屋外都市・準実スケールモデル COSMO における乱流組織構造

東京工業大学 学生会員 〇廣岡 智 東京工業大学 学生会員 稲垣 厚至 東京工業大学 正会員 神田 学

1. はじめに

接地境界層における乱流輸送は地表面粗度によって生まれた機械的乱流に主に起因する。そしてこの機械的乱流の中に組織だった三次元的な構造があることが、風洞実験などによって明らかにされている。(図1:Adrian et al., 2000)しかし、実都市における観測は建物粗度の複雑性・多様性により観測が困難であり、鉛直一次元についてのみ行われている。そこで、我々は、自然条件下で一様な建物粗度を持つ屋外準実スケールモデル(通称 COSMO: Comprehensive Outdoor Scale Model experiment for urban climate)を構築し、乱流の空間分布の計測を行った。(図 2)今回は COSMO において観測された乱流組織構造の水平鉛直分布について報告する。

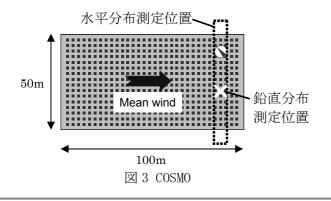
2. COSMO の概要

埼玉県内の日本工業大学の敷地内に 100m×50mのコンクリート基盤を設け、その上に建物に見立てた一辺 1.5m(=H)のコンクリート立方体を規則的に512個(32個×16個)建蔽率 0.25 に配列した。(図3)長手方向両端と中央には様々な観測機器を設置するためのタワーが三本設けてある。なお、COSMO周辺の土地利用は主に水田である。



図1 乱流組織構造

図 2 COSMO 概観



3. 実験概要

スパン方向、高度 3m (2H) に極細熱電対 TypeE を 75cm 間隔に 60 個、配置した(図 3)。また、図の矢 印の位置に 7m のタワーを建て鉛直方向にも 37.5cm 間隔に極細熱電対 TypeE を 10 個配置した (図 4)。そしてこれら全てを 10Hz での同期計測を行った。 観測場所は図 3 中の枠の位置である。実験に用いたロガーは CHINO 製データロガーKE シリーズであり、熱電対はクロメル・コンスタンタンの素線(線径 0.05mm)を用い、自作した。また、風向と風速は作業上の問題から高度 1.875m(1.25H)に設置した Kaijo 社の超音波風速計により測定した。

4. 結果

2006年3月13日15時から16時の間、ほぼ一様な風向で、風速が2m/sec前後のデータの取得に成功した。(図5,6)図5における風向0度は図3において左から右に吹く風向である。この条件下ではフェッチは90m近くある。また大気は不安定であった。

各点での一分平均気温値からの残差を計算し解析を行った。そのうちの一分間のデータ (15時28分)を以下に示した。(図 7,8,9,10)この時の一分間の平均風速は 1.5 m/s である。なお、図 9 は温度変動の水平分布であり、図 10 は各点における一分間の温度の標準偏差である。同様に図 7,8 は鉛直方向のデータである。この図 9 において縦軸はスパン方向 (スパン長さ 60 個×0.75 m=45 m)、横軸は時間軸(時間長さ $1.5 \text{m/sec} \times 60 \text{sec} = 90 \text{m}$)である。図 9 上の点線の部分で鉛直方向を測定している。濃淡は平均値からの残差を示し、濃淡の濃い領域は一分平均気温値よりも高いことを示す。また左端の四角は建物のサイズであり、点線は鉛直方向に測定している箇所である。

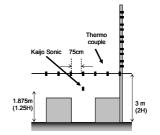


図 4 熱電対及び風速計配置図

キーワード 屋外実験 模型都市 乱流組織構造

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 神田研究室 TEL 03-5734-2768

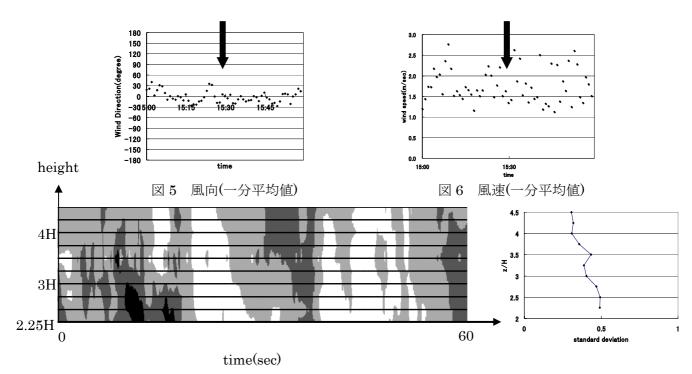


図 7 温度変動の鉛直方向分布

図 8 温度の標準偏差の鉛直分布

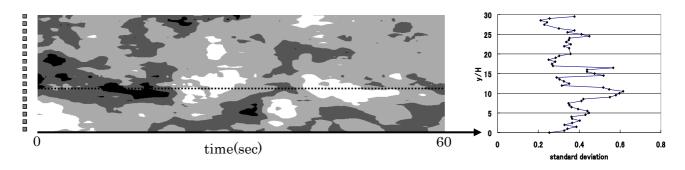


図 9 温度変動の水平方向分布 測定高度 2H

図 10 温度の標準偏差の水平分布

5.考察

本実験により自然条件下・一様粗度での大規模乱流組織構造の存在が示唆された。図9において、いくつかの筋状の温度の変動が見られる。これらはCOSMO内において発達したストリーク構造ではないかと思われる。大気が不安定なので地表面で暖められた熱は上昇流により上空へ運ばれ、比較的冷たい空気塊が上空より下降流により運ばれていると推測される([2]稲垣ら)。

鉛直断面のデータを見てみると、水平断面で見受けられた筋状の構造に対応し、低層から上空へ向けてのいくつかの構造及び、上空からの比較的冷たい空気塊の下降が見られる。図7におけるいくつかの構造は水平面上の構造とよく対応している。

これら二断面より、これらの組織構造はコンクリートブロック 3 個分程度の幅を持ち、高さは $4.5m(3H)\sim 5.25m(3.5H)$ 程度であると言える。

そして、図7の鉛直断面における組織構造らは流れ方向にやや傾きを持つがAdrianらの図の組織構造の傾きとの類似性が示唆される。

また、図9の各高度の標準偏差を比べてみると高度 5.25m(3.5H)においてピークを持つ。この 3.5H は 粗度(コンクリートブロック)により発達した境界層 とその上の外層の境ではないかと思われる。

参考文献

[1]Adrian et al.:2000, 'Vortex organization in the outer region of the turbulent boundary layer' [2]稲垣厚至、神田学、森脇亮:「屋外都市スケールモデル実験で観測された乱流構造に関する考察」 土木学会水工学論文集 50,p445-450,2006