

II - 7

LES による平板上の流れの解析

東北大学 学生員 ○藤村 立行
 東北大学 正会員 真野 明

1. はじめに

比較的レイノルズ数の高い流体现象を計算格子数を抑えつつ、大まかに流れを表現できる方法として、LES(Large Eddy Simulation) は近年、活発に研究されている。本論では二次元非圧縮の流れを LES を用いて計算し、その結果について述べている。

2. LES の特徴

流体運動において、ある物理量 f に対し、メッシュスケールの部分 \bar{f} とそれ以下のスケールの部分 \tilde{f} に分けるフィルタリングを行うと、 $f = \bar{f} + \tilde{f}$ となる。LES は、この \tilde{f} の部分をモデルで与え、 \bar{f} をもとめる方法である。実際の計算においては、大きな渦領域から小さな渦領域へのエネルギー散逸の影響を変形速度を空間的に平均化操作することにより代表させ、メッシュスケール以下の状態を考慮している。

3. 計算について

LES の基礎式は、持田ら¹⁾に従い (h_1, h_2 は二方向メッシュの幅)

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\bar{p}}{\rho} + \frac{2}{3} K^* \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\nu + \nu_{SGS}) \bar{S}_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{S}_{ij} = \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}, \nu_{SGS} = C_s^2 \times (h_1 h_2) \times \left(\frac{\bar{S}_{ij}^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}}, K^* = \frac{\nu_{SGS}^2}{0.094^2 \times (h_1 h_2)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

と表される。格子配置には平均流速の成分 \bar{u}, \bar{v} と平均圧力 \bar{p} を互い違いにする MAC 法²⁾を、解の収束には圧力緩和法³⁾を採用した。Smagorinski 定数 C_s は、対象とする流れによって変わる定数である。対象は、半無限平行平板内の流れおよび管路段落ち部周辺とし、諸現は以下の表に示した。

対象	計算格子	格子間隔 (cm)	レイノルズ数	C_s	スケール(横 (cm)×縦 (cm))
段落ち	D1(50)× D2(30)	0.87	308	0.15	43.5×26.1, 段は 7.91×3.95
平行平板間流れ	D1(120)× D2(24)	0.48	5000	0.1	57.7×11.54

4. 結果と考察

(1) 段落ち流れ

図-1, 図-2はそれぞれ $T=50s, 150s$ での $Re=308$ における流れの渦度分布, 流線分布を表す。流線の再付着, 段落ち付近剥離領域の発達を良く表している。しかし現時点では、このように非常に低いレイノルズ数でしか計算を実現できていない。

(2) 平行平板間の流れ

図-3は、平行平板間流れの定常解であり、上下の境界付近で渦が対称に発生している。また図-4, 図-5は各レイノルズ数での計算における各地点での横方向流速と流入点での境界条件との比較である。いずれも、定常状態での各点での流速分布が一様になっていない。境界値の検討, 計算格子数を増加する等の改善を要する。

(3) まとめ

計算方法として LES を採用することにより流れを表現できてはいるが、現実的なレイノルズ数での数値計算には至っておらず、 C_s のモデル化や緩和条件の検討, 計算方法の改善等をしていく必要がある。

参考文献

- 1) 持田灯・村上周三・坂本成弘：LESによる2次元角柱に作用する変動風圧力の解析，第5回数値流体力学シンポジウム講演論文集，PP. 102, 1991
- 2) 日本機械学会編：流れの数値シミュレーション，コロナ社
- 3) Alexandre J. Chorin: Numerical Solution of the Naviere-Stokes Equations, MATHEMATICAL PHYSICS 4, PP. 745, 1968

渦度分布 流線分布

図1から3までの構成

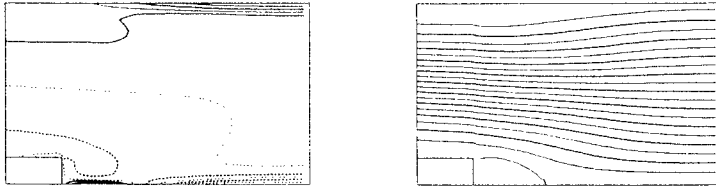


図-1 T=50s(Re=308)

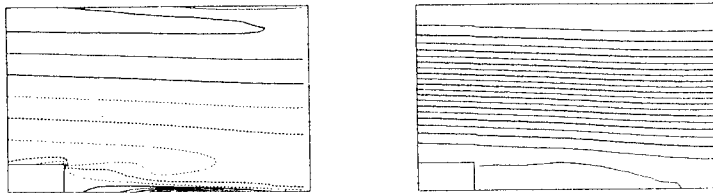


図-2 T=150s(Re=308)

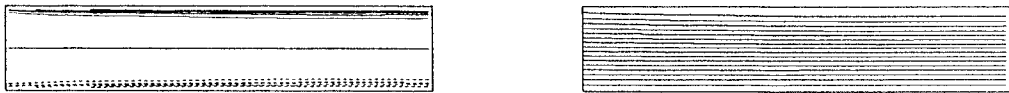


図-3 T=20s(Re=5000)

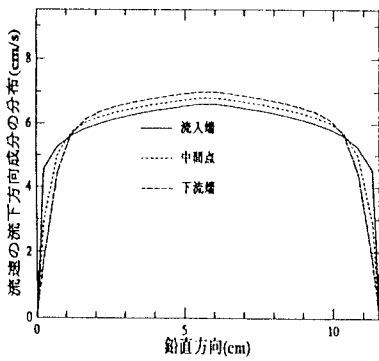


図-4 流速成分比較
(Re=3000)

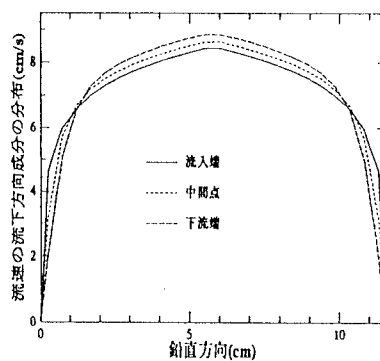


図-5 流速成分比較
(Re=5000)