

# CFD を利用した農業用地の飛砂の発生頻度検討のための 風速の超過確率空間分布の算出

## Evaluation of exceedance probability of wind velocity to analyze blown sand problem in agricultural area using CFD simulation data

○渡部 朱生\*, 大風 翼\*, 高野 芳央\*, 今野 雅\*\*, 持田 灯\*, 小林 宏康\*\*\*

○Shu WATANABE, Tsubasa OKAZE, Yoshiteru TAKANO,  
Masashi IMANO, Akashi MOCHIDA, Hiroyasu KOBAYASHI

### 1. はじめに

2013年3月の爆弾低気圧に伴う西風により宮城県南部に位置する亶理郡の浜吉田イチゴ団地、開墾場イチゴ団地(図1)のパイプハウスやビニールハウスが破損する被害が発生した。また東日本大震災以降、飛砂の発生が増加したという住民の声も多く聞かれる。その原因の一つとして震災の際の津波によって防潮林が消失したことによるイチゴ団地周辺の風速増加が考えられる。

本研究では、復興後の堤防や防潮林を再現し、それらの有無がイチゴ団地周辺の風環境に及ぼす影響を検討することを目的として、数値流体力学(Computational Fluid Dynamics、以下 CFD)を用いて亶理郡広域における16風向を対象とした風環境予測を実施した。さらに、近隣のAMeDASを用いて各風向毎に10分間平均風速の発生頻度、ワイブル係数を算出し、飛砂の発生頻度を検討するための飛砂発生風速の超過確率の空間分布を求めた。

### 2. AMeDAS データの分析

亶理観測所のAMeDAS 10分間平均風速を用いて年間風配図<sup>注1)</sup>を算出した(図2)。卓越風向は西であり、次に南東(夏期)の海風の発生頻度が高いことが分かる<sup>注2)</sup>。

### 3. イチゴ団地を含む広域領域における流れ場の分析

**3.1. 解析概要** 16風向を対象にCFD解析を行った。解析ケースは防潮林有り、防潮林無

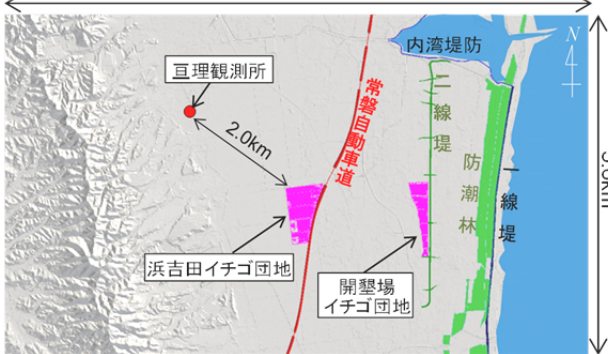


図1 亶理郡の地形データ  
Fig.1 Topographical data of Watari

しの2ケース×16風向=32ケース行った。亶理周辺の地形は国土地理院が提供する標高データ<sup>文1)</sup>を用いて再現し、さらに常磐自動車道、内湾堤防、嵩上げされる1線堤、県道を嵩上げた2線堤の形状データについても再現した。表1に解析条件を示す。

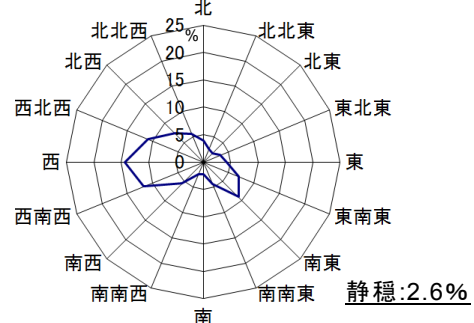


図2 AMeDAS から算出した年間風配図  
(2009 - 2014)  
Fig.2 Wind rose (2009 - 2014)

表1 解析条件

Table.1 Analysis condition for flow field

CFD 解析ソフト	OpenFOAM 2.3.0 <sup>文2)</sup>
乱流モデル	RNG k-ε model
圧力解法	SIMPLE 法
空間離散化スキーム	一次風上差分
メッシュ数	12,071,947
メッシュサイズ	水平方向: 2.5~40m 鉛直方向: 1~40m 地表面や堤防等の近傍で最小となるように設定した。
流入境界	風速: べき乗則 α: べき指数 (風向: 北北東~南南東で α=0.1 (粗度区分 I <sup>文3)</sup> )、 風向: 北、南~北北西で α=0.15 (粗度区分 II <sup>文3)</sup> ) その他の条件は日本建築学会の『市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック』 <sup>文4)</sup> に従った。
流出境界	法線方向の勾配ゼロ
側面境界	法線方向の勾配ゼロ
上空境界	slip 条件
地表面・建物表面境界	風速: 一般化対数則(滑面)

\*東北大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Tohoku University, \*\* (株)OCAEL, Open CAE Laboratory, \*\*\*農村工学研究所, National Institute for Rural Engineering

キーワード: 数値流体力学(CFD), 飛砂, 防潮林, AMeDAS, 超過確率

3.2. 解析結果 図3(a)に防潮林が無い場合、(b)に防潮林が有る場合(防潮林生育後)の風速分布を示す。風速は地上1.5mでの流入風速で基準化している。ここでは、卓越風向の1つで、防潮林がイチゴ団地へ及ぼす影響が大きかった南東風の結果を示す<sup>注3)</sup>。開墾場イチゴ団地周辺の風速は防潮林が有ることによって防潮林が無いケースよりも風速が大きく減少することが分かった。

