

生徒の能動的な活動や試行錯誤による「発見」を支援する学習環境構築に関する研究

グループ名：琴浦町立赤碕中学校
研究代表者： 松 本 昭 範

要 約

これまでの本校における学習指導においては、どうしても従来からの「板書による知識伝達型一斉授業」授業に陥りがちであり、生徒が試行錯誤しながら関係や定理を発見していく学習活動を展開できないでいた。

今回の研究では、例えば、数学的な原理や法則を維持しながら、図形やグラフを動的に変化させるツール(ソフトウェア)を導入し、生徒や教師が操作することで、そこに潜む関係や定理を生徒が発見していく学習展開を構築しようと試みた。

このような学習展開は、これまで、教科の指導においても、「情報とコンピュータ」の領域においてもほとんど取り組まれることがなかったものである。それは、これらのツールが、生徒がツールとして使いこなすのに相当の時間を要したり、教師が課題を設定して提示するのにプロジェクターなど大掛かりな環境の準備が必要であったりしたためである。

そこで、これらのツール(ソフトウェア)を用いて中学校の学習に活用する種々のアプリケーションを作成すると同時に、「いつも使っている」、「いつでも触れて操作できる」環境の構築をめざす。その中で、生徒が自然に操作に習熟し、「意図を持って」、「積極的に」メディアと関わろうとする環境構成はどのようなものであればよいか考察し、それを活用して授業実践に取り組む。また、その実践について、具体的に1単元を例にとり、具体的な展開案を示したい。

1. 研究テーマについて

(1)はじめに

現行の学習指導要領では、教育課程実施上の配慮事項として、「体験的な学習や問題解決的な学習の重視」、「習熟の程度に応じた指導、生徒の興味関心に応じた指導の充実」、「コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段の積極的な活用」などをあげている。

しかし、これまでの本校における学習指導（特に数学）においては、どうしても従来からの「板書による知識伝達型一斉授業」授業に陥りがちであった。例えば、数学の「数量関係」（関数）領域では、動的な問題場面を学習対象にしなが、問題場面と対応表・式・グラフとの関係を動的に関連付けて提示することが困難であったり、「図形」領域では、図形は静的に提示されるのみで、連続的变化により定理の合理性を動的に捉えさせることができないでいた。これは、理科のいくつかの領域の指導においても同様であった。

これらを、映示するビデオソフト、パソコン学習ソフトも存在したが、録画（プログラム）された画像を示すのみで、生徒が試行錯誤しながら関係や定理を発見していく学習活動にはつながってこなかった。

そこで、今回の研究では、Cabri Geometry + など、数学的な原理や法則を維持しながら、図形やグラフを動的に変化させるツール（ソフトウェア）を導入し、生徒や教師が操作することで、そこに潜む関係や定理を生徒自らが発見していく学習展開を構築しようと試みた。

このような学習展開は、生徒がツールとして使いこなすのに相当の習熟を要したり、プロジェクターなど大掛かりな環境の準備が必要であったりしたため、あまり取り組まれてこなかったといえるのではなかろうか。

そこで、本研究ではこれらのツール（ソフトウェア）を用いて、中学校における学習の場面で活用する種々のアプリケーションを作成し、同時に、そのようなツールや機器を、「いつも使っている」、「いつでも触れて操作できる」環境の常設をめざす。

そのような環境の中で、生徒が自然にツールの操作に習熟し、「意図を持って」、「積極的に」メディアと関わろうとし、その中で、事象の関連性や、定理の発見などを獲得できる環境構成はどのようなものであればよいか考察しようと考えた。

また、それらを利用した授業の展開例を一単元分構想し、実践の結果について生徒の反応などとともに示すこととした。

2. 研究仮説と研究内容

(1) 研究仮説

生徒が「意図を持って」、「積極的に」メディアと関わろうとすることが可能な環境を構成し、その中で、試行錯誤しながら事象の関連性や定理などの「発見」に向けた学習を展開することにより、生徒の主体的な学習がいっそう深まるであろう。

(2) 研究内容

以下のような研究内容をもって、研究実践を具体的に進めることとした。

【研究内容1】「メディアルーム」の環境構成について

今回の研究テーマに向けて、具体的に授業実践を進める「メディアルーム」について、望ましい環境構成を検討し、機器を整備し、実践に供する。

【研究内容2】生徒に「発見」を促す授業展開を支えるソフトウェアツールの活用について

今回の研究テーマに向けて、教科・領域の特性を考慮しながら、授業実践で活用するソフトウェアツールを活用し、それを用いた学習教材制作を進め、実践に供することができるような授業プログラムを検討する。

【研究内容3】生徒に「発見」を促す授業展開例について

今回の研究テーマに向けて「メディアルーム」でソフトウェアツールなどを用いた授業実践を行い、その概要を一単元分示す。また、実践を通じて認められた生徒の反応などを示し、指導の成果や課題について考察を加えたい。

3.【研究内容1】 「メディアルーム」の環境構成について

(1)本校の全般的な状況について

本校は、鳥取県中部、農業・漁業の盛んな地域に位置し、平成21年度は、全校生徒数218名、学級数11学級（内特別支援学級3学級、1年生は鳥取県独自の施策によって、69名の生徒で3学級編成）の中学校である。（写真1）



【写真1】本校前景

(2) 本校メディアルームの状況について

これまで多目的室として学年集会やビデオ・DVDなどを用いた学習の際に活用してきた。

通常の教室より、廊下の幅だけ広く、奥行きも広がっている。教室の最後部を除いて、窓にはすべて暗幕が設置してあり、必要に応じて遮光することが可能である。

本研究を始める前は、常設されている情報機器はなく、必要な際にその都度、ビデオ、DVD、パソコン、プロジェクターなどを運び込んで設置して利用していた。

常設のロールスクリーンもあるが、教室中央前側に設置されているため、スクリーンを降ろすとホワイトボードが隠れてしまう状態である。（写真2）



【写真2】本校メディアルーム（多目的教室）

(3) 導入するプロジェクターの選定について

多目的室をメディアルームとして利用する際に、最も重要視したのは、パソコン、DVDなどの機器の映像を投影表示するプロジェクターの選定であった。本校のパソコン教室等で利用していたプロジェクターは、三洋電機LP-XT16（2台）で、3500ルーメンと明るいものの（コントラスト比900

:1）、サイズが302×162×422mm、重さが7.8kgと大きく、重いため、移動・設置は労力を要する作業となり、なかなか気軽に活用できる状況になかった。

プロジェクターの性能は、メディアルームの活用にあたって、極めて重要な項目となることから、入念に調査を行うこととし、可能な限り小型・軽量で必要十分な明るさのものを選定したいと考えた。

ところが、教室の環境は、晴天・曇天、暗幕・カーテンの有無で状況が大きく変わり、生徒たちの視認性について、カタログ等のデータで判断することは不可能であった。そこで、実機を評価用に試用できるメーカーに依頼して、実際に設置し、パソコン、DVDなど映像を投影して明るさを判断することとした。

今回、2社の製品実機を試用させていただくことができ、改めて実感したことは、プロジェクターによる画像の提示は、日照、暗幕・カーテン、提示するコンテンツにより見え方が大きく変化するということである。特に、パソコン（プレゼンテーション等白を基調とした画面）とDVD映画とでは同じプロジェクターと思えないほどの明るさの差が生じることを実感した。

