

中学校理科天文分野における空間認識能力の育成に関する研究

—念頭操作能力と視点移動能力を中心として—

Study on Training of Space Recognition Ability
in Junior High School by Science Astronomy Field:
Focusing on Mind Operation Ability and Viewpoint Movement Ability.

濱保 和治

Kazuharu HAMAYASU

岡田 大爾

Daiji OKADA

『広島国際大学 教職教室 教育論叢』

“*Hiroshima International University Journal of Educational Research*”

ISSN:1884-9482

第9号 抜刷

Off Print of the 9th Edition

広島国際大学 心理科学部 教職教室

Issued by Hiroshima International University Teacher Education Unit

2017年 12月

December, 2017

中学校理科天文分野における空間認識能力の育成に関する研究 — 念頭操作能力と視点移動能力を中心として —

広島県 廿日市市立 野坂中学校 濱保 和治
広島国際大学 心理科学部 教職教室 岡田 大爾

要 旨：空間認識能力が十分に育成されていない生徒にとって中学校の天体分野は、難解な内容である。多くの生徒は、地上からの視点と宇宙からの視点を往還することが困難で、そのため、太陽や星座の日周運動が地球の自転による相対的運動であることを実感を伴ってとらえたり、季節によって星座や太陽の位置が変わることを地球の公転や地軸の傾きと関連させてとらえたりすること等が難しいと考えられる。また、数学の念頭操作能力と理科の視点移動能力が別々に定義され、空間認識能力の相互活用が不十分であった。そこで、本研究では、視点移動能力と念頭操作能力を再定義して理数系科目で共通して活用しやすくするとともに、中学生を対象に実態調査を行い、理解しにくい内容や理解難易度の順序性について明らかにすることを目的とした。実態調査は、視点移動と念頭操作について問う8問の質問紙調査で、中学校第1学年と第3学年の生徒を対象に行い、分析を行った。その結果、学年が進むにつれて平行運動の理解は高まるが、理解が困難な点として、(1) 1つの運動系の中で、さらに別の運動をしているなど全体の運動が複雑な場合、(2) 実際の運動方向と見かけの動きが異なる場合、(3) 方向の違う運動がある場合、(4) 図に示されていない視点から運動を捉える場合などがあげられた。また、速さについては、生徒によって、各相対運動に対してもたれる加法や減法のイメージが様々で、多様な誤りがあることが指摘された。そして、これらの困難点については、①お互いが同方向に運動している場合の理解を基礎にした、異方向に運動している場合の理解、②実際の運動方向と見かけの運動方向が違う場合の理解、③図に示された視点と違う視点への視点移動などを、段階的に養成する学習プログラムの開発が必要となることが示唆された。

はじめに—問題の所在—

中学校の天体分野は、空間認識能力が十分に形成されていない生徒にとっては難解な内容である。そのため、「天体は難しい」「嫌いだ」と言う生徒も多い。平成15年度中学校教育課程実施状況調査の結果を見ると、天文分野での北天の星の動きや太陽の自転、日の入りの太陽の動きに関する問題等、空間的認識やそれに基づく思考面に課題が見られることがわかった。地球の自転による時刻や太陽の位置関係を推定する問題において設定通過率を下回っていること等もあわせて考えると、生徒は、視点を変えると正しく思考できないため、観察者の位置を心的に「地上から宇宙空間へ」、あるいは「宇宙空間から地上へ」移動することが苦手と考えられる。したがって、太陽や星座の日周運動が地球の自転による相対的運動であることをとらえたり、季節によって星座や太陽の位置が変わることを地球の公転や地軸の傾きと関連させてとらえたりすること等は難しいと考えられる。

このように天体を、空間の中でいろいろな方向からの視点でとらえる力(視点移動能力)や太陽や月・星座・地球等のモデルを心的に動かしてシミュレーションする力(念頭操作能力)を備えていくことはとても大切である。このことは、中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省、平成20年7月)では「地球と宇宙」のねらいとして「図やモデルを使って説明させることにより、思考力、表現力などを育成する。さらに、それらの活動を通して時間概念や空間概念を形成し、天体の位置関係や運動について相対的にとらえる見方や考えを養うことが大切である。」としている。また、内容の取り扱いでは、新しく

加わった「月の運動と見方」について、「観察者の視点（位置）を移動させ、太陽、月、地球を俯瞰するような視点から考えさせることが大切である。」と述べている（下線は筆者等）。

岡田(2009)(*1)は、学習者にとって地球の自転・公転に関する観測事実を正しく理解し、説明するためには、かなりの視点移動能力が必要であると述べている。さらに、岡田・松浦(2014)(*2)は、視点移動を伴う空間認識は生徒にとってかなり難しいことを指摘している。また、両研究の調査データは、中学校「地球の自転・公転」の学習後も、半数以上の生徒が視点移動能力を習得していない可能性を示唆している。しかし、これまでこのように理解しにくい天文単元において様々な教材をスモールステップで理解する為の視点移動能力、念頭操作能力等の理解難易度の順序性を明らかにした研究は見られない。そこで、このような現状を改善するため、本研究では視点移動能力と念頭操作能力を取り上げて、中学生を対象に実態調査を行い、理解しにくい内容や理解難易度の順序性を明らかにして、天文分野における空間認識能力の効果的な育成につなげたいと考えた。

1. 研究の概要

1.1 研究の目的

本研究では、天文単元における視点移動能力と念頭操作能力の関係を再定義して、中学生を対象に、理解しにくい内容や理解難易度の順序性について明らかにすることを目的とした。

1.2 研究の手順

- (1) 視点移動能力と念頭操作能力に関する先行研究、文献調査を行う。
- (2) 天体の学習における視点移動能力と念頭操作能力についての実態調査を行い、理解しにくい内容や理解難易度の順序性について分析を行う。

2. 空間概念の形成と視点移動能力と念頭操作能力の関係について

2.1 空間概念の形成、視点移動能力、念頭操作能力について

天文単元における「空間概念の形成」とは、①広大な宇宙の空間的な広がり認識すること、②空間の中で視点を自由に移動させて、天体に関する事物・現象を動的にみる見方や考え方を養うこととされている。空間概念形成における視点移動の重要性は、松森(*3)らの多くの研究者によって指摘されている。松森の研究において視点移動能力は具体的な視点移動と心的な視点移動の2つに分類されている。具体的な視点移動は、「自分が移動して眺める」ものと「自分は動かずに物体を動かして眺める」ものの2つに分けることができる。心的な視点移動は、自分も物体も移動せずに「あそこまで自分が移動したら物体はどのように見えるか」と「あそこまで物体を動かしたら物体はどのように見えるか」という2つの観点に分けることができる。また、具体的な視点移動と心的な視点移動は能動的なもの「自分が移動したらという見方」と、受動的なもの「物体が移動したらという見方」にそれぞれ分類できる。これにより視点移動能力は4つに分類されている（表1）。

