

学士課程学生の定量的な空間認識力の実態と 地球惑星科学教育

～地球内部構造の学習を通しての素朴地学（仮称）の提唱～

Actual condition of quantitative spatial perception ability of bachelor course students and geoscience education:
Proposal of naïve geoscience (tentative name) through a case study of two universities in Japan

根本 泰雄 (NEMOTO, Hiroo)

要旨：本研究の目的は、学士課程学生の空間認識能力の実態を知り、地球内部構造など空間把握能力を育成する学習指導方法の改善に向けた示唆を得ることである。そのために、東京都内2つの大学の学士課程学生を対象として簡単なアンケート調査を実施した。授業において中学校「理科」教科書、および高等学校<地学基礎>教科書に示されている地球内部構造の図を用いた復習を行い、地球の組成による断面図を示し、「内核、外核、マントル、地殻のうち、最も体積を占めている層はどれで、その層は地球の全体積の何%を占めていると思うか。」との質問を行った。その結果、マントルが約8割の体積を占めると正解した学生は約2%だけであった。本結果から、3次元の量を扱う場合、具体的に計算させるなどの授業展開が欠かせないことを示せた。本調査の結果が学士課程学生の全体像と照らしてどのような位置付けになるのかを確認すること、および定量的な空間認識力を培う教材開発を行うことが今後の課題である。

キーワード：空間認識、学士課程学生、地学、地球惑星科学、素朴概念、素朴地学（仮称）、素朴地球惑星科学（仮称）

1 はじめに

認知心理学によると、いわゆる理系の大学生であっても様々な素朴概念 (naïve conception) を維持していることが知られている。例えば、McCloskey et al. (1983) による直落信念の研究は理科教育学の研究者には良く知られており、物理に関する素朴概念は素朴物理学と呼ばれている。素朴概念には素朴物理学のほかに素朴生物学、素朴心理学があり、いずれに対しても数多くの研究が進められてきている（例えば、稲垣ほか、2002；Inagaki and Hatano, 2002；新田、2012）。素朴概念の考え方は社会科学に関しても存在しているとする研究もあり、例えば呂 (2014) は素朴理論が経済的領域でも存在することを報告している。

ところで、現在の日本の学校教育では、教科「理科」の内容区分は次のように行われている。小学校では、A区分（物質・エネルギー）とB区分（生命・地球）とに分けられ、内容構成としては“エネルギー”、“粒子”、“生命”、“地球”からなっている（文部科学省、2008a；2017a）。中学校では、第1分野と第2分野とに分けられ、内容構成としては小学校との関係を明確に示すため小学校同様、“エネルギー”、“粒子”、“生命”、“地球”からなっている（文部科学省、2008b；2017b）。高等学校（以下、高校と略記）では教科「理科」の中の科目として、平成11年告示の高等学校学習指導要領（以下、旧高校学習指導要領と略記）では、<理科基礎>、<理科総合A>、<理科総合B>、<物理I>、<物理II>、<化学I>、<化

学Ⅱ>、<生物Ⅰ>、<生物Ⅱ>、<地学Ⅰ>、<地学Ⅱ>の11科目が(文部省、1999)、平成21年告示の高等学校学習指導要領(以下、現行高校学習指導要領と略記)では、<科学と人間生活>、<物理基礎>、<物理>、<化学基礎>、<化学>、<生物基礎>、<生物>、<地学基礎>、<地学>、<理科課題研究>の10科目が設けられている(文部科学省、2009)。これらの区別を正確に記すと煩雑になることから、本論では小中学校の“エネルギー”の内容と高校の物理系の科目(例えば、<物理Ⅰ>や<物理基礎>)の内容とを総称する場合に物理領域と記す。同様に、化学領域、生物学領域、地学領域と記す。また、本論では教科名は「」を付して記し、高校の科目名は< >を付して記す。

