

時間的・空間的な視点で宇宙を捉えるための天球モデルの開発

空間概念を段階的に拡張させ、見通しをもって観察を行わせる工夫

東京都練馬区立開進第四中学校 上田 尊

1 はじめに

新学習指導要領では、理科を学ぶ本質的な意義の中核として、理科の見方・考え方を働かせて資質・能力を育成することが明記された。中でも地学分野では、時間的・空間的な見方・考え方が大切である。今回は、地球（観測者）からの視点と宇宙からの視点の切り替えが容易で、位置関係と時間の流れを捉える天球モデルの開発をしたので報告する。

2 研究のねらい

宇宙の單元では、以前から「天球」という概念を用いて、空に見える星々の位置関係を捉えてきた。太陽の日周運動では、透明半球を用いて、天球上の通り道を観測したり、大きな透明半球を用いて、空が天球上であることを意識させたりしてきた。

透明半球を用いることの利点は、宇宙から見たときの太陽と地球の位置関係と、地球から見える太陽の位置をモデルとして再現できることにある。これは、時間的・空間的な見方を働かせて、観測結果を分析して解釈する資質能力を高めることにつながる。また、天体の観測を地球の視点で行うことから、モデルを使って宇宙での位置関係の仮説を立てることができる。仮説による様々な考え方は、モデルによる仮説が正しいか正しくないか振り返る能力も育てることができると考えている。

本事例では、天球のサイズは変えず、地球の大きさを本物の地球、地球儀、直径3cmの地球と小さくすることで、同じ大きさの天球を観測点で拡張させるモデルを作製した。この天球モデルを用いて、空間的な見方を段階的に働かせられるように工夫した。

3 研究の方法

(1) 指導計画

観測者の視点を移動させることで、天体の運動と見え方を関連させて捉えるために、繰り返し視点を

切り替える作業を行っていく必要がある。

「天体の動きと地球の自転・公転」の指導計画では、毎回の授業で視点の切り換えと位置関係を意識させるためにモデルを毎回活用する指導計画を立てた。

「天体の動きと地球の自転・公転」

指導計画（全10時間扱い）

時	学習活動	使用するモデル
1 2	太陽の一日の動き	半球モデル
3	地球の自転と方位と時刻	ミニ地球
4 5	☆星の一日の動き	全球モデル
6 7	天体の一年の動き	星座ベルト ミニ地球 全球モデル
8 9	地軸の傾きと季節の変化	ミニ地球 全球モデル
10	まとめ	全球モデル

☆巻末添付資料「学習指導案」参照

また、月の満ち欠けにおいても、全球モデルを用いた指導方法を検討した。

(2) 教具の開発

① ミニ地球モデルの作製

宇宙から地球を俯瞰して考えることができるよう、爪楊枝を刺した直径3cmの発泡ポリスチレン球に赤道と地球を描かせた（図1）。画鋲に方位を記し、日本の位置に刺して、観測地点における方位について考えさせた。



図1 ミニ地球の作製

②全球天球モデルの作製

全球モデルは、透明半球を二つを重ねて作製した。



図2 全球モデル 図3 地平線シート 図4 地球からの視点

③地平線シート (図3)

地球からの視点で天球を観察するとき、地平線の下で見えない部分と、地平線の上で軌道が見える部分を区別し、観察できる方位を理解させるために作製した。また、太陽の位置によって、地軸の傾きが変わるときの太陽の高度が変化させられるように切り込みを入れた。

④時刻ベルト (図5)

太陽の日周運動を表すとき、日が昇ったり、沈んだりする時間や太陽の見える位置の時刻を表すことができる。全球モデルにかぶせて使用する。

⑤星座ベルト (図6)

黄道12星座を書き込んだベルトである。宇宙からの視点で地球の公転による位置関係を示し、地球から地球の自転によってみることのできる天体について考える。

また、時刻ベルトと重ねることで、黄道を示すことができる。太陽の向こう側にある星座は昼の空にあり見られないことがわかる。また、この星座ベルトを全球モデルに重ねることで、地球からの星座の見え方を確認できる。