表1 松森による視点移動能力の分類

	受動的	能動的
具体的 (例)	具体的かつ受動的視点移動 (自分は動かず、実際に物体を動かしてながめる。)	具体的かつ能動的視点移動 (実際に自分が移動して物体をながめる。)
心的 (例)	心的かつ受動的視点移動 (頭の中で、物体を移動させてながめる。)	心的かつ能動的視点移動 (頭の中で、自分が移動してながめる。)

一方で、國本(1997) (*4) や比護(2012) (*5) は、算数や数学の平面や立体の図形領域等で図形を心的イメージして、それを空間的に移動させたり、変形させたりする念頭操作能力を大変重視している。

このように、教科によって空間認識能力の定義が不統一で、各教科の学習に影響するレディネスや学習効果を考える際に、教科横断的な学習者の空間認識能力の定義と教科横断的なレディネスとしての活用が重要と考えられる。そこで、次の節で視点移動能力と念頭操作能力の関係について整理して本研究における両者の定義を行う。

2.2 本研究における視点移動能力と念頭操作能力の定義

本研究における視点移動能力と念頭操作能力を次のように定義する。「天文現象を表す図を読み取ったり、実際に観察したりするとき，“一体、どこから眺めているのか”，“その位置に立って観察すると、どんな眺めになるのか”を理解する能力」(*6)を視点移動能力と定義する。また、数学などで図形などを操作する活動を、実際に具体物を「手を動かして考える」手作業に近い具体的操作と、頭の中に対象とする事柄のイメージを思い描いて、内面的に思考する心的操作に分けることができる。本研究では、その心的操作の能力を念頭操作能力（図形を念頭でイメージして操作する能力）と定義する。

2.3 視点移動能力と念頭操作能力を用いた天文学習の考察の過程

「地球と宇宙」の単元において、生徒は、観察や実験の結果どおりに現象をとらえているわけではない。自分なりの視点移動や念頭操作を通して認識を行っている。そのため、視点移動や念頭操作の能力が育てば、現象をよりの確にとらえることが可能である。そして、それらの能力は、観察や実験の結果を立体的にイメージして把握する過程で高められ、両能力を基に自然現象を観察し、モデルを自ら操作することで、さらに認識を深めていくことが可能である。

例えば、図1のような投影図を使って考察する場合を考えてみる。生徒はまず、この投影図を、頭の中で立体的にイメージする必要がある。すなわち、どの部分が手前であり、どの部分が奥側なのか、頭の中で想像を膨らませる。次に、念頭に描いた図形の中で視点を例えば中央の観測者に移動して、そこから見た天球上の天体の動きを図の矢印をヒントにしてイメージしていく。このような念頭操作や視点移動の過程を経て、写真や観察などで見る星の日周運動を初めて天球面の動きとして一つにつなげて考えていけるようになる。佐伯胖(1978)の視点論によれば、「視点を設定するとは自己の分身としての”小人”を生み出し、対象に派遣してみることである。派遣された”小人”がそこで様々に動いてみることをとおして人間は世界を理解していく。”無限に多様な小人を生み出し、彼らにモノゴトのスミズミまでかけめぐらせたとき、『わたし』はそのモノゴトを『理解した』と実感できる”」と述べている(*7)。その言葉を借りれば、天球の中にいる”小人”を想像し、その”小人”の視点から天球面を眺めるとき、矢印のような天体の動きになることが理解できる。

これらのことから、念頭操作の過程は、次の2つに分けて考えることができる。まず、第1段階は、「投影図を立体的にイメージする過程」であり、「天球の中に”小人”を想像し、”小人”の視点から天球面を眺める過程」である。第2段階は「念頭にイメージした図形の中で視点を移動させて考察する過程」である。そしてまた、視点移動には、2つの方法が考えられる。一つは、上下関係は変化せず視点を交換する場合、すなわち視点を平行移動する場合である。そしてもう一つは、平行移動と同時に上下方向が変化し、視点を斜めに交換する必要が生じる場合である。すなわち視点を回転させる場合である。このような念頭操作のそれぞれの過程と視点移動の方法を図2のように構造化し、それぞれについて調査問題を作成した。

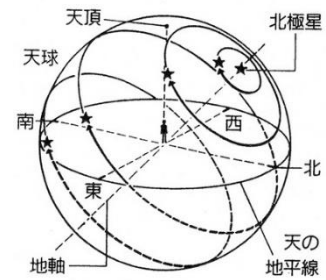


図1 投影図

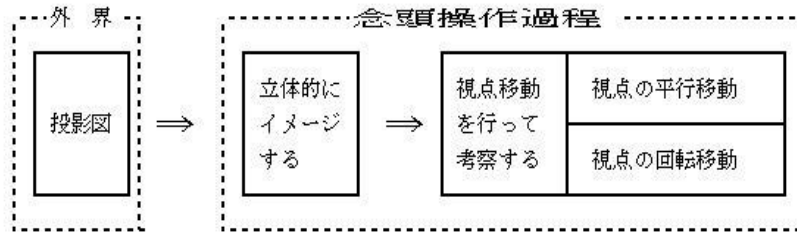


図2 念頭操作過程の構造図

3. 生徒の念頭操作能力と視点移動能力の実態調査

調査は、質問紙調査で、視点移動と念頭操作について問う表2の8問よりなり、次のように行った。(調査問題は安芸太田町立安芸太田中学校原田優次先生作成のものを使用)(*8)

- (1) 期間 平成21年6～7月
- (2) 対象 広島県山県郡中学校3校(今まで天文が学習されていた1年と3年で実施)
 - A中学校 1年生35名及び3年生33名
 - B中学校 1年生13名及び3年生23名
 - C中学校 1年生20名及び3年生24名

(3) 分析の方法

結果は正答率の比較およびIRS分析による理解の順序性について分析を行った。

表2 調査問題の内容

問題番号	調査問題の内容(天文学習への応用)
問題1	投影図の理解(天球の理解)
問題2	平行移動(地上から見た星の移動方向)
問題3	回転移動(自転による見かけの動き)
問題4	回転の方向(自転の向きの推測)
問題5	視点移動時の東西南北の方位
問題6	太陽の日周運動の方向
問題7	地球の各地での東西南北の方位
問題8	視点を回転移動させた時の星の見え方

