

科学的な思考力・判断力・表現力を育成する指導と評価の工夫

－金星の視運動と満ち欠けの指導を例として－

県立鹿児島中央高等学校

教諭 北原 義大

1 単元の概要

(1) 単元名

第4編 宇宙の構成

第1章 地球と惑星の運動

2 惑星の運動（3時間）

(2) 単元の目標

ア 人類が地球と惑星の動きを理解するようになった過程をたどりながらその考え方を追い、生徒の興味・関心を引き出しつつ意欲的に探究する態度と宇宙観を身に付けさせる。

イ 惑星の動きに疑問を持ち、実習を通じて探求・考察・判断を行い総合することで、事実に基づいて科学的判断を下すことができる。

ウ 作図を行って惑星の動きをとらえる技能を習得し、その過程や結果から惑星の天球上での視運動や惑星現象について自分なりの考えを表現することができる。

エ 惑星の動きに関する正確な知識・原理・法則を理解し、基本的な概念を形成させる。また、基礎となる知識を身に付けさせる。

(3) 生徒の実態・指導上の課題

3年生文系の地学選択者で構成されている。これまで理科を苦手とする生徒がやや多いが、地学で学ぶ内容については興味・関心をもっており、学習意欲の高い生徒が多い。しかし、計算問題への取組や自然現象について考えたり分析することを苦手とする生徒が多く、これまでの学習が、知識・理解についてはある程度達成されているが、思考・判断では十分とは言えない状況にある。

特に天文分野については、学習内容への興味・関心は高いが得られた情報から思考することが苦手とする生徒が多い。事前に行った確認テストでは、月の満ち欠けや惑星の見え方と位置についての理解があまり進んでいない状況にあることが分かった。具体的に生徒からは、天球での西や東が分からない、複雑な現象をまとめて考えるのが難しい、直接見えていないので想像しにくいなどの意見があった。

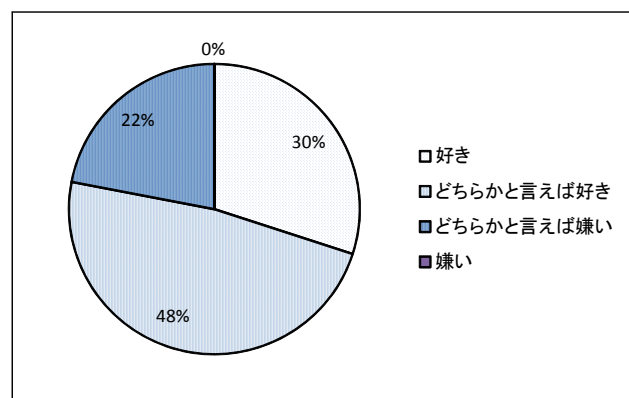


図1 天文分野についての興味・関心

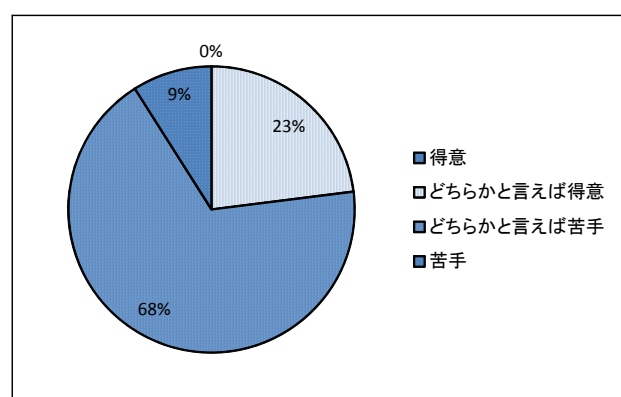


図2 太陽や星の年周運動への興味・関心

そこで本単元では、天文現象について自ら考察したり、分析したりする能力を身に付けさせるために、実習で得られた結果を、文章や図を用い説明しながら、加えて既に学習した内容を活用しながら分析と考察を行う活動を取り入れることにした。本時では、実習結果と既習内容を結び付けて考えを導き、現象を正しく理解させたい。

