



## APHRODITE：冬季降水量の定量評価 —内挿誤差と捕捉率の補正—

谷田貝亜紀代（弘前大学大学院理工学研究所 地球環境防災学科）

Special thanks to 増田南波さん、安富奈津子さん、  
上口賢治さん、仲江川俊之さん

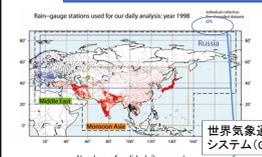


話題：

1. APHRODITE, APHRODITE-2, APHRODITE-3
2. 冬季降水量の定量評価  
—内挿誤差と捕捉率の補正—
3. 集会案内

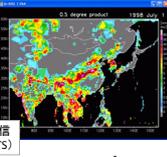
### 地球温暖化：雪氷圏・山岳域に変化が顕著に現れる。

→ 雪氷水資源の枯渇・豪雨災害（→洪水・斜面崩壊）  
→ 将来予測・対策のために正確なデータが必要



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 (APHRODITE-1)

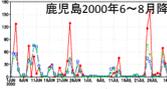
5000人以上の登録ユーザー  
関連論文は高い被引用数  
Yatagai et al. (2009) 400回  
Kamiguchi et al. (2010) 73回  
Yasutomi et al. (2011) 55回  
Yatagai et al. (2012) 545回  
水文水資源学会国際賞受賞 (2015)



CS reprecipitation (1958-2015)

世界気象通信システム (GTS)

Number of valid daily reports



鹿児島2000年6～8月降水量

APHRODITEはGTSの2.3～5.5倍の入力データ  
⇒ アジアの気象・気候研究の基本データとなった

衛星プロダクトは極端降水を適切に表現していない  
⇒ 雨量計があるなら真値と参照すべき

### 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

APHRODITE-2 弘前大学で実施 FY2016-2018

2018.9のデータ公開後  
・600人以上ユーザー登録  
毎日120件程度アクセス

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

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

サブテーマ3 (千葉大)  
衛星・再分析データを採用した  
アルゴリズム改良

日界補正

日降水量データグリッド化  
APHRODITEデータ更新  
アルゴリズム改良

温暖化による大気水循環の変化

温暖化による日本とアジアの  
極端降水影響評価

### APHRODITE-2 データ収集状況 と 今後の課題

プロジェクト名	期間	担当	備考
APHRODITE-1	1998-2015	Manoson Asia	完成
APHRODITE-2	2016-2018	Manoson Asia	進行中
APHRODITE-3	2019-2021	Manoson Asia	計画

本計画対象

- 日本の雪氷域
- 中央アジア・ロシア（ネパール）・中東
- 2015以降、更新しつづける努力

APHRODITE-1 改良  
APHRODITE-2 改良

### 成果 データ公開とそのシステム (<http://aphrodite.st.hirosaki-u.ac.jp>)

**APHRODITE-2公開データ**

- ・APHRO\_JP (日本域JST/UTC) ~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 (日界補正版)

アジア各圏から降水・気温の観測データ収集

解析

フィードバック



弘前大学機関研究(採択) R1-R3

## アジア降水データAPHRODITEの改良更新と降雪過程理解への応用

代表者: 谷田貝亜紀代 (大学院理工学研究所)  
 分担者: 石田 祐宣 (理工)・今井 雅 (理工)・丹波 遼雄 (理工)・梅田 浩司 (理工)  
 ・鄒 青穎 (農生)・赤田 尚史 (被ばく研)  
 協力者: 梶野 瑞王 (気象研)・内山 純蔵(UK)・Sunilkumar Khadgarai (ITM)・井岡 聖一郎 (地域戦略研究所)・上條 信彦 (人文) **+歓迎**

7



## 北日本の冬季降水量の定量評価 - 雨量計を基にした日降水グリッドデータの 内挿誤差と捕捉率の補正 -

気象学研究室 修士2年 増田南波

Kenji Kamiguchi  
Kenji Tanaka,  
Toshiyuki Nakaegawa  
Akivo Yatagai

[https://www.tobishima.co.jp/result/civil\\_dam/dam\\_sagae.html](https://www.tobishima.co.jp/result/civil_dam/dam_sagae.html)

### 背景 雨量計を基にした降水グリッドデータ: 2つの誤差

#### 雨量計を基にした降水グリッドデータの系統誤差

補正できる誤差

##### 雨量計の観測誤差

風による捕集効率  
濡れ損失  
蒸発損失  
→ 実際より過小評価

特に量は過小評価

##### 内挿誤差

複雑な地形における降水量  
→ 再現難しい

- 観測地点の不均一性
- 内挿方法

気候値を用いた内挿方法  
(New et al., 2000; Yatagai et al., 2009, 2012; Kamiguchi et al., 2010)

APHRODITEの山岳地域のバイアス有 (Palazzi et al., 2013; Pritchard, 2017)

内挿誤差に関する研究 少  
Kamiguchi et al. (2010)