4. 調査結果の分析と考察

4.1 IRS分析(項目関連構造分析)による視点移動の能力の構造の分析

IRS分析とは、調査によって得られた各項目に対する1又は0得点(正又は誤)の一覧表から、項目間の順序関係(包含関係)を取り出し、それをグラフ化して、項目間の関連構造を明らかにするものである(*9)。これを活用することにより、各項目の難易度等の関係が分かるため、学習者にとって理解しやすい学習順序等を考える際に大変有効な構造化が図れるとして近年注目されている。

4.2 IRS分析の手順

①順序性係数を算出する。

2項目間の順序性係数を算出する。

- ・項目 $I_k \rightarrow I_j$ の順序が成り立つとする。(項目 I_j より I_k の方が易しい)
- ・このとき、上の表のCに当たる生徒は0になるはずである。(C; 易しい項目ができずに難しい項目ができた生徒)
- ・順序性係数の定義

表3 4分割表 項目 I_j

		正答	誤答	計
項 目	正答	A	B	A+B
	誤答	C	D	C+D
I_k	計	A+C	B+D	N

— 念頭操作能力と視点移動能力を中心として —

表5 1年生の IRS マトリクス

項目しきい値を0.75に設定

	2-1	4-1	1-1	1-1	1-1	7-1	7-1	8-2	1-1	7-1	1-2	2-2	2-2	2-2	3-1	5-1	1-1	5-1	7-1	1-1	5-1	6-1	5-1	6-1	6-1	3-1
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

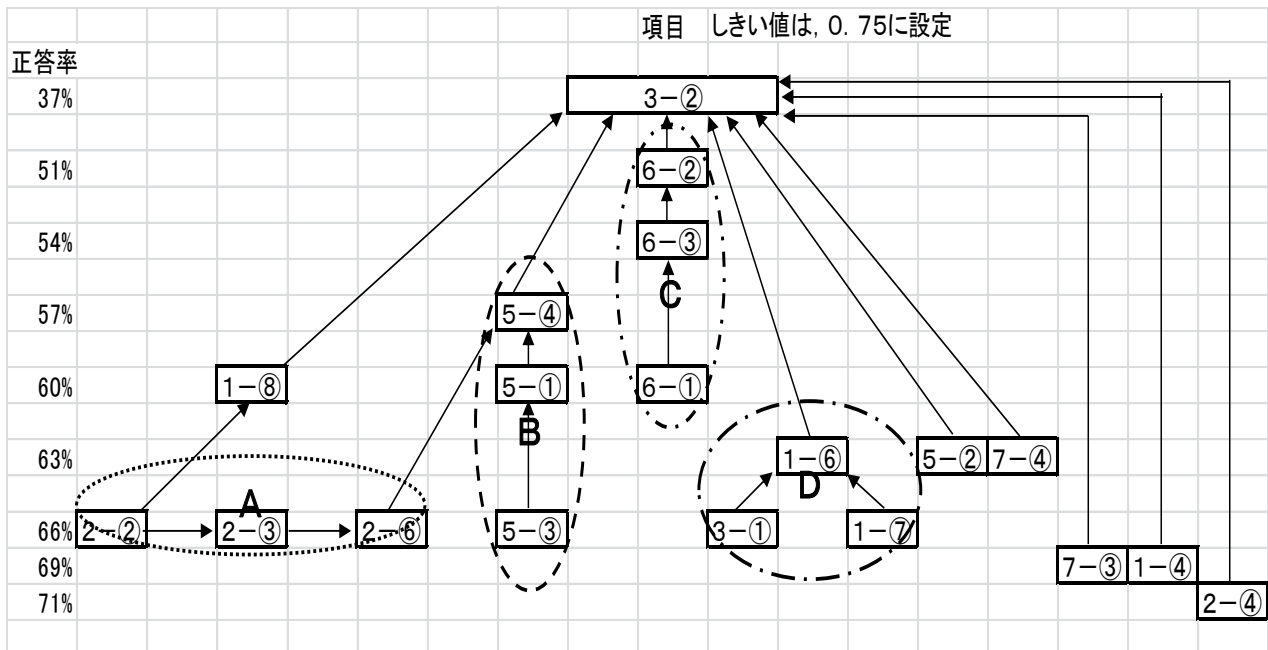


図3 中学1年生の IRS 有効グラフ

図3については、最も正答率の低い項目は、視点の回転移動を問う3-②であるが、項目間にA, B, C, Dの4つ系列があることが分かる。系列Aは右向きへの視点の平行移動である2-②, 2-③, 2-⑧が同じ正答率で順序性があり、投影図の理解である1-⑧を介して視点の回転移動へ順序性を辿ることができる。系列Bは東西南北の方位である5-③, 5-①, 5-④の順で正答率に順序性があり、系列Aから系列Bを介して視点の回転移動へ順序性を辿ることができる。系列Cは実体験（観察）から考察できる太陽の運動である6-①, 6-③, 6-②の順で正答率に順序性があり、視点の回転移動へ順序性を辿ることができる。系列Dは外側の視点から見た運動である3-①と投影図の理解である1-⑦がそれぞれ独立して投影図の理解である1-⑥と正答率に順序性があると考えられる。系列Bは系列Aに従属するが、系列A, C, Dはそれぞれ独立している。このことから、視点の回転移動についての学習順序は、次の3つの構造に整理でき、それぞれについて順序よく指導していけば、回転移動の視点移動能力を育てることができると考えられる。

- ① 右向きへの視点の平行移動を理解させた後、東西南北の方位を理解させる。
- ② 実体験（観察）から考察できる太陽の運動を太陽の高度と関連付けて理解させる。
- ③ 外側の視点から見た運動の理解を投影図の理解と併せて行う。

