

日本の初等中等教育課程における天文教育の現状調査

中村文隆 (新潟大学教育人間科学部)

A Current Situation Survey of Astronomical Education in Japanese Elementary and Secondary Education Curricula

Fumitaka NAKAMURA

1 はじめに

日本では、1995年(平成7年)11月に「科学技術創造立国」を目指し「科学技術基本法」が制定され、政府は科学技術の振興を強力に推進しようとしている。科学技術による国際競争力の強化が日本の将来に向けた重要課題の一つであろう。しかしながら、日本の子どもは成績が良いにも関わらず、理科に興味を持つ子どもが極めて少ないといわれている。このような現象はしばしば「理科離れ」と呼ばれ、科学技術創造立国を目指す日本としては深刻な問題である。また、「科学技術と社会に関する世論調査」(2004年(平成16年)2月)からも分るように、子供だけでなく日本国民の科学技術に対する関心は先進諸国と比較して極めて低い。このような状況を鑑みると、科学に興味を持つ次世代の若者を養成することや国民の科学に対する興味を喚起することが急務であると考えられる。

このように現状では、日本国民の理科に関する興味は低いにも関わらず、天文学は日本でも人気がある学問である。天文学に関する正しい認識を身につけるためには科学的思考が必要とされ、天文学への興味をうまく利用すれば科学の面白さを認識させることも可能であろう。しかしながら、天文学に関する興味は、必ずしも科学に基づいたものではなく、むしろ非科学的なものが多く、誤解も多いようである(Comins 1993, 2001)。これは宇宙を題材にしたSFドラマや映画等の影響が大きいと考えられるが、天文学で用いられる時間スケールや長さスケールがしばしば日常生活で用いるものと桁外れに違うことなども影響していると考えられる。また、初等中等教育課程で習得されるべき科学的思考が十分に習得されていないことにも起因すると考えられる(松森 2005)。

このような科学(ここでは特に天文学)に対する誤解が蔓延した状態を改善するためにはまず、現状の科学教育(ここでは天文教育)の成果を調査し、問題点を整理する必要があるだろう。そこで本論文では、現状の天文教育における問題点を探るため、大学生を対象に「天文学に関する理解度調査」を行った。大学生は初等中等教育課程を修了しており、高校までの天文教育の成果を検証する上で最適なサンプルといえる。このような調査は最近幾つかの教育機関で行われており、ここでもそれらを参考にして調査を行った。たとえば、Comins(2001)は、メイン大学の天文学入門コースの受講学生を中心に、長期にわたり継続的に学生の天文学に関する理解度調査を行ってきた(調査の詳細はCominsのホームページを参照)。彼は、大学の講義の際に毎時間小テストを行い、学習前の内容の事前の理解度と誤解している点を調査した。小テストは講義の出欠のチェックには用いるが、成績には反映させないという前提で行われた。小テストの設問では、科学的に厳密な説明は問わず、単純な設問が用いられた。その結果、学生たちが多くのことについて誤解していることを明らかにした。Cominsは、このような誤解が起こる原因は、我々が日常生活で得た常識をもとに天文学の事象を考えからであるということを描き、それを改善する方法について論じている。松村(2006)は、香川大学の全学共通科目(教養科目)の授業「宇宙観の変遷と社会」においてCominsと同様の手法で学生たちの天

文学に関する認識調査を行い、同様の結論を導き出した。一方、松森（2005）は山梨県内の大学の教員養成志望学生 46 名を対象に天文事象の一つである四季変化の原因に対する認識状態を調査した。松森の調査では、Comins が用いた単純な設問ではなく、学生に四季変化の原因に対する厳密な科学的説明も求めた。その結果、ほとんどの学生が四季変化を科学的に正確に説明できないことが明らかになり、日本の天文教育は危機的状況にあると指摘した。Comins の視点と松森の視点は異なっているが、いずれにせよ両者の結果から、大学生の天文学に関する理解度はそれほど高くないといえるだろう。

本論文では、新潟大学教育人間科学部（平成 19 年度より教育学部に改組）の学生を対象に Comins（2001）や松村（2006）と同様の手法で調査を行い、（1）初等中等教育課程における天文学の習得度と（2）一般常識や先入観からくる天文学に関する誤解について調べた。以下ではまず、2 章で調査内容について述べる。次に 3 章で調査の結果をまとめ、最後に 4 章で考察を行う。

