

A-0601 アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成

(3) エコフロンティアフェロー(EFF)との共同研究

- 1) 早期警戒システムと温暖化影響緩和のための日降水量グリッドデータの利用 (平成20年度)
- 2) 東アジアにおける降水・気温データの品質管理 (平成21年度)
- 3) 衛星および雨量計観測を組み合わせた南アジア域における高解像度降水量グリッドデータの作成 (平成22年度)

大学共同利用機関法人	人間文化研究機構	総合地球環境学研究所
(平成20年度EFF)		Sohaila Javanmard
(平成21年度EFF)		Tianbao Zhao
(平成22年度EFF)		Anoop Kumar Mishra
大学共同利用機関法人	人間文化研究機構	総合地球環境学研究所
		谷田貝 亜紀代

〈研究協力者〉 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所
濱田 篤・安富 奈津子・
川本 温子・野津 正人

平成20～22年度累計予算額 8,730千円
(うち、平成22年度予算額 3,000千円)
上記の予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 気候変動の水資源と水循環への影響を検知するためには、降水の地域的、経時的分布の正確な把握が重要である。そのために、高分解能グリッド降水量データ、高品質地上観測、気候モデルなどを適用するのが効率的である。20年度は、イラン気象庁(IRIMO)の品質管理後の56年間(1951～2006年)のsynoptic network データを用いて、イラン(北緯20～45度、東経40～65度)の日グリッド降水量データ(0.25°×0.25°緯度/経度)を作成し、最も広く使われている衛星降水データTRMM_3B42_V6の9年(1998～2006年)平均と比較した。さらにこれらの情報を旱魃や洪水、鉄砲水などの早期警戒システムに活かすための考察を行った。

平成21年度は、観測データに含まれる、測器の変更や観測地点の移動による異常値や不連続を適切に検出修正する品質管理手法の開発を行った。まず、中国山西省の109地点降水量データと、中国全体の756地点データに、APHRODITE projectの品質管理(QC)スキームを適用した。また中国756地点の気温データに、Szentimrey(1999, 2008)によるMultiple Analysis of Series for Homogenization(MASH)の手法による品質管理を適用した。その結果、気温の時系列における地点の移動や測器の変更に伴う不連続を、メタデータがなくても統計的に検出できた。

平成22年度は、雨量計、特殊マイクロ波画像センサー(SSM/I)、熱帯降雨観測衛星(TRMM)搭載降雨レーダ(PR)および欧州気象衛星開発機構(Eumesat)静止衛星METEOSATの観測値を組み合わせて2007-2010年(4年間)の降水量プロダクトを南アジアについて作成した。この推定値をTRMM-3B42V6およびAPHRODITEのV1003プロダクト(Yatagai et al., 2009)と比較して検証した。

[キーワード] 降水量、雨量計、衛星、気温、品質管理

1. はじめに

(1) 地球温暖化によりひきおこされる地域の気候変化、特に水資源への影響を評価するためには、降水の地域的、経時的分布の正確な把握が重要である。衛星は準リアルタイムにデータ利用が可能な場合が多いが、その見積もりは地上観測には及ばない。気候変動の影響の点でも、洪水、旱魃、鉄砲水災害といった短期現象についても、中近東地域の研究は急がれるが、既存データ整備や国際的な科学研究コミュニティへのデータ公開は遅れている。そこで、この報告では、まずイラン気象庁 (IRIMO) の品質管理の徹底した56年間 (1951~2006年) の直接観測データを用いて作成した、イラン (北緯20~45度、東経40~65度) の日降水量データ (0.25°×0.25° 緯度/経度) を提示する。次に、それを基準としてTRMM_3B42_V6 (0.25°×0.25° 緯度/経度) データを検証する。さらにこれらの情報を早期警戒システムに活かすための考察を行う。

(2) 東アジアは重要なモンスーン地域であり、高密度な総観観測ネットワークも存在する。質の高い気象観測地点での観測は、気候の長期トレンドを評価するために利用できる長期記録を提供するばかりでなく、モデル検証およびデータ解析のために重要なリソースともなる。しかしながら、測器の変更、観測地点の移動、データ処理手法などの理由により、観測記録には多くのエラー (異常値) や不連続の問題が存在し、これらのデータを全球および地域気候研究にそのまま使用することは不適切もしくは不可能である。特に、測器変更によって気候記録に矛盾が生じ、結果として非気候“ジャンプ”や自然な気候変動に匹敵する人工的トレンドをもたらしている可能性も否定できない。従って、科学的な解析を行う前に気候データに対する厳密な品質管理 (QC) を確立することが不可欠である。そこで、中国の降水量・気温データの品質管理、均質化手法の開発を行い、それを踏まえて極端現象の事例の評価を行う。

(3) 南アジア全域における降雨はモンスーンによってもたらされるため、海洋域を含む降雨推定手法の開発が必要である。信頼できる高密度な雨量計データが得られる地域は限られる点からも、衛星をベースとした推定値が必要である。高い時間頻度で計測する静止気象衛星の赤外 (IR) データ、降雨および液体比重測定と非常に良い物理学的関連性があるマイクロ波データ、TRMM 降雨レーダ (PR) を相乗的に利用する技術が、この20年ほどの間開発されてきた。本研究では雨量計および衛星による観測値を組み合わせることによって、南アジア全域における降雨を推定することに焦点を当てる。

2. 研究目的

(1) イランで親課題 (サブテーマ1) と同様の手法により日降水量グリッドデータを作成し、衛星データを併用する早期警戒システムの準備を行うこと。

(2) 中国の観測地点の日降水量・気温資料の品質管理 (QC) 手法を開発し、適用する。QCを行った後、気候変動に関するデータ解析を行う。

(3) 雨量計および衛星による観測値を組み合わせることによって、南アジア全域における降雨を推定すること。また親課題 (APHRODITE project) や他の降水プロダクトと比較検証する。

3. 研究方法

(1) 20年度

1) 使用データ

a. 雨量計データ

この調査で使用した地上観測データはイラン気象庁 (IRIMO) のSynopticネットワークに含まれるもので、最大で199地点である (図1)。これらのデータは位置確認 (緯度、経度、標高)、他の気象変数との一貫性、データ均一性テスト、データのギャップ補填等、IRIMOの品質管理工程を通ったものである。

b. TRMM (3B42_V6) データ

本調査では、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) および他の衛星による3B42プロダクトバージョン6 (3B42V6) とグリッド降水量データ (Huffman et al., 2007) を使用した。本研究で用いる3B42データは次のウェブサイトからダウンロードした。

ftp://disc2.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Gridded/Derived_Products/3B42_V6/Daily/

データは1998年から得られた。対象区域は全地球規模の南緯50度から北緯50度、水平解像度は $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ (緯度/経度)、時間分解能は一日一回である。TRMM_3B42は3時間ごとに (00 協定世界時 (UTC)、03 UTC、...、21 UTC) 作成されている。ここでは、1日当たり3B42降雨データは、00 UTCから21 UTCまでの3時間ごとのTRMM_3B42を集計して作成した。

2) グリッド降水量データの作成手法

グリッド降水量データを作成するアルゴリズムは、Yatagai et al. (2008) に基づき次のように行った。

- ① 30年以上のデータから1ヶ月当たりの降水気候値を定義する。
- ② Shepard (1968) のアルゴリズムを用いて、①を 0.05° グリッドに内挿する。
- ③ フーリエ解析による第6次成分までを合成することにより、5~20年間のデータ (①より地点数も少ない) による平均1日降水データを平均し、1日当たりの降水気候値を定義する。
- ④ Shepard のアルゴリズムを使い、③を 0.05° グリッドに内挿する。
- ⑤ ②の1月当たりの降水データによって④の1日当たりの降水気候値を調整する。
- ⑥ ターゲットとする日について1日当たりの降水気候値⑤に対する1日当たりの降水量の比の解析場を計算する。
- ⑦ 1日当たりの気候値⑤と1日当たりの比⑥を乗じて、1日当たりの降水量を計算する。

なお、本研究で用いた気候値は、Yatagai et al. (2008) で作成された気候値⑤と同じである。

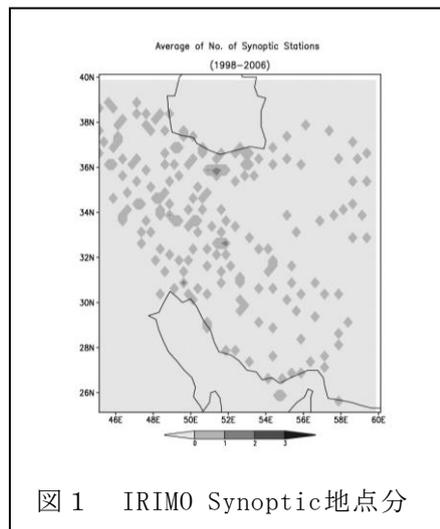


図1 IRIMO Synoptic地点分

(2) 21年度

1) 使用データ

a. 中国全域データ

本研究に使用した中国の観測地点から得られる日降水量および気温データの1つは、中国気象局（CMA）が管理する中国全体に分布する756地点の観測データである。CMAの国家気象情報センター編集のこれらのデータを1951年から2008年のデータを利用した。図2は756地点の分布と標高を示す。観測地点は中国西部の山岳地帯や沙漠で分布がまばらであるが、東部の低標高地帯ではかなり密度が高い。利用できる日降水量および気温の報告数を図3に示す。観測地点は1951年から1960

