

103:105:4011 (クラウドクラスター; 気候モデル; GEWEX; 対流パラメタリゼーション)

1. 気候モデルにおけるメソスケールの意味*

松野 太郎**

現在、世界各地で使われている気候モデルは、水平分解能 500 km 以上 (スペクトルモデルでは平行四辺形波数切断 R15 又は三角形波数切断 T21 程度) の第一世代から 250 km 程度 (R30, T42) の第二世代に移りつつある。国際的に第一、第二世代という呼び方がされているようだが、私は、第ゼロ、第一世代と呼ぶのが正しいと思う。何故なら、前者の第一世代モデルでは気候 (大気大循環) にとって本質的な温帯低気圧とそれに伴う大規模渦輸送を表現し得ない事が、数値計算 (差分法) の理論より明白であり、また、1970 年代の数値天気予報の苦しい経験から証明済みであったからである。いわゆる第一世代は予備的研究と位置づけるべきだと考えている。IPCC レポートをまとめる際、既存の実験結果では地域的気候変化について一致した結論が得られなかったが、進行中だった 3 つの第二世代モデル (CCC, GFDL, UKMO) によってはじめていくつかの特徴ある気候変化に関して一応一致した結論が得られたのはもっともな事であった。第一世代から第二世代への変化は、少なくとも数値天気予報においては、連続的量的変化と言うより一つの quantum jump であると言って良いであろう。

来たるべき第三世代モデルはどのようなもので、そして quantum jump が起こるのはどこであろうか? 多分それは、積雲の集合体であるクラウドクラスターを陽に表現することにあると思う。地球大気の対流の特色は、対流として最も普遍的な Benard-Rayleigh 対流が無いことである (水平スケール 30 km 程度の細胞から成る対流はそれに相当するが、冬の寒気が暖かい海の上に吹き出すという限定された条件での現象である)。それにかわる普遍的対流構造がクラウドクラスターであり、また、降水の大部分はクラウドクラスターで生じている。クラウドクラスターは上下対流と降水

の基本構成要素であり、従ってこれを陽に表現することは、南北対流である温帯低気圧を正しく表現することによって得られた進歩に匹敵する進歩をもたらすと期待できる。

このために解決されるべき問題はクラウドクラスターをグリッドで扱う際に必要な積雲のパラメタリゼーションである。1960年代から70年代初めにかけて、対流雲のパラメタリゼーションと言うとき、それは対流雲の効果を大規模 (シノプティック・スケール) の変量と関連づけることであった。この意味での対流雲のパラメタリゼーションの当否を検定し、また、より優れたパラメタリゼーションを定式化の際に必要なデータを得る目的で行われたのが GATE であったが、それによって熱帯の対流雲は大規模の前にメソスケールの構造を作っているのが常である事が確立した。しかしながら、「個々の対流雲をパラメタライズしてメソスケールのクラウドクラスターを陽に表現する」という事は計算機資源の制約もあって20年間おあずけになっていたと言える。現在、WCRPの主要サブプログラムとして GEWEX の計画が進められているが、それに対応するモデルのレベルとして水平分解能 50 km が考えられている。50 km という数字が適当かどうかは明瞭ではないが、これはメソスケール構造を分解することに対応すると考えてよい。また、GEWEX の3成分の一つが GEWEX Cloud System Studies (GCSS) と呼ぶ研究計画で、各地域の特徴的雲システム (クラウドクラスターはその中の重要メンバー) を領域が 1,000 km オーダーの cloud-resolving model (格子間隔 1 km 以下) で再現すること、これを観測で検証すること、そして、確認されたモデルを解析することによって適切なパラメタリゼーションを確立しようという方針が進められている。

なお、クラウドクラスターを分解する気候モデルの第一歩として、cloud-resolving model、およびそれによって検定された cloudcluster-resolving model による放射対流平衡の研究が必要であろう。

* Significance of the mesoscale convective system in climate modelling.

** Taroh Matsuno, 東京大学気候システム研究センター。

討論

Q(木村)：今のお話にあった雲クラスターの特性は地球全体に当てはまる普遍的なものか？

A：熱帯に関しては多少の地域差は別にして本質的に同一だと考えている。しかし中緯度で激しい現象を伴うメソシステムは別のカテゴリーと考えたい。というのは中緯度は鉛直には安定なことが多く温帯低気圧の力学が支配的で、部分的偶発的に潜在不安定状態が実現する。アメリカのシビアストームがその典型で、上

層での寒気移流と下層での暖気移流の会合によって強い潜在不安定ができる。その際自由対流高度まで負の浮力に打ち勝って持ち上げるための仕事が大きくそれを可能にする特別な仕掛けとしてメソシステムが生じていると思う。さらに、そこではコリオリの力(f)が大きいため、加熱によって渦が作られ易く、そして一旦できると渦の保存で、擾乱のライフタイムが熱帯より長くなり、2~3日も継続する場合があると考えられる。

4011 (メソスケールモデル)

2. メソスケール数値予報の現状と将来*

瀬上 哲秀**

1. はじめに

天気予報や大雨、集中豪雨などの予測精度向上のためには、メソスケール現象を予測対象とする数値予報モデルが必要である。現在、イギリスやフランス、日本など、いくつかの国でメソスケールモデルが現業化されている。水平分解能としては、イギリスが15 kmのモデルを実現しており、フランスや日本が30 km程度のモデル、その他は50~60 km程度のモデルである(Bougeault, 1992)。どの国のモデルも静力学平衡を仮定し(イギリスでは1992年12月に非静力学平衡のモデルから静力学平衡のUnified Modelに戻した)、積雲対流についてはパラメタライズする手法をとっている。以下では、気象庁のメソスケールモデルである日本域モデル(Japan Spectral Model, JSM)を中心にメソスケール現象の予測の現状を概観し、将来の開発の主題、今後目指すべき数値予報システムの方向について私見を述べたい。

2. 気象庁・日本域モデルの概要と予測能力

JSMは1988年3月から運用が開始され、1日2回ルーチ的に24時間予報がなされている(Segami et al., 1989)。1992年3月に大幅にバージョンアップさ

れ、水平格子間隔が40 kmから30 kmに、鉛直が19層から23層へと高分解能化している。また、予報解析サイクルや本格的な放射スキームが導入されるなどの

第1表 現在の日本域モデル(JSM)の概要

計算法	スペクトル法 (2重フーリエ法)
格子間隔	30 kmの変換格子 (ポーラステレオ 60°N)
格子の数と波	変換格子 129 * 129 最大波数 83 * 83
鉛直の層数	23
時間差分	セミインプリシット
データ同化	予報解析サイクル
境界値	ASMの予報値
物理過程 短波 放射： 長波	<ul style="list-style-type: none"> ○ オゾン, 水蒸気, 雲の吸収 ○ 雲, 地面の多重散乱 ○ バンドモデル ○ 吸収物質 (オゾン, 水蒸気, ダイマー, 二酸化炭素)
降水過程	<ul style="list-style-type: none"> ○ 大規模凝結 ○ 湿潤対流調節 ○ 雨滴の蒸発
雲量	相対湿度の経験的関数
海面水温	毎日の解析値
海氷分布	週2回の解析値
地表面温度	地中の3レベル地温を予想
境界層	<ul style="list-style-type: none"> ○ クロージャーモデル(L2) ○ Louisのスキーム

* Current status and perspective of mesoscale numerical weather prediction.

** Akihide Segami, 気象庁数値予報課.