雨量計を基にした降水グリッドデータの捕捉率補正の研究多  
Adam et al. (2003); Fuchs et al. (2001); 内海ほか (2008); 増田ほか (2018)

### 背景 4つのダムで平均して水収支誤差30%

#### 水収支検証 降水量 = 蒸発散量 + 河川流入量は成り立つ?

(1水文年は10-9月)

ダム名	蒸発散量 (mm/year)	河川流入量 (mm/year)	降水量 (mm/year)	捕捉率 (%)
寒河江ダム	~4000	~1000	~5000	66%
白川ダム	~2500	~1000	~3500	76%
大川ダム	~1500	~1000	~2500	76%
手取川ダム	~3500	~1500	~5000	71%

降水量以上の水量がダムに流れ込んでいる

### 予備知識 APHRO\_JP: 比を内挿

#### 雨量計の観測誤差 APHRO\_JPの内挿手法

日降水グリッドデータ

アメダスの降水量 (観測)

気象庁作成メッシュ気候値 (気候)

① 気候値からの比

② 距離・地形による重み付け関数

③ 掛け算

内挿誤差

### 使用データ

データセット	使用期間	時間解像度	空間解像度	要素
非静力学気候モデル NHRCMの降水量	Sasaki et al., 2011 過去実験 1980-1999年 (各年9月~8月)	時別	2km	降水量
メッシュ気候値	気象庁 1971-2000年平均値	月別	0.05度	降水量
AMeDAS	気象庁 2009~2012年	時別	全1300地点	降水量、風速、雨量計タイプ、助流有無、雨量計高さ、風速計高さ
DSJRA-55	Kayaba et al., 2016	2009-2012年	時別	5km 10 m風速、1.5 m気温、1.5 m露点温度
陸面過程モデル SiBUCの蒸発散量	Tanaka et al., 1994	長期平均	年別	5km 蒸発散量
水文水質データベース	国土交通省 (MLIT)	2009~2012年	日別	- 河川流入量 (寒河江、白川、大川、手取川ダム)

方法 (Masuda et al., 2019) **捕捉損失：雪・強風→大**

➤ **捕捉率**  $CR = \frac{1}{1+mU}$  吉田 (1959)  $U(m/s)$ : 雨量計口高さの風速  
 $m$ : 補正係数

➤ **雨量計高さの風速**  
 $U = W \sqrt{\frac{\ln z_1 - \ln z_0}{\ln z_2 - \ln z_0}}$   $U$ : 雨量計高さの風速  $W$ : 観測風速  
 $z_1$ : 雨量計高さ  $z_0$ : 観測風速高さ  $z_2$ : 風速計高さ

➤ **補正係数  $m$  の値** 横山ほか (2003) WMO雨量計相互比較実験

降水形態	降水量計		
	転倒式RT-1	湯水式RT-2	一缶式RT-4
固体降水	0.2130	0.3460	0.1280
液体降水	0.0454	0.0856	0.0192

➤ **雨雪判別**:  $RH_{cri} = 92.5 - 6.7T$  (安富ほか, 2011)  
 $RH_{cri}$ : 臨界湿度(%),  $T$ : 表面温度(°C).

➤ **補正降水量**  $P_c = \frac{P_g}{CR}$   $P_c$ : 観測降水推定値  $P_g$ : 観測降水量  
 $CR$ : 捕捉率 → 時別で補正してから積算して日別値へ

**結果** 捕捉率補正：北日本冬季降水量 10%超

2009-2012年冬季 (12-2月) 平均月降水量 [mm/month]

未補正降水量 補正降水量 (AMeDAS風速観測点のみ) 9%増  
 補正降水量 (CRグリッド) 補正降水量 (全地点) 12%増 16%増

捕捉率補正 降水量定量評価 : 重要  
 方法D 冬季降水増加率 最大

APHRO\_JP 捕捉率補正 プロダクト公開しました

Masuda, M., A. Yatagai, K. Kamiguchi and K. Tanaka (2019): Daily adjustment for wind-induced precipitation undercatch of daily gridded precipitation in Japan, Earth and Space Sciences, 6 (8), 1469-1479, DOI:10.1029/2019EA000659.

**方法** 内挿誤差の補正手法を検討

NHRCMでダウンスケーリングされた降水量データ (空間解像度 2 km 時別データ) → AMeDASの地点に一番近いグリッド降水量を雨量計降水量として抽出

APHRO\_JPの手法 雨量計を内挿

気候値 NHRCM気候値

地点の不均一性・内挿方法による誤差を評価できる 座標を合わせる

NHRCM AMeDAS\_NHRCM AMeDAS\_NHRCM2

空間解像度：0.05° 日別データ

NHRCM気候値も

**結果** メッシュ気候値 山岳部降水量過小評価

メッシュ気候値 冬季平均日降水量 (mm/day)

雨量計ベース

メッシュ気候値 - NHRCM気候値

雨量計

NHRCM気候値

メッシュ気候値 雨量計無+山の上→降水量過小評価

**結果** APHRO\_JPの内挿手法 山岳部過小評価

冬季平均日降水量 (mm/day)

メッシュ気候値を用いた AMeDAS\_NHRCM

NHRCM気候値を用いた AMeDAS\_NHRCM2

内挿に使用する気候値 → メッシュ気候値 ⇒ NHRCM気候値 ↓ 山岳部の過小評価 → 減少

しかし...

