

建物および植物キャノピーを考慮した地上付近の風速場の再現計算  
 Wind Field Simulation near the Ground Surface Considering  
 the Effect of Buildings and Vegetation Canopy

○泉 知宏・丸山 敬・玉城 磨

○Tomohiro IZUMI, Takashi MARUYAMA, Maro TAMAKI

Wind flow near the ground surface is fluctuating because many roughness elements exist on the actual terrain. This paper shows a method to extract information of the roughness elements which are buildings and vegetation. Then the extracted information could be used to calculate parameters which are necessary for canopy model. In particular, vegetation in calculation domain is divided into some categories and each vegetation is given different leaf area densities for considering the spread of roughness elements. This method was applied to LES calculation of wind field around Itoman-city in Okinawa Prefecture and the result of LES calculation is compared to observed data at Okinawa Prefecture Agricultural Research Center.

## 1. はじめに

2015年の建築物荷重指針・同解説から、建築物に作用する風荷重を風洞実験だけではなく、CFD(数値流体計算)でも評価することが可能になった。実地形上に存在する建築物を対象とした耐風設計用の風速場をCFDで求める場合、対象地点周辺の地形や粗度の影響を受けるので、それらを取り込んだ計算を行わねばならない。ここでは粗度として建物と植生を考え、その両方の効果をキャノピーモデルで取り込むことにより、地表付近の風速を再現することを目標としている。地面上に存在する建物や植生を抽出して、キャノピーモデルに取り込んだ計算結果を観測結果と比較して、提案する手法の有効性を検証する。

## 2. 数値計算における粗度の扱い

丸山<sup>1)</sup>に従い、粗度の効果をキャノピーモデルによって(1)のように表す。

$$GF_{xi} = \frac{G}{2} a_{xi,j} C_{di,j} |u| u_i \quad (1)$$

ここで、 $u_i$ は粗視化された $x_i$ 軸方向の風速、 $G$ は評価空間内における流体の占める割合、 $|u|$ は $u_i$ の大きさ、 $C_{di,j}$ は抵抗係数、 $a_{xi,j}$ [1/m]は単位流体体積当たりの $x_i$ 軸方向の物体見つけ面積である。 $C_{di,j}$ と $a_{xi,j}$ の添字 $j$ は粗度の種類を表す。粗度が植

生の場合、体積は無視して $G=1$ と考え、 $a_{xi,j}$ には評価体積における葉面積密度 $a_{tree,j}$ を与える。

## 3. 粗度の抽出

### 3.1 粗度の高さ

2.で述べたパラメータを得るために必要となる粗度の高さは、榎木の方法<sup>2)</sup>に従い、JAXAが提供するDSM(表層高さ)データ<sup>3)</sup>から国土地理院が提供しているDTM(標高)データ<sup>4)</sup>を差し引くことで計算領域における粗度の差分高さを抽出する。

### 3.2 建物

建物の抽出には国土地理院が公開している基盤地図情報(FGD)<sup>4)</sup>を用いる。FGDには建物位置と建物平面積 $A_b$  [m<sup>2</sup>]と建物周長 $L_b$  [m]が含まれる。これらの情報に3.1で抽出した差分高さを乗ずることで建物体積、建物表面積を抽出する。さらに評価体積あたりの建物体積の割合 $\rho_r$ から $G$ を算出し、丸山の方法<sup>5)</sup>で各計算格子の建物の抵抗係数を求める。

### 3.3 植生

植生の抽出には環境省生物多様性センターが公開している植生図<sup>6)</sup>を用いる。植生図はポリゴンデータで格納されており、位置情報、植生の広がり(面積)、植生の種類の情報が含まれている。このデータと3.1で求めた差分高さをを用いて、植生の種類ごとに粗度高さを与える。図1は計算格子内に存在する植生の

表 1 考慮する植生群

A	畑雑草群落
B	ナガバカニクススキ群団
C	ナガミボチョウジヤブニッケイ群落
D	ハドノキウラジロエノキ群団

表 2 各植生の葉面積密度

植生の種類	葉の総面積[cm <sup>2</sup> ]	葉面積密度 $A_{tree,i}$ [1/m]
畑雑草群落	1246.3	15.58
ナガバカニクススキ群団	1144.1	14.3
ナガミボチョウジ	353.6	4.42
ヤブニッケイ	1054	13.18
ハドノキ	1175.2	14.69
ウラジロエノキ	1175.2	14.69

