

小学校算数科の図形領域における曲線に関する教材開発と教育実践

津田 真秀 ・ 黒田 恭史

(京都教育大学附属京都小中学校・京都教育大学 数学科)

Development of Teaching Materials and Educational Practice of Curve

in Figure Area of Elementary School Arithmetic

Masahide TSUDA ・ Yasufumi KURODA

2018年11月30日受理

抄録：従来の「量と測定」領域と「図形」領域が再編成され、小学校低学年では量を測定するプロセスを重視し、小学校高学年では図形の計量的考察を充実させる構成となった。先行研究においても図形領域の内容構成の整理や教育実践がされているが、これまでの全国学力・学習状況調査等の結果から、平面図形の性質や構成要素の理解に課題があることが明らかとなっている。本稿では、小学校段階における平面図形の性質に関する指導について、図形の定義・性質や作図の意味理解の向上を目指し、小学校第5学年を対象に円と円に内・外接する正多角形や代表的な曲線を題材として教育実践を行い、その指導法の有効性を検証した。

キーワード：小学校算数科、図形教育、円と正多角形、教育実践

I. はじめに

平成32年から全面実施される小学校算数科学習指導要領において、その内容は5つの領域で示している。新規に「測定（下学年）」領域が設定され、量を測定するプロセスの充実が重視する一方、図形の性質を考察する領域としての「図形」領域の位置づけを明確にし、上学年では図形の計量的考察が充実するよう再編成されている。実際、図形学習と長さや面積といった測量は密接な関係があり、小学校段階においてはものさし、コンパス、角度器といった道具が学習に欠かせないものとなっている。その後、中学校数学科において作図や測量の扱いは一部であるものの論証問題や解析幾何が中心となり、図形の定義・性質を厳密に扱う構成となっている（中学校数科学習指導要領）。

ところで、図形教育の今日的課題として、平面図形の性質や構成要素の理解に課題があることが先行研究より明らかとなっている。平成29年度全国学力・学習調査（算数A・数学A）において、正多角形の性質を用いて、円に内接する正五角形の構成について解答する問題での正答率が75.7%であった。正多角形が合同な二等辺三角形で構成されている性質を見いだす必要があるが、感覚的に角の大きさを判断した誤答が見られた。また、証明に関する内容で、作図の手順を読み、根拠として用いられる平行四辺形になるための条件を選択する問題の正答率は49.7%であった。これらの要因として、図形の定義や性質を混同していること、作図の意味理解に課題があることが挙げられる。小学校・中学校段階において、対象となる図形の構成要素の理解に課題があることが考えられ、図形の性質を見出し、その特徴を理解することが重要であると考えられる。

横地（2006）は、具体的な場面から図形を見出し、それらの特徴や性質を学習者自身が確かめていく活動内容についての重要性について指摘し、小学校入学前から高学年段階までの図形学習についての学習内容を整理・再構成している。鈴木（2010）は、「図形の性質」「計量」「空間」「運動」「論理」のバランスと相互関係を重視した領域設定と内容構成について言及し、図形の性質と計量に重点が置かれがちなことの問題点を指摘している。葛城・黒田（2018）は、「これからの小学校算数科の図形教育では、児童が具体物の観察、制作、作図、実験などの具体的な操作活動を通して、平面・立体図形の知識や性質の内容理解を深めることができる教育内容・教育方法を考案し、より高次の数学内容への発展が可能な実践につなげていくことが重要であると考えられる。」と

述べ、小学校段階を対象とした折り紙の算数教材を開発・実践している。これらを受け、図形教育の今日的課題とされている、図形の定義・性質理解向上のために、小学校段階における図形教育の「円と正多角形」に着目し、作図・測量という具体的な操作活動を通して、円と正多角形の関係やその特徴理解を意図した指導により、図形の構成要素に着目することができる視点の育成につながるのではないかと考えた。

以上に挙げた現状・課題を踏まえ、本稿では、学習者が理解困難とされる図形の定義・性質、作図の意味理解を改善するための円を中心とした曲線の教育内容に関する教材開発を行い、小学校第5学年を対象とした教育実践により、その有効性について検証することを目的とする。

Ⅱ. 小学校算数科における図形教材の開発

1. 教材開発の内容

(1) 小学校段階における図形領域の概要

小学校低学年段階から高学年段階までの図形領域の内容を概観すると、第1学年ではものの形の特徴について捉え、仲間分けしたり形作りをしたりなどの活動を通して、図形についての理解の基礎となる経験を豊かにすることをねらいとしている。第2～第4学年では、各種平面図形について学習し、その特徴理解と作図方法などを体験しながら図形の性質を見出せるよう指導する内容となっている。

