

iPhone の LiDAR による 3D モデルの環境教育への活用の可能性
 —北アルプス、太郎山の登山道荒廃の事例—
 Potential Use of iPhone LiDAR 3D Models for Environmental Education:
 A Case Study of Trail Erosion in the Northern Alps of Japan, Mt. Taro

中村 洋介

NAKAMURA Yosuke

公文国際学園中等部・高等部

[要約] iPhone には、LiDAR とよばれる測距機能が搭載されており、アプリケーションソフトウェアを介して対象物の 3D モデルを作成する機能がある。本研究では、iPhone の LiDAR を用いた 3D モデルが山岳地域の登山道荒廃の分析に適用できるのか検討し、3D モデルの分析が環境教育に与える可能性を考察する。事例は北アルプス・太郎山の登山道を取り上げる。iPhone の LiDAR による登山道の微地形の 3D モデルは、現地での観察記録と合わせることで十分に分析が可能なツールとなる。最大の利点は、短時間で測定して、容易に 3D モデルを作成できる点にある。そのような利点は、市民や生徒などの学習者が登山道荒廃を分析して報告するという社会参加が可能となる。iPhone の LiDAR を用いたモニタリングによって、学習者に土壌侵食の問題に関心を持たせ、山岳地域の環境保全に対する行動へのきっかけとなることが期待される。

[キーワード] フォトグラメトリ, iPhone LiDAR, 登山道荒廃, 土壌侵食, 社会参加

1. はじめに

登山者は山地・山岳にアクセスするために登山道を利用する。表土があらわれた登山道の路面は、踏圧と降水による流水で容易に侵食される。周辺の植生は、オーバーユースによる登山者の広がりによって後退することもある。そのような現象は登山道荒廃とよばれる。例えば首都圏の交通アクセスのよい丹沢山地では、登山者の踏み込みによって草地の登山道で植生が後退し、深さ 4m 以上におよぶ侵食された登山道がみられる(中村, 2005)。山地・山岳地域の登山道荒廃は、景観への影響だけでなく、土壌侵食の問題を示す。土壌侵食という環境問題に対しては、環境教育のアプローチからの啓発や利用者などの市民の社会参加が求められる。

北海道の大雪山の高山帯では、自然公園の管理者のみでは登山道荒廃の対策が追いつかないため、市民ボランティアとの協働によって侵食の軽減対策が施されている(渡辺・小

林, 2016)。登山道荒廃の対策のためには、どこで、どのような侵食や植被の縮小が生じているのかについて、現状を測量して報告する必要がある。近年、フォトグラメトリとよばれる多方向から撮影した写真を、コンピュータによって 3D モデル化する技術が進んでいる。その手法は、登山道荒廃の軽減のための科学研究に生かされている(Kobayashi & Watanabe, 2023)。

しかしながら、侵食された登山道を正確に測量するには、測定者の技術力に加えて、高額な測量器具やソフトを揃える必要がある。また、重量のある測量器具を高地に持ち上げるには体力が必要である。そこで、より一般的でかつ手軽なツールとして、市販の iPhone の一部に搭載されている LiDAR (Light Detection And Ranging) の活用が注目される。LiDAR は、対象物にレーザー光を当て、レーザーの跳ね返る時間から対象物との距離や形状を測定する技術である。iPhone にアプリ

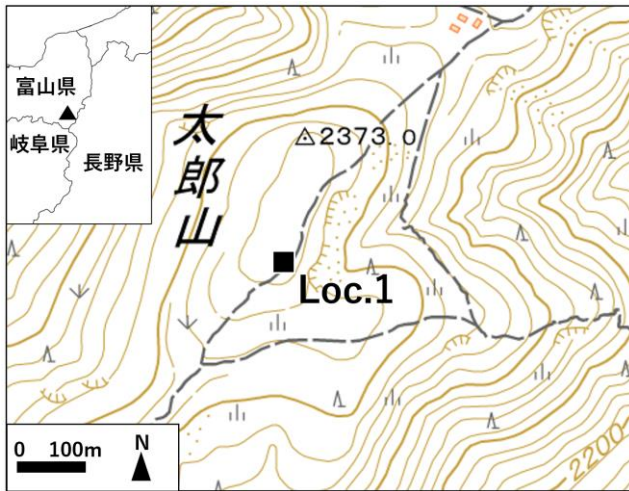


図 1. 測定地点の位置

注) 国土地理院の地理院タイル (標準地図) を使用。

ケーションソフトウェア (以下, アプリ) をダウンロードして, iPhone のレンズを対象物に向ければ, iPhone の画面上に 3D モデルを作成することが可能である。持ち運びも容易であり, オフラインでも測定できる。これまで, 研究者でなければ登山道荒廃を示す正確な図面を描けなかったが, iPhone の LiDAR を活用すれば, 誰もが登山道の現状を立体的に映し出すことができるようになる。

