

高解像度日降水グリッドデータ APHRO_JP の極端降水再現性に対する気候値の効果

Effect of Climatology on Reproducibility of Extreme Precipitation on APHRO_JP, Highly Resolved Daily Gridded Precipitation

安富奈津子・田中賢治・田中茂信

Natsuko YASUTOMI, Kenji TANAKA and Shigenobu TANAKA

Synopsis

APHRO_JP is highly resolved daily gridded precipitation dataset based on rain gauge observation. Spatial and temporal distribution of climatological precipitation affect the reproducibility of topographic precipitation since the ratio of station precipitation to the climatology is interpolated to calculate gridded products. In addition to AMeDAS observations, gauge observation compiled by Water Information System of MLIT is installed to the new analysis. New daily gridded precipitation product derived with new climatology is improved in distribution, frequency and magnitude of extreme precipitation.

キーワード: 極端降水, 地形性降水, 気候値, 日降水量グリッドデータセット

Keywords: extreme precipitation, topographic precipitation, climatology, daily gridded precipitation dataset

1. はじめに

近年、豪雨による土砂崩れや洪水、干ばつによる水不足や農作物への被害などをもたらす極端降水現象が、日本のみならず世界中で頻発している。衛星やレーダは広い領域の降水を面的に捕捉できるが、雨量計観測データを利用して補正して雨量の精度を向上させるため、地上観測の重要性は今も変わらない。偏在する雨量計データを格子点上に内挿計算して作成するグリッドデータは、描画や統計解析、長期変化傾向の解析が容易である。他の気象要素のみならず、防災情報や農業など多様な資料と併せた解析にも便利である。日本の複雑な地形や季節変化に影響される極端降水解析のためには、できるだけ時空間的に高解像度で品質の良いグリッドデータが望まれる。

日本域の高解像度(0.05度)日降水量グリッドデータ APHRO_JP(Kamiguchi et al., 2010, Yatagai et al.,

2012)は、気象庁のアメダスデータを用いたグリッド

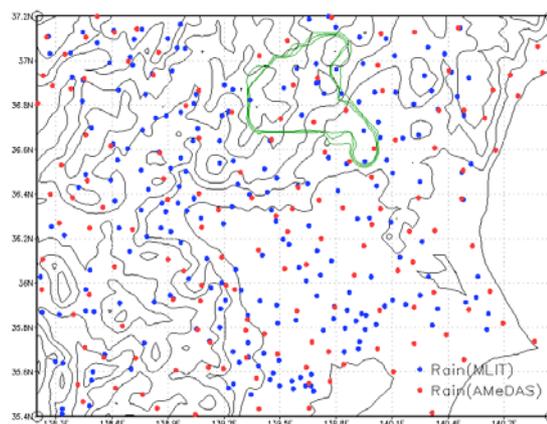


Fig. 1 Distribution of rain observatories in Kanto area; blue dots indicate stations installed by MLIT, red dots indicate AMeDAS stations. Green line indicates catchment area at Ishii of Kinu river.

データセットで、すべての観測データを利用したデータセットと、長期変化傾向の解析目的のため1900年から観測継続している地点のみを使用したデータセットの2種類が公開されている。

APHRO_JPでは、雨量計観測値を内挿計算してグリッド化する際に、気候値との比を内挿してグリッドデータを作成している。その手法によって、観測地点の密度が低く観測地点がないグリッドでも近傍の観測データと気候値分布から推計して地形性降雨を表現することができる。観測値を含むグリッドについては、ほぼその値に等しい値がグリッド値となるが、観測値を含まないグリッド値の精度は、周辺の観測地点密度と気候値の精度に依存する。そのため、より多くの観測データを使用することに加えて、気候値の精度を上げることもより良いグリッドデータ作成のために重要である。

