

物体透過格子法を用いた非圧縮流体と複数物体の連成シミュレーション

Body-Permeable Mesh Simulations of Incompressible Fluid-Rigid Bodies Interaction

○浅尾 慎一, 産技短大, 〒661-0047 兵庫県尼崎市西昆陽 1-27-1, E-mail: asao@cit.sangitan.ac.jp
 松野 謙一, 京工繊大, 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町, E-mail: matsuno@kit.ac.jp
 堂原 教義, 産技短大, 〒661-0047 兵庫県尼崎市西昆陽 1-27-1, E-mail: dohara@cit.sangitan.ac.jp

Shinichi ASAO, College of Industrial Tecnology, 1-27-1 Nishikoya, Amagasaki, Hyogo, JAPAN
 Kenichi MATSUNO, Kyoto Institute of Tecnology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto, JAPAN
 Noriyoshi DOUHARA, College of Industrial Tecnology, 1-27-1 Nishikoya, Amagasaki, Hyogo, JAPAN

The purpose of this paper is to calculate the incompressible viscous fluid-bodies interaction. For moving boundary problem, a body fitted coordinate system is usually employed. However, for the case that body moves so much widely, it is difficult to keep a mesh distribution with holding good resolution of the solution because of the extremely skewed mesh. It means that mesh interval becomes extremely and locally wide or narrow. Therefore, there exists a limit of the movement of the body. To avoid the highly skewed mesh, we have proposed "Body-Permeable Mesh Method" in this paper. The feature of this method is that the body moves in the fixed mesh system with the mesh point in front of the body passing through the inside. In this paper, a simulation of movement of balls drifted by incompressible viscous fluid flow in the square pipe using this method is presented.

1. はじめに

河川を流れる漂流物の移動や、血管内を流れる血栓の移動・変形など連成問題は様々なところで見られる。このような複数移動境界を持つ連成問題に対して数値シミュレーションする場合に有用な手法として物体適合座標 (Body Fitted Coordinate) を用いる方法や重畳格子法 (Overset Grid Method) がある。

物体適合座標を用いると、物体表面の移動・変形に合わせて計算格子を移動・変形させることになる。そのため、物体が計算領域内を大きく移動する場合に物体適合座標を適用すると、格子形状がいびつになる。これは計算精度、計算の収束性を低下させる原因になる。特に、物体同士が衝突するような問題では物体適合座標の適用は困難となる。

一方、重畳格子法は全計算領域に物体に関係なく形成した主格子上に、物体形状に適合させ形成した補助格子を重ね、互いの格子の境界での物理量を内挿しあうことにより、複雑形状物体や移動する物体の周りの流れの解析を可能とする手法である。しかし、物理量を内挿を行うため計算精度の低下、流れの保存則を満足しないといった欠点がある。

そこで物体表面上の格子面に対して追加・削除、及び、付け替えを適切に行いながら物体のみを移動させる物体透過格子⁽¹⁾を用いることにする。これにより、単一格子で格子の変形を抑えながら計算を行うことが期待できる。ただし、物体を動かす際、流れの保存則に加えて幾何保存則をも考慮する必要がある。ここで幾何保存則とは、格子が時間的に移動・変形しても流れに影響を及ぼさないことをいう。これら2つの保存則を満足させた方法の一つに移動格子有限体積法⁽²⁾があるが、物体透過格子を用いる際も移動格子有限体積法を用いることにする。このように物体透過格子を用いると、格子が大きく変形することなく、かつ保存則を壊すことなく計算できるので、高精度のシミュレーションが期待できる。

本論文では上記に説明した複数物体が衝突・移動しても計算できる物体透過格子法を用いて連成問題を解くことを目的とする。連成計算の例として、流れのある角管内を移動する複数球のシミュレーションを示す。

2. 流体と物体の連成シミュレーション

連成計算例として、密度の異なる二つの球を角管内に流し、その移動の様子をシミュレーションした。計算結果として、球の衝突直後、衝突後における角管内の速度ベクトルと壁面の圧力分布、球の回転の様子を Fig. 1 に示す。

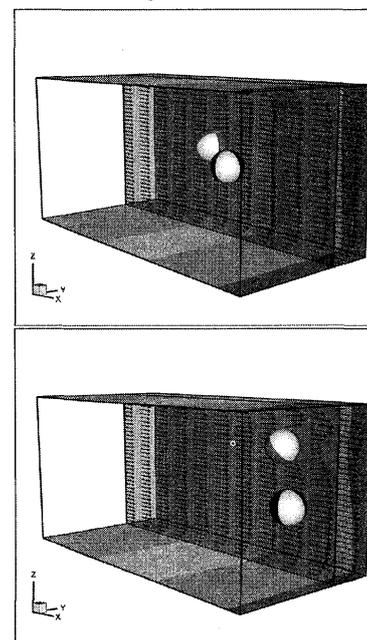


Fig. 1 Pressure contour and velocity vector

参考文献

- (1) Asao, S., Haru, T. and Matsuno, K., A Body-Permeable Mesh Method for Calculating Incompressible Flows with Traveling Multiple Boundaries, *CFD2009*, D9-4 (in CD-ROM).
- (2) Mihara, K., Matsuno, K. and Satofuka, N., An Iterative Finite-Volume Scheme on a Moving Grid, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B*, Vol.65, No.637 (1999), pp.2945-2958.