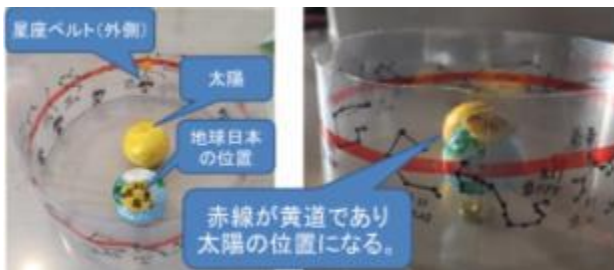


図5 公転面の真上から見た視点 図6 公転面の真横から見た視点

⑥月の満ち欠けベルト

太陽と月の位置関係と月の満ち欠け(図7)。ミニ月モデルを利用し、太陽と月との位置関係から地球が真ん中にあるときの見え方をシールにして時刻ベルトに貼って使用する。

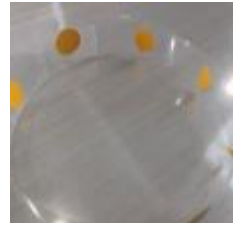


図7 満ち欠けベルト



図8 太陽の一日の動き

(3)透明半球を用いた太陽日周運動の観察

直径10cmの小型透明半球で、太陽の日周運動を一人に1つ記録させた(図8)。

(4)地球儀に半球を用いた太陽の日周運動の実習

(3)で日周運動を記録した半球を地球儀に貼り付けることで、地球が自転したときの太陽(光源)の動きを記録させる(図9)または、ペンをたいようとして、半球上にペン先を当て、地球儀を回して軌道を描く。



図9 地球儀に半球を貼りつける

(5)ミニ地球に透明半球を2つ重ね合わせた

全球モデルを用いた天体の日周運動

ここでは天球を2つ組み合わせて、天球を全球に拡張させたモデル実習を行った。図2のように、天頂が日本の真上になるように、竹串を刺し、地球が自転すると天球も回るようにした。この全球モデルに地平線シート(図3)をはさむと、観測地点から見える天体の出入りと動きを表すモデルになる(図4)。天球上に星シールを貼り、地球を自転させる係とペン(天体)の係に分担し、その場所に見られる天体の見かけの動きが、地球の自転とともに、どのように動いて見えるか実習させた(図10)。



図10 天体の日周運動を書き込む

(6)全球モデルを用いた天体の年周運動

年周運動を確かめるため、ミニ地球と星座ベルトでモデル実習を行う(図8, 9)。その後、地球からの見え方を再現するために、全球モデルに星座ベル

トをかぶせて天球儀を作り（図 11）、地球からの見え方を確認する。また、その星座が見えている時刻は、星座ベルトに時刻ベルトを重ねることで、地平線シートの間から確認できる（図 12、



図 11 星座・時刻ベルトをかぶせる

13)。そして、恒星が時間とともにどのように動いて見えるのかを表現できるようにする。



図 12 シート下に現在時刻

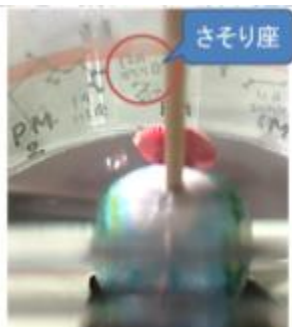


図 13 左図の時刻に南中する星座

(7) 生徒の自己評価

単元指導終了後、生徒には 10 項目の自己評価をさせた。平成 25 年から単元終了毎に必ず全生徒に行っている。平成 27 年度にこの単元を行った自己評価と今回の自己評価から、生徒の単元の学習に対する変容を分析した。

表 2 自己評価の内容

	評価内容
1	この単元の学習内容について興味を持つことができたか。
2	観察・実験を行う際、実験道具を強力して準備できたか。
3	透明半球に太陽の通り道を適切に処理できたか。
4	ノートには黒板の内容だけでなく、先生の話もメモして書くことができたか。
5	天体を俯瞰（視点の切り替え）することの大切さを理解できたか。
6	月や星座の継続観測をしっかりと行うことができたか。
7	地球から観測できる星々から宇宙の位置関係などを把握できるようになったか。
8	考察を書くことが好きになってきたか。
9	予想から考察まで見通しをもって観察・実験に取り組むようになってきたか。
10	結果と考察の違いを理解できるようになってきたか。

