

傾圧波実験における鉛直格子間隔の影響評価

*吉田龍二¹・八代尚¹・富田浩文¹

1: 理研計算科学

全球モデルの力学コアテストにおいて、Jablonowski and Williamson (2006, 以降 JW06)の傾圧波実験がよく用いられている。この実験では、初期値は解析解によって与えられており、Lat-Lon 座標に対して一意に決定されるため使用しやすい。ただし、鉛直座標として気圧ベースの η 系 (σ 系) を用いて構築されているため、高度ベースの鉛直座標を持つモデルに適用するにはイテレーションが必要となる。

しかし、この手法で求めた初期値は高度ベースの鉛直座標を用いた MPAS モデル (米国の 20 面体格子モデル) において、擾乱を置かない初期値が安定しないことが指摘されている (Skamarock et al. 2012)。同じ 20 面体格子モデルであり、Z*系の鉛直座標を持つ NICAM (Sato et al. 2008) を用いて JW06 実験を行ったところ同様の問題が見つかった。そこで、この問題解決のために鉛直座標の格子間隔を変えて影響評価を行った。

使用したモデルは NICAM の力学コアだけを取り出した NICAM-DC (<http://scale.aics.riken.jp/nicamdc/>) を用いた。このパッケージを用いると簡単な namelist の編集だけで JW06 傾圧波実験を行うことができる。水平格子間隔は 240 km (g-level 5) を用いた。鉛直格子間隔は次の式に基づいて決定した。

$$Z(k) = Z_{top} \{ (k-1) dz / Z_{top} \}^{str}$$

ここで k ($= 0, 1, 2, \dots, nk$) は鉛直層の番号、 Z_{top} は鉛直格子最上層における高度を意味し、 $Z_{top} = 45000$ m とする。 dz は、 $dz = Z_{top} / nk$ で決定される。 nk は鉛直層の数であり、ここでは 40 層とする。 str はストレッチング係数で、この値によって鉛直格子間隔が変化する。今回は、 $str = 1.0, 1.4, 1.8, 2.2$, そして 2.6 の 5 つの場合について実験を行った。作成された鉛直格子間隔は図 1 に示す通りである。 $str = 1.0$ の場合は、鉛直格子間隔は一定間隔 (1125 m) である。 $str = 1.8$ の場合には最下層で 58 m の間隔、最上層で 2004

m の間隔になる。なお、以下で示す計算結果はすべて、初期値に擾乱を入れずに初期値の安定性を調べた結果である。

図 2 は全球平均した地表気圧の初期値からのズレを積分開始から 24 時間にわたって示したものである。図中に hydro と示したものは、静力学モデルを用いて計算した結果であり、JW06 実験の Reference として表示している。図 2 によれば、 $str = 1.0$ の場合は初期値からのズレが大きく、ストレッチをかけて下層の鉛直格子間隔を狭く設定した方がエラーは小さくなっている。しかし、 $str = 1.8$ を境に逆にストレッチを強くした方がエラーは大きくなっていく。

より詳細に調べるために、静力学モデルの結果を Reference として、地表気圧と 850 hPa 高度の帯状風について L2norm を計算した。この結果を図 3、図 4 に示す。図 3 の地表気圧の L2norm は、図 2 と同様に $str = 1.8$ の場合に最もエラーが小さくなることを示している。しかし、図 4 の帯状風の L2norm はストレッチングが強いほど、つまり下層における鉛直格子間隔が狭いほど、エラーが小さくなっている。これは下層の鉛直解像度が良くなることによって、下層における大気場の表現性は良くなっていることを意味していると考えられる。一方で、地表気圧は鉛直カラム全体のエラーの積算を表現すると考えられる。実際、鉛直-緯度断面を調べると、ストレッチングを強くした場合、対流圏上層から成層圏付近にかけて、初期値とのズレが大きくなることがわかった。

以上から、JW06 傾圧波実験において、高度ベースモデルにおいて、より安定した初期場を達成させるには、 $str = 1.8$ で作成した鉛直格子間隔を用いることが良いとわかった。発表では初期値に擾乱を置いた場合の結果も挙げる。

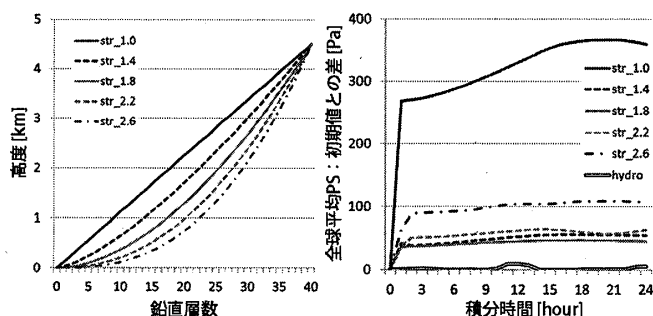


図1: 鉛直層の高度分布

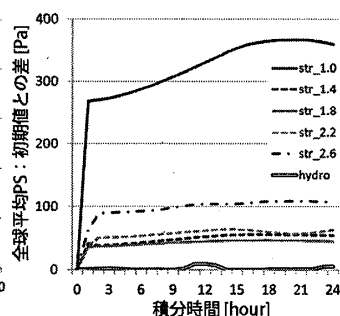


図2: 地表気圧の初期値からのズレ

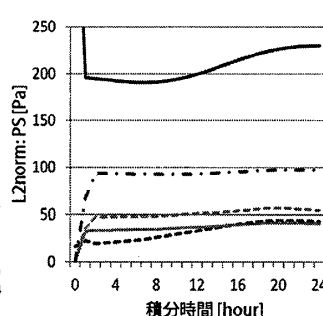


図3: 地表気圧のL2norm

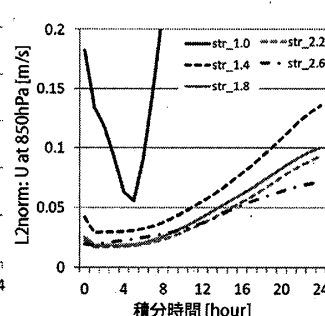


図4: 850hPa高度帯状風のL2norm