

研究課題番号: 2-1602

極端降水評価と気象解析のための APHRODITEアルゴリズムの改良

研究代表者: 谷田貝亜紀代 (所属: 弘前大学大学院理工学研究科)

研究実施期間: 2016年6月1日~2019年3月31日

累積予算額: 120,079,750円

背景

アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水グリッドデータの作成 Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources (APHRODITE)'s Water Resources

APHRODITE-1 FY2006-2011

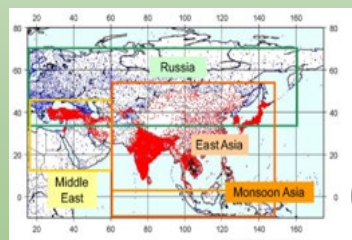
サブテーマ1 (総合地球環境学研究所)



サブテーマ2 (気象庁気象研究所)

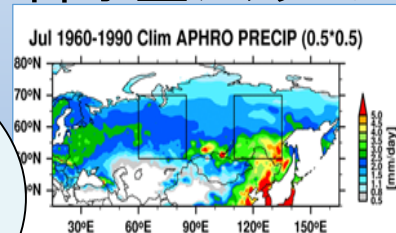


☆データ収集

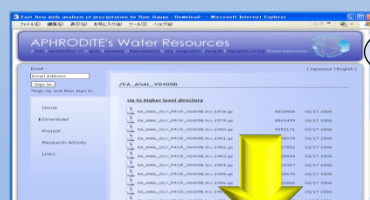


アジア各国
気象庁
キャピブル
PDsの招聘

☆日降水量グリッドデータの作成

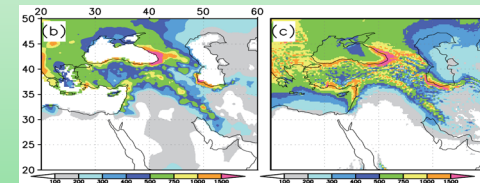


☆データ公開



ユーザー

☆解析プログラムと 検証ツール開発 ☆モデルの検証



第2期

☆気温データセット作成
☆雨雪判別付加
☆水循環解析への応用

第1期(平成18-20年度)

第2期(平成21-22年度)

アジアの水資源への温暖化
影響評価

第2期

☆内挿手法の改良
☆高解像度気候モデルの降水量
検証

- アジア各国の雨量計データを収集・グリッド化し公開
- 高解像度気候モデルの検証, 統計ダウンスケーリング等, 幅広い科学的用途に用いられている.
- 推進費事後評価 **A+**
- 論文被引用**2000回以上**, 2015年度水文・水資源学会「国際賞」受賞,

概要

②研究体制

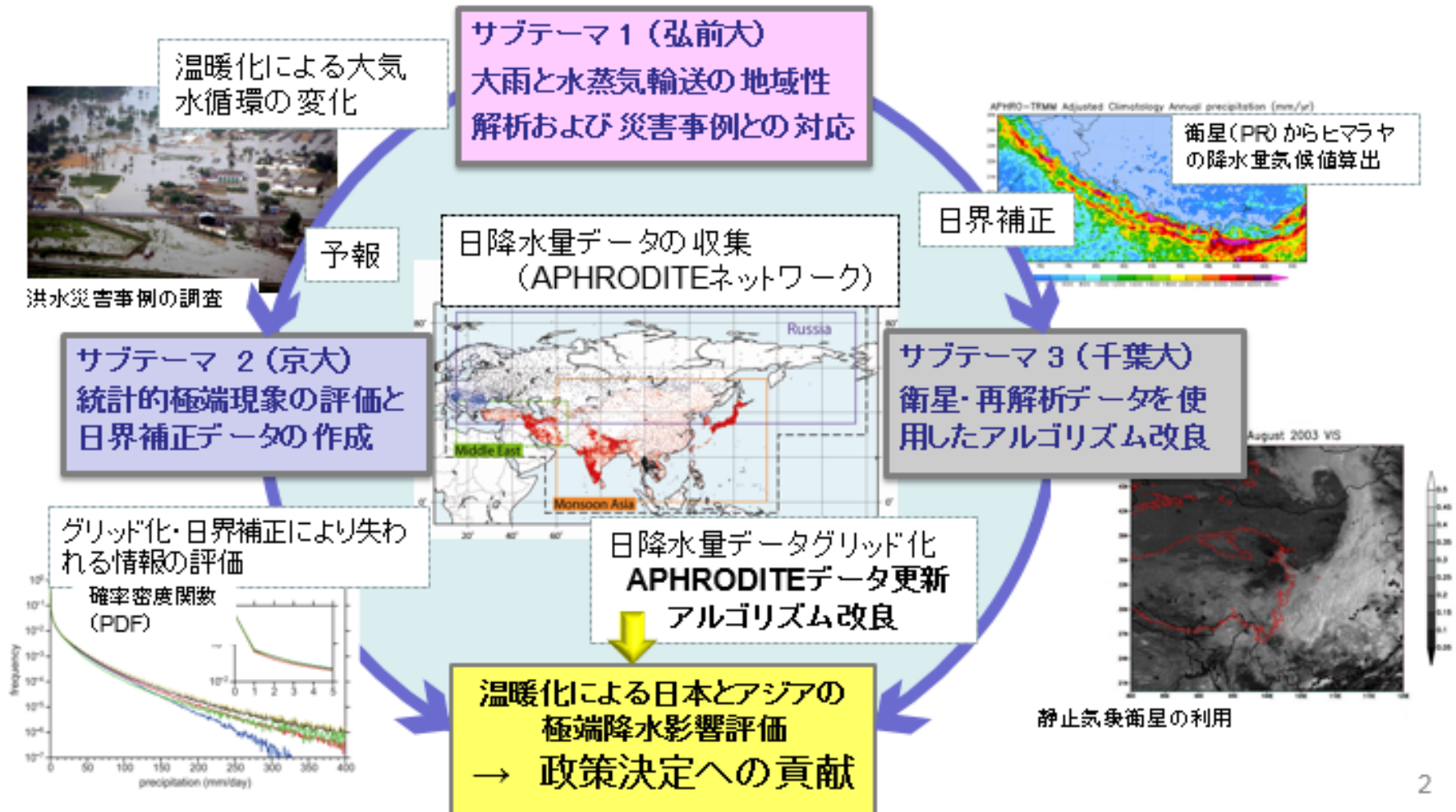
APHRODITE-2
FY2016-2018

極端降水評価と気象解析のための APHRODITEアルゴリズムの改良

Asian Precipitation – Highly-Resolved Observational Data
Integration Towards Evaluation (APHRODITE) of
the Extreme Events

問題点の1つ:
これまでのプロダクト
は、異なる日界のデー
タを混在させていた。
(出来るだけ多くの地
点を使う/解析期間を
通じて同じ手法)

・極端な値が滑らかな
値となってしまう?
・どの24時間の値か
わからず、衛星・数値
モデルのバイアス補正
に使用できない



極端降水現象の理解と適応策策定に貢献するため、また
気象気候（予報）改善に資するため、
APHRODITEアルゴリズムを改良し、データ更新を行う

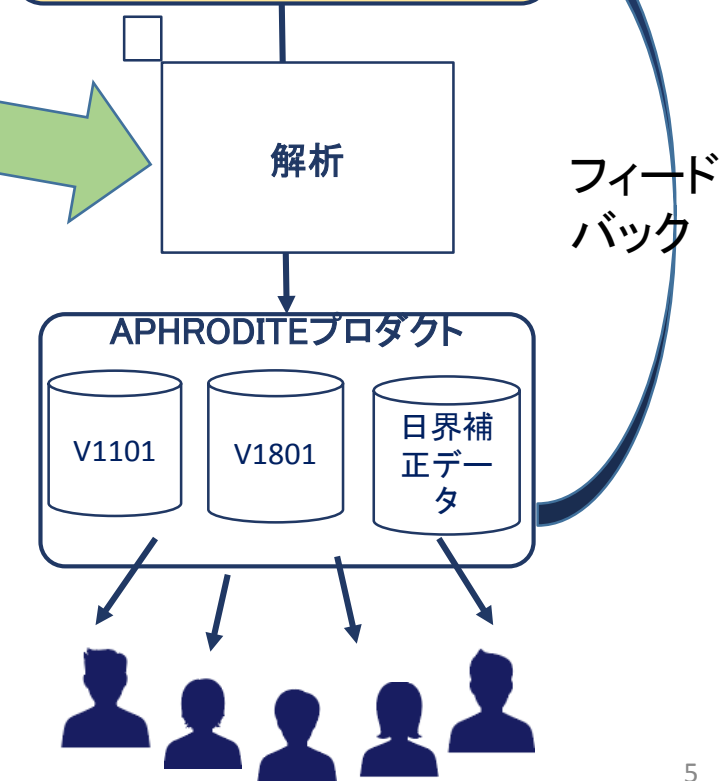
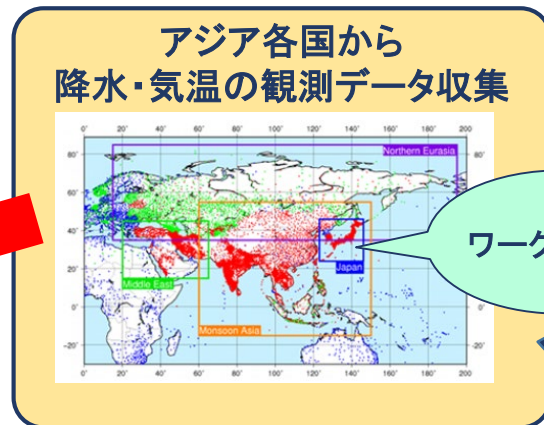
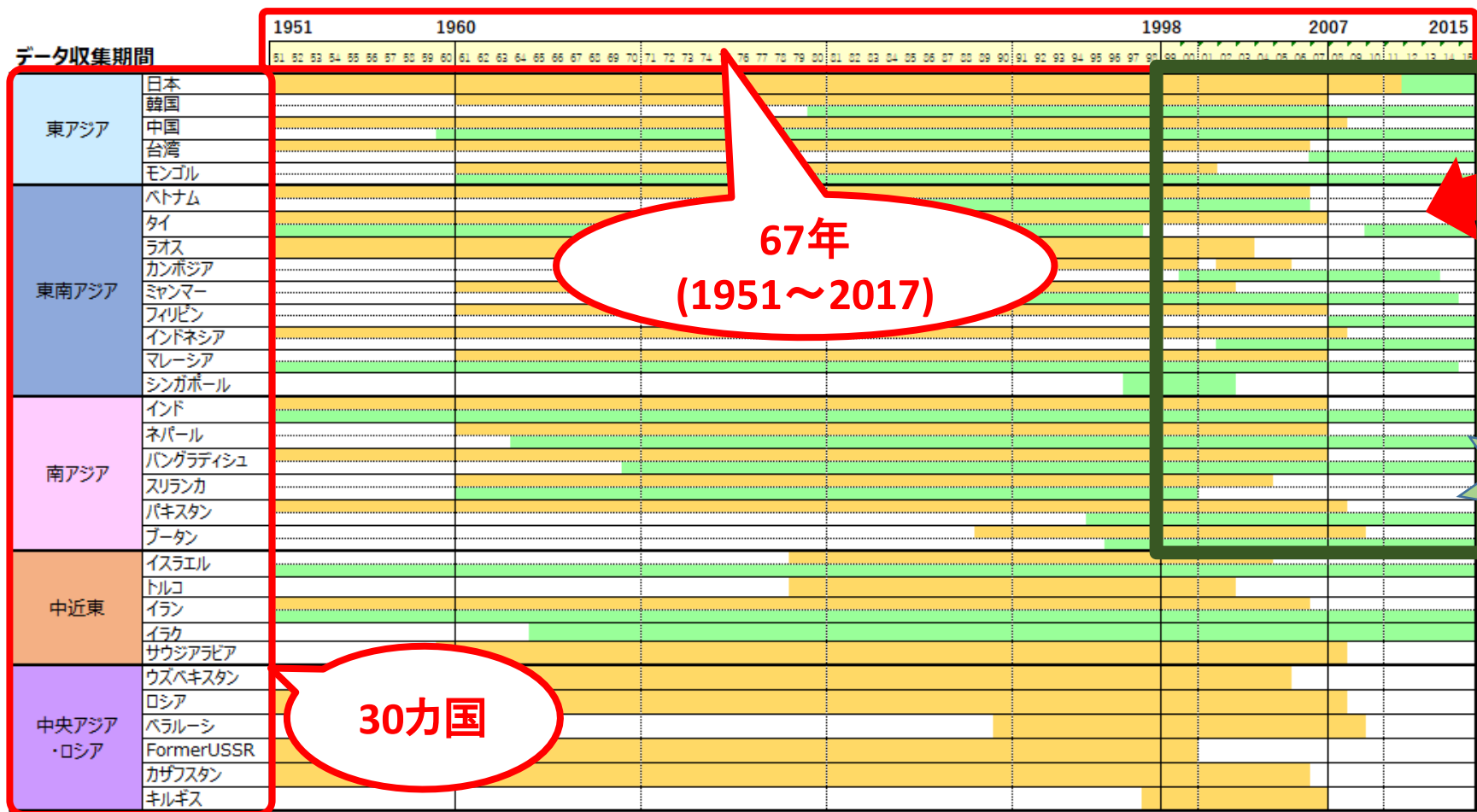
サブテーマ	機関・分担者
サブテーマ1 大雨と水蒸気輸送の地域性解析および災害事例との対応	弘前大学大学院理工学研究科 谷田貝亜紀代・野尻幸宏・石田祐宣
サブテーマ2 統計的極端現象の評価と日界補正データの作成	京都大学防災研究所 田中茂信・田中賢治
サブテーマ3 衛星・再解析データを使用したアルゴリズム改良	千葉大学環境リモートセンシング研究センター 樋口篤史・豊嶋紘一