2. 天文学に関する理解度調査の内容

2. 1 調査対象

今回は、新潟大学教育人間科学部の専門科目「天文学・気象学 A」（平成 18 年度第 2 期）の受講学生を対象に、Comins（2001）と同様の方法で天文学に関する理解度調査を行った。ただし設問は、小中学校の義務教育課程で履修済みである基本的事項を中心とし、初等中等教育課程における天文学の習得度を調べることを目的の一つとした。天文学に関する一般的な理解度や大学での教育成果も調査するため、その他の事項についても設問に入れた。

本講義は、本学部にて在学する理科系学生（理科教育専修の学生と生活環境科学課程生活環境コースの学生）のほとんどが聴講している。履修学生の大半は、卒業までに小学校教員免許または中学校理科教員免許を取る。4 年時には学習支援ボランティアとして近隣の小中学校に行き、子どもの学習支援を行うものも少なくない。教員養成課程の学生の中には、小学校教員や中学校理科教員になるものも多く、地元の子どもの教育に直接携わる学生も少なくない。

平成 18 年度は 2, 3, 4 年次の学生約 85 名が聴講しているが、調査を行った日（平成 18 年 11 月）は、介護実習（主に 2 年生）や教育実習（3, 4 年生）のために欠席している学生がいたため、本調査に参加した学生数は 60 名（2 年生 25 名、3 年生 25 名、4 年生 10 名）であった。

2. 2 調査内容

調査に用いた設問は以下の 6 問である。

- ① 春夏秋冬の四季の変化はなぜ起こるか説明せよ。
- ② 日本で見られる星の日周運動（星の動く方向）を図に書いて説明せよ（東西南北 4 方向の星の軌跡と星の動く方向を書け）。
- ③ 赤道上の地点から見える星の日周運動を図に書いて説明せよ。
- ④ 太陽までの距離が現在のままで、地球の質量が現在の半分になったら 1 年の長さはどうなるか？
- ⑤ 太陽系の惑星の中で表面温度が最も高い惑星を書け。またそう思う理由を述べよ。
- ⑥ 彗星の尾はどの方向になびくか？（彗星の進行方向に対して前方？後方？その他の方向？）

これらの設問は以下のことを念頭に置いて選んだ。まず設問 1, 2, 3 は初等中等教育課程で学ぶ内容であり、その習熟度をはかるためのものである。設問 1, 2 は、初等中等教育課程で直接学ぶ基礎的な内容、設問 3 は応用問題であるが、地球の自転と自転軸の傾きを十分に理解していれば容易に答えられるものである。設問 4 は大学レベルの力学の基礎を理解していれば答えられるものである（受講学生のほとんどは 1, 2

