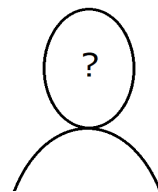


地球の公転に関する教育課程の現状と課題

林 隆 之

(麻布中学校・高等学校 〒106-0046 東京都港区元麻布 2-3-29)

e-mail: t.hayashi@azabu-jh.ed.jp



近代以降の宇宙観を構成する基本概念のひとつに地球の公転が挙げられる。地球の公転を否定する天動説が旧来の保守的立場の比喻として用いられることから明らかなように、この概念は現代社会において単なる常識にとどまらず、象徴的な意味をも帯びている。歴史的には、地球の公転は年周光行差ないし年周視差の検出によって直接的に実証された。これらの直接的な証拠は、現行の学習指導要領においては、履修者が全体の約1%にとどまる発展科目「地学」でのみ取り上げられている。地球の公転という概念自体は中学校の理科で導入され、いくつかの天体現象を合理的に説明するものとして扱われるが、その必要性や観測的根拠に踏み込んだ学習は「地学」以外では行われていない。このため、地球の公転を実証した観測的事実に触れないまま高等学校を卒業する者が大多数を占めているのが現状である。本稿では、地球の運動が実証された歴史を概観するとともに、学習指導要領における天文分野の変遷を整理し、現行課程における地球の公転に関する学習が抱える課題を明らかにする。

1. はじめに

高等学校までの学校教育における学習内容は、学習指導要領で教科・科目ごとに定められており、その記載事項は教育課程の最低基準として位置づけられている。各教育現場では、この最低基準を超える独自の指導も認められているが、全国的に共通して保障されるべき知識水準を示すという点で、学習指導要領はきわめて重要な意義をもつ。学習指導要領は時代の要請に応じておよそ10年ごとに改訂されてきた。学習指導要領の改訂よりもはるかに長い時間スケールの事象を扱う天文分野であっても例外ではなく、改訂のたびに学習内容は変化してきた。

学習指導要領で定められた天文分野の学習内容のうち、到達目標として重視されている事項のひとつが、地球の自転および公転に関する理解である。地球の自転および公転は、近代以降の宇宙観

を構成する根幹的概念である。特に、地球の公転によって生じる年周視差は、銀河系内の天体までの距離測定に利用され、「宇宙の距離はしご」の一部として現代天文学の基盤を成している。このように本質的な概念であるにもかかわらず、高等学校までの天文分野の学習においては、地球の公転に関する観測的根拠の扱いに課題がある。地球が公転しているという概念自体は中学校で学習するが、その観測的証拠に触れることなく高等学校を卒業する学習者が大多数なのである。

本稿ではまず、地球の自転および公転が観測的に証明されるまでの歴史的な経緯を概説し、あわせて学習指導要領における天文分野の学習内容を概観する。次に、学習指導要領に規定された事項が、自転および公転についてどのような点を説明の対象とし、どのような本質的事項を扱っていないかを検討し、現行の学習指導要領において天文分野が抱える課題を明示したい。

