

優秀賞

【理科】

中学校理科における気象現象の理解を深めるARの積極的活用

和歌山大学教育学部附属中学校

やの みつ ひろ
矢野 充博



1 | はじめに

1.1 ARとはどのようなものか

ARの正式名称は、Augmented Reality（拡張現実）という。現実空間にはないものを、まるでそこにいるかのように表現する技術である。例えば、世間で一般的に使われているものとしては、QRコードがある。白黒模様の正方形をスマホのカメラで読み込むと、あらかじめ用意されたWebページに簡単に接続できる。他の例としては、ゲームでの活用がある。代表例は、ポケモンGOのように、自分の目の前の景色の中にモンスターを呼び出すことができる。このような技術を授業でうまく活用できないかと考えた。はじめは筆者が作成したARコンテンツを生徒が学習に利用して、慣れてきた頃に生徒自身が作成するように計画した。

1.2 これまでの筆者の取り組み

本実践の直前におこなった中学2年理科の物理分野「電流とその利用」の取り組みを一部紹介する。この単元は、出てくる理科用語が多く、生徒にとって概念の理解も難しいところの1つである。そのため、できるだけ実験を多くして自分の目で観察して、じっくりと考えたのちに、他の生徒に説明し合い協働的に学べるようにした。その際ARを活用した。

例えばある授業では、エナメル線と電池、磁

石を使って1人1つのクリップモーターを作成して、回転する方向が決まっていることや回り続けることができるなどを体験した（図1）。このモーターの動きについて、ロイロノート・スクール（以下、ロイロノートと呼ぶ）で整理したもの（図2）やARコンテンツを使って、ペアで説明し合った（図3）。



図1 クリップモーター

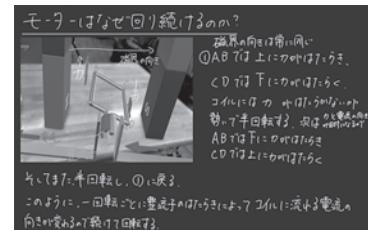


図2 生徒の成果物



図3 説明している場面

ARコンテンツは1人1台のタブレット端末の活用によって、自分で視点を変えたり、大きさを変えたりできるので、じっくりと思考をすることができ、説明するときのツールとしても活用できる。このときに用いたARコンテンツは、筆者がiPadアプリ「Reality Composer」を使って自作したもので、電流が流れると、モーターが回転し続けるというものである。

思考したり説明したりするときに使ったロイロノートは、iPad等のタブレット端末を用いて、文字や図を自由に書き込むことができ、ネット回線を通じて簡単に教室内で情報共有ができる授業支援アプリである。

授業中に実験方法を確認したり、授業後に実験結果やARコンテンツの作り方をいつでも振り返ったりできるように、YouTubeにムービーを全てアップして活用している。

1.3 気象の単元における2つの課題

本実践は、2020年度の中學2年理科の地学分野「気象とその変化」の単元である。

まずは、単元の特徴を調べるために、気象と電

流の単元において、生徒実験と演示実験を表1のように整理した。気象の単元は、電流に比べて生徒実験がとても少ないことがわかる。気象現象は時間的にも空間的にもスケールが大きいため、理科室でおこなえるモデル実験をするか、ビデオ教材や教科書、資料集の写真を見て、内容を理解する授業が展開されることが多い。また、気流の動きなどを平面的な図を見て、それを立体的に正しくとらえるためには、空間認識能力を鍛える必要がある。

これらを踏まえて考えると、本単元には以下のようない2つの課題がある。

- (1)気象現象は時間的・空間的にスケールが大きいので、授業時間内に生徒が実験・観察できるものがあまりなく、簡単な現象を確かめるモデル実験に限られる。
- (2)平面的な図や写真を見て、気象現象の動きを空間的にとらえて、内容を理解することに難しさがある。