なお、以降のスライドについて、④・⑤と付記する。

→ ④本研究により得られた主な成果（科学的・技術的意義等の観点から作成）

→ ⑤本研究により得られた成果の主な活用（環境政策への貢献等の観点から作成）

データ収集とワークショップ



ワークショップ（トレーニングセミナー）開催

- 千葉 WS ('17.8, 16名)
- カトマンズ(ネパール) WS ('17.11, 12名)
- 弘前 WS ('18.5, 5名)
- 弘前 WS ('18.8, 18名) (計14力国)

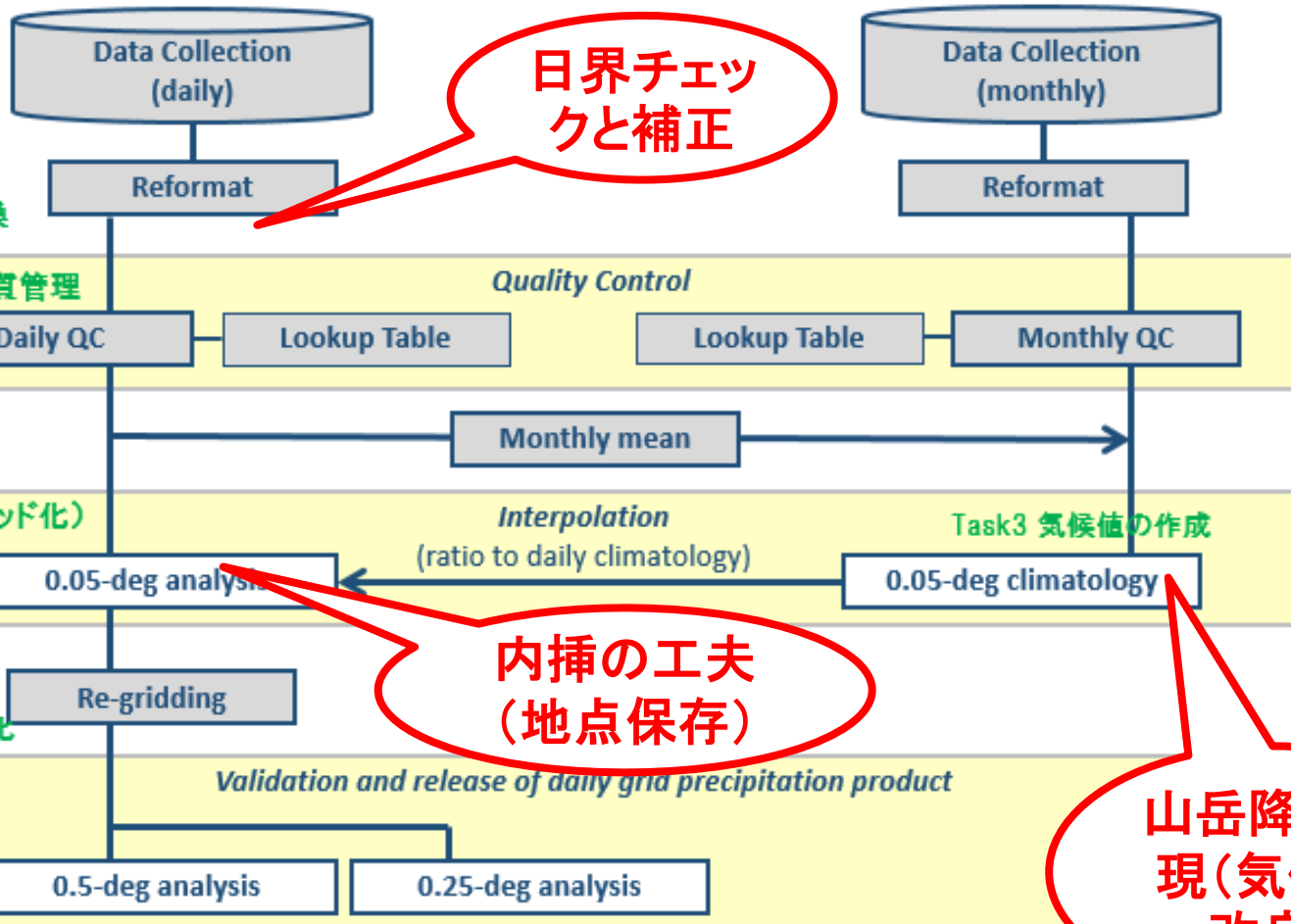
AP-Platに貢献

異常値か、記録破りの豪雨なのか？
データベース化
衛星との比較

QCの工夫

APHRODITE's Analysis Flow

日降水(地点)データ

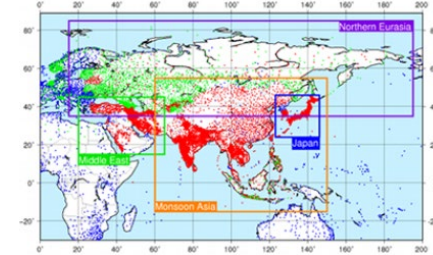


日界チェックと補正

内挿の工夫(地点保存)

山岳降水表現(気候値改良)

アジア各国から
降水・気温の観測データ収集



解析

APHRODITEプロダクト



0.25度・0.5度のグリッドデータを公開

方法

衛星を利用した日界チェックと補正

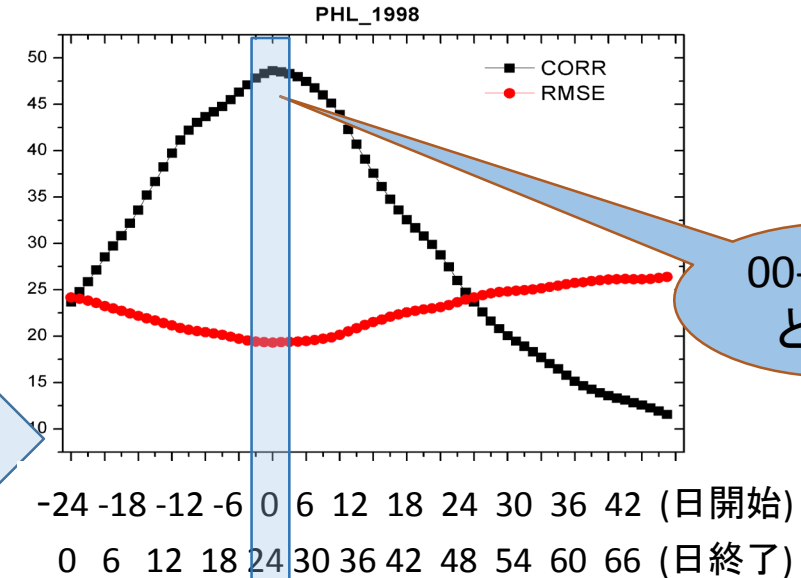
【問題点】これまでのプロダクトは、異なる日界のデータを混在させていた。

- 既存の衛星プロダクトを用い, APHRODITE 収集データ（雨量計データ）で日界が不明なものの判別を行う。

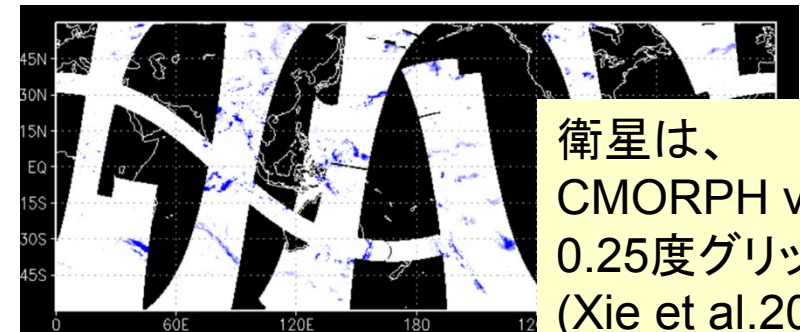
CMORPH1時間降水データから、1時間ずつずらした72通りの日降水データを作成し、雨量計値と相関・誤差を計算する。

- 異なる日界データを同一地域で混ぜないプロダクト作成（V1801R1）
 - 雨量計日雨量を衛星降水により分割し、00-24UTCのデータに統一（日界補正 V1901）
- ⇒ 日界を補正したAPHRODITEにより、衛星プロダクト補正、予報値の補正係数算出が可能に。
- ⇒ アジアの極端現象評価・予測に貢献。

フィリピン日界チェックの例



6時間で観測できる衛星カバー範囲



衛星は、
CMORPH v1.0
0.25度グリッドデータ
(Xie et al.2017)
を使用

衛星 (CMORPH 時別値) により日界を判定した。世界気象通信システム (GTS) データも00UTC区切りでなく、多くが記録された日付よりも、9～21時間前からの24時間積算であることがわかった。

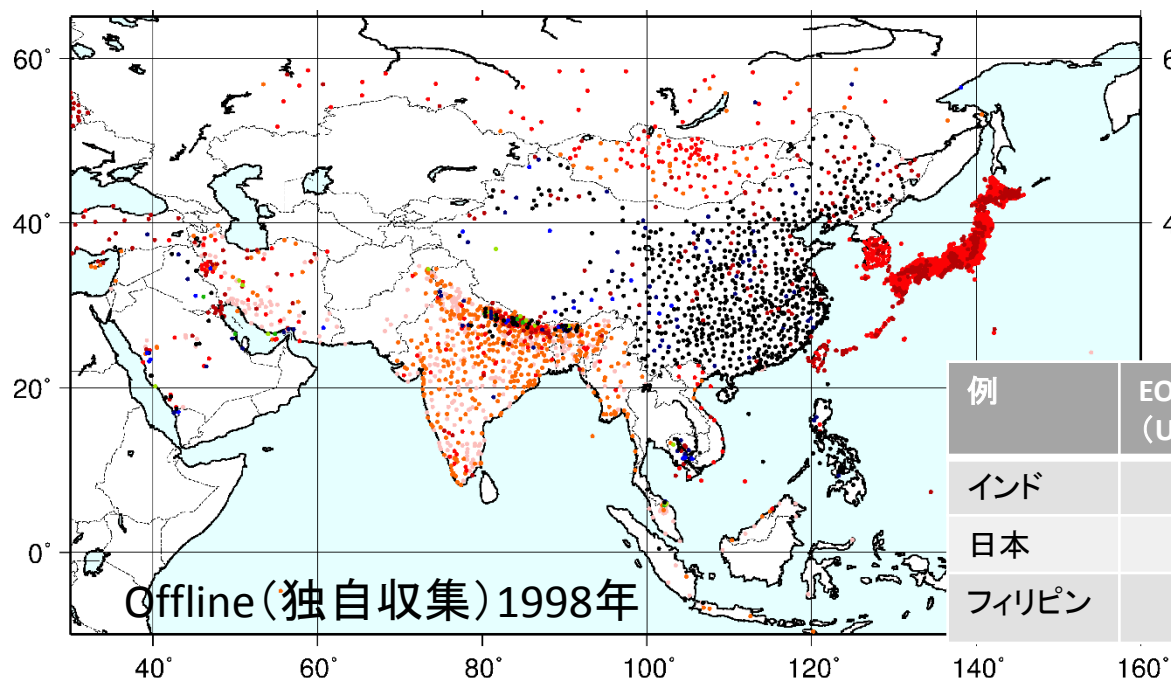
- ・ 同一国に異なる日界混在 (イラン、バングラデシュなど)
- ・ GTSとOfflineの日界が異なる (タイ、中国、モンゴル、ウズベキスタン、バングラデシュ、フィリピン、イラン、イスラエルなど)

サブ1: 衛星による日界の検出

同一地域で日界混在させないプロダクト (V1801)、日界補正プロダクト作成に活かされる (V1901)