(8) 生徒の授業後の感想

単元終了後、生徒にモデルを使用した授業について理解が深まったところ、わかりにくかったところなどの感想を自由記述させた。

4 研究の結果

(1) 指導計画では、全ての授業でモデルを活用することにより、モデルの使い方を理解させることができた。しかし、班によっては十分に理解が出来ていない段階で、次の節に進んでしまった班もあった。

(2) 教科書や地球儀を参考にしながら、黙々とミニ地球を作製していた。時間内に完成しなかった生徒は、自分の地球に愛着がわいたのか授業前の休み時間や昼休みに作製の続きを行うなど、興味関心が高まった。図 14 のように、毎回授業開始時にミニ地球を手を持たせ、宇宙からの視点を考えることで、視点を切り替えるスキルが身に付いた。



図 14 ミニ地球で方位を確認

また、理科室ではお互いの座席に座っている向かい側や右隣、左隣の生徒を太陽の位置として、太陽はどの方向に見られるか、そして、その時の時刻が何時かを考えさせることを繰り返し学習した。

(3) 一人で観察させると、記録を失敗した生徒がいても班の中で振り返り、動き方の確認ができた。

(4) (2)の観察結果とモデル実験の記録が一致することから、地球の自転と太陽のみかけの動きを関連付けられた。同じ軌跡にあることに、どの班も歓声が上がった。また、(2)から(4)のように、地球のモデルを小さくすることで、天球の拡張に気付かせた。

(5) それぞれの方位における星の動きが、実際の観測や教科書にある写真とモデルに作図した線と向きが一致したことに、関心を覚え



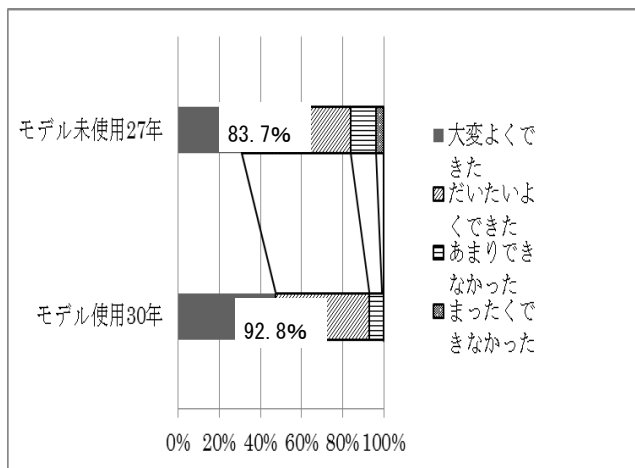
図 15 天体の日周運動

ていた（図 15）。夜空の天体は、太陽と同じように動いているが、北の空では北極星を中心に反時計回りに動くことを明らかにできた。さらに、日周運動の中心が真南の地平線上ではなく、天の南極を中心に回転していることに気付かせることができた。

(6) 地球からの視点の星座と宇宙からの視点の星座との位置関係を理解させることができた。また、実際に見られる星座の方位、時刻、傾き方が、モデルをのぞき込むと一致していることに気付かせることができた。ベルトを使うことで、地球が公転すると同じ方位で見える星座の時刻がずれていく動きを実感させることができた。