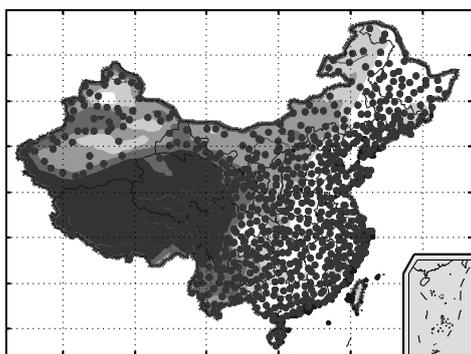


図2 中国全土756観測地点（●）と地形（m）の分布（陰影）

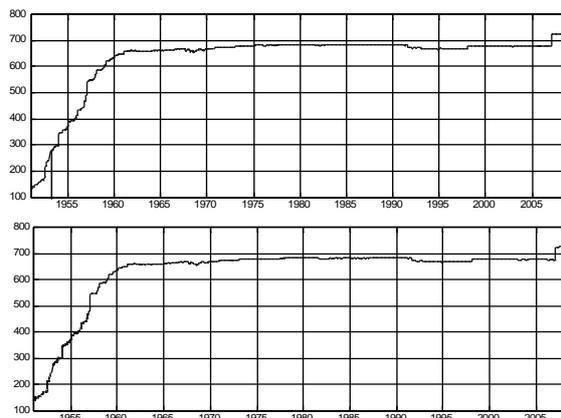


図3 1951年～2008年における中国での日気温（上）および降水量（下）報告数

年にかけて急速に拡大した。どの年においても運用中の観測地点の総数が700を超えることはなかった。CMAデータセットでは、時空間的および内部的整合性のチェックを含む一連の予備的QCを行い、問題のあるデータは除かれている（Li et al. , 2009）。

b. 中国山西省データ

2つめのソースは、2005年から2007年の期間を対象とした、華北地方の山西省にある109箇所の観測地点から得られたデータで、これは山西省気象局が収集し、まとめたものである。山西省には19地点のCMA観測地点があり、そのうち18地点が山西省の観測地点と重複している（Zhao et al. , 2010）。この期間中に気温記録の欠落はなく、わずかに30の降水量記録が欠けているだけである。重複する18地点について2種類のデータセットを比較したところ、山西省気象局データはCMAデータと一致しているため、これは双方のデータセットが同一の測器から得られたものであることを示している。

c. 熱帯降雨観測衛星降雨プロダクト（2. 1）b. と実質的に同じ）

本研究では、熱帯降雨観測衛星（TRMM）データと高品質（HQ）／赤外線（IR）降雨プロダクトを融合したTRMM3B-42プロダクト（<http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b42.html>）を用い、観測データの評価および観測エラーの検出を行った。TRMMとは米国航空宇宙局NASAと日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同人工衛星ミッションであり、熱帯降雨の観測と研究を行う計画である。

観測領域は南緯50度から北緯50度、時間解像度は3時間、空間解像度は 0.25×0.25 度である。

2) 手法

a. 日降水データに対するQC

本研究により開発された最新の日降水量データ解析システムは、日降水量のエラー（異常値）を検出し、アジアのための高解像度グリッドデータセットの構築に用いられている（Yatagai et al., 2009）。APHRO_V0908システムは、主に重複データのチェック、位置のチェック、空間相関のチェックの構成要素から成る。日降水量データについて最初の2つのQC手順に関しては、CMA職員によって既に行われているため、本研究では主に空間相関のチェックを行う。このため、まず対象とする観測地点の雨量計記録を、周辺の観測地点から得られた最大記録値と比較し、その後、2点間の時系列の相関関係を算出する。この方法により、対象地点における著しく大きな変化を検出することが可能となる。

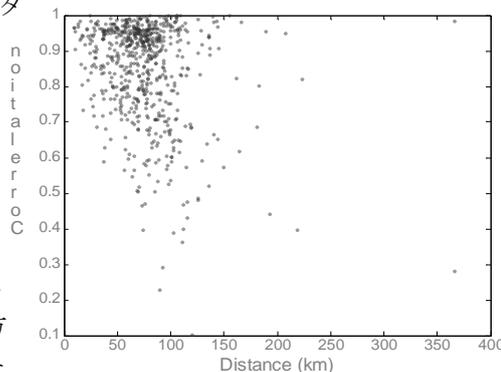


図4 使わなかった観測地点における、雨量計観測値と、観測データを使わず解析した 0.05 度グリッドボックス解析値との間の相関係数と、使わなかった地点から最も近い雨量計までの距離との関係。2007年について計算した。

b. グリッド化

QCを適用後、日降水量データを 0.05 度グリッドセルに内挿し、次にYatagai et al. (2009) に基づいて 0.25 度グリッドに再グリッド化した。雨量計ベースグリッド解析能に対する雨量計ネットワーク密度の影響を、Xie et al. (2007) の手法で評価した。図4は2007年において使わなかった観測地点における、雨量計計測による日降水量と 0.05 度グリッドボックス解析値との相関係数と、使わなかった地点から最も近い雨量計までの距離との関係を示した散布図である。一般に、解析性能は雨量計ネットワークの密度が高くなるに従って高いが、各グリッドセルの相関係数は、最も近くの雨量計地点が 100km 圏内に位置する時にかなり高くなる傾向がある。これは現行バージョンのAPHROシステムが中国全土における日別の高解像度グリッドデータ作成に良好な成果を挙げていることを意味している。

c. 日気温データに対するQC

中国の観測地点から集められた日気温データは、Szentimrey (1999, 2008)によるMultiple Analysis of Series for Homogenization (MASH)を用いたQCを適用する。MASHは多数の気候データ時系列を相互比較することによって、反復法で不連続の可能性のあるデータを検出するように構成されている。その気候データ時系列は必ずしも均質である必要はない。不連続点および遷移の可能性のあるものは、全ての利用可能な時系列の間で相互比較することで検出され、補正される。モンテカルロ法による統計検定がデータセット全体に適用される。本研究では、気温の時系列を正規分布と近似することで補正する追加モデルが適用されている。日々の修正値は月ごとの修正値を時間方向に内挿して得られる。

(3) 22年度

1) データソース

a. METEOSAT

METEOSATは欧州宇宙機構によって打ち上げられた地球観測のための静止衛星で、現在は欧州気象衛星開発機構 (Eumesat) によって操作されている。METEOSATは、4 kmの空間解像度で30分おきに熱赤外線 (TIR) 画像およびWV画像を提供する。本研究では、METEOSAT7からのTIRおよびWVデータを利用した。

b. TRMM

1997年12月初めに、赤道面から35度の傾きで、太陽非同期軌道に打ち上げられたTRMMは、光学スペクトルおよびマイクロ波受動センサ、降雨レーダ (PR) も搭載している。本アルゴリズムの開発には、METEOSATのIRおよびWV、またTRMMの降雨レーダプロダクト (PR2A25) (Iguchi et al., 2000) からのVersion-6の地表降雨データを、そして相互比較には3B42と称される (Hoffman et al., 2007) 赤外線マイクロ波データの併合プロダクトを用いる。

c. 自動気象観測所雨量計データ

インド宇宙研究機関 (ISRO) が設計した自動気象観測所 (AWS) は持ち運び可能な小型で組立式のシステムである。他の数多くのセンサーの中でも、ISROは無制限の降雨測定容量と精度1 mm以下という傾斜型バケツ雨量計を備えている。データは衛星を中継し、ウェブサイト www.mosdac.gov.in から入手できる。本研究のアルゴリズムの開発および検証のために、2007年、2008年、2009年および2010年におけるAWSの雨量計データを用いる。インドにおけるAWSの分布を図5に示す。

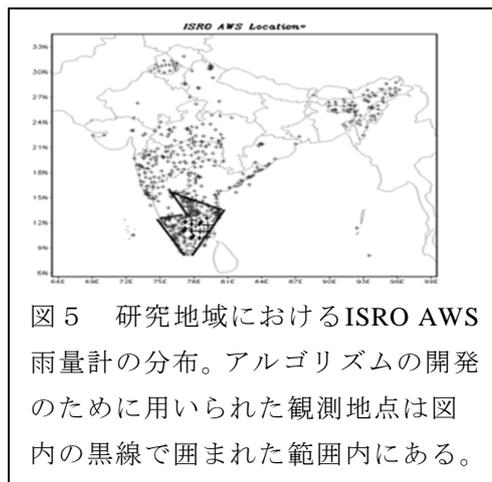


図5 研究地域におけるISRO AWS雨量計の分布。アルゴリズムの開発のために用いられた観測地点は図内の黒線で囲まれた範囲内にある。

d. APHRODITE (V1003) データ

本技術による降雨推定値と比較検証するために、APHRODITE (V1003) プロダクト (Yatagai et al., 2009, APHRO_MA_V1003) を利用した。これはアジア地域全体における高密度な雨量計ネットワークの観測値に基づき、 0.25×0.25 度グリッドで1951年から2007年の期間の日降水量を作成したものである。

e. SSM/Iデータ

は米国防衛気象衛星計画 (DMSP) の特殊マイクロ波画像センサー (SSM/I) は1987年から観測を続け、センサーは19.35、22.235、37.0および85.5 GHzの4つの周波数で構成されている。22.235 GHzの水蒸気吸収チャンネルを除くすべての周波数は2極性である。周波数に依存する解像度は、19 GHzチャンネルでの約50 kmから85.5 GHzチャンネルでの15 kmまでの範囲である。本研究では、2007年、2008年、2009年および2010年についてのSSM/I (F13) データを用いた。

