

吹雪・吹きだまりの数値シミュレーションの応用 -モエレ山における実測との比較-

中田琢志, 植松孝彦, 金田安弘, 竹内敬二 (気象協会)
佐藤 守 (札幌市)

1. はじめに

気象協会ではここ数年にわたって吹雪・吹きだまりの数値シミュレーション手法の開発を行ってきた。柵や小屋などのいろいろな地形での吹きだまりのシミュレーションをはじめ、アンダーパスへの雪の吹き込みの予測を行ってきた。今回、札幌市東区に建設中のモエレ沼公園の中に造成中のモエレ山において、積雪深と風の観測を行い、実測値とシミュレーションの比較を行ったのでその結果を報告する。

2. 計算に用いた式

最初に空気の運動方程式および連続の式から気流の計算を行い、その後で飛雪空間濃度、吹きだまり、吹き払いの計算を行った。以下に主な式を示す。

飛雪空間濃度 ϕ の依存式

$$\frac{\partial (\rho \phi)}{\partial t} + \text{div} (\rho \mathbf{u}_s \cdot \phi) = \text{div} (\rho K_s \text{grad} \phi)$$

ただし、 ρ : 空気の密度、 \mathbf{u}_s : 飛雪粒子の移動ベクトル、 K_s : ϕ の渦拡散係数

雪の最大侵食速度

$$E = \frac{c}{h} \left(\frac{\rho}{g} \right) \frac{w_f^2}{u_{*t}} \frac{u_*^2}{u} (u_{*t} - u_*)$$

ただし、 h : 跳躍層の高さ、 c : 実験定数、 u_* : 摩擦速度、 u_{*t} : 臨界摩擦速度、 w_f : 飛雪粒子の落下速度

地表面における吹きだまり量を S とすると、

$$\frac{\partial S}{\partial t} = - (D + E)$$

ここで、 $D = \rho w_f \phi h$ は跳躍層から地表面への沈着速度である。

3. モエレ山の概要

モエレ沼公園は札幌市東区丘珠町にあり、都心から北東方向に約15km離れている。そのなかにモエレ山、プレイマウンテンという2つの山が造成中である(図1参照)。完成後のモエレ山とプレイマウンテンの高さはそれぞれ50m、32mであるが、平成2年3月9日現在それぞれ16m、17mである。

4. 現状のモエレ山における積雪深の観測値とシミュレーションの比較

図2に平成2年2月28日における現状のモエレ山周辺の積雪深分布を示す。風下側の山かげで積雪が大きく、風上の北北西と、西南西の方向の斜面の上の方で積雪が少ないのが特徴であった。なお、山頂部は土砂盛り作業により積雪がなかった。

一方、図3の左にモエレ山周辺の積雪を含めた地形の鳥瞰図を示す。線は計算に用いた

メッシュを示す。なお、斜面に相当するところではメッシュが細かくなっている。積雪深は、地上10mで北北西の10m/sの風が吹き、1mm/hrの降雪強度を与えたときの吹きだまり速度に、平地上の積雪深が実測値と一致するような係数を乗じてもとめた。なお、わかりやすくするため、積雪深を実際より深く描いた。

図3の右の断面図で実測値と比較すると、モエレ山の中心を通るA図（図3の左のAの矢印の横断面）では、風上側の斜面で積雪が少なく、風下側の斜面で積雪が多い点で実測とシミュレーションは一致していた。斜面中腹を通るB図では、斜面の風上側のへりで積雪が少なく、斜面の風下側のへりで積雪が多い点で実測とシミュレーションは一致していたが、斜面中腹では実測値のほうが多かった。斜面の下のC図では、シミュレーションに比べて、実測値はばらつきが大きかった。実測値はいろいろな風向からの降雪の一冬の積雪の積算値であり、また、観測時には融雪が進んでいたことを考えると、一方向の風向からの積雪深のシミュレーション値と比較して、定性的にはほぼ一致していたといえる。