4.4 中学校3年生について

図4に、3中学校を合計した3年生のIRS有効グラフを示す。

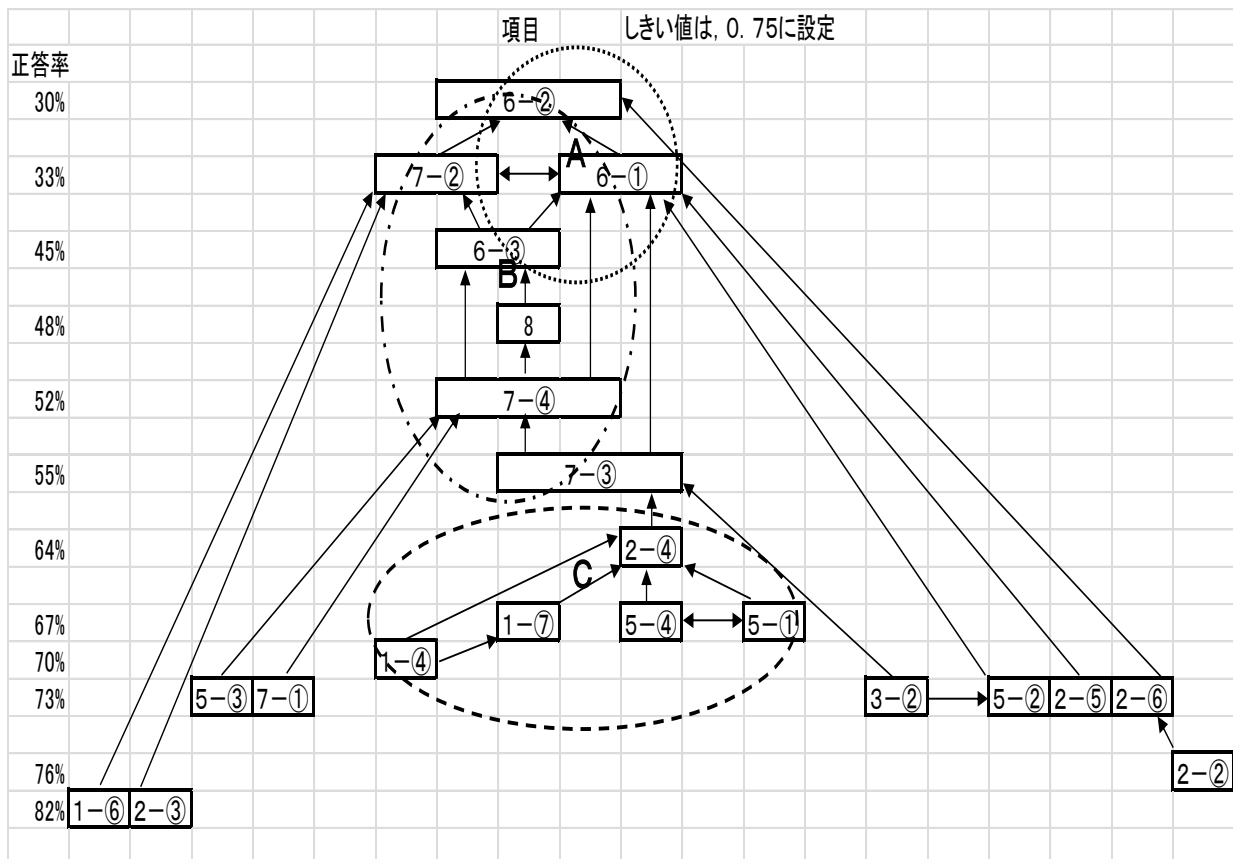


図4 中学3年生のIRS有効グラフ

図4については、最も正答率の低い項目は太陽の日周運動を問う6-②であるが、図3ほど単純な構造ではなく、項目間にA, B, Cの3つの系列があることがわかる。系列Aは実体験（観察）から考察できる太陽の運動である6-③, 6-①, ⑥-②の順で正答率に順序性があり、最も正答率が低い。系列Bは地球の各地での東西南北の方位である7-③, 7-④, 7-②の順で正答率に順序性があり、星座の方位や太陽の方位である8, 6-③, 6-①とも関連がある。系列Cは視点移動に伴う方位である5-①, 5-④と平行移動時の方位の変化である2-④の順で正答率に順序性があり、投影図の理解である1-④, 1-⑦とも関連がある。各系列間でも複雑に関連しており、総合的に視点移動を育てることが必要だと考えられる。とくに実体験（観察）からの考察の正答率が低いことは問題であると思われる。これらのことから、太陽の日周運動についての学習順序は、次の2つの構造に整理できる。

- ① 視点移動に伴う方位と方位の変化を投影図の理解と併せて行う。
- ② 地球の各地での東西南北の方位の理解と実際に観測される太陽の方位の理解を併せて行い、それらを総合させて太陽の運動を考察させる。

4.5 調査問題の正答率の比較

① 全体的な傾向

図5に各問題の平均値の比較を示す。図5の各問題の平均を比較してみると、全体的には3年生の方が1年生より正答率が高いが、問題6「太陽の日周運動の方向」については、1年生より低い。これは、太陽の日周運動の観察（実体験）の経験や観察事実からの考察に課題があると考えられる。それ以外の正答率を見ると、学年が進むにつれて、平行運動、回転移動の理解が高まると考えられる。