2) 方法

研究地域の南側（北緯14度東経78度の辺り）にはISRO AWS雨量計の高密度なネットワークが存在する（図5）。雨量計はこの地域のほとんどの渡って、 0.25×0.25 度内に少なくとも2-6個が設置されている。これにより、空間平均降雨を単純な空間平均により計算する。 0.25×0.25 度矩形内の雨量計の数が2以下の場合、METEOSAT赤外線輝度温度を利用した加重平均により矩形内のピクセルを調整する。つまり研究対象地域の陸地の南部は、雨量計の観測値によって概算し、他の地域は、研究地域の陸地および海洋について別個に開発された地域分散指数（Mishra et al., 2009a）を用いてSSM/I観測値から概算する。詳細はMishra (2011)参照。

4. 結果・考察

(1) 20年度

1) 1998年から2006年の雨期における、気象値を使ったグリッド降水量データとTRMM_3B42-V6衛星データの地域分布の比較

本調査で使用した気象観測地点データから、砂漠地域（カヴィール砂漠とルート砂漠）に比べてザグロス山脈地帯とカスピ海南側の方に、より多雨な地域分布があることが示されている（図略）。図6は、例として2000年から2001年までの雨期（10-3月）の気候値を用いたグリッド降水データとTRMM_3B42-V6の衛星データの地域分布の比較を示している。左の図は、雨量計観測値（SYNOP）を使用したグリッド降水データの分布を、中央はTRMM_3B42データ（TRMM）の分布を、右の図はSYNOPとTRMMの違いを示している。このような年ごとの比較も、9年間（1998～2006）の平均値（図略）も雨量計によるグリッド降水データとTRMM_3B42の地域分布比較は、充分な類似性を示している。イランの平均降水量の地域分布は、カスピ海沿岸の最大の1日約4mmと、ザグロス山脈沿いの約3.5 mmの、2種類の極大降水パターンがある。9年分の平均値はTRMM_3B42は、カスピ海南側での1日最高2.5 mm、ザグロス山脈地域に位置するバクチアル・チャハルマハル地方では最高約2.0 mmと、少なめの評価となった。その一方、TRMM_3B42は、アルボルズ山脈沿いの降水量を最高約1.0 mm、ペルシャ湾とオマーン海沿いのカヴィール砂漠とルート砂漠といった砂漠地帯では、最高約0.5 mmと多めの評価となった（図略）。

高密度の観測地点ネットワークのある地域における地上観測を使ったグリッド降水データが、最も有効である、と結論づけることができよう。その一方、アルボルズ山脈地域、ペルシャ湾やオマーン海沿岸、砂漠地域といった、ネットワークデータのない、または密度の低い地域では、TRMM_3B42を使った降水推定を利用することができよう。より正確な降水量を推定する最も効率的な方法は、グリッド降水データとTRMM_3B42を組み合わせることである。

2) SYNOP雨量計グリッド降水量とTRMM_3B42による降水量推定との関係

上記の分析から、ザグロス山脈沿いとカスピ海南側の二大降雨パターンがあることが理解できる。そのため、SYNOP雨量計降水量とTRMM_3B42による降水量推定から、以下の三地域について散布図を得た。図6に示すように、ケース1) は国土全体、ケース2) はカスピ海南側、ケース3) はザグロス山脈地域である。

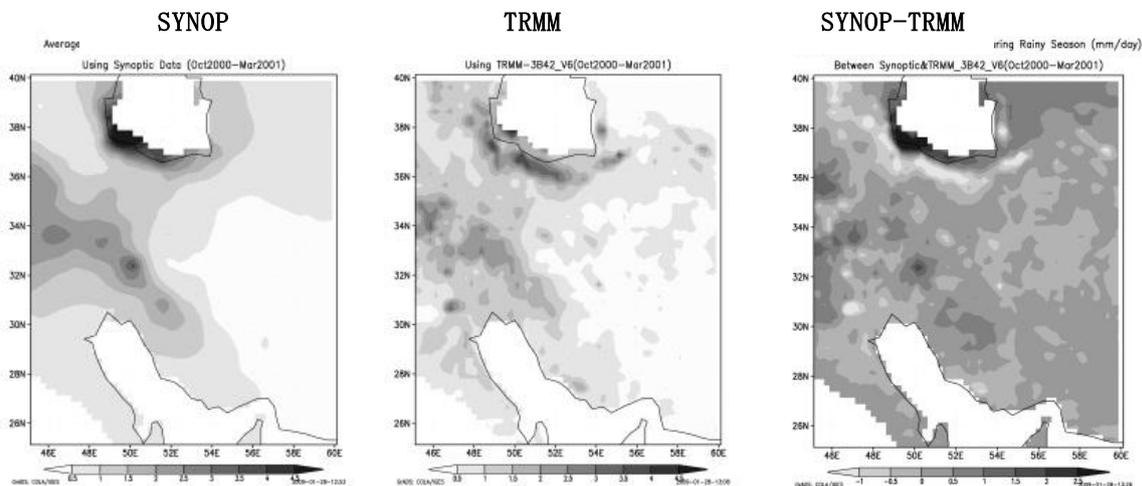


図6 1998年から2006年の雨期（10-3月）の、雨量計グリッド降水データ（SYNOP）とTRMM_3B42-V6衛星データ（TRMM）の空間分布の比較。ここでは2000年12月—2001年3月の季節降水についてのみ示す。左図は、SYNOP（雨量計）降水データ解析分布を、中央はTRMM_3B42分布を、右はSYNOPとTRMMの差を示す。

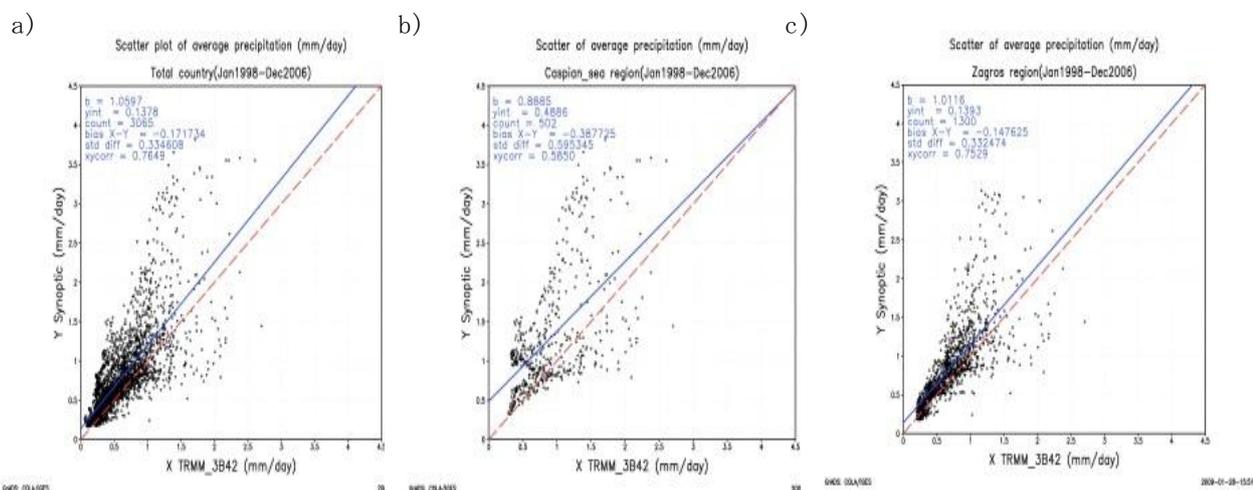


図7 1998年から2006年の以下3地域における、SYNOP雨量計降水量とTRMM_3B42による推定降水量の散布図。a) は国土全体を対象とするケース1)、b) はケース2) で、対象地域がカスピ海南側である以外はa)と同じ、c) はケース3) で対象地域がザグロス山脈地域である以外はa)と同じ。

図7について、回帰直線を求めた。回帰直線の統計量は、それぞれ勾配パラメータが1.05、0.88、1.01、サンプル数は3065、502、1300、バイアスは-0.17、-0.39、-0.15（mm/日）、相関関数

は0.77、0.59、0.75である（表1）。

表1 図6の散布図3ケースの回帰直線の統計パラメータ

	勾配パラメータ	切片パラメータ	サンプル数	X-Yバイアス	相関係数
Case1	1.05	0.14	3065	-0.17	0.77
Case2	0.88	0.49	502	-0.39	0.59
Case3	1.01	0.14	1300	-0.15	0.75

3) IRIMOの追加的観測データ

主プロジェクト (B062) のサブテーマの中で使用したSynoptic観測地点ネットワーク以外にも、著者らは、Climatology ネットワークとRain-gaugeネットワークというIRIMOの地点降水データを1951年から2005年まで集めた（図8）。表2には、IRIMOの気象観測地点の詳細情報の一部を示している。ClimatologyネットワークとRain-gaugeネットワークの観測地点の地域分布も示す。

