

複数の再解析データによる気候値の空間分布再現性とWCRP-CMIP3マルチ気候モデルにみる気候変動予測の不確実性

辰己賢一・山敷庸亮・寶馨

要 旨

数値モデルから得られる出力値の不確実性には主にモデル自体が有する不確実性と入力データの不確実性が含まれることから、実際にモデルを用いた研究を行う際は、より精密な入力データの使用が望まれる。本研究では、ERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3の各種グリッドデータの降水量に着目し、世界の608地点における地上降水量値を基準とした統計的誤差解析を1979年から1999年を対象に行い、再現性を評価した。その結果、CRU TS2.1の降水量の値は他のデータソースと比べて、世界の大部分の領域において最も平均絶対誤差が小さく、かつデータのばらつきが小さいことがわかった。一方、再解析データは特に対流性降雨が卓越する熱帯域において誤差が大きく、再現性に課題があることがわかった。

キーワード: 地上降水量, 再解析データ, グリッドデータ, 再現性評価

1. はじめに

地球の温暖化に加え、全球規模の降水分布の変化は気候変動をもたらす重要な特性である。また、気温の増加は、大気中の保水容量を7%/℃の割合で増加させ、水文におけるさまざまなサイクルを変化させる要因となる。特に、降雨の量、頻度、強度、持続時間などの降水特性およびその極値に影響を与えることが知られている (Trenberth *et al.*, 2003)。それゆえ、正確で空間的に一貫性のある降水量データは気候変動下における降水特性の変化を精度よく評価するためには重要となる。しかしながら、実際の観測では長期間に渡り同一の地点で観測することは困難であり、また、標高や観測機器の違いや測定技術の差などが気候値の誤差などに強い影響を与えることが知られている。

Lijuan *et al.* (2009) は、中国においてECMWF re-analysis 40 years (ERA-40), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation (CMAP), Global Precipitation Climatology Project (GPCP)と地上観測点の降水量の比較を1958-2001年を対象に行った。その結果、再解析データと比較して、衛星や雨量観測を利用して得られるCMAP, GPCPの降水プロダクトは他と比較して地上観測値に近い値を取り、

ERA-40はNCEPと比較して、空間的かつ時間的に地上観測値により近い値を取ることを示した。

Janowiak *et al.* (1998) は、ERA-40, NCEP-1再解析とGPCPの降水量データを比較し、大規模場では両データセットは良く似た傾向を示したが、地域スケールでは相当な差があることを示した。GPCPは地表面の雨量データのみ考慮されているが、CMAPは海洋上の個別の環礁雨量計観測値も使用されており、海域におけるGPCPの降水量値はCMAPよりも再現性が高いことをYin *et al.* (2004) は示した。小出 (2006) は、Japanese Re-Analysis 25 years (JRA-25)の降水プロダクト特性を調べた。その結果、JRA-25は各再解析プロダクト(ERA-40, NCEP-1, NCEP-2)と比較して、月平均降水量とGPCPとの全球の面積加重空間相関において、明瞭な差をつけて精度を有していることを示した。一方、アマゾン流域におけるJRA-25の降水量は過小評価される傾向が強いことを示した。

以上、既往研究では各種メッシュ気候値の再現性評価が数多く実施されている。しかしながら、全球規模で、より現実的な気候値を示していると考えられる大陸上の地上観測点を基準とした複数のメッシュ気候値の再現性の評価や誤差解析については十分に行われていないのが現状である。本研究では、近年において最も頻繁に利用されている気候値グリッドデータであるERA-40, Climate Research Unit Global

0.5° Monthly Time Series Version 2.1(CRU TS2.1), JRA-25, GPCP, CMAP, Phase 3 of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP3)の統計的誤差解析を National Climate Data Online (NNDC)から得られる合計608点の降水量値を基準として行う。降水量観測値を精度評価の基準に使うことにより、本研究における各グリッドデータの降水量再現性評価の正確性を高めることが可能となる。

2. 利用データと評価方法

本研究では、ERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3の6種類のグリッドデータを対象とし、月降水量について全球スケールでの時空間的な再現性を評価する。なお、対象とした期間は1979-1999年の21年間とし、全グリッドデータセットは、N80グリッドスケール(約125km × 125km)に補間して評価を行った。以下にそれぞれのグリッドデータの仕様・特徴について述べる。

2.1 メッシュ気候値

(1) ERA-40

ERA-40 は、ヨーロッパ中期気象予報センターによって作成された再解析データで、1957年9月から2002年8月までの期間について様々な観測データを高度なデータ同化技術を用いて解析された大気データセットである。降水量は、降雨と降雪の出力からなり、対流性および大規模場スケールの降水量を合わせたものが総降水量となり、月単位の地表面降水データとして提供されている。地表面水平解像度はN80(約125km)で、鉛直総数は60である。ERA-40の目的は、広範囲の観測システムを最適に利用する大気の客観解析値を生成することである。

(2) CRU TS2.1

CRU TS2.1は、Climate Research Unitによって提供されており、全球0.5度 × 0.5度の水平解像度で、1901年から2002年までの過去の観測に基づいて得られた月単位の気候データが収録されている。収録要素は雲量、日内気温較差、霜日頻度、降水量、日最低気温、日平均気温、日最高気温、水蒸気圧、雨日頻度である。ただし、収録エリアは南極大陸を除く陸域のみである。

(3) JRA-25

JRA-25は気象庁と(財)電力中央研究所によって作成・提供され、収録期間は1979年から2004年までの再解析データである。データ同化手法には3次元変分法が採用されており、全球予報モデル分解能はT106L40である。なお、格子系は収録カテゴリーによって異なり、本研究では降水量を用いるため陸面解

析値を用いた。陸面解析値が収録されているデータの格子系はT106ガウス格子(320 × 160)である。

(4) GPCP

GPCPは、World Climate Research Program (WCRP)とそれに関連したGlobal Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX)のプロジェクトの一部で作成され、空間的・時間的な全球降水パターンについての研究のために提供されている。GPCPが提供するデータは多種類の衛星データと地上観測データを組み合わせたものである。GPCP Version 2(GPCP-2)はTIROS Operational Vertical Sounder (TOVS)とAtmospheric Infrared Sounder (AIRS)、Special Sensor Microwave Imager(SSM/I)、Outgoing Longwave Radiation (OLR)を組み合わせ、Global Historical Climate Network (GHCN)とClimate Assessment and Monitoring System (CAMS)の地上観測雨量データを組み合わせて作成されている。収録されている期間は1979年から現在までであり、水平解像度は2.5度 × 2.5度である。

