

日周運動における大学生の空間認識能力

興治 文子, 高橋 雄大¹, 中沢 陽²

1. 目的

人類は、太陽の動きや星の動きを拠り所にして日にちや季節の変化を感じ、日々の暮らしを構築してきた。長期間にわたる観測結果を基にして、時間という概念や、天体の動きを理解するための空間概念が生み出され、現在の天文分野の理解に至っている。地球はどのような形をしているかという問いに対しては、昔の人が考えたように「限りなく平面が続いている」と答える子どもは今の日本にはあまりいないだろう¹⁾。テレビのニュースでは、人工衛星から送られてくる画像を用いた各地の天気予報がなされるし、インターネットで調べれば、宇宙から見た地球の姿でも、地球の反対側にある天文台の定点カメラの映像でも、時間も場所も飛び越えて、観測結果を見ることが容易になった。

しかしながら、やはり今でも天文分野、特に空間認識能力を必要とされる太陽や星の日周運動の理解は難しい²⁻⁴⁾。1985年の松森らによる天球概念の調査³⁾を基にした2016年の興治らの研究²⁾では、30年以上経った今でも、中学生にとっても、大学生にとっても視点を地球からと宇宙からに切り替えて天球に表された星の軌跡を考えることは難しいことが明らかになった。この研究ではさらに、空間認識に必要な要素である方位概念に着目し、宇宙から地球を見たときに、特定の観測地点での方位を正しく記述できるかどうか調査しており、天文の単元を学習する前の中学生では、方位に課題があることが明らかになっている。

そこで本研究では、大学生を対象として、宇宙から見たときの特定の観測地点での方位概念は培われているのかどうか、宇宙視点で考えなければならない問いが与えられたときにどのように考えて回答しているのかなどについて調査することで、日周運動を理解するために必要な空間認識能力の有無と発達段階の関係を明らかにする。また、大学生が天文分野を教わったときの実験の有無についても調査を行う。これは、宇宙空間での星の相対的な運動が関わってくることから、思想的に学ぶよりも、実際に体験を通して学ぶことが概念形成を育むと考えられるからである。

2. 調査時期、対象および調査方法

調査は、新潟大学で2017年8月に開講した集中講義「理科教育法（中等Ⅰ）」で行い、調査対象は履修者73名である。その内訳は、教育学部理科14名、経済学部1名、理学部物理学科13名、化学科8名、生物学科14名、地質学科9名、自然環境科学科10名、農学部応用生物化学科3名、理系大学院生1名である。

調査は無記名の質問用紙で行い、回答時間はおおむね30分程度であった。質問用紙の提出者は67名である。

調査内容は、後述の参考資料1に示した通りである。レイアウトは紙面の都合上、実際のものとは若干異なる。Aの透明半球の見え方についての問いは、松森らの研究に用いたものと同様のものを用いた。Bの地球と太陽についての問いは、興治らの2016年の研究で用いたものであり、地球からの視点から宇宙からの視点へと切り替えたときの方位と、自転について理解しているかどうかを調査するものである⁶⁾。Cは、星や太陽の日周運動の軌跡についてであり、C1は地上で星を見たときのようす、C2は天球概念を用いたときにC1で示した観測結果がどのように表示されるか、C3とC4は南半球での見え方の応用問題である。Dは天

2017.10.23 受理

¹ 秋田市立秋田南中学校

² 新潟県立新潟翠江高等学校（通信制）教諭、新潟大学非常勤講師「理科教育法」担当

文分野の学習についての問いである。

調査結果は、松森らによる1985年の小学5年生44名を対象にした調査結果、興治らによる2016年のA中学校3年生38名（以降中学生A）、B中学校3年生40名（以降中学生B）、大学生23名（以降大学生A）の調査結果と比較を行う。大学生は、2016年度前期の「理科教育法（中等Ⅲ）」履修者で、教育学部理科24名、理学部物理学科2名、化学科2名、農学部生産環境科学科1名で調査用紙提出者が23名であった。したがって、本研究の調査対象である大学生も、先行研究の大学生（大学生A）も教員希望の理系の大学生であり、文系学生がいないことから調査対象者に偏りはある。なお、本研究で調査を行った大学生は、以降大学生Bと記す。質問用紙の各項目における先行研究との比較の有無は表1の通りである。表中の○は比較した項目、線は比較できなかった項目を表している。

表1 質問項目と調査対象者の一覧

質問項目	調査対象者				
	小学生 (n=44,1985)	中学生A (n=38,2016)	中学生B (n=40,2016)	大学生A (n=23,2016)	大学生B (n=67,2017)
A	○	○	○	○	○
B1	-	○	○	○	○
B2	-	○	○	-	○
C, D	-	-	-	-	○

3. 結果および考察

A. 透明半球の見え方についての問い

透明半球の見え方についての調査結果を図1, 2に示す。図1は天球の内側から空を見たときに星の軌跡がどのように表されるかという空間認識についての選択式問題の調査結果であり、先行研究の結果と同様に、南と北の空での星の軌跡についてはほぼ100%の正答率であるが、西や東の空での正答率が低い。図2は天球の外側から天球を見たときの星の軌跡がどのように表されるかという空間認識についての選択式問題の調査結果であり、図1と同様に東の空、西の空の正答率が低い。なお、図1, 2ともに先行研究の調査対象であった小学生の正答率が高い理由は、実際に見てから回答しているためであり、中学生、大学生は全く何も見ず、思考実験で回答しているためである。