日本では現在、気象庁のアメダス、国土交通省水管理・国土保全局が管理する水文水質データベース（以下MLITデータ；<http://www1.river.go.jp/>）の高密度の雨量計観測網が形成されている。APHRO_JPの2019年5月現在の公開プロダクトV1207R3は、気候値に国土数値情報平年値メッシュデータを用いて、アメダスデータを内挿計算して作成している。Fig. 1に関東地方の雨量計データの分布を示す。MLITデータはダム、河川上流域など中山間地域に比較的多くの観測地点が分布しており、アメダスで捕捉しきれない山地の極端降水が観測されている事例もあった。そこで、アメダスデータに加えてMLITデータも利用して気候値と日降水量グリッドデータを作成することで山地の局所降水の再現性が向上することが期待される。

2. APHRO_JPの内挿手法

APHRO_JPの内挿手法についてはKamiguchi et al., (2010) に詳細がある。基本の内挿計算手法は、以下のとおりである。

- ①グリッド地点近傍の最大8地点の観測値と気候値の比を求める。
- ②その比を距離重みつき関数を用いてグリッドに内挿計算する。
- ③内挿計算した降水量の比に気候値を掛けて、グリッド値を計算する。

距離重みつき関数には、相関距離関数 (CORDIST) と地形効果 (TOPO) をかける。CORDISTはグリッドごとにあらかじめ降水量の気候平均から定義し、平野部で長く、地形性降雨が卓越する場所では短い。TOPOは、観測地点とグリッドの間に標高差があり、グリッドの標高が観測地点より高い場合には距離重

みを大きく、また両者の間に山岳がある場合には距離重みを小さくする。TOPOは観測地点が少なく降水が平地より多い山岳部の内挿値を多く補正する効果がある。

3 使用したデータ

3.1 気象庁アメダスデータ

気象庁アメダスデータの気候値の作成にあたっては、1981年から2010年のデータを使用している。また日降水量グリッドデータ作成にあたっては2015年までのデータを用いている。アメダスの観測地点数は最大で1622、最少で1315である。観測地点密度を大幅に減らした場合の極端降水の再現性がどの程度かを調べるために、気象官署150地点(2000年以降に新設された空港官署を除く)のみを使用したグリッドデータも作成した。

3.2 MLITデータの品質管理

MLITデータは、防災と水資源管理を主な目的とした観測データセットであるため、即時性を重視しており気象庁のアメダスと比較して誤記録が多い。データベースの修正も行われているが、正確性が十分ではないため、以下のような品質管理を行った(田中ら, 2018)。1時間測定値で80mmを超過記録については、アメダスを含めた周辺の降水の有無から正誤を判断した。また、本来欠測値を入れるべきであるにも関わらず“0”が入力されたと考えられる地点がいくつか存在したが、本データだけでその真偽を自動判別することは難しいので、アメダスだけを用いて作成したAPHRO_JP_V1207R3の当該グリッドの月降水量値が10mm以上の場合について、MLITデータの月降水量が半分以下であるならば、その月のデータを全て欠測として処理することにした。水文・水質データベースからダウンロードした観測地点データのうち入力データがないものや、欠測値しかないものを除き何らかの有効データが存在する地点を選別すると2683地点となった。

4. 気候値の作成

気候値とグリッド値を作成するために用いた雨量計データとデータ期間をTable 1にまとめた。気候値と雨量計データの違いがグリッドデータの極端降水の表現にどのような差をもたらすのかを解析する。

現在公開中のAPHRO_JP_V1207R3は、インターネットで公開されている月平均の国土数値情報メッシュ気候値を0.05度格子に変換し、FFTフィルタリングで時間方向にスムージングして作成した日平均気候

値 (JP_MESH ; J) を使用している。月気候値をFFTフィルタリングして求めた日気候値は、少雨期の降水量が過多になる傾向がある。また、梅雨や台風など暦月と時間スケールが異なる現象の表現が十分でない。そこで本研究では、MLITデータを追加することにより山岳降水の表現を向上した日降水グリッドデータから、新しい日平均気候値 (APHRODITE気候値 ; T) を作成した。

