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

A Comparative Study on the Spatial Cognition of Students in Astronomy

岡田 大爾 Daiji OKADA

松浦 拓也 Takuya MATSUURA

概要

平成10(1998)年の学習指導要領改訂では、天文分野の学習が中学1年生から中学3年生に移行された。その結果、小学5年生から中学2年生までの4年間は天文分野が学習されないことになった。一方で、このような変更に伴う児童・生徒の空間認識への影響については、詳細なデータが不足している。本稿では、1985年及び2007年当時の小・中学生の空間認識として球形概念や左右概念等を調査し、天文分野のカリキュラムとの関係について考察した。主要な結果は以下の通り。(1)半球概念は小学5年から中学2年まで2007年の方が正答率が概ね低い。(2)球形概念は、左右概念ほど天文単元学習後正答率が下がらない。(3)天文を学習しない小学5年から中学2年の間も空間認識が向上しており、他の影響が考えられる。(4)中学3年時で比較すると各概念とも2007年は、1985年と比べて同等以上である。

キーワード: 空間認識／天文分野／カリキュラム／球形概念／左右概念

Abstract

In 1998 astronomy classes were shifted from grade 7 to grade 9, as advanced spatial cognition is required to understand astronomy. Consequently, students don't learn astronomy from grade 5 to grade 8 because of this change. However, detailed data was insufficient to consider this impact on the spatial cognition of students. In this paper, we investigate the spatial cognition of students. Specifically, the relationship between the learning period of astronomy and understanding of two concepts: the left / right concept and the spherical concept. The major results of this study are as follows. (1) The hemispherical concept in 2007 is generally less well understood than in 1985 at between grade 5 and grade 8. (2) Understanding of the spherical concept does not go down, compared to understanding of the left/right concept after students learn it. (3) Spatial cognition has improved between grade 5 and grade 8 although they do not learn astronomy, so the other effects can be considered. (4) At grade 9, understanding of each concept of spatial cognition in 2007 is almost the same or better than that in 1985.

Keywords : Spatial cognition / Astronomy / Curriculum / Spherical concept / Left and right concept

1. はじめに

平成10(1998)年の学習指導要領改訂(以後改訂)では、中学1年生で学習していた天文分野が中学3年生に移行した。これは、主に、天文分野には高度な空間認識を必要とする内容が含まれており、中学1年生では理解しにくいという配慮によるものであった^{[1][2]}。同時に、小学校においては、天文分野の学習は3・4年生に集約され、5・6年生での学習の機会がなくなった。そのため、結果的に小学4年生での学習後、中学3年生まで天文分野を学習する機会がなくなった。

一方、天文分野に関する学習は、天文に関する知識を獲得するのみでなく、その過程において、複数の天体の位置関係を考慮する必要があるなど、空間認識能力が重要となる。しかし、上述のような学習時期の変更に伴う児童・生徒への影響について詳細に調査を行った事例は少なく、児童・生徒の空間認識の形成過程にどのような影響が生じているかを詳細に調べる必要性があると考えた。よって、天文分野を中心とした小学校・中学校の理科の学習内容の変遷と子どもたちの空間認識の形成過程との関係について詳細な分析が必要と考える。

2. 研究の目的・方法

研究目的は、次の2点に要約される。

- 1) 2007年と1985年の児童・生徒の空間認識の実態比較
- 2) 天体分野の学習指導要領の違いに基づく影響の検討

筆者は、昭和52(1977)年改訂の学習指導要領に基づいて学習していた1985年において、小・中学生の空間認識の発達段階と天文分野の教育課程(小・中学校学習指導要領理科編)との関係を明らかにしている^[3]。

また、1985年と同様の問題を用い、平成10(1998)年改訂の学習指導要領に基づいて学習している小・中学生の空間認識の発達状況を2007年に調査した。本研究では、1985年の調査結果と比較しながら空間認識の発達状況を分析する。さらに、発達状況の比較から学習指導要領の改訂による空間認識形成への影響を検討する。

