

実習により地球内部に核が存在することに気づく学習プログラム

An inquiry learning program that makes it possible to notice the existence of the core of the earth

岡本 研

Kiwamu OKAMOTO

東海大学札幌教養教育センター

Liberal Arts Education Center, Tokai University Sapporo Campus

e-mail : fossil@rose.ocn.ne.jp

概要：「地学実験」の授業において、地球の大きさ、質量、密度を求める実習と、岩石と鉄の密度を求める実習を通して、地球の内部には金属のような重たい「核」があることに自ら気づく連鎖的な学習プログラムを実施した。

キーワード： 地球の密度、核の存在、連鎖プログラム

1 はじめに

本学で開講している「地学実験」は、中学校・高等学校の理科の教員免許取得を目指す学生を主な対象とした教職科目として開講されており、教科教育法の要素を取り入れて実施している。

地球の内部に核があることは常識的な知識であるが、地球が岩石の塊ではなく、内部に重たい物質（核）があることに自ら気づかせることを目指し、いくつかの実習を連鎖的に組み合わせた学習プログラムを実施した。

2 地球の大きさを求める実習

高等学校の「地学基礎」や「地学」の教科書では、エラトステネスの地球の大きさの測定は全社扱われており、いくつかの教科書では GPS や地形図を用いて地球の大きさを求める実習が掲載されている。また、単振り子や物体の落下による地球の重力加速度を求める実習も掲載されており、高校ではこれらの実習が広く行われてきた（北海道高等学校理科学研究会 2012, 埼玉県高等学校理化研究会 2017 など）。自身もこれまで継続的にこれらの実習を実施してきており、歩測による方法、WebMap による方法、GPS による方法等、様々な方法を実践してきた。自らの手で地球の大きさや重力加速度を測定する学習は、地球を理解する上で大変教育的効果が高いと感じている。

しかし、地球の大きさを求



図1 GPSアプリ

める実習や、重力加速度を求める実習だけでは、思考・考察という面で、やや物足りなさも感じており、実習を通して導かれた結果を用いて考察することによって「何か」を見いだす学習プログラムにしたいと考えた。

3 地球の核の発見

人類がこれまで見たことがない地球の内部は、地震波の解析によって調べられ、モホロビッチの不連続面（1909年）、グーテンベルク面（1926年）、レーマン面（1936年）などが発見されてきた。

しかし、もっと早くに核の存在を科学的に推定していた人物がいた。イギリスのヘンリー・キャベンディッシュである。ニュートンの万有引力の法則から、キャベンディッシュは地球の質量と密度を求め（1798年）、「地球内部に金属のような重たいもの」があることを科学的根拠に基づき初めて示した（Gribbin, 2007）。

この発見を体験させることは可能であると考え、実習を通して「地球の密度は岩石と鉄の中間の密度である」ことを探り当て、「地球は岩石でできているのではなく、内部に鉄のような重たいもの（核）が存在する」という結論を、自ら導き出す学習プログラムの実践を行うことにした。

4 学習プログラム

実施した学習プログラムは、以下の通りである。

- ① GPS で地球の大きさを求める
- ② 鉄球の落下で地球の重力加速度を求める

- ③ 万有引力の法則の式から地球の質量を求める
- ④ 大きさと質量から地球の密度を求める
- ⑤ アルキメデスの原理で岩石と鉄の密度を求める
- ⑥ 結果を考察し、地球内部に核があることを見いだす

①地球の大きさは、南北 100m の距離を GPS アプリ (My GPS Coordinates) で測定した緯度差から求め (図 1), ②重力加速度は 3 階からの鉄球の落下時間から求め (図 2), ③それらの値を用いて万有引力の式から地球の質量を求め, ④その値から地球の密度を求めた. ⑤さらに, 岩石 (花崗岩) と鉄 (ボルト) の密度をアルキメデスの原理から測定し (図 3), ⑥地球の密度との比較から, 地球の内部構造について考察させた.



図 2 重力加速度の測定



図 3 岩石と鉄の密度測定実習

5 結果と考察

実習によって, 地球の半径は 6362km, 重力加速度は 10.3m/s^2 と求められ, これらの値より求めた地球の密度は 5.80g/cm^3 となった. また, 岩石 (花崗岩) の密度は 2.7g/cm^3 , 鉄の密度は 7.7g/cm^3 と求められた (表 1).

	実習で求めた値	実際の値
地球の半径	6362km	6371km ※平均値
地球の質量	$6.25 \times 10^{24}\text{kg}$	$5.97 \times 10^{24}\text{kg}$
地球の重力加速度	10.3m/s^2	9.8m/s^2
地球の密度	5.80g/cm^3	5.51g/cm^3
花崗岩の密度	2.7g/cm^3	2.75g/cm^3 ※平均値
鉄の密度	7.7g/cm^3	7.9g/cm^3

表 1 測定結果

実習によって求められた地球, 岩石, 鉄の密度を比較し, どのようなことがわかるかを各班で議論させたところ, 「地球の密度が岩石と鉄の中間の値であることから, 地球は岩石でできているのではなく, 内部に金属のような重たい核がある」

ことを見いださせることができた.

学生の感想からは, 「地球の核は鉄のように密度の高い物質であることがわかった」, 「自分たちの手で地球の内部のことまで探り当てることができたとは信じられない」等があげられた.

6 課題

歩測による実習は, 自分の力で測定したという実感を持ちやすいが, 歩測は時間がかかり, 不正確であるという問題があり, 今年度は 100m のロープを用いた. また, 重力加速度の測定は, 単振り子の実習が正確性が高いが, あえて「地球の重力」を意識させるため, 物体の自由落下という方法を取ったため, 測定誤差が大きくなった.

この学習プログラムはトータルで 130 分ほどを要しており, 50 分授業では 3 回近くが必要となる. このままでは高等学校で実施することは困難である. しかし, 短縮することは可能である. 例えば最も短いプログラムは, 実習を岩石と鉄の密度測定のみとし, 地球の密度は既知の値を用いる方法である. この方法は数社の教科書で紹介されている. また, 地球の重力加速度はよく知られている値であるため, この実習を省略するなど, いくつかの短縮パターンが考えられるが, 自ら考えた実感を持たせるためには, すべてを実習から導く方法が効果的であると考え.

7 まとめ

ひとつひとつの実習はありふれたものであっても, 目的に向かっていくつかの実習を連鎖的につなぎ合わせるにより, 授業に強いベクトルを持たせることができる.

「知っていること」, 「単なる知識」, 「考察させることは難しい内容」と考えられている学習内容をもう一度見直し, 探究的な学習プログラムに作り替えることができることを示すことができたと考えている.

参考文献

- 北海道高等学校理科学研究会 (2012) : 北海道高等学校理科学研究会, 地学実験・実習書.
- 埼玉県高等学校理化研究会地学研究委員会 (2017) : 埼玉から地学 地球惑星科学実習帳.
- John Gribbin (2007) : A Brief history of science.