

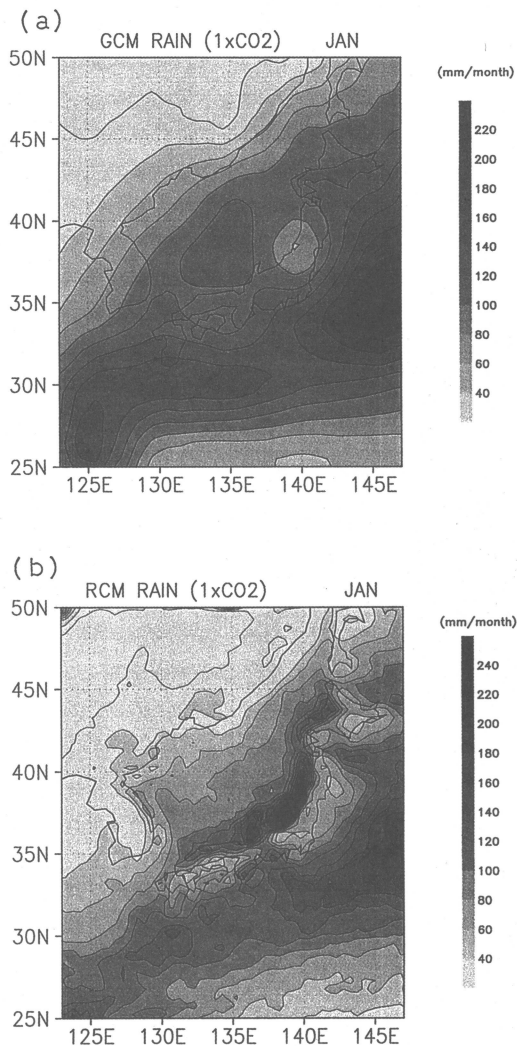
地域（局地）気候モデル

領域気候モデルという用語もほぼ同じ意味でよく使用されるが、この場合は全球気候モデルに対する用語で、側面境界条件をにおいて、限られた領域の気候を求めるモデルの意を強調するとき用いられる。

数値天気予報の初期値として使用される客観解析値や相対的に粗い分解能（水平数100 km 程度）の全球気候モデルの結果を境界・初期条件として関心のある領域・期間に、より高分解能の領域気候モデルをネスティングし（埋め込んで）地域（局地）気候を力学的・物理的手法で求める数値モデルのことである。この領域気候モデルの発展には2つの系統がある。その1つは通常のメソ数値予報に用いられているような領域気象モデルを基に主として雲・放射過程、地表面水文過程の高精度化を図ることによって気候モデルとして改良を加えてきているものと、全球気候モデルを親モデルとして物理過程スキーム等の全てを提供されて、領域気候モデルを構成する場合とである。いずれにせよ、側面境界条件を課すことによって不可避免的に混入する悪影響の故に、ほんの10年くらい前までは、このような領域モデルの長時間数値積分によって気候の計算が可能であるとは考えられていなかったようである。もちろん、全球気候モデルによる地球温暖化予測結果などをみるにつけ、その信頼度向上への期待と共に、地域的な気候変化予測ができないものかと考えた人は世界に数多くいたのであろうが、結局のところ、全球を高分解能で計算できるほどに電子計算機的能力が抜本的に向上するまでは、地域的な気候の計算は不可避免的に発生する側面境界付近の悪影響の故に無理だと考えていたものと思われる。あるいは、全球気候モデルの精度向上に精一杯で、社会への影響評価等でより重要な地域気候予測までは、手が回らなかったと言えるかもしれない。

ところが1989年に Dickinson *et al.* (1989) [1], Gior-

gi and Bates (1989) [2] 等のその当時の米国 NCAR の研究者らが領域気候モデルの長時間積分によって意味のある地域気候計算ができることを初めて示した。側面境界条件の扱いは外側の物理量の値に内側の値をなじませ、外側へのフィードバックはないとする、いわゆる one-way (一方向きの) 境界緩和法であった。この意味で地域気候“モデル”というよりも客観解析値や全球気候モデル出力からの地域気候“翻訳技術”というべきという観点もあり得よう。[1], [2] 共に米国西海岸からロッキー山脈周辺までを対象領域にし、[1] は、500 km 格子間隔の NCAR の共通気候モデルと60 km 格子間隔の局地気候モデルによる山岳部の降水量パターンなどを、[2] は緯度経度1.875度間隔の客観解析値と60 km 格子間隔モデルによって計算された気候値をそれぞれ比較している。[1] では、相対的に粗い分解能の全球気候モデルによってやむを得ず滑らかに表現された山に比べて、高分解能の領域モデルによるより現実的な山の表現によって降水量の分布が現実的になり、その後の陸面水文過程にも違いが出ることが示されている。少し遅れて日本の Kida *et al.* (1991) [3] は、ある時間間隔ごとに外側と内側のモデルの場を波数展開し、内側のモデルの長波長成分を外側のモデルの長波長成分で置き換えるスペクトル境界結合を加味して長時間積分を行う方法を提案した。外側と内側のモデルの分解能が異なることによって擾乱の位相速度が外と内とで異なることが必然的に生じ、このことが長時間積分する中でモデルに悪影響を及ぼし、内側の物理量の場を台無しにすることがこの方法によって巧みに回避された。気象研究所の二重ネスティング局地（地域）気候モデルはこの方法を踏襲している。第1図は気象研究所の格子間隔40 km の局地気候モデルを使った1月積算降水量の10年平均分布図(b)で比較のために一番外側の境界条件として用いた経度5度、緯度4度格子間隔の気象研全球気候モデルの結果(a)も示している。全球モデルに比べて冬の