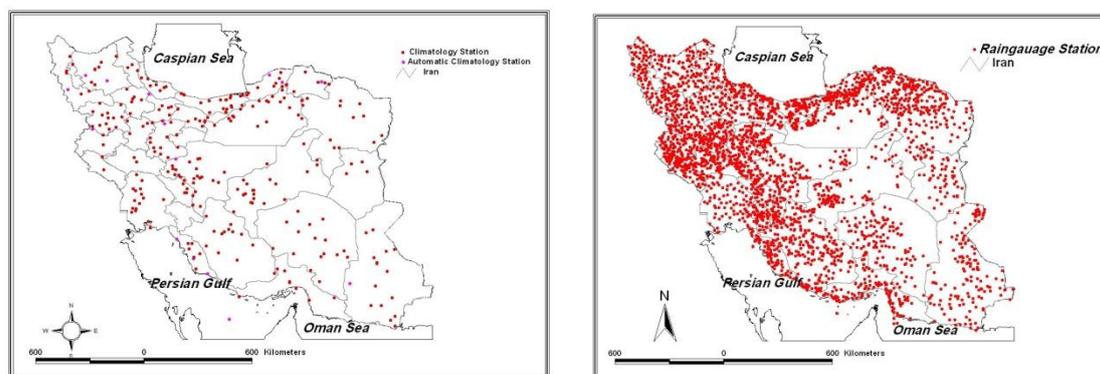


図8 IRIMOのClimatology（左の地図）およびRain-gauges（右の地図）の観測地点の地域分布地図（Javanmard, 2006）

4) イランでの自然災害発生

イランは災害の多い地域で、そのほとんどが早魃や鉄砲水といった水関連災害である。例えば、イランでは1909年から2007年の間に88%の人々が早魃の被害に遭っている（図9）。重大な早魃では、その後2年で湿地の90%が干上がってしまった。イランを含む南西アジアの多くは、3年も続く異常な早魃を経験している。102年間の記録の中で、1999年、2000年、2001年はそれぞれ5番目、3番目、7番目に乾燥した年であった。1999年から2000年は記録上最も乾燥した冬であった（世界気象機構（WMO、2002））。例として、表2に1999年から2004年に起きた早魃による被害を示している。これによると、早魃による被害のほとんどは2000年に起きていることがわかる。さらに、表3に、2001年から2007年の夏期にカスピ海南側のゴレスターン州で起きた洪水とその被害を示す。

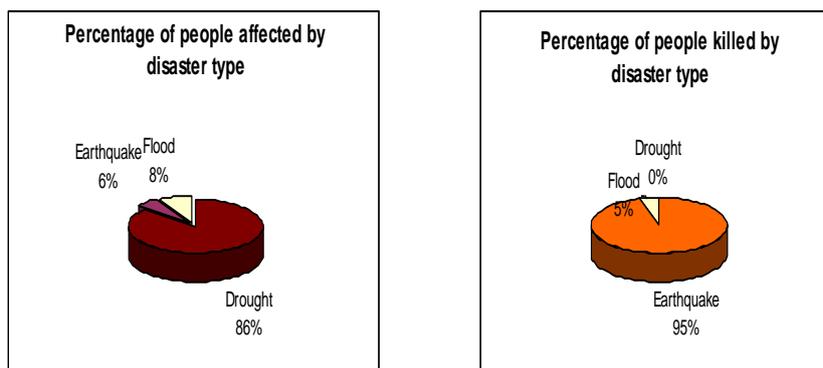


図9 1909年から2007年のイランの自然災害。左のグラフは災害別被害者の割合を示す。右のグラフは災害別死亡者の割合を示す（経済協力機構（ECO）、2007）。
災害タイプ別の被害者の割合：早魃・洪水・地震、
災害タイプ別の死亡者の割合：地震・洪水・早魃

表2 1999年から2004年にイランで発生した早魃の被害（イラン内務省、2005年）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004
イランでの早魃被害 (100万ドル)	1251	27133	2275	1450	15382	14699

表3 イランのカスピ海南側（ゴレスターン州）で洪水の発生した日付

ゴレスターン州で洪水の発生した日	2001年	2002年	2002年	2005年	2005年	2005年	2006年	2007年
	8月 11日	8月 12日	8月 13日	7月 30日	8月 9日	8月 10日	5月 24日	8月 4日

4.1)と4.2)で述べたグリッド降水量データの作成とTRMM_3B42による推定の組み合わせ、さらに(3)3)で述べた地上ベースの追加的ネットワークデータや早魃・洪水被害発生に関する情報の応用によって、それらとイランの過去の早魃や洪水被害との関連を分析することが可能となり、降水量や気温の数値といった気候モデル出力やリアルタイムの天候情報を、人間社会の将来への影響の評価に応用する基礎づくりとして作成することができる。さらに、衛星からの降水量データには、準リアルタイムデータを作成するものもあることから、このような作成データは、イランにおける準リアルタイム分析システムの設立に向けて、雨量計データと連携させていく予定である。

(2) 21年度

図10は、2005年、2006年、2007年における山西省でのAPHROグリッド解析およびTRMM_3B42の年間降水量の空間分布を示したものである。TRMMプロダクトはこの大部分の地域について、雨量計観測が示す空間特性を広く捉えているが、雨量計データ解析による等雨量線の方が、TRMMによる等雨量線よりも内挿アルゴリズムにより分布がなめらかになっている。両者の間には明らかな相違も認められ、山西省の多くの地域で100 mmを超える絶対差が両者の間に見られ、これは雨量計

観測に疑わしい記録が存在することを示唆している。中国全域に関して同様の特徴がみられた。

2005年～2007年の期間中、山西省平均のTRMM推定月降水量は雨量計データ解析とよく一致しており、両者間の相関係数は0.98を超えている。また756地点データから作成した中国全土、中国東部（東経105度以東）、中国西部（東経105度以西）、揚子江流域（北緯27度～34度、東経108度以東）におけるAPHRO雨量計データ解析およびTRMMプロダクトから得られた領域平均月間降水量偏差の時系列の相関係数はそれぞれ0.62、0.68、0.82、0.95で、揚子江流域で特に高くなっていた。小さな相違点としては、TRMMプロダクトが1999年半ば以前は降水量を過小評価していたことを挙げることができ、特に1998年の中国東部において夏の大雨の過小評価がある。以上の解析から、TRMMプロダクトが一般に、雨量計観測により表示される季節変動および年間変動を表現できることがわかった。

1) APHRO解析システムとTRMMプロダクトの気候降水量分布の比較

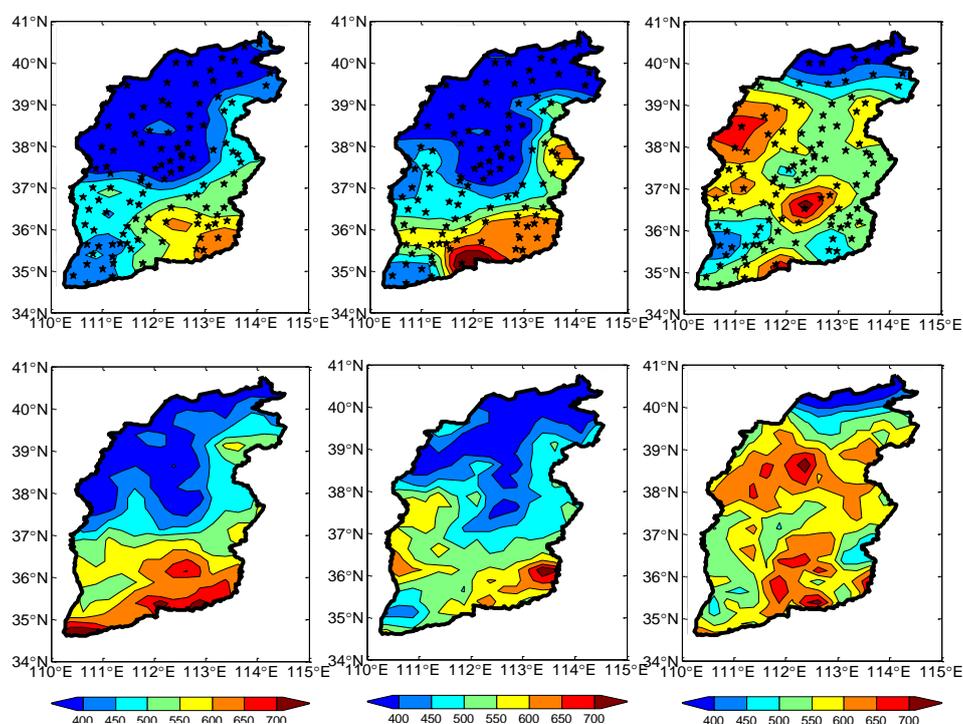


図10 2005年（左）、2006年（中）、2007年（右）における山西省でのAPHRO雨量計データ解析（上段）およびTRMM_3B42（下段）による年間降水量（mm/年）の空間分布

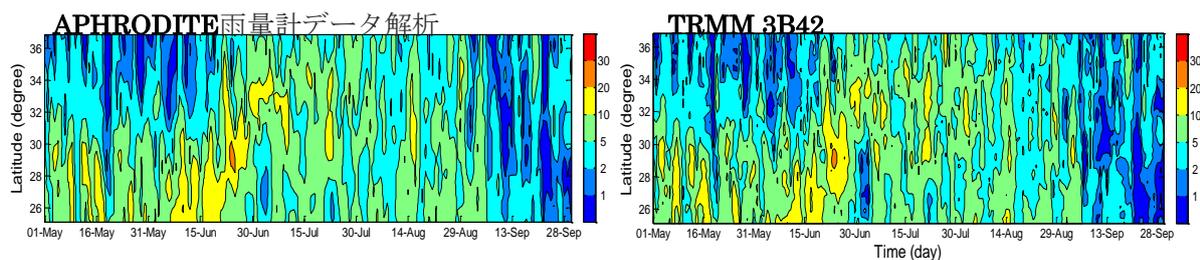


図11 1998年～2008年間のAPHRO雨量計データ解析（左）およびTRMMプロダクト（右）における東経105度から東経120度帯で平均した日降水量の時間緯度断面（mm/day）

