

流体中に置かれた物体の抗力低減形状決定問題における初期条件に関する研究

中央大学 正会員 ○野島 和也

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. 形状決定と初期条件

本研究では、最適制御理論に基く最小化問題として形状決定問題を扱ため、形状決定問題を、抵抗を表す汎関数（評価関数）の停留条件を見つける問題に帰着させることができる。最小化アルゴリズムでは、まず、任意の初期形状を用意することになる。次に、座標方向の評価関数の勾配を算出し、これを抗力を低減する形状（座標）への更新量として、初期形状を変形させる。勾配の算出と、形状の更新の作業を反復し、最終的な形状を導くものであるが、勾配の算出を、評価関数の停留条件により行っているため、極値を求める問題となる。そのため、最終形状が抗力を最小とする形状であるとは限らず、与える初期形状によっては、最終形状が異なることが考えられる。本研究では、いくつかの異なる形状を最適化の初期形状として選び、解析を行うことで、初期形状依存性を調査する。対象とする解析領域は、3次元の非圧縮性流体、低レイノルズ数流れである。

3. 数値解析例とまとめ

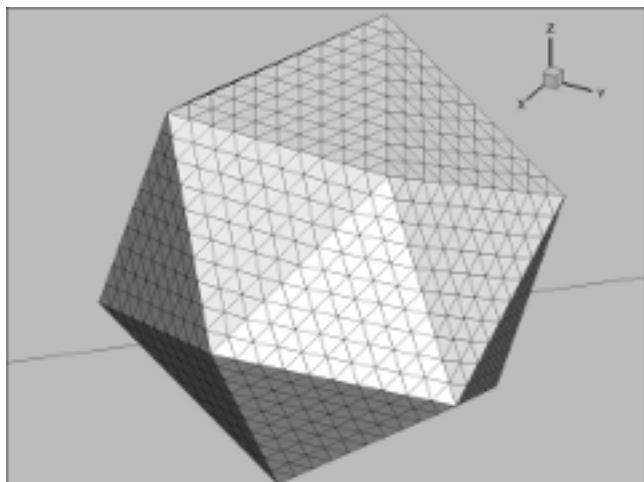
本研究では、流体中の抗力を低減するような形状を、最適形状理論に基づき数値的に決定する問題を扱った。形状決定は三次元領域で行い、初期形状として、正二十面体と立方体を本研究で扱った。図1に示す有限要素メッシュは、本研究で得られた $Re=1$ における、抗力低減形状である。図中最下段は、以前に行った所期形状：球より求めた抗力低減形状である。それぞれ比較すると、ほぼ同じ形状を得る結果となった。初期形状：立方体では、要素メッシュの違いにより、他の2例と若干の異なりを見せたが、球と正二十面体では同じ形となった。全体的に形に差異が生まれなかったのは、流れのレイノルズ数が低いことが理由として考えられるため、今後はレイノルズ数を大きくして検討を行う。

参考文献

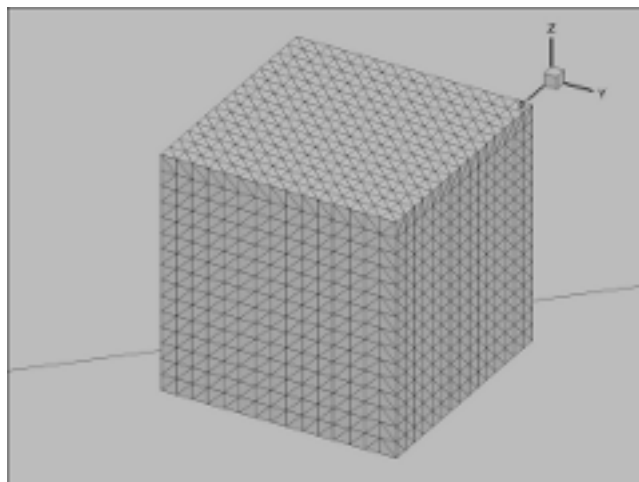
- 1) Pironneau, O.: On optimum profiles in Stokes flow, J. Fluid Mech, Vol. 59, No.1, pp.117-128, 1973.
- 2) Ogawa, Y. and Kawahara, M.: Shape Optimization of Body Located in Incompressible Viscous Flow Based on Optimal Control Theory, Int. J. Comp. Fluid Dyn., Vol. 17, No. 4, pp. 243-251, 2003.
- 3) 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

