

大雪山国立公園の登山道荒廃： その研究の進展と地域における取り組み

渡辺 悌二・小林 勇介

要旨

大雪山国立公園では1990年代初頭から登山道荒廃に関する研究が実施されてきている。従来の研究では、登山道断面形態の測量を繰り返すことで、登山道の「侵食量」を測定してきた。一方、最近になってドローン(UAV)によって撮影した多数の写真を3次元処理する技術が大きく進歩し、この手法が大雪山国立公園の登山道荒廃調査にも適用され始めている。北海平でドローンによって撮影した写真を使って、非常に良い精度で1cm間隔の等高線地図を作成することができた。この手法の習得は比較的簡単であり、今後、登山道管理に役立つものと期待される。

大雪山国立公園における登山道荒廃のいちじらしい進行は、ボランティアによる登山道の維持管理の仕組み作りにつながっている。環境省は地元の関係者を集めて、登山道の維持管理に関する情報交換会と技術講習会を定期的に開催している。さらに、環境省は2015年に「大雪山グレード」を公表し、「グレード」に基づいた利用と登山道維持管理を進めようとしている。

1 はじめに

よく知られているように大雪山国立公園(面積22.7万ha)は日本最大の国立公園で、国有地の割合(全体の94.7%)がきわめて高いことが特徴である。標高1,600mほどで森林帯を抜けると、広大な高山帯が広がる。そこには永久凍土や季節性の凍結融解作用によってできたさまざまな周氷河地形が発達している。これらの周氷河地形や氷河地形、湿原、火山地形は、大雪山国立公園のジオツーリズムの重要な資源であるが(土榮ほか2009、Watanabe 2014)、まだジオツーリズムはじゅうぶん浸透しておらず、これまでの訪問者の多くは高山植物を求めて大雪山にやって来ている。

環境省が公園計画で定めた人が歩く路線は、いわゆる登山道と探勝路からなり、基本的に大雪山国立公園内ではこれらの総延長300kmの路線以外を歩くことは許されていない。大雪山国立公園には、沢伝いに環境省が定めていないルートを使って稜線に出る登山者がいる。法的な問題の議論を除けば、こうした人たちの数は現状では少なく、また山や自然を熟知した人たちであり、大きな環境問題を引き起こしているとは考えなくて良いだろう。

一方、環境省が定めた登山道では、1990年代初

頭から荒廃(侵食)が問題視され始めた(Yoda 1991、後藤 1993)。大雪山国立公園ではこれらの大学院修士論文研究をスタートとして、現在に至るまで登山道侵食に関する研究が数多く実施されている。ここでは、大雪山国立公園の登山道荒廃に関するこれまでの研究成果を概観し、最新の研究例を紹介したうえで、登山道荒廃に対する地元での取り組みについて述べたい。

2 研究の進展と登山道荒廃の変化

2.1 従来の研究

大雪山国立公園での登山道侵食の進行は、1989年以降、不定期で繰り返しモニタリングされていて、これほど長期間にわたる現地モニタリングの例は世界でもほとんどない(渡辺 2008)。侵食量を推定する方法として、大雪山国立公園では、米国で用いられてきた簡便な手法(Cole 1983)が当初から採用されており、侵食量は登山道表面の断面形態を繰り返し測量して、その断面積の変化を明らかにすることで表現されてきた(図1)。

表1にこれまでに大雪山で調べられた登山道の侵食速度をまとめた。侵食速度の計算には、ある期間における侵食量を求める必要がある。通常、「量」は体積(cm^3)で求めるべきだが、現実的に