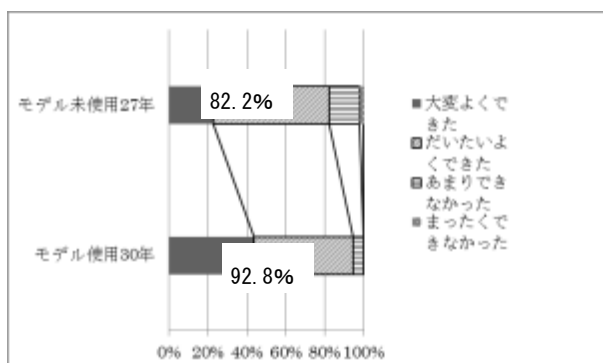
(7) 生徒の自己評価

表 1 この単元の内容について
興味をもつことができたか



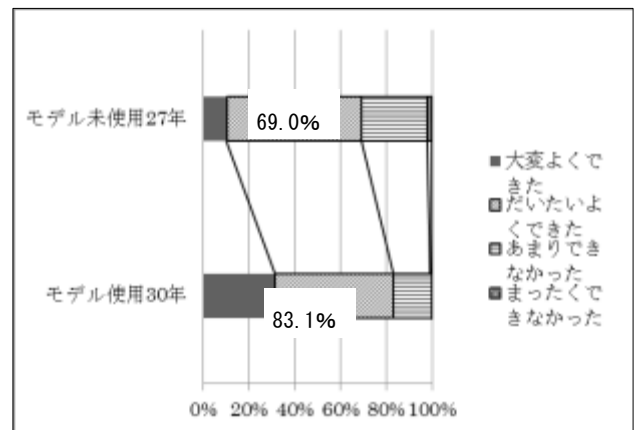
授業を通しての単元への興味・関心については、「興味をもてた」という肯定的意見が 83.7%から 92.8%に上昇した。モデルを使って、立体的にとらえることで、宇宙の「見方・考え方」を養い、宇宙の構造についても関心が高まったと考える。

表 2 天体を俯瞰する事の大切さを理解できたか



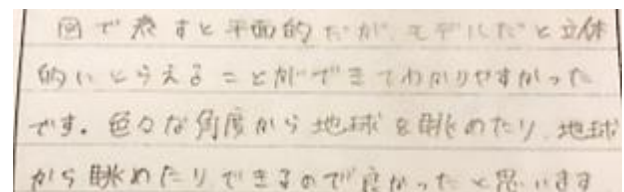
モデルを使用して天球内の地球からの視点と天球外の宇宙からの視点を繰り返し意識して授業をおこなったところ、俯瞰することの大切さについて肯定的意見が 82.2%から 92.8%まで上昇した。俯瞰させることを意識した授業展開はこれまでも行っていたが、モデルを使うことで、「大変よくできた」の回答率が 22.5%から 43.8%へと 2 倍になった。生徒の中でははっきりと視点を切り替えることができるようになったと考えられる。

表 3 地球から観測できる天体の宇宙での位置関係を把握できたか。



宇宙での天体の位置関係の理解について 69.0%から 83.1%まで約 15%も高まった。これは月の満ち欠けの学習でもモデルを使用したことで、観測結果から視点を切り換え、位置関係を振り返ることができたからだと考えられる。

(8) 生徒のモデルを使用した授業を受けての感想



< 肯定的意見 >

- ・立体的に位置関係を捉えることができた 20
- ・最初はわかりにくかったが、だんだんわかるようになった。 15
- ・想像するのではなくモデルがあったから、自分で（視点を切り替えたり、地球全体を見られたり）考えて、理解することができた。 11
- ・実際は見られない宇宙からの見方や月、地球の動きを知ることができてわかりやすかったです。 2
- ・太陽の動き方など友達と一緒にやることが多いので、コミュニケーションがいつもよりとれたと思う。

モデルがあることで、地球からの視点と宇宙からの視点について具体的に捉えられるようになったことがうかがえる。また、継続してモデルを使用したことから、モデルの使い方も理解が深まった。特に、位置関係を考えるきっかけになった。

また「深く」という言葉を使用していることから、より意欲的に学習活動ができたと考えられる。さらに、友達と協同してモデルを使用することで、モデルの使い方についても自然と教え合い、より効率的に活用することにつながったと考えられる。

<消極的意見>

- ・実験のときに見方がわからない。
- ・本当に理解していないと頭の中でわからなくなり、解説の授業の時に時々ついていけなくなった。理解できたところもあるが、理解できないところは難しい。3
- ・全部の班を見て教えてほしかった。

モデルには、まだまだ使い方を授業時間内で理解することに課題がある。特にどこから見るかをモデル上に示さないとならない机間指導を行ったが、すべての班を指導することは難しい。

<モデルへの消極的意見>

- ・もともとできていたモデルで授業を受けたかった。
- ・作るのに時間がかかり大変だと思った。8
- ・星座と太陽が重なってわかりにくかった。3
- ・モデルがもろい