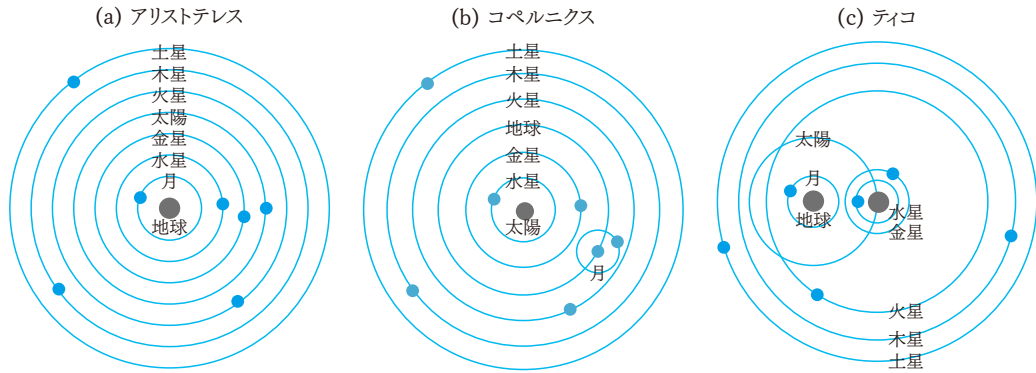


図 1. 代表的な太陽系モデルの比較. (a) アリストテレス, (b) コペルニクス, (c) ティコがそれぞれ提唱した宇宙観の概念図

2. 地球の運動に関わる科学史的背景

地球の運動に関する理解は、古代以来の天動説と、近代初頭に登場した地動説との対立の中で、観測的・理論的な根拠の積み重ねを通じて徐々に確立されていった。ここでいう天動説とは、古代ギリシアのアリストテレスが、先行する諸説を集約・再構成して確立した宇宙論を継承する立場を指す。アリストテレスは、月食の際に現れる影が常に円形であることや、緯度による星の見え方の違いといった先人たちの観測事実を根拠に、大地は球形であると主張した（以後、大地は地球と表記する）。重い大地は静止し、天球はその周囲を等速円運動すると論じた（図 1a）。そして、変化に満ちた地上界と永遠不変の天上界という二元的構造を想定し、前者を直線運動を本質とする四元素（火・水・土・空気）からなる世界、後者を円運動を本質とする第 5 の元素（エーテル）から構成される世界と位置づけた。

アリストテレスの宇宙観において、後世の天文学者を最も悩ませたのは惑星の運動であった。惑星は、天球上で恒星に対しての位置を変えるため、単純な天球の順行回転ではその運動を説明できない。この問題に対しひとつの解決策を提示したのがプトレマイオスである。彼は、離心円、周転円、エカントという 3 つの要素を含めた体系を構築す

ることで、惑星の運動を精緻に説明した。なお、当時の定義にしたがうと、ここでの惑星には太陽や月を含む。

天動説を含む古代ギリシアの合理的知識体系の多くは、初期キリスト教の神秘主義的性格と緊張関係にあり、ラテン世界では、これらの知識の継承が一時的に断絶された。その後、幾多の変遷を経て、キリスト教を信仰するヨーロッパ世界は古代ギリシアの学術的知見を再発見するに至る。キリスト教の教義と古代ギリシアの知見との整合が図られる中で、アリストテレスの諸学説は次第に絶対的な権威として受け入れられていった。宇宙観においても、アリストテレスの天動説理論は、キリスト教の教義と整合する形で再解釈された。

15 世紀に入ると、コペルニクスは、数学的にはプトレマイオスのモデルに匹敵する精度を持ちながらも、天体運動の中心を地球から太陽へと置き換えた地動説モデルを提案した（図 1b）。16 世紀には、アリストテレスを由来とする宇宙論と矛盾する現象が、ティコにより次々に観測される。たとえば、1572 年の超新星（SN 1572）は「ティコの超新星」とも呼ばれ、永遠不変とされた天界における変化を示した点で、アリストテレス的宇宙観と明確に対立する。また、アリストテレスは彗星を地上界の気象と解釈したが、ティコは自らの観測に基づき、彗星が天上界の現象であると主張