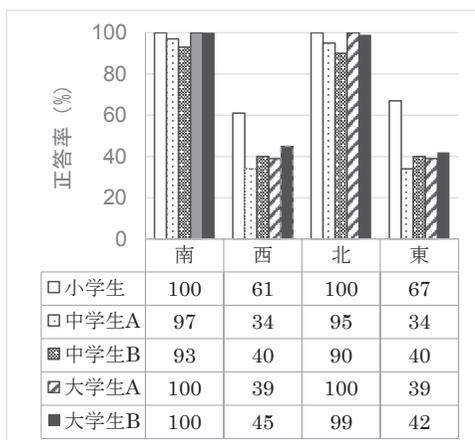


図1 天球の内側からの空間認識

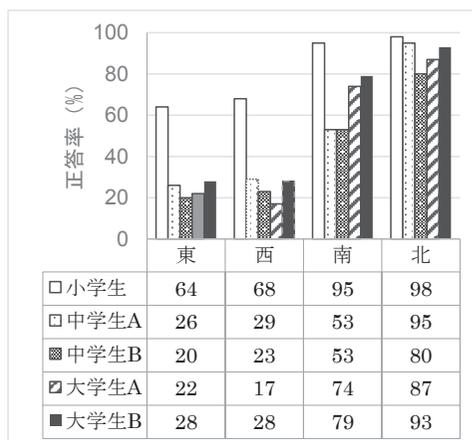


図2 天球の外側からの空間認識

図2では、北の空の正答率はいずれも80%を超えてはいるが、南の空の正答率は中学生も大学生も若干悪くなっている。ここで興味深いのは天球の外側から見たときの南の空の正答率のみ、中学生と大学生で有意差があることである。これは、問いの空間認識そのものの結果というよりは、むしろ問題の絵の読み取りの差であると考えられる。2016年度の興治らによる先行研究では、中学生A、中学生Bに対して空間認識に関する調査を行った後、共同研究者である高橋が授業実践を行った。授業では、星の日周運動を中学生に理解してもらうために、タブレットのアプリを用いて星の軌跡を疑似的に観測した結果をワークシートに記し、その結果を透明半球に内側から透明半球の内側に貼り付けることで天球概念の構築を試みた。さらに、それぞれの方角で見た星の軌跡は全天ではつながって表現されることに気付かせる活動を取り入れた。その後、配布したワークシートに透明半球に描かれた星の軌跡を記すように指示をしたのだが、多くの中学生が描くことができなかった。つまり、3次元の物体である透明半球を、2次元の紙面上で描き表すことに困難があったのである。授業の後に、中学校の担当教員と議論を行ったときには、A中学校でもB中学校でも、このような活動は中学生にとっては難易度が高いとのことであった。この調査は授業実践前に行ったために中学生は紙面に描かれている天球の様子が読み取れず正答率が低かったが、大学生は中学校で天文分野の学習を終え、さらに中学校および高校数学においても3次元座標などの学習を終えているため、中学生に比べて正答率が高い結果となったと考えられる。本研究では調査できなかったが、高校生や文系の大学生を対象として、その結果について検討する必要があるだろう。

B. 地球と太陽の関係に対する問題

この問いは、宇宙から俯瞰的に地球を見たときの日本の方位と、地球の自転の向きを問う問題である。図3に示した通り、方位に関しては中学生でも70%を超える高い正答率になっているが、大学生になるとほぼ100%の正答率になる。

図4は自転の方向をどのように考えたのかについて、正答別に理由を分類したものである。「太陽」、「地理」、「暗記」、「磁界」、「その他」、「根拠なし」、「無記入」の7種類に分類した。

「太陽」は、太陽の昇る方向を根拠にした回答であり、中学生、大学生ともに最も多いことがわかる。「太陽は東からのぼり西に沈むため、そうなるためには地球が反時計回りに自転する必要があるから」などである。

「地理」は「日付変更線は太平洋にあり、自転で日付変更線を超えると1日進むが、日本、オーストラリアといった国は比較の日付変更線に近いから（大学生B）」、「経度0度のイギリスより日本の方が時刻が進んでいるから（中学生B）」、「聖徳太子が中国を日が落ちる国といていたから（中学生A）」など、時刻について地理の情報を根拠として説明したものである。

「磁界」は、「地球は北がN、南がSという風に磁界が存在する。このことと右ねじの法則の考え方から、自転の方向は反時計になると思ったから（大学生B）」などである。「磁界」の考え方をした大学生は2017年度で3名いたが（1名は理由はあっているが自転の向きは不正解）、中学生にも1名「右ネジの法則からそういえるから」と答えた生徒がいた（中学生A）。

