

図形領域における ICT の効果的な活用

～円の単元の学習を通して～

岐阜県羽島郡岐南町立岐南中学校 小椋 基生

1. 研究を始めるにあたって

平成 30 年度、全国学力・学習状況調査の数学 B 問題における図形領域の正答率から、図形領域において見方や考え方を働かせることに課題が見られ、特に自分の考えを記述する力については改善が必至であることが分かった。図形領域の学習を始める前に、同様の全国学力・学習状況調査の問題を授業で扱うと、実に全体の 32% の生徒が「何を問われているのか理解できない問題があった」と回答をした。そこで、勤務校で行っている学習アンケートの分析を行うこととした。図形に関わる質問項目は以下の通りである。

1. 図形の学習は得意ですか？（4 段階評価）
2. 1 のように選んだ理由を教えてください。
3. 図形の学習で「面白い」「楽しい」と思った場面を教えてください。

これらの質問の回答から、図形領域を苦手とする生徒の傾向として、次の 2 点が挙げられることが分かった。

- (1) 問題として与えられた条件から、図形の性質をイメージすることが困難である。
- (2) ある条件の下で図形の形が変わると、成り立つ事柄を見出すことが困難である。

そこで、これらを解決する手立てとして Gifu 中数研シミュレーションソフト《※1》を活用することとした。シミュレーションソフトには複数の場面を瞬時に作り出したり、図形の変化を動的に見せたりするなど、視覚的な理解を促すことができる利点がある。そのため、問題の場面をイメージしたり、図形が変化する様子を捉えたりするために有効であると考えられる。さらに、条件を的確に把握できることによって、図形を考察していつでも成り立つ性質や関係を見いだす力を身に付

けるために有効であると考えた。また、ICT の活用については（平成 29 年度文部科学白書第 11 章 ICT の活用の推進より）、教科指導における ICT 活用の推進や映像作品や ICT を活用した教材の普及・奨励が謳われている。さらに、子供たちの「確かな学力」を育成するためには、分かりやすい授業を実現することが必要であり、その指導方法の一つとして、教員が ICT を効果的に活用した授業を展開することが重要とされており、活用が有効であると判断し、実践を行うこととした。

《※1》Gifu 中数研シミュレーションソフト
岐阜県中学校数学教育研究会のホームページ
<http://www.chusuken.jp/> にて公開されている。



ホームページは「中学校数学教育研究会（中数研）コンピュータ委員会」が管理しており、ご意見や要望をもとにシミュレーションソフトの開発を随時行っている。後述の NO. 36060 も、今回の実践を行うにあたって新たに作成を依頼したものである。

なお、今回取り上げたようなシミュレーションソフトのように VBA で動くだけではなく、GeoGebra を使ったシミュレーションソフトや、エクセルを使用した計算学習プリントなども使用することができる。ぜひ、一度アクセスしていただき、ご意見や感想などいただきたい。