APHRODITE気候値作成にあたって、MLITデータは2000年から2015年の16年の期間だけデータがあるので、MLIT入力増分(Δ MLIT)を以下のように計算する。

$$\Delta \text{MLIT} = \text{Clim}(\text{HJ}) - \text{Clim}(\text{AJ}) \quad (1)$$

ここで、Climは気候平均、HJ、AJはTable 1に示したテストプロダクトを意味する。計算は、平均期間(Δ MLITは2000-2015年)各日について平均値を計算し、21日移動平均を求めスムージングを施す。非閏年については、2月28日と3月1日の平均を2月29日の値として加えている。 Δ MLITのデータ期間は十分でないので、APHRODITE気候値を求める際には、1981年から2010年の30年間の気候平均のClim(AJ)を計算し

$$\text{APHRODITE気候値} = \text{Clim}(\text{AJ}) + \Delta \text{MLIT} \quad (2)$$

とした。

Table 1 List of interpolation experiments.

Name	Climatology	Input data	Data period
AJ	JP_MESH	AMeDAS	1981-2015
HJ	JP_MESH	AMeDAS+MLIT	2000-2015
LJ	JP_MESH	JMA selected stn.	2000-2015
AT	APHRODITE climatology	AMeDAS	1981-2015
HT	APHRODITE climatology	AMeDAS+MLIT	2000-2015
LT	APHRODITE climatology	JMA selected stn	2000-2015

4. 1 気候値データの特徴

国土数値情報メッシュ気候値は、1kmメッシュ地形に対してアメダスやレーダアメダスの降水気候値を計算したもので、細かい地形性降雨の分布もよく表現している。月平均として提供されているこの気候値を、解像度を0.05度に変換しFFTフィルタリング

Pave AphroClim-JP_MESH (Jun-Jan)

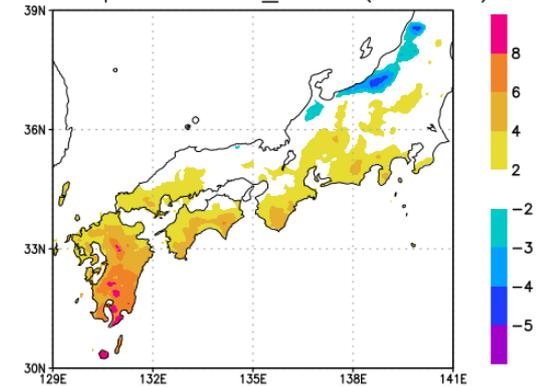


Fig. 2 Differences in monthly means of daily mean precipitation between June and January, between APHRODITE climatology and JP_MESH. Unit of precipitation is mm/day.

処理して日気候平均値を作成したのがJP_MESHである。

アメダス+MLITから作成したAPHRODITE気候値とJP_MESHの6月と1月の降水量の差をFig. 2に示した。これは2つの気候値の梅雨期と冬季の差を比較した図となっている。APHRODITE気候値は太平洋側・九州・瀬戸内などで梅雨期と冬季の差がJP_MESHよりも大きい。日本海側は1月の降水がAPHRODITE気候値のほうが多い。全体として、日気候平均値から作成したAPHRODITE気候値のほうが季節による降水の多寡をきちんと表現している。

5. 極端降水の再現性の評価

新しく作成したAPHRODITE気候値とJP_MESHを気候値としてグリッド計算したときに、極端降水がどう再現されるかを比較解析するために、テストプロダクトを作成した。観測地点をアメダスのみ(A), アメダス+MLIT(H), 気象庁官署(L)に対して、気候値をJP_MESH(J)とAPHRODITE気候値(T)を組み合わせ、AJ/HJ/LJ/AT/HT/LTの6種類グリッドプロダクトを作成した (Table 1)。

