

LES による都市及び植生キャノピー流れに関する研究

愛媛大学 非会員 新 尚樹
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 背景・目的

地表面上付近の大気乱流は物質やエネルギーの輸送に大きく関わるが、都市や森林などキャノピーを有する地表面上の乱流構造は平地のそれと比べて特徴を有しており、近年においても精力的に研究がなされている。例えば、都市キャノピー乱流に関する数値解析的アプローチとしては、建蔽率(Kanda ら¹⁾)やアスペクト比(森脇ら²⁾)に着目した乱流特徴の変化が研究されている。一方、粗度要素が小さい透過型の植生キャノピー乱流に関する研究は多いが、これを都市キャノピー乱流と相対的に位置づける研究は行われていない。本研究では、植生キャノピーの LAD(Leaf Area Density; 葉面積密度)の変化による流れ場への影響を LES を用いて調べ、都市キャノピーや平地における流れ場との比較を行い、乱流の特徴を比較検討した。

2 研究方法

本研究では、乱流解析モデル LES(コード名 PALM³⁾)を用いて、5 つの流れ場(植生キャノピー3case, 都市キャノピー1case, 平地)で計算を行った。全ての流れ場における計算領域及び設定条件を表-1 に示す。植生キャノピーモデルにおいては、LAD が 0.1, 0.5, 5.0 の 3case を設定し、植生高さ 10 m, 樹冠の抵抗係数 0.3 は一定とした。なお、一般的な植生の LAD は 0.3~0.7 である。本研究では植生を空間の中に一様に分布する抵抗体と考えており、計算では枝や幹はなく葉による抵抗のみを考慮している。植生の弾性的な変形ないし揺動も考慮しない。都市キャノピーについては、領域内に 10 m 四方の立方体の建物を x, y 方向にそれぞれ 4 個の計 16 個を 10 m 間隔に並べている。立方体の上面及び側面は no-slip 条件である。図-1 に各流れ場の概念図を示す。

表-1 計算領域及び設定条件

計算領域	x (m)	80
	y (m)	80
	z (m)	80
空間解像度 (m)	1.0	
計算時間 (s)	7200	
圧力勾配 (Pa m ⁻¹)	-0.004	
境界条件	上面	slip 条件
	下面	no-slip 条件
	側面	周期境界条件

3 結果と考察

図-2 に主流風速(水平断面平均)の鉛直分布を示す。植生キャノピーと都市キャノピー流れでは、キャノピーが存在する z=0~10 m の範囲で風速が減衰している。植生

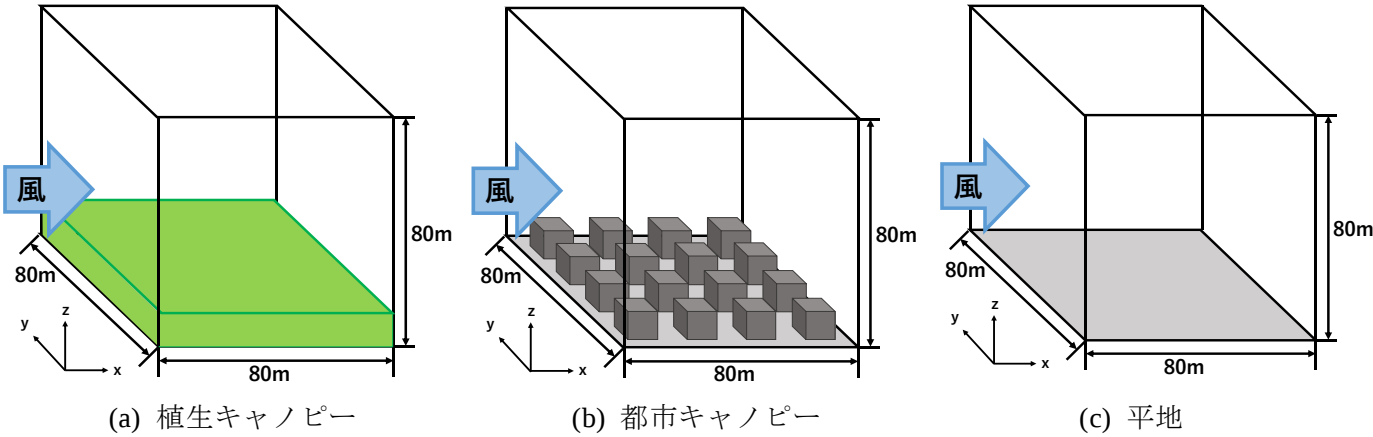


図-1 流れ場の概念図

キャノピーでは LAD が高くなるほど主流風速は減速され、LAD5.0 に関しては風速がほぼ無くなり、キャノピー内に全く風を通さない密な植生となっている。一方、都市キャノピーでは全ての植生キャノピーよりも風速が大きくなっている。このことは、都市キャノピーがキャノピー上空の運動量を地表面付近まで効率よく輸送しやすい特徴を有していることを意味している。