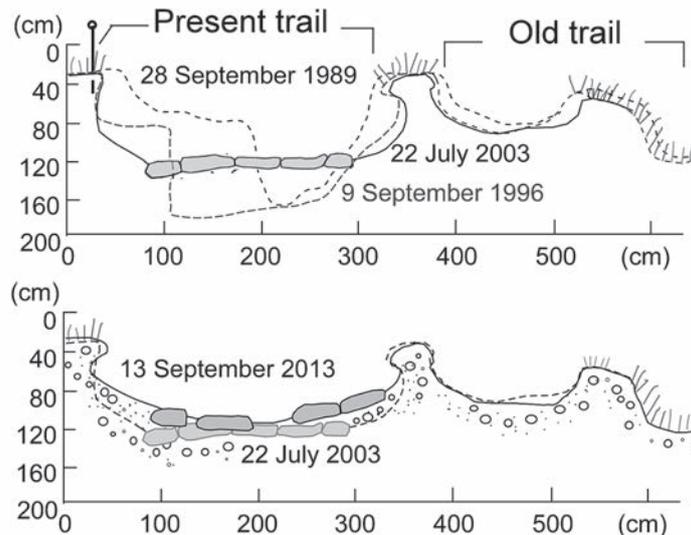


図1 大雪山国立公園、黒岳南西の黒岳石室付近の登山道断面の変化

表1 大雪山国立公園で計測された登山道侵食速度

場所	平均侵食速度 (レンジ) (cm ² /年)	測定期間	出典
旭岳裾合平	617 (193-1403)	13年間 (1991-2004)	渡辺ほか (2004)
黒岳北東斜面 (七合目から山頂)	399 (54-557)	7年間 (1989-1996)	渡辺・深澤 (1998)
黒岳南西 (雲の平)	221 (175-245)	2年間 (1990-1992)	後藤 (1993)
同上	425 (100-1557)	7年間 (1990-1997)	Yoda and Watanabe (2000)
同上	516 (0-3629)	1年間 (1999-2000)	沖 (2001)

は体積で「量」を求めることは難しく、従来から世界各国で断面積 (cm²) によって計算が行われている。表1では、従来の手法によって登山道の断面積の変化で侵食量をとらえている。

表1にまとめた大雪山の登山道の平均侵食速度は、221~617 cm²/年である。同様の値は、青森県の北八甲田山(後藤、1993による1991~1992年の1年間の実測値で、平均504 cm²/年)や石川県の白山(山田、1993による1969~1991年の22年間の計算値で、平均241 cm²/年)でも得られている。侵食量を直感的にわかりやすく見ると、図1の上の断面で1989~1996年の7年間に最大105 cm深の土壌が消失していることになる。

ここで興味深いことは、2003年7月22日までに、この断面上でボランティアが土壌侵食を防ぐために、侵食された登山道を深さ50 cmほど土砂で埋めてその上に土嚢を載せたことである(図1の上の断面)。2003年に断面形態を測量してから10年経過した2013年9月13日に再度登山道表

面を測量したところ(図1の下の断面)、登山道の侵食はまったく生じていなかった。これは人力によって行われている最近の登山道維持管理の成果を示す好例であり、同様のデータはこの周辺でも得られている。

2.2 大雪山国立公園の登山道荒廃の世界のなかでの位置づけ

海外では、アメリカやイギリスなどで登山道荒廃の研究が進んでいる。イギリスでは少なくとも1920年代に研究が行われている。ここでは、これらの研究の詳しい紹介はしないが、大雪山国立公園の登山道荒廃の状況を世界のなかに位置づけるために、まず、台湾の雪霸国立公園を例に大雪山と比較してみよう。

雪霸国立公園にはいくつかのルートがあるが、主要なルートが雪山ルート(3,886 mの雪山山頂までの全長10.9 km)と大霸ルート(3,492 mの大霸尖山頂までの全長11.0 km)である。筆者らは、

雪山ルートで70カ所で、大覇ルートで54カ所で登山道の侵食断面を測量した。2007年から2008年の1年間に、雪山ルートでは平均85.7 cm² (最小と最大のレンジは10.8~278.5 cm²) の侵食があり、大覇ルートでは平均82.9 cm² (25.5~195.4 cm²) の侵食があった。この侵食量は1年間の値なので、侵食速度になおすと雪山ルートで平均85.7 cm²/年 (10.8~278.5 cm²/年)、大覇ルートで平均82.9 cm²/年 (25.5~195.4 cm²/年) となる。

この速度を表1に示した大雪山での侵食速度と比較すると、平均速度では大雪山の方が一桁大きいことがわかる。Cole (1983) によれば、北米 (たとえば、ロッキー山脈) では侵食速度は54.8 cm²/年なので、大雪山国立公園の速度の方がやはり一桁大きい。