(5) CMAP

CMAPはCPCのWebサイトから入手することができ、観測機器と衛星観測、NCEP再解析データをマージして得られたCMAP-1, NCEPを含まないCMAP-2の2種類のデータが存在する。マージ手法は、最尤法を使って衛星データを線形結合することによって確率的誤差を減少させている。また、確率的誤差はデータソースと地上観測データを比較し、時間・グリッドごとに定義されている。なお、1979年からの月平均の日降水量が収録されており、水平解像度は2.5度×2.5度である。本研究では、CMAP-1を利用した。

(6) CMIP3

CMIP3は、Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI)によりWEBで公開されており、様々な研究の基礎データとして利用されている。公開されている気象モデルは24種類あり、モデルによって異なる解像度を持つ。本研究では、20世紀再現実験データ(20C3M)のうち、24モデル出力のアンサンブル平均値を比較の対象として用いた。

(7) NNDC Climate Data Online

NNDC Climate Data Online は、米国海洋大気庁(NOAA)の下部組織である米国気候データセンター(NCDC)が提供する気象データベースである。世界の9,000地点以上についての気象データを利用することができる。本研究では、対象期間において無償で提供されかつ、対象期間において無償で提供されかつ、欠測なく得られた世界の合計608点の月降水量データを用いた。

2.2 空間補間手法

解析対象期間は、1979-1999年の21年間とし、対象とする気象要素は本研究では降水量とした。また、本研究では国連による地域分類を参考として、世界を22の地域にわけ、それぞれの地域において再現性を評価する。

異なる空間分解能を持つデータセットをより適した状態で比較するためには、空間分解能を統一することが望ましい。本研究では、ERA-40で採用されているN80グリッドに、CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3の降水量データをすべてリグリッドした。一方、地上観測点データのグリッド化にはさまざまな手法が提案されている。しかしながら、地上観測点の空間代表性を損なうことなく、グリッド化を行うことは、1) 降水量は気温と違い時空間的に連続性を持たないこと、2) 本研究ではグリッド化に耐えうる地上観測点の確保ができていないと言え難いことから困難である。したがって、本研究では、観測点データとその最近傍に位置する補間後のグリッド値を時系列で比較し、メッシュ降水量データの再現性を評価することとした。

メッシュ降水量データは、逆距離加重法を用いてリグリッドを行った。補間の際、最近傍の5つのグリッドボックスにおける降水量値をN80グリッドにおける新値として計算するために用いた。本手法は次式で示され、推定する地点のデータ値は、そこから遠く離れている地点のデータ値よりも近くにあるデータ値に類似すると仮定している

$$Z_j = \sum Z_i / d_{ij}^p / \sum 1 / d_{ij}^p \quad (1)$$

ここに、 Z_i は既知のデータが存在する地点 $i(i = 1, 2, 3, \dots)$ のデータ値、 Z_j はデータがない地点 j で空間補間された推定値、 d_{ij} は地点 i と j 間の距離、 p は距離に対する乗値である。本研究では、 $p = 1$ とした。

以上から、各地域に属するグリッドデータから降水量値を算出し、単純平均によって各地域の気候値を求めた。

2.3 統計的誤差解析手法

本研究では、標準化された気候値、バイアス（グリッドデータの値とNNDCの値の差）、NNDCとの差率、バイアスおよびNNDCとの差率の標準偏差、バイアスおよびNNDCとの差率の平均絶対誤差の指標を用い、地域ごとに再現性を評価することとした。

標準偏差は、データセットに内在するデータの一貫性を評価するためによく用いられる。データの一

貫性が高ければ標準偏差は低くなり、一貫性がなくなればばらつきが大きければ標準偏差は高くなる。それは平均値からの偏差の程度を表現することでもある。これをシミュレーション結果によって得られた値と観測値との差に対して適用すると、シミュレーションの初期・境界条件や観測値の不確実性のために生じる確率的な誤差を推測することが可能となる。

本研究では、再解析データ（ERA-40, JRA-25）、CRU TS2.1, CMAP, GPCPの再現性を分析・評価するため、次式を用いる。

$$SD = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (\varphi'_i - \bar{\varphi}')^2} \quad (2)$$

ここに、

$$\bar{\varphi}' = (1/n) \sum_{i=1}^n \varphi'_i \quad (3)$$

であり、ここで、 φ_i ：降水量値、 φ'_i ：メッシュ気候値とNNDC降水量値の差、 $\bar{\varphi}'$ ：バイアスの平均である。再現性の評価対象とするデータとNNDCとのバイアスを評価するため、降水量の差つまりCRU TS2.1, JRA-25, ERA-40, CMAP, GPCPおよびCMIP3それぞれの降水量値からNNDCの降水量値を引いたもの（以下、PD）とNNDCとの差率（PPD=(PD/NNDC)×100%、以下、PPD）の2種をバイアスとして取り、それぞれの標準偏差（以下、SD-PD, SD-PPD）を算出することにより、NNDCを基準としたCRU, JRA, ERA, CMAP, GPCPおよびCMIP3の一致性を評価する。また、バイアスは正と負の値を取りうるため、統計期間内の値を全て足した際に相殺されることがある。このため、符号を考えずに絶対誤差の平均を算出することは、真のバイアスを得るよい手法であると考えられる。本研究では、CRU, JRA, ERA, CMAP, GPCPおよびCMIP3とNNDCとのバイアスの平均絶対誤差を求めるため以下の式を用いる。

$$MM = (1/n) \sum_{i=1}^n |\varphi'_i| \quad (4)$$

PDとPPDの平均絶対誤差、つまりPDのMM（以下、MM-PD）、PPDのMM（以下、MM-PPD）を求めることにより、NNDCと他のデータ間のバイアスの平均絶対誤差を評価する。