「その他」の考え方としては、「地軸の傾きとコリオリ力の影響を受けながら（大学生B）」、「風が西か

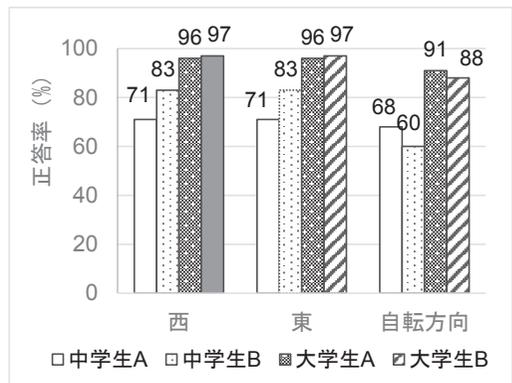


図3 宇宙視点の方位と自転の向き

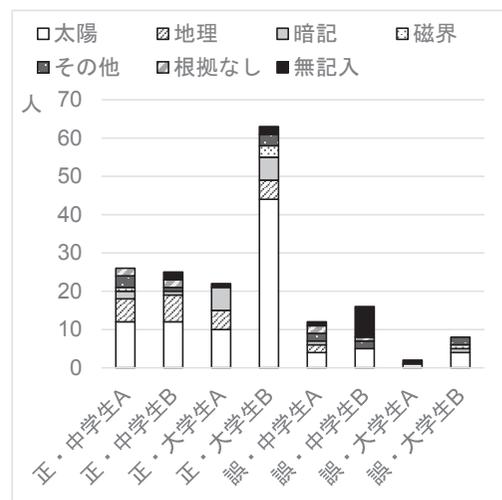


図4 地球の自転方向の根拠

ら東だから (中学生A)」等があった。「その他」の理由には、選択肢の回答はあっているものの、理由は誤っているものもあった。

地軸について書いてあったものもあったが、「地軸が傾いているから (中学生A, 不正解)」、「右に傾いているから (中学生B, 不正解)」、「滑らかな棒を点線のようにしたときに回転するのは傾いている方向だから (大学生B, 正解)」と理解しているようであった。

図3, 図4の結果からは、地球の自転の向きは中学生に比べて大学生になると上がっているが、「暗記」が増えていることが主要因だと考えられる。中学生よりは大学生の方が太陽の昇る方角を振り所にして地球の自転を考えている割合は増えているが、本質的な理解が深まって正答率が上がっているとは言い難い。

北極の真上から見下ろしたときの方位についての正答率は、図5に示した。中学生Aの正答率は53%、中学生Bは35%、大学生は81%である。誤答パターンは、図6に示したように、(a) A地点での方位をまず考え、それに合わせてB地点での東と西を決めてしまったもの (A地点もB地点も紙面の上側が東)、(b) B地点での方位をまず考え、それに合わせてA地点での東と西の方位を決めてしまったもの (A地点もB地点も紙面の上側が西)、(c) 地図を念頭に紙面の上側を北、下側を南だと思ってしまったものに大別できる。誤答 (a) (b) の占める割合は、A中学校で34%、B中学校で15%、大学生で7%であった。このことから、視点を宇宙視点に切り替えて、方位を考える能力は大学生になるとおおむね養われていることがわかる。

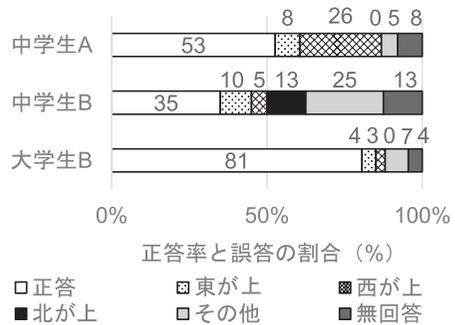


図5 北極の真上から見下ろした時の方位

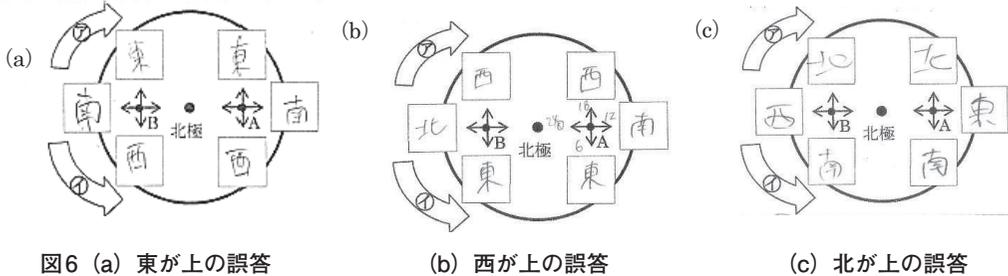


図6 (a) 東が上の誤答

(b) 西が上の誤答

(c) 北が上の誤答

C. 日周運動を問う問題

日本からの星の見え方を、東西南北それぞれの空について問うた問題では、大学生BのC1の正答率は25% (17名)、C1とC2の両方の正答率は24% (16名)であった。C2の問いにおいて全天での軌跡まで描けていたのは9% (6名)であるが、うち、C1とC2の両方が正答していたものは3名しかいなかった。全天での軌跡が描けているにも関わらずC1かC2のいずれかを間違えた典型例は、C1の北の空での星の軌跡が時計回りになっているものであった。全天まで描けていた6名のうち、5名は続くC3、C4の問題に正答していた。C1からC4まで全部正解であったものは10% (7名)であった。

天文分野の空間認識の理解を問う最後の問題として、C3とC4では南半球での軌跡を出題した。太陽の軌跡について正答率は57% (38名)であり、次いで多かったのが、東から昇って南の空を通り西に沈む (選択肢A, 19%)であった。西から昇り南の空を通して東に沈むと答えた割合は15%、西から昇り北の空を通して東に沈むも9%いた。正答者のうち、C1とC2がほぼ正答していたものは、29名である。「ほぼ正答」というのは、C1の北の空での星の見え方が間違っているために、C2の天球でも北の空だけ間違えていたり、C1の北の空の星の軌跡は間違えていたのに、C2の天球では正しく描けていたものを指す。

