

気象庁非静力学モデルにおける改良 Mellor-Yamada Level 3 スキームの特性

原 旅人 (気象庁予報部数値予報課)

1 はじめに

文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム 超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究」では気象庁非静力学モデル (JMANHM) を用いて、近未来および 21 世紀末の温暖化予測を行っている。

数値予報モデルにおける乱流過程は、境界層内での運動量、熱、水蒸気の輸送を評価し、混合層の形成・衰弱を表現する重要な過程で、地表面付近の気温や風速の日変化の表現のためにも重要である。しかし、JMANHM では地上気温、地上風速の日変化が観測に比べて小さく、その原因の一つとして境界層内での乱流による上空から地表面付近への熱や運動量の輸送が小さいことが考えられた。また、従来のスキームでは維持されるべき安定層が乱流スキームによって破壊される事例があることも指摘されている。

JMANHM では、従来、乱流過程として渦拡散モデルに基づく 1 次のクロージャーモデルを用いてきたが、上述の問題点を念頭に置きながら乱流過程の高度化を図るために、中西・新野による改良 Mellor-Yamada Level 3 スキーム (以下、改良 MY3) を導入した。2007 年 5 月 16 日から現業化された新しいメソ数値予報モデル (MSM) でも採用されている。

本講演では、従来スキームと比較した場合の改良 MY3 の特性について紹介する。

2 従来の JMANHM の乱流過程と改良 MY3

数値予報モデルにおける乱流過程の出力は、乱流による拡散係数である。

従来の JMANHM の乱流モデルは、渦拡散モデルに基づく 1 次のクロージャーモデルで、

$$\overline{u'_i u'_j} = -K_m \left(\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) + \frac{2}{3} E \delta_{ij},$$

$$\overline{u'_i C'} = -K_h \frac{\partial \overline{C}}{\partial x_i} \quad (C = \theta, q_v, \dots)$$

という関係を仮定し、拡散係数を乱流エネルギー (TKE)

E 、混合長 ℓ 、Prandtl 数 Pr を用いて

$$K_m = C_m \ell E^{\frac{1}{2}}, \quad K_h = Pr^{-1} K_m, \quad Pr^{-1} = \frac{1}{1 + 2 \frac{\ell}{\Delta z}}$$

と計算している。ここで、 C_m は定数で、混合層内では 0.2、外では 0.1 にしている。また、 E は TKE の予報方程式において、生成と消散の局所平衡を仮定して、診断で求めている。

一方、MY モデルは 2 次のクロージャーモデルで、上の C_m に相当する係数が場に応じて変化する変数となる。改良 MY モデルでは、オリジナルの Mellor-Yamada モデルからクロージャー定数、混合長の診断方法を LES の結果に基づいて改訂するとともに乱流変数の時間積分に対する安定性を高める工夫もされている。また、レベル 3 スキームでは、逆勾配項が自然に考慮されることも特徴の一つである。

3 予報事例

2005 年 12 月 25 日 03UTC を初期値とした予報の 21 時間予報における風速、TKE の断面図を従来モデル、改良 MY3 を用いたモデルそれぞれについて図に示す。これは典型的な冬型の事例であり、日本海では混合層がよく発達している。

従来のモデルでは等値線が水平になって混合層の構造をなしていないが (図 (a))、改良 MY3 を用いたモデルでは風速が境界層内で鉛直方向に一様になり混合層の構造を表現している (図 (b))。TKE は改良 MY3 を用いたモデルの方がより高い高度まで存在していることがわかる (図 (c),(d))。また、この事例では水蒸気の上空への輸送が改善されていることがわかっている。

この違いは、従来は定数であった $C_m = 0.2$ (混合層内) が動的に変化して、不安定時には 1~2 のをとるようになって、より混合がさかんに行われることに起因していると考えられる。

講演では他にも改善された事例を紹介するとともに、オリジナルの MY モデルとの違い、レベル 2, 2.5, 3 の違いについても触れたい。

