

理解を促進するための画像データの活用

—デジタルとアナログの融合による「事物・事象」へのアプローチⅡ—

平島 和雄・山崎 晃平

Using image data to advance understanding

-An ApproachⅡ to "Things and Phenomena" through the Fusion of Digital and Analog-

Kazuo HIRASHIMA, Kohei YAMAZAKI

教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要

第6号 (2024年1月)

Journal of Educational Research
Center for Educational Career Enhancement

No.6 (January 2024)

理解を促進するための画像データの活用

—デジタルとアナログの融合による「事物・事象」へのアプローチⅡ—

平島 和雄 ・ 山崎 晃平

(京都教育大学附属京都小中学校)

Using image data to advance understanding

—An Approach II to "Things and Phenomena" through the Fusion of Digital and Analog—

Kazuo HIRASHIMA ・ Kohei YAMAZAKI

2023年8月31日受理

抄録：理科学習の効果を高めるためには、実際の事物・現象を用意することが重要である。しかし、天体は、実際に現象を見ることが難しく、月の満ち欠けに関する理解が難しいという報告が多数みられる。このような教室に持ち込むことが難しい事物・現象も、容易に持ち込める機器として360度カメラが挙げられる。これは、全方向の映像を撮影でき、VR教材としてリアルな体験を提供することができる。実際にVR教材を用いた学習者の理解を助ける取り組みが行われており、本研究でも、小学校6年生を対象に、360度カメラで撮影した画像データを用いて「月の満ち欠け」の理解を促す授業を開発し実践した。その結果、地球の自転という誤概念が出現したものの、実験準備の困難さなど様々な問題点を解消できた他、子どもたちが根拠を持って思考する姿が確認されるなど様々な成果が得られた。

キーワード：イメージ化、360度カメラ、月の満ち欠け、デジタルとアナログの融合、学びの必然性

I. はじめに

Society5.0に向けて端末が整備され、児童にとってPC端末は鉛筆やノートなどの文房具と同じくらい必要不可欠なものとなってきた。GIGAスクール構想による1人1台端末の環境も、今の時代、特別なことではなくなりつつある。このようにICT機器が整備されても、以前の教育実践が大きな財産であることには変わりはない。ここで肝要なのは、よりよい学びのために、これまでの実践と日々進歩するICT機器とをどう融合していくか考え、実践していくことではないだろうか。中央教育審議会(2021)も「一斉授業か個別学習か、履修主義か修得主義か、デジタルかアナログか、遠隔・オンラインか対面・オフラインかといった、いわゆる『二項対立』の陥穽に陥ることのないように留意」する必要性について言及しており、ICT活用だけでなく発達段階や学習内容、学習場面等も考慮して、それらを用いた実践を適切に組み合わせることで、児童の学びの質が向上していくことが推察される。

ここで、文部科学省のICT活用に関する参考資料の一つ「小学校 理科におけるICT活用」(2020)では、学習者用端末の活用の視点として『1 情報の宝庫』『2 客観的な観察者』『3 学びの履歴』『4 自然を見つめる視点』『5 全国の子供を繋ぐ』という5つが挙げられ、その活用例が示されている。また、浅井ら(2012)は、鉛筆やノートのようにICT機器を活用する姿、情報やメディアを選択し活用する姿を目指した研究やその実践例も紹介されている。このように、教育現場においてICTのさらなる活用が求められている。

以上の現状を受け、児童の学びを促進するため、デジタルかアナログかなどの二項対立ではなく、それぞれの特性のよさを生かし、児童のニーズに合わせた道具としてのICT機器を活用する必要性が感じられる。そこで本研究では、ICT活用として、特に画像データの活用に焦点をあて、そのよさを生かせる学習内容を選定し、それらを用いた授業を開発し、実践する。

Ⅱ. 授業構想

1. 問題背景および目的

学びを促進するためには、学習者が、自分ごととして「事物・現象」に向き合い、必要性を感じたり必然性のある問いをもったりすることが重要であると考えている。特に理科学習では、事物・現象を目の前にして授業を行うことにより、学びの質が高まることは明らかである。

しかし、天体の学習においては、時間的・空間的な理由から目の前に再現できない現象を多く扱うため、授業において学習者がイメージを持ちにくく、どうしても教員による説明中心の授業が展開されてしまいやすいという現状がある。

