

ドローンを用いた新たな野外地質実習プログラムの開発

宮口真木子（東京学芸大学附属小金井中学校）

西田尚央（東京学芸大学自然科学系）

藤本光一郎（東京学芸大学自然科学系・附属竹早中学校）

高橋 修（東京学芸大学自然科学系）

村上 潤（東京学芸大学附属小金井中学校）

宮村連理（東京学芸大学附属小金井中学校）

大西琢也（東京学芸大学附属小金井中学校）

宮崎達朗（東京学芸大学附属世田谷中学校）

金子真也（東京学芸大学附属竹早中学校）

代表者連絡先：makimiya@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】理科，地層，ICT 活用，野外実習，探究学習

1 はじめに

中学校理科第二分野では，第一学年で地層のつくりやでき方について学習する．特に，野外で実際に地層を観察したり化石を採集したりする活動を通して理解を深めることが特徴である（文部科学省，2018）．一方，野外での地層観察を実施する上ではいくつかの課題がある．例えば，野外での地層観察手法の指導や安全管理のために一定の専門性と経験が必要なことや，地層の露出状況の経年変化や天候などの影響を受けることが課題として挙げられている．また，学校の身近にそのような学習に適した場所がない場合も多い．さらに，この数年では感染対策を考慮する必要があり，校外活動の実施のハードルがより大きくなっている．

近年，さまざまな用途でドローンが活用されており，地質学研究でもその可能性が指摘されている（水野，2017）．すなわち，ドローンを用いることで，急崖や川沿いなど直接観察が不可能な場所の地層や，高所からの俯瞰により認識される河岸段丘などの地形について，高精度の静止画・動画を安全かつ自由に取得できる．このため，ドローンを活用することは，前述した野外地質実習の諸課題を解決する手段の1つになると期待される．

本プロジェクトの目的は，ドローンを用いた新たな野外地質実習プログラムを構築することである．これにより，生徒にとってより学習効果が高く，また，安全で効率的に指導できる授業モデルの開発を目指した．

2 研究方法

2.1 現地調査

本研究は，地質学発祥の地ともよばれる埼玉県秩父・長瀬地域を中心として，主に荒川流域を例に検討した．この地域では，典型的な構造を示す地層・地形が広く観察され，それらの一部は天然記念物に指定されている．また，近年ではジオパークとしても注目されていて，教育的価値が高い．本

研究では、中学校理科の教材として活用可能な素材としての地層・地形の分布位置や露出状態を把握するため、詳細な地質調査を行った。

2.2 ドローンおよび 360° カメラでの撮影

地質調査によって現状を把握した学習素材としての地層・地形を対象に、ドローンを用いて静止画と動画撮影を行った。撮影に使用したドローンは、DJI 社製 Mavic2 Pro である。最大飛行高度 120 m で、1 回の撮影可能時間は実質 15 分ほどである。ドローンの飛行にあたっては航空法を遵守し、飛行が禁止されている人口集中地区（DID）の範囲外を対象とした。また、河川流域においては河川使用届を埼玉県秩父県土整備事務所に提出するとともに、公有地および私有地においては管理者に許可申請をした。現地においては、機体が風景と同化したり、撮影者と距離が離れたりする場合は、双眼鏡も使用して機体を見失わないよう注意した。また、安全確保のため、必ず 1 人以上の撮影補助者を配置した。そのうえで、地層や地形を対象とした場合は、全体像と接近した状態を組み合わせるとともに、角度を変えて複数視点で撮影した。さらに、河原の礫を対象とした場合は、地表面からおおよそ 9 m 上空から礫を含む河床を撮影した。

ドローン画像・映像と組み合わせてより教育効果を高めるために、360° カメラを用いた自由視点画像を撮影した。撮影に使用したカメラは、GoPro 社製 GoPro Max である。長さ 1 m ほどの専用グリップを装着し、手で持ち歩きながら撮影した。

2.3 授業実践

現地で得られた画像・映像素材をもとに教材を作成し、授業実践を行った。このうち、主にドローン画像・映像を用いた実践を 3 回、360° カメラの画像を主体とした実践を 1 回行った。

(1) 附属小金井中学校 2 年生 4 クラス 139 名を対象として体育館での一斉授業として行った（2020 年 11 月 26 日）。現地での野外学習を補完する位置づけでテロップを入れた映像を用いて不整合の特徴を観察し、当時の堆積環境の変化を読み取る学習を実施した。

