

地学基礎「地球の形と大きさ」における学びを深める単元構成

杉田 泰一

次期学習指導要領では、単元のまとまりのなかで学びの過程を組み立て、学びを深める授業が求められている。そこで、本研究では、知識の習得に重点を置かれがちな地学基礎「地球の形と大きさ」において、生徒が学びを深めることができる単元構成の開発を試みた。具体的には、「理科の見方・考え方」を働かせたパフォーマンス課題を取り入れた探究活動を行い、その活動の自己評価を行うことを軸としながら、関連する学習内容と学習方法を見直した単元である。授業実践の結果、「地球の形と大きさ」の理解の深まりだけでなく、自己の「理科の見方・考え方」の程度や状況の認識、「科学に対する見方・考え方」や「理科の学び方」の変容など、知識習得以外の効果も得ることができた。一方、自己評価におけるルーブリックの示し方などに課題が残った。

1. はじめに

平成21年告示学習指導要領に基づく現行の高等学校地学基礎「地球の形と大きさ」は、人が地球の表面に居ながらにして巨大な地球の形や大きさをどのようにして知り得たのかという、探究の過程（歴史）を扱う単元である。また、地学基礎において唯一、パラダイムの転換を含めた科学の発展や、科学と技術の関係についても学習できる汎用性の高い単元であり、科学とは何かを問い、科学を俯瞰的に捉えることが可能である。しかし、実際の指導では、地球の形と大きさの理解に重点が置かれ、形と大きさに関する知識をそれぞれに分けて得ることだけに止まることも少なくない。そこで、次期学習指導要領において学習内容・方法の改善による「学びの質向上」による「学びの深まり」を目指していることを機に、新たな単元構成を検討した。

2. 研究目的・方法

(1) 目的

本研究は、単元「地球の形と大きさ」において、地球の形と大きさを関連付けた理解を図るとともに、科学に対する見方・考え方を深める単元構成を開発することを目的とする。

(2) 方法

単元「地球の形と大きさ」に関する学習内容・方法を見直し、全体計画を作成する。その計画に基づいた授業を行い、ワークシートの記述などを基に有

効性を検証する。なお、授業は、選択必修として地学基礎を履修している第2学年生徒を対象として行う。履修生徒の約9割が文系を選択している。

3. 単元構想

(1) 次期学習指導要領の学習像

中央教育審議会教育課程部会教育課程企画特別部会「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（報告）」（2016）において、「次期学習指導要領等を目指すのは、学習の内容と方法の両方を重視し、子供の学びの過程を質的に高めていくことである。単元や題材のまとまりの中で、子供たちが『何ができるようになるか』を明確にしなが、『何を学ぶか』という学習内容と、『どのように学ぶか』という学びの過程を組み立てていくことが重要になる」とした上で¹⁾、「『どのように学ぶか』に着目して、学びの質を高めていくためには、『学び』の本質として重要となる『主体的・対話的で深い学び』の実現を目指した『アクティブ・ラーニング』の視点から、授業改善の取組を活性化していくことが必要」と報告している²⁾。また、次期学習指導要領において「『見方・考え方』を軸としなが、幅広い授業改善の工夫が展開されていくことを期待」し、「学びの『深まり』の鍵となるものとして、（中略：筆者による）各教科等の特質に応じた『見方・考え方』である。今後の授業改善等においては、この『見方・考え方』が極めて重要になってくると考えられる」とも報告している³⁾。

中央教育審議会教育課程部会理科ワーキンググループ「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて（報告）」（2016）では、「理科の見方・考え方」として、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること」を挙げている⁴⁾。また、「理科の見方・考え方」を働かせて高等学校理科において育成すべき「事象を科学的に探究するために必要な資質・能力」として、「自然の事物・現象に対する概念や原理・法則，科学的探究についての理解や，探究のために必要な観察・実験等の技能」（以下「知識・技能」），「見直しをもって観察・実験などを行い，科学的に探究したり，科学的な根拠を基に表現したりする力」（以下，「思考力・判断力・表現力」），「自然に対する畏敬の念を持ち，科学の必要性や有用性を認識するとともに，科学的根拠に基づき，多面的・総合的に判断する態度」（以下，「学びに向かう力・人間性」）を挙げている⁵⁾。

(2) アクティブ・ラーニングとパフォーマンス課題

西岡（2016）は，次期学習指導要領におけるアクティブ・ラーニングは，政策的には指導方法を見直すための視点であり，学習内容の深い理解や汎用的なスキルといった資質・能力の育成が期待されているものであり，その導入に当たっては，領域ごとの目標を明確に設定してそれらの目標を適切に対応する評価方法を組み合わせながら用いることが重要であることを述べている⁶⁾。また，教科においては，教科の中核に位置づく重要な概念やプロセスを使いこなして思考・判断することを求めるような深いレベルでの知的問題解決に取り組む課題を設定することが有効であると捉え，アクティブ・ラーニングを効果的に取り入れるために，パフォーマンス課題を用いることを提案している⁷⁾。

