

# MRI/NPD-NHM の地表面フラックスの問題点について

## —熱雷の予報を例として—

\*吉田 優・新野 宏 (東京大学海洋研究所)・吉崎正憲 (気象研・予報)

### 1. 序論

夏季になると山岳を中心にしばしば発生する熱雷は、時に平野部まで移動し大雨・突風をもたらす。

雷雨を対象とした再現実験は多く行われているが、関東地方・中部山岳のように急峻な地形を持つ場において、現実的な雷雨のシミュレーションはほとんど行われていない。そこで、2000年7月1日～5日、関東地方で連続して雷雨が発生した事例を対象として、熱雷の予報実験を行い、メソ数値予報モデルにおける熱雷の予報の可能性を調べた。本論文では、その結果といくつかの問題点について、モデルの地表面フラックスを中心に報告する。

### 2. 予報実験

用いたモデルは、気象研究所・数値予報課統一非静力学モデル (MRI/NPD-NHM; Saito *et al.*, 2001) である。モデルの初期値は予報対象前日の 21JST を初期値とする気象庁領域モデル (RSM) の 3 時間予報値 (00JST) とし、7月1日～5日の各日について 24 時間予報を行った。計算領域は関東地方を中心として中部山岳を含む 500km×500km で、モデルの水平格子間隔は 5km である (NHM5)。

NHM5 の結果と実況とを比較したところ、山岳部での降水の開始場所や各日の降水域の移動方向については実況と比較的一致していたが、降水の始まる時刻は 09JST 頃と実況よりも 2 時間程度早かった。降水の時

間変化については、1・2日は実況と比較的良好な対応を示したが、4・5日は降水のピークの現れる時刻が実況より早く、降水量も多く予報された。降水量について、1時間降水量 1mm 以上の降水域と 20mm 以上の強雨域に分け AMeDAS 観測と比較したところ、時間変化がよく再現された 1 日でも NHM5 は強雨域を広く予報していた。降水のピークが早く現れた 4 日は、降水域・強雨域ともにピークが実況よりも早かった。

水平格子間隔 5km のモデルでは、積乱雲の構造を十分分解できないと考えられるため、最も現象の激しかった 4 日について水平格子間隔を 1km にした実験を行った (NHM1)。NHM1 では NHM5 と同様に山岳での降水は早く始まったが、降水のピークとなる時刻は降水域・強雨域ともに NHM5 よりも実況に近づいた。また、NHM5、NHM1 とともに 4 日 18JST 頃の東京付近の豪雨はよく予報していた (図 1)。

山岳部で降水が早く始まる理由を調べるため、NHM5 と AMeDAS の風を比較したところ、NHM5 は谷風・海風を強く予報する傾向が見られた。高層観測データとの比較では、地表付近の成層が現実よりもより不安定となっており、局地風を強化した可能性がある。また、地表付近では湿度も実況よりも大きい傾向にあった。

### 3. 地表面フラックス

予報実験で見られた NHM5 の問題点のうち、地表付近で湿度が高くなる問題は、午前 6 時以降の陸地上で顕著に見られることが分かった。このことは、MRI/NPD-NHM は、日の出後の強い不安定成層時に陸地上の地表面フラックスを過大評価している可能性を示している。

MRI/NPD-NHM では陸地上のフラックスを計算するために Monin-Obukhov の相似則を基にした Sommeria(1976)で用いられた普遍関数形を使い 3 回の iteration を行って求めている。その際に、解を収束させるために、無次元高さ  $\zeta (=z/L, L: \text{Monin-Obukhov length})$  の範囲を  $-2.5 < \zeta < 1.5$  に制限し、その範囲からはずれた場合は規定範囲の最大値・最小値に固定している。また、熱に対する粗度パラメータ  $z_{0h}$  を運動量に対する粗度パラメータ  $z_{0m}$  と等しいと仮定している。

以上の仮定が地表面フラックスの計算に与える影響を調べるため、 $\zeta$  の範囲に制限を設けず、 $z_{0m} = 7.4z_{0h}$  と仮定したモデル (中西 (2002), 私信) を用いた。

図 2 はモデル最下層 (20m) と地表面の温位差を  $5.0^\circ\text{C}$  (安定)・ $-5.0^\circ\text{C}$  (不安定) に固定した場合の地表面フラックスの風速依存性を示したものである。安定時には MRI/NPD-NHM の方法ではフラックスを大きく予報する傾向にあり、その傾向は風速が弱い (強い安定) 時に顕著に見られることが分かる。また、不安定時にも広い範囲でフラックスを過大評価していることが分かる。