侵食深で比較すると、北米 (たとえば、ロッキー山脈) では最大でも約1.6 cm/年だが、太田 (2005) によると、旭岳周辺での値は平均2.8 cm/年 (最小と最大のレンジは1.1~5.1 cm/年) となる。太田 (2005) の値は、登山道が開設された1907年 (旭岳山頂ルート)、1933年 (姿見の池から愛山溪温泉へのルート)、あるいは1950年 (裾合平から間宮岳へのルート) から現地でも調査をした2004年までの長期間の平均値であるため、最近になって実測した値から計算した侵食速度よりもかなり小さい値になっていると考えられる。実際、沖 (2001) の修士論文から黒岳石室周辺での1999~2000年の1年間の侵食深を計算すると、数 cm/年~数10 cm/年となる。

では、なぜ、大雪山国立公園で登山道荒廃がいちじるしいのであろうか。大雪山国立公園では、侵食されやすい物質 (未固結の細粒な火山噴出物) が地表面を厚く覆い、そこに多量の雪どけ水が供給される。この自然条件に加えて、登山者利用が多く、しかも初夏から夏の融雪時期に登山者が集中することが原因として加わる。このような自然条件と利用条件が一致している山岳地域は、世界的にみてもほとんどない (渡辺 2008)。たとえば、台湾の雪霸国立公園では降雪量は少ないものの降雨量は驚異的に多い。しかし、それでも大雪山よりも土壌侵食量が少ないのは、地表面を覆っている未固結の堆積物の厚さが非常に薄いためであろう (Lee and Watanabe 2011)。大雪山国立公園の登山道は世界でももっとも荒廃がいちじるしい

とされているが (渡辺 2008)、その理由はここにある。

3 最新の研究

従来から登山道侵食を「量 (体積)」でとらえることができないか、いくつかの試みが行われてきた。しかし、これまで提案された手法は、現実的とはいえないものばかりであった。

デジタルカメラやコンピューター、ソフトウェアの進化は、登山道研究においても影響を与えている。デジタル撮影した写真データを3次元図化専用ソフトウェアによって解析することで、登山道の侵食量や堆積量の計算が可能になった (太田・渡辺 2005)。ただし、この手法は、他の目的で作成された既存のソフトウェアを登山道研究に適用したもので、ソフトウェアの使用には日本語の理解が不可欠であることから、世界に広まることはなかった。

最近になって、レーザー測量の技術が大きく進歩した。このため、レーザー測量によって、災害現場での土砂崩壊量の計算や氷河の変動量の測定などが行えるようになってきた。登山道においても、レーザー測量やトータル・ステーションと呼ばれる精密測量機器を使用した研究がポーランドなどで行われている (Tomczyk and Ewertowski 2013 など)。しかし、これらの測量には、非常に高額な機器を入手する必要がある。

一方、この数年、ドローン (UAV: Unmanned aerial vehicle) を用いた地表面形態の観測手法に関する研究が急速に進展し、災害現場や遺跡発掘現場などで使用されるようになってきた。登山道においても森林のなかでなければドローンを利用することができるものと考えられ、筆者らは大雪山国立公園で登山道管理に役立てるためにドローンを利用し始めている。ドローンを使用した場合のメリットは、何と言っても調査のためのコストが大きく圧縮できることと、これまでは得られなかった詳細な情報が得られるようになることである。

図2は、北海平の登山道を含む地表面のオルソ写真^{注1}の例である。この図は、ドローンで撮影した多数の写真を3次元データ解析ソフトによって歪みのない1枚の「写真」にしたものである。この「写真」に1 cm 間隔の等高線を重ね合わせたも

注1 オルソ写真 (オルソ画像) : 写真を撮影する際、カメラレンズの中心から対象物までの距離の違いにより画像に歪みが生じる。この歪みをなくし、傾きのない画像に修正することをオルソ補正といい、この補正をした写真をオルソ写真 (オルソ画像) という。