一つ一つの図形に関して学習経験を積む一方、第5学年以降では、合同な図形や円と正多角形など、2つの図形を比較するという図形間の関係について捉え、図形の構成する要素に着目する見方や考え方が必要となる。第6学年では縮図や拡大図といった相似につながる学習内容を扱い、さらには作図等の活動を振り返り、筋道を立てて論理的に説明するといった、証明に関する内容にも取り組む。

このように、段階を踏んで指導される図形領域において、小学校高学年段階での学習はその後の数学学習に関わる基礎となる部分が多い。特に、円と正多角形に関しては、中学校段階においても円周率について再度扱われたり、高等学校段階においては平面図形の性質や三角比などが登場したり、多くの学習場面で登場する。

(2) 円と正多角形

「円と正多角形」の単元は、円に内接する正多角形の特徴を考察して作図や操作的活動を行うこと、円の直径と円周の関係に着目することを通して、円周率の意味とその求め方を考えることが主な内容である。

3つ以上の直線で囲まれた図形を多角形といい、多角形のうち、辺の長さや角の大きさがすべて等しいものを正多角形という。第2学年で正方形、第3学年で正三角形を学習し、第5学年では「合同な図形」において、2つの図形における辺や角の相等に着目するなどしてきている。また、「面積」において、三角形や平行四边形などの面積を、既習である図形の求積方法をもとに考え、公式を導く学習をしている。こうした学習を経て、本単元では一般的な多角形（正六角形・正八角形など）について扱われる。

円については、第3学年で円が登場し、半径・直径といった用語が扱われる。その後、第5学年で直径と円周の関係を調べ、円周率の意味を理解させる。円周率とは、直径に対する円周の倍率であり、「円周率＝円周÷直径」と表すことができる。

(3) アルキメデスの原理

正多角形には、円に内・外接する性質がある。例えば、円に内接する正六角形の周の長さは、正六角形の辺2つ分の長さが直径と等しいことから、「直径×3」と表すことができる。また、円に外接する正方形の外周は、円の直径の4倍であることから、「直径×4」と表せるので、「直径×3<円周<直径×4」となり、円周は直径の3倍より大きく、4倍より小さいことがわかる。図1は円に内接する正六角形と円周、外接する正六角形の周の長さの大小関係を示したものである。正六角形→正八角形→…とした場合においても同じ関係である。このような円を正多角形で挟み込む考え方により、ギリシャのアルキメデスは正多角形の辺の数を増やしていき、正96角形まで計算して円周率を求めている。

しかし、小学校段階においては、円周は直径の3倍より少し大きいことを見当づけるまでの扱いとなっている。これは、内接多角形や外接多角形の周の長さを求める際に、使える手段が限られているからであるためである。中学校段階で学習する「三平方の定理」や高等学校で扱われる「三角比」など学習内容を活用すれば、代表的な

角度の場合、簡易に周の長さを求めることができる。さらに、関数電卓などの計算機器を活用すれば、代表的な角度以外の場合においても計算が可能であり、より円に近い正多角形による演習の近似が可能となる。

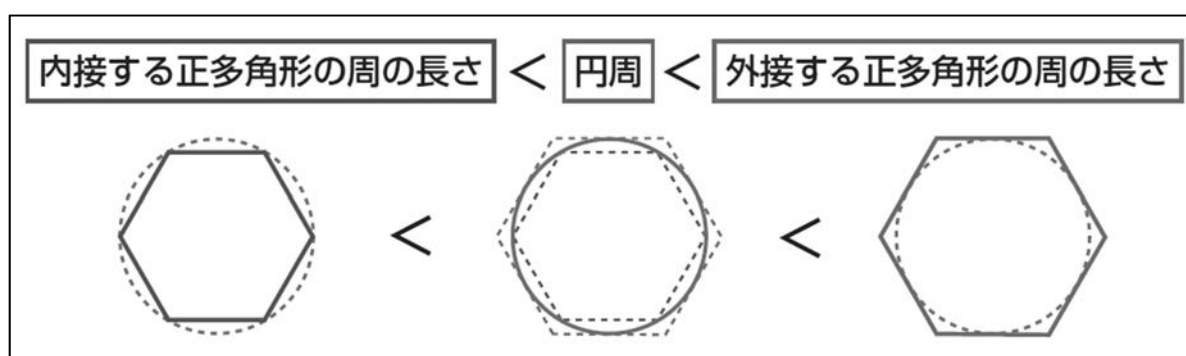


図1 円に内・外接する多角形の周の長さとの関係

(4) 開発した教材・教育内容について

学習内容に制限がある小学校段階においては、実測による周の長さの近似を用いる。実際、教科書内においては、様々な円の直径と円周の関係を実測して求めることにより、円周が直径の約 3.14 倍になっていることを帰納的に調べる学習内容が扱われている。本実践においては、そうした学習経験のもと、円に内接・外接する多角形の周の長さを計算・実測することにより、それぞれの周の長さは、多角形の角の数を増やしていくごとに、円周に近づいていくことを実感させる。

