

HTML5 を用いた天体シミュレーションによる 小学生理科補助教材の開発

山森 一人^{a)}・坂本 菜摘^{b)}・相川 勝^{c)}

Teaching support Materials for Elementary School Science by Astronomy Simulation with HTML5

Kunihito YAMAMORI^{a)}, Natsumi SAKAMOTO^{b)}, Masaru AIKAWA^{c)}

Abstract

This paper introduces teaching support materials for elementary school science to understand waxing and waning of the moon. It simulates motion of the sun, the moon and the earth, and shows them by 3D computer graphic with HTML5. We developed six materials to promote understanding about 3D motion of the sun, the moon and the earth. All of them are developed by javascript in HTML5. They calculated astronomy motion in real time and showed by 3D animation. Three materials help to understand the motion and the size of the moon and the earth. The others help to understand waxing and waning of the moon. To promote understanding about waxing and waning of the moon, the view of the moon from the earth is displayed based on the relative position of the sun and the planets. Materials are evaluated by the survey from elementary students to adults, all of them got good valuations.

Keywords: HTML5, Teaching Support Material, Astronomy Simulation, WebGL

1. はじめに

近年、児童生徒の理科嫌い・理科離れが進んでいると言われている。それに伴い、関係する学会や研究会、大学や教育センター等で、児童生徒に対する調査研究や原因分析、対策等が議論されている。Comber ら¹⁾の調査によると、我が国の小学生・中学生の理数の成績は国際的に見るとトップレベルであるものの、中学生になると理科や数学が好きな生徒が少なくなることがわかった。国際教育到達度評価学会 (IEA) が 2011 年度に実施した国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2011)²⁾をまとめた表 1 から、小学校理科については年々理科に対する関心は上がっていて、国際平均との差は余りないことが分かる。しかし、中学校理科については、「勉強は楽しい」、「勉強が好きだ」のどちら

らの設問も国際平均を大幅に下回っている。以上のことから、国際平均に比べて日本の児童生徒の理科への関心が低く、特に学年が上がるにつれてその傾向は顕著である。

本論文では、HTML5 を用いた天体シミュレーションによる補助教材の開発とその評価を目的とする。この補助教材は特に小学生の理科の単元である「太陽と月」を題材とする。この単元は内容が難しく、3 次元空間における複数の天体の動きが実際にイメージしにくい。HTML5 ならではの長を活かし、太陽、地球、月の相対位置から月の見え方が一目で理解できる機能も実装する。作成した補助教材を実際の児童生徒、および教育関係者に対して実際に使用してもらい、アンケート調査を実施する。難しい内容を理解できるようになることで理科の楽しさに気づき、やがては理科好きになっていくことを期待する。

表 1. TIMSS における回答の推移。

・勉強は楽しい (％)				
	小学校		中学校	
	算数	理科	数学	理科
平成15(2003)年	65	81	39	59
平成19(2007)年	70	87	40	59
平成23(2011)年	73	90	48	63
国際平均(2011)	84	88	71	80
・勉強が好きだ (％)				
	小学校		中学校	
	算数	理科	数学	理科
平成15(2003)年	70	81	47	62
平成19(2007)年	65	82	36	52
平成23(2011)年	66	83	39	53
国際平均(2011)	81	86	66	76

2. 研究背景

2.1 生徒の理科に対する認識と苦手分野

小学校の学習内容で難しかった内容について調査した山城ら³⁾の研究により、表 2 に示した結果が得られている。「太陽と月」、「星の動き」が 1、2 番目に難しいことがわかる。この単元が難しい理由としては、「言葉や内容が難しい」や、「観察ができないから」などが挙げられている。

^{a)}工学教育研究部教授

^{b)}情報システム工学科

^{c)}宮崎大学工学部教育研究支援技術センター技術職員

表 2. 小学校の学習内容で分かりにくい単元.