試用調査の結果、2500ルーメン以上のクラスのプロジェクターであれば、抽象的な表現にはなるものの、

- ・晴天の日に、
- ・教室程度の広さの場所で、
- ・直射日光が入らない状態で、
- ・通常、教室に設置してあるカーテンを閉めた状態で、
- ・100インチ程度の大きさのスクリーンに、
- ・パソコンのプレゼンテーション画面（パワーポイント等白バックを基調としたもの）が、
- ・教室内のほぼ全員が視認できる程度に、

投影することが可能であることが確認できた。

しかし、DVD等の映画の上映では、このクラスのプロジェクターでも映像のコントラストが低く、十分な視認性を得ることは困難であり、映像ソースによっては、暗幕で遮光できる環境が必要であることも判明した。

ここで、「抽象的な表現」としたのは、例えば、天候や暗幕の有無による見え方の違いを記録しようとしてデジカメで教室の様子や投影された画面を撮影してみたのだが、人間の視認性とデジカメで撮影された画像とでは全く異なった印象であったためである。

人間の目では、教室全体の明るさ（視認性）とプロジェクター画面の明るさ（視認性）について大きな差がないように感じられても、デジカメで撮影してみると、教室全体が暗くつぶれていたり、プロジェクター画面の方が白く飛んでしまったりしてしまい、人間が感じている全体としての視認性を客観的に比較・検討できる写真が撮影できなかったためである。

それだけ、人間の視力は適応能力が高く、それにより、外界の環境の影響を大きく受けずにプロジェクターの画面を認識できるのだと実感した。

実際の視認性は、実機を現場で実際に使ってみるしか方法がなく、カタログ上の数値はあくまでも参考として利用しなければならないと感じた。

試用調査の結果、本校では、購入する機器として、BenQ JAPANのMP624を選定することとした。主なスペックは下記のとおりである。（写真3）

- ・最大輝度： 3000ルーメン
- ・コントラスト比： 2500：1
- ・アスペクト比： 4：3
- ・パネルタイプ： DLP
- ・パネル画素数： 1024×768
- ・対応解像度規格： VGA～SXGA
- ・最大表示色： 1677万色
- ・騒音レベル： 31dB
- ・サイズ・重量： 幅×高さ×奥行
239×106×251mm・2.5kg
- ・入力端子 ミニD-sub15ピン、
HDMI、Sビデオ、ビデオコンポジット、RS232



【写真3】購入したプロジェクター

(4) メディアボードの導入について

本研究を通じ、メディアルームを中心としてパソコンやDVD等を活用した授業実践が校内で活

発に行われるようになり、その取り組みが全校のものとして継続してきた。

それらを評価いただいて、町教育委員会により、メディアルームにメディアボードを設置していただくことができた。主なスペックは下記のとおりである。(写真4)

- ・メディアボード：
プロメシアン製 Activboard
- ・プロジェクター：三洋電機製
LP-XL51(2700ルーメン)

このメディアボードは、通常のプロジェクター(スクリーンボード直近に超短焦点プロジェクターが設置されている一体型)として利用できるだけでなく、

映示している画像に、付属のペンで書き込みが可能になること

コンパス、定規、分度器、電卓などの機能が付属のタッチペン操作で可能になること

多様な画像データやアイコンなどをデータとして持ち、必要に応じて利用できること

などの特徴を持っている。(写真5)

今回の実践においては、特に上記の機能を活用して、生徒や教師が行う平面図形の作図の動作をメディアボード上ですべて行うことができた。

メディアボードの特性として、

- ・行った作図動作を記憶し、手順を順に元に戻すこと
 - ・元に戻した手順をもう一度再現すること
- も可能であり、生徒の理解を深めるのに大変効果を発揮する場面が多かった。

(5) 能動的な活動や試行錯誤による「発見」を支援する学習環境構築について

今回の研究を通して、パソコンなどのメディアの活用を通して生徒の能動的な活動や試行錯誤による「発見」を支援する学習環境を構築しようと試みながら2年間の実践を重ねてきた。その実践を通して、必要とされる学習環境の構築について、以下の3点を強調しておきたい

パソコン・プロジェクター・スクリーンが常設されている環境が望ましいこと

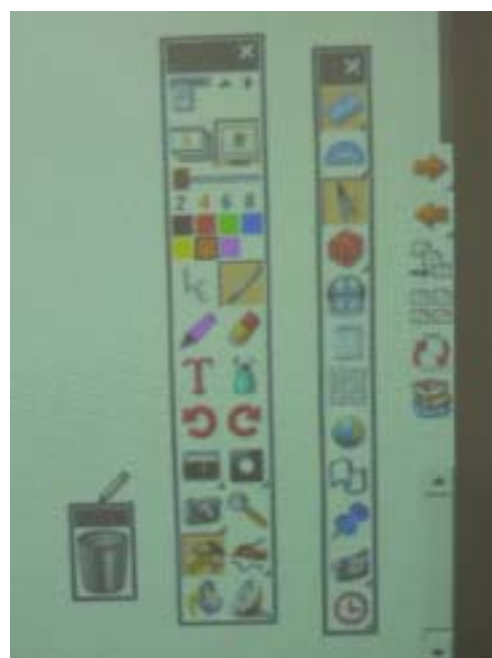
本校においても、理科担当を中心に、毎時間、教科系の生徒が普通教室に上記3点を移動・設置し、授業に活用する取組を行ってきており、生徒もそのことを日常的な授業形態として自然に受け入れてきている実態もある。

しかしながら、この形態の取組をなかなか他教科に波及できなかったのは、やはり、準備への負担感が教員にあるからではないかと考える。

実際、この2年間でメディアルームにおいて授業が毎日展開されている状況になると、英語科、保健体育科、社会科、総合的な学習の時間などで、メディアルームの活用が自然に広がりを見せ、研究2年次の後半は、メディアルームの利用希望が重なるため、使いたい時間に利用できない場面



【写真4】導入されたメディアボード



【写真5】メディアボードの機能

が度々発生するまでになってきた。

「メディアルームでできること」が教員に浸透し、「使いたいときに使い方を気兼ねなく聞ける」安心感が教員に広がれば、自ずと使用の頻度も増加し、生徒のメディアへの接触や操作法の習熟が進むことがこの2年間の本校生徒・職員の変容からも実証できたと考える。

CD、DVD、音声アンプなどの機器も併設したいこと

本校メディアルームにおいては、で挙げた3点の機器以外に、DVD(CD兼用)再生専用機、音声アンプ、ステレオスピーカが常設されている。このため、パソコンでもDVD(CD)でも必要に応じてその音声を良い音響で再生することが可能になっている。

特に、保健体育科ではDVDなどの映像を利用することが多く、また、英語科や総合的な学習の時間では、パソコンデータと、DVD映像の両方を切り替えながら活用する場面が多かった。