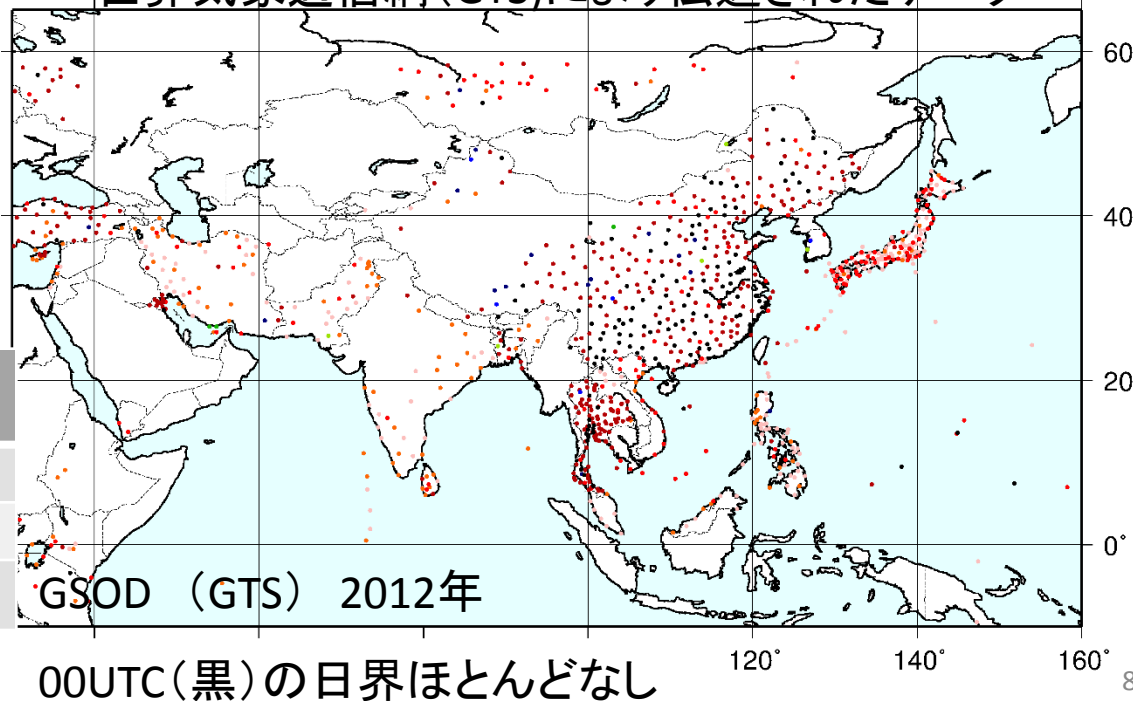
End of Day (EOD) UTC

～3 3～9 9～15 15～21 21～27 27～33 33～39 39～45 45～ UTC



例	EOD (UTC)
インド	5
日本	15
フィリピン	24

世界気象通信網 (GTS) により伝送されたデータ



成果④

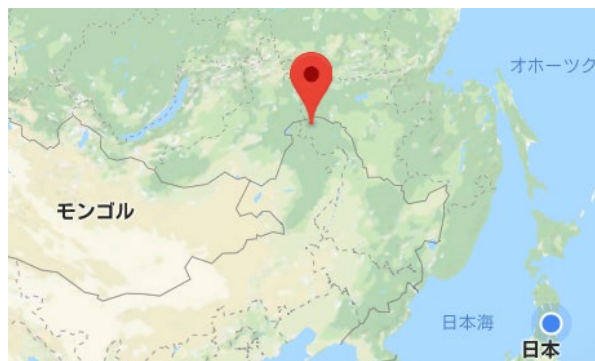
地点保存の効果とregridへの影響

再グリッド化

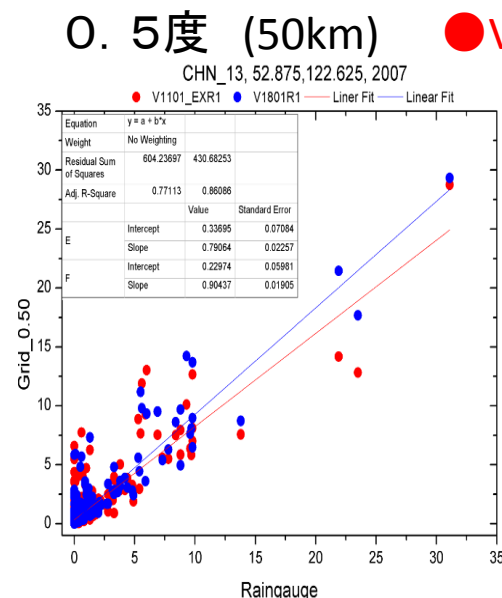
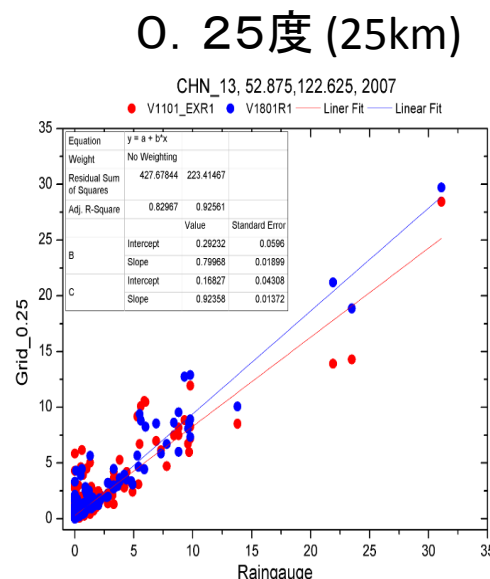
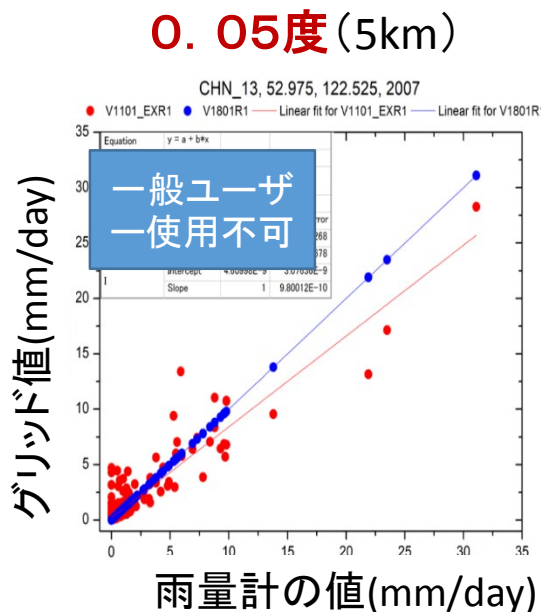
サブ1: 極端現象を表現する内挿手法開発

● V1801R1

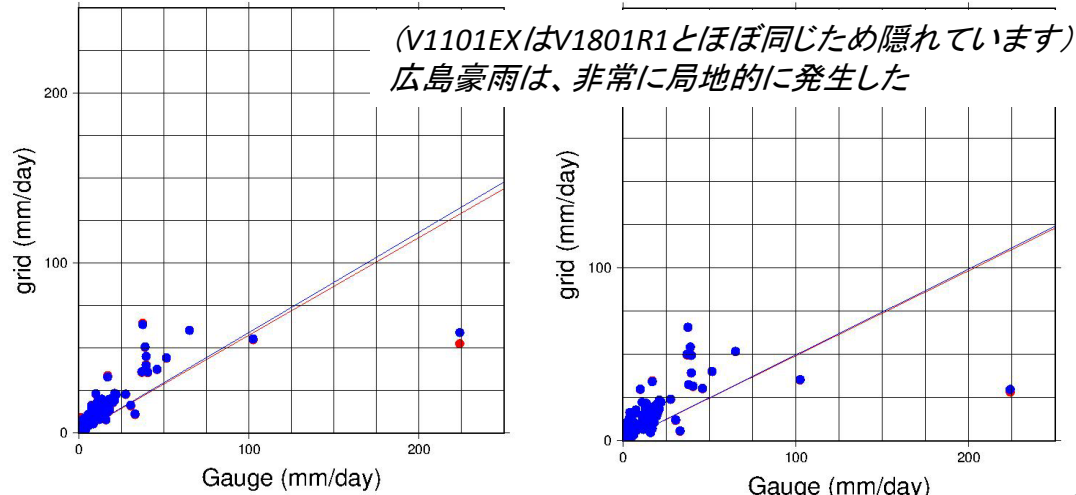
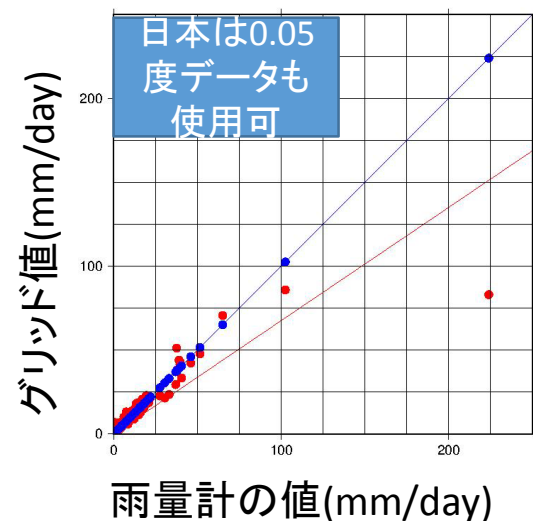
● V1101EX



中国東北部の例(2007年1年分)



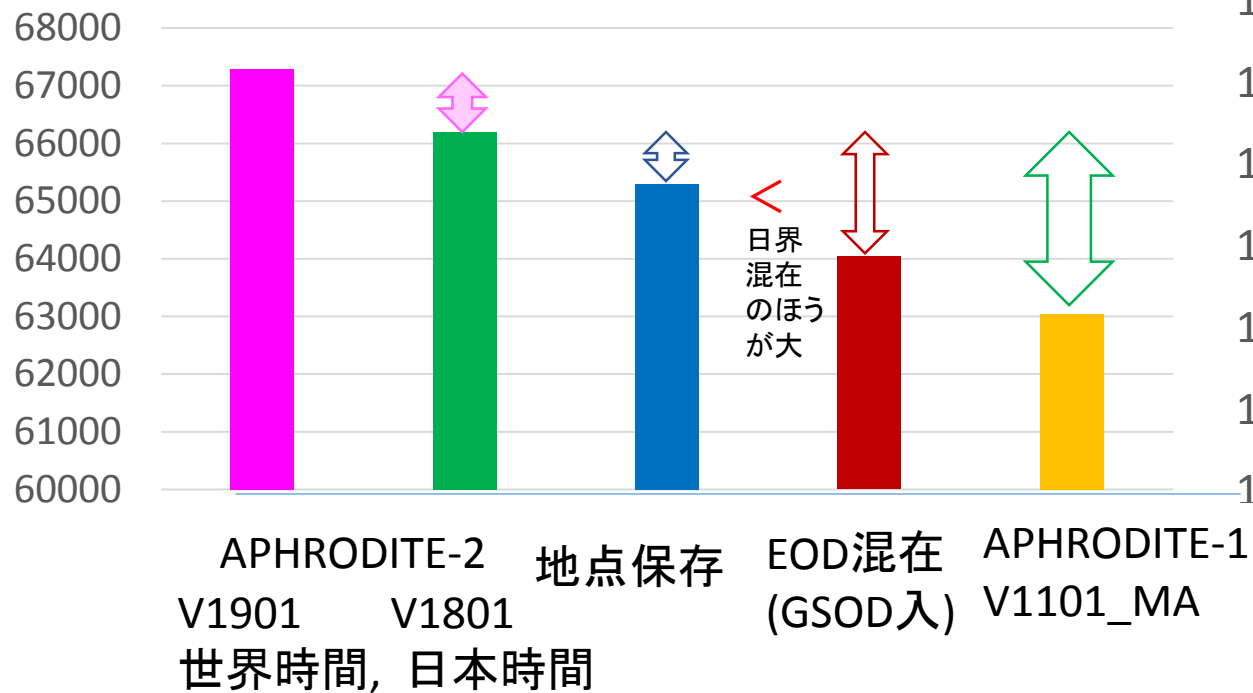
広島豪雨(2014/8/19)の発生した三入 (2014年1年分)





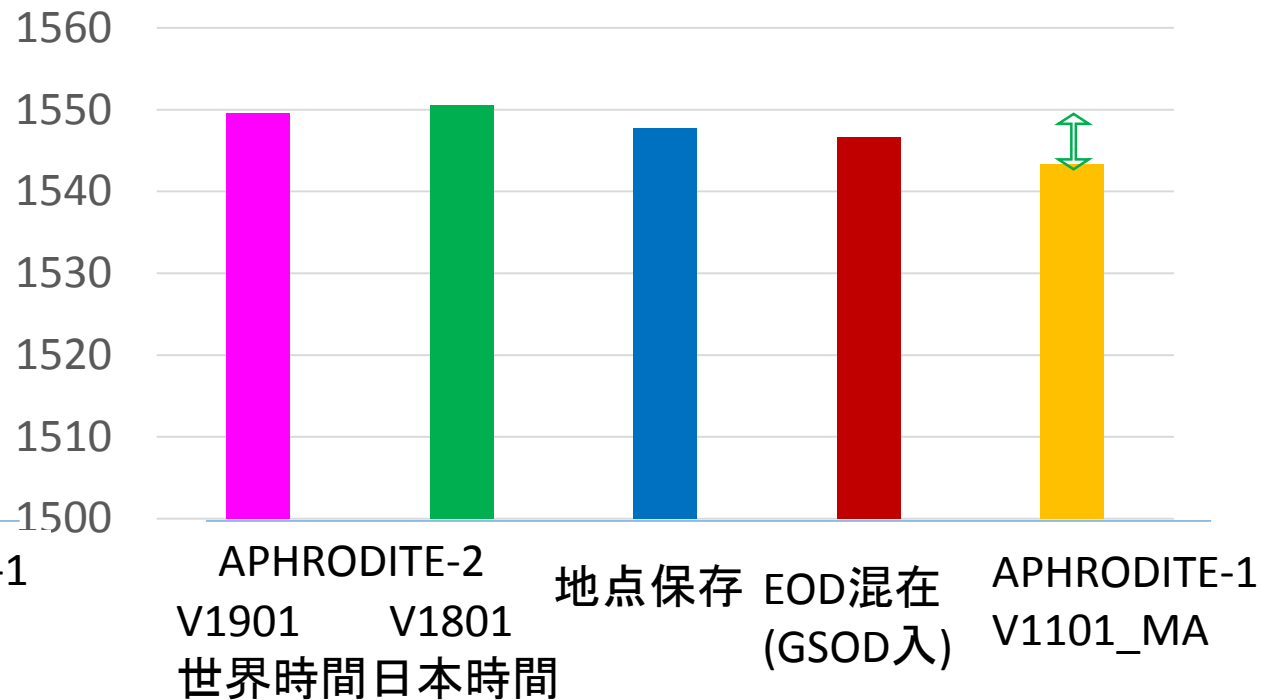
地点保存と日界区別の極端降水統計への影響(日本)