3. 小・中学校理科における天文分野の変遷

まず、小・中学校理科における天文分野の変遷を整理するために、昭和52(1977)年から平成10(1998)年までの小学校理科指導書理科編、中学校指導書理科編において、各学年で扱われている天文分野の中で地球、月、太陽、星座の形と動きに関係する内容を抽出した^{[4]-[9]}。その結果を表1に示す。昭和52(1977)年の内容と比較することにより、平成元(1989)年の生活科の導入にともなって、理科が小学3年生から始まり、日なた・日かげが1年生から3年生に移動する等、小学校では各内容が全体的に上の学年に移動したことが読み取れる。また、総合的な学習の導入に伴って理科の内容や授業時数が削減された平成10(1998)年の改訂では、「月の観察に当たっては、その形にも触れ、三日月や満月などの中から二つの月の形を取り上げ、月の特徴をとらえるようにする。ただし太陽と月の位置や月の形の見え方との関係についてはふれない。」とし、全体的に内容の精選・軽減が図られた(その後、ただし書き等歯止め規定については撤廃された)。

昭和52(1977)年と平成10(1998)年とを比較すると、全体的に「影のでき方→月・太陽の形と動き→星座の形と動き→地球の形と動き」の順番に配列されているが、改訂によって学習内容が上の学年に移行するとともに、小学校に含まれる内容が中学校で繰り返されなくなっているといえる。

表1 学習指導要領の変遷と各学年の天文分野の内容

	昭和52(1977)年	平成元(1989)年	平成10(1998)年
小1	日なたのかげ		
小2	日なた、日かげと太陽のかげ		
小3		日なた、日かげと太陽との関係	日なた、日かげと太陽との関係
小4	太陽の形と動き 月の形と動き		月の動き 星の特徴と動き
小5	星、星座の形と動き	太陽と月の動き や形と位置関係	
小6	太陽の高さと季節	星の特徴と動き	
中1	地球の動き(地球の自転と公転)、惑星の公転	地球の動き(地球の自転と公転)、惑星の公転	
中2			
中3			天体の動きと地球の自転・公転、惑星の公転

4. 調査対象と調査時期

1985年調査、及び2007年調査とも、同一校区内の公立の小学4年生から中学3年生の各学年約140~200名を対象とした。その詳細を表2に示す。

1985年調査は6月上旬に実施したため、全ての学年において当該学年の天文分野の学習は未習であった。前年度の学習状況より、中学1年生は天文分野の学習を3月上旬に実施していたため、調査時において中学2年生は学習後約3ヶ月経過していた。また、小学4年生は「月の形と動き」の学習を10月上旬に実施していたため、調査時において小学5年生は学習後約8ヶ月経過していた。

一方、2007年調査は3月上旬に実施したため、全ての学年において当該学年の天文分野の学習は終えていた。当該年度の学習状況より、調査時において中学3年生は天文分野の学習後約3ヶ月経過していた。また、小学4年生は調査時において「月の動き」の学習後約8ヶ月経過していた。なお、分析に際して除外した被験者はいない。

表2 各調査における実施人数

調査時期	学 年	男 子	女 子	合 計
1985年 6 月	小学 4 年生	77	80	157
	小学 5 年生	78	76	154
	小学 6 年生	76	79	155
	中学 1 年生	90	86	176
	中学 2 年生	88	83	171
	中学 3 年生	77	81	158
	合 計	486	485	971
2007年 3 月	小学 4 年生	87	96	183
	小学 5 年生	87	86	173
	小学 6 年生	99	93	192
	中学 1 年生	89	70	159
	中学 2 年生	74	62	136
	中学 3 年生	82	72	154
	合 計	518	479	997

5. 調査方法と分析方法

中学校理科の教科書では、月の満ち欠けを説明するために、図1のような図がよく用いられている。この図では、太陽と地球の位置を固定し、月の位置の変化に伴う影の変化の様子から月の満ち欠けを説明している。本調査では、このような天体学習の基本となる月の満ち欠け