理科においてパフォーマンス課題を用いる場面としては，「理科の見方・考え方」を働かせて取り組むような探究活動の場面がふさわしいと考えた。そこで，西岡（2008）が提唱する「逆向き設計」論に基づくパフォーマンス課題のつくり方⁸⁾を基にしながら，単元における学問の中核を問う「本質的な問い」とその問いに対する「永続的理解」を明らかにし，パフォーマンス課題とその評価（ルーブリックに基づく評価）を検討し，それらを単元全体のなかに一体的に位置付けた計画を立てることに取り組んだ。

(3) 「地球の形と大きさ」の「本質的な問い」と「原理や一般化に関する永続的理解」の検討

本単元の内容は表1に示す内容①～③（以下，①～③）を，図1-Aに示すように関連付けて指導することが多い。

図1-Aは，「球」というキーワードで①～③の内容を関連付けた構成を示す。各内容を結ぶ矢印は，地球が「球」であること（①）を前提にして数学的な手法を適用して地球の大きさを求めた（②）という関連，地球が「球」であるという考え（①）が見直されて赤道方向に膨らんだ回転楕円体であることに改められた（③）という関連を示している。また，①～③は，それぞれの内容が発見された時代の視点で見ると，①・②を紀元前，③を18世紀として区分することができる。発見された事象の視点で見ると，①・③を地球の形，②を地球の大きさとして区分することができる。通常，図1-Aに基づいて指導する場合，「紀元前に地球の形が球であることが知られ，さらに地球の全周も見積もられた。しかし，18世紀には，地球は完全な球ではなく赤道方向膨らんだ回転楕円体であることがわかった」という解説が行われがちである。しかし，図1-Aに示す構成は，本単元で学ぶべき本質を十分に踏まえているとは言えない。本単元において学ぶべきことは，人が地球の表面に居ながらにして巨大な地球の形や大きさをどのようにして知り得たのかという探究の過程である。表1の①～③を見ると，「問い」において「どのように」が共通していることから，探究の過程を重視して問うていることがわかる。また，「概要」では，探究の過程において天体観察・観測の結果が共通して活用されてきたこと（以下，「天体の活用」）がわかる。つまり，本単元の学習は，地球の形や大きさの知見を得る探究の過程において「天体の活用」が重要な役割を任せてきた経緯があり，ここに学習の本質があると考えられる。そこで，図1-Aに「天体の活用」を加えて，①～③を図1-Bのように整理し直した。

表1. 本単元の内容

内容 ①	【問い】人は <u>どのようにして地球が球であることを知ったのか。</u>
	【概要】紀元前の人々は， <u>南へ行くほど南の星が空高く見えること，月食のときに映る大地（地球）の影がいつも同じように丸いこと，陸から沖へ向かう船が海にだんだんと沈むように進むこと</u> などの観測事実から，大地は球であることを推測した。

内容 ②	【問い】地球が球であるという前提の下で、人はどのようにして地球の全周を見積もったのか。
	【概要】紀元前、エラトステネスという人物が、夏至の日における太陽の南中高度差からほぼ同一子午線上の2地点間の緯度差を求め、その差と2地点間の距離を用いて地球の全周を数学的に求めた。
内容 ③	【問い】人はどのようにして地球が赤道方向に膨らんだ回転楕円体であることを知ったのか。
	【概要】緯度によって振り子時計の進み方が違う事実から、ニュートンという人物が地球は赤道方向に膨らんだ回転楕円体であることを理論的に導いた。しかし、カッシーニは、天体を基にした測量によって地球が極方向に膨らんだ回転楕円体であることを主張した。その後、高緯度と低緯度において、天体を基にした測量によって緯度差1°とその間の子午線の長を測定し、比較することで、ニュートンの考えが正しいことがわかった。