雨量計無+山岳域 2~6 mm/day過小評価 = 180~540 mm/year → 蒸発散量と同じオーダー → 水収支では大きな誤差

**方法** APHRO\_JPの系統誤差を補正

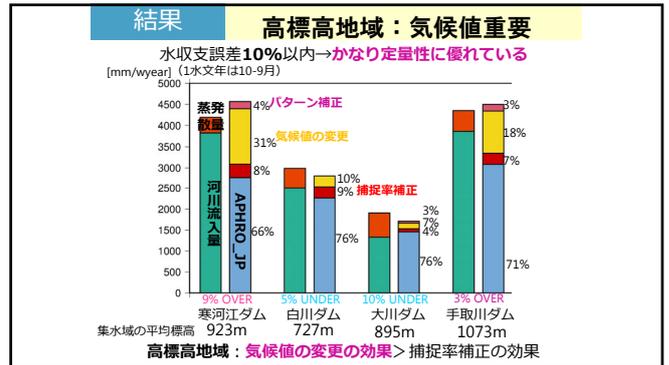
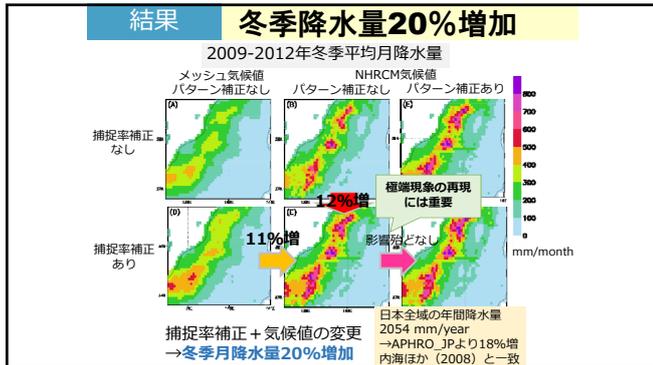
AMeDAS観測値に対し内挿誤差の補正と捕捉率の補正を適用する

データ名	A	B	C
捕捉率補正	なし	なし	なし
気候値	メッシュ気候値	NHRCM気候値	NHRCM気候値
パターン補正	なし	なし	あり

データ名	D	E	F
捕捉率補正	あり	あり	あり
気候値	メッシュ気候値	NHRCM気候値	NHRCM気候値
パターン補正	なし	なし	あり

**雨量計の捕捉率補正**

観測風速と再解析データDSJRA-55の地上風速、雨量計のメタデータを用いて AMeDAS雨量計の捕捉率補正を行い内挿。(増田ほか 2018)



### まとめ 増田南波修士論文

目的：北日本の冬季降水量の定量評価

- NHRCMでダウンスケーリングされた降水量データを用いて、内挿誤差の補正手法を検討した。
  - APHRO\_JP作成時に使用しているメッシュ気候値 (雨量計ベース)
    - 雨量計の無い山岳部冬季降水量：過小評価
  - APHRO\_JPの手法→山岳部冬季降水量：過小評価
  - NHRCM気候値を使用→過小評価軽減
  - 雨量計の無い山岳部
    - 気候値と異なる標高に伴う降水量増加の割合→表せない
  - パターン補正により改善
- AMeDAS観測値に対し内挿誤差の補正と捕捉率の補正を適用すると共に、両者の北日本冬季降水量の定量評価への寄与を明らかにした。
  - 捕捉率補正と気候値の変更：効果同等→北日本の冬季降水量20%増加
  - 日本全体の年間降水量2054 mm/year (APHRO\_JPより18%増)
  - ダム集水域における水収支検証：河川流入量+蒸発散量を99%説明
  - 雨量計の無い山岳部の降水量定量評価
    - 捕捉率補正よりも気候値の見直し重要

### International workshop on snow cover changes and its modeling over Northern Eurasia

参加費無料  
ご参加大歓迎

日程： 2020年2月19-21日  
( 2月14-21日 さくらサイエンス capacity building WS)

場所： 弘前大学

招へい者： Pavel Groisman (NCEI/NOAA、 NEFH-NEESPI Project Scientist)  
Sergey Sokratov (Moscow State University、 Professor)  
積雪のモデリング ほか

[http://aphrodite.st.hirosaki-u.ac.jp/workshop\\_Feb2020.html](http://aphrodite.st.hirosaki-u.ac.jp/workshop_Feb2020.html)