図1 教科書における月の満ち欠けの説明図^[10]

の原理に着目し、月をボールに置き換えて満ち欠けについて正しく回答できるか否かを問うことにした。これは、月をボールに置き換えても正しく回答することができていれば、月の満ち欠けに関する単純な知識ではなく、空間認識能力が形成されていると判断できるのではないかと考えたからである。具体的には、ボールの満ち欠けを正しく空間認識するために必要な要素として、半球概念、左右概念、球形概念（以下に操作的に定義する）を抽出・調査することにした。

本問題は、ボールの位置を1から8の番号で整理し、図2のように暗い部屋で右から光を当てるという状況設定とした。そして、1～8の位置にある各ボールは、光がくる方向と逆の半球のみ影になることが理解できる場合、半球概念が形成されていると定義する。また、図2に示したように、図の中心X(地球)の位置に立って観察すると、位置1を見たときと、180°回転して位置5のボールを見たときの影は左右逆になる。このことが理解できていれば、左右概念が形成されていると定義する。そして、図3の位置2や位置8のように、視点を45°斜め前方に移動する場合には、十日あまり月や三日月のように明暗の境界が曲線となる。このことが理解できていれば、球形概念が形成されていると定義する。なお、月の形と動きに関する学習は、昭和52(1977)年と平成10(1998)年のいずれの学習指導要領においても小学4年生で扱うことになっている。ただし、小学校においては

図2 左右概念の抽出

図3 球形概念の抽出

地上から見た月の形と動きが中心であるため、左右概念を本質的に理解するためには、中学校における学習が必要となる。

本調査では、小学4年生から中学3年生まで全ての学年の児童・生徒の半球概念、左右概念や球形概念を同一課題で調べるため、全ての学年の児童・生徒に分かりやすく、興味を持って取り組めるような調査が求められる。そこで、図1のように教科書に一般的に使われている月の満ち欠けを説明するモデル図をもとに、図4に示したように、ボールの満ち欠けをア～ケの12個の図形から選ぶことにより短時間で簡単に回答できるような調査問題を用いた。この問題は、視点を固定してボールを移動させる場合を考える質問1と、ボールを固定して視点を移動させる場合を考える質問2で構成している。回答時間は全員が回答し終わるまでとし、15分前後であった。

6. 調査結果と考察

図4の調査問題の質問2では、Xの位置にボールが固定され、質問1よりも左半球が影となることがわかりやすくなる。このため、質問2の調査結果に基づいて、回答者が見る方向と紙面上の観察者(太郎君)が見る方向が同じ時(図4における位置5)、及び90°の時(同、位置3)の半球概念、180°の時の左右概念(同、位置1)、45°の時の球形概念(同、位置6)について検討することにした。その詳細を以下に示す。

6.1. 半球概念(視点移動がない場合)

半球概念について検討するために、質問2における位置5(観察者の太郎君と回答者で見る方向が同じ)の正答率の変化を比較した。その結果を、図5に示す。

最も簡単な問題でありながら、正答のウを選んだ生徒は中学3年生でも1985年が6割、2007年が7割程度である。また、1985年は、小学4年生から6年生まで正答率が上昇した後は下降と上昇を繰り返している。一方、2007年は、小学5年生で正答率が下降した後は中学3年生まで一貫して上昇している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、調査時期(1985年・2007年)と学年(小4～中3)を独立変数として位置5の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意であった($\chi^2_{(3)}=51.00$, $p<.01$)。また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため($\chi^2_{(3)}=13.18$, $p<.05$)、正答率の差の検定(有意水準の調整には、Bonferroni法よりも検出力の高いSidak法を使用、以下同様)を行った。ここで、1985年は調査時期が6月上旬のため、天文単元の学習効果は次の学年