2016年に行った先行研究では、中学生は実際にそれぞれの方角の空に見える星の軌跡 (C1)の観察結果を、

透明半球上に内側から貼り付け、それを2次元の紙面に表した透明半球上に表す（C2）ことにかかなりの困難がみられたが、大学生は、C1で記した結果を裏表逆になることに気づかずにそのまま描いたものは7名しかいなかった。

C4の南の空での星の軌跡についても、「天の南極」を中心に、時計回りに回転する」と回答出来た割合は42%（28名）しかおらず、最も多かったのは「天の南極」を中心に、反時計回りに回転する」の49%（33名）で、「日本で見える南の空の星の動きと同じ」と回答した割合も6%（4名）あった。日本での星の見え方については、C1の問題で作図を出題しており、この問題でも宇宙から地球を見た図と南半球での半球の図を入れていたのだが、図が問題を考えるために役に立ったと答えた割合は39%（26名）しかおらず、どちらともいえないが31%（21名）、役に立たなかったが12%（8名）、図がわからなかったも16%（11名）いた。未記入は1%（1名）であった。

これらのことから、天文分野における空間概念を養うために必要な要素である方位、時間、視点の切り替えについて、大学生になると方位概念はかなり養われていることがわかるが、天球での東西方向の星の軌跡や、さらに宇宙視点で地球の観測地点に天球概念を用いて理解することにまだ困難があることがわかる。今回の調査対象者はほとんどが理系の大学生であるため、数学的な理解はある程度深まっていると考えられるが、それでもなお困難があるということは中学校段階での天文学習はまだ改善される余地が多々あるだろう。

D. 天文分野の学習について

図7は、天文分野の各単元において、実験を通して学んだことがあるかどうかを尋ねた結果である。月の見え方については、学んだことがある学生が55%（37名）で全体の約半数であった。地球上での月の見え方は、平行光線として見なすことができる太陽光が球形の月に当たったときに、太陽と地球と月の相対関係からどのように見えるかという問題である。教室内で実験をするときには、実際の現象をモデル化し、電球などのライトを球形の物体に当て、どのように見えるかを行うことが多い。調査では、このような実験について回答した学生が「実験を行った」と回答したうちの2/3であった。月に見立てたものとしては、バレーボール、テニスボール、野球ボール、発泡スチロール、ピンポン玉など身近なものばかりであった。次いで多かったのは、ボールの半分が黒く塗られているものを用いて、相対位置を変えたときにどのように見えるかという実験であった。実際に月の観察を行ったと回答した例は次の2名のみであった。

- ・林間学校の時に、夜、星座版や月齢表を持って天体の観測をし、紙にスケッチした
- ・小学校のとき学年全体で夜校の校庭に集まって天体観測を行った

生徒実験かどうかについては、若干生徒実験を行ったと回答した数の方が多かった。

金星の見え方についての実験は行ったと回答した学生数は低く、9%（6名）であった。月の場合と同じ実験装置を用いて、「今度は自分の周りを回らずに前方を回って行く」と具体的に記述していたのは1名のみであり、「自分が中心となってボールを持ち、一方向からライトを当てたときの見え方」という記述の学生もいるため、実験をしても月の見え方と金星の見え方の本質的な違いを理解していない可能性もある。

南中高度について実験を通して学んだと回答した割合は、今回の調査項目で問うた実験の中で最も高く、64%（43名）であった。具体的な実験方法について記述した学生は1名のみで、透明半球を用いたとのことであったが、他の学生もおそらく透明半球を用いて、実際の太陽の動きを観察したものと思われる。

夏と冬の違いについて実験を通して学んだと回答した学生は10%（7名）しかなく、光を地球儀にあてたときに地軸の向きによって日照時間がどのように変わるかを行った学生が3名、日時計を用いたと回答した学生が2名であった。

季節の移り変わりについても同様で、実験を通して学んだ学生が10%（7名）、うち、夏と冬の違いについても実験を行った学生は3名であった。ただし、その内容について「実験をした覚えはない。板書や教科

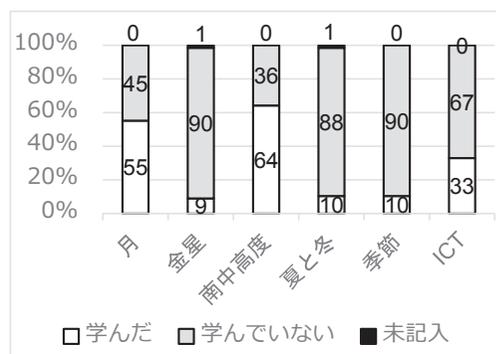


図7 天文分野の実験の有無

書の説明による理解」であったり、「忘れました」が2名で、「ボールと電球を用いて春分の日・秋分の日はどうして昼と夜の長さが同じなのかを実験し、説明された」と内容まで書いてあったのは1名であったため、割合は正しく反映されているかどうかは検討の余地がある。

天文分野におけるICT活用はやや多く、33%（22名）の学生が行ったと回答しており、その内容は、

- ・プラネタリウムを見に行った
- ・電子教科書のアニメーション
- ・天体が動くシミュレーション
- ・NHKの教育番組やそのほか映像教材

といったものから、

- ・星の動きかたは地球儀にカメラをつけてテレビに映像を写して学んだ

もいた。

4. まとめと今後の展望

天文分野、特に難しいと感じている人が多い太陽や星の日周運動における空間認識能力について理系の大学生67名を対象とした調査を行い、先行研究の小学生、中学生、大学生の結果と比較することで、発達段階に応じてどのような能力が養われるのか、また大学生になってもどの点を困難に感じているのかについて明らかにした。