第1図 1月積算降水量の10年平均値：(a)境界条件として用いた気象研究所全球気候モデル、(b)気象研究所局地気候モデル。等値線間隔は20 mm/月。

日本海側の降水量を地域気候モデルは良く表現している（論文投稿準備中）。このようなモデルは最近地域スケールでの現在気候を高分解能で求めるだけではなく、全球気候モデルによる地球温暖化予測計算の出力結果にネスティングする方向にも発展している（[4]，[5]，[6]，[7]）。それによって大気中二酸化炭素濃度倍増時の地域的気候変化の情報を得ようというものである。しかし、現在の所、地上気温はともかく降水量については、二酸化炭素濃度倍増に伴う変化量と現在気候を再現する際にモデルが持っているバイアス（基準実験の計算値－観測値）が同程度かあるいはモデ

ル・季節・対象地域によってはバイアスの方が大きい（但し、海上や山間部の降水量の観測値がどの程度の精度を持っているかということも一方である）。このバイアスには、当然全球モデルが持っているバイアスが境界条件を通して反映している部分も含まれている。従って、全球気候モデルの性能向上も含めてまだまだモデルの改良を継続する必要があるのは当然であるが使える見通しはついてきた段階であると考えられる。

地域気候モデルがようやく活発になってきた最近になって、電子計算機の急激な発達によって高分解能の全球気候モデルを構築しようという動きが日本や米国で盛んになりつつあるのはある意味で皮肉である。まだ、10年ほどの歴史しかない地域気候モデルが今後どの程度の寿命があるか、高分解能全球気候モデルの前に短い生涯を終えるか？ それと棲み分けていくことができるかはもう少し時間的展開を追いかけていかなければならないと思われる。筆者は、問題の種類・目的によって、地域気候モデルの活躍の場は今後とも広く残るのではないかと考えている。これまでは、気候モデルの積分期間の長さという要請と電子計算機の性能によってモデルの空間分解能が決まっていたように思われる。しかし、これから高分解能気候モデルの高度化を展望すると、大気圏を始めとした各圏内の各種物理過程の高精度化を図ること、大気、海洋、雪氷、生物圏、地圏等色々な圏間の相互作用をモデル化せざるを得ない気候モデルは、解かねばならない問題に必要十分な時間空間の分解能を探る方向に進まざるを得ないのではないだろうか？ すなわち、始めから必要十分な時間空間の分解能が分っているわけではない。このような時、高分解能の全球気候モデルの物理過程のテスト等という時、客観解析値を外側にして地域気候モデルをネスティングして、その中でだけ新しい物理過程をテストする等の使い方は有効なものというだけではなく、総観場が観測から乖離しないという意味で望ましい方法と考えられる。また、アラル海の海面水位のシミュレーション、あるいは局地的な面積について森林を伐採（植林）した時、下層大気中の二酸化炭素循環にどんな影響が生じるかというような応用的な問題の様に、全球を高分解能にするよりは計算機資源を対象地域に集中的に投資した方が良いと考えられる問題も数多くあるであろう。

参考文献

- [1] Dickinson, R. E., M. Errico, F. Giorgi and G. T.

- Bates, 1989 : A regional climate model for the western United States, *Climatic Change*, **15**, 383-422.
- [2] Giorgi, F and G. T. Bates, 1989 : On the climatological skill of a regional model over complex terrain, *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 2325-2347.
- [3] Kida, H., T. Koide, H. Sasaki and M. Chiba, 1991 : A new approach to coupling a limited area model with a GCM for regional climate simulations, *J. Meteor. Soc. Japan*, **69**, 723-728.
- [4] Giorgi, F., C. Shields Brodeur and G. T. Bates, 1994 : Regional climate change scenarios over the United States produced with a nested regional climate model, *J. Climate*, **7**, 375-399.
- [5] Hirakuchi, H. and F. Giorgi, 1995 : Multi-year present day and $2 \times \text{CO}_2$ simulations of monsoon-dominated climate over eastern Asia and Japan with a regional climate model nested in a general circulation model, *J. Geophys. Res.*, **100**, 21105-21126.
- [6] McGregor, J. L. and K. J. Walsh, 1994 : Climate change simulations of Tasmanian precipitation using multiple nestings, *J. Geophys. Res.*, **99**, D10, 20889-20905.
- [7] Jones, R. G., J. M. Murphy, M. Noguer and A. B. Keen, 1997 : Simulation of climate change over Europe using a nested regional climate model, II, Comparison of driving and regional model responses to a doubling of carbon dioxide, *Quart. J. R. Met. Soc.*, **123**, 265-292.
- (気象研究所環境・応用気象研究部 佐藤康雄)
-
-