

原著論文

高解像度の地質露头画像を利用した教育研究用ウェブページの開発 ：大学生の災害リスク発見能力評価の例

澤口 隆¹⁾ ・ 川村 教一²⁾ ・ 田口 瑞穂³⁾

Developing a Web page for pedagogical study utilizing high-resolution images of an outcrop: An example of evaluating awareness of hazard risks for undergraduates

Takashi SAWAGUCHI¹⁾, Norihito KAWAMURA²⁾ and Mizuho TAGUCHI³⁾

Abstract

The authors developed a Web page utilizing high-resolution images for evaluating undergraduates' finding abilities related to hazards in open-air class. Functions of the Web site are timer for counting browsing time, recording comments by the viewer, and center position of the browsing image. Analyzing these data, we can find viewpoint movement where the comments are written by the viewer. After a lecture about risk management to conduct an open-air science class, the changes in abilities of finding hazards were examined by utilizing the Web site browsing records by undergraduates. Comparing before and after the class data, we found contents dealt in the class were well pointed out by the students except falling rock hazard. Finally, we conclude that the Web site is suitable for evaluating tool for finding ability on hazard risk.

Key words : GigaPan, high resolution image, hazard, risk, open-air class, undergraduate student

(2022年7月7日受付, 2022年9月26日受理, 2022年9月30日発行)

1) 東洋大学経済学部, 〒112-8606 東京都文京区白山5-28-20

2) 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科, 〒668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺 128

3) 秋田大学教育文化学部, 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町1-1

1) Faculty of Economics, Toyo University, 5-28-20 Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8606, Japan.

2) Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo, 128 Shounji, Toyooka City, Hyogo, 668-0814, Japan.

3) Faculty of Education and Human Studies, Akita University, 1-1 Tegata-gakuenmachi, Akita, 010-8502, Japan.

Corresponding author; T. Sawaguchi, E-mail: tsawa@toyo.jp

はじめに

教員が児童生徒を野外学習に引率する際に、安全を最重視することは言うまでもなく、また学習指導要領解説、例えば小学校理科（文部科学省，2018）にも「野外での観察、採集、観測などでは事前に現地調査を行い、危険箇所の有無などを十分に確認して、適切な事前指導を行い、事故防止に努めることが必要である。」と明示されている。また、文部科学省の通知「自然災害に対する学校防災体制の強化及び実践的な防災教育の推進について（依頼）」があり、学校活動における防災体制の強化が指示されている (https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1422067_00001.htm)。

大学の教員養成課程で理科教育指導法を教授する際には、野外学習前の下見の練習を実地に取り入れることが望ましいが、カリキュラムや教育予算の制限で必ずしも導入できるとは限らない。学生に対してリスクマネジメントをいかに体系的に身につけさせるかという課題は、理科教育にとっては特に重要であると延原（2007）は指摘している。理科の野外学習における災害リスクの教育を推進するために、延原（2007）は「危険予知訓練シート」を用い、地層観察の野外学習イラストから大学生にリスクを見出させたが、目に見える物理的外傷に関する項目（危急直接型危険）についての指摘が目立つ反面、次の場面を想定し時間経過を考えての危険（潜在型危険）の項目はコメントが少ないと報告した。このような実態は、指導者としての災害のリスクマネジメントの能力が不十分であることを示唆している。また川村（2019）は、教員養成課程の大学初年次生を対象にジオパークのジオサイト（地層の露頭）で地層等の観察をする場合を想定して、どのような災害・事故リスクの発見・評価とリスク対応ができるかアンケート調査を行ったところ、想定されるリスク（落石、長時間の強い日射、危険動物、津波）の特定状況はすべての項目で低

かった。理科教育法に関する専門書で野外における学習についての安全を取り上げている例は、南（2009）や加藤（2018）がある程度で極めて少なかった（川村，2019）。最近、小出（2019）は大学生の理科教育指導法の授業で野外学習を取り入れたところ、複数の学生が事故防止策に気づいたと報告している。これらは学習中にハチに遭遇するなど偶発的な体験に基づいている可能性があるが、体験した学生にとってはリスク管理の認識を深めることになったと思われる。一方、野外学習での災害などのリスクを体系的に学ばせる研究が進んでいるとは言えず、教員志望の大学生向けの野外学習における自然災害を防ぐための教育活動の改善が必要である。

そこで、そのような場合の野外学習の代替措置として、筆者らは野外の高解像度画像を用いた授業を立案した。画像には GigaPan 社製の自動制御雲台 GigaPan（以下、固有名詞を除きギガパンと表記）架台を用いて自動撮影した多数の画像をモザイク合成して得た、数十ギガバイトにも及ぶ 1 枚の画像（以下、ギガパン画像と表記）を採用し、この画像を閲覧するために開発されたウェブサイトを開発し、災害のリスク発見能力の評価に利用した。ギガパン画像は、特別に用意されたウェブページを介して閲覧し、利用者は好みのままにパノラマ画像全体からピクセルが見える強拡大まで、さまざまな表示倍率にすることができる（例えば Bentley et al., 2013）。ギガパン画像はその解像度の高さを生かし、海外では地質工学分野での利用（Lee et al., 2019）のほか、地質学教育（例えば Stimpson et al, 2010; Piatek et al., 2012）にも導入されている。

筆者らはギガパン画像の解像度の高さを生かし、地質露頭における野外学習時のリスク発見の訓練の教材を開発できると考え、澤口ほか（2021）でその概要を、澤口（2022）ではギガパン画像を作成・公開する技術についてそれぞれ報告した。本研究では開発したウェブサイトを紹介するとともに、教員養成

課程大学生向けの教育実践における成果についてデータを加えて議論する。

なお、本研究で使用した画像の撮影と合成、ウェブサイトの構築を筆者のうち澤口が、授業実践を田口が、分析を澤口と川村が主に担当した。

学習素材に採用した露頭

地形・地質概説

ギガパンで撮影した露頭は、秋田県の男鹿半島の北海岸、男鹿市浜間口の（通称）安田海岸に位置する。図1に本学習において使用した露頭の位置を示す。この露頭には男鹿半島・大潟ジオパークの安田ジオサイトにある、新生代後期である中期更新世の堆積岩（鮎川層ほか）が露出する（川村, 2019）。地層観察学習に好適な露頭で、小学生～大学生など、様々な校種の理科・地質学教育の野外学習場所となっている（例えば川村, 2014）。この露頭は、川村（2019）で大学生向けに災害リスク発見能力の調査に用いた場所である。

