

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

興治文子*1・小林昭三*1・高橋雄大*2

Email: okiharu@ed.niigata-u.ac.jp

*1: 新潟大学教育学部

*2: 秋田県秋田市長秋田南中学校

◎Key Words 天文教育, 視点の切り替え, タブレット

1. はじめに

天文分野は人々の興味・関心が高い分野であり、日常生活に密接にかかわりがある分野にも関わらず、大自然の長大な時間によって形成される広大な空間での自然現象であるがゆえに、その法則性を理解することは容易ではない。事実、人類は農耕や狩猟といった営みに、太陽や月の天球上の運行による観測結果を積み重ね、日にちや季節といった時間概念を用いてきた一方で、その運行の規則性を正しく理解するまでには長い月日がかかった^①。なぜなら、我々が普段夜空を見るときには地球から宇宙をみた視点で捉えているが、天体の運行を理解する上では宇宙において全体を俯瞰する視点でとらえることが必要とされるからである。

このような視点の切り替えの難しさはピアジェによっても指摘されている^②が、天文分野においても1980年代から指摘されている^③。

本研究では、子ども達の抱える天文学習における難しさの要因を解明し、中学生がその難しさを克服するための教授方法の開発および実践を行い、その効果について検討する。

2. 天文分野における概念調査

太陽の軌跡を生徒に教えるとき、透明半球を用いて太陽の時間変化の観測を行うことが多い。ここでは、天球概念が必要とされ、観測結果は透明半球の外側に記していくが、透明半球の内側から空を見上げた時に各時刻で太陽がどの位置にあったのか視点を切り替えて理解することが要求される。

透明半球という教具に対する空間認識については、松森らが小学5年生を対象として行っている^④。星の軌跡が描かれた透明半球を見せ、透明半球の内側に視点を移動させるとどのように見えるかなどを問うた。その結果、視点の切り替えが難しいことはもちろん、南北に比べて東西の方向の認識も難しいことが明らかになった。これは、東西方向の眺めは左右対称であるからだと結論付けている。

このような天文分野における空間認識についての先行研究^⑤を受け、空間認識の難しさの要因は、視点の切り替えに加え、方位も関係すると考え、本研究では透明半球に示された星の軌跡を問う問題に加えて、太陽の軌跡と方位の関係を問う問題、地球上の各点の方位と太陽の位置に関する問題、日常生活と理科や数学の

かかわりに関する問題を作成し、調査を行った。

なお、透明半球に関する問題は松森らの研究では実際の透明半球を使用した面接法により調査されたが、本研究では紙面上で透明半球を表現した問題用紙のみを使用した。調査対象および調査時期は、新潟県内のA中学校3年生38名が平成28年9月、B中学校3年生40名が平成28年11月である。また、透明半球の問いのみ、大学生23名を対象に平成28年7月に予備調査を行った。

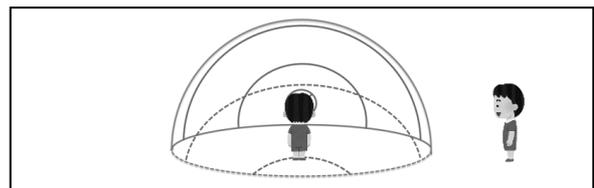


図1 透明半球内にいる観測者が透明半球外に移動する調査問題の例

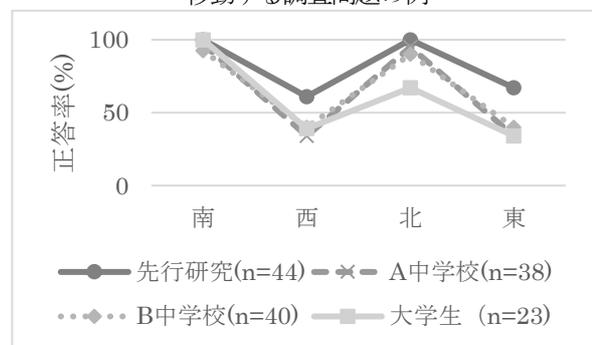


図2 透明半球に示された星の軌跡 (透明半球外から内への視点移動)