50ミリ以上の降水イベント数 (2005年の集計)



V1801では50ミリ以上の降水イベントが4.9%増加。
日界の異なるものの混在の影響は、3.5%で、
地点の値を保存させた影響は、1.3%。
世界時日界(24時->15時区切り)で、1.7%増加した。

日本全体年降水量(2005年)



日本平均、年降水量は、
V1801アルゴリズムで6.9 mm/year (0.4%)増加。
日界の異なるものの混在の影響は3.9mm (0.3%)で、
地点の値を保存させた影響は、2.8mm (0.2%)。

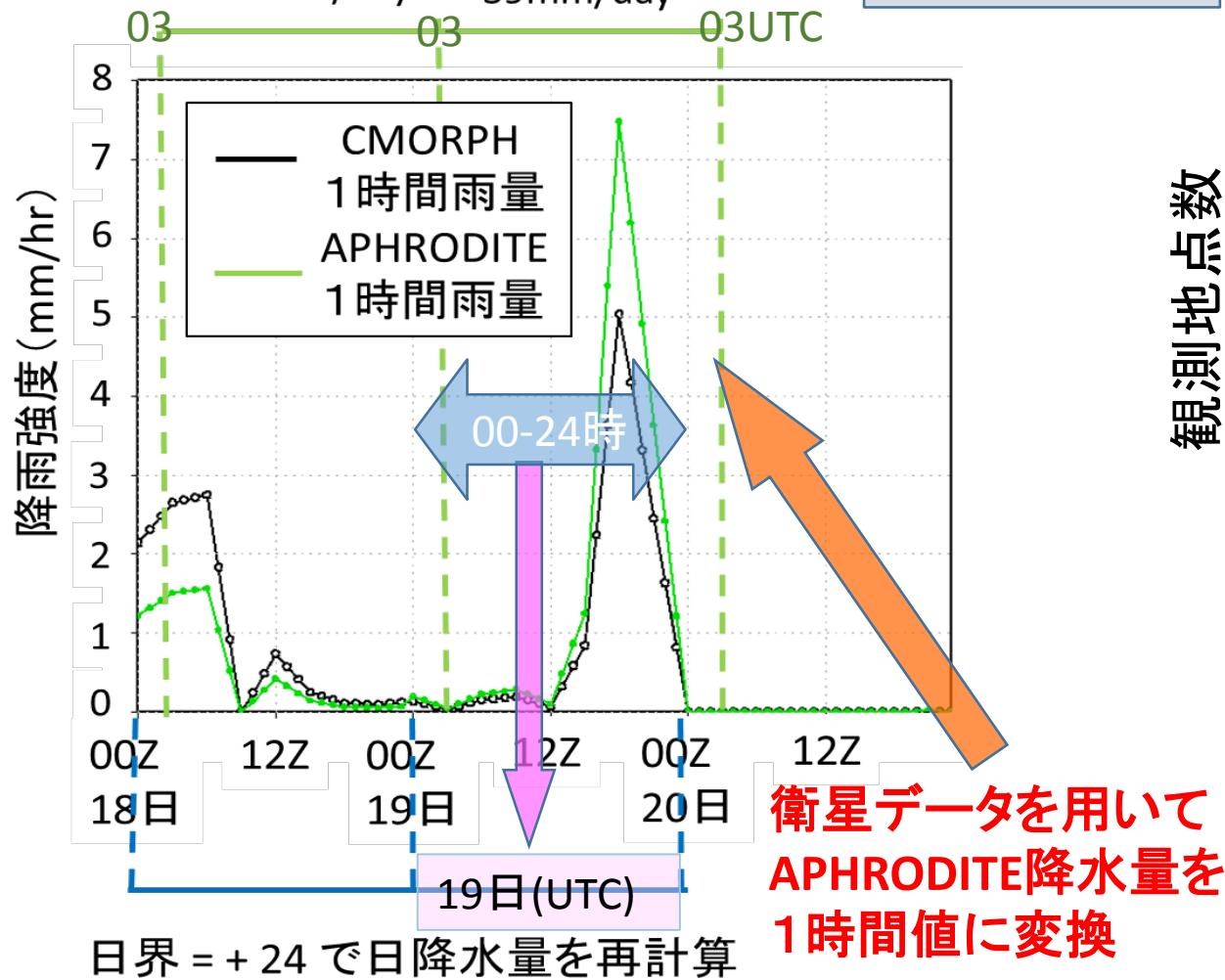
成果④⑤

衛星による日界補正・使用データ日界頻度分布

(例)インド (地点名)
x月19日 10mm
x月20日 39mm

日界 = + 3 の場合の日降水観測区間

10mm/day 39mm/day

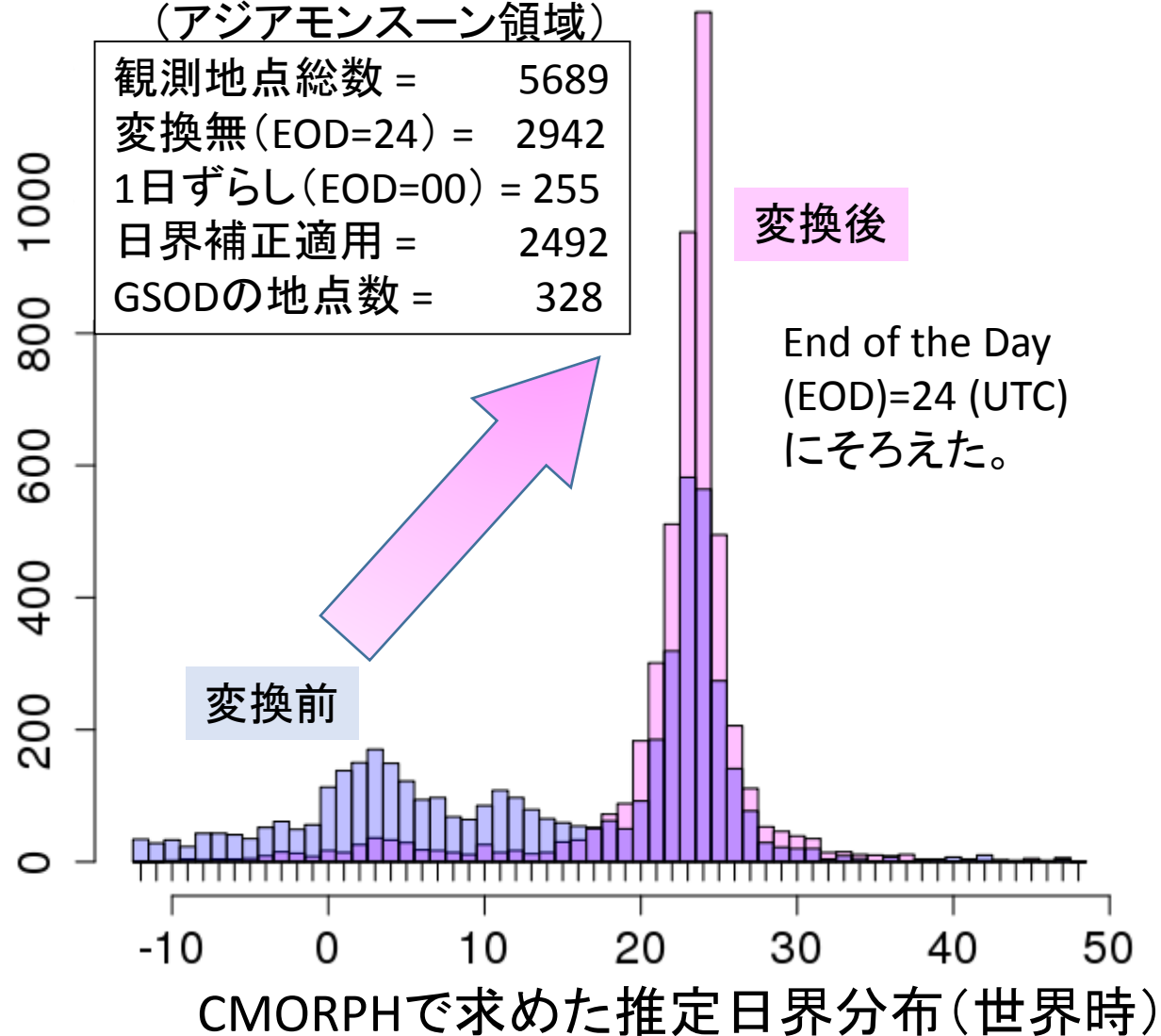


2010年の例

(アジアモンスーン領域)

観測地点総数 = 5689
変換無 (EOD=24) = 2942
1日ずらし (EOD=00) = 255
日界補正適用 = 2492
GSODの地点数 = 328

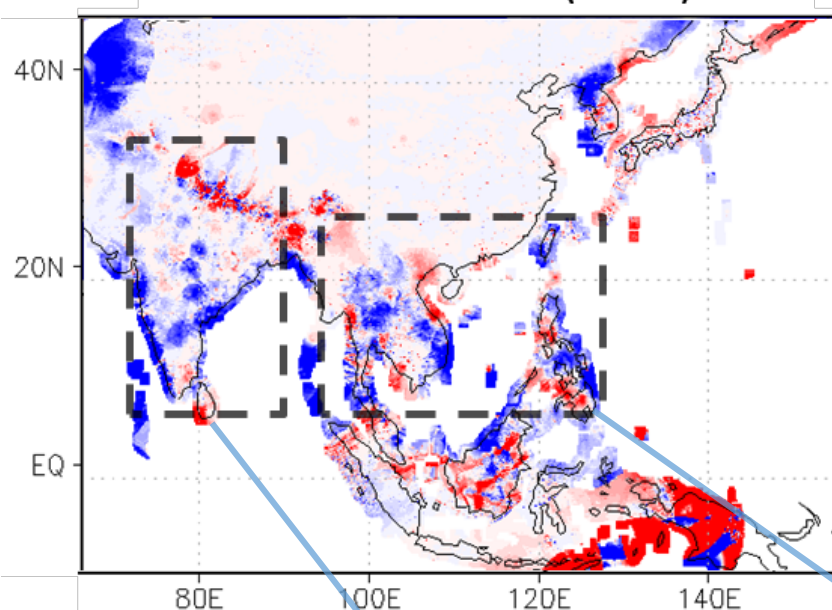
観測地点数



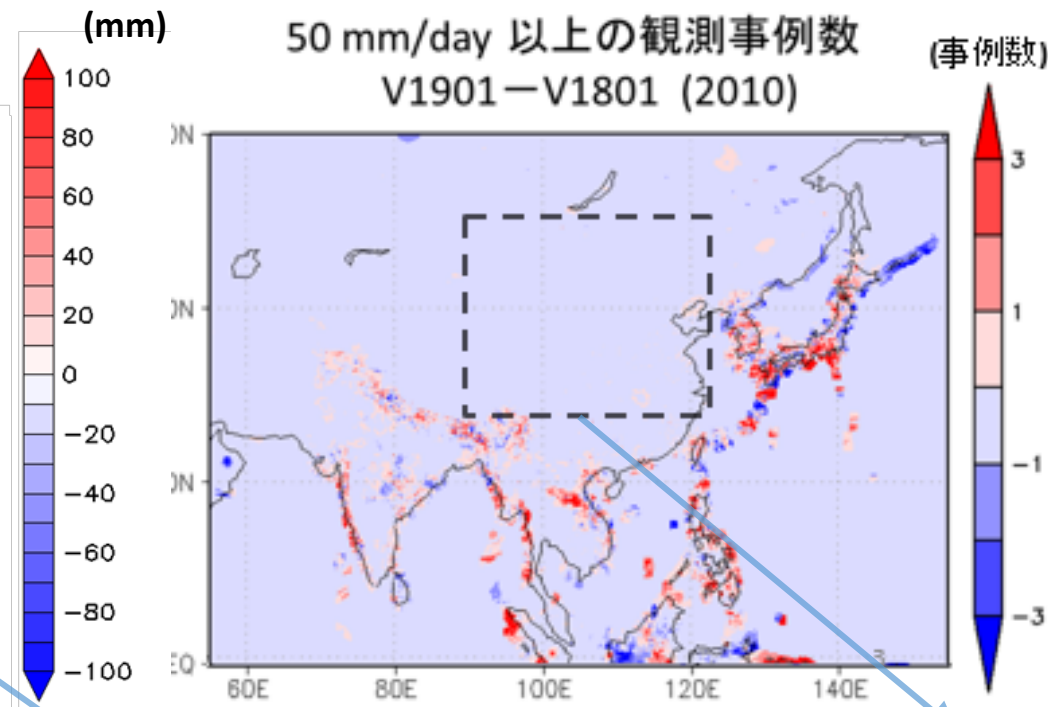
成果④⑤

日界混在、変換の極端降水統計への影響

年積算降水量の領域平均値
V1901-V1101 (2010)