大学生を対象に行われた複数の研究でも、月の満ち欠けの理解は困難を伴う課題であることが示されている。例えば、伊藤ら(2007)が行った調査では、月の満ち欠けの仕組みを満足に説明できる学生はわずか10%未満であり、「月、地球、太陽の位置関係」を把握できる学生はそのうちの40%に過ぎなかった。同様に、木下(2012)も、三日月が観察できる理由を適切に説明できる学生は23.5%にすぎず、柚木(2014)も月の満ち欠けの理由に関する自由記述調査を実施したところ、太陽光の「反射」と「位置関係」の正しい説明ができた学生は19.7%で、その中で正確な理解を示したのは8.4%にすぎなかったとある。さらに、向井ら(2018)によると、月の満ち欠けの学習後間もない6年生でも、半数近くの児童が、月の満ち欠けする理由を「太陽光のあたり方」によるものであるという誤概念を解消できていないことが明らかになっている。

これらの研究からは、月の満ち欠けの理解は難しく、さらには、一度理解しても非科学的な概念を保持してしまうことが示唆される。

このような現状において、月・太陽・地球の位置関係について正しく理解させるために、VRを活用した教材の開発の研究も進んでいる。

例えば、瀬戸崎ら(2018)は、能動的な視点移動を支援する探索型VR教材を開発し、教員養成課程学生を対象に授業実践をしている。また、社本ら(2020)は、スマートフォン用VR活用に関して「わかりやすく授業を受けることができた」と好意的な意見や月の満ち欠けを空間的に理解することができたという意見など好意的な意見が多く、その有効性を示している。

そこで筆者らは、360度カメラを用いた画像データに着目した。360度カメラは、全方向の様子を撮影できることから、その場の臨場感を伝えることに長けた機器である。それゆえに、時間や空間的な制約により教室に持って来ることが難しいものでも、現実に近い形で再現することに対して、その効果を発揮できると考えられる。

小学生における画像データの活用については、平島ら(2023)が、360度カメラの映像を活用し、デジタルとアナログの融合による「事物・事象」へのアプローチを試みる実践を行っている。

実践は、小学校6年生を対象に、「土地のつくりとはたらき」の単元において、「剥ぎ取り標本と地層の周辺環境のつながりをこれまでの知識とつなげて考察する」ことを目指したものである。図1では、探究学習のサイクルで学習を進めることにより、問いの質を深めることの重要性について言及している。また、「①事物・現象に問いかける→②事物・現象から情報に気付く→③情報を基に自分の知に当てはめる→④自分の知から活用できる情報を引き出す」という大きなサイクルもスパ

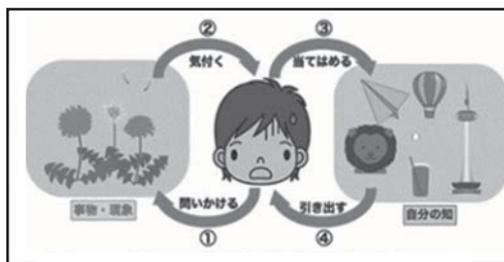


図1：問いの質を高めるサイクル

イラルに繰り返すことによる学習も一定の効果が得られている。さらに、活用した360度カメラの映像は、学習者のイメージ化を容易にする可能性が見いだされており、360度カメラの有用性も示唆されている。

以上のことから、本研究では、正しい概念を理解することが困難な「月の満ち欠け」について、小学校第6学年を対象に、360度カメラで撮影した映像を活用しながら、正しい概念獲得を目指し、次の2つのことを目的として設定する。

- 1 学習者の理解を促進する支援の道具として画像データを活用する。
- 2 学びの質を高める手段となりうる画像データを用いた授業の開発およびその改善の提案

2. 提案する授業における実験の問題点

図2では、小学校学習指導要領理科編(2017)で示される、月を扱う単元の系統図である。小学校第4学年「月と星」の単元の学習を受け、小学校第6学年「月と太陽」の中で初めて「月の満ち欠け」について学習する。ここでは、月は、日によって形が変わって見え、月の輝いている側に太陽があることや、月の形の見え方は太陽と月との位置関係によって変わることを捉えられるようにすることが求められている。さらに、地球の外から太陽との位置関係を捉えることについては、中学校で扱うことが追記されている。