表1 気象と電流の単元における生徒実験と演示実験の比較（筆者の授業をもとに作成）

| 気象とその変化（全31時間） | | 電流とその利用（全27時間） | |
|---|--|--|--|
| 生徒実験 4個 | 演示実験 6個 | 生徒実験 13個 | 演示実験 3個 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 気温・湿度・気圧測定 ● 水蒸気量の測定 ● 露点の測定 ● 雲をつくる | <ul style="list-style-type: none"> ○圧力を感じる ○雪をつくる ○コリオリ力の働き ○水槽で前線を見る ○装置で冬の筋雲観察 ○竜巻を発生させる | <ul style="list-style-type: none"> ●電流と電圧の測定 ●電流と電圧の関係 ●ブラックボックス ●発熱量の測定 ●静電気の実験 ●電力と明るさの関係 ●放射線の観察 ●磁石がつくる磁界 ●電流がつくる磁界 ●U字磁石の動き ●リニアモーター ●クリップモーター ●発電の仕組み | <ul style="list-style-type: none"> ○真空放電と電子線 ○スピーカーの仕組み ○直流と交流の違い |

2 | 研究の目的

中学理科の「気象とその変化」の単元でARを活用した授業を取り入れることにより、気象現象のうち、特に空間的な動きがとらえやすくなっているのかを、定期テストの過去の正答率との比較や生徒アンケートによって検証し、ARを活用することの学習効果を明らかにすることを目的とする。

3 | 研究の方法

3.1 授業の実践

これまでARを活用して理科の授業をした経験をもとに、ARを活用する場面を表2のように5つに分けた。これらの活用場面を意識して授業をおこない、授業の様子を記録する。

表2 ARの5つの活用場面

| |
|--|
| 活用場面A :【スケール】時間的・空間的にスケールが大きいものを観察する場面 |
| 活用場面B :【繰り返し】繰り返し観察して思考を深める場面 |
| 活用場面C :【視点】視点を変えながら空間的に現象を把握する場面 |
| 活用場面D :【可視化】目には見えないものを可視化して理解する場面 |
| 活用場面E :【動き】どのように動いているのかを観察する場面 |

上表の記号は、後述の授業事例の説明で使用する。

3.2 定期テストの正答率の比較

研究をおこなった2020年度も含めて、これまでおこなった4年度分(2007, 2011, 2014, 2020)の定期テストの気象現象に関する問題の正答率を比較して、ARの活用が学習内容の理解にどの程度影響を及ぼしているのかを検証する。

3.3 生徒アンケートによる調査

単元終了後に生徒アンケートを実施して、ARコンテンツの作りやすさやARが学習内容の理解にどの程度役立ったと考えているのかを調査する。

4 | 結果と考察

4.1 気象の単元の学習をどのように進めたのか

単元をどのように進めたのかについて、授業名、授業内容、実験(演示も含む)の有無、ARの活用場面、YouTubeムービーの活用の有無を表3(次ページ)に整理した。

4.2 ARを活用した授業の事例

授業でどのようにARを活用したのかを、気象の単元が終了後に実施した振り返りアンケートの結果も併せて解説する。なお、各表題にある活用場面は、表2を参照のこと。

4.2.1 AR 地球儀(2020.12.10) 授業名「空はどこまでつづくのか」〈活用場面 A C〉

気象の単元のはじまりの授業である。地表からどこまでが空で、どれくらいの高度から宇宙になるのかの話をした。

その後、AR地球儀を生徒1人1人のiPadに配付した。生徒のiPadの画面を通して、目の前に直径1mの地球が現れる。ペアの生徒がAR地球儀の表面に小指を立て、その様子をカメラで撮影した(図4)。小指の厚みが空の高さである。撮影した写真をロイロノートに提出させて意見交流した。また、YouTubeのVRでオーロラも観察して、気象の学習への期待感も高めた。



図4 AR地球儀の活用

生徒アンケートによると、AR地球儀は、82.1%の生徒が学習の理解に役立ったと答えている(図5)。感想からは、「空が意外と薄いのにびっくりした」「地球には水が多いことを再確認した」があった。

