

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2022

課題番号：18KK0098

研究課題名（和文）ヒマラヤ山岳域における複雑地形と大規模湿潤気流がもたらす降水変動メカニズムの解明

研究課題名（英文）A study on precipitation variability over the Himalayas induced by the complex topography and large-scale moist flows

研究代表者

藤波 初木 (Fujinami, Hatsuki)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・講師

研究者番号：60402559

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：ヒマラヤ高標高域の降水変動とそのメカニズムを解明するため、ネパールヒマラヤ東部・ロールワリン地域に雨量計網（標高1000～5000m）を展開し、2019～2022年の1時間降水量データを取得した。また、衛星搭載降雨レーダ、雲解像モデルおよび大気再解析データを用いた総合的な研究を実施した。高標高域では、降水量に昼間と夜間の1日2回のピークがあり、昼間はヒマラヤ南斜面、夜間はインド半島規模の陸面過程による風系の日変化によることを明らかにした。高標高域に極端降水をもたらすメソスケールの降水システムは、モンスーン低気圧による斜面への水蒸気輸送の増加とヒマラヤ南斜面の加熱により発生することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒマラヤ山脈の夏季降水は山岳氷河を涵養し、ガンジス川やブラマプトラ川などの大河川の水源となるなど、流域に住む数億人の人々の貴重な水資源となる。本研究は、その夏季降水の基本的な変動である日変化のメカニズムを初めて明らかにした。また、これまでわかっていなかった高標高域の豪雨発生メカニズムも明らかにした。これらの解明は、南アジアの山岳氷河を含む水文気候の形成・維持過程の理解向上に大きく貢献する。

研究成果の概要（英文）：To better understand summer precipitation, including heavy rainfall events at higher elevations in the Himalayas and the mechanisms of its variability, we carried out an international collaborative research project between Japan and Nepal. We installed rain-gauge network around the Rolwaling to understand the detailed features of summer precipitation in the eastern Nepal Himalayas. We performed comprehensive research using the in-situ observation space-borne precipitation radar, cloud resolving numerical models and atmospheric reanalysis dataset. We revealed precipitation increased twice daily with a daytime peak and a nighttime peak in the higher elevations, which is driven by a contrasting land surface effects. We also revealed that the heavy precipitation at the higher elevations came from the multiscale processes such as three-dimensional moisture transport driven by monsoon lows and the diurnal variation in heat fluxes from the land surface of the southern slopes of the Himalayas.

研究分野：気象学・気候学

キーワード：ヒマラヤ山脈 アジアモンスーン 降水変動 氷河 夜間降水 極端降水 モンスーン低気圧 陸面過程

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

夏季ヒマラヤ山脈の降水による潜熱加熱は、夏季アジア周辺の大気循環場の形成・維持に重要である(Boos and Kuang 2010)。また、夏季の降水が高標高地域の山岳氷河やインダス川、ブラマプトラ川、ガンジス川などの大河水源流域を含む山岳域の水循環を維持している。ヒマラヤには地球上の山岳氷河の約 20%が存在し、流域に住む約 8 億人の水資源として重要なだけでなくその縮小を介し海面高度上昇への寄与が大きい。そのため、夏季ヒマラヤ山岳域の水循環にとって、降水量とその変動は非常に重要である。近年の人工衛星搭載降雨レーダにより、斜面上の地形の特徴を反映した詳細な降水量分布が明らかになりつつあるが、このヒマラヤ高標高地域の降水量分布の妥当性は未だに確かめられていない(Shreshta et al. 2012)。また、高標高地域での地上降水量データも不足しているため、そもそもどのくらい雨が降るのか?といった基本的な情報すら不足している。ヒマラヤの降水変動は、斜面風に起因する日変化が明瞭であることが知られている(Bhatt and Nakamura 2006; Ueno et al. 2008)。しかし、日変化にどのような日々の変動があるのか、他の大気現象[例えば、モンスーン擾乱や季節内振動(主に 10 日~20 日と 30 日~60 日程度の周期現象)] が引き起こす大規模湿潤気流の変動とどのような関係があるのかも未解明である。

