

科学的思考力を高める中学校理科の学習指導

— モデルとの関連を図り実感を伴った「地球と宇宙」の学習 —

川上 達夫¹

「地球と宇宙」の単元において、生徒が天体相互の位置や動きなどを理解するためには、自然事象を空間的にとらえて思考することが重要である。そこで、実物による実験・観察から探求していく活動が設定しにくい天文分野において、空間的な認識を補うためにプロセススキルを重視したモデル実験を試みた。その実験結果から課題を見だし、考察する活動と支援を通して、空間的な認識とそれに基づく科学的思考力が高められると考え、教材の工夫を中心に検証した。

はじめに

小学校では「月は絶えず動いていること」「明るさや色の違う星があること」「星の集まりは、一日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、見える位置が変わること」などを学習している。

中学校理科「地球と宇宙」の単元では、身近な天体の観察や資料などを基に、地球や太陽系の天体とその運動のようすを考察させることをねらいとしている。そのため、天体の一日の動きや季節によって見える星座の位置の違いなどは地球の自転や公転によって起こる運動であることをとらえさせ、相対的かつ巨視的なもの見方や考え方を養うこととしている。

「平成15年度教育課程実施状況調査教科別分析と改善点(中学校・理科)」(国立教育政策研究所 2005)によると、「地球と宇宙」の単元において設定通過率(60%)を下回る問題が見られ、「北天の星の動きや太陽の自転、日の入りの太陽の動きに関する問題等、空間的な認識やそれに基づく思考面に課題が見られる」と指摘している。

このような課題の背景には、実体験の不足、空間的な認識力の不足、空間的に(観察者の)視点を切り換えて思考する経験の不足等が考えられる。

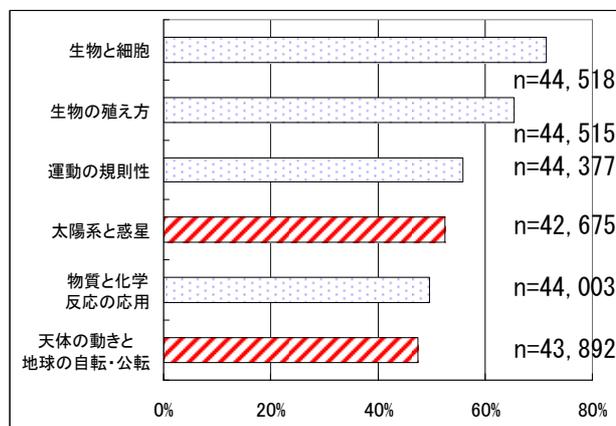
平成17年12月に文部科学省から出された「読解力向上プログラム PISA型『読解力』の結果分析」(2005)によると、PISA型「読解力」の課題が「読む力」にとどまらず、「書く力」や、特に「考える力」と関連していることを示唆している。また、無答率の高さも指摘され、考えようとする意欲、あるいは自分の考えを文章で表現することについて課題があると推察できる。

これらのことは、平成19年度に国立教育政策研究所から出された「特定の課題に関する調査(理科)結果」(2007)の結果において、「観察・実験の結果やデータを

読み取ることにはできるが、観察・実験の結果やデータを基にして考察し、結論を導き出すことに課題」が見られ、観察・実験のねらいと結果を対比させた考察と、考察の見直しをさせる指導の工夫が必要と指摘されていることに同根であると考えられる。

本単元に関して所属校の3年生(105名)を対象に行った事前調査によると、『宇宙や天文に興味がある』という質問に対して、「とてもそう思う」「思う」と答えた生徒は全体の約67%であり、本単元に関する興味の高さがうかがえる。しかし、教室の黒板側の方角を正しく解答できた生徒は約72%、北を向いたときの右手の方角を正しく解答できた生徒は約60%であった。また、太陽の一日の動き(朝・東・昼・南・夕・西)を正しく解答できた生徒は約43%であった。これらのことから、所属校の生徒においても空間的な認識や実体験の不足が認められる。