キーワード 形状決定問題, 有限要素法, 抗力低減, 数値解析

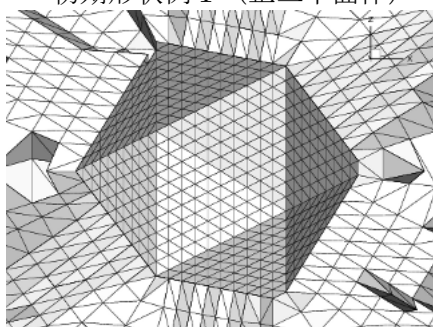
連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL03-3714-1814



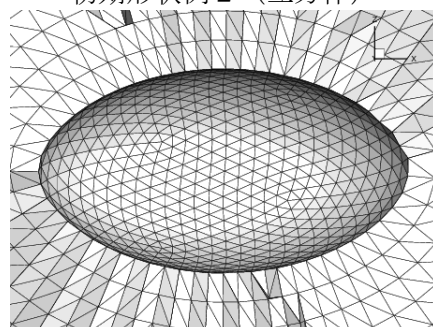
初期形状例 1 (正二十面体)



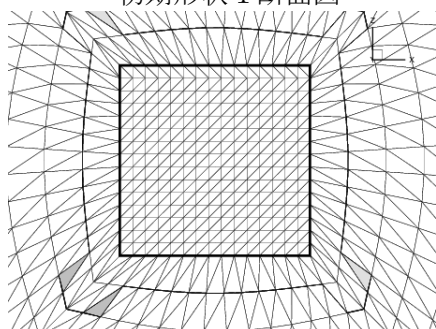
初期形状例 2 (立方体)



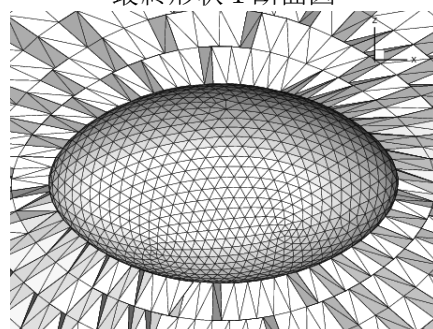
初期形状 1 断面図



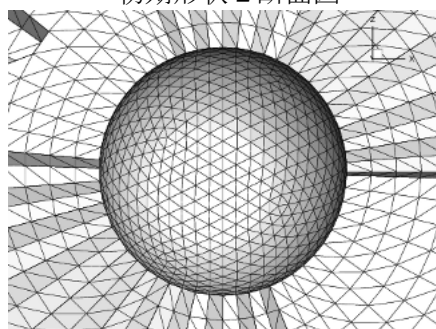
最終形状 1 断面図



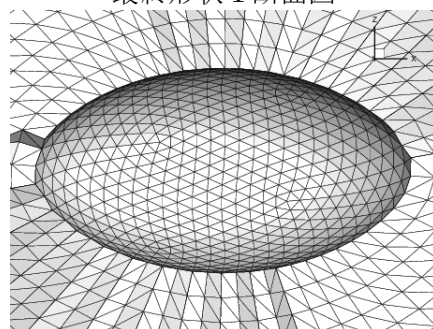
初期形状 2 断面図



最終形状 1 断面図



初期形状：球 断面図



最終形状：球 断面図

図 1 : 表面平滑化例

- 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