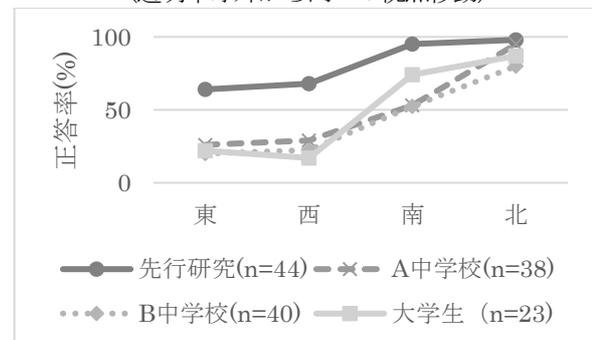


図3 透明半球に示された星の軌跡 (透明半球内から外への視点移動)

図1は、透明半球内にいる観測者が、透明半球外に移動したときに、透明半球に描かれている星の軌跡がどのように見えるかを問うた問題である。このように視点の切り替えと東西南北の方向を変えて問うた。

図2は透明半球の外から内へ観測者が移動したときの星の軌跡の見え方を問うた問題に対する正答率を示している。図3は透明半球の中から外への視点移動の場合の正答率を示している。図2、図3ともに横軸は透明半球のどの方位から星の軌跡を見たときなのかを示している。

この結果からは、小学生から大学生まで正答率に大きな違いが見られなかったこと、先行研究と同様に東西方向の正答率が悪いことが見て取れる。大学生も同様な正答率であることから、視点を切り替えての軌跡を正しく認識することは、その単元に対する理解が深まっても困難なものだと考えられる。

また概念調査からは、方位に関する認識について、中学生は地軸に対して平行に地球を俯瞰した視点や地球上（日本）からの視点に比べ、地球を北極の真上から見下ろした視点での方位の認識が困難であることも明らかとなった。

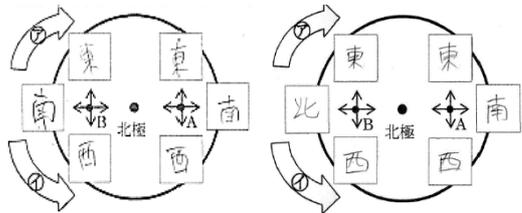


図4 北極の真上から見下ろした地点での方位についての中学生の誤答例

図4は、北極の真上から見下ろした地点での方位についての中学生の誤答例である。左の生徒の例は、A地点では正しく方位を答えることができたが、B地点ではA地点で決めた東西の方向に影響されて東西を決めてしまっている。右の生徒の例では、B地点ではさらに北までもA地点で決めた方位に影響されてしまっていることが見て取れる。

日常生活と理科や数学のかかわりに関する調査問題については、本研究ではあまり空間認識や方位の認識との結果との相関は見られなかった。

3. 中学校におけるタブレットを用いた実践研究

3.1 実践内容

このような概念調査の結果の下、視点の切り替えを育成することを目的に、星の日周運動においてタブレットを用いた実践を行うこととした。

視点の切り替えを育むようなICT活用は、webカメラを用いた教材開発や実践が多くなされている^(6,10)。ソコンで表示すれば、地球上にいる人から見ている空の様子と、宇宙からの視点を同時に見えるようにすることができる。月の満ち欠けなどにおいて、地球上の人が月を見たときにどのように見えるかと、太陽と月と地球の相対関係が同時に俯瞰することができるため、効果的である。本研究ではwebカメラを用いて両方の

