

都市および植生キャノピー上における境界層乱流の同時観測

愛媛大学 学生会員 ○青木伸悟
 愛媛大学大学院 正会員 藤森祥文
 愛媛大学大学院 正会員 森脇 亮

1. はじめに

地表面上に発達する大気乱流は大気―陸表面間のエネルギー・物質循環に大きな影響を与えるが、都市や森林などキャノピーを有する地表面では大気乱流の構造は極めて複雑であるため、その特性は十分に解明されていないのが現状である^{1), 2)}。都市と植生はキャノピーを有するという点で共通しているが、個々の建物群で構成されている都市キャノピーと、流れの透過性を有する植生キャノピーでは、その上空に発達する乱流構造に大きな違いが表れることが予想される。

そこで本研究では、屋外実験により、同気象条件下における都市と植生キャノピー上の乱流構造を比較検討し、キャノピー上乱流の発達メカニズムを解明することを目的とする。

2. 都市模型および水田における乱流の同時観測

(1) 計測サイト

本研究における隣接する模型都市および植生上において乱流観測を実施し、それぞれのキャノピー上で乱流計測を行った。観測場所は愛媛大学農学部付属農場内にある実験水田を利用した。この水田の一角である 12 m 四方の敷地に一辺 30 cm の塩化ビニル製立方体 400 個を等間隔（本実験では 30 cm）に配置することで擬似的な都市キャノピーを作成した。また周囲の水稲は植生キャノピーとなる。（図-1）これらの都市模型および植生上に超音波風速計を設置し乱流データを取得した。本研究では、計測を開始した 2008 年 9 月 8 日から稲の収穫が行われた 9 月 16 日までに取得されたデータを対象として解析した。

都市模型の配置は東西方向から時計回りに 22.5° 傾いた西北西、東南東の方向にストリート軸の一つが沿うように配列した。

(2) 計測システムおよびデータ解析手法

瞬間的な風速と気温測定には、三次元超音波風速温度計（Kaijo社, SAT-550）を用いた。観測場所において良好な卓越風は主に西から吹く。これを考慮して、良好なフェッチが確保できるようサイトの東端に近い地点で観測を行った。図-2のAが都市モデルにおける設置地点、Bが水田における計測地点であり、両地点の距離は約 20 m である。

データは 10 Hz でデータロガーに一時収録した後、ノートPCに自動保存した。測定データは 60 分毎に統計処理し、これから渦相関法

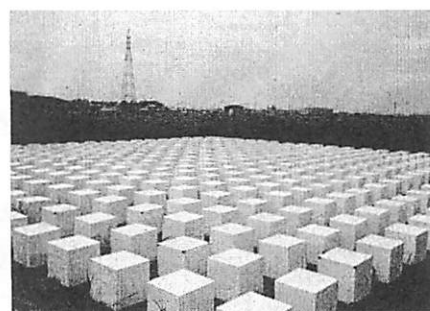


図-1 計測サイトの様子



図-2 計測サイト及び周辺の平面図

表-1 乱流の同期計測キャノピー緒元

	都市モデル	水田
キャノピー高さ H	0.3 m	0.76 m
広さ	12 m x 12 m	約 70 m x 100 m
密集度の指標	建蔽率: 0.25 フロントルエリア インデックス: 0.25	LAI: 4~5 PAI: 6~7
乱流計測高度 z_s	0.6 m (=2H)	1.52 m (=2H)

を用いてフラックスを算出した。データの品質管理として、本論では風向を用いてデータ選別を行った。前述のように良好なフェッチが確保できるのは西風の時なので、都市モデルのストリート軸である西北西の風向を中心として±35°の範囲内に風向が存在するデータを用いた。

3. 結果と考察

都市モデルと水田上それぞれにおいてキャノピー高さの2倍で計測されたスカラー風速および運動量フラックスの速度スケールである摩擦速度を図-3に示す。ゼロ面変位 d （キャノピーの存在による地表面の修正高さ、本研究ではキャノピー高さの0.7倍とする）を基準とした計測高度 $(z_s - d)$ が水田の方が大きいにも関わらず、都市モデルと水田ではスカラー風速に大きな差はないが、摩擦速度は水田で大きくなる結果が得られた。

次に、次式を用いて運動量粗度を算出した。

$$\frac{u_*}{u} = \frac{\kappa}{\ln[(z_s - d)/z_0]}$$

ここで κ はカルマン定数であり本論では0.4を与えた。算出した粗度を表-2に示す。都市モデルの粗度に比べて水田の粗度が大きい結果となった。以上より、本観測サイトにおける水田は、都市モデルに比べて大きな運動量のシンクになっていることが明らかとなった。

議論をさらに一般化するために、運動量粗度をそれぞれのキャノピー高さで無次元化した結果も表-2に示した。これらを比較しても、水田の無次元粗度が都市モデルの無次元粗度よりも大きい。つまり同じ高さのキャノピーが存在する場合、都市キャノピーよりも植物キャノピーの方が運動量を効率的に吸収することを意味する。その理由として、表-1の密集度の指標から、キャノピー内で水平風を阻害する抵抗体の投影面積（フロントルエリアインデックス）は、都市モデル(0.25)より水田(LAIなどから稲を円柱と仮定して計算する。計算結果は2となった。)が大きいため、それによって運動量が効率的に吸収され、その結果、無次元粗度が大きくなると推定される。

4. 結論

隣接した水田と都市スケールモデル上において乱流の同期計測を行った結果、水田では都市モデルに比べて運動量輸送が大きく、キャノピー高さで無次元化した粗度を比べても水田の方が大きいことがわかった。

参考文献

- 1) Shaw and Tavangar, 1983: Structure of the Reynolds stress in a canopy layer, *J. Appl. Meteorol.*, 22, 1922-1931.
- 2) Watanabe, 2004: Large-eddy simulation of coherent turbulence structures associated with scalar ramps over plant canopies, *Boundary-Layer Meteorol.*, 112, 1-35.

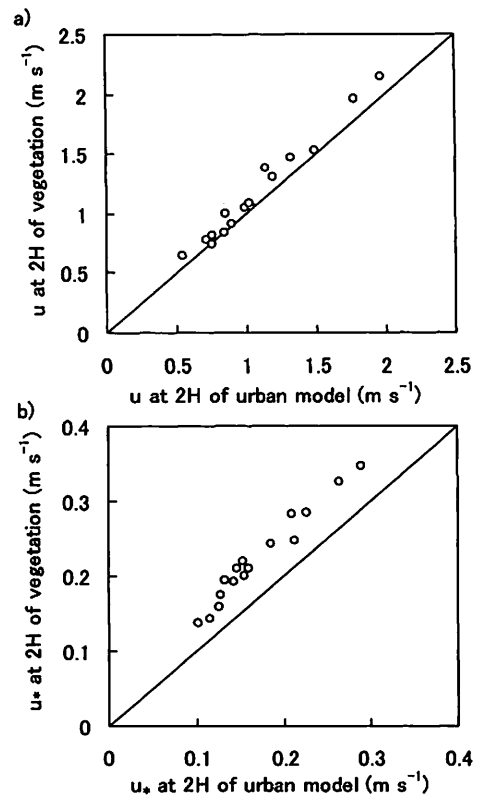


図-3 都市モデルおよび水田上における
a) スカラー風速 u , b) 摩擦速度 u_* の比較

表-2 乱流データから算出した粗度

		都市モデル	水田
粗度 z_0 (m)	平均	0.034	0.13
	標準偏差	0.0085	0.027
無次元粗度 z_0/H	平均	0.11	0.17
	標準偏差	0.028	0.035