

コンピュータ等(iPad, iPod touchも含め)を活用した図形領域授業の実践
 ～平面図形やベクトルに「おりがみ」を導入して～

神奈川県立横浜平沼高等学校 石谷優行

1. 発表にあたって

2009年は京都大会にて、「重心 その面白さ 美しさ～特に凹四角形の具体物(ブーメラン)を用いて～」

2010年は新潟大会にて、「コンピュータ等(iPad, iPod touchも含め)を活用した図形領域授業の実践～数学Bベクトルに焦点をあてて～」

2011年は地元神奈川にて、「コンピュータ等(iPad, iPod touchも含め)を活用した図形領域授業の実践～数学Bベクトルや、数学A平面図形に焦点をあてて～」と、ここ数年、図形領域に関する発表を行っている。

(これまでの「当日配付資料」は

<http://www.ishitani.com>のトップページから
 たどって行ってください。)

さて、数学科教員が教科「情報」の担当者となり数学を十分に持てないケースが多くあるが、筆者もそのひとりである。今年度二年ぶりに数学Bを担当する機会を得た。本稿タイトルの「図形領域」という言葉を単に数学A平面図形分野のみならず、今回数学Bのベクトルの授業に焦点を当て、図形的な考えを盛り込みながらコンピュータ等、そして「おりがみ」を用いて授業を行ってみた。特にベクトルや、それを表現した図、そして図形における直線や円などの軌跡の関連性を通して、数学の「面白さ」「美しさ」「不思議さ」を味わってもらいたい、というところがここ数年の研究の原点となっている。

2. 授業実践から (2012年4月から7月まで)

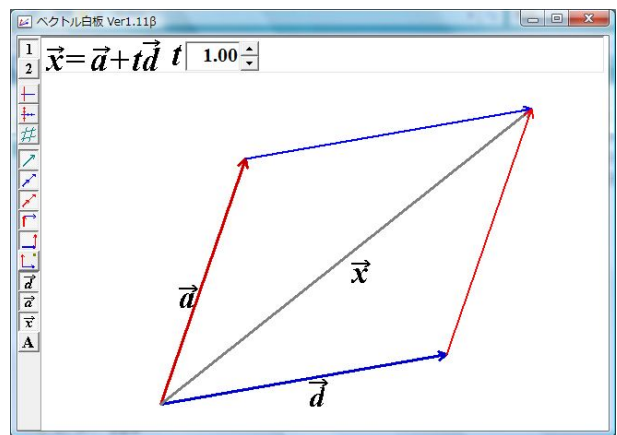
(1)黒板とチョークによる授業

まず、通常どおり黒板とチョークにより授業を進めていく。「ベクトルとは何か」という話を通して興味を持たせていった。

(2)ソフト「ベクトル白板」による授業

ベクトルそのものに触れてみるという感覚は、それこそ黒板とチョークの授業では、味わうことができないことである。そこで「ベクトル白板」というソフト

を用いてベクトルそのものに触れてみる感覚を体験してもらった。マウスの右クリックでベクトルの始点や終点をクリックすると、マーク「□」が表示され、それをドラッグすると、あたかも自分でベクトルを操作している感覚が味わえるというわけである。



▲図01ベクトル白板の第一歩(tの値をいろいろ変化) 詳細は、<http://www.ishitani.com/vector1.html>にて

今回特に、この「ベクトル白板」を中心的に扱った授業は以下のところである。

応用例題 7 $\triangle OAB$ に対し、 $\vec{OP} = s\vec{OA} + t\vec{OB}$ とする。実数 s, t が条件 $s+t=2, s \geq 0, t \geq 0$ を満たしながら動くとき、点 P の存在範囲を求めよ。

解 $s+t=2$ の両辺を 2 で割ると

$$\frac{s}{2} + \frac{t}{2} = 1$$

よって、 $\frac{s}{2} = s', \frac{t}{2} = t'$ とおくと

$$s' + t' = 1, s' \geq 0, t' \geq 0$$

$$\vec{OP} = s\vec{OA} + t\vec{OB} = s'(2\vec{OA}) + t'(2\vec{OB})$$

となる。したがって、 $\vec{OA}' = 2\vec{OA}, \vec{OB}' = 2\vec{OB}$ を満たす点 A', B' をとると

$$\vec{OP} = s'\vec{OA}' + t'\vec{OB}' \quad s' + t' = 1, s' \geq 0, t' \geq 0$$

ゆえに、 P の存在範囲は線分 $A'B'$ である。

▲図02 数研出版「数学B/027」 P.41 応用例題7

このところの説明は「黒板とチョーク」による説明だけでは無理があると、かねてより感じていた。

そこで、これまでも、このところに関しては「ベクトル白板」を使っていろいろなやり方を模索してきた。例えば2年前に数学Bを担当したときは、「黒板とチョーク」による解説のあと、すぐに生徒全員を、PC教室に移動させて「ベクトル白板」を「全員操作」させたりした。