【質問1】 右の図1のように暗い部屋で、台につけたボールに矢印の方向から光をあてた。台につけたボールは、自由に動かせるようになっています。これを上から見ると、下の図2のようになっています。観察者（図1の太郎君）がXのところ立って、そのまわりの①～⑧においたボールを見ると、どのように見えるでしょうか。下のア～シの中から選んでその記号を回答用紙に書きなさい。ただし、斜線 は、影の部分（暗い部分）を示す。また、太郎君やボールの影はどのボールにもかからないものとする。

図1 質問1の装置

図2 質問1や質問2の装置を真上から見た図

【質問2】 今度は右の図3のようにボールは動かさずに観察者が移動する。これを上から見ると、やはり、上の図2のようになっている。観察者（図3の太郎君）が、①～⑧のところに立って、そこからXのところにおいたボールを見たら、どのように見えるでしょうか。上のア～シの中から選んでその記号を回答用紙に書きなさい。ただし、太郎君の影はどのボールにもかからないものとする。

図3 質問2の装置

回答用紙

____年 ____組 ____番 名前 _____

位置	1	2	3	4	5	6	7	8
質問1								
質問2								

図4 調査問題（調査時はB4版）

図5 質問2位置5の正答率の学年変化
(エラーバーは、±標準誤差の範囲を表す。以下同様。)

に表れ、2007年は調査時期が3月上旬のため天文単元の学習効果は学習した学年に表れる。このような調査月の違いを考慮し、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、小学6年生と中学2年生において正答率が有意に高いことが明らかとなった ($p<.01$; $p<.05$)。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ($p<.01$)。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学6年生のみ正答率に有意な差が見られた ($p<.01$)。

以上のことから、1985年においては小学5年生の「星、星座の形と動き」、及び中学1年生の「地球の動き、惑星の公転」等の学習の効果が考えられる。一方、小学6年生の「太陽の高さと季節」の影の長さ等の学習では、真横から光を当てたら半月に見えるという半球概念の向上には結びつかなかったものと考えられる。また、2007年においては個別の学習内容の顕著な影響は読み取れないものの、小学6年生以降の正答率は一貫して上昇傾向にあるといえる。

6.2. 半球概念 (視点移動が90°の場合)

90°視点移動した場合の半球概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置3(観察者の太郎君が見る方向が回答者が見る方向に対して90°)の正答率の変化を比較した。その結果を、図6に示す。この問題も正答のイを選んだ者は、1985年、2007年とも中学校3年生でも7割程度である。

1985年は、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、中学3年生では明確に下降している。2007年においても、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、小学5年生と中学1年生において下降している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置3の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意

図6 質問2位置3の正答率の学年変化 (単位: %)

であった ($\chi^2_{(5)} = 48.52$, $p<.01$)。また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため ($\chi^2_{(5)} = 20.16$, $p<.01$)、正答率の差の検定を行った。前項と同様に、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、中学2年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ($p<.05$)。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ($p<.05$)。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生と中学1年生において有意な差が見られた ($p<.05$; $p<.01$)。

以上のことから、1985年においては小学6年生の「太陽の高さと季節」等の学習の効果が考えられる。また、2007年においては小学4年生の「月の動き」等の学習の効果が考えられるものの、小学校6年生時の正答率の向上は1985年と異なり、2007年には見られなくなった。

6.3. 左右概念

左右概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置1(観察者の太郎君と回答者で見る方向が180°異なる)の正答率の変化を比較した。その結果を、図7に示す。

1985年は、小学4年生から中学2年生まで正答率が一貫して上昇し、中学3年生で若干下降している。また、

図7 質問2位置1の正答率の学年変化 (単位: %)

