

# 観測とUnityでつくるシミュレータから学ぶ 「月の運動」プログラミング教育教材の開発

野口 実沙子<sup>1</sup> 塚山 駆<sup>1</sup> 松澤 芳昭<sup>1,a)</sup>

**概要：**本研究では、小学校高学年の理科「月の運動」をプログラミングを通して学習するための教育法と教材の試作を行った。提案する教育プロセスでは、学習者はまず月を観測し、次に3Dモデリング/プログラミングソフトウェア「Unity」を用いて月の天体運動をシミュレートするプログラムを学習者自らが開発し、最後にそのシミュレーション結果を観測によって検証する。本教育プロセスを支援する教材を開発し、予備実験として文科系大学生7名を対象に実験を行い、学習後の半構造化インタビューによる評価を行った。その結果、約90分間でUnityを用いて月の方角と満ち欠けを予測できるシミュレータを完成させることができ、実世界の観測・検証とプログラミング活動が有機的に繋がり、「月の運動」について楽しく、深い学びができる感触が得られた。

**キーワード：**プログラミング教育、観測、シミュレータ、理科教育、月の運動

## 1. はじめに

小学生からのプログラミング教育が世界で議論されている。我が国でも、2018年度からの新学習指導要領に主体的・対話的で深い学びの実現の方法として「プログラミング体験」が明示され [1]、2020年度から小学校でのプログラミング教育が開始される。その実施に向けて現場の教師向けに作られた「小学校プログラミング教育の手引」[2]では、プログラミング教育が、プログラミング言語の教育ではなく、プログラミングを通じた問題解決を行う「プログラミング的思考」の教育であり、独立した単元の教育のみならず、教科教育の中での実践によりその思考を育成することが述べられている。

子供のためのプログラミング教育は、算数教育の文脈で始まった。そこでは、数学が意味をもつ状況を作り出すためにプログラミング環境が用いられた [3]。構築主義によるプログラミング教育は「情報科学をコンピュータの外に連れ出すこと」であり、プログラミング教育を技術中心教育 (Technocentrism) にすべきではない、とパパートは主張している [4]。

パパートはまた、構築主義について「頭の外になにか実体のある触知できる物、しかも個人にとって意味のある物一を作り上げること」と述べている [4]。そこでは、学

習者が「意味のあるプロジェクトに従事しているという感覚」や、「個人として自分らしいことや最も価値をおいていることに関わっているという感覚」で仕事に従事することが重要であり、学習成果として得られるのは「学習者が大きな力を得た感覚」であるという。ケイは、「最初は筋肉を使って、次にヴィジョンによって、そして最後に、目の前の現実を超越させてくれるシンボルによって、世界を組み立てること」が、「世界を理解するため」に必要なと述べ、そのためにプログラミングを行うことを提唱し、特にコンピュータは理科を学ぶのに最適なメディアであることを主張している [5]。

教科教育にプログラミングを採り入れた有名な実践として、戸塚実践がある [6]。戸塚は、算数、理科、社会、音楽といった教科に、LOGOプログラミングを組み合わせている。戸塚は「コンピュータ教育の銀河」で、木星の月の公転周期を、観測を通して予測し、Logoというプログラミング言語を用いて小学6年生の男の子が検証したことを報告している。

本研究の目的は、現代情報技術を利用して、構築主義による教科教育環境を構成し評価することである。本研究では、プログラミングにより3Dモデルのシミュレータの開発ができる「Unity」というソフトウェアに注目した。Unityでは、オブジェクトをつくる、カメラを設置する、オブジェクトにスクリプトを書く、等の機能が備えられており、これらを利用して学習者自らが宇宙空間シミュレータの開発

<sup>1</sup> 青山学院大学 社会情報学部

School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University

a) matsuzawa@si.aoyama.ac.jp

を行うことができ、構築主義に基づく現代的な理科「月の運動」教育教材が実現可能ではないかと考えた。本研究のリサーチクエスチョンは「学習者が「月の運動」について楽しく、深い学びをするにはどのようなプログラミング教育環境を構築すればよいか」である。