図3では、「月と太陽」の単元は全7時間の単元計画構成である。

ここでは、月の形の見え方と太陽の位置関係を実際に観察したり、モデル実験を行ったり、位置関係を図で表したりして多面的に調べていくことで学習を進める。

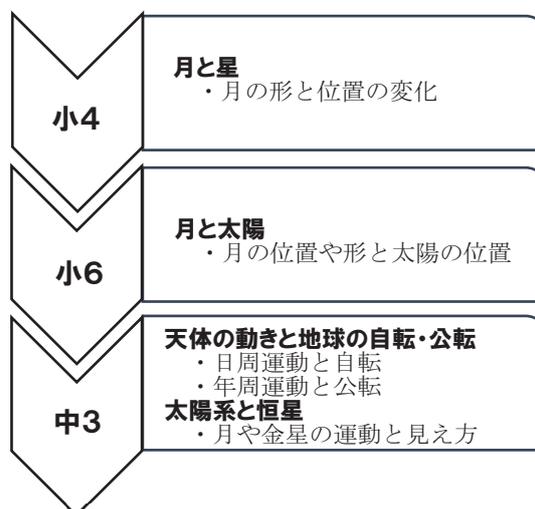


図2：月を学習する単元の系統性

第一次 月と太陽の位置を調べる。…2時間

- 1 月の輝く部分と太陽の位置について、気づいたことを交流する。
- 2 月の形の見え方と太陽の位置について、観察結果をもとに交流する。

第二次 月の形の見え方と太陽の位置の関係を調べる。…3時間

- 1 月の形の見え方が日によって変わることにその理由を考える。
- 2 月の形の見え方について、モデル実験を行い、月の形や月と太陽の位置関係を考える。

第三次 月について詳しく調べる。…2時間

- 1 月や宇宙について、さらなる情報を集める。
- 2 月に関する学んだことを自分なりの表現でまとめる。

図3：月と太陽の単元計画

図3では、単元計画に示す第二次の2時間目として、「月の見え方が日によって変わるのは、どうしてだろうか」という問題について考える。図4では、月の見え方と太陽の位置の関係を調べる実験を提示している。教科書では、実験の手順として、次のように記載されている。

まず、暗くした部屋で、ボールを持ち、電灯の光を横から当てる。次に、ボールを持ったまま、その場で少し

ずつ向きを変え、光が当たっている部分の形を調べる。最後に、三日月や半月、満月のように見えるとき、ボールをもっていない方の手で光の方向を指して、電灯とボールの位置関係を調べる。

また、指導書には、次のような内容の注意すべき実験のポイントが記載されている。

①実験の設定を調整しないと観察がうまくいかないこと

②クラスの人数は多いが、3人しか観察できないこと

これら以外にも、自身が実際に実験を行ってきた経験から、次のような問題を感じている。

③観察する時以外は、現象を再現できないこと

④児童により理解する速さが違い、観察するのに多くの時間を要すること

⑤3次元を2次元に記録するので、その思考操作が難しいこと

⑥自分が地球視点から見ていることを意識しにくいこと

このように注意すべき点が多い上、天体という目の前に持って来ることができない事象や現象を取り扱うため、児童はその現象をイメージしにくい故に、理解が難しいという課題が考えられる。その結果、児童たちもつ誤概念が解消されず、大学生になっても依然誤概念を保持したままであると思われる。そこで、これらの実験に加え、イメージ化しにくい児童に対する支援の道具となるような、360度カメラの画像データを活用した実践を試みた。