本時では、直径 10cm の円を題材にする。この円の円周は「 $10 \times 3.14 = 31.4$ 」で 31.4cm である。前時に円に内接する正六角形の作図を学習している。ここでは円の半径に等しく開いたコンパスで、円のまわりを順に区切って正六角形の頂点となる場所を決めている。作図された六角形を三角形に分割すると、6 つ正三角形となり、全て合同である。円の半径と正三角形の 1 辺の長さが等しくなっていることから、前述の方法で円に内接する正六角形を作図することができる。

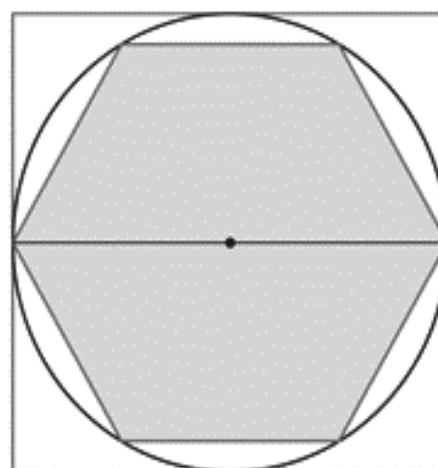


図2 円に内接する正六角形と外接する正方形

しかし、円に外接する多角形の扱いは教科書内にも無く、実際に作図させる場合にも困難が生じる。最も作図が簡易であると考えられるのは、円に外接する正方形の作図である。(図 2) 直径の長さを一辺とする正方形の作図により、円周が正方形の周の長さよりも短いことがわかる。

こうした作図によって円周を求める方法は、大まかな数値を求めることはできるが、「円に近づく」ためには複雑な計算を要する場合もある。小学校段階においては、簡易な手段として具体物を用いた直接的な実測も考えられる。例えば、円の場合、ひもなどを用意して円周を囲み、そのひもを水平において実測する、あるいは、輪ゴムなどのように、あらかじめ円形にしておいたひもをはさみで切るなどして直線にするなどの方法が考えられる。また、教科書内では、「円周測定マシン」を用いて、目盛りの入った台の上で円を転がすことによって、一周した際の長さを目視できる内容が扱われている。以上のような測定方法で重要なことは、様々な直径の長さの円を調べるという点である。直径が大きくなればなるほど円周も大きくなるが、その比率に関しては一定である。また、内接する正六角形に関しても、どのような大きさの場合においても「内接する正多角形の周の長さ < 円周」という関係は変わらない。こうした帰納的な実測や、円の性質に関する事象の一般性などを厳密に行わなくとも見当付けさせることが目的となる実践である。

Ⅲ. 小学生第5学年を対象とした教育実践

1. 教育実践の概要

教育実践の概要は、次の通りである。

対象：京都教育大学附属京都小中学校第5学年，Bクラス計30名

時期：全5時間（45分×5），2018年1月～2月

場所：京都教育大学附属京都小中学校

内容：「円と正多角形」に関する内容と発展課題

【正多角形の性質理解と作図】

第1時 折り紙を用いた正多角形の作成と正多角形の特徴（正六角形・正八角形など）

第2時 角の等分割による正多角形の作図

第3時 円周の等分割による正六角形の作図

第4時 円に内接する正多角形の周の長さの実測

第5時 円周の実測と円周率

2. 教育実践の結果と考察

(1) 基本的な正多角形の作図

第1～3時は正多角形の性質理解と代表的な正多角形の作図方法について学習する。第1時では、折り紙を用いて正六角形と正八角形を作成し、「正多角形は、辺の長さがみんな等しく、角の大きさもみんな等しい多角形のことをいいます。」と正多角形を定義し、その特徴について学習する。第2時では、円に内接する正多角形の作図方法について、折り紙での操作を想起して考える学習について取り扱う。ここでは、円の中心に分度器合わせ角を等分して正六角形を作図した後、円を用いて任意の正多角形を作図する練習をする。作図する際に、中心の「360度」を等分できる数でないと作図できないことを体験し、正多角形が円に内接するという性質を作図という具体的な活動を通して確かめることができる。第3時では、コンパスを用いて円周を等分することによる正六角形の作図方法について学習する。導入の際は、前時で学習した分度器を用いた作図方法について復習し、本時では分度器を使わずに正多角形を作図できるかどうかを考える。活動の手立てとして、正六角形の特徴やコンパスを用いた二等辺三角形の作図方法などを想起させ、辺の長さに着目してコンパスを使って順々に円周を分割する方法にたどり着くよう促す。作図できた学習者に対しては、なぜこの方法を用いて正六角形を作図することができるのかを考えるよう指示した。これまでの学習で、正多角形が合同な二等辺三角形で構成されていることについては扱っているため、ものさしを用いて作図した正六角形の辺の長さを調べると、円の半径と正六角形の一辺の長さが等しいことに気づくことができる（ここで、正六角形は合同な正三角形で構成されていることにも触れる）。学習のまとめの際には、ほかの正多角形を同様の方法で作図できるかと問い、コンパスのみを用いた方法は正六角形のときだけに適用できることを強調する。

