

ICT を活用した地学教材の開発と実践的研究

所属コース 教科領域コース

氏 名 松田晃宜

指導教員 佐野栄 向平和

【概要】

中学校理科では、実生活とのつながりを重視した学習が行われる。地球領域では身近な地域の実態に合わせて地形や地層，岩石の観察を行う必要がある。しかし，都市開発による野外観察に適した場所の減少や授業時間の確保の難しさなどの理由により，野外観察の実施率が低下している。本研究は，ICT を活用することで野外観察と同様の教育効果をもつ教材の開発を目的とする。開発した教材は，拡張現実(AR)技術及び 3D データを活用した岩石標本と Google Maps を活用した露頭マップの 2 種類である。露頭マップについては，中学校 1 年生を対象とした授業実践を行い，教材の教育効果を調べるためにアンケートを実施した。その結果として，今回開発した 2 つの教材は，教員間でのデータ共有や自宅学習での活用が可能であること，教育効果の向上，身近な地域の地質に対する興味・関心の向上などの効果が考えられた。今後も ICT の効果的な活用と実物教材の結びつきを深めるために，さらなる検討が必要である。

キーワード 地学 ICT 野外観察

1. 研究の背景

理科教育において，学習内容と実生活とのつながりは非常に大切である。その中で地球領域では，地域の実態に応じた野外観察や標本観察などの実感を伴った学習を通して，観察や実験の技能を養うとともに自然の事物・現象の見方や考え方を働かせ，資質・能力を育成することを目的としている。また中学校 1 年生理科の単元 4「大地の成り立ちと変化」では，身近な地域の実態に合わせて地形や地層，岩石などの観察の機会を設け，興味・関心を高めることが学習指導要領解説にも記されている。しかし近年の都市開発などによる野外観察に適する露頭の減少や，野外観察を行う授業時間の確保の難しさなど，様々な理由から授業内で野外観察を行う機会は少なくなってきた。また三次(2008)は，地層の野外観察を指導した経験がある教員の割合について，「実施したことが一度もない」と回答した者が，小学校で 30%程度，中学校で 50%程度，また「ほぼ実施してきた，必ず実施した」と回答した者が小学校で 30%程度，中学校で 10%程度であったことを報告している(図 1)。さらに野外観察の実施できない理由に関しては，「適当な場所や素材や場所がなかったから」という項目の割合が最も高く，2 番目に「授業時間が確保しにくいから」という項目が高い結果が見られた(表 1)。この調査の結果から，当時の野外観察の実施率が低いことが分かり，現在も状況が改善したとは考えられない。

地球領域の学習内容と身近な自然現象を結び付けることは，児童・生徒が時間的・空間的なスケールの大きさを理解するために重要である。またその中で野外観察は，大地の変

動に関して実感を伴って学ぶことができ、身近な土地を形成する構成物の違いや地層の広がり・つながりを理解するために非常に効果的であると言える。そのため、野外観察の実施率が低下している現状は、大きな課題と言える。また近年のコロナ禍による遠隔授業や自宅学習においても、充実した地学教育を施すことは困難になっている。そこで、野外観察のような大地の変動を肌で感じられる実感を伴った学習活動や教材が必要であり、ICTを活用することにより、その汎用性や教育効果を高められると考えられる。本研究では、ICTを活用し、野外観察を実施した際と同等の効果を発揮するような教材の開発とその教育効果を検討した。

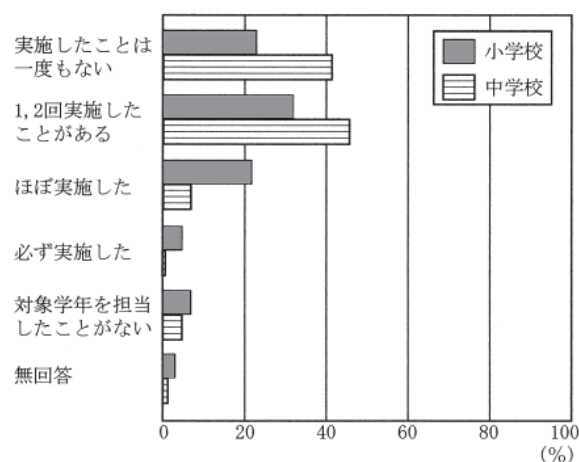


図1 教員の地層の野外観察実施経験

出典) 三次徳二(2008). 小・中学校における地層の野外観察の実態, 114(4), p. 151

表1 野外観察の実施できない理由 (複数回答可)

