

小さい格子の乱流への影響とその最適配置

The effects of small scale grids on turbulent flow and those optimum arrangements

○ 北村 拓也, 長崎大学工学研究科, 長崎市文教町 1-14, t.kitamura@nagasaki-u.ac.jp
Takuya Kitamura, Nagasaki University, Bunkyo-machi 1-14, Nagasaki

Under the constraint of same blockage ratio, we carried out the geometry optimization of multiscale grid for the sake of increasing turbulent Reynolds number at upstream (production region) and downstream (fully developed region) by arrangement of small grids. As a consequence, we found that turbulent Reynolds number strongly depends on the grid geometry, whereas pressure drop is not dependent on the grid geometry. We also explored the grid geometry which can generate high Reynolds number flow than fractal square grid.

1. はじめに

流体工学的なアプローチとしての乱流分野に共通する研究課題は、混合促進といった利点を伸ばしつつ、騒音低減や圧力損失低減といった問題点を抑える工業装置の開発であり、その抜本的な技術革新が社会のニーズとして求められている。

Hurst and Vassilicos [1]の実験に始まり、従来の正方格子乱流に比べ、フラクタル格子乱流の方が乱れ強さが大きいこと、圧力損失が小さいこと、騒音が小さいことが報告されており、乱流の問題点を抑え、利点を生かした最適な格子形状が存在することが示唆されている。最適形状のマルチスケール格子を用いた工学的アプリケーションとして、高性能混合デバイス等の工業装置への応用、航空機におけるエアスポイラーや低圧力損失オリフィスなどが挙げられる。しかしながら、用途に適した格子形状の最適化はこれまで遂行されていないのが現状である。

2. 研究方法

① 最適化方法: 最適化手法として遺伝的アルゴリズム、応答曲面に三層ニューラルネットワークを使用した。また、Kriging モデルを補助的な役割として使用した。図 1 に示すマルチスケール格子を構成する設計変数を 5 とし、ラテン超方格法を用いて、直接数値計算(DNS)により初期のデータベースを作成した。

② 流体乱流の数値計算方法: 支配方程式は非圧縮性三次元 Navier-Stokes 方程式である。非線形項および粘性項は四次精度中心差分を用いた。時間積分には、三次精度低用量 Runge-Kutta 法を用いた。複雑な形状を有すマルチスケール格子における境界条件に対しては、簡易直接埋め込み境界法を適用した。

3. 結果

本研究では、上流(乱流生成域)と下流(十分発達した領域)の乱流レイノルズ数を目的とする二目的最適化を行った。得られた最適化結果を図 2 に示す。図 2 に示すように、上流と下流では、乱流レイノルズ数はトレードオフ関係にあり、位相同型にも関わらず、自己相似性が成り立たないことが示唆される。詳細な議論、乱流の特徴量およびデータマイニング等に関しては紙面の都合上省略する。それらに関しては、講演時に議論する予定である。

4. 結言

遺伝的アルゴリズムおよびニューラルネットワークを用いた最適化手法によりベースラインとなるフラクタル格子より高レイノルズ数流れ場が形成できる格子形状を探索した。

5. 謝辞

本研究の一部は、科研費 (19K14891)および公益財団法人原田記

念財団研究助成金の助成を受けたものです。

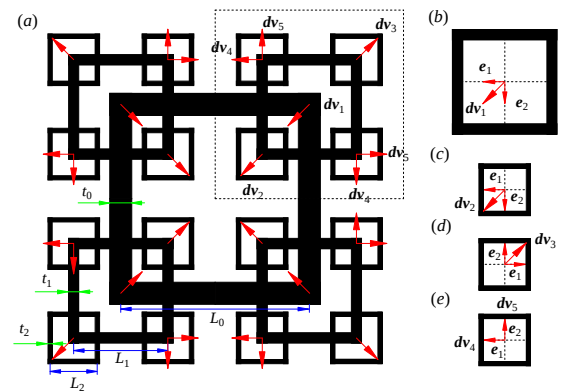


Fig. 1 Multiscale grid

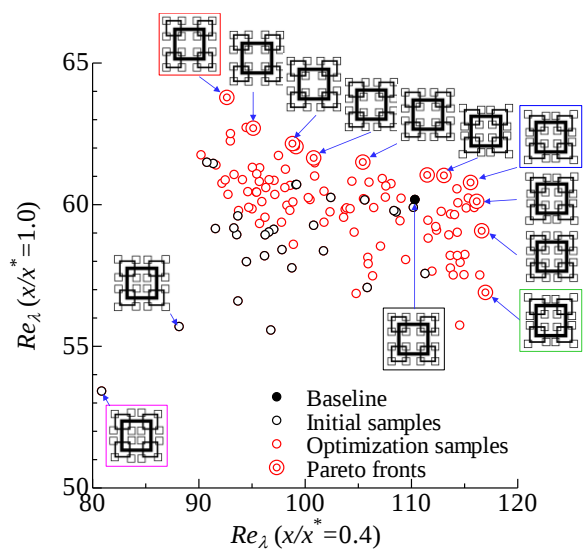


Fig. 2 Optimization result

参考文献

- (1) Hurst, D. Vassilicos, J. C., "Scalings and decay of fractal-generated turbulence", *Physics of fluids*, Vol. 19, (2007), 035103.