視点の理解を促すのではなく、iPadのアプリを用いて星の軌跡を疑似的に観測するという方法をとることとした。用いることとした星座表というアプリは、観察時間と観察場所を任意に変更できるという特徴がある。指定した日時の星空を表示することができるだけでなく、時刻の表示部分をスワイプすると、時間を連続的に変化させることができるので、星がどのような軌跡を描きながら動いて見えるのかを疑似的に観測することができる。さらに観測地点を変えることによって、赤道上や北極点近くでは、星がどのような軌跡を描きながら動いて見えるのかを疑似的に観測することもできる。実践では、このアプリと、地球儀、透明半球を用いて視点の切り替えを育成することとした。

概念調査で明らかになった方位概念理解の困難については、観測地点に方位のついた人形を貼り付け（図5(a)）、その観測地点における方位を明確にできるようにした（図5(b)）。

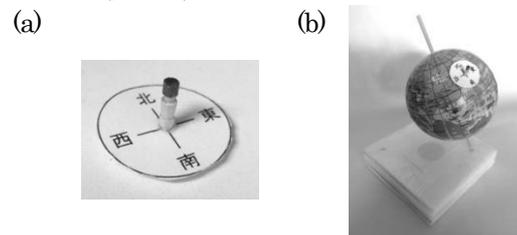


図5 (a) 方位を記した爪楊枝で作成した人形 (b)地球儀に人形を置いた図 (図右)

この人形（観測者）から見える星の軌跡を、アプリを用いて疑似的に観測し、その結果を透明半球の内側から描き表す（図6(a)）。ここでは、地球儀は100円ショップでソフトボールとして販売されているものを用いたため、その大きさに合わせてカプセルトイのカプセルを用いている。

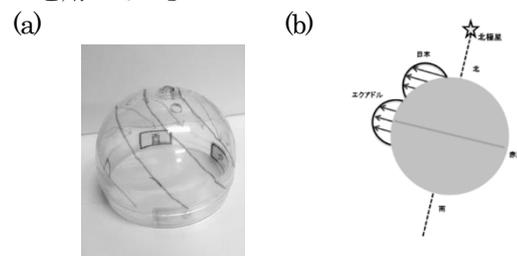


図6 (a) 透明半球の内側から観測者が見た星の軌跡, (b) 宇宙視点

このようなアプリを用いた星空の観測を、日本と赤道上の国の2か所で行い、その様子を透明半球の内側から観測結果そのものを描き写す。このときの視点は地上からの視点である。次に、日本での星の軌跡の見え方と赤道上の国での星の軌跡の見え方が異なる理由について、透明半球と地球儀を用いて、宇宙から俯瞰する視点で星と地球の相対的な位置関係について理解を深めるような授業を計画した（図6(b)）。

3.2 A中学校での実践結果

A中学校における実践は、平成28年10月に行った。赤道上の国としてエクアドルを選び実践を行ったとこ

ろ、アプリの特徴である連続して星空の様子を時間変化して表すことができることに興味を持った生徒が多く、「回っている」「自転だ、自転」といった声と共に歓声が上がると、積極的に活動に取り組む場面が多く見られた。また、日本とエクアドルで星の見え方が異なることについての理解も深まったようであった。

一方で、実践当日まで該当校の生徒は殆ど授業でiPadを利用したことがなかったため、iPadの操作自体に課題があった。さらに、透明半球の内側から疑似的な観測で観測した結果を表現することに困難があり、立体的に表されている透明半球上の星の軌跡をワークシートの紙に描き写すことにも困難があった。そのため、モデルを用いて視点を切り替えて現象を理解するまで到達することができなかった。

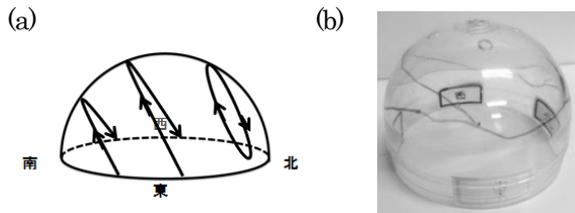


図7 (a) 透明半球上での星の軌跡の模範解答例
(b) 生徒が実際に描いた星の軌跡の誤答例

透明半球の内側に観測結果を表現することについては、実は実践前から生徒が困難に感じることが予想していた。少しでも理解を助けるために、アプリの疑似的な観測において、東西南北各方向の星の軌跡について、それぞれ透明フィルムに描き写し、その透明フィルムを透明半球の内側から貼り付けるようにした(図8)。その上で、4枚の透明フィルムに記された星の軌