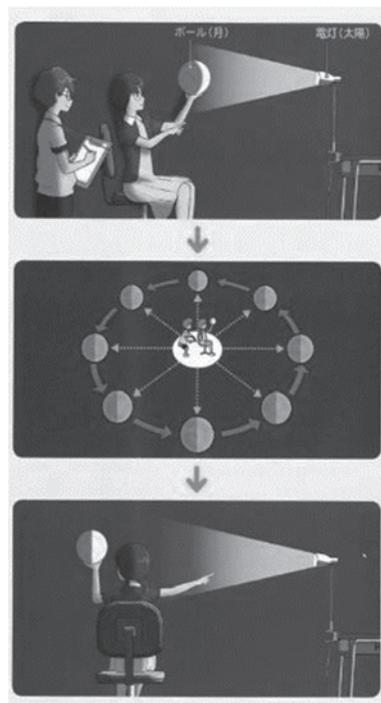


図4：月の満ち欠けの実験

3. 使用する画像データの準備とその可能性

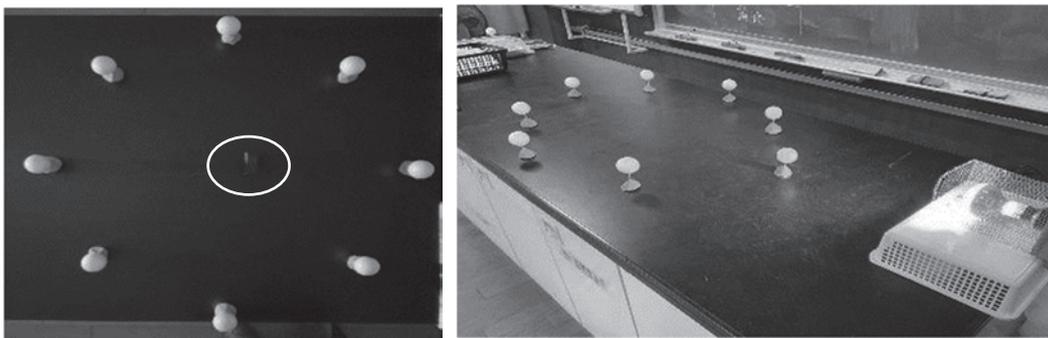


図5：太陽と月，地球の位置関係再現モデル

宇宙空間をもつてくることができないので、その代わりとして、現象をモデルで再現できるような図4の実験を行った。図5は、実際の様子である。月や太陽のモデルを用意し、図4の観察者と同じ場所（図5では丸印）に360度カメラを設置し、画像を撮影した。図6は、撮影した画像である。撮影したこれらの実験は、観察しやすいように調整した上で実験し、撮影されているため、授業する際には調整の必要がないので、注意点①が解消される。それとともに、撮影した画像は地球視点なので問題点⑥も解消される。また、タブレット端末を準備すれば一度に画像を見ることができるので②が解消される。さらに、画像データは何度も再現できる上に写真は2次元なので③④⑤⑥が解消される。

このように撮影された画像データの活用は、問題点を解消できるため有効であると考えている。



図6：360度カメラで撮影した画像

Ⅲ. 授業実践

1 授業実践

教育実践の概要は次のとおりである。

- 対象： 京都教育大学附属京都小中学校 6年2クラス 計53名
- 時期： 2022年10月中旬 1時間(50分)
- 場所： 理科室
- 目標： 月の見え方が日によって変わる理由を解説する。
- 指導計画： 図3参照(本時4/7時間目)

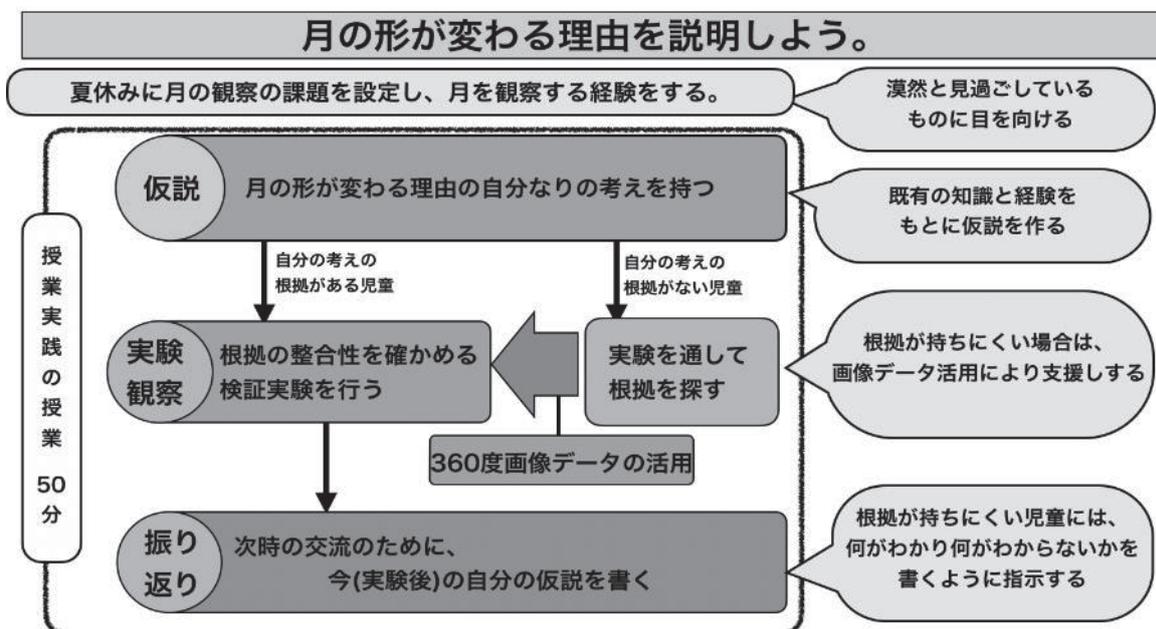


図7：本時の展開

図7は、本時の展開である。事前段階で夏季休暇中に月を観察する課題を出し、月に関する経験を持てるようにした。その経験を参考に、「月」に関する追究したいことを児童が出し合い、それをもとに単元の流れを構成した。そして、天候や都合により観察できていない日時の月の形を推論する展開とした。この活動により、月の満ち欠けについて考えたこともなかった児童が、「どうして、月は満ち欠けするのだろうか?」「月の形が変わるのはどうしてなのだろうか?」というような疑問をもつ様子も多数確認された。本時では、児童が自身の仮説を立て、