2. 研究仮説と研究主題、研究内容

前述した内容を基に、以下のように研究仮説を設定した。

問題提示や課題追究の場面で、シミュレーションソフトを活用すれば、図形が変化する様子を捉え、図形を考察し、性質や関係を見いだす力を身に付けることができる

そして次のように研究主題と研究内容を設定し、実践を行うこととした。

図形領域における ICT の効果的な活用
～円の単元の学習を通して～

- ① 導入場面におけるシミュレーションソフトの効果的な活用
- ② 課題追究におけるシミュレーションソフトの効果的な活用

3. 検証方法

本研究を進めるにあたって全国学習状況調査の類似問題を円の領域で作成し、その正答率をもとに考察を行うこととした（作成した類似問題について5. 検証結果に掲載）。

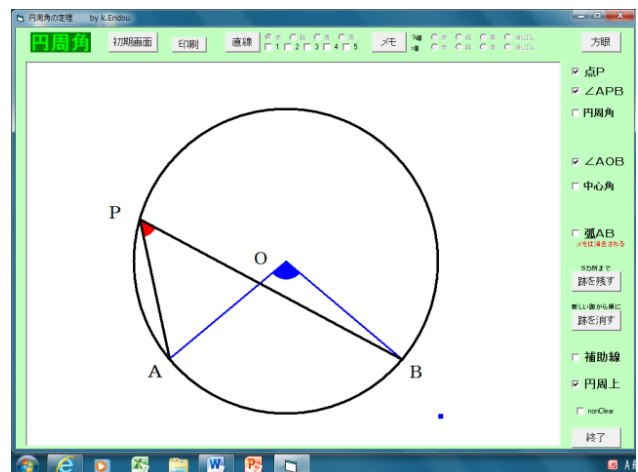
4. 実践

<事例①>

第3学年「円」の単元の学習（大日本図書「数学の世界」第6章、第1節、第1時「円周角」）において、円の弧の両端と、その弧の上でない円周上の1点を結んでできる角には、どのような性質があるかを調べる学習を行った。実際に円周角の定理を証明していくのは次時の活動になるため、本時では、円周角の頂点を円周上の様々な場所に取り、どのようなことが言えそうか、ということ予測できればよい事とした。また、「【数学編】中学校学習指導要領（平成29年告示）解説」では以下のように記載されている。

弧ABを除いた円周上で点Pの位置を変え、 $\angle APB$ の大きさを分度器等で測ることを通して、弧ABを除いた円周上であれば、一つの弧に対する円周角の大きさは、その弧に対する中心角の大きさの半分であるという関係を推測することができる。また、決めた弧ABを除いた円周上に点Qをとり同様に測ることを通して、一つの円において同じ弧に対する円周角の大きさは等しいことも推測できる。その際、コンピュータなどを利用して、同一円周上の点を動かしたときの円周角と中心角の関係を直観的に捉えてから分度器等で測り推測することも考えられる。

そこで以下のようなシミュレーションソフト36040を活用した【図1】。



【図1】シミュレーションソフト 36040

<シミュレーションソフト 36040 の特徴>

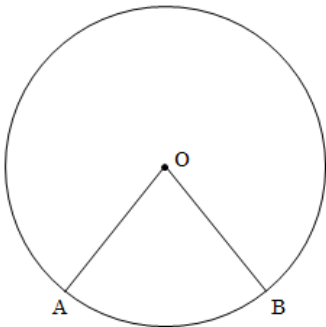
円の弧の両端を固定した状態で、弧ABを除いた円周上の点Pの位置を変えて、円周角を作成することができる。また、点Pが円周上を動く様子を捉える事ができ、5つまで円周角を静止画として保存することができる。また、円の大きさや弧の長さも変えることができるため、様々な条件での円周角について調べることができる良さがある。



また、単元開始前に行うレディネステストの中で以下のような問題を作成した。

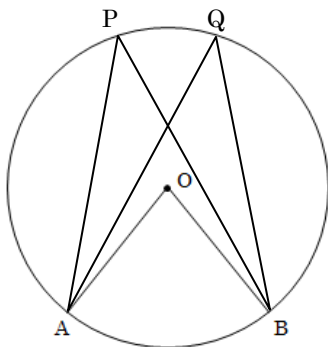
問題

$\angle AOB$ は円 O の弧 AB に対する中心角である。弧 AB の両端 A, B を動かさず、円周上に 2 つ点を取り (P, Q) それぞれの点と A, B を結んで、 $\angle APB$ と $\angle AQB$ を作成しなさい。

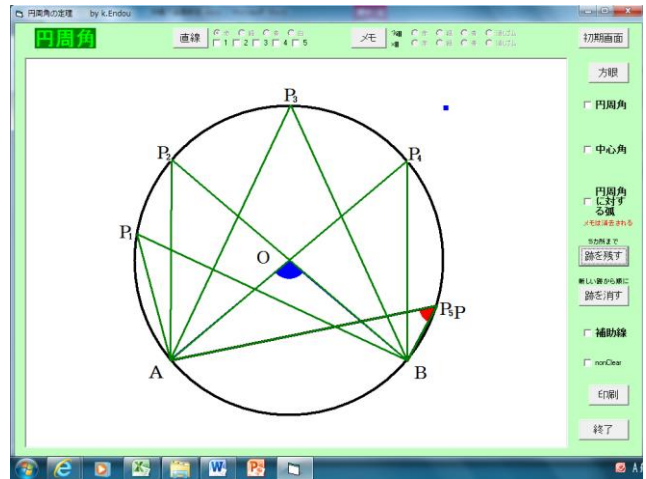


すると 70%以上の生徒が図②のような解答をしていることが分かった。

問題の解答例



この結果から、問題文から図形をイメージする力（発想の柔軟さ）があるとは言えない状況であることが分かる。そこで、まず始めに、問題提示の場面において（研究内容①）、レディネステストと同様の問題を提示し、円周上の様々な場所に点 P を取りながら、どのような場面が考えられるのかをシミュレーションソフトで図を示しながら全体で確認した【図2】。