## 2. 「月の運動」プログラミング教育の設計

### 2.1 教育目的

提案する「月の運動」プログラミング教育の目的は、学習者がプログラミングを通して「月の運動」を楽しく深く学ぶことができることである。

学習内容は、小学4年生、6年生の学習指導要領を参考に設計した。小学校学習指導要領を引用し、図1に示す。

〔第4学年〕「月と星」(p.101)

月や星の特徴について、位置の変化や時間の経過に着目して、それらを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 月は日によって形が変わって見え、1日のうちでも時刻によって位置が変わること。

イ 月や星の特徴について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、月や星の位置の変化と時間の経過との関係について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること。

〔第6学年〕「月と太陽」(p.109)

月の形の見え方について、月と太陽の位置に着目して、それらの位置関係を多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 月の輝いている側に太陽があること。また、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。

イ 月の形の見え方について追究する中で、月の位置や形と太陽の位置との関係について、より妥当な考えをつくりだし、表現すること。

図1 小学校学習指導要領

第4学年で学習する「月と星」の内容の月の部分に関して、「(ア) 月は日によって形が変わって見え、1日のうちでも時刻によって位置が変わること」とある。本教材では、この学習目標に対応して、学習者が1時間おきに月の観測をし、月が動いていることを実感させるという活動を設計している。さらに、「(イ) 月や星の特徴について追究する中で、既習の内容や生活経験を基に、月や星の位置の変化と時間の経過との関係について、根拠のある予想や仮説を発想し、表現すること」とある。本教材では、この学習目標に対応して、学習者が月を観測する際に、月の位置の変化と時間経過の関係を観察シートに記録するという活動を設計している。さらに、「月の運動」シミュレータを学

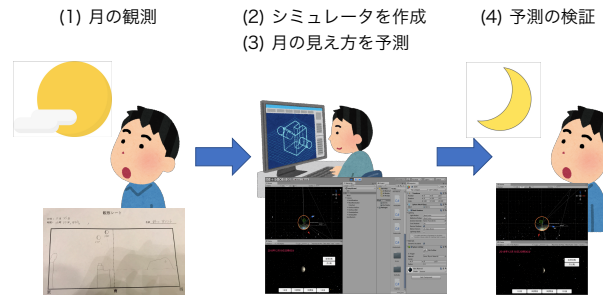


図2 学習プロセス

習者が自ら作成する活動、および、シミュレータを用いて未来の月の方角と満ち欠けを予想する活動、これらを通して根拠のある予想や仮説を発想する環境を設計している。

第6学年で学習する「月と太陽」の内容に関して、「(ア) 月の輝いている側に太陽があること。また、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。(イ) 月の形の見え方について追究する中で、月の位置や形と太陽の位置との関係について、より妥当な考えをつくりだし、表現すること。」とある。本教材は、この学習目標に対応して、学習者がシミュレータをスクラッチから作成することで宇宙空間を再現する際のシミュレータの設計意図を理解させるように設計している。

### 2.2 学習プロセス

提案する「月の運動」プログラミング教育の学習プロセスを図2に示す。最初に学習者は月の観測をする。次に学習者は観測結果、およびUnityソフトウェアを用いて「月の運動」シミュレータを作成する。次に、学習者はシミュレータを用いて未来の月の見え方を予測し、最後に学習者はその予測が正しいかどうかの検証を行う。

### 2.3 月の観察シート

月の観測の記録には、「月の観察シート」を用いる。月の観察シートとその記入例を図3に示す。学習者は月の観察シートに日付、時刻、方角、月の満ち欠けの度合いを記入する。学習者は、コンパスを用いて方角を確認し、観測場所を決める。そして、その位置から見える月と方角の目印となるものを描く。

### 2.4 「月の運動」シミュレータ

学習者は「月の運動」シミュレータをUnityソフトウェアを用いて作成する。シミュレータの完成図を図4に示す。シーン画面(図4左上)では、地球、月、太陽を作成し、宇宙空間を再現する。シーン画面上の地球にカメラを置き、地球からの視点を作成する。ゲーム画面(図4左下)には、地球に置いたカメラの画面が映し出される。この画