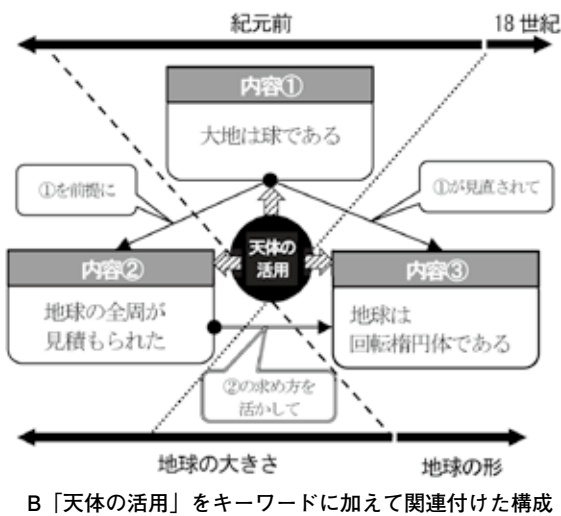
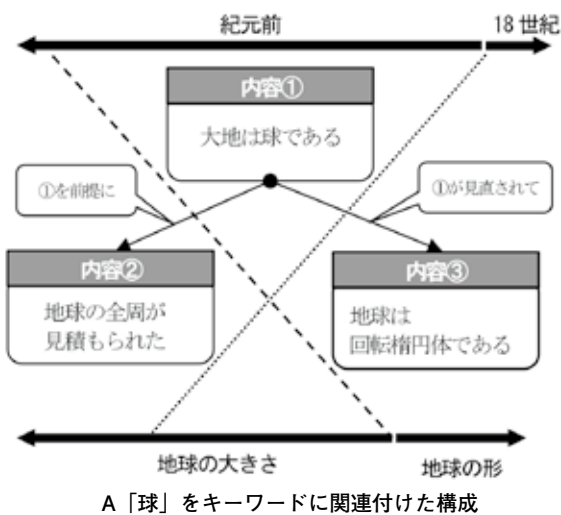


図1. 本単元の内容構成

図1-Bにおいて、②から③へ向かう矢印がある。この矢印は、地球の全周を見積もる際に、天体に関する事象を基にして同一子午線上の2地点間の緯度差を求めること(②)を活かし、高緯度と低緯度における緯度差1°も求めることができる(③)という関連を示している。また、この矢印は、本単元において地球の大きさを求めることは最終的な学習目標ではなく、③に示す地球の形を理解するためのステップであるという関係を示すものでもある。

なお、本単元におけるパラダイムの転換は、地球の形に関するパラダイムの転換であり、「天体の活用」によってもたらされた。1つは①において、大地が平面ではなく球面であるという転換、もう1つは地球が完全な球ではなく回転楕円体であるという転換(①から③へ)である。

以上のことから、本単元における「本質的な問い」及び「永続的な理解」を表2のように設定した。

表2: 「本質的な問い」と「永続的な理解」

本質的な問い
どのようにして、地球の形や大きさが明らかにされてきたのだろうか。
永続的な理解
天体観察・観測の結果を基にしなが、地球の形や大きさが明らかにされてきた。

(4) パフォーマンス課題の検討

本単元でよく行われる探究活動としては、例えば、GPS (Global Positioning System) 機能を有するスマートフォンを活用して学校のグラウンドにおいて2地点の緯度・経度を測定するとともに、2地点間の距離を歩数や巻尺などを用いて測定し、それらの測定値から数学的に地球の全周を求めるものである。また、電子地図を用いて2地点の緯度・経度、2地点間の距離のデータを取得して求めることもある。いずれの場合も、地球の大きさを求めるだけで、地球の形を扱っていない。

前述のとおり、地球の大きさは地球が回転楕円体であることを理解するためのステップであることから、これに見合う探究活動を設定することが必要であると考えた。そこで、今回、同一経度上の連続した複数の地域の地図を用いて地球の全周を求め、各地図から求めた地球の全周などを比較・関連付けて地球の形を考察するパフォーマンス課題を設定した。また、到達度を測るルーブリックを作成した。具体的には表3のとおりである。本パフォーマンス課題では、「何のために(地球の形の検討)」、「何を使って(考慮するデータ)」の2点は示しているが、

解決のための視点・方法である「どのように」については伏せている。

なお、様々な縮尺の地図があるなかで日本の「20万分の1地勢図」を用いた。理由は、次の3点を全て満たす必要があったためである。

- ・本パフォーマンス課題を生徒にとって身近な課題として捉えさせるためには、日本国内における同一子午線に沿った地域を選定することが望ましい。
- ・高緯度地域と低緯度地域のデータを用いて地球全周を求めたとき、差は僅かである。差をより明瞭に出すためには、高緯度地域と低緯度地域の緯度差をなるべく大きくしておく必要がある。
- ・各グループ1地域を選択させて地球の全周を求めさせるため、学級全体としては複数の地域を準備する必要がある。