環境教育にとって, フォトグラメトリの重要な意味は, 市民の誰しもが環境問題となる対象物について, リアリティのある 3D モデルで表現でき, それを目にして, 問題を認識できることである。市民によるモニタリングの意義は, 環境変化や影響を明らかにする活動を通じて, 現状の把握や解決策を模索する環境保全活動につながることである (小堀, 2013)。市民の社会教育あるいは学校教育の立場では, 学習者が 3D モデルを活用した科学的なモニタリングを担い, ひいては学習者を問題に対する積極的な行動へと導くことが期待される。

本研究では, 北アルプスの太郎山でみられた登山道荒廃を事例にして, iPhone の LiDAR を用いた 3D モデルが山岳地域の登山道荒廃に適用可能であるのかについて検討し, その登山道荒廃の測定を通じて, 土壌侵食の問題

を環境教育に適用する可能性を考察する。

2. iPhone の LiDAR による登山道の測定

北アルプスの標高 2,373m の太郎山は, 中部山岳国立公園の高山帯の特別保護地区に位置する。太郎山の登山道の Loc. 1 において, 2023 年 8 月 13 日に iPhone の LiDAR を用いて登山道とその周辺の地形を測定した (図 1)。使用したアプリは Scaniverse (Niantic 社) である。Scaniverse は iOS 向けの 3D スキャンアプリで, 無料で提供されている。

LiDAR スキャンの最大照射距離は 5m といわれる。実際には地面から 50 cm ほど離れた位置から, 地形に沿ってなぞるように iPhone のレンズを向けて測定していく。Loc. 1 ではおよそ 10m×12m の範囲を測定し, その作業は 5 分程度で完了した。測定を終えると, iPhone の画面上に短時間で 3D モデルが作成される。

図 2 は, Loc. 1 の登山道とその周辺の微地形を示した 3D モデルである。3D モデルは iPhone の画面上で回転させ, 任意の位置から眺めたり, 拡大縮小したりすることができる。図 2 の縦横比は 1:1 で, 実際の地形を示している。Loc. 1 は, 登山道の方に傾斜はなく, ほぼ平坦な登山道である。登山道の周辺には, 植被がない灰色の岩層の広がりを読み取れる。Scaniverse は, 3D モデル上の任意の 2 点間の距離をアプリ上で計測する機能がある。図 2 の A-A' の登山道の路面の幅をアプリで計測すると 136 cm である。登山道の側壁にあたる B-B' の高さは 20 cm である。登山道の横断面を確認したい場合は, 真横からみた位置に固定することができる。その横断面の画像を保存して, 角度測定の Web サイトで計測すると, 図 2 の左端から右端へと下る斜面の傾斜角度は 9 度である。

図 3 は, 図 2 と同じ方向から撮影した Loc. 1 の写真である。登山道の左の緩斜面上には植被の少ない裸地面が点在している。緩斜面上の草本の高さは, 登山道の右側 (写真右) や