安田の露頭における自然災害リスク

対象とした露頭における野外学習中のリスク分析の結果（川村, 2019）によると、潜在的なリスクは以下の通りである。この露頭は高さ最大約40mの急傾斜地で、基部には小

規模な崖錐がみられることから落石（剥落型落石）の危険性があることがわかる。また、木陰がないことから暖候期の晴天時に長時間活動することで、参加者が熱中症にかかるリスクが高まる。露頭近くには植生があり、危険生物による傷病のリスクも想定する必要がある。一方で、クマやイノシシなどの哺乳動物による危険性は報告されていない場所である。1983年の日本海中部地震津波により男鹿半島の海岸で野外活動中に被災した小学生団体の被災例（例えば村井, 1985）があることから、地震発生 of 情報を得たり、震動を感じたりした後には津波を避けるため内陸高台への避難行動が必要な地域である。

画像の撮影方法

撮影に使用した機材と撮影条件

露頭の撮影には、GigaPan EPIC Pro (GigaPan社製)、デジタル一眼レフカメラ Nikon D5600 (レンズ: 焦点距離 70.0 - 300.0 mm, f値: 4.5 - 6.3) および三脚を使用した (図2a)。撮影画像解像度は 6,000 × 4,000 ピクセルとし、JPEG形式で保存した。撮影位置と露頭までの距離が様々であるため、ピントはオートフォーカスとした。フラッシュは使用しない。

撮影方法

三脚の上にギガパン雲台を載せ、カメラを装着する。ギガパンの写野についての位置合わせを行ったあと、撮影したい領域の左上と右下の座標を指定して撮影を開始すると、ギガパンは画面の左右・上下で写野が重なるように連続撮影が自動的に行われる (図2b)。今回撮影した露頭は、ほぼ全面露頭で撮影対象となる視野幅が 180° 近くあり、全ての画像を高倍率で撮影するのは難しく、かつ効率も悪い。そこで、全体を低倍率 (焦点距離 70mm) で撮影し、露頭部分のみを高倍率 (焦点距離 300mm) で撮影した上で、それらを

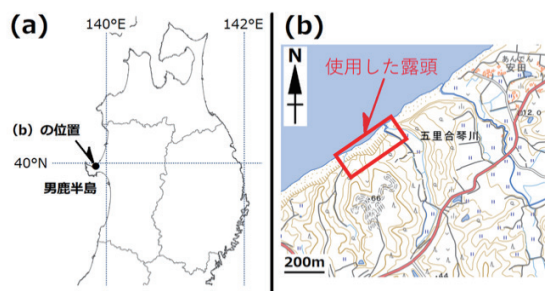


図1 本学習で使用した露頭の位置 (秋田県男鹿半島・安田海岸)。(b)は地理院地図に加筆。

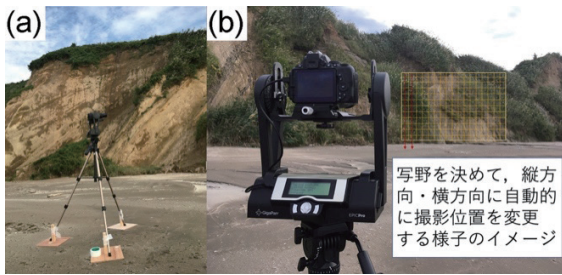


図2 自動制御雲台 GigaPan を使って高解像度画像を撮影するイメージ

画像処理ソフトで1枚の画像に合成した。撮影した枚数はそれぞれ、77枚(70mm)、996枚(300mm)である。これらの撮影にはおよそ80分必要であった。

画像の合成方法

高解像度画像の合成

ギガパンには、数百枚におよぶ撮影画像をつなぎ合わせるためのソフトウェア(GigaPan Stitch)が標準添付されている。しかし、このソフトウェアでは、全ての列・行での撮影枚数が一致していないと合成が成功しないなどの問題があり、特に一部ピントが合わないなどの理由で周辺領域の画像が欠けてしまっている場合は、合成処理に不具合が生じる(澤口, 2022)。そこで今回は Adobe 社の画像処理ソフト Photoshop の Photomerge 機能を利用して、手作業で画像を合成した。

完成したギガパン画像のサイズは、横 277,302 ピクセル、縦 78,426 ピクセル(ファイルサイズは 30 GB 強)である。なお、Photoshop で扱える画像のピクセル寸法は、最大で 300,000 × 300,000 ピクセルである。

高解像度画像のタイル化

大容量の高解像度画像をシームレスにブラウザ上で表示させるには、画像のタイル化を行う必要がある。タイル化とは、1枚の画像を同一サイズの複数枚の画像として分割し、様々な解像度で階層化された一連のファイル群として保存をする作業のことである。今回

は、プログラム言語であるシェルスクリプトで作成された画像のタイル化処理を行う地図タイルジェネレータ MagickSlicer (<https://github.com/VoidVolker/MagickSlicer>) を利用して、タイル画像を作成した。また、タイル化は、Photoshop の標準機能として搭載されている [Zoomify] 形式で書き出す機能も利用できる。後者の方がより大きなファイルサイズ画像までのタイル化に対応が可能であるが、書き出し後にファイル名やディレクトリ構造の再構成などの作業が必要となることと、今回の画像は前者での変換で十分にタイル化が可能であったため、MagickSlicer を用いたタイル画像を利用した。

開発したウェブページ

機能

図3に、ブラウザで表示させた操作画面を示す。画面上部には、ウェブページの説明が記載されている。その下にアイコンボタンと画像が表示される。ユーザは、画像をドラッグすることで表示位置を変更し、[+] [-] ボタンまたはマウスホイールを使って画像を拡大・縮小することができる。また、ボタンを押して全画面表示への切り替えが可能となっている。ブラウザへのタイル画像表示は、高解像度画像の拡大・縮小が可能なオープンソース・ウェブビューアである OpenSeadragon (<https://openseadragon.github.io>) を独自に拡張したものを利用した。開発言語は JavaScript である。画像を拡大していくと、表示領域に対応するタイル画像が自動的に読み込まれ、地層中に含まれる数cm大の貝類化石が十分に認識できるほどの倍率まで無段階に拡大表示ができる。これによって、露頭全体の確認から、細部までの観察が行えるだけでなく、現地では近づくことができないような、崖の上部などの観察も行うことができる。