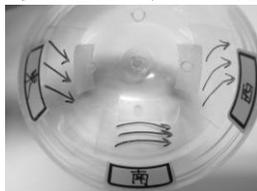


図8 透明半球に透明フィルムを張り付けた様子

跡の様子から、全天でどのように星が動いたのか、軌跡をつなぎ合わせることを想定していたのだが、4枚の透明フィルムに描かれた星の軌跡が、全天では連続して動いているうちの一部分であるという認識が薄かったようで、うまく全天での星の「軌跡」を表すことができなかった。

3.3 B中学校での実践結果

B中学校の実践は、平成28年12月に行った。B中学校の生徒は修学旅行でシンガポールに行っていたこともあり、赤道上の国はエクアドルに加えてシンガポールも扱うこととした。また、A中学校での実践の反省も踏まえて、iPadのアプリの操作は事前に2回授業で扱っていただいた。1度目は単に星空を見ることができると、2度目は時間を変化させて軌跡を見ることができると実施していただいた。どちらも日本からの疑似的観測である。実践した内容は、A中学校

では「星の日周運動」の1時間目であったが、B中学校では2時間目に行った。

B中学校での実践では、4人1班で構成されている班の中で、2人ずつに分かれてエクアドルとシンガポールとエクアドルでの星の見え方を、アプリを用いて疑似的に観測し、得られた観察結果を基に、なぜそのように見えたのかについて話し合うことにより大局的な空間概念を培うことをねらいとした。

A中学校での実践と同様に生徒はiPadによる天体の観測を積極的に行っていたことはもちろんだが、思考する場面に時間を使うことができたため、モデルを用いて、北極星を根拠として星の見え方の違いを説明したり合うなど学びを深める様子が見られた。宇宙視点での理解の仕方としては、緯度を根拠とした理由の説明であったり、同じ星が見える時間帯が場所によって異なっていることについて考えている様子が見られた。ただし、透明半球上での星の動きを紙面上で表現することについては、やはり困難がみられた。

4. 実践に対する評価

実践終了後に行ったアンケート結果について、以下に示す。地球の各地点で星がどのように動いて見えるか考えられるようになったかという設問に対し、A中学校では89%、B中学校では97%の生徒が「強くそう思う」「そう思う」と回答した(図9)。

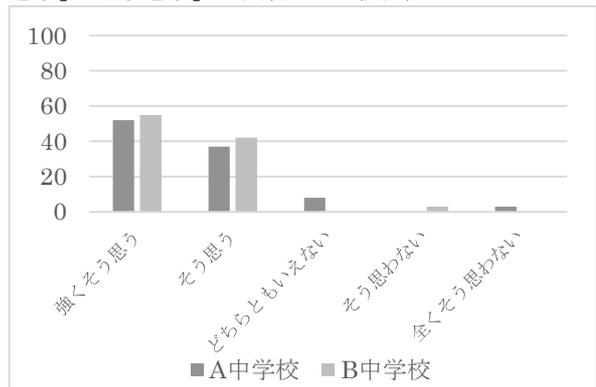


図9 星の見え方の理解

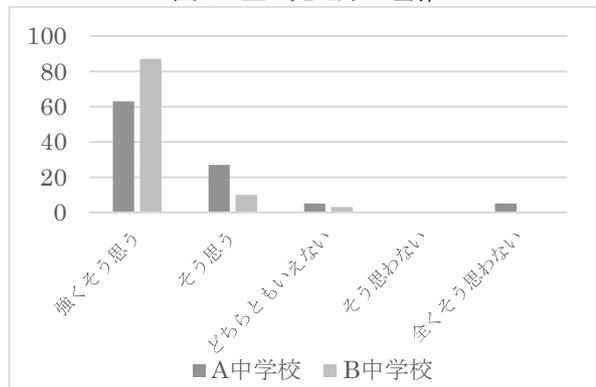


図10 iPadが役に立ったか

iPadの星座表アプリは星がどのように動いて見えるか考えるのに役に立ったかという設問に対しては、A中学校では90%、B中学校では97%の生徒が「強くそう思う」「そう思う」と回答した(図10)。これらことから、生徒はiPadの星座表アプリを使った授業に対して、その多くが肯定的で星の日周運動を理

