岡本　研

自走式太陽日周運動再現モデル実験装置“お巡りＳＵＮ”の開発

岡本　研

我々は“大地は不動”という感覚を持って生活している。地球の自転による太陽の日周運動の仕組みを三次元的にイメージすることは，生徒にとっても教師にとっても難しい。この天文学習の根幹ともいえる部分で，生徒の日常感覚と天文学習を効果的に結びつけるための新教材を開発した。

[キーワード]　天文分野　中学校理科　太陽　日周運動　空間把握　科学的思考力

はじめに

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」と考えていることがわかり，話題となった（国立天文台）。現在の学習指導要領では，天体の運行について総合的に学ぶのは，中学校３年生になってからであり，ここで初めて地球の公転や地軸の傾きと太陽高度や四季の変化との関係について学ぶ。情報化社会の中で，中学校３年生になるまで地球の自転に関する知識のない生徒がいるとは考えにくいが，授業の中で系統的に学んできたわけではないことを考えると，その時点での理解度には相当な個人差がある可能性がある。また，天体の位置関係や運行に関する学習は，三次元的な空間把握やイメージ化が非常に困難な分野であり，生徒も教師も“苦労している”状況にある。

１　研究目的

中学校の理科のすべての教科書では，太陽や天体の日周運動を説明するために，天球の図を用いたり，あるいは地軸が傾いた地球が太陽の周りを公転している様子が示されたりしている（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

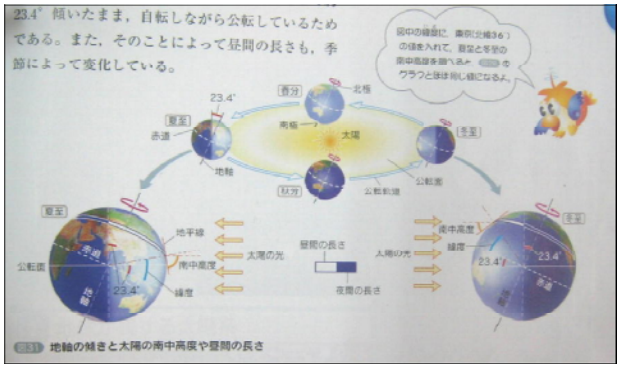


図１　教科書の説明図（啓林館）

理解させる流れになっている。しかし，二次元の図から天体の運行等を考えていくには，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，三次元的な空間把握といった高度な変換作業が必要となる。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，頭の中だけで行うのでは，実感を持って理解するという状況にはほど遠い。

実感を持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に，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，宇宙から見た図として地球が自転している様子を示しており，我々の持っている“大地は不動”という日常感覚とは大きな隔たりがある。

２　モデル開発の必要性

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。今回の開発教材“お巡りＳＵＮ”は，まさにそういうモデル実験装置なのである。

３　「お巡りＳＵＮ」とは

“お巡りＳＵＮ”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，宇宙から見た太陽と地球であるが（図３），回転する地球を手で持って固定することによって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（図４）。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が，“お巡りＳＵＮ”がこうしたモデルと決定的に異なる点は，地球

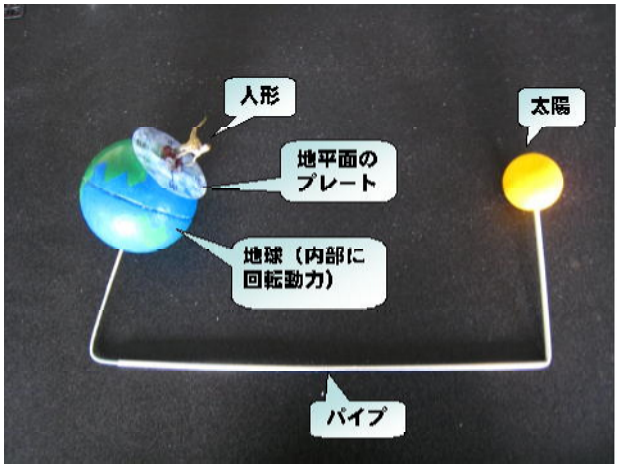


図２　開発教材“お巡りＳＵＮ”