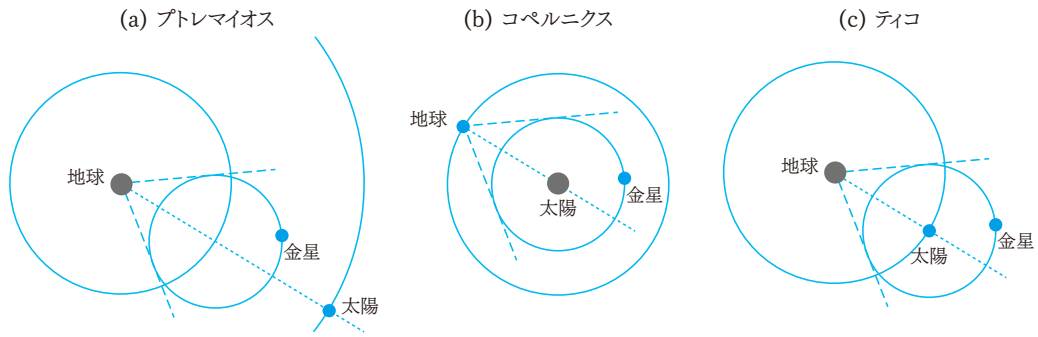


図 2. 代表的な太陽系モデルにおける地球・太陽・金星の関係の比較。(a) アリストテレスの宇宙観を踏まえたプトレマイオスの体系（天動説），(b) コペルニクスの体系（地動説），(c) ティコの体系（改良天動説）。各図はそれぞれのモデルを簡略化した概念図である。また、各図において、地球から見た太陽の方向を点線で、地球から金星の見える範囲を破線で示した。プトレマイオスの天動説においては、金星が周転する円が太陽と同期して地球をまわることで、実際に観測される金星と太陽の離角が説明される。

した。さらに、その軌道が惑星の軌道を貫いており、アリストテレスを由来とする宇宙観が前提とする「惑星軌道は交差しない」との見解に反することも明らかにした。

ただし、ティコはコペルニクスの地動説に対しては懐疑的であった。地球が公転していれば観測されるべき恒星の年周視差を、当時の観測精度では検出できなかったためである。これらを背景としてティコは、地球を宇宙の中心に据えたまま、他の惑星が太陽の周囲を回るという改良天動説を提案した（図 1c）。このモデルにおいては、太陽の軌道といくつかの惑星の軌道が交差し、従来の天動説には見られない斬新な特徴を備えていた。

17 世紀、ガリレオは望遠鏡を用いた観測により、月に山や谷などの地形が存在することを発見した。これは、天体が完全な球体であるとする当時のアリストテレス的宇宙観に対し、天界にも地上と同様の「不完全性」が存在することを示す発見であった。また、木星の周囲を公転する 4 つの衛星の発見は、地球以外の天体が回転の中心となり得ることの実証となった。これは、すべての天体が地球を中心に回っているという古典的な天動説への反証となり、地球が宇宙の特別な中心ではないことを示唆する発見であった決定的だったの

は、金星の満ち欠けと見かけの大きさの変化が連動して観測されたことである。アリストテレスを踏まえた天動説では、それぞれの惑星の軌道は交差せず、金星は常に太陽より内側を周回するとされ、満ち欠けの全過程は生じないと予測された（図 2a）。しかし、実際に観測された金星の見かけの変化は、金星が太陽の背後まで回り込む（外合する）軌道を描いていることと一致し、アリストテレスを踏まえた宇宙観の説得力を大きく損なう結果となった。

もっとも、ガリレオによる金星の満ち欠けの発見は、地球の公転運動を含むコペルニクスの宇宙像（図 2b）を直接的に証明したものではないことに留意すべきである。金星の満ち欠けの発見は、アリストテレス的宇宙観に基づく従来の天動説（図 2a）に対する有力な反証とはなかったが、たとえばティコの改良天動説によっても説明が可能である（図 2c）。地球が太陽の周囲を公転していることは、1727 年のブラッドリーによる年周光行差の発見、ないし 1838 年のベッセルによる年周視差の検出によって、初めて観測的かつ直接的に裏づけられた。

