

島領域に適用できる乱流シミュレーションモデルの基礎的検討

Basic study on turbulent flow simulation model applicable in island area

○松田周・柴田昇平・吉村亜希子・細川雅敏・内田晴夫

MATSUDA Shuh, SHIBATA Shouhei, YOSHIMURA Akiko, HOSOKAWA Masatoshi, UCHIDA Haruo

1. はじめに

中山間地では、風の流れが地形の起伏に大きく影響を受けており、立地条件によってパイプハウスの強風被害の受けやすさが異なっている。そこで、パイプハウスの強風対策に資することを目的として、地形・気象条件から強風被害を受けやすい場所を把握する手法の開発に取り組んでいる。中山間地では複雑な地形により風が乱流になりやすいので、乱流をシミュレートする必要があると思われる。そこで今報では、一般座標系の乱流シミュレーションモデルを作成し、流入・流出および側方境界を直交として扱える島領域において、風の剥離、逆流、回り込み、渦の移動・変形等が再現できるか検討した。

2. シミュレーションモデルの概要

乱流モデルの一つである LES (Large Eddy Simulation) のプログラミングを行った。プログラムは差分法を用い、一般座標系、コロケート格子とし、速度場と圧力場のカップリングには fractional step 法を用いた。対流項は UTOPIA、それ以外の空間差分は 2 次精度中心差分、対流項および粘性項に 2 次精度アダムスーバッシュホース法を用い、圧力解法には SOR 法を採用した。SGS (サブグリッドスケール) モデルには壁面減衰関数法を併用した標準 Smagorinsky モデル (Smagorinsky 定数 = 0.10) とした。図 1 に示すように、実地形の島および海を計算領域とした。他の島は便宜上考慮していない。格子点数は主流方向 (x)、主流直交方向 (y)、鉛直方向 (z) にそれぞれ $184 \times 92 \times 50$ 点であり、水平方向は 50m メッシュ、鉛直方向の領域は 1000m であり、地表面近傍の格子を密にした。すなわち、地表面上 1、2 番目および上方境界に接している格子高を Δz_1 、 Δz_2 および Δz_{n-1} とおき、それぞれ 2.6、2.8 および 50m とし、 $\Delta z_2 \sim \Delta z_{n-1}$ 間を Vinokur の 1 次元補間関数で格子形成を行った (図 2)。格子形成の結果、隣り合う格子幅の比は 1:1.00 ~ 1.09 であった。図 1 に示す領域に x 方向の流入風を与えて、レイノルズ数 4000 における風の流れを計算した。流入および初期条件は基準高さ 4m における基準風速 10 m s^{-1} の対数分布風速 (図 3) に弱

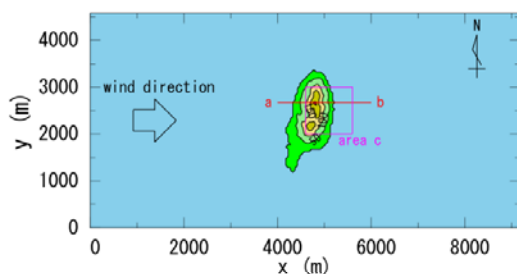


図 1 計算領域
Computational domain

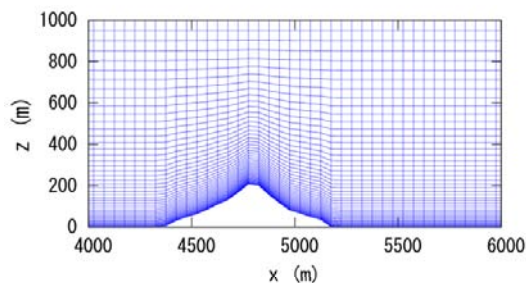


図 2 格子分割図 (図 1 中の a-b 断面)
grid map (See Fig.1 cross section a-b)

(独)農研機構 近畿中国四国農業研究センター National Agricultural Research Center for Western Region

乱流、シミュレーション、島、LES

い乱数を発生させた。側方、上方はすべり境界条件、流出境界は対流流出条件、海面および地表面はそれぞれすべりおよびすべりなし境界条件を用いた。代表長さ L ($=200\text{m}$)、代表速度 U (10 m s^{-1}) で無次元化した時間刻みは $2.5 \times 10^3 L/U$ とした。

