

混合時間スケールモデルを用いた浮力 SGS モデルの検証

Verification of the Buoyancy SGS Model using a Mixed-Time-Scale Model

- 井上 広大, 阪工大院, 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号, E-mail: ml105404@eng.oit.ac.jp
 北條 勝彦, 阪工大, 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号, E-mail: hojo@med.oit.ac.jp
 Kodai INOUE, Osaka institute of technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585, Japan
 Katsuhiko HOJO, Osaka institute of technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585, Japan

A Large Eddy Simulation (LES) including buoyancy is treated in this study. We propose the new SGS model made by incorporating the buoyancy into Mixed-Time-Scale model (MTS-model) which is one of the Sub Grid Scale (SGS) models. A calculation object is the turbulent channel flow in the case of constant temperature difference. The calculation results obtained by the present model are compared with a database of direct numerical simulation (DNS) and the calculation results by the other SGS models. As for the statistic quantities, it is found that they agree with that of DNS and that of the other SGS models.

1. はじめに

流体解析における乱流解析手法の一翼を担う Large Eddy Simulation (LES) において, これまでに様々なサブグリッドスケール (SGS) モデルが提案されている。代表的な SGS モデルである Smagorinsky モデルをはじめ, Smagorinsky モデルの問題点を解消した Dynamic Smagorinsky モデルなどこれまでに提案された SGS モデルは多岐に渡る。しかし, 現状としてそれぞれのモデルにおいて各々が抱える問題点もあり, 今後の乱流解析においても使用頻度が高くなるであろう LES に関して, 実用的に優れた SGS モデルが必要とされていることは明白である。

そこで本研究では近年, 稲垣⁽¹⁾によって提案された混合時間スケールモデルに着目する。このモデルはこれまでに等温場における流れ場では非常に良い結果が得られている。本研究では, このモデルを用いて熱などを考慮した複合的な流れ場を対象とし解析を行うことにより, 混合時間スケールモデルの浮力 SGS モデルとしての有用性等を DNS 及び他の SGS モデルと比較・検討する。

2. 浮力 SGS モデル

本計算において使用する浮力 SGS モデルは Mason⁽²⁾が用いた Modified Smagorinsky model (S-model) と Dynamic Smagorinsky model (DS-model)⁽³⁾, さらに Wong, Lilly⁽⁴⁾が提案にした Scaling Formulation model (SF-model) を比較対象とする。そして混合時間スケールモデル (MTS-model) において, 基本は S-model とし, 渦粘性の表現を MTS-model の表現に代替することで浮力を考慮した MTS-model とした。

3. 計算概要

本研究が今回取り扱う流れ場は上下壁面間で一定温度差を伴うチャネル流れである。計算手法において, 基礎方程式の離散化は Staggered 格子に基づいた有限差分法を採用している。空間微分については, 2 次精度中心差分, 時間微分としては 2 次精度 Adams-Bashforth 法, 速度と圧力のカップリングには Fractional Step 法を用いた。

計算領域に関しては Fig.1 の通りである。各方向の有効粘性格子幅は $\Delta x^+ = 20$, $\Delta y^+ = 0.9-9$, $\Delta z^+ = 10$ とし垂直方向のみ不等間隔とする。 Re_τ 数および Gr 数は Iida ら⁽⁵⁾の DNS 計算と同様に $Re_\tau = 300$, $Gr = 1.3 \times 10^6$ としている。温度に関しては上下壁面それぞれ $\theta_c = 0.0$, $\theta_h = 1.0$ の一定温度を与えている。 S-model におけるモデル定数は $C_s = 0.1$, SGS プラントル数は $Pr_{SGS} = 0.5$ とし, MTS-model で使用するモデル定数に関しては $C_{MTS} = 0.05$, $C_T = 10$, $Pr_{SGS} = 0.5$ とした。また時間刻みは全てのモデルに対して $\Delta t = 5.0 \times 10^{-4}$ である。境界条件について, 流れ方向及びスパン方向は周期境界条件を適用し, 壁面方向では No-slip 条件とした。

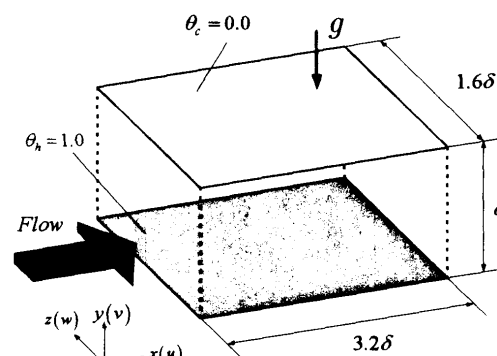


Fig. 1 Computational model

4. 計算結果

Fig.2 に計算結果の一端である流れ方向における GS 平均速度分布を示す。

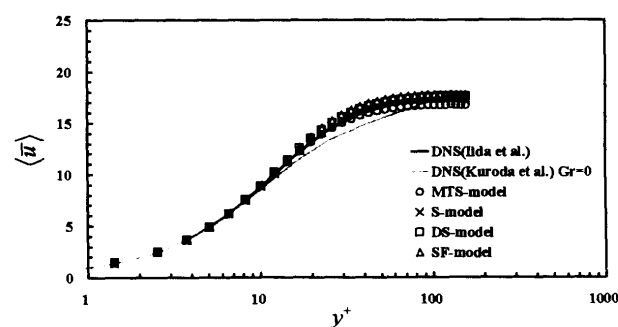


Fig. 2 Streamwise mean velocity profile

参考文献

- (1) 稲垣, 近藤, 長野, "実用的な LES のための混合時間スケール SGS モデル" 日本機械学論文集 B 編, (2002), pp. 2572-2579.
- (2) Mason, P.J., *J. Atmos. Sci.*, **46**, (1989), pp. 1492.
- (3) Germano, M., Piomelli, U., Moin, P., & Cabot, W., *Phys. Fluids*, **A3**(7), (1991), pp. 1760.
- (4) Wong, V.C., Lilly, D.K., *Phys. Fluids*, **6**, (1994), pp. 1016.
- (5) Iida, O., Kasagi, N., *Trans. ASME, J. Heat Transfer* Vol. 119, (1997) pp. 96-119.