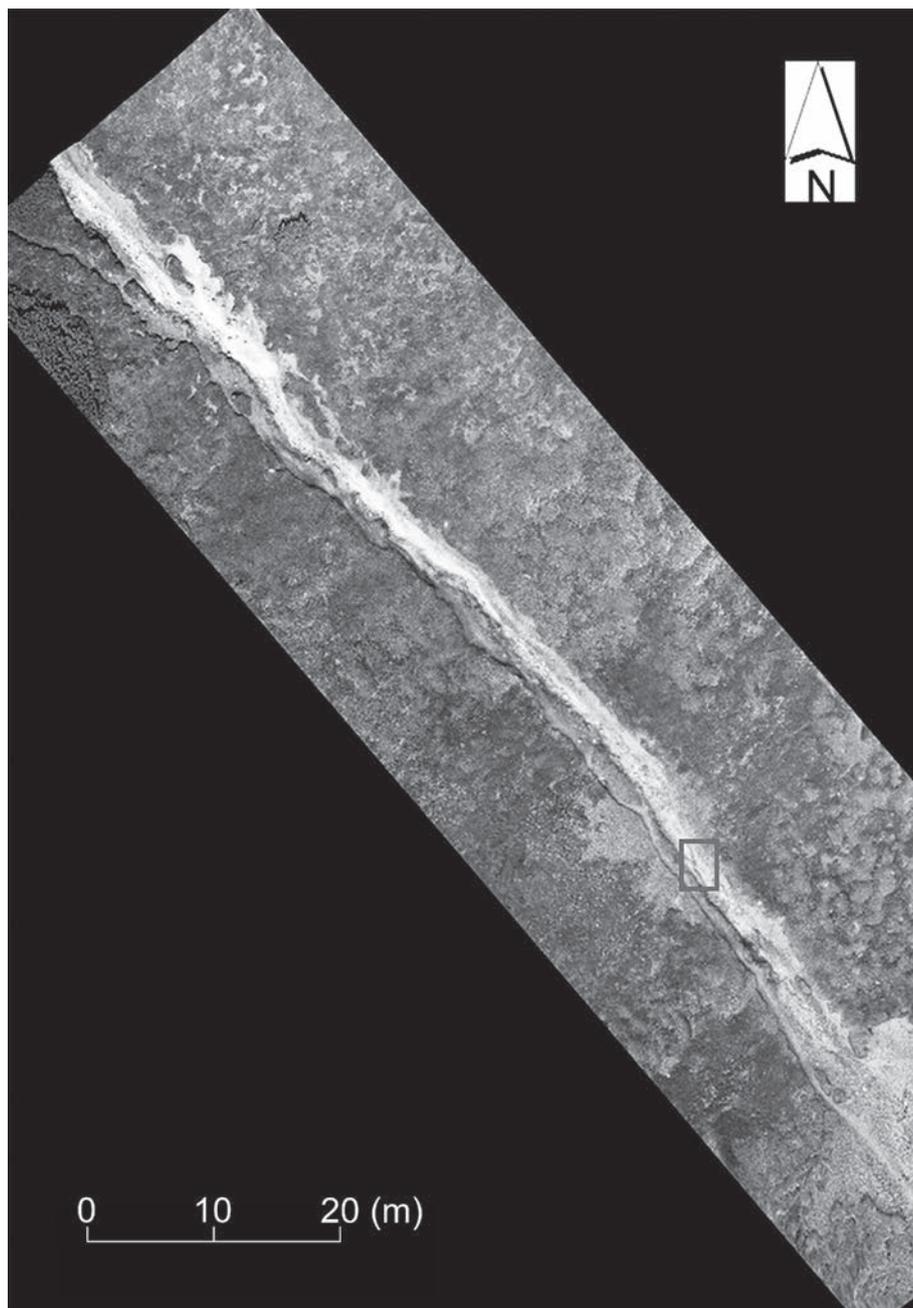


図2 ドローンで撮影した多数の写真から作成した北海平の登山道とその周辺のオルソ写真(画像)。この範囲だけで、登山道表面から 274.67 m^3 の土砂が流失している。図中の四角は図3の範囲を示す。

のが図3で、図2の一部分を拡大して表示した。図3には個々の小さな礫までが非常に精度よく図化されており、登山道の中央付近の侵食の形態や深さなどがよくわかる。図中の任意の地点の断面図作成が容易にできるため、同地点で繰り返し図化を行うことで、従来の簡便な断面形態測量結果と比較することも可能になる。この手法は、指導者がいれば比較的容易に習得できる。こうした点から、これからの登山道管理にとって有効な手法になるものと期待される。