野外観察の実施できない理由	小学校 (%)	中学校 (%)
野外観察を行う適当な素材や場所がなかったから	85.0	75.9
野外観察を行う授業時間が確保しにくいから	34.4	56.4
交通事情などで生徒の安全が心配だから	16.9	27.8
日常の教育活動が忙しく余裕がないから	10.0	21.8
野外へ連れて行くと児童・生徒の掌握が困難だから	3.1	14.3
野外観察を行う時期の天候が悪かったから	2.5	5.3
野外観察の指導手順が分からないから	1.3	3.8
他の教員の協力を得るなどの校内体制がないから	1.3	0.8
その他	5.0	9.8
無回答	1.3	0.8

出典) 三次徳二(2008). 小・中学校における地層の野外観察の実態, 114(4), p. 153

2. 開発した教材と研究方法

本研究では、(1)拡張現実(以下 AR:Augmented Reality)技術及び3Dデータを活用した岩石標本、(2)Google Maps を活用した露頭マップの2種類の教材を開発した。(1)は教材開発後、教育効果の検討を行った。(2)は教材を用いて授業実践を行い、教育効果について調査を行った。またアンケートはGoogle Formを用いて、結果についてはExcel とKH Coderを用いて分析した。

(1) AR 技術及び 3D データを活用した岩石標本

本教材は、AR 技術を用い、岩石の 3D データを立体的に観察できる標本である(図 2)。実物の岩石標本の代用や自宅学習での活用の効果を期待し、教材を開発した。また 3D データ開発環境としては、Smart mobile Vision 製の無料アプリケーション「SCANN3D」(一部有料)、Blender Foundation 製「Blender」、Unity Technologies 製「Unity 3D」を用いた。また AR 技術を用いるためには PTC 製「Vuforia SDK」を使用し、プログラム言語は C# を用いた。教材開発の手順として、まずは AR 技術を活用するための土台のマーカとなる画像を用意する。その後「Vuforia SDK」を用いて画像を含む 2 次元マーカを開発する。次に「SCANN3D」アプリケーションを用い、対象の岩石の角度を変えた写真を約 20 枚撮影し、岩石の 3D データを開発した。その後、岩石の 3D データファイルを HTML ファイルに変換し、PC にデータを移行し、「Blender」で 3D データの余分な部分を取り除いた。最後に「Unity 3D」を用いて 2 次元マーカと岩石の 3D データを合成することで教材を作成した。この他にも岩石標本の 3D データを用いて、産業用カラー 3D プリンター(XYZ PRINTING 社製)で造形した(図 3)。この教材は実物の岩石標本がない場合の代用や観察物の構造の拡大などの効果を期待し、教材作製を試みた。

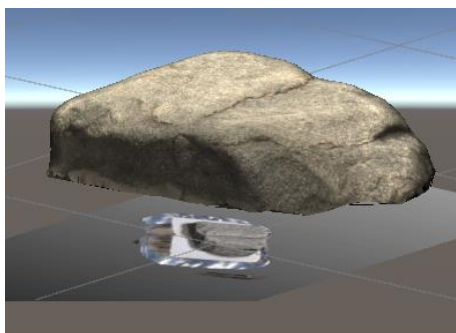


図 2 AR 技術及び 3D データを活用した
岩石標本



図 3 3D プリンターで作製した教材

(2) Google Maps を活用した露頭マップ

本教材は、Google Maps のマイマップ機能を用いて、マップの任意の場所に写真や説明文を追加した教材である(図 4)。マイマップ機能を使うことで、身近な露頭場所などの情報を追加して作成したマップを共有でき、身近な地域の地層や露頭場所の把握と観察、地層の広がりやつながりなどを理解するために役立つと考えられる。また野外観察のような実感を持たせるために、露頭の周辺の写真や拡大写真の他に 360° カメラ(RICOH 社製)で撮影した 360° 写真(図 5)が閲覧できる Web サイトの URL を追加した。本教材を用いて授業実践を行い、生徒の学習内容に対する興味・関心の変化や教材の使いやすさなどの項目に関するアンケートを作成し、教材の効果を調査した。