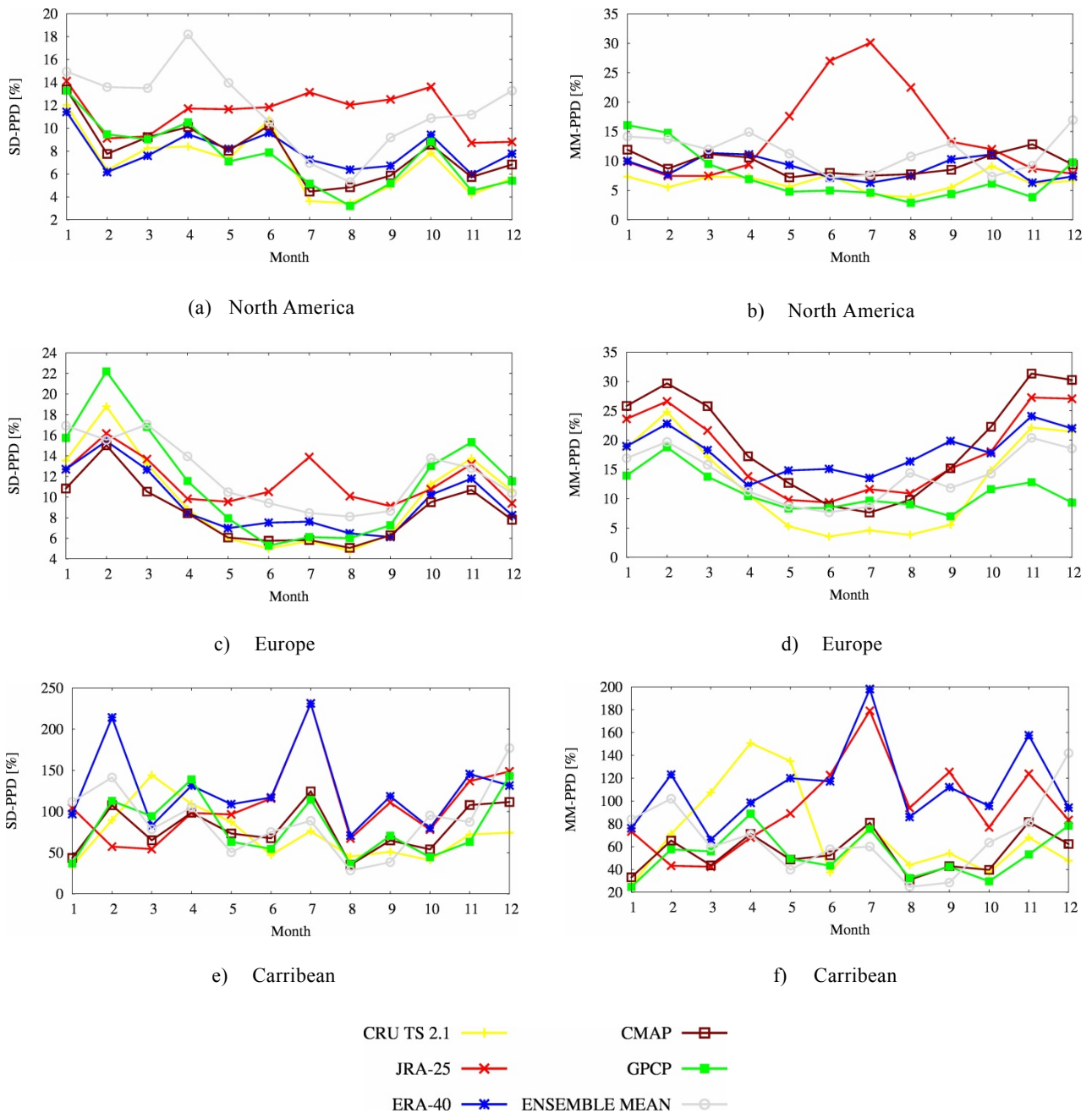


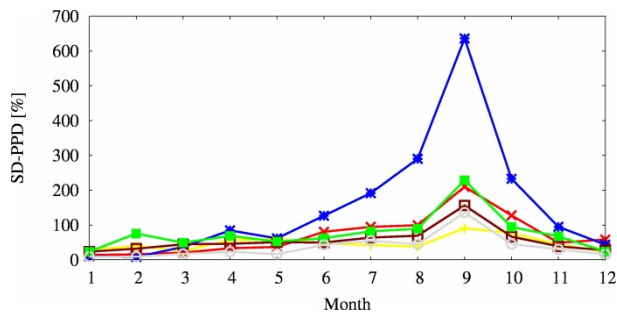
Fig. 1 Annual cycle of (left) standard deviation and (right) mean magnitude of percentages of monthly precipitation difference between the examined data and NNDC for 1979-1999

3. 結果と考察

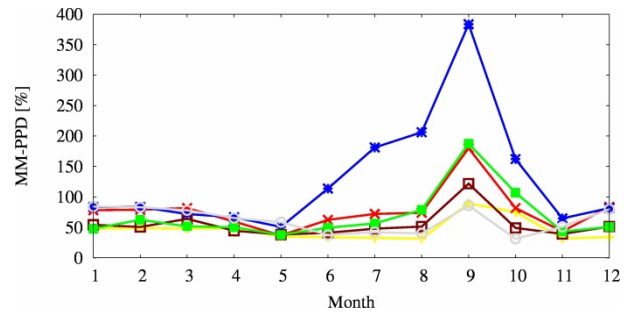
3.1 時間的な比較で見た降水量の再現性

Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3に各データセットのNNDCとの降水量差率の標準偏差 (SD-PPD) とNNDCとの降水量差率の平均絶対誤差 (MM-PPD) を月別に示す。

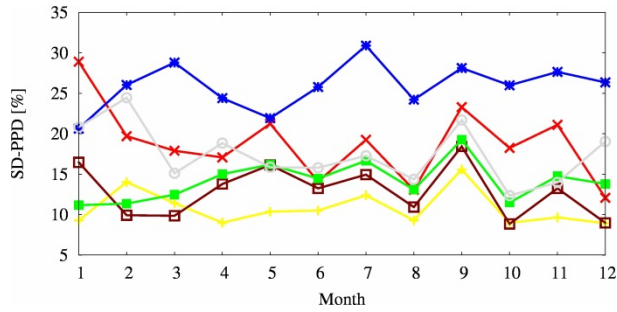
北アメリカにおけるCRU, JRA, ERA, CMAP, GPCP, CMIP3のSD-PPDの各月の値の平均は7, 11, 8, 8, 7, 12%で, MM-PPDは6, 14, 9, 10, 7, 11%となり, CRUがデータの一貫性, 再現性の点で最も優れているといえる。また, JRAでは特に5-9月にかけてMM-PPDの平均は27%と高い。Fig. 1a) より1月および10月のSD-PPDの値は全データソースで相対的に高い。これは北アメリカにおける1月と10月の降水量が多いこ



