

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06587

研究課題名(和文)エルニーニョ気候擾乱による熱帯氷河の応答が水資源の持続性に及ぼす影響評価

研究課題名(英文)Evaluation of water resources sustainability considering tropical glacier responses to extreme climate conditions driven by El Nino events

研究代表者

朝岡 良浩 (ASAOKA, Yoshihiro)

日本大学・工学部・准教授

研究者番号：00758625

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はアンデス高地の熱帯氷河を対象として、エルニーニョ現象時の氷河変動、融解機構、水資源量を評価した。エルニーニョ現象が卓越した2014年から2016年の期間、消耗域の面積率が高い氷河の顕著な縮小を確認した。エルニーニョ現象時の氷河と大気エネルギー交換は、乾燥化に伴う放射収支の減少によって融解量が減少する。また、表面温度の低下を顕熱輸送量の増加が補う。熱帯氷河が分布するポリビアのトゥニ貯水池は、エルニーニョ現象時の氷河縮小および降水量減少に伴い水資源が減少する。首都圏への水供給を維持した場合、下流域の水資源に強く影響することを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はポリビア多民族国の熱帯氷河を対象として、エルニーニョ現象時の極端な気候条件下の氷河変動と水資源量の変化を明らかにした。エルニーニョ現象の期間に一部の氷河の縮小が顕著であること、エルニーニョ現象に伴う乾燥化によって氷河の融解量が減少し、エルニーニョ現象後の河川流量にも影響することを示した。エルニーニョ現象時の極端な気候条件に着目して、熱帯氷河の変動と水資源への影響を解析した一連の研究成果は、水文・水資源工学に関連する学術分野だけでなく、熱帯氷河の融解水を水資源として利用する山岳都市の水資源管理においても有益な知見と考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study evaluated tropical glacial area change, energy exchange between glacier surface and atmosphere, and water resources during the El Nino event in the Andean highlands. From 2014 to 2016 when the El Nino was one of the strongest on record, the glacial area with high rate of ablation area significantly decreased. Regarding the energy exchange between the glacier and the atmosphere during the El Nino event, net radiation was lower than that in the normal climate and it lead to the decrease in melting, but sensible heat transport competed decrease in decreased surface temperature. Runoff analysis and water balance analysis showed that although glacial area and precipitation decreased during the El Nino event, the Tuni reservoir in Bolivia can maintain to send water to the metropolitan area for drinking water supply and it lead to significant water resources decrease in the downstream area.

研究分野：水文学

キーワード：氷河融解 エルニーニョ現象 熱収支 衛星観測 UAV ポリビア多民族国

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は、南米ボリビア多民族国のアンデス高地の熱帯氷河を対象とする。特に南米の熱帯氷河は、地理的な要因によって、地球温暖化とエルニーニョ現象に対して脆弱な特徴を持つ。地球温暖化に脆弱な要因として、熱帯収束帯付近（南緯 16°）に分布することから、夏季（雨季）に発生する降雪によって氷河が涵養される。0℃前後の降雪頻度が高く、気温上昇に伴い、氷河の涵養量（主に降雪）と消耗量（主に融解）のバランスが崩れ、氷河の縮小に繋がる。

氷河の融解水を水資源として利用する山岳都市は多く、氷河の縮小は将来的な水資源の枯渇につながり、下流域の住民の生活や都市活動に対して脅威となりうる。水資源管理に資する有益な情報を発信するためには、気候変動に伴う氷河の応答とそれに伴う水資源変動の推定が工学的に重要といえる。先行研究によって、地球温暖化による氷河縮小の実態とメカニズムが解明されつつある。