#### 4. 風速の超過確率空間分布の算出

AMeDAS 10分平均風速より算出した各風向の発生頻度、ワイブル係数と数値解析より得られた風向別風速空間分布より10分間平均風速5m/sの超過確率空間分布を求めた。なお、算出方法の詳細は注4を参照。本研究では飛砂が発生する地上1.5mでの限界風速( $U_l$ )を5m/sと仮定した。

図4に防潮林有りと防潮林無しのケースにおける平均風速5m/sの超過確率の差を防潮林無しのケースにおける超過確率で基準化した結果を示す。開墾場イチゴ団地では、防潮林によって1割程度、超過確率が低下することが分かった。

#### 5. まとめ

数値流体力学(CFD)を用いて亙理郡広域の飛砂発生風速の超過確率空間分布を求め、防潮林が風環境に与える影響を確認した。防潮林が十分に生育するまでの間、イチゴ団地周辺で発生する強風対策のために、防風ネット等の一時的な対策が必要な可能性がある。今後は、現地の砂を採取し飛砂の発生する限界風速を求め、実際の飛砂発生確率の空間分布を求める予定である。

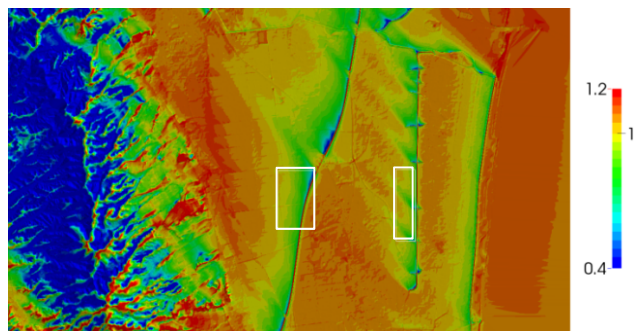
#### 【謝辞】

本研究の遂行にあたり、復興庁・農林水産省の食料生産地域再生のための先端技術展開事業の助成を受けた。また(株)イマジックデザインの進藤圭二氏、友松貴志氏には多大なご協力を頂いた。ここに謝意を記す。

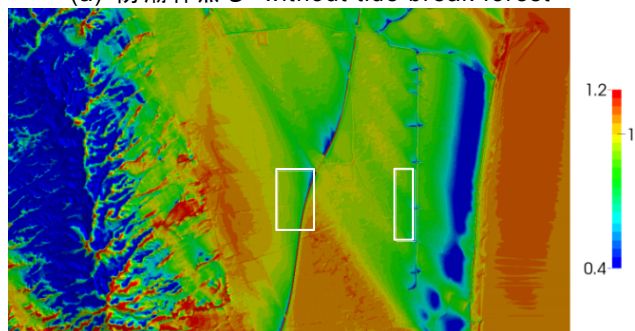
#### 【注釈】

- 注1) 亙理観測所が現在の場所に移設された2009年以後のデータを用い、算出した。  
 注2) 各々の風向で10分間平均風速の超過確率をワイブル分布で近似した。西風におけるワイブル分布はAMeDASデータから得られた風速の超過確率をよく近似しており、他の風向の超過確率と比較した結果、西風の方が高風速の発生頻度は高かった。  
 注3) 図3に開墾場イチゴ団地(図中左)と浜吉田イチゴ団地(図中右)の場所を白枠で示す。  
 注4) 本研究では、風向別のワイブル係数をAMeDASの観測値から算出し、風向別に $U_l$ の超過確率を求めた後、風向の発生頻度で重み付けし16風向分足し合わせた10分間平均風速の超過確率を算出した(式(1))。

$$P(U > U_l) = \sum_i A_i \cdot \exp\left[-\frac{U_l}{R_i C_i}\right]^{K_i} \quad (1)$$



(a) 防潮林無し without tide break forest



(b) 防潮林有り with tide break forest

図3 無次元風速の空間分布(南東風、地上1.5m) — 防潮林の有無についての比較 —

Fig.3 Normalized wind velocity distribution — Comparison of the cases with and without forest— (wind direction: south east, 1.5m height)

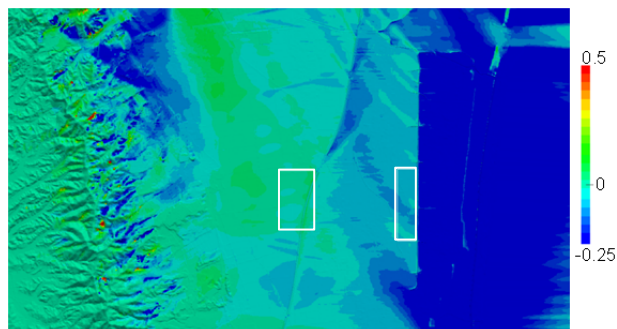


図4 基準化された風速5m/sに対する超過確率空間分布の差 ((有り-無し)/無し)

Fig.4 Difference of exceedance probability of wind velocity 5m/s normalized by the probability without forest

#### 【記号】

$U_l$ : 飛砂発生風速(10分間平均風速)[m/s],  
 $P(U > U_l)$ : 平均風速が $U_l$ を超過する確率[-],  
 $A$ : 風向頻度[-],  $R$ : 観測地点での平均風速と流入面における気象台高さの平均風速との風速比[-],  
 $K, C$ : ワイブル係数,  $i$ : 風向(1,2,...,16)

#### 【参考文献】

- 国土交通省国土地理院, 基盤地図情報サイト <http://www.gsi.go.jp/kiban/>
- OpenFOAM ユーザーガイド, 2014
- 建築物荷重指針・同解説, 日本建築学会, 2004.
- 市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック: ガイドラインと検証用データベース. 日本建築学会, 2007.