理科の学習は、実際の自然事象から探求する学習を進めることが望ましい。しかし、地学分野で扱う事象は、長大な時間と空間であり、実物を用いての実験・観察が困難である。そのことが科学におけるプロセススキル(事象→課題発見→仮説設定→実験・観察→結果→情報処理→考察→まとめ)を実施しにくく、課題解決学習の題材にしにくいものとしている。



第1図 各学習内容に対して「よく分かった」と回答した生徒の割合(国立教育政策研究所)

1 南足柄市立足柄台中学校
研修分野(理科)

このことは、「平成15年度教育課程実施状況調査 質問紙調査集計結果—理科—」(国立教育政策研究所 2005)の中学3年で学習する内容について「よく分かった」と回答した生徒の割合の比較からもうかがえる(第1図)。

そこで、観察困難な事象のモデルを工夫し、実際に実験・観察を行い「科学におけるプロセススキル」を重視した学習と支援によって空間に基づく思考を高めることができるだろうと考え、本研究に取り組んだ。

研究の内容

1 研究仮説

これまで述べてきた課題の解決に向けて、次の仮説①、②を設定する。

①科学的思考力を高める工夫

事象やモデルの観察・実験の結果から課題を見だし、考察する機会を充実させれば、根拠に基づいて考える力(科学的思考力)がつくだろう。

②空間的な認識やそれに基づく思考力を高める工夫

モデルによる実験を工夫し、地球上の事象の変化をイメージすることを支援すれば、生徒は事象を空間に基づいて思考することができるだろう。

また、研究対象として、本単元において身に付けさせたい力のうち、次の二つを取り上げた。

- ・北半球(日本)における夏と冬の気温の違いを、地球の公転と地軸の傾きによる太陽の南中高度の変化に関連付けて考察する力。

- ・金星の見かけの形と大きさの変化及びその動きを、太陽、金星及び地球の空間的な位置関係と関連付けて考察する力。

2 研究方法

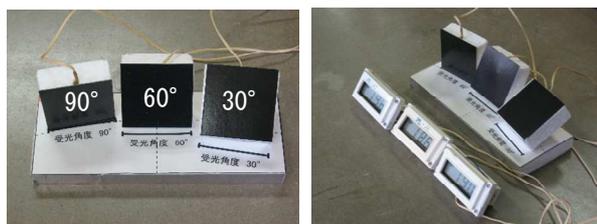
(1) 科学的思考力を高める工夫(仮説①)

受光角度と上昇温度の関係を調べる実験器

所属校の3年生を対象に6月に実施した事前調査において、「地球が太陽の周りを公転するとき、北半球(日本)が夏になる位置はどこか」という質問に対して、適切に答えられたのは約20%であった。また、「日本の夏は暑く、冬は寒いのはなぜか」という質問に対して、その理由を太陽の南中高度と関連付けて述べている生徒は約21%であった。多くの生徒は「夏は地球と太陽の距離が近い」としていた(実際には地球と太陽が最も近くなる(近日点)のは一月初旬で、北半球での季節は冬になる)。そこで、太陽高度の変化と季節による気温の変化の関係に気付かせるために、受光面が光源(白熱球)から受ける熱によって上昇する温度を測定できる実験器を開発した。

これは、5cm×5cm×2cmの発泡スチロールに5cm×5cmの黒紙を貼り付け、中心に温度センサのセンサ

部がくるようにセットしたものを三つ用意し、それぞれが光源と受光面の角度が30°、60°、90°になるように18cm×7cm×2cmの発泡スチロールの板に取り付けた。このとき、光源からの距離が等しくなるように、光源を30cmの距離に置いたときの円周上に設置した。この実験器により、夏と冬の気温の違いと太陽高度の変化の関係について話し合い、仮説を立て検証し、考察するという探求的な活動によって学習ができる。これを、3～4人のグループに一台ずつ割り当てた(第2図)。



第2図 受光角度と上昇温度の関係を調べる実験器

(2) 空間的な認識を支援するモデル実験の工夫(仮説②)