申請者はこれまでに衛星画像を用いた解析に基づいて、対象地域における氷河群の長期的な縮小傾向を明らかにした。また、氷河の融解過程となる大気・氷河間における熱エネルギー交換の季節特性を解明するとともに、数値シミュレーションを用いて地球温暖化の条件下の氷河融解・流出による水資源量を将来展望した。一方で、南米大陸の熱帯氷河は、エルニーニョ現象時の海面水温が上昇する海域に比較的近いことから、エルニーニョ現象による気候擾乱が顕在化しやすい。申請者らの先行研究 (Morizawa et al., 2013) において、エルニーニョ現象の発生期間は 2 年から 3 年と短い、過去 30 年の氷河面積の長期変動を解析する中で、エルニーニョ現象の発生中に氷河域の縮小が加速することを確認した。エルニーニョ現象は 5 年前後の周期で発生することから、ストック型ともいえる氷河水資源の長期変動に対して、長期の地球温暖化のみならず、エルニーニョ現象に伴う気候擾乱中の氷河減少が水資源量に対して大きく影響すると考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、エルニーニョ現象に伴う気候擾乱中の氷河の応答が、擾乱後の氷河域および水資源量の持続性に及ぼす影響評価を目的とする。具体的には、(1) エルニーニョ期間前後の氷河縮小の解析、(2) 気候擾乱時の氷河融解プロセスの解明、(3) 氷河水資源に対する気候擾乱のインパクト評価に取り組む。対象期間は、主に 2014 年 6 月頃から 2016 年 3 月頃まで続いたエルニーニョ現象とその終息後を対象期間とした。

3. 研究の方法

(1) 研究対象地域

対象地域 (図 1) は、ボリビア多民族国の首都ラパスから北に約 30km に位置するトゥニ貯水池の集水域である。標高 5000m 以上の上流域に複数の氷河 (コンドリリ氷河、トゥニ氷河、ワイナポトシ氷河) が分布している。トゥニ貯水池にはトゥニ川が自然流入しており、さらに雨季にはコンドリリ川とワイナポトシ川から人工水路を介して導水している。トゥニ川、コンドリリ川、ワイナポトシ川の上流域にはトゥニ氷河、コンドリリ氷河、ワイナポトシ氷河を代表とする複数の氷河が分布している。トゥニ貯水池への流入水は、首都ラパスの主要水源として利用されており、首都圏の浄水場へ導水管を介して 1m³/s を送水している。

(2) 研究体制

ボリビア国の研究協力者であるサンアンドレス大学水理研究所と連携して、対象地域の水文・気象モニタリングデータの蓄積、氷河変動に関する現地調査を実施した。2010 年から熱帯氷河の融解・水資源変動に関する共同研究の体制を継続し、対象地域に水文・気象モニタリング網を構築した。現在、気象観測 5 地点、水位観測 5 地点が 2010 年から稼働している。本研究の実施期間を含む 9 年以上の観測データを蓄積した。また、現地調査と氷河先端部の UAV フライトを協同で実施した。

(3) 氷河変動モニタリング

先行研究として Funaki and Asaoka (2016) は人工衛星 Landsat8 の観測データを用いて対象氷河を抽出して氷河域のデータベースを作成し、さらに氷河面積の長期変動を解析した。氷河の抽出は、可視域の赤 (LANDSAT8 のバンド 4) と短波長赤外 (LANDSAT8 のバンド 6) の反射率のデータから NDSI (Normalized Difference Snow Index) を算出し、各メッシュの雪氷の有