ここまで地球の公転に重点を置いて概観してきたが、自転に関しても、決定的な証拠は 17–18 世

表 1 現行の学習指導要領における理科の学習内容（中学校までの天文分野を抜粋 [1, 2]）

〔小学校〕 理科（B 生命・地球）	
第 3 学年	(2) 太陽と地面の様子 太陽と地面の様子との関係について、日なたと日陰の様子に着目して、それらを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 （ア）日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の位置の変化によって変わること。 （イ）地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気に違いがあること。
第 4 学年	(5) 月と星 月や星の特徴について、位置の変化や時間の経過に着目して、それらを関係付けて調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 （ア）月は日によって形が変わって見え、1 日のうちでも時刻によって位置が変わること。 （イ）空には、明るさや色の違う星があること。 （ウ）星の集まりは、1 日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること。
第 6 学年	(5) 月と太陽 月の形の見え方について、月と太陽の位置に着目して、それらの位置関係を多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 （ア）月の輝いている側に太陽があること。また、月の形の見え方は、太陽と月との位置関係によって変わること。
〔中学校〕 理科（第 2 分野）	
第 3 学年	(6) 地球と宇宙 身近な天体の観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 天体の動きと地球の自転・公転 （ア）日周運動と自転：天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けて理解すること。 （イ）年周運動と公転：星座の年周運動や太陽の南中高度の変化などの観察を行い、その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けて理解すること。 イ 太陽系と恒星 （ア）太陽の様子：太陽の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、太陽の特徴を見い出して理解すること。 （イ）惑星と恒星：観測資料などを基に、惑星と恒星などの特徴を見い出して理解するとともに、太陽系の構造について理解すること。 （ウ）月や金星の運動と見え方：月の観察を行い、その観察記録や資料に基づいて、月の公転と見え方を関連付けて理解すること。また、金星の観測資料などを基に、金星の公転と見え方を関連付けて理解すること。

紀にかけて発見された。18 世紀半ば、フランス科学アカデミーによって実施された測地遠征により、地球が回転楕円体であることが示され、遠心力による地球の変形を前提として自転の存在が支持された。さらに、1851 年にはフーコーが、振り子の振動面がコリオリ力の影響を受けて回転することを示し、地球の自転をより直接的に証明した。

3. 学習指導要領における天文分野

現在使用されている小学校・中学校の学習指導

要領 [1, 2] は 2017 年に告示され、小学校では 2020 年度から、中学校では 2021 年度から実施されている。高等学校の学習指導要領 [3] は 2018 年に告示され、2022 年度の入学生から年次進行で実施された。

3.1 小学校・中学校での学習

現行の学習指導要領における、小学校・中学校の天文分野に関する学習内容を表 1 に示した。小学校および中学校では、大型または高精度な装置を用いた観測により得られた知見ではなく、身近

な天文現象を中心に学習する。特に小学校では、肉眼による観測が可能な現象の規則性の理解に重点が置かれている。たとえば、第5学年の「月の形と位置の変化」では、月の満ち欠けが周期的であることを学び、第6学年の「月の位置や形と太陽の位置」では、満ち欠けする月の輝いている側に太陽が位置することを学ぶ [1]。ここで注目すべきは、学習指導要領においては、太陽・月・地球の3天体の運動学的関係の理解は求められていない点である。天球上での太陽と月の見かけの位置関係と、月の満ち欠けとのあいだに見られる法則性を、観測を通して理解することが目標とされており^{*1}、天動説や地動説といった宇宙観に関わる内容は、学習すべき内容に含まれていない。

太陽・月・地球の3天体に関する運動学的関係は、中学校の理科で取り扱われる。中学校第3学年の理科では、恒星の日周運動および年周運動が、それぞれ地球の自転および公転によって生じることを学ぶ。さらに、地球の公転を観測的に支持する根拠として、金星の満ち欠けが取り上げられている [2]。ここで重要なのは、それぞれの学習内容が地球の自転ないし公転の十分性に着目しており、それらの必要性までは論じられていない点である。すなわち、地球が自転ないし公転しないという可能性を、中学校段階では否定しきれていないのだ。この点については、後の章にて改めて検討を加える。

3.2 高等学校での学習

高等学校における地学分野の学習は選択制である。現行の学習指導要領では、理科は「2階建て」構造となっており、まず2単位の基礎科目を履修し、その後に4単位の発展科目を履修する形をとる。卒業要件としては、物理・化学・生物・地学の

各分野の基礎科目（「物理基礎」「化学基礎」「生物基礎」「地学基礎」）のうち3科目を履修するか、理科の総合科目「科学と人間生活」と基礎科目のいずれか1科目を履修することが求められている。この履修形態は2009年度告示の学習指導要領 [4] から導入されたものであり、それ以前の課程と比べ、基礎科目のみで卒業する場合の必要履修科目数が増加している。