(2) 円と内接・外接正多角形の関係

第4時では、これまで学習してきた正多角形の性質・特徴、作図方法を応用して、円とそれに内接・外接する正多角形との関係を明らかにする。

本時は、円の円周を内接・外接する多角形の周の長さを用いて挟み込む学習の導入部分であり、それぞれの周の長さが、多角形の角の個数を増やしていくごとに円に近づいていくことを実感させることを目的とする。最初に、提示した円の円周を求めるためにどうすればよいかを考えさせる。「直径×円周率」のように公式で求めるのではなく、実測できる長さとしてどのような測り方があるかという視点を持たせる。さらに、提示した円とそれに内接する正六角形を比べて、どちらの周りの長さが長いか予想させる。「外側にあるほうが長い」と素朴に感じている生徒が多数であると考えられるが、どうすれば2つを比べることができるかについて案を出させる。この時点で、比べる方法としては「ものさしで測る」「図形同士を重ねる」「計算して求める」といった意見が上がったが、「円はものさしで測ることができない」といった意見も上がった。その後、用意した円の円周をひも

で取り巻き、その長さで切る。そのひもを正六角形の角と辺に合わせて一辺ずつ検証していきながら周の長さをとっていく。最後には正六角形の周を全て取り巻きながらも、ひもが少し余ることから、「内接する正六角形の周の長さ<円周」という関係を全体で共有する。

自力解決場面では、まず、内接する正六角形の周の長さから求める。これは、円の半径が正六角形の一辺の長さとなる。直径 10cm の円の半径は 5cm で「 $5 \times 6 = 30$ 」で 30cm と、簡易に求めることができる。なお、生徒は円に内接する正六角形の作図から取り組む（前時で既習）。こうして円周の長さは、「30cm より少し長い」という

ところまで明らかとなるが、円周の長さと誤差があり、円に近づけるためにはどうすればよいかという課題が生まれる。正多角形の角を増やせばよいという意見も出るであろうが、その長さを求める際、正六角形のように簡易にできる保証がないことも考えさせる。内接する正多角形の角を増やす際、分度器を用いて中心角を分割してから作図する方法を用いる。分割する際は、360 の約数となる数字（6, 8, 10, 12 など）を用いると都合がよいということにも気づかせる。そして、それぞれが内接する正多角形を作図し、その一辺の長さを実測して計算することにより、周の長さを求める（手計算で行うため、数値は小数第 1 位までとする）。

集団解決場面では、正多角形の角の数を増やすことにより、より円周に近い値を求めることを確認しつつ、この段階では円周の下限値が明らかになっただけであることを伝える。これはより正確な値に近づけるにあたって、上限値の存在にも気づかせることができる（下限値・上限値ともに、本題材であれば 31.4cm に近づいていく）。

(3) 円周の実測と代表的な軌跡

第 5 時では、円周の実測を行い、直径と円周との関係から円周率を導く学習を行う。啓林館算数教科書の巻末付録にある「円周測定マシーン」という、くぼみのあるものさしの上を手で転がし、円周の長さを実測できるものがある。付録には様々な直径の長さの円が用意されていて、本実践ではグループ活動でそれぞれが円周を測定し、調べたことを共有する学習を行った。半径が 4cm→5cm→…と大きくなるにつれて、その円の周の長さも大きくなることを、測定結果より明らかにした。すべての円周を測定できたグループから、測定結果から気づいたことを考察し、この段階で円周率について直径に対する円周の倍率であることから「 $\text{円周} \div \text{直径} = 3.14 \dots$ 」の計算を行っている学習者もいて、どの大きさの円においても値が 3.14 付近であることを確かめる活動へとつなげた。本時において、この比率のことを円周率とよぶことを定義し、「 $\text{円周} = \text{直径} \times \text{円周率}$ 」の式から、様々な大きさの円の周の長さを求めることができるようになる。