検証していこうという流れになり、通常の授業における班ではなく、児童自身で、やりたい実験が設定された班に集まり、実験を行うこととした。仮説生成の段階では根拠を持ちにくい児童も想定されたため、それぞれの個に応じた展開の授業を設定した。根拠が持っているかどうかで児童の仮設が大きく2つに分類され、それぞれの目標を次のように設定した。

<自分の根拠が明らかである児童>

→その根拠を検証するために実験を行う。自分の根拠よりもより妥当な根拠が見つかった場合は根拠を変え、自分の考え（仮説）をバージョンアップする。

<自分の根拠が明らかでない児童>

→自分の考えのよりどころとなる根拠を探す。見つけた根拠をもとに自分の考え（仮説）をつくる。

ここで、児童たちに対して、アナログの実験観察だけでなく、360度画像データ使用によるデジタルの実験観察も選択できるように提示した。自分の根拠が明らかでない児童にはさらに、360度画像データの活用も促した。その結果、画像データを活用している児童は、「自分が見る方向によって月の形が変わっている」「写真にすると、光っているところとかげのところがわかりやすい」「(自分が)反対の方向を向くと月の形が反対になる」「見る方向を180度変えると上弦の月と下弦の月が入れ替わる」などの気づきが確認された。また、アナログの再現モデルとデジタルの画像データ両方を組み合わせて、月の形が変化する理由を考える姿も見られた。同じグループで、自発的に実験から得られたことをホワイトボードに記録しながら交流するなど、積極的に学習を進める児童もいた。図8の上は360度画像データを再現している様子である。また、図8の下は再現したことをもとに月の形の変化について交流している様子である。



図8：活動の様子

2 有効性の検証

① 授業実践の分析から

今回、画像データの使用の有無は、クラス別で使用群と不使用群に分けたのではない。同じクラスに使用していた児童(29人)と使用していない児童(22人)が混在しているので使用の有無を把握して分析した。使用していた児童の中には、自分から「積極的に使用していた児童」と自分からは積極的に使用しようとはしていなかったが、実験時に自分の考えを交流していない姿が見られたので支援のため教員に「使用を促された児童」の合計人数である。デジタルの方が考えやすい児童もいれば、アナログの方が考えやすい児童もいるのは当然のことである。それゆえ、画像データを使用しなくとも交流できる児童は、あえて使う必要はないと考え、使用の有無は選択できるようにした。

しかしながら、画像データの有効性を検証するためには、使用の有無により児童の理解促進がどれだけ達成されたかを検証する必要がある。そのために、360度画像データを使用していた児童と使用していない児童両方に、授業の前後で月の満ち欠けの理由を聞き、それぞれで分類して記述の内容やその変容を分析した。図9では、その人数の変容を示す。

画像不使用群よりも画像使用群の方が位置関係(太陽と月の位置関係)を根拠にした児童が増加したことから、画像データの活用により理解が促進されることが示唆される。また、使用群の児童は、実験時の交流の根拠が月と太陽の位置関係ではない場合もあったが、画像データを活用することにより、根拠を持つことができ、グループでの交流が活性化されていた。この現状からも、画像データの使用は根拠を持ち交流するためには有効であると推測される。