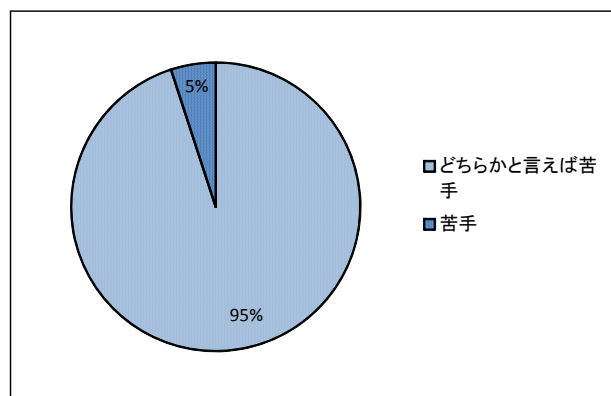


図3 惑星の見え方と位置に関する興味・関心

(4) 評価計画

時	学習活動	評価規準
1 本 時	惑星の視運動と満ち欠け (惑星現象を内惑星に限定)	【関心・意欲・態度】 金星の見える時間・方位や満ち欠けについて、関心をもって意欲的に学習しようとする態度をもつ。 【思考・判断】 金星の見える時間・方位や満ち欠けについて、目的意識をもって観察、実験を行い、自らの考えを導いたりまとめたりする。 【観察・実験の技能・表現】 金星の満ち欠けや天球上での動きについてのモデル実験の技能を習得し、それに伴う金星の満ち欠け等を観察し、その結果を的確に表現する。
2	惑星の視運動と惑星現象 (外惑星)と会合周期	【思考・判断】 外惑星の天球上の動きと惑星現象の対応関係、惑星同士の会合周期と公転周期の関係について自らの考えを導いたりまとめたりしている。
3	ケプラーの法則	【知識・理解】 ケプラーの三つの法則を理解し、それらを基にした簡単な計算問題を解くことができる。

(5) 思考力・判断力・表現力を育成するための工夫について

生徒が意欲的に観察・実験に取り組めるようにするために、以下のようなことに留意して授業を行った。

ア 導入での工夫

学習内容への生徒の関心・意欲・態度をより一層の育成を目指して、授業の導入部において身近な地球科学的な現象を取り扱うようにした。8月の生徒へのアンケート調査の結果から、天文分野に関しては興味・関心があるものの、学習することに関しては他の分野よりも苦手意識が強いことがわかった。

今回の検証授業では、2012年6月6日に観測された金星の太陽面通過を授業の導入部の素材として取り扱った。この現象は当日の好天にも恵まれ、金星が太陽面を実際に通過する様子を生徒が観測することができたこともあり、絶好の素材であると判断し活用することにした。

イ 図や表等を用いて説明させる活動の充実

事前調査において、83%の生徒が観察・実験結果を文章を使って説明することについて、「嫌い」「苦手」と回答し、図・表・グラフを使って説明することについては、「嫌い」「苦手」と回答した生徒が61%であった。また、文章・図・表・グラフで表された自然現象を考えたり分析したりすることについては、「好き」「得意」と67%の生徒が回答していることから、授業においては、図・表・グラフを使って説明することに重点をおいて言語活動を設定することを

心掛けた。

今回の検証授業では、宵の明星の日没時の天球上の位置を、図を使って表現する言語活動を設定した。地球・金星・太陽を俯瞰しながら、地上に視点を切り替えて金星の天球上の位置、方位、視直径の違いに注意しながら見え方を思考する学習活動を中心に据えた。

ウ 理解の到達度に応じたワークシートを準備・活用

今回の検証授業では、評価規準から判断基準を設定し、それによる評価から深化・補充指導を行うワークシートを作成し、生徒が理解の状況に応じて学習活動ができるような工夫をした。宵の明星として観察される金星の見え方について、C状況、B状況、A状況と段階を踏みながら思考を深めていくような構成を図った。

2 検証授業の実際

(1) 本時の目標

天球上における金星の動きや満ち欠け、観測できる時間等について、観察・実験を通して考察し、その結果を的確に表現することができる。

(2) 評価規準と判断基準

ア 単元の評価規準（平成24年度の第2・3学年の評価の観点とは、「思考・判断」を用いている。）

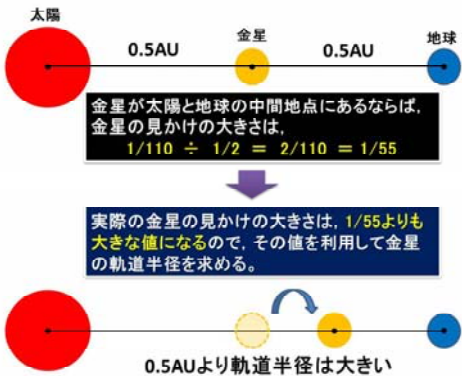
関心・意欲・態度	思考・判断(本時の評価規準)	観察・実験の技能・表現	知識・理解
惑星の見える時刻・方位や満ち欠けについて、関心をもって意欲的に学習しようとする。	金星の見える時刻・方位や満ち欠けを、目的意識をもって観察、実験を行い、自らの考えを導くことができる。	金星の満ち欠けや天球上での動きについてのモデル実験の技能を習得し、その結果を的確に表現する。	ケプラーの三つの法則を理解し、それらを基に惑星の公転周期などを導くことができる。