ここで、小中高校の「理科」4領域と素朴概念での素朴物理学、素朴生物学とを比べると、素朴化学、素朴地学という用語が少なくとも日本語として認知心理学において現れていないことに気が付く。しかしながら、地学の内容に関する素朴概念の研究が皆無である訳ではない。地学領域では、遠西・加藤(1994)は岩石とその構成物を事例として、地学的内容の素朴概念の分析を行っている。川村・田口(2011)は砂の形成過程に関して、地学的内容の素朴概念の分析を行っている。そこで本論では、空間認識に焦点をあて、空間把握においても地学的内容の素朴概念を学士課程学生が持っていることを示し、地学的内容の素朴概念を素朴地学(仮称)または素朴地球惑星科学(仮称)と呼ぶことを提唱する。空間認識力は地球惑星科学だけでなく数学や地理学などでも重要であるが、数学では立体の図的表現として空間認識力が問われ(菅井・鈴木、2009)、地理学では諸事象を位置や空間的な広がりとのかかわりでとらえる力が問われ(佐藤、2016)、若干の視点の違いが存在していると考えられる。高校地学領域では、

『地学的な事物・現象を単なる知識として理解させることが目的ではなく、それらを宇宙の誕生から現在の地球に至るまでの時間的な推移の中で追究し、空間的な広がりの中でとらえる』

ことが重要であり(文部科学省、2009)、小学校から高校までの地学領域の学習を通して時間スケール、空間スケールを捉える力を培うことが求められている。そこで本研究では、地学領域での空間認識力の一つとして、3次元物体の断面図からその物体の体積を定量的に把握する力に焦点をあて、学士課程学生の空間認識力の実態を知り、地球内部構造など空間把握能力を育成する学習指導方法の改善に向けた示唆を得ることを目指した。

2 調査

2.1 調査の対象

本研究では、東京都内のA大学にて「地球物理学(2単位)」を2016年度後期に履修した学生21名、および2017年度前期に履修した学生26名、B大学にて「地球物理学Ⅰ(2単位)」を2017年度前期に履修した学生17名を調査対象とした。ただし、履修学生の中には、すでに学士(理学)や修士(理学)を所持し生涯学習の一環にて科目等履修生として受講している履修生もいたため、これに該当する履修生は調査対象から除外している。

A大学の「地球物理学」は3年生配当科目であるが2年生の受講も可能である。2年生以外の学生は3年生以上の学生であるが、2016年度後期は2名、2017年度も2名、2年生が受講していた。B大学の「地球物理学Ⅰ」は3年生配当科目であり、3年生以上の学生だけが受講していた。

履修学生の高校までの地学領域に関する学習経験に関しては、いずれの授業でも授業初回に調査を行った。なお、履修学生の高校までの学習を考えると、いわゆる「現役ストレート」で大学に進学した学生の場合、留年等を経験せずに2017年度に4年生となった学生は旧高校学習指導要領で学んだ学年であり、3年生は現行高校学習指導要領で学んだ学年である。調査に際して、いわゆる「現役ストレート」で留年等の経験が無いこと、大学入学前に浪人経験が無いことを調査することは、コンプライアンスの観点から実施困難であるので、本研究では行っていない。

旧高校学習指導要領にて学んだ学生と現行高校学習指導要領にて学んだ学生が混在していることから、

<地学Ⅱ>と<地学>とを同一科目相当、<地学Ⅰ>と<地学基礎>とを同一科目相当として集計を行った。調査対象とした学生の、これらの科目の履修状況を表1に示す。表1から、<地学Ⅱ>か<地学>の履修経験が無い履修学生が9割以上であり、<地学Ⅰ>か<地学基礎>の履修経験が無い履修学生が7～8割であることが読み取れる。そこで、高校までの地学領域に関する学習経験の結果に基づき、高校での地学領域の内容も含めて授業展開を行った。

表1 調査対象学生の高校での地学領域を学習した経験

対象学生	<地学>あるいは<地学Ⅱ>				<地学基礎>あるいは<地学Ⅰ>				無回答・不明	
	履修経験有り(人)		履修経験無し(人)		履修経験有り(人)		履修経験無し(人)		無回答・不明	
	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)	人数(人)	割合(%)
A大学2016年度21名 ^(注1)	0	0.0	19	100.0	3	15.8	16	84.2	2	9.5
A大学2017年度26名 ^(注1)	2	9.1	20	90.9	3	13.6	19	86.4	4	15.4
A大学合計	2	4.9	39	95.1	6	14.6	35	85.4	6	12.8
B大学2017年度17名	1	5.9	16	94.1	3	17.6	14	82.4	0	0.0
総合計	3	5.4	55	98.2	9	16.1	49	87.5	6	9.5