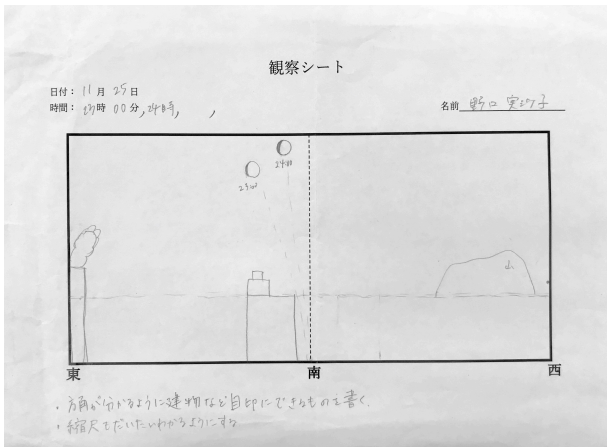


図 3 月の観察シート

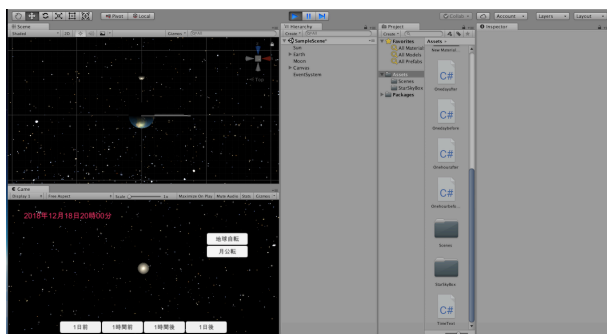


図 4 「月の運動」シミュレータ

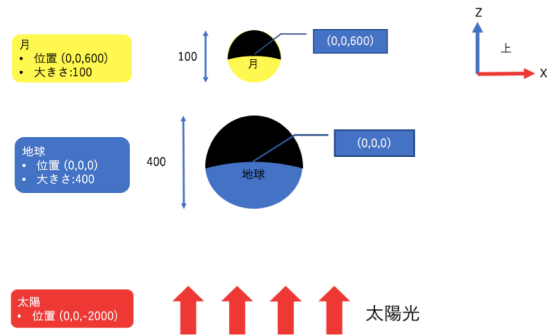


図 5 設計図

<Unity の操作方法>

- 地球となる球体をおく
  - Game Object タブ→3D Object→Sphere
- Sphere の名前を Earth にする
  - Inspector の一番上にある名前を Earth にする
- 地球の位置を (0, 0, 0) にする
  - Earth の Inspector→Transform→Position x:0, y:0, z:0
- 地球の大きさを 400 にする
  - Earth の Inspector→Transform→Scale x:400 y:400 z:400
- 地球のテクスチャを貼る
  - Assets 上で右クリック Create→Material→Main Maps の Albedo をクリック→Earth Texture を選択
  - Assets 上に作成された NewMaterial を Earth にドラッグ (Earth Object →Mesh Renderer→Materials→Element0 に Earth Material をクリック)

図 6 操作方法

面では、学習者が地球から見た月の位置と形を確認することができる。

シミュレータには学習者が月の運動の予測を行うための機能を実装する。まず、観測された日時とその時点での月の状態を設定するために、(1) ゲーム画面に日付を表示させるテキスト、(2) 月公転、地球自転、のボタンを作る。正確に日時とその時点での月の状態が再現されると、(3) 1日後、1時間後のボタンを作ることにより、過去や未来の月の状態の予測をすることができる。

2.5 「月の運動」シミュレータ作成マニュアル

本研究では、学習者が「月の運動」シミュレータを作成するためのマニュアルを開発した。本マニュアルには、シミュレートする天体モデルの設計図と Unity の操作方法が記載されている。その設計図を図5に、操作方法の例を図6に示す。本教材では、学習者には天体モデルの設計は提供されることになる。学習者が行うことは、その設計意図を理解することと、自転・公転周期のパラメータを探索的に見出すことである。それらのパラメータの探索に、観測結果が用いられる。

2.5.1 宇宙空間を再現する

Unity の操作画面に地球、月、太陽のオブジェクトを置き、宇宙空間を再現する。その際に、宇宙の壁紙やオブジェクトに地球、月のテクスチャなどを貼ることで、宇宙

空間をリアルに再現することができる。

2.5.2 天体をプログラミングして動かす

「月の運動」を再現するのに必要な天体を用意したら、「地球を自転」、「月を公転」させるボタンを作る。例として、地球を自転させるボタンを作るときのプログラムを図7に示す。