イ 「判断基準」

評価時期及び評価の対象（思考・判断に基づく表現内容）	
金星の観察できる時刻・方位・位置・満ち欠け・視直径について、モデル実験により調べた結果を基に、宵の明星である金星の見え方を作図において表す場面において、ワークシートの記録から評価する。	
段階	判断基準
B	・ モデル実験により、金星が見える時刻・方位・満ち欠け・視直径について、作図により説明することができる。 〔予想される表現例〕「宵の明星は夕方南西の空に見え、満ち欠けと視直径に違いが見られる。」
A	〔判断基準Bに加えて〕金星が稀に太陽面を通過する理由を理解している。 〔予想される表現例〕「金星と地球の公転面にずれがあり、日没後の金星の位置が一直線上でなくなる。」

(3) 指導の実際

過程	主な学習活動	生徒の活動	指導上の留意事項	評価の観点
導入 5分	● 学習目標を確認する。 「金星の動きと満ち欠けを考えてみよう。」	● 惑星の復習 ・ 地球型と木星型に分類。 ● 2012年6月6日の金星太陽面通過の画像を視聴する。	・ 2年次に学習した惑星の内容を思い出させる。 ・ 太陽面上での金星の動きを確認させる。 	

展開① 18分	● 太陽面上での金星の動きから金星の動きを考察する。	● 金星と太陽面上の黒点の区別できる理由を考察する。 ● 黒点は形が不規則。 ● 黒点は周辺部に移動すると形が歪む。 【モデル実験1】 スチロール球に、シールを1個貼り、それを回転させて観察させる。 ● 金星の軌道と太陽面上の動きから視運動を考察する。 ● 太陽の大きさと金星の大きさを比較させる(約1/32)。 ● 教科書で実際の比を確認させる。およそ1/110になる。 ↓ 見かけ上の大きさの比から、金星の太陽までの距離を計算させる。→ 地球と太陽の距離のおよそ70%=0.7天文単位・金星の太陽面上の動きから天球上の動きを理解させる → 金星は太陽面上をおおよそ東から西に動く。 <仮説> ● 金星は天球上を東から西に移動する。 ● 金星は地球よりも速く公転している。 <仮説の検証> ● ワークシート別紙2で作図させる。 ● 金星と地球が接近する付近以外は、西から東へ移動「順行・逆行・留」 外惑星の例(火星)は教科書の図で確認し、VTRを視聴(火星の動き)する。	● 教科書で確認させる。 ● モデル実験で確認する。 ● 演示実験で行う。    ● 金星太陽面通過の写真を全員に配布し、各自ワークシートで活動を実施する。 ● 距離と見かけの大きさの整理する。 ↓ ● ワークシートで要領よく計算できるようにしておく。 ● まとめを板書する。 ● VTRを視聴する。	
-----------------------	-----------------------------------	---	---	--

展開② 24分	● 内惑星の現象とその位置関係及び満ち欠けについて考察する。	● 金星の現象と位置関係 - 金星の太陽面通過の写真を再度見て考えさせる。 - 金星が最も観測しにくい位置と観測しやすい位置を考察させる。 最も観測しにくい：内合外合 最も観測しやすい：東方最大離角・西方最大離角 - 満ち欠けと位置関係を考察する。金星の位置と満ち欠け・大きさ、見える方位・時刻についてまとめる。 	- 再度、太陽面通過の写真を見せる。 - ワークシートに、予め金星の公転軌道上に10箇所ポイントを打った図で考察する。 【モデル実験の実施】 - 地球儀に小型天球儀を装着し、その中に人形を入れる。地球儀の横には、デジタルビデオカメラ+三脚を設置して、その映像をリアルタイムでテレビで確認できるようにする。 	【思考・判断】 【思考・判断】
		【深化・補充指導】 ● 評価Cの生徒 金星の満ち欠けのモデル実験から、金星が日没後南西の方位に見えており、その満ち欠けと視直径の変化に気付かせる。 ● 評価Bの生徒 導入部で提示した金星の太陽面通過が稀にしか起きない現象であることから、金星の公転軌道面と地球の公転軌道面が同一平面上にならないことに気付かせる。	ワークシートにおいて、深化・補充指導を実施する。	
まとめ 3分	● 内惑星の見え方等についてまとめ、自己評価をさせる。 ● 次時の予告	- 金星の太陽面通過から、金星の位置関係と満ち欠け、見える時刻等を学習した。（各自ワークシートで） - 惑星が同じ位置関係になるのに要する時間（会合周期）について学習する。		