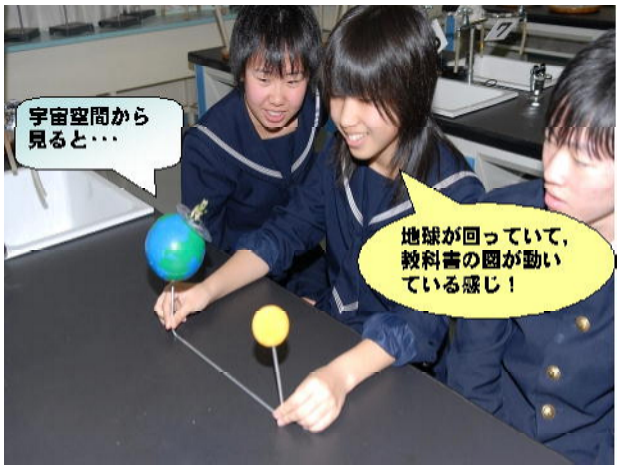


図３　宇宙から見た太陽と地球

図４　地上から見た太陽の運動

も太陽も固定されておらず，自転する地球を固定すると，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，

宇宙から見た状態と，“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，実際の太陽の動きが自動的に再現される点も新しいアイディアである。

【お巡りＳＵＮの特徴】
○　宇宙から見た地球と，地上から見た太陽の運動を両方とも再現できる。
○　地球が動力によって自転するため，相対的な太陽の動き（日周運動）が自動的に再現できる。
○　自分の手で操作し，自分の目で太陽の運動を見ることができる。
○　教科書で学ぶ内容と，日常的な感覚とを結びつけることができる。
○　作製が簡単で，材料費も安価である。

４　お巡りＳＵＮの作製方法

作製に必要なものは，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台に付き500～1000円程度である。作製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。

(1) 発泡スチロール半球の表面に陸と海を描く（図５）。
(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（図６）。
(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（図７）。
(4) 円形のプラスチックプレートを地平面に見立て，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（図８）。
(5) 長ネジを曲げ，地軸の傾きに角度を合わせる（図９）。
(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　陸と海を描く