表3. 「パフォーマンス課題」と「ルーブリック」

パフォーマンス課題	
<p>右に示した地域の「20万分の1地勢図」のうち、グループに割り当てられた1枚の地勢図を用いて、「地球は球である」という仮定の下、地球の全周を求めなさい。</p> <p>そして、次のデータを考慮して、「地球は球である」と言えるか検証しなさい。</p> <p>【考慮するデータ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各地域の地勢図で測定した上端から下端までの子午線の長さ ・各地域の地勢図で求めた地球の全周 ・赤道全周の長さ 4.008×10^4 km 	
ルーブリック	
A	地球の全周を適切に求めるとともに、地球の形について、各データを比較・関連付けたり、全周を求める方法やその処理の適正についても考察したりして、仮定が正しいか誤っているかを適切に判断し、地球の形を具体的に言及している。
B	地球の全周を適切に求めるとともに、地球の形について、各データを比較・関連付けたり、全周を求める方法やその処理の適正についても考察したりして、仮定が正しいか誤っているかを適切に判断している。
C	地球の全周を適切に求めるとともに、地球の形について、各データを比較・関連付けて考察し、仮定が正しいか誤っているかを適切に判断している。
D	地球の全周を適切に求めることはできたが、地球の形について、各データを基に考察したが不十分である。
E	地球の全周を求めることができておらず、地球の形についての考察に達していない。

本パフォーマンス課題は、地球の全周を求めること、それを基に地球の形について考察することの2つの課題を設定しているが、単元として重要なことは後者である。したがって、ルーブリックでは、地

球の形についてどのような視点に基づいてどのような考察を行ったかに着目して、一定ラインを満たしているものをCとし、A～Dをそれぞれ設定した。地球の全周を求めることができなければ地球の形の考察はできないと判断し、Eを設定した。なお、A～Eは、「理科の見方・考え方」を活かした考察ができていないかを測る評価基準にもなっている。

(5) パフォーマンス課題を行うための学習内容・学習方法の検討

本来、パフォーマンス課題は、その性質から単元末に設定される。しかし、本パフォーマンス課題が図1-Bに示した②から③へ向かう矢印に対応した課題であることから、単元途中に位置付けることにした。また、本課題に取り組むことで地球の形について疑問を喚起し、③の学習の動機付けになることを意図した。

本パフォーマンス課題は、表2の「永続的理解」に示した「天体観察・観測の結果」を直接的に導くものではない。しかし、地図に示されている緯度・経度は天文観測（人工衛星による観測も含む）によって導かれたものであることをパフォーマンス課題に取り組む前に学習させ、パフォーマンス課題に取り組むなかで「永続的理解」に触れられるようにしたいと考えた。

パフォーマンス課題で用いる重要な概念やプロセスについて、事前の学習過程において思考を伴う「問い」を設定し、生徒の「主体的な学び」によって習得できるようにした。また、その「問い」とパフォーマンス課題を1枚のワークシートに全て記入することで、パフォーマンス課題に取り組むときに「問い」を有効に活用できるように配慮することにした。

(6) 単元の全体計画

本単元で育成する「事象を科学的に探究するために必要な資質・能力」を具体化し、(3)～(5)の各事項と関連付け、現行にない内容も加えて表4に示す単元の全体計画を作成した。終末では、単元全体を振り返るなかで、自らの探究活動（パフォーマンス課題）をルーブリックに基づく自己評価をさせたり、科学に対する見方・考え方の変容を記述させたりすることで、メタ認知能力の育成も意図した。

4. パフォーマンス課題を取り入れた探究活動の実践

(1) 指導過程

高等学校第2学年の地学基礎（選択）2クラス、履修生徒計36人を対象に、表4に示す全5時間のうち、3時間目において実施した。

[導入]

- パフォーマンス課題を提示する。
- 地球の全周を見積もるために必要なデータを思い出させ、課題解決の見直しをもたせる。
- ループリックを提示し、評価 A を目指して進めることを指示する。

[展開]

- 各グループ(全5グループ/各グループ3~4人)において「20万分の1地勢図」を用いて地球の全

周を求めさせ、その結果を黒板に記入させる。

- 黒板に記入された各グループの結果などを基に、地球の形を個人で考察させる。
- その際、結果や考察の過程において疑問があれば、互いに質問したり、話し合ったり、データを取り直したりしてもよいが、最終的な考察は一人で行うことを伝える。

[終末]