また、極端降水イベントの再現性を調べるために2009年8月8-11日の台風12号による集中豪雨、2015年9月9-11日の関東・東北豪雨の2つの豪雨について、各プロダクトの積算降水量を比較した。

2009年台風12号では集中豪雨によって兵庫県佐用町で20名の死者・不明者が出たほか、西日本を中心に各地で被害が発生した(気象庁, 2010)。また、2015年関東・東北豪雨では多数の線状降水帯が次々と形成され、関東地方で600mmを越す大雨となった。関東・東北地方各地で土砂災害、河川氾濫、浸水が発

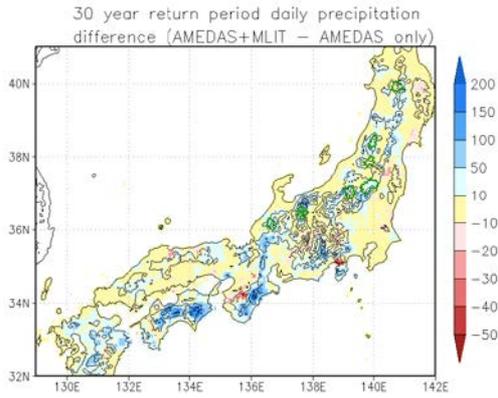


Fig. 3 Differences in 30 year level of return period daily precipitation between HJ and AJ. Unit is mm. (田中ら, 2018)

生し、死者8名、16,000戸以上の住家被害が生じた(気象庁, 2016)。

5. 1 観測地点密度による再現性の違い

Fig. 3は2000年～2015年の16年間の年最大日降水量を用いてグンベル分布を適用して求めた30年確率日降水量を比較したものである。このような降水量極値においても、太平洋沿岸域の強雨域などの大ま

かな分布の違いは見られないものの、両者の差を取ると、アメダスのみのプロダクトAJに対してMLITデータを追加することにより(HJ)、大きな場所で290mm以上もの差が出た。差は四国・紀伊半島、中部山岳地域などMLITデータによる観測地点の多い場所で大きい。APHRO_JPによる内挿計算では、距離重み付き内挿によって山地の降水量を増幅させる地形効果を導入しているが、実際の観測値の増加はそれを上回る効果があることがわかる。

さらに、観測地点密度を大きく変えることによって、極端降水の再現性がどのように変わるのかを比較するために、多くの観測データを使ったHJ/HTとその20分の1に満たない官署データのみ使ったLT/LJを比較した。

Fig. 4は2009年8月8-11日の各プロダクトの積算降水量を示している。観測地点数が十分にあるHJとHTでは降水分布に顕著な差はない。150地点の官署データのみで内挿計算したLJとLTでは、四国山地など観測のない場所についても、観測値と気候値の比を内挿計算することで気候学的に雨が集中する場所にHT/HJよりも小さいが、同じ位置に強い降水が形成されることがわかる。官署データには兵庫県佐用町を含めて兵庫県中部の300mmを超す豪雨を観測した