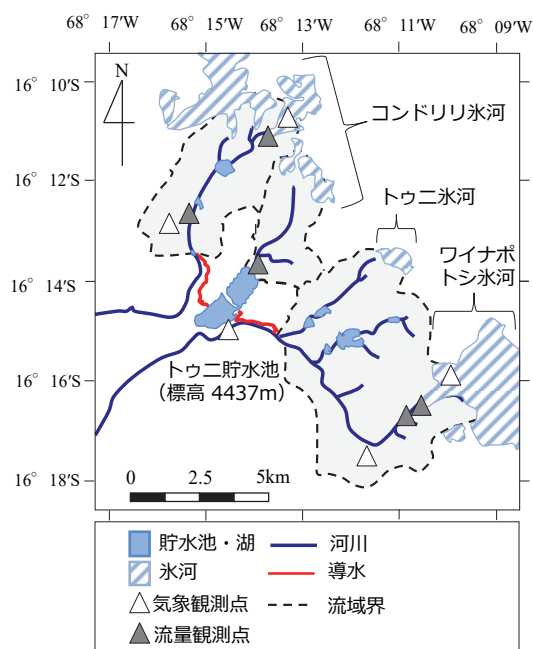


図 1 研究実施流域の概要と氷河分布

無を判定した。本研究は先行研究と同様の手法を用いて研究期間の氷河域を抽出して、先行研究の解析結果を更新した。

2017年から2019年の乾季にはコンドリリ氷河を対象として、可視・近赤外線カメラシステムを搭載した UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いて氷河先端部周辺 (消耗域) で航空写真測量を実施した。

衛星マイクロ波データを用いた氷河の雪線抽出を検討するため、人工衛星 Sentinel-1A 搭載の C-band SAR (Cバンド合成開口レーダ) のデータを用いて HuayaPotosi 氷河におけるマイクロ波の後方散乱特性を解析した。

(4) 多層氷河・積雪モデル

雪氷面と大気のエネギー交換を計算するために次元多層積雪モデル(Yamazaki, 2001)を HuaynaPotosi 西氷河の気象観測点に適用した。モデルに入力する気象データは下向き短波放射量, 下向きの長波放射量, 気温, 湿度, 風速, 降水量である。雪氷面と大気のエネギー交換, 温度, 密度, 含水量の鉛直分布を計算する。雪氷体を厚さ Δz (本研究では 5cm) の層に分割し, 各層の積雪温度は熱伝導方程式に日射の積雪内部への浸透と, 融解・凍結の潜熱を扱い計算する。

(5) 氷河融解・流出モデル

氷河融解・流出モデル (Kinouchi et al., 2013) は, 対象流域を 100m の標高帯に分割し, さらに各標高帯を氷河域と非氷河域に分類し, それぞれの水収支から流出量を計算する。氷河・積雪の融解量は気温と日射量を入力値とする Enhanced Temperature Index モデルをベースとしている。流出モデルは, 日単位で各標高帯の水収支から表面流出量と中間流出量を算出し, 各標高帯における流出量の合計値を対象地域の総流出量とする。

(6) 貯水池の水運用の評価

トゥニ貯水池にはトゥニ川が自然流入しており, 雨季にはコンドリリ川とワイナポトシ川から導水している。乾季は 2 河川から貯水池に導水せず, 全水量が下流に流下する。一方で, トゥニ貯水池は年間を通じて首都圏の浄水場へ送水しており, さらに満水時には洪水吐から下流へ放流する。以上を踏まえて, 貯水池の水収支に基づいて 1 シーズンの貯水量変化を推定し, 都市域への送水量とダム下流側への河川流量を評価した。3 河川の流量は氷河融解・流出モデルによる推定値を用いた。

4. 研究成果

(1) 氷河変動モニタリング

人工衛星 Landsat8 の画像データを用いた氷河域の長期変動の解析より, いずれの対象氷河も 2019 年の氷河面積は 1984 年の氷河面積の 30%前後まで縮小した。2016 年の氷河面積は 2014 年に対してコンドリリ氷河で 73%, ワイナポトシ氷河で 70%, トゥニ氷河で 123%であった。2019 年の氷河面積は 2016 年に対してコンドリリ氷河で 90%, ワイナポトシ氷河で 73%, トゥニ氷河で 65%であった。ワイナポトシ氷河はエルニーニョ現象期間の減少が著しい。高度に着目すると, 2014 年から 2016 年の期間, ワイナポトシ氷河は 5600m 付近, コンドリリ氷河は 5200m 付近, トゥニ氷河は 5000m 付近よりも下の標高帯で氷河面積が減少している。2016 年から 2019 年の期間, ワイナポトシ氷河は 5500m 付近, コンドリリ氷河は 5100m 付近, トゥニ氷河は 5000m 付近よりも下の標高帯で氷河面積が減少している。これらの標高帯以下の面積率が氷河面積減少の多寡に関係すると考えられる。また, 2019 年の画像では断片化した氷河の消失を幾つか確認した (図 2)。