今回導入したメディアボードにも、プロジェクターにも、1W程度のアンプ・スピーカは内蔵されているが、教室での利用という観点からは全く不十分である。

メディアルームには、ぜひ十分な性能の音響設備も必要である。

十分な広さと暗幕、ホワイトボードの設置が望ましい

平成22年度、本校では2年生が1学級36名という編成になり、2年生の教室は生徒机でいっぱいになっている。23年度は今のままの状況であれば2年生が1学級38～39名の編成となる予定で、普通教室に机が入るだろうかと今から心配する状況である。メディアルームはその特性上スクリーンやボードから生徒までに一定の距離が求められ、様々な機器も設置されることから、いっそうの広さが求められる。本校はおおよそ1学年60～80名の編成なので、メディアルームに1学年の生徒が入ることが可能な広さが望ましい。本校のメディアルームは必要十分な広さを持っていて実践に役立っている。

また、前述のように、同じプロジェクターの画像でも、パワーポイントのプレゼンテーションなどの画像とDVD映画などの画像では、その明るさに大きな差が生じる。晴天・昼間のDVD映画の映示にはやはり暗幕は不可欠である。

そして、メディアルームに常設するという観点から、黒板ではなく、ホワイトボードの設置が重要な点になると考える。チョークの粉が様々な機器に及ぼす影響を考えると、ホワイトボードを利用できる環境が必須と考える。本校のメディアルームは、この点からも望ましい環境が当初から設定されていた。パソコン・プロジェクター・スクリーンを毎時間移動・設置しながら活用している理科担当教員は、この点を考慮し、必要な板書もほぼパソコンの中で提示できるように準備して授業に臨んでいるが、普通教室がホワイトボードになり、このような負担がなくなればさらに多様な活用が進むと考える。

4. 【研究内容2】生徒に「発見」を促す授業展開を支えるソフトウェアツールの活用について

(1) Cabri Geometry + の活用

今回、数学科(特に図形領域)において、生徒の能動的な活動や試行錯誤による「発見」を支援するツールとして最も活用したのが平面幾何ソフトCabri Geometry +である。

作図した図形を変形したり、アニメーションで動かしたりすることができ、変形においては、作図したときの性質が保たれることが本ソフトウェアの最大の特徴である。

たとえば、線分の「垂直二等分線」を引くと、線分の一方をつまんで任意の方向に引っ張っても、「垂直二等分線」という性質は変わりなく変形することができる。

このことにより、図形の様々な性質を内包した平面図形を作成しておき、生徒に様々な変形を行わせる中で、図形が変化しても不変な性質は何か直感的に把握させることが可能になると考えた。

多くの研究者や先生方が本ソフトウェアを利用して指導のためのファイルを作成しておられるのでそれを活用することも可能である。

本研究において、自作して実践に用いたものの中からいくつかを実践例とともに紹介し、ソフトウェアの概要を示す。

三角形の拡大（図1）

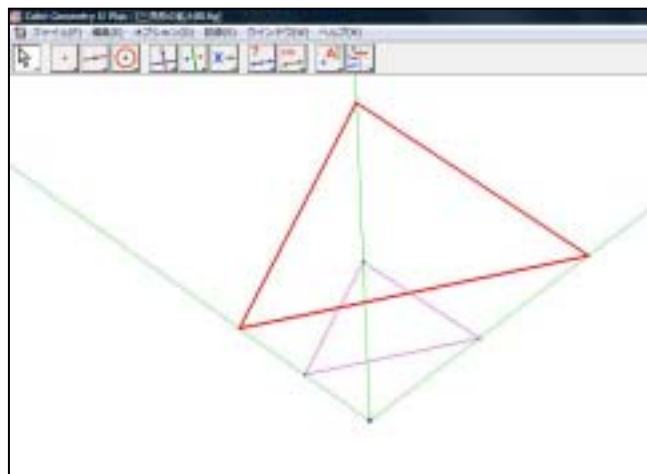
拡大の中心から三角形の頂点に直線をひき、三角形を2倍に拡大するものである。

小さな三角形の各頂点は移動することが可能で、頂点を移動することにより、拡大した三角形もその形を変える。

また、拡大の中心も移動することが可能で、中心を三角形の外側、内側、頂点や辺の上など様々な場所に置くことが可能である。

「2倍に拡大する」という性質だけを保持しているが、どのように三角形や拡大の中心を動かしても、2つの三角形の角の大きさ等しく、三角形が相似になることや、2つの三角形の対応する辺は平行になることなど、図形の拡大や縮小についての性質を「発見」することが可能になる。

自分たちで頂点や中心を動かしながら気づいたことを発表したり、図形の拡大について学習した後で、再度動かしてみても学習内容を確認したりすることが可能である。



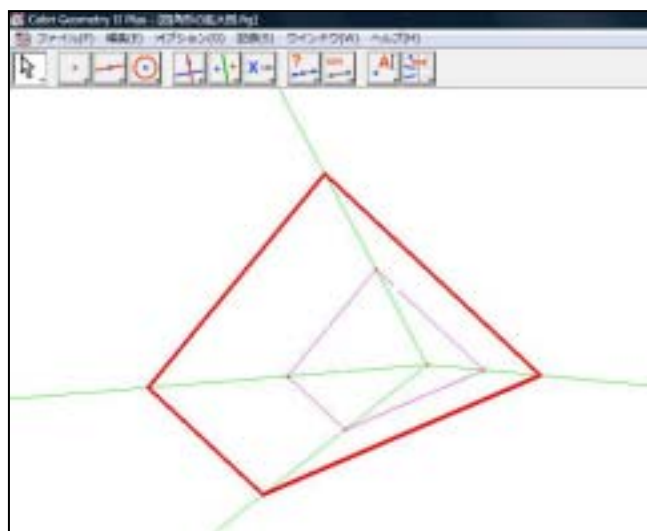
【図1】三角形の拡大

四角形の拡大（図2）

拡大の中心から四角形の頂点に直線をひき、四角形を2倍に拡大するものである。

内容については上記と同様である。

これらにより、五角形以上の図形についても同様に類推できると考える。

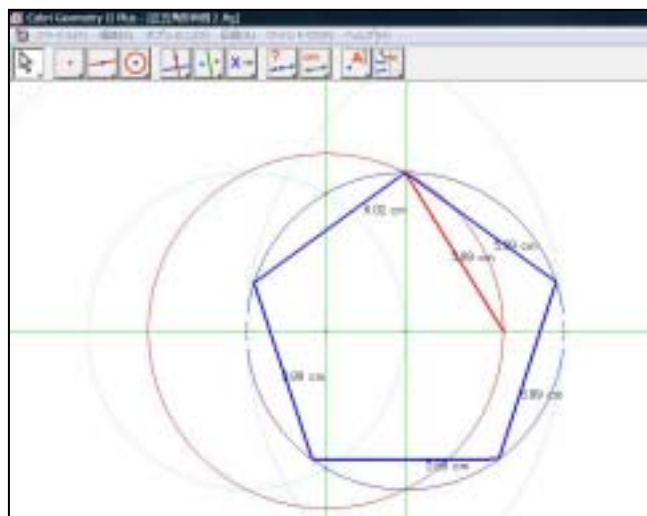


【図2】四角形の拡大

正五角形の作図（図3）

様々な作図法のある正五角形であるが、その中から、1つの作図例を提示して、作図方法の手順を記録して、自動的に提示していくものである。

作図の方法そのものについては、中学校で教える内容ではないが、コンパスと定規を使って正五角形の作図が可能であること、そして、コンピュータが自動的に作図手順を進めていくこと、三平方の定理を用いると、作図法の正しさが証明できることなど、生徒たちの数学への興味を引きだすのに強いインパクトがあった。