著者らは5月～9月の中国東部における降雨帯の南から北への漸進的变化についても調査した。図11は1998年～2008年間のAPHRO雨量計データ解析およびTRMMプロダクトにおける東経105度から東経120度帯において平均した日降水量の時間緯度断面を表したものである。雨量計観測グリッドデータによると、降雨帯は6月以前には主に北緯32度以南に位置しており、その後、北緯32度へと次第に広がっていくことが示されている。局地的大雨はほとんどが6月半ばから7月の間に起こり、9月初めまでには終息する。TRMMでも、雨量計観測によって示された降雨帯の日時や場所等、他の詳細な特徴をほぼ正確に表している。これらの結果により、TRMMは中国の代表的な降雨地域における降雨帯の時空間変化を効果的に推定できることが示唆される。

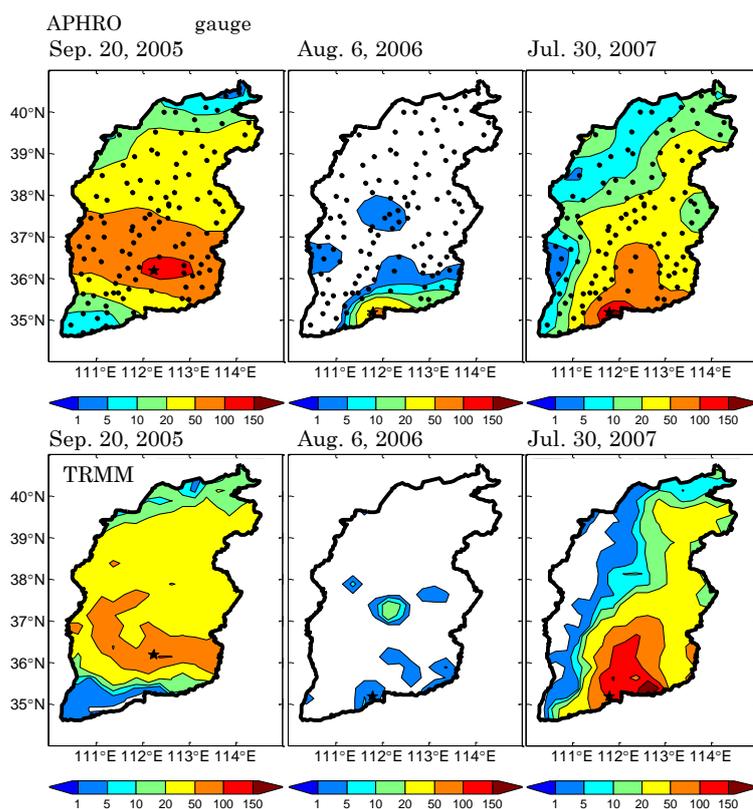


図12 山西省における極端降雨が観測された3日間の各雨量計観測データ解析（上段）およびTRMM（下段）による降雨空間分布（mm/day）

2) APHRO解析システムとTRMMプロダクトの極端降水の比較

2005年～2007年の期間での山西省における雨量計の極端降水記録を、雨量計データ解析およびTRMMプロダクトから得られた最も近いグリッド値と比較した。雨量計の極値は、2005年9月20日に安澤で165.5 mm/日、2006年8月6日に垣曲で110 mm/日、2007年7月30日に垣曲で244.0 mm/日に達している。これらの極値に対応する最も近くのグリッド値（雨量計データ解析/TRMMプロダクト）はそれぞれ117.4/93.9 mm/日、72.2/1.7 mm/日、175/120.6 mm/日であった。これにより、TRMMプロダクトは2005年9月20日の安澤地点と2007年7月30日の垣曲地点で観測された極端降雨のシグナルは捉えることができたが、2006年8月6日の垣曲地点での大雨を捉えることはできなかったことがわかる。

図12は極端降雨のあった3日間、それぞれについて山西省における降雨空間分布を示している。TRMMプロダクトは2005年9月20日の安澤地点と2007年7月30日の垣曲地点付近で起こった大雨は捕捉したが、2006年8月6日の垣曲付近での大雨はほとんど捕捉できなかったことがわかる。しかしながら他のデータおよびメタデータの情報が無いため、これらの極端な雨量計データの値が真値か疑わしい記録なのかを確かめることができない。そこで著者らは2006年8月6日の垣曲地域での極端降雨の六安市当局のウェブサイトから公式の観測情報により、その時本当に大雨がその場所で起きていたことを確認した。雨量計記録の極端値について、1998年から2008年を対象に北緯49.875度以南に位置する748の中国観測地点についても調べた。ほとんどの極端降雨日において、雨量計データ解析による最も近いグリッド値は、内挿による平滑化のために10%～40%小さくなっている。TRMMプロダクトはほとんどの大雨のシグナルを捉えることができているが、いくつかの観測地点では雨量計観測とTRMMプロダクトの間に明らかな相違が存在する。例えば、2000年10月14日琼海観測地点付近ではTRMMプロダクトにより大雨が約170 mmも過大評価されたが、陽江観測地点および崇武観測地点付近ではそれぞれ300 mm近く過小評価されている。これらの結果から、TRMMプロダクトは整合性の高い空間解像度のために、中国のほとんどの地域で観測される気候的降水量やその季節および年間変動を表現する優れた能力を持つが、総観規模および準総観規模での極端降水の推定にはある程度の限界があることが示唆される。

3) メタデータを用いた気温均質化の評価

MASHにより、オリジナルデータ中の不連続点がどの程度検出されるのかを確認するために、北京（北緯39.8度、東経116.47度、標高31.3m）と河南（北緯37.73度、東経99.8度、標高3500m）のメタデータを利用した。図13は1960年～2008年の期間の当該観測地点における季節および年間補正量を示している。全ての記録されている変化、特に観測地点の移動についてMASHシステムで検

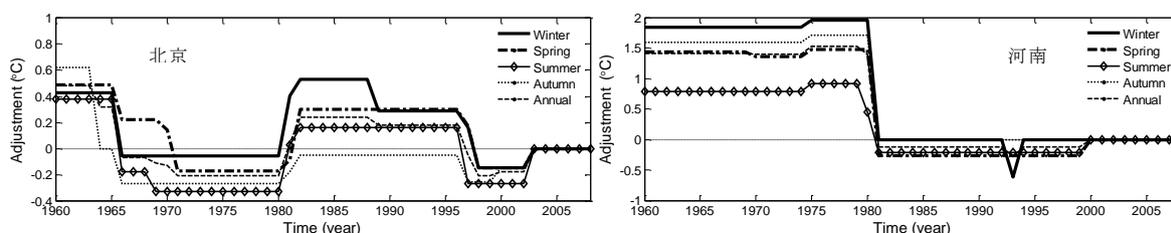


図13 北京(左)と河南(右)における平均気温時系列に対する季節および年間補正量
出された不連続点と一致した。北京では、1965、1969、1970、1981、1997年と5回の移動があった

ことが確認されており、6時間ごとの観測時刻については協定世界時（UTC）の0100、0700、1300、1900が、1960年8月に後ろに1時間ずれ、また観測手法は2004年に手動観測から自動観測へと変更された。青海高原に位置する河南は1981年に標高1947.4mから標高3500mの場所へと移動した。この移動により気温の時系列において著しい補正量の変化が見られる。これらの結果から、メタデータがあってもなくてもMASHシステムは不連続点を検出し、元データに対して適切な補正を行うことがわかった。

4) 長期トレンドに及ぼす均質化の影響

本研究では、1960年～2008年の期間中におけるCMAの549観測地点からの日平均気温/日最高気温/日最低気温（Tmean/Tmax/Tmin）データを漏れなく集め、MASH手法で均質化した。均質化を通して、13地点では調整は行われず、522地点では1℃以内の調整、14地点では1℃を越える調整が行われた。元の時系列と補正された時系列との間の年間トレンドにおける差は、ほとんどが±0.4℃/10年以内である。

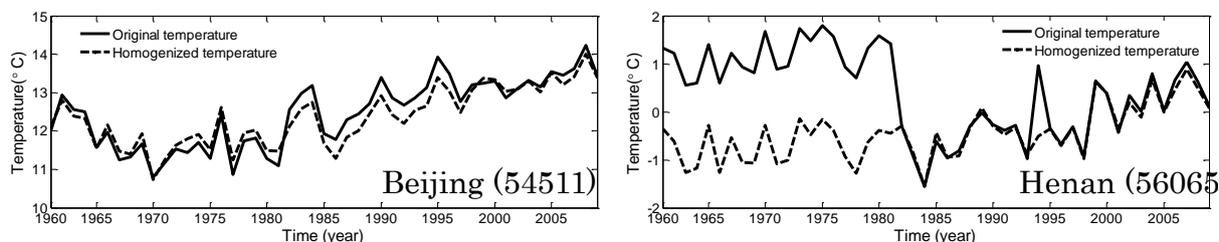


図14 北京と河南における元データおよび均質化された年平均気温時系列

図14は、北京・河南観測地点における年間平均気温の元の時系列および補正された時系列を示している。元の時系列と補正された時系列との間の相違は2つの観測地点とも明らかである。河南での元の時系列は、観測地点の移動により著しい変化を示している。補正されたデータの長期トレンドと比較すると、元の時系列のトレンドは北京で0.079℃/10年の過大評価、一方で河南では0.545℃/10年とかなりの過小評価となっている。河南では、1998年と1981年に起こった元の時系列における急激な変化は均質化統計的手法により除かれている。また、元の時系列の長期トレンドに見られる上昇傾向は、補正された系列においても強調されている。これは、著者らがここで用いた均質化手法によって、毎日観測される気温の元データの不連続点をより良く検出および除去できることを意味している。