その後、転がしていた円の端がどのような動きをしているのかを考える活動を行った（例示として端にシールを貼り付けたガムテープを目の前で転がした）。この段階で動き方の予想をし、その後 3 分程度の動画を視聴する。内容は自転車の反射板がサイクロイド曲線と同じ動き方をしているものがあり、実生活に即したものとなっている。

予想の段階では、学習者は円運動をするということに関して一定の理解をしているが、物体と地面が接触していることから、軌跡の範囲を設定することに困難が生じたと考えられる。なお、本時間においては、サイクロイド曲線の紹介のみであり、「シールの印がもっと内側にきたらどんな動きをするのだろうか」と、他の曲線の存在について言及して授業を終える形となった。

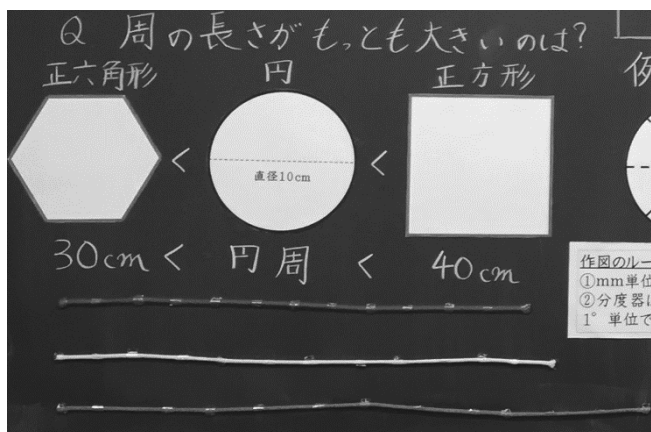


図 3 ひもを用いた円周と正多角形の周の長さの比較

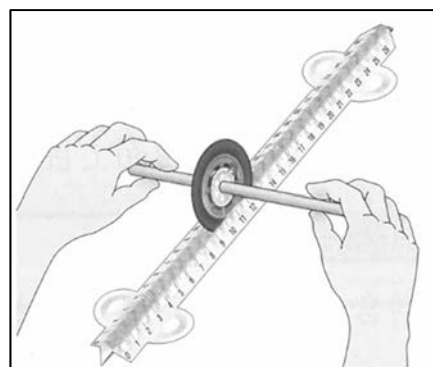


図 4 円周測定マシーン
(啓林館算数教科書巻末付録)

IV. 事前・事後認識調査分析

(1) 事前・事後認識調査概要

「円と正多角形」に関する内容について、事前・事後の認識調査を行った。(図5)対象は京都教育大学附属京都小中学校第5学年、Bクラス計30名で、実施期間は事前調査が2017年12月、事後調査は教育実践終了後の2018年2月に行った。全5問で、「円と正多角形」に関わる学習内容について選択・記述式で解答するものとなっている。各問題において明らかにしたい児童の認識は計5つあり、「曲線の長さに関する認識(選択)」「円の特徴に関する認識(選択・並べ替え)」「作図の意味理解に関する認識(記述)」「代表的な曲線に関する認識(選択)」「部分と全体に関する認識(選択・記述)」のように出題した。解答時間は約20分で、授業実践前に事前調査を行い、円と正多角形の単元の学習がすべて終わった後に事後調査を行った。

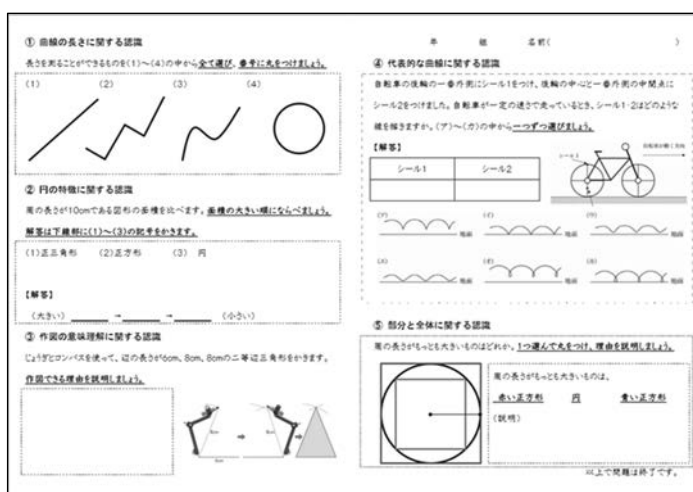


図5 認識調査概要

表1は事前・事後調査の内容と正答率の集計結果である。なお、「曲線の長さに関する認識」「部分と全体に関する認識(選択・記述)」は授業実践の第4時、「作図の意味理解に関する認識(記述)」は第3時、「代表的な曲線に関する認識(選択)」は第5時に該当する内容である。「円の特徴に関する認識(選択・並べ替え)」に関しては、授業実践でも算数教科書においても扱いの無い内容であるが、周の長さと部分と全体に関わる認識を調査するために出題した。事前・事後調査の正答率において大きく変化した問題は「曲線の長さ(円)」「作図の意味理解(記述)」「代表的な曲線(サイクロイド)」である。以下では、正答率の変化や記述分析を設問ごとに考察する。