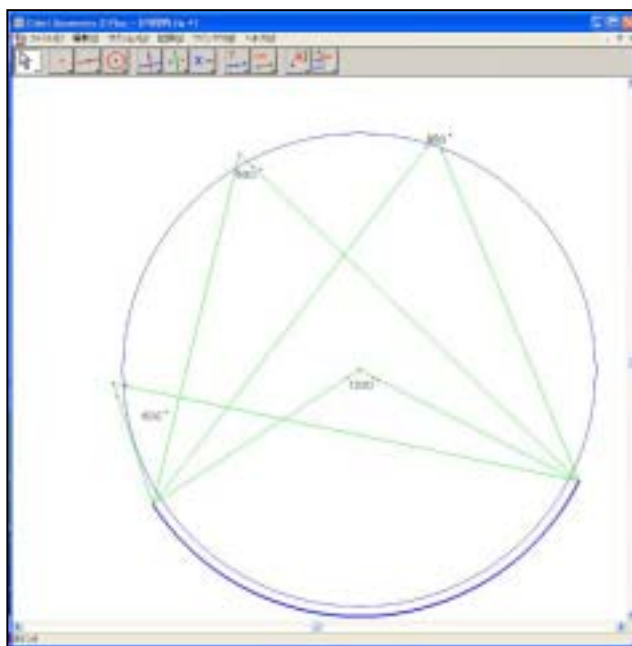
【図3】正五角形の作図

中心角と円周角（図4）

Cabri Geometry +では、辺の長さや角の大きさ、図形の面積などの数値を表示することが機能があり、頂点などを移動すると同時にそれらの大きさをリアルタイムで表示することが可能である。

このファイルは、円周角の大きさは対応する弧の長さに応じて一定で、常に中心角の半分であること（円周角の定理）や、円周角の位置にある2つの角の大きさが同じ時、それらの角は同一円周上にあること（円周角の定理の逆）を直感的に発見させるものである。

あらかじめ円を描いておき、円周角の位置にある頂点をその円周に沿って移動すると角度が常に一定になることに気づいたり、円周角の位置にある角の大きさを同じになるように動かすと、それらが同一円周上にあることを直感したりできる。



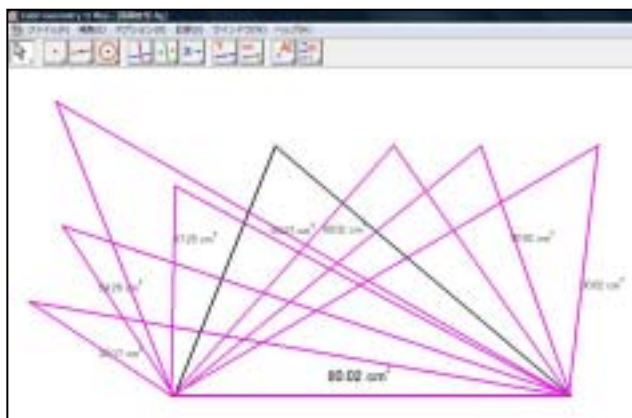
【図4】中心角と円周角

等積な三角形（図5）

と同様に、面積を表示する機能を使いながら三角形を変形し、共通の底辺で面積が等しい三角形を作ろうとするものである。

このようにして面積が等しい三角形を作ると、その頂点は底辺と平行に並ぶことを発見するものである。

同時に、それは画面に表れてこない2直線の間の距離に目も向けさせ、平行線の性質を改めて深く認識することもできるものである。



【図5】等積な三角形

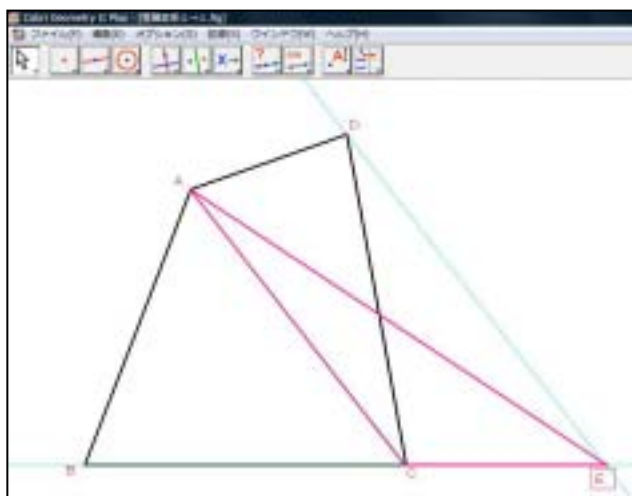
四角形と等積な三角形（図6）

教科書によく例題や問の形で出題されるものである。

四角形の対角線とその平行線に着目しながら、四角形の1つの頂点を平行線に沿って移動して面積の等しい三角形に変形するものである。

紙の上では図形は動かないため、生徒にとって直感しやすい設問であるが、動的に、そして必要に応じて面積の値を表示しながら移動できるため、設問の意味そのものをこのソフトにより初めて理解できる生徒も多い。

従来であれば、教師がゴムひもなどを板に打った釘で固定しながら提示した



【図6】四角形と等積な三角形

教材である。

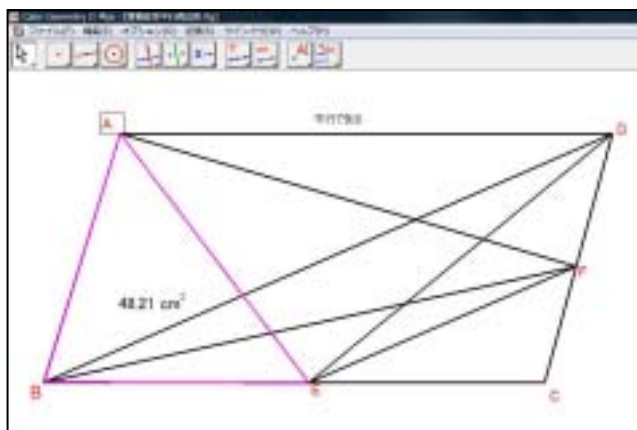
平行四辺形の中の等積変形（図7）

これも教科書によく出題されるものである。

平行四辺形の中にある三角形に着目し平行線に沿って頂点を移動すると面積が等しくなることから面積を変えないように移動して、等しい面積の三角形を次々発見して行く設問である。

この問いでも、誤った操作を行えば、面積が増えたり減ったりしてしまうことが数値で一目瞭然であるため、自分の行った操作が正しいかどうかをすぐに把握することができる。

また、実際に操作することで「底辺と平行に動かせばよい」ということを、体験的に把握することが可能になる。



【図7】平行四辺形の中の等積変形

(2) シミュレーションソフトの利用

鳥取県中部で採用されている教科書（数学：啓林館「楽しさひろがる数学」）では、教師用に教科書に準拠したソフトウェアが用意され、教科書にあるのと同じ内容で、シミュレーションなどを行うことが可能である。