② 投影図の理解についての比較

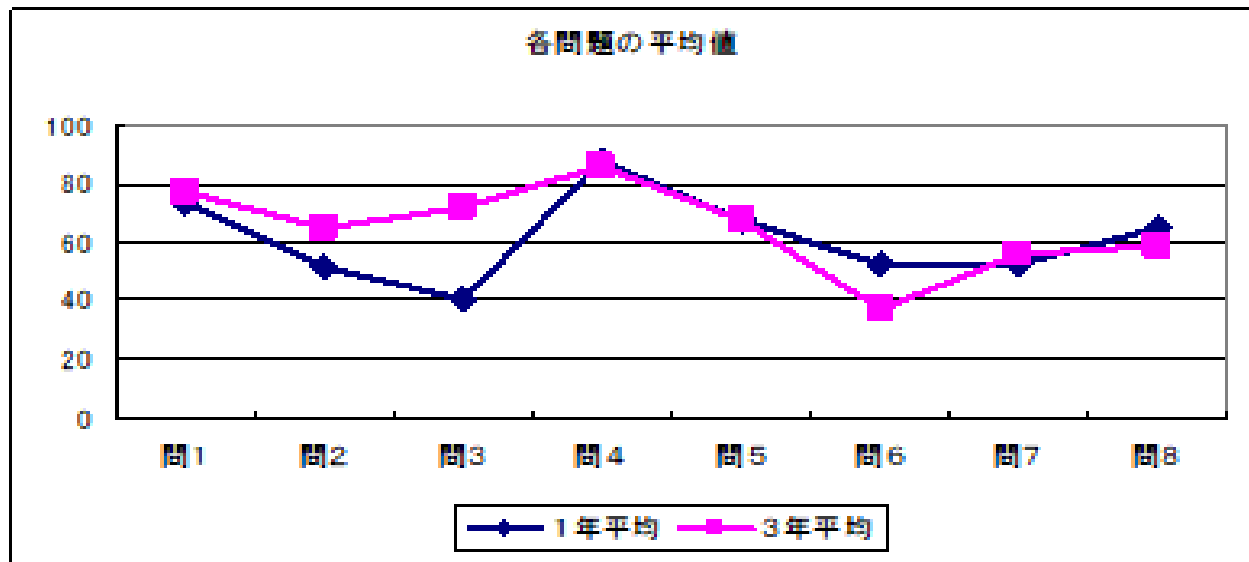


図5 各問題の平均値

図6に問題1の各設問の正答率の比較を示す。図6から投影図の理解については、1・3年で目立った違いはないと考えられる。

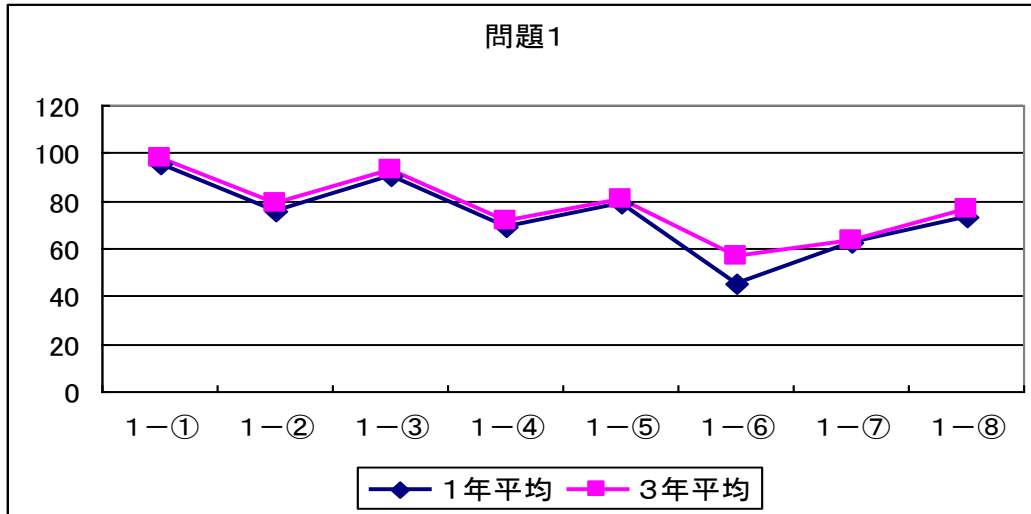


図6 投影図の理解の比較

③視点を平行移動する場合の比較

図7に問題2の各設問の正答率の比較を示す。図7の問題2「視点を平行移動させた時の運動」では、3年生より1年生が低いことがわかる。全体的にできていないのは、共通して視点移動によって矢印の見え方が変わる場合(②③④⑥)であることから、視点移動して見え方を想像することの難しさがわかる。