最も正答率が高い中学2年生においても4割程度となっている。2007年は、小学6年生と中学3年生のみ正答率が上昇しており、上下の変動が繰り返されている。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置1の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、調査時期、及び学年の主効果が有意であった ($\chi^2_{(1)}=24.30, p<.01$; $\chi^2_{(5)}=15.50, p<.01$)。一方、調査時期と学年の交互作用は見られなかった ($\chi^2_{(5)}=10.99, n.s.$)。正答率の差の検定を行ったところ、1985年の小学4年生と中学2年生の間にのみ有意な上昇が見られた ($p<.01$)。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生、5年生、6年生、中学3年生において有意な差が見られた ($p<.01$; $p<.05$; $p<.01$; $p<.05$)。以上のことから、1985年においては小学4年生から中学2年生にかけて正答率が上昇傾向にあるといえる。一方、2007年においては一貫した傾向は見られないものの、小学4年生の「月の動き」や中学3年生の「天体の動きと地球の自転・公転、惑星の公転」等の学習の効果が考えられる。また、統計的な有意差は見られなかったものの、2007年においては天文分野の学習が設定されていない学年では正答率が下降する傾向が見られる (小学6年生を除く)。

また、誤答傾向を事例的に検討するために2007年調査における当問題の正答エ、左右概念のみを間違えた誤答ウ、その他の誤答の選択率を整理した結果を図8に示す。図8における学年変化をみると、中学1年生以外は正答エの増減に対して誤答ウが逆に連動する傾向にある。誤答ウを選択した被験者は半球概念については理解しているものの、左右が逆転することについては正しく認識できていないことになる。また、全体としては減少傾向にあるものの、中学生においてもその他の誤答を選

図8 2007年の質問2位置1の正答エと左右概念のみを間違えた誤答ウ及びその他の選択率の学年変化 (単位: %)

択した被験者が約2～3割程度存在する。このような被験者は、真横から球に光を当てたときに半月状の影が見えるという半球概念が十分に定着していない等の課題が考えられる。

6.4. 球形概念

球形概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置6 (観察者の太郎君と回答者で見る方向が45°異なる) の正答率の変化を比較した。その結果を、図9に示す。

中学校3年生で正答のケを選んだ被験者は1985年が4割、2007年が5割程度である。また、1985年は、小学4年生から中学2年生まで正答率が一貫して上昇し、中学3年生で若干下降している。2007年は、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、小学5年生と中学3年生において下降している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置6の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意であった ($\chi^2_{(5)}=79.40, p<.01$)。

また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため ($\chi^2_{(5)}=14.70, p<.05$)、正答率の差の検定を行った。前々項と同様に、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、小学4年生の正答率が有意に低いことが明らかとなった ($p<.01$)。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学2年生と3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった (両学年とも $p<.01$)。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生のみ有意な差が見られた ($p<.01$)。

以上のことから、1985年においては、小学4年生の「太陽の形と動き、月の形と動き」の学習の影響が顕著であったと考えられる。また、1985年、2007年ともに最も正答率が高いのは中学2年生の5割程度であり、正答率の学年変化も類似した傾向を示している。

図9 質問2位置6の正答率の学年変化 (単位: %)

6.5. 空間認識と学習指導要領

前項までの分析結果を、学習指導要領の違いという視点から検討するために、昭和52(1977)年改訂下の1985年と、平成10(1998)年改訂下の2007年の天文単元の学習時期・内容と半球概念、球形概念、左右概念の形成状況について考察する。

まず、視点移動を伴う半球概念は、1985年においては中学1年の学習成果として中学2年生の正答率が最も高く、2007年においては当該学年の学習成果として中学3年生の正答率が最も高くなることが明らかとなった。視点移動を伴わない半球概念は、2007年においては視点移動を伴う場合と同様である。しかし、1985年においては、中学2年生のみでなく小学6年生の正答率も高くなっている。小学5年生における天文分野の学習内容は、星の動きに関する内容が中心であるため、その他の学習も影響していると考えられる。また、左右概念は、1985年においては中学1年生の学習の成果として中学2年生の正答率が最も高くなっている。一方で、2007年においては既に小学4年生において1985年よりも正答率が高く、その後は多少の前後はあるものの横ばい傾向にある。そして、球形概念は、1985年においては小学4年生の学習の成果として小学5年生の正答率が高くなると共に、中学2年生の正答率が最大となっている。2007年においては中学2・3年生の正答率が最も高くなることが明らかとなった。