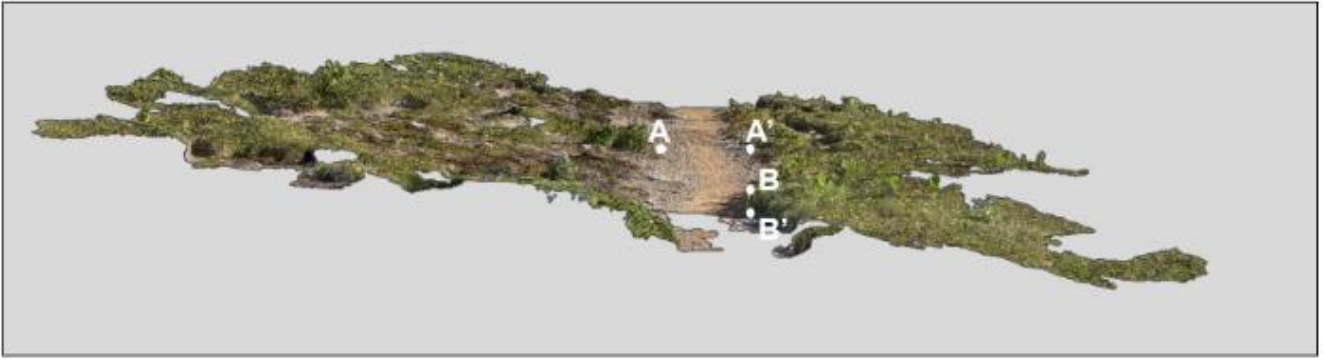


図2. Loc. 1 の登山道の 3D モデル

注) 3D モデルは Scaniverse を使用して作成。図中のアルファベットは本文を参照。

裸地面の左側(写真左上)の草本に比べると、草丈が低い。それらの地形や植生の状況は図2からも判読が可能である。3Dモデルの優れている点は、リアリティのある登山道とその周辺の全体像を立体的に描画できるところに特徴がある。

3. 太郎山の事例からの分析

登山道荒廃の要因やプロセスを考察するためには、得られた3Dモデルから地形的な要所を特定しなければならない。そして、3Dモデルで示された地形的な要所と現地での観察記録を結びつけ、一般化する必要がある。

Loc. 1 の登山道は、薬師岳から黒部五郎岳へと続く主稜線上に位置し、登山道の周辺は緩斜面上にハイマツや湿生の草原が広がる。図2の登山道は、湿生の草原上を走行している。登山道から10m程度離れた斜面上のハイ

マツ群落内には、ハイマツの樹幹を超えたオオシラビソが偏形樹を形成している(図4)。その偏形樹は、旗状に北北西方向側に樹枝を伸ばしており、南南東方向からの強風が吹きつける場所であることを示している。

図5は、図2の3Dモデルを回転させて、登山道上空の南方向から見下ろした視点の画像である。図中には現地の観察記録で得られた情報を補記している。図5をみると、C-C'の登山道は、北北東から南南西の方向に走行している。C-C'の茶色の表土がみられる場所は、登山者が歩行する路面のため、踏圧で踏み固められている。灰色の植被がない裸地には岩屑が覆っている。C-C'の西側の緩い斜面上には、植被がない裸地や丈高の低い草本が広がっている。