これは、実際の運動方向と見かけの動きが異なる場合や方向の違う運動がある場合、図に示されていない視点から運動を捉える場合などの視点移動の難しさであると言える。

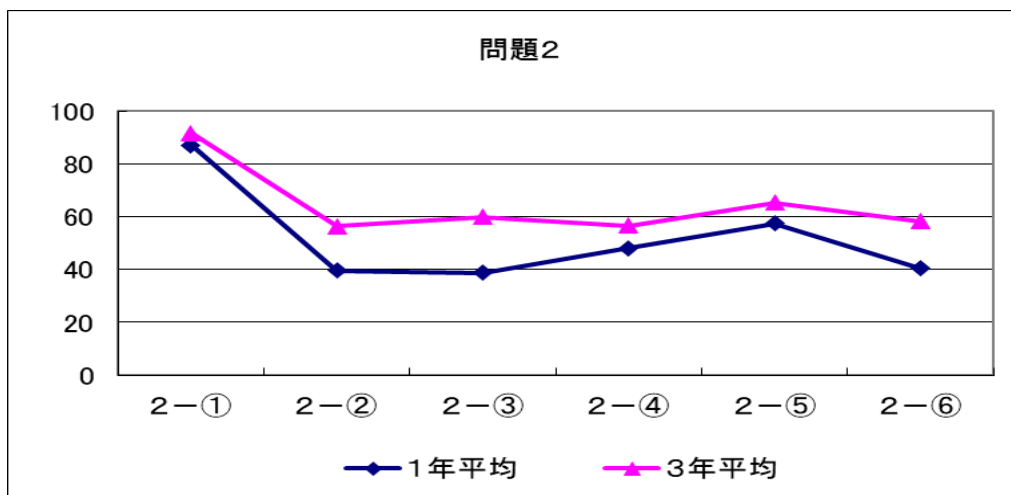


図7 視点を平行移動する場合の比較

④ 視点の左右方向への回転移動を伴う場合の比較

図8に問題3の各設問の正答率の比較を示す。図8から3年生が正答率が最も高いが、左方向への回転よりも、右方向への回転のほうが難しいことが分かる。

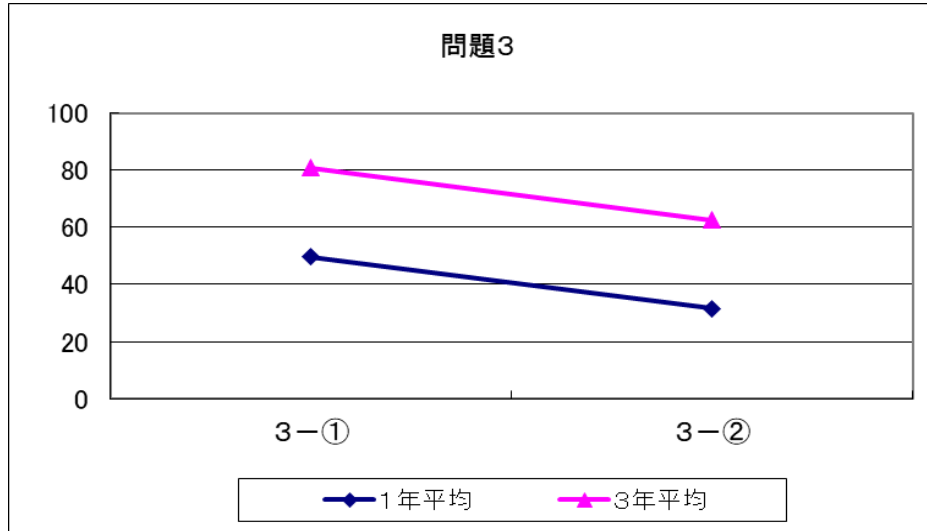


図8 視点の回転移動を伴う場合の比較

⑤ 視点移動時の東西南北の方位の理解の比較

図9に問題5の各設問の正答率の比較を示す。図9から全体として、中学1年の方が正答率が高いが、自分の右側を想像する④については中学1年の方が正答率が悪い。

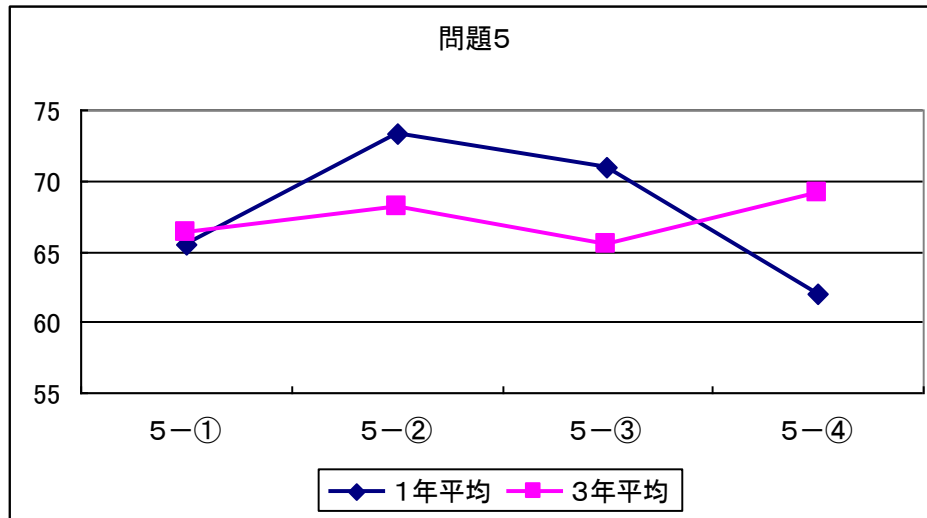


図9 視点移動時の東西南北の方位の比較

⑥ 太陽の日周運動の方向の比較

図10に問題6の各設問の正答率の比較を示す。図10から、太陽の日周運動の方向については3年生の方が正答率が悪いと言える。これは、太陽の日周運動の観察（実体験）の経験や観察事実からの考察に課題があるためだと考えられる。

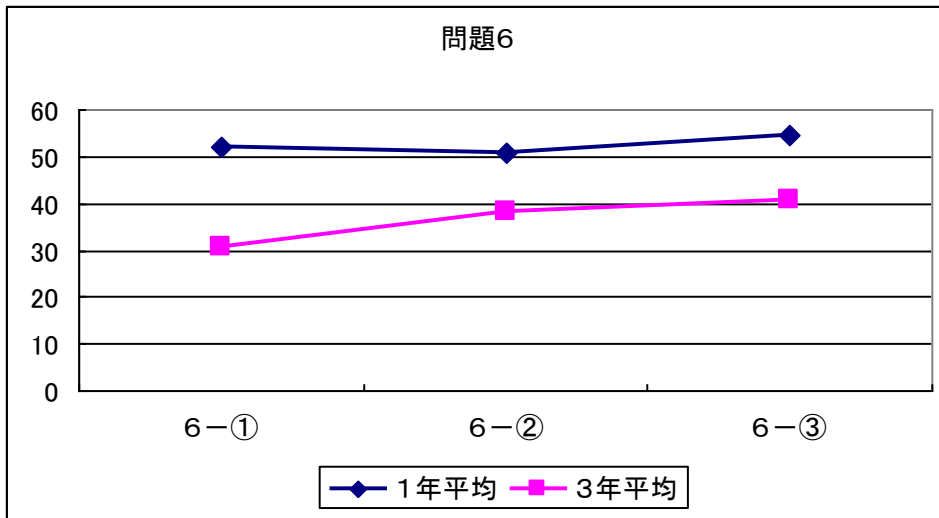


図10 太陽の日周運動の方向の比較

⑦地球の各地での東西南北の方位の比較

図11に問題7の各設問の正答率の比較を示す。図11から、地球の各地での東西南北の方位の比較については、3年生の方が概ね正答率がよいが、北の方向を正確に書くことができない。これは、その誤答を分析してみると、北極星の方向を北の方向（地軸に平行な方向）としている者が多いことがわかる。

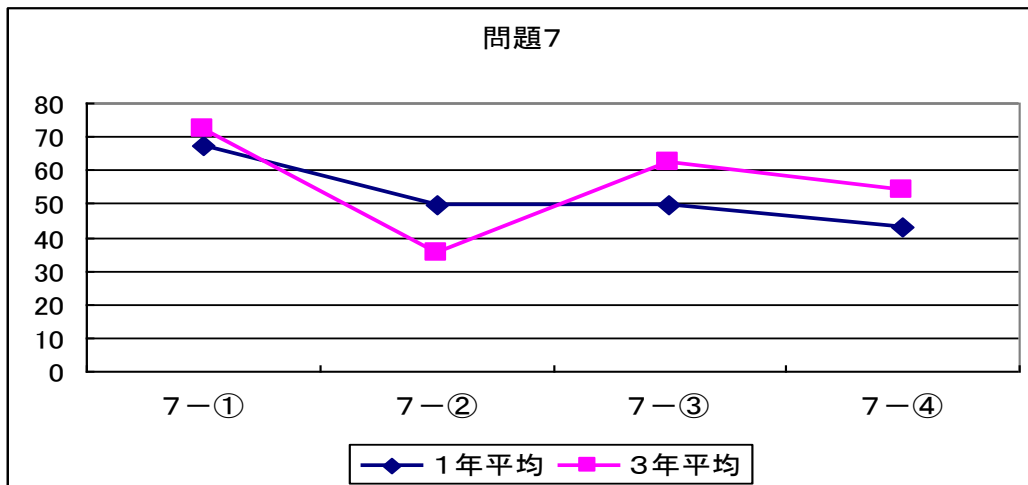


図11 地球各地での東西南北の方位の比較

⑧視点を回転移動させた時の星の見え方の比較

図 12 に問 8 について正答率の比較を示す。図 12 から視点を右に回転したときの視点移動は 3 年生が最も苦手としていることがわかる。これは、問題に「はるか遠くに」とあり、日周運動に関係しないと誤解した者が多かったのではないかと考えられる。