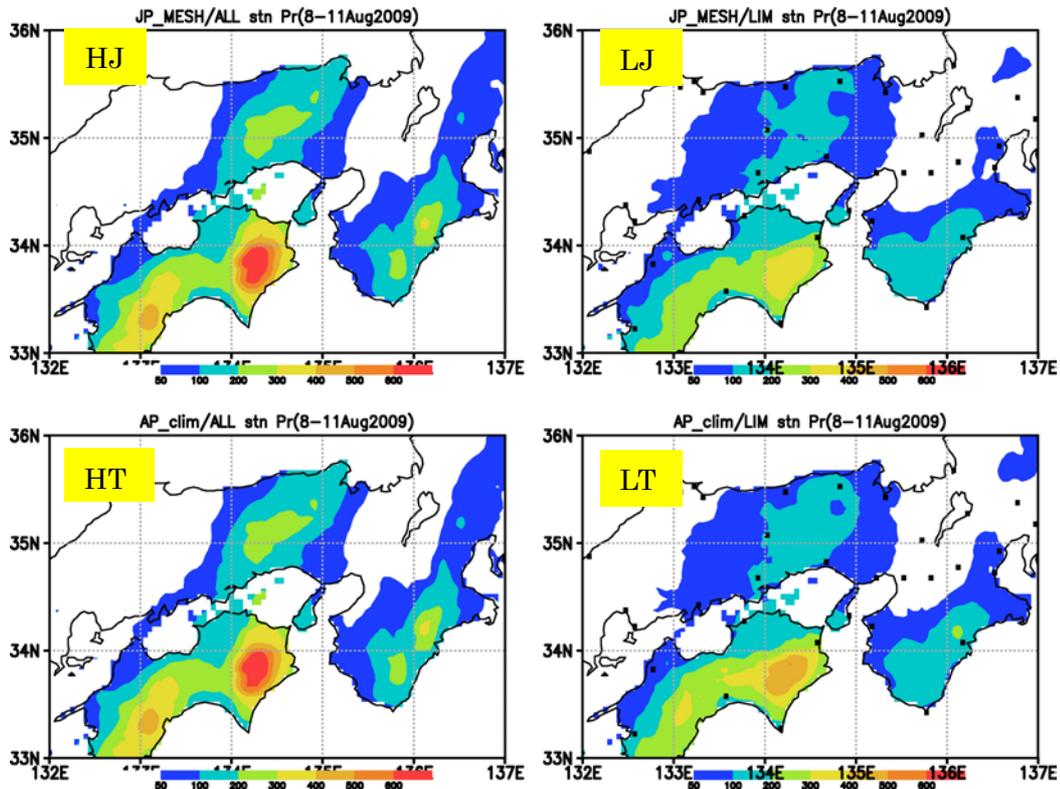


Fig. 4 Precipitation amount during August 8-11, 2009. Two characters in yellow box in each panel indicates the combination of the set of stations and the climatology listed in Table 1. Unit of precipitation is mm. Black marks in LJ and LT indicate location of stations.

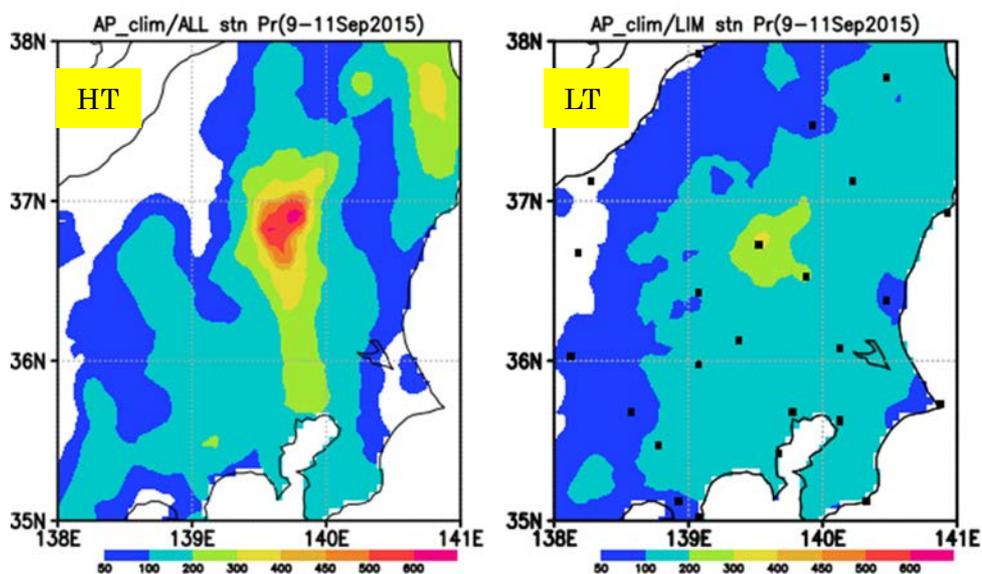


Fig 5 Precipitation amount during September 9-11, 2015. Two characters in yellow box in each panel indicates the combination of the set of stations and the climatology listed in Table 1. Unit of precipitation is mm. Black marks in LT indicate location of stations.