なお、事前・事後調査において、円と正多角形の学習内容に沿わせることや、学習者の混乱を避けるために、一部問題を修正・変更している箇所がある。

表1 事前・事後調査の集計結果

問	内容	実践との対応	事前	事後
1	曲線の長さ(直線)	円に内接する正多角形の周の長さの実測	100%	93.3%
	曲線の長さ(カギ線)	(直線・カギ線は既習済み)	100%	93.3%
	曲線の長さ(曲線)	(曲線は教科書での扱いなし)	10.0%	13.3%
	曲線の長さ(円)	(円は第3学年で初登場)	46.7%	80.0%
2	円の特徴(選択・並べ替え)	扱い無し	10.0%	16.6%
3	作図の意味理解(記述)	円周の等分割による正六角形の作図	26.7%	70.0%
4	代表的な曲線(サイクロイド)	円周の実測と円周率(動画視聴)	36.7%	70.0%
	代表的な曲線(トロコイド)	扱い無し	3.3%	13.3%
5	部分と全体(選択)	円に内接する正多角形の周の長さの実測	86.7%	96.7%
	部分と全体(記述)	(事前と事後で内接正多角形を変更)	83.4%	90.0%

(2)「曲線の長さに関する認識」

図5のように直線・カギ線・曲線・円のうち、長さを測定することができるものをすべて選択する問題である。直線・カギ線に関しては、事前事後ともにほとんど学習者が選択している。一方、曲線・円に関しては事前が10.0%、46.7%と、直線・カギ線と比べると低い正答率となっている。本実践を通して、円周を測定する学習機会が豊富だったことから、円に関しては46.7%から80.0%と33.3ポイント上昇している。

「長さを測ることができる」という問いに対して、ものさしを使うことを連想した学習者は曲線のように計算公式を用いて長さを求めることができないものに長さが存在すると認識できなかったことが正答率の低さの要因である可能性がある。

(3)「円の特徴に関する認識（選択・並べ替え）」

「円の特徴に関する認識（選択・並べ替え）」は、周の長さが10cmの正三角形・正方形・円のうち、面積が大きい順に図形を並べ替えるという問題である（事前では長方形も含めていたが、例示の図形の大きさを見て混同する解答が見られたため、事後では削除。図6は事後調査）。正答は円→正方形→正三角形の順となるが、事前10.0%、事後16.6%とさほど大きな変化が見られなかった。

(4)「作図の意味理解に関する認識（記述）」

事前・事後ともにコンパスを用いた作図方法について、その意味理解を問う問題である（図7）。事前では辺の長さが8cm、8cm、6cmとなる二等辺三角形の作図に関して、作図の手順が示された図を見て、この手順で作図ができる理由を記述する（学習内容は小学校第3学年）。事後では、円にコンパスを用いて内接する正六角形を作図する問題である。正答率は事前の二等辺三角形が26.7%、正六角形が70.0%と43.3ポイント上昇した。誤答例として、「コンパスを使ってしるしをつけるから」「しるしが重なるから」など、作図の手順を説明するに留まるものが挙げられる。正答例として、「コンパスは同じ長さをうつしとることができるから」「正六角形はすべての辺の長さが同じだから」のように、作図に用いたコンパスの特徴についての記述や作図した図形の構成要素に着目したものが挙げられる。さらに、正六角形の作図に関しては、「半径の長さを測って」のように、作図する際に円の半径に着目している記述も見られた。実際、作図の活動において、円に内接する正多角形をコンパスのみを用いて作図するには正六角形のみにはしか適応できないため、他の作図方法と区別して理解していると考えられる。

