

マルチ気候モデルによる気候変動予測のための可視化・解析システムの構築

山本 昭夫[†] 喜連川 優[‡]

[†]東京大学地球観測データ統融合連携研究機構

[‡]東京大学生産技術研究所

1. はじめに

近年の気候変動の原因やそれがもたらす地球環境への影響について、GEOSS（全球地球観測システム）や IPCC（気候変動に関する政府間パネル）など国際機関の枠組みの下で各分野の研究者により精力的に議論・検討されている。

現在の気候モデルの精度は完璧ではなく、気候変動の将来予測には常に不確実性が伴う。このため IPCC では複数のモデル出力結果を平均するマルチモデルアンサンブルによって説明性・妥当性を向上させている。一般に、アンサンブルメンバー数を増加させると予測精度の向上が期待できるが[1]、性能（気候再現性）の高いモデルと低いモデルが混在するため、アンサンブル平均を求める際、性能の低いモデルを含めると予測精度の低下につながる[2]。

この問題に対する対策として再現性の高いモデルのみを用いてアンサンブル平均をとる手法が議論されているが、モデルの性能は地域によって異なるため、事前に対象領域における気候モデル出力を解析し、その再現性を評価する必要がある。

本稿では、IPCC 評価報告書の基礎となる CMIP3（第 3 次モデル相互比較プロジェクト）データセット[3]を用いた気候変動予測の高精度化を目的として開発した、ウェブブラウザ上で容易に操作できるユーザインターフェースを備えた気候モデル再現性評価を支援する可視化・解析システムについて述べる。

2. 気候モデル解析システム

CMIP3 モデル出力は総量 33TB に及ぶ大容量データセットである。加えて気候モデルの再現性を評価するには、比較のために過去に観測された各種のデータも必要となる。このため、利用者がこれら全てのデータを独自に保持・管理しながら解析処理するのは極めて困難である。

そこで本研究では、東京大学地球観測データ統融合連携研究機構が運用を行なっている DIAS（Data Integration and Analysis System）[4]のコアシステム上に上記の大容量かつ多種多様なデータを対象とする可視化・解析ツール群を開発し、ウェブブラウザを介して操作可能なシステムを構築した。

2.1. 対象データ

CMIP3 では産業革命前の状態から現在までの気候を再現する実験（20 世紀気候再現実験）が行われており、各モデル出力のうち(1)降水量、(2)地面温度、(3)外向き長波放射量、(4)海面気圧、(5)海面水温、(6)気温、(7)ジオポテンシャル高度、(8)比湿、(9)東西風、(10)南北風の 10 変数を対象とする。

これらと比較する観測データとして、(1)は GPCP 観測データ[5]、(3)は NOAA OLR データ[6]、(4)は HadISST データ[7]、それ以外は JRA-25 長期再解析データ[8]を利用する。

2.2. システム構成

本システムでは、ウェブブラウザ上で利用者によって指定された条件がウェブサーバに送られ、サーバ上の CGI により可視化・解析処理が実行される。すなわち、DIAS コアシステムに格納されている観測（再解析）データおよび 20 世紀気候再現実験の出力に対し指定条件に基づいて解析を行い再現性評価のための統計値（空間相関係数および平均二乗偏差）を算出すると共に、可視化処理が実行される。これら一連の処理が完了した後、サーバから転送された処理結果が利用者のブラウザに表示される。

3. 気候モデル再現性評価

本システムは図 1 に示すユーザインターフェースを備えている。一例として夏季アジア域の降水量を取り上げ、その評価過程について説明する。利用者は対象領域（60E-110E, EQ-30N）における 1981 年から 2000 年までの 7 月の月平均降水量を比較するように左上フレームで各種条件を設定し、可視化・解析処理を実行する。

