

Wind Tunnel Correction in Numerical Simulation

○大井田 淳一 (計算流体研), 北村 史郎 (計算流体研), 桑原 邦郎 (宇宙研)

Junichi OOIDA*, Siro KITAMURA*, Kunio KUWAHARA**

* Institute of Computational Fluid Dynamics, Meguro-ku, haramati 1-22-3, Japan

** The Institute of Space and Astronautical Science, Kanagawa 229-8510, Japan

The flow fields around a sphere under some conditions are simulated using the orthogonal uniform mesh. The drag coefficients are calculated by the same way as the wind tunnel correction. Navier-Stokes equations are solved as the governing equations with the multi-directional third-order upwind method in spatial direction and Crank-Nicolson method in time direction. The calculation results show the good agreement with the experimental results.

1. はじめに

物体まわりの流れにおいて、物体の特性を示す量の一つである抵抗係数をシミュレーションにより求める場合、より境界の影響を小さくするために、物体と比較して計算空間を大きくとることが多く、物体遠方にも格子を配置する必要が生じるなど計算上、非効率な面がある。

実験における抵抗係数の算出は、用いる風洞特性に応じた補正を行うことにより、風洞によらない値を得ることができる。シミュレーションにおいても、同様に補正を行うことによって、計算空間の大きさによらない抵抗係数値を得ることができ、より効率的な計算が可能になると考えられる。

そこで本研究では、流れ方向の圧力勾配、及び外側境界と物体との距離が十分でないことによる物体近傍の速度増加の影響を加味した抵抗係数算出の補正方法を考え、球まわりの解析を行い、補正した計算値と実験値の比較・検証をした。

2. 計算方法

支配方程式は、非圧縮性 Navier-Stokes 方程式を用いる。支配方程式の差分化は、空間について多方向差分法¹⁾、非線形移流項に 3 次精度風上差分²⁾を適用し、時間積分には Crank-Nicolson 陰解法を用いた。計算格子には直交等間隔格子を用いた。

抵抗係数の算出には、物体上流/下流で圧力差が無い条件を考慮して、流れ方向の圧力勾配を補正した。また、外側境界と物体との距離が十分でないことにより物体近傍の速度が増加する影響についても補正に加味した。

3. 計算条件

球の直径と、計算空間の流れに垂直な方向の大きさとの比率を 40%とし、Reynolds 数、 $Re=10^4$ 、 10^5 の 2 ケースに対して、格子点数を $65 \times 33 \times 33$ 、 $129 \times 65 \times 65$ 、 $257 \times 129 \times 129$ と変え、計算を行った。

4. 計算結果

Fig.1 に補正した抵抗係数値と実験値³⁾を示す。補正値はおおむね実験値と一致している。

Fig.2 に $Re=10^4$ 、 10^5 における各格子での、瞬時の等圧力線と流線を示す。

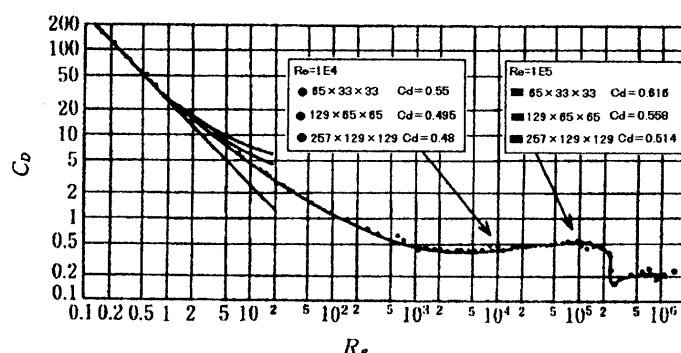


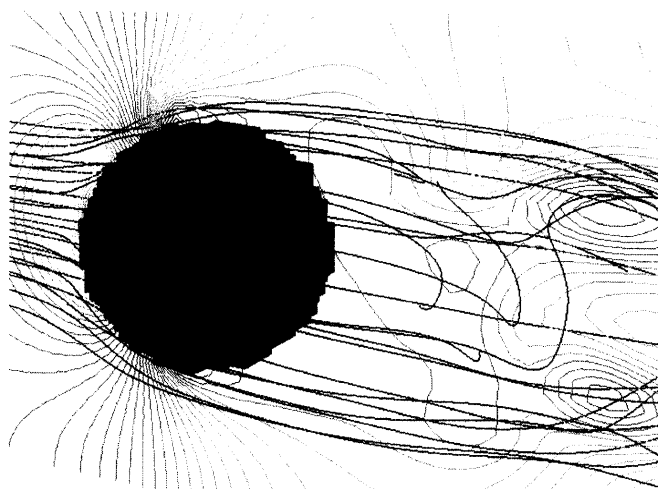
Figure.1 Drag coefficient

5. まとめ

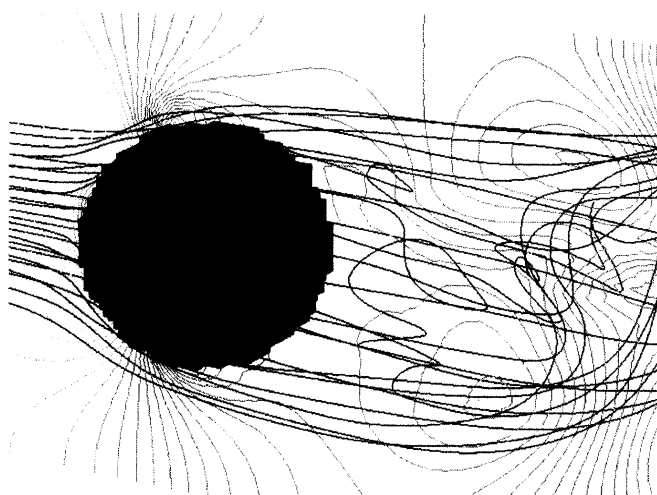
球まわりの流れについて計算を行い、流れ方向の圧力勾配、及び物体近傍の速度増加を考慮した補正方法による抵抗係数を算出した。補正した計算値は実験値におおむね一致した。