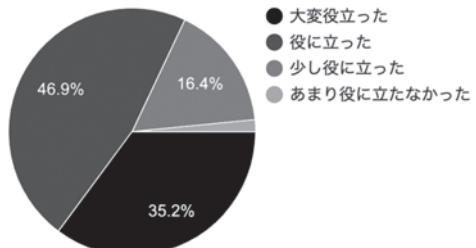


図5 AR地球儀は学習内容の理解に役立ったか

表3 単元構成表(全31時間) ※ARを活用した授業は太字網掛け

| No. | 日付 | 授業名 | 内 容 | 実験 | 活用場面 | YouTube |
|-----|-------|--------------|--------------------------|----|-------|---------|
| 1 | 12.10 | 空はどこまでつづくのか | AR地球儀を使って、空の厚さを体感する | | A C | |
| 2 | 12.11 | 気象要素の測定 | 校内の気温・湿度・気圧を測定する | ○ | | ○ |
| 3 | 12.14 | 気象要素の表し方 | 天気記号、雨量などの表し方を学ぶ | ○ | | ○ |
| 4 | 12.16 | 大気圧はどれくらいか | マグデブルク半球や長いホースで実験 | ○ | | ○ |
| 5 | 12.22 | 風船はなぜ膨らむのか | 真空ポンプを使った実験を見て考察する | | | ○ |
| 6 | 12.23 | ARで雪を降らせよう | 描いた雪の結晶をAR雪国で降らせる | | C E | ○ |
| 7 | 1.6 | 三角フラスコと風船 | 見本と同じものをグループで再現・提出 | ○ | | ○ |
| 8 | 1.12 | 三角フラスコの謎を解く | 前回の実験を考察してペアで説明し合う | | | |
| 9 | 1.13 | 空気中の水蒸気量の測定 | シリカゲルチューブを使って集める | ○ | | ○ |
| 10 | 1.14 | 空気中の水蒸気量の測定 | 露点を測定して、水蒸気量を算出する | ○ | | ○ |
| 11 | 1.15 | 湿度の求め方 | 気温と飽和水蒸気量から湿度を求める | | | ○ |
| 12 | 1.18 | 雲を目の前で見る | 丸底フラスコと注射器で雲を再現 | ○ | | ○ |
| 13 | 1.20 | 雨はなぜ降るのか | 3つの実験ムービーを見てジグソー学習 | | | ○ |
| 14 | 1.21 | 雪が降る仕組み | 人工雪をつくり、中谷ダイヤグラムの話 | ○ | | ○ |
| 15 | 1.25 | 等圧線の読み方 | 等圧線がもっている意味を学ぶ | | | |
| 16 | 1.26 | AR気圧配置をつくる | 平面図をAR気圧配置で立体的にとらえる | | B C D | ○ |
| 17 | 1.27 | 風が吹く仕組み | 気圧の差によって風が吹くことを学ぶ | | | ○ |
| 18 | 1.28 | 風が吹く向き | コリオリ力と風が吹く向きの関係を学ぶ | | | ○ |
| 19 | 2.1 | 高気圧と低気圧の風向 | AR高気圧と低気圧で風向について学ぶ | | B C E | ○ |
| 20 | 2.2 | 気団と天気 | 日本周辺の4気団の特徴を学ぶ | | | |
| 21 | 2.5 | 前線と天気 | 前線ができる理由か実験ムービーで学ぶ | | | ○ |
| 22 | 2.8 | 前線通過と気温等の変化 | データの読み取りと、雲の変化を学ぶ | | | |
| 23 | 2.10 | AR前線と雲をつくる | 写真を組み合わせたAR前線と雲を作成 | | A E | ○ |
| 24 | 2.15 | 冬の天気と春の天気 | 冬の筋状の雲の観察等で特徴を学ぶ | | | ○ |
| 25 | 2.16 | 梅雨の天気 | Google Earthで梅雨ができる理由を学ぶ | | | |
| 26 | 2.17 | 夏の天気と秋の天気 | 特徴的な気圧配置や気象観測機器の話 | | | |
| 27 | 2.19 | 気象画像を深く学ぶ | 気象画像の比較で平面を立体的にとらえる | | | |
| 28 | 3.1 | パタパタ紙飛行機 | 紙飛行機の製作で翼の気流を体験する | ○ | | ○ |
| 29 | 3.2 | マーブリングでカルマン渦 | 渦をスローモーション撮影して楽しむ | | | ○ |
| 30 | 3.10 | 天気図を書く | ラジオ気象通報を聞いて天気図を書く | | | |
| 31 | 3.16 | 竜巻と台風 | ミニ竜巻を観察して、AR台風をつくる | ○ | A E | ○ |

