

時・空認識の定着を扶ける天体教材の開発

一井 武幸*

Development of the heavenly bodies teaching materials
 helping fixation of the space-time recognition
 by Takeyuki ICHINOI

1. 天体学習の今日的課題

1.1 我が国の教育課程において

(1) 天体教材の学習内容及び系統

2017年7月に告示された小学校及び中学校学習指導要領解説理科編⁽¹⁾⁽²⁾、並びに2018年7月に告示された高等学校学習指導要領解説理科編⁽³⁾における天体に関する学習内容及び系統は、以下の通りである。

① 小学校

ア	3学年「太陽と地面の様子」 日陰の位置と太陽の位置の変化、地面の暖かさや湿り気の違い
イ	4学年「月と星」 月の形と位置の変化、星の明るさと色、星の位置の変化
ウ	6学年「月と太陽」 月の位置や形と太陽の位置

② 中学校

ア	3学年「天体の動きと地球の自転・公転」 日周運動と自転、年周運動と公転
イ	3学年「太陽系と恒星」 太陽の様子、惑星と恒星、月や金星の運動と見え方

③ 高等学校

ア	科学と人間生活 中項目「宇宙や地球の科学」 太陽と地球 (小項目の選択)
イ	地学基礎「地球の変遷」 宇宙、太陽系と地球の誕生
エ	地学「太陽系」 地球の自転と公転、太陽系天体とその運動、太陽の活動
オ	地学「恒星と銀河系」 恒星の性質と進化、銀河系の構造
カ	地学「銀河と宇宙」 様々な銀河、膨張する宇宙

今回の改訂では、天体分野を「地球の周辺」としての取り扱いから、「地球と天体の運動」としての取り扱いへと視点が変わったものの、地球と天体における時間的・空間的 (以下、時・空的とする) な視点を働かせて学ぶ内容については、削減されておらず、特に小・中学校ではほとんど変更されていない。

*東海大学 課程資格教育センター 教育学研究室 特任教授

(2) 天体分野の履修上の課題

① 小・中学校

義務教育にあたる小・中学校の教育課程は、一部特例を除き、すべての児童生徒が履修することが原則となっている。そこで、小学校及び中学校課程の理科の総単位数に占める天体分野に関する単位数の割合を調べると、小学校が3/31(9.6%)、中学校が2/37(5.4%)で全体的に低く、特に中学校においては他領域に比べ顕著であった。

② 高等学校

高等学校の教育課程は、校種或いは専攻学科等の違いにより、理科の9科目 (現行10科目) の中から必須及び選択の科目として履修がなされ、一概には比較できない。すべての高校生が履修すべき科目数は、「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうち「科学と人間生活」を含む2科目、又は、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうちから3科目となっている。また、「物理」、「化学」、「生物」、「地学」については、原則として、それぞれに対応する「基礎を付した科目」を履修した後に履修するようになっている。したがって、高等学校において天体分野を学ぶ機会は、「科学と人間生活」の小項目「太陽と地球」の選択履修、「地学基礎」の選択履修、さらに「地学」の条件付き履修をする場合に限られている。

③ 本学学生の履修状況

本学九州キャンパスにおいて、中学校教諭普通一種免許状 (理科) 及び高等学校教諭普通一種免許状 (理科) を取得するために「理科教育法1」を履修している学生を調査してみた。高校時代に天体分野の学習が含まれる「科学と人間生活」、「地学基礎」及び「地学」を履修してきた学生は、2017年度~2019年度は、表1の通りであった。

表1: 天体領域を含む科目の履修状況

	科学と人間生活	地学基礎	地学
2017年度	2/20	2/20	0/20
2018年度	1/19	3/19	0/19
2019年度	1/15	0/15	0/15
計	4/54	5/54	0/54

表1より、将来中学校及び高等学校の理科の教員を目指す学生であっても、天体分野をはじめ、「地学」そのものの学習経験者が極めて少ない。つまり、中学校の学習内容程度の知識に留まっている学生が多いのである。また、2019年度「理科教育法1」の履修生で、それぞれの出身高校の理科科目の開設状況を調べると、「地学基礎」及び「地学」の科目自体が開設されておらず、天体分野はほとんど履修されていない。

1.2 理科の「見方・考え方」において

従来、理科においては「科学的な見方や考え方」の育成を目標として位置付け、資質・能力を包括するものとして示してきた。しかし、今回の学習指導要領の改訂では、「見方・考え方」は資質・能力を育成する過程で働く、物事を捉える視点や考え方とされている。