3 成果と課題

(1) 成果

ア 導入での工夫

今回の検証授業では、2012年6月6日に観測された金星の太陽面通過を授業の導入部の素材として取り扱った。この現象は生徒自身が観測できたこと、次回観察されるのが105年後で今回が最初で最後に見ること、マスコミ等で報道が大きくなされ大きな注目を集めた天文現象であったこともあり、生徒は積極的に学習に取り組んでいた。

イ 「判断基準」による見取りと補充・深化指導（図や表等を用いて説明させる活動の充実）

図4は判断基準Bに到達していない状況 ◎ 宵の明星を作図で考察しよう

（C状況）の生徒の記録である。日没後金星が南西の空に見えること、満ち欠け、太陽からの離角については表現されているが、地球からの距離が変化することによる視直径の違いが表現されていない。

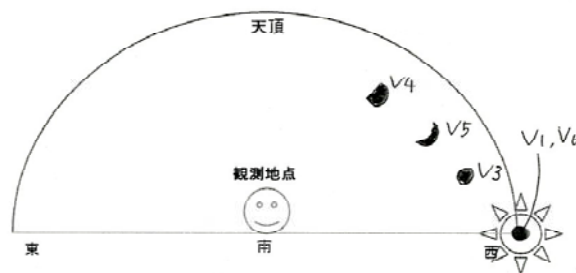
補充指導としては、金星の満ち欠けモデル実験から、太陽の周囲を公転している金星を地球上から観測した場合、満ち欠けの変化と同時に両者の距離が変化することで、金星の視直径が変わることに気付かせるようにした。

図5は判断基準Bの状況の生徒の記録である。南西の空に見えること、満ち欠け、太陽からの離角特に最大離角、視直径の変化が表現されているが、金星が太陽から一直線上に並ぶ形で表現されている。

補充指導としては、金星の太陽面通過が稀にしか起きない現象であることから、金星の公転軌道面と地球の公転軌道面が同一平面上にないことに気付かせるようにした。

図6は判断基準Aの状況の生徒の記録である。**図5**のB状況の生徒の記録に加えて、地球と金星の公転軌道面のずれから金星が太陽から一直線上に並ばないように表現されている。

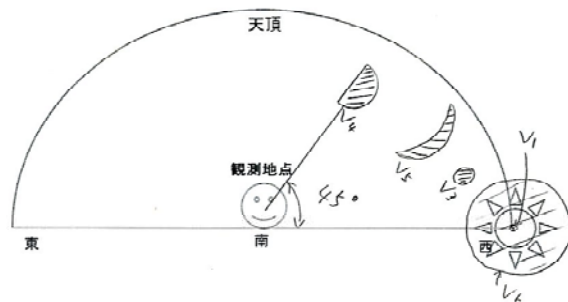
以上のように、判断基準を設定したことで、生徒個人ごとの到達目標が具体化されるとともに、学習活動において重要な箇所がより焦点化され、単元ごとの学習指導をより計画的に実施することができたのではないと思われる。