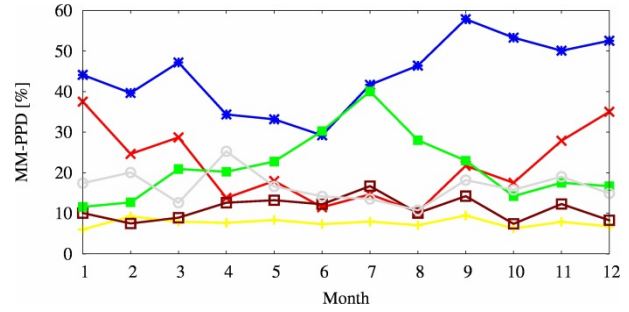
g) Central America



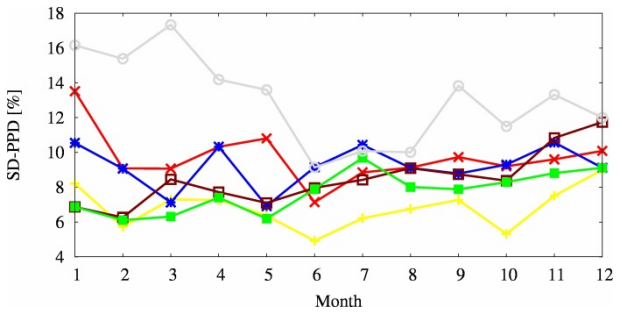
h) Central America



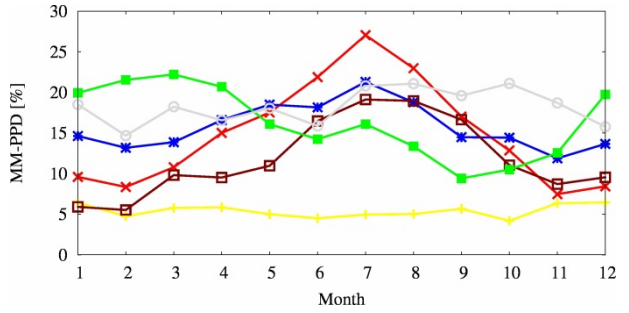
i) South America



j) South America



k) Oceania



l) Oceania

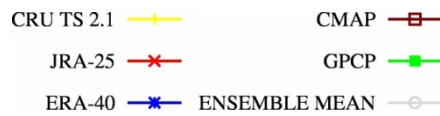


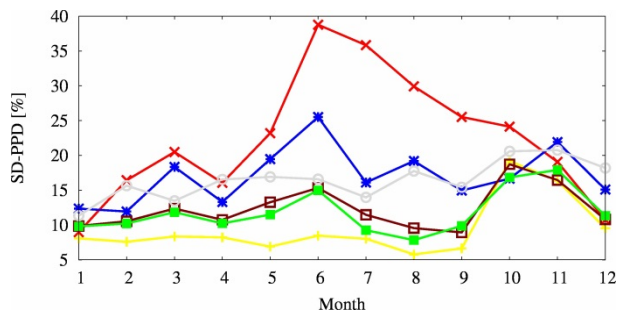
Fig. 2 Same as in Fig. 1

とが要因であると考えられる。

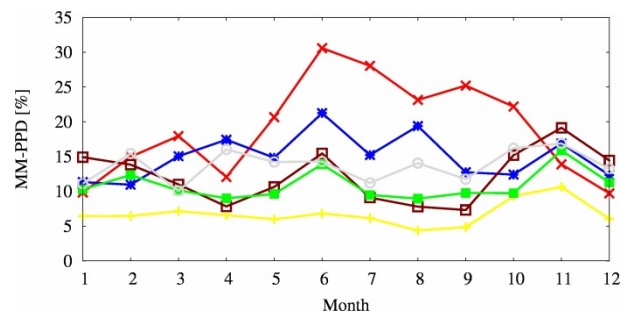
ヨーロッパにおけるSD-PPDおよびMM-PPDは夏期に比べ冬期で相対的に高いことがわかる。またSD-PPDの平均はCMAPが8%で最も低い値となっているが、MM-PPDでは冬期で20%と最も高い結果となっている (Fig. 1c, d)。このことは、データの一貫性・ばらつきの点ではCMAPが最もNNDCを再現できているが、NNDCとの定量的な比較においては、もっとも平均絶対誤差が大きいことを示している。

特に冬期におけるCMAPのMM-PPDの値が大きくなっており、CMAPのヨーロッパにおける冬期降水量の定量的な値は改善が必要であると考えられる。

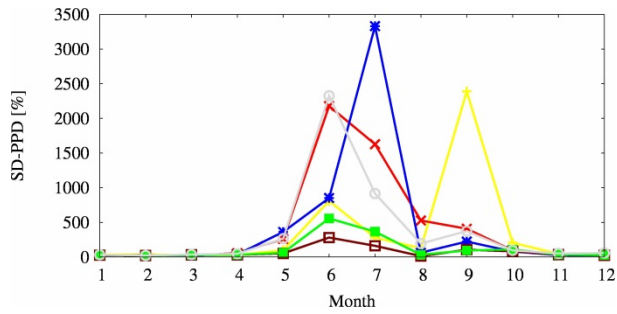
カリブでは他の地域と比較して、SD-PPD、MM-PPDともその絶対値は大きい。また、JRA、ERAと比べ、CRU、CMAP、GPCP、CMIP3の年平均SD-PPD、MD-PPDは低く、特にCMAP、GPCPのMD-PPDはCRUを下回っており、MM-PPDの値も各月で20~80%内にあり、再現性は各月で比較的良好である (Fig. 1e),