年次に力学を聴講済み)。設問 5, 6 は、一般常識からくる天文学の誤解度や天文学の一般的な知識を問うものである。

なお、星の日周運動に関する設問 2, 3 以外は、Comins (2001) がメイン大学で行った設問と同じである。それぞれの設問の正解は以下のとおりである。

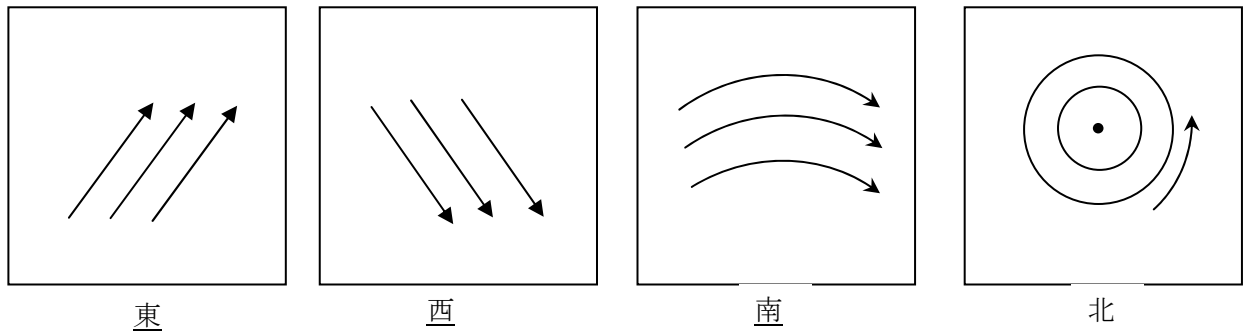


図 1. 日本での星の日周運動

- ① 地球の自転軸が黄道面に対して傾いているから。そのため日光のあたる時間の長さや強さが変わるため。
- ② 図 1 参照。北の空では星は北極星を中心に時計と逆方向に動く。南の空では弧を描きながら左（東）から右（西）へ動く。東の空では円弧を描きながら左下から右上に向けて上昇する。西の空では円弧を描きながら左上から右下へ動く。
- ③ 図 2 参照。北の空では時計と逆方向に半円を描いて動く。南の空も北の空と同様であるが、回転方向が逆。東の空では上に向かって上昇する。西の空では下に向かって下降する。

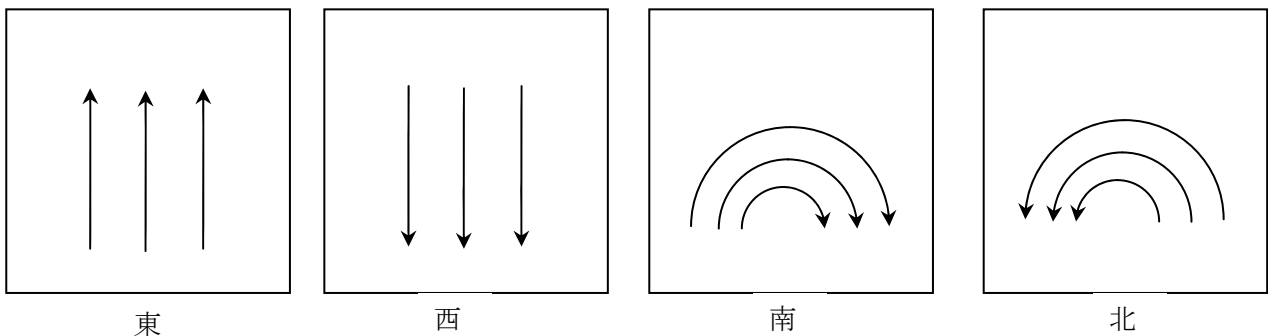


図 2. 赤道上での星の日周運動

- ④ 変わらない。地球の質量に比べ太陽の質量は約 30 万倍も大きい。そのため地球の運動は強い太陽の重力場によって支配されている。したがって地球の質量が半分になっても 10 分の 1 になってもほとんど変化しない。
- ⑤ 金星。太陽までの距離が最も近い水星と思われがちだが、それは誤りである。金星の大気は非常に濃く、二酸化炭素が多く含まれる。そのため温室効果により金星表面の温度は 450℃程度にまで熱せられている。なお、水星の大気は薄く、自転周期も長い。そのため、太陽と反対向きの面（夜側）の温度は低い。
- ⑥ 彗星の尾は太陽と反対方向に向く。これは太陽風の影響による。したがって太陽に近づくときには進行方向に対してだいたい後方に向くが、太陽から遠ざかるときには進行方向に対してだいたい前方に向く。また彗星は常に尾を出しているわけではない。太陽との距離が近いときだけである。

3. 調査結果

3. 1 四季の変化について

「四季の変化がなぜ起こるのか?」という問題に対する解答結果を図3に示す。赤のコラムが今回の調査結果である。比較のため、Comins がメイン大で行った結果を青のコラムで示した。新潟大学での正答率はメイン大の正答率に比べてはるかに高く、91%程度であった。本調査では、松森(2005)が行ったような厳密な科学的説明は求めず、Comins (2001)が行ったように単純に原因のみを問うたため、この結果のみから学生の科学的理解度を推し量ることは難しいが、ほとんどの学生が少なくとも大ざっぱには四季の変化が地軸の傾きが原因であるということを知っていると見える。また地球が太陽のまわりを公転する間に、地軸の傾斜角度が変化しないことも多くの学生が理解しているようであった。