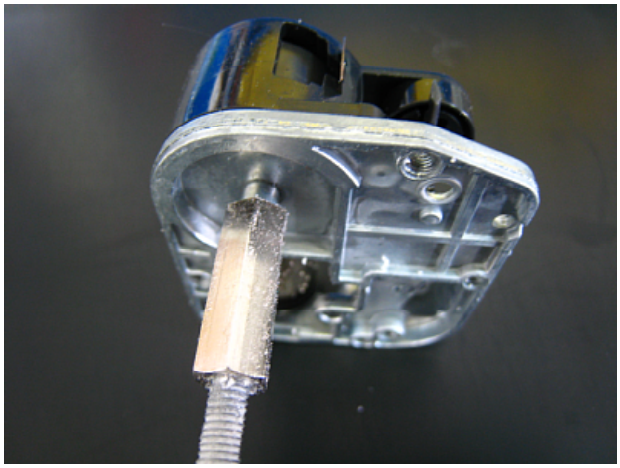


図６　オルゴールに長ネジを取り付ける

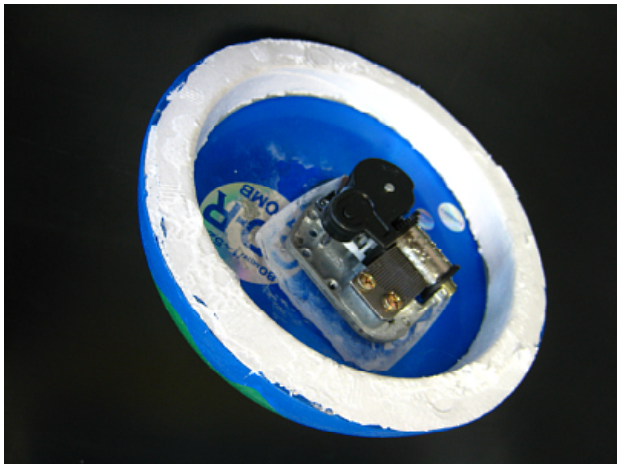


図７　オルゴールの取り付け

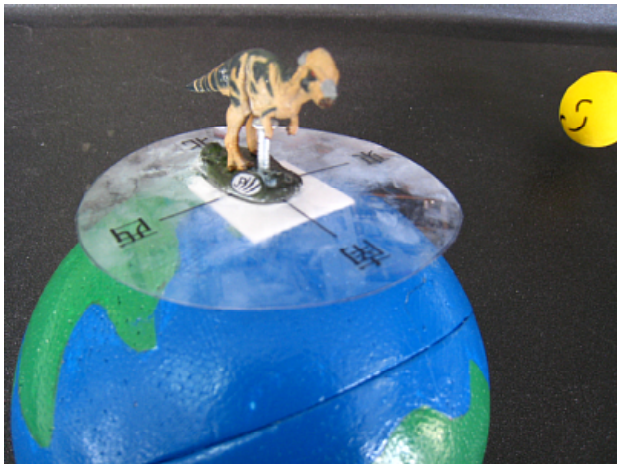


図８　地平面の作製と取り付け

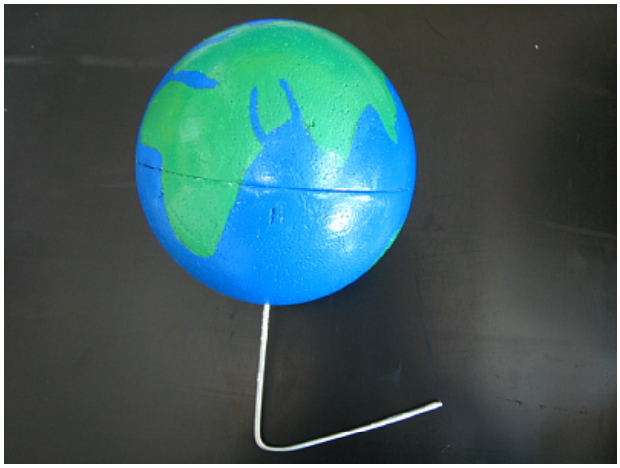


図９　地軸を傾かせる

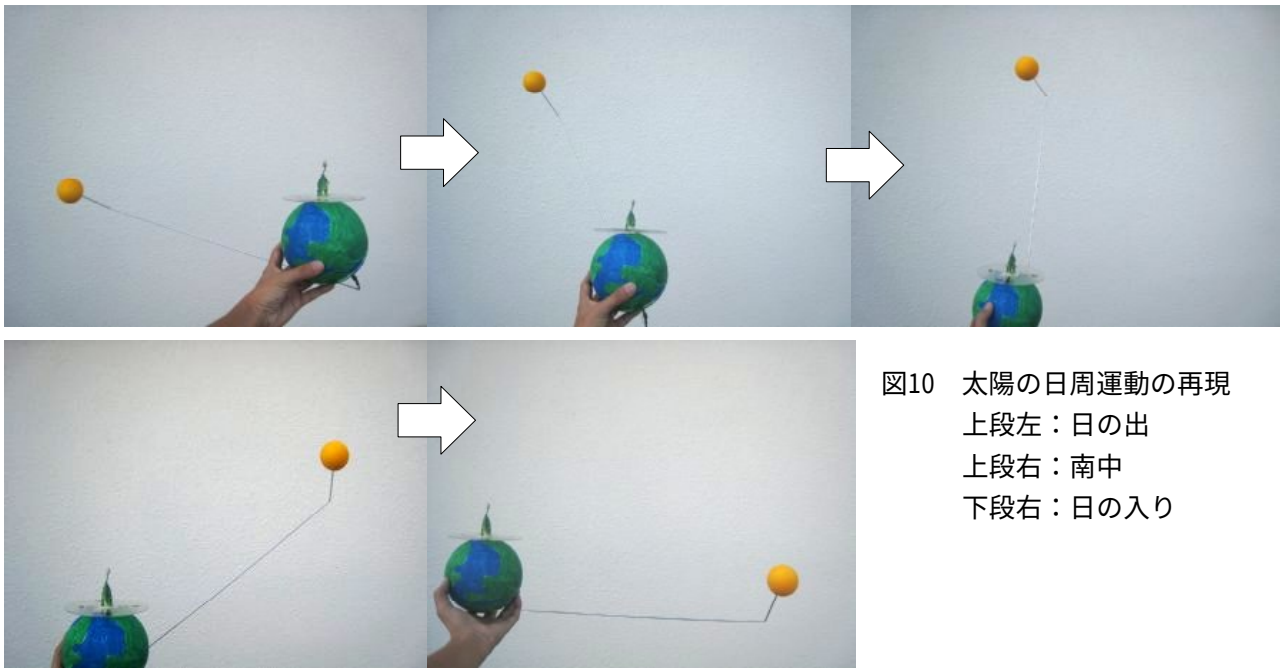


図10　太陽の日周運動の再現
上段左：日の出
上段右：南中
下段右：日の入り

５　お巡りＳＵＮの効果的な活用法

お巡りＳＵＮを授業で効果的に活用するために，簡単な学習プログラムを考えた。

(1)「方位」についての理解

南を向いているモデルの人形に合わせて，生徒も南を向き，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」の基準を理解させる。

(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，教科書の図も使いながら，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を観察させる。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。