地点は含まれていないため、豪雨を示す降水が十分に表現できておらず、岡山・広島地方では反対にゼロの降水を観測した地点がないため内挿計算によって、降水量が過大になっている。

Fig. 5は2015年9月の関東・東北豪雨の期間積算雨量をHTとLTについて示している。関東平野の栃木県から東京湾まで線状に集中した降水分布は、地形性降水ではない事例であり、観測地点数が少ないLTでは再現できていない。Fig. 4の2009年8月の事例と同様に、観測地点がないために降水量が過大になっている地域(新潟など)もある。

気候値の比を内挿する計算手法は、観測地点密度が低い場合でも、地形性降水が卓越する場所についてはその降水分布を表現できる。しかし、地点密度が十分でないと、地形性降雨の絶対値は観測値がある場合と比較して小さい場合が多い。また平野部等での地形性でない極端降水は観測地点で捕捉されていない場合には表現できない。一方で、降水量が少ない地点の情報がないことで、内挿値に過大な降水が現れることもある。

5. 2 気候値による極端降水再現性の違い

JP_MESHとAPHRODITE気候値の2種類について、観測地点数が十分でないときの極端降水の表現がどの程度異なるかを比較する。アメダスとMLITデータによって高密度の観測値が入手可能な日本域についても、アメダスを運用開始する1976年以前には観測

地点が少ない。解析期間をさかのぼる、あるいは解析領域をアジアに広げる場合には、入力データ数が十分でないため、より極端降水を精度良く表現する気候値を作成することが重要である。

Fig. 4のLJとLTの降水分布を見ると、四国南東部の山地でLTの降水量が多いことがわかる。この地域に官署の観測地点はないため、気候値の分布がこのような違いをもたらしていると考えられる。

次に、各プロダクト全体の極端降水の値を比較するため、データ期間の各日のグリッド降水量の最大値の差を比較した。Fig. 6にLTとLJのグリッド降水量の最大値の差を示した。LTとLJで用いた観測地点は同じなので、観測地点を含むグリッドについては計算手法上、LTとLJで大きな差は生じない。Fig. 6に現れる差は、主に観測地点を含まないグリッドでの地形性降水による極端降水の表現の違いに起因すると考えられる。LT-LJが-30mmよりも小さい事例はなく、LTのグリッド最大値はLJよりも統計的に大きい傾向があることがわかる。

日降水量・気候値に山地の観測データが増加した影響を評価するために、現行公開プロダクト(AJ)とHTプロダクトの日降水量グリッド最大値の差を比較した。Fig. 7は2000年から2015年の日降水量最大グリッド値について、MLITデータを追加して新しい気候値を用いて作成した新しいプロダクトHTと現行公開プロダクトAPHRO_JP_V1207R3であるAJにおける差を示している。HT-AJがほぼ毎年最大100

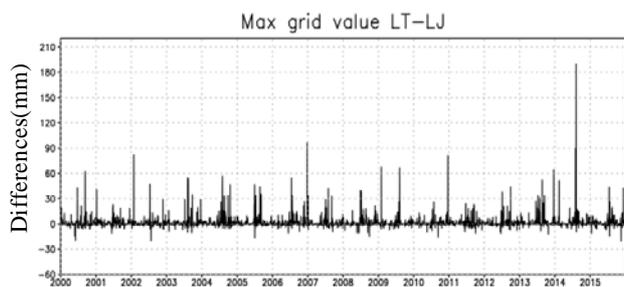


Figure 6. Differences between daily maximum grid value of LT and LJ during 2000-2015. Unit is mm.