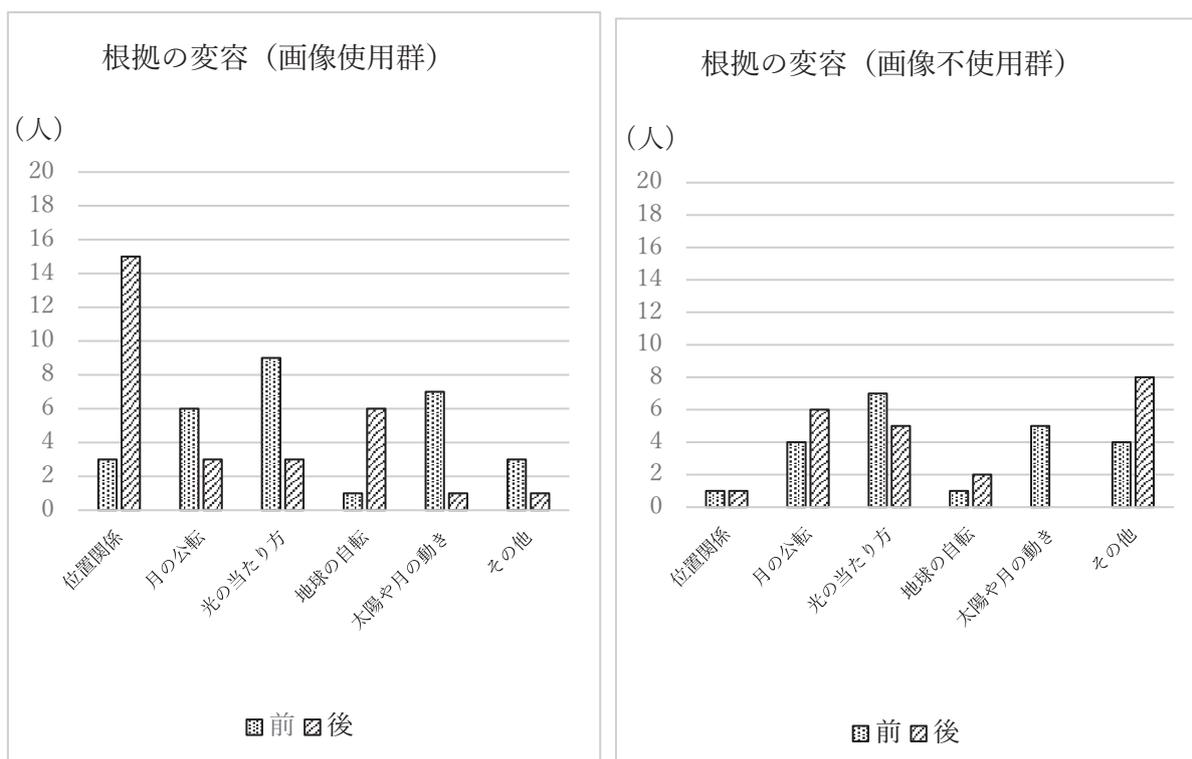


図9：実験前後による児童の根拠の変容

さらに、使用群の中には、根拠をもちにくい児童が不使用群よりも多く含まれており、画像データの使用により理解が促進されたと考えられる。このことは、その後の交流の場面において、根拠をもとに月の形の変化について交流していた児童の割合が多くなっていたことから考えても理解が促進されたと考えることができるのではないだろうか。

360度カメラが地球から撮影したものであることを説明するために地球、太陽、月の関係を再現したモデルを準備した。このことにより俯瞰して見る事ができた。それゆえ児童の中には月の公転について言及し、太陽と月の位置関係を説明する児童も見られた。学習指導要領では扱わないものとされているが、月の公転がわかるからこそ、月に太陽の光の当たり方は同じであるが、月の位置が変化することにより地球からの月の見え方が違ってくるといった気付きにつながるという実態も見ることができた。

しかしながら、地球の自転を根拠にする子が増えている現状もある。これは、誤概念を強める結果となっている。360度カメラの画像データを活用するときに、タブレットPCを持った観察者が月の見える方角を確認するために回転する。この回転して観察することと地球の自転の現象が同じとらえてしまったのではないかと考える。このことについては、その対応が必要であると考え。図10では、これらのことが記述されている児童の振り返りである。

月は太陽の光を反射している。だから、月は太陽との位置関係によって満ち欠けすると思った。太陽と月の距離が180°だと満月、90°だと半月といったように月と太陽の角度（位置関係）によって月が光る角度が変わると思った。

今日は、満月の場合太陽と月との関係が180度で半月、三日月などと、月が見えるものが小さくなるによって、太陽と月の関係が90度などと小さくなっていくことがわかった。

月が満ち欠けする理由は、月が公転することに関係していると考えました。太陽の光がの当たり方は同じだけれど、地球からの見え方によって月の形が違ってくるのが分かった。

太陽の向きと月の向き、地球のどこから見るかによって、月の見える形が変わることがわかった。けれど、太陽と見える月の位置の角度(180度、90度など)はわからなかったけど、今日しっかりと考えたらわかったのが良かった。