視点を天球の内側と外側に切り替えたときの星の軌跡の見え方についての問いは、松森や2016年の興治らの先行研究結果と同様に東西方向についての認識に困難があるという結果となった。この要因を探る目的で行った方位についての問いでは、大学生になると宇宙から地球を見たときの日本のある地点における方位はほぼ100%、北極から見下ろしたときのある地点での方位も80%以上の正答率であり、視点を切り替えて考えることができるようになっていくことが明らかになった。

中学校3年生の学習範囲である、日本の夜空での星の軌跡の東西南北それぞれの方角についての問いでは、正解率は25%にすぎず、紙面に表した天球上にその軌跡をつないで記せたものは9%しかいなかった。星の軌跡の最も多かった誤答は、北の空での星の軌跡は時計回りになっているというものである。

それぞれの星の軌跡の見え方を、天球上に表し、さらに星が時間の経過とともに動くことを考えることができれば、軌跡を天球上でつないで表すことができるはずである。天球上でつながった軌跡が意味するものは、星の見かけの動きは地球の自転によるものであるため、より深い理解が求められる。日本での星の軌跡の正答率が25%というのは、きちんと理解したうえでの正答率ではなく、暗記によるところも多いのだろう。南半球での太陽の軌跡の問いでは正答率57%、星の軌跡の問いでは42%と、日本での星の軌跡の正答率よりも高かったが、理解した上での正答者はそれほど多くないと考えられる。

改善の方策としては、透明半球を用いた実験の充実が挙げられる。天文分野の学習において実験を通して学んだと答えた単元は、南中高度が最も多く、次いで月の見え方であった。南中高度の実験では、透明半球を用いて実態に太陽の動きを1時間おきに観察したのだと考えられる。透明半球を見るときには、宇宙の視点から地上と天球を見ることになるため、地上の視点からどのように見えるのか、透明半球の内側から南中高度の実験結果を見て、地上視点と宇宙視点の切り替えや、天球概念について理解を深めることはすぐに授業に取り入れられるだろう。

中学生のときに困難であった、3次元の透明半球に表された星の軌跡を2次元の紙面上に表すということが、大学生では思考だけで表現できるようになっていることも本研究から明らかになった。暗記で1つ1つの単元を学ぶのではなく、宇宙からの視点で太陽と地球、あるいは星と地球の相対運動の結果として地上から見える軌跡になるのだということが理解できるような理科教育が望まれる。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 15H02912 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 外山紀子, 中島伸子著, 『乳幼児は世界をどう理解しているか』, 新曜社, (2013).
- 2) 興治文子, 高橋雄大, 小林昭三, 「タブレット端末を用いた星の日周運動における空間認識能力の育成」, 2017PCカンファレンス論文集 (コンピュータ利用教育学会), (2017) pp.343-346.
- 3) 結城義則, 藤林紀枝, 「Webカメラと透明半球を活用した「太陽の動き」の再現により空間概念をはぐくむ授業の実践」, 新潟大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要教育実践総合研究第7号, (2008) 85-110.
- 4) 長和俊, 「空間概念の形成を図る理科授業の工夫」, ミドルリーダー養成研修実践研究収録 (長岡市教育センター), 5, (2012) pp.11-22.
- 5) 松森靖夫, 西山修, 地学教育, 46巻, 1号, (1993) pp.1-15.
- 6) Christina Th. Nicolaou, Costas P. Constantinou : "Obstacles to the development of conceptual understanding in Observational Astronomy : the case of space reasoning difficulties encountered by pre-service teachers" in book "Developing Formal Thinking in Physics, Selected Contributions from the first international GIREP seminar, (2002) pp.413-422.

参考資料1

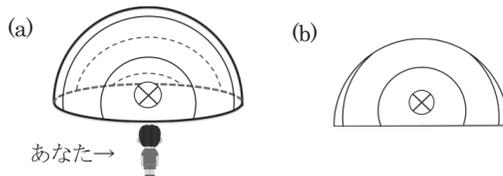
天文学習における空間認識能力に関するアンケート

このアンケートは皆さんの空間認識に関わる理解を、理科教育の研究目的で調査するものです。このアンケートは成績には影響せず、このアンケートで知り得た情報は研究以外の目的では使用しません。

A 透明半球の見え方に関する問題です。図 (a) のように、あなたの前に透明半球があります。

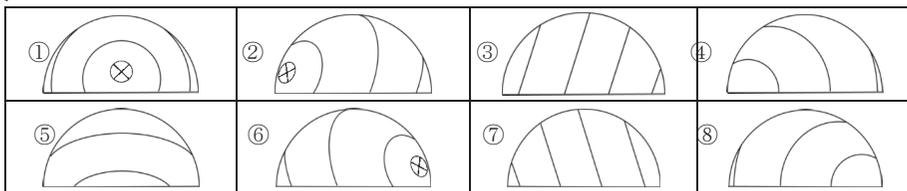


実際の透明半球



透明半球には印がつけられています。(実線は恒星の軌跡を、○×は北極星を示しています。図 (a) などの点線は実際にはあなたからは見えませんが、立体であることを示すために補助的に描いたものです。) 図のあなたからこの透明半球を見ると、図 (b) のように見えます。この例を参考に、B1、B2の質問について、あなたの視点から透明半球を見た時に線がどのように見えるか、次の①～⑧の選択肢から選んで解答欄に回答