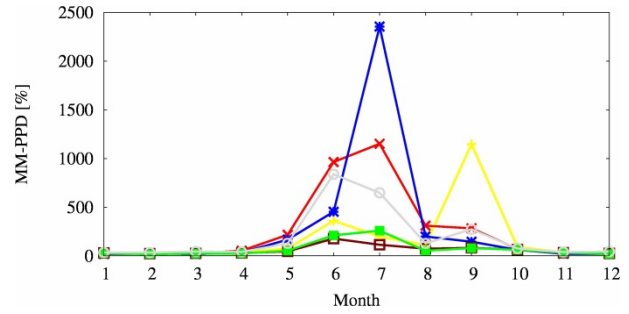
m) Africa



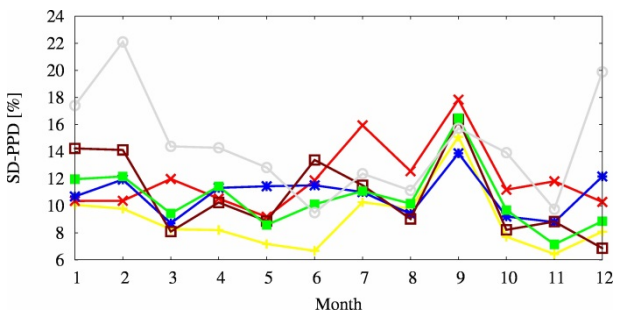
n) Africa



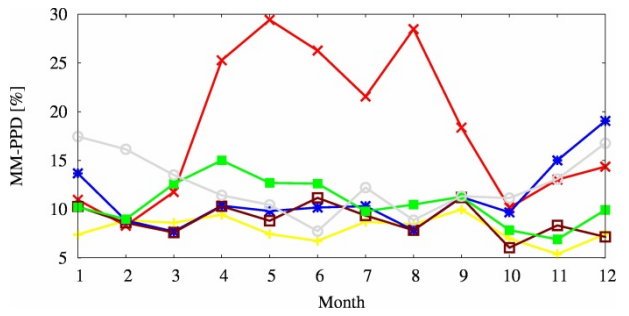
o) Middle East



p) Middle East



q) Asia



r) Asia

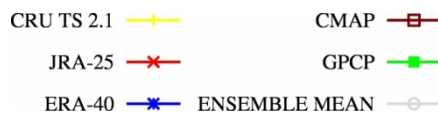


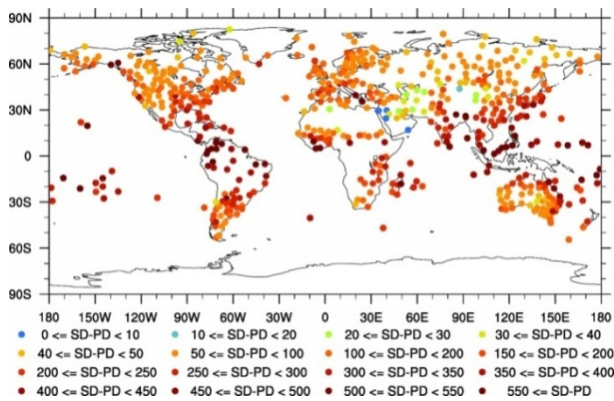
Fig. 3 Same as in Fig. 1

f)。しかしながら、他の地域と比較すると相対的に平均絶対誤差の量は大きい。

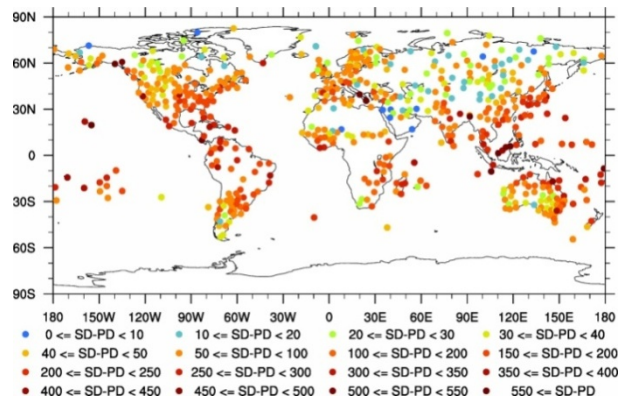
南アメリカにおけるSD-PPDの年平均はCRU, JRA, ERA, CMAP, GPCP, CMIP3でそれぞれ10, 19, 26, 13, 14, 17%, MM-PPDはそれぞれ8, 22, 44, 11, 22.17%となっており、CRUがそれぞれの指標において最も低く、次にCMAPのSD-PPD, MM-PPDが低い。ERAのMM-PPDを見ると全月で30%を超えており、NNDCとの降水量の絶対誤差が他のデータソースと比較して

突出して高いことがわかる (Fig. 2 i, j)。

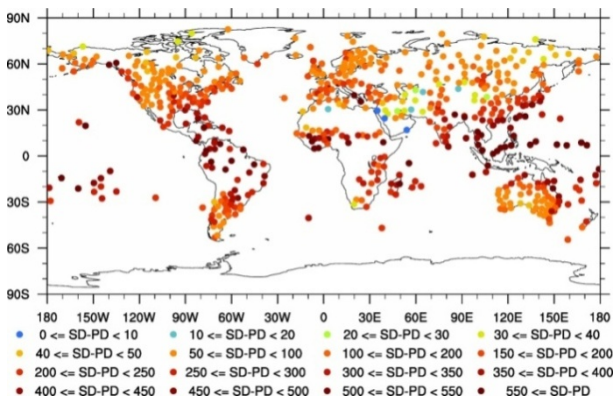
オセアニアではCRU, JRA, ERA, CMAP, GPCP, CMIP3のSD-PPDの平均はそれぞれ7, 10, 9, 8, 8, 13%, MD-PPDは5, 15, 16, 12, 16, 18%となり、CRU, CMAPの順で値が低い。また、CRUのMM-PPDは各月において5%前後で安定しており、本地域におけるCRUの再現性は高く、データのばらつきも非常に小さいことがわかる (Fig. 2 k, l)。