2. 研究の目的

そこで、本研究はネパールと日本の氷河・気象・気候・水文を専門とする研究者が共同し、1)夏季ヒマラヤ山岳域の降水量と、降水量変動の実態およびそれに伴う降水特性の変化を、標高の異なる複数地点の高時間解像度の地点降水観測、熱帯降雨観測衛星の降雨レーダ(TRMM-PR)と全球降水観測計画/二周波降水レーダ(GPM-DPR)のデータから明らかにする。2)降水変動をもたらす総観規模の大気循環変動を高時空間解像度大気再解析データ(ERA5)を用いて明らかにする。3)総観規模の湿潤気流変動と斜面における領域規模の山谷地形がもたらす降水変動の詳細なメカニズムを雲解像領域モデル(WRF と CReSS)を用いて明らかにする。これらの総合的な解析を通して、氷河の存在する高標高地域を含む山岳域の水循環の理解向上を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、東部ネパールヒマラヤのロールワリン地域に雨量計・気象観測計網を構築し、高時間解像度の降水量と気象データを観測した(図 1)。これらのデータをもとに、降水量の日変化から季節変化にわたる降水量変動の解析を行った。また、TRMM-PR や GPM-DPR のデータを用いて、ネパールヒマラヤ全体における、降水特性(降水頻度・降水強度・対流性降雨・層状性降雨など)を解析した。さらに、観測された日変化や極端降水現象のメカニズムを解明するため、最新の大気再解析データ ERA5 と雲解像モデル(WRF と CReSS)を用いた総合的な解析を行った。

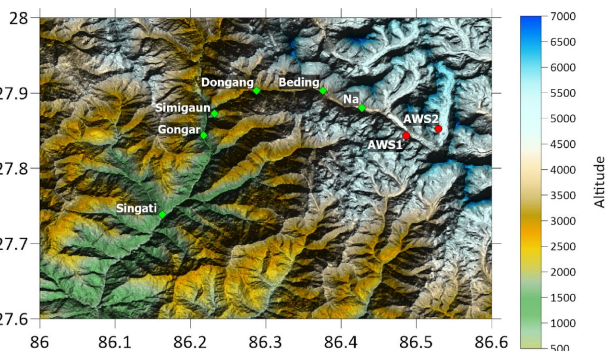


図 1. 本課題で構築した東部ネパールヒマラヤ・ロールワリン地域における雨量計網。図中の は雨量計。 は自動気象観測装置(AWS)。AWS は降水量と気象要素(降水量・風向・風速・放射等)を観測できる。

4. 研究成果

(1)夏季のベンガル湾で発生・発達するモンスーン低気圧は、ヒマラヤ山脈の降水現象に重要である。この研究では GPM-DPR, CloudSat の雲レーダ(CPR)等の人工衛星データと CReSS を用いて、モンスーン低気圧の異なる発達段階におけるメソスケールの雲・降水システム(MCS)の特徴と低気圧の発達に対する雲・降水システムの役割を初めて明らかにした。ベンガル湾上でのモンスーン低気圧の急発達期には、低気圧内部に背の高い対流性降雨域と層状性降雨域を伴う MCS が存在することが明らかになった。低気圧の渦構造が強まると、低気圧の南西側に環状の降水帯が存在し、その降水帯上に非常に背の高い対流性の降水セルが発達する。雲解像モデルを用いた感度実験から、発達期の MCS による潜熱加熱が低気圧の急発達に不可欠であることが分かった。また、その降水システムの発生と発達には、ベンガル湾からの水蒸気の供給が不可欠であることも分かった。ベンガル湾から蒸発した水蒸気は、低気圧東側の南風により低気圧内部に取り込まれ、低気圧の内部に強い条件付き不安定な成層を形成・維持し、低気圧の発達を促進することが分かった(Fujinami et al. 2020)。モンスーン低気圧は、活発な MCS により下層~中層にかけて湿っており、ヒマラヤ山脈への水蒸気輸送に重要な役割を果たしている。

(2)ヒマラヤ山脈の高標高地域の降水量は、氷河の涵養に重要である。この研究では、トラカルディン氷河末端部に設置されている AWS1 (図 1; 標高 4,806m) の 1 時間降水量と気象データを用いて、降水量の日変化を解析した。AWS1 で観測された降水量には明瞭な日変化があり、16 時(日中)

と 00 時(夜間)の 1 日 2 回の極大がある(図 2a)。これらの極大は降水強度の弱い(0.5 mm/h 以下)降水が頻繁に降ることにより生じていた。日中は太陽放射による斜面の加熱により、気温が上昇して谷風が発達する(図 2b)、日中の降水量極大は、谷