4.2.2 AR 雪国 (2020.12.23) 授業名「ARで雪を降らせよう」〈活用場面 C E〉

アメリカの写真家ベントレーが撮影した雪の結晶の写真を紹介して、さまざまな結晶の形があることを学んだ。写真を参考しながら、iPadアプリ「Keynote」を使って、雪の結晶の図形を書いた。その図形をReality Composerに取り込んで、空の上から雪が降ってくるコンテンツを作成した(図6)。撮影した写真をロイロノートに提出させて意見交流した。

この授業を通して、アニメーションを付けて動くARのコンテンツを制作するスキルを高めた。生徒アンケートの感想には、「自分で描いた雪が降ってきたり、雪だるまを自由に作ったりできて楽しかった」があった。



図6 生徒作成のAR雪国

4.2.3 AR 気圧配置 (2021.1.26) 授業名「AR 気圧配置をつくる」〈活用場面 B C D〉

高気圧と低気圧の位置や気圧の差によって、風向や速さが変わる。それを学習するための材料として一般的には、教科書や新聞、Webに掲載されている天気図を用いる。しかし、これらは平面的であるために、気圧の数値や等圧線の線の向きを正しく読み取ったとしても、どのような風が吹くかイメージしにくい。そこで、等圧線を立体的に観察して、高さや傾斜の様子から風向や速さを把握しやすいようにARを活用した。

配布した図の等圧線を等高線の要領でKeynoteを使ってトレースして、気圧ごとに8枚の図を色塗りしてパーツを作成した(図7)。それらの図をReality Composerで組み立てて、AR気圧

配置を作った。高気圧は山、低気圧は谷で表現している。

iPadの画面を通して、教室の机上にARを出現させて、高気圧の膨らみや低気圧のへこみを観察した(図8)。その様子を撮影してロイロノートに提出して(図9)、意見交流した。

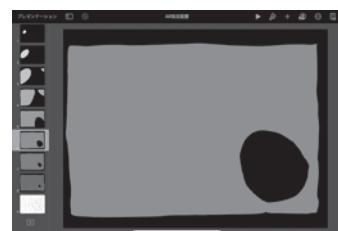


図7 Keynoteの画面



図8 ARで学習している



図9 生徒の作品一覧

生徒アンケートによると、AR気圧配置は、46.1%の生徒が作るのが難しいと答えていたものの(図10)、96.1%の生徒は学習の理解に役立ったと答えている(図11)。生徒アンケートの感想には「教科書の図だとわからないことが、ARで立体的になって凹凸が見えて、近づいて観察できるから理解しやすい」があった。

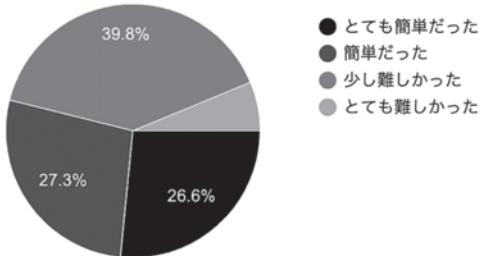


図10 AR気圧配置をつくるのは簡単だったか

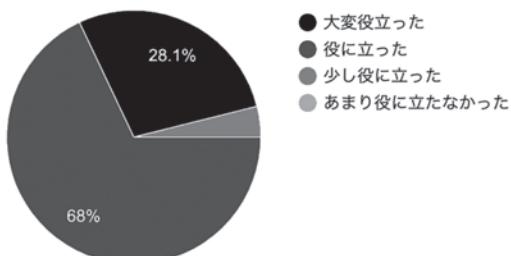


図11 AR気圧配置は学習の理解に役立ったか

4.2.4 AR 高気圧と低気圧 (2021.2.1) 授業名

「高気圧と低気圧の風向」<活用場面B C E>

高気圧と低気圧の周辺での風の吹き方については、定期テストや入試でもよく出題される。それは、コリオリ力の働きや風が生じる原因について、よく理解していないと解けないとある。風の動きを手の動きで再現して学んだあと、ARコンテンツを制作した。

このコンテンツは、オブジェクトを置くだけではなく、渦を巻きながら上昇や下降するアニメーションを付け加えたもので難易度が高く、作るのが難しかったと51.6%の生徒が答えていた(図12)。制作したコンテンツは、小さな「机の上のミニチュア写真(図13)」か、大きな「中庭でのギガントイック写真(図14)」のうちどちらかを選択させて撮影してロイロノートへ提出させた(図15)。生徒アンケートによると、96.9%の生徒が学習の理解に役立ったと答えている(図16)。単元中に制作したARの中で最も高い割合だった。感想には、「自分でパーツを作って組み合わせていくことで、そのものの形や動きについて学べるし、実際に自分が中に入ることもできて体験すること

