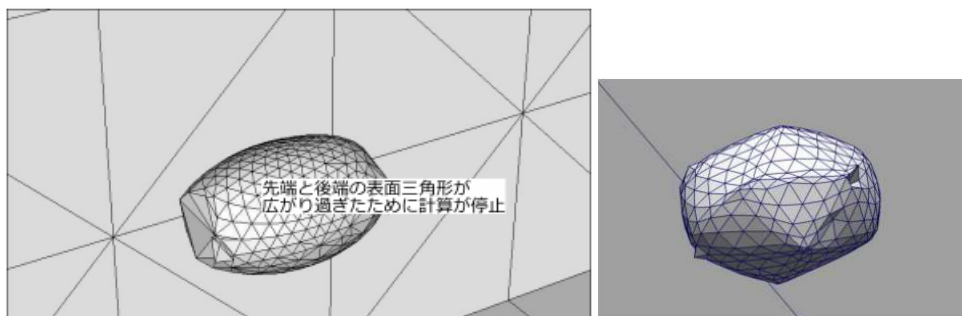


図1：表面要素の変形によるメッシュの破壊

り始めてたときの、有限要素メッシュの平滑化を行った例であり、図2下は、車両先端部分をイメージして作成したメッシュの平滑化の例である．

キーワード 形状決定, 抗力低減, 数値解析, Delaunay 分割法

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3714-1814

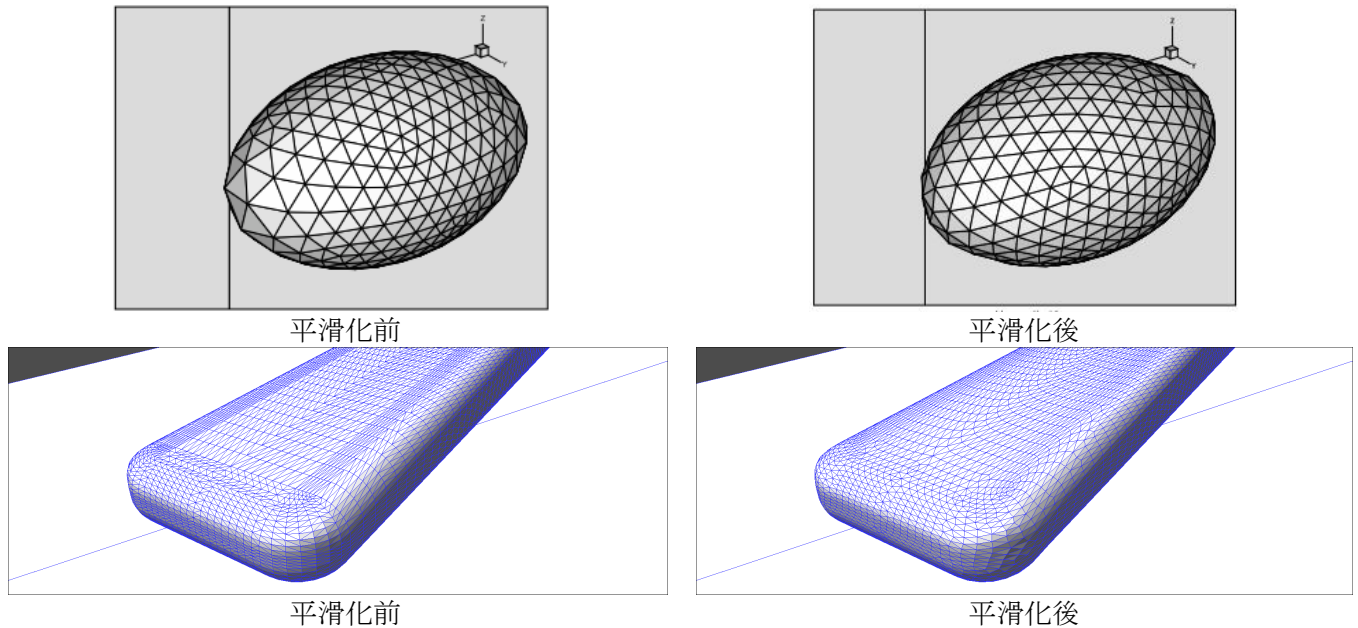


図 2 : 表面平滑化例

4. 数値解析例とまとめ

本研究では、流体中の抗力を低減するような形状を、最適形状理論に基づき数値的に決定する問題を扱った。形状決定は三次元領域で行い、このための三次元有限要素メッシュ構築システムの開発を行った。図 3 に示す有限要素メッシュは、本研究で得られた $Re=1$ における、抗力低減形状である。

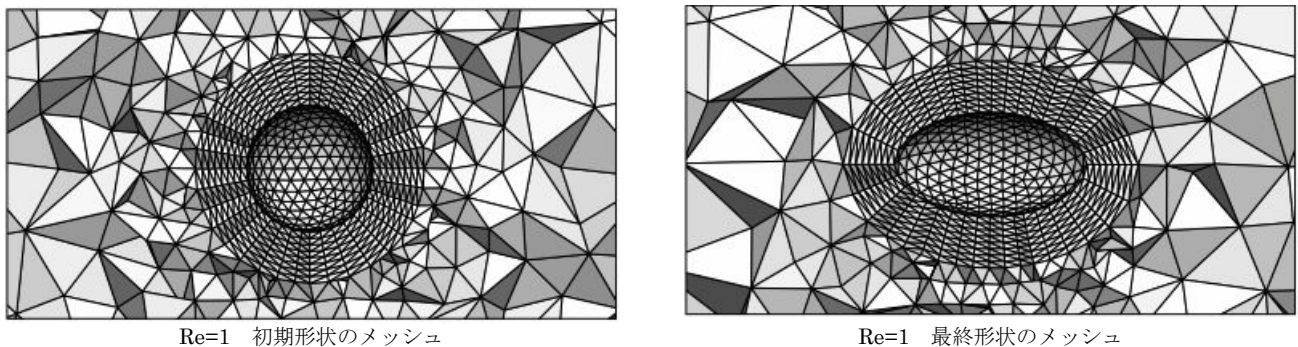


図 3 : 風況の解析結果 (圧力図)

参考文献

- 1) Pironneau, O.: On optimum profiles in Stokes flow, J. Fluid Mech, Vol. 59, No.1, pp.117-128, 1973.
- 2) Ogawa, Y. and Kawahara, M.: Shape Optimization of Body Located in Incompressible Viscous Flow Based on Optimal Control Theory, Int. J. Comp. Fluid Dyn., Vol. 17, No. 4, pp. 243-251, 2003.
- 3) Yagi, H. and Kawahara, M.: Shape optimization of a body located in low Reynolds number flow. Int. J. Numer. Meth. Fluid., Vol. 48, pp. 819-833, 2005
- 4) Yagi, H. and Kawahara, M.: Numerical optimal shape determination of a body located in Incompressible Viscous Fluid Flow, Comp. Meth. Appl. Mech. Eng., Vol. 196, pp. 5034-4091, 2007.
- 5) 野島, 川原: 三次元 Delaunay 分割を用いた地下トンネル三次元有限要素分割モデルの作成, 応用力学論文集, Vol. 5, pp.253-262, 2002