これは、日周運動という 1 つの運動系の中で、さらに別の運動をしているなど全体の運動が複雑な場合の視点移動の難しさであると言える。

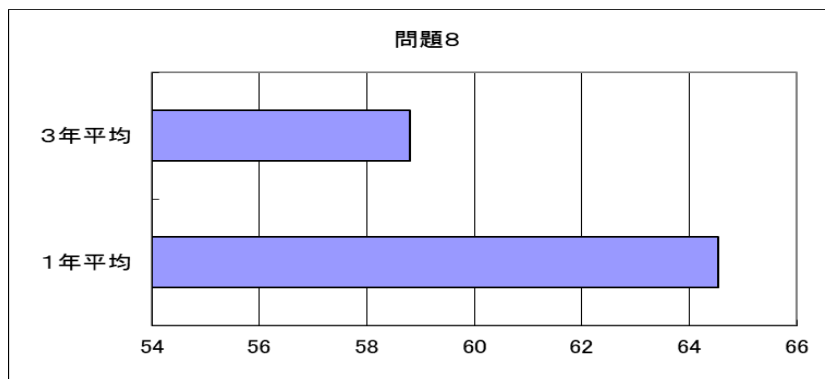


図 12 視点移動させた時の比較

おわりに—成果と課題—

本研究の成果と課題を次に述べる。

[成果]

今回の調査問題の正答率の順序性を分析したことによって次の 3 点のことがわかった。

- ① 中学校 1 年生と 3 年生では、視点移動能についての理解の構造について、大きな違いが見られた。1 年生の単純な構造であり、順序よく指導するのが容易であると考えられる。
- ② 1 年生の視点の回転移動について、3 つ系列があり、視点の回転移動についての学習順序は、次の 3 つの構造に整理できる。
 1. 右向きへの視点の平行移動を理解させた後、東西南北の方位を理解させる。
 2. 実体験（観察）から考察できる太陽の運動を太陽の高度と関連付けて理解させる。
 3. 外側の視点から見た運動の理解を投影図の理解と併せて行う。
- ③ 3 年生の太陽の日周運動について、2 つの系列があり、太陽の日周運動についての学習順序は、次の 2 つの構造に整理できる。
 1. 視点移動に伴う方位と方位の変化を投影図の理解と併せて行う。
 2. 地球の各地での東西南北の方位の理解と実際に観測される太陽の方位の理解を併せて行い、それらを総合させて太陽の運動を考察させる。

また、今回の調査問題の正答率を分析することによって、次の6点のことがわかった。

- ① 視点移動の理解については、学年が進むにつれて、平行運動や回転移動の理解が高まることがわかった。
- ② 平行移動については、矢印の見え方が変わる場合（図の内部の視点から運動を捉える場合）について、難しいことがわかった。これは、実際の運動方向と見かけの動きが異なる場合や方向の違う運動がある場合、図に示されていない視点から運動を捉える場合などの視点移動の難しさであると言える。
- ③ 回転移動については、左方向への回転よりも、右方向への回転のほうが難しいことが分かった。
- ④ 東西南北の方位については、概ね3年生より1年生の方がよく理解している。
- ⑤ 太陽の日周運動の方向については、現在の1年生より3年生の方が正答率が悪いことがわかった。これは、太陽の日周運動の観察（実体験）の経験や観察事実からの考察に課題があるためだと考えられる。
- ⑥ 視点を回転移動させた時の星の見え方については、3年生が最も苦手であり、日周運動という1つの運動系の中で、さらに別の運動をしているなど全体の運動が複雑な場合の視点移動の難しさであると言える。

【課題】

なお、課題として考えられるのは次の2点である。

- ①この調査の結果から、「教科書に描かれているような天球の投影図を理解する能力が、すでに中学校3年生に備わっている。」という前提では、指導に当たれないことが明らかである。自校の生徒の視点移動能力の課題を把握して、段階的に視点移動能力を養う学習プログラムを開発する必要がある。天文学習のレディネスとして、今回のような調査問題を教材例として、事前学習として視点移動能力を養う学習を行うのも1方法である。その指導の際に、視点の回転移動についての学習順序と太陽の日周運動についての学習順序を参考にすることができる。
- ②教科書に書かれている投影図を理解させる場合、立体モデルを準備して具体的に操作させるなど視点移動能力育成を意識した教具の開発を行う必要がある。

引用・参考文献

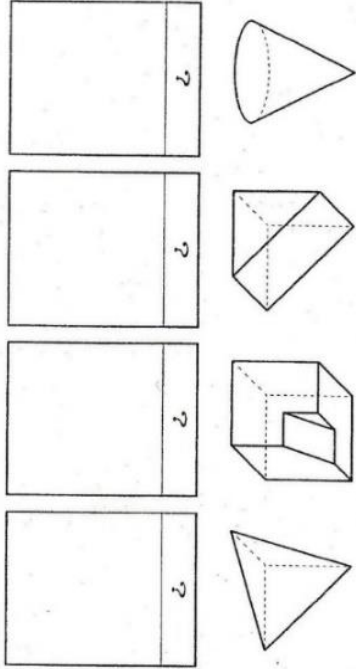
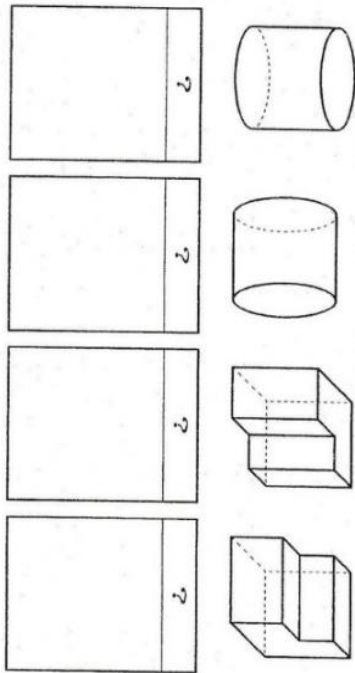
- (*1)岡田大爾「児童・生徒の天文分野における空間認識に関する研究—1985年当時の視点移動能力について—」地学教育 第62巻第3号 pp. 79-88 2009
- (*2)岡田大爾・松浦拓也「天文分野における児童・生徒の空間認識に関する比較研究」図学研究 第143号 pp91-102 2014
- (*3)松森靖夫『学びなおしの天文学(基礎編)』恒星社厚生閣 pp. 43-51 2007
- (*4)國本景亀「空間観念を育成するための方法論に関する研究」高知大学教育学部研究報告 第1部 第53号, p11 - 27, 1997
- (*5)比護智洋「空間認識力を育む教材に関する研究」新潟大学教育学部 数学教育研究 第47巻, 第1号, 146-165, 2012.
- (*6)宮崎清孝・上野直樹『認知科学コレクション③「視点」』東京大学出版会 1985
- (*7)佐伯胖『イメージ化による知識と学習』東洋館出版社 1978
- (*8)原田優次 平成9年度理科教育課題研究講座研究報告書 広島県立教育センター pp. 151-153
- (*9)竹谷誠『新・テスト理論—教育情報構造分析法—』早稲田大学出版部 1991

