

iPadとGC/html5を使った授業による二つの提案

－附属名古屋中学校での鈴木実践に関連して－

愛知教育大学 飯島康之

0. はじめに

この1・2年は、私にとってiPadとGC/html5に関する1年であったと言っても過言ではない。2010年度のGC活用研究会の実施に関して、附属名古屋中学校の鈴木先生と計画するにあたって、「iPadを使いましょう」という鈴木先生の一言から、本格的にiPadでGCを動かすための模索が始まり、2010年夏に最初の試作版を開発した。その後、幾多の修正を加えて、秋にはビューア版を開発し、2011年1月のGC活用研究会での鈴木実践を迎えた。

2011年度には、ビューア版から、通常版に移行するためのソフト開発を夏に集中的に行った。一方、iPadとGC/html5を使った実践（鈴木実践）を、名古屋中学校の研究発表会にて実施した。鈴木実践以外にも、何人かの先生方に、いくつかの学校での実践を実施していただいたが、本稿では、GC/html5の概要をまとめるとともに、上記の二つの鈴木実践の中で、どのような提案を行ったかをまとめることにしたい。

1. iPadとGC/html5

1.1 iPadの魅力と問題点

ご存じのように、2010年は、iPadにとって大ブレイクの年だった。我々にとって新しい世界を提供してくれた。他のタブレット端末との競争が始まり、2011年には早くもiPad 2、iOS 5が登場するなど、開発競争は激化している。生徒用デジタル教科書に関する議論が始まっているが、そこで想定されている機器の一つはタブレット端末であるように、今後、生徒用デジタル端末を考える上では、一つの重要な選択肢になっていくと思われる。

私や鈴木先生が「iPadを使いたい」と思った理由は単純なことだった。それまで利用してきたネットブックに次の不満を感じていたが、それらを解決してくれると思えたからである。

- (1) 起動が遅い。あるいは、生徒が間違っ（電源スイッチを長押しして）再起動してしまう。
- (2) 覗き込める方向が限定される。机の上にフラットに置かなければ、回り中から観察できる。
- (3) マウスの制御は一人に限定される。タッチパネルなら、多くの生徒が手を出せる。
- (4) 指で動かす方が自然な感じがする。

一方、iPadには大きな問題点があった。鈴木先生の提案に対して私は当初「無理」と即座に断ったのだが、iPadでは、Javaもflashも、そして当然GC/WinのようなWindowsアプリケーションも動かないため、これまでの開発のノウハウは活用することができず、iPadで動作させるためには、ソフトを一から開発し直さなければならなかったからである。しかも、その時点ではソフト

開発の方法も分からなかった。その後以下に示す方法が見つかったのだが、既存のコンテンツ等を生かせないことが問題点であることは今でも変わらない。

1.2 iPad用のソフト開発のための選択肢としてのhtml 5 + JavaScript

iPad用のソフト開発を行うためには、二つの選択肢がある。一つは、Objective Cを使って、ネイティブなソフト開発を行う方法である。この場合、有料であれ、無料であれ、Apple Storeに登録し、そこから購入する方法をとることになる。もう一つは、いわば、ホームページの中で動作するソフトとして開発する方法である。html 5の規格に合わせて、ホームページの中に、パーツを配置し、それらに対する挙動を、JavaScriptで記述するという方法（html 5 + JavaScriptと省略する）である。html 5 + JavaScriptの長所・短所を以下にまとめる。

(1) 標準的なブラウザがあれば動作する

flashやJavaは、リッチなwebページを作るための重要な方法だが、それぞれプラグインをインストールしなければならない。また、iPad用のSafariのように、プラグインが開発されていない機器もある。次世代規格なので、最近のブラウザを使う必要があるが、html 5に対応したブラウザを搭載している機器ならば、どのような機器でも動作する点が最大の長所である。

(2) ソフト利用に際してインストール等は必要なく、webにアクセスするだけでよい

この形で開発したソフトは、ホームページそのものである。GC/Winのようなインストールの必要はなく、当該のurlにアクセスするだけで使えるのも長所である。また、ネットにアクセスできない場合には、（PCの場合は）ローカルに保存したhtmlファイルを開くだけでよい。

(3) スクリプト言語なので、実行速度が遅い

一般論として、スクリプト言語はネイティブなソフト開発を行ったものより実行速度は遅い。しかし、最近各種ブラウザでのJavaScriptの実行速度の改善はめざましい。また実行速度は、機器の性能等に依存するとともに、GCのようなインタラクティブなソフトは、実際に使ってみて満足できるかどうか判断基準になる。

(4) クライアントサイドで実行するスクリプト言語なので、ソースコードを遮蔽できない

スクリプト言語であっても、php等のように、サーバーサイドの場合には利用者にとってはソースコードを見ることはできないが、ブラウザ内で動作するため、簡単にソースコードを見ることが出来る。難読化などの方法もないわけではないが、基本的には、この方法論をとる場合には、オープンソースに近いスタンスでの開発を行うことが必要になる。