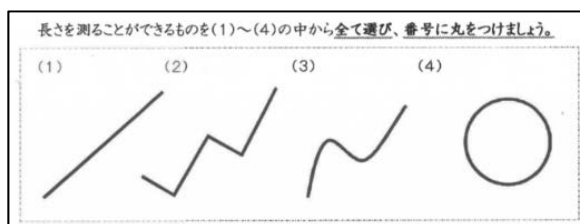


図6 曲線の長さに関する認識

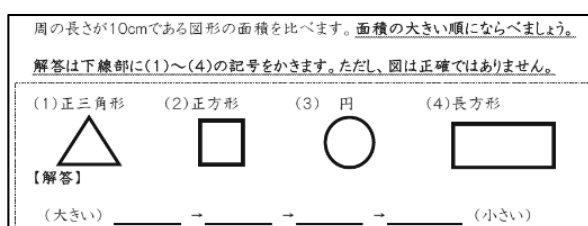


図7 円の特徴に関する認識（選択・並べ替え）

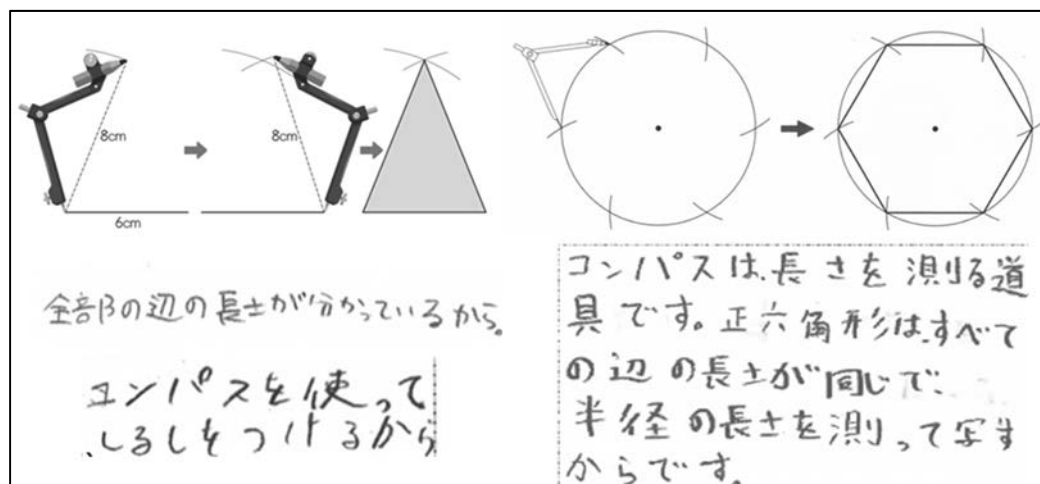


図8 作図の意味理解に関する認識（記述例）

(5) 「代表的な曲線に関する認識（選択）」

自転車の後輪の一番外側にシール1をつけ、後輪の中心と一番外側の中間点にシール2をつけました。自転車が一定の速さで走っているとき、シール1・2はどのような線を描きますか。(ア)～(カ)の中から一つずつ選びましょう。」と、具体的な問題場面における曲線について問う問題を出題した(図8)。選択肢の中には、サイクロイド曲線、トロコイド曲線やそれに類似するもの、地面からの高さが違うものなどが含まれている。

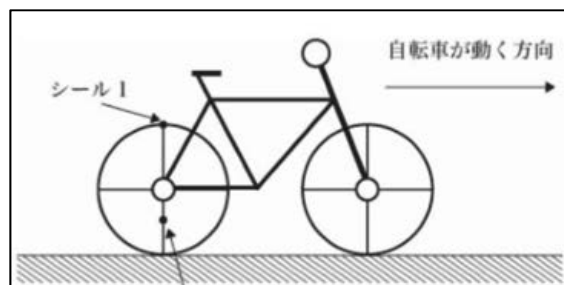


図9 代表的な曲線に関する認識（選択）

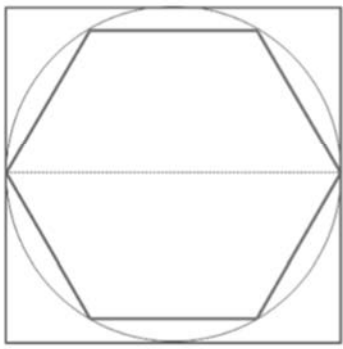
短時間の動画を視聴するだけでも、サイクロイドについては36.7%から70.0%と、43.3ポイント正答率が上がっている。トロコイドについては、3.3%から13.3%と10ポイント正答率が上がっているものの、サイクロイドに比べると低い正答率となった。

なお、事前調査でサイクロイドの誤答が事後調査で正答となった数が13名で、そのうち7名が「曲線の長さに関する認識」の円においても同様の変容が見られた。

(6) 「部分と全体に関する認識（選択・記述）」

円とその内接する正六角形、外接する正方形について、周の長さが最も大きいものを選択し、その理由を記述する。選択に関しては、86.7%から96.7%と10ポイント正答率が上昇している。記述に関して、外接する正多角形の周が最も大きいことの理由として、「正方形が一番外側にあるから」「正方形の内側に円と正六角形が含まれているから」「正六角形も円もすべて青い正方形の中にすっぽりとおさまっているからです。」のように、図形の部分が全体の内部にふくまれていることを記述している回答を正答とした。正答率は83.4%から90.0%と6.6ポイント上昇している。事前事後ともに部分と全体に関する認識調査においては、他の問題と比べて高い正答率を示す結果となった。「直線にしてみたら、正方形が一番長い」「長さを実際に測ると正方形の方が大きいから」のように、実測した経験から理由を記述する回答も見られ、本実践においては、円に内・外接する正多角形の周の長さを実測し比較しているので、事後調査の記述は経験に基づいたものであるといえる。