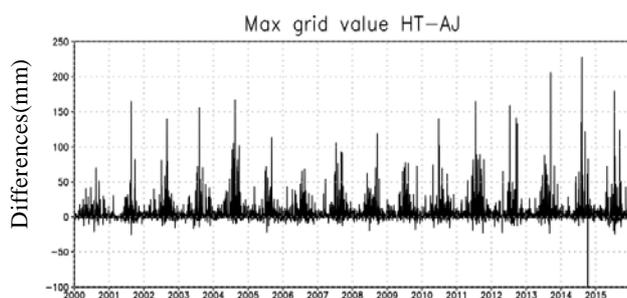


Figure 7. Differences between daily maximum grid value of HT and AJ during 2000-2015. Unit is mm. Minimum value in 2014 is -166.4mm.

mm程度となる日が存在し、200mmを越す日もある。HT-AJの負値の大きさと頻度に関しては、2014年10月に-166.4mmという極小値がある以外は、期間を通じて差は-30mmを上回る。2014年の最小値が現れた原因については、今後プロダクトを解析して考察する。全体の傾向としてグリッド最大降水量はHTが大きいことから、HTの極端降水がAJよりも多いことがわかった。

5.3 流域降水量を用いたデータ精度の検討

HTがAJと比較して、極端降水の出現頻度、あるいは降水量が増加していることが前節からわかったが、精度が改善しているのかを確認するため、広い領域での極端降水の表現と水収支を調べた。鬼怒川上流域(Fig. 1の緑線で囲んだ領域、基準点は国土交通省石井観測所)の降水量を計算した。また、関東・東北豪雨の起きた2015年について、同じ鬼怒川上流の川俣ダムの流域水収支を解析して、ダム流入量と比較してデータ精度を確認した。

Fig. 8に鬼怒川石井上流流域平均の3日降水量(年最大値と100mm以上のイベントのみ表示)の時系列を示した。AJデータについては1981年からの時系列を示している。概ねHTの降水量が大きい、2001年、2007年、2011年、2015年の特に大きな4回の降水イベ

ントについて、HTとAJの差が大きいことがわかる。

関東・東北豪雨のあった2015年9月について、川俣ダムの流域降水量と(ダム流入量+蒸発散量)の比を計算した(Table 2)。Table 2のWISとして示した流域降水量は、水文水質データベースにある流域平均降水量から計算している。蒸発散量は陸面過程モデルSiBUC (Tanaka, 2004) から求めた。降水が集中した9月6-15日の解析ではWIS, AJ, HTいずれも比が1.1を上回り、流域降水量がダム流入量と蒸発散量に比べて過多であるが、9月1か月について計算すると水収支の計算結果が大きく改善した。AJでは0.947と流域降水量が少ないが、HTでは1.02とWISの1.08よりも精度がよくなり、梅雨~台風期(6~10月)、通年(12月は欠測)いずれの場合もHTがもっとも1.0に近い値であった。山地での入力データ増と気候値の改良によって極端降水イベントの再現性が大きく向上することが広域の水収支解析からも明らかになった。

6. おわりに

気象庁のアメダスは精度の良い気象予報を運用するために最適な雨量計のネットワークを構成しているが、近年は山地の観測地点を閉鎖している。レーダや気象衛星の観測能力は大きく向上しているが、複雑な地形に集中する降水を精度良く観測するのは難しい面もある。

水文・水質データベースには、山地を中心として、土砂崩れ・洪水をもたらす河川流域に集中した観測データが収録されており、このデータをアメダスに追加してグリッド解析に利用することで、山地の極端降水を補完してさらに充実させることができた。気候値としては、月平均データから作成した現行APHRO_JPでも使用しているJP_MESHから、MLITデータによる山地の観測降水量を反映させて日気候平均降水量データのAPHRODITE気候値に変更することで、地形性降水の表現が大きく向上した。日降水量グリッドデータについても、MLITデータの入力によって極端降水の再現性が向上し、流域水収支の精度も向上することがわかった。APHRO_JPの新プロダクトは、アメダスデータとMLITデータを併用してグリッド化しており、双方の利点を大いに生かして極端降水の解析研究に利用可能である。