これらのことから、中学3年生時点における空間認識の形成状況は、天文分野の学習機会が減少した平成10(1998)年改訂下においても、昭和52(1977)年改訂下と比べて同等以上であると考えられる。また、統計的な有意差はないものの、昭和52(1977)年改訂下の中学3年生の空間認識は、いずれの要素においても中学2年生時と比較して低下傾向に転じている。このため、平成10(1998)年改訂下においても、高校1年生を対象に調査を実施すると空間認識がやや低下していると推測される。

また、球形概念については、天文単元の学習前後の変化が分かる1985年では、小学4年生の月の満ち欠けの学習による正答率の上昇が最も大きく、学習後1年たって正答率の減少がある場合でも減少幅は比較的小さい。また、2007年の調査で天文単元を学習していない小学6年生や中学1・2年生においても正答率が少しずつ伸びていることから、算数・数学等の教科や生活経験等の影響が考えられる。そこで、他の教科の中では調査事項に最も近い学習内容と考えられる算数・数学の図形領域について検討した。学習指導要領に基づく、算数・数学の

図形領域の変遷を整理した結果を表3に示す。これを見ると、平成10年改訂の学習指導要領は小学校では、昭和52年改訂の内容を概ね1～2年後に学習し、中学校でも相似条件が1年後の3年生で学習するなど学習内容の先送りが見られる。

調査時期から1985年は学習した次の学年、2007年はその学年での正答率の上昇に影響したと考えられるが、図9と表3より1985年は、小学4年生の立体や中学1年生の空間図形、2007年は、小学6年生の立体や中学1年生の空間図形の学習が影響した可能性がある。特に2007年の小学6年生と中学1年生については天文単元の学習はなく、算数の立体と数学の空間図形の学習の影響が最も可能性が高いと考えられる。

しかし、正答率の上昇は、1985年の月の満ち欠けの学習後の小学5年生ほどの大きな変化ではなかった。これは、月の満ち欠けの学習はボールの満ち欠けの調査と状況設定がほぼ同一で、直接的な影響が考えられるのに対

表3 学習指導要領の変遷と各学年の図形領域の内容^[11]

	昭和52(1977)年	平成元(1989)年	平成10(1998)年
小1	ものの形	ものの形	ものの形
小2	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形など	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形など	ものの形
小3	二等辺三角形・正 三角形など 円	二等辺三角形・正 三角形など 角・円	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形
小4	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形など 立方体・直方体 ものの位置	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形など 立方体・直方体 ものの位置	二等辺三角形・正 三角形 角 円
小5	合同・頂点・辺・角 図形の簡単な性質 円周率の意味	合同・頂点・辺・角 図形の簡単な性質 円周率の意味	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形 図形の簡単な性質 円周率の意味
小6	線対称・点対称 縮図・拡大図 角柱・円柱 角錐・円錐	線対称・点対称 縮図・拡大図 角柱・円柱 角錐・円錐	立方体・直方体 簡単な角柱・円柱
中1	空間図形 図形の作図 図形の計量	図形の作図と平面 図形の理解 空間図形	基本的な図形の作 図、 空間図形と図形の 数量
中2	平面図形の性質 三角形の合同条 件・相似条件	平面図形の性質 三角形の合同条 件、相似条件	平面図形の性質 三角形の合同条件
中3	円の性質 三平方の定理・立 体の相似比	円の性質 三平方の定理、扇 形、立体の相似比	三角形の相似条件 三平方の定理