50 mm/day 以上の観測事例数
V1901-V1801 (2010)



V1101, V1801, V1901総合的な違いを反映

・V1801⇔V1901は内挿ほぼ同じ。日界補正/0-24UTC計により

総降水量は変わらないが、
極端降水が増える地域
極端降水が減る地域

がある！

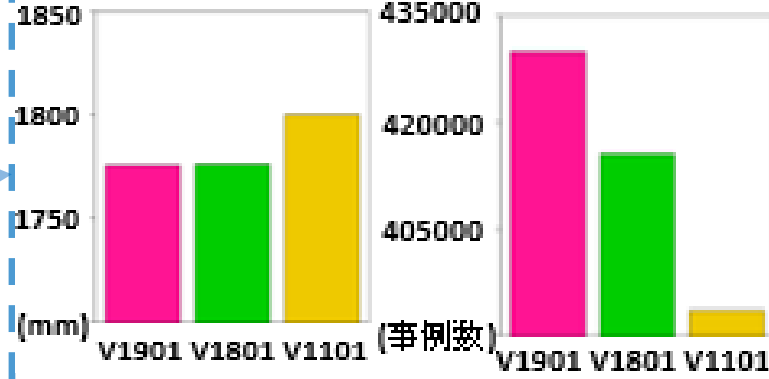
年積算降水量

50ミリ以上の観測数



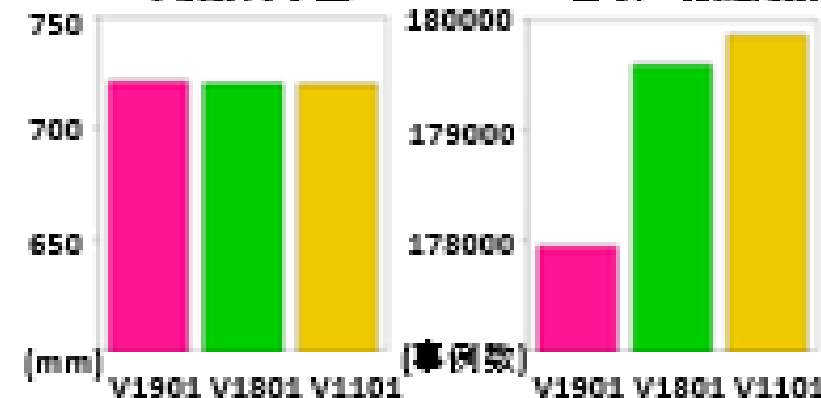
年積算降水量

50ミリ以上の観測数



年積算降水量

50ミリ以上の観測数



Products

HOME > Products

- > Scope
- > Products
- > Conditions and...
- > Project Member...
- > Publication List...
- > Links (acknowledgements)

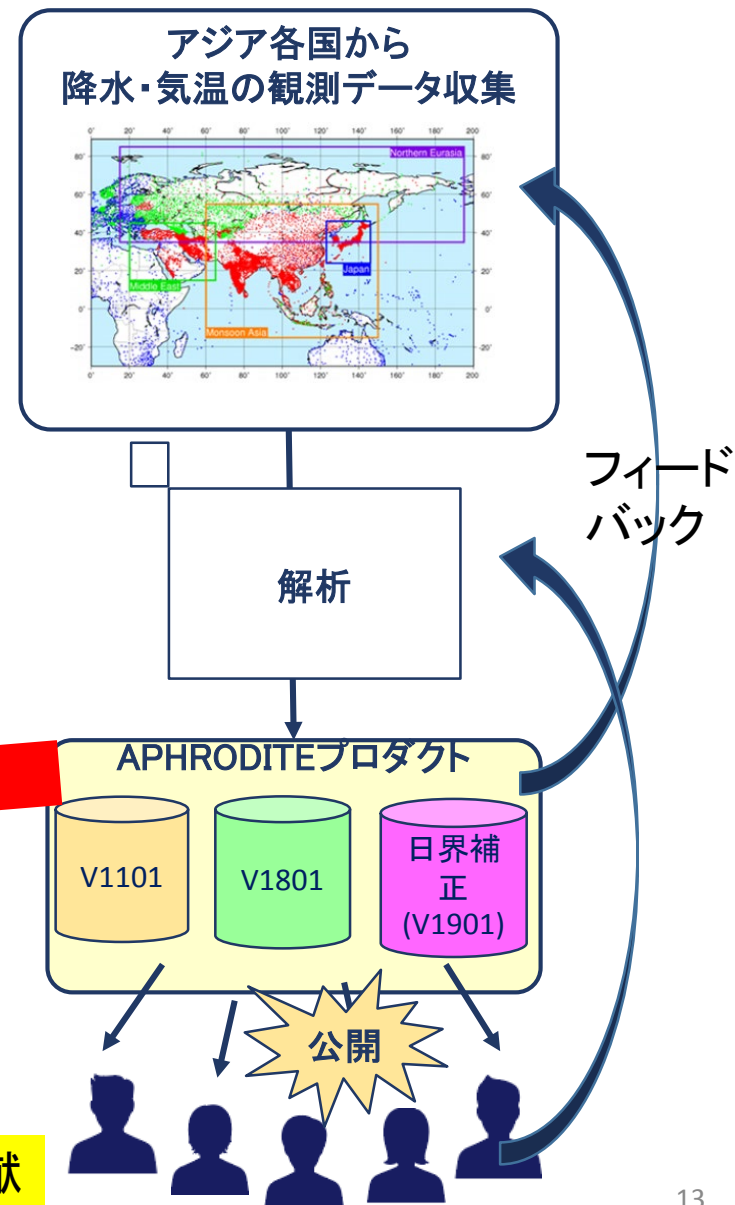
APHRODITE-2公開データ

- **APHRO_JP**(日本域) ~2015年
- **APHRO_MA_V1801R1**
(日界混ぜない版 1998-2015)
- **APHRO_MA_V1101EX** ~2015
(従来のアルゴリズムの更新)
- **APHRO_MA_V1808_Temp**
(日平均気温, 1961-2015)
- **APHRO_MA_V1808_Clim.**
(日平均気温気候値)
- **APHRO_MA_V1901**(予定)
(日界補正版)

APHRODITE-2 W...
FAQ
Contacts

• APHRO_MA V1808 Climatology
[Readme]
Download from here.

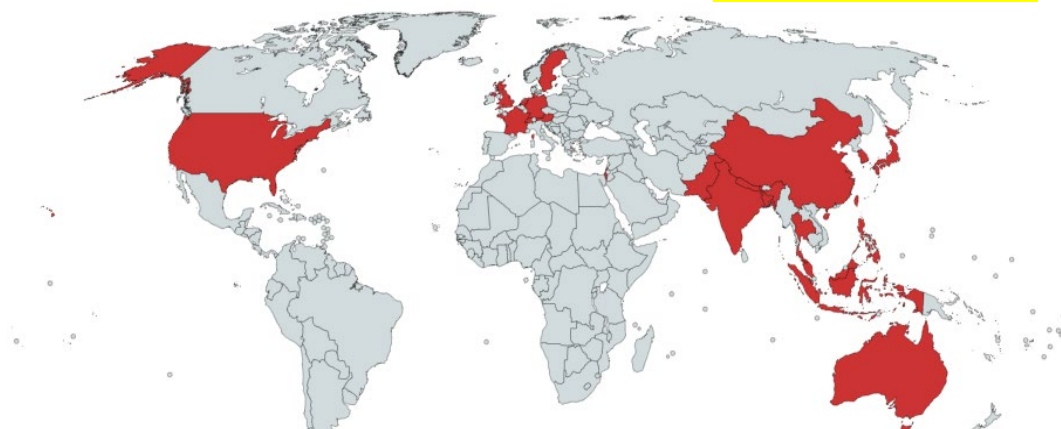
ここからダウンロードサイトへ



公開データ(V1801R1, V1101EX, V1808気温)のダウンロード状況

主なダウンロード先

AP-Platに貢献



No.	国	機関数
1	アメリカ	21
2	中国	17
3	インド	16
4	日本	15
5	ドイツ	7
6	イギリス	6

・2018年9月27日にシステムリリース、プロダクト公開をして以降の登録ユーザ数:507人(2019年2月20日現在)

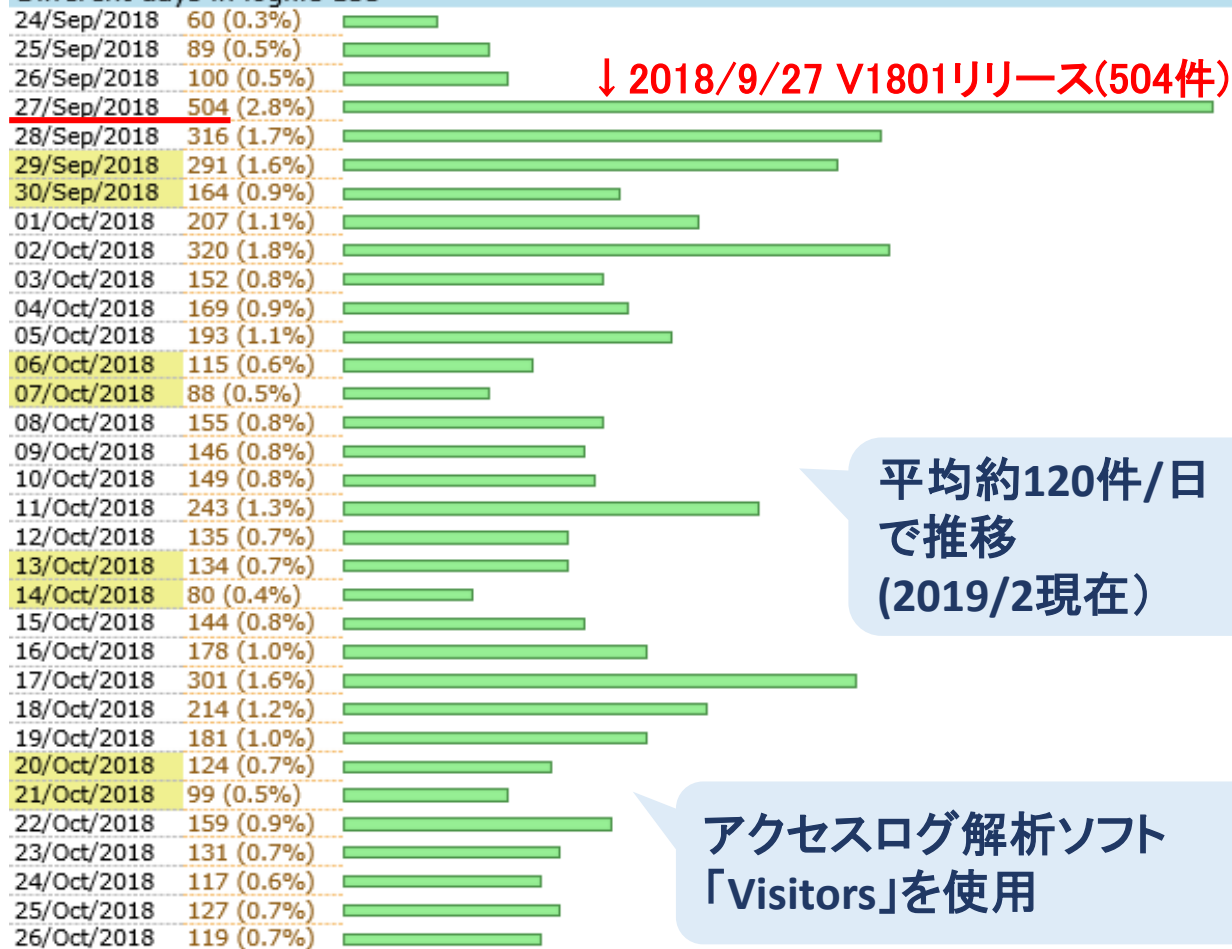
ex. アメリカNASA, 中国科学院, インド熱帯気象研究所, 気象庁気象研究所, JAXA, ドイツ気象局, イギリス気象庁, タイ科学技術省, フィリピン大気地球物理天文局, マレーシア工科大学

・登録ユーザの所属機関:22カ国, 108機関(メールアドレスのドメイン(507人中, 174人)から調査)