本マニュアルには、図7の左側にあるように、ミニクイズを設けている。学習者は、地球が反時計回りに自転していること、自転周期が約24時間であるという情報だけを与えられる。学習者は1時間あたりにどのくらい自転するのかを計算する。計算したパラメータを図7の右側に記されているように、スクリプトに入力する。パラメータの部分が穴あきになっているプログラムコードをあらかじめ提供しておく。この計算を自分ですることは、地球が1時間に約15度自転しているという天体モデル理解を促進するという意図がある。

プログラムの内容は、地球を自転させるボタンを押すたびに、地球オブジェクトを呼び出して、Rotation の Y 軸を-15度回転させるものである。マイナスがつくのは、地球が時計回りではなく、反時計回りに自転しているからである。月の公転ボタンを作る時も同様の方法で行う。

2.5.3 月の見え方を予測する

「天体をプログラミングして動かす」が完成したら、月の見え方を予測する機能を追加する。予測することは月の

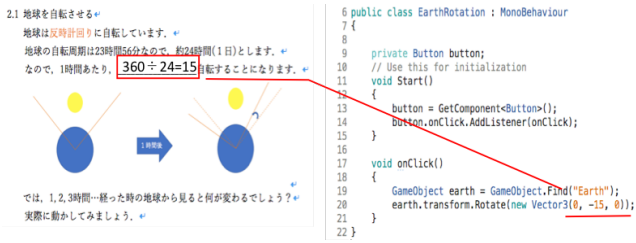


図 7 地球を自転させるプログラム

表 1 7 名の実験結果概要

学習者	検証結果
A	予測した方向に月がなく失敗したが、シミュレータのバグを自分で発見して解決し、その翌日に観測したら、方向、満ち欠けともに正しかった。
B	方向、満ち欠けともに正しかった。
C	満ち欠けは正しかったが、方向が少しずれていた。原因は、はじめの観測の際の方向がずれていたか、シミュレータ画面での方向がずれていたと考察される。
D	方向、満ち欠けともに正しかった。
E	方向が全く間違っていた。原因は、最初の月の観測で、方向を正確に測定せずに観測したからであると考察される。もう一度月の観測をして、シミュレータで予測をし直した。その検証結果は、方向、満ち欠けともに正しかった。
F	方向、満ち欠けともに正しかった。
G	方向、満ち欠けともに正しかった。

満ち欠けの度合いと方向で、満ち欠けの傾きと高度の2つは捨象する。満ち欠けの傾きを再現するには地球の地軸の傾きと月との高度差を加味し、季節ごとに向きを変える必要があるためモデルが複雑になりすぎるためである。

月の見え方の予測方法について説明する。まず、観測した日時に天体モデルをセットする。地球自転、月公転のボタンを使って、観測した日時と同じ方向・満ち欠けの度合いにセットする。その時の月の位置と地球の回転度合いを記録する。記録したものを再度入力し、Unityの初期画面を観測した時と同じ状況にする。その後、1時間後ボタン、1日後ボタンなどを使って、対象となる時刻の月の見え方を予測する。

### 3. 評価実験

#### 3.1 実験方法

大学生7名に対して、提案した学習プロセスの評価実験を行った。学習者は、提案した教育プロセスに沿って「月の運動」の学習を行った。大学生7名を学習者A~Gと示す。シミュレータは最終的に全員作成することができ、作成にかかった時間は約1時間半であった。7名の実験結果概要を表1に示す。

#### 3.2 評価方法

学習後、学習者に半構造化インタビューを行った。半構

表 2 「Q1. シミュレータを作成してどうだったか」コメント

ID	内容
C1-1 (F)	地球が太陽の周りをまわっていて、自転しつつ、月も地球の周りをまわって公転しているってことを、まずここで初めて理解して、途中でワークショップっていうか、自分で計算してっていうところがあったじゃないですか。そこが楽しかったですね。
C1-2 (F)	普通に考えたらそんなに難しいことじゃないんですけど、それを、あ、そっかそういうことなんだっていう再確認をしたのと、その式を使って、プログラムに当てはめて、実際に自分でUnityで動かさせたっていうのが楽しかったですね
C1-3 (B)	普通に宇宙空間に地球ができてただけでもそれはそれで面白い。それだけで面白いっていうのはあったかな