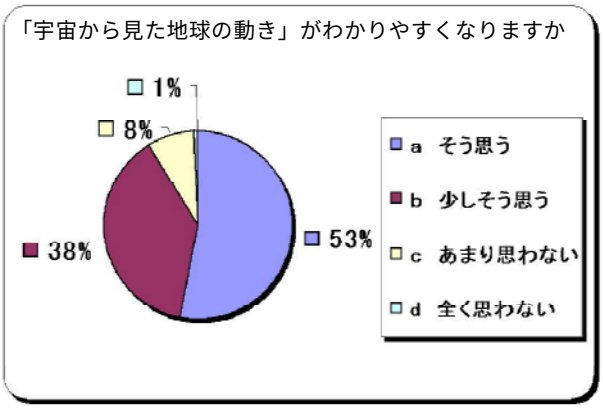
(4) 季節による太陽高度の変化の理解

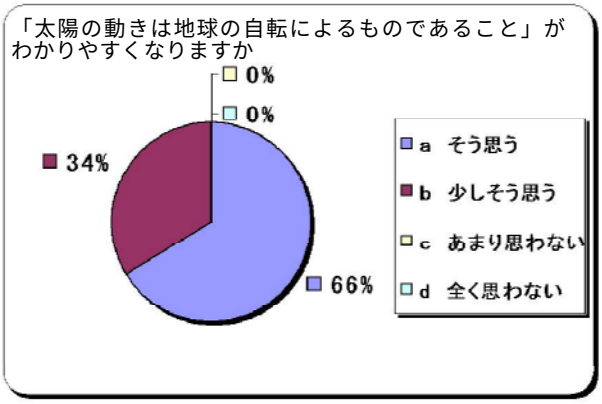
地軸の傾きを夏の設定にすると，北半球では南中高度が高くなる。また，地軸の傾きを逆向きにすることにより，冬の状態をつくりだすこともでき，四季が地球の地軸の傾きによるものであることを理解させる。

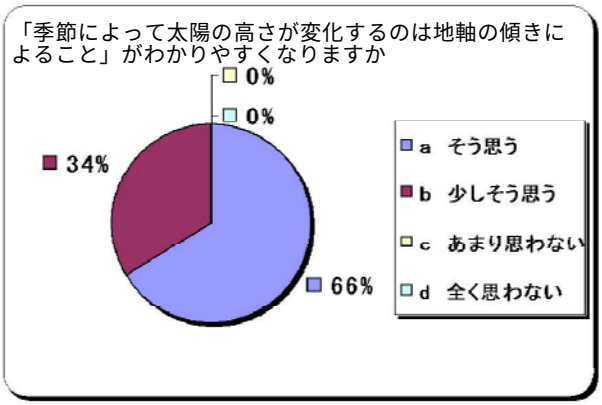
6　実践研究

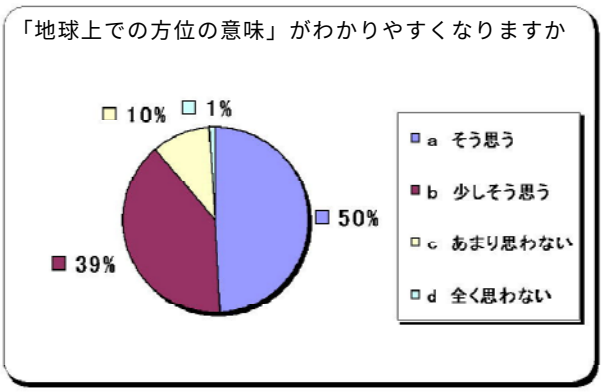
(1) 中学校での実践

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，札幌市立平岸中学校（４クラス　134名）と札幌市立宮の森中学校（４クラス　124名）である。各校６台ずつのお巡りＳＵＮ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してのアンケート結果を以下に示す。









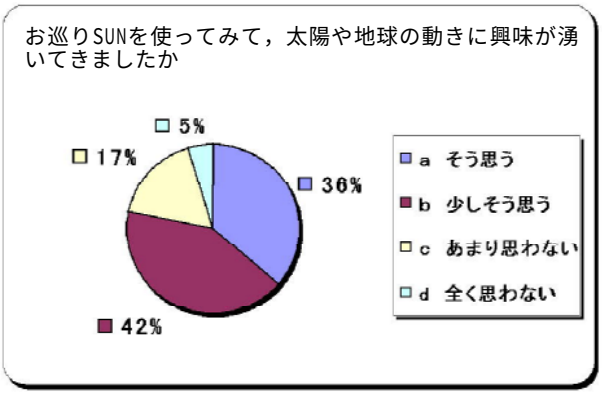


図11　授業の様子（札幌市立宮の森中学校）

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「太陽の動きは地球の自転によるものであること」と，「季節によって太陽の高さが変化する理由」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。