ア 演示用金星の満ち欠けモデル実験器

「空間的な認識やそれに基づく思考面の課題」の解決の支援として金星の満ち欠けモデル実験器を開発した。

直径10cmの発砲スチロール球に蛍光塗料を塗り、ブラックライトを当て、その反射を観察する。白熱球と未塗装の発砲スチロール球との見え方の比較をすると未塗装の場合は反射した光が背後に回り込んでしまい、本来影になる部分まで光って見えるようになっている。そこで、蛍光塗料を塗り、ブラックライトを当てた発砲スチロール球は光が当たっている部分が鮮明な明部となり、明暗のコントラストをハッキリさせることができる(第3図)。



第3図 ブラックライトと蛍光塗料を塗布したもの(左)と白熱球と蛍光塗料未塗装(右)のもの比較



第4図 演示用金星の満ち欠けモデル実験器

次に、蛍光塗料を塗った発泡スチロール球10個を円形洗濯物干しハンガーに吊し、中央にブラックライトを設置した(第4図)。

この実験器は中央のブラックライトを太陽に、周囲の発泡スチロール球を金星に見立て、観察者が地球の位置となり、太陽、金星及び地球の位置関係と金星の見かけの形や大きさの変化を理解するものである。

イ グループ別金星の満ち欠けモデル実験器

少人数で、金星の見かけの形と大きさの変化を理解するための実験器具として回転テーブル(半径15cm)、直径5cmの発泡スチロール球×2個(一つは黄色と黒に着色、一つは赤色に着色)、円筒(内径3cm、長さ20cm)を用いてグル



第5図 グループ別実験用金星の満ち欠け実験器

ープ別実験用金星の満ち欠けモデル実験器を開発した(第5図)。一人ひとりで金星の満ち欠けのようすを自分のペースで確認することができる。それによって、金星の見かけの形と大きさの変化の仕組みを太陽、金星及び地球の位置関係から理解できる。

(3)空間的に視点を切り換えて思考する工夫(仮説②)

ワイヤレスカメラ

生徒の視点の共有化を図るため、藤原克彦(平成17年度の長期研修員)が製作したステレオカメラを活用した。

本研究では、小型で映像を無線で送ることができるという利点を生かし、ワイヤレスカメラとして使用した。それにより、カメラが映し出す地球からの視点と生徒個々が装置全体を見て、太陽、金星及び地球の位置関係を確認できる宇宙からの視点の両方を用いて説明することができる。

3 仮説の検証

検証授業は、3年生・3クラス(105名)に対して10月から11月の4時間で行った。仮説の有効性については6月に事前調査として実施した意欲や既習事項に関する調査結果と、検証授業後に実施した学習内容及び教材の評価等についての事後調査結果の分析より検証した。

(1)検証授業1 季節の変化と太陽の動き

ア 目標と観点

受光面の単位面積・単位時間における上昇温度の違いについて調べることにより、季節による太陽高度の変化や気温の違いについて考える。

[関心・意欲・態度] [技能・表現]

イ 準備

受光角度と上昇温度実験器一式(受光角度と上昇温

度)の関係調べる実験器、デジタル温度計、ストップウォッチ、光源(100W白熱球)、ワークシート①・②、PC、プロジェクタ

ウ 授業展開と様子

授業展開

本時は、本研究で開発した受光角度と上昇温度の関係を調べる実験器を使って、季節による気温の変化を太陽高度の変化と関連付けて理解させる内容である。

「夏と冬の気温の違いは何によるか」を考えさせるところ、「太陽との距離、日照時間(昼夜の長さ)、太陽の南中高度等との関係があるのではないか」という意見が出された。話し合いを通して、「太陽高度の違いが受ける熱と関係があるのではないか」という課題にまとまった。