今回は、モデルを一人一つ作製したが、パーツも多く、立体的であるために、仕組みも複雑であった。また、パーツを逆さまに作るなど、ミスに気が付かないままモデルを使用した生徒もいて、間違っていた生徒もいた。生徒同士でコミュニケーションをとらせ、空間的・時間的な見方、考え方を高めるためにもモデル作製の時間を短縮していく必要があると考える。

また、星座・時刻ベルトが天球上をスムーズに回転させられるように改良したい。

5 研究のまとめ

天球モデルの活用により、地球からの視点と宇宙からの視点の切り替えができるようになり、天体の運動と見え方を関連させて捉えることができた。

2 (2)で行った地面においた透明半球の太陽の通り道が、地球儀を自転させてできた通り道と一致したことから、空間を拡張させても結果が変わらないことに気付かせ、天体を俯瞰することができた。その結果、次章に学ぶ地球上からの天体観測では、位置関係について見通しをもって考えることで、単元への興味・関心を高めることへつながったと考える。

モデル上の星の動きや時刻が写真や観測結果と一致することから、「もっと夜空の星座を観察してみたい。」「違う季節の星座も観察してみたい。」と天体や位置関係について関心を高めることができた。これは時間的・空間的な見方・考え方を働かせることで、天体の規則的な運動について興味・関心を高めるとともに、科学的に考えようとする態度を養えたと考える。

モデルを作るのは時間がかかって大変だったけど、モデルを作ったことにより、地球全体のことが把握できるようになり、作ったかいか、またなど思った。そして、モデルは宇宙のことを学ぶのにとても便利なものだと思う。

天球のモデルを使った授業では、考えたこととモデルを使ってみたことが一致したところは嬉しかった。また、将来、宇宙旅行へ行けるのであれば、自分の目で勉強したことを確かめに行ってみたいと思った。

モデルを作る時は、「こんなものが作れるのか」と楽しみにしながら作ってあげ、牛刀をおして使った授業のおかげで楽しくそして分かりやすかった。でもこれからモデルの作り方を伝えて授業していきたい。

6 今後の課題

モデル作製に要する時間を短縮できるよう工夫する

さらに、月や金星の運動と見え方についてモデルを用いて俯瞰させるなど、位置関係について構想を立てる指導方法を検討する。モデルの見え方を分析することで、その運動を説明する表現力を高められるように指導計画・展開についても研究を重ねたい。

7 参考文献

中学校「理科の見方・考え方」を働かせる授業
(東洋館出版 山口晃弘、江崎士郎ほか)

全球モデルの作り方と材料について

全球モデルに用いたのは以下の材料である。

教具の材料および金額

発砲スチロール球直 径 5 c m	17 円	ラミネートシート	1 円
透明半球直径 10cm × 2 個	380 円	ボタン	10 円
竹串	1 円	モール	1 円
地平線シート	0 円	(強力マグネット 3mm20 円)	
合計 410 円			

ここでかかった費用については、年度初めに教材費として「観察・実験費」として 500 円計上している。

① ①2 カ所透明半球の真北・真南の縁に穴をあけ、ボタンを取り付ける。



ボタンの代わりにマグネットでもよい

②北緯 35° 地点に穴をあける。



③南半球側の北部分に赤いビニールテープを貼る。(この間に来た時刻が地球から見られる太陽の時刻)