でわかるようになった」があった。

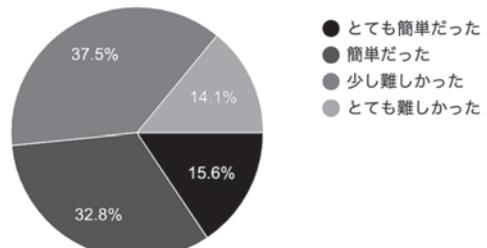


図12 AR高気圧と低気圧をつくるのは簡単だったか



図13 ミニチュア写真



図14 ギガントイック写真



図15 生徒の作品一覧

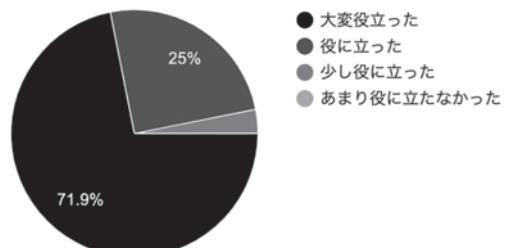


図16 AR高気圧と低気圧は学習の理解に役立ったか

4.2.5 AR 前線と雲 (2021.2.10) 授業名「AR 前線と雲をつくる」〈活用場面 A E〉

前線が通過する前後で雲の様子や雨の降り方が大きく変わる。そのため、雲の種類が見分けられると、いつごろどれくらいの雨が降るのかがある程度推定できる。生徒にはそのような目を鍛えてもらいたいと考えている。そこで、雲を見分ける目を鍛えるためと、天気図と雲の関連性を考察させるために、気象の単元が始まる12月2日から2か月間、毎回の授業で空の写真を撮り(図17)、気象のWebページのその時間の天気図とともにロイロノートへ雲の種類ごとに整理して保存させ続けてきた(図18)。この取り組みを続けてきた結果、10種類の雲をある程度見分けられるようになった生徒もいた。生徒自身が撮影した雲の写真もAR前線の中に取り込んで、オリジナルのARコンテンツを作成した。

これまでの授業では、ARコンテンツはKeynoteと Reality Composer を使って、生徒がはじめからアニメーションまで付けるといった工程が少し複雑で時間がかかった。

そこで、今回のAR制作に関しては、筆者が事前に作成した3つのパートを用意しておき、それらを単純に組み合わせて、動きを付けるだけにした。そのため、71.1%の生徒が簡単に作ることができたと答えている(図19)。これらのパートは、VR端末のOculus Quest 2アプリ「Gravity Sketch」を使って作成して、Googleサイトに掲載していて、授業中にダウンロードさせた(図20)。iPadの機能のAirDropでもコンテンツを配布することができるが、授業後にいつでも再度制作できるよ



図17 雲の写真を毎回撮影



図18 撮影した写真を種類で分類したもの

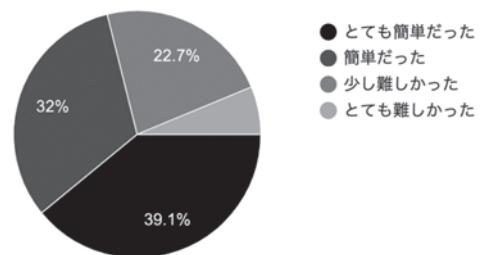


図19 AR前線と雲をつくるのは簡単だったか



図20 ダウンロードするための専用サイト

うにダウンロードできるサイトを作成した。

日本地図の和歌山の位置に消しゴムなどを置いて、ARで前線が移動しながら雲の種類が変わる様子や雨が降る様子を観察した(図21)。「机の上のミニチュア写真(図22)」か「中庭に出てギガントイック写真(図23)」のどちらかを撮影して、ロイロノートに提出させた。生徒アンケートによれば、89.8%が学習の役に立ったと答えている(図24)。感想には、「今まで自分が撮ってきた写真をARに使うことができて楽しかったし、前線が移動してどんな風に雨が降っているのかも見られて良かった」と答えていた。