履修形態の変更にともない、地学分野の基礎科目の履修率は明らかな増加を示した。教科書採択数に基づく推計によれば、2010年時点では、当時の基礎科目である「地学I」の履修率は10%未満であったが、2019年には現行の基礎科目「地学基礎」の履修率が25%を超えている [5]。これにより、高等学校卒業者の地学的素養が向上していると期待できる。なお、同調査によれば、発展科目「地学」を開設している学校は限られ、履修率も1%程度にとどまっている。したがって、「地学」の学習内容をもって高等学校卒業生全体の地学的知識の水準を代表させることは適切でないだろう。

総合科目「科学と人間生活」にも、地学を含む理科4分野の内容が盛り込まれている（表2）。本科目の履修率は33-34%程度と推定されている [5]。したがって、高等学校における地学的素養を考察する際には、本科目の内容も考慮する必要がある。「地学基礎」と比較して、本科目の学習内容は概して平易であり、大学入学共通テストの試験科目として「科学と人間生活」が設定されていないこともあり、大学進学率の低い高等学校が履修科目として設定する傾向が報告されている [6]。天文分野を扱う単位「太陽と地球」においては、「天体に関する観察、実験などを行い、太陽などの身近に見られる天体の運動や太陽の放射エネルギー

^{*1} 気象衛星などによって宇宙から地球を俯瞰する視点が日常化した現代において、月の満ち欠けに関する学習を地上からの視点のみに限定することは、かえって現象理解を妨げる可能性があると言われている。この点に関して、地球外から月や太陽を観察する視点を学習に取り入れるよう、2015年および2024年に、天文教育普及研究会から学習指導要領の改訂に向けた提言がなされている。

について、人間生活と関連付けて理解することが求められている [3]。このように、本科目の天文に関する内容は、宇宙観に踏み込むものではない。

表 2 現行の学習指導要領における高等学校「科学と人間生活」の学習項目 [3]

(1) 科学技術の発展
(2) 人間生活の中の科学
(ア) 光や熱の科学
ア 光の性質とその利用
イ 熱の性質とその利用
(イ) 物質の科学
ア 材料とその再利用
イ 衣料と食品
(ウ) 生命の科学
ア ヒトの生命現象
イ 微生物とその利用
(エ) 宇宙や地球の科学
ア 太陽と地球
イ 自然景観と自然災害
(3) これからの科学と人間生活

学習項目に関する記述のみ抜粋し、探究活動など学習のあり方に関する記述は割愛した。天文分野に関わる項目をハイライトした。

基礎科目「地学基礎」と総合科目「科学と人間生活」をあわせれば、楽観的に見積もって約半数の高校生が、高等学校で地学分野の学習に取り組んでいることになる。このように地学教育の普及が進展する一方、天文分野に限れば依然として厳しい状況が続いている。図 3 は、旧課程および現行課程の学習指導要領に基づき、「地学基礎」における天文関連の学習内容を抜粋したものである。高等学校における地学では、伝統的には、「大地の成り立ちと変遷（地質・地球史）」「地球内部とその活動（地震・火山）」「気象と海洋のしくみ（大気・海洋）」「宇宙の構造と進化（宇宙）」の 4 分野ごとにカリキュラムが編成されてきた。1999 年告示の学習指導要領における基礎科目「地学 I」の内容にも、この構成が明確に確認できる。「地学 I」の天文分野では、太陽から現代宇宙論に至るま

で、広範な空間スケールを対象とした内容が系統的に配置されていた。しかし、2018 年告示の学習指導要領に基づく「地学基礎」では、この空間軸に沿った網羅性が失われている。

2009 年告示の学習指導要領では、単元「宇宙のすがた」において「宇宙の誕生と銀河の分布について理解すること」が求められていたが [4]、現行の学習指導要領における唯一の天文分野の単元「宇宙、太陽系と地球の誕生」では、「宇宙の誕生、太陽系の誕生と生命を生み出す条件を備えた地球の特徴を理解すること」が目標とされ [3]、宇宙の起源や惑星系に関する内容は含まれているものの、銀河の構造やその分布といった大規模な空間スケールの現象は、必修内容から外された。この背景として、2009 年告示の学習指導要領において「地学基礎」が「地球環境の変化、日本の自然環境とその恩恵や災害など、日常生活や社会との関連を意識しながら地球や地球を取り巻く環境を理解させ、基礎的な素養を身に付けさせるように意図」された科目であることが考えられる [4]。この改訂により、高等学校における地学分野の基礎科目の構成は、空間軸に沿って自然現象を網羅的に扱う体系から、時間軸に沿って現在の地球に至る過程の理解に重点を置く構成へと転換された *2。