(詳しくは、一昨年度の当日配付資料参照)

そこで今年度はこの説明を3つのステップに分解してみた。

1. 「最初の説明」

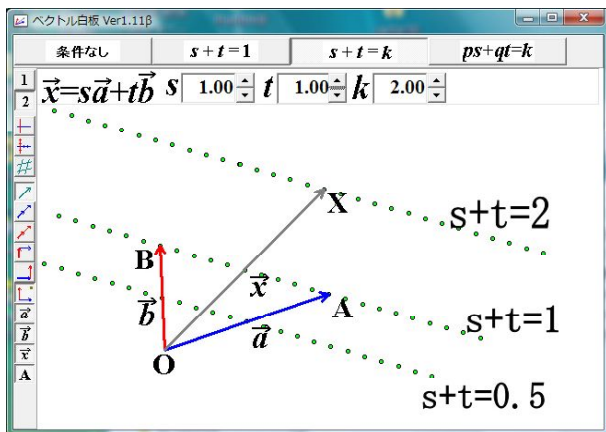
この教科書どおりの解説をして、生徒たちがイメージできるかを探る。

2. 「2回目の説明」

$s+t=2$ から $s=2$ の場合や $t=2$ の場合を考えるやり方を示して生徒たちがイメージできるかを探る。

(もちろんここまではPCの画面は一切見せない。)

3. 上記1や2を踏まえたのち、「ベクトル白板」を用いて視覚的イメージを与えて解説し感想を書かせてみる。



▲図03 $s+t$ の値を変化させてみた様子(軌跡モード)



▲図04 授業中(プロジェクタで黒板に投影している様子)

そこで、次のようなアンケートをとってみた。

「平面上の点の存在範囲」アンケート

◆最初の説明で、点Pの存在範囲は・・・

1. とてもよくわかり、イメージもわく。
2. まあまあわかる。イメージは少しわく。
3. あまりわからない。イメージもあまりわかない。
4. 全然わからない。イメージは、全くわかない。

◆2回目の説明で、点Pの存在範囲は・・・

1. とてもよくわかり、イメージもわく。
2. まあまあわかる。イメージは少しわく。
3. あまりわからない。イメージもあまりわかない。
4. 全然わからない。イメージは、全くわかない。

◆「ベクトル白板」での表示を見てどんな感じをもちましたか。自由に記述してください。

このアンケートの最初のふたつのデータが以下のとおりである。尚、このアンケートは「最初の説明」をした直後にまずアンケートに答えてもらい、そして次に「2回目の説明」をした直後にまたアンケートに回答してもらっている。

		2回目の説明			
		1	2	3	4
最初の説明	1	3	3	0	0
	2	2	8	1	1
	3	2	14	16	4
	4	2	9	7	5

▲図05 アンケートの集計結果(77名)

さて、ここでは相関関係やどこが何%という数値分析をするのではなく、全体的な傾向を見ていきたい。それは「最初の説明」よりも「2回目の説明」の方が数値が「減っている」、すなわち、イメージとしてとらえやすいという傾向にあるということである。そして生徒たちに一番もってほしい最終的なイメージを「ベクトル白板を用いて示した場合」どうだったかという自由記述に着目したい。