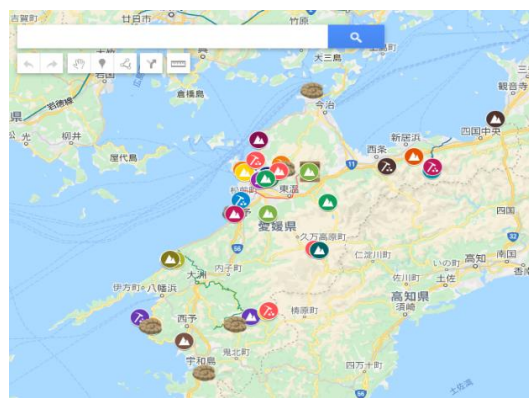


図 4 Google Maps を活用した露頭マップ



図5 露頭マップに追加した 360° 写真(愛媛県伊予市森海岸付近)

3. 授業実践について

中学校理科第1学年の単元4「大地の成り立ちと変化」の導入部である「身近な地形や地層, 岩石の観察」で授業を実践した。対象は愛媛県内の国立中学校の第1学年128名(1クラス32人)で, 授業の前後にアンケートを実施した。(授業内容に関しては, 図6に示す)。また作成したマップは, 教員が現地の露頭の拡大写真や360°写真を撮影したサイトのURLなどの情報をGoogle Mapsに追加したマップ, 生徒が宿題で集めた情報をGoogle Mapsに追加したマップの2通りの扱い方で授業に活用した。

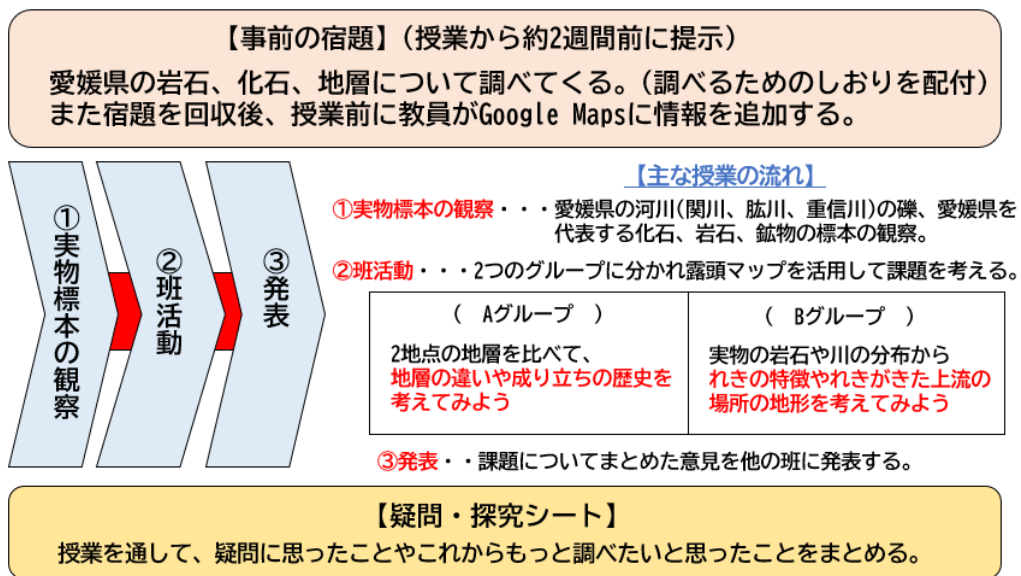


図6 授業実践に関する主な内容

本研究で作成した露頭マップは, 愛媛県内の教員が情報を集めた7地点(360°写真が閲覧できる地点は6地点), 生徒が情報を集めた43地点の合計50地点の情報をGoogle Mapsに追加することができた。また授業を受講した生徒は, 「愛媛県にも特徴的な地層や地質,

化石などがあることを知ることができた」「愛媛県にもさまざまな魅力があると思った」などの感想を記述しており、愛媛県の地質に魅力を感じ、興味を持った生徒が多く見られた。また Google Maps に関しては、「マップを使ったり実際に触ったりすることで、よりわかって楽しかった。」「Google Maps を利用してこんなに身近な場所にも地層や岩石があるのだと思った。実際の岩石を触ってみてこんなものが愛媛県で採れるのかと驚いた」などの感想があり、実物の岩石や化石と結び付けて露頭マップを使うことで、身近な地域の地質に対する興味や関心がより一層高まっている生徒が多かった。また本授業を通して、これから地球領域を学んでいく上でより探究したいと思ったことや疑問についてシート(疑問・探究シート)に自由記述で回答させた。その結果、「川の岩石は場所が変わると模様や色が違うのか」「なぜ岩石によってキラキラしたり、作られ方が異なるのか」といった岩石への疑問や探究心を持った生徒が最も多かった。化石と地層については同程度の人数の生徒がシートにまとめており、「なぜ場所によって地層の色がちがうのか」「なぜ地層ができた時代が分かるのだろう」「その時代の生物がどのようにして化石になるのか」「日本で恐竜の化石があまり見つからなかったのはなぜだろう」といったことが記述されていた。

