

天文分野におけるシミュレーション教材の開発

吉田 誠¹, 内山 哲治²

¹ 宮城教育大学大学院 教科教育専攻 理科教育専修

² 宮城教育大学 教育学部 理科教育講座

現代の学校教育が抱える問題のひとつとして「理科離れ」が挙げられる。理科離れの原因として、生徒自身の興味・関心の欠如もあるが、理科を学ぶ上で重要になってくる「現象をイメージする能力」の欠如も大きな原因である。授業で生徒がイメージしにくい現象を扱う場合、指導者が分かりやすく噛み砕いて現象のイメージを伝える必要がある。現象のイメージを伝えるには、実験を行うことが一番であるが、時間的・経済的に実験の実践が困難である場合が多い。そこで授業中に用いることが容易で、さらに視覚的に現象を再現して伝えることのできるシミュレーション教材の開発を行った。開発環境には、グラフィカル言語「LabVIEW」を用いた。今回は、ニュートン力学の典型的な応用として、3次元空間をイメージする天文分野の教材開発を行った。特に、実際の現象と結びつけるために、星の位置関係や光の放射方向に注意を払い、現象が再現できるシミュレーション作成を試みた。

キーワード：理科離れ、シミュレーション教材、LabVIEW、金星の満ち欠け、月の満ち欠け

1. 研究背景

現代の学校教育が抱える問題の1つに「理科離れ」が挙げられている。「理科離れ」の現状を示す指標としてIEA（国際教育到達度評価学会）によるTIMSS（Trends in International Mathematics and Science Study）と呼ばれる算数・数学および理科の到達度に関する国際的な調査がある。TIMSSの理科に対する生徒の意識調査アンケートによると、「理科は楽しいか？」という質問に対して、「強くそう思う」と答えた小学校4年生の割合は全体の57%であり、国際平均の59%と同程度の結果であった。これに対し、中学校2年生に同様の質問をした結果、「強くそう思う」と答えた生徒の割合は全体の18%であり、国際平均の46%を大きく下回る結果となった[1]。国際平均を見ても学年が上がるにつれて理科が好きだと答える生徒の割合が減少する傾向にあるが、日本では特にそれが顕著である。この

ような理科離れの原因として、生徒自身の興味・関心の欠如もあるが、理科を学ぶ上で重要になってくる「現象をイメージする能力」の欠如も大きいと思われる。授業で生徒がイメージしにくい現象を扱う場合は、指導者が分かりやすく噛み砕いて現象のイメージを伝えることが不可欠であり、最善の方法は実験を行うことである。しかし現実問題として、時間的・経済的に実験の実践が困難である場合が多い。また、中学校などでは理科の授業が暗記中心になってしまっている場合も多く、生徒から現象をイメージする機会を奪っている場合も少なくない。そこでわれわれは、授業中に容易に用いることができ、視覚的に現象を再現して伝えることのできるシミュレーション教材の開発を行った。

2. シミュレーション教材

本研究では、プログラム開発環境にグラフィカ

ル言語「LabVIEW」を用いた。LabVIEWとは、Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbenchの略で、従来のテキスト言語とは異なり、プログラム構築部（ブロックダイアグラム）にVI（Virtual Instruments）と呼ばれるアイコンを配線によって繋ぎプログラムを構築する（図1）。VIはパラメータ制御機や関数など多種多様に用意されており、それらを自由に繋ぎ合わせることで直感的・視覚的にプログラムを作成できるため、プログラミングの初心者にも扱いやすく、短期間で実用的なプログラムを作成することが可能である。