- ワークシートを提出させる。

表4. 単元「地球の形と大きさ」の全体計画

理科の見方・考え方	自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること。						
本質的な問い	どのようにして、地球の形や大きさが明らかにされてきたのだろうか。						
永続的理解	天体観察・観測の結果を基にしながら、地球の形や大きさが明らかにされてきた。						
対象を科学的に探究するために必要な資質・能力	知識・技能(観点Ⅰ)	思考力・判断力・表現力(観点Ⅱ)	学びに向かう力・人間性(観点Ⅲ)				
	<ul style="list-style-type: none"> ① 地球の形や大きさについての知識を身に付けている。 ② 地球の大きさを求める方法を身に付けている。 ③ 地球の形や大きさに関する探究の過程について理解している。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 天文現象を基に、地球が球であることを導くことができる。 ② 地図を用いて地球の全周を求める方法を考え、実際に求めることができる。 ③ 同一子午線上の複数の地点において同じ緯度差に対する地表の距離が違うことから、地球の形について考察し、説明することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ① 既習事項などを用いて、課題の解決を図ろうとしている。 ② 科学的根拠を基に考察を進め、課題や疑問を見いだしている。 ③ 科学の発展、科学が日常生活や社会に及ぼす影響について、自らの考えを深めている。 				
学習内容		問い		既習事項・他教科や科目との関連		資質能力との関係	
タイトル	概要 (下線部は現行にない内容)	★:パフォーマンス課題で活用 【発展】:発展的な学習に相当する問い		観点Ⅰ	観点Ⅱ	観点Ⅲ	評価方法
はじめに	地球の形や大きさに関する問題提起をする。(本質的な問いの提示)						
紀元前の人々が描いた大地の形・昔の人が描いた世界観・世界観から地球観へ	世界最古の地図では、世界が平らな円として描かれている。アリストテレスは天文現象を証拠に、世界が球であることを推測した。その考えは哲学者以外の人にも支持されるようになり、地球の形に関するパラダイムの転換が起こった。	○パピロニアの住人はどのような自然の事物・現象から、「世界は「円」である」という想像をしたのだろうか。 ○アリストテレスが示した2つの天文現象が、なぜ地球が「球」であるという証拠になるのだろうか。	天体(中/理科) 様々な地図と地理的技能(高/地理B) 人間としての在り方生き方(高/倫理)	①			定期試験 ワークシートの記述
地球の大きさ ・アリストテレスが考えた地球の大きさ ・エラトステネスが求めた地球の大きさ ・緯度を知る方法(北極星の利用、GPSの原理とその利用、地図の作成方法とその利用)	アリストテレスは、場所によって星の高度が大きく変わることから地球が大きくない球であると考えた。 エラトステネスは、2地点における太陽の南中高度差、距離の見積もりから地球の全周を求めた。私たちが緯度を知る3つの方法はいずれも天文観測が基になっている。GPSは軍事システムとして開発されたが、民間利用が可能になった技術で生活に役立てられている。	○エラトステネスが考えた方法で地球の全周を求めなさい。また、実際の全周と比べて差があるが、その原因は何だろうか。2地点の位置、データの取り方・処理に着目して説明しなさい。★ ○1°=60'、1'=60"であることを基に、広島市の緯度N 34° 23' 48"を「°」で表しなさい。また、「20万分の1地勢図」において、地図上で測定した水平距離1.0cmは、実際の水平距離何kmに相当するか求めなさい。★	天体(中/理科) 地球儀や世界地図の活用(中/社会科地理的分野) 現代と倫理(高/倫理) 図形(中/数学)	①			定期試験 ワークシートの記述
探究活動 (パフォーマンス課題)	ループリックを確認した上で、複数の地図から地球の大きさを求め、それらと比較・関連付け、地球が球であるかどうかを検討する。	○パフォーマンス課題:右(略)に示した地域の「20万分の1地勢図」のうち、グループに割り当てられた1枚の地勢図を用いて、「地球は球である」という仮定の下、地球の全周を求めなさい。そして、次のデータを考慮して、「地球は球である」と言えるか検証しなさい。 【考慮するデータ】 ・各地域の地勢図で測定した上端から下端までの子午線の長さ ・各地域の地勢図で求めた地球の全周・赤道全周の長さ 4,008×10 ⁴ km	地球儀や世界地図の活用(中/社会科地理的分野) 図形(中/数学)		②		ワークシートの記述
						③	ワークシートの記述
						④	行動観察
地球の形 ・ニュートンの仮説 ・カッシーニの反論 ・測量による「地球の形」の検証 ・地球楕円体と偏平率	イギリスのニュートンとフランスのカッシーニは、それぞれが得た観測事実などを基に、地球が横長または縦長の回転楕円体であることを主張した。この論争に対して、フランス学士院は星の高度を基準にして緯度が大きく異なる高緯度地域と低緯度地域で緯度1°差分の距離を測定し、その距離の違いからニュートンが正しいことを明らかにした。このようにして地球の形に関するパラダイムの転換が再び起こった。 地球は赤道半径に影らんだ回転楕円体だが、偏平率はとても小さく、ほぼ球と考えてもよい。地球の偏平率が小さいことから、緯度1°差分の距離を正確に測定するためには、精密な測量が必要である。また、精密に測量したとしても緯度差があまりない地域の場合、距離の差はほとんどない。このようなことが原因で、カッシーニは誤った主張をしてしまったものと考えられる。	○振り子時計の進み方の結果から、フランスとギアナにおける重力の大きさが大きいのはどちらだろうか。 ○地球が完全な球とした場合、物体に働く万有引力の大きさ、遠心力の大きさは、緯度によってどのように変化するのだろうか。また、地球の中心からの距離が大きくなると、万有引力、遠心力、重力のそれぞれの大きさはどのように変化するのだろうか。【発展】 ○フランスとギアナの重力の大きさの差を大きくするためには、ギアナにおける円運動の半径をどのように変化させればよいのだろうか。そのとき、万有引力と遠心力の大きさは、それぞれどのように変化するのだろうか。 【発展】 ○天体の位置を基準にして、高緯度地域における緯度x°差分の子午線上の長さA、低緯度地域における緯度x°差分の子午線上の長さBを測定した。地球の形が次の場合、AとBの関係はどのように変わっているのだろうか。球/赤道方向に影らんだ回転楕円体/極方向に影らんだ回転楕円体	振り子の運動(小/理科) 様々な運動(高/物理)	①			定期試験
						②	レポート
						③	ワークシートの記述
おわりに - 振り返り -	自らの探究活動の考察をループリックに基づいて評価するとともに、本学習によって科学の見方・考え方が変わったことがあれば記入する。	○探究活動の考察をA-Bで評価し、評価の理由を改善点も含めて述べなさい。 ○学習を終えて、あなたの今までの「科学」に対する見方や考え方が深まったり、変わったりしたことなどを述べなさい。				④	ワークシートの記述
						⑤	ワークシートの記述
備考	ワークシートは、授業全5時間のうち、1時間~3時間までで1枚(探究活動のためのワークシートとする)、4・5時間で1枚(探究活動の自己評価のためのワークシート)の計2枚を用意する。 全学習終了後、レポート課題を提示する。/課題:地球楕円体の意味とその発見に至る歴史の概要を説明しなさい。						