選択肢



A1 あなたは天球の内側にいます。あなたから天球はどのように見えますか。

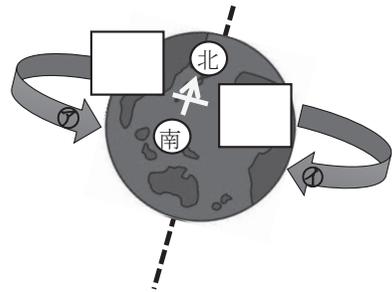
答え				

A2 あなたは天球の内側から外側に移動しました。矢印で示すあなたから天球はどのように見えますか。下図では、天球の内側にいるあなたから見えない線を省略しています。天球全体に恒星の軌跡を示す線があるものとして回答してください。

答え		
答え		

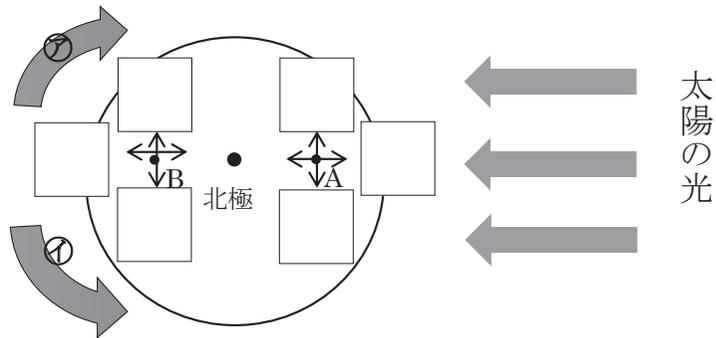
B 地球と太陽の関係に関する問題です。

B1 右図の日本における正しい方位を空欄に記入し、地球の回転方向（自転の方向）の矢印を㉞、㉟から選択し、そう考えた理由を記述してください。



地球は図の矢印 [㉞ ㉟] の向きに自転している。
理由

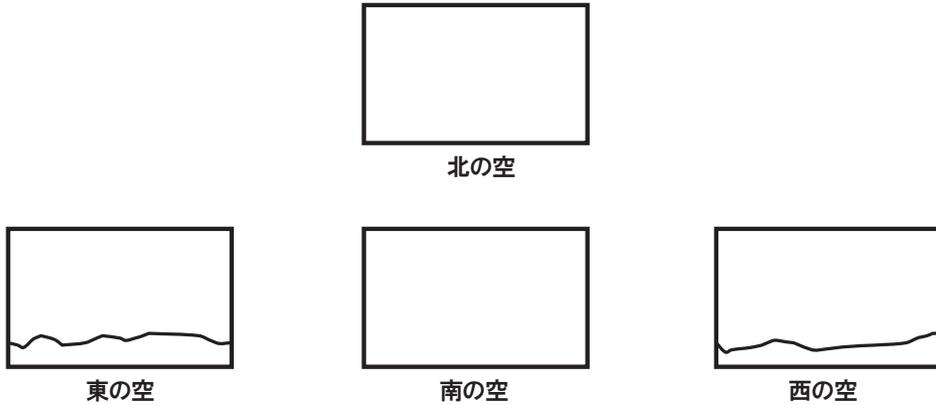
B2 あなたは宇宙船に乗って北極の真上から地球を見下ろしています（下図）。図のA点とB点における正しい方位を空欄に記入し、地球の回転方向（自転の方向）の矢印を㉞、㉟から選択してください。また、A点が図の位置にあるときの時刻を教えてください。



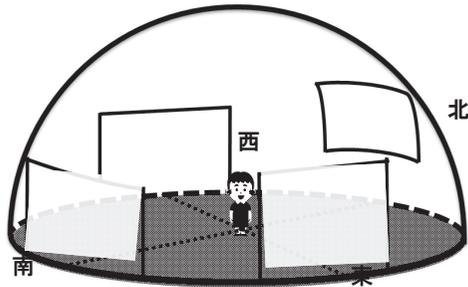
地球は図の矢印 [㉞ ㉟] の向きに自転しており、A点における時刻は [] である。

C 星の見え方についての問題です。

C1 日本から夜空を見上げたときに、時間が経つと星はどのように動いて見えるのか、矢印を用いて、東西南北それぞれの星空の見え方を記入してください。



C2 C1で描き表した日本から見える星の見かけの動きについて、「天球」を用いて3次元的に表現すると、どのように記述できますか。東西南北それぞれの方角での四角いボックスを参考に、全天での星の見かけの動き方を矢印を用いて記入してください。

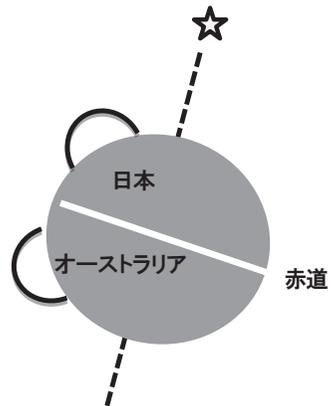


C3 南半球のオーストラリアでの、太陽の動きはどのようなものか？

- 1 : 東の空から昇り、南の空を通過して西の空に沈む
- 2 : 西の空から昇り、南の空を通過して東の空に沈む
- 3 : 東の空から昇り、北の空を通過して西の空に沈む
- 4 : 西の空から昇り、北の空を通過して東の空に沈む

C4 南半球のオーストラリアでの、南の空の星の動きはどのようなものか？

- 1 : 日本で見る、南の空の星の動きと同じ
- 2 : 「天の南極」を中心に、時計回りに回転する
- 3 : 「天の南極」を中心に、反時計回りに回転する



C5 C3とC4の問いの答えを考えると、右上の宇宙から地球を見た図は役に立ちましたか。

- [役に立った ・役に立たない ・どちらともいえない ・図がよくわからなかった]