図21 AR前線と雲で動きを観察



図22 ミニチュア写真



図23 ギガントイック写真

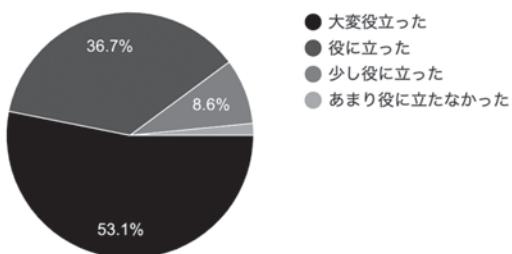


図24 AR前線と雲は学習の理解に役立ったか

4.2.6 AR 台風 (2021.3.16) 授業名「竜巻と台風」

授業のはじめに加湿器を利用した自作の竜巻発生装置で竜巻ができる様子を観察して、竜巻

の発生する仕組みを学んだ。

台風は、赤道よりやや北の地域で、偏西風と北東貿易風の間で、空気がまるで駒のよう回転しながら生まれる。はじめは北西に進んでいた熱帯低気圧は海からの潜熱のエネルギーを得て台風へと成長する。夏であれば、日本の南にできている太平洋高気圧の縁に沿って、回るよう台風が北上して、やがて勢力が衰えていき、温帯低気圧に変わり消滅する。このような台風の一生の様子を、ARを使って再現するコンテンツを生徒が作成した(図25)。この授業も、前回と同じくWebからパーツをダウンロードして、組み立ててアニメーションを付ける簡易的な方法でおこなった。そのため、60.2%の生徒は作るのが簡単だったと答え(図26)、90.7%の生徒が学習の役に立ったと答えている(図27)。感想には「教科書などの写真は静止画なので、回っている方向や進路方向などは矢印で示されており、頭の中で想像するのが精一杯だけど、ARは目の前で見えるし、拡大すると本当に目の前で雨も降ってきて台風が起きているように見えるので理解しやすい」と答えている。



図25 ミニチュア写真

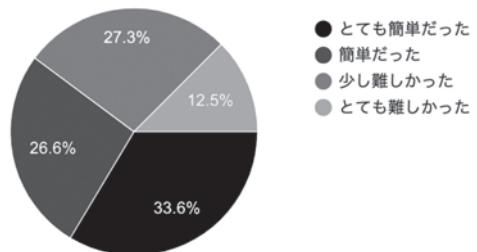


図26 AR台風をつくるのは簡単だったか

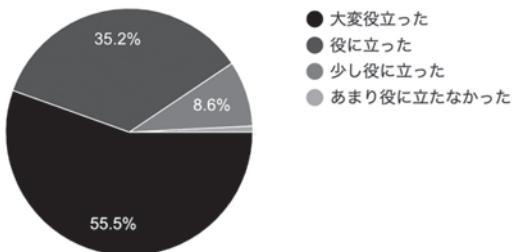


図27 AR台風は学習の理解に役立ったか

4.3 学習内容の理解度の変化

本校生徒の過去4年度分の定期テストの類似問題の正答率を比較して表4にまとめた。ARを活用したのは2020年度である。どの問題も年度によらず正答率が比較的高く、大きな変化が認められなかった。ただし、前線の通過後の天気を答える問題に関しては、2020年度のほとんどの生徒が正解していた。これは、ARの制作によって、前線の移動に伴って、雲の様子や雨の降り方が変わっていく様子を体験的に学べたことで印象付けられたと考えられる。

また、正答率は低いものの気圧配置の図を見て風向を答える問題に関しては、前年までと比べるとやや正答率が高くなった。AR気圧配置で、平面的な等圧線を立体的にとらえることができたため、どちらに向かって風が吹くかをおおよそ理解できたのだと考えられる。

4.4 生徒の意識調査の結果

単元全般を通して、ARを使う学習は、96.8%

の生徒にとって楽しいと感じていて(図28)、96.1%が深く学ぶことに役立っていると答えている(図29)。そう答えた理由を表5にまとめた。視点を変えたり大きさを自分で調節したり、さらには、平面図では見えなかった立体的な動きを観察できることが、ARの活用の利点であることが生徒の感想からも読み取れる。また、単元終了後は、67.4%の生徒が雲を自然と見るようにになったと答えている(図30)。ARというコンピュータでの表現にだけ興味を持つのではなく、毎回の授業で空の写真を撮影させていたことで、実際の自然現象にも関心を示した結果だと考える。

