

2 次元山を過ぎる流れの数値シミュレーション

— 2次元計算と3次元計算における渦放出の比較 —

Numerical simulation of flow past a two-dimensional hill

— Comparison of the vortex shedding between two- and three-dimensional calculations —

内田孝紀, 九大応力研, 〒816-8580 春日市春日公園 6-1, takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

大屋裕二, 九大応力研, 〒816-8580 春日市春日公園 6-1, ohya@riam.kyushu-u.ac.jp

Takanori UCHIDA, Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

Yuji OHYA, Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

In order to develop an overall efficient and accurate model of simulating an unsteady three-dimensional airflow over complex terrain with characteristic length scales on the order of kilometers, we have been examining the large-eddy simulation (LES) technique using a finite-difference method (FDM). These LES codes are referred to as the RIAM-COMPACT (Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain). Using the RIAM-COMPACT, we have performed the calculations of a non-stratified airflow over a two-dimensional hill. The numerical results were compared with those of two-dimensional direct numerical simulation (DNS). Particular emphasis is given to the difference in the vortex shedding between two- and three-dimensional calculations.

1. はじめに

日本国内の地勢を概観すると、平坦な地形は少なく、多様性に富む複雑地形がほとんどである。したがって、欧米で汎用的に使用されている既存の線形数値モデル⁽¹⁾を国内の局所風況予測に適用した場合、その予測精度は著しく低下する。この理由は、欧米の線形数値モデル⁽¹⁾が流れの剥離を伴わない比較的なだらかな丘陵地形を対象にしているからである。我々はRIAM-COMPACT⁽²⁾と称する、日本国内に適した3次元局地風況予測モデルの開発を行っている。解析空間のスケールは数百m～数十km程度であり、強風時および弱風時の風環境予測を対象にしている。特に地表面近くの風況特性を高精度に数値予測するため、風に対する地形効果、すなわち、急峻な地形起伏に起因して生じる剥離流や乱れ、あるいは地形による収束流や迂回流に関する予測精度の向上を目指している。強風時の風環境予測では、中立成層状態における風力発電の適地選定や、地形性強風の発生メカニズムの解明などを対象とする。一方、弱風時の風環境予測では、安定成層状態における大気汚染物質の移流拡散予測などを対象とする。本研究では、剥離を伴う急峻な地形の代表例として、孤立した2次元山を対象に2次元DNSと3次元LESを行った。特に中立成層状態における渦放出の違いに注目した。

2. 数値計算法の概要

近寄り流速 U は一樣とし、高さ h の2次元山を過ぎる非圧縮の中立成層流を考える。2次元DNSおよび3次元LESともに一般曲線座標系のコロケート格子に基づいた差分法により離散化を行い、数値解を求める。時間積分法はEuler陽解法に基づいた部分段階法である。空間項の離散化に関して、対流項を除く空間項には2次精度中心差分を用い、対流項には3次精度風上差分を適用する。但し、数値拡散項の重みは2次元DNSではK-Kスキームタイプの $\alpha=3$ とし、3次元LESでは $\alpha=0.5$ とする。2次元DNSの計算領域と格子点数は主流方向(x)と鉛直方向(z)に $60h(361点) \times 10h(101点)$ である。3次元LESではスパン方向(y)に $5h(51点)$ を拡張した。Reynolds数 $Re(=Uh/\nu)=10^4$ である。3次元LESで用いたSmagorinskyモデルのパラメータ C_s は0.1である。

3. 計算結果

Fig.1, Fig.2に等圧力線図と時間平均流線図を示す。Fig.1(a)では地形背後に2次元の強い渦が形成され、それ

が下流に放出している。Fig.1(b)では地形背後において、2次元の渦構造は見られない。Fig.2(b)ではFig.2(a)と比較して地形背後の循環領域が下流にかなり伸長している。

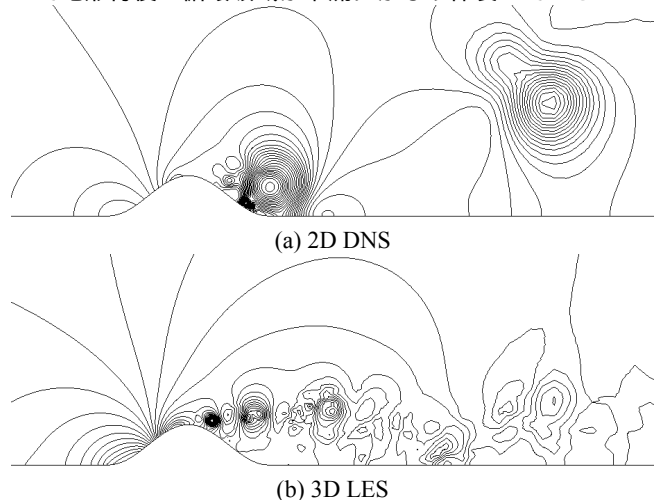


Fig.1 Instantaneous pressure field near the hill, $Re=10^4$

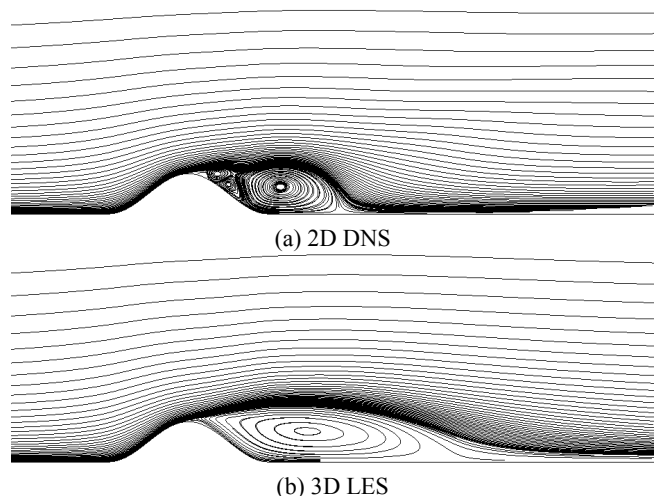


Fig.2 Time-averaged streamlines near the hill, $Re=10^4$

参考文献

- (1) 近藤裕昭, 資源と環境, Vol.3, No.5, 1994, pp.271-282
- (2) 内田孝紀, 大屋裕二, 日本風工学会誌, 投稿中