

黄河領域をターゲットとした領域モデル開発の現状

木村富士男(筑波大学陸域環境研究センター)

平林容子(筑波大学環境科学研究科)

1 はじめに

中国第2の河川である黄河は1972年から断続的に断流の報告がされ、特に1990年代に入ってから毎年のように発生した。1997年にはその規模は過去最大となり、断流の長さは700kmを超え、断流日数は226日を数えた。断流の要因として考えられるものは、中国の経済発展・人口増加に伴う水需要量の増加と、近年の地球温暖化に伴う気候変動による降水量の減少の2つである。これらは互いに複雑に関係しているため、その要因を断定することは困難である。

この研究では、温暖化に伴う気候変動予測も含めた黄河流域の水収支の将来予測ができるモデルの開発を目指している。今回の報告ではとくに領域気候モデルの開発状況について述べる。領域気候モデルは、GCMによる温暖化予測を黄河の流域規模にまでダウンスケールし、得られた降水、気温、日照などの予測値を、現在同時に開発を進めている水文・河川水モデルに供給することを目的とする。領域気候モデルの精度と信頼性を確認するため、GCMの出力の代わりにほぼ同じ空間分解能を持つ全球解析値を入力し、得られる降水分布を観測値と比較・検討する。

2 使用データ

モデルを用いた計算の前に黄河流域での降水量や分布の状況を把握するために、以下の2つの降水量データを用いて解析を行った。地点降水量データはNCDCがネット上で配信しているGlobal Summary of Dayで、データ期間は1994年1月1日から現在、2週間遅れで配信されている。時間解像度は1日、全球でおよそ7000地点存在するが、今回使用的是黄河全流域で137地点、上流域に限ると51地点になり、1994年から2002年までの8年間である。ただし、1999年に限っては8月まで欠測が多く使用できるのは9月以降のものに限られるため、今回の解析からは外した。また、衛星降水量データとして、NCDCが配信しているGPCP(The Global Precipitation Climatology Project)降水量データを使用した。データ期間は1979年～2002年までだが、解析にはGSOD地点降水量データと同じ期間のものを使用した。時間解像度は1ヶ月で空間解像度は $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ グリッドである。同時に水蒸気輸送量を把握するために、NCEP/NCAR再解析データを用いた。時間解像度は6時間ごと、グリッド間隔は $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ である。

3 黄河流域における降水量・分布状況

地点降水量データから解析期間の月別降水量を調べた結果、黄河流域では年降水量は平均で 560mm 程度であり、1994 年から 2002 年の期間において黄河流域で最も年間降水量が多かったのは 1994 年の 659mm、次いで 1998 年の 658mm であり、反対に最も少なかったのは 1997 年の 439mm、次いで 2002 年の 468mm であった。また、6 月から 9 月までの 4 ヶ月間に年間の 7 割の降水がもたらされること。なかでも降水のピークは 7 月であり、月降水量で 138mm に達する。そこで、降水量の最も多くなる 7 月について詳しく解析を行い、特に近年で最も降水量が多かった 1998 年について詳しく見ていくことにする。

図 1 は 1998 年 7 月の降水量分布をおよび水蒸気輸送量を示している。降水量と水蒸気輸送量は 1 日当たりの値で表してある。これによるとベンガル湾北部からヒマラヤ山脈の南縁部で最も降水量が多く、多いところで 20mm/day を超えている。また、海南島の北の華南、揚子江中流域と朝鮮半島で 10mm/day となっている。逆にチベットの西側や北西部では降水量は少なく 5mm/day となっている。この状況を領域気候モデルにより再現することが重要な目的の一つである。

4 領域気候モデルを用いた 1998 年 7 月の降水量再現実験

前章の結果を踏まえて 1998 年 7 月についてコロラド州立大学が開発した領域気候モデル RAMS を筑波大学陸域環境研究センターで改良した領域気候モデル TERC-RAMS を用いて再現実験を試みた。モデルに入れる初期値と境界値には NCEP/NCAR 再解析データで 1 日 2 回の観測データを用いた。計算領域は北緯 20 度～55 度、東経 50 度～135 度で、チベット高原を中心とする領域となる。グリッド間隔は 100km×100km である。

1 ヶ月間の積分結果を図 2 に示す。図中の扇形の領域がモデルの計算領域にあたる。これによるとベンガル湾北部からヒマラヤ山脈の南縁部とチベット高原東斜面で 1 日に 20mm/day を超える降水が再現された。しかしベンガル湾北部の降水の極大域を除けば、これらは観測値では見られず、降水の極大域だけを比較しても、モデルが降水を過大評価していることは明らかである。

モデルの大きな傾向誤差（バイアス）を小さくするため、物理的な合理性が維持できる範囲で、モデル内で仮定しているパラメータを以下のように調整することとする。まず、①モデル内では格子間隔より小さな雲の放射に対する影響を考慮しているが、地形の起伏が激しいことから、標準値から変更した。次に、②海上の顕熱潜熱フラックスの算定において、風速が強いときの粗度長の推定方式を変更した。さらに③ネスティングを実施するときの接続境界の位置を変更した。これは領域気候モデルの計算範囲の大きさや位置を変更することになる。最後に④チベット高原の東部を 2 重にネスティングして、この地域の空間分解能を比較的に高めた。