教科書に準拠しているため、教科書に沿って指導することが可能になるが、その分自由度に欠ける面も見受けられる。

生徒の能動的な活動や試行錯誤による「発見」を支援するためには、もう少し操作や条件設定の自由度が上がることを期待されると感じている。

（内容・画面表示等については割愛する）

(3) メディアボード Activstudio の利用

今回導入されたメディアボードは、

- ・メディアボード：プロメシアン製 Activboard
- ・プロジェクター：三洋電機製 LP-XL51(2700ルーメン)

からなり、タッチペンセンサーを備えて、PCの画面にペンによるフリーハンドの書き込みや各種ツールを利用した書き込みが可能になっている。

今回、中学校1年生の作図の単元を中心に活用することができたので、その概要を記す。

中学校から学習する「作図」では、直線を引くための「定規」と、同じ長さを写し取る（円をかく）ための「コンパス」だけを用いることが約束となっている。

メディアボード Activboard では、これら2つの道具はもちろん、分度器・電卓、サイコロ（乱数発生）、分数表示など数学に必要なツール、保健体育や社会科で用いるタイマーやアイコン・図面などのデータを内蔵している。

表示の性能としては、専用のボードに直近から投影できることから、同性能のプロジェクターと同等程度以上の明るい表示が可能である。また、プロジェクターとボードが一体になっていることから、移動する際にもペン位置の修正が必要なく使い勝手は極めて良い。

パソコンとは、RGBケーブルとUSBケーブルで接続してデータの送受信を行う仕様となっている。

メディアボードの使用は、特に以下のような点で大きな効果があると考えられる。（写真6・7・8）

メディアでありながら、実際の道具を用いている感覚で利用できる。

画面に表示されたコンパス等を、タッチペンで操作することにより、作図させることが可能である。

- ・コンパスの「針」を刺したいところに移動し、
- ・コンパスの幅を必要な長さに広げ、
- ・必要な分だけ、円や円周を描くことができる。

これらは、正に通常のコンパスと同じである。しかも、

・線の色や幅も自由に選ぶことが可能である。
など、通常のコンパスよりもすぐれた機能を持っている。

通常のコンパスを黒板で利用する場合、不慣れな生徒は「針」がずれてしまったり、円周全体を一度に描きにくかったりするが、メディアボードのコンパスではそれらの心配が解消できる。

操作に失敗が少なく、失敗しても直前までの作図を残したまま取り消し・やり直しが可能である。

の特性により、そもそも失敗の可能性は少ないのだが、仮に意図したのと違う作図となった場合、その操作だけ取り消して続けて操作することが可能である。黒板で通常のコンパスを用いた場合は、作図を間違えて消す場合、それまでの正しい作図まで全部消すしかなく、事実上「思考錯誤」は不可能であった。

「間違えた作図操作だけをキャンセルする」ことができることは、実物のコンパスでは実現不可能な画期的な特徴である。

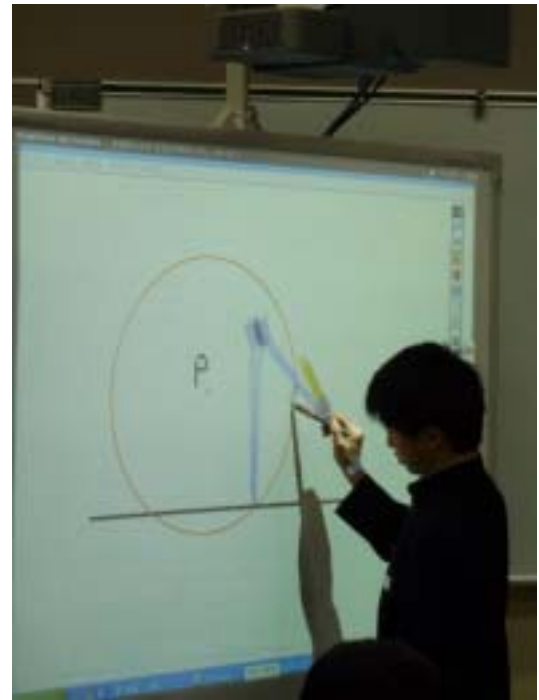
行った操作を、1ステップずつ後戻りしたり先送りしたりできる。

作図が込み入ってくると、生徒たちはノートの中の自分の作図に集中するあまり、黒板（メディアボード）で例示している作図の操作を見落とすことが多くなる。授業中でも「先生、今のところをもう一度やってください。」と質問を受けることは多い。

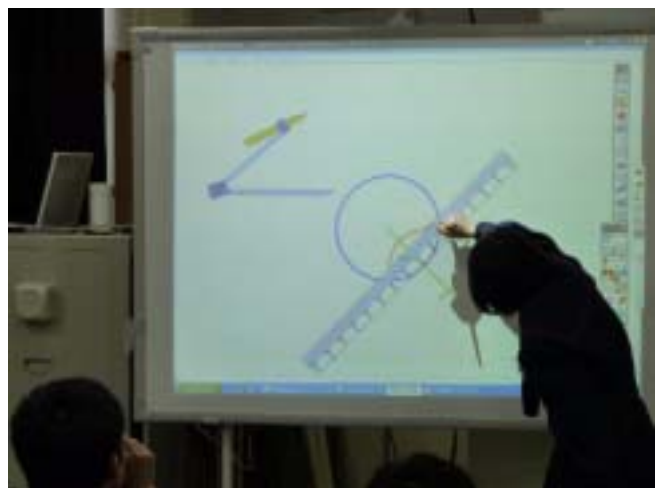
ところが、黒板と通常のコンパスでは、作図操作を後戻りすることは不可能であり、もう一度最初から作図し直すしかできない。

ところが、メディアボードによる作図では、「取り消し」アイコンにタッチするだけで、直前の動作をキャンセルでき、それを何回も繰り返せば初期状態まで1ステップずつ後戻りすることが可能である。また、その途中からでも「やり直し」アイコンをタッチして1ステップずつ操作を先送りすることもできる。

作図操作を自由に行き戻りできることは、これまでの作図指導でできなかった画期的なことと考える。



【写真6】メディアボードによる作図



【写真7】メディアボードによる作図

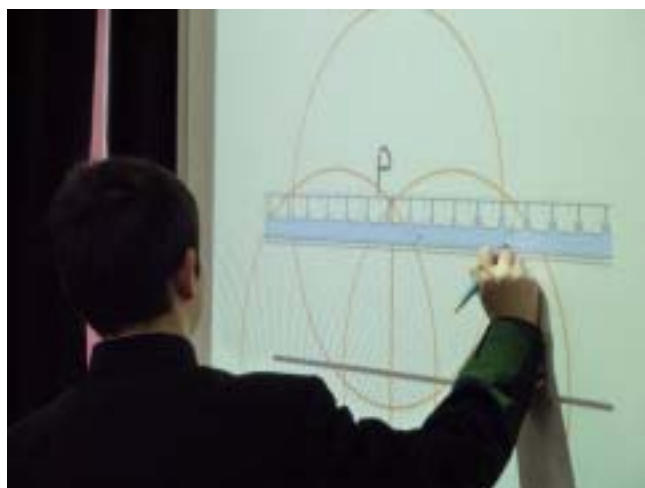
作図の経過や結果を何画面も確保・保存することが可能である。

思考錯誤により作図を行う場合、途中まで考えて行ったが、うまくいかない場合も生じる。

その中に、正解につながるアイデアが内包されている場合も多く、いろいろ試行錯誤して正解にたどり着いた後でもう一度振り返りたい場合も多い。

ところが、黒板では、スペースも限られ、問題の図も1回1回かく必要があり、何種類もの試行錯誤の結果を残しておくことは不可能であった。

メディアボードでは、ページを送ったり戻したりすることで、何ページもの試行錯誤の結果を保持することが可能である。また、それぞれのページにデータをコピーすることも可能で、問題画面を何ページも作成することも可能なので、作図の試行錯誤に要する準備を最小限にとどめることも可能になる。



