

自走式太陽日周運動再現モデル実験装置の開発

北海道立理科教育センター 岡本 研*

目 的

2004年に、小学生の4割強が「太陽は地球のまわりを回っている（国立天文台）」と考えていることがわかり、話題となった。現在の学習指導要領で天体の運行について総合的に学ぶのは中学校3年生であり、ここで初めて地球の公転・地軸の傾きと、太陽高度や四季との関係について学ぶが、その時点の理解度には相当な個人差がある可能性がある。

中学校理科の教科書では、天球の図を用いて太陽や天体の日周運動を説明したり、地球が地軸を傾けたまま太陽の周りを公転している図を用いて、四季の変化を説明したりしている（図1）。こうした図により、地球から観測される基本的な天体の運行等について理解させる流れとなっている。しかし、図から考えていくためには、生徒は頭の中で太陽と地球の互いの位置関係や動きについて想像し、視点を変換するといった高度な三次元的空間把握の作業が必要となる。この空間把握を頭の中で行うという作業は、自然現象（季節による太陽高度の変化等）を科学的に考察するという意味において非常に効果的ではあるが、実感を持って理解するのは難しい。

実感を持ってないもうひとつの大きな理由として、我々は「大地は不動であり、太陽が回っている」という「日常感覚」を持っているということがあげられる。この感覚の延長が先に述べたような、小学生が「太陽が回っている」と答えたことにもつながっている。教科書の図は、宇宙空間から見た図であり、我々の“大地は不動”という日常感覚とは大きな隔りがある。

そこで、我々が日常的に観察している、「東から太陽が昇り、昼に最高点に達し、西に沈む。夏はその高度が高く、冬は低い」という現象を、“大地は不動”の状態でも再現する方法はないものかと考えた。さらに、教科書に示されている宇宙から見た太陽と地球の図と、「大地は不動であり、太陽が回っている」という感覚とを結びつけることができれば、生徒が頭の中で理解したものを、実感を持った理解に変えることができると考えた。そのためには、宇宙から見た地球と、地球（地上）から見た太陽の動きの両方を示すことのできるモデルが必要となる。

概 要

今回開発した自走式太陽日周運動再現モデル実験装置（“お巡りSUN”と名付けた）は、地球と太陽に見立てた2つの球を棒でつなぎ、地球の内部に低速で回転（自転）するオルゴールが仕込まれており、オルゴールの回転によって地球が自転する仕組みである（図2）。

太陽を固定して見た場合は（図3）、宇宙空間から見た太陽と地球であるが、回転する地球を手で持って固定した場合は（図4）、地平面が不動となり、視点を地平面に置くことにより、地上から見た太陽の日周運動が再現される。これまでも太陽と地球の関係を理解させるためのモデルは数多く考案されてきた。しかし、本教材がこうしたモデルと決定的に異なる点は、自転する地球を固定することによって、太陽が相対的に回転運動（日周運動）をするようになる点である。つまり、ひとつのモデルで宇宙空間から見た状態と、“大地は不動”の状態の両方を示すことができるということである。さらに、地球が動力によって回転（自転）するため、実際の天体の動きが自動的に再現される点も新しいアイデアである。

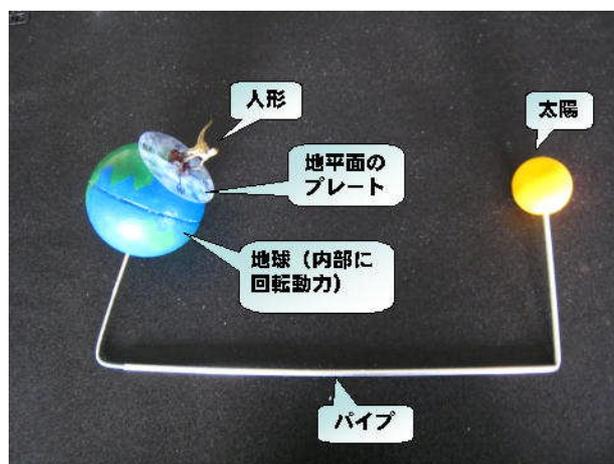


図2 開発教材“お巡りSUN”

教材・教具の製作方法

作成に必要なものは、オルゴール（又はおもちゃ内蔵のゼンマイ）、アルミパイプ、発泡スチロール半球等、安価で入手しやすいものばかりであり、材料費は1台に



図3 宇宙からの視点



図4 地上からの視点

材料費は1台につき500～1000円程度である。作成時間も着色等の時間を除けば、30分ほどで完成する。以下に作成の手順を示す(図5)。

- (1) 発泡スチロール半球の表面に陸と海を着色する。
- (2) オルゴール(ゼンマイ)のネジ部分に長ナットを取り付け、反対側に長ネジを取り付ける。
- (3) CD等の円盤にオルゴール(ゼンマイ)を接着し、