して、立体や空間図形の学習は、調査問題と状況設定が異なるため、間接的な影響しか及ぼさなかったためと考えられる。

一方、左右概念については、小学4年生、5年生、6年生、中学3年生において2007年の方が正答率が高かった。これは、それまで8方位の月の形を学んでいたものが、平成10年の改訂で月の形が2種類に絞られたことで、左右の逆転がより焦点化されて身につけやすかったことが原因の1つと考えられる。このように、より直接的に月の満ち欠けにおける左右逆転の原理を定着したことが、図形領域の先送りの影響を越えて、ボールの満ち欠けの形の左右逆転の考えに強く影響したものと考えられる。

また、中学3年時で比較すると、各概念の正答率が2007年は1985年と同等かそれ以上であることから、天文単元を中学1年から3年に移行したことは、おおむね良い結果であったと考えられる。さらに、今回、月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子についての考えをもつことができるようにするという内容を小学校6年に追加した平成20年の学習指導要領改訂^{[12][13]}の方向性は、より好ましい結果をもたらすのではないかと注目される。そこで、この予測の真偽を確かめるため、2008年改訂の現学習指導要領下での空間認識についても、実施後6年程度経過時に同様の調査を継続して行う必要があると考えている。

7. まとめと今後の課題

天文分野の学習指導要領と児童・生徒の空間認識形成との関係を調べるために1985年及び2007年当時の小・中学生の空間認識を分析し、次のようなことが判明した。

- (1) 半球概念は、中学3年で逆転するものの、小学5年から中学2年まで2007年の方が1985年よりも正答率が概ね低い。
- (2) 球形概念は、小学校の天文学習によっても大きく伸びる。学習後の定着は比較的良好。小学4年のみ有意に2007年の方が1985年よりも正答率が高い。
- (3) 左右概念は、小学4・5・6年と中学3年で2007年の方が1985年よりも正答率が有意に高い。一方で、2007年は天文分野の学習が設定されていない学年では正答率が下降しやすい傾向が見られる。
- (4) 天文単元を学習しない小学5年～中学2年の間も空間認識が少しずつ向上しており、他の影響も考えられる。
- (5) 1985年・2007年の調査とも中学3年の約半数が球形

概念や左右概念が理解できていない実態から、概念としての定着を図るために、なお一層の工夫が必要と考えられる。

また、2007年の調査では、統計的な有意差は見られなかったものの、本稿で取り上げた4つの設問全てにおいて小学5年生の正答率が低下する傾向が見られた。小学4年生は天文単元の学習直後で高く、小学5年生は学習後1年以上経過した影響も考えられる。このため、このような知見を踏まえて、空間認識をわかりやすく、確実に定着させ、発展させる学習指導法についてより一層研究を深める必要があると考えられる。

本論文の執筆にあたっては、匿名の査読者より貴重な指摘を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] 江田稔・三輪洋次編著，“新中学校教育課程講座 理科”，ぎょうせい，(1999)，105，151
- [2] 江田稔・三輪洋次編著，“中学校学習指導要領の展開 理科編”，明治図書，(1999)，143-144
- [3] 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，62(3) (2009)，79-88.
- [4] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1978)，25-26，41-43，72-73，88-90，105-106.
- [5] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1978)，76-82.
- [6] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1989)，42-43，70-71，84-86.
- [7] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1989)，72-79.
- [8] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1999)，26-28，37-39.
- [9] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1999)，86-91.
- [10] 吉川弘行ら，“未来へひろがるサイエンス2分野下”，(2005)，啓林館，88
- [11] 国立教育政策研究所，学習指導要領データベースインデックス <http://www.nier.go.jp/guideline/>
- [12] 文部科学省，“小学校学習指導要領解説理科編”，(2008)，14-17，30-31，41-42，66-67.
- [13] 文部科学省，“中学校学習指導要領解説理科編”，(2008)，12-15，86-90.

●2013年12月23日受付

おかだ だいじ
広島国際学院大学 工学部 教授
〒739-0321 広島市安芸区中野 6-20-1
TEL : 082-820-2566
E-mail : okada@hkg.ac.jp

まつうら たくや
広島大学大学院教育学研究科 准教授