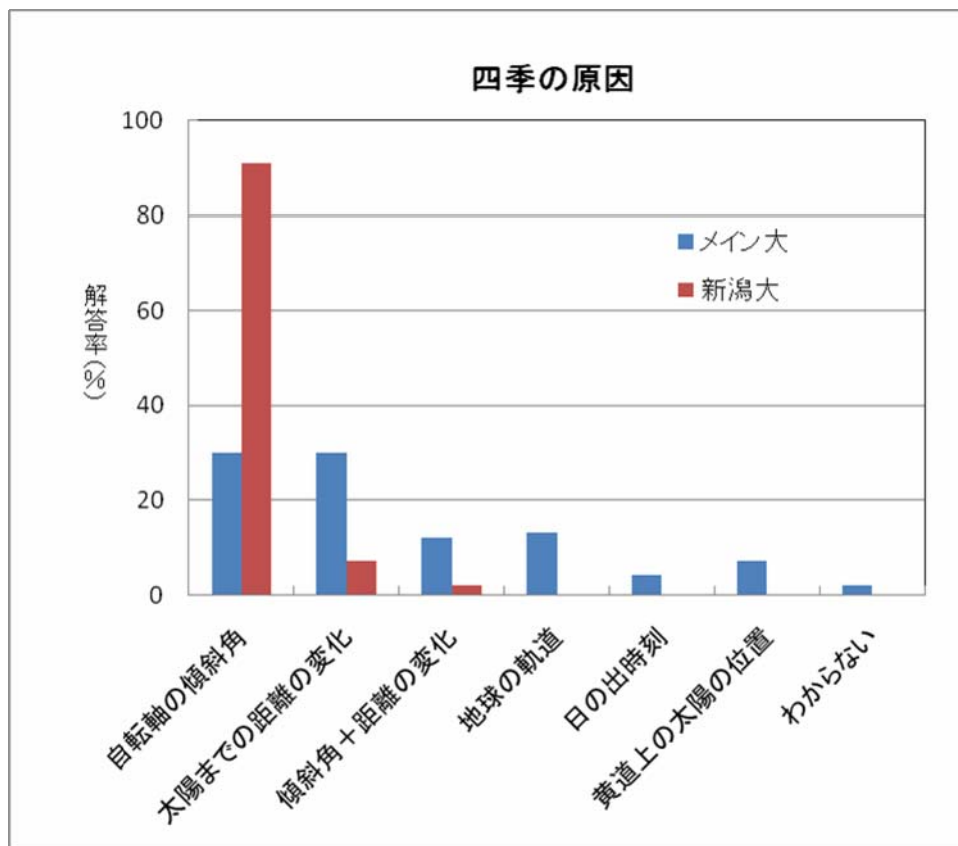


図3. 「四季の変化の原因」に関する解答状況

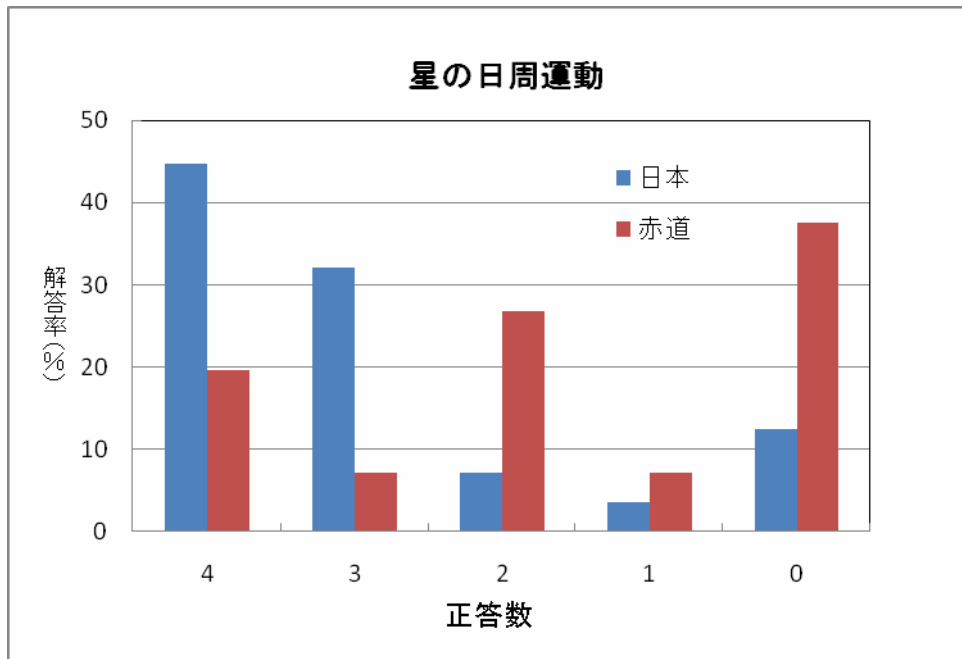


図4. 「星の日周運動」の解答状況

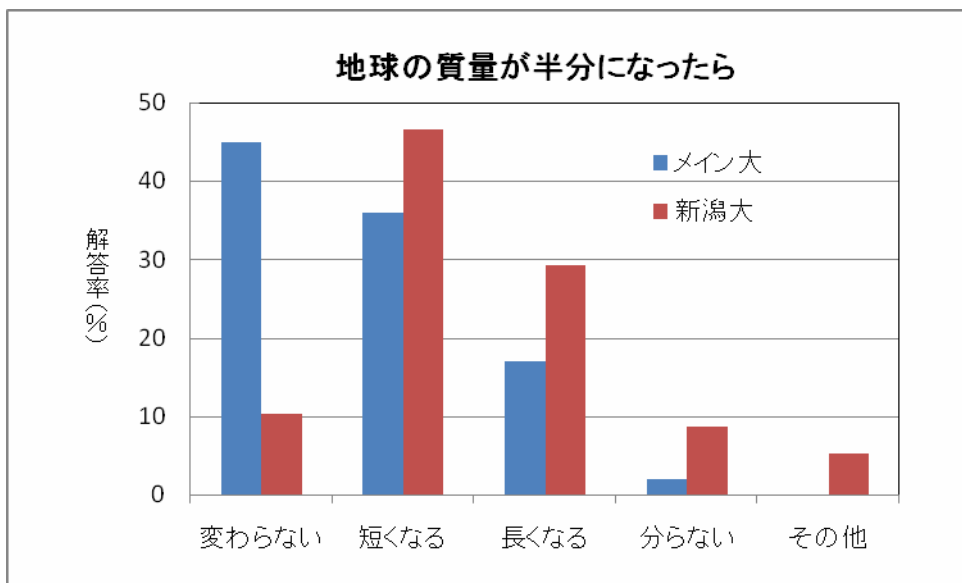


図5. 「地球の質量が半分になったら」の解答状況

3. 2 日本での星の日周運動について

日本での星の日周運動についての問題の解答状況を図4に示す。東西南北4方向全部正解の場合、正答数を4、1方向間違っている場合を正答数3というようにした。この問題の正答率は約45%であった。1問誤答があったもののほとんどは北の日周運動の回転方向が間違っていた。正答率が2問以下の学生も20%程度もいることには意外であった。

3. 3 赤道上で星の日周運動について

この問題は、地軸の傾きと天球の幾何学的な関係を十分に理解していれば、簡単な問題である。それにも関わらず正答率はわずか20%弱で、日本での星の日周運動についての正答率に比べて低かった。これは大半の学生は、地軸の傾きについて十分に理解していないことを示しており、小中学校で学ぶ天文学が十分に理