(注1) 実際の履修学生数は、2016年度は22名、2017年度は27名であった。

2.2 調査の方法とその内容

授業にて、現行の中学校「理科」教科書(5社から1種類ずつ合計5種類の教科書が出版されている)に掲載されている地球の断面図(図1、2の何れか(原図はカラー))を示し、続けて現行の高校<地学基礎>教科書(5社から1種類ずつ合計5種類の教科書が出版されている)に掲載されている地球の断面図(図3-8の何れか(原図はカラー))を示した。なお、現行の中学校学習指導要領解説にて地球内部の層構造に関して取り扱うことが求められていないため、2種類の中学校「理科」教科書だけに地球の断面図が示されており、いずれも発展の扱いとなっている。授業にて質問1を発する直前の段階では、地球の内部構造を組成によって見た場合、中心部から内核、外核、マントル、地殻からなっていることを知っているかの確認を行うことが目的であることから、これらの図を示した。既有知識の確認後、簡略化した地球の断面図(図9)を示し、質問1および質問2を行った。

質問1:「図9は地殻の厚さを除き、各層までの深さの比は現実の地球内部構造と同じ比となっている図です。内核、外核、マントル、地殻のうち、地球にて最も体積を占めている層はどれだと思いますか?」

発問後、挙手により結果を確認し、結果を黒板(あるいは白板)へ板書した。板書後、体積をどのように直感で捉えたかを学生自身が把握できるようにするため、筆算および電卓にて計算する時間を設けずに質問2を行った。

質問2:「地球にて最も体積を占めていると思った層の体積は、地球の全体積の約何%くらいだと思いますか? 今から30%台(30%以上40%未満)、40%台(40%以上50%未満)、..として90%台まで順に尋ねるので、該当するところで手を挙げて下さい。」