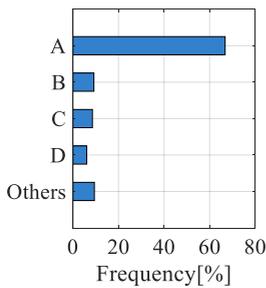


図 1 計算格子内の植生頻度分布

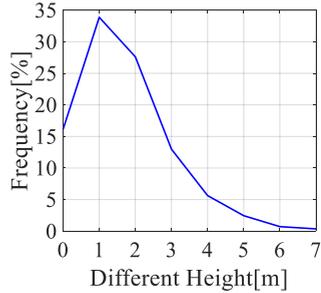


図 2 畑雑草群落の差分高さ頻度分布

頻度分布であり、図中英字に対応する植生の種類は表 1 に示す。一例として表 1 の A の差分高さの頻度分布を図 2 に示す。また、現地調査で得られた植生の単位体積における葉面積密度  $A_{tree,j}$  [1/m] を表 2 に示す。

各ポリゴンの面積に差分高さを乗じた値を葉の空間的な広がり  $V_{leaf}$  [m<sup>3</sup>] とみなし、評価体積内に含まれる  $V_{leaf}$  [m<sup>3</sup>] に  $A_{tree,i}$  [1/m] を乗ずることで評価体積内の葉の総面積  $S_{leaf}$  [m<sup>2</sup>] を算出する。この  $S_{leaf}$  [m<sup>2</sup>] を評価体積  $V_{cell}$  [m<sup>3</sup>] で除すことで、植生の種類ごとの評価体積での葉面積密度  $a_{tree,i}$  [1/m] を求める。

#### 4. 数値計算結果

3. で示した手法で得られたパラメータを数値計算に取り込み計算を行った。計算は沖縄県糸満市付近で行い、計算領域は図 3 に示すとおりで、図中星印が観測地点である。各々の領域の境界条件には順次外側の領域の計算結果を内挿したものを与える。D2 領域では植生の効果を、D3 領域では建物と植生の両方の効果を考慮して計算を行ない、その計算結果と観測値の比較を図 4 に示す。格子解像度を上げていくことにより、変動が大きくなるのがわかる。最も内側の D3 領域における平均風速の計算結果は観測値よりも若干高くなる。変動幅は観測値よりも大きくなるが、風速値の時刻歴変化は観測値に追従しており、

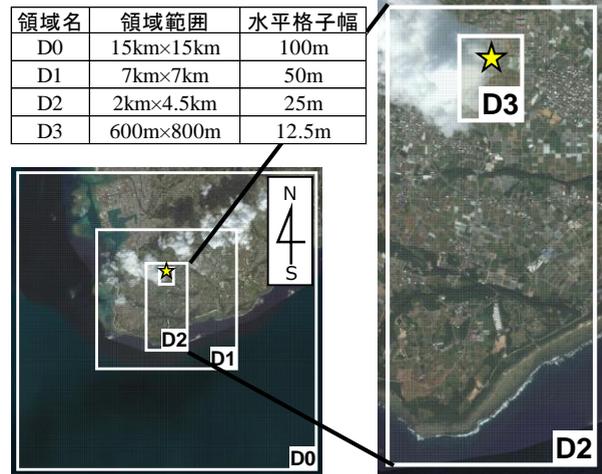


図 3 LES 計算領域

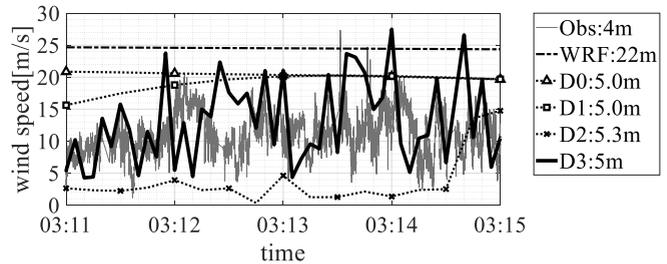


図 4 観測地点上の時刻歴風速波形

変動風が再現できていると考えられる。

#### 5. まとめ

変動風速場を計算するために地表面粗度として建物と植生の影響を取り込む計算手法を示した。提案した手法を用いた数値計算結果は、観測値をおおむね良く再現した。

#### 参考文献

- 丸山敬, LES による粗面上の乱流境界層の数値計算, 第 18 回風工学シンポジウム, p57-62, 2004
- 榎木康太, 風況予測のための地表面被覆高さの算出方法に関する検討, 日本風工学会年次研究発表会・梗概集, p119-120, 2017
- JAXA, 全球高精度デジタル 3D 地図(ALOS World3D), [http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index\\_j.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm), 2018.1
- 国土地理院, 基盤地図情報, <http://www.gsi.go.jp>, 2018.1
- T.MARUYAMA, Optimization of roughness parameters for staggered arrayed cubic blocks using experimental data, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol46-47, p165-171, 1993
- 環境省生物多様性センター, 自然環境調査 Web-GIS, <http://gis.biodic.go.jp/webgis/>