小学校の学習内容	(複数回答) (%)					
	小4	小5	小6	中1	中2	中3
3年 人のからだ	7	5	3	10	5	9
4年 水・水・水じょう気	—	9	4	4	5	5
5年 太陽と月	—	13	11	23	20	22
てこのはたらき	—	—	7	12	14	8
天気の変化	—	6	7	13	13	9
6年 星の動き	—	—	15	32	38	41
水溶液の性質	—	—	17	21	20	19
電流のはたらき	—	—	—	17	16	20
大地のでき方	—	—	8	14	11	6

2.2 教師が教えにくい単元

児島ら⁴⁾は、小学校4校で第3学年から第6学年の担任教師49名を対象として、理科で教えにくい単元の調査を行っている。多くの教師が一番教えにくい単元として挙げたのは、図1に示す通り第4学年の「星や月」である。「星や月」は野外での夜間の観察が学習の中心となるため、「天候に左右されること」、「夜なので教師が指導できず、児童がうまく観察できないこと」などの理由が挙げられている。また、全学年に共通して教えにくいとされる単元は、生物、地学分野がほとんどであることが挙げられている。教えにくいと感じる理由は「観察のタイミングが難しいこと」、「時間と手間がかかること」、「良い資料がないこと」などが挙げられる。

児島らは、教育現場でのICT活用の現状・意識についても調査している。その結果を抜粋した表3によると、問い5ではICTを授業で「よく利用する」、「たまに利用する」と答えた教師がおよそ半数しかおらず、ICT活用があまり現場に根付いていない現状がわかる。一方、ICTを授業で利用したことのある人はすべて、理科学習の向上に

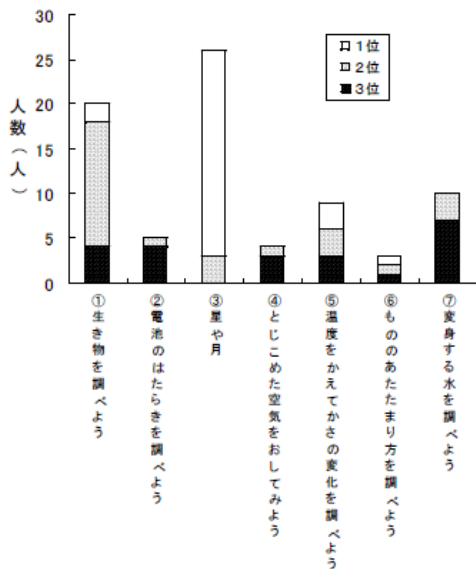


図 1. 理科で教えにくい単元.

表 3. ICT活用の現状・意識調査.

問い	肯定的		否定的	
	よく利用する	たまに利用する	ほとんど利用しない	利用したことがない
5 これまで理科授業でICTを利用したことがありますか	1	23	12	8
6 理科の学習においてICTを利用することは	そう思う	ややそう思う	あまり思わない	全く思わない
7 理科の学習でICTの活用は苦手意識や	ある	少しある	あまりない	全くない
8 活用はありますか	11	16	11	6
9 今後理科で活用した理科授業の普及・	とても期待している	やや期待している	あまり期待していない	全く期待していない
発展に期待していますか	20	21	1	0

ICTは有効かを問うた問い6に対し肯定的な回答を示しており、現場の教師は理科授業におけるICTの活用が児童の学習の向上につながると考えていると推察する。しかし、ICT活用への苦手意識や抵抗感を問うた問い7への回答から分かる通り、ICT活用に対して苦手意識を持っている教師が多く、理由としては操作が難しいという意見がほとんどであった。

3. Web 技術

3.1 HTML5

HTML (HyperText Markup Language) は、ウェブページ作成用の言語として開発され、最新版はHTML5と呼ばれている。HTMLはタグと呼ばれるあらかじめ決められた記号を用いて文書を構造化するマークアップ言語に分類される。HTMLはほとんど文章の構造化を行うための要素で構成され、グラフィックス関連のHTML要素は、静止画をウェブブラウザ上に表示するimg要素しか定義されていない。

ウェブページ作成言語からウェブアプリケーション開発言語へと発展したHTML5ではグラフィックス要素が強化され、新要素としてcanvas要素とsvg要素が定義され、使用用途に応じて柔軟に利用することが可能となった。

3.2 Canvas

Canvasとは、HTML5で新しく登場したグラフィックス要素であり、2次元描画用コンテキスト「Canvas 2D Context」と3次元描画用コンテキスト「WebGL」が用意されている。表4にCanvas 2D ContextとWebGLの比較を示す。この2つのコンテキストによって、追加のプラグインを必要とせず、2次元や3次元のグラフィックスをブラウザ上に表示できる。Canvas 2D Contextは、JavaScriptを用いて任意のピクセルに任意の色を描画することができるため、WebGLを用いることなく3次元グラフィックスも描画することができる。しかし、3Dオブジェクトを2D画像にレンダリングする手段は提供されていないため、ユーザが自ら実装しなければならない。この実装には高度な行列演算を必要とし、計算にも時間がかかるため現実的ではない。そこで、次節で説明するWebGLが開発された。

表 4. Canvas 2D Context と WebGL Context の比較.