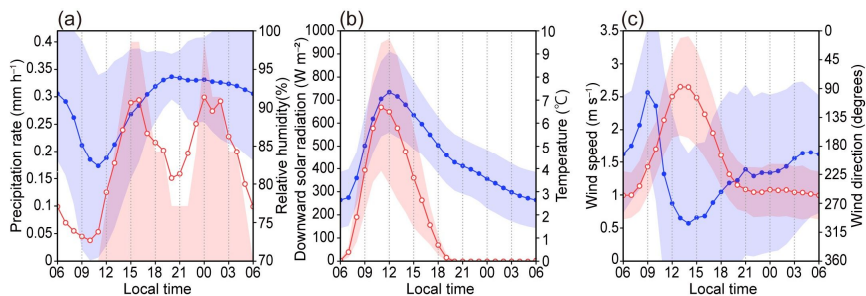


図 2. AWS1 で観測された(a)降水量(mm/hr; 赤線), 相対湿度(%; 青線), (b) 下向き短波放射(W/m²; 赤線)と気温(; 青線), (c)風速(m/s; 赤線)と風向(度, 青線)の日変化. 値は 2016~2018 年の 6~9 月の平均値.

風による斜面に沿った空気の上昇により、斜面上で降水システムが発達すること起因する(図 2c)。一方, ERA5 の解析から、夜間の降水量極大は地表面付近の気象要素の変化が原因ではなく、ガンジス平原上の夜間の地表面冷却による、ヒマラヤ山脈に向かう下層モンスーン気流の加速(夜間ジェット)が原因であることがわかった。また, TRMM-PR によるネパールヒマラヤ全体の解析から、1 日 2 回の降水極大は標高 2,000m 以上の高標高域の全般的な特徴であり、低標高域では、夜間のみ極大が見られる。高標高域の日中の降水は背の低い対流性降水の割合が高く、夜間は日中よりも降雨頂高度の高い層状性降水の割合が増加した(Fujinami et al. 2021)。さらに、空間解像度 2km の雲解像モデル WRF を用いた数値実験で、観測された日変化を再現することに成功した。夜間降水の強化には、夜間ジェットによる南からの強いモンスーン気流と、ヒマラヤ斜面上での放射冷却と雲・降水システムによる斜面下降流との収束が重要である (Sugimoto et al. 2021)。

(3) 夏季南アジアの多雨地帯であるヒマラヤ山脈とメガラヤ高原周辺は夜間降水が卓越する。この要因は、(2)で言及したように、ガンジス平原上の夜間下層ジェットの形成により説明されてきた。しかし、このガンジス平原上の下層風の日変化は、インド半島規模で発生する大規模な下層風の日変化の一部であることがわかってきた。高時間空間解像度(1 時間間隔・0.25 度格子)の ERA5 を用いた解析から、夜間にベンガル湾西部の海岸域に沿って大規模に下層の南風が強化され、ガンジス平原に流入する現象(大規模夜間湿潤気流)を発見した(図 3)。この大規模夜間湿潤気流は、海上から陸上への水蒸気輸送量を増やし、ヒマラヤ山脈とメガラヤ高原周辺の夜間降水強化の要因となる。この大規模夜間湿潤気流はインド半島の熱的・力学的効果の日変化の影響を強く受けている。日中のインド半島上は、対流混合層が発達する。この層は下層の強い西風(モンスーン西風)に対して摩擦力として作用するため、風速が非常に弱くなる。一方、夜間にはインド半島上に安定層が形成され、摩擦力が弱くなる。そのため、モンスーン西風が加速する。同時に、インド半島南端のから続く下層ジェットの構造を伴った強い南西風がベンガル湾西部の海岸域に発生する。インド半島からの強いモンスーン西風とこの南西風が合流し、ベンガル湾西部の海岸域からガンジス平原にわたる大規模夜間湿潤気流が形成される。この大規模夜間湿潤気流は、ヒマラヤ山脈を含む山岳水循環の形成と維持に重要な役割を持っている可能性がある(Fujinami et al. 2022)。

