

積雪のある陸面の地表面パラメータの導出と それが大気に与える影響に関する研究

大気水圏ダイナミクス研究室
指導教官

清水 智
早川 典生

1 はじめに

融雪後、長期にわたって河川流量に影響を与える積雪水量としての積雪量の監視は水資源管理を考える上で非常に重要である。レーダーや可視・マイクロ波センサを用いたリモートセンシングによって積雪域の特定が行われているが十分な精度での積雪深の導出は現在はまだ困難である。また、数値シミュレーションを用いた積雪量の正確な推定が行われた事例もない。そこで本研究では観測の困難な積雪時における陸面パラメータを簡易的に作成し、それを用いて数値シミュレーションを行い、地表面パラメータを一定値で与えたものと、作成した現実に近い地表面を与えたものとを相互に比較することにより、数値シミュレーションにおける陸面の影響を考察した。

2 局地気象モデルの概要

本研究で用いた局地気象モデルは、気象庁非静力学モデル (Non-Hydrostatic Model :NHM)¹ である。仕様を表 1 に示す。

表 1: NHM の仕様

分類	仕様
基礎方程式	完全圧縮方程式系
水平座標系	弾性、非静力学、HE-VI で解く ランベルト正積方位図法に投影されたマップファクターを適用した等距離グリッド
鉛直座標系	地形に沿った座標系 地表面近傍で気層が薄く、高さによって厚くなる
格子構造 (水平)	Arakawa-C グリッド
格子構造 (鉛直)	Lorents 格子
移流項の計算	2 次中央差分、フラックス形式
乱流の扱い	レベル 2.5 の乱流クロージャーマデル 鉛直拡散をインプリシットに扱う
音波の扱い	semi-implicit, split-implicit
雲物理過程	雲水、雲氷、雨、雪、あられの混合比を予報 雨滴と霰を Box-Lagrangian 法で計算 霰と霰を区別しない 3class バルクモデル
地表面過程	Monin-Obukhov の相似則
大気放射	雲水量を光学的厚みで評価
地面温度	地中に 4 層とって予報
上部境界条件	摩擦のない断熱壁に吸収層を併用 気圧場にレーリーダンピングを使用
側面境界条件	xy 方向とも開放した放射ネスティング 気圧場にレーリーダンピングを使用

3 数値実験詳細

数値実験対象期間として、海岸沿いの平野部に雪が観測される里雪型を含む時期で、2001 年 1 月 26 日 00z から 29 日 00z までとし、水平格子間隔を 5km、鉛直層 38 層で実験を行った。また、数値実験の種類と実験名を表 2 に示す。

表 2: 数値実験の種類と実験名。Z₀ は地表面粗度、A はアルベドを示す。*₁ は現実に近い地表面のパラメータを入力したもの。*₂ は *₁ の地表面粗度のうち森林の粗度を 0.5 に変更したもの。

実験名	初期、境界条件	ΔX	Z ₀	A
N05n	N10g	5km	0.1m	0.2
Z05n	N10g	5km	4.0m	0.5
S05nzsas	S10gzsas	5km	* ₁	* ₁
S05nz4as	S10gz4as	5km	4.0m	* ₁
S05nzf=0.5as	S10gzf=0.5as	5km	* ₂	* ₁

4 初期条件

大気の初期条件と境界条件は NCEP (National Centers for Environmental Prediction) による GDAS (Global Data Assimilation System) の 1.0 度グリッド、6 時間毎 (00Z, 06Z, 12Z, 18Z) の気象客観解析データを用いた。これらのデータから気温、風速、湿度、気圧に相当する力学量を初期値、側面境界値とした。底面境界条件は標高に関して、USGS (United States Geological Survey) が編集した 30 秒グリッドの地形データを用いた。地表面境界条件としては、USGS 土地被覆データと衛星データによる雪被覆状態を基に各モデル格子に合わせて地表面粗度とアルベドを導出した。図 1 に S05nzsas に用いた地表面粗度の水平分布を、図 2 に S05nzf=0.5as に用いた地表面粗度の水平分布を、図 3 に導出したアルベドの水平分布を示す。