科学技術振興機構の“理科ねっとわーく(<http://www.rikanet.go.jp/>)”のコンテンツ「宇宙と天文」等を利用することによって、太陽の天球上の見かけの通り道の変化により、日の出・日の入りの方位、日照時間(昼夜の長さ)、太陽の南中高度については理解できた。しかし、気温との関係については理解しにくい内容である。一般的な授業内容では教科書、資料集を用いて受光面の角度と光の量の関係から上昇温度について考察し、「南中高度が高くなると気温が高くなり夏となる」と関係付けられるのだが、受光角度が大きい(90°に近い)方が、受ける熱量が大きいのかを確認することができない。

そこで、直径50cmの発泡スチロール球を地球に見立て、受光角度が0°、30°、60°、90°になる位置に5cm×5cmの黒紙にデジタル温度計のセンサを取り付け、1m離れた距離から白熱球の光を当て、10分間での上昇温度を測定した(第6図)。

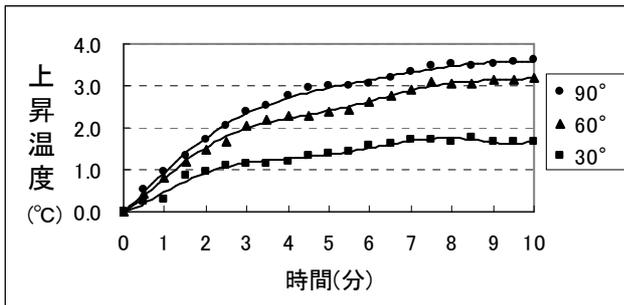


第6図 直径50cmの発泡スチロール球による受光角度と上昇温度の関係調べる実験の様子

生徒にこの結果を提示し、この実験の問題点を考えさせると、比較する受光角度以外の条件を一定にしなければならぬことに気づき、0°と90°では発泡スチロール球の半径分(25cm)だけ光源からの距離に差が出ることを指摘し、「光源からの距離を等しくしなければならぬ」ということに気付いた。そのことを受けて、生徒実験としては第2図のように受光面と光源からの距離を一定にして実験を行った。これまでの話し合いによって生徒は目的意識を持ち、実験によって検証す

る意識を高めた。

結果をグラフ(第7図)にし、グラフから受光面の角度と上昇温度の関係について考察を行い、季節により気温が変化することを理解する展開とした。



第7図 受光角度と上昇温度の関係(グループの平均)

次時には、季節により太陽高度が変化する理由をデジタルコンテンツを利用して説明し、生徒は地球が地軸を23.4°傾けたまま太陽の周りを公転していることによって、太陽の南中高度が季節によって変化することを理解した。

生徒の様子

3~4人のグループに分かれ、実験を行った(第8図)。実験のワークシートの記述から、季節によって気温が変化する理由を考える課題を実験を通して確かめることによって、自分のこととしてとらえるようになったことがうかがえた。また、ある程度温度が上昇すると、その後はほとんど変化しないことに気付いた記述もいくつか見られた。



第8図 受光角度と温度上昇の関係を調べる実験

験用金星の満ち欠けモデル実験器(発泡スチロール球5cm×2個(赤:太陽、黒・黄:金星)、回転テーブル、円筒(内径3cm、長さ20cm))、ワイヤレスカメラ、ワークシート④、PC、プロジェクタ

ウ 授業展開と様子

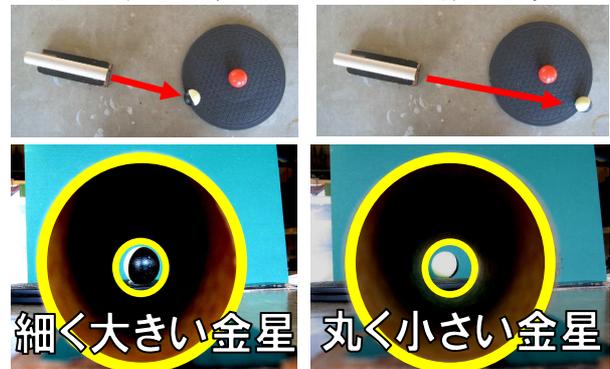
授業展開

本時は、太陽、金星及び地球の位置関係から金星の見かけの形や大きさの変化について考えさせる内容である。地球からの視点での見え方と宇宙からの視点での三つの天体の位置関係を同時に理解させる上で、空間に基づく思考力が必要となるものである。