・ 1回目の説明や2回目の説明よりイメージが湧きやすく分りやすかった気がします。 $s+t \leq 2$ など応

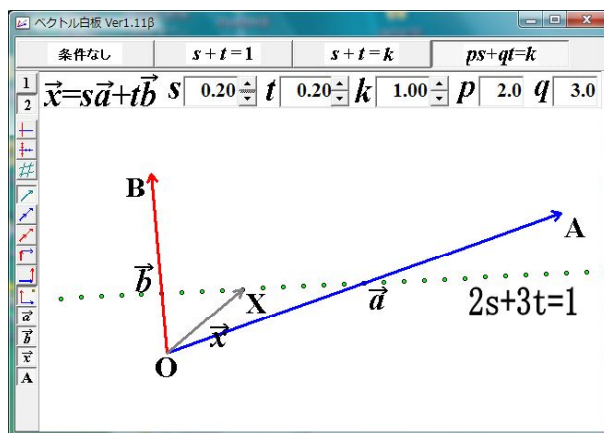
用となるととたんに分からなくなるのですがこれだとわかりやすいです。

- ・PCのを見たら結構理解できたし意味もわかった。
- ・画像を見ながら解説を受けたら、とてもよくわかりイメージも湧いた。
- ・パソコンでようやく言っている意味がわかった。
- ・パソコンで初めて言っていることがわかった。
- ・目で見るとわかりやすい。
- ・軌跡もあって、動き方のイメージがよくわかった。
- ・頭の中のイメージが目で見ることができたので、よりイメージ鮮明に具体的に理解できた。
- ・教科書の言っていることがよくわからない。PCならイメージとしてわかる。
- ・イメージがとてもよくつかめた。最初に問題を見たときは何が何かわからなかったが、実際に移動するベクトルを見て、どんなふう動くかがわかった。
- ・プロジェクターでやったのが一番わかりやすい。
- ・コンピュータを使ったことで最初先生が解説していたことがよく理解できました！！なんとなく想像はつきましたが、正確に分かることができてよかったです！！kの値を変えられることができたり、あとが残っていたりしてすごくよかったです！！
- ・本当に2倍のところに行けるんだと思った。
- ・ぜんぜん想像つかなかったけどびっくりでした！！
- ・イメージどおりでした！！「軌跡」が付くことでイメージと重なり、より理解出来た気がする。
- ・複数の教え方を先生がやったのがおもしろかった。
- ・なんとなく予想はついてたけど1, 2回見ると、今度はこんなふうになるのかなと予想をたててみるのがおもしろかった。

生徒各自が自由に記述したものであるが、どの生徒も「楽しそうな雰囲気」を書いているところに着目したい。授業において大切なのはまず「楽しそうだ」という雰囲気であろう。もちろん一年間、毎時間毎時間そうならないのは良く分かっていることである。しかし、たまには生徒たちから「へー」とか「そうなんだあー」と言われるような授業をやってみることが、年間の授業展開の中ではとても大切なことであると感じる。そこから生徒たちの「やってみよう」の意欲は増すであろうし、「取り組み」の度合いも変わってくると考える。

さて、ここの授業ではPCを操作したのは教師である私ひとりであった。この授業の次の授業では生徒を全員PC教室に移動させて、一人一台の操作とさせた。

そこでのメインテーマは $2s+3t=1$ の形である。



▲図06 $2s+3t=1$ で、 s や t の値を変化させてみた様子

その授業の流れとしては、以下のように考えた。

1. $2s+3t=1$ の場合がどのようになるか、紙の上で予想させる。
2. 「ベクトル白板」を使ってどのような結果が出たかを描いてみる。(最初は言葉で説明できなくても図にできるかどうか)
3. 予想と一致したかどうか。また気づいた点などを言葉で書いてみる。
4. $3s+4t=1(s \geq 0, t \geq 0)$ の場合がどのようになるか「ベクトル白板」を使わずに答えを出してみる。
5. $3s+4t \leq 1(s \geq 0, t \geq 0)$ の場合がどのようになるか「ベクトル白板」を使わずに答えを出してみる。
6. $3s+4t=1$ しか条件を付けない場合どのようになるか「ベクトル白板」を使わずに答えを出してみる。
7. 前回の授業、そして今回の授業を受けてみての感想を書いてみる。



▲図07 $3s+4t=1$ で、値を変化させその様子を観察

ここでは紙面の都合もあるが、最初の1番の予想においては $2s + 3t = 1$ から、ほぼ9割の生徒たちが

$$\vec{p} = 2s\left(\frac{\vec{a}}{2}\right) + 3t\left(\frac{\vec{b}}{3}\right)$$

を予想していた。そしてその生徒たちのほとんどが2番で「一致した」と解答していた。また1番で間違えた生徒たちは「2」と「3」を逆に書いてしまった生徒が多く、2番でコンピュータ操作をしてみると「なるほどそういうことか」と気づいていた。さらに後半の $3s + 4t = 1$ に関しては9割ちかくの生徒が気づいてはいたが、ここでの大きなテーマは $(s \geq 0, t \geq 0)$ の部分である。この条件が外れる6番について、これがベクトル方程式と一致するというところまで気づくかどうかということになる。以下、最終的に「7番」としたところで生徒たちが書いてくれたものである。

- ・軌跡を見ると規則性がわかりやすいです。
- ・s や t が負になると三角形の外にはみ出る。
- ・いろんな方向から見れてわかりやすかった。
- ・ベクトルの長さを変えてもちゃんと $\frac{1}{2}$ や $\frac{1}{3}$ の場所を通過するのがおもしろかったです。
- ・教科書通りの説明を最初聞いたときはあまりよく分からなかったのですが、2回目の説明を聞いて少しわかりやすくなり、最後にコンピュータを利用した説明でイメージも湧きやすく良かったです。
- ・「コンピュータを利用した説明」が一番図が正確で分かりやすい。
- ・マイナスのところがすごくわかりやすかった。イメージしやすくなった。これが外分なのですね。
- ・頭の中のイメージが具現化したことによって理解がしやすかった。
- ・正確に答えがわかりおもしろかった。
- ・私はコンピュータを利用した説明が一番わかりやすかったです。やっぱり実際に自分で触ってやってみると理解しやすいかなと思いました。
- ・文字ではわかってたけど実際にイメージはできなかった。でもいろいろ動かしていると予想がついた。すごくわかりやすい！！
- ・コンピュータを利用した説明のあと教科書の説明を見たらよくわかった。