授業後の課題としては、マップの河川礫の情報が一部しかない点や生徒が集めた情報の中で露頭場所の様子などの限られた情報しかない地点があるなど、露頭マップの情報が不足していることである。

4. 分析結果

(1) 授業前後アンケート分析結果

アンケートでは主に、①授業前後の岩石、化石、地層に関する興味・関心の割合、②Google Maps の教育的な効果、③岩石、化石、地層に関する生徒の興味・関心の平均値と宿題を調べた方法の関係性という3つの質問に対する回答を集計した。①は授業前後のアンケート、②と③は授業後のアンケートから分析を行った。アンケート回収率は授業前が87%(計111人)、授業後が88%(計113人)であった。①授業前後の岩石、化石、地層に対する興味・関心の割合についての調査は、主に4つの項目で、4件法を用いてアンケートを実施し、結果をまとめた。(図7~9)。その結果、岩石、化石、地層の3つの項目について、授業後の方が肯定的な意見の割合が高くなっていた。また化石は他の岩石、地層の分野より授業前の興味・関心の割合が高い値を示しており、授業後では、地層は岩石と同程度に肯定的な割合が向上していた。さらに事前の宿題については、地層を調査している生徒が比較的に多かった。②Google Maps の教育効果については、「Google Maps を使ってみて、この中で自分の考えに合うものがあれば選択してください」という質問で、選択項目の中から複数回答可能としてアンケートを実施し、結果をまとめた(図10)。その結果、「地層や岩石の様子や周りの環境が分かりやすい」という項目を選んだ生徒が65人で最も多く、「まるで現地に行ってみて観察しているようだった」という項目は27人で比較的少なかった。③生徒の事前の岩石、化石、地層の興味・関心の高さの平均の値と宿題の調査方法との関係性を調査した。また宿題の調査方法選択人数を円グラフ(図11)、調査別の岩石、化石、地層の3つをまとめた興味・関心の高さの平均を棒グラフ(図12)でまとめた。その結果、主にインターネットで調べた生徒が一番多く90人、次に現地調査を行っていた生徒が18人であった。また調査別に興味・関心の高さを平均した棒グラフでは、現地調査で宿題を調べた生徒の方がインターネットで調べた生徒よりも興味・関心の平均値が高いという結果となった。

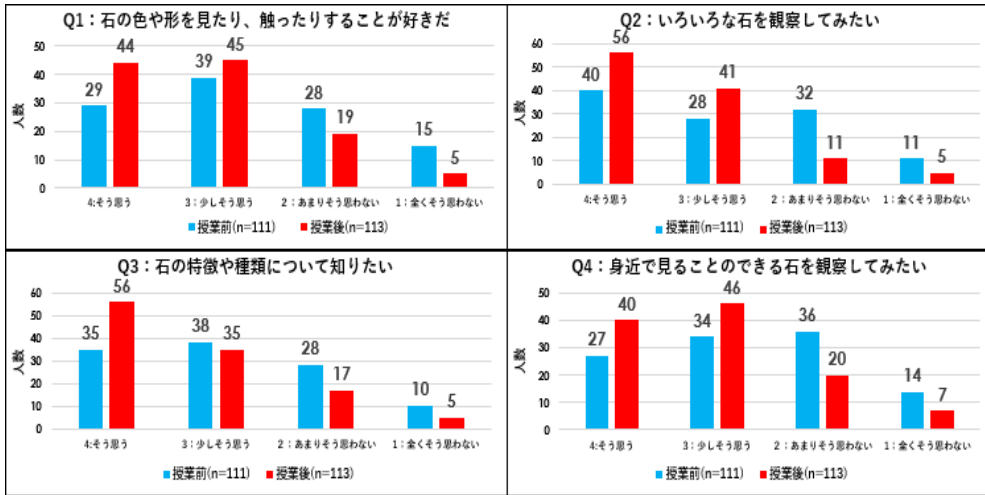


図7 授業前後の興味・関心の変化(岩石)