(4) ヒマラヤ山脈は平地と比較して極端降水の発生頻度が高い(Bookhagen 2010)。2019 年 7 月 8 日にロールワリン地域の雨量計観測網内の Dongang(図 1, 標高 2,790m)で日降水量 112 mm の豪雨が観測された。この豪雨をもたらした要因を高時空間解像度の Meteosat 赤外データ, ERA5 および雲解像モデル CReSS により解析した。8 日の日降水量の多くは 19 時~23 時の間に観測された(81mm)。8 日はモンスーン低気圧がインドの北東部に存在していた。この低気圧が大気中層まで水蒸気を持ち上げ、水平風により東部ネパールヒマラヤに水蒸気を輸送し、Dongang 周辺の水蒸気量を増加させた。降雨の強い時間帯は、帯状のメソ降水システムが Dongang の上空を通過した(図 4)。メソ降水システムの内部には、背の高い対流性の降水システムが存在している。CReSS による数値実験から、低気圧による中層(500hPa)の湿った南東風が、夕方のヒマラヤ斜面上での加熱を受け、Dongang の風上側に対流不安定な成層を形成したことがわかった。斜面による強制上昇により対流不安定が解消され、斜面上に帯状のメソ降

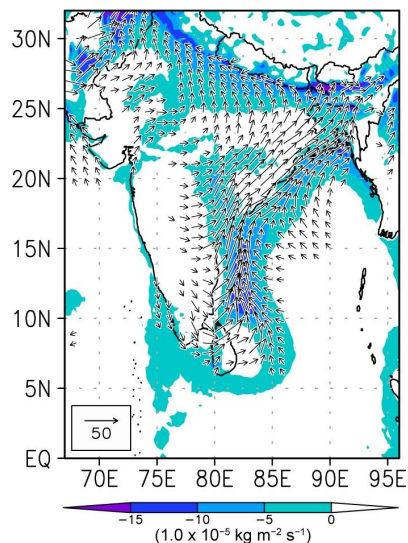


図 3. 夜間(23~02 地方時)の水蒸気フラックス偏差(ベクトル)とその収束偏差(色階調)。

この大規模夜間湿潤気流は、ヒマラヤ山脈を含む山岳水循環の形成と維持に重要な役割を持っている可能性がある(Fujinami et al. 2022)。

(d) 20 LT 08

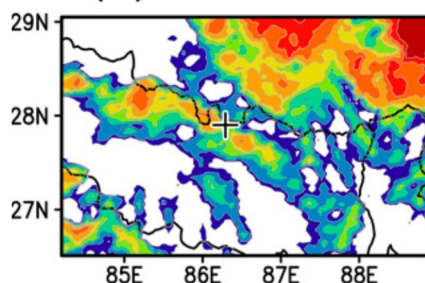


図 4. Meteosat で観測された 7 月 8 日 20 時(地方時)の輝度温度の分布。暖色ほど雲頂温度が低い。+ 印は Dongang の位置。

成したことがわかった。斜面による強制上昇により対流不安定が解消され、斜面上に帯状のメソ降

水システムが形成された。その中で発達した対流性の降水システムが北上し Dongang に豪雨をもたらした。これまで、モンスーン低気圧がヒマラヤ山脈の南側に存在する時に斜面上の雨が増えることは知られていたが、本研究はそのメカニズムを雲解像モデルによる数値実験から初めて明らかにした(Hirata et al. 2023).

(5) ロールワリン地域の雨量計ネットワーク(図 1)で観測された 2019~2021 年の 1 時間降水量データを用いて、降水量の日変化変動を解析した。Beding, Na, AWS1 の 3 地点は、3 年平均の降水頻度と降水量の日周期に、午後と夜間の 1 日 2 回の極大がある。降水頻度と降水強度の極大値は、午後と夜間でそれぞれほぼ同じである。Dongang では、降水頻度には 1 日 2 回の極大が見られるが、夜間の降水強度が強いため、平均降水量は夜間の方が多い。一方、Singati, Gongar, Simigaun の 3 地点は、降水強度と降水頻度ともに夜間に極大を示すため、平均降水量は夜間に極大となる。2020 年の Dongang では、6 月上旬より降水量が増加した。平均的な日周期と同様に、午後と夜間に雨が降りやすい。日周期の極大に注目すると、夜間(22~03 時)の降水が午後(14~18 時)よりも多い期間と、その逆を示す期間が 30~40 日周期で変化している(図 5)。日積算降水量にはそのような周期は見られない。これは南アジアに卓越する 30~40 日周期の季節内振動(BSISO)がヒマラヤ高標高域の日周期の位相を変調していることを示唆している。同様な傾向は Beding と Na でも見られた。また、Simigaun, Gongar, Singati では、夜間の降水量に季節内振動周期での変動が確認された。これらの特徴は 2019 年と 2021 年も同様であった。ERA5 による解析から、夜間降水が卓越する期間は、ガンジス平原上の下層風が南東風であり、昼間降水が卓越する期間は南西風が卓越していた。南東風はヒマラヤ山脈の南側のモンスーン低気圧によってもたらされる。モンスーン低気圧の発生・発達が BSISO による下層風の季節内振動の影響を強く受けるため、昼間降水と夜間降水に同周期帯の変動が発生したと考えられる。