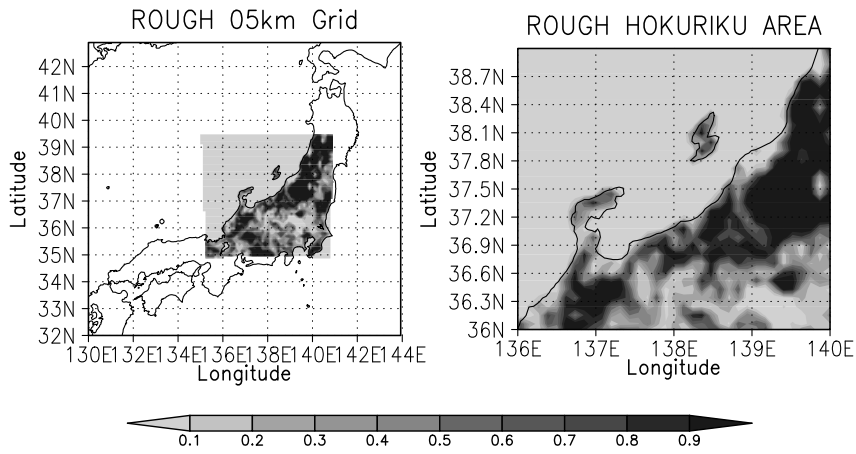


図 1: s05nzsas に用いた地表面粗度

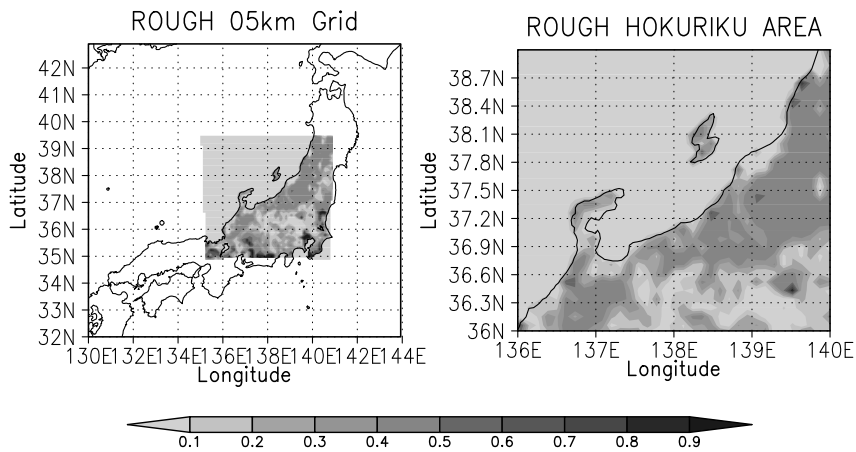


図 2: s05nzf=0.5as に用いた地表面粗度

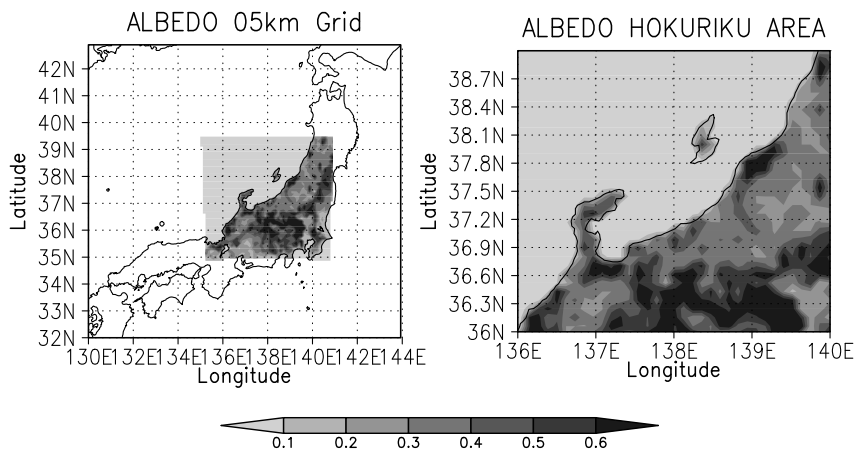


図 3: 積雪のある現実に近い地表面状態のアルbedo 05km grid

5 結果

数値シミュレーションの結果、能登半島東側から上越沖にかけての海面上での収束の強さを図5に示す。熊倉ら(2003)²⁾にあるように、海面上での収束の強さは陸面パラメータの粗度の大きさに比例して強くなる傾向がみられたが、アルベドを現実に近い地表面パラメータで固定し、地表面粗度を現実に近いパラメータの範囲内で森林の粗度を1.0 mとしたものと0.5 mとしたものとの比較では、地表面粗度の小さいほうの同域の海面上での収束の強さが、大きいほうの1.36倍となった。これは粗度を4.0 mとした実験と比較し、同海域での収束量に与える影響がほぼ同じであった。

このメカニズムを考えるために図5に地域の温位差と北向き風速の差の鉛直分布を示す。S05nzsasとS05z4asとの差から地表面粗度の大きい場合、温位差の左図から陸面の地表面近傍(～60m)に冷たい空気が溜まっていることがわかる。そしてその層より上空の冷気が能登半島東沖から上越沖の海域へと流れ収束していることがわかる。S05nzsasとS05zf=0.5asとの差から森林部の粗度の小さい場合、北向き風速差と温位差の右図から地表面近傍に冷たい空気は溜まらず、能登半島東沖から上越沖の海域へと比較的暖かい空気が流れ、収束していることがわかる。

6 結論

現実に近い陸面パラメータを与えた非静力学モデルを用いて、冬季北陸の降雪期について数値実験を行い、陸面パラメータの変化が大気を与える影響の違いについて考察した。2001年1月27日から28日にかけての数値実験結果を比較することで、陸面の粗度を全域4m一定で与えたものと現実に近い地表面粗度を与えたものは収束に至るまでのメカニズムは異なることがわかった。

7 参考文献

- 1) 気象庁予報部数値予報課：気象庁非静力学モデル、数値予報課報告・別冊49号,2003.
- 2) 熊倉俊朗, 早川典生：”降雪数値実験による北陸地方の降雪予測に関する研究”, 水工学論文集, 題48巻,2004.