2017 年以降にコンドリリ氷河の先端部 (消耗域) で UAV を用いた航空写真測量を実施した。オルソ画像および標高データを 5cm 程度作成した。詳細な氷河後退の解析が可能であるが, 写真撮影の条件 (カメラの設定), 評定点測定の配置に課題に取り組む必要がある。一方で, フライトエリアの範囲では, 標高の増加に伴い近赤外面像の輝度値のばらつきが可視画像よりも大きくなり, 近赤外面像を用いた氷河域の写真測量の有効性を示した。

Sentinel-1A 衛星の C-band SAR データを用いて, Huayna Potosi West 氷河の後方散乱係数の特性を解析した。2015 年~2016 年の雨季の後方散乱係数は-10.1dB, 2016 年の乾季の後方散乱係数は-8.2dB となった。雨季は降雪により氷河が覆われ, 降雪は濡れ雪の状態であるため, 鏡面反射によって後方散乱係数が低下すると考えられる。一方で, 乾季は氷河域の中で裸氷になる区間が多くなるため, 体積散乱によって後方散乱係数が減少すると考えられる。

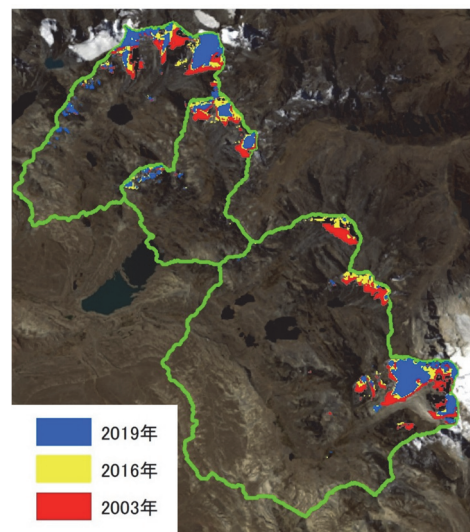


図 2 氷河域画像

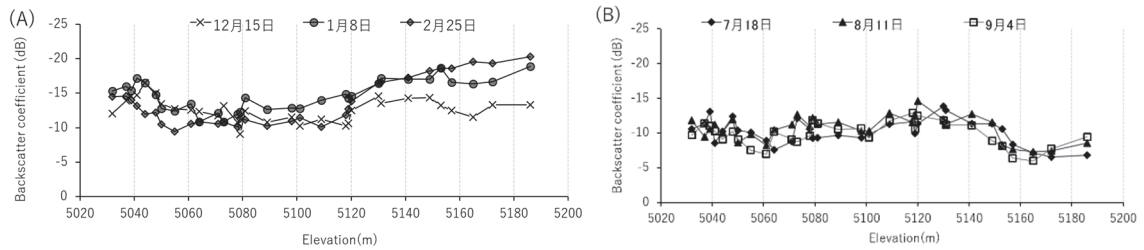


図3 HuaynaPotosi West 氷河における縦断方向の後方散乱係数 (A) 雨季、(B) 乾季

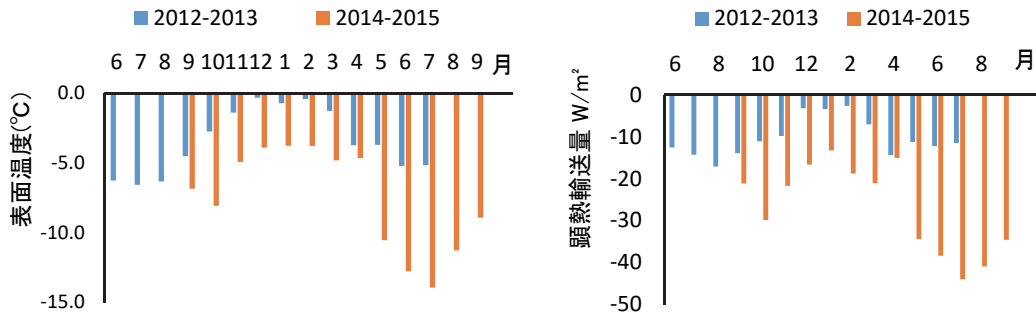


図4 雪氷面の表面温度と顕熱輸送量

雨季3ヶ月(2015年12月から2016年2月)および乾季3ヶ月(2016年7月から9月)のHuaynaPotosi West 氷河縦断方向の後方散乱係数を抽出した(図3)。雨季の後方散乱係数は -9.4dB ~ -20.3dB の範囲で、乾季の後方散乱係数は -6.3dB から -14.6dB の範囲であった。雨季の縦断線上の平均後方散乱係数は標高5030mから5050m付近まで低く、標高5050mから5120mでは約 -12dB から -15dB の範囲で変動するが概ね変動は小さく、標高5120mから高度に伴い低下する。