このように「ベクトル白板」を用いた授業は、生徒たちにとって大きな成果を得たと言えるのではないだろうか。まさに $2s + 3t = 1$ の「2」や「3」のパラメータが何を意味するのかを「感覚として馴染ませる」ことができたわけである。しかしながら、もちろんゲーム感覚で良いというわけではない。筆者は常々、本学会はじめ様々なところで「帰納的な発見から演繹的な思考への授業実践」ということを発表しているがこれなどまさにその代表的な例と言えると思う。

(3)ベクトルに「おりがみ」を取り入れた授業

さきほどのベクトル白板の授業は、いわゆる通常の授業中におこなったものである。そこには準備の段階から様々な用意が必要とされる。さらに授業中も様々な注意点が存在するがその論点はここでは割愛する。

さて、本校では夏季休業中に、「スタディショップ」という自由講座を設定できるようになっている。ところで「数学B」の授業は教科書で扱う内容も多く、その割に2単位なので、ちょっとおもしろいことをやってみようと考えてもなかなかそれを実現できるチャンスが無い。ベクトルの授業に「おりがみ」を導入しようという考えは、かなり以前からあったものの、実際に「数学B」を担当できない年もあり、なかなか実現しなかった。今回、夏休みに入り「スタディショップ」を設定して授業を展開してみた。今回特に、この「おりがみ」を中心的に扱った授業は以下のところである。

応用例題 3 平行四辺形 ABCD において、辺 CD を 2 : 1 に内分する点を E、対角線 BD を 3 : 1 に内分する点を P とする。3 点 A、P、E は一直線上にあることを証明せよ。

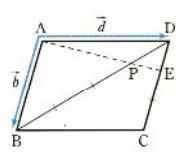
証明 $\vec{AB} = \vec{b}$, $\vec{AD} = \vec{d}$ とすると、 $\vec{AC} = \vec{b} + \vec{d}$ であるから

$$\vec{AE} = \frac{\vec{AC} + 2\vec{AD}}{3} = \frac{(\vec{b} + \vec{d}) + 2\vec{d}}{3} = \frac{\vec{b} + 3\vec{d}}{3}$$

$$\vec{AP} = \frac{\vec{AB} + 3\vec{AD}}{4} = \frac{\vec{b} + 3\vec{d}}{4}$$

よって $\vec{AE} = \frac{4}{3}\vec{AP}$

ゆえに、3 点 A、P、E は一直線上にある。



▲図08 数研出版「数学B/027」 P.34 応用例題3

すでに「通常の授業」では終わっているところであり生徒たちは「k倍の形が示せれば、それが一直線になっている」ということを良く覚えていてくれた。「スタディショップ」の時間でもあり、時間はたっぷりあった。まず生徒たちに「おりがみ」を渡すや否や、

数分～十分くらいで瞬く間にどんどん勝手に「おりがみ」を折りだした。これは筆者にとっては「意外」だった。生徒たちにとって「おりがみ」はとても馴染みやすいものだと感じた。



▲図09 あっという間の生徒たちの「作品」

さて、まさに数年前「数学B」のこの単元のところで生徒たちに「C a b r i」の動的シミュレーションを見せ、「ほら、どのように平行四辺形を動かしても必ず3点を通過するでしょう」とやったところ生徒たちからは「完全に無反応」だったことを思い出す。

(詳しくは、一昨年度の当日配付資料参照)

その経験から図形領域においては関数領域と違い、コンピュータを使って単に結果を示してもダメで、生徒たちにとっては教師側があたかも事前に「用意したもの」のように受け取られてしまうことを感じた。そこから「手を用いる」ことの大切さを通してのコンピュータ活用という流れが生まれ、ここ数年来研究し実践に活かしてきている。

さて今回、以下のような流れを考え、生徒たちに指示してみた。

1. 正方形の「おりがみ」から平行四辺形を作る。
2. 上記の「応用例題3」のBDを結ぶ線を折りBDを3:1に内分する点Pを見つける。
3. 上記の「応用例題3」のCDを2:1に内分する点Eを見つける。
4. 点Aと点Pで折った線が、ほんとうに点Eを通過するかどうかを確かめる。

さて、まず上記1番であるが、生徒たちからの反応は「(おりがみを)切るのはイヤだ」というものだった。筆者としては当然切るものとして考えていたがこれは自分自身「意外」な発見で生徒たちから「切るのは抵



