

ラフネスブロック及び温度条件による大気乱流境界層の模擬

Generation of the Atmospheric Turbulent Boundary Layer by Roughness Blocks and the Temperature Distribution

大野 修, 東京工業大学, 神奈川県横浜市緑区長津田 4259

田村 哲郎, 東京工業大学, 神奈川県横浜市緑区長津田 4259

OHNO Osamu, Tokyo Institute of Technology

TAMURA Tetsuro, Tokyo Institute of Technology

In addition to observations and experiments, another important area of research about the measurements for air pollutants and wind disasters involves the numerical simulation nowadays. When we do it, it is important to study how to make the atmospheric boundary layer in the computational experimentation. In the present study, the atmospheric boundary layer is expressed by roughness blocks and distribution of temperature, and its feature is discussed. For the present numerical simulation analyzes turbulent structures involving the temperature distribution around roughness blocks immediately, this method is expected to express the realistic atmospheric boundary layer on cities more adequately.

1. はじめに

汚染物質の拡散、風に関する災害への対策等のために、現在では、観測や実験に加え、コンピュータによる数値解析も行われている。その際には、コンピュータ内における大気乱流境界層の表現方法が重要となる。本研究は、汚染物質の拡散、風に関する災害への対策等の大気流れの数値解析手法の確立を目指すものである。

大気乱流境界層の研究については、気象の予測と関連づけられ、研究が行われてきた。そこでは、広大なスケールの大気流れを扱う。それに対して、本研究における大気乱流境界層は、汚染物質の拡散、風に関する災害への対策等のために使用されるものを想定しており、市街地キャノピー、及びその上空の流れを対象として、局所的大気乱流境界層の数値解析を行う。

耐風設計のための実験、数値解析を行っては、地表面における粗度形状の扱いに悩まされるが、市街地キャノピー、及びその上空の流れを予測するには、これが重要となる。しばしば地表面における粗度形状はラフネスブロックによって代表されるが、本研究においても、その手法を採用し、大気乱流境界層を温度条件とラフネスブロックによって代表させ、その特徴を把握しようとする。ここで、ラフネスブロックは、地表における様々な形状を代表させたものであり、コンピュータ内

における必要に応じた大気乱流境界層の模擬のために使用されている。本研究においては、ラフネスブロックに温度条件を組み合わせて、数値解析によって、ラフネスブロックの周りの流れをも乱流構造から再現している。これは、実際の大気乱流境界層の性質をより適切に表現しているものと期待される。

研究手順としてはまず、温度条件に支配される乱流特性を掴むために、ラフネスブロックがない場合での安定、中立、不安定の3ケースを用意した。さらにラフネスブロックが加わることによるそれぞれの乱流特性への影響を検討する。

2. 数値解析の内容

支配方程式として、ナビエ・ストークスの式、連続式、エネルギー方程式を非圧縮性を仮定して使用する。ナビエ・ストークス方程式への温度の変化の考慮には、ブシネスク近似を用いる。移流項は4次精度の中心差分により、また、拡散項も4次精度で差分化されている。時間前進には、2次精度のアダムス・バシュフォース法を使用している。

境界条件としては、底面でno-slip、境界層上面においては、free-slipを使用し、また、水平方向には周期境界条件を課す。流下方向に平均圧力勾配を与え、統計量が定常な流れを計算する。流れの状態を表す独立変数、従属変数は、摩擦速度 u_* 、及び境界層高さ H により無次元化されており、レイノルズ数 u_*H/ν は150に設定した。ここで、 ν は動粘性係数である。一方、温度については、底面と境界層上面との間の温度差 ΔT により無次元化を行い、リチャードソン数 $g\beta H \Delta T/u_*^2$ は3.6となっている。ここで、 g は重力加速度、 β は温度変化による体積膨張係数である。コンピュータ内の温度条件の差異については、便宜上、上面においては常に一定の温度差を与える。浮力項の係数によって調整を行っている。計算領域は、境界層高さを基準値として、流下方向に6.4、横断方向に3.2とした。本研究では、流下方向をx軸、横断方向をy軸、鉛直方向をz軸としている。格子数は、それぞれの方向に128, 128, 64を用意した。ラフネスブロックの配置状況を図1に示す。高さについては、摩擦速度、及び動粘性係数により無次元化した値で9、すなわち粘性底層を上回っている。

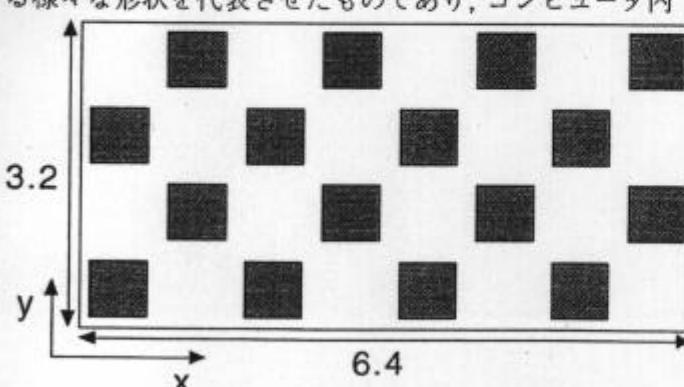


図1 ラフネスブロックの配置図