解するうえで役に立ったと考えていることがわかる。

さらに、B 中学校においては実践から 1 か月以上経過したのちにポストテストを行った。北極の真上からの視点ですべての方位を正しく回答していた生徒の割合は、プレテストの 35% から 87% までであり、日本と同緯度の地点であるワシントンから見た星の一日の動きの正答率は 70% であった。正答者 28 名のうち、27 名が緯度を根拠に説明していた。

5. おわりに

天文分野における空間概念の困難さは、従来から広く知られている視点の切り替えだけではなく、地球上の各地点での方位の理解が不十分なことも挙げられることが概念調査から明らかになった。

この困難を克服する目的で、任意の時間の任意の場所で星の観測をすることができる iPad のアプリと、方位の理解を助ける地球モデルを用いて中学生を対象に実践を行った。実践後の事後アンケートでは、両中学校それぞれで、iPad が星の見え方の理解に役立ったと回答する生徒が 9 割を超え、生徒のほとんどが iPad を使った教授方法を効果的だと感じていることが明らかとなった。さらに、B 中学校の事後調査では、ワシントンでの星の見え方について問うたところ、多くの生徒が緯度を基に星の見え方を回答することができていた。このことから、本研究で開発した教授方法は一定の効果があったと考えられる。

日本以外での星の日周運動は発展的な内容であるため、本研究ではアプリを用いないで授業を行った場合との比較研究を行うことはかなわなかった。今後は、アプリを使わなかった授業との比較や、学力への影響についてさらなる研究が必要である。また、透明半球に描き表された星の軌跡を紙面に描き写すことにも困難がみられたため、また別の要素の空間認識能力を養う必要性についても課題が残った。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H02912 の助成を受けたものです。また、本研究を行うにあたり A 中学校、B 中学校の先生方および生徒の皆様に協力していただきました。皆様に感謝いたします。

参考文献

- (1) たとえば桜井邦朋：“天文学史”，朝倉書店（1990）。
- (2) Jean Piaget, Barbel Inhelder ; translated from the French by F.J.Langdon and J.L.Lunzer : “ The Child’s Conception of Space ”, Routledge (1956).
- (3) 土田理, 小林学：“児童・生徒の天体分野における視点移動能力の発達過程と関係する基礎的研究”，地学教育, 39 巻, 5 号, pp.167-176 (1986) .
- (4) 松森靖夫, 西山修：“教授メディアとしての透明半球の認知状態について”，地学教育, 46 巻, 1 号, pp.1-15 (1993) .
- (5) 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,

pp.413-422 (2002).

(6) 若田益業：“大型地球儀の活用-ビデオカメラと透明半球の装着を試みて-”，平成 6 年（第 26 回）東レ理科教育賞中学第二分野佳作，（1994）。

(7) 中高下亨, 前原俊信, 永田邦生, 山手圭子：“小型 CCD カメラを搭載した地球儀の製作と実験”，平成 12 年（第 32 回）東レ理科教育賞中学第二分野佳作，（2000）。

(8) 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, pp.85-110 (2008)。

(9) 久保田善彦, 葛岡英明, 山下淳, 加藤浩, 鈴木栄幸, 西川悟史：“地上視点を自由に操作できる天文学習用地球儀”，平成 22 年（第 42 回）東レ理科教育賞中学第二分野佳作，（2010）。

(10) 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, pp.11-22 (2012)。