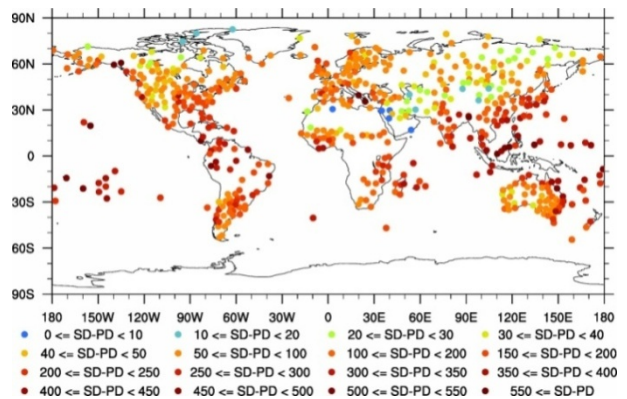
a) ERA-40



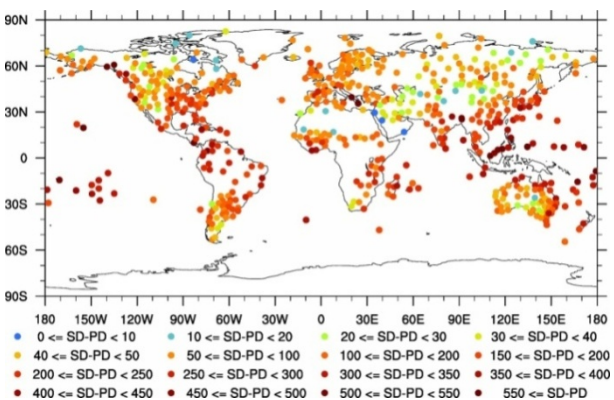
b) CRU TS2.1



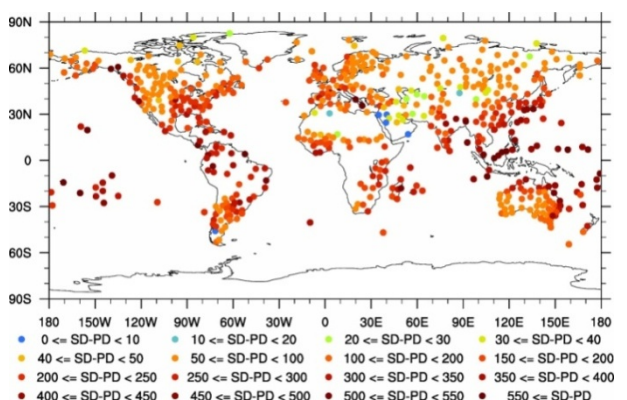
c) JRA-25



d) GPCP



e) CMAP



f) CMIP3

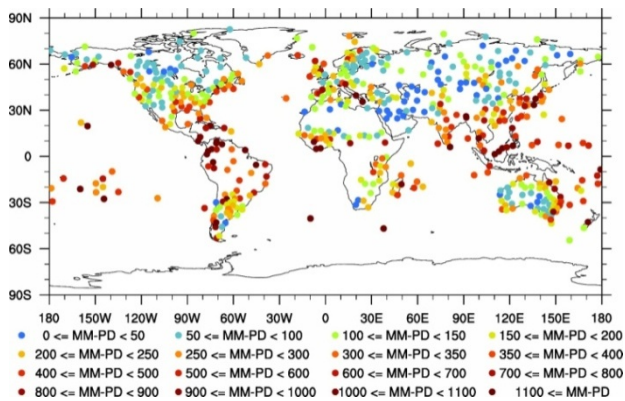
Fig. 4 Standard deviation of precipitation differences between the examined data and NNDC for 1979-1999

アフリカでは、CRU、JRA、ERA、CMAP、GPCP、CMIP3のSD-PPDはそれぞれ9、22、17、12、12、16%となり、MM-PPDは7、19、15、12、11、14%となり、CRUがいずれにおいても最も低い値を取っていることがわかる。また、JRAでは夏期においてSD-PPD、MM-PPDはともに他のデータソースを大きく上回っており、JRAの夏期における降水量はNNDCとの絶対誤差が大きくかつデータの一貫性が低いことが読み取れる (Fig. 3m, n)。

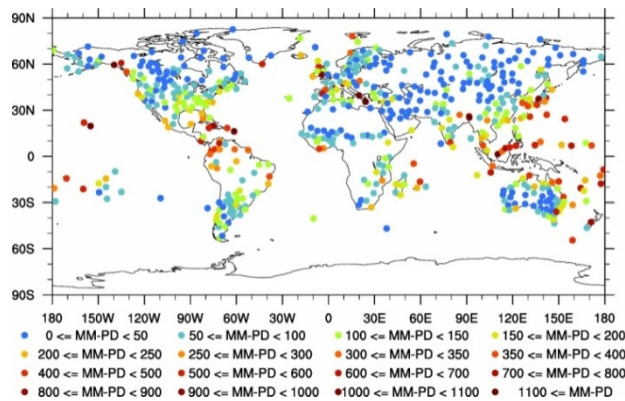
中東では、夏期において降水量が少ない分、PPD

の値は非常に大きくなる傾向がある。例えば、1991年7月のある地点ではNNDCの降水量が0.2mm/monthなのに対して、ERAでは8.6mm/monthが示されていることなどがSD-PPD、MM-PPDのERAが極端に大きくなっている要因である。ただし、SD-PPD、MM-PPDでは極端にNNDCとの値がかい離したデータセットは見られない (Fig. 3o, p)。

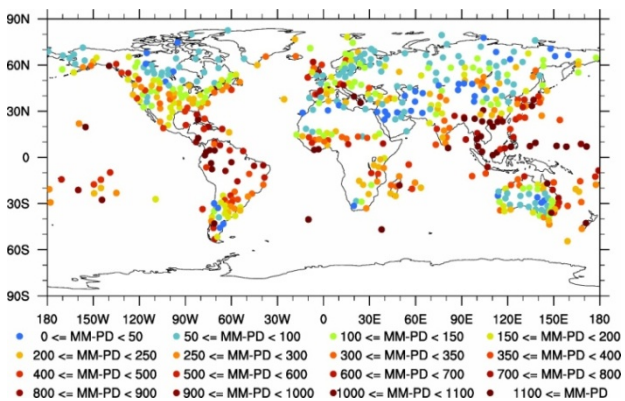
アジアでは、SD-PPDの年平均値はCRU、JRA、ERA、CMAP、GPCP、CMIP3でそれぞれ9、12、10、10、10、14%、MM-PPDは8、18、11、9、11、13%で、それぞれにおいて