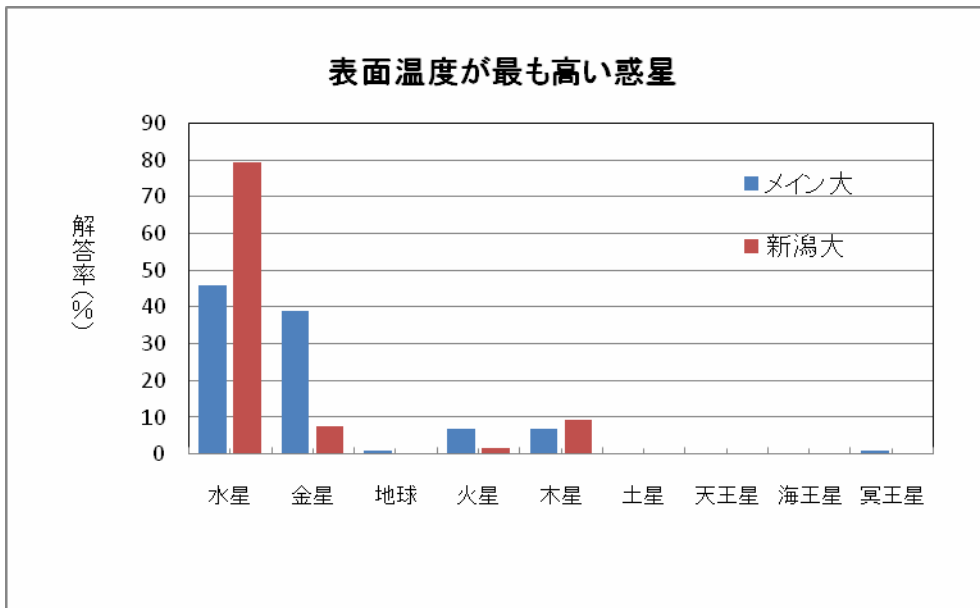


図6. 「表面温度の最も高い惑星」に関する解答状況

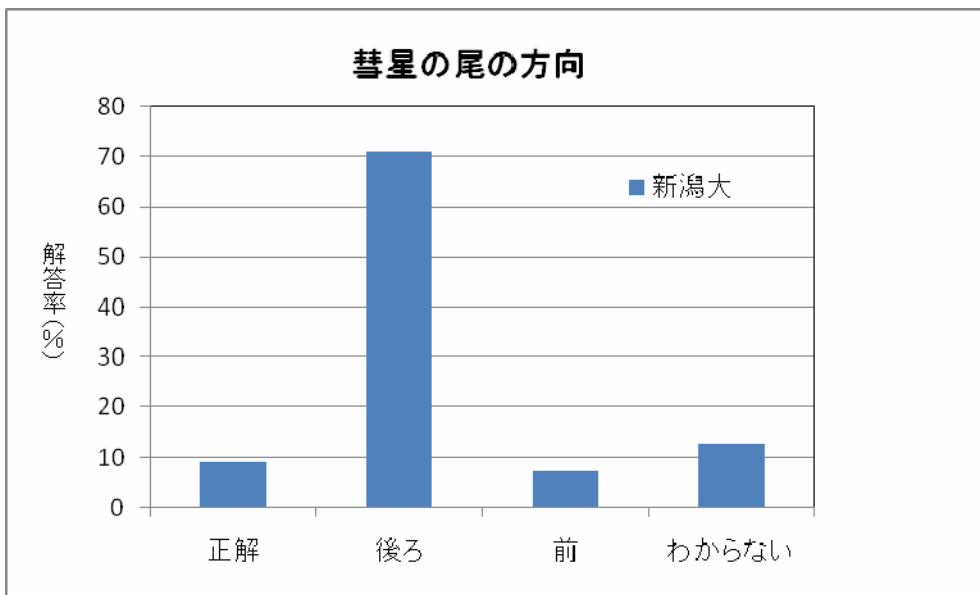


図7. 「彗星の尾の方向」に関する解答状況

解されていないことを示している。松森（2005）が指摘したことと同様である。この問題については、教員養成学部（教養学部）の学生は十分に理解する必要がある事項であり、正答率の低さに驚いた。

3. 4 地球の質量が半分になったら？

この問題は、力学の運動方程式と2つの物体に働く重力についての知識があれば答えることは難しい。調査対象の新潟大学教育人間科学部の理科系学生は、これら力学の基礎を学部1、2年時に学ぶことになっている。それにもかかわらず、新潟大学での正答率はわずか10%足らずで、メイン大の正答率45%に比べてはるかに低い。実際、調査対象の学生の90%は、本学部で力学の講義を受講しているが、正答率は低かった。運動方程式や2つの物体に働く重力場の概念は、高校レベルの物理学の基礎であり、小中学校教員を志望する学生は十分に理解すべき事項である。高校で物理を履修していない学生は少なくないが、大学で学んでいることを考えると、もっと多くの学生に理解してもらいたいことである。

3. 5 表面温度が最も高い惑星は？

約80%の学生が（太陽にもっとも近い惑星である）「水星」と答えた。理由については、「太陽までの距離が最も近いから」と答えた学生が大半であった。正解である「金星」と答えた学生は8%程度とメイン大の場合に比べて非常に低かったが、正解した学生は金星の温室効果について十分に理解しているようであった。このような勘違いは、Comins（2001）が指摘したような日常的な常識等に由来するものであると推測される。

3. 6 彗星の尾の方向について

この問題についても前問同様に正答率は非常に低く、わずか10%以下であった。また、約70%の学生が後ろになびくと答えた。これもComins（2001）が指摘したような一般常識からくる誤解に関係しているようである。