(2) 探究活動に取り組む生徒の様子

「20万分の1地勢図」内に示された地図の4辺に50cm定規を当て、各辺の長さを測った。地球の全周を求めるには、緯線方向の測定は必要ないが、ワークシートに記録を指定し測定を促した。緯線方向の辺を測定することで、辺が直線ではないことや、上辺と下辺の長さに違いがあることを見だし、驚いている生徒が多かった。このような測定事実を、地球が球であることと関連付けて考察した。その際、地球儀を借用して考察を深めた生徒もいた(図2)。



図2. 課題に取り組む生徒の様子

しかし、各グループが求めた地球の全周が、グループによって違っていたり、赤道の全周よりも小さかったりしたことから、その理由を巡る議論が始まった。測定が誤っていた、誤差である、地球は本当に球なのか、様々な意見が出された。測定をやり直すグループもあった。このような議論や試行錯誤を通じて、各自が課題に対する最終的な考えを導き、ワークシートに記述した。

議論が始まった背景には、パフォーマンス課題において、地球の形を漠然と検討させるのではなく、データを考慮して「球であるか否か」を問うたこと、前時の「問い」においてエラトステネスが見積もった地球の全周が実際の全周と比べて違う原因を考察させておいたことによる効果だと考えられる。

(3) その後の授業とルーブリックによる評価

探究活動において、地球の形に関する自らの考えを導いたものの、考察の根拠として何に着目すればよいか自信をもつことができていなかった。このことが4・5時間目の授業に対する学習意欲を高めた。発展も含む難しい内容であったが、話し合いながら「問い」を考える姿が見られた。

地球の形について学習を終えた単元末において、自らの探究活動(パフォーマンス課題)を振り返

り、ルーブリックに基づく評価を行った。生徒による自己評価および教師による評価の結果は表5、自己評価の理由は表6のとおりである。

表5. 生徒による自己評価と教師による評価の人数

		教師による評価				
		A	B	C	D	E
自己評価	A	0	0	0	0	0
	B	2	4	2	3	0
	C	3	5	9	5	0
	D	0	0	0	3	0
	E	0	0	0	0	0

単位は[人]

表6. ルーブリックに基づく自己評価の理由例

自己評価	人数 [人]	理由例(主旨)
A	0	-
B	11	地球の形を具体的に言及できなかったのは、測定データの誤差が大きかったところに原因がある。グループが3人という利点を生かし、それぞれが測定した値の平均値をとるなどの対応が必要であった。
C	22	各グループの差を勝手に誤差と見なして考察を進めたが、誤差とみなさない場合についても考察すべきだった。
D	3	高緯度ほど上辺が短いことにだけ着目していた。着目するデータの選択を誤った。探究活動までの内容の理解が足りなかったために、取り組むことが難しかった。
E	0	-