(6) 本研究課題では、地上雨量計網と衛星搭載降雨レーダのデータから、ヒマラヤ高標高域の降雨特性や降水変動の実態把握を概ね研究計画通りに実行することができた。一方、標高 4,000m 以上の領域では、衛星降雨レーダによる降水量や降雨特性の解析は困難であることがわかった。高標高域の降水の鉛直構造の理解は、氷河の涵養等にも重要な情報のため、マイクロレインレーダのような地上降水レーダでの観測が望まれる。また、ヒマラヤ山脈の斜面全体からインド半島規模の大気循環変動がヒマラヤの降水変動を引き起こすメカニズムの理解は大きく進展した。しかし、ロールワリン地域のような、より小規模の山谷地形の内部で、大規模な大気循環の変動に伴ってどのような循環の変化が生じ、雲・降水システムの形成につながるのかは、依然としてわかっていない。今後は風・地表面フラックスが測定できる AWS 観測網および小規模な山谷地形が十分に解像できる空間解像度 1km 以下の雲解像モデルを用いた研究が必要である。

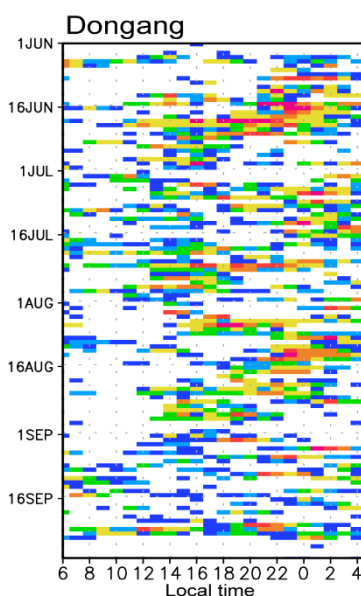


図 5. Dongang で観測された 2020 年の 1 時間降水量の季節進行と地方時の断面図。

<引用文献>

1. Bhatt, B. C., and Nakamura, K., 2006: A climatological-dynamical analysis associated with precipitation around the southern part of the Himalayas, *J. Geophys. Res.*, 111, D02115.
2. Boos, W. R. and Z. Kuang, 2010: Dominant control of the South Asian monsoon by orographic insulation versus plateau heating, *Nature*, 463, 218-222.
3. Fujinami, H., H. Hirata, M. Kato and K. Tsuboki, 2020: Mesoscale precipitation systems and their role in the rapid development of a monsoon depression over the Bay of Bengal. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 146, 267–283.
4. Fujinami, H. K. Fujita, N. Takahashi, T. Sato, H. Kanamori, S. Sunako and R.B. Kayastha, 2021: Twice-daily monsoon precipitation maxima in the Himalayas driven by land surface effects, *J. Geophys. Res. Atmospheres*, 126, e2020JD034255.
5. Fujinami, H., T. Sato, H. Kanamori and M. Kato, 2022: Nocturnal southerly moist surge parallel to the coastline over the western Bay of Bengal. *Geophys. Res. Lett.*, 49, e2022GL100174.
6. Hirata, H., H. Fujinami, H. Kanamori, Y. Sato, M. Kato, R. B. Kayastha, M. L. Shrestha, and K. Fujita, 2023: Multiscale processes leading to heavy precipitation in the eastern Nepal Himalayas. *J. Hydrometeor.*, 24, 641–658.
7. Shrestha, D., Singh, P., and Nakamura, K., 2012, Spatiotemporal variation of rainfall over the central Himalayan region revealed by TRMM Precipitation Radar, *J. Geophys. Res.*, 117, D22106.
8. Sugimoto, S., K. Ueno, H. Fujinami, T. Nasuno, T. Sato and H. G. Takahashi, 2021: Cloud-resolving-model simulations of nocturnal precipitation over the Himalayan slopes and foothills, *J. Hydrometeor.*, 22, 3171-3188.
9. Ueno, K., K. Toyotsu, L. Bertolani, and G. Tartari, 2008: Stepwise Onset of Monsoon Weather Observed in the Nepal Himalaya. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 2507–2522.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Hirata Hidetaka, Fujinami Hatsuki, Kanamori Hironari, Sato Yota, Kato Masaya, Kayastha Rijan B., Shrestha Madan L., Fujita Koji	4. 巻 24
2. 論文標題 Multiscale Processes Leading to Heavy Precipitation in the Eastern Nepal Himalayas	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Hydrometeorology	6. 最初と最後の頁 641 ~ 658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JHM-D-22-0080.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Terao Toru, Kanae Shinjiro, Fujinami Hatsuki et al.	4. 巻 104
2. 論文標題 AsiaPEX: Challenges and Prospects in Asian Precipitation Research	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the American Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 E884 ~ E908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/BAMS-D-20-0220.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Fujinami Hatsuki, Sato Tomonori, Kanamori Hironari, Kato Masaya	4. 巻 49
2. 論文標題 Nocturnal Southerly Moist Surge Parallel to the Coastline Over the Western Bay of Bengal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2022GL100174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL100174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tsushima Akane, Miyahara Morihiko, Yamasaki Tetsuhide, Esashi Nao, Sato Yota, Kayastha Rijan B., Sherpa Ang J. B. Lama, Sano Masaki, Fujita Koji	4. 巻 62