▲図10 平行四辺形を考える

抗がある」とか言われてしまい、そこで「切らなくてもいいからとにかく何らかの工夫をして平行四辺形を作ってごらん。」と言うと各自思い思いの方法で平行四辺形を折って作っていた。もちろんここでは「なぜその折り方で平行四辺形と言えるのか」を考えさせた。これなど確かに内容からすれば小学校レベルのことである。しかし生徒たちはベクトルの授業の一環という思いもある。自分の手で折った平行四辺形を「論理的に説明するおもしろさ」を生徒たちは感じ説明してくれた。ここで象徴的な生徒の感想をひとつ紹介したい。

正方形から平行四辺形を作るのは最初はいろいろ考えてもうまくいかなかったけど、ただ単に平行な線が2組交わればいいということだけに気づいたらすぐできた。難しく考えなくてよかったんだと思ってほっとした。

この感想は、数学は常に「難しく考えて解くもの」ということにとらわれているところから、「そうでなくていいんだ」と、ほっとしたことをまさに表現していると感じる。

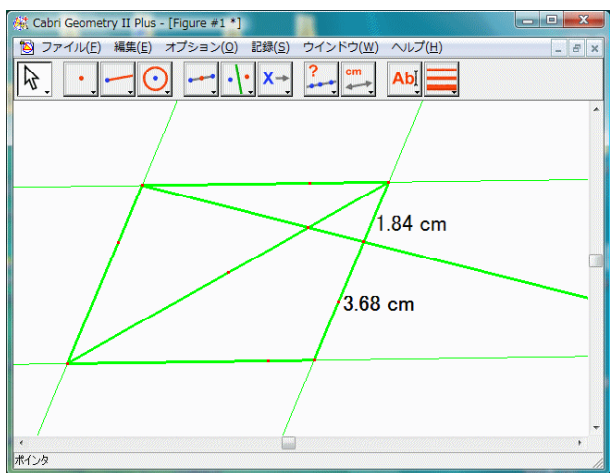
そして次に上記流れの「2番」は、まさに「おりがみ」ならではの容易さであり、「半分」の「半分」に折った点に皆すぐに気づいていた。そして次に、上記流れの「3番」であるが、これはどうしたら良いものかしばらく考えていたが、これも、例えば便箋で手紙を書いて封筒に入れようとするとき、丁寧に「三つ折り」をすることがあるが、その要領で正確に折り、2:1に内分する点を見つけていた。そして最後に上記流れの「4番」となり点Aと点Pで折った線を作らせようとしたが、生徒たちから「先生、紙を折りすぎて、わけがわからなくなっちゃうよ」と言われ「どうした

らしい？」と言うと「定規をあてて一直線を確認してもいいですか？」と聞かれた。「ナイスアイデア！！」となり、さっそく定規で一直線を確認していた。



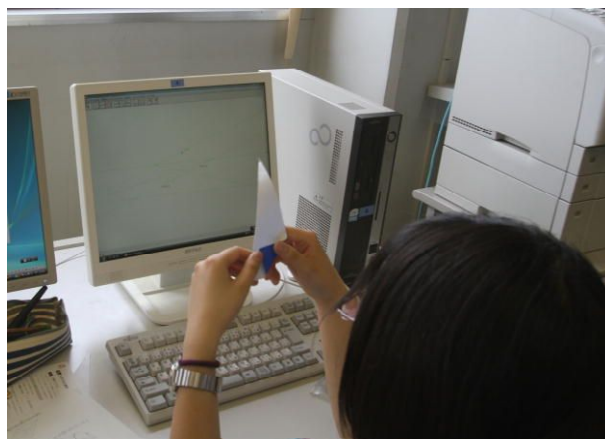
▲図11 写真撮影のため通過点を黒く大きくしています

しかし、中には一直線にならない生徒も出て来る。その大半が最初の平行四辺形のところできちんとした形になっていなかったり、対角線をしっかり折っていなかったりしていたものである。「オリガミクス(幾何図形折り紙)」の第一人者の芳賀和夫氏によれば「指の腹とつめがものを言う」(前書きのP.7)そうで、「しっかりと跡をつける」ことが大切であると示されている。ほとんどの生徒たちができあがったところで、どのような平行四辺形でも「そのようになった」ことを確認した。そしてさらにこれを生徒各自で「Cabri」で確認してみた。



▲図12 Cabri画面

ここまでで生徒たちは、その問題(応用例題3)の持つ「図形的意味」の把握ができていた。ここで生徒たちから「図形がこうなるのはわかったし証明の必要性もわかるけどなんでベクトルを使って証明しなければならないの？」と問われ「ベクトルでなくてもいいんだよ。座標でやってもいいし、別の方法とかもあるし、今はベクトルということ」と説明した。ある生徒から「数ある証明のひとつで、今はベクトルをやっているってことですね。」と言われ「そうそう、そのとおり。」