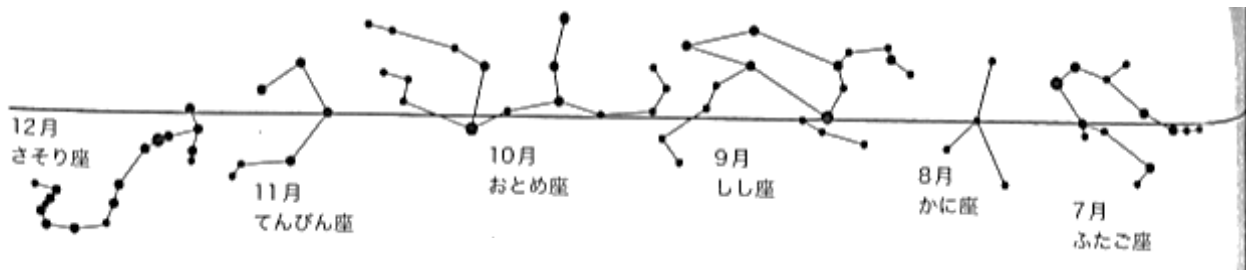


④竹串を南半球から刺して、地球も刺す。



時刻ベルト (原寸大)
つなげてコピーし、ラミネートする。

星座ベルト (原寸大)
つなげてコピーし、ラミネートする。



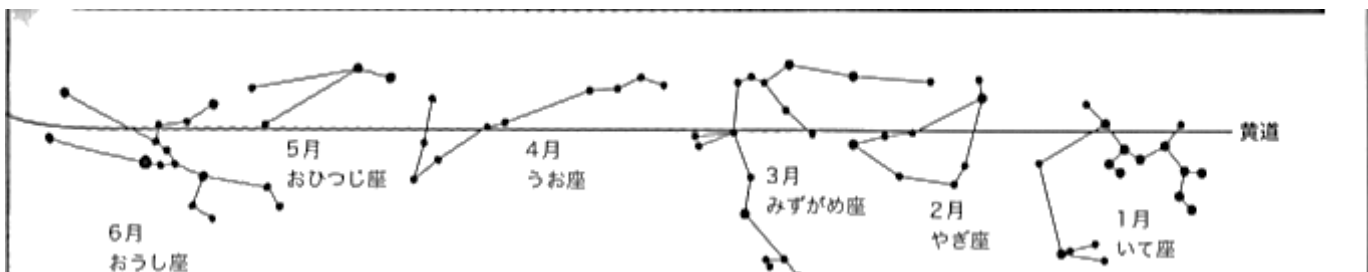
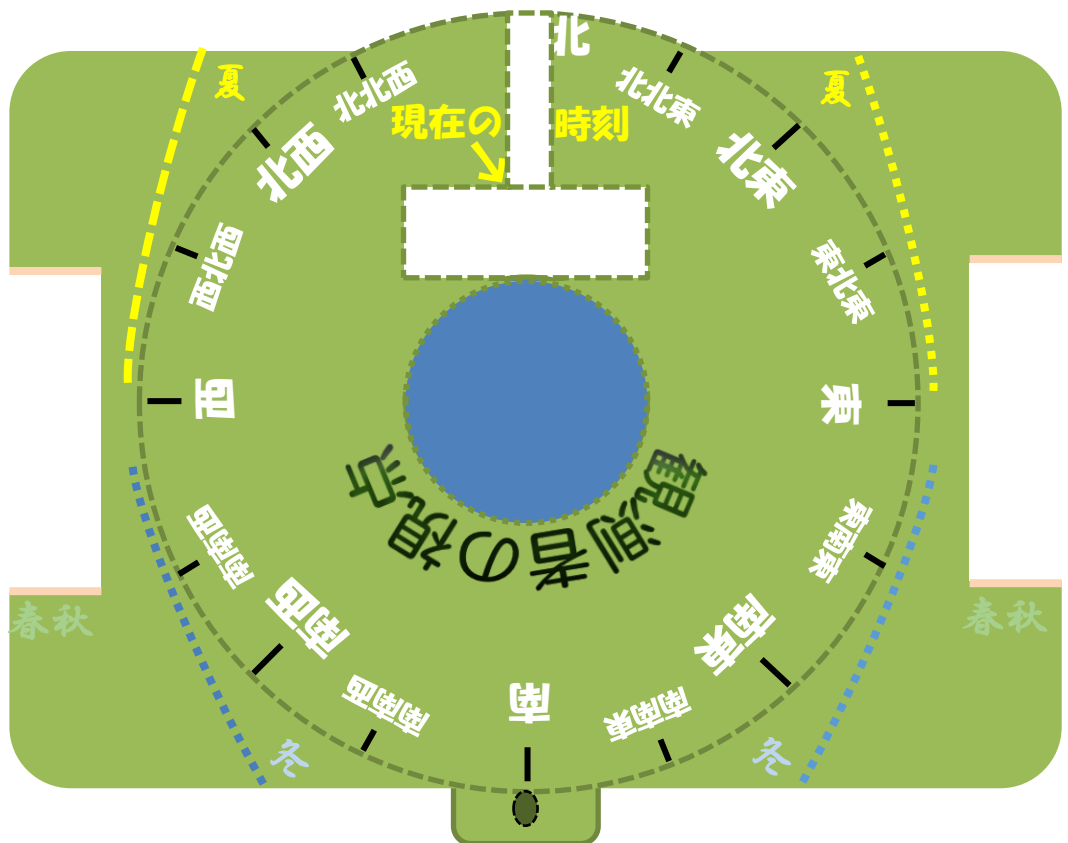
⑤真北のボタンを留め,地平線シートを挟む。