2. 論文標題 Ice core drilling on a high-elevation accumulation zone of Trambau Glacier in the Nepal Himalaya	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Glaciology	6. 最初と最後の頁 353 ~ 359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/aog.2021.15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Fujinami Hatsuki, Fujita Koji, Takahashi Nobuhiro, Sato Tomonori, Kanamori Hironari, Sunako Sojiro, Kayastha Rijan B.	4. 巻 126
2. 論文標題 Twice Daily Monsoon Precipitation Maxima in the Himalayas Driven by Land Surface Effects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Atmospheres	6. 最初と最後の頁 e2020JD034255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JD034255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato Yota, Fujita Koji, Inoue Hiroshi, Sunako Sojiro, Sakai Akiko, Tsushima Akane, Podolskiy Evgeny A., Kayastha Rakesh, Kayastha Rijan B.	4. 巻 9
2. 論文標題 Ice Cliff Dynamics of Debris-Covered Trakarding Glacier in the Rolwaling Region, Nepal Himalaya	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2021.623623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Islam Md. Anowarul, Sato Tomonori	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of Terrestrial Precipitation on the Variability of Extreme Sea Levels along the Coast of Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 2915 ~ 2915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w13202915	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugimoto Shiori, Ueno Ken'ichi, Fujinami Hatsuki, Nasuno Tomore, Sato Tomonori and Takahashi G. Hiroshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Cloud-Resolving-Model Simulations of Nocturnal Precipitation over the Himalayan Slopes and Foothills	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Hydrometeorology	6. 最初と最後の頁 3171 ~ 3188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JHM-D-21-0103.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fujinami H., H. Hirata, M. Kato, K. Tsuboki	4. 巻 146
2. 論文標題 Mesoscale precipitation systems and their role in the rapid development of a monsoon depression over the Bay of Bengal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	6. 最初と最後の頁 267 ~ 283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/QJ.3672	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sunako S., K. Fujita, A. Sakai, R. B. Kayastha	4. 巻 65
2. 論文標題 Mass balance of Trambau Glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya: in-situ observations, long-term reconstruction and mass-balance sensitivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Glaciology	6. 最初と最後の頁 605 ~ 616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/jog.2019.37	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Habib S. M. Ahsan, Sato Tomonori, Hatsuzuka Daisuke	4. 巻 20
2. 論文標題 Decreasing number of propagating mesoscale convective systems in Bangladesh and surrounding area during 1998?2015	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Science Letters	6. 最初と最後の頁 e879 ~ e879
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asl.879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 藤波初木・金森大成・佐藤洋太・佐藤友徳・藤田耕史
2. 発表標題 ネパールヒマラヤにおける夏季降水量の日周期変調
3. 学会等名 日本気象学会 2022 年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Fujinami, H.
2 . 発表標題 Role of land-atmosphere coupling on nocturnal precipitation over South Asia
3 . 学会等名 A workshop on atmosphere-land coupling (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Fujinami, H., H. Hirata, K. Fujita, H. Kanamori, Y. Sato and M. Kato and R. B. Kayastha