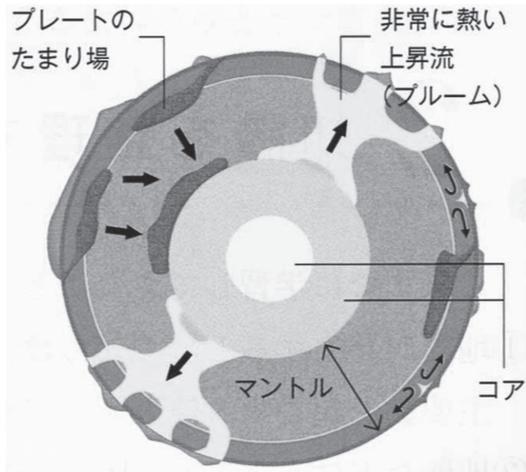


図1 D社の中学校「理科」教科書に掲載されている地球の断面図（有馬ほか（2012）の図より）（原図はカラー）

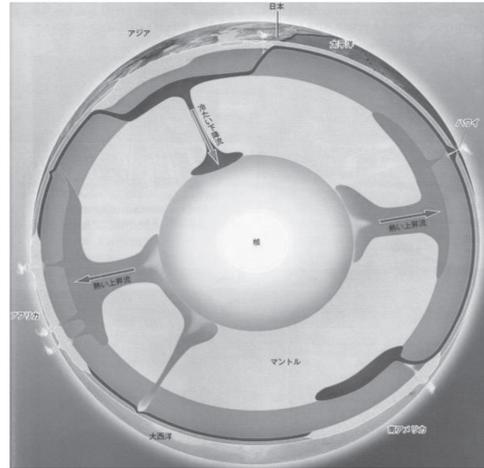


図2 K社の中学校「理科」教科書に掲載されている地球の断面図（塚田ほか（2012）の図より）（原図はカラー）

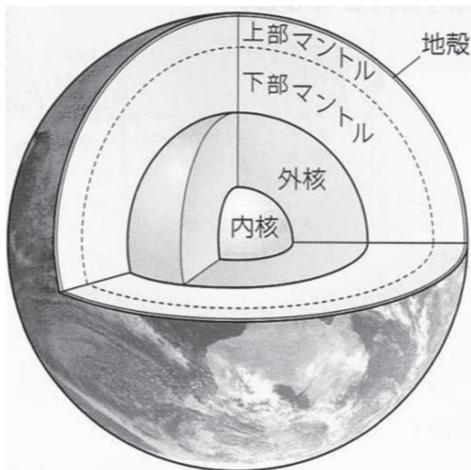


図3 G社の高校「地学基礎」教科書に掲載されている地球の断面図（森本ほか（2012）の図より）（原図はカラー）

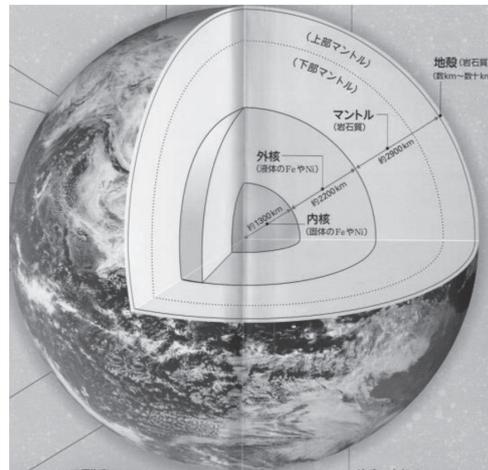


図4 G社の高校「地学基礎」教科書口絵に掲載されている地球の断面図（森本ほか（2012）の図より）（原図はカラー）

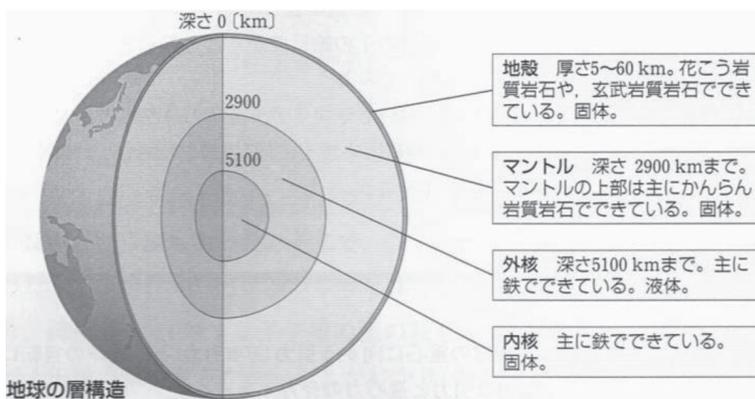


図5 K社の高校「地学基礎」教科書に掲載されている地球の断面図（磯崎ほか（2011）の図より）（原図はカラー）

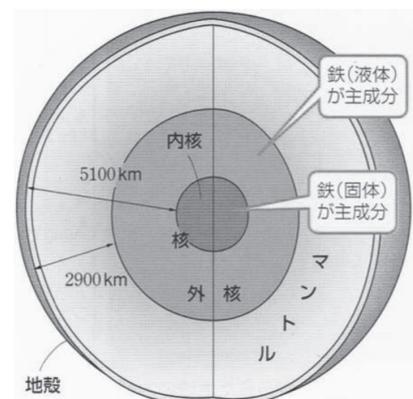


図6 S社の高校「地学基礎」教科書に掲載されている地球の断面図（小川ほか（2012）の図より）（原図はカラー）

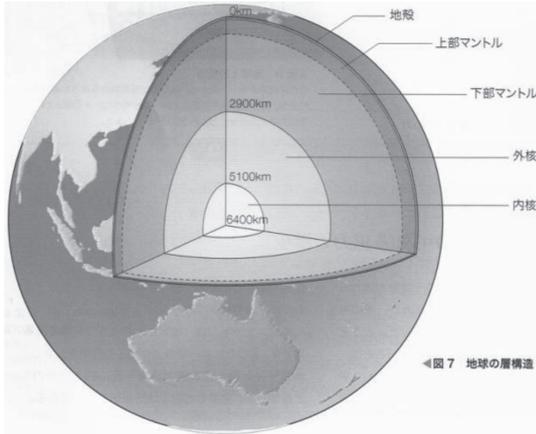


図7 T社の高校<地学基礎>教科書に掲載されている地球の断面図(木村ほか(2012)の図より)(原図はカラー)