4 登山道荒廃への取り組み

日本の山岳国立公園でみられる登山道の荒廃に対しては、木道をはじめとしてさまざまな対策がとられてきたが、しばしば過剰整備であることが自然保護団体や利用者らから批判されてきた。これに対して環境省は、新たな対策の試み（ここでは近自然登山道工法と呼ぶ）を行っているが、日本の山岳国立公園のなかで、最初の試みの場として大雪山国立公園が選ばれた。近自然登山道工法は、作業を人力で行うもので、従来の工法とはまっ

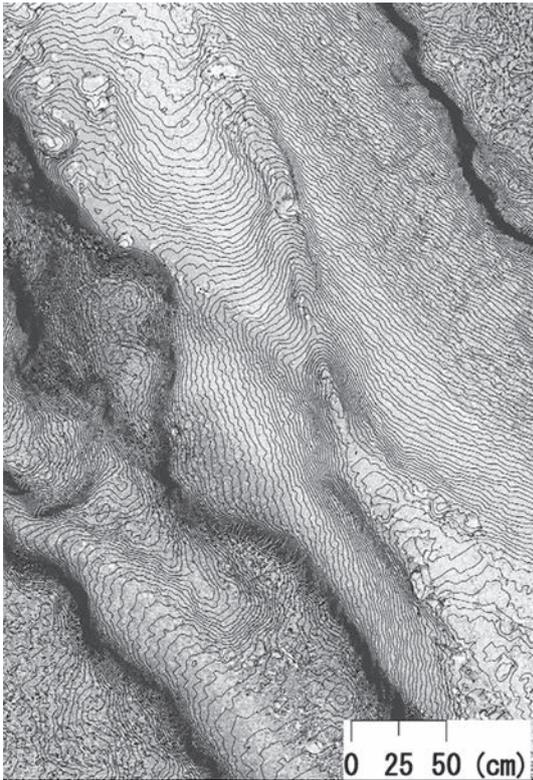


図3 ドローンで撮影した多数の写真から作成した登山道の等高線地図(図2の一部)。等高線間隔は1cm。

たく異なるものである。従来の工法（たとえば、木道および木や石による階段の設置）は、すでに荒廃がいちじるしく進行した区間に対して実施する対症的な対策であった。しかし、近自然登山道工法では人力を使うため、基本的には荒廃がいちじるしく進行してしまった登山道には適用できないことが多く、荒廃がいちじるしく進行してしまう前にそれ以上の荒廃を食い止めるよう、あるいは荒廃速度を減少させるよう、こまめな管理を行っていくことを前提としている。

近自然登山道工法が大雪山国立公園で適用され始めて10年以上が経過したが、初期段階の工法の適用には問題があることがわかってきている。現状では、この工法が適用された山岳国立公園の登山道はごくわずかに過ぎないが、この工法をより多くの地域に適用するには、さらに工法の改良が必要とされる。環境省は近自然登山道工法を登山道表面の流水の管理に適用するとともに、さらに、最近はこれまでに用いられてこなかったさまざまな工法の導入を試みている。たとえば、地元の会



写真1 大雪山国立公園、裾合平の登山道で試行中のテンサー工(撮影：渡辺悌二、2014年8月29日)

社である北海道山岳整備が環境省と共同して、テンサー工法^{#2}を導入している(写真1)。テンサー工法では、すでに侵食がいちじるしい区間で、上方から流下してくる土砂をせき止めることができる。このため、繰り返してテンサーを設置すれば、いちじるしい侵食区間をかつての地表面の高さまで復元させることも夢ではない。

一方、すでに述べたように、大雪山国立公園では、古くは環境庁時代から侵食に対して荒廃進行後に木道や階段の設置による対応が行われてきた。しかし、荒廃への対応が追いつかないため、1999年にボランティアが自発的に登山道を補修する作業をはじめた。当初は、黒岳石室周辺や高原温泉付近などでバラバラにボランティア活動が行われていた。こうした活動が増加していくなかで、環境省が地元の関係者を集めて、「協働」で取り組みを行うようになった。2012年以降、毎年、春と秋に関係者が集まって情報交換を行うとともに、夏には現地で技術講習会が開かれている(写真2)。