アクセス状況

Number of unique visitors 18259

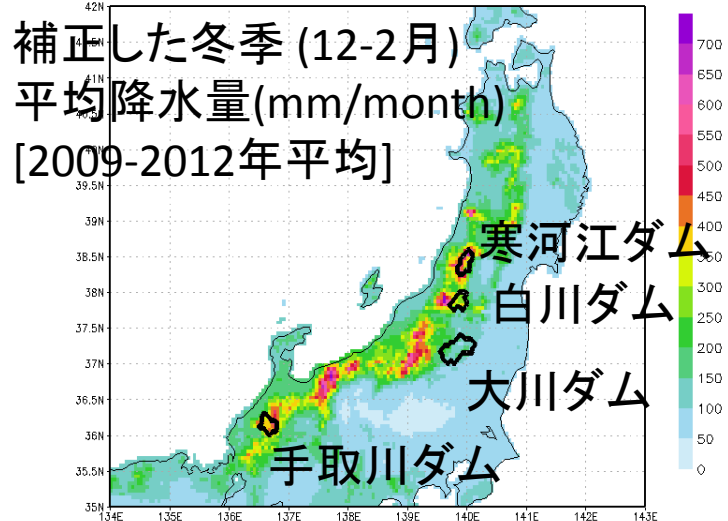
Different days in logfile 133



平均約120件/日で推移
(2019/2現在)

アクセスログ解析ソフト「Visitors」を使用

降雪時の過少評価補正と検証

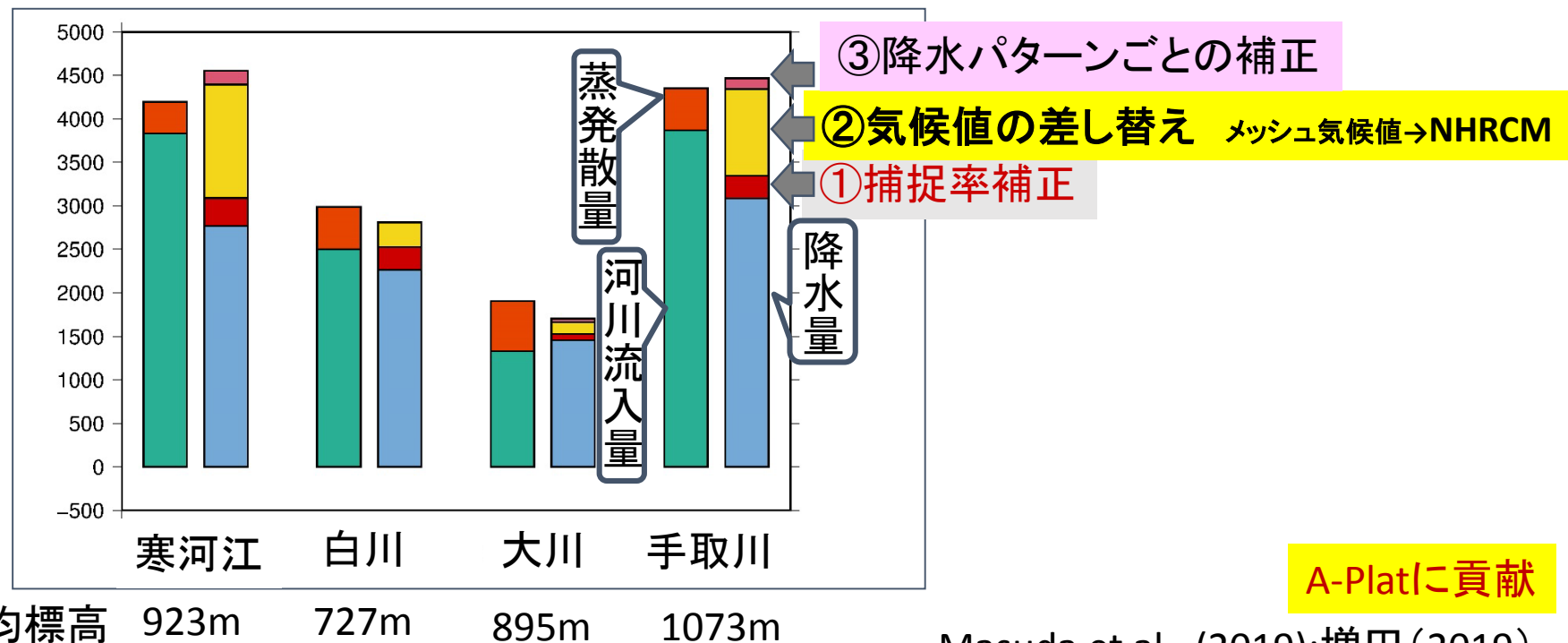
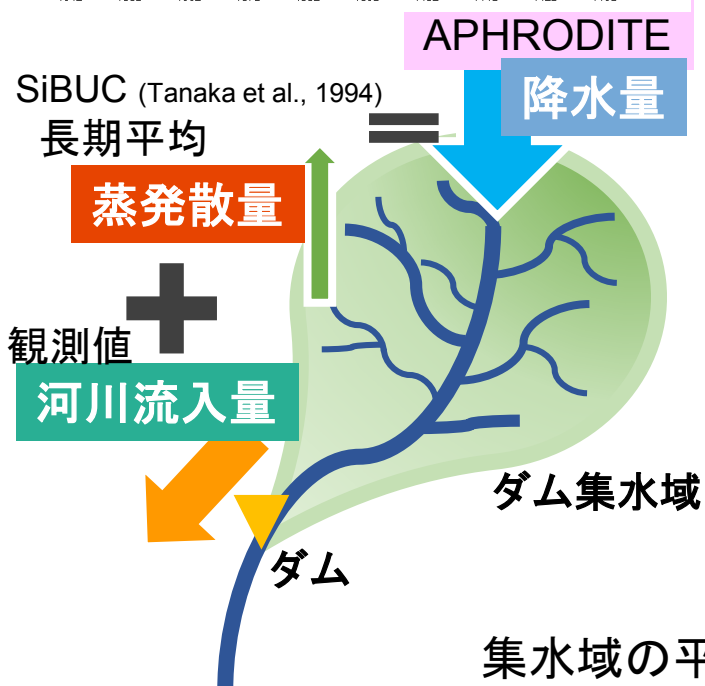


ダム集水域において

- ・ 気象庁NHRCMの降水量の気候値を使ったインパクトが大きい
- ・ 比較的集水域の標高が低い白川ダムでは、気候値の差し替えと捕捉率補正のインパクトが同等

→雨量計の少ない高標高地域には使用する気候値の見直しが必要+捕捉率補正も欠かせない

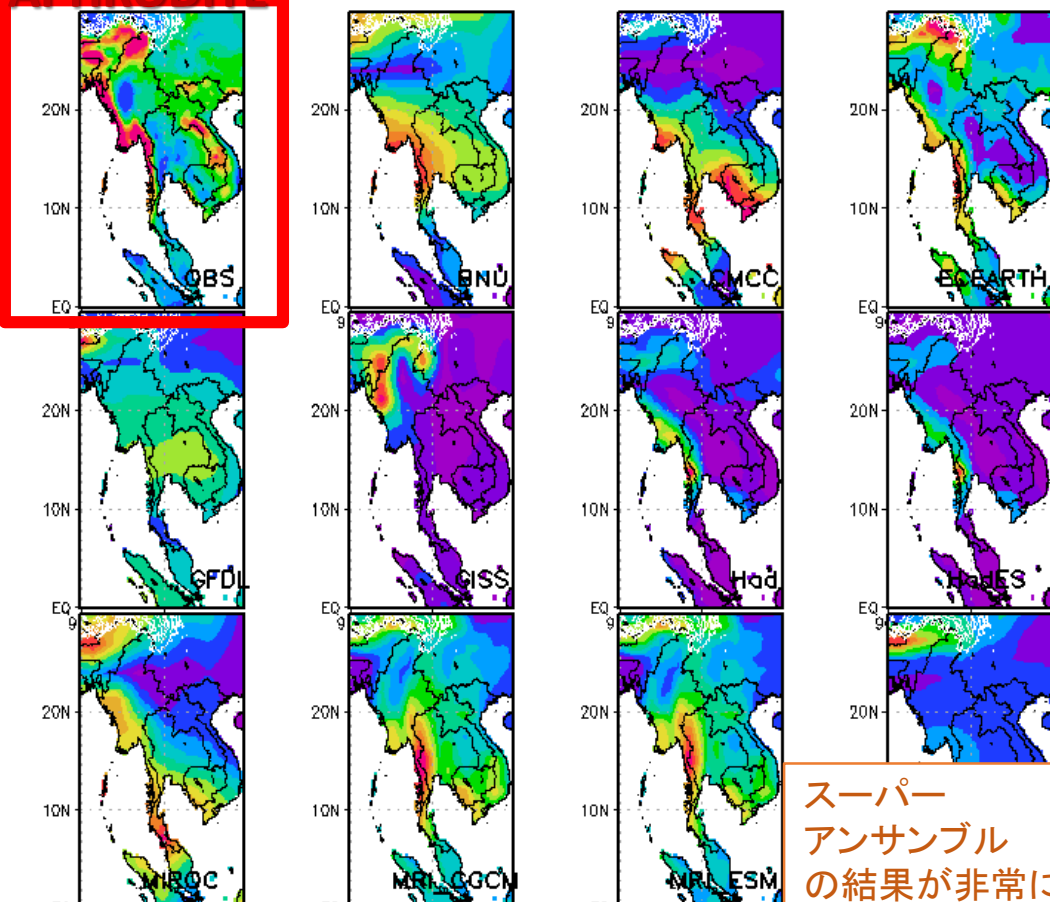
水収支検証 $\text{ダムへの河川流入量} + \text{蒸発散量} = \text{降水量}$



A-Platに貢献

APHRODITE+CMIP (現在+ 温暖化) スーパーアンサンブル

APHRODITE



東南アジア

[mm/month]

APHRODITE
を基準に複数
のモデルを合成、ダ
ウンスケー
リングする

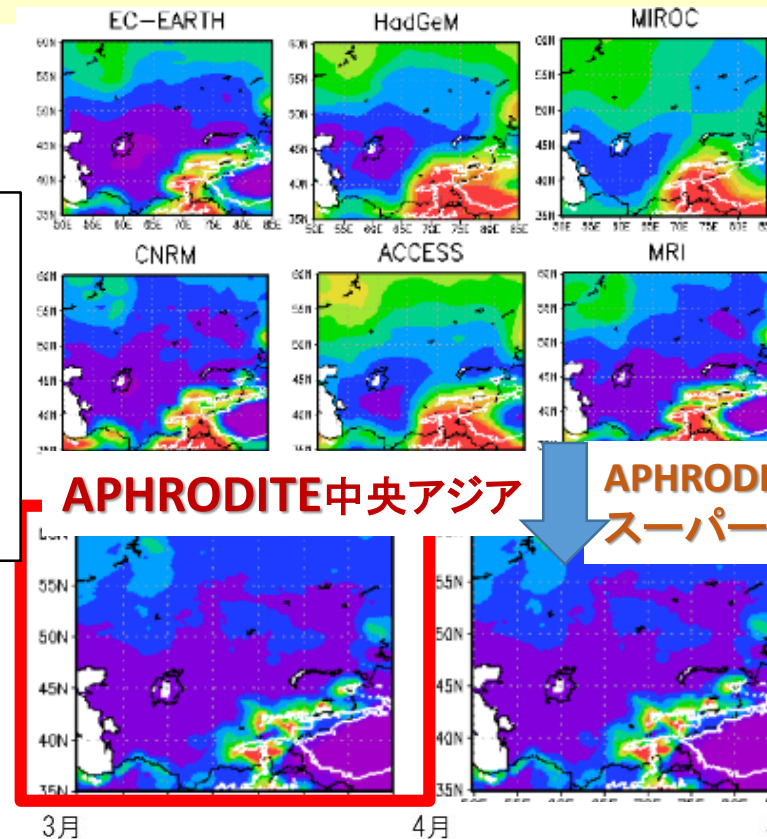
スーパー
アンサンブル
の結果が非常によい



CMIP5 年降水量
21年平均

五木田 (2019)