【図2】シミュレーションソフト 36040 で様々な場所に円周角を提示している様子

すると生徒からは「そっちにとってもいいの?」「中心角と交差してもいいんだ（表現としては問題あり）」といった声が聞かれ、問題が意図している図形の状況を把握することができた。その後、学級を 6 グループに編成し、各班に 1 台ずつタブレット PC を準備し、このシミュレーションソフトを使って活動を始めることとした（研究内容②）。活動を開始すると、生徒は点 P を円周上の弧 AB 以外のどこにとっても、円周角の大きさは変わらないのではないかということに気づき始めた。しかし、一方で、弧の端に近付くと円周角が大きくなっているような気がするという意見も生まれた（角度を測定し表示する機能があるが、本時はその機能については触れない）。似たような図をノートに書き、実際に分度器を使って測定を始め、点 P をどこにとっても円周角が等しくなるのではないかということ予想する生徒が現れ始めた。さらに、円の大きさを変えるとどうなるのかを議論するグループや、弧の長さを変えても同様のことが言えるのかを調べてみたいという意見が生徒どうしのやり取りの中から生まれた。以前、本時の授業をシミュレーションソフトを使用せず行っていた時には、このような生徒どうしのやり取りはあったものの、その交流は一部の生徒のみの交流で

あった。また発見した（予想できた）数は今回の授業の方が格段に増えており、シミュレーションソフトの活用は有効であったと感じ取ることができた。

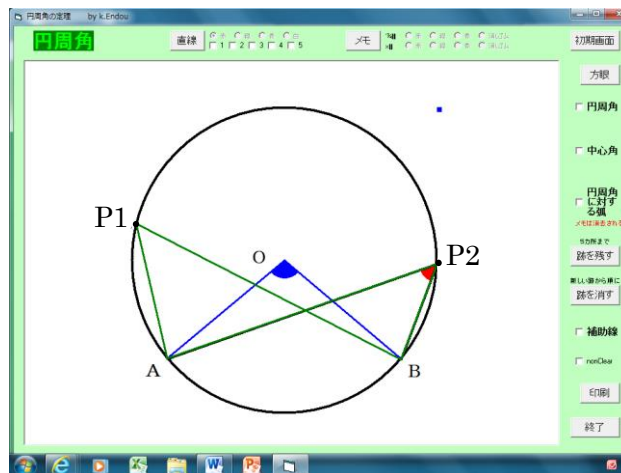


【交流の中で、考えが深まっていく生徒】

<事例②>

第6章、第1節、第2時「円周角の定理」の学習において、前時に予想した、円周角と中心角の間に成り立つ関係を証明する（円周角の定理）活動を行った。この授業においては、「【数学編】中学校学習指導要領（平成29年告示）解説」の中で「円周角と中心角の関係が証明できることを知る際には、円周角と中心角の位置関係に関する場合分けの必要性を理解することがねらいではなく、証明の良さを理解できるようにする」と記されている。そこで、前時の中心角と円周角の関係を探す活動の中で「AOの延長線上にPがあるときは、 $\triangle OPB$ は二等辺三角形になるから、円周角は中心角の半分になることが言えそうだ」と答えた生徒の意見をもとに、まずはこの場面の証明を行った。その後、この場面を証明することで、すべての場合を証明したことになるのかどうかを考えさせる活動を仕組んだ。その際、前時と同じ様に各班に1台ずつタブレットPCを準備しシミュレーションソフトを用いて作業をした（研究内容②）。点Pの位置を動かしながら、円周角の頂点が変わってい

く様子を視覚的に捉えることができるため、誰もが問題の状況を把握し考えることができると考えたからである。学習を進める中で、【図3】にあるP1とP2の場合は別の証明になるのかという議論が起きた。