限られた授業時間の中で全自然現象を扱うことは不可能であり、特定の観点に基づいて内容を選択すること自体はやむを得ない対応である。ただし、天文分野の科学的リテラシーの涵養を重視する立場に立てば、現行課程は内容が著しく限定された構成と評価せざるを得ず、基礎科目においては、結果として天文分野が「犠牲」となったことは *3、今後の検討課題として指摘されるべきであろう。

4. 地球の公転の学習に関する課題

現行の学習指導要領のもとでの学校教育は、現代的な宇宙観を観測の根拠に基づく科学として適切に学ぶ機会を提供できているのだろうか。中学

【旧々学習指導要領（1999年告示）】

地学Ⅰ（3単位）

- (1) 地球の構成
 - ア 地球の概観
 - (ア) 太陽系の中の地球
 - (イ) 地球の形状と活動
- イ 地球の内部
 - (ア) 地球の内部構造と構成物質
 - (イ) 火山と地震
- ウ 地球の歴史
 - (ア) 野外観察と地形・地質
 - (イ) 地層の形成と地殻変動
 - (ウ) 化石と地質時代
- (2) 大気・海洋と宇宙の構成
 - ア 大気と海洋
 - (ア) 大気の大気収支と大気の大気運動
 - (イ) 海水の大気運動
- イ 宇宙の構成
 - (ア) 太陽の形状と活動
 - (イ) 恒星の性質と進化
 - (ウ) 銀河系と宇宙

【旧学習指導要領（2009年告示）】

地学基礎（2単位）

- (1) 宇宙における地球
 - ア 宇宙の構成
 - (ア) 宇宙のすがた
 - (イ) 太陽と恒星
- イ 惑星としての地球
 - (ア) 太陽系の中の地球
 - (イ) 地球の形と大きさ
 - (ウ) 地球内部の層構造
- (2) 変動する地球
 - ア 活動する地球
 - (ア) プレートの運動
 - (イ) 火山活動と地震
 - イ 移り変わる地球
 - (ア) 地層の形成と地質構造
 - (イ) 古生物の変遷と地球環境
 - ウ 大気と海洋
 - (ア) 地球の大気収支
 - (イ) 大気と海水の大気運動
 - エ 地球の環境
 - (ア) 地球環境の科学

【現行の学習指導要領（2018年告示）】

地学基礎（2単位）

- (1) 地球のすがた
 - (ア) 惑星としての地球
 - ア 地球の形と大きさ
 - イ 地球内部の層構造
 - (イ) 活動する地球
 - ア プレートの運動
 - イ 火山活動と地震
 - (ウ) 大気と海洋
 - ア 地球の大気収支
 - イ 大気と海水の大気運動
- (2) 変動する地球
 - (ア) 地球の大気収支
 - ア 宇宙、太陽系と地球の誕生
 - イ 古生物の変遷と地球環境
 - (イ) 地球の環境
 - ア 地球環境の科学
 - イ 日本の自然環境

図 3. 高等学校「地学基礎」の学習項目の変遷 [3, 4, 7]。学習項目に関する記述のみを抜粋し、探究活動など学習のあり方に関する記述は割愛した。天文分野に関わる項目をハイライトした。1999 年告示の課程に設置された「地学Ⅰ」では、単元「太陽系の中の地球」において地球の自転および公転の観測的根拠が扱われていた。しかし、2009 年告示の「地学基礎」以降は、これらを取り上げる単元は設けられていない。