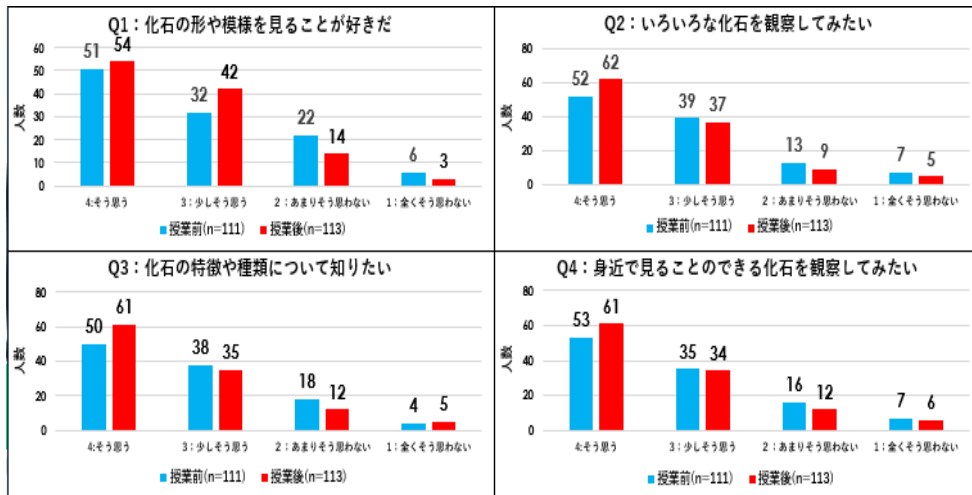


図8 授業前後の興味・関心の変化(化石)

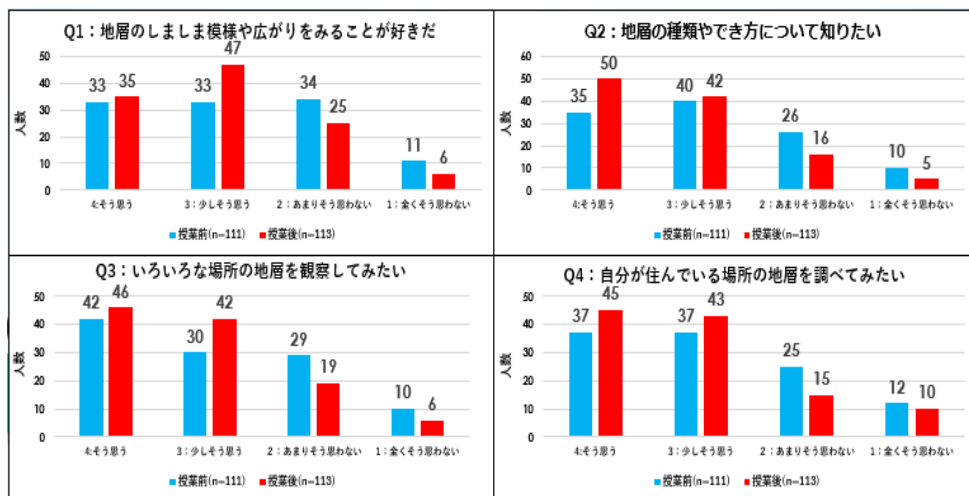


図9 授業前後の興味・関心の変化(地層)