AP-Platに貢献

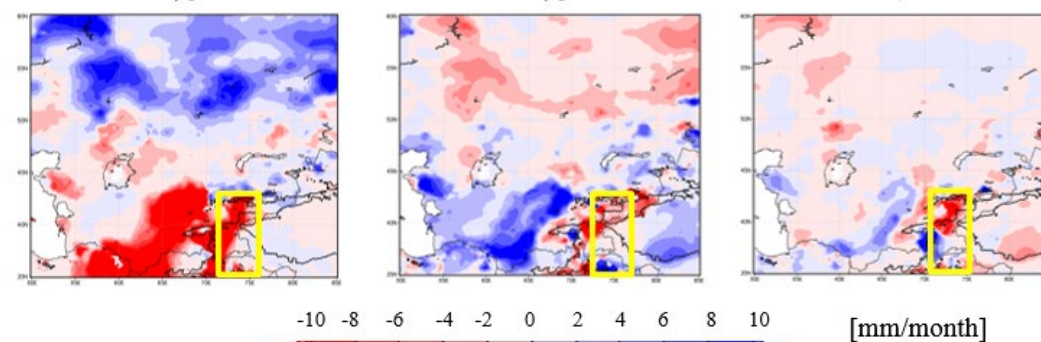


中央アジア
CMIP5モデル
3-5月降水

APHRODITE中央アジア

APHRODITEを基準とした
スーパーアンサンブル

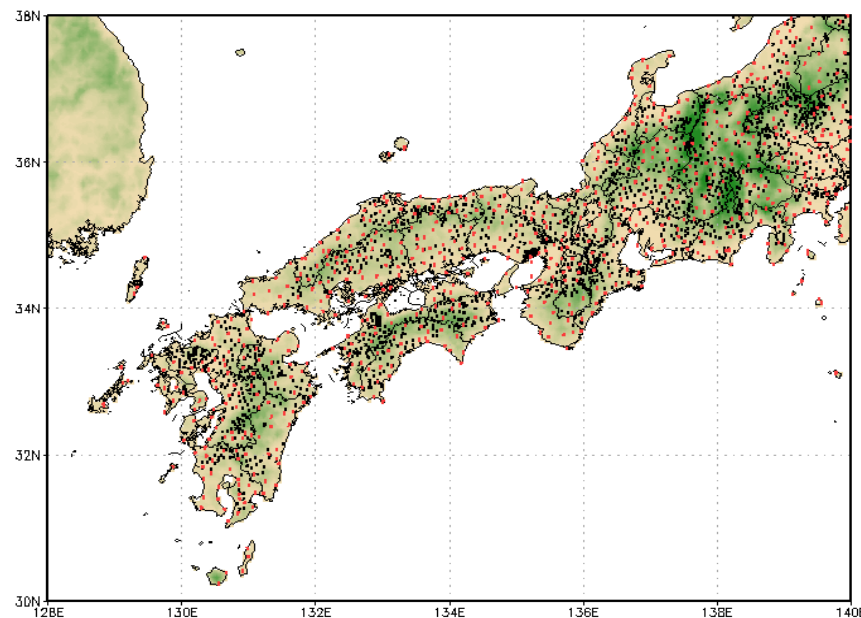
将来(RCP8.5)
- 現在



重要河川上流

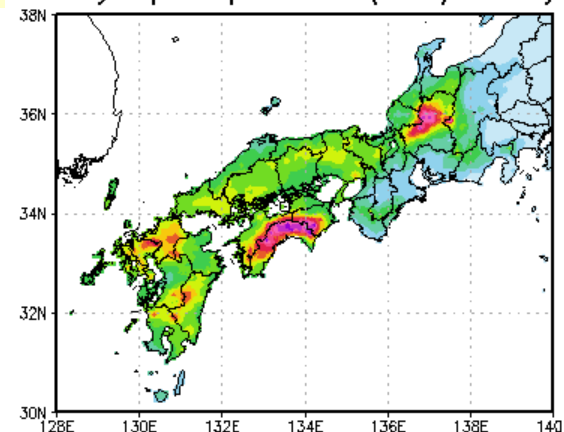
3月：大幅に減少 4月：減少 5月：減少

千田 (2019)

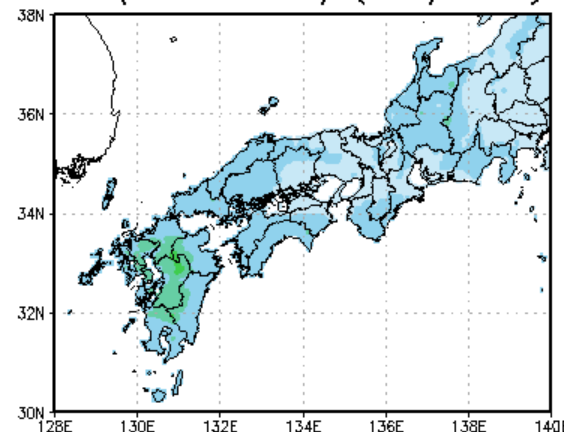


赤: AMeDAS
黒: 河川局

11days precipitation (mm/11days)

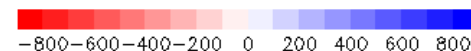
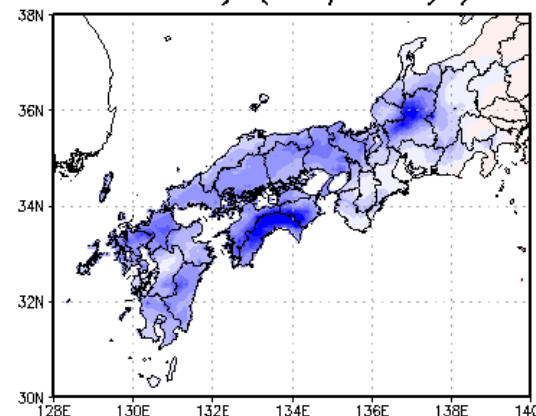


Clim (1980-2014) (mm/11days)

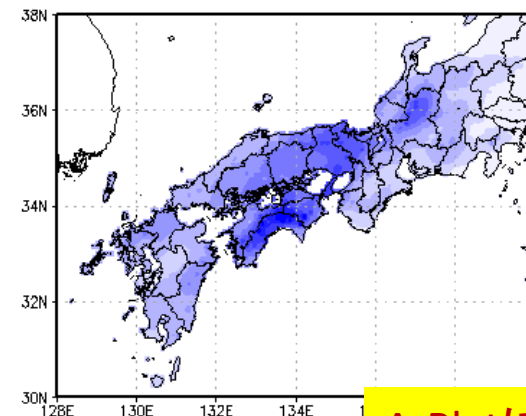


- 西日本豪雨災害後、1ヶ月弱で降水定量評価。

Anomaly (mm/11days)

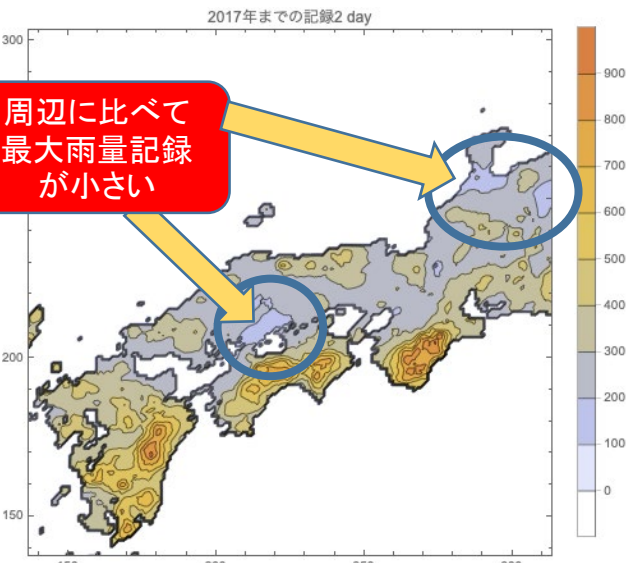


Ratio



A-Platに貢献

2017年までの最大2日降水量



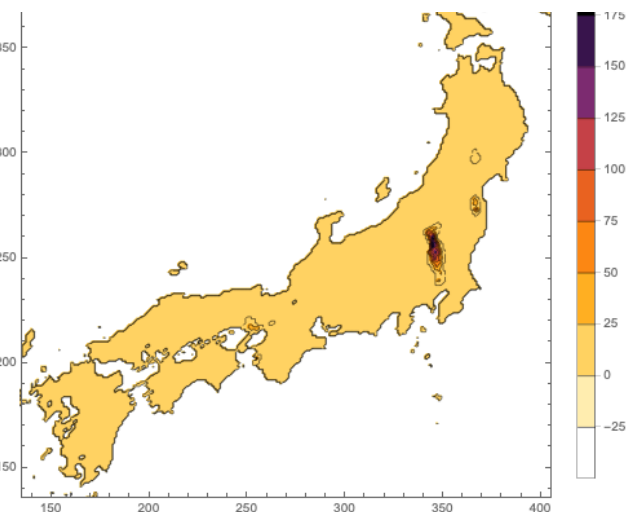
“これまで経験したことのない降水”を可視化

2018年の既往降水量の更新量の大きな場所は、西日本豪雨の被災地の分布と一致する。(2015年の関東・東北豪雨でも同様)

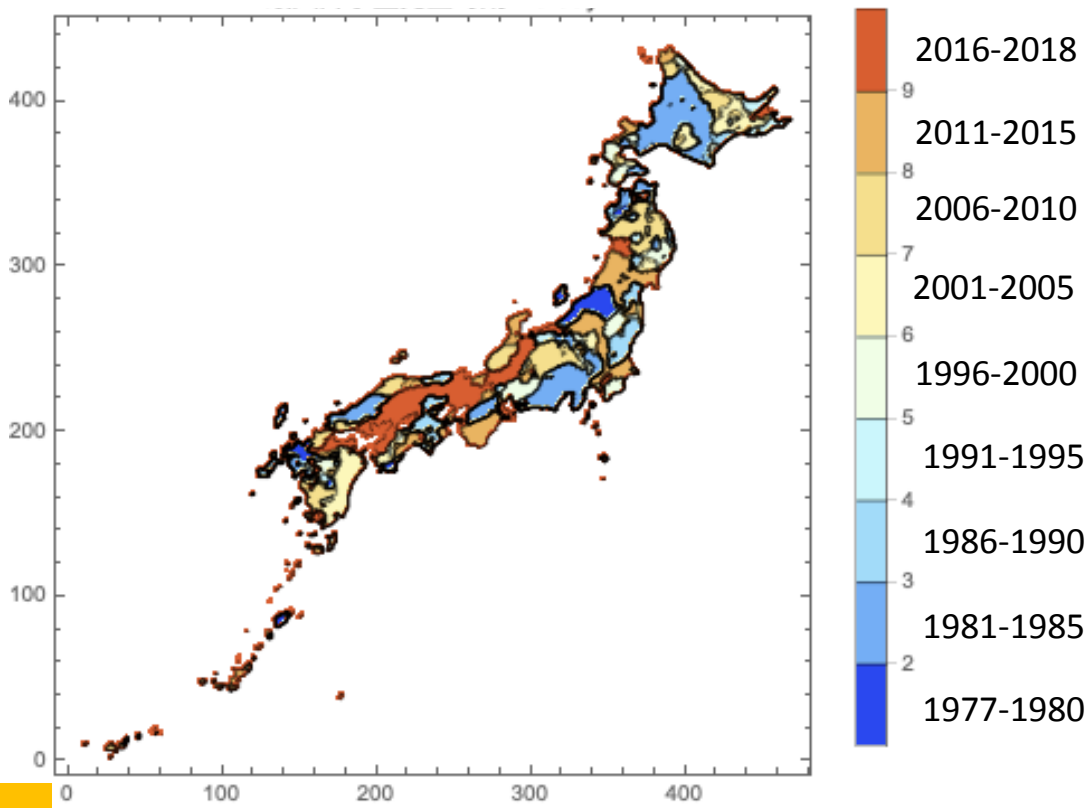
“これまで経験したことのない降水”を可視化

- 最大雨量記録が相対的に小さい地域
- 既往最大降水量が長く更新されていない地域

既往最大3日降水量の更新量 (2015年)

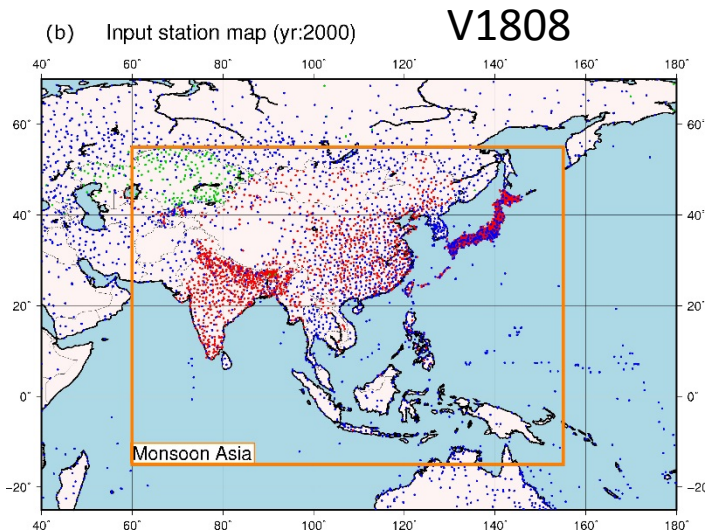
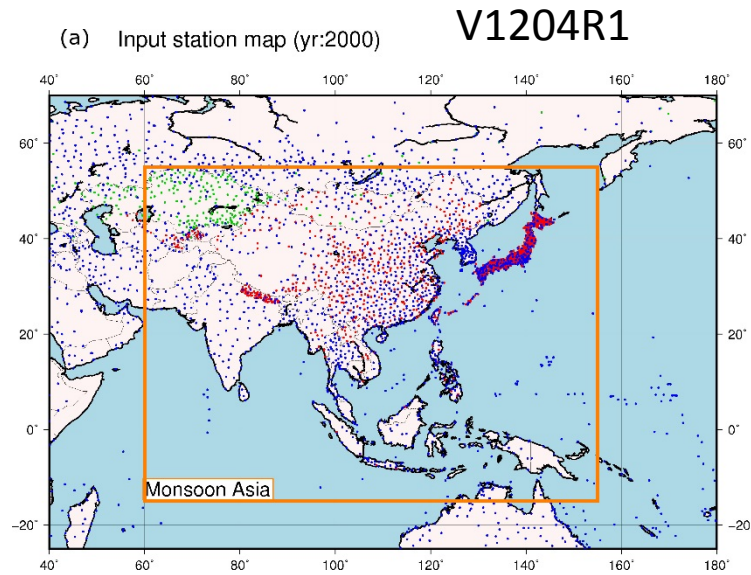