キャノピー高さ($z=10$ m)より上空に関しては、LAD0.1 及び LAD0.5 の風速が他のケースのそれと比べて小さい。これは活発な乱流混合により風速分布が一様化したことを意味する。自然界に存在するような中程度の LAD を有する植生キャノピーでこのような現象が見られるのは興味深い。

次に乱流の特徴を調べるために、鉛直方向風速 w に関する skewness を算出した(図-3)。計算領域中央における高さ 20 m の一点の時系列データ(計算開始後 5400~7200 秒の 30 分間、0.1 秒間隔)を元に算出している。この結果によれば、LAD0.1、LAD0.5 では w の skewness が負の値になったのに対して、それ以外の流れ場においては正の値となった。森林上空で計測された乱流データの解析結果では、緩やかな上昇気流が続く ejection と急激で強い下降流である sweep が繰り返されることにより w の skewness が負の値になることが報告されている。植生キャノピーによる風速の減衰によって、キャノピー上付近に風速分布の変曲点不安定が生じ、その結果乱流の組織構造が生じることが原因とされている。本研究でも LAD0.1、LAD0.5 の結果は植生乱流の特徴を示している。しかし、同じ植生キャノピーであっても LAD5.0 の場合は w の skewness が正の値となっていた。LAD が 5.0 となるような密な植生ではキャノピー内に風がほとんど流入しないため、キャノピー内外の流れが分離されてしまい、平板乱流に近い特徴を持つようになったと考えられる。都市キャノピーでも w の skewness は正の値ではあるもののその値は平地や LAD5.0 に比べれば小さい。上述した植生キャノピーの特徴を若干有しているためかもしれない。

図は割愛するが、風速の 3 次元的空间分布を可視化させたところ、LAD0.1 及び LAD0.5 では鉛直方向の乱流が活発である様子が確認できた。このことから、現実的な植生キャノピーでは乱れが強く発生し鉛直方向に効率良く運動量を輸送すると考えられる。一方で、平地や LAD5.0(非現実的に密な植生)では乱れの発生が弱かった。また、都市キャノピーは中間的な特徴を有していた。

参考文献

- 1) Kanda, M. Moriwaki, R. Kasamatsu, F., 2004: Large eddy simulation of turbulent organized structure within and above explicitly resolved cube arrays., Boundary-Layer Meteorology., 112, 343-368.
- 2) 森脇亮, 青木伸悟, 藤森祥文, 2009: 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, 土木学会水工学論文集, 53, 253-258.
- 3) PALMgroupHP:http://www.muk.uni-hannover.de/~raasch/PALM_group/PALM_group.html (2018/2/15)

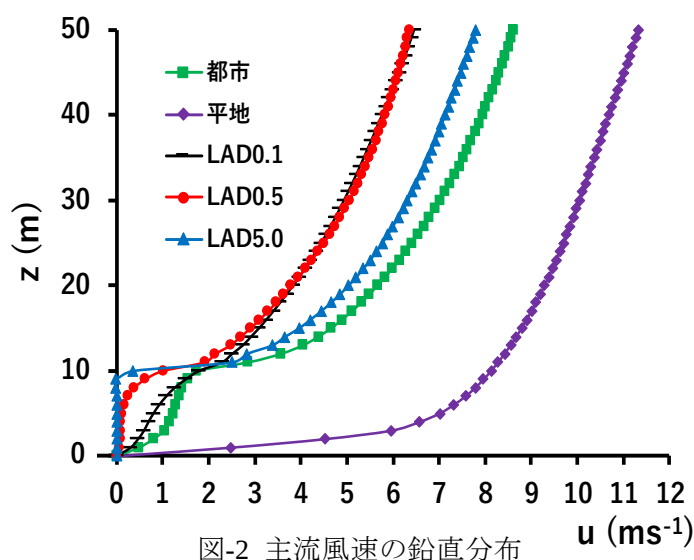


図-2 主流風速の鉛直分布

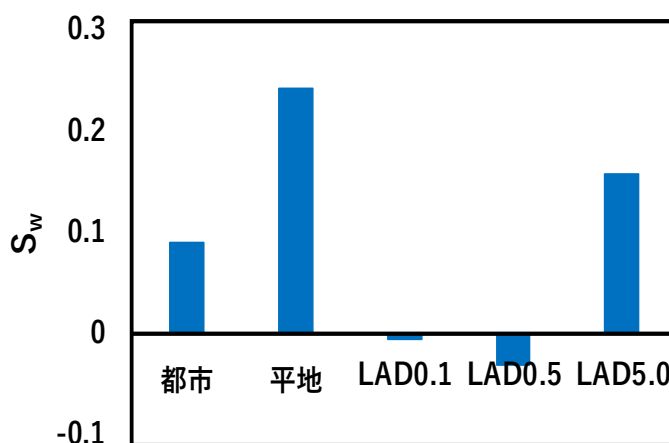


図-3 鉛直風速 w の skewness(w)