周の長さがもっとも大きいものはどれか。1つ選んで丸をつけ、理由を説明しよう。



周の長さがもっとも大きいものは、

赤い正六角形 円 青い正方形

(説明)

正六角形も円もすべて青い正方形の中にすっぽりとおさまっているからです
直線にしてみたら、正方形が一番長い

図10 部分と全体に関する認識（選択・記述）

IV. まとめ

本稿では、小学校算数科の図形領域における実測経験を伴った図形の構成要素、作図の意味理解を目指した教材開発と教育実践、さらに実践の効果を検証するための認識調査を行った。その結果から、小学校段階における平面図形の性質に関する認識特性と効果的な指導法について以下のように整理した。

1. 「円と正多角形」の単元に着目し、複数の図形を比較や円を含む多様な曲線を扱いによる作図・測量の活動を通して図形の構成要素や性質理解を目指す教材開発を行った。
2. 事前調査分析によって、測定したことがない図形や作図に関する認識に課題があり、特定の図形においては長さを認識することができない学習者が多いことが明らかとなった。
3. 教育実践では、円周の長さを内接・外接正多角形によって挟み込むことでその値に接近していく学習を通して、円や曲線の意味理解に関する認識の向上、さらには正多角形の作図方法や性質理解を目指した。
4. 事後調査分析によって、曲線の測定経験の有無による認識や作図における対象図形の特徴を理解において認識の改善が確認できた。

今後の展望として、曲線の作図やその長さの測定など、体験的な活動を重視した学習内容の構築を検討している。また、他学年での学習内容においても曲線に関する実践の発展課題や認識の変容などを解明していくなどが考えられる。

付記

本論文は『津田真秀・黒田恭史（2018）「算数科における平面図形の性質を重視した指導に関する研究 ―円に内・外接する正多角形を題材として―」数学教育学会 2018 年度秋季例会予稿集, pp.59-61』の内容を加筆・修正したものである。

参考・引用文献

- 文部科学省（2017）「小学校算数科学習指導要領」文部科学省，日本文教出版
- 文部科学省（2017）「中学校数学科学習指導要領」文部科学省，日本文教出版
- 全国学力・学習状況調査『小学校 算数』
- http://www.nier.go.jp/17chousakekkahoukoku/report/data/17pmath_04.pdf（2018 年 11 月 30 日現在）
- 全国学力・学習状況調査『中学校 数学』
- http://www.nier.go.jp/17chousakekkahoukoku/report/data/17mmath_04.pdf（2018 年 11 月 30 日現在）
- 横地清（2004）『小学生に幾何学を教えよう』明治図書
- 横地清（2006）『教師は算数授業で勝負する』明治図書
- 鈴木正彦（2010）「第 6 章 図形」；黒田恭史編著『初等算数科教育法』ミネルヴァ書房，pp.92-109
- 黒田恭史（2010）「第 5 章 量と測定」；黒田恭史編著『初等算数科教育法』ミネルヴァ書房 pp.72-91
- 黒田恭史・岡本尚子（2014）「幾何教育における実践」；黒田恭史編著『数学教育実践入門』共立出版，pp.92-136
- 葛城元・黒田恭史（2018）「小学校算数科の図形領域における折り紙の教育実践 ―伝承文化を取り入れた連続折りの活動を通して―」京都教育大学教育実践紀要，第 18 号，pp.53-62
- 萬伸介，森岡正臣，西城祐子，山尾健一，小畑達哉（2008），円周の長さについて（Ⅰ），宮城教育大学紀要，43 巻，pp.61-70
- 萬伸介，森岡正臣，西城祐子，山尾健一，小畑達哉（2010），円周の長さについて（Ⅱ），宮城教育大学紀要，45 巻，pp.29-38
- 野崎昭弘（1974）『 π の話』岩波書店
- 佐藤雅彦 監修（2010），日常にひそむ数理曲線，小学館
- 数泉編集部（2007）おもしろ自由研究「円周率を求めて」www.chikyo.co.jp/math/pdf/free02.pdf（2018 年 11 月 30 日現在）
- 中学理科の玉手箱「サイクロイド曲線」<http://rika.g.dgdg.jp/rika/gakushuhouhou/souteigai/cycloid/>（2018 年 11 月 30 日現在）