⑥真南のボタンを留めて完成。



地平線シート
(原寸大)
カラーでほしい場合は,ご相談ください。
manjutaro@hotmail.com
開進四中 上田尊



理科学習指導案

練馬区立開進第四中学校
第3学年 組
指導者名 上田 尊

1 単元名 「地球と宇宙」星の日周運動

2 単元の目標

身近な天体の観察、実験などを通して、身近な天体とその運動に関する特徴に着目しながら、その結果や資料を分析して解釈し、天体の運動と見え方についての特徴や規則性を見出すために、モデルを作成して表現できる力を養うとともに、探究の過程を振り返ることができるようにする。

3 単元について

(1) 教材観

夜空の星は美しく、人々を魅了する。また、様々な星座や神話も宇宙へのいざないとして、生徒の心をつかむ単元である。しかし、中学では、美しさや星座にまつわる物語を学ぶことではなく、生徒の宇宙への学習への意欲をそぐことになると感じている。しかし、月の満ち欠けや恒星の見え方、望遠鏡で初めて見える金星の満ち欠けや継続観察による天体の運動と動きの違いとその規則性から、宇宙の地図が描けることこと、科学の真の美しさといえる。

そこで、宇宙の地図を描き、天体の運動と見え方についての規則性を見出すためのモデルを作成した。透明半球を用いた天球内の地球からの視点と、天球外から見た宇宙からの視点を切り替えるために地球を包み込む全球天球モデルを開発し、その規則性と観察記録をつなげた。

(2) 生徒観

地球からの視点と宇宙からの視点を切り替えることが苦手である。とくに頭で考えて、言葉で表現することが難しい。モデルの作成は、頭で考えるのではなく、実際に手元でモデルを動かすことができるため、天体の運動と見え方の一致が理解しやすくなると考えている。

4 本単元で働かせる理科の見方・考え方

(1) 見方

「地球と宇宙」の単元では、地球からの見え方から天体の運動を考えるため、時間的・空間的な視点の見方を強調する。特に1日を周期とする「自転」と1年を周期とする「公転」の時間的な見方から、天体の見かけの動き、位置の空間的な見方ができるようにモデルで時間の意識と、地球からの見え方と宇宙からの見え方の違いを実感させる指導を行う。

(2)考え方

本単元では、太陽の見かけの動きに注目することで、自転や公転といった、明確な周期としての規則性を見出すことができる。他の恒星の見かけの動きも太陽の動きに関連付けて見い出したり、宇宙からの視点でとらえるためにモデルを使って関連付ける活動を行ったりすることで、次の学習において、宇宙における地球や天体の位置関係を捉えさせることができると考えられる。

5 本単元で育成する資質・能力

(1)知識・技能

- ・観察した太陽や星の日周運動が地球の自転と関連付けることができる力。
- ・時間的・空間的な見方ができるようにするために、観察者の視点（位置）を、自転する地球の外へ移動させる技能を身に付ける力。

(2)思考力・判断力・表現力等

- ・太陽や他の恒星の観察を行い、宇宙からの見え方を分析して解釈し、モデルを用いて位置関係を考察することができる力。（思考力）
- ・太陽や他の恒星の観察を行い、宇宙からの見え方を分析して解釈し、モデルを用いて、地球の自転方向を考察することができる力。（判断力）
- ・太陽や他の恒星の観察を行い、地球からの見え方を分析して解釈し、モデルを用いて考え、まとめることができる力。（表現力）