- CDを発泡スチロール半球に取り付ける。
- (4) 地平面に見立てた円形のプラスチックプレートに方位を記入し、中心に人形を固定し、日本付近に取り付ける。
- (5) 長ネジを曲げ、地軸の傾きに角度を合わせる。
- (6) アルミニウムパイプの先端に、太陽に見立てた発泡スチロール球を差し込む。

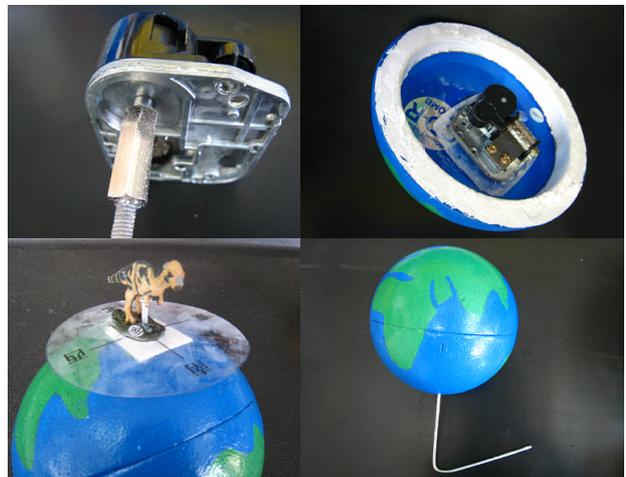


図5 教材作成の方法



図6 太陽の日周運動の再現(左:日の出 中央:南中 右:日の入り)

学習指導方法

お巡りSUNを授業で効果的に活用するための簡単な学習プログラムを考えた。

(1) 「方位」についての理解

モデルの人形に合わせて生徒も南を向いて立たせ、現在の自分が宇宙空間内でどのような状態になっているのかを観察させ、「方位」の意味を理解させる。

(2) 宇宙からの視点での地球の自転の理解

地球と太陽をつないでいるパイプを持つことによって太陽を固定し、地球内部のオルゴールを回転させて、宇宙空間での地球の動き(自転)や昼夜について理解させる。また、教科書の図も見せながら、授業内容の確認を行い、平面から立体へのイメージ化を進めさせる。

(3) 相対運動としての太陽の日周運動の理解

オルゴールを回転させながら地球を手で固定し、地平面に顔を近づけて、人形の後ろから南の方向を見ることによって、朝には東方の地平線から太陽が昇り、しだいに高度を増し、夕方には西方に沈んでいく様子が観察さ

れる。このことから、太陽の日周運動が地球の自転との相対運動であることを実感を持って理解させる。

(4) 季節による太陽高度の変化の理解

地軸の傾きを夏の設定にすると、北半球では南中高度が高くなる。また、地軸の傾きを逆向きにすることにより、冬の状態をつくり出し、四季の変化が地球の地軸の傾きによるものであることを理解させる。

実践効果

I. 中学校での実践

札幌市内の2校の中学校において、授業実践を行った(計8クラス 258名)。協力をいただいたのは、札幌市立岸岸中学校3年生(4クラス 134名)と札幌市立宮の森中学校3年生(4クラス 124名)である。各校6台ずつのモデル実験装置を用いて授業を実施していただいた。授業の際に行った開発教材に関するアンケート結果を以下に示す(表1)。

表1

①「地球上での方位の意味」がわかりやすくなりますか			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
50%	39%	10%	1%
②「宇宙から見た地球の動き」がわかりやすくなりますか			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
53%	38%	8%	1%
③「太陽の動きは地球の自転によるものであること」がわかりやすくなりますか			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
66%	34%	0%	0%
④「季節によって太陽の高さが変化するのは地軸の傾きによること」がわかりやすくなりますか			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
66%	34%	0%	0%
⑤お巡りSUNを使ってみて、太陽や地球の動きに興味が湧いてきましたか			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
36%	42%	17%	5%

いずれの質問に対しても「そう思う」及び「少しそう思う」との肯定的な回答が多く、特に「③太陽の動きは地球の自転によること」と、「④季節によって太陽の高さが変化するのは地軸の傾きによること」に対する回答において最も高い評価が得られたことは、この教材が課題に対して効果的であることを示している。