外部設計



図3 パソコンのブラウザで表示させたウェブページ

画像閲覧およびコメント入力用ページでは露頭画像の下に、2つのフォーム入力領域があり、学籍番号と氏名を入力した上で、[観察開始]をクリックした後に、学生はコメント記入フォームに、画像を見ながら気がついた点についてキーボードを使って入力していく(図4)。記入したコメント一覧は、フォーム下部に追記されていく。観察が終了したら、[観察終了/送信]ボタンを押し、確認画面が表示された上で回答が終了する。

学籍番号・氏名:

学籍番号・氏名を記入したら、[観察開始]を押す。

コメントは1箇所記入毎に[コメントを保存]を押す。

津波に注意

<全て終了したらクリックする。

記入したコメント一覧 (上が新しい)

津波に注意

崖崩れの恐れあり

図4 コメント入力フォーム

内部設計

サーバ側では、観察開始時刻、学籍番号および氏名を記載したデータファイルが作成される。データ形式は CSV (Comma-Separated Values) 形式で、1 秒毎に閲覧している画像の中心位置座標 (x, y) および拡大率 (z) が記録され、コメントが入力された時は、これらに追記して、コメントテキストが保存される (図 5)。これらのデータは、別途用意した再生用ページに読み込むことができる。CSV データを表計算ソフトや分析ツールに読み込むことで、観察の履歴やコメント記入位置の分析を行うことができる。

```
timer, zoom, center.x, center.y, comment
1,0,9,0.41082364095269386,0.16944781576448248,
2,1,08,0.4316055339568092,0.155276005064894,
3,1,86624,0.4641655080792028,0.14232582182359163,
4,3,224862719999999,0.4822251915624114,0.1390876433435191,
5,3,224862719999999,0.48222519156241167,0.13908764334351903,
6,3,224862719999999,0.4737838330967023,0.208513509908434,
7,3,224862719999999,0.4737838330967023,0.208513509908434,
(中略)
59,3,224862719999999,0.38372582517803333,0.1892351345973987,
160,3,224862719999999,0.38372582517803333,0.1892351345973987,
161,3,224862719999999,0.38372582517803333,0.1892351345973987,斜面が急なので、落石の危険性がないかを調べる。
162,3,224862719999999,0.38372582517803333,0.1892351345973987,
163,3,224862719999999,0.38372582517803333,0.1892351345973987,
164,3,22486271999999
(中略)
679,26,605783702941636,0.06342155669941862,0.23908572339297834,
680,26,605783702941636,0.06342155669941862,0.23908572339297834,石などの物に漂着物があり、
その中には破損しているものもあるため、触った際にケガをしたり、素足での行動にも危険が伴う。
681,26,605783702941636,0.06342155669941862,0.23908572339297834,
682,26,605783702941636,0.06342155669941862,0.23908572339297834,
683,26,605783702941636,0.06342155669941862,0.23908572339
```

図 5 サーバに記録されるログファイル

1 行に 1 秒毎のデータが記録される。timer (開始からの秒数), zoom (拡大率), center.x (中心の x 座標), center.y (中心の y 座標), comment (コメント)。

完成したウェブページ

以下のサイトに完成したウェブページを示す。

<http://www.igeoscience.com/openseadragon/index.html>

教育実践と評価のための調査

対象クラス

国立 X 大学の教員養成課程大学生のうち、小学校理科の指導法科目 2 クラス (A, B ク

ラス; 受講者数 60 名, 34 名) の受講者を対象に授業を行った。

事前調査の方法

授業前後の学生の変容をみるために、まず、事前調査を、A クラスは 2020 年 12 月 21 日～25 日、B クラスは同 12 月 24 日～29 日に実施した。調査手順は、先述のウェブページの閲覧を学生に指示し、児童の野外学習における災害や事故を予見させる課題に取り組ませた。課題で想定した場面は、自分自身が 6 年生のクラス (児童数 30 名) の担任であると仮定し、画像で示した場所で地層の観察 (活動時間 60 分) を実施する予定であること、地層観察の場所はバスを降りてから砂浜を約 10 分間歩いて到達すること、観察は晴天の日に行く予定であるという前提のもとに、事前の現地見として、どのような災害や事故の可能性があるのかを考えさせるものである。

実施した授業の内容

授業のねらいは小学校理科学習における野外学習の際の安全指導に関する知識の獲得とその活用である。新型コロナウイルスの感染拡大対策のため、授業は両クラスともオンデマンドで指導者からの解説を視聴する授業とした。授業では小学校第 3～6 学年の理科の教科書を用い、その内容や記述を示しながら以下の内容を解説した (表 1)。

授業の内容は、小学校第 3～6 学年で実施される観察・実験における事故防止や安全指導についての解説と演習である。授業は 2 部制とし、第 1 部 (約 36 分) では第 3～6 学年のどの学習内容でどのような事故が起こりうるのかについて挙げ、その防止や安全指導について解説した。野外においては、観察中に起こりうる事故や野外学習に適した服装、毒を持った生物の忌避、太陽の観察時や夜間の天体観察時の注意、急な天気の変化に対する注意などが必要であることについて解説し