▲図13 Cabri画面と実際のおりがみとの確認

他の証明方法も考えてみてごらん。」と言うと妙に納得した顔をしてくれた。ここなども現在の数学の授業の展開方法を変えていかねばならない重要な場面と感じる。「教科書に例題が出ている。」「教師がそれを解説し解き方のパターンを紹介する」「さらに似たような問題を解く」「その似たような問題を解けるか否か」そこで数学ができるかできないかが分かれていく。もっともっと時間をかけて、特に「手」を使って授業することで、生徒たちの興味関心は確実に増し、その数学的意味や、今、自分は数学的にどういうことをやっているのかということがきっきりするわけである。

例えばこの授業、普通の授業以上にかなりの時間が経過しているが生徒たちは考えをやめようとはせずにいろいろと考え続けていることからわかる。

そしてさらに「応用例題3」のすぐ下にある「練習26」を実際にやってみようということになった。

練習 26 $\triangle ABC$ において、辺 AB を $3:1$ に内分する点を P 、辺 AC を $1:2$ に内分する点を Q とし、線分 BQ を $1:2$ に内分する点を R とする。3点 P, R, C は一直線上にあることを証明せよ。

▲図14 数研出版「数学B/027」 P.34 練習26



▲図15 特別な三角形にならぬよう注意した



▲図16 よくこれだけの集中力が続くかと

この問題も、すでに授業では解いたものである。それを「おりがみ」で折って確認し、「Cabri」で確認しようとチャレンジしていた。また、このスタディショップ中の雰囲気もあり、積極的に友達と意見交換する場面も見られた。普段なかなか意見交換といっても難しいこともあるが、彼ら自ら、そのような雰囲気が自然と生まれてきた。



▲図17 意見交換の雰囲気が生まれた

さて、この問題も無事終了した。ここの様子は紙面の関係で割愛させていただく。そしてこのあと、例によって様々な教育機器、いわゆる「コンピュータ等」を操作してもらった。筆者はここ数年、科学研究費補助金(奨励研究)を受けて研究を進めさせていただいている。そのおかげにより先述のソフト「Cabri」(正式には「CABRI GEOMETRY II plus」及び「CABRI 3D V2」)を本校のPC教室に入れることなどができている。もちろんフリーソフトで有名な「GRAPES」そして「3D-GRAPES」は全台にインストールされている。さらに、図形(幾何)操作が可能なカシオのグラフ電卓「fx-9860G II-N」を複数台購入している。これにより教室での図形(幾何)操作が可能となっている。そして今回、カシオ計算機株式会社さんの協力のもと、「fx-9860G II Manager PLUS (グラフ関数電卓ソフトウェア

School Licence)」も、PC全台にインストールすることができた。それによりグラフ電卓の操作と同じことがPCの画面でできるというメリットがあり、また、グラフ電卓でどのように操作したのか、その「操作そのもの」をPCに保存できることになった。



▲図18 グラフ電卓の操作をPCで保存

この学年の生徒としては、今回、初めてグラフ電卓「fx-9860G II-N」に触ることとなり、皆、一様に驚いていた。グラフが描けてしまうこと、さらには幾何の機能もびっくりはしていたが、生徒たちがとにかく驚いたのは、 $1 + 2 \times 3$ をこの順にそのまま手で入れていくと7という答が出たときであった。つつい我々は難しい機能を多く知っていて、そちらを解説したくなるものであるが、生徒の目線からすると、もっとも初歩的な段階での「感激の積み重ね」が大事なのではないかと考える。このグラフ電卓に関しても授業展開のやり方によって、生徒たちに数学のおもしろさをおおいに味わってもらえる。もちろんそこには教師側の周到的な準備が必要ではあるが、とにかく教師としては「やってみる」ことが大切であろう。

そして最後に、例によって科学研究費補助金(奨励研究)による「iPad」と「iPod touch」に触ってもらった。これらは、これからますます教育界に入ってくる



▲図19 「iPod touch」の写真のみ「iPad」も好評

るものと考えられる。ソフト(アプリ)の充実により、今後様々な使用法が出てくるであろう。現段階においても、おもしろいソフトはあるものの、筆者の使用法(いわゆる授業中の補助機材として)としては、これさらに期待をかけて生徒たちに積極的に触ってもらっている段階である。

さて、ここまでであっという間の3時間であった。生徒たちに今日の感想を書いてもらった。

・おりがみもコンピュータもいじって遊んでいる感じでしたが、ちゃんとどうしてそうなるのかを考えたりしてちゃんとベクトルの授業になっていたので楽しく学べました。電卓はゲーム感覚で、すごく楽しかったです。いつもsinやcosやtanのグラフが難しくてよくわからなかったけど、今日はおもしろくて少しわかったような気がします。