(2) 附属小金井中学校 2 年生 4 クラス 139 名を対象として、第二分野地層の重なりと過去の様子の発展的学習に位置づけた特別授業を行った（2021 年 5 月 24 日）。感染対策のため、4 クラス中 1 クラスのみ対面形式で行い、3 クラスは Zoom を用いて同期型遠隔形式とした。地層のつくりを読み取ることを目的として静止画、動画の順に観察を行い、その結果をワークシートに記入させて分析した。

(3) 附属国際中等教育学校 6 年生の 2 名を対象に理数探究基礎および地学基礎の発展に位置づけた探究的学習として行った（2021 年 10 月）。ドローン画像による河床礫の特徴の上流-下流変化を理解することを目的として全 5 時間扱いの構成とした。事前・事後アンケートを行うとともに、第 5 時にまとめたレポートの内容をもとに生徒の理解度を分析した。

(4) 附属小金井中学校 2 年生 4 クラス 139 名を対象として、中止となった秩父・長瀬修学旅行の現地野外学習の代替として授業実践を行った。360° カメラで撮影・編集した映像教材（VR 動画）を VR ゴーグルで視聴させ、各地点で観察できる地層の特徴、広がり等について学習した。また、事後アンケートを実施し、教材の評価と生徒の理解度を分析した（2021 年 7 月 14・16 日）。

3 結果

3.1 現地調査

地質調査は、従来、中新統や完新統の地層が広く露出することが知られている荒川沿いおよび赤平

川沿いを主な対象とした。その結果、撮影に適した場所として、(1) 荒川沿いの別所付近、(2) 荒川沿いの影森付近、(3) 赤平川沿いの奈倉付近、(4) 赤平川沿いの取方付近、(5) 赤平川沿いの犬木付近、(6) 秩父ミュージックパーク、(7) リトリートフィールド (Mahora) 稲穂山 (旧ムクゲ自然公園) を選定し、ドローンによる撮影を行った。

3.2 ドローンおよび 360° カメラでの撮影と教材開発

ドローンの撮影は次の 8 地点・テーマで行った。(1) 荒川沿いの別所付近では、右岸に露出する中新統の地層と完新統の地層による不整合を撮影した。(2) 荒川沿いの影森付近では、河川の蛇行を撮影した。(3) 赤平川沿いの奈倉付近では、右岸に露出する「ようばけ」とよばれる高さ 100 m の明瞭な層理で特徴づけられる中新統の地層を撮影した。(4) 赤平川沿いの取方付近では、右岸に露出する中新統の地層の変形構造 (スランプ構造) を撮影した。また、中新統の地層と完新統の地層による不整合を撮影した。(5) 赤平川沿いの犬木付近では、白亜系の地層と中新統の地層による不整合および断層構造を撮影した。(6) 秩父ミュージックパークでは、秩父盆地全体を北西側から俯瞰し、河岸段丘の構造や河川の蛇行を撮影した。(7) リトリートフィールド (Mahora) 稲穂山では、秩父盆地全体を北東側から俯瞰し、河岸段丘の構造や河川の蛇行を撮影した。いずれの地点においても、実際の学習場面での授業者による説明や生徒の視線を意識した映像・画像を撮影した。(8) 荒川流域に分布する河床礫の上流 - 下流変化を明らかにするために 15 地点で撮影した。

これらに加えて、360° カメラを用いた撮影も行った。(1) 上長瀬の荒川河床では、露出する結晶片岩や河床礫を撮影した。(2) 県立長瀬玉淀自然公園内では、岩畳や秩父赤壁、ポットホールを撮影した。(3) 赤平川沿いの奈倉付近の「ようばけ」では、地層が露出する崖全体に視点を置いて撮影した。(4) 秩父まつり会館内では、常設展示の笠鉾・屋台を撮影した。さらに、それらの映像を編集し、音声や文字を挿入して 3-8 分にまとめた次の 4 種類の映像教材を作成した。(i) 長瀬の河原 (学習内容: 川の流れのはたらきと周辺地形やその堆積物との関係、結晶片岩の特徴とその広がり) (ii) 岩畳 (学習内容: 結晶片岩の節理と片理構造、ポットホールの観察) (iii) ようばけ (学習内容: 地層の観察とその特徴、堆積環境の考察) (iv) 秩父まつり会館 (学習内容: 秩父夜祭の山車とその特徴)。