表1 授業の構成

	学習項目	学習課題	解説内容等	特記事項
第一部	1.小学校理科における事故防止	小学校学習指導要領解説理科編にはどのように記述されているのか	3 事故防止・薬品などの管理 予備実験、現地調査の大切さについて ・理科編における事故防止の記述形式について	
	2.小学校理科における事故防止	小学校の理科学習中に起こりうる事故にはどのようなものがあり、どのように防止したらよいのか		
	(1) 第3学年について		・実験、工作に伴うけがや事故の防止について ・鏡や虫眼鏡の取り扱い ・太陽観察時の遮光板の使用 ・野外学習時の注意 毒虫、服装	
	(2) 第4学年について		・実験、工作に伴うけがや事故の防止について ・野外学習時の注意 毒虫、服装、天候の変化、落雷 ・夜間（星）観察時の注意	
	(3) 第5学年について		・実験時の事故防止について ・太陽を直接見ないように指導すること ・野外学習時の注意 毒を持った生物、服装、気象の変化による川の増水 ・川の深みにはまる、流される、転倒等の事故防止	太陽のまぶしさが分かる写真を提示
	(4) 第6学年について		・実験時の事故防止について 火傷、気体検知管によるけが、保護眼鏡の使用、廃液処理 ・露頭観察時の現地調査の大切さ、危険の予見 ・危険個所の情報を同僚から得ること ・岩石サンプルを取る際の保護メガネの着用 ・月の夜間観察時の事故防止、太陽を直接見ない指導	
2.理科室の使用方法	理科室をどのように使用するとよいのか	東京書籍小学校理科第6学年教科書を例に解説 ・棚の中の器具の整理、消火器の設置、服装や髪、実験は立って行うこと、地震が起きたときの対処	教科書を提示	
3.野外学習上の注意	野外学習を行うにはどのような点を見事に注意させたらよいのか	・服装、毒や棘を持つ危険な生き物への注意、環境への配慮 ・夜間の月の観察時の・注意：明るいうちの観察場所の選定、大人同伴の観察、観察時間帯 ・空の観察時の注意：太陽を直接見ないこと、天気の変化への注意 ・川の観察時の注意：観察地の決定、観察地の事前調査、約束事の遵守、川の増水時の注意 ・露頭観察時の注意：服装、児童の行動可能範囲の制限、岩石等採取時の保護眼鏡の着用	第3学年理科の教科書の自然観察のしかた、を提示 第4学年理科の教科書の自然観察のしかた、を提示 第5学年理科の教科書の自然観察のしかた、を提示 第6学年理科の教科書の自然観察のしかた、を提示	
第二部	4.野外学習について（演習）			
	演習1 露頭観察時の事故の予見1	児童の露頭観察学習中にどのような事故が予想できるだろうか、またどのような注意を促したらよいだろうか	児童が露頭で観察学習している写真と、どのような事故が予想できますか、どのような注意を促しますかというキャプション ・児童の服装が、第一部で学習したものと合致しているかを確認させる。 ・観察中にどのような事故が起きるおそれがあるのかを考えさせる。 ・ノートに予想される事故を書くように指示を出す。書き終えるまで、ビデオにゴーゼをかけるように指示を出す。 解説：児童が滑落するおそれ、落石のおそれ、滑落を防ぐための足場の確保とルール作り、落石から身を守る方法の解説、毒を持った生物がいるおそれ、崖の崩落跡があることから崩れてくるおそれがあることを解説、児童の行動制限（崖を駆け上がらない等）、高いところに見える地層は側方に追っていくことで低いところで観察できることがあることを解説	
	演習2 露頭観察時の事故の予見2	川の近くの露頭観察学習中にどのような事故が予想できるだろうか、またどのような注意を促したらよいだろうか	大人が露頭で観察学習している写真と、どのような事故が予想できますか、どのような注意を促しますかというキャプション ・観察中にどのような事故が起きるおそれがあるのかを考えさせる。 ・先述のとおり指示を出す。 解説：崖の上に登った人が落ちるおそれ、川に転落するおそれ、天候急変による増水のおそれ、学習者の服装の確認、ヘルメット着用が必要な場合の解説 ・崖の崩落、避難、避難経路の確認の必要性	
	演習3 火山ガスが噴出している場所における観察時の事故の予見	この場所の観察中にどのような事故が予想できるだろうか	・小学生の観察学習中のルール作り、行動範囲の制限 大人が野外観察学習している写真と、どのような事故が予想できますか、どのような注意を促しますかというキャプション 先述のとおり指示を出す。 解説：転落、行動範囲、帽子着用、火山ガス（噴気）に注意、事前調査の重要性、当日の風向きに注意、火山ガス検知器の紹介	
	野外観察における注意事項	海岸付近の観察時の注意事項 露頭観察時の注意事項 川の観察時の注意事項 観察学習前にどのような準備が必要か	湖の満ち干（ウェブページで事前に情報を）、地震～津波、避難経路と避難方法を児童に理解させること 崖の崩落、転落 増水、転倒、溺水、行動範囲を制限して安全に学習を事前調査、現地調査、危険個所の確認の大切さ	

た。第2部（約18分）は野外学習における講義と演習とし、野外学習は命に関わる災害が予想されることから、3つの演習を実施した。

演習1は、児童が露頭を観察する時の災害リスクの発見である。大学生に、一部に崩れた跡がみられる高さが10m程度の露頭で児童が観察学習を行っている写真を授業のビデオ画面で提示し、起こりそうな災害と防災上どのような注意喚起を児童に行えばよいのかについてノートに記述させた後、答え合わせをさせた。大学生が考えたりノートに記述したりする間は、授業ビデオの再生を一時停止するよう指示を出した。なお、この露頭には中ほどの高さに犬走が設けられており、崩落物は下まで落ちてこないようになっている。演習1では、児童が地面から1m程度の高さに登り観察しておりそこからの滑落の恐れがあること、小石等の落下、草の生えているところに有毒生物がいる危険性、児童の服装の適切さなどを指摘することを正解とした。

演習2は、落石の恐れがある川の近くの露頭で、ヘルメットをかぶった大人が観察を行っている写真を見て、起こりそうな災害などを指摘する学習である。学習方法は演習1と同様である。この演習では、岩石上に登っている人の転落、安全柵を越えた時の川への転落、天気の変化による川の増水、落石、適切な服装、避難経路の確認、児童の行動の制限などを指摘することを正解とした。

演習3は火山の噴気は見えるが安全が確保されている国定公園内の遊歩道で大人が観察を行っている写真を見て、起こりそうな災害などを指摘する学習である。学習方法は演習1と同様である。この演習では、児童の行動の制限、適切な服装、事前調査と風向きや強さを含めた当日の天気予報や雨量などの気象情報の取得を正解とした。

これらの演習のあとに、野外学習の場合は事前の現地調査が大切であること、現地調査の結果をもとに発生しうる災害などを予測し

て備えること、事前指導で行うべき内容、野外学習中に児童に守らせるルール、野外学習中に地震が起こった場合やそれに伴って災害が発生した場合の対処方法、野外学習を行っている場所からの避難経路の確認、海岸で観察する場合の干満の情報の取得について解説した。演習では扱わなかった災害や注意事項について解説を補い、第2部のまとめとした。

事後調査の方法

学生は授業ビデオ視聴後に、事前調査と同じウェブページを閲覧し、再び課題に取り組んだ。授業ビデオ視聴および事後の調査実施期間は、Aクラスは2021年1月17日～22日、Bクラスは1月7日～14日とした。なおBクラスの方が2日長いのは、期間中に大学のサーバ停止が2日間あったためである。