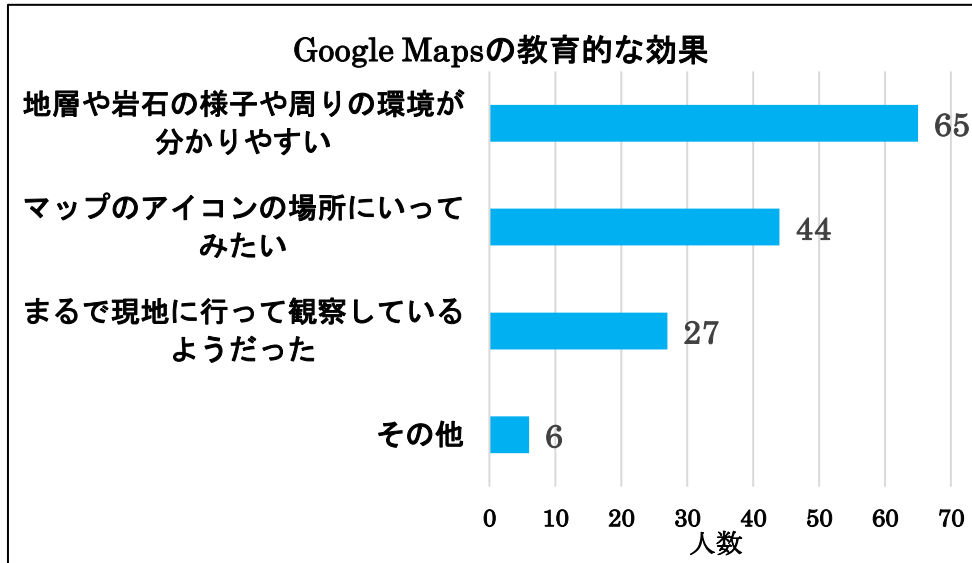


図 10 Google Maps の教育的な効果

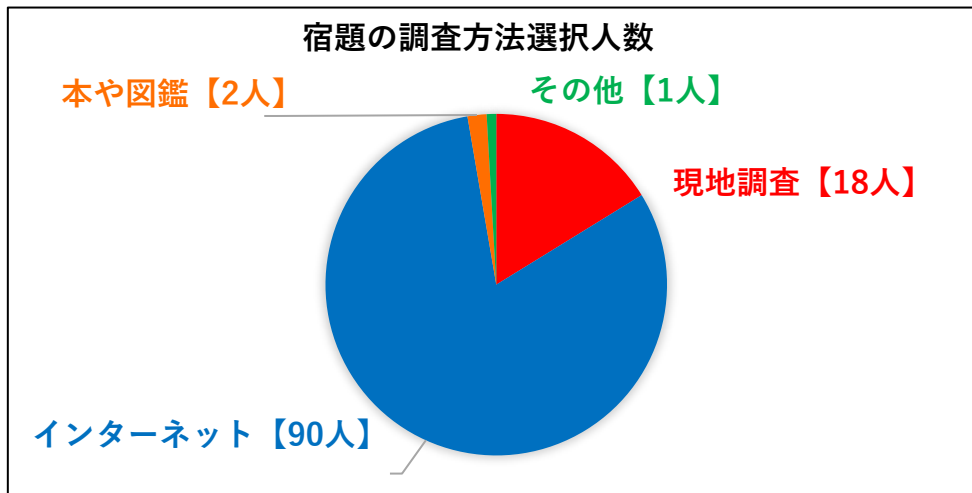


図 11 宿題の調査方法選択人数

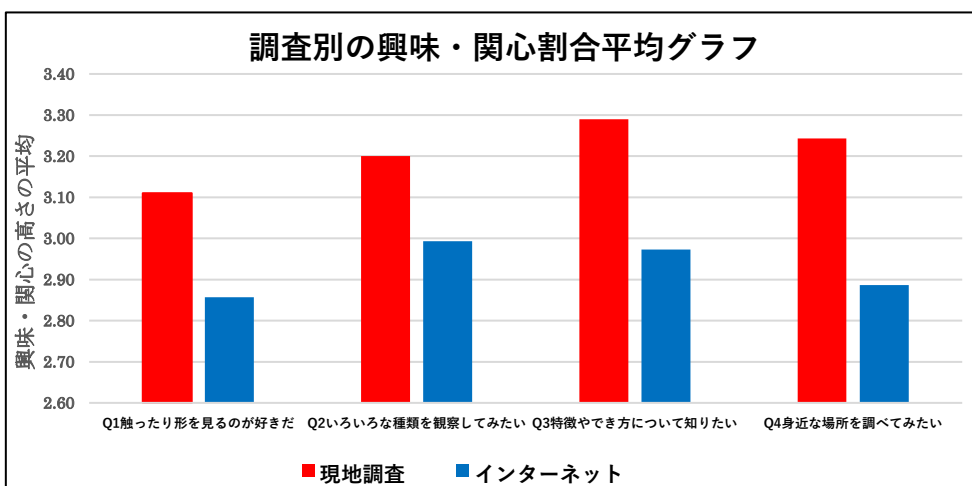


図 12 調査別の興味・関心割合の平均グラフ

(2) 疑問・探究シートの計量テキスト分析

授業後に、生徒がまとめた疑問・探究シートの自由記述データ(105件)をKH Coderを用いて分析した。分析は、語の抽出と頻出語の確認、計量テキスト分析の中の共起ネットワークの作図を行い、記述されている内容の傾向を分析した。基礎データに関しては、個人情報に配慮して同意味の語を変換処理し、総抽出語数は5529、異なり語数は607で、その中の1934(異なり語450)が分析に使用された。結果として、語の抽出と頻出語の上位30語の中には、本授業で取り扱った重要な語である「地層」、「岩石」、「化石」の3語が非常に多く頻出しており、愛媛などの語も多く頻出していた(表2)。また共起ネットワークの分析では、主に7つのグループが見られ、出現回数が多い「地層」、「岩石」、「化石」は多様な語と共起関係にあることが分かった(図13)。