【図3】シミュレーションソフト36040で議論が起きた場面

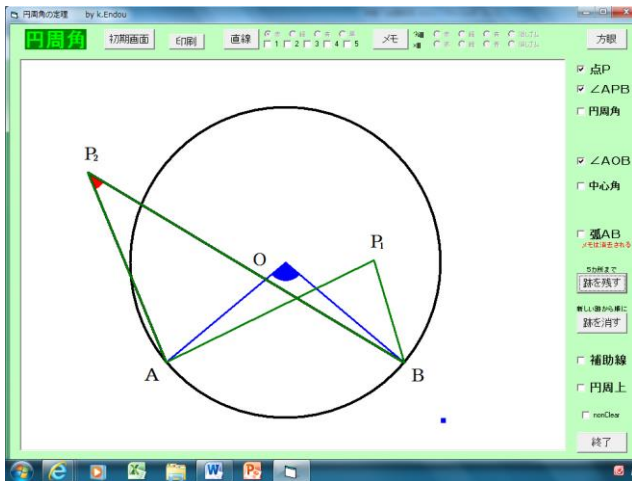
証明は『常に成り立つことを明らかにする方法である』ということや『証明をするためにかけられている図は、代表として示された図である』ことをもとに、点Pを動かしながら議論を進められることで、どの生徒もどんな場合でも円周角が中心角の半分になっている事を証明するための状況を見つけようと活動に取り組むことができた。授業後の振り返りには、「点を移動させながら考えることができたので、いつ図の状況が変わるのかを見つけることができた」、「図の状況が変わる＝証明が変わる。3種類の証明を合わせて1つのことが言えるのは面白かった」などの振り返りがあり、シミュレーションソフトを活用したことによる効果は大きかったと捉えられる。

<事例③>

円周角の定理の逆の学習において、同一円周上に無ければ、円周以外の場所に、円周角が中心角の半分になる場所はないのかを考える授業を組んだ。授業前の生徒の予想は以下の通りである。

円周上以外にも角の大きさが円周角と同じになる場所がある	64%
円周上以外には角の大きさが円周角と同じになる場所はない	36%

そこで、学習展開案に合わせて、先のシミュレーションソフト 36040 をもとにした新たなソフトの開発を、中数研コンピュータ委員会に依頼した。その結果、作成されたシミュレーションソフトが 36060 である。【図 4】



【図 4】シミュレーションソフト 36060

<シミュレーションソフト 36060 の特徴>

画面上であれば円の内外を問わず、自由な場所に点 P を動かすことができる。さらに $\angle APB$ の角度を表示することや、5 つまで画面上に残しておくことができる機能があるため、複数の場所に点 P をとりそれらを同時に表示することや、点 P を移動させる様子を見せることができる。

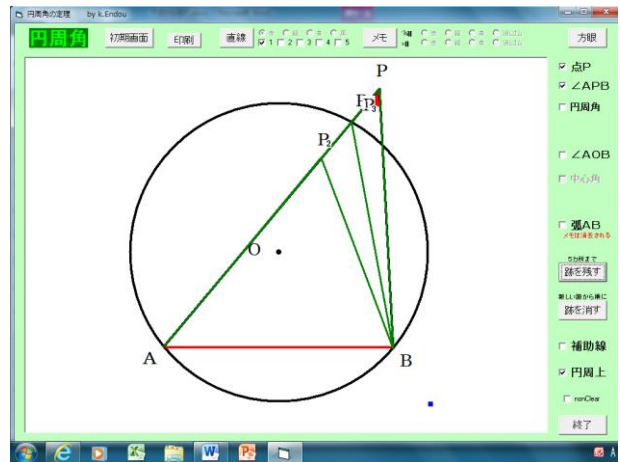
まずはどのような場面について考えるのかをこのシミュレーションソフトを用いて確認をした(研究内容①)。そして、そのような点 P の場所が存在するのかを調べる活動を行った(研究内容②)。

その際、 $\angle APB$ の角度を表示できる機能を活用した。どこの場所に点 P をとっても、瞬時に角度を表示する機能を活用することで、短い時間の中で、より多くの場面を調べられるようにした。



【円周角と同じ大きさの角度を探す生徒】

円周角と角の大きさが同じになると予想した生徒からは「円周角と同じ角度になる事は無いのではないか」という予想とは違う考え方が生まれた。その後、なぜそのような場所が存在しないのかを円の内部に点 P をとる場合を行い、その後、条件を付加する形で、円の外部に点 P をとる場合の証明を行うこととした。シミュレーションソフトを使い、点 P を移動させながら見せられるようにし、状況が理解できない生徒に提示できるようにした。