南を中心とした空の様子になります。

図4 判断基準Bに達していない生徒の表現例

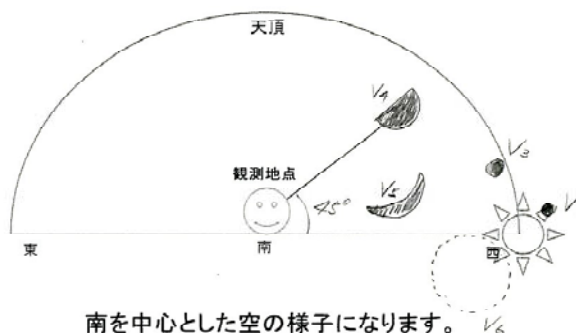
◎ 宵の明星を作図で考察しよう



南を中心とした空の様子になります。

図5 判断基準Bに達している生徒の表現例

◎ 宵の明星を作図で考察しよう



南を中心とした空の様子になります。

図6 判断基準Aに達している生徒の表現例

ウ 理解の到達度に応じたワークシートを活用

検証授業では、評価規準から判断基準を設定し、生徒自身が学習活動において自己評価を行い、深化・補充指導に移行するワークシートを作成した。生徒は、自分の理解の状況に応じて学習活動行うことがスムーズにできていたが、評価においては、A状況の生徒は皆無で、C状況とB状況のみの結果であった。C状況においては、図4に示されたような、満ち欠けと太陽からの離角が理解できているものから、白紙に近い状態のものまで見られた。そこで、ワークシートを用いて補充・深化指導を行ったところ、A状況の生徒が若干名、B状況の生徒が増え、C状況の生徒はごくわずかとなった。

C状況の生徒の理解が不十分な原因は、地球・金星・太陽を俯瞰する視点から地球上で金星を観察する場合、視点の切り替えへの理解が不十分であることが主な原因であると考えられる。これらは、中学校と前の単元での既習事項にあたるため、「地球の自転と公転」、「天体の日周運動と年周運動」を学習する際に、生徒に学習内容をしっかりと定着させておく必要があることが改めて分かった。

エ モデル実験の活用

検証授業では、金星の満ち欠けのモデル実験を実施したが、そのことについての生徒の感想を以下に示す。

【授業後の生徒の感想】

- ・ 金星の満ち欠けがわかった。装置などを使っていてわかりやすかった。
- ・ 金星の公転などについてよく知ることができた。おもしろくてわかりやすかった。
- ・ わかりやすい実験で理解が深まった。
- ・ 多くの映像や実験があったので、よく理解することができた。
- ・ 教科書や図表の説明では到底理解できなかった分野でしたが、あの実験装置の映像のおかげで理屈も見え方も分かった。
- ・ 中学生の時も少しやった記憶があったので、とてもおもしろかった。でも結構、話だけ聞いていたら、少し難しく感じた。

金星の満ち欠けについては、中学校での既習事項であり、高校では教科書等に図を使いながら分かり易く解説する工夫がなされているが、太陽系内の惑星の動きを三次元的な視点から思考する必要があるため、生徒の理解が困難になりやすい。今回の授業では、その困難な点を解消すべくモデル実験を用いて生徒に観察、思考させる場面をつくったが、生徒の感想からわかるように、一定の効果が得られた。



図7 モデル実験の装置

(2) 課題

今回の検証授業では、宵の明星の日没時の天球上の位置を、図を使って表現する言語活動を設定したが、地球・金星・太陽を俯瞰しながら、地上に視点を切り替えて金星の天球上の位置、方位、視直径の違いに注意しながら見え方を思考することに生徒は苦戦していた。既習事項において、「月と金星の満ち欠け」、「地球の自転と天体の日周運動」、「地球の公転と天体の年周運動」

をそれぞれしっかりと理解させることが重要である。そして、それらを同時に思考することで、天体の動きを空間的に捉えることができるようになるのではないと思われる。

【授業後の生徒の感想】

- ・ 星座早見を見ても、実際には線が書いていないから、どの星かどの星座か全く分からない。
- ・ 授業は楽しいけれど、点数が取れない。
- ・ 授業を受けているときは、大変納得するが、後々よく分からなくなる。スケールが大きい。
- ・ 映像を見たり、ライトで模型を照らしている時はわかったが、問題を解く段階になると分からなくなるので、理解できるようにがんばりたい。
- ・ 惑星や天体の運行がよく分からないので、もう一回学びたい。

授業後の生徒の感想例を上に示す。生徒は天文分野の学習への興味・関心はむしろ増してきているようであるが、学習内容の理解はまだ不十分であるようだ。機会を設定して、更に補充指導を実施する必要がある。下記の感想のように、生徒の意欲を大切にしながら授業改善を今後も図っていききたい。

【授業後の生徒の感想】

- ・ 何気ない時に空を眺めるようになった。自然を深く考えるようになった。
- ・ 宇宙や惑星は全て分かってない分野なので、新しい発見が楽しみだ。
- ・ 天文分野は難しいが、完全に理解できれば面白いだろうと思う。
- ・ もっと宇宙について、色々な事を学びたいと思った。