2 . 発表標題 A heavy rainfall event in the eastern Nepal Himalayas caused by multi-scale processes
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Sugimoto,S, K. Ueno, H. Fujinami, T. Nasuno, T. Sato, H. G. Takahashi
2 . 発表標題 Nocturnal precipitation processes over the Himalayas during the mature monsoon season
3 . 学会等名 International Mountain Conference 2022
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hirose, M. and H. Fujinami
2 . 発表標題 Spatial patterns of high-elevation precipitation observed through spaceborne radars
3 . 学会等名 European Geosciences Union (EGU) General assembly 2021 (Virtual) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 平田英隆・藤波初木・金森大成・加藤雅也・佐藤洋太・藤田耕史・坪木和久
2. 発表標題 2019年7月にネパール・ロールワリン地域で発生した豪雨の発生過程
3. 学会等名 2021年度日本気象学会秋季全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉本志織・上野健一・藤波初木・那須野智江・佐藤友徳・高橋洋
2. 発表標題 雲解像実験におけるヒマラヤおよびその周辺域での夜雨再現実験
3. 学会等名 2021年度日本気象学会秋季全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujinami, H., K. Fujita, N. Takahashi, T. Sato, H. Kanamori, S. Sunako and R. B. Kayastha
2. 発表標題 Twice-daily maxima of summer precipitation in the Himalayas
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 18th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田英隆
2. 発表標題 東部ネパールヒマラヤで発生した豪雨のマルチスケール解析
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤波初木
2. 発表標題 2019年7月上旬のネパール豪雨をもたらした大気循環場の変化
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤波初木
2. 発表標題 夜間にベンガル湾岸で加速するモンスーン湿潤気流
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋暢宏
2. 発表標題 衛星搭載レーダによるヒマラヤにおける降水の特徴づけ(2)と GPM v7 について
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 広瀬正史
2. 発表標題 衛星搭載降水レーダによるヒマラヤ山岳地域の降水気候値
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤友徳
2. 発表標題 総観場パターンと降水日変化の関係について
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 ヒマラヤ・ロールワリン地域を対象とする高解像度数値気象実験
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉本志織
2. 発表標題 ヒマラヤ域を対象とした雲解像実験の将来展望
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤波初木
2. 発表標題 ヒマラヤのデブリ氷河と氷河湖の降水現象への影響評価(にむけて)
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujinami, H., K. Fujita, N. Takahashi, T. Sato, H. Hirata, H. Kanamori, Y. Sato, T. R. Gurung, R. B. Kayastha and M. L. Shrestha
2. 発表標題 Precipitation and its variability in the high elevation area of the Nepal Himalayas
3. 学会等名 Seventh WMO International Workshop on Monsoons (IWM-7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田英隆・藤波初木・加藤雅也・坪木和久
2. 発表標題 雲解像モデルを用いたモンスーン低気圧の発達過程の研究
3. 学会等名 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN)第12回 シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤波初木・藤田耕史・高橋暢宏・佐藤友徳・金森大成・砂子宗次郎・坂井亜規子
2. 発表標題 ヒマラヤ山脈の高標高域における降水量の日変化
3. 学会等名 日本気象学会2020秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋暢宏・藤波初木
2. 発表標題 GPM/DPR を用いたヒマラヤ夏季の降水の特徴について
3. 学会等名 日本気象学会2020秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤波初木・藤田耕史・高橋暢宏・佐藤友徳・金森大成・砂子宗次郎・坂井亜規子
2. 発表標題 ヒマラヤ山脈の高標高域における降水量の日変化
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平田英隆・藤波初木・加藤雅也
2. 発表標題 CReSSによるヒマラヤ山岳域の1kmシミュレーション
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋暢宏・藤波初木
2. 発表標題 GPM/DPRを用いたヒマラヤ夏季の降水の特徴について
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉本志織・上野健一・藤波初木・那須野智江・佐藤友徳・高橋洋
2. 発表標題 高解像実験を用いたヒマラヤ域における夜間降水解析
3. 学会等名 ヒマラヤ降水研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirata, H., H. Fujinami, M. Kato and K. Tsuboki
2. 発表標題 Response of a monsoon depression to SST anomalies over the Bay of Bengal
3. 学会等名 Workshop on Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujinami, H., K. Fujita, N. Takahashi, T. Sato, H. Kanamori, S. Sunako and A. Sakai