【写真8】メディアボードによる作図

これらの利点はとても大きなものであり、その明るさにより、生徒の視線が集まりやすいこととも相まって、黒板と従来のコンパスによる作図を完全に代替させることが可能であるばかりでなく、これまで不可能であったことを可能にすることも明らかになった。

しかしながら、メディアボードによる作図について、次のような注意点もあると考えられるので指摘しておきたい。

コンパスを開く幅や「針」をさす場所を連続的に変化できず、作図に微妙なずれが生じること
パソコン画面上で操作を行うため、どうしても、一つ一つの動作は離散的になり、不連続なものとなる。このため、狙った場所や幅にならない場合が生じるようである。これは、定規を回転させる場合にも同様な現象が生じる。

(4)シミュレーションソフトの利用に関する「ブラックボックス」の危険性への言及

今回の研究について、ご指導いただいた島根大学大学院教育学研究科数理系教育コースの先生方から、Cabri Geometry + などシミュレーションソフトの利用について、全般的な注意をいただいたので、特記しておきたいと考える。

シミュレーションソフトは、その性質上、表現される変化をソフトウェアという「ブラックボックス」の中で処理している。生徒たちがシミュレーションソフトにより試行錯誤を行うとき、自分の操作により生じる変化が、どのような数学的な原理により生じているのか、生徒たちはブラックボックスの中を覗いてみるができないため、背後に隠されている性質に目が向きにくかったり、性質相互の関連や因果関係について見通すことができにくかったりする可能性もあるので配慮が必要なのではないか。

というものである。

「思考錯誤」を行う際に、保持している性質が「ブラックボックス」に隠されず、きちんと把握できるツールを探してみると、意外なところを見つけることができる。

昔であれば、「折り尺」や「差し金」のような道具がどこの家庭にもあり、子どもたちからそれらを使いながら遊ぶことがごく自然に行われていた。

例えば、「折り尺」を使えば、「4つの辺が等しい四角形」というだけでは「正方形」にならないこと、正方形は「ひし形」の特殊な場合であることを実際に確かめることができる。

(写真9)

また、「差し金」を2本組み合わせると、「4つの角が等しい四角形」が「長方形」になること、や「正方形」は長方形の特殊な場合であることを確かめられる。(写真10)

これらのツール(というより、文字どおりの「道具」である)は、それが保持している性質がすべて明らかにされている。

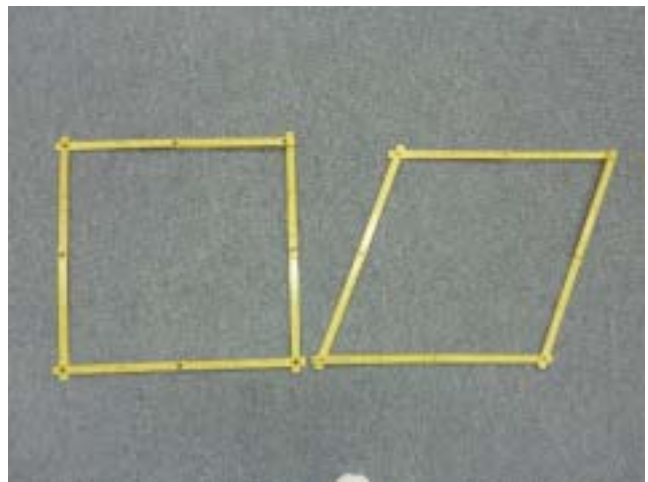
そして、自分がそのツールに行ったことにより生じる変化が自分の「手」に直に伝わる。

シミュレーションソフトばかりでなく、積極的にこれらの「道具」の活用も考えてみたい。

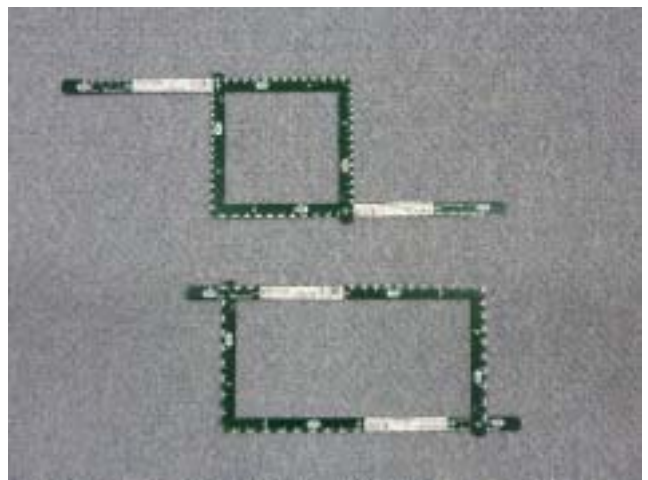
今回、1年生における「平面図形の作図」単元の指導においても、これらの「道具」を積極的に活用して、シミュレーションソフトとの併用を心がけた。

生徒たちには、とても新鮮な「道具」として感じられたようで、折り尺や差し金を班の中で回しながら、いろいろな条件を確かめている姿が見受けられた。

シミュレーションソフトであれば、設定した条件以外はシミュレートできないが、これらの「道具」であれば、折り尺で辺の長さを変えてみたり、差し金で辺を平行でないようにしてみたりと、想定外のシミュレートも勝手に行っている様子であった。



【写真9】折り尺で作った4辺の等しい四角形



【写真10】差し金で作った4角の等しい四角形

5.【研究内容3】生徒に「発見」を促す授業展開例について

(1)教科及び領域

数学科・第1学年・「平面図形の作図」領域とした

(2)単元の指導についての基本的な問題意識

平成20年2月に示された新しい中学校学習指導要領では、数学の目標に「表現する能力」や、「考えたり判断したりしようとする態度」といった文言が新たに加わり、数学的な思考や判断、表現が今まで以上に重視されている。また、そのことは、「数学的な表現を用いて、根拠を明らかにし筋道立てて説明し伝え合う活動」が、中学校数学科における数学的活動の典型的な例として位置づけられていることからもうかがえる。

中学校第2学年の図形の論証の単元も、これらの目標や活動を具現化する重要な単元といえるものとする。ところが、本単元の学習やその指導に様々な困難があるのもまた事実である。

今日、教育課程の改編により、算数・数学の指導時間は減少し、小・中学校における図形の学習内容は希薄化・単線化してきている。それ故、数学的な思考や判断、表現を大切にしようとしても、その前提となるべき図形認識などに不十分さが増し、図形の論証教材の学習に困難を感じる生徒がいつそう増えているのではないだろうか。そのような観点からも、小・中学校のつながりをより強

