

OpenFOAM を用いた南極みずほ基地における地吹雪の流動解析

福島工業高等専門学校 産業技術システム工学専攻 社会環境システム工学コース 学生会員○箱崎 竜登
福島工業高等専門学校 都市システム工学科 正会員 菊地 卓郎
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 衛藤 俊彦
東京建設コンサルタント 東京本社 河川本部 河川計画部 正会員 大澤 範一

1. はじめに

日本は世界有数の豪雪地帯であり、その豪雪地帯に日本の全人口の約 15%の人々が生活しており、我が国の防災・減災を考える上でも冬期の雪害は重要な問題である。例えば、山岳地帯における雪崩、吹雪による視程障害が原因の交通事故、除雪中の転落事故など枚挙にいとまがない。

そこで本研究では人々の生活圏内での影響が大きい雪害である地吹雪に着目し、道路防雪林や防雪柵の適切な設置に寄与できるように現地スケールの吹雪の流動特性を数値解析によって評価することを目的とする。

2. 数値解析モデル

本研究では高橋ら¹⁾が行った風洞実験スケールの地吹雪の再現性が確認できているモデルを用いる。具体的には流体の流動解析ツールである OpenFOAM を用い、オイラー・グラニューラー（流体－固体粒子）モデルを採用した。気相では標準 $k-\epsilon$ 乱流モデル、粒子相では B. G. M. Van Wachem²⁾ による動力学モデルを取り入れた。また、固気二相流の支配方程式である連続の式と運動方程式は有限体積法に基づき離散化し、SIMPLE 法と PISO 法を組み合わせた PIMPLE 法を用いた。移流項の離散化に気相では 2 次精度の中心差分、固相では 2 次精度の TVD スキームを用いた。

3. 南極みずほ基地における観測

本研究で用いた現地観測データは福嶋ら³⁾によって、南極みずほ基地において測定された観測データである。福嶋ら³⁾が指摘しているように、南極みずほ基地の特徴としては、吹雪が定常状態に発達する

のに十分な平坦な空間が広がり、風洞実験では得られないような限界摩擦速度を上回る風速となることが挙げられる。このようなフィールドで 2000 年 9 月 30 日から 11 月 18 日の期間に 30m タワーにスノーパーティクルカウンター (SPC) を 4 台、超音波風向風速計を 3 台、気温・露点計を 2 台設置し、観測が行われ、吹雪の計測量として主たるデータである風速と飛雪流量が求められている。

4. 数値解析の概要

観測領域を鉛直 2 次元として、数値解析を行った。流下方向 25m を x 軸、高さ方向 10m を y 軸とし、メッシュ間隔は $\Delta x=0.25m$ 、 $\Delta y=0.04m$ とした。また底面部 0.04m の高さまで雪粒子を敷き詰めた。計算に用いた諸量を表 1 に示す。なお、case1~5 は観測された風速 5 つの case となっており、雪粒子の密度も case によって異なっている。

計算時間は南極みずほ基地の観測データが流下方向に十分に発達した状態で定常状態とみなすことができるので、本解析においても流れが十分に発達したと評価できる経過時間である 30 秒間の計算時間を与えることとした。

表 1 計算に用いた諸量

	case1	case2	case3	case4	case5
風速 $U_{3,0}(m/s)$	6	8	9.5	11	16
雪の密度 $\rho_s(kg/m^3)$	89.3	161.4	127.8	54.7	33.2
空気の密度 $\rho_a(kg/m^3)$	1.293	1.293	1.293	1.293	1.293
雪の粒径 $d(mm)$	0.201	0.146	0.17	0.158	0.194
乱流運動エネルギー $k(m^2/s^2)$	0.086	0.154	0.217	0.29	0.614
分子粘性散逸率 $\epsilon(m^2/s^3)$	0.599	1.42	2.378	3.682	11.361