この「協働」の仕組みはまだ未完成と言えるが、環境省の努力で毎年継続して開かれている点は重要である。この仕組みについて調査した平山(2013)によれば、参加者が高齢化していることが問題で、技術を次の世代に伝えていくためには、

注2 テンサー工法：地表面の土壁や盛り土、土留めを強化するためにテンサー（ジオグリッド）という補強材を網状あるいは層状に地表面に敷設する工法。材料には合成樹脂が使われることが多い。大雪山国立公園では籠の形をしたテンサーのなかに椰子のマットを敷き、さまざまな大きさの石を入れて、侵食が進んだ場所に設置する。上流から運ばれてきた土砂をテンサーによって留めることで土砂流失を防ぐ。



写真2 美瑛富士への登山道で行われた登山道整備の技術講習会のようす(撮影:小林勇介、2013年9月20日)

若者の参加をどのように増やすかを考えて行かねばならない。登山道補修作業やそのための物資運搬などへの参加者の高齢層への偏りを補う方法として、この登山道維持管理ネットワークを利用している町(実際には地元山岳団体)も存在している。冒頭で述べたように、大雪山国立公園は日本最大の国立公園であり、関係する市町は10にのぼる。これらのそれぞれの地元で必要なボランティアを募集するには、「協働型」の登山道維持管理ネットワーク内で、手法や募集先の割り当てなど、さまざまな調整が必要になる。

地元を中心に登山道荒廃への取り組みが行われ始めたなかで、筆者らは登山道荒廃の評価をジオツーリズムのなかに位置づけようと考えている。登山道を利用すれば、当然その荒廃は進行する。であるならば、その負の現象をジオツーリズム資源として活用し、地元や一部の利用者にもプラスにしてしまおうという発想である。

ドローンを用いて作成した図2は、指導者や監督者がいれば誰でも図化作業が可能で、これまで東川町が地元の山岳ガイドとともにやってきた「登山道断面測量ツアー(登山道荒廃モニタリングツアー)」(写真3)を補完するものとなり得る。こうしたツアーの実施を通して登山道の脆弱性を理解できる人を増やしていくことができるものと考えている。

また、環境省は、2015年に大雪山国立公園で「登山道のレベル区分」(大雪山グレード)を提案している(環境省2015)。これは登山道を多くの区間で区切って、それぞれの区間ごとに、登山者が自



写真3 東川町と地元登山ガイドが裾合平で実施した「登山道荒廃測量ツアー」のようす(撮影:土栄拓真、2012年7月1日)

己責任で行動判断する際の日安(それぞれの区間での行動判断の要求度や難易度)にしようというものであり、かつ登山者が登山道上で体験する「原始性」「静寂性」「気軽さ」などの程度を組み合わせさせて「グレード1」から「グレード5」までの5段階に区分したものである。

今後は、この5つのグレードに応じて登山道の維持管理や修復作業を行うことになり、環境省はこのグレードの設定によって、大雪山国立公園の自然環境を守っていこうとしている。すなわち、「大雪山グレード」は利用者のためだけに設定されたものではなく、地元関係団体・ボランティアらが登山道の維持管理の際にも役立てるために設定されたものであり、「大雪山グレード」の周知が望まれる。

5 おわりに

環境省が大雪山国立公園において全国の国立公園のなかで初めて登山道のレベル区分を実施したのは2005年のことであった。この区分は、登山道利用者らはもとより、地元関係団体にさえほとんど周知されることがなかった。2014年にその改定作業が行われ、2015年3月にその内容に関するパブリックコメントが実施された。先に述べた「大雪山グレード」は、2005年に環境省が公表したレベル区分を2015年に改訂したものである。

「大雪山グレード」にはいろいろな「思い」が込められており、大雪山国立公園の利用者が登山道の荒廃について考え、登山道を大切にする意識の向上にも繋がってくれることを期待したい。また、登山道荒廃モニタリングツアーの充実や参加者の増加、協働型登山道維持管理への若者の参加の拡大など、大雪山国立公園の登山道をめぐっては今