ウェブページ閲覧行動の解析

方法

前章で述べた授業を経て、学生がどのように変容したのかをみるために、開発したウェブページで取得した閲覧記録を用いた。事前調査では79名、事後調査では81名の回答が得られたが、事前と事後の比較を行うために、両方に回答をした69名を分析の対象とした。

結果

(1) 閲覧時間

[観察開始]ボタンをクリックしてから、[観察終了/送信]ボタンをクリックするまでの時間を、閲覧時間とした。事前および事後調査の閲覧時間を図6に示す。分析対象69名の閲覧時間の合計は、事前が30,426秒、事後が35,268秒であった。

(2) 視点中心位置

1秒毎の視点中心座標をプロットしたのが図7である。事後調査では閲覧時間の合計が長くなったことから、図7中の視点中心位置

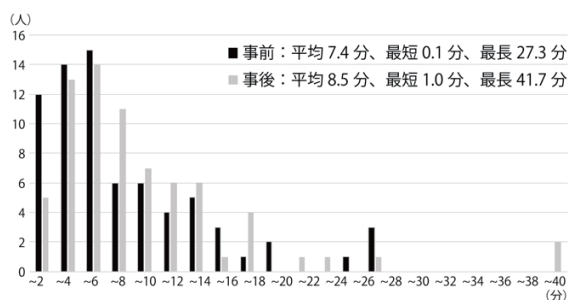


図 6 ウェブページの閲覧時間の分布

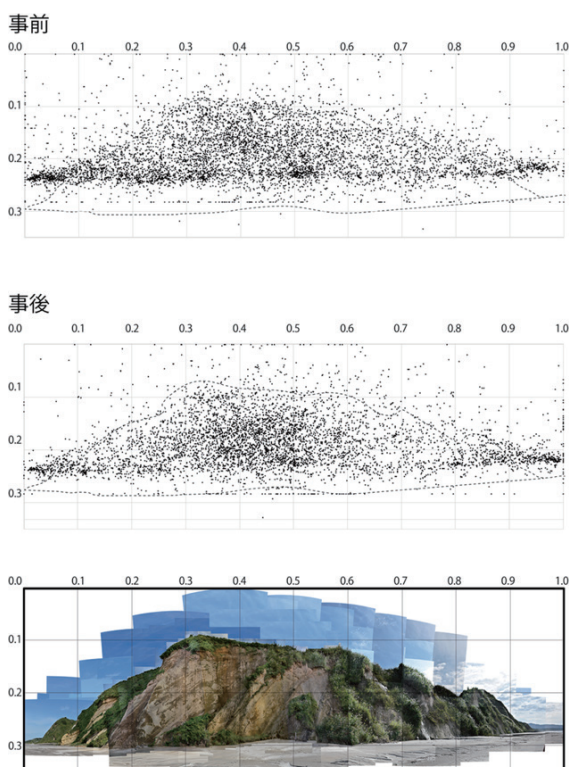


図 7 コメント記入時の閲覧画像中心位置の分布 (回答者 69 名分)

が増えているが、それとともに位置の分布に違いがあるように見える。

(3) コメント記入位置

回答者が記入したコメントの延べ記入件数は、事前調査が 282 件、事後調査が 457 件であった。ただし、一人の回答者が異なる場所で同様の回答を複数回行っている場合があるため、表 2 に示した A～P の災害リスク・その要因の分類を行い、すべてのコメントに対して分類を行なった。A～P の分類項目毎に、コメントが記入された時の、閲覧画像の中心座標をプロットしたのが図 8 である。

(4) 中心座標の軌跡

ある被検者が閲覧した部分が画像中の特定位置に偏っていたかどうかを検討するため、1 秒ごとに取得された閲覧画像の中心座標をトラッキングしたところ、授業前後で、開始・終了点や軌跡が異なっていることがわかる (図 9)。

授業の成果と課題

分析の方針

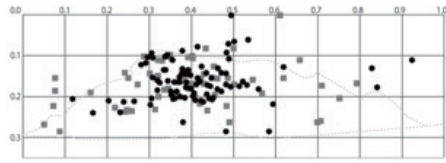
授業の成果について、授業内容について知識を得てそれを活用できるようになった場合、授業内容に基づいた指摘が、露頭画面の該当部分を見て指摘できるようになると期待される。このことは事後調査においてコメント数が増えることで見出せると考える。その際、多くの指摘を行う場合ほど、画像閲覧・コメント記録に要する時間が長いと推測される。これらの点から本授業の成果を検討する。

学習前の大学生の災害リスクの発見状況

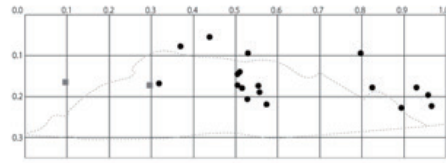
ウェブページ閲覧時の学生のコメントについて、災害リスク・その要因(A～Pの16項目)を、事前・事後調査の両方に回答した69名について、検定にもとづいて差異の有無を検討したものが、表3である。

このうち事前調査結果についてみると、項目 A (落石など) の回答率は高い (82.6 %, 69 名中 57 名) もの、回答内容が地震・津波 (20.2 %, 14 名), 大波・高波など (20.2 %, 14 名), 有毒な生物 (17.4 %, 12 名), 熱中症 (10.1 %, 7 名) などと低く、小学校学習指導要領 (平成 29 年度告示) で示される「観察、実験などの指導に当たっては、事故防止に十分留意すること。」を鑑みると、リスク認識の高さは、野外学習の引率者として持つことが期待されるほどではなかった。このことは、川村 (2019) がやはり教員養成課程の大学初年次生を対象に、本研究と同じ露頭で想定される自然災害リスクの調査を行ったと