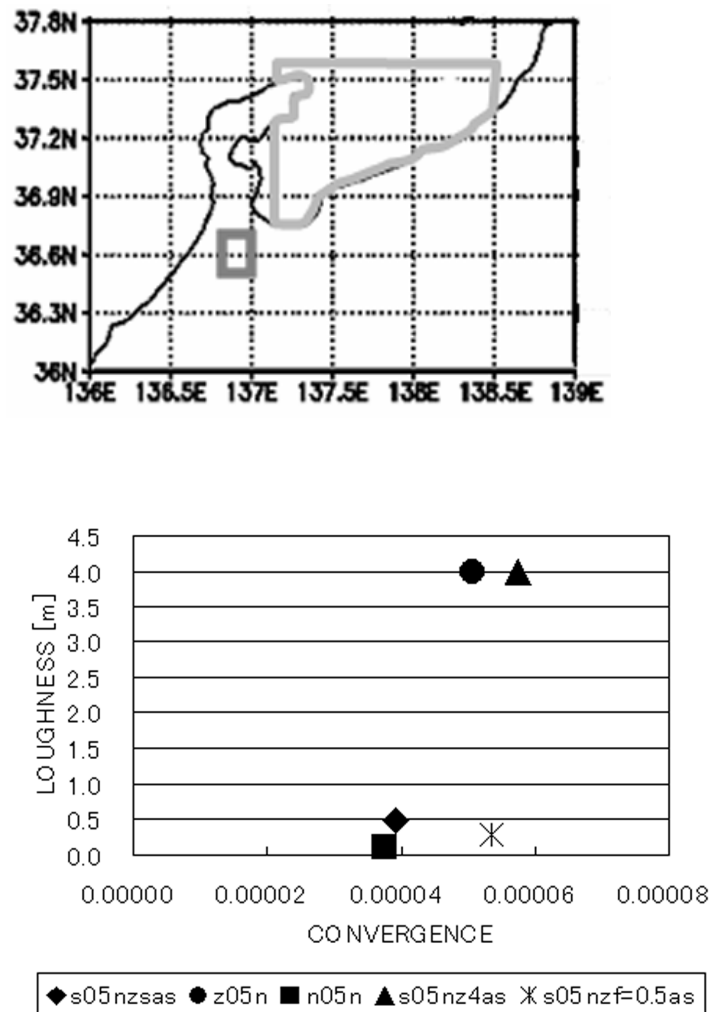


図4: 各実験の $Z^* = 360m$ の風の収束の強さ。縦軸は各実験の東経136から137.3、北緯36.3から37までの陸面の地表面粗度の領域平均の値。横軸は能登半島の東沖から富山湾、上越沖(東経137.1から138.5、北緯36.7から37.6)の海上で収束しているグリッド全ての風の収束の領域平均の値。

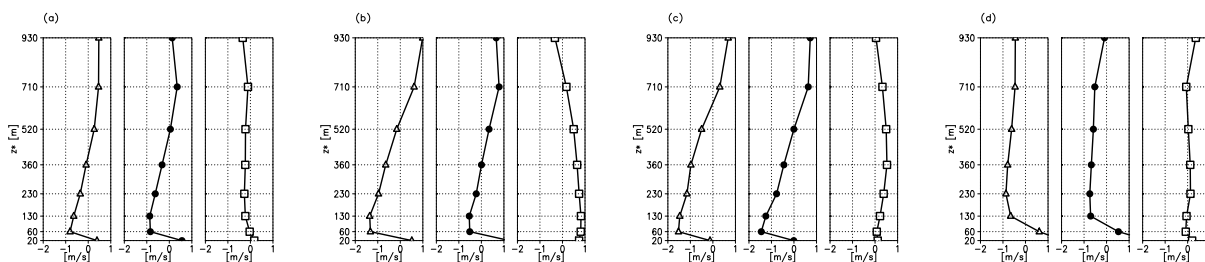
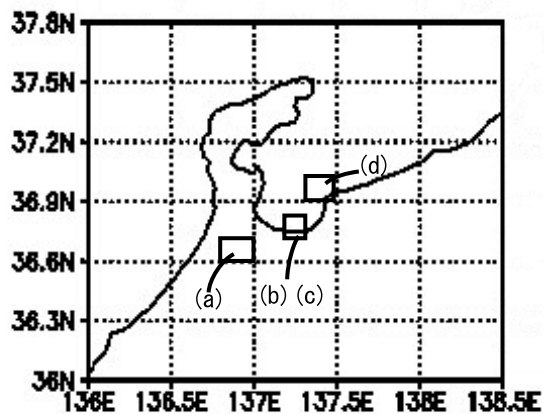