図10：児童の振り返りの記述

② 教職課程の学生による本教材の評価

教職課程の現職教員を含む学生 38 名に発教材の評価を受けた。受講生の振り返りには、次のような記述がみられた。

「理科グループの模擬授業では VR を活用した内容であり、VR を一度撮影してデータとして残しておけば、その単元の授業を他の学校でも活用できると思いました。例えば、教育委員会などが教材として各学校に提供することも可能であるため、学びを通してのつながりが生まれそうだと感じます。」

「VR やカメラ、ロイロノートといったデジタルと体を動かしてみる、読解してみるといったアナログの部分が融合されていた。個別最適な学びと協働的な学びについて、考えていく中で様々な関係性の中で子ども達の姿をどのように捉え、どう支援し育んでいくのか。」

「理科の実践では、VR を用いた授業実践は初めてで、貴重な体験することができました。既存のコンテンツではなく、教員が実態やねらいに応じて VR 教材をつくれるということのよさを体感しました。体を動かすことで、上弦、下弦の意味も理解しやすくなるのではないかと感じました。理科の授業をすると、予め予備実験を行い、活動時間を確保するために休み時間に準備をして授業をする、という流れで取り組んでいたこともあり、今回のような月の満ち欠けの場合、ボールや光源などのセッティングや片づけに時間を要し、苦労した経験があります。専科教員も入れ替わることがあるので、機器さえあれば毎年繰り返し使用できるだけでなく、必要に応じて新しいものにつくり変えることができると感じました。月の表面の観察なども VR で行ってみたいですね。」

これらの記述を分析すると以下のような有効性があることが分かるということが示唆されている。

- 1 視覚的な理解を促進する点が挙げられる。記述では、画像や VR を用いた教材の有用性が指摘されており、これによって複雑な概念や現象がより視覚的に理解しやすくなることが強調されている。視覚情報を活用することで、学習者の理解力向上が期待される。
- 2 個別最適な学びへのアプローチが重要なポイントである。ICT を活用することで、個々の学習者に合わせた最適なアプローチを実現する機会が拓かれると述べられている。これには、教材やアクティビティの工夫が求められる一方、実践を通じて洗練されるプロセスも示唆されている。
- 3 デジタルとアナログの融合も強調されており、新しいテクノロジーを結びつける試みが述べられている。従来の手法と新たなツールの組み合わせによって、より幅広い教育アプローチが期待されている。
- 4 VR を一度撮影してデータとして残しておけば、その単元の授業を他の学校でも活用できる。例えば、教育委員会などが教材として各学校に提供することも可能であるため、学びを通してのつながりが生まれる。
- 5 最後に、継続的な学習と教育実践の進化が強調されている。ICT 技術や教材の進化に伴い、教育実践も進化しつづける必要があると述べられている。教員は、継続的な学習を通じて、最新の情報やアプローチに柔軟に対応する能力を葆つ必要があるとされている。

3 本実践を踏まえた提案

地球の自転という誤概念を強めてしまった児童がいたことは、改善すべき一番の点であると考えられる。このことを改善すべきヒントは、次の時間に行った交流活動での児童の姿にあった。説明のために必要な画像を自分のタブレット PC で光の当たった月の模型を撮影していたのだ。具体的には、月のモデルを使い上弦の月を撮影したものを提示し、「上弦の月を撮影するにはどんな条件が必要か」を考える活動を行っていた。つまり、上弦の月は太陽の位置は変わらない、また月は太陽のある側の半分が光っていることも変わらない。この2点を確認したうえで、変わっているのは、月の位置であり、地球から見た太陽と月の位置の位置関係（角度）が変わっている

から形が違うことを説明していたのである。この活動から、画像データを活用することにより思考が促進されることを児童自らが感じ実践していたのである。

このことから、自分が回るために自転ととらえてしまうが、提示された月の形を、太陽の方向は固定して撮影し、月と太陽の位置関係(角度)について考える活動を入れれば解消できるのではないかと考える。図 11 は交流する児童の様子である。



図 11 : 交流する児童の様子

今回の実践において一斉に同じ実験をあえてしなかったことにより、児童は自分が考えやすい方法で学んでいた。これは、現在いわれている個別最適な学習であるといえるのではないだろうか。このような方法で実験を行うためには、学習の途中で児童の活動や思考を見取っていく必要がある。この作業は、時間のかかることであるが児童の思考を促進していくためには、必要なことである。

アナログかデジタル化の取捨選択は児童に任せることにより、児童はアナログとデジタルの両方の良いところを使いながら学びを進めていく。ここで授業者が大切にしていかなければならないことは、今回の活動で「何を明らかにしていくかという活動のねらい」と「児童がどのような思考をしているかという見取り」である。