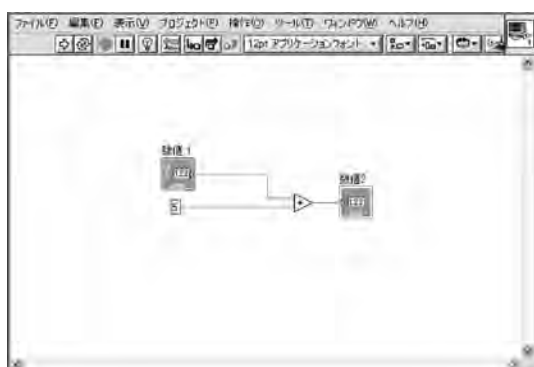


図1 プログラム構築部（ブロックダイアグラム）の例

本研究では、「天文分野」に焦点を当ててシミュレーション教材の開発を行った。天文分野は理科の中でも特に星同士の位置や光線の放射方向などをイメージし、いわゆる空間認識力が強く求められる分野である。天文分野に関して、中学校の教員の方々に伺ったところ、「天文分野は空間認識力が生徒によって異なるため、理解度も差が付きやすい」「方向や位置関係などについて特に混乱を招きやすい分野だ」などの声が挙がった。また「天文分野の実験は規模が大きく丁寧に教えようとすると、実験と座学での学習を絶えず往復することになる。しかし、実際は往復の時間もとれないので、初めに実験を行い、後は座学中心に授業を行う」という声もあった[2]。研究背景で述べたように、現象をイメージし、理解させるには実験を行うことが一番であるが、それができないという現状が顕著に表れている例だと言える。天文

分野で開発を行った理由として、上述の「実験と座学の往復」をしなくとも、座学で現象を実験的に再現できることが必要であると考えたことが一番大きい。そこで今回は、「金星の満ち欠けと等級」「月の満ち欠け」「3次元グラフを用いた太陽系シミュレーション」を開発した。以降の章で開発した教材について述べていく。

3. 金星の満ち欠けと等級

「金星の満ち欠けと等級」は、①金星・地球の公転運動（図2左）による金星の明部と暗部の変化（満ち欠け）（図2右）、②金星-地球間の距離の変化による見かけの大きさの変化（図2右）、③満ち欠けと見かけの大きさから表される金星の明るさ（等級）を表示するシミュレーションである。変更できるパラメータは、金星の外合を基準とした日数で、日数の変化に伴い地球と金星の様子を観察することができる。現行の中学校では、金星の見える時間帯による名称（明けの明星・宵の明星）だけではなく、金星の満ち欠けについても教科書で取り上げられている。この空間配置を生徒に理解させるためには、図2左のような金星・地球・太陽の位置関係を俯瞰しなければならない。このシミュレーションでは、時間（日数）パラメータの変更によって、位置関係や満ち欠けを含めた全ての現象の流れを観察し、視覚的に理解することができる。シミュレーションを開発するにあたり、位置関係では惑星の公転半径を天文距



図2 「金星の満ち欠けと等級」プログラム実行部

離（地球-太陽間を1とする）で統一した。また、地球と金星の位置関係や満ち欠けに重きを置いたため、惑星の大きさを統一し、各公転面を同一平面上とした。

4. 月の満ち欠け

「月の満ち欠け」は、月の公転運動による、①月の満ち欠けの様子と、②地球から見たときの空の様子をシミュレートしたものである。日数と時間を入力することにより、月を観測することができる方位と、その時の満ち欠けの様子を表示することができる。金星と異なり、生徒が月の満ち欠けを理解する場合、太陽光の放射方向や、地球と月の位置関係以外に月の公転運動や地球の自転運動を考慮することが重要である。「月の満ち欠け」では、プログラム実行部（図3左）において、観測者と観測者を基準とした地平線を表示させている。この地平線の様子は、「空の様子」（図3右）の地面とリンクしており、時間パラメータを操作することによって、月が東から昇り、南中し、西に沈むという一連の流れを見ることができる。さらに図3左では、太陽光による地球と月の明部と暗部や、地球の部分に「朝・昼・夕・夜」という文字を加え、観測者の時間帯が分かりやすいように工夫した。