項目	Canvas 2D Context	WebGL Context
用途	2D グラフィックス	3D グラフィックス
演算	CPU	GPU
難易度	比較的易しい	非常に難しい
ライブラリ	特に必要なし	Three.js など
描画速度	○	◎
描画品質	◎	◎
実行環境	◎	△

3.3 WebGL

OpenGL は、仮想的に作られた 3 次元空間上のオブジェクトを、任意の視点から 2 次元平面に射影するための演算を半自動で行うことができ、さらにコンピュータのグラフィックデバイス (GPU) を利用して、高速かつ高精度な 3 次元画像を描画することができる。

OpenGL の技術をウェブブラウザ上で実現可能にするための規格が「WebGL」である。WebGL は JavaScript から OpenGL ES 2.0 の関数を呼び出す API として設計されているため、WebGL を利用するには OpenGL ES 2.0 が動作する環境を必要とする。

3.4 Three.js

Three.js は、WebGL を簡単に利用することを目的として開発されたライブラリである。Three.js には 3.2 節で触れた Canvas 2D Context を用いて 3 次元グラフィックス描画を実行するためのモードも実装されているが、3 次元グラフィックスに不可欠な演算に対して GPU による支援がないため、描画クオリティや描画速度は WebGL と比べて劣る。

本教材は、Three.js から WebGL を利用することで、高速かつ精細な 3 次元グラフィックスによる天体シミュレーションを行う。

4. 提案手法

本論文では小学校学習内容の理科の「月と星」、「月と太陽」に注目し、特に太陽と月の位置関係による月の形の見え方の理解の促進に重点を置く。

4.1 月、地球、太陽の動き

実際の月と地球と太陽の動きを理解するための教材である。「月、地球、太陽の動き」では、全体の動きをまず理解してもらうために、一画面に収まる程度に天体の大きさを設定し、自転・公転速度は実際の値にこだわらず分かりやすい値に設定した。月と地球と太陽の動きがどうなっているのか、リアルタイムで動画像を生成しアニメーションとして表示する。

4.2 月、地球、太陽の実際の速さの比

「月、地球、太陽の実際の速さの比」では、実際に月、地球、太陽の自転・公転の速さの比を理解するための教材である。月、地球、太陽それぞれの自転速度と公転速度の整数比を表 5 に示す。「月、地球、太陽の実際の速さの比」では表 5 に示した比を用いて、月、地球、太陽の自転と公転の速度を調整してアニメーションを表示する。

表 5. 自転速度と公転速度の比.

	自転速度の整数比	公転速度の整数比
地球	100	30
月	1	1
太陽	400	

4.3 月、地球、太陽の実際の大きさの比

「月、地球、太陽の実際の大きさの比」では、月、地球、太陽の実際の大きさの比を理解するための教材である。対象とする天体の直径の整数比を表 6 に示す。表 6 に示した整数比を元に、アニメーションを用いて天体を動かす。

表 6. 月、地球、太陽の大きさの比.

	直径の整数比
地球	4
月	1
太陽	400

4.4 光の当たり方による月の見え方

「光の当たり方による月の見え方」では、光の当たり方によって、月の満ち欠けがどのように起こるのかの理解を深めるための教材である。左ドラッグにより月を回転することで光の当たり方が変わり、月の満ち欠けが表示される。Three.js には TrackballControls クラスという、マウスドラッグ、マウスホイールによるカメラ移動を実現するためのクラスがあり、これは、「TrackballControls.js」で定義されている。「トラックボール」とは、マウスに付いているコンピュータ操作の入力装置である。マウス内のボールを転がしてポインタを操作することでカメラの遠近を操作可能である。

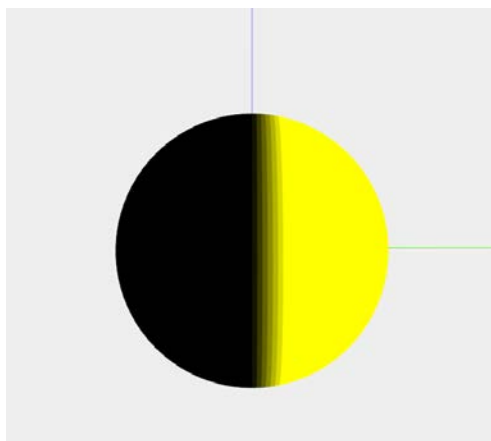


図 2. 「光の当たり方による月の見え方」実行画面.