1960年～2008年の期間における年間平均Tmean、Tmax、Tmin時系列から算出する長期トレンドについても、元の時系列と補正された時系列との間で比較した。その結果、中国における元のTmean、Tmax、Tminのトレンドは、MASH手法によりそれぞれ0.006℃/10年、0.009℃/10年、0.007℃/10年減少していた。長期トレンドに及ぼす均質化の影響では、ある程度の地域依存性が見られる。北京では、補正されたTmax時系列は元の時系列よりトレンドが約14.53%高くなっているが、TmeanとTminのトレンドでは元の時系列と比べて補正された時系列がそれぞれ約16.84%と21.47%低くなっている。河南では、補正されたデータでは長期の温暖化トレンドが明らかだが、一方で元の時系列では寒冷化が観測されている。

長期トレンドに及ぼす均質化の影響には季節依存性も見られる。1960年～2008年の期間における549地点での平均をとった平均気温について、調整された系列では冬、春、夏、秋にそれぞれ0.39℃/10年、0.27℃/10年、0.15℃/10年、0.26℃/10年の温暖化傾向を示しており、これは元の時系列と比べてそれぞれ0.012℃/10年、0.003℃/10年、0.002℃/10年、0.006℃/10年、小さい値となっている。補正されたTmaxおよびTminにおいて示されるトレンドは、平均気温によって表示されるトレンドと類似している。広い領域での長期トレンドに及ぼす均質化の影響は、局地的な不連続が互いに相殺しあうため明らかではないが、その一方で均質化の影響は主に地域規模で反映されている。

図15は、1960年～2008年の期間における補正されたものおよび元の平均気温について、中国（観測地点での値を経度緯度0.5度グリッドに変換）での年間の線型トレンド、夏季線型トレンド、冬季線型トレンドを示している。中国北部では特に冬季において著しい温暖化が見られるが、中国南西部では特に夏季においていくらかの寒冷化トレンドが起きている。著者らは夏季に負のトレンドがある観測地点をチェックしたところ、補正された平均気温では主に揚子江中流域、河南および山西省南部に位置する59地点で寒冷化を示しており、なかでも4地点で最も著しい寒冷化が見られた。さらに調査を進めると、夏季寒冷化トレンドは主に8月に現れることを示していた。

以上の解析に基づき、MASHシステムはメタデータに関係なく元の時系列での不連続の検出においてうまく機能している。ほとんどの不連続を除去し、長期トレンドをより空間的整合性のとれたものにするを可能にする。しかしながら、データの均質化は統計手法や参照データに依存するため、補正量の推定にはまだいくらかの不確実性が残されている。

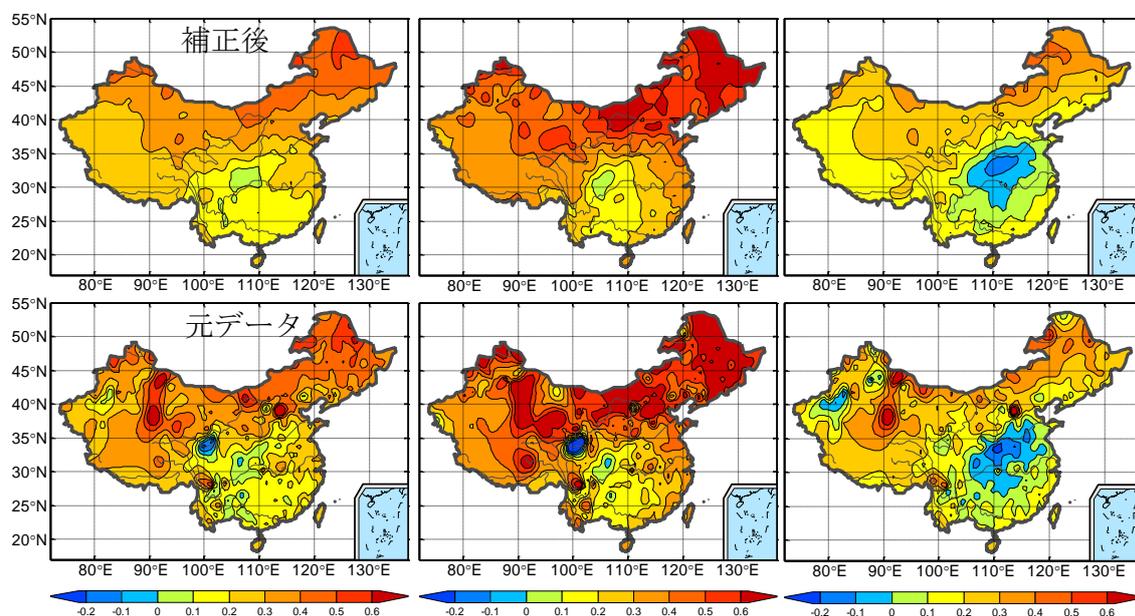


図15 1960年～2008年の期間において補正後（上段）と元データ（下段）の平均気温について、年間（左）、冬季（中）、夏季（右）のトレンド（℃/10年）の空間分布

（3）22年度

1) 結果・考察

本技術は、雨量計、マイクロ波およびマイクロ波調整赤外線観測値を併合することによって開発された。上記の技術を利用することにより、2007年、2008年、2009年および2010年における降雨データセットが作成された。

本技術の有効性を最近のサイクロン発生事象に当てはめて検証する。以下に1例のみ簡潔に示す。

研究対象地域での0.25×0.25度グリッド内における本研究スキームから得られる日積算降雨をTRMM-3B42V6から得られるデータと比較するために、2010年5月17日にベンガル湾で発達したライラと命名された熱帯性低気圧を例として選んだ。

図16aおよび図16bはそれぞれ、2010年5月20日にAndhra Pradesh沿岸への熱帯性低気圧ライラの接近の際に、本技術およびTRMM-3B42によって観測された降雨を示している。上の図から、本研究のスキームは降雨のパターンおよび強度を合理的に描写していることが確認され、TRMM-3B42V6観測位置の降雨パターンおよび強度と首尾一貫して一致している。さらに、本研究スキームの量的評価を行うために、研究対象地域について0.25×0.25度のグリッドで2008年の7月1-5日、8月11-19日、12月12-14日、2009年の9月12-17日、11月24-26日、2010年の5月17-21日6月25-28日における総計61064個におよぶ時間的および空間的配置データポイントについて本技術およびTRMM-3B42から得られた日積算降雨が考慮された。図17は両者の関係をプロットした

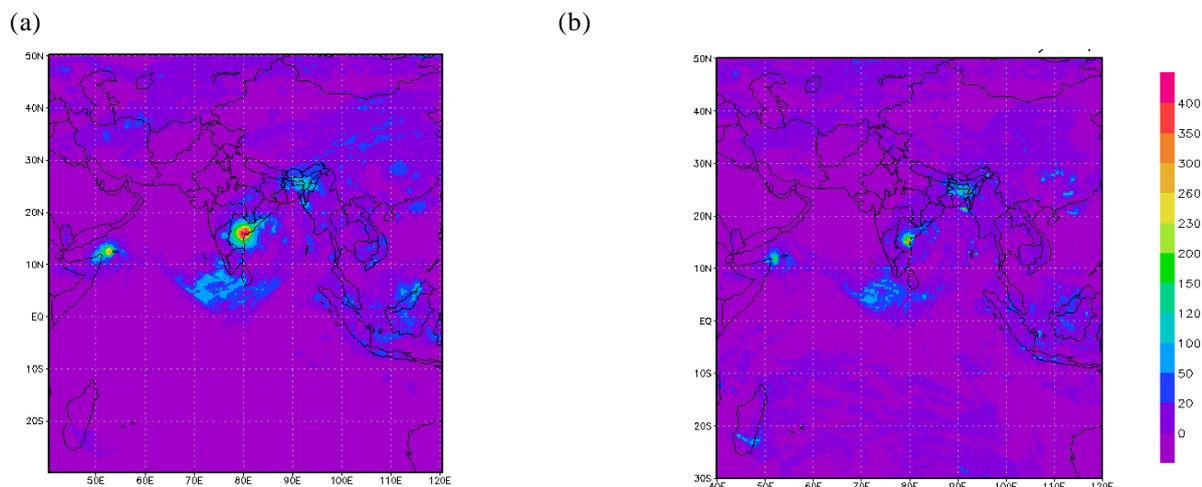
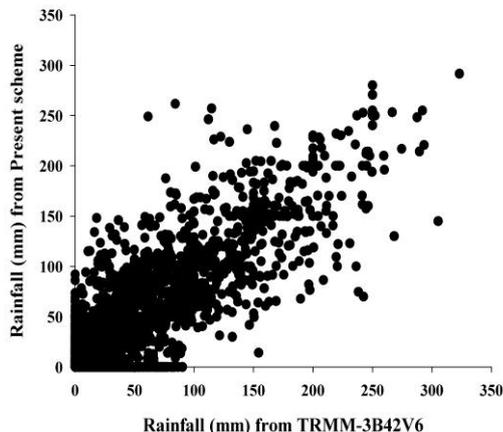