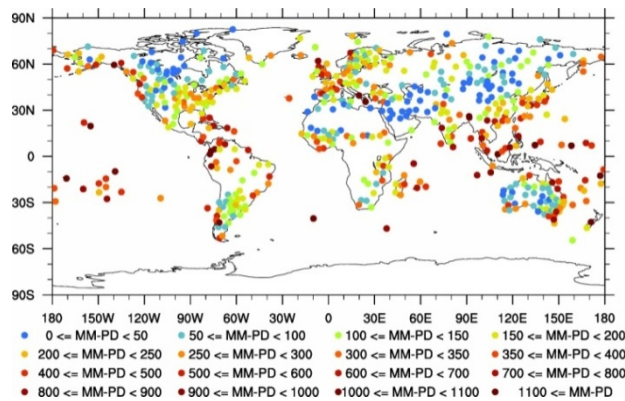
a) ERA-40



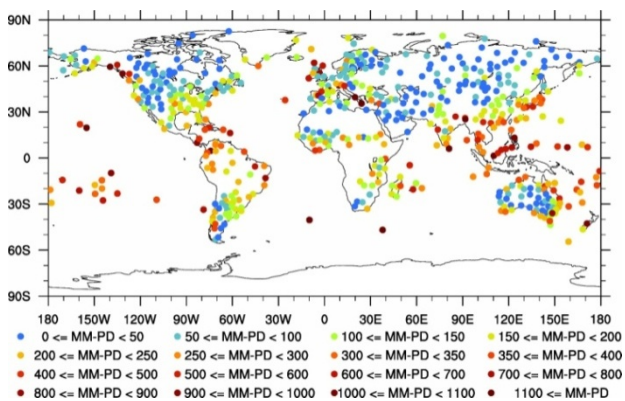
b) CRU TS2.1



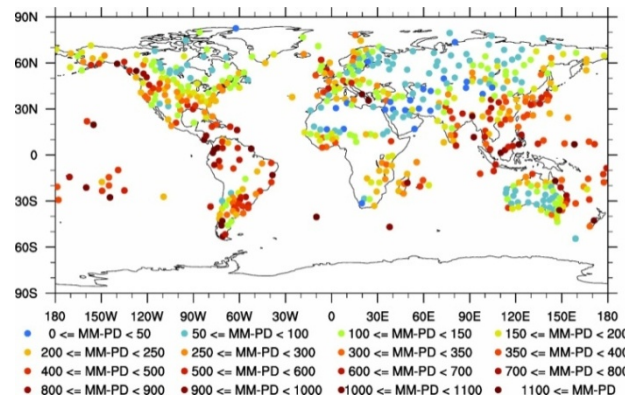
c) JRA-25



d) GPCP



e) CMAP



f) CMIP3

Fig. 5 Mean magnitude of precipitation differences between the examined data and NNDC for 1979-1999

CRUが最も低くなっている。また、7-9月のSD-PPDの平均はそれぞれ11, 15, 11, 12, 12, 13%, MM-PPDは9, 22, 10, 9, 10, 11%となり、特にJRAでは夏期におけるNNDCとの降水量の差が大きいことがわか (Fig. 3q, r)。これは、NNDCに比べて降水量が過小評価されているのではなく過大評価されていることによる。

3.2 空間で見た降水量の再現性

Fig. 4, Fig. 5にメッシュ降水量とNNDCから得た降水量差の標準偏差 (SD) と平均絶対誤差 (MM) を地点ごとにプロットした図を示す。北米域では、全データセットで、アラスカ山脈近辺を除いて、五大湖以南およびミシシッピ川流域においてSDの値は西部に比べて大きいことがわかる (Fig. 4)。一方、降水量の差率をバイアスとした標準偏差では、西部が東部より大きく、逆のパターンとなった (図略)。これはグレートプレーンズ以西では東部と比較して降水量が少ないことに起因している。各データセッ

ト間で見ると、CRU TS2.1のSD値は特に西部において50mm以下を示す地点が最も多く、北米全域でのSDの平均値は132.2mmとなり最も小さい値をとった。一方、JRA-40, ERA-40, CMIP3ではSDの値はほぼすべての点において50mmを超えており、CRU TS2.1, GPCP, CMAPと比べてばらつきが見られる。このことは、再解析データが示す降水量は、モデルに強く依存し、積雲パラメタリゼーションなどの物理過程によって生み出されることに起因していると考えられる。また、MMの値もSDと同様に西部と比較して東部では大きくなる傾向があるが、北米の全領域におけるMMの取った値のレンジ幅はCRUが最も小さくなった (Fig. 5)。ヨーロッパ (ロシアを含む) 域におけるSDのレンジ幅はERA-40が34.5~3,719.6mm, CRU TS2.1が6.0~3,764.1mm, JRA-25が36.7~3,801.3mm, GPCPが20.8~3,693.2mm, CMAPが16.1~3,759.9mm, CMIP3が326.9~3,742.4mmとなり、その最大値はバルカン半島で示された。また、SDの値が20mm以下を示す地点数を見ると、CRU TS2.1が他のデータセットと比較して最も多く、特にロシアにおいて観測値との偏差のばらつきが最も小さくなった。

Fig. 5より、CRU TS2.1のMMは本領域において50mmを下回る地点が最も多い。一方、GPCPでは、CMAPやERA-40, JRA-25と比較して特に北ヨーロッパ全域においてMM値が大きくなっており、対象期間における降水量の再現性に課題を示す結果となった。南米域を見ると、SDの最小値はERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3でそれぞれ39.8, 17.3, 46.2, 46.0, 26.5, 8.7mm, 最大値は1538.7, 373.2, 860.1, 512.5, 710.0, 523.9mmとなり、その幅はCRU TS2.1が最も小さい。また、パンパにおけるCRU TS2.1のSDは他のデータソースと比べて相対的に小さいが、複雑地形や大規模な河川流域を持つアンデス山脈やアマゾン流域において全データセットはNNDCとのバイアス (降水量差および降水量差率) のばらつきが大きくデータの一貫性に欠けることがわかる。

平均絶対誤差では、再解析データおよびCMIP3は他と比較して、定量的な誤差が大きい。特に、ERA-40, JRA-25のアマゾン流域におけるMMは大きく、本領域における降水量推定の難しさが読み取れる。オセアニアでは、オーストラリア西部沿岸域および大鑽井盆地においてCRU TS2.1, CMAPのSDは他と比べて小さく、データのばらつきが小さい。また、CRU TS2.1, CMAPのMMは相対的に全領域で小さい値をとっており、本域におけるデータの一貫性および定量的な再現性に優れていることがわかる。アフリカにおけるSDは、JRA-25, ERA-40では200-1,500mmの値を全域で示しており、NNDCとの降水量差のばらつきが大きいことが見て取れる。また、MMのレン