付 録：〔調査問題 1～3〕

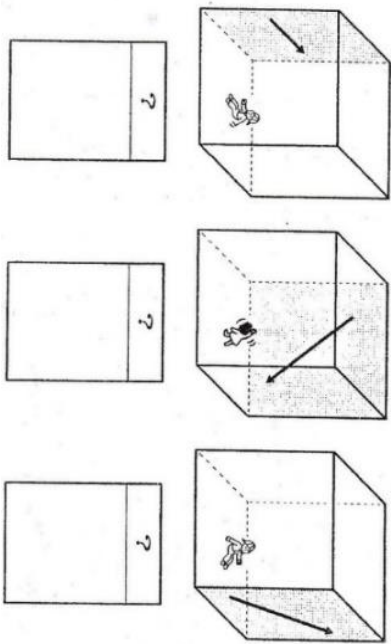
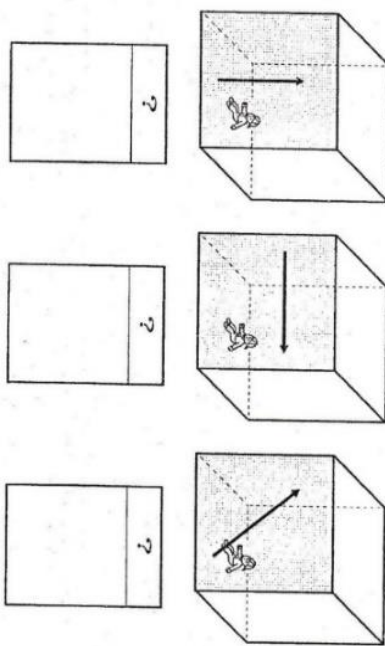
調査問題1

図形アンケート [1] 組 番 名前 _____

【問題1】 下の図のような物体（ぶつたい）を、それぞれまじりかたとして、
 どのように見えるでしょうか。わくの中に描いてみましょう。
 もし、よくわからなかったら、？のマークに○をしてください。



【問題2】 大きくて透明なプラスチックの箱のなかに人がいます。この人が、かべに描
 いてある矢印（やじるし）を見えています。この人には矢印がどのように見えて
 いるでしょうか。想像して描いてみてください。よくわからない場合は、？
 マークに○をしてください。

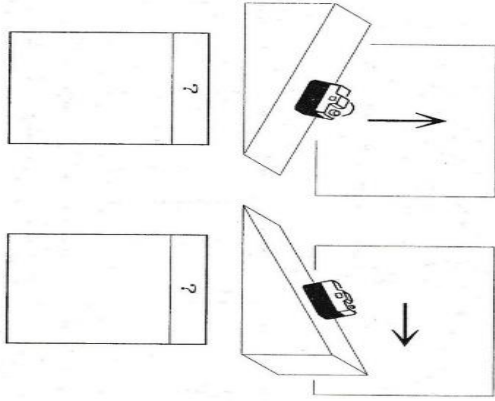


調査問題2

図形アンケート [2] 組 番 名

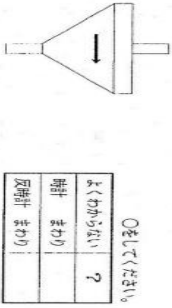
【問題1】 図のような絵の上にかみ紙を置いて、矢印を写しました。

写真には矢印がどのようにうつっているでしょうか、想像して書いてください。もし、よくわからなかったら、？のマークに○を教えてください。

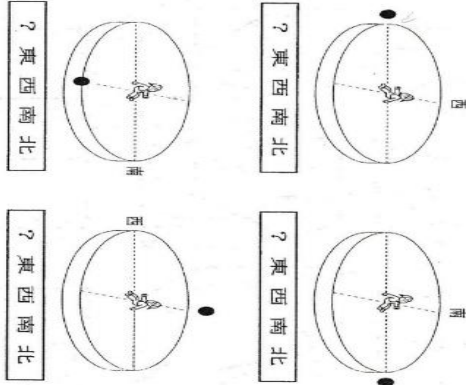


【問題2】 図に示すように2回回っています。これをまわらなします。

この回数は、時計まわりでしょうか、反対時計まわりでしょうか。



【問題3】 図のまわりの人によって、●の方位がでしょうか、東西南北の正しい答えに○を教えてください。よくわからない場合は、？に○を教えてください。

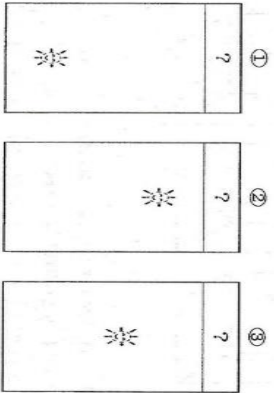


【問題4】 ①には、太陽が東からのもつてきたと進め方を、→で書いてください。

②は、太陽が東の真上を通過している方向を、→で書いてください。

③には、太陽が西に沈むまでに進んでいる方向を、→で書いてください。

もし、よくわからなかったら、？のマークに○を教えてください。

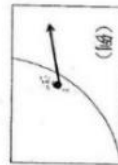


調査問題3

図形アンケート〔3〕 組 番号

【問題7】 ものさしを使って、次の文に示す方向を、●から矢印で描いてください。

- ① 日本に立っている人にとって、頭のま上的方向。
 - ② 日本に立っている人にとって、北の方向。
 - ③ 日本に立っている人にとって、裏の方向。
 - ④ 赤道に立っている人にとって、頭のま上的方向。
- もし、よくわからなかったら、? のマークに○をしてください。



①	?	?	②	?	?

【問題8】 地球の向こう側、はるか遠くに、3つの明るい星が並んでいます。この星を日本に立っている人が見ると、どのように並んで見えるのでしょうか。四角のわくの、地平線の上に、3つの星を描いてください。

?