く意識していく必要があると思う。

しかし、これまでの経験を振り返っても、生徒たちが、図形の性質を小学校でどのように学習してきたのか、小学校算数の教科書では図形の性質の学習がどのように示されているのか、図形の性質などを今どのように認識しているのか、等、生徒と学習の間に在る「隔たり」についてほとんど考えないまま、「経験にたよって」指導にあたっていることが多いように感じる。

このような状況を踏まえつつ図形の論証教材をより生徒の身近なものとするため、中学校第1学年の平面図形の作図の単元を、小学校で学ぶ図形の性質の学習と中学校で学ぶ図形の論証の懸け橋として見直し、再構成することを試みたい。そして、それを通して生徒の図形認識の不十分な点を補い、論証教材への展望を示しつつ指導を進めることで、生徒と、図形認識や図形の論証教材との間にある「隔たり」を補いたいと考えた。

(3)平面図形の作図単元の指導についての考え方

第1学年の作図単元においては、中学校で学習する初めての図形単元であることを示しながら、「(目盛のない)定規とコンパスだけで、小学校で学習した図形はすべて作図可能かな？」などといった、一貫性があり達成への意欲を高めるような明確な目標を設定することが必要と考えた。また、「定規とコンパスだけ」と道具を限定することから、定規も目盛のないものを用いたり、ノートも白無地のものを使ったりして、用いる道具の特性だけが強く印象に残るような工夫も行いたい。

さらに、実践の前に行った予備調査で、角の二等分線の作図の手順、垂線の作図根拠となる対称性で、それぞれ約80%、60%の生徒が正解していたにもかかわらず、コンパスを用いて平行線が作図できた生徒は第3学年でも15%程度にとどまっていた。

教科書には、作図の根拠となる図が示されているが、現行の学習指導要領で、根拠について十分に掘り下げる余裕がなく、基本の作図の指導の際に参考に示す程度にとどまっている状況があるのではないだろうか。

これらを掘り下げないまま基本の作図を学習しても、生徒の多くは、「なぜ、基本の作図によって求める直線が作図できているかその理由がよく分かっていない」、「どのように基本の作図を組合せれば求める作図ができるか道筋がみえない」で、基本の作図について、「コンパスの動かし方を覚えつつもりになっている」状況ではないかと考える。

生徒のこのような状況の改善を図るため、例えば、「基本の作図に必要な図形を考えよう」と示して、垂直二等分線や角の二等分線の作図をひし形の性質を通して見つけさせたり、「正方形を作図しよう」という課題で、「4辺が等しい四角形」を作図しただけでは正方形にならない場合があることを作図に失敗しながら学んだりするような学習展開が求められるのではないかと考えた。

予備調査からはさらに、小学校第5学年の図形の性質の学習と中学校第2学年の図形の論証単元の学習を終えた中学校第3学年の生徒たちも、四角形の判別や図形の定義の理解に不十分さが残ることが明らかになった。

教科書にある定義が書けないということは、定義の丸覚えができないということだけでなく、図形を捉える観点が変化しつつある中で、定義のもつ意味がぼんやり見え始めていたり、条件が強まったり弱まったりするとき図形がどのように変化するか認識でき始めていたりしている状況であると考えられる。このことは、四角形の判別に不十分さが残ることの主要な背景になっていると考えられる。その意味からも、「実際に自分の手で定規とコンパスを動かしてみたらこんな図形ができた」、「作図の方法をいろいろ考え試行錯誤したら、目標とする図形に近づいた」というような経験は、大きな意味を持つと考える。

それにより、図形を判別する根拠となる定義の意味をより深く考え、定義により図形がどのように規定されるのか認識を深めたり、自分の考えを、筋道を立てて説明することを通して、図形の論証の初歩的な部分を少しずつ経験したりすることが可能になると考える。

以上の点をふまえ、中学校第1学年で学習する平面図形の作図の単元においては、

単元の一貫した目標として、「定規とコンパスだけで7種類の多角形を作図しよう」という目標を示し、正三角形、ひし形、平行四辺形、長方形、正方形、正五角形、正六角形の作図を試みる。

生徒は、白無地のノート、目盛のない定規、コンパスを道具として持ち、作図にチャレンジする。

小学校で学習した図形の性質を想起し、主に、垂直二等分線や角の二等分線の作図を統合的にとらえることが可能なひし形の性質(4辺が等しい、対辺が平行である、対角は等しい、対角線は直交する)を根拠として用いながら作図を進める。

目標とする多角形を作図するため、作図の際に、角が直角、対辺が平行など、その図形に必要な性質を意識し、その性質をもつ図形を意図的に作図するという考えを意識づける。

自分が作図した多角形を友だちに説明する活動、友だちの説明を聞きその根拠が正しいかどうか考える活動、別の考え方で新たな作図を見つける活動など、筋道を立てて、考えを進めたり作図に取り組んだりする学習に意識的に取り組む。

などの点に配慮して学習を展開したいと考える。

(4) 多角形を作図を通した平面図形の作図単元の構成

少し長くなるが、取り組みの概要について、10時間分の学習内容を示す。

主な学習内容	新たに学習すること	小学校での既習事項
第1・2時 ・正三角形、ひし形、平行四辺形、長方形、正方形、正五角形、正六角形について、小学校で学習したことを復習したり、定義し直したりする。 ・また、その中で、適宜新しい用語や記号を導入する	・「直線」の定義 ・「線分」の用語と定義 ・「半直線」の用語と定義 ・2点間の距離 ・「 \perp 」、「 \parallel 」 ・辺や角の相等の表記法 ・「平行」の説明や定義(東書：平行な2直線を平行線という。平行線は交わらない。啓林：2直線AB、CDが交わらないとき、ABとCDは平行) ・「垂直」、「垂線」、「中点」の用語と定義 ・「 \perp 」、「 \parallel 」 ・平行な2直線の間隔	・直線の定義(小2) ・正方形、長方形、直角三角形の定義と性質(小3) ・二等辺三角形、正三角形の定義と性質(小4) ・平行の定義(1本の直線に垂直な2本の直線)(小5) ・垂直の定義(小5) ・平行線、垂直な線のひき方(小5) ・平行線のはば(小5) ・平行四辺形、台形、ひし形の定義と性質(小5) ・四角形の対角線の定義と性質(小5)
・作図	・作図に使う道具とその使い方 ・「正五角形」、「正六角形」、「正多角形」の用語と定義 ・今後の学習目標として、定規とコンパスで7種類の多角形を作図をする	・コンパスの使い方(小4)
・コンパスを使った正三角形の作図習		・コンパスの使い方(小4) ・正三角形のかき方(小4)