表5の結果より、全生徒が地球の大きさを求めることができ、約7割(教員評価C以上)の生徒が地球の形を考察することができたことが分かる。このことから、パフォーマンス課題の内容、難易度は概ね適切であったと考えられる。

約3割(教員評価D)の生徒が地球の形を考察できていなかったが、そのうち、自分では地球の形を考察できていたと捉え、自己評価でBやCを挙げた生徒が半分以上(11人中8人)いた。地球の形を学習し終えて自己評価をさせたにもかかわらず、このような教員評価と自己評価の間に大きな乖離を生じた原因として、生徒の様子から、次の2つの原因が推測された。

- ・地球の形についての学習内容を理解しておらず、ルーブリックに示された文言を解釈できなかった。

・ループリックに示した A~E の構造とその構造に基づく評価の順序を理解していなかった。

前者の原因は、様々な内容が含まれていたために、地球の形を決める要因を焦点化して理解できなかったり、カッシーニが誤った主張をした背景の理解が不十分だったりしたことが考えられ、具体的な改善については今後の課題である。後者の原因に対しては、自己評価を行いやすいように表3のループリックを改善することが必要であると考え、図3の試案を作成した。探究活動前に図3を提示してしまうと、これから行う探究活動で記述すべきことを具体的に提示してしまうことになってしまう。したがって、探究活動前に表3、探究活動後に図3を提示することが望ましいと考える。

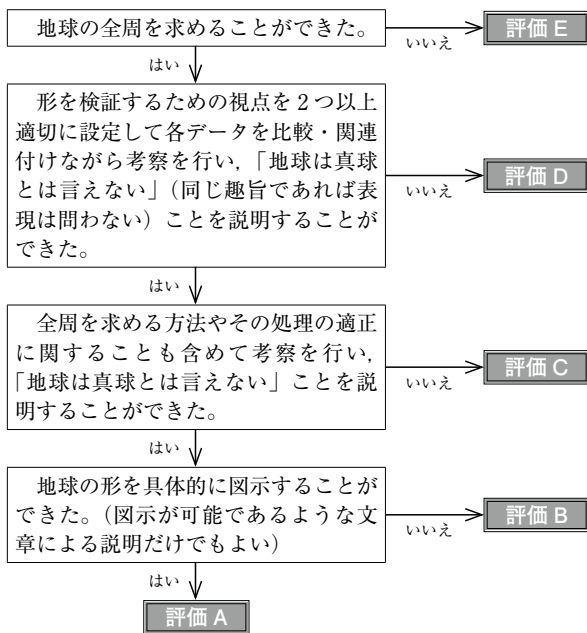


図3. 自己評価のためのループリック (試案)

自己評価の根拠を問うたところ、表6のように、多くの生徒が探究活動の過程を振り返り、「理科の見方・考え方」を働かせた自らの考察の程度、自己の今後の学習において改めるべき点について、具体的に記述していた。このことから、本パフォーマンス課題が「理科の見方・考え方」を働かせた探究活動として適切であったと考えられる。また、ループリックに基づく自己評価を行うことによって、「理科の見方・考え方」に関するメタ認知の育成を行うことができたと考えられる。

5. 科学の見方・考え方の変容

単元終末において、科学に対する見方・考え方の

変容を記述させた。結果は表7のとおりであった。

科学の意義、科学の成り立ち、科学の方法、科学と国・社会とのかかわりのほか、自らの理科に関する学習観の変容に触れた記述が見られた。

本単元の学習によって、「地球の形や大きさ」に関する内容だけでなく、科学に対する見方・考え方、理科の学び方についても幅広く自らの考えを広げたり、深めたりした形跡が認められた。

表7. 生徒が記述した科学の見方・考え方の変容

○1つの事柄について、沢山の科学者がそれぞれの考察に基づいた仮説を立てて議論し、検証を重ねていくことで今の科学が成り立っていることがわかった。ただ単に暗記するのではなく、その事柄や公式がどのように成り立っていったかを知ることはとても有意義だと思う。

○昔の人は天体などを上手に利用して地球の形を証明したりしていて、天動説や地動説以外にも多くのことを考えて生きていたのだと考えさせられた。そのよう先人のお陰で、今のGoogleなどの詳しくなった地図が開発など、たくさんのもが私たちにもたらされていると思った。

○地球を考えることは地学の分野だが、今回の学習で物理、地理、数学の分野も使った。1つの物事を考えるためには、多くの分野を使うこともあるため、多角性や多面性を意識しなければならないことを実感できた。

○今まで科学はもっとシステムティックで数学的で自分には合わないと思っていたが、実験へとつながる発想や思想には、今でいう人文的要素も含まれており、興味をもてるようになった。