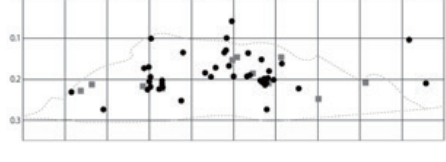
A. 落石・土砂崩れ・崖崩れ



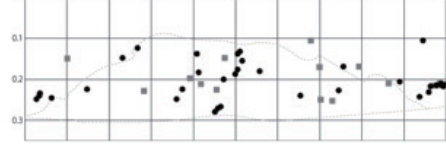
I. 天気の変化



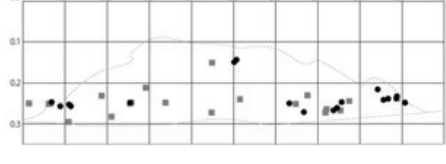
B. 毒のある動物・植物



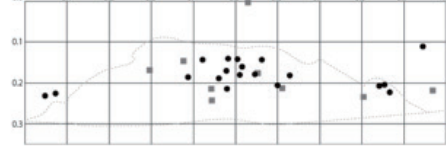
J. 大波・高波・高潮・潮の満ち干



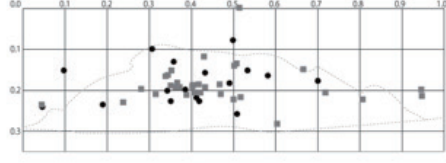
C. 危険物 (ゴミ)



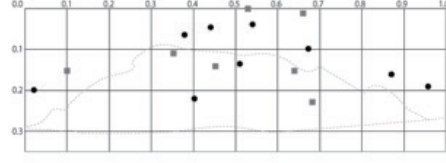
K. 児童を見失う



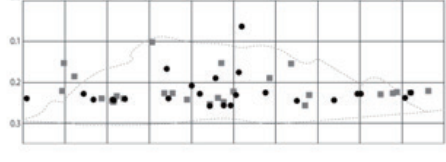
D. 児童が崖に登る. 滑落する.



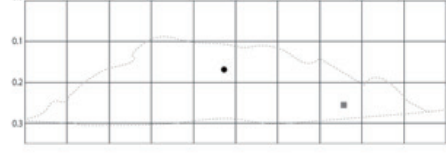
L. 熱中症



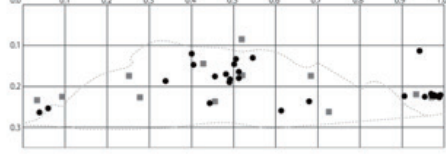
E. 転倒



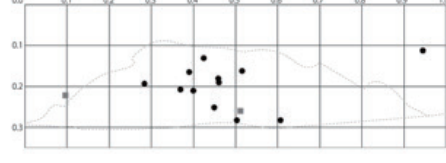
M. トイレの確認



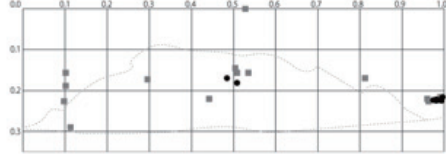
F. 地震・津波



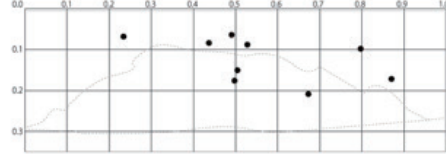
O. 試料採取時の注意



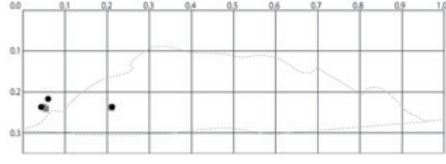
G. 海に入っておぼれる



P. ルーペで太陽を見る



H. テトラポッドに登る.



■ 事前 ● 事後

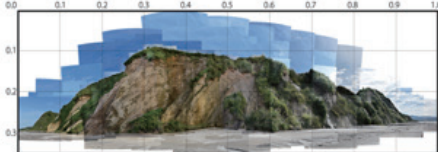


図8 項目別に見たコメント記入位置の分布

ころ、落石、長時間の強い日射、危険動物、津波などの指摘数が少なかったこととおおむね一致しており、大学生の実態は同様である。このような指摘が少なかった項目は延原(2007)の言う潜在型危険である。

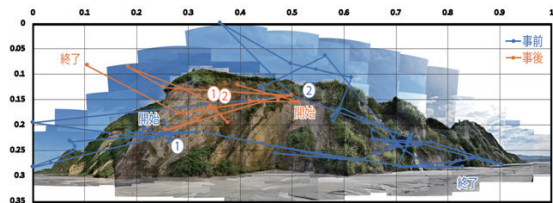


図9 ある学生の授業前後の閲覧画像の1秒ごとの中心座標の軌跡，学生がコメントを記入したときの位置と内容；青字①崩れ，②崖を登る児童；赤字①崩れ，②崖を登る児童，見守れる範囲外への児童の越境

コメント数の変化

(1) 全体的な変化

表2に関して回答者69名それぞれの16項目についてのコメントの有無を集計し，全員分を合計した。事前調査における延ベコメント数は1,004項目・名(16項目×69名)中

314項目・名であった。同様に事後調査における延ベコメント数は314項目・名であった。1,004項目・名における延ベコメント数の割合について直接確率検定(有意水準5%，両側検定，以下同様)によると有意差が見られる($p = 0.0000$, $p < 0.05$)。このことから，事後調査ではコメントされる割合が高まったといえる。

(2) コメント数が増えた項目

どのような項目のコメントで回答される割合が高まったか見出すために，A～Pの項目分類ごとに，事前・事後調査でのコメント回答者数について直接確率検定を行った。この結果有意差が見られ，事後調査においてコメントで災害リスクを指摘する学生の割合が高くなったと言える項目は，B, D, F, I, J, K, O, Pの8項目で，すべて授業で解説した項目であった(表3)。授業後に回答者の割合が低下した項目はなかった。