D 天文分野は生徒の興味・関心が高い分野ですが、理解が難しい分野だと考えられています。あなた自身がどのように教わってきたのかについて、教えてください。

- ・ 月の見え方について、実験を通して学んだ [学んだ・学んでいない]
→ 学んだと答えた方は、どのような実験でしたか。
生徒実験か(班・クラス全体)、演示実験か、教具は何を用いていたかなど。
- ・ 金星の見え方について、実験を通して学んだ [学んだ・学んでいない]
→ 学んだと答えた方は、どのような実験でしたか。
- ・ 太陽の南中高度について、透明半球を用いた観察を通して学んだ [学んだ・学んでいない]
- ・ 夏と冬の日照時間の違いについて、実験を通して学んだ [学んだ・学んでいない]
→ 学んだと答えた方は、どのような実験でしたか。
- ・ 季節の移り変わりについて、実験を通して学んだ [学んだ・学んでいない]
→ 学んだと答えた方は、どのような実験でしたか。
- ・ 天文分野でシミュレーション教材など、ICTを活用した教材で学んだことがありますか。[ある・ない]
→ あると答えた方は、どのような教材でしたか。

天文分野の学習について、難しいと感じたこと、理解しやすかった先生の教え方、教材など、感じたことや考えたことについて具体的に教えてください。なお、天文分野には次の内容が含まれています。

小4 月と星(月の形と動き/星の明るさ、色/星の動き)

小6 月と太陽(月の位置や形と太陽の位置/月の表面の様子)

中3 天体の動きと地球の自転・公転(日周運動と自転/年周運動と公転)

太陽系と恒星(太陽の様子/月の運動と見え方/惑星と恒星)

ご協力ありがとうございました。(実際の調査用紙は、レイアウトや解答欄の大きさは異なります。)

参考資料2

本研究において調査を行った大学生による天文学習についての自由記述を、内容別に苦手、難しい点に分類したものである。これらの具体的記述が、今後の改善のための手掛かりになるため列挙しておく。

わかりやすい教え方や印象に残っている実験

- ・ 小学校の時、日食があってそれを皆で見た後仕組みの勉強を少しだけやった。実際に見た後だったからわかりやすかった。
- ・ 月の表面についてウサギやカニ、女の人のように影が見えるとういうように例えて教わったのを覚えている。また、小4で自然体験学習という山の中にある施設に泊り、夜に星座版を使って観察を行った。
- ・ 小4の内容の月の形と動きは1時間ごとに外の月をスケッチするものだった。比較的变化が分かりやすく、わかりやすい授業だった。
- ・ Dの一番最初の月の見え方についての実験が理解しやすかった。
- ・ 球とライトの実験はわかりやすかったと思う。
- ・ 月の満ち欠けの実験は照明とボールを使う典型的な実験でしたが、とてもわかりやすかった記憶があります。中学校ではビデオ学習が多かったことしか覚えていない。
- ・ 月の満ち欠けや金星食について地球・月・金星などを模型を用いて実験しながら学んだこと。
- ・ 地球儀への光の当たり方で照射時間を考えたことがわかりやすかった。
- ・ スチロールの球に竹串を指して、軸を傾け、ライトの周りをぐるぐるまわらせた先生が分かりやすかった(中3)。
- ・ 地球儀と電球を用いて公転と自転を教えてもらったのが理解しやすかった。
- ・ 地球が自転しているときにつきはどのように動き、どの方向から太陽の光が当たるのかのシミュレーション動画を見て、イメージしやすくなり、理解が深まった。
- ・ 透明半球を用いた南中高度の観察。
- ・ 図説は実験の様子を写したものが載っているので、変化の仕方がとらえやすかった気がします。
- ・ 天球の考え方は慣れるまで時間がかかった。それよりも太陽と地球の3次元のモデルあるいは3次元に近い形で図画されたものを使った学習が分かりやすかった。

- ・ 高校受験の時に配られた厚物はしっかりまとまってわかりやすかった。
- ・ 星の動き方を下の図のように教わった気がします。つながっていたのすごくわかりやすかったです。
- ・ あまりほかの中学校ではおいていないような望遠鏡を使って太陽の黒点等を観察してすごく面白かったことを覚えている。プリントを使って観察していたので、繰り返し同じような問題を解いて覚えていた記憶がある。
- ・ 自転や公転、月、地球、星などの軌道を読むことが本当にできなかった。そのため、苦手意識がめっぽう強い。太陽の黒点を望遠鏡を用いて紙に書いた実験は楽しかった。

苦手

- ・ それぞれの星で見える空の移動の様子が理解しにくく、いまだよく分からない。月、地球、太陽の位置関係や自転などが難しい。月の位置（新月、満月など）と、時間（正午、真夜中）の関係の仕組みが難しい。
- ・ 天文分野やほとんど教科書を用いて暗記をするものでした。難しいというより、もう覚えていませんでした。実験などもやったことがないのでなおさら印象に残っていません。先生自身もそんなに重要ではないと言っていた覚えがあります。難しいとは思いませんが苦手ではありません。
- ・ 天体の動きについては惑星や恒星を写真でみて、学ぶのはおもしろかった。色鮮やかな宇宙の星々の写真は、たとえそれが加工写真であったとしても好きであった。しかし学ぶことで何が得られるのかわからなかった。
- ・ 全体的にあまり得意ではなかった。方角がよくわからなくなる。