【図 5】シミュレーションソフト 36060 での、点 P の場所に伴う角の変化の提示

これまで、証明に取り組むことが苦手であった生徒も、証明してみようと書き出す姿があり、問題として与えられた条件から、図形をイメージすることができれば、活動に取り組むことができるのだということを実感した。

5. 検証結果

全国学力・学習状況調査の数学 B 問題における図形領域の類似問題【図 6】を作成し、単元テストと合わせ、授業を受けたすべての生徒を対象として実施したところ、正答率は以下の通りであった。

問題形式	正答率 (%)
選択式	53.3
短答式	68.3
記述式	42.5

(2) 南さんは、円周上に 3 点 A, B, P があり、次の図のように、直線 AB について点 P と同じ側に点 Q をとるとき、 $\angle APB$ と $\angle AQB$ の大きさについてどのようなことが言えるか考えました。(1) より円周上にある点 Q がある場合は $\angle APB = \angle AQB$ であるが、点 Q が円の内部や外部にある場合はそうならないのではないかと思を立てました。次の証明は南さんが円の内部に点 Q をとった場合の $\angle APB$ と $\angle AQB$ の大きさの関係を証明したものです。

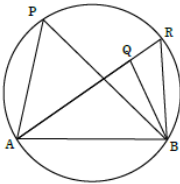
南さんの証明

三角形の内角と外角の性質より
 $\angle AQB = \angle ARB + \angle QBR \dots ①$

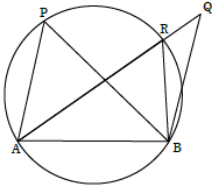
①より $\angle AQB$ は $\angle ARB$ よりも $\angle QBR$ だけ大きくなるため
 $\angle AQB > \angle ARB \dots ②$

円周角の定理より
 $\angle APB = \angle ARB \dots ③$

②③より
 $\angle APB < \angle AQB$ といえる。



これにならって点 Q を下の図のように円の外部に取る時、証明のどの部分を書きなおせばよいか。結論を $\angle APB > \angle AQB$ とする場合、書きなおすが必要な部分は正しく書き直し書きなおす必要がない部分は○をつけなさい。



ア	
イ	
ウ	
エ	

(3) 南さんの証明から、円周上に点 Q をとると $\angle APB = \angle AQB$ であり、円の内部や円の外部に点 Q があるときは $\angle APB \neq \angle AQB$ であることが分かりました。これらをもとに、言えることを、以下の空欄を埋める形で答えなさい。

2 点 PQ が直線 AB の同じ側にあるとき
 _____ ならば _____

【図 6】類似問題（一部抜粋）

6. 成果と課題

全国学力・学習状況調査の数学 B 問題における図形領域の正答率と比較し、どの項目についても、正答率が上がっている。特に、短答式においては、

70%に近い生徒の正解を得ることができた。さらに、記述式については、正答率の変化こそ少なかったものの無回答率が 17.5%と大幅に減少した。さらに、生徒の学習ノートからは、図形が変化していく様子を捉え、それによってより多くの考えを生み出そうとする記述が多く見られた。

振り返り
 他の人の意見を聞いていると私たちが考えつかなかった、そのほか、あんなにやるせつなくこなあたし、ソフトもつかうことで自由自在にこなせ自分からやることができた。

振り返り
 パソコンを使うと点の移動が早いので、想像しやすくて、証明の流れを自分で考えることがしやすかった。黒板ボードだと時間がかかる作業が多かったので無駄がなくてよかった。

【生徒の学習ノート振り返り】

単元後の学習アンケートには、「実際に動かして考えることができたので、今、何をしているのかが分かりやすかった」、「この単元は、結構自分の力で性質を見つけることができたから楽しかった」という言葉も見られた。これらを踏まえ、今回のシミュレーションソフトの活用は、有効であったと感じている。

ただ、全ての活動においてシミュレーションソフトを利用してしまうことで、生徒の思考の場を奪ってしまうことにも繋がりがかねないため、どの場面で、どのようにシミュレーションソフトを活用していくのかは、今後も検討を重ねていく必要があると感じている。また、今回の研究では、導入と展開場面での活用を考えたが、授業の終末やそれ以外の場面でも活用できる場がないか模索していきたい。さらに、シミュレーションソフトありきの授業ではなく、今回のように中数研コンピュータ委員会と連携を図りながら、授業に合わせたシミュレーションソフトの開発をしていくことで、より効果的な ICT の活用を模索していく事も、今後の課題である。