(3) コメントが増えたとは言えない項目

授業で取り上げたにもかかわらず事前・事後調査間でコメント記入者数に有意差が見られなかったものに項目A(落石など)があ

表3 コメントの分類と検定による回答者数の差異の判定結果

分類	災害リスク・その要因	授業での解説	事前		事後		p値	有意差(有意水準5%)	事前・事後の変化 コメント記載者の割合
			コメントあり	コメントなし	コメントあり	コメントなし			
A	落石・土砂崩れ・崖崩れ	あり	57	12	62	7	0.3232	なし	変化があったとは言えない
B	毒のある動物・植物	あり	12	57	42	27	0.0000	あり	事後に高くなった
C	危険物(ゴミ)	なし	20	49	18	51	0.8491	なし	変化があったとは言えない
D	児童が崖に登る，滑落する。	あり	16	53	30	39	0.0124	あり	事後に高くなった
E	転倒	なし	24	45	21	48	0.7167	なし	変化があったとは言えない
F	地震・津波	あり	14	55	29	40	0.0096	あり	事後に高くなった
G	海に入っておぼれる。	なし	13	56	8	61	0.3434	なし	変化があったとは言えない
H	テトラポッドに登る。	なし	5	64	4	65	1.0000	なし	変化があったとは言えない
I	天気の変化	あり	3	66	19	50	0.0003	あり	事後に高くなった
J	大波・高波・高潮・潮の満ち干	あり	14	55	31	38	0.0034	あり	事後に高くなった
K	児童を見失う。	あり	8	61	19	50	0.0306	あり	事後に高くなった
L	熱中症	あり	7	62	9	60	0.7912	なし	変化があったとは言えない
M	トイレの確認	あり	1	68	1	68	1.0000	なし	変化があったとは言えない
N	避難場所確保	あり	0	69	0	69	1.0000	なし	変化があったとは言えない
O	試料採取時の注意	あり	2	67	12	57	0.0089	あり	事後に高くなった
P	ルーペで太陽を見る	あり	0	69	9	60	0.0030	あり	事後に高くなった
	合計		196	908	314	790			

り、これは危急直接型危険（延原，2007）である。事前調査において多くの学生が指摘したが、事後調査においてコメントを記入する学生の割合が増えたとは言えない。また項目 L（熱中症）、N（避難場所の確保）も授業で取り上げたが、コメント記入者数の割合が高まったとは言えなかった。これらのうち項目 L は潜在型危険（延原，2007）である。

コメント記入時の閲覧画像の中心位置

事後調査でコメントを記入する学生の割合が高まった項目 B, D, F, I, J, K, O, P について、これらのうち災害に無関係な項目 O を除き、コメント記入時の閲覧画像の中心位置の傾向を図 8 から抽出すると以下のとおりである。

項目 B（毒のある動物・植物）は、事前調査では閲覧画像中心が特に集中したようには見えない。事後調査では画像中心位置が、 $x = 0.6$, $y = 0.2$ および $x = 0.3$, $y = 0.2$ 付近に集中しているように見える。後者の位置は崖に植生が見られる部分で、植生中に有害な植物や動物の存在を予想するようになった可能性がある。前者の閲覧位置は露頭であり、コメント内容と閲覧行動に関係は見られない。

項目 D（児童が崖に登る・滑落する）は、事前調査は、 $x = 0.35 \sim 0.45$, $y = 0.2$ 付近に集中していたように見える。この位置は露頭中の登攀できそうに見える斜面にあたる。事後調査では画像中心位置が集中しているようには見えない。露頭全体を見て崖のどこからでも登攀の可能性があると考えて、コメントした可能性がある。

項目 F（地震・津波）は、事前調査では閲覧画像中心が特に集中したようには見えない。事後調査では画像中心位置が、 $x = 0.5$, $y = 0.1 \sim 0.2$ および $x = 0.95 \sim 1.0$, $y = 0.22$ 付近に集中しているように見える。前者の位置は崖の上部に当たり、地震の揺れによる落石などを、後者の位置は海面上に当たり津波をそれぞれ指摘するようになったと考えられ

る。

項目 I（天気の変化）は、事前調査ではコメント記入が少なく傾向は判断できない。事後調査では画像中心位置が、 $x = 0.55$, $y = 0.2$ 付近に集中しているように見える。この位置は崖の上部にあたるが、降雨による露頭からの落石を想定したのか、閲覧画像上部に見えていた空の画像から天気の急変を想起したのかは不明である。事後調査でのその他のコメント記入時の画像中心位置が空の領域に含まれている場合は空を見て悪天を想起するようになったと考えられる。

項目 J（大波・高波・高潮・潮の満ち干）は、事前、事後調査ともにコメント記入位置が散在しているが、事後調査では $x = 0.95$, $y = 0.21$ 付近に集中しているように見える。この位置は海面上に当たることから、一部の学生は画像に海面を見出して本項目をコメントするようになったと考えられる。

項目 K（児童を見失う）は、事前調査では画像閲覧位置が散在しているように見えるが、これは回答数が傾向を見出すには多くないためかもしれない。事後調査では $x = 0.4 \sim 0.6$, $y = 0.1 \sim 0.2$ に集中しているように見えるほか、画像の左右両端でのコメント記入がある。前者は露頭上部の植生が見られる部分、後者は露頭の裏側に児童が回り込める部分で、それぞれ児童を見失う恐れを想定するようになったと考えられる。

項目 P（ルーペで太陽を見る）は、事前調査ではコメント記入がなかったが、事後調査では画像上部（ $y = 0 \sim 2$ ）の範囲に散在している。空の領域で記入した学生は、青空を見てルーペの使用上の注意を想起するようになった可能性がある。

以上の 8 項目は、いずれも閲覧画像にリスクが直接的に示されているものではない潜在型危険（延原，2007）である。これらの項目については潜在的なリスクを見出せるようになった学生がいたと考えられる。

事前と事後の調査結果を比較して、授業で

解説した項目についてのコメント数が増えたことから、野外学習中に起こりうる災害について予測できる内容が増え、この点で授業のねらいは達成できたと考える。

閲覧時間の変化

ウェブページの閲覧時間について、事前と事後の調査間で比較した。平均時間は事前7.4分、事後8.5分であるが、t検定では有意差は見られず（有意水準5%、両側検定、 $p = 0.1769$, $p > 0.05$ ）、事後に平均時間が長くなったとは言えない。またコメント数と閲覧時間についての決定係数（ R^2 ）は、事前調査では $R^2 = 0.46$ 、事後調査では $R^2 = 0.21$ で低下しており、事後調査で閲覧に時間をかけるほど発見する災害リスクが多くなったとは言えない。先述のようにコメント数は事後調査では増えていることから、学生は手際よく読み取ったりするようになった可能性があり、リスクの発見が効率的にできるようになったのかもしれない。

評価ツールとしてのウェブページの利点

開発したウェブページを用いて授業前後のコメント記入状況の変化の差異を見出すことで、有害動植物の存在、地震・津波の災害、天気急変、津波以外の海面の変動（高波、高潮、潮の満ち干）といった自然災害、崖の登攀、監視範囲外への移動、太陽に対するルーペの使用といった児童の無断行動に起因するリスクや災害について学生を評価できることが明らかになった。より丁寧な評価を行う際には、コメントの内容とそれを入力したときの閲覧画像の中心位置の整合性を確かめることで、評価できると考えられる。