Keys Words : OpenFOAM, 南極みずほ基地, 地吹雪, 数値解析

連絡先 : 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 都市システム工学科

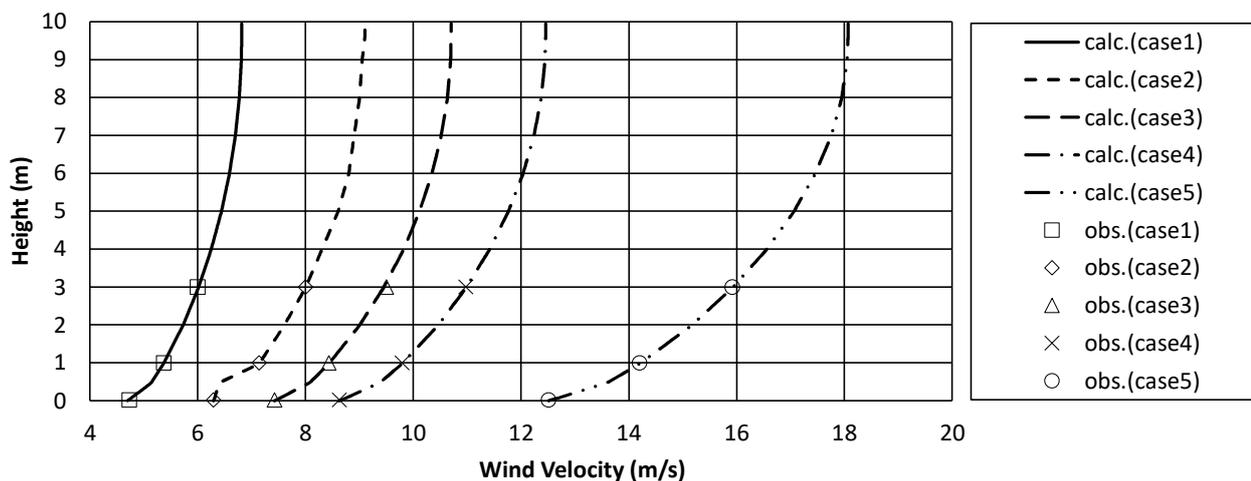


図1 風速分布

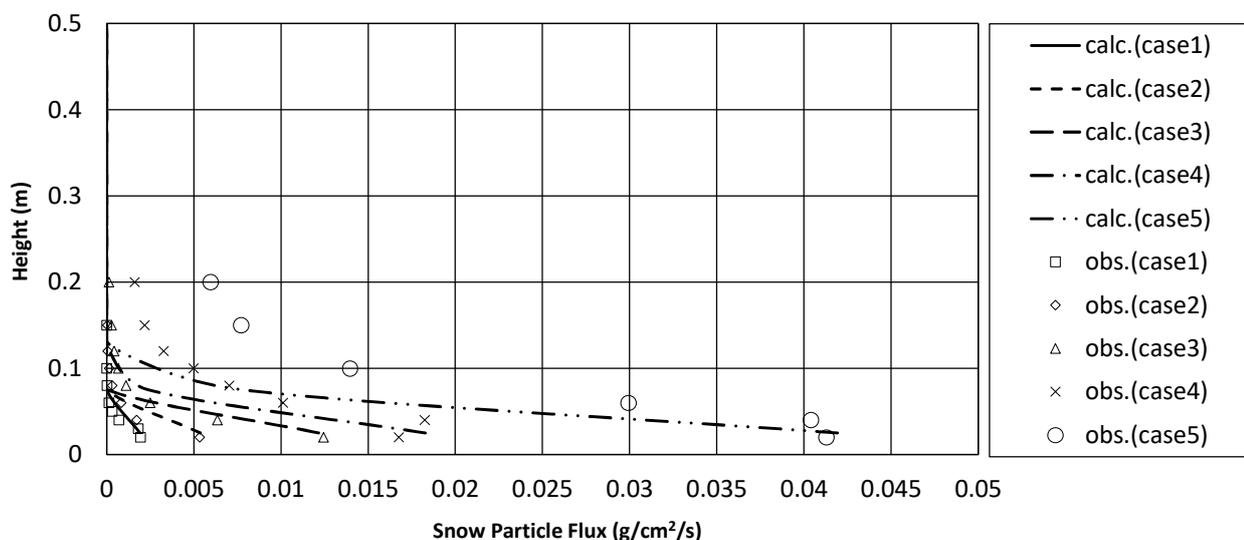


図2 飛雪流量分布

5. 数値解析結果

図1に風速分布，図2に飛雪流量分布の結果を示す。風速分布は底面から離れるに従って，風速が増加するという平板上の乱流境界条件層の特徴を捉えた結果を得ることができ，飛雪流量分布は底面から離れるに従って，急速に減少するという吹雪の特徴を捉えた結果となり，風速分布，飛雪流量分布ともに現地観測と数値解析の傾向の一致を確認することができた。改善点としては，飛雪流量において底面付近から離れるにつれて現地観測結果よりも数値解析結果は小さく評価する傾向が見られたため，今後の検討が必要である。

6. まとめ

本研究によって，提案したモデルが現地スケールである南極みずほ基地の地吹雪の流動特性の主たる諸量となる風速と飛雪流量の分布を表現できること

が確認された。今後は防雪柵などの構造物を考慮した数値解析を行うことでより有益な情報が得られると考えられる。

参考文献

- 1) 高橋朋世，菊地卓郎，衛藤俊彦，大澤範一：動力学モデルを用いた吹雪の数値解析におけるメッシュアスペクト比の精度検証，令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，II-1，2020。
- 2) B.G.M. van Wachem：Derivation, Implementation, and Validation of Computer Simulation Models for Gas-Solid Fluidized Beds, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Amsterdam, pp.201, 2000.
- 3) 福嶋祐介，菊地卓郎，西村浩一：みずほ基地における現地観測と低温風洞実験に基づく地吹雪データの数値解析および雪の連行係数の評価，土木学会論文集，No. 733/II-63, pp.57-65, 2003.