造化インタビューの質問項目の概要は、以下の9項目である。

- Q1 シミュレータを作成してみてどうだったか
- Q2 シミュレータを作ってみてわかったこと
- Q3 シミュレータを作る前と後の観測の感じ方の違い
- Q4 観測パートがなかったらどうか
- Q5 教科書で学習することとの違い
- Q6 Unityを自分で作る過程がない場合
- Q7 Unityの効果
- Q8 教材の効果
- Q9 感想

各々のインタビューを音声録音し、文字起こしを行い、筆頭著者が分析し、4つのカテゴリーに分けて分析を行った。

## 4. 結果と考察

### 4.1 シミュレータを自分で作成する効果

Q1とQ2の質問項目からシミュレータを自分で作成することの効果の考察を行う。

C1-1より、自分で考えた計算式をプログラミングにあてはめて動かすことができることに楽しさを感じていること、C1-2より、自分でUnityを動かせたということに楽しさを感じていることが読み取れる。これらのことから、自ら動かすことに、学習者は楽しさを感じていることが考察できる。C1-3より、宇宙空間を自分で再現できることが学習者の心を動かしていることが読み取れる。

C2-1より、Unityで見ることによって「月の運動」の理屈がわかりやすくなっていること、C2-2では、学習者がシミュレータを作成することで今までの三日月の見え方の理解が間違っていることへの気づきを得られていることが読み取れる。これらより、あいまいなイメージを可視化することが学習者の理解を助けていると考察できる。C2-3では、シミュレータを作成することで、意外性を見つけ出すことで驚きを感じており、C2-4では、日頃の疑問点をシミュレータを作成することによって解消できていることが

表 3 「Q2. シミュレータを作ってみてわかったこと」コメント

ID	内容
C2-1 (A)	こう言った理屈で動いてるんだなあっていうのがわかりやすかったなって。Unity で見ることによってね、というのは思ったかな
C2-2 (C)	三日月ってこう見えてるんだってことを初めて知った。なんか三日月って、なんだろう、見方としてはさ、こう見えて、こっちに来たときに見えてると思った。(本来三日月が見える位置と逆) 光に対して、地球の方が太陽に近くて、月の方が後ろにあるときに、三日月って見えてるんだらうって思ってた
C2-3 (D)	地球の自転が1時間に何度とか月の公転が何度とか、ああ、なるほどね、って、で実際に動かせるし。月の満ち欠けに関しては、一番驚いたのはやっぱり夜なのに見えない時間があるっていうのがビックリで、普通に23時とかだったら見えんじゃねって思ってたけど、意外と見えない時とかもあったりするのね、これ(シミュレータ)を見てそれはすごい意外だった部分で、あんなに(観測の)日付を(指導者が)指定されてた意味がやっとわかったかなっていう感じはしました。
C2-4 (F)	その例えば、昼でも月が見える時ってあるじゃないですか、それってなんでなんだろうって思ったんですけど、調べたこともなくて、けど今回その作ってみたことで、あ、昼の位置でもちゃんと月が見えるんだなっていう可視化ができたので、昼でも夜でも月が見えるっていう原理については、わかりました。

読み取れる。これらより、シミュレータを初めから自分で作成することにより、観測した時に天体がどう動いているかのイメージが湧くことによって、学習者の理解を助けているという示唆が得られた。

4.2 観測プロセスの効果

Q3とQ4の質問項目から観測プロセスの効果を検討する。

C3-1より、学習者は月を見ていても、月の運動や仕組みに関しての理解が浅いこと、学習者が月を1時間ごとに観測することで、月が動いているという実感が湧いていることが読み取れる。C3-2より、観測することで自然現象の驚きを見出し、シミュレータを自分でつくって仕組みを再現することで、納得していることが読み取れる。これらより、観測プロセスが、シミュレータを自分でつくることの意味を見出していることがわかった。