後の「変化」への期待も大きく、これまでとは異なる新しい次元での登山道とのつきあい方が広がることで、大雪山国立公園の自然環境保護に繋がって欲しいと願っている。

引用文献

- Cole, D.N. (1983) Assessing and monitoring back-country trail conditions. USDA Forest Service Research Paper INT-303, 10p.
- 土榮拓真・渡辺悌二・平川一臣 (2009) 登山とジオダイバーシティ:「ジオ・ツアー登山」の視点.北海道の自然,47,59-63.
- 後藤忠志 (1993) 大雪山・北八甲田山における登山道の侵食.北海道大学大学院環境科学研究科修士論文.
- 平山健太郎 (2013) 日本の登山道の持続的な維持管理に関する研究—大雪山国立公園の登山道協働型維持管理体制をもとに—.北海道大学大学院環境科学研究科修士論文.
- 環境省北海道地方環境事務所 (2015) 大雪山国立公園登山道管理水準 2015 年改定版の策定について (お知らせ)http://hokkaido.env.go.jp/pre_2015/post_23.html
- Lee, Y.L. and Watanabe, T. (2011) Multidisciplinary assessments of trail degradation for framing future trail management: examination in Shei-Pa National Park, Taiwan. *In* Borsdorf, A., Stötter, J. and Veulliet, E. (eds.) *Managing Alpine Future II*, Proceedings of the Innsbruck Conference, 212-221.
- 太田健一 (2005) デジタル写真測量による登山道侵食把握と侵食軽減のための新たな方策—大雪山国立公園を例にして—.北海道大学大学院地球環境科学研究科修士論文.
- 太田健一・渡辺悌二 (2005) デジタル写真測量による登山道の土壌侵食量の計測手法.北海道地理,80,41-51.
- 沖 慶子 (2001) 大雪山国立公園,黒岳石室周辺における登山道の保全のための研究.北海道大学大学院地球環境科学研究科修士論文.
- Tomczyk, A. and Ewertowski, E. (2013) Quantifying short-term surface changes on recreational

trails: The use of topographic surveys and 'digital elevation models of differences'(DODs). *Geomorphology*, 183, 58-72.

渡辺悌二編著 (2008) 登山道の保全と管理.古今書院,212 p.

渡辺悌二・深澤京子 (1998) 大雪山国立公園,黒岳七合目から山頂区間における過去 7 年間の登山道の荒廃とその軽減のための対策.地理学評論,71 A,753-764.

渡辺悌二・太田健一・後藤忠志 (2004) 大雪山国立公園,裾合平周辺における登山道侵食の長期モニタリング.季刊地理学,56,254-264.

Watanabe, T. (2014) The emergence of sustainable tourism in Daisetsuzan National Park, Japan. *In* Debarbieux, B., Oiry Varacca, M., Rudaz, G., Maselli, D., Kohler, T., and Jurek, M. (eds.) *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities. Sustainable Mountain Development Series*. Geneva, Switzerland: UNIGE, CDE, SDC, 70-71.

山田周二 (1993) 白山における登山道のひろがりとその速さ.筑波大学水理実験センター報告,17,65-72.

Yoda, A. (1991) The erosion of mountain hiking trail near Mt. Kurodake hut in the Daisetsuzan Mountains National Park, central Hokkaido, Japan. MA Thesis, Hokkaido University.

Yoda, A. and Watanabe, T. (2000) Erosion of mountain hiking trail over a seven-year period in Daisetsuzan National Park, central Hokkaido, Japan. *In* Cole, D.N. and McCool, S.F. (eds.) *Wilderness Science in a Time of Change*. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 172-178.

渡辺 悌二 (わたなべ ていじ)

北海道大学大学院地球環境科学研究院・教授。カリフォルニア大学大学院地理学研究所博士課程修了。専門は高山地域の地生態学・自然資源の持続的管理など。山岳国立公園の自然環境管理問題に興味をもつ。著書に「登山道の保全と管理」(古今書院 2008)。

小林 勇介 (こばやし ゆうすけ)

北海道大学大学院環境科学院・博士課程 2 年。北海道内の多くの山で登山道の荒廃状況を観察してきた。ドローン (UAV) を用いた登山道の 3 次元図化を行っている。