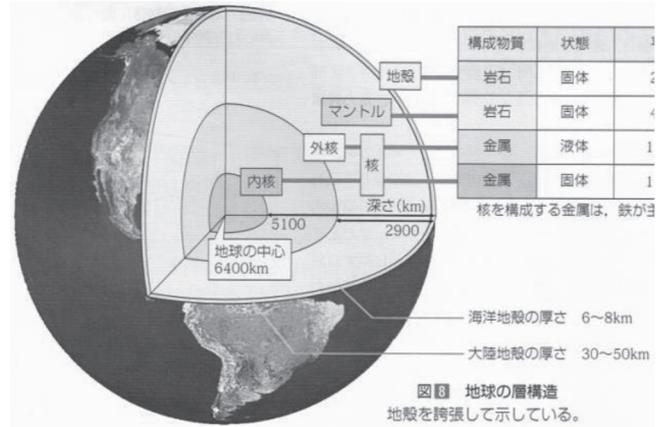


図8 I社の高校<地学基礎>教科書に掲載されている地球の断面図(西村ほか(2012)の図より)(原図はカラー)

発問後、質問1で地殻と答えた学生の結果を挙手により確認し、順にマントルと答えた学生、外核と答えた学生、内核と答えた学生の予測を確認して結果を黒板(あるいは白板)へ板書した。板書した結果の例を写真1に示す。

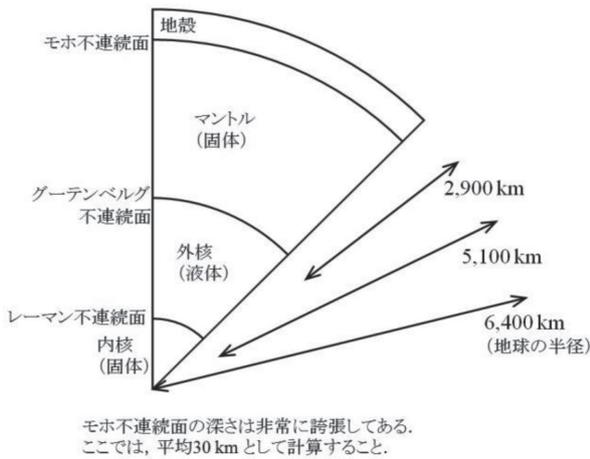


図9 地殻の厚さを除き各層までの深さの比は実際の地球内部構造と同じ比で描いた地球の断面図

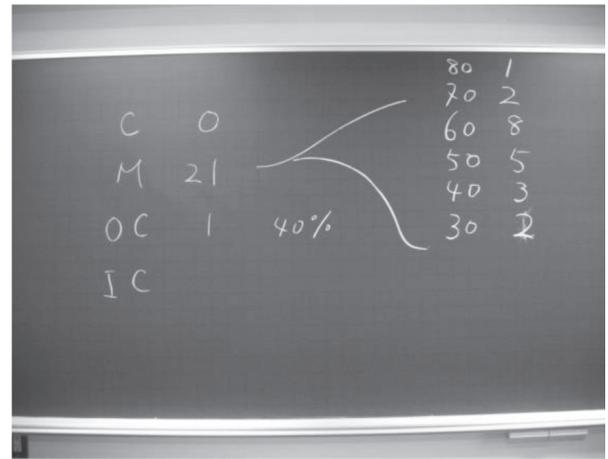


写真1 黒板に結果を整理した板書の例
Cは地殻(Crust)、Mはマントル(Mantle)、OCは外核(Outer Core)、ICは内核(Inner Core)を意味する。(元の写真はカラー)

3 結果および考察

調査の結果を表2に示す。表1と見比べると、A大学2016年度の調査対象学生数が21名であったのに対して回答者数が21名、A大学2017年度の調査対象学生数が26名であったのに対して回答者数が21名、B大学2017年度の調査対象学生数が17名であったのに対して回答者数が17名であるが、A大学2017年度の調査対象学生数と回答者数とが一致しないのは、本調査を行った授業日に4年生の一部が教育実習中にて公欠であり、欠席者数が多かったことによる。

授業では、質問1および質問2の結果を集計した直後に、各層の体積と全地球の体積に占める各層の割合とを各自に計算させ、計算結果と地球の断面図とを見比べて考察を行わせている。著者はA大学にて

2010年度から「地球物理学」を担当し、B大学にて2009年度から「地球物理学I」（厳密には、2009～2015年度は「地球物理学（4単位）」、2014年度以降は「地球物理学I（2単位）」および「地球物理学II（2単位）」）を担当しているが、どちらの大学でも各年度、同じ計算・考察を行わせてきている。毎年度、計算結果が出た直後に学生から驚きの声がかかるため、一部の学生だけの驚きなのか多くの学生による驚きなのかを数的に確認する必要があると認識し、2016年度後期から予測の集計を取り始めた（2016年度前期までは、挙手させるだけであった）。