既往年最大3日降水量の記録年

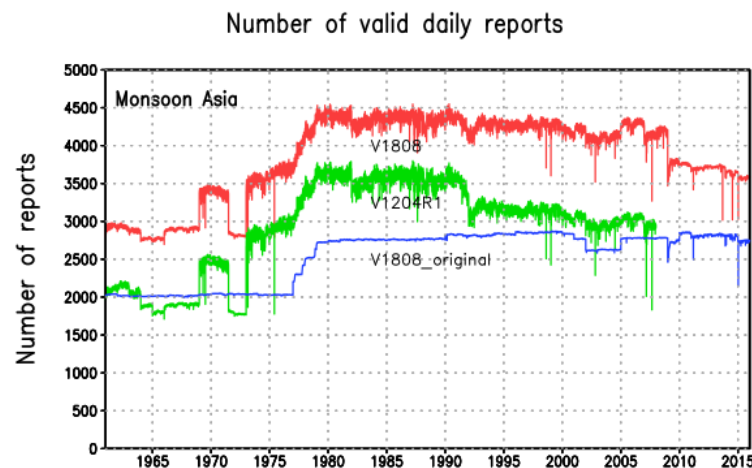


大きな災害への警戒が必要！

青系の地域では、1990年代以前の3日降水量記録が更新されていない。



- APHRODITEの活動で気温データも多く収集できたので、日平均気温グリッドデータを作成した
- APHRODITE2によってインド・パキスタンなどのデータが多く収集されたので、1961-2015のV1204R1をアップデートした
- APHRO2独自入手データはGTSデータと比較して品質がよく、AphroTempV1808は既存の地上気温データセットよりも優位性がある



AP-Platに貢献

◆日本について、地点保存(SVC)・日界混在影響を評価すると共に、極端降水を表現できるデータセットを作成した。またV1207(Kamiguchi et al., 2010)を2015年まで更新した。

◆アジアモンスーン地域について、衛星により日界の判別を行い、日界を混在させない(地点の降水値を反映した)プロダクトV1801R1を公開した。同時に従来の方法によるプロダクトV1101EXも公開した。

◆衛星により日界補正を適用(V1901)し、総降水量が補正により変わらないことを確認し、極端降水統計の変化について解析結果をとりまとめている。

◆データ収集を兼ねて4回のワークショップを開催し、14カ国の研究者と交流・キャパシティビルディングを実施した。

◆APHRODITEデータによりモデルによる不確実性を減らし、ダウンスケーリングを適用、極端降水統計の変化の解析を行った。IPCC・WCRP関係者にも成果をインプットした。

Tsou C.-Y., M. Chigira, D. Higaki, G. Sato, H. Yagi, H. P. Sato, A. Wakai, V. Dangol, S. C. Amatya, A. Yatagai: doi.org/10.1007/s10346-017-0913-9(2017). Topographic and geologic controls on landslides induced by the 2015 Gorkha earthquake and its aftershocks: an example from the Trishuli Valley, central Nepal, landslides

Yatagai, A., V. Kumar and T.N. Krishnamurti: (2019) “Development of Precise Precipitation Data for Assessing the Potential Impacts of Climate Change” in T. Watanabe and M. Aydin “Climate Change Impacts on Basin Agro-ecosystem” Springer Hexagon Series, 33-47.

Khadgarai, A., A. Yatagai, M. Masuda (2018): Preliminary evaluation of GPM-IMERG rainfall estimates over three distinct climate zones with APHRODITE, submitted to J. Geophys. Res.

Yasutomi, N., K. Kamiguchi, A. Yatagai (2019): Effects of surface observation input in highland Asia on gridded analysis of daily mean temperature and its climatology, submitted to Hydrological Research Letters.

Yatagai, A., Y. Takayabu and N. Suetou (2019): Detection of atmospheric rivers using high-resolution reanalysis moisture values and their association with disastrous heavy precipitation events in Japan, submitted to atmosphere (after 1st revision).

谷田貝亜紀代・鈴木隆太郎・安藤千晶・Melanie FROUDE・David PETLEY・増田南波・千木良雅弘(2018): Nepal Landslideをもたらしやすいmonsoon循環, 京都大学防災研究所年報, 61B, 589-595.

⑤環境政策（行政ニーズ）への貢献

対応する低炭素領域重点課題⑦⑧のうち、次のものに貢献した。

2－⑦ 気候変動への適応策に係る研究・技術開発

○不確実性を考慮した影響の定量的な評価に関する研究

→ **冬季降水(降雪)の不確実性、定量評価に基づき温暖化影響評価を行った。**

○適応策の検討に資する気候予測とそのダウンスケーリング手法の開発

→ **複数の気候モデル結果をAPHRODITEを基準にダウンスケーリングし誤差を最小に合成した。**

○気候変動による自然災害の影響評価に関する研究

→ **ネパールのlandslide災害と降水・水蒸気輸送との関係を明らかにした。**

→ **日本の豪雨災害の影響評価に資する大気の河(AR)の解析を行った。**

→ **H30年7月豪雨時の特別APHRODITEデータを整備すると共に豪雨災害予測を行った。**

2－⑧ 地球温暖化現象の解明・予測・対策評価

○地球温暖化対策の評価に向けた地球規模及びアジア太平洋地域における観測・モデル等を活用した研究

→ **整備したAPHRODITE観測データと気候モデル(CMIP)・予報モデル(TIGGE)を誤差を最小になるよう合成(スーパーアンサンブル)する手法を開発し、中央アジアなどで定量予測を行った。**

○地球温暖化現象の解明、統合的な予測、対策評価を通じたIPCCなどの国際枠組みへの貢献

→ **APHRODITEデータの更新・公開は、IPCCにも伝えられた。第6次報告書“Linking global to regional climate change”の執筆者の依頼により当該課題の成果インプットを行った。**

■ホームページ

当該課題の目的、成果、ワークショップ案内などは、常に日本語・英語のホームページで公開している。

<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~aphrodite2/japanese/index.html>

■一般向けセミナー等

- 1) 弘前大学 オープンキャンパス(2016年8月8日、弘前大学理工1号館、50名)
- 2) セミナー「IPCC第5次評価報告書の概要および国内の温暖化研究(講師:鬼頭昭雄)」(2016年7月13日、コラボ弘大八甲田ホール、35名)
- 3) 「北東北女性研究者 研究・交流フェア」アイーナいわて県民情報研究交流センター(盛岡)2017年3月2日。にて、当該課題が「注目研究」課題として選定され、一般参加者約100名の展示場で、登壇インタビューに対応した。
- 4) シンポジウム「温故知新:東北の気候と農業」(2017年3月15日、弘前大学岩木ホール)を主催した。東北地方の各農業試験場や、市の関係者が集った。本研究課題(2-1602)の目的や成果をわかりやすく説明した。次に記す新聞記事として取り上げられた。
- 5) シンポジウム「様々な手法で関東の、世界の降水を測る」(2018年3月3日、千葉大学けやき会館大ホール)を主催した。
- 6) シンポジウム「災害に備える」 2018年3月27日(火)弘前大学岩木ホール を主催した。
- 7) 京都市防災協会主催「災害に強いまちづくり講座」第1回 講師:田中茂信 演題:おもてなし防災のすすめー助かるだけではもったいないー
平成30年6月24日京都市市民防災センター
- 8) 弘前大学 オープンキャンパス(2018年8月10日) 模擬授業「地球温暖化は水循環をどう変えるか」講師:谷田貝亜紀代
- 9) 2018年度京都大学防災研究所公開講座「災害を知り、災害に備える 九州の近年の災害とこれから」講師:田中賢治 演題:気候変動で水資源はどうなる? 平成30年10月2日 アクロス福岡

■マスコミ等への公表・報道等

- 1) 東奥日報(2017年3月17日、19頁) 2) 陸奥新報(2017年3月18日、19頁)
- 3) 弘前コミュニティーFMラジオ(アップルウェーブ)「こうぎよくカレンジ」収録(ゲスト:谷田貝亜紀代)
「気象の世界のAPHRODITE」(2019年5月5日放送予定)

	様式A抜粋	達成状況
サブテーマ 1 (弘前大) 大雨と水蒸気輸送の地域性解析および災害事例との対応	・大気水循環的視点から、温暖化による地域降水極端現象の変化について調査する。 ・地域の降水極端現象による災害事例をもとに、温暖化による降雨タイプや降水量変化が地域環境に与える影響を取りまとめる。	- 達成した。論文投稿中(Yatagai et al., 2019)。査読無(卒論・修論を含む)論文10本作成。 - 達成した。西日本豪雨(H30年7月豪雨)災害時の特別強化データ作成、解析、予報実験を行った。 - CMIP(温暖化実験モデル出力)との合成解析も実施した。
サブテーマ 2 (京大) 統計的極端現象の評価と日界補正データの作成	・地点観測データ(オリジナルデータ)の統計的性質と、APHRODITEグリッドデータ、日界補正データの統計的性質の関係を整理する。 ・降水極端現象の河川流出に与える影響評価、アルゴリズム修正時の品質評価も担当する。	- 達成した - サブ1+2により達成。論文投稿中。 - 達成した。品質評価はサブ2+1により達成した。 - 気温データも作成した。
サブテーマ 3 (千葉大) 衛星・再解析データを使用したアルゴリズム改良	・日界補正のため衛星資料を整理し、サブ2と共に日界補正プロダクトを作成する。 ・補正後の降水データや、再解析データにより、日々の風向を考慮した内挿の重みづけや、降雪時の雨量計捕捉率補正など、APHRODITE降水量作成アルゴリズムを改良する。	- 衛星資料整理は達成した - 日界補正プロダクトは、サブ3+2+1の協力により作成中。 - 風向を考慮した内挿、捕捉率補正などによる改良はサブ1が実施した。

中間評価コメント一問一答 (1/3)

研究的関心からの研究という印象が強い。政策への寄与の視点を明確にしてほしい。

政策利用面での貢献が分かるような報告を求める。

研究的関心を抑えて当該研究課題を遂行してきたので、このようなコメントは大変残念である。

IPCCなどの国際的な政策決定の背景にはモデル間のばらつきが問題である。その誤差を最小にする手法を適用し(P16)、モデル評価の方法、ダウンスケーリングに必須のプロダクトを作成した。特に日本については、温暖化による水資源量の変化は重大な課題であり、降水(降雪)の定量評価を行い、不確実性・誤差の検討を行った(P15)。西日本豪雨を踏まえ、統計的な豪雨災害予測マップ(P18)を示した。

環境省が行うべき課題であることを理解して進めるためにAP-PLAT からのニーズと貢献についてしっかり勉強し、記述してほしい。

A-PLAT, AP-PLATについて勉強し環境省担当者と意見交換すると共に、本スライドにおいて、次のように明記した。

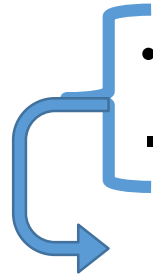
中間評価コメント一問一答 (2/3)

- ・ 極端降水を予測できて、それに対する被害を回避できるようになることが、たどり着けるようになりたい最終目標と思うので、それにつなげられるように研究のステップを明示して着実に詰めていってほしい。
- ・ 極端降水現象がどれくらいの確率で予測できるのかが疑問である。モデル評価が必要だと思う。

水文学的、あるいは統計的な極端降水の予測について、成果を示した(P18)。地球温暖化による大気循環の変化を反映した極端降水の変化に必要な**モデル研究グループから、当該課題によるデータが期待されている**。この1年間に、モデル研究者との研究協力による成果も出せた(P15)ほか、他経費でトルコの**地域水資源・水力発電への影響評価のため当該課題成果が応用されることになった**。

個々の研究事例の中間成果を見ると、それぞれの研究チーム毎の日々の努力が見えてくるが、より組織的な研究管理、及び可能であれば更なる参加人員拡大が行われれば、さらにより良い成果が期待できるのではないか。

予算の制約の中、弘前大学の支援員制度、他の予算との共催によるワークショップ開催で、多くのデータ収集や整備に結びついた。公開システムは弘前大の情報の専門家の協力を得た。

- 
- 地道なデータ集積、分析を行っており、継続することが望まれる。
 - しっかりした研究で評価できる。
→ 残念ながら次年度継続はできなかった。(H31年度新規課題不採択)
 - 地道な研究であり、着実に改善していると思われる。
→ 改善の効果を日本(P10)とアジア(P12)について示すことが出来た。
 - 広域の降水データを科学的に整備しようとする極めて重要かつ波及効果の大きい研究である。
→ 日界補正データの公開は波及効果は大きいと思われるが4月以降の活動は極めて限定的である。

- 達成目標と進捗がよく掌握されており、概ね当初の計画どおり進んでいる。
→ データ作成期間と地域を絞った一方、日本の豪雨災害時の特別データ作成や、日平均気温データの作成・公開まで、当初計画を超えたものが出来たと考える。
- 極端降水現象の実態把握から、予測のための日降水のグリッドデータ（APHRODITE）セットの改良・更新が進み、極端降水現象が予測できると水災害の適応策に貢献できることを期待する。
→ IPCC, WCRPなど国際的枠組みや海外研究者から期待が寄せられている。
日本では、気候変動適応センターの研究者やコンサル会社からAPHRODITEを使いたいとの要請がある。適応策に不可欠であるはずだが国内の理解が遅いと感じている。