まず、演示用金星の満ち欠け実験器モデル(第4図)を用いて、生徒自身が地球からの視点になり、太陽・金星の位置関係により金星の見かけの形や大きさの変化を確認した。

続いて、グループ別実験用金星の満ち欠けモデル実験器(第5図)を用いて、個別に太陽、金星及び地球の位置関係による金星の見かけの形や大きさの変化を確認した。

回転テーブルを回転させ、目的の位置に金星モデルを移動させ、円筒を通して観察する。黄色く着色した部分が太陽によって光っている部分であり、太陽との位置関係によって黄色の部分が見える範囲が変化することにより金星の見かけの形の変化を理解するものである。また、円筒の内径との大きさの比較により、地球に近いときは大きく、遠いときは小さく見えるため、実際の金星の満ち欠けのように形の変化だけでなく、大きさの変化も理解することができる(第9図)。



第9図 円筒を通しての金星の見え方の比較

(2) 検証授業2 金星の公転と見え方

ア 目標と観点

モデル実験より、金星の見かけの形や大きさの変化について、太陽、金星及び地球の位置関係と関連付けて考える。

[科学的な思考] [技能・表現]

イ 準備

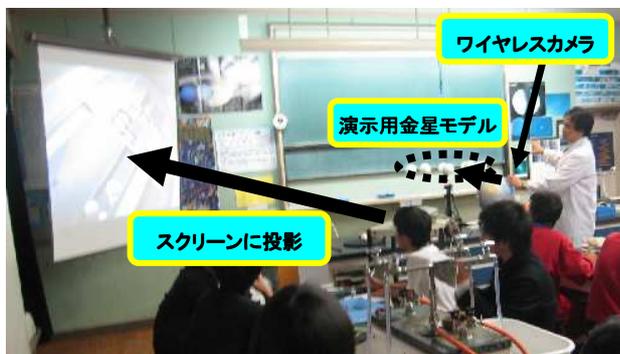
演示用金星の満ち欠けモデル実験器(発泡スチロール球直径10cm×10個(蛍光塗料塗布済み)、光源(ブラックライト)、円形洗濯物干しハンガー)、グループ別実



第10図 グループ別実験の様子

円筒を通して、金星に見立てた発泡スチロール球を見る視点が、地球からの視点であることを理解させ、また、その時の太陽、金星及び地球(生徒自身)の位置関係を意識して観察するように指導した(第10図)。

そして、まとめの際には、ワイヤレスカメラを用いて、クラス全員で太陽、金星及び地球の位置関係による金星の見え方の変化を確認した(第11図)。



第11図 ワイヤレスカメラを用いて視点を共有化している様子

生徒の様子

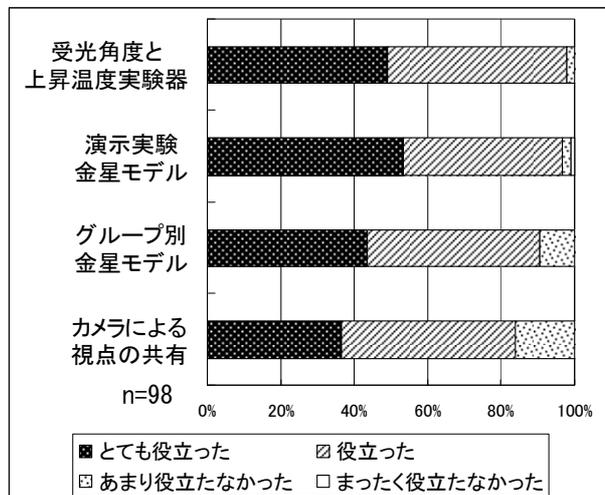
生徒は演示実験で金星は見かけの形や大きさが変化することを知り、太陽、金星及び地球の位置関係による金星の見え方の違いを観察によって確かめた。また、観察者の視点を共有しながら再度、同時体験することによって自分と他者の理解の仕方を共有し、理解に役立てていたようである。