図3 「月の満ち欠け」プログラム実行部

5. 太陽系シミュレーション

惑星間の位置や大小の関係を理解するにあたって、資料集などの文献による数値や絵のみでは生徒がイメージしにくい。実感するには、大きさの

比率が合致するボールなどを用意し、生徒を適切な距離に立たせて観察させることが適切である。しかし、都合の良い大きさのボールがないことや、実験スペースを確保できない場合がほとんどである。太陽系シミュレーション（図4）は、実験をしなくとも、前述の位置関係や大小関係を3次元的に理解させることを目的として開発された。プログラムを実行することで、太陽を中心とした惑星の公転運動を観察することができる。3Dグラフでは、グラフの表示部をドラッグすることにより角度を変更して表示させることができる。また、マウスによって拡大縮小も自由に行うことができるので、必要に応じて視点を変更して表示させる

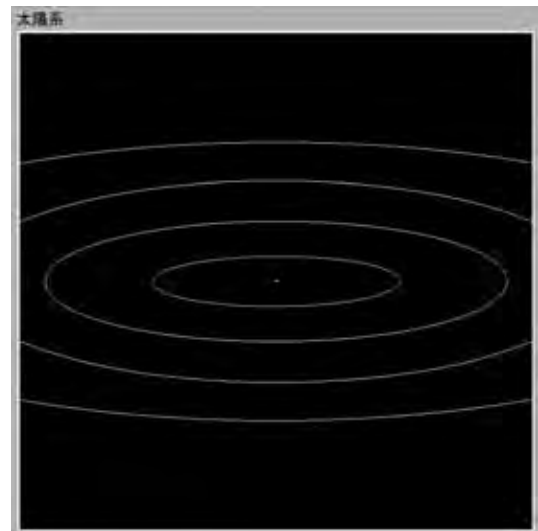


図4 「太陽系シミュレーション」

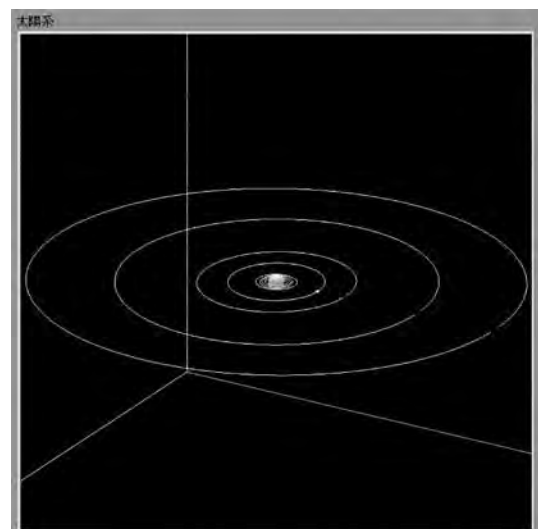


図5 太陽系シミュレーション（距離任意スケール）

ことができる。太陽系シミュレーションを開発するにあたり、星の大きさおよび距離を正確に設定すると、惑星同士の位置関係が不明瞭になった。そこで、太陽系全体をイメージさせるために、星の大きさの比率と惑星間距離の比率を正確にし、星の大きさと惑星間距離を任意スケールにしたパターンでのシミュレーション（図5）も開発した。図5のシミュレーションを扱う場合は、距離間について予め十分指導をしてから見せる必要がある。

6. まとめ

今回 LabVIEW を用いて、「金星の満ち欠けと等級」「月の満ち欠け」「太陽系シミュレーション」を開発した。これらはいずれも「実験が困難な場合において現象の理解ができるよう、授業内で用いることのできるシミュレーション」という目的の下、開発したものである。実験の代わりに担うため、何よりも視覚的に現象の様子を表現することを重視した。今後、中学校において授業実践を行い、シミュレーション教材の有用性を検証したいと考えている。

なお、本論文で紹介したプログラムは、宮城教育大学 内山研究室のホームページ [3] でフリーソフトとして公開する予定である。

参考文献

- [1] 国立教育政策研究所
<http://www.nier.go.jp/index.html>
- [2] 私信：宮城教育大学附属中学校教員
- [3] 宮城教育大学 内山研究室
<http://supercond.miyakyo-u.ac.jp/>