図5のXの位置には高さ36cmの小崖があり、南東を向いた小崖には植被はなく、上部



図3. Loc. 1 の写真



図4. Loc. 1 の北西にあるオオシラビソの偏形樹

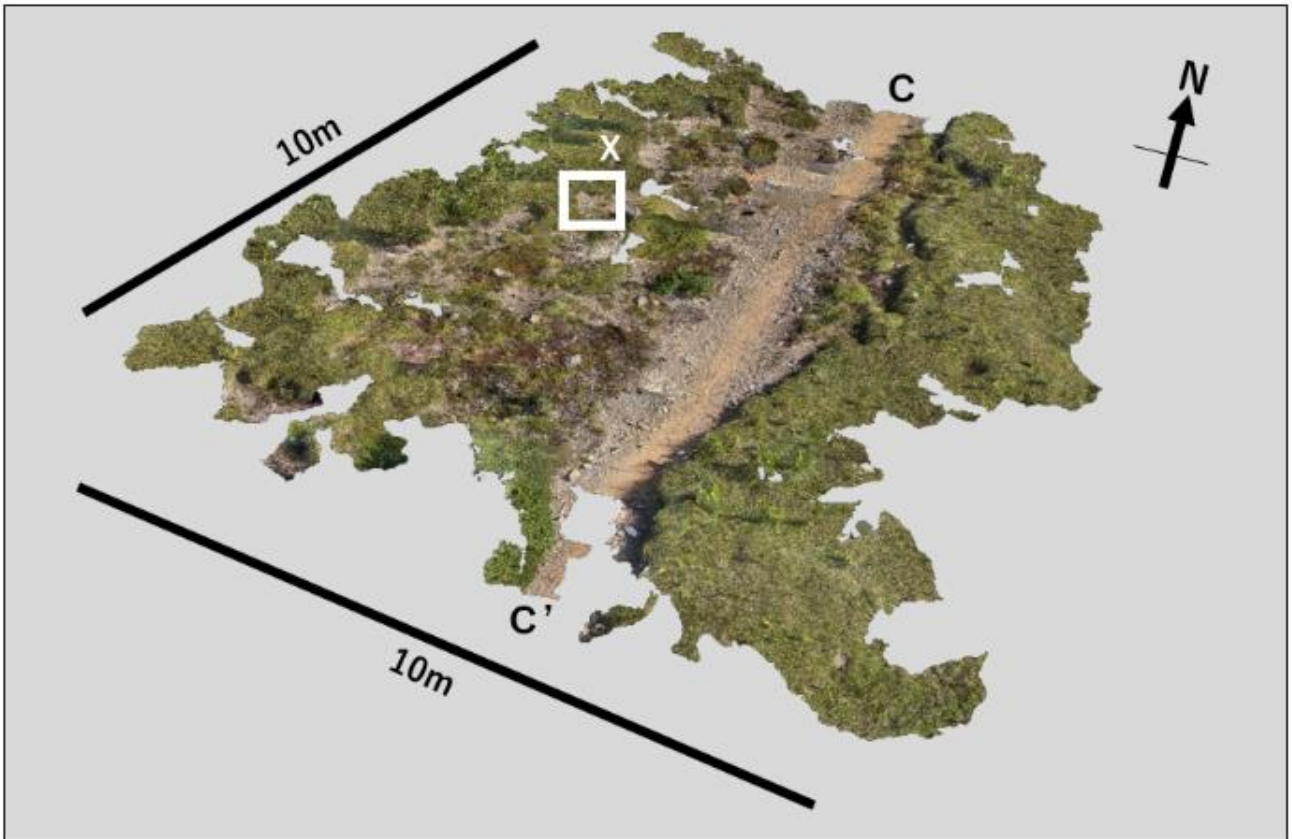


図 5 . Loc. 1 登山道の南の上空から見た 3D モデル

注) 3D モデルは Scaniverse を使用して作成。図中のアルファベットは本文を参照。



図 6 . 図 5 の X の拡大図

注) 中央の矢印の位置にノッチが見られる。

は庇状になっている。その小崖は断続的に登山道の走行と並行している。登山道の東側にはそのような微地形は見られない。X を拡大した画像が図 6 である。庇状の微地形はノッチとよばれる。草原の登山道の側壁にみられるそのようなノッチは、霜柱によって立ち上

げられた細粒の土粒子が強風で飛ばされて形成されたと考えられている (中村, 2013)。

Loc. 1 では、登山道のノッチの向きと偏形樹から推定された強風の風向とが南東から南南東の向きとなっている。両者はおおよそ同一の方向を示していることから、そのノッチは南東から南南東の強風によって侵食されていると考えられる。推定される風向きの延長方向に向かって植生域が後退していると考えれば、かつては C-C' の登山道の路面に接していた側壁が、風食で現在の X の位置まで後退したと推測される。登山道の西側の草丈が低いのは強風の影響と考えられる。

Loc. 1 の周辺には池塘が点在することから、冬のこの周辺は積雪が多いと推測される。Loc. 1 では、春の融雪後に風食によって、植生域の後退が生じている登山道と判断される。Loc. 1 の近辺では、池塘まで裸地が拡大していた場合もあった。登山者の踏み込みとともに

に、風食による登山道の拡大を防ぐ対策が求められる。

4. 環境教育への活用の可能性

前章の説明のように、iPhone で作成された 3D モデルは、登山道荒廃を分析するうえで十分に分析可能な解像度があった。例えば、風食と推定されるノッチを 3D モデルで確認することができた。iPhone による 3D モデルは、登山道荒廃のスケールとの相性がよく、荒廃による微かな地形をとらえることが可能である。最大の利点は、比較的短時間で測定して、容易に 3D モデルが作成できる点にある。

しかしながら、測定と 3D モデルの作成のみに留まっては、持続可能な社会への変革には至らない。3D モデルをもとに、なぜ登山道が後退しているのか、どのように後退しているのかについて分析し、その分析から侵食の軽減について検討、提案することが重要な環境教育の観点となる。前章で示したように、3D モデルと現地での観察記録とを合わせることで、侵食の要因と対策を検討することができる。