2. 発表標題 Twice-daily maxima of summer precipitation in high-altitude areas of the Himalayas: two contrasting land surface effects
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤波初木・藤田耕史・高橋暢宏・平田英隆・佐藤友徳
2. 発表標題 ヒマラヤ山脈の氷河周辺域における夏季降水量観測と降水量変動
3. 学会等名 日本気象学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujinami H., K. Fujita, N. Takahashi, T. Sato, H. Hirata, R.B. Kayastha and M. L. Shreshta
2. 発表標題 Precipitation and its variability in high elevation areas of the Nepal Himalayas
3. 学会等名 AsiaPEX Kickoff conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Fujinami H., H. Hirata, M. Kato and K. Tsuboki
2 . 発表標題 Meso-scale precipitation systems and their role in the rapid development of a monsoon depression over the Bay of Bengal
3 . 学会等名 AsiaPEX Kickoff conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Fujinami H., H. Hirata, M. Kato and K. Tsuboki
2 . 発表標題 Meso-scale precipitation systems and their role in the rapid development of a monsoon depression over the Bay of Bengal
3 . 学会等名 ISEE workshop: Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Fujita K., S. Sunako, A. Sakai, R.B. Kayastha
2 . 発表標題 Mass balance of Trambau Glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya: In-situ observations, long-term reconstruction and mass-balance sensitivity
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Sunako S., K. Fujita, A. Sakai, R.B. Kayastha
2 . 発表標題 Mass balance of Trambau Glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya: In situ observations, long-term reconstruction, and mass-balance sensitivity
3 . 学会等名 EGU General Assembly 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 藤波初木・金森大成
2. 発表標題 夏季ヒマラヤ域の降水量変動
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺尾徹
2. 発表標題 POST-MAHASRI science plan
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂井亜規子・藤田耕史
2. 発表標題 氷河台帳を利用した広域での降水量補正
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 砂子宗次郎
2. 発表標題 ネパールヒマラヤ、トランバウ氷河における現地観測と降水パラメータ推定
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋暢宏
2. 発表標題 山岳域での人工衛星からの降水観測に対する問題意識等
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 広瀬正史
2. 発表標題 TRMM PRによるヒマラヤ域の高分解能降水データ
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田英隆
2. 発表標題 ヒマラヤ山岳域の降水変動におけるモンスーン低気圧の役割
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤友徳
2. 発表標題 ヒマラヤにおける降水日変化研究の展望
3. 学会等名 ヒマラヤ降水科研キックオフワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田英隆・藤波初木
2. 発表標題 What is a monsoon depression?
3. 学会等名 第1回高・低気圧ワークショップ
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://mausam.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~hatsuki/index.htm https://sites.google.com/view/hiprecs/homejapanese?authuser=0
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 友徳 (Sato Tomonori) (10512270)	北海道大学・地球環境科学研究所・准教授 (10101)	
研究分担者	平田 英隆 (Hirata Hidetaka) (30808499)	立正大学・データサイエンス学部・専任講師 (32687)	
研究分担者	高橋 暢宏 (Takahashi Nobuhiro) (60425767)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	藤田 耕史 (Fujita koji) (80303593)	名古屋大学・環境学研究科・教授 (13901)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	カヤスタ リジャン (Kayastha Rijan)		
研究 協力者	シュレスタ マダン (Shrestha Madan)		
研究 協力者	砂子 宗次朗 (Sunako Sojiro)		
研究 協力者	金森 大成 (Kanamori Hironari)		
研究 協力者	佐藤 洋太 (Sato Yota)		
研究 協力者	広瀬 正史 (Hirose Masafumi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	加藤 雅也 (Kato Masaya)		
研究協力者	杉本 志織 (Sugimoto Shiori)		
研究協力者	坂井 亜規子 (Sakai Akiko)		
研究協力者	寺尾 徹 (Terao Toru)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ネパール	Kathmandu University	Nepal Academy of Science and Technology	ICIMOD