3.3 授業実践

(1) ドローン映像を用いた断層の特徴に関する学習。赤平川沿いの犬木の不整合の露頭を対象として、ドローン映像をもとに、異なる時代に形成された地層が不整合で接すること、不整合を切る断層等の特徴を観察させた。映像では遠景から徐々に接近するように撮影した。映像編集によって画面にテロップで問いやその解答を挿入し、地層をつくる岩石や時代などの特徴をワークシートに記入させた。地層や断層が形成された順番を整理させ、当時の環境変化についてワークシートに記入させた。ほとんどの生徒が、環境変化を順序立てて説明することができていたことから、授業のねらいである「地層の特徴から環境変化を読みとること」を達成できたと考えられる。また、現地では安全のため露頭に近づけず不整合や断層の位置を示しづらいが、地面より高い位置から全体をとらえたドローン映像では地層の構造を分かりやすく示すことができた。さらに、ドローン映像では視点を移動しながら観察対象を写すことができるので、露頭全体像や特徴をつかみやすいなど、現地学習を補う高い効果があることが確認できた。

(2) ドローン画像・映像を用いた地層の積み重なりと広がりに関する学習。赤平川沿いにみられる「ようばけ」や取方でみられる大規模な露頭を対象として、はじめに遠景と接近時の写真を提示し

て、特徴を観察した。次に、遠景から徐々に接近する動画を提示し、同様に特徴を観察した。観察結果については、それぞれワークシートに記入した。

ワークシートの記述からは、写真・動画ともに地層の縞模様の特徴をよくとらえられたことが認められた。動画でしかわからない点、例えば、遠景だと単に縞模様に見える部分が接近すると層ごとに表面に凹凸があることで縞模様として認識できることに気づくことを期待したが、そのことが読み取れる明確な記述はなかった。一方、動画にこだわらず写真だけでも一定程度観察が行えることを示すとも解釈できる。また、現地で直接確かめたいと思う内容として、地層を作る層の詳しい違いや、露頭全体のスケール感についての記述があった。したがって、地層や地形の特徴を効果的に観察できる点が確かめられたとともに、現地での直接観察に対する関心・意欲を向上できたと考えられる。

(3) ドローン画像を用いた探究的学習。はじめに、流水の三作用や河川流域に発達する地形について復習した。次に、ドローンを用いて10地点の河床で撮影された写真をもとに、礫径が大きいもの上位10個を抽出して定規でサイズを計測した。最後に、地点ごとの平均礫径を算出してグラフに表現したうえで、荒川における河床礫分布の特徴とその要因を考察した。考察した内容は最終授業でワークシートにまとめた。

生徒らは、集中した様子でドローン画像を観察し、その結果を適切に折れ線グラフで表すことができた。画像の観察では、特に平均礫径が大きい地点に注目し、その要因について生徒自身の言葉で表現しようとしていた。一方で、礫径を計測する際には、途中から作業感覚になっている様子も見られ、河床礫の大きさや形を十分に観察していないこともあった。また、平均礫径の変化を考察する場面では、生徒自身からなかなか意見が出ず、手が止まっている様子だった。

事前・事後アンケートの結果から、ドローン画像を使用した観察とデータ解析により、生徒の地質学分野への興味を引き出すことができたといえる。また、まとめのワークシートでは、授業者からの助言もふまえて、「河川（荒川は特に）は一様ではなく、地域性に富んでいると言える」と記述していた。したがって、授業のねらいである「河川の地域性に気づくこと」を達成できたと考えられる。

(4) VR映像を用いた授業実践。VR動画ならびにドローン映像を活用した各3-8分程度の映像学習教材をVRゴーグルにより視聴させた。その結果、通信環境などの影響ですべての動画を視聴できない生徒が一定数でたが、視聴できた生徒のうち、「映像だけで、または解説と合わせて聞くことでよく理解できた」を選んだ生徒は、すべての映像教材に対して75%以上を占めた。特に、「地層や結晶片岩の広がりや大きさ」という項目では高い理解度を示したことから、360度動画をVR動画で視聴することで、現地で実感できるような実物の大きさや広がりを実感を持って体験できる効果があることが分かった。

4 課題

本プロジェクトによる素材開発と授業実践により、一定の成果が得られたと考えられる。一方で、次のような課題が挙げられる。

(1) 附属小金井中では、例年行ってきた秩父・長瀬地域での宿泊を伴う野外学習（修学旅行）が令和2、3年度は実施できず、その代替授業の一部として、今回新たに開発した内容が十分な役割を果たした。ただし、小金井中は長年の指導の蓄積があり、授業者・生徒ともに比較的無理なく取り組めた側面がある。小金井中以外でも活用できるように、より一般性を高める工夫が必要と考えられる。

(2) 河床礫の特徴の上流-下流変化を考える探究的学習は、少人数クラスできめ細かい指導ができた結果である。より多人数クラスでも活用できるように、指導方法や教材に改良の余地があると考え

られる。