標高5030mから5050mでは氷河の横断線が上に凸の放物線上の地形になることから、マイクロ波の照射方向に対して陰になること、氷の融解により湿潤状態にあることが要因で後方散乱係数が低いと考えられる。標高5050mから5120mでは氷河表面の状態がほぼ一様となり、後方散乱係数の変動も小さかったと考えられる。標高5120mから5180mでは、氷河の表面が湿雪に覆われ、鏡面散乱が卓越し、後方散乱係数が低下したと考えられる。

乾季の縦断線上の平均後方散乱係数は、標高5030mから5060mの範囲で高度に伴い上昇、標高5060mから5120mでは高度上昇に伴い減少、標高5120mから5180mでは高度上昇に伴い後方散乱係数は上昇した。乾季は表面融解が低く、雨季のような鏡面散乱の状態ではなく、体積散乱が支配的と考えられ、雨季ほど値が低下しないと考えられる。標高5060mから5120mでは標高に伴い氷河の表面が乾氷の状態となり、氷の粒径が小さくなり、体積散乱が卓越して後方散乱係数が減少したと考えられる。標高5120mから5180mでは標高に伴い表面が乾氷から乾雪の状態に移行し、乾氷よりも乾雪の粒径が大きく、後方散乱係数が上昇したと考えられる。

以上の結果より、氷河縦断方向の後方散乱係数の変動は雨季・乾季で傾向が異なるが、氷河表面状態の特性を表していることから、雪線抽出に衛星マイクロ波センサの後方散乱係数を用いた氷河上の雪線抽出の可能性を示した。

(2) エルニーニョ現象時における氷河・大気間のエネルギー交換

多層氷河積雪モデルを用いてワイナポトシ氷河における通常気候時とエルニーニョ現象時のエネルギー交換を計算した。氷河上の標高5050m地点の気温、湿度、風速、短波長放射、長波長放射、降水量の観測データを多層氷河積雪モデルに入力し、放射収支、顕熱輸送量、潜熱輸送量、表面温度、雪中伝達熱、融解熱量を再現した。対象期間は通常気候時を2012年6月1日から2013年7月31日、エルニーニョ現象時を2014年9月1日から2015年9月31日とした。

