

融合授業案 3年 理科(地学分野)と数学

題材 「測定史における数学的手法」

1. 授業のねらい

単元「太陽系と太陽」では太陽-惑星間の平均距離や惑星の質量や大きさで惑星を分類し、それぞれの特徴を学ぶ。この単元を授業で扱ったときに、生徒から測定方法について「惑星の質量ってどうやって測ったのですか？体重計にでものせたのですか？」や「惑星までの距離ってどうやって測るのですか？」などの質問を受ける。天文分野に関する測定法は表1に示すように一括して単元として扱われることはない。本授業では紀元前からの「測定史」を一括して扱うことで、理科年表での値がどのようにして算出されたかを学び、数学や物理学の発展を知り、今後の学習に活かしてもらいたい。また数学で扱われる相似や三平方の定理を用いて、実際に紀元前に行われた測定法を疑似体験してもらい、数学の活用法を知ってもらいたい。

科目	単元	内容
地学基礎	固体地球とその変動	地球が球形であることの証拠
地学基礎	固体地球とその変動	地球の直径の測定法
地学基礎	宇宙の構成	太陽-惑星間の距離
地学基礎	宇宙の構成	惑星の大きさ,質量,公転周期,自転周期
地学基礎	宇宙の構成	恒星までの距離の測定法
物理	万有引力	ケプラーの法則
物理	万有引力	地球の質量の測定
物理	万有引力	月の質量の測定

表1 測定法を扱っている単元とその内容

2. 教材案

【指導計画】 対象学年：3年生

単元		内容
太陽系と太陽	第1時	太陽系全体について
	第2時	地球型惑星
	第3時	木星型惑星
	第4時	測定史について

【指導案】 第4時 測定史について

	学習活動	指導上の留意点
導入 (5分)	生徒に地学基礎の教科書の巻末資料から、太陽-惑星間の距離や、惑星の質量を調べ、惑星までの距離や質量の測定法について予測してもらう。	<ul style="list-style-type: none">・4人1グループをつくる。・生徒に発問し、班で話し合い、教室全体で共有する。

<p>展開1 (15分)</p>	<p>◇課題1 (前3世紀,エラトステネスの方法) 「地球の直径の測定」 各グループに地球儀と懐中電灯を配布し、定規を使わずに地球の大きさをはかる方法を考えてもらう。</p> <p>○発問1 「夏至の日にはシエネの大きな井戸の底に太陽がうつる」 これを用いて、どうにか地球の大きさを測定できないか。</p> <p>夏至の日にはシエネは太陽が90°に南中することが分かる。 エラトステネスはアレキサンドリアにある塔(オベリスク)の影から、南中高度を求め、地球の大きさを算出したことを説明する。(図1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・発問内容を板書し、グループで話し合ってもらおう。
<p>展開2 (10分)</p>	<p>◇課題2 (前3世紀,アリストアルコスの方法) 「地球-太陽間の距離と地球-月間の距離の比の測定」</p> <p>○発問2 「地球から見ると、だいたい太陽と月は同じ大きさに見える。半月の日の太陽,月,地球の位置関係から、太陽-地球と月-地球間の距離の比を測定せよ。」</p> <p>図2より三平方の定理から測定したことを説明する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・半月の日の地球,太陽,月の位置関係は直角三角形の点の位置となっていることに気づいてもらう。
<p>展開3 (15分)</p>	<p>◇課題3 (前2世紀,ヒッパルコスの方法) 「月までの距離と月の大きさの測定」 ※詳細は巻末資料にて</p> <p>1836年に視差を用いて、星までの距離も測れるようになったことを紹介する。(図3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・視差と三角形の相似を用いて、計算をする。
<p>展開4 (15分)</p>	<p>◇課題4 (前2世紀,ヒッパルコスの方法) 「太陽の大きさの類推」</p> <p>○発問4 「課題2と課題3を用いて地球から太陽までの距離と太陽の大きさを類推せよ。」</p> <p>アリストアルコスはこの類推から、地球より300倍もの体積のある太陽が地球の周りを回転するはずがないと考えた。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・比の計算を行う。 ・現在の理科年表での値とどのくらい違うかを調べる。
<p>まとめ (5分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・紀元前にさまざまな方法で現在の理科年表に記載されていることが算出されていたことを振り返る。 ・地球や惑星の質量は物理法則を用いて計算できることを紹介する。 	

【使用した教材】

[1] 教科書「地学基礎」,啓林館

[2] 教科書「物理」,東京書籍

[3] 「測り方の科学史 I 地球から宇宙へ」,西條敏美,恒星社厚生閣

※巻末資料

課題1 「地球の直径の測定」

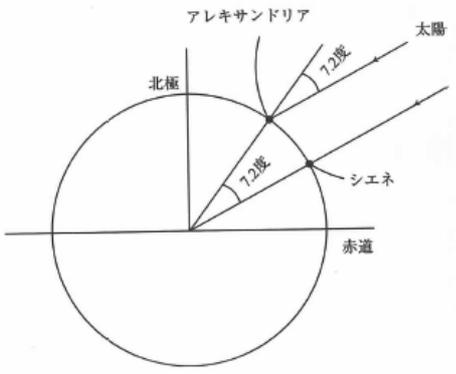


図1

エラトステネスはアレキサンドリアとシエネの2点間の距離（弧の長さ）を求め、弧の長さと同中心角が比例するという関係を利用して、地球の周囲の長さを初めて計算した。アレキサンドリアとシエネの距離は約900kmとすると、

$$(\text{地球の円周}) = 900 \times \frac{360}{7.2}$$

で算出できる。

課題2 「地球の直径の測定」

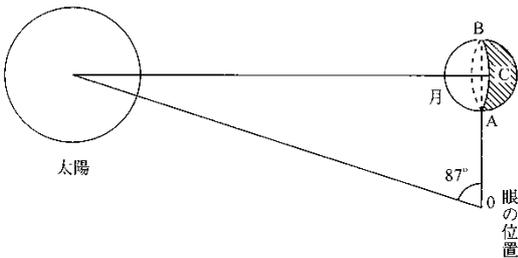


図2

半月が観測されたときの太陽-地球-月の位置関係は図2のような直角三角形になる。三角測量を用いることで、「地球-月」と「地球-太陽」の距離の比を算出できる。

アリスタルコス「地球から太陽までの距離は、月までの距離の18～20倍である」と結論付けた。

課題3 「月までの距離と月の大きさの測定」

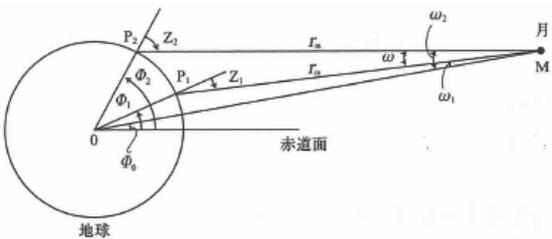


図3

地球-月までの距離を視差を用いて測定した。さらにヒッパルコス「地球-月間の距離を利用して、地球から見たときの月の大きさを測定した。」

授業では、左目と右目の距離を測定したあと、左目と右目の視差を利用して教卓上のボールまでの距離をそれぞれ測定してもらい、地球-月間の距離測定の模擬体験を行ってもらった。