図16 0.25×0.25度グリッド内における24時間積算降雨 (a)本技術によって得られた2010年5月20日の結果 (b)TRMM-3B42V6から得られた2010年5月20日の結果。

もの、表4はこれら2つの降雨推定値間の統計値を示す。本技術から得られた降雨およびTRMM-3B42から得られた降雨の相関係数は0.86、二乗平均平方根(RMS)誤差は15.28、偏りは1.12、検出確率(POD)は0.72、誤警報率(FAR)は0.25、技術得点は0.23である。図17から、かなり多くの地点がTRMM-3B42観測値では過小評価されているが本研究スキームからは高い降雨が示されていることが分かる。これはTRMM-3B42が地形性降雨を過小評価する傾向がある(Rahman et al. 2009)という事実によるものと見られ、本技術によってそれが良く描写されている。

表4 図17の2データセットの統計値

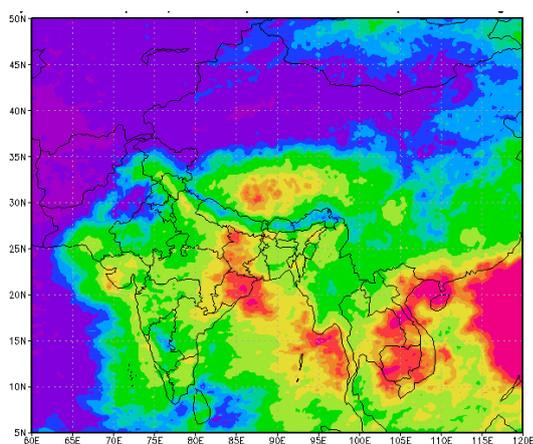


データポイント数	61064
相関係数	0.86
RMS誤差 (mm)	15.28
偏り (mm)	1.12
TRMM-3B42の平均値 (mm)	10.68
本研究スキームの平均値 (mm)	11.80
検出確率 (POD)	0.72
誤警報率 (FAR)	0.25
Heidkeの技術得点	0.23

図17 0.25×0.25度グリッド内におけるTRMM-3B42V6と本研究のスキームでの日降雨間
の関係。

さらに、本研究スキームの性能を評価するために、これとAPHRODITE (V1003) プロダクト (APHRO_MA_V1003) とを比較した。図18 aおよび図18bはそれぞれ、本技術およびAPHRO_MA_V1003 2007年8月の月降雨を示す。図から、この期間中、モンスーンがインド全域を襲い、インド沿岸の南部および西部、ならびにインドの中央および北部に多量の降雨をもたらしたことが明らかである。この期間中、チベット高原も多量の降雨を経験した (図18a)。本技術から得られる降雨とAPHRO_MA_V1003は、僅かな例外はあるものの質的に合致している。インド地域の中央および北部における降雨の値は、両者とも同じ範囲内にある。

(a)



(b)

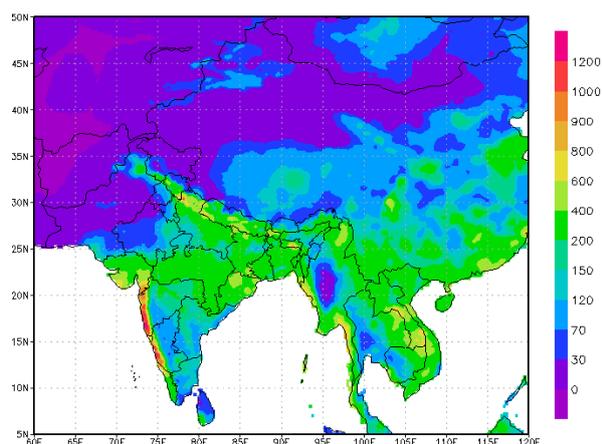
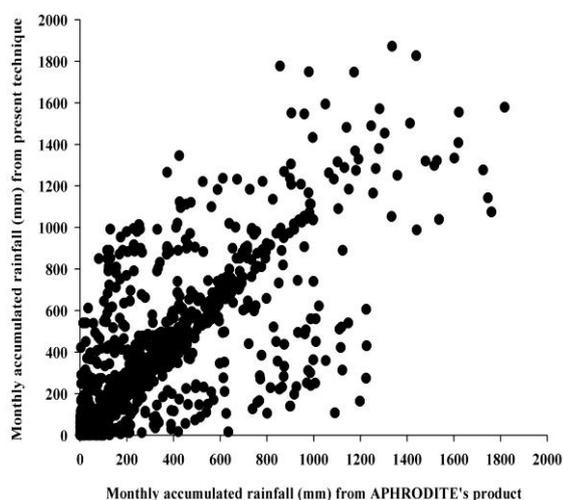


図18 0.25×0.25度のグリッド内における2007年8月の月積算降雨 (mm) (a)本技術によって得られた結果 (b)APHRODITEプロダクト (APHRO_MA_V1003)。

南および西側沿岸全体における降雨は、APHRO_MA_V1003が本研究より大きい値を示すが、チベット高原全域の降雨はAPHRO_MA_V1003の観測値より本技術の方がはるかに大きい。

図19は調査域内（北緯5-50度および東経60-120度）の0.25×0.25度グリッド内における本研究のスキームで得られた降雨とAPHRO_MA_V1003との間の関係を示したものであり、表5はそれらの統計値を示したものである。ここでは、2007年の1月、7月および9月における、12645個のデータポイントについて両者を比較した。観測された結果から、本技術で得られた降雨とSPHRODITE's観測値から得られた降雨の相関係数は0.68、RMS誤差は172.56、偏りは23.75、検出確率(POD)は0.71、誤警報率(FAR)は0.37、技術得点は0.24であることが分かる。これらの統計値から、本技術はAPHRO_MA_V1003と一致するものの、わずかな過少および過大概算値を補正することが可能であることは明らかである。

表5 図19の2データセット間の統計関係



データポイント数	12645
相関係数	0.68
RMS誤差 (mm)	172.56
偏り (mm)	23.75
APHRODITEの平均値 (mm)	179.86
本研究スキームの平均値 (mm)	203.61
検出確率 (POD)	0.71
誤警報率 (FAR)	0.37
Heidkeの技術得点	0.24

図19 0.25×0.25度グリッド内におけるAPHRO_MA_V1003と本研究のスキームでの降水量の関係。

最後に、本技術から得られた日積算降雨を0.25×0.25度グリッドで測定したインド全域における雨量計観測値と比較し、その有効性を確認する。このために、2007年の6月17-25日、9月12-17日、2008年の7月16-21日、8月7-11日、11月19-21日、および2009年の3月1-5日、5月18-24日における本研究スキームおよび雨量計観測値の1371個におよぶ空間的および時間的データポイントについて考察した。図20はそれらの関係の分布図、また表6はその統計値である。両者は、相関係数(R)が0.77、RMS誤差が27.14mm/日、偏りが2.71mm/日、検出確率が0.83、誤警報率が0.34、技術得点が0.29である。

表6 図20のデータセット間の統計値

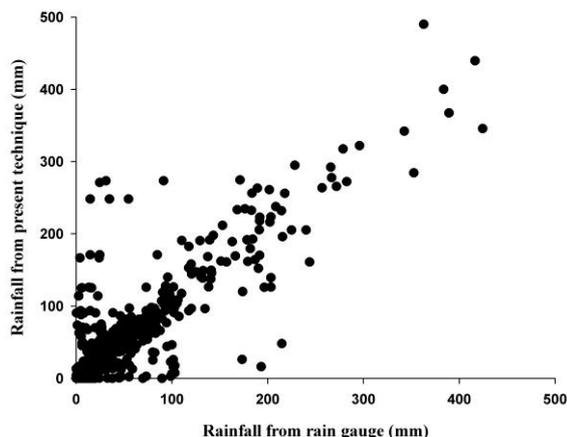


図20 0.25×0.25度グリッド内における本研究スキームと雨量計による降水量の関係。

データポイント数	1371
相関係数	0.77
RMS誤差 (mm)	27.14
偏り (mm)	2.71
雨量計の平均値 (mm)	24.06
本研究スキームの平均値 (mm)	26.77
検出確率 (POD)	0.82
誤警報率 (FAR)	0.34
Heidkeの技術得点	0.29

2) 要約と結論

本研究は、2007年から2010年に、南アジア（南緯30度 - 北緯50度、東経40 - 120度）における0.25×0.25度の空間解像度での（日積算）降雨プロダクトの開発について述べた。降雨率は雨量計と複数センサー衛星の観測値を併合して得た。地上での観測値および他の衛星降雨プロダクトを用いて、検証および統計解析が行われた。雨量計による検証および他の降雨プロダクトとの比較により、降雨の概算を行うための本アプローチは、非常に高い精度で南アジア全域における降雨を推定できることが分かった。研究を目的とする場合には、例えば「アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成 (APHRODITE)」 (Yatagai et al., 2009) による雨量計に基づくプロダクトおよびTRMM-3B42 V6GPCPV2、米国気候予報センターモーフィング技術 (CMORPH) (Joyce et al., 2004)、「衛星による高精度高分解能全球降水地図の作成」(GSMaP) (Kubota et al., 2007) など、いくつかの降雨プロダクトが利用できる。雨量計に基づくプロダクトは海洋域に関する情報を提供しないが、一方上述のその他の地球規模の降雨プロダクトは、極性化修正温度 (PCT)、分散指数 (SI) (Ferraro & Marks, 1995)のような、地域および季節によって変異する代理変数に基づく降雨概算値に依存しており、南アジア全域には機能しない (Mishra et al., 2009b) ので、これらの降雨プロダクトは南アジア地域全体では上手く機能しない可能性がある。雨量計、地域分散指数を用いるマイクロは観測値、および南アジア地域用に開発された地域特有なマイクロ波調整赤外線観測値に基づく本研究の降雨プロダクトは、研究を目的とする南アジアの陸地および海洋地域全域における降雨概算値を非常に上手く提示することができる