標準の仕様では左ドラッグにより、オブジェクトはそのままカメラを上下左右に動かすことが可能となっている。本教材では上下の回転は必要ないため、「TrackballControls.js」を変更し、上下の回転を無効化している。また、ホイール回転による拡大、縮小も必要ないため、無効化している。実際の実行画面の例を図 2 に示す。

4.5 八方向の月の見え方

「八方向の月の見え方」では、試験に出題されやすい、8 方向での月の見え方についての教材である。図 3 に実際の実行画面の例を示す。1 から 8 までの位置の月が選択可能で、選択した月に対し、アニメーションでカメラ位置を移動させつつ実際の月の見え方を表示する。④の月を選択した例を図 4 に示す。また、選択した月がわかりやすいように月の色はすべて変えている。

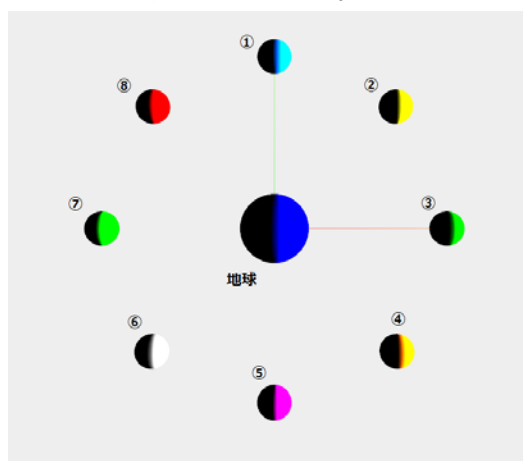


図 3. 「八方向の月の見え方」実行画面.



図 4. 月選択後の実行画面.

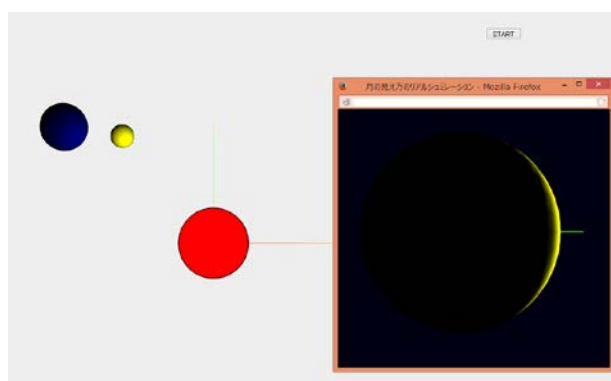


図 5. STOP ボタンを押した後の実行画面.

4.6 月の見え方のリアルシミュレーション

「月の見え方のリアルシミュレーション」ではアニメーションで地球と月を動かし、ある時点での月の見え方を理解する教材である。地球は太陽の周りを、月は地球の周りを公転している様子がアニメーション表示される。そこで STOP ボタンを押すと月と地球が止まり、別窓で天体の相対位置関係に基づき地球から見た月の画像を表示する。STOP ボタンを押した後に表示される画面の例を図 5 に示す。

5. 評価と考察

5.1 アンケート評価

本研究の教材の有効性を評価するために、小学生 2 名、中学生 6 名、高校生 5 名、大人 7 名の合計 20 名を対象に教材に対するアンケート評価を実施した。評価項目は以下の通りで、それぞれに対して 4 段階の評価を行う。

- ① 「月、地球、太陽の動き」は分かりやすかったか
- ② 「月、地球、太陽の実際の速さの比」を実感できたか
- ③ 「月、地球、太陽の実際の大きさの比」を実感できたか
- ④ 「月の光の当たり方による見え方」は分かりやすかったか
- ⑤ 「8 方向の月の見え方」は分かりやすかったか

