

# LES モデルを用いた境界層雲・霧の数値シミュレーション

秋本 祐子\* (筑波大院 生命環境科学研究科)・日下 博幸 (筑波大 計算科学研究センター)・  
Lulin Xue (NCAR)・池田 亮作 (筑波大院 生命環境科学研究科)

## 1. はじめに

近年、気象モデルの高解像度計算の一手段として、Large Eddy Simulation (LES) が注目されている。LES は、乱流輸送の大半を担うエネルギー保有領域の大きな渦に対しては格子で解像して直接解き、慣性小領域にある比較的小さな渦に対してはモデル化により表現する乱流モデルである。気象分野における LES は、主に理想計算を対象として開発されてきたので、地形や都市の導入はなく地面は平坦であるものが多い。工学分野で開発された LES の中には複雑地形や都市街区に対応したものもあるが、雲物理や大気放射などの物理モデルが導入されていないため、気象分野で直接利用できない。

そこで、本研究では、筑波大の日下研究室で開発中の乾燥大気用の LES モデル (池田ほか, 2012) に、雲物理モデル (ビンモデルとバルクモデル) を導入し、湿潤大気モデルに拡張する。さらに、霧の計算に重要な大気物理モデル (放射, 雲, 土壌, 地表面) を高精度化する。最後に、開発した LES モデルを境界層雲および霧に適用する。

## 2. モデルの概要

池田ほか (2012) および本研究で開発した LES の概要を表 1 に示す。基礎方程式に非静力ブジネス近似方程式系を採用している。雲微物理モデルには、暖かい雨のビンモデル (Xue et al., 2010) およびバルクモデル (Kessler (1969) の改良版) を導入した。短波放射および長波放射モデルにはそれぞれ、Dudhia (1989), Mlawer et al. (1997) を採用した。

## 3. 数値実験の概要と結果

開発した LES モデルを用いて、都市上空に発生する小積雲の数値シミュレーションを行った。水平方向の計算領域は 20 km×20 km で、その中心部に都市 4km×4km の都市があるとす。格子間隔は 50m, 温位減率は 0.004 K/m とし、側方境界条件は周期境界とした。初期の相対湿度は最下層で 80% とし、高度とともに減少するよう設定した。

図 1 の上図は、12 時の鉛直風速の鉛直断面図である。これを見ると、計算領域の中央付近で強い上昇流域が見られ、都市上空で強い対流が発生していることが分かる。図 1 の下図は、同時刻の雲水混合比の鉛直断面図である。この図を見ると、上述した強い上昇流域の上端付近に雲が形成されておることが分かる。都市域での対流の発達に伴って、上空に小積雲が形成される様子がシミュレートされた。

発表では、これに加え、放射霧のシミュレーション結果についても紹介する予定である。

基礎方程式	非静力ブジネス近似方程式系
座標系	直交座標系
格子系	Arakawa-C スタaggerド
離散化	有限差分法
時間スキーム	3段階ルンゲ・クッタ法
空間スキーム	2次精度中央差分
アルゴリズム	SMAC 法
圧力解法	前処理付き Bi-CGStab 法
乱流	LES (Smagorinsky 但し大気成層を考慮)
雲微物理	バルクモデル: Kessler (1969) の改良版 ビンモデル: Xue et al. (2010)
短波放射	Dudhia (1989)
長波放射	Mlawer et al. (1997)
地表面過程	Slab モデル

表 1 モデルの概要。

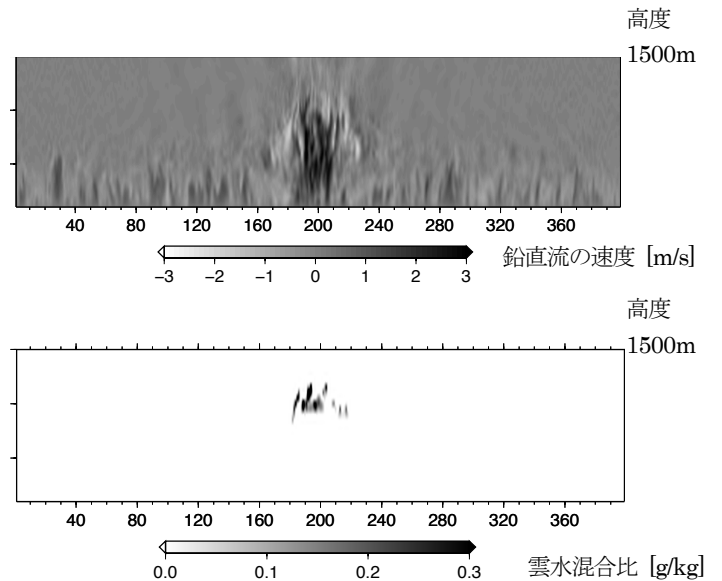


図 1 鉛直風速 (上図) と雲水混合比 (下図) の鉛直断面図。

## 謝辞

本研究の開発の一部は、文部科学省の委託事業「気候変動 適応研究推進プログラム」において実施したものである。本研究で実施した数値シミュレーションは、筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムで実施された。