主な学習内容	新たに学習すること	小学校での既習事項
第3時 ・ひし形の作図の復習		・ひし形の性質(小5) ・ひし形のかき方(小5) (東書: 対角線を指定しその両端から1辺を指定しその両端から 啓林: 対角線を指定しその両端から)
・ひし形の作図を用いた垂線の作図	・直線外の1点から下ろす垂線の作図 ・直線上の1点からひく垂線の作図	・垂線のかき方(小5) ・直角の調べ方(小3)
・垂線の作図を用いた正方形の作図	・垂線の作図を組み合わせること	・正方形の定義と性質(小3)
第4時 ・垂線の作図を用いた長方形の作図	・垂線の作図を組み合わせること	・長方形の定義と性質(小3) ・三角定規2枚による長方形のかき方(小5)
・これまでの作図を用いた平行線の作図	・点と直線との距離 ・平行な2直線間の距離 ・平行な2直線の作図 垂線の垂線による平行線の作図 ひし形の作図による平行線の作図	・平行四辺形の性質(小5) ・平行四辺形のかき方(小5) (三角定規2枚により平行線をかきかき方 コンパスで対辺の長さを等しくとるかき方)
・平行線の作図を用いた台形の作図		・台形の性質(小5) ・三角定規2枚による平行線のかき方(小5)
第5時 ・距離が決められた2直線の作図	・2直線間の距離が与えられた平行線の作図 直線上の2点から垂線を立てる平行線の作図 垂線の垂線による平行線の作図	・三角定規2枚による平行線のかき方(小5) ・三角定規2枚による垂線のかき方(小5)
・平行線の作図を用いた行四辺形の作図	・様々な条件のある平行四辺形の作図 辺の長さが決められた平行四辺形の作図 高さが決められた平行四辺形の作図	・平行四辺形の性質(小5) ・平行四辺形のかき方(小5) (三角定規2枚により平行線をかきかき方 コンパスで対辺の長さを等しくとる)

主な学習内容	新たに学習すること	小学校での既習事項
第6時 ・平行四辺形と他の6つの図形との違い	・平行四辺形は折っても重ならない	・平行四辺形の性質(小5) ・正方形・長方形の性質(小3) ・正三角形の性質(小4) ・ひし形の性質(小5)
・線対称な図形	・「線対称」の用語と定義 ・「対称の軸」の用語 ・正n角形の対称軸の数 ・線対称な図形の性質	・正三角形の性質(小4) ・正方形・長方形の性質(小3)
・垂線の作図を用いた線対称な図形の作図	・垂線の作図を用いて、線対称な図形を完成させること	
第7時 ・垂直二等分線	・「垂直二等分線」の用語と定義 ・ひし形の対角線は、互いに他の垂直二等分線であること	・ひし形の性質(小5)
・垂直二等分線の作図	・ひし形の作図を用いた垂直二等分線の作図	・ひし形の性質(小5)
・垂直二等分線上の点	・垂直二等分線上の点は、線分の両端から等距離にあること	
・垂直二等分線と外接円	・三角形の3つの辺の垂直二等分線の作図 ・3辺の垂直二等分線の交点(外心)と外接円	
第8時 ・正三角形、正五角形と他の5つの図形との違い	・正三角形、正五角形は180°回転した時に元の図形と重ならない	・正三角形の性質(小4) ・正方形・長方形の性質(小3) ・平行四辺形の性質(小5) ・ひし形の性質(小5)
・点対称な図形	・「点対称」の用語と定義 ・「対称の中心」の用語 ・点対称な図形の性質	
・点対称な図形の作図	・作図を用いて、点対称な図形を完成させること	

主な学習内容	新たに学習すること	小学校での既習事項
第9時 ・線対称と点対称	・線対称や点対称の視点からとらえた正六角形	
・正六角形の作図	・線対称や点対称の性質を用いた正六角形の作図	・正三角形の性質(小4)
・角の二等分線と正2n角形の作図	・角の二等分線が作図できれば、正n角形を元に正2n角形が作図できること ・これまで作図した図形を用いて作図可能になる正2n角形	
第10時 ・角の二等分線	・「角の二等分線」の用語と定義 ・ひし形の対角線は、内角の二等分線であること	・ひし形の性質(小5)
・角の二等分線の作図	・ひし形の作図を用いた角の二等分線の作図	
・角の二等分線上の点	・角の二等分線上の点は、角の2辺から等距離にあること	
・角の二等分線と内接円	・三角形の3つの角の二等分線の作図 ・3つの角の二等分線の交点(内心)と内接円	
・正五角形の作図	・正五角形の作図法の紹介	

(5)平面図形の作図単元の指導から

今回の指導を通して、パソコン、プロジェクター、メディアボードそしてシミュレーションソフトなどのコンピュータメディアばかりでなく、コンパス・定規や折り尺、差し金などの教材・教具を用いて実践を行い、これまでの指導では見られなかった生徒たちの反応が見られた。

その特徴的なものをいくつか述べる。

生徒たちの自発的な試行錯誤が多く見られるようになったこと

生徒たちは、コンパスなど自分の持っているメディア、そして、パソコンやメディアボードなどを用いて、様々な試行錯誤を行おうとしていた。授業の前や後にも多くの生徒がメディアボードの周りに集まり、いろいろと作図を試す姿が毎日のように見受けられた。

結果として、作図方法に多様性が見られるようになったこと

これまでの指導では、「教師の演示をそのまま真似する」ことで、正解のみを記憶しようとしていた生徒たちの姿が多く見られたが、今回の指導の後では、1つの出題に対して、様々な方法で解決しようとする姿が見られるようになった。

コンパスと定規で正方形を作図してみようとする課題に対しても、5～6とおりの作図がなされて、教師がその正しさや不十分さを認識するのに時間を要するものも多かった。「正解を覚えればよい」という姿勢ではなく、自分なりの方法で考えようとする姿勢がはっきりしていたと感じた。

それぞれのメディアの扱い方に習熟が見られたこと

コンパス、定規でノートに作図するのはもちろんのこと、メディアボードやパソコンによる作

図も全員の生徒が何度も機会を得て、操作の仕方に習熟が見られ、2年生、3年生の学習に活かせる手応えを感じた。

生徒や教師の演示に対する注目がより強まったこと

自分も一生懸命作図しているので、その方法が正しいかどうか、他の方法でしている人がないかどうかとても気になる様子で、教室内を動き回って確認したり、メディアボードでの演示を注視したりする姿勢がはっきりと見られた。

6. 成果と課題

今回の研究を通して、「メディアルーム」の環境構成について実地に検討し、メディアの特性や実際に教室で使用する場合の留意事項をはっきりと確認することができ、必要な構成を確認できたことは大きな成果であった。

また、生徒に「発見」を促す授業展開を支えるソフトウェアツールの活用について、ソフトウェアそれぞれの持つ可能性や留意点・弱点なども実際に授業で活用してみるにより確認することもできた。

生徒に「発見」を促す授業展開例についても具体的に考察して、これらを活用する授業を毎日行っているうちに、学校内でのメディア利用が増え、様々な方法でメディアを活用した授業の工夫が全校で行われる機運が高まってきたことも成果といえるであろう。

生徒たちの反応も概ね良いもので、気楽に親しみながら試行錯誤する雰囲気が出来てきた。

反面、今回の実践研究が平成22年3月中旬までかかったため、事前調査と比較して事後調査の結果を分析したり、年度当初の各種標準検査等の結果を分析したりして、指導の効果を客観的に把握することが間に合わなかったことは大きな反省点である。

今後、さらに実践を継続し、指導の成果をより客観的に把握するようにし、さらに多くの教科領域で実践が展開できるように努めたい。