・ただ折り紙を折っているだけだったのに、先生からの問いによりいつの間にかベクトルを学ぶことができました。コンピュータやiPadやiPod touchにも触れたり使ったりすることができてとても楽しかったです。次の先生のスタディショップもぜひ参加したいです。

・機械と折り紙の両方でやったけど自分は折り紙の方がよく感覚がつかめました。PCは苦手ですが、紙なら実際に手を動かすのでなんとかなるかなといった感じでした。手を動かして考えるのはおもしろいです。

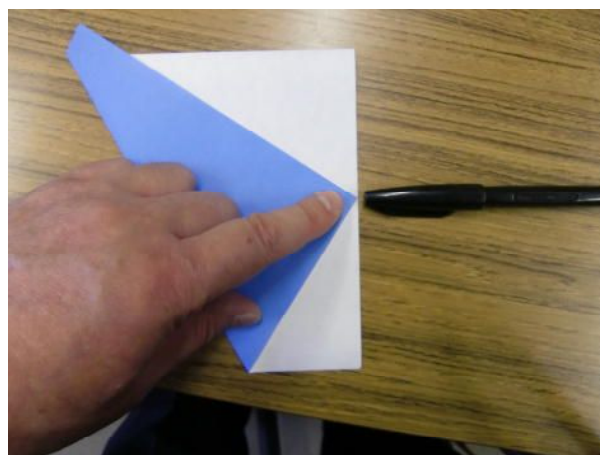
・久しぶりにスタディショップをやってむずかしいこともたくさんあったけど、パソコンや折り紙を使って勉強するのはとても楽しかった。ベクトルをうごかしてみたりするのはとても面白くてたのしかったです。初めてiPadに触れたのもよかったです。

・先生に平行四辺形を折り紙で作りなさいと言われて本当に自然な発想で作ることができました。定規を使うことなく辺を1:2や2:3にするにはどうすればいいかなど、パッとひらめくような問題が沢山で自分の興味のおもむくままにできました。そのあとの教科書の問題も本当に折り紙を折っているような感覚で考えられ、とても興味深い授業でした。

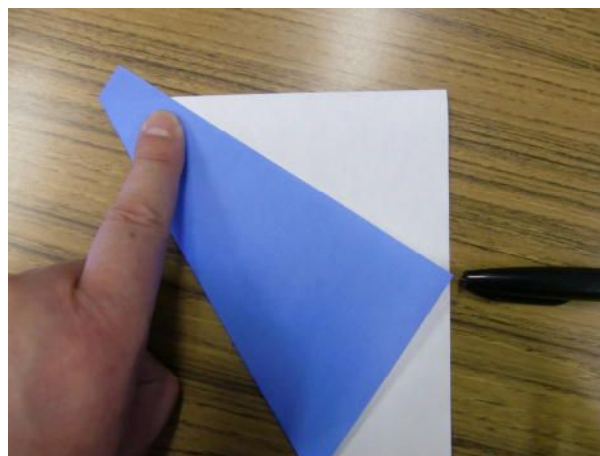
・折り紙とパソコンと2つのもので実感をしつつ実験してくれたのでおもしろくてわかりやすくてよかったです。パソコンを使うと線を動かしたりとかしやすかったので、いろいろなことをすぐに試せてよかったです。

生徒が何げなく書いてくれた感想であるが、ここから我々教員が学ぶべきことが非常に多いと感じるのは私ひとりであろうか。前述したように、このような授業を毎回やるのは厳しいであろう。しかし、やっただけのことはあると感じている。各先生方、それぞれの状況においていかに取り組むべきか、それによって生徒たちに数学そのものの持つ面白さを伝えて行くことができると考えている。

最後に生徒たちに、例の「芳賀第一定理」(もちろん生徒たちにはこんな難しい言葉は言わないが)を紹介して「なぜだろう?説明できる?」と宿題を出した。



▲図20 折り紙をこのように折る(辺の中点)と



▲図21 この点が上の辺を1:2に内分するよ

生徒たちはすかさず折り紙を折って確認していた。

3. 今回の発表のまとめとして

「触ったものの反応がある」ということは人間本来が持つ楽しみのひとつであろう。紙面の都合もあり、今回もまた、ひたすら実践記録を載せる形となってしまった。そして、生徒たちの顔の表情の写真を載せることはできないが、後ろ姿からもその楽しそうな雰囲気を読み取っていただければ幸いである。自分自身、