ジ幅はERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3でそれぞれ15.7~2,102.6mm, 17.5~497.4mm, 11.0~2,563.6mm, 10.1~1937.7mm, 13.2~2,140.8mm, 14.7~1,962.7mmとなり、最小値は各データセット間で大きな差はないが、最大値はCRU TS2.1が他より1,500mm以上小さい。この最小値はアフリカ大陸の東部に位置するマダガスカル島のレユニオンで得られている。降水量差率の平均絶対誤差で見ると、CRU TS2.1は全域で40%以下の地点が最も多く (図略)、空間的に見た際の再現性は高いと言える。アジアではモンゴルなどの比較的降雨量の少ない領域におけるSDは小さい。一方、熱帯収束帯に位置するカリマンタン島・カロリン諸島ではアジアの中でSDの値は、相対的に大きい。このことは、対流性降雨が頻繁に発生する熱帯収束帯では、各地点において得られる降水量の値が幅広いエリアにおける空間を代表していない可能性が高く、またグリッドデータにおいてもその値がグリッド内の降水量値を定量的に精度よく再現できているわけではないことを示すものである。MMの空間分布の特徴もSDと同様であり、マレー半島、カリマンタン島、カロリン諸島におけるMMの値は他の地点と比べて相対的に大きい。アジア全域においてMMはJRA-25, ERA-40, CMIP3で暖色系のマーカつまり、NNDCとの差の平均絶対誤差が大きい地点が多い (Fig. 5)。また、CRU TS2.1における降水量差率の平均絶対誤差を見ると、他と比較して10%未満の地点数が最も多く、特に中国沿岸部でその傾向は顕著となった (図略)。

CRU TS2.1, CMIP3の降水量値と地上観測点降水量の相関係数 (図略) を見ると、CRU TS2.1では東アジア、ヨーロッパ、ロシア、北米において0.95を超える地点があり、かつアフリカおよび中東の一部を除く全点で21年内の月変動には統計的に有意な相関が見られた ($p<0.01$)。一方、CMIP3では有意な相関係数 (危険率10%で、 $R>0.12$) を示す地点は少なく、他のデータソースと比較しても有意な相関が得られた地点が最も少なかった。

4. まとめ

本研究では、ERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP, CMIP3の再現性の統計的誤差評価をNNDCが提供している地上観測点における月降水量値を基準として1979-1999年の各月降水量値を対象として実施した。なお、全データセットはN80グリッドスケールへと逆距離加重法を用いて補間し、地上観測点とそれに最も近い位置にあるグリッド値を比較するこ

とによって再現性を評価した。その結果、CRU TS2.1で表現されている降水量値は、世界のほぼ全ての地域においてNNDCから得られる値に最も近く、平均絶対誤差が小さく、かつデータのばらつきも小さい傾向にあることがわかった。一方、再解析データであるERA-40, JRA-25は特に熱帯域において絶対誤差が大きく、対流性降雨が顕著である領域における降水量の再現性に課題があることがわかった。また、CMIP3の各モデルにおける降水量の値には大きな差があり、それらのモデル出力値を平均化することで一定の有効性および有用性は認められるが、相関係数で見ると、21年内の月々における変動を再現できず、統計的に見る有意性は他のデータソースと比べて認められなかった。

以上の結果から、近年急速に整備が進む各種気候グリッドデータには、特徴的なバイアス傾向があり、これらの特徴を考慮した上で、幅広い分野における研究に活かしていくことが重要である。

参考文献

小出 寛: JRA-25長期再解析正式版とJCDASの提供開始について,
[http://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/mukou/meeting/Re](http://www.dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/mukou/meeting/Report/06koide.pdf)

port/06koide.pdf.

Trenberth K.E., Dai A., Rasmussen R.M. and Parsons D.B. (2003): The changing character of precipitation, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol.84, No.9, pp.1205-12.17.

Lijuan M., Tingjun Z., Oliver W., Baisheng Y., Daqing Y. and Dahe Q. (2009): Evaluation of precipitation from the ERA-40, NCEP-1, and NCEP-2 Reanalysis and CMAP-1, CMAP-2, and GPCP-2 with ground-based measurements in China, *Journal of Geophysical Research*, Vol.114, D09105.

Janowiak J.E., Gruber A., Kondragunta C.R., Livezey R.E. and Huffman G.J. (1998): A comparison of the NCEP-NCAR reanalysis precipitation and the GPCP rain gauge-satellite combined dataset with observational error considerations, *Journal of Climate*, Vol.11, No.11, pp.2960-2979.

Yin X., Gruber A. and Arkin P. (2004): Comparison of the GPCP and CMAP merged gauge-satellite monthly precipitation products for the period 1979-2001, *Journal of Hydrometeorology*, Vol.5, No.6, pp.1207-1222.

(論文受理日：2012年6月8日)

Spatial Reproducibility of the Climate Values by Multiple Reanalysis Dataset and Uncertainty of Climate Change Projection using the CMIP3 Model Output

Kenichi TATSUMI, Yosuke YAMASHIKI and Kaoru TAKARA

Synopsis

Outputs obtained from the numerical model have the uncertainty, which includes 1) model uncertainty, 2) uncertainty of input data. Therefore, when conducting research using the numerical model, we need to focus attention on accuracy and characteristics of input data in particular. In this study, we assess the correspondence between precipitation products from ERA-40, CRU TS2.1, JRA-25, GPCP, CMAP and CMIP3 with adjusted observation precipitation from global (608 stations in total) for 1979-1999. In general, we conclude that CRU TS2.1 agrees more closely with observation precipitation than other datasets. Moreover, the mean absolute error of the precipitation differences (CRU TS2.1 - observation precipitation) and Standard deviation of the biases for CRU TS2.1 is the smallest in most regions. On the other hand, atmospheric reanalysis (ERA-40, JRA-25), especially a tropical region, have the large error, and it turned out that there is a problem in reproducibility. Taking into consideration the specific characteristics in datasets on each other, we should conduct research.

Keywords: observational precipitation, re-analysis data, gridded data, validity of precipitation