C3-3, C3-4より、シミュレータを作る前と作った後の月の観測の感じ方を比較すると、現実の自然現象とシミュレータをつなぎ合わせることができていることが読み取れる。これは、シミュレータをスクラッチから作成したからだと考えられる。

C4-1からは学びのフォーカスされる部分が「月の運動」になっていること、C4-2からは観測によって学習者の心を動かしているということ、C4-3からは、観測の必要性。C4-4からは予測を検証することが学習者の好奇心を高め

表 4 「Q3. シミュレータを作る前と後の観測の感じ方の違い」コメント

ID	内容
C3-1 (A)	まず月がどこにあるかがわからなくて、それ探すところからはじめて家の周りを取りあえずぐるって一周して、ほんとにどこからあがるかとかまったくわかんないぐらいいわすれてたからね、本当に小学中学くらいか、っていうものあって、だから家の周りまずぐるぐるするところから始めてその間はわりとどこにあるんだらうとか本当に見れんのかなあっていう不安もありながら、実際に見つけた時にああ、こんなところにあるんだっていうのが初日。
C3-2 (D)	なんか作る前だったから全くわけわからなかったけど、月ってこんな動くんだな、普段全然気にしてないんだな俺って、月に関してかなり無頓着、満月だ。綺麗だ。くらいだって思った。満ち欠けなんて一切気にしてなかった、動きとかも、あんな動くんだねってのは、思った。
C3-3 (A)	地球は自転してるから、月が公転してっていう計算式を踏まえた上でのプログラミングコードを書いた後だったっていうのもあって、見た時に、場所が思ったより違うという驚きとともに、こういう計算でこういう理屈だから、たしかに東に見えるのもそりゃそうかって、ちょっと納得したかな
C3-4 (B)	月を観察しているときに、今見えてる月の満ち欠けはUnity上だと、こういうふうな位置関係になってるのかなっていう図っぽいの(シーン画面)のがちょっと浮かんだ

表 5 「Q4. 観測パートがなかったらどうか」コメント

ID	内容
C4-1 (D)	そんなUnityの勉強だよ。月の勉強じゃないよ
C4-2 (B)	観測がないとつまんない。現実の月とこの月(シミュレータ)合わせるのが面白かったのね
C4-3 (F)	それがないとちょっと信憑性がないというか、まあ、データも嘘ついてないんですけど、やっぱり自分が見たものの方が、最初に予測する前に自分で観察した方がいいなと思います。
C4-4 (B)	Unityを作るのは、現実を理解するために作って、やるわけだから。そりゃつまんない。どちらかという月に興味がいくのはUnityを作った後だから、やっぱりつまんない。現実のやつとUnityが合致するのが面白い

ていること、が読み取れる。

4.3 Unityを利用することの効果

Q6とQ7のよりUnityを利用することの効果を検討する。

C6-1, C6-2より、スクラッチから宇宙空間を作成することが、学習者を楽しませていることが読み取れる。

C7-1, C7-2より、Unityを利用することの効果として、視覚で楽しめる、オブジェクトを簡単に作れる点が、学習者を楽しませる効果があることが読み取れる。C7-3, C7-4



表 6 「Q6.Unity を自分で作る過程がない場合」コメント

ID	内容
C6-1 (F)	でもまあ一番その作ってた時に、 <u>わあすごい！</u> とかいっちゃったのが、地球つくったり、月を作ってる時だったので、そこが私の中でマックス盛り上がったところとか、地球がこうパッと自分で作れるじゃないですか、画像貼ったりとかそういう、作業としては、ボタンを作るよりは単純な作業だったかもしれないんですけど、 <u>視覚的には一番派手</u> だったので、なんかそういう派手なことが好きなので、地球とか月とかが作られた瞬間は、一番楽しかったの、そこは自分でやった方がいいかなって思います。
C6-2 (B)	飽きるのが早そう。