○科学の発展には国の力が重要であると思った。

6. 成果と課題

単元において学ぶべき本質を整理し、パフォーマンス課題を取り入れた探究活動を単元の中程に位置付け、育む資質・能力と関連付けながら単元全体の学習内容・学習方法を一体的に検討し、単元全体計画を作成した。単元全体計画に基づく授業を行い、主に次に示す効果を得ることができた。

- ・従来、地球の形と大きさをそれぞれ独立した内容として展開しがちであったが、今回、それらを一体的に関連付けることができた。
- ・「理科の見方・考え方」を働かせながら、既習事項を活用して課題解決に向けた思考を促すことができた。

・探究活動を振り返って自己評価を行うことで、自らの「理科の見方・考え方」の程度や状況を認識することができた。

・「科学に対する見方・考え方」, 「理科の学び方」について広げたり, 深めたりすることができた。

以上のことから, 本研究で開発した単元構成によって, アクティブ・ラーニングの視点から授業改善を行うとともに, 資質・能力の育成に結び付くように生徒の学びを深めることができたと考えられる。

しかしながら, 自己評価のためのルーブリックの示し方などに課題が残った。

7. おわりに

本研究は, 生徒の深い学びを促すために, 単元構成を検討し, 単元というまとまりのなかで授業改善を目指したものである。本研究をとおして, 高等学校理科の授業改善を図る一方法として, 「理科の見方・考え方」を基に, 「事象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する」という観点から, パフォーマンス課題を取り入れた探究活動を設定し, 単元全体の学習内容と学習方法を構成することが有効であることを確認した。また, パフォーマンス課題は, 必ずしも単元末に置かなければならないものではない。目的(意図)に応じて配置を変更した展開を行うことができることもわかった。さらに, パフォーマンス課題の取組を振り返って生徒が自己評価をすることは, 自己の学習の課題を認識する上で有効なことも示唆された。今後は, 生徒が認識した自己の課題を克服できる機会を設け, 克服に伴う「学びの深まり」を実感させる必要がある。そういう文脈においても, 次期学習指導要領においては, 生徒の資質・能力を繰り返して育成する機会を設ける観点から, 複数の単元や教科・科目を関連付けたり, カリキュラムを不断に見直し続けたりすることが求められるだろう。

引用文献

1) 中央教育審議会教育課程部会教育課程企画特別部会, 「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ(報告)」, 2016年,

http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/09/1377021_1_1_11_1.pdf (閲覧日: 2016年12月25日)

2) 中央教育審議会教育課程部会教育課程企画特別

部会, 「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめのポイント」, 2016年,

http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/09/1377021_3.pdf (閲覧日: 2016年12月25日)

3) 上掲書 1)。

4) 中央教育審議会教育課程部会理科ワーキンググループ「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて(報告)」, 2016年,

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf (閲覧日: 2016年12月25日)

5) 上掲書 4)。

6) 西岡加名恵, 『「資質・能力」を育てるパフォーマンス評価 アクティブ・ラーニングをどう充実させるか』, 明治図書, 2016年, 11-21。

7) 上掲書 6)。

8) 西岡加名恵, 『「逆向き設計」で確かな学力を保障する』, 明治図書, 2008年, 17-28。

資料

パフォーマンス課題 アンカー作品

(ルーブリックに基づく 教員評価 A の生徒作品)

考察 地球が球であると仮定して, 地球の大きさ(子午線上の全周)を求めた。「地球は球である」という仮定は正しいか。地球が「球」だとすれば、

① 緯度1°の弧長は約111km。緯度1°の距離は約111km。緯度1°の距離は約111km。緯度1°の距離は約111km。

② 地球の子午線上の全周は、どこで測っても等しい。この2つの仮定を基に、

<①>
5つの緯度を、東京(140°E)と大阪(140°E)の間の距離は、緯度の差は地球が最も短く、緯度の小さいほど弧長が短くなる。このことから、仮定が正しいことが証明された。完全な球だとすると、緯度の差は、地球の半径を乗じた値に等しい。

<②>
①で求めた距離から計算して、子午線上の全周を求めると、約40000km。東京、大阪、神戸の3地点を同じ緯度で結ぶと、弧長と大抵等しい距離が求められた。弧長の値は約3700km。地球の半径は約6370km。このことから、地球の半径は約6370km。このことから、地球の半径は約6370km。

以上、この仮定は正しくないと考えられる。

①、②の仮定の検証結果から、地球は「球」ではなく、限りなく球に近い形をしていることがわかった。

②、地球の赤道の全周の長さは、約40000kmである。地球の子午線上の全周は約40000kmである。地球は右図のようには、少し楕円の形をしており、赤道と子午線の長さが異なる。