中西 (2002) の方法で  $z_{0m} = z_{0h}$  として求めると、 $z_{0m} = 7.4z_{0h}$  とした場合 (図 2b) よりフラックスが多くなる

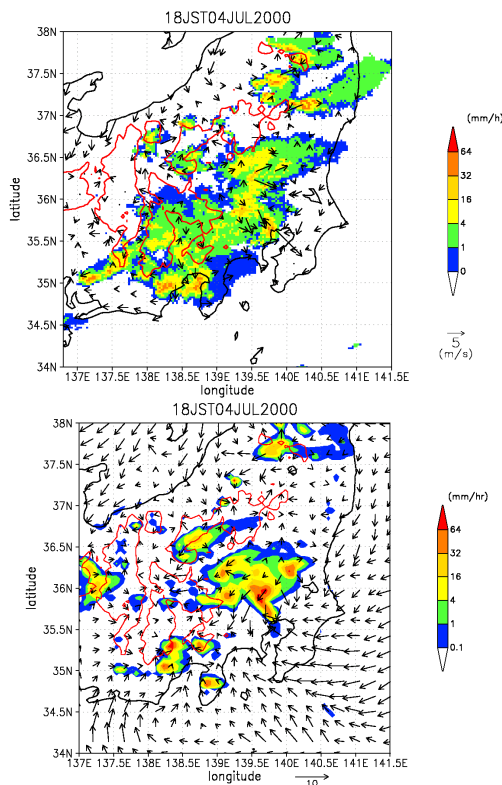
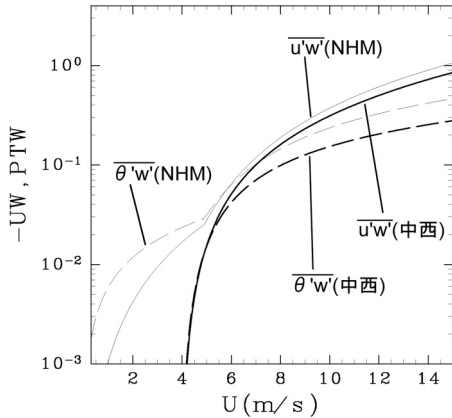


図 1 7月4日 18JST に対する関東合成レーダーと AMeDAS 風 (上) と NHM5 の予報結果 (下)。ベクトルは観測された風とモデル最下層の風、陰影はレーダー反射強度と 1 時間降水量をそれぞれ示す。

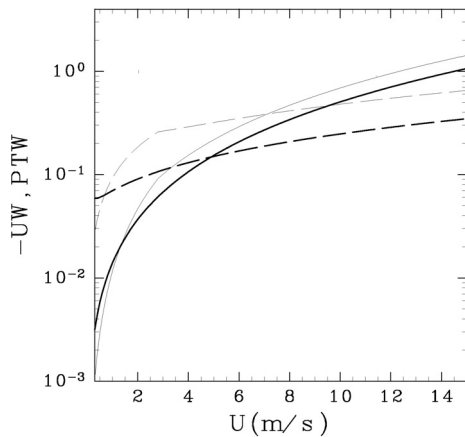
ことから (図 2c), 粗度パラメータの違いの影響は無視できないことが分かる. 図は示さないが, この傾向は, 安定時には見られず, 強不安定時のフラックスが多くなるのは, この範囲を制限した影響が大きいと思われる.

中西 (2002) の方法を 7 月 4 日の熱雷の予報に適用したところ, MRI/NPD-NHM の方法と比べると陸上の下層で水蒸気量が多くなる傾向は弱まり観測に近いものの (図 3), 降水の始まりが早くなる問題については改善されなかった.