(3) 科学的思考力を高める工夫(仮説①)の検証

前述のように、事前調査において「地球が太陽の周りを公転するとき、北半球(日本)が夏になる位置はどこか」という質問に対して、正しく答えられた生徒の割合は約20%であった。また、「日本の夏は暑く、冬は寒いのはなぜか」という質問に対して、その理由を太陽の南中高度と関連付けて述べられた生徒は約21%であり、その理由の多くを「夏は地球と太陽の距離が近い」としている。事後調査において、同じ質問に対してはその理由を地球の公転と地軸の傾きや南中高度の変化に関連付けて考えられるようになった生徒は約49%に増加した。また、同様に地球に季節の変化が起こる理由を南中高度の変化や地軸の傾きを理由に挙げている生徒を加えると全体の約75%になった。これは、事象やモデルの実験・観察の結果から課題を見だし、考察する機会を充実させれば、根拠に基づいて考える力が身に付き、北半球(日本)における夏と冬の気温の違いを、地球の公転と地軸の傾き及び太陽の南中高度に関連付けて考察することができたとと言える。

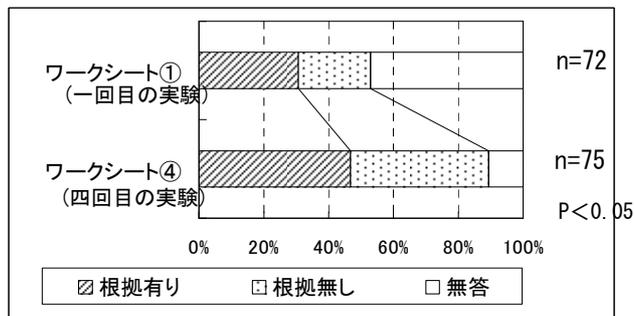
検証授業の後に行った事後調査では「受光角度と上昇温度の関係を調べる実験器は課題を考えるのに役立ちましたか」という質問に対して、約97%の生徒が「とても役立つ」「役立つ」と肯定的に答えた(第12図)。

「受光角度によって、温度の上がり方の違いがよく分かった」「自分たちの実験データからグラフを作ることによって考えが整理された」など記述が見られた。今回開発した実験器が、課題をしっかりと把握し、科学的探求活動に対する動機付けに有効であったことがうかがえる。



第12図 教材の評価

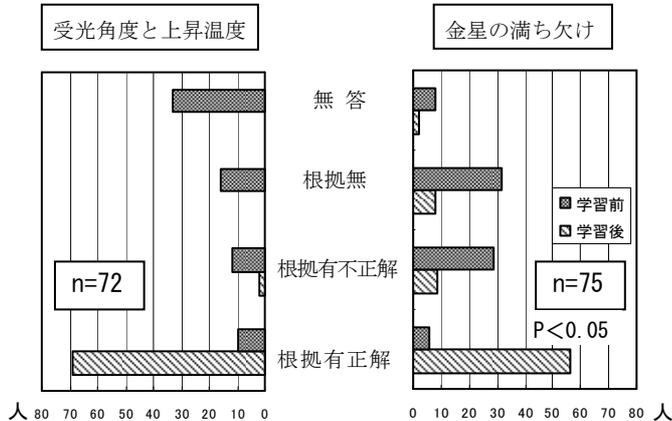
また、ワークシートの記述の分析より、検証授業の一回目の実験(受光角度と上昇温度)で実験結果の予想を個人で考えさせると、「季節の変化が起こる理由は地球の地軸の傾きによる南中高度の変化によるものである」と、根拠に基づいて考えた生徒は72人中22人(30%)であった。そして、予想が立てられず、無答の生徒は34人(47%)であった(第13図のワークシート①)。



第13図 実験の予想の記述の変化

四回目の実験(金星の見かけの形と大きさの変化)では実験結果の予想を「金星の見かけの形や大きさが変化するのは金星が地球の内側を公転し、太陽、金星及び地球の位置関係の変化によるものである」と、根拠に基づいて考えられた生徒は75人中、35人(47%)であった。一方、無答であった生徒は8人(11%)に減少した(第13図のワークシート④)。このことは、支援を重ねていくうちに考えようとする意欲が高まり、さらに、根拠に基づいて表現する重要性が理解されてきたと言える。