表2 回答割合で集計した調査結果

地球内部の各層の名称	A大学2016年度(回答者数21)			A大学2017年度(回答者数21)			A大学合計(回答者数42名)			B大学2017年度(回答者数17)			総合計(回答者数59名)		
	質問1でYESと回答した履修学生の割合(%)	質問1にYESと回答した層が全体積に占める割合の予想範囲(%)	全回答者数に占める質問2でYESと回答した履修学生の割合(%)												
地殻	30%台			30%台		4.8	30%台		2.4	30%台			30%台		1.7
	40%台			40%台			40%台			40%台			40%台		
	50%台			50%台			50%台			50%台			50%台		
	60%台			60%台			60%台			60%台			60%台		
	70%台			70%台			70%台			70%台			70%台		
	80%台			80%台			80%台			80%台			80%台		
マントル	30%台	9.5		30%台	9.5		30%台	9.5		30%台			30%台	6.8	
	40%台	14.3		40%台	14.3		40%台	16.7		40%台	29.4		40%台	20.3	
	50%台	23.8		50%台	23.8		50%台	23.8		50%台	23.5		50%台	23.7	
	60%台	38.1		60%台	19.0		60%台	28.6		60%台			60%台	20.3	
	70%台	9.5		70%台	9.5		70%台	9.5		70%台			70%台	6.8	
	80%台			80%台	4.8		80%台	2.4		80%台			80%台	1.7	
外核	30%台			30%台	4.8		30%台	2.4		30%台			30%台	1.7	
	40%台		4.8	40%台			40%台	2.4		40%台	23.5		40%台	8.5	
	50%台			50%台			50%台			50%台	5.9		50%台	1.7	
	60%台			60%台			60%台			60%台			60%台		
	70%台			70%台			70%台			70%台			70%台		
	80%台			80%台			80%台			80%台			80%台		
内核	30%台			30%台			30%台			30%台	5.9		30%台	1.7	
	40%台			40%台			40%台			40%台	5.9		40%台	1.7	
	50%台			50%台			50%台			50%台	5.9		50%台	1.7	
	60%台			60%台			60%台			60%台			60%台		
	70%台			70%台			70%台			70%台			70%台		
	80%台			80%台			80%台			80%台			80%台		

現時点では標本数から回答のばらつき具合を定量的に考察できる状況にはないが、全回答者数59名中正答者が僅かに約1.7%（表2の太数字）（＝僅かに1名）との結果であったことは、多くの履修学生が3次元物体の断面図からその物体の体積を定量的に感覚として把握する力を有していない可能性が非常に高いことを示していると考えられる。ちなみに、図9に基づき計算を行うと、最も体積を占める層はマントルであり、その割合は80%台となる。正答率が非常に低いこの結果は、「2016年度前期までは、挙手させるだけであった」と前述したが、正答に対して挙手する学生が2016年度前期までの授業にてほぼいなかったことと調和的であり、本調査結果が1次近似的には有意である可能性が高いと解釈できる。表2からは、“マントルが80%台（表2の太数字1.7）と“マントルが70%台（表2の太数字1.7の1行上にある数字6.8）”と回答した割合をあわせても1割未満であることが読み取れるが、この割合も2016年度前期までの挙手により得ていた感覚と整合性がある。

大学による違いを考察すると、A大学での回答は“マントル”と答えた学生の割合が9割を越えているが、B大学での回答は約半数に留まっている。さらに、“マントル”と回答した学生による地球に占める割合の予測を見ると、A大学での回答はB大学での回答より分散が大きいことが読み取れる。よって、A大学の学生とB大学の学生との結果には有意な差があると考えられる。全体的に見た場合の両大学の学生による傾向の差は、大学の違いによる学力差によるものなのか、大学1、2年生までに学んだ科目の違いによるものなのかは本調査から明らかにすることはできないが、A大学で「地球物理学」を履修する学生の多くが物理学をメジャーとする学生であるのに対し、B大学で「地球物理学I」を履修する学生は物