(2) 教員研修講座での実践

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

【質問項目】

① お巡りＳＵＮは，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。

② お巡りＳＵＮは，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。

③ お巡りＳＵＮは，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。

④ お巡りＳＵＮは，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。

表　中学校教員のアンケート結果

質問項目	肯定率
① 宇宙から見た地球の運動を理解するのに役立つか。	100%
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か。	100%
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か。	86%
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か。	100%

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，教員が「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100%の肯定率を示したのに対し，生徒のアンケート結果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ではややずれが見られた。

また，「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る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。さらに自由記述欄の意見として，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できていない生徒も多く，そこを理解させることができ，素晴らしい。
・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。
・視覚的にわかりやすい。
・自転軸の傾きを変化させることができるとよい。
・人形の位置を変えることができると，白夜なども理解させられるのでは。
・地軸があると，よりわかりやすくなりそうだ。
・パイプの角度を変えて季節の違いを出すところがもう少し簡単になるとよい。
・地表からの観点がよい。
・三球儀などよりずっとわかりやすい。
・とても興味を持った。
・季節による太陽の高度変化がわかる。
・太陽にも動力が入っていると，公転も再現できるのでは。
・素晴らしい。材料費を払ってでも作製してみたい。
・オルゴールが大変良い（心が和む）。・
・動力部分がオルゴールという発想が素晴らしい。
・太陽の色を変え，日の出，南中，日の入りがわかるようにしてはどうか。
・方位についての考え方の確認として，地面に見立てたプラスチック板と人形がとても役立つ。
・太陽を見る角度がずれると，南中高度の変化がわからなくなることもあるかもしれない。
・アルミパイプの接合部を夏至，秋分，冬至の３段階にするとさらに有効だ。
・太陽を電球にすれば，自転と昼夜の長さ測定にも使えるのでは。
・地球をもう少し大きくすると地面を感覚的にとらえやすくなるのでは。
・自動でゆっくり回る機能は，金星の満ち欠けの教材にも使えそうだ。
・相対運動を理解するときには，地面部分の板を大きくするとよりはっきりする。
・楽しい教材で，素晴らしい。
・作製が大変そうだが，作製してみようと思う。
・太陽を光源にし，角度変更機能を追加し，地球を大型化するという改良を加えたい。
・全体にもう少し大きくしてもよいのでは。
・太陽が東から昇って西へ沈む，夜は見えない，ということが理解できるシステムに感動した。
・実技研究会で紹介し，作ってみたい。
・ＣＤ板の位置を変えて太陽の動きを調べる活動もおもしろいのでは。
・詳しい作り方や材料の入手方法をホームページ等で公開して欲しい。

【生徒の感想】
・太陽がクルクル回って，分かりやすかった。
・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。
・とてもわかりやすかったので，他の学校でも使った方が良いと思った。
・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。
・わかりやすかったし，楽しかった。
・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。
・授業で使って，授業の内容が分かりやすくなりました。
・教科書を見て頭で考えるより，お巡りＳＵＮを使って観察した方がより具体的でわかりやすいです。
・すごい教材だなぁと思いました。全国の理科の授業に使ってみるといいと思います。
・地軸の向きの変化がわかった。
・月バージョンも作って欲しい。
・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。
・太陽を光るようにするともっとわかるのでは。
・もう少し回転が早いほうが見やすい。
・商品化してはどうだろうか。
・簡単なつくりでわかりやすいので，いいと思います。
・安く作っているのに，とても便利です。
・この教材は少し難しいのではないかと思います。
・良くこんなの思いついたなぁと思った。
・少ししか理解できなかったかなと思う。
・オルゴールの音がうるさい。ギヤ比を低くしたモーターはどうでしょう。

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，今回開発した教材が，現存の教材では十分に教え切れていない部分を埋めることができるものであり，教員にとっても生徒にとっても魅力的な教材であることがわかった。いくつかの改善すべき点の指摘もあり，さらなる工夫も必要であるが，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。なお，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
・様々な緯度で太陽の運動が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

まとめ

本研究により，お巡りＳＵＮの教育的効果等について，以下のことがわかった。

(1) お巡りＳＵＮは，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させるのに効果的である。
(2) お巡りＳＵＮは，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) お巡りＳＵＮ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，お巡りＳＵＮ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）。

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

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

（おかもと　きわむ　地学研究室長）