気候変動の解析や極端降水の極値解析には長期の精度良い資料が不可欠である。MLITデータのほか各地の行政機関等で未公開のまま管理されている雨量観測データについても広く利用可能になることが期待される。

謝 辞

本研究は環境省環境研究総合推進費（2-1602）の支援を受けて実施された。

参考文献

気象庁(2010): 平成21年度災害時自然現象報告書
 気象庁(2016): 平成27年度災害時自然現象報告書
 田中賢治・安富奈津子・田中茂信・樋口篤志・豊嶋
 紘一・谷田貝亜紀代 (2018): 日本域高解像度日降
 水量グリッドデータAPHRO_JPの改良, 水文・水
 資源学会研究発表会要旨集, pp76-77
 Kamiguchi, K., O. Arakawa, A. Kitoh, A. Yatagai,
 A. Hamada and N. Yasutomi (2010) :
 Development of APHRO_JP , the first Japanese

high-resolution daily precipitation product for
 more than 100 years, *Hydrological Research
 Letters*, 4: 60-64.

Tanaka, K. (2004): Development of the new land
 surface scheme, SiBUC commonly applicable to
 basin water management and numerical weather
 prediction model, *doctoral dissertation*, Kyoto
 University.

Yatagai, A., A. Kitoh, K. Kamiguchi, O. Arakawa,
 N. Yasutomi, A. Hamada. (2011): APHRODITE:
 Constructing a Long-term Daily Gridded
 Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense
 Network of Rain Gauges. *Bulletin of American
 Meteorological Society*, 93, 1401-1415,
 DOI:10.1175/BAMS-D-11-00122.1

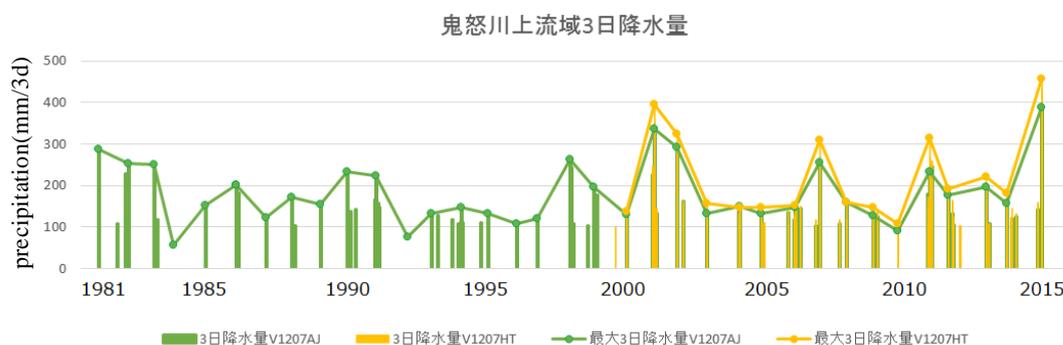


Fig. 8 3day-precipitation averaged over Kinu river catchment derived from V1207AJ (green) and V1207HT (yellow). Line and dots indicate annual maxima, bars indicate precipitation events over

Table 2 Water budget of Kawamata Dam catchment at Kinu river in different periods of 2015. Catchment precipitation (product WIS) and Dam inflow are referenced from Water Information System. Evaporation is estimated by SiBUC model calculation.

Products	WIS	AJ	HT	Dam inflow	Evap.
Period	(Catchment precip)/(Dam inflow + evaporation)				
Sep. 6-15	1.401663	1.180365	1.283658	277.7	35
Sep. 1-30	1.076875	0.94728	1.019114	376.1	100
Jul. 1-Oct. 31	0.90545	0.877653	0.93514	653.7	350
Jan. 1-Nov. 30	0.702018	0.738795	0.757795	1426.3	700

(論文受理日：2019年6月17日)