通常気候時の放射収支に関しては、乾季に長波放射収支が減少、短波放射収支が増加、雨期には逆の傾向となる。乾季と雨期の放射収支を比較すると、雨期の方が約 7W/m^2 大きく、これに伴い雪中伝達熱も雨期の方が約 12W/m^2 大きい。これは雨季において短波放射収支が減少するが、それ以上に長波放射収支の増加の方が大きいことが要因である。エルニーニョ現象時の放射収支は通常気候時と比較して雨期に約 12W/m^2 、乾季に約 43W/m^2 低下した。大気の乾燥化に伴い長波放射量が減少、表面温度も約 4C 低下した(図4)。表面温度の低下により雪氷面に入力する顕熱輸送量が増加して、放射収支の減少を補完するエネルギー収支を解析より確認した。

(3) エルニーニョ現象時における水資源運用の解析

本研究は5種類の氷河面積を計算条件とする氷河融解・流出解析の結果を用いてトゥニ貯水

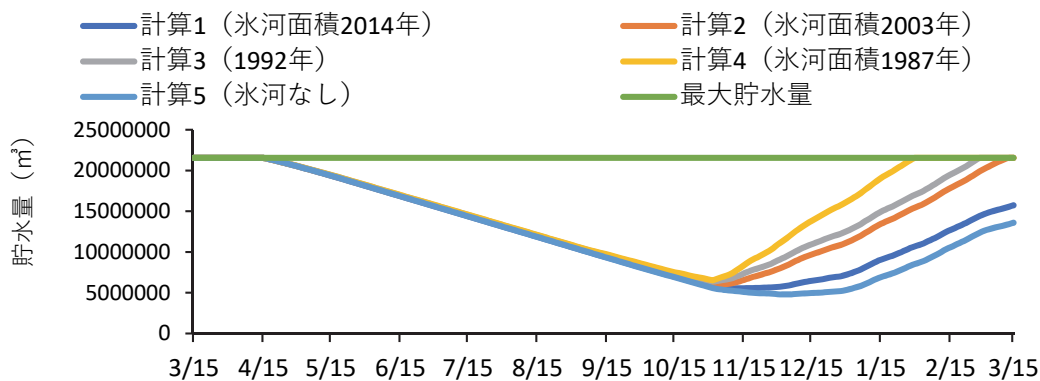


図5 氷河融解・流出モデルと水収支解析による貯水量の計算結果

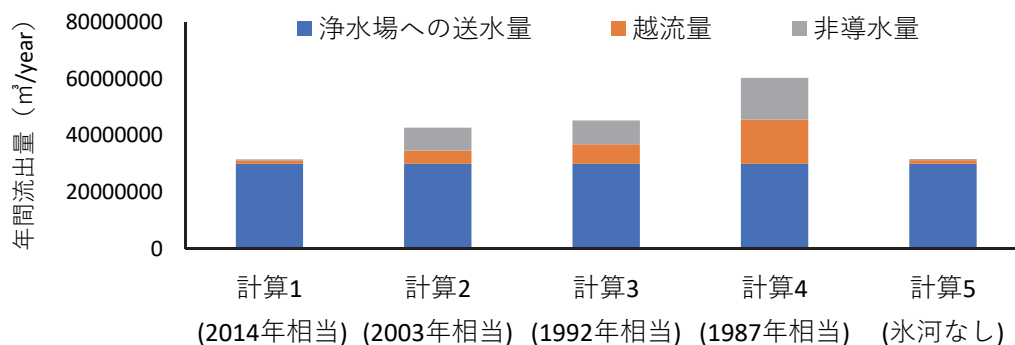


図6 トウニ貯水池の水運用の結果

池の水収支を解析した。氷河面積の条件は、衛星画像から抽出した 1987 年、1992 年、2003 年、2014 年の氷河面積と氷河なしの 5 種類とした。気象データは 2011 年 7 月から 2013 年 6 月の気象データを用いた。ただし、降水量に関しては計算期間の年間降水量が、エルニーニョ現象が卓越した期間（2015 年 9 月から 2016 年 8 月）の年間降水量に相当する降水量データを調整した。氷河面積に応じた氷河融解・流出解析と貯水池の水収支解析に基づいて、貯水池の貯水量を推定して、氷河縮小と降水量減少が貯水池の水資源運用に及ぼす影響を評価した。3 月 15 日を満水と仮定した 1 年間のトウニ貯水池の貯水量の計算結果を図 5 に示す。1 シーズン後に満水に達する時期は計算 4（氷河面積 1987 年）の条件で最も早く、計算 3（氷河面積 1992 年）の条件で 29 日、計算 2（氷河面積 2003 年）の条件で 42 日遅れ、計算 1（氷河面積 2014 年）の条件では満水に達しない。図 6 に氷河面積に応じたトウニ貯水池の水運用の分配に関する結果を示す。計算 4（氷河面積 1987 年）に対して計算 1（氷河面積 2014 年）の氷河面積は 57%であり、これに伴い貯水池からの越流量が 92%減少、非導水量が 98%減少する。計算 1（氷河面積 2014 年）の条件では、流域の流出量の 80%が貯水池に自然流入もしくは導水している。この場合、浄水場への送水は維持できるが、貯水池からの越流と非導水による下流への水供給は計算 4（氷河面積 1987 年）と比較すると約 5%になり、ダム下流域の水資源に強く影響することを示した。

<引用文献>

- ① Kairi Morizawa, Yoshihiro Asaoka, So Kazama, Luminda Niroshana Gunawardhana, Temporal glacier area changes correlated with the El Niño/La Niña Southern Oscillation using satellite imagery, Hydrological Research Letters, Vol.7, No.2, 2013, 18-22.
- ② Shota Funaki and Yoshihiro Asaoka, Long-term change in ablation area of tropical glaciers by Landsat data, Procedia Engineering, Vol.154, 2016, 168-175.
- ③ Yamazaki, T., A One-dimensional Land Surface Model Adaptable to Intensely Cold Regions and its Applications in Eastern Siberia, J. Meteorol. Soc. Japan, Vol. 79, 2001, 1107-1118.