表2 疑問・探究シートの自由記述における頻出語(上位30語)

順位	抽出語	出現回数	順位	抽出語	出現回数	順位	抽出語	出現回数
1	地層	97	11	違う	24	21	模様	12
2	岩石	91	12	知る	17	22	違い	10
3	化石	59	13	何故	15	23	大きい	10
4	色	52	14	種類	15	24	気	9
5	調べる	45	15	見る	14	25	混ざる	9
6	場所	41	16	特徴	13	26	採れる	9
7	思う	34	17	輝	12	27	重い	9
8	形	28	18	鉱	12	28	それぞれ	8
9	エコロジャイト	26	19	川	12	29	鉱物	8
10	愛媛	25	20	他	12	30	今回	8

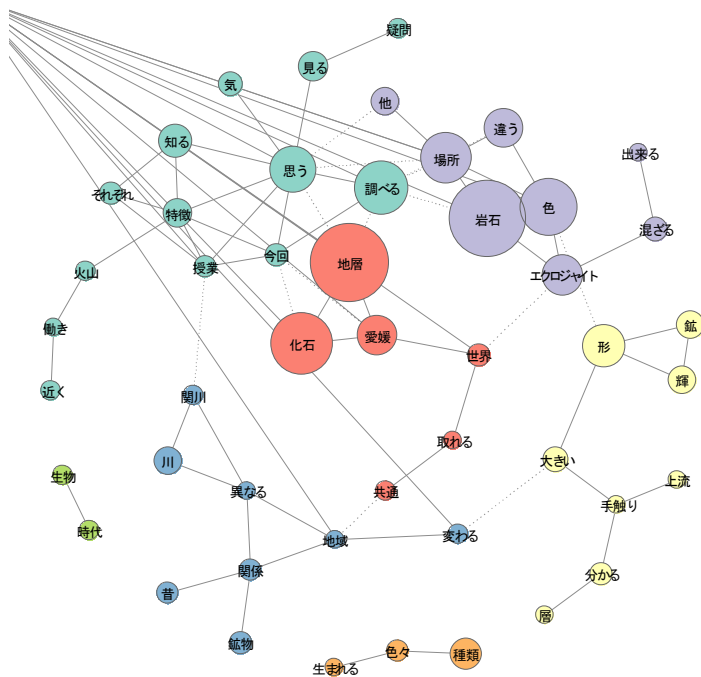


図13 疑問・探究シートの共起ネットワーク分析

5. 考察

(1) AR 技術及び 3D データを活用した岩石標本

本研究で AR 技術を活用した岩石の 3D データを構築することで、画像や写真と異なり、実物教材と同様に様々な角度からの観察を行うことができた。そのため自宅学習の場合でも、画像 1 つで立体的なデータを観察し、岩石の組織や構成鉱物の観察をすることが可能である。また地域の岩石標本とのデータの結び付けや、3D データのデータを数多く開発することで、郷土の地質の理解を深めることのできる授業などにも活用することが期待できる。

また今回開発した教材は、岩石の組織や色など特徴を把握することが比較的可能であった。その理由として、3D データを開発する際に用いた 3D データ開発アプリで合成した写真の解像度が高く反映できていたため細かな組織を観察できたことが考えられる。また岩石標本の 3D データを 3D プリンターで造形した標本は、岩石標本で重要な鉱物の色や劈開面などの再現が困難であったが、鉱物の詳細な形態の再現は比較的可能であった。そのため、微細な形態を有する化石標本の再現や微細な構造の拡大再現などで有効に扱えたと考えられる。さらに本研究で使用した 3D プリンターより多機能なものを扱うことによって、鉱物の多彩な色彩や光沢、劈開面の再現などが可能である。そのため、3D プリンターの性能によっては岩石標本の高度な再現が可能だと言える。

(2) Google Maps を活用した露頭マップ

本教材を用いた授業では、愛媛県の地質に興味を持った生徒が多かった。課題は、露頭マップの情報不足な点である。そのため露頭地点の追加や情報の整理と補填をすることで、身近な地質の分布や歴史の学習、他の地域の地質と比較するといった活動が可能になってくると考えられる。また露頭マップを教員間で共有し、地域の実態に適した露頭場所を把握することも、今後の地学教育において非常に重要である