理学、化学、生物学、地球科学のいずれかをメジャーとする学生がほとんどであり、所属するメジャーが異なる学生が混在している。よって、A大学とB大学との結果の差は、大学1、2年生までに学んだ科目の違いによる可能性が高いと考えるが、この理由の解明は今後の課題の一つである。

別の視点から、例えば高校までの履修科目の違いによる差が本調査結果に反映している可能性も考えられる。しかしながら、高校までの履修科目の違いによる差を明らかにすることが目的では無かったことから授業では個別アンケート調査を行っていないため、本研究でこの可能性を考察することはできない。一方、〈地学I〉の履修率が約7%だった旧高校学習指導要領による教育課程の時代から、〈地学基礎〉の履修率が約25%となった現行高校学習指導要領による教育課程の時代となっている状況（例えば、宮嶋、2014）を考えると、2018年度以降にA大学の「地球物理学」、B大学の「地球物理学I」の履修者が質問1、質問2に対してどのような回答をするのかの集計を続けることで、高校学習指導要領の改訂による教育効果の違いを見出せる可能性が存在すると考えられる。そこで、質問1、質問2の回答をミニッツペーパーなどを用いた記名式で行い、メジャーの違いによる結果の差違や高校時代に履修した科目の違いによる結果の差違を明確にすることを、2018年度以降の課題としたい。さらに、調査対象とした2大学だけの傾向であるのか、他の大学の学生でも同様な結果となるのかを判明させることも今後の課題である。

以上のように今後の課題が多い結果ではあるが、いわゆる理系の学生であっても、3次元物体の断面図から3次元物体の体積比が感覚にて掴めない学生が大多数である可能性が高いことは示せたと主張したい。このことは、様々な科目にて、2次元表示から3次元空間を把握できる力を培うための教授の努力が求められることを意味しているともいえよう。本事例では、実際に計算させることだけで地球内部構造の体積比を理解させるのではなく、直感的にも理解できる教材を開発することも今後の課題である。これに関連して、教材として用いる3次元物体の2次元表記法を検討することは重要かもしれない。例えば、図1-8を見比べても、地球を半割した図、1/4を切り取った図、1/8を切り取った図が使用されているが、一見により直感でマントルが占める割合を読み取ると、同一人物であっても違った値と感ずる可能性がある。現在教科書で用いられているこれらの図のうち、直感で各層が占める割合を読み取るのに一番相応しい図はどの図であるのかを考察するためにも、より相応しい図のデザインを考えていくためにも、「理科」の研究者だけではなく、デザインや図学などの研究者と共同研究することが求められているともいえよう。

地球内部構造に対して限られた学生数によるデータに基づく考察ではあったものの、地学的内容と関係する素朴概念、本論では地球の内部構造を用いた3次元物体の断面図からその物体の層別体積比を定量的に把握する力に対して持っている概念、すなわち、地球の内部構造の断面図による面積比から体積比を把握する場合、体積比を面積比とほぼ等価と捉えてしまう概念を、3次元量として捉えられる科学概念へと転換するための教材研究が重要であることは本論でも示せたと考える。地学的内容での空間把握に対する素朴概念に関わる研究を加速させるためにも、認知心理学での素朴物理学や素朴生物学などと定義は異なるかも知れないが、地学的内容での素朴概念全般に対して“素朴地学（仮称）”、あるいは“素朴地球惑星科学（仮称）”なる用語の使用を提唱し、こうした用語を理科教育界、地学教育界へ広げ、地球惑星科学に対する知識の再体制化を図るための教材開発などの研究を進めることが有用であると考えられる。

4 まとめ

A大学での開講科目「地球物理学（2単位）」、B大学での開講科目「地球物理学I（2単位）」にて、3次元物体の断面図として組成による地球内部構造を示し、「内核、外核、マントル、地殻のうち、最も体積を占めている層はどれで、その層は地球の全体積の何%を占めていると思うか。」との質問を行った。回答者数は全部で59名であった。その結果、マントルが約8割の体積を占めると正しく予測した回答者数は僅かに1名であり、“マントルが80%台”と“マントルが70%台”と回答した割合を合わせても1割未満であった。一方、A大学では“マントル”と答えた学生の割合が9割を越えていたが、B大学では