課題

本授業実践で取り上げた複数の項目で効果が見られたものの、落石など（項目A）、熱中症（項目L）に関するリスクの指摘については改善が見られなかった。項目Aについ

て表3の回答状況を見ると、事前・事後調査ともにコメントしない学生と、事前調査では発見したが事後調査でコメントしない学生とが見受けられる。前者については本研究で使用したウェブページの閲覧の可用性に問題があるのか検討する必要がある。後者の学生に対しては、危急直接型危険を発見できるよう、本授業で取り上げた教材や指導法の改善が必要である。項目Lは潜在的危険（延原、2007）である。設問文で野外学習の状況設定（晴天時の活動、学習時間60分、徒歩移動往復20分）を、リスクを見出す手がかりとしなかった可能性がある。これらについても教材等の改善が必要である。

本研究のもう一つの課題は、ギガパン画像制作の機器購入費用と作業量の多さである。ギガパン画像は容易に撮影できるものではないが、より低画質ではあるものの道路沿いの画像であるならGoogle社が提供するGoogleマップのストリートビュー (<https://www.google.co.jp/maps/>)がある。下見前にストリートビューを閲覧して下見のポイントを見出しおくとともに、現地での下見後に災害リスクを振り返る際に見落としがないかどうかストリートビューを用いることが考えられる。

おわりに

本研究の実践手法を導入することで、大学生や教員向けの災害リスク、特に自然災害リスクの訓練を充実させることが大いに期待できる。本法では、リスクを野外で「肌で感じる」ことはできないものの、現地では観察しにくい崖の上部を見ることができるといった、現地での実習だけでは得がたいメリットもある。理想的なのは、本法と現地実習を組み合わせた指導法であろう。

謝 辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究（B）

課題番号 20H01749 (代表者 川村教一) による財政的援助を受けた。岡田大爾博士 (広島国際大学) には画像撮影で支援いただいた。本研究においてご協力・支援くださった関係各位に感謝する。

文 献

- Bentley, C., Schott, R. C., Piatek, J. L. and Richards, B. (2013) Innovative Uses of GigaPan Technology for Onsite and Distance Education. American Geophysical Union, Fall Meeting 2013, abstract id. ED53G-0685.
- 加藤圭司 (2018) (5) 野外活動における安全指導. 森本信也・森藤義孝 (編), 小学校理科教育法, 建帛社, 東京, 118-119.
- 川村教一 (2014) ジオサイトにおける野外実習を通じた大学生の地層学習観の変化: 男鹿半島・大瀨ジオパークにおける小学校理科指導法実習の例. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, 36, 1-9.
- 川村教一 (2019) 野外実習時のリスク管理に関する大学初年次生の認識調査結果: 安田ジオサイト露頭を例として. 秋田大学教養基礎教育研究年報, 21, 21-28.
- 小出美香 (2019) 校外学習による理科教員養成: 地学実験での野外巡検および博物館を活用した学習の導入. 崇城大学紀要, 44, 233-245.
- Lee, H., Mostegel, C., Fraundorfer, F. and Kieffer, D. S. (2019) GigaPan Image-Based 3D Reconstruction for Engineering Geological Investigation. IAEG/AEG Annual Meeting Proceedings, San Francisco, California, 2018. Springer International Publishing AG, Vol. 6. p. 207-215. <https://graz.pure.elsevier.com/en/publications/gigapan-image-based-3d-reconstruction-for-engineering-geological->
- 南 伸昌 (2009) 9-3 安全管理. 左巻健男ほか (編), 授業に活かす! 理科教育法小学校編, 東京書籍, 東京, 221-225.
- 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編. 東洋館出版社, 東京, 176p.
- 村井 浩 (1985) 日本海中部地震 (津波) 調査報告書. 秋田県・(財) 漁港漁村建設技術研究所. <http://tsunami-dl.jp/document/104>
- 延原尊美 (2007) 危険予知訓練シートの調査から読み取る大学生の危険意識の傾向: 理科 (化学・地学) の場合. 静岡大学教育実践総合センター紀要, 14, 29-38.
- Piatek, J. L., Beatty, C. L. K., Beatty, W. L., Wizevich, M. C. and Steullet, A. (2012) Developing virtual field experiences for undergraduates with high-resolution panoramas (GigaPans) at multiple scales. In Whitmeyer, S. J., Bailey, J.E., De Paor, D. G., Ornduff, T., Google Earth and Virtual Visualizations in Geoscience Education and Research, Geological Society of America Special Paper, 492, 305-313.
- 澤口 隆 (2022) Gigapan を利用した超高解像度画像の撮影・合成・表示方法に関する技術的考察. 東洋大学紀要 自然科学篇, 66, 15-32.
- 澤口 隆・川村教一・田口瑞穂 (2021) 高解像度の地質露頭画像を利用した教育用ウェブページの開発: 自然災害リスクについての大学生向け評価例. 日本科学教育学会研究会研究報告, 35(5), 1-4.
- Stimpson, I., Gertisser, R., Montenari, M. and O'Driscoll, B. (2010): Multi-scale Geological Outcrop Visualisation: Using Gigapan and Photosynth in Fieldwork-related Geology Teaching. EGU General Assembly 2010, held 2-7 May, 2010 in Vienna, Austria, p.4702.

付 記

[<https://github.com/VoidVolker/MagickSlicer>]
(2021 年 2 月 10 日閲覧) MagickSlicer

[<https://openseadragon.github.io>] (2021 年 2 月
10 日閲覧) OpenSeadragon

[https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1422067_00001.htm]
(2021 年 2 月 10 日閲覧) 文部科学省「自然災害に対する学校防災体制の強化及び実践的な防災教育の推進について（依頼）」

要 旨

筆者らは大学生を対象に、野外学習での災害リスクを認知する能力を評価するために、高解像度画像を用いたウェブページを開発した。開発したページは、学生の閲覧、コメントの入力、閲覧画像の中心位置を経時的に記録できるものである。この記録を分析することで、閲覧画像の軌跡とコメント記入状況がわかる。野外学習のリスクマネジメントに関する授業の後で、学生の災害リスク発見能力の変化をこのウェブサイトを用いて調べることができる。事前・事後調査の比較から、授業で解説した項目は、落石以外はコメント記入状況が改善した。こうして開発したウェブサイトは災害リスクの発見に関する能力の評価に適切である。

キーワード：地層，観察，GigaPan，高解像画像，災害，リスク，野外学習，大学生