授業前後のアンケートでは、①授業前後の岩石、化石、地層に関する興味・関心の割合、②Google Maps の教育的な効果、③岩石、化石、地層に関する生徒の興味・関心の平均値と宿題を調べた方法の関係性という 3 つの質問に対する回答を分析した。①では、授業後の方が肯定的な割合が高かったことから、授業前に比べ授業後の方が岩石、化石、地層に対する生徒の興味・関心の割合は、向上していたと言える。また本授業で実物の岩石や Google Maps を活用したことで、身近な地域の岩石や化石、地層の特徴や魅力を知ることができたことも理由として考えられる。②は結果より、現地に行った実感や任意の箇所の詳細な観察は難しいが、地層全体や周りの環境を知るのは効果的で興味を持った生徒が多かったことが考えられる。授業後の感想では、「360° 写真を使って地層が見られたのは便利だった」「Google Maps を活用することで、周りの様子はわかりやすかった」といった感想が見受けられたため、このグラフの結果は感想の内容にも反映されていると言える。また「マップのアイコンの場所にいてみたい」という項目は、44 人もの生徒が選択していたことから、身近な地域の露頭への興味を高めていると言える。③の結果からは、事前の興味・関心が高い生徒が現地調査を選択して、宿題に取り組んでいたことが分かった。また調査方法でインターネットを選択している生徒が多い理由としては、「インターネットは早く広く調べられる」「インターネットが便利だから」という意見が多かったが、宿題を調べる時期がテスト期間と同じ時期であったことも生徒が多かった理由だと考えられる。

疑問・探究シートの計量テキスト分析では、本授業で重要な語である「地層」「岩石」「化

石」の出現回数が比較的高かった。その理由としては、この3つの語について疑問を抱いたり、探究したいと考えたりした生徒が多かったことが考えられる。また「色」「場所」「形」「種類」「重い」「模様」などの語の出現頻度が高いことから、実物の岩石や露頭マップの観察をしながらこの語の内容に注目していたことが考えられる。この結果は、Google Mapsの教育的効果を示すグラフとも関係しており、生徒は場所や周りの環境を意識していたことが分かる。共起ネットワークでは、「調べる」という語に「地層」「化石」「岩石」「愛媛」の語が近く共起していることから、主に愛媛県の地質に興味を持って、調べたいと考えていることが分かった。また、「愛媛」と「世界」という語が共起していることから、本授業を通して、愛媛県の地質だけでなく、広い地域の地質に疑問や探究心を抱いていたことが考えられる。本授業で疑問・探究シートにまとめた内容を今後の授業で再び課題として考えることで、学習内容を深めることや新たな疑問を持たせることに発展させることができるであろう。

6. まとめ

本研究では、ICTを活用し、野外観察と同じように実感を伴った学びを得ることのできる教材を2種類開発し、それらの教育効果を検討した。これらは教室内でも高い教育効果を見込めるが、野外観察や実物の標本観察の必要性は、なくなる。またGIGAスクール構想における一人一台タブレット端末の保持が考えられる中、ICTを活用することで、地球領域での時間的・空間的スケールの大きさなど、生徒がイメージしづらい部分を補うことができる可能性は考えられるため、更なる教材開発が必要である。

引用・参考文献

- 樋口耕一(2020). 社会調査のための計量テキスト分析 ―内容分析の継承と発展を目指して― 第2版 ナカニシヤ出版.
- 梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛ほか(2020). 新しい科学 東京書籍株式会社 初版 2020年2月10日.
- 小松祐貴・渡邊悠也・鬼木哲人・中野博幸・久保田義彦(2013). 月の満ち欠けの理解を促すAR教材の開発と評価 日本科学教育学会, 37(4), 307-316.
- 三次徳二(2008). 小・中学校における地層の野外観察の実態, 地学雑誌, 114(4), 149-156.
- 佐伯英人・郡司浩史(2019). 「タブレットPCを用いた疑似観察」と「疑似観察の結果をもとに調べるデータ実験」理科教育学研究, 59(3), 379-391.
- 鈴木宏昭(2016). 理科教育におけるICTの活用に関する研究 日本科学教育学会研究会研究報告, 31(3), 41-44.
- 馬文鵬・伊藤陽介・林秀彦(2016). 拡張現実を用いた実験学習支援システムの構築 日本産業技術教育学会, 56(4), 109-117.

謝辞

本研究を進めるに当たり、アンケート調査に協力いただいた実践校の生徒の皆さん、また授業実践に多くの御指導をいただいた山根典之先生、真木大輔先生、沖野俊也先生に御礼申し上げます。