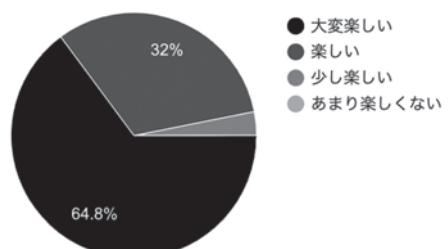


図28 ARを使う学習は楽しいか

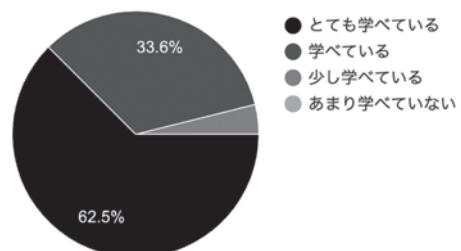


図29 ARを使うことで深く学べているか

表4 過去4年度分の定期テストの正答率の比較 下段の数値が正答率(%)

| 前線の通過後の天気を答える問題 | | | | 気圧配置の図を見て風向を答える問題 | | | | 上昇気流(下降気流)と天気の関係を答える問題 | | | |
|-------------------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------------------------|------|------|------|
| 関連: AR前線と雲 | | | | 関連: AR気圧配置 | | | | 関連: AR高気圧と低気圧 | | | |
| 2007 | 2011 | 2014 | 2020 | 2007 | 2011 | 2014 | 2020 | 2007 | 2011 | 2014 | 2020 |
| 81% | 62% | — | 98% | 26% | 19% | — | 45% | 95% | 92% | — | 87% |
| 雲や雨の様子から前線名を答える問題 | | | | 気圧配置を見てどちらが低気圧かを答える問題 | | | | 低気圧(高気圧)周辺の風や気流を答える問題 | | | |
| 関連: AR前線と雲 | | | | 関連: AR気圧配置 | | | | 関連: AR高気圧と低気圧 | | | |
| — | 83% | — | 86% | 96% | 94% | 99% | 92% | 74% | 86% | 72% | 76% |

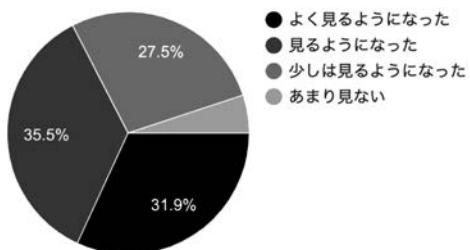


図30 雲を見るようになったか

表5 深く学べていると考えた理由
(生徒アンケートから一部抜粋)

- ・細かな構造をいろんな視点から観察できる。
- ・実際にどれくらいの大きさなのかがわかる。
- ・文字や絵だけでは理解できないものでも、実際に見ることで動きや仕組みがわかる。
- ・教科書を見ているだけではあまり頭に入っこないが、自分で作ると印象に残る。
- ・規模が大きすぎて実際に体験することができないものをARで作り、小さくして体験することで理解を深めることができる。
- ・目の前で動いているものを見られるので、雲の名前や気流の動きが頭に残りやすい。

6 | 最後に

生徒たちのARコンテンツをつくるスキルが高まることで、理科以外にも活用を始めた。体育大会のダンスを下級生に教えるときのムービーやSDGsに関してオリジナルのカバンの制作イメージをARで表現する生徒も現れた。このような状況を嬉しく思う。

今回実践で紹介したARでの活用イメージは、こちらからご覧いただけます。

Yanoteaチャンネル

<https://www.youtube.com/c/yanotea>

5 | まとめ

ARを活用した学習は、図や写真では理解するのが難しい空間的な構造や動きをとらえることには役立ち、自然現象の深い理解につながることがわかった。特に、ARの活用場面に関しては、「空間的な動き」を理解する場面で非常に効果的である。

また、ARコンテンツを生徒に作成させる場合は、事前に用意した制作パーツを配付して組み立てて動きを付ける方法が好まれる。制作の難易度が下がり、ARコンテンツでしっかりと観察して、課題に向き合う時間が増えるために、内容の理解に集中できるからである。