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

IRIM0の雨量計データにより、イランの0.25°×0.25度グリッドデータが向上した。これにより、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) のTRMM_3B42_V6を比較検証した。空間相関はおおむね0.7を超えておりザグロス山脈でのTRMMの見積もりはよいが、乾燥地域やカスピ海沿岸の相関は低いことが分かった。このことから雨量計によるデータと衛星の双方が早期警戒システムに必要であると示唆され

た。

フェローとの共同研究により、イランのグリッドデータの品質が向上した。熱帯降雨観測衛星 (TRMM) のTRMM_3B42_V6を比較検証した結果、空間相関はおおむね0.7を超えているが、乾燥地域やカスピ海沿岸の相関は低いことが分かり、今後の衛星による降雨推定に知見が役立てられている。また、雨量計と衛星の双方が早期警戒システムに準備されている。

中国の観測地点の日降水量データに、親課題 (APHRODITE) 解析システムを適用し、品質管理とグリッド化を行った。このグリッド値はTRMM_3B42プロダクトの評価、極端降雨の評価に適用され、関連する科学分野への応用に優れた適応性を示した。日気温データはMASHシステムにより検出・均質化され、生の時系列よりも空間的に整合性のある長期気候トレンドを示した。

複数の衛星資料と雨量計データを用いて南アジアの海上および陸上の降水データを作成した。陸域のデータの品質がよいため、南アジアのモンスーンシステムの解析や、予報などの応用に本データは用いられる。

(2) 地球環境政策への貢献

我々の作成したデータにより、さまざまな時間スケールでの空間的な降水量のモニタリングが可能になった。このことにより、イランの旱魃や洪水の発生時期のリスクを診断することが可能になるので、イランの早期警戒システムの構築に貢献した。将来的には、気温や湿度などのグリッドデータを作成し、温暖化など気候変化の兆候の診断につとめ、総合的なイランの環境モニタリングにつとめる。

東アジアの日降水量および日気温の正確な記述は、気候と環境の変化および長期変動の理解を深めるために絶対不可欠である。それゆえに、本研究の結果は科学的調査において必須であるだけでなく、環境政策をより信頼のおける気候データに基づいた理論的なものにするよう貢献する。

我々が、イラン、中国、インドの若手研究者を受け入れ、グリッドデータ作成を共に実施したことにより、イランの早期警戒システム構築、中国の過去と現在の気温降水量の精密な変動評価、南アジアの海陸を通じてのモンスーン降水解析と予報が可能になった。これらは、短期予報、温暖化影響を含む長期 (季節) 予報の精度を向上させ、環境政策をより信頼のおける気候データに基づいたものにするよう貢献した。

6. 引用文献

- Ferraro, R.R. and G.F. Marks, 1995 : The development of SSM/I rain rate retrieval algorithms using ground based radar measurements, *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **12**, 755-770.
- Huffman, G. J., R. F. Adler, D. T. Bolvin, G. Gu, E. J. Nelkin, K. P. Bowman, Y. Hong, E. F. Stocker, and D. B. Wolf, 2007 : The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales, *J. Hydrometeor.*, **8**, 38-55.
- Iguchi T, T. Kozu, R. Meneghini, J. Awaka and K. Okamoto ,2000: Rain profiling algorithm for the TRMM Precipitation Radar, *J. Appl. Meteor.*, **39** (12), 2038-2052.
- Javanmard, S., 2006: A Review Drought Early Warning Forecasting Systems in Iran (The Gap Between Current Status & What Needs to be Done) , FAO project report, Ministry of Jihad-e Agriculture, I. R. of Iran, 1-102.

- Joyce R., J. E. Janowiak, and P. A. Arkin, P. Xie ,2004: CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. *J. Hydrometeorol.*, **5**, 487-503.
- Kubota, T., S. Shige, H. Hashizume, K. Aonashi, N. Takahashi, S. Seto, M. Hirose, Y. N. Takayabu, K. Nakagawa, K. Iwanami, T. Ushio, M. Kachi, and K. Okamoto,2007: Global Precipitation Map using Satelliteborne Microwave Radiometers by the GSMaP Project, *IEEE Trans. Geosci. Rem.Sen.*, **45**, 7, 2259-2275.
- Li, Q., H. Zhang, J. Chen, W. Li, X. Liu and P. Jones, 2009: A Mainland China Homogenized Historical Temperature Dataset of 1951–2004. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **90**, 1062–1065.
- Li, Z. and Z. W. Yan, 2009: Application of multiple analysis of series for homogenization (MASH) to Beijing daily temperature series 1960-2006, *Adv. Atmos. Sci.*, DOI: 10.1007/s00376-009-9052-0.
- Li, Z. and Z. W. Yan, 2009: Homogenized China Daily Mean/Maximum/Minimum Temperature Series 1960-2008, *Atmos. Ocean. Sci. Lett.*, **2**, 1–7.
- Mishra A., R M. Gairola, A K. Varma, Abhijit Sarkar and V. K Agarwal, 2009a : Rainfall Retrieval over Indian land and oceanic regions from SSM/I Microwave data, *Adv. Space res.*, **44**, 815-823.
- Mishra A., R M Gairola, A K Varma and V K Agarwal, 2009b : Study of Intense Heavy Rainfall Events over India Using KALPANA-IR and TRMM- Precipitation Radar Observations, *Curr. Sci.*, **9**, 5, 689-695.
- Mishra A., 2011:Development of high-resolution gridded precipitation dataset over South Asia by combining multi-satellite and rain-gauge observations, EFF report, AIRIES.
- Rahman, S. H. D. Sengupta, and M. Ravichandran ,2009: Variability of Indian summer monsoon rainfall in daily data from gauge and satellite, *J. Geophys.Res.*, **114**, D17113, doi:10.1029/2008JD011694.
- Shepard, D., 1968: A two dimensional interpolation function for irregularly spaced data. Proc. 23d National Conf. of the Association for Computing Machinery, Princeton, NJ, ACM, 517–524.
- Szentimrey, T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 41, 27-46.
- Szentimrey T., 2008: The manual of Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary.
- WMO, 2002 :The drought in central and southern Asia. World Climate News, No. 20, January 2002, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 1-12.
- Xie, P., A. Yatagai, M. Chen, T. Hayasaka, Y. Fukushima,C. Liu, S. Yang, 2007, A gauge-based analysis of daily precipitation over east Asia, *J. Hydrometeor.*, **8**, 607-626.
- Yatagai A., P. Xie, P. Alpert, 2008, Development of a daily gridded precipitation data for the middle east, *Adv. Geosci.*, **12**, 165-170.
- Yatagai, A. O. Arakawa, K. Kamiguchi, H. Kawamoto, M. I. Nodzu and A. Hamada,2009 : A 44-year daily gridded precipitation dataset for Asia based on a dense network of rain gauges, *SOLA*, **5**, 137-140, DOI:10.2151/sola.2009-035.
- Zhao, T and A. Yatagai, 2010: Quality Control of Precipitation and Temperature Data in East Asia,

Global Environment Research Fund The Eco-Frontier Fellowship Fiscal Year 2009, 21-33

7. 国際共同研究等の状況

平成20年度EFFのSohaila Javanmardは、滞在中京都で開催されたGEOSS会合に参加したマニトバ大学（元GEWEX 国際プロジェクトオフィスdirector）のProf. Rick Lawford と干ばつモニタリングについての共同研究について打ち合わせた。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Javanmard, S., A. Yatagai, M. I. Nodzu, J. BodaghJamali, and H. Kawamoto (2010): Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran, *Adv. in Geosci*, **25**, 119-125.

<査読付論文に準ずる成果発表>（社会科学系の課題のみ記載可）

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

なし

(2) 口頭発表（学会）

- 1) Javanmard, S., A. Yatagai, H. Kawamoto, M. I. Nodzu and J. B. Jamali, 2009: Comparing high-resolution daily gridded Precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran, EGU General Assembly 2009, 21-26 April 2009, Vienna, Austria.
- 2) Javanmard, S., A. Yagagai, M. I. Nodzu, H. Kawamoto, J. B. Jamali, K. Kamiguchi and O. Arakawa, 2009: Improvement of daily gridded precipitation data using synoptic observation data over Iran, 日本気象学会2009年度春季大会、2009年5月28-31日、つくば
- 3) Zhao, T., A. Yatagai and Ailikun, 2010: Evaluation of reanalysis and TRMM products using a new gauge-based analysis of daily precipitation over China, Japan Geoscience Union Meeting 2010, Chiba, Japan.
- 4) Mishra, A. K., Gairola, R.M., A. and Yatagai, 2010: Observation of Indian summer monsoon-2010 using multi-satellite sensor approach, 日本気象学会2010年度秋季大会、2010年10月27-29日、京都
- 5) Mishra, A.K., A. Yatagai, A. Hamada and R. M. Gairola, 2011: Estimation of precipitation over Asia by combined use of gauge and multi-satellite sensor observations at fine scale, 91st American Meteorological Society Annual Meeting, Seattle, WA, 23-27 January 2011.

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）
なし

(5) マスコミ等への公表・報道等
なし

(6) その他
なし