表 7 「Q7.Unity の効果」コメント

ID	内容
C7-1 (A)	まあでも式はハードル高いと思うけど、こういう Unity とか使うことで、 <u>楽しく学べるのはいい</u> じゃないかなって思う
C7-2 (F)	プログラムつくって動かしたりボタン作ったりするけど、星が簡単に作れるっていうのは Unity ならではのかなって思いました。意外とパッパッパッってじゃあ次は月を地球をっていう感じだったので、なんかこれは画像を貼るんだよみたいな感じに教わった気がするの、もともと画像があるのもやりやすかったですし、そういうその視覚的なところが作りやすかったかなって思う
C7-3 (B)	考える要素が多すぎてさ、混乱するよね。違う視点で観れるっていうのはいい
C7-4 (D)	この3Dっていうのがまた面白いね、であと回せるし、ちゃんと太陽ライトもあって、ほんとに満ち欠けと同じようになるっていうので、まあ、Unity ならではのかな、他にもなんかそういうソフトあるのかなわかんないけど。で地球から見れるしね、 <u>2つの視点で観れて</u> 、地球からのだけならそういうアプリあるし、こういうのがあってこそなんじゃない？

では、シーン画面とゲーム画面の2つの視点で見られることで、学習者の理解を助ける効果があることが読み取れる。一方で、Unity は機能が多すぎて、複雑で難しいという意見もあった。

4.4 感想

Q9 の問いに対するコメントを表 8 に示す。

C9-1 より、実験を通して、天体に関して振り返る機会となり、C9-2、C9-3 では、実験を終えて、新たな疑問が生じていることが読み取れる。月の運動に興味を持ち、前向きに考える姿勢が読み取れる。

4.5 インタビュー結果の総合考察

全体を通して、学習者は興味をもって楽しく取り組んでいたことが読み取れる。改めて月を観測することによって

表 8 「Q9. 感想」コメント

ID	内容
C9-1 (C)	いやあ、ほんとに三日月こう見えてるとは知らなかった、そこが <b>いちばんの驚き</b> ですよ。僕は、ほんとに、わかっているつもりだった。それで点数取れたし、学校の授業ではね
C9-2 (E)	<u>方角間違っちゃったのがちょっと残念</u> だったんですけど、その月に関してもともと詳しくなかった、前はそうなんだけど、これやって月の見え方にちゃんと意味があるんだなっていうことがわかって、 <u>楽しかったし、これから月を意識しようかなって思った</u>
C9-3 (F)	最初、自分で予測する前に観察してきてくださいって言われて1回観察して、で次に Unity で作って、そこで初めて理解した。実験の内容が面白いなあって思った。自分で星とか、地球、月とか見えかたっていうのを Unity で作って、それで答え合わせ、自分が観察した月はこういう月だったからとか、 <u>全体的に面白かった</u> ですし、逆にそのこういう月を見たいって思ったら、いつ何時どこでみればいいのかとか、そういうのもできるなあ

月の動きを自分で見る。そのことによって意外性や驚きから疑問点が生まれる。そこで Unity で「月の運動」シミュレータを自分で作成することを通して、見ていただけの月の動きを自分で再現していくことによって、頭の中のイメージを表現することで、「月の運動」の理解が深まる。さらに予測をすることによって自分のものにできたのではないかと考えられる。

5. まとめ

「月の運動」をプログラミングで学ぶ科学教育教材を開発した。文科系大学生7名が実験に参加し、約90分間で Unity を用いて月の見え方を予測できるシミュレータをつくることができた。実験の結果、観測と自分でシミュレーションを作成して予測を立て、実際に観測して検証することにより、大学生でも、楽しく、深い学びができることが分かった。今後の課題は、本プログラミング教育教材を小学校や中学校で導入するための改善を加えて、適用実験を行うことである。

参考文献

- [1] 文部科学省：小学校学習指導要領(平成29年告示)(2017).
- [2] 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引(第二版)(2018).
- [3] Papert, S.: *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, Inc., New York, NY, USA (1980).
- [4] Papert, S.: A Critique of Technocentrism in Thinking About the School of the Future, *MIT Media Laboratory Epistemology and Learning Memo*, No. 2 (1990).
- [5] Kay, A.: Learning vs Teaching with Educational Technologies, *EDUCOM Bulletin*, pp. 16-20 (1983).
- [6] 戸塚滝登：コンピュータ教育の銀河, 晩成書房, 東京 (1995).