(a) 安定 ( $z_{0m}=7.4z_{0h}$ )



(b) 不安定 ( $z_{0m}=7.4z_{0h}$ )



(c) 不安定 ( $z_{0m}=z_{0h}$ )

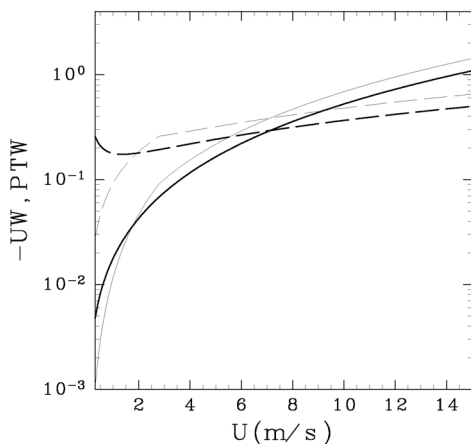


図 2 MRI/NPD-NHM の方法 (細線) と中西 (2002) の方法 (太線) で求めた地表面運動量フラックス (実線) と熱フラックス (破線) の比較.  $z_{0m}=0.1m$  で NHM の方法ではいずれも  $z_{0m}=z_{0h}$  とし, 中西 (2002) の方法では (a)(b) は  $z_{0m}=7.4z_{0h}$ , (c) は  $z_{0m}=z_{0h}$  である.

#### 4. まとめ

熱雷の予報可能性を 2000 年 7 月 1 日～5 日の事例について調べた. 熱雷の予報から MRI/NPD-NHM の地表面過程について調べた. MRI/NPD-NHM の方法では日の出後の強い不安定成層時には地表面フラックスが多く計算される傾向があり, それは運動量と熱の粗度パラメータを等しいと仮定している影響が大きい事が分かった. MRI/NPD-NHM での仮定を用いない方法で同様の予報実験を行ったところ, 下層の水蒸気量が過大に見積られる傾向は小さくなったものの, 降水の始まる時刻については解決されなかった.

しかしながら, 観測に基づく風速・温度等の無次元関数は, 無次元高さ  $z$  の絶対値のオーダーがせいぜい 1 の部分で成り立つものである. 無次元高さ  $z$  の絶対値が大きくなる強不安定時には自然対流のスキーム, あるいは Kader and Yagrom (1990) などを用いることを検討していくことが必要である. また, 対流混合層の乱流強度についても検討の必要があると思われる.

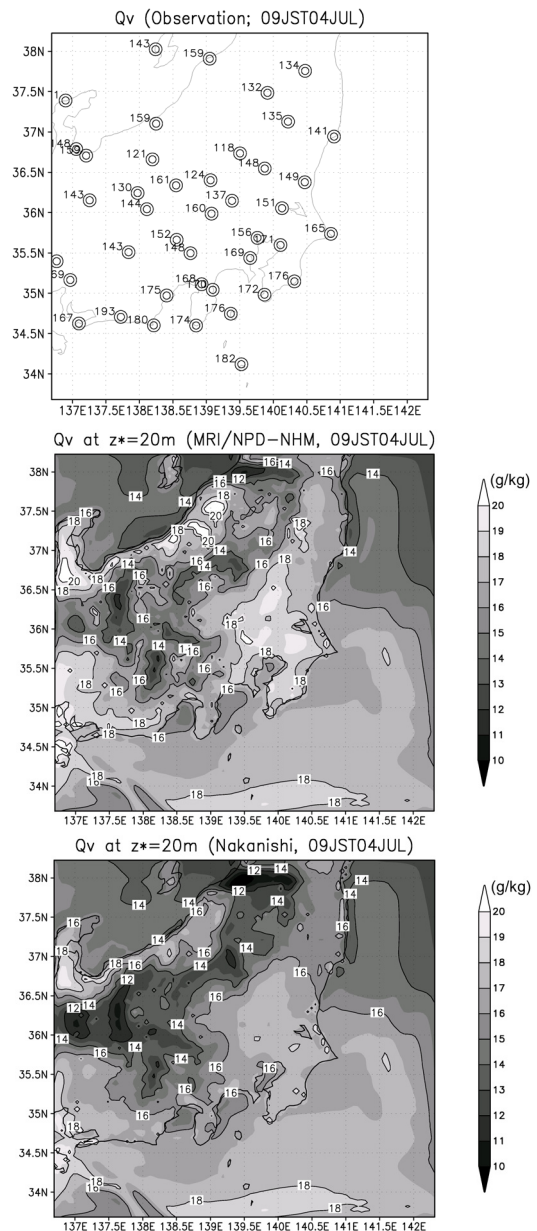


図 3 7 月 4 日 9 時における水蒸気混合比の分布. (上) 地上気象観測 ( $0.1gkg^{-1}$ )・(中) MRI/NPD-NHM の方法・(下) 中西 (2002) の方法で, 高さはいずれも 20m.