- ④ T. Kinouchi, T. Liu, J. Mendoza, and Y. Asaoka, Modeling glacier melt and runoff in a high-altitude headwater catchment in the Cordillera Real, Andes, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 10, 2013, 13093-13144.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Abdul Haseeb AZIZI and Yoshihiro ASAOKA	4. 巻 75
2. 論文標題 ESTIMATING SPATIAL AND TEMPORAL SNOW DISTRIBUTION USING NUMERICAL MODEL AND SATELLITE REMOTE SENSING IN THE WESTERN HINDUKUSH-HIMALAYA REGION	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 I_125-I_134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.75.I_125	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 Abdul Haseeb Azizi, Yoshihiro Asaoka	4. 巻 14
2. 論文標題 Incorporating snow model and snowmelt runoff model for streamflow simulation in a snow-dominated mountainous basin in the western Hindukush-Himalaya region	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Hydrological Research Letters	6. 最初と最後の頁 34-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3178/hrl.14.13	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 Tsuyoshi Kinouchi, Takashi Nakajima, Javier Mendoza, Pablo Fuchs, Yoshihiro Asaoka	4. 巻 6
2. 論文標題 Water security in high mountain cities of the Andes under a growing population and climate change: A case study of La Paz and El Alto, Bolivia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water Security	6. 最初と最後の頁 100025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wasec.2019.100025	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 角張龍平, 朝岡良浩, 若林裕之	4. 巻 33
2. 論文標題 熱帯地域の山岳氷河を対象としたUAV観測の有効性について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東北の雪と生活	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 堀江健太, 朝岡良浩, 照井敬晶, 角張龍平, 若林裕之	4. 巻 33
2. 論文標題 UAV搭載用の可視近赤外カメラシステムを用いた雪渓のアルベド分布推定	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東北の雪と生活	6. 最初と最後の頁 17-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 船木翔太・朝岡良浩・若林裕之・木内 豪・Javier Mendoza	4. 巻 74
2. 論文標題 C-band 合成開口レーダを用いた熱帯氷河の後方散乱特性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_889-I_894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.74.I_889	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