3. 結果の概要

シミュレーションの結果、クーラン数は 0.36 未満であったため、時間刻みの設定は適当であったと考えられる。山体の風上側では風速が比較的大きく、時間変動が小さかった。山体によって上昇流となった主風は、山頂で風速が大きくなり、剥離した。山頂における風速の時間変動は小さかった。山体の後流域では、風速が比較的小さいものの、2次流および逆流が形成され、局所的・瞬間的に風速の大きい地点があった(図4)。また、山体後流域に発生した渦が時間とともに移動・変形している様子を再現できた。

$\Delta z_1=2.6\text{m}$ 、 $\Delta z_2=2.8\text{m}$ とおいたので、全ての地表面上 2 番目のセル中心部は地表上 4.0m の高さである。これは大型ハウスの上端部の高さに相当する。したがって、このセルの風速はハウスに影響を及ぼす風速であると推察される。地表面上 4m における水平方向の瞬間風向風速をシミュレートした結果、島を南北に縦断する尾根線を境にして風速が大きく変わっていることや、山体を迂回した風が後流域に回り込んでいる様子を再現できた(図5)。地表面上 4m における 3次元風の突風率分布図(図6)を調べることで、乱流による突風がどの地点(ハウス)で起こるのか推定できると考えられる。

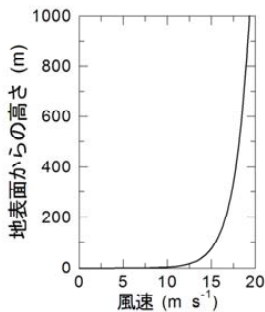


図3 流入・初期条件の風速プロファイル
Wind profile of inflow and initial conditions

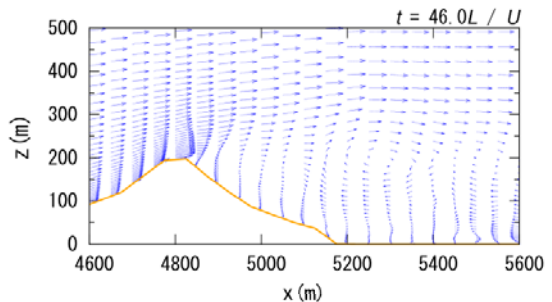


図4 瞬間風向風速のベクトル図
(図1中 area c 内の a-b 断面)
Side view of the instantaneous wind vectors
(See Fig.1 cross section a-b of area c)

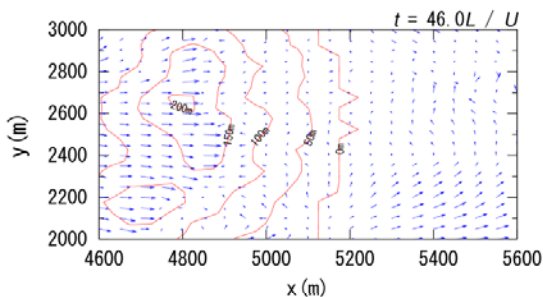


図5 地表面上 4m における瞬間風向風速のベクトル図(図1中の area c)
Top view of the instantaneous wind vectors at 4m height
(See Fig.1 area c)

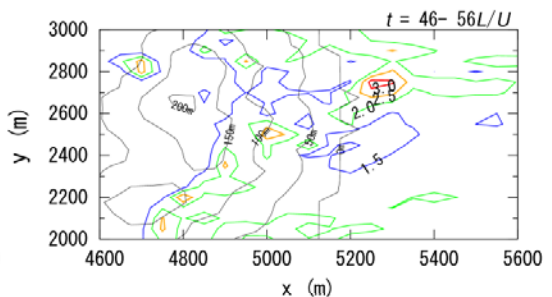


図6 地表面上 4m における突風率の分布図(図1中の area c)
Contour map of the gust factor at 4m height
(See Fig.1 area c)