また、第14図に示すように、学習の前後において実験における課題を根拠に基づいて考えようとする生徒が増加していることが分かった。これは、プロセススキルを重視した学習、つまり、事象から課題を見だし、目的意識を持って実験・観察する機会を充実していけば、実験結果の予想や結果に対する考察を根拠に基づいて考える力が身に付くことを示唆している。



第14図 学習前後における根拠に基づいた記述の変化

(4) 空間的に視点を切り換えて思考する工夫(仮説②)の検証

検証授業後のアンケートで「ブラックライトによる金星の満ち欠けモデルやグループ別の金星の満ち欠けモデルは内容を理解するのに役立ちましたか」という質問に対して、約90%の生徒が肯定的に答えた(第12図)。具体的には、「頭の中でイメージしやすかった」「色々な角度からの金星の形が分かった」「筒を使ったことで大きさの違いがよく分かった」「大きすぎる地球で考えるより、手に乗るサイズだと考えやすかった」との感想が見られた。

また、「ワイヤレスカメラを用いて視点を共有したことは、内容を理解するのに役立ちましたか」という質問に対して、約83%の生徒が肯定的に答えた(第12図)。具体的には、「地球から見て、本当にこんな風に見えるんだなあ」「自分で見たことが、全体で確認できて良かった」等との感想が見られた。

これらのことから、モデルを用いた実験やカメラを使って視点を共有することで、天球上の事象の変化をイメージすることを支援すれば、生徒が個々に事象を空間に基づいて思考することに役立つと判断できる。

研究のまとめ

本研究では、探求的学習の場を設定し、生徒の科学的思考力を高めることを目的として取り組んできた。検証結果から、モデル実験を工夫することによりプロセススキルを重視した学習が展開でき、科学的思考力は高まることが推察された。また、空間的に認識しにくい天文事象を、モデルを工夫することで、実験・観

察を通して事象を空間に基づいて思考することを支援することができた。

「課題について、構想を立て実践し、評価・改善する」等の活動は、「思考力等の育成のために不可欠である」と指摘されている(中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」2008)。しかし、天文事象の変化は空間・時間が生徒の日常生活の空間・時間に対して長大であり、その観察を題材とすることは難しい。モデル実験等を工夫することによって、上述のような活動を取り入れた学習を実現する可能性を示せた。

おわりに

本研究では、課題とする天文事象をモデルによって提示し、空間的に認識することの支援に取り組んだ。直接体験を補うために開発したモデル等は、生徒による評価も高く、一定の効果は期待できると考えるが、事後調査における金星の見かけの形や大きさの変化に関する問題の正答率は約50%で、学習内容の定着状況に課題が残った。学習時期と学習対象の天体の出現時期が異なっても、より実感を伴った理解のためには、実際の天体を観察させる指導計画の工夫も必要であり、日常的な天文事象の観察への意欲を高めたいと感じた。

引用文献

- 文部科学省 2005 「読解力向上プログラム PISA型『読解力』の結果分析」p. 4
- 国立教育政策研究所 2005 「平成15年度教育課程実施状況調査教科別分析と改善点(中学校・理科)」p. 中理1
- 国立教育政策研究所 2007 「特定の課題に関する調査(理科)結果」http://www.nier.go.jp/kaihatsu/to_kutei_rika/index.htm (2007/11/28取得)p. 1
- 中央教育審議会 2008 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf (2008/1/22取得)p. 25

主な参考文献

- 国立教育政策研究所 2005 『平成15年度教育課程実施状況調査 質問紙調査集計結果—理科—』 pp. 127-146
- 藤原克彦 2006 「生徒の空間認識を高める学習指導法と教材開発」(神奈川県立総合教育センター『長期研修員研究集録』第4集) pp. 37-40