また、画像の見方の学習をすることにより、様々な視点から画像データの持つ情報に気付くことができる。画像の見方の学習も取り入れていくことが必要であると考ええる。

つまり、360度カメラの画像データの教育現場での活用は、学習体験の向上に大きな可能性を秘めている。授業実践において、視覚情報や実体験の活用、個別最適な学びの追求、デジタルとアナログの組み合わせ、そして継続的な学習の重要性などに加えて、活動のねらいの明確化及び児童の見取りのポイントを授業者が意識することは大切なことである。

これらのことを踏まえ、今後も研究を進めていきたいと考える。

V. まとめ

本研究の成果は、以下のとおりである。

- 1 天体という再現できないものをモデル実験するとき、360度の画像データを活用することで次の6つの問題点を解消できたこと
 - ① 実験の設定を調整しないと観察がうまくいかないこと
 - ② クラスの人数は多いのだ、3人しか観察できないこと
 - ③ 観察する時以外は、現象を再現できないこと
 - ④ 児童により理解する速さが違い、観察するのに多くの時間を要すること
 - ⑤ 3次元を2次元に記録するので、その思考操作が難しいこと
 - ⑥ 自分が地球視点からみていることを意識しにくいこと
- 2 画像データの活用は、月の満ち欠けの理由を考える場面において、その根拠を持てるようになる支援として活用できること
- 3 作成した教材は、データとして残しておくことで、その単元の授業を他の学校でも活用できるだけでなく、教材を通してのつながりも築くことができること

今後の展望として、児童の活動からヒントを得た「月の形を提示し、その月の形を撮影(再現)することを通して、太陽と月の位置関係について考える。」活動を実践する。そして、画像の見方の学習や、様々な視点から画像データの持つ情報について考える授業、そして、360度カメラも含めた画像データが児童の理解を促進するための支援のひとつとなるように研究を進めていきたいと考える。

【本稿の分担】

本稿は、主に平島が担当し、教職を目指す学生の反応の分析を山崎が担当した。研究の背景は平島・山崎が担当した。また、全てにわたり両者の検討の結果、成稿とした。

【謝辞】

本研究をまとめるにあたって協力いただいた、京都教育大学大学院連合教職実践研究科 学校臨床力高度化系初任教員育成コース 山之内里駆様に感謝申し上げます。

【追記】

本研究は、京都教育大学「令和4年度 教育研究改革・改善プロジェクト経費」による助成を受けて実践したものである。

【参考文献】

- 浅井和行, 高野史郎, 平島和雄, 藤田智之, 高安和典 (2012), 附属学校園のデジタル学習環境の開発, 京都教育大学教育実践研究紀要 第12号, p. 197-206
- 伊藤明彦・千田恵・田原博人 (2007) 大学生の天文分野に関する知識の変化 : 1976年と2006年の調査結果の比較, 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要, 2007, 第30巻, pp. 473-482
- 木下 邦太朗 (2012), 小学校理科における「月の満ち欠け」の位置づけと教材開発, 球形水槽や大玉の教材化, 帝京短期大学研究紀要委員会 編(17)
- 大日本図書(2019), たのしい理科6年, pp. 92-103
- 社本 勇希, シネフォー ナムスライ, 檜垣 泰彦(2020), 月の満ち欠けの授業における VR の実践とその評価, pp59-62
- 瀬戸崎典夫, 富永裕也, 森田裕介(2018), 月の満ち欠けについて学ぶ探索型 VR 教材の開発, 日本教育工学会論文誌 42号, pp. 89-92
- 中央教育審議会 (2021), 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現～ (答申)
- 平島和雄, 津田真秀 (2023), 学びを促進する学習環境デザインの提案, 京都教育大学教職キャリアセンター教育実践研究紀要第5号, pp. 127-136
- 向井隆久, 吉村真司(2018), 「月と太陽」の未習/既習児童における月の満ち欠け理解の発達, 別府大学短期大学部初等教育科・保育課児童学会 教育と実践 No. 43, pp. 33-41
- 文部科学省, 各教科等の指導における ICT の効果的な活用に関する参考資料「小学校 理科における ICT 活用」(2020), https://www.mext.go.jp/content/20210616-mxt_jogai01-000010146_004.pdf
- 文部科学省 (2017) 小学校指導要領理科編, p. 25, p. 92
- 柚木 朋也 (2014) 「月の満ち欠け」に関する教員養成課程の大学生の概念, 北海道教育大学紀要, 教育科学編, 第62巻, 第2号, pp. 151-163