このような誤解は、大学での天文学の講義で正していく必要があるだろう。

4. 考察とまとめ

今回は、新潟大学教育人間科学部の理科系学生に対し、天文学の基礎的な事象について簡単な理解度調査を行った。調査の主な目的は、（1）日本の初等中等教育課程における天文教育の成果を調べることと（2）いくつかの天文学の事象に対して一般常識に起因する誤解度を調べることである。

（1）については、小学校・中学校で学ぶ四季の変化の原因と星の日周運動について問うた。調査結果だけを見ると、ほとんどの学生が四季の変化の原因が「地軸の傾きによる」と答え、正しい認識を持っているといえる。しかしながら、地軸の傾きが原因である星の日周運動について正しく説明できる学生が驚くほど少ないことを考えると、四季の変化の原因については、単に暗記しているだけで、科学的に正しく理解していない可能性が高い。とくに、赤道上で星の日周運動は、地軸の傾きを十分に理解していれば、日本で観測される日周運動よりも星の軌跡が単純であり、正答数をもっと多くても良いはずである。現状を把握するためには、さらなる調査が必要ではあるが、これらの誤解は、一般常識に起因するものではなく、初等中等教育課程における天文教育に問題があると示唆される。

松森（2005）は、教員養成課程の学生に対し、四季の変化の原因に関する理解度調査を行い、ほとんどの学生が四季の変化を科学的に説明できないことを示し、日本の天文教育が危機的な状況にあることを指摘した。本調査では、四季の原因については松森が行ったような厳密な答えは要求しなかったが、星の日周運動についての理解度を考えると、松森の結論と同様に、地軸の傾きや地球の自転・公転についての学生の理解度は低いといえる。松森（2005）の結論と同様に、本調査からも日本の天文教育は危機的な状況にあることが予想される。

次に、（2）についてであるが、最も表面温度が高い惑星や彗星の尾に対する誤答状況を見ると、一般常識や日常的な誤解に起因する間違いが普遍的に存在しているようである。これらの誤解はComins（2001）が指摘したように、天文学で取り扱う事象が日常生活での経験が当てはまらないことがあったり、単に知らなかったりすることが原因のようである。大学での天文教育は、これらの誤解を正しつつ、学生の天文学に対する興味を引き起こす努力が必要であろう。とくに気になったのは、メイン大学では、新潟大学に比べて、金星の温室効果についての知識がある学生が多かった。本調査だけでは結論は出せないが、これは、新潟大学の学生の科学への興味度が低いためかもしれない。本調査対象の学生が教員養成系の理科系学生であることを鑑みると、状況は深刻であるかもしれない。

また、高校や大学で学ぶ力学の基本事項の一つである2つの物体間の重力について理解している学生が極端に少ないことにも驚かされた。正答率はメイン大学と比べて著しく低い。本調査対象である教員養成系の理科系学生は、大学1、2年次に、すでに力学の講義を受けていることを考えると、初等中等教育だけでな

く、大学教育にも改善が必要であろう。

今回の調査は、非常に単純な設問のみを用いた。現状を十分に把握するためには、さらに詳しい調査が必要であろう。また、今後もこのような調査を継続して行う必要もある。このような調査をもとに現状を改善する手立てを考えていく必要もある。

参考文献

1. Comins, N. F. 1993, “Sources of Misconceptions in Astronomy”, in *Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, ed. J. Novak: Cornell University
2. Comins, N. F., 2001, “Heavenly Errors: Misconceptions about the Real Nature of the Universe”, Columbia University Press (邦訳 「宇宙 100 の大誤解：言われてみれば間違いだらけ」, 2005, 加藤賢一、吉本敬子訳、講談社ブルーバックス)
3. Comins, N. F., “Heavenly Errors”, <http://www.physics.umaine.edu/ncomins/>
4. Freedman, R. A. & Kaufmann III, W. J. *Universe*, W. H. Freeman and Company, Chap. 2, 3, 4
5. 松村雅文, 2006, 「大学の教養教育で見られた天文学に関する”勘違い”」, 第20回天文教育普及研究会「天文教育普及活動の20年、そしてこれからの20年」集録, p. 115
6. 松森靖夫, 2005, 「我が国における天文教育の危機的状況—季節変化に対する小学校教員志望学生の認識状態とその変容に基づいて」, 地学教育, 58, p. 113
7. 松森靖夫, 2007, 「学びなおしの天文学 応用編」, 恒星社厚生閣

(平成20年3月5日受理)