この結果、①と②の雲の放射パラメータや顕熱の供給を変えておこなった実験では、降

水量と分布は最初の結果とほとんど変わらない。③については水平境界の変更点は領域全体を南に5度下げて行ったところ、先ほど見られたヒマラヤ山脈東部やベンガル湾北部での降水の過大見積もりが弱まって観測値に近づき、計算値はやや改善された。しかしながら、チベット高原東斜面の降水量のピークは前の結果と分布も量もほとんど変わらない。④では境界の位置を以前に戻し、チベット高原の東斜面を含む北緯26度～39度、東経92度～108度の領域を格子間隔25km×25kmでnestingした。しかしながらこれによる降水分布の改善は見られなかった。これらの結果から、接続境界の位置が最も重要であり、モデルの計算領域を拡大させること、特に南に範囲を広げた場合に降水量の改善が見られることが示された。

以上を踏まえて、以下のように新たな計算条件を変更した。①計算領域を北緯15度～50度、東経50度～135度に拡大する。②拡大に伴う計算時間の増大を軽減するため、格子間隔を150km×150kmと広く取る。この条件で計算を行った結果、ヒマラヤ山脈南縁部、特に東側の降水量は以前の結果と比較して減少し、また、チベット高原東斜面での降水量も減少、これらの地域では降水量の再現精度はかなり改善されていると言える。しかし、計算領域全体でみたおおまかな降水量分布の特徴は観測値と似ているものの、降水量がそれほど多くない地域である黄河流域、高原北斜面や中国東北区における降水分布は、観測値との整合性が依然として良くない。

5 黄河上流域におけるモデルと観測値の量的比較

モデルによる降水量と観測された降水量の年々変動の量的な比較を行った。対象領域は黄河上流域周辺に当たるチベット高原東北部で、この地域に降水量観測地点は51箇所存在した。モデルの結果は、それらの点に最も近いグリッドの値を使って降水量を算出し、1グリッド当たりの降水量と、1地点当たりの降水量の比較を1994年から2002年の7月を対象に行った。その結果を図3に示す。モデルと観測の年々変動には相関がみられ、モデルは一応は年々変動を再現していると言える。しかし、量的に比較すると、1994と2002の2ヶ年を除いて、多い年で50mm以上、少ない年でも数mm程度モデルの降水量が大きく、全体として過大評価をしていることが分かる。

6 まとめ

客観解析データを入力した領域気候モデルによって、黄河流域の降水量の年々変動を何とか再現することができた。しかし、モデルの降水は全体的に過大見積もりであり、年々変動の相関も決して高くない。物理的考察による許容範囲でモデルのパラメータを変更したところ、最も大きな誤差要因は、接続境界の位置、すなわち領域モデルのカバーする範囲の設定であった。水平境界は、降水や放射のパラメタリゼーションが異なる2つのモデルの接合点であり、水蒸気輸送や降水システムに不自然な影響を与えることは避けられない。この問題は両方でパラメタリゼーションを統一すれば緩和されるはずであるが、空間

分解能の大きく異なるモデルのパラメタリゼーションを統一することにも合理性はない。モンスーンという広大な気候システムの中で、計算領域を分断することにより生じる障害であり、当面は境界条件の設定位置を適切に定めることが最も効果的であると考えられる。

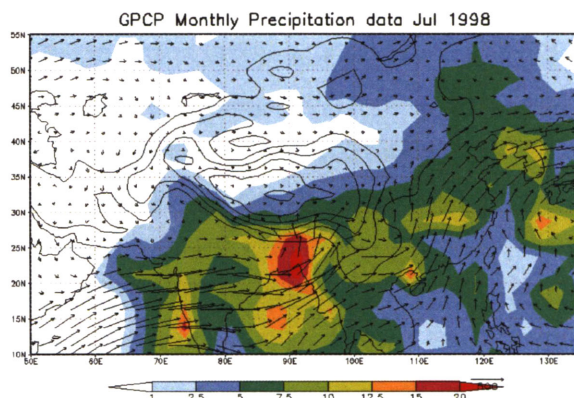


図1. GPCP月降水量データによる1998年7月の月降水量分布色で降水量・ベクトルで水蒸気輸送量を示す。

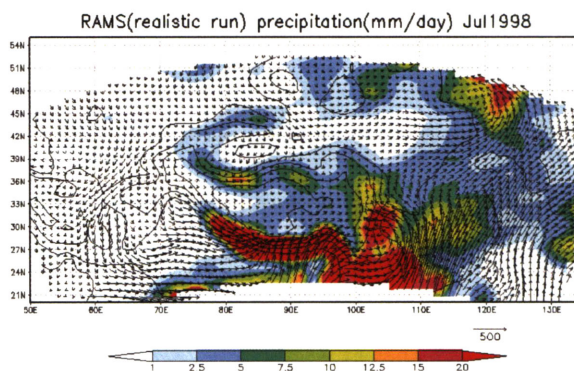


図2. モデルによる1998年7月の計算結果で降水量と水蒸気輸送量の分布を示す。

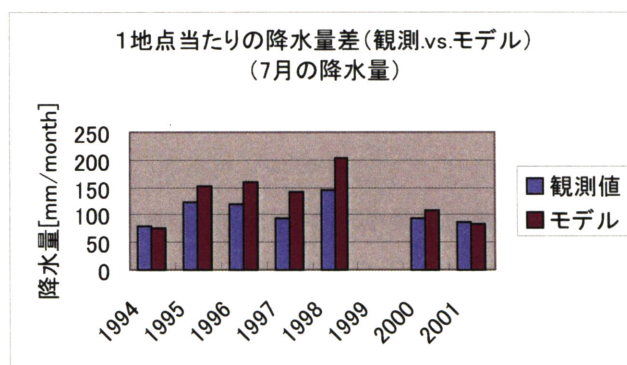


図3. モデルと地点降水量データによる1地点当たりの降水量の比較
ただし、1999年は欠測が多くて比較不能