新学習指導要領での「数学的活動」をどうとらえるか、またPISA調査の話を持ち出すまでもなく、このままでは「数学で学ぶ内容に興味があると回答した生徒の割合」は、ずっと国際平均値より低いままであろうし、ますます数学の「面白さ」「不思議さ」「美しさ」といったものを感じてもらえる場面は、ほとんど無くなってしまわないかと危惧してこのような実践を重ねてきている。そして今、自分自身に課す課題としては、「スタディショップでの成果をどう通常の授業にいろか」である。今回、スタディショップの形をとったいわゆるケーススタディであり、大きな成果を得たと言える。ではそれをそのまま授業に持ち込もうとすれば、前述のコンピュータ活用の際の注意点同様、様々な注意点や気をつけなければならないことが発生するであろう。しかしそれによって生徒たちに数学の「面白さ」「不思議さ」「美しさ」といったものを感じてもらえる場面が生まれるとしたら、自分自身、おおいに頑張らねばならない場面と考える。

さらに今後も、黒板とチョークのみの授業から脱却し「現物」や「テクノロジー」などから「生徒たち自ら乗ってくる授業」を今後も模索していきたい。

参考文献

- ◆芳賀和夫(1999),「オリガミクスⅠ(幾何図形折り紙)」, 日本評論社
- ◆芳賀和夫(2005),「オリガミクスⅡ(紙を折ったら、数学が見えた)」, 日本評論社
- ◆ロベルト・ゲレトシュレーガー著 深川英俊訳(2002),「折紙の数学～ユークリッドの作図法を超えて～」, 森北出版
- ◆数学教育協議会/銀林浩(1994),「折り紙算数・折り紙数学『数学教室』別冊3」, 国士社
- ◆山口榮一(2008),「小学校全学年用 おりがみで学ぶ 図形パズル」, 株式会社ディスクヴァー・トゥエンティワン
- ◆加藤渾一(2008),「折り紙と数学の楽しみ」, 株式会社ダイヤ書房
- ◆島山一平(2007),「折紙数学～折紙で作図を楽しむ～」, 東京図書出版会
- ◆渡部勝(2000),「折る紙の数学～辺の(7分の1), 面積(7分の1)はどう折るのか～」, ブルーボックス B-1303, 株式会社講談社
- ◆堀井洋子+折り紙サークル(2005),「手作り選択数学 折り紙で数学」, 明治図書
- ◆前川淳(2007),「本格折り紙 入門から上級まで」, 株式会社日貿出版社
- ◆前川淳(2009),「本格折り紙 $\sqrt{2}$ (るーと2)」, 株式会社日貿出版社
- ◆山口真(1995),「日本のおりがみ事典」, ナツメ出版企画株式会社
- ◆清宮俊雄(2001),「初等幾何のたのしみ」, 日本評論社
- ◆垣花京子(2007),「ITの活用で数学教育は変わるか? ～動的図形学習ソフトCabri-Geometryの実践研究から～」科学教育研究 31(1), pp.62-63日本科学教育学会
- ◆吉田明史(2009),「高等学校の数学教育に求められるもの」, 日本数学教育学会誌, 第91巻 第7号 p.19
- ◆前田正男・池田敏和・藤原大樹・鈴木誠・橋本吉貴・小山直人・石谷優行・小原美枝・馬場裕・橋本吉彦(2010),「中・高等学校数学科における図形についての美しさを感得する教材開発」, 横浜国立大学教育人間科学部紀要Ⅰ(教育科学)No.12 pp.135-154
- ◆池田敏和・馬場裕・橋本吉彦・岩立 忠・藤原大樹・石谷優行・橋本吉貴・峰野宏祐・東谷洵・五十嵐潤・前田正男(2011),「算数・数学科における図形についての美しさを感得させる教材開発とその指導」, 横浜国立大学教育人間科学部紀要Ⅰ(教育科学)No.13 pp.17-39
- ◆石谷優行(2011),「高等学校図形領域授業にテクノロジーを用いる際の一考察(Ⅱ)～アナログの数学的活動の重視に焦点をあてて～」第44回数学教育論文発表会論文集, 日本数学教育学会, pp.453-458
- ◆石谷優行(2010),「高等学校図形領域授業にテクノロジーを用いる際の一考察～機器と現物, 手を使うことによる実践～」第43回数学教育論文発表会論文集, 日本数学教育学会, pp.169-174
- ◆石谷優行(2000),「高等学校の授業における『知的活動の教具』としてのコンピュータ活用に関する研究～質的研究法によるエスノグラフィ的分析～」横浜国立大学大学院教育学研究科 修士論文

尚、本研究は、平成22年度科学研究費補助金(奨励研究, 研究課題番号22909005)及び平成23年度科学研究費補助金(奨励研究, 研究課題番号23909003)及び平成24年度科学研究費補助金(奨励研究, 研究課題番号24909003)の研究助成を受けて進められている。

E-Mail masayuki@ishitani.com

Webサイト <http://www.ishitani.com>