参考文献

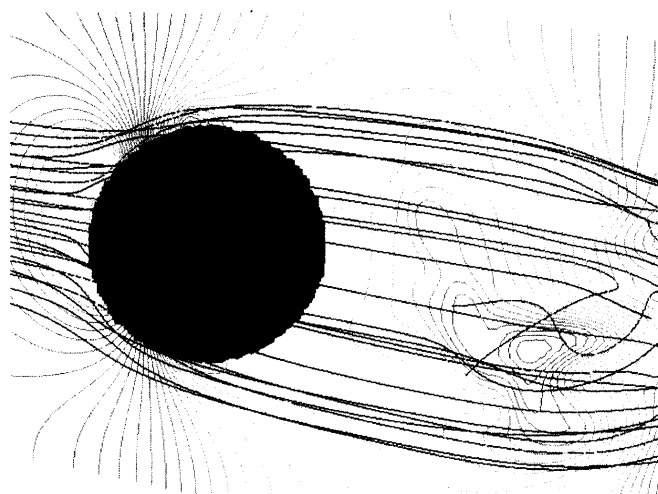
- 1) Kuwahara, K.: AIAA paper 993405, (1999)
- 2) Kawamura, K. and Kuwahara, K.: AIAA paper 840340, (1984)
- 3) 岡本, : “工学基礎 流体力学”, 森北出版, (1995), pp165



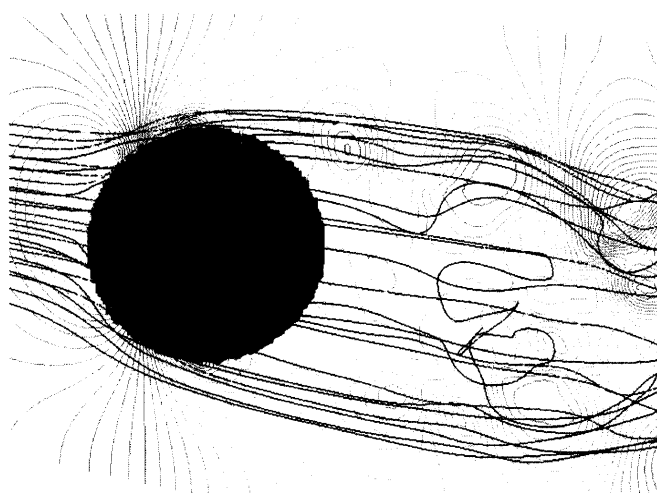
(a-1) $Re=10^4$, grid: $65 \times 33 \times 33$



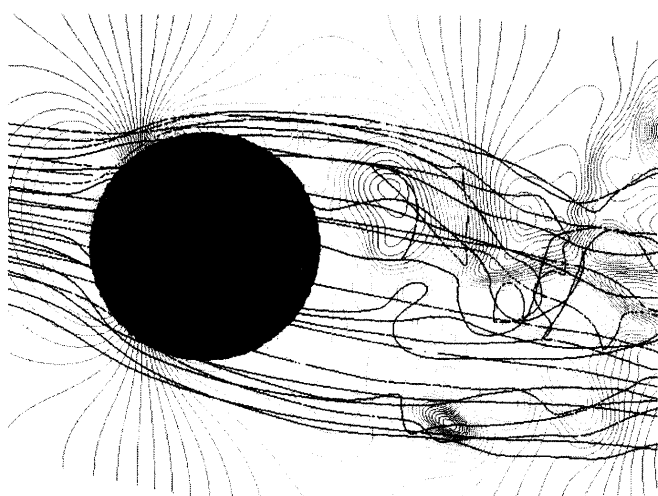
(b-1) $Re=10^5$, grid: $65 \times 33 \times 33$



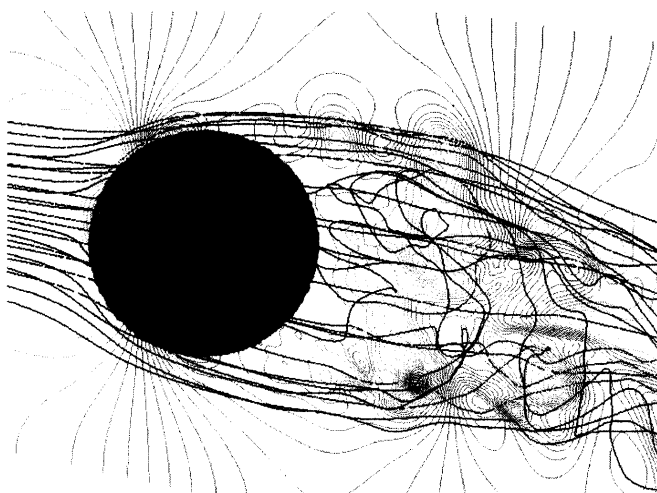
(a-2) $Re=10^4$, grid: $129 \times 65 \times 65$



(b-2) $Re=10^5$, grid: $129 \times 65 \times 65$



(a-3) $Re=10^4$, grid: $257 \times 129 \times 129$



(b-3) $Re=10^5$, grid: $257 \times 129 \times 129$

Figure.2 Pressure contours and stream lines around a sphere.