校の理科においては、地球の自転および公転について学習するものの、学習指導要領の記述に照らす限り、それらの運動によって生じる天体現象の説明にとどまっている。自転や公転が必然的に導かれるような論理構成にはなっていないのだ。つまり、自転および公転が前提的に与えられているだけなのである（表 1）。

もっとも、ある理論モデルが多様な自然現象を合理的に説明できることを出発点とし、その妥当性をまず認識させるという教授法は、必ずしも否定すべきものではない。実際、化学分野の教育では、このような手法が広く議論されている [8]。たとえば、ボーアモデルによって原子構造や元素の

性質を説明する際、このモデルを前期量子論の枠組みから厳密に導出しようとすれば、初学者にとって理解が困難となり、学習意欲の低下を招くおそれがあることは容易に想像される。

中学校段階において地球の自転ないし公転を所与の前提として学習を進めるのであれば、その必要性については、高等学校で扱うことが望ましい。現行の履修形態のもとでは、理想的には「科学と人間生活」でもこの点に触れることが望ましいが、同科目における天文分野の内容および分量（表 2）を踏まえると、それは現実的ではないかもしれない。また、理科の総合科目のあり方そのものに関わる議論を要し、本稿の射程を超えるため、ここ

*2 学習指導要領における単元の配列は、必ずしも教科書の構成と一致するものではない。多くの出版社による『地学基礎』の教科書では、現場での指導のしやすさを考慮し、伝統的な 4 分野構成を意識した配列が採用されている。

*3 冒頭で述べたとおり、学習指導要領に記載されている学習事項は最低水準であり、改訂により全体の「犠牲」となって削減された内容（たとえば、銀河の構造や分布）であっても、発展事項として教科書に記載されている例はある。

では立ち入らない。以上を踏まえ、まずは「地学基礎」に議論の焦点を絞ることとする。

地球の自転に関しては、地球が回転楕円体であること、ないし振り子の振動面が回転することによって示されてきた。このうち、回転楕円体としての地球については、自転を示す直接的根拠であることの明示こそされていないが、現行課程の「地学基礎」において単元「地球の形と大きさ」での学習項目とされている(図3)。より直接的に自転を示すフーコーの振り子こそ、発展科目「地学」でのみ取り扱われるものの、自転の観測的根拠のひとつは「地学基礎」に含まれており、自転の必要性の理解へとつなげる余地が残されている。

一方、地球の公転についてはどうであろうか。その証拠となる年周光行差および年周視差は、いずれも「地学基礎」で取り上げられておらず、「地学」での学習事項とされている[3]。かつての基礎科目「地学Ⅰ」では、地球の自転および公転の証拠がともに学習事項とされていたが(図3)、「地学基礎」へと改編されるにあたって単位数が削減されたことにともない、これらの内容は発展科目へ先送りされたものと考えられる。

年周視差は、恒星に関する学習の中で、HR図を作成する際に必要な絶対等級を視等級から導出するための距離測定手法としても紹介されてきた。1999年告示の旧課程においては、単元「恒星の性質と進化」が基礎科目に含まれており、その一環として年周視差の学習も位置づけられていた。しかし、2009年告示の学習指導要領では、恒星を扱う単元「太陽と恒星」において、「恒星としての太陽の姿と進化を理解させることが主なねらい」とされ[9]、恒星一般の学習は基礎科目から除外された(図3)。これにともない年周視差を基礎科目で取り扱う意義が低下したことも、発展科目へ先送りされた背景にあると考えられる。

現行の学習指導要領における地球の公転に関する学習内容を歴史的事実と比較すると、その水準では、ティコの改良天動説を排除するには不十分

である。ティコは自身の精密な観測結果に基づき、アリストテレスの主張を踏襲する天動説に疑問を抱いたものの、年周視差が検出されなかったことから地球は静止していると信じ、コペルニクスの地動説を積極的に支持するには至らなかった。ガリレオが発見した金星の満ち欠けも、金星が太陽の背後を通過することを示すものであり、コペルニクスの体系を一義的に支持する証拠とはならない(図2)。したがって、ほとんどの高校生が年周視差ないし年周光行差を学習しない現状は、コペルニクスの体系とティコの体系のどちらが適切か支持できないという点で、太陽系の構造に関する理解が限定的なものにとどまっているといえる。