環境教育として重要なことは、iPhone という一般市民が入手可能なツールを使用することで、研究者や自然公園管理者に頼らずに市民自らがモニタリングを行うことができる点にある。モニタリングの参加者は、登山道周辺の保全とともに、登山道荒廃の問題に対す

る普及啓発の行動へと進展することが期待される。定点で数年にわたって iPhone の LiDAR によるモニタリングを行った場合、登山道荒廃の経年変化を追跡することもできるだろう。モニタリングの結果の公開は、オーバーユースが生じている山域の市民や登山者への啓発としても有効であると考えられる。

iPhone の LiDAR は、微地形や植被の測定が容易にできるツールである。測定者が現地で登山道荒廃の 3D モデルを作成し、その結果を分析して公開するというプロセスは、測定者に登山道荒廃の問題への気づきを与え、荒廃軽減の対策を分析するという重要な環境保全の教育となる(図 7)。フォトグラメトリの環境教育への活用は大いに期待される。しかし、得られた 3D モデルの分析は測定者に頼ることになる。登山道荒廃という土壌侵食を分析するための教育および教育者の育成は課題である。

本稿で示したような登山道荒廃の測定は、学校教育においても有効であろう。日本では土壌についての児童・生徒の興味・関心が低く、土壌が学際的な取り扱いとなるため、教師は土壌について消極的な指導しかできない実態があり、学校教育、社会教育とも人為的な土壌侵食や土壌の破壊などを含む土壌の教育が不十分であるという(福田, 2006; 2015)。登山道荒廃の事例のように、土壌の問題は人間とのかかわりが重要であることから、学際的な環境教育における取り扱いは不可欠である。iPhone の LiDAR を用いた登山道荒廃の測定とそのモニタリングは、学習者に環境変化やその要因を特定させながら、土壌侵食の問題に関心を持たせ、ひいては山岳地域の問題解決策を模索する社会参加へと進展させることが期待される。

謝辞

本研究にあたって、兵庫教育大学の小倉拓郎博士には 3D モデルの作成について紹介い

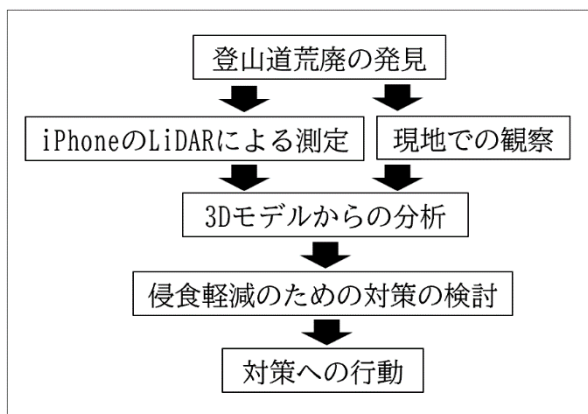


図 7. 期待される社会参加へのプロセス

ただいた。記して御礼申し上げます。

引用文献

- 福田直 (2006) 「わが国における小学校・中学校・高等学校の土壌教育の現状と展望」『日本土壌肥料学会誌』77(5), 597-605.
- 福田直 (2015) 「学習指導要領改訂に向けた学会員の要望調査結果の分析と土壌教育への提言」『日本土壌肥料学会誌』86(5), 489-495.
- Kobayashi, Y. & Watanabe, T. (2023) Evaluation of Effectiveness of Trail Repair Works Based on Three-Dimensional Monitoring around Mount Kurodake, Daisetsuzan National Park, Japan. *Sustainability*, 15, 1-21.
- 小堀洋美 (2013) 「地域をつなぐ生物多様性保全を目指した生涯学習—新たな市民科学の確立に向けて—」『環境教育』23(1), 19-27.
- 中村洋介 (2005) 「丹沢における登山道の荒廃軽減対策の評価」『地域学研究』18, 61-74.
- 中村洋介 (2013) 「関東山地南部, 大菩薩嶺稜線部における表土層の侵食—冷温帯—亜高山帯における登山道荒廃の事例—」『地域学研究』26, 39-52.
- 渡辺悌二・小林勇介 (2016) 「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—」『北海道の自然』54, 11-16.