難しい点

- ・ 月の形と動きは同じ形が二つあるのでわかりづらかった。
- ・ 中3の月の動きと見え方について覚えることが難しかった。
- ・ 小4の月の満ち欠けについてや月の見える時間などが理解できなかった。
- ・ 真夜中に南中する月はどれ？左の図 星や月の位置、方位などの関係性が分かりません。
- ・ 自分がどの位置から、天体を見ているのが難しかった。また、月や金星の見え方が納得するのが大変だった。
- ・ 月の見え方などは、自分が地球となったり、実験を通してまなんだので、わかりやすかったが、金星や季節のことなどは教科書やモデルを見ながらやっていたので、少し難しかった。
- ・ 金星などは教科書に触れた程度だったため、なかなか分かりにくかったような気がします。月は先に書いたように、自分で動いて学んだので、内容が理解しやすかったと思います。
- ・ 地球でのある位置での月や太陽、星座の動きととらえることが難しいと感じた記憶がある。
- ・ 日周運動と年周運動と一緒に覚えたため混乱して難しいと感じた。
- ・ 日周運動と自転、年周運動と公転が分かりにくかった。
- ・ 地球の自転と公転や動く方角が難しかったと感じた。今でも少し曖昧である。
- ・ 地球の自転や公転がイメージしづらく難しかった。
- ・ ピンポン玉の授業はわかりやすかった。（月の運動と見え方）日周運動と自転は難しく感じた。
- ・ 恒星の動きはどの学年でも自分が見えているものから以外で考えたり、東西南北が見方によって変化するのが分かりづらかった。立体的に想像しやすい子供でないと難しい分野で、図形や立体に弱い（理解しにくい）子供はかなりきつい分野だと思っていた。小さい球にカメラをつけて動かした実験は宇宙視点、地球視点の両方で見られたのでわかりやすかった。
- ・ 観察者が中にいるか外にいるかで考え方が変わる点・頭の中で2次的ではなく3次的に考える必要がある。この二点が難しいと感じた。中学校の授業は実験が少なかったと記憶している。
- ・ 難しいと感じたこと：北半球と南半球での星の見かけの動きの表現。
- ・ 公転と自転のそれぞれの向き、またそれによって変わる北半球と南半球での天体の動きの見え方について難しいと感じた。
- ・ 「日周運動と自転」や「年周運動と公転」、「月の運動と見え方」など動きがあるもの、さらに時間経過が加わっているものなので考える要素が多くて難しいと感じていたのだと思う。上で挙げたように実際に自分の目で見てできるようなものがあると理解しやすかった記憶はある（実際はイメージが多かったので難しいこともあった）。
- ・ 地球・月・そのほかの惑星が相互にかかりながらそれぞれ回転していることで、全体の動きをイメージするのが難しいと感じた。（頭の中でそれぞれの位置関係が分からなくなるので）また、距離も膨大過ぎてわかりづらい。
- ・ 星の動きなどについては、頭の中で立体的に想像しなくてはならず、整理がつきにくいいため、混乱しやすいと感じていた。特に小学生については理解するためには疑似モデルを使うべきであると思う。
- ・ 中3の地球の自転と公転・太陽・月のところが授業を聞いても全く理解できなかったということを今でも鮮明に覚えています。黒板に図を描くだけではなかなか理解しづらい分野だった。教科書を何度も何度も読み返して勉強した。

教え方についての意見

- ・ 月の運動と見え方の分野は教科書では2次元での説明しかできないが、理解するためには3次元に見られる方法で教えるべきであると考えます。
- ・ 日周運動、年周運動の方角・方向は覚えにくいので、語呂合わせなど、記憶に残りやすい方法で教えて欲しい。

- ・ 今考えてみると天体の分野について実験あるいは観察で学んだ記憶がない。こんな図をノートに写してひたすら頭で覚えた記憶があります。実験や先生による実演、ICTを用いた学びをしていれば？もっと理解が深まっていた気がする。

その他

- ・ 中3の時に何かの星を1年見続けると面白いと言われたが、そんなの無理だと思った覚えがある。
- ・ 親から教わったのが、太陽の動きに関して、朝、食事を準備しやすいように、東向きに台所を作り、南から日照時間がながいため、南向きに物干しを作る。（西と北は東南がわかればよい）といったように生活における具体例を絡めて教えてもらえたらよかったと思う（e.g.冬暗くなるのが早いなど）。
- ・ 天文分野は小高通してあまり重点的に学んで来なかった気がする。中学では多少やったが、受験のための詰め込みで、単語としては覚えたが、深い理解や興味関心を深める学習はできなかった。
- ・ 教科書を読めばテストなどの問題は解けた。だが、実用化するほどには理解していない。
- ・ 月の満ち欠けの場所については上のような演示実験でより理解ができた。星の動く方向やどこにどの星があるかなどは、言われればわかるけれどしっかりと知識が身についたとは言い辛いぐらいの理解度だったと思う。
- ・ 個人的には中3の金星の見え方が難しく、興味深い单元だった。軌道が地球よりも内側にあるため、金星の位置によって満ち欠けや大きさ、宵の明星、明けの明星と呼ばれる所以になる。という説明は理解に苦しんだが、右図のように図を見ることで、金星が明け方、夕方にみえたり、満ち欠けが小さいほど金星が小さくみえる理由が納得できたと考えている。