地球を不動とする天動説から、地球の自転および公転を含む地動説への転換は、単なる宇宙論モデルの交替にとどまらず、「科学革命」という固有名で称されるように[10]、科学史上きわめて重要な転機である。このためか、現代において「天動説」は、時代錯誤的な認識や保守的立場を象徴する比喩としてしばしば用いられる。しかし、学校教育において地動説の観測的根拠に触れる機会は限られており、天動説が否定される根拠を十分に理解していない者も少なくないと考えられる。仮にそのような状況があるとすれば、天動説を揶揄する立場にある者が、その否定の根拠を説明できない、あるいは一度も聞いたことがないという皮肉な事態が生じてことになる。このような状況では、地動説の受容が科学的理解に基づくのではなく、中世においてアリストテレスの知見が絶対的権威とみなされたのと同様に、信仰的態度にとどまる危険性がある。したがって、地球の公転を必然たらしめる観測的根拠を高等学校で学べるよう、教育内容の再検討が求められよう。

近年では、漫画『ち。一地球の運動について』[11]およびそれを原作とするアニメーション作品が話題を呼び、地球の運動に対する関心の高さがうかがえる。もちろん、学校教育において学習事項として定められていても、期待された知識の定

着が十分に達成されない場合がある。また、天文分野は他分野に比べて関心が高く、学校外からも情報を得ていることが指摘されている [12]。このため、学校教育が必ずしも唯一の学習の場とは限らない。それでも、地球の運動のように社会的関心の高い科学概念については、学校教育がその学習機会を責任をもって提供すべきであろう。現状の履修形態および科目の開設状況を踏まえるならば、まずは地学分野の基礎科目において年周光行差または年周視差に関する学習を含めるよう、教育内容の見直しが求められる。

謝 辞

本稿の内容の一部は、麻布中学校・高等学校の村本ひろみ教諭と共同で取り組んだ授業で得た知見によるものです。ここに感謝の意を表します。また、本稿に関わる調査・研究は科学研究費助成事業（奨励研究）22H04065「科学史を活用して宇宙の階層構造を学ぶ探究的教材の開発」の支援を受けています。

参 考 文 献

- [1] 文部科学省，2017a，小学校学習指導要領（平成 29 年告示）
- [2] 文部科学省，2017b，中学校学習指導要領（平成 29 年告示）
- [3] 文部科学省，2018，高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）
- [4] 文部科学省，2009a，高等学校学習指導要領（平成 21 年告示）
- [5] 吉田幸平，高木秀雄，2020，地学雑誌，129，337
- [6] 日本理化学協会，2015，平成 27 年度アンケート集計結果，
- [7] 文部科学省，1999，高等学校学習指導要領（平成 11 年告示）

- [8] 雲財 寛，2016，広島大学大学院教育学研究科紀要．第二部 文化教育開発関連領域，65，19
- [9] 文部科学省，2009b，高等学校学習指導要領（平成 21 年告示）解説
- [10] H. バターフィールド，（渡辺正雄 訳）1978，近代科学の誕生（講談社）
- [11] 魚豊，2020，チ。—地球の運動について—（小学館）
- [12] 縣秀彦，2004，天文月報，97，726

Current status and issues in Japanese education curricula related to the Earth's revolution

Takayuki J. HAYASHI

Azabu Junior and Senior Highschool, 2-3-29 Motoazabu, Minato, Tokyo 106-0046, Japan

Abstract: The orbital revolution of Earth is one of the fundamental concepts that underlies our modern understanding of the universe. Historically, this motion was confirmed by detecting annual aberration or parallax. However, current Japanese national curriculum guidelines only include this type of evidence in an advanced course, which approximately 1% of high school students take. Although the concept of orbital revolution is introduced in junior high school as a reasonable explanation for various astronomical phenomena, instruction does not extend to its empirical necessity or observational basis. Consequently, most students finish high school without learning about the observations that verified Earth's orbital motion.