II. 教員研修での実践

当センターにおいて、開発教材を用いた中学校教員の理科教育研修講座（22名）を実施した。その際の講座アンケートの結果を以下に示す（表2）。質問内容は学習指導要領のねらいに準じた。

表2

①宇宙から見た地球の運動を理解するのに役立つと思いますか。			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
73%	27%	0%	0%
②太陽の日周運動が地球の自転による相対運動であることを理解するのに役立つと思いますか。			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
82%	18%	0%	0%

③季節による太陽の南中高度の変化を、地球の公転と地軸の傾きと関連させて理解するのに役立つと思いますか。			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
41%	45%	14%	0%
④生徒が太陽や地球の運動に対して興味・関心を高めるのに役立つと思いますか。			
そう思う	少しそう思う	あまり思わない	全く思わない
82%	18%	0%	0%

教員アンケートにおいても、生徒と同様にいずれの質問に対しても「そう思う」及び「少しそう思う」との肯定的な回答が多く、高い評価を得ることができた。しかし、「質問③ 季節によって太陽の高さが変化する理由」がやや低い評価となったが、教員研修講座の際に用いたモデルは、アルミパイプを曲げて地軸の傾きを変えようという不安定な構造を持ったものであったことが原因と考えられ、意見を参考にその後改良を加えている。また、「質問④ 生徒が太陽や地球の運動に対して興味・関心を高める」に対して教員が100%の肯定率を示したのに対し、生徒のアンケート結果（質問⑤）では全質問中最も低い肯定率を示しており、教師と生徒の感じ方とではややずれが見られた。

III. 教員・生徒の感想

自由記述欄の感想として、次のようなものがあった。

【教員の感想】

- ・地球と太陽のどちらを固定するかによって自転と公転をよく理解できる、よい教材だ。
- ・地球を固定したときに地平線に沈んだ後の太陽の動きを理解させることができる。
- ・太陽の日周運動と地球の自転との関係がとてもわかりやすい教材だ。
- ・季節による太陽の高度変化がわかる。
- ・方位についての考え方の確認もできる。

【生徒の感想】

- ・太陽の位置と地球の位置が両方視野に入って見やすかった。
- ・実際に目の前で回ってくれるので、理解しやすいです。
- ・地球から見ている太陽のようすや、太陽からの地球のようすがわかりやすくて良かった。
- ・実際の地球の動きや太陽の動きが立体なのでわかりやすかったです。
- ・自分が立っている場所や天体のようすがすごくわかりやすくていいと思いました。
- ・お巡りSUNを使ってみて、地球のまわりを太陽

が周っているって事がわかった。

- ・特に日周運動が分かりやすく，図でかかれたものよりも理解できました。
- ・教科書を見て頭で考えるより，より具体的でわかりやすいです。
- ・すごい教材だなあと思いました。全国の理科の授業に使ってみるといいと思います。
- ・季節の変わり方や星の位置・見え方がなぜ変わるのか良くわかりました。

IV. 教育的効果

講座を受講した教員と授業を受けた生徒から高い評価を得ることができた。今回の研究と実践によってわかった本教材の教育的効果等について以下にまとめる。

- (1) 太陽の運行が地球の自転による相対運動であることを理解させるのに効果的である。
- (2) 季節による太陽高度の変化が，地軸の傾きによるものであることを理解させるのに効果的である。
- (3) 本教材を用いることによって，楽しく実感を持って学ぶことができる（生徒の様子や感想から）。
- (4) 教員からも生徒からも，本教材は魅力的な教材と受け止められた（教員アンケート自由記述から）。

V. 今後の課題

教員や生徒からはいくつかの改善すべき点の指摘もあり，さらなる工夫改善が必要である。しかし，教材の普及のためには，作製が手軽であることも大切な要素であると考えており，太陽に光源を用いるといった提案については今のところ着手していない。今後の検討課題としては次のようなものがある。

- ・強度など，構造上の工夫
- ・様々な緯度から観察できるような仕組みの工夫
- ・恒星の日周運動（北天）の再現モデルの作製
- ・地軸の傾きを変えるための仕組みの工夫
- ・大型の教材の作製
- ・回転動力の検討

その他補遺事項

本研究を行うにあたり，札幌市立平岸中学校の高橋伸充教諭，札幌市立宮の森中学校の今井貴教諭・森山正樹教諭には，授業実践や生徒アンケートへ等のご協力をいただいた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 縣秀彦 理科教育崩壊 ～天動説を支持する小学生は4割～ 科学7月号 岩波書店 2004
- 2) 未来へ広がるサイエンス 中学校理科第2分野下 啓林館