- ⑥ 「月の見え方のリアルシミュレーション」は分かりやすかったか
- ⑦ 「8方向の月の見え方」や「月見え方のリアルシミュレーション」は実際の問題で役立つと思うか

アンケート調査結果を図6に示す。「月、地球、太陽の実際の大きさの比」以外は、全員が「とても分かりやすかった」、または「分かりやすかった」を選択している。特に「月の見え方のリアルシミュレーション」は最も好評価であった。

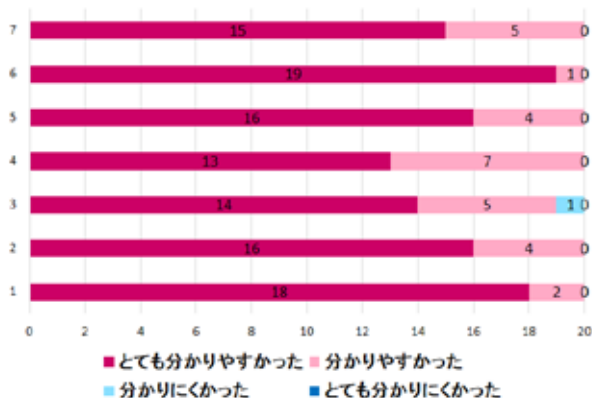


図6. 各項目の調査結果.

5.2 考察

「月、地球、太陽の実際の速さの比」で1名だけ「分かりにくかった」と回答した理由は、月が小さすぎて背景と同化してしまったために見えにくかったことが挙げられる。また、自由意見で「大きさの比較ならば動かさなくてもいいのでは？」との指摘も見られた。

「月の見え方のリアルシミュレーション」で好評価を得た理由は、月と太陽と地球の相対位置と月の見え方の関係を直感的に把握できるためと考えられる。

全体を通しての自由意見として、講師の視点からは、天体分野に関して補助教材を望んでいることがよく分かった。提案手法を応用すれば、中学校の天体分野の補助教材としても役立つであろうと期待を持つ人もいた。生徒の視点からは、分かりやすく、かつ楽しめる教材を望むことが分かった。実際に学校で導入されていたら天体に対する意識も変わっていたかもしれないという意見もあった。

以上のことからHTML5を用いた本教材は補助教材として役立つと言える。

6. おわりに

本論文では、HTML5を用いた小学生理科の補助教材の提案と、それに対する評価を目的とした。この補助教材は、小学生理科の中でも「太陽と月」の単元を題材とした。また、HTML5ならではの特長を活かし、太陽、地球、月の相対位置からインタラクティブ、かつリアルタイムで月の見え方を計算し表示する機能も実装した。作成した補助教材を、実際の児童生徒、および教育関係者に使用してもら

い、アンケート調査を実施した。

提案手法で作成した教材に対しアンケート調査を行った結果、各教材とも「わかりやすい」、「実感できる」と好評価を得られた。しかし、「月、地球、太陽の実際の大きさの比」に関しては、1名だけ「実感できなかった」という回答を得た。これはデザインの問題で、月が背景と同化してしまい、見難くなってしまったことが原因である。

生徒の視点からは、「楽しく学習できるため、学力の向上につながる」との感想が得られた。教師の視点からは、「中学校の単元にも応用できそう。」、「実際に使って教えたい。」などの要望が多く挙げられた。以上のことから、本研究で提案した教材は有効であると言える。

今後の課題は、誰でも操作しやすいようにデザインを工夫すること、中学生向けにも拡張することなどが挙げられる。

参考文献

- 1) L. Comber and J. P. Keeves: Science Education in Nineteen Countries, International studies in evaluation, John Wiley and Sons Inc., 1973.
- 2) 国立教育政策研究所: 国際数学・理科教育動向調査の2011年調査 (timss2011) 国際調査結果報告 (概要), 2011, http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf.
- 3) 山城芳郎, 森本寿文, 廣瀬友良: 理科嫌い・理科離れに関する研究 - 児童生徒および教員を対象とした調査をととして -, 2014, <http://www2.gsn.ed.jp/houkoku/2009c/09c23/09c23h.pdf>.
- 4) 児島理恵, 安藤秀俊: 小学校理科における効果的なICTの活用, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol. 23, No. 2, pp. 71-74, 2008, <http://www.jsse.jp/jsse/kenkyu/080217.pdf>.