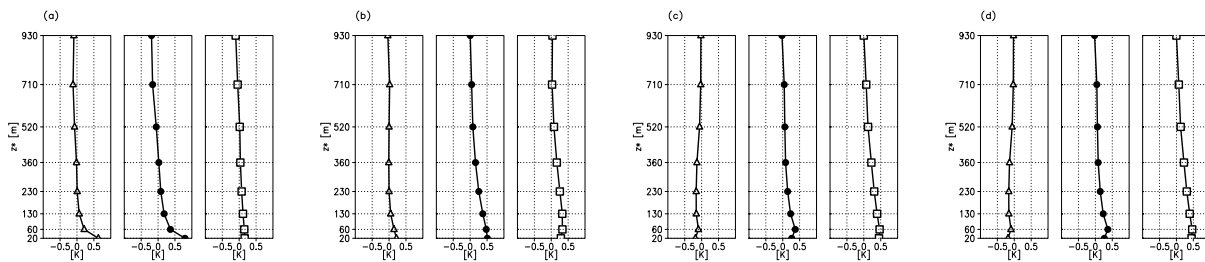


図 5: 28 日 00z から 12z までの領域内平均時間温度差 [K] の鉛直分布 (上図) と 28 日 00z から 12z までの領域内平均時間風速 (v 成分) 差 [m/s] の鉛直分布 (下図)。

記号は各領域を示し、各グラフで左図は $s05nzsas-s05nz4as$, 中央図は $s05nzf=0.5as-s05nz4as$, 右図は $s05nzf=0.5as-s05nzsas$ と、地表面粗度の小さいものから大きなもの引いた差を描いた。