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Abdul Haseeb AZIZI, 朝岡良浩
2. 発表標題 SPATIAL AND TEMPORAL MODELLING OF SNOW COVER AND SNOWMELT USING SATELLITE REMOTE SENSING IN THE WESTERN HINDUKUSH-HIMALAYA REGION
3. 学会等名 2019年度日本雪氷学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小島直樹, 朝岡良浩, Pablo Fuchs
2. 発表標題 ボリビア熱帯氷河の長期変動と人工衛星を用いた高解像度モニタリング
3. 学会等名 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abdul Haseeb AZIZI, Yoshihiro ASAOKA
2. 発表標題 Impact assessment of climate change on snowmelt runoff of a snow-dominated mountainous watershed in the western Hindukush-Himalaya region
3. 学会等名 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 隅田 天, 朝岡良浩
2. 発表標題 気候変化による大川ダム流域の積雪量の変化
3. 学会等名 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abdul Haseeb AZIZI, Yoshihiro ASAOKA
2. 発表標題 Temporal and spatial change analysis in Snow cover area in the Panjshir watershed, Afghanistan using MODIS data
3. 学会等名 平成30年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮澤林太郎, 朝岡良浩
2. 発表標題 UAV撮影画像を用いた氷河域の判定手法
3. 学会等名 平成30年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 角張龍平, 朝岡良浩, 若林裕之
2. 発表標題 小型UAV搭載用可視近赤外カメラシステムを用いた熱帯氷河のDEM作成
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会 第65回(平成30年度秋季)学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 角張龍平, 朝岡良浩, 若林裕之
2. 発表標題 熱帯地方に位置する山岳氷河を対象としたUAVを用いた観測手法の有効性について
3. 学会等名 2018年度日本雪氷学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀江健太, 朝岡良浩, 照井敬晶, 角張龍平, 若林裕之
2. 発表標題 UAV搭載用の可視近赤外カメラシステムを用いた雪渓のアルベド分布推定
3. 学会等名 2018年度日本雪氷学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 船木翔太・朝岡良浩・若林裕之・木内 豪・Javier Mendoza
2. 発表標題 C-band 合成開口レーダを用いた熱帯氷河の後方散乱特性
3. 学会等名 第62回水工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 杏・朝岡良浩・木内 豪
2. 発表標題 ポリビア・トゥニ貯水池集水域における氷河減少と降水量減少が水資源運用に及ぼす影響
3. 学会等名 平成29年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中河知也・朝岡良浩・角張龍平・若林裕之
2. 発表標題 地上分光放射観測に基づくUAVによる雪氷アルベド計測手法の評価
3. 学会等名 平成29年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 紺野 大・朝岡良浩・山崎 剛
2. 発表標題 エルニーニョ現象時のHuaynaPotosiWest氷河のエネルギー交換の解明
3. 学会等名 平成29年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsuyoshi Kinouchi, Javier Mendoza, Yoshihiro Asaoka, Pablo Fuchs
2. 発表標題 Analysis of water supply and demand in high mountain cities of Bolivia under growing population and changing climate
3. 学会等名 AGU FALL MEETING (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 朝岡良浩
2. 発表標題 衛星リモートセンシングによる熱帯氷河のモニタリングと水資源評価への展開
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会 第63回(平成29年度秋季)学術講演会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 船木翔太・朝岡良浩・若林裕之
2. 発表標題 C-band SARデータを用いた熱帯氷河の雪線推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会 第63回(平成29年度秋季)学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 船木翔太, 朝岡良浩, 若林裕之
2. 発表標題 C-band合成開口レーダを用いた熱帯氷河の後方散乱特性-Huayna Potosi West氷河におけるsnow lineの推定-
3. 学会等名 雪氷研究大会2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------	---------------------------	-----------------------	----