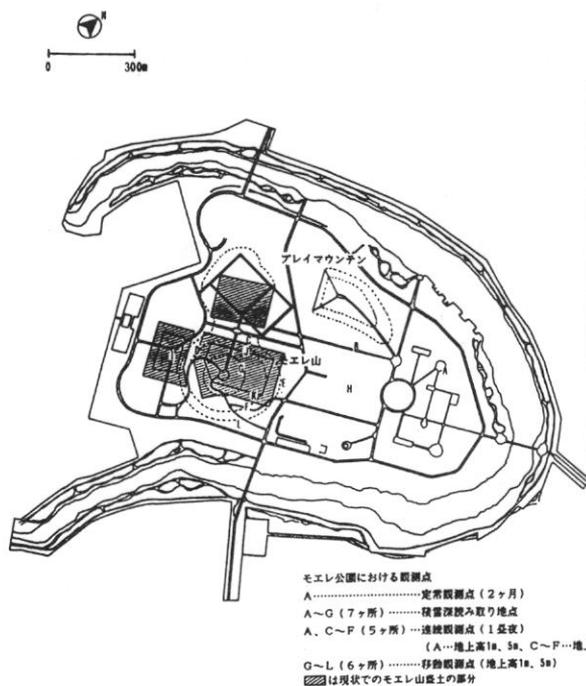


図1 モエレ沼公園

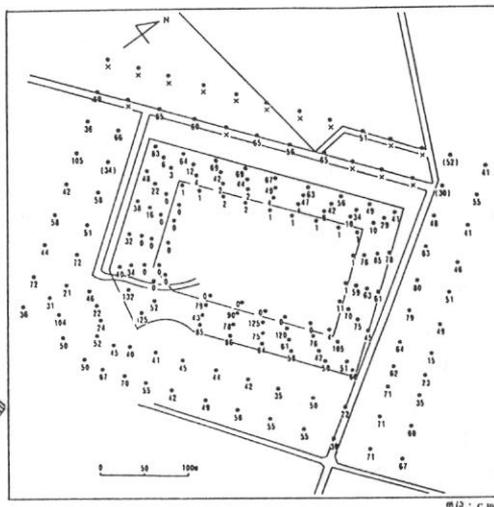
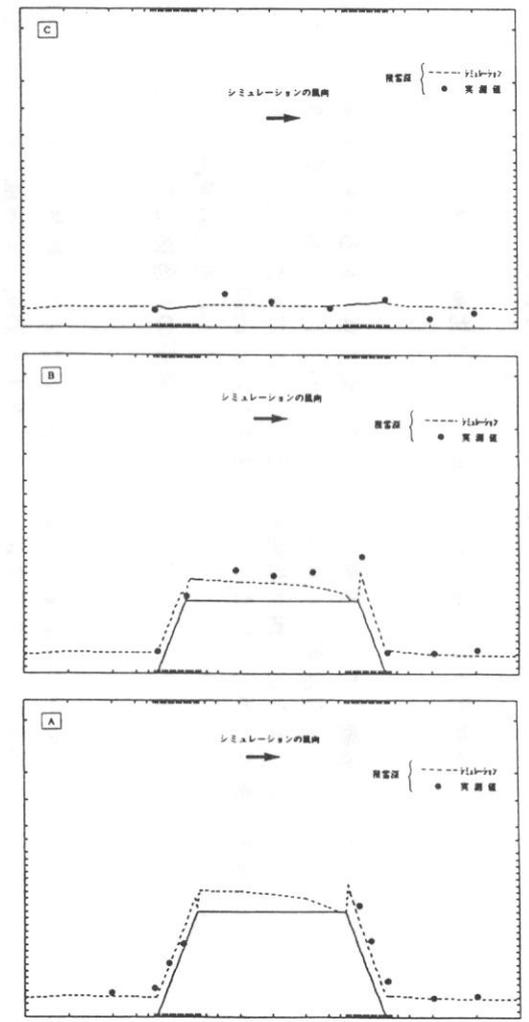


図2 モエレ山周辺における積雪深分布
（平成2年2月28日）

× : 道路等により測定不能
 () : 除雪地につき参考値

断面図



鳥瞰図

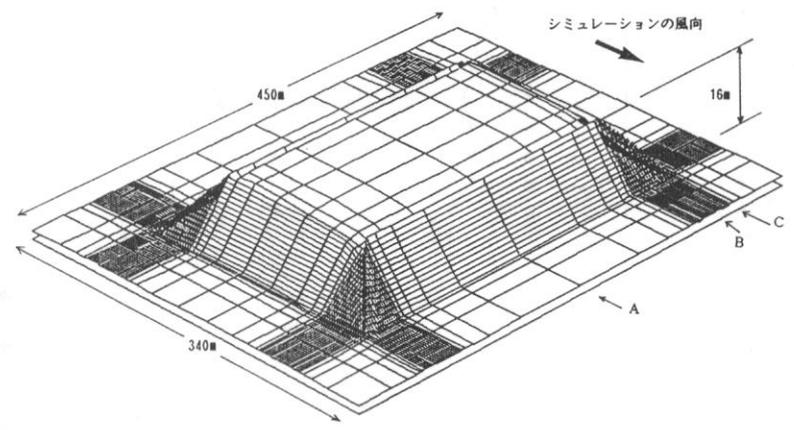


図3 現状のモエレ山の吹きだまりシミュレーションと実測の比較