(3)学びに向かう力・人間性等

- ・太陽や恒星の観察記録から、宇宙における天体の区間的な位置関係について気付く力。

6 本単元の評価基準

知識・技能	思考・判断・表現等	主体的に学習に取り組む態度
①星の日周運動が地球の自転による相対的な動きであることを説明できる。 ②星の日周運動が見える方角によって規則的に動いていることに気付くことができる。	①星の日周運動の観察記録をもとに、地球の自転と関連付けることができる。 ②星の日周運動と見え方についての特徴や規則性を見出して、表現することができる。	①身近な天体を継続的に観察し、興味・関心をもって調べようとしている。 ②モデルを作成して活用し、進んで天体の動きを再現しようとしている。

7 本時（1）

(1) 本時の目標

天体の位置の表し方について考え、天体の一日の動きが自転によってどのように動いているか見通しをもつことができる。

(2) 本時の展開

時間	○学習内容 ・学習活動	指導上の留意点	評価例【評価方法】
導入 5分	<ul style="list-style-type: none"> ・南東の空に見えるオリオン座は、この後どうなるか予想をする。 ○天体の見え方について問題を把握する。 ○本時の目標を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・写真の星座を見ている視点を意識させる。 	<p>予想を書いている。 (思)【プリント】</p>
恒星の見え方や明るさ、天球上での天体について理解しよう。			
展開 15分	<ul style="list-style-type: none"> ・星座の星々が、光っているのに、あたりが明るく見えない理由について考える。 ○天体の地球からの距離が極めて遠すぎるため、星々の地球からの距離の違いを感じることはないので、天球上にあるように見えることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・挙手で考えさせる。 ・全球モデルを手元に置き、太陽の大きさなどと比較する。 	<p>全球モデルの見え方を理解している。 (技)【モデル】</p>
地球の自転によって星は天球上をどのように動いて見えるか考えるだろうか。			
展開 20分	<ul style="list-style-type: none"> ・課題に対して仮説を立てる。 ○星の動きについて、見通しを持って考えることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・方位を意識させる。特に、太陽が通る3方位と北との違いなど。 	<p>仮説を立てている。 (思)【プリント】</p>
まとめ 10分	<ul style="list-style-type: none"> ・星の一日の動き方を調べるための説明を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・観察用紙の提出日の設定をする。天候にも気をつける。 	

8 本時（2）

(1) 本時の目標

星の一日の動きを観察して観察結果を分析して解釈し、星の日周運動について考察し、それらについて天球モデルを用いて説明することができる。

(2) 本時の展開

時間	○学習内容 ・学習活動	指導上の留意点	評価例【評価k方法】
導入 5分	<ul style="list-style-type: none"> ・ミニ地球モデルとで方位の復習をする。 ○ 本時の目標を確認する。 ・星の一日の動き方の観察結果を発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙からの視点を意識させる。 	恒星の観察をし、見え方をまとめている。(態・思)【観察記録】
展開 15分	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">透明半球上に星の一日の動きを記録し、空全体での星の動き方を調べてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・透明半球上に星の一日の動きを記録し、空全体での星の動き方を調べる。 ・星の観察結果と、太陽の一日の動きとの共通点を見出す。 ○ 星座を構成する天体は、位置関係を変えないが、太陽と同じように見かけの運動をしている。 		星の日周運動について太陽の日周運動と関連付けて考えている。(思)【プリント】
展開 20分	<p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">全球モデルに様々な星の動きを作図し、見え方を説明しよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・透明半球をつなげて全球モデルを作成する。 ・様々な位置に見える星の動きをモデルで調べる。 ○方位によって星の動き方が異なることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・天球の大きさは自由に変えてよいことを確認する。 ・ペン先は動かさず、地球を回す。 	星の日周運動をモデルに表すことができている。(知)【モデル】 モデルから星の動きの規則性を説明できる。(思)【プリント】
まとめ 10分	<ul style="list-style-type: none"> ・全天での日周運動をまとめる。それぞれの方位での日周運動について説明する。 ○空全体で北極星を中心に同心円状に回転している。 ○天体は1時間に15° 東から西へ移動する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルの中から見ると、北と南では移動方向が異なり、モデルの外から見ると東から西へ移動していることを確認する。 	天体の日周運動が地球の自転による見かけの動きであることを理解できる。(知)【プリント】