そこで、天体分野を含む「地球」を柱とする領域での「見方・考え方」は、高等学校学習指導要領解説理科編によると、以下のように示している。

(1) 理科の「見方」を働かすこととは

自然の事物・現象を、主として時間的・空間的な視点で捉えることである。

(2) 理科の「考え方」を働かすこととは

比較したり、関係付けたり、条件を制御したり、多面的に調べたりするなど、科学的に探究する方法を用いて考えることである。

1.3 時・空認識の形成や定着の難しさ

天体分野の学習は、客観的な時・空的視点をもって科学的に探究していくことにある。しかし、この分野の事象は、客観的或いは倫理的に説明できたとしても、それを再現することが極めて困難な内容が多い。そのため、時・空認識の形成や定着が難しく、ましてや生徒の日常生活レベルで事象を考えることは極めて困難なのである。

2 時・空認識の定着を扶けるための教材開発

2.1 宇宙の時・空間を実生活のスケールでモデル化

(1) 地球と月

地球から見える月の形の変化は、地球と太陽と月の位置関係を考えながら、宇宙空間の適切な第三の位置から観察カメラなどを使用し、映像等で再現し観察することで、比較的容易に理解できる。つまり、位置的・方位的な視点で考える空間概念は育ち易いのである。しかし、天体間の距離概念の形成までは育たない。そのために、理科では天体間の距離を光（電磁波）の伝わる速さ（約30万km/s）での所要時間で表すきまりになっている。例えば、地球と月の距離（約38万km）は、光で1.3秒余りかかる距離であることを認識させるようになっている。

(2) 太陽系

太陽系全体の時・空認識を扶けるための方法として、地球の赤道直径12,756kmを 2.0×10^{-5} km（= 2.00cm）にモデル化し、そのスケールを基準とした太陽系惑星の相対的な大きさや惑星間の位置（距離）関係を比較した。また、地球と太陽間の距離（平均軌道半径）149,597,870kmを1.00としたとき、各惑星との相対的な比を基に太陽との距離を計算し、表2に示している。つまり、直径2.00cm大きさの地球が、太陽からは0.235km(235m)離れた距離の軌道上を公転していることを捉えることができる。

表2：太陽系惑星の地球との大きさの比較

	地球の赤道直径 km	地球の直径を 2.00cmとしたと きの大きさcm	太陽軌道半径 平均距離km	各惑星の公転 軌道半径比	地球の直径2.00cmとし たときの各惑星の軌道 半径距離km
水星		0.76		0.38	0.089
金星		1.90		0.72	0.169
地球	12,756	2.00	149,597,870	1.00	0.235
火星		1.06		1.50	0.353
木星		22.00		5.20	1.222
土星		19.00		9.50	2.233
天王星		8.00		19.00	4.465
海王星		7.80		30.00	7.050

2.2 授業実践

例年、中学校教諭一種普通免許状取得希望の学生対象に開講している「理科教材論」の授業にて実践しているので紹介する。

(1) 惑星モデルづくり

中学校理科教科書⁽⁴⁾では、10億分の1の縮尺モデルで太陽系の空間を捉えるようになっている。しかし、実際のモデルを作ると地球の直径1.28cmとなり、他の惑星の大きさを相対的に比較できるようなモデルを作ったり、教材を探したりするのは困難である。そこで今回は、地球の直径を2.00cmの基準モデルとすると、それぞれの惑星モデルは、市販の発泡ポリスチレン球や運動競技用の規格ボール（ミニバスケットボール5号球22.0cm、バレーボール4号球・ドッジボール2号球19.4cm、ソフトボール1号球8.1cm）等がそのまま使用でき、できないモデルの作成やサイズの調整には紙粘土を使用した。（図1）



図1：惑星モデル（左から3番目が地球）

(2) 時・空認識を扶ける工夫

本尺度では、それぞれの惑星が太陽を回る公転軌道では、最も太陽に近い水星で0.089km、最も遠い海王星で7.050kmあり、この間に6個の惑星の軌道が存在することになる。つまり、半径7km程（本学から熊本駅付近）の広大な空間を、このような小さな惑星モデルが、太陽を中心に規則的な楕円軌道を描き、公転し続けていることに学生は初めて気づき、驚き、実感したのである。

3 まとめ

時・空的な視点で自然事象を捉え、科学的な探究の手法で問題解決していく学習は、天体領域の概念を捉えさせるにはかなり課題がある。しかしながら、今回のモデルの作成・導入により、学生自身が実感を伴った時・空認識の定着を扶けるものであるということが分かった。

- (1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編（2017）
- (2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 理科編（2017）
- (3) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説 理科編（2018）
- (4) 大日本図書：新版理科の世界3（2015）