約半数に留まった。この差が大学の違いによる学生のいわゆる学力差によるものなのか、履修学生の年度毎の偏りによるものなのか、大学1、2年生までに学んだ科目の内容によるものなのかは本研究結果から解明できないが、過去の学習過程の違いを反映している可能性は示唆していると考えられる。今後、高校で履修した科目の違いによる影響、大学1、2年で学んだ科目の違いによる影響、調査した2大学以外の大学での学生の状況を判明させることが課題である。また、地学的内容での素朴概念に関わる研究の活性化を図ることも今後の課題である。そのためにも、地学的内容での素朴概念に対して、例えば“素朴地学(仮称)”などの用語を提唱し関連学界へ拡げることが有用であると考えられる。

謝辞

授業にて、履修学生から寄せられた質問は、本研究での考察を行う上で大変有効でした。A大学の物理系科目担当者懇談会にて議論して下さった先生方から頂いた御意見は、本研究を行う上で参考になりました。また、匿名査読者から頂いた意見は、本論を修正する上で大変に有益でした。以上の方々へ、ここに記して深謝します。

参考文献

- 有馬朗人ほか57名(2012):理科の世界1年. 大日本図書株式会社、255.
- 稲垣佳世子・鈴木宏昭・亀田達也(編)(2002):認知過程研究—知識の獲得とその利用. 放送大学教育振興会、pp.197.
- Inagaki, K. and Hatano, G. (2002): Young children's naïve thinking about the biological world, Psychology press, New York, Brighton, pp.222. (邦訳:稲垣佳世子・波多野誼余夫(2005):子どもの概念変化と発達—素朴生物学をめぐる—. 共立出版、pp.259.)
- 磯崎行雄ほか11名(2011):地学基礎. 株式会社 新興出版社啓林館、18.
- 川村教一・田口瑞穂(2011):児童の河川砂成因認識への野外学習による影響の検討—河床および岩石露頭での学習例をもとに—. 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要、33、59-66.
- 木村龍治ほか16名(2012):地学基礎. 東京書籍株式会社、82.
- McCloskey, M., Washburn, A., and Felch, L. (1983): Intuitive physics: The straight-down belief and its origin. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 9, 4, 636-649. DOI: 10.1037/0278-7393.9.4.636
- 宮嶋 敏ほか16名(2014):次期高校学習指導要領改訂へのJpGUのこれまでの取組みと今後の活動に向けて. (公社)日本地球惑星科学連合(JpGU)2014年大会パブリックセッション「次期学習指導要領における高校地学教育のあり方」収録集、4-8.
- < http://www.jpгу.org/meeting_2014/downloads/2014_O02.pdf (2017年6月30日参照)>
- 森本雅樹ほか11名(2012):地学基礎. 実教出版株式会社、口絵1-2; 22.
- 文部省(1999):高等学校学習指導要領. ぎょうせい、pp.390.
- 文部科学省(2008a):小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書、pp.105.
- 文部科学省(2008b):中学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書、pp.149.
- 文部科学省(2009):高等学校学習指導要領. 東山書房、pp.266.
- 文部科学省(2017a):小学校学習指導要領解説理科編. 19-26.
- < http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2017/06/27/1387017_5_1.pdf (2017年6月30日参照)>
- 文部科学省(2017b):中学校学習指導要領解説理科編. pp.125.
- < http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afiedfile/2017/06/21/1387018_5.pdf (2017年6月30日参照)>

- 西村祐二郎ほか7名(2012): 高等学校地学基礎. 株式会社 第一学習社、50.
- 新田英雄(2012): 素朴概念の分類. 物理教育、60、1、17-22.
- 小川勇二郎ほか13名(2012): 地学基礎. 数研出版株式会社、33.
- 佐藤裕哉(2016): 下関市立大学生の空間認識と地理教育. 下関市立大学論集、59、3、117-126.
- 菅井祐之・鈴木賢次郎(2009): 大学入学時における学生の空間認識力の経年変化ー学習指導要領改訂による影響ー. 図学研究、43、2、19-26.
- 遠西昭寿・加藤圭司(1994): 理科系学生と非理科系学生の岩石に関する概念構造の相違. 地学教育、47、2、65-74.
- 塚田捷・山極隆・森一夫・大矢禎一ほか57名(2012): 未来へひろがるサイエンス1. 株式会社 新興出版社啓林館、95.