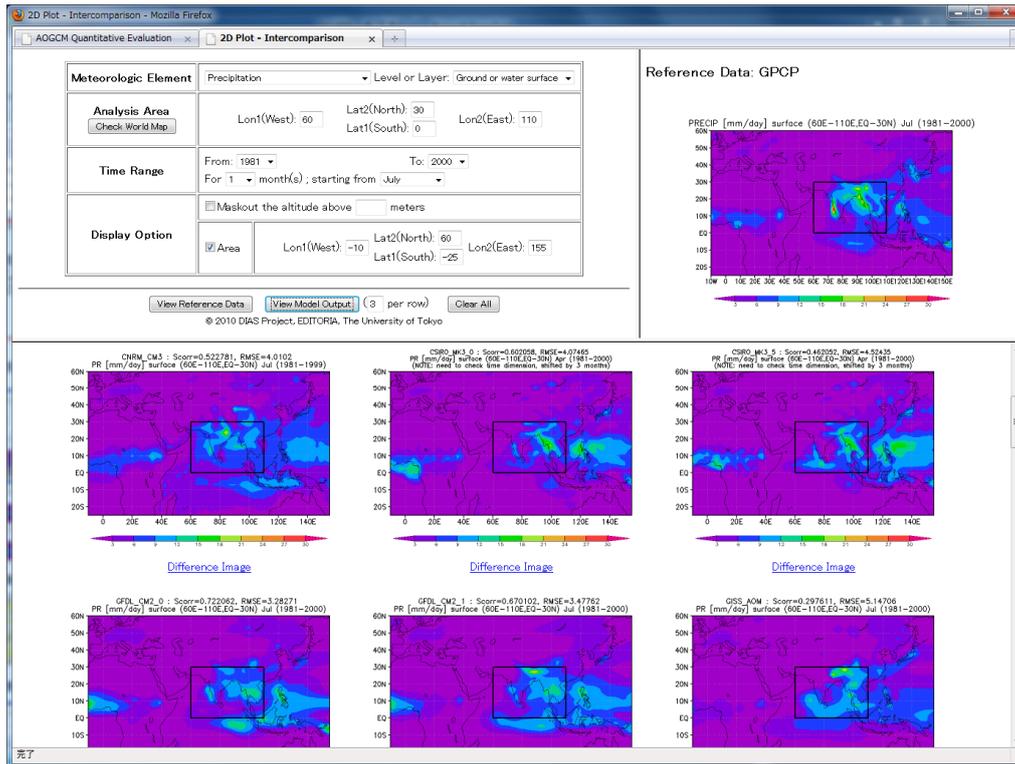


図1：気候モデル解析システムのユーザインターフェース

実行結果として、右上フレームに降水量の GPCP 観測データが、下フレームに CMIP3 各モデルの 20 世紀気候再現実験出力がそれぞれ表示される。いずれも解析領域が矩形で示され、各モデルには空間相関係数 (Scorr) および平均二乗偏差 (RMSE) が併せて表示される。利用者は可視化された降水パターンを実際に目視で比較し、モデルの再現性を容易に確認できる。また、算出された統計値は CSV 形式でダウンロードでき、同様の処理で他の変数から得られた統計量と併せて詳細に分析することにより、各気候モデルの再現性を定量的・総合的に評価できる。

4. おわりに

現在、本システムは DIAS プロジェクトにおいて気候や水循環をはじめとする様々な分野の研究者に広く利用され (アクセス数 9,000 件/月、ダウンロードデータ量 110MB/月) 数々の知見の創出に寄与している。

今後も利用者と連携・協働しながら、より高度な解析アルゴリズムの導入、各種統計情報を表示可能な利便性の高いインターフェースの構築を継続する。また、IPCC 第 5 次評価報告書に用いられる CMIP5[9]の出力は約 3PB に達する見込みであり、観測機器の高機能化等による観測データの増加も予想されている。こうした超大

容量データセットへの対応も行う予定である。

謝辞

東京大学河川/流域環境研究室の各位には有益なご助言を戴いた。ここに謝意を表す。本研究は文部科学省による委託研究費「データ統合・解析システム」の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Palmer et al., Development of a European Multi Model Ensemble System for Seasonal to Inter-Annual Prediction (DEMETER), Bulletin of the American Meteorological Society, 85 (6), pp. 853-872, 2004.
- [2] 野原大輔, マルチモデルアンサンブルによる季節予報を提供する APEC Climate Center (APCC), 天気, 54 (4), pp. 491-494, 2007.
- [3] http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php
- [4] <http://www.editoria.u-tokyo.ac.jp/dias/>
- [5] <http://precip.gsfc.nasa.gov/>
- [6] http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.interp_OLR.html
- [7] <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadisst/>
- [8] <http://jra.kishou.go.jp/JRA-25/>
- [9] <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>