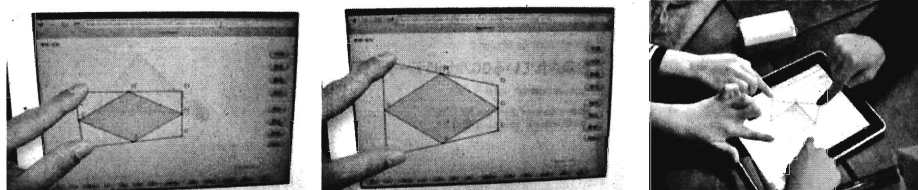
1.3 GC/html 5の主な機能と特徴（GC/Winと比較して）

(1) 全般的な操作

マウスやキーボードの代わりに、指タッチで動かす。タブレットPCのペンタッチはピンポイントでドットを指し示す感覚なのでマウスとかなり近いのと比較すると、指タッチはかなり場所がアバウトになるため、ボタンやそれらの感覚なども一定の大きさが必要になる。

もう一つの大きな違いは、マウス・ペンタッチは1ヶ所を指定するのに対して、指タッチは複数の場所のタッチが可能であり、たとえば、iPadの場合には、5ヶ所まで認識することが可能で

ある。これは、画面内の複数の点を同時に動かすことその他、あるボタンを押しながら点を動かすとか、複数の生徒が協力しながら操作を行うことも可能になる。



(2) 幾何的対象

数、点、直線（線分・半直線）、円の他に、角や（領域としての）多角形を追加した。

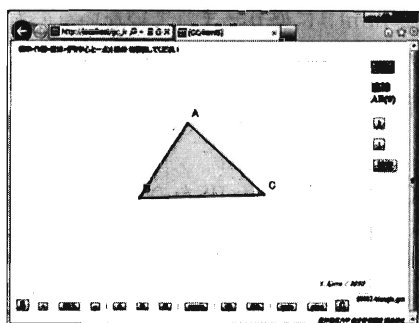
(3) 変形

GC/Win等でマウスで操作するのとはほぼ同様の変形を行うことができる。また、複数の点を一緒に動かすことができる。一方、GC/Winで行えたキーボード変形に相当することはできない。シフトキー+変形に相当することは、「Sボタン」を押しながら変形することで、近接の対象（直線/円）に射影できる他、「Cボタン」を押しながら変形することで、格子点への射影できる。

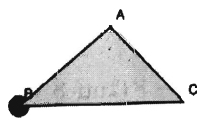
(4) 作図・測定

GC/Winでの作図が基本的にメニューを使って行うのに対して、GC/html5では、ボタン配列を使ったメニュー構成になっている。GC/Winとはちがって、メニューの階層構造を一瞥できないので、それまでにたどっている階層を画面上に表示している。

多角形、正多角形は作図での点の指定の仕方を変更したほか、多角形では領域としての多角形を扱うようになった。また、角の測定ではこれまでの $-180^\circ < \theta < 180^\circ$ を一般角に変更し、角の大きさが連続的に変化することによって、 180° 以上や、 -180° 以上も可能にした。



1: $\angle ABC = 321.54$



1: $\angle ABC = 370.22$

(5) 編集

領域としての多角形や角に色を設定できるようになった。

(6) 保存・読込

サーバへのオンライン保存機能の他に、PCやiPad本体に最大10個分の図のデータを保存・読込を可能にした。この機能を使えば、ネットの利用できない環境下でiPadなどを使っている場合でも、読み書きができたり、暫定的にデータを保存し、ネットのある環境に移動したときに、その

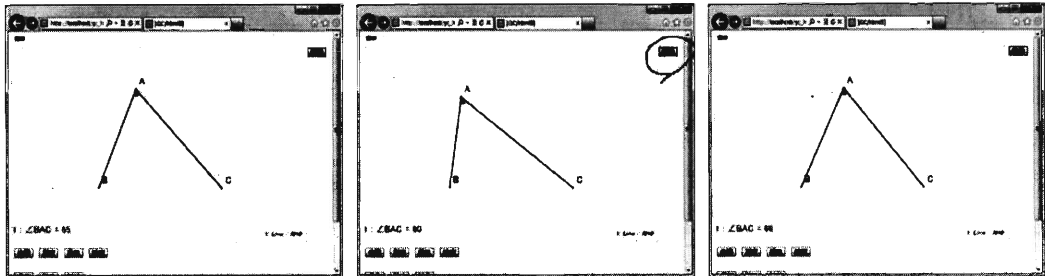
データをオンライン保存するなどの方法が使えるようになった。



(7) その他の機能

軌跡が設定してある場合には、「記録」ボタンを表示することにした。条件を満たす点の集合について調べている場合に、このボタンを押すと点の軌跡が記録される。

また、生徒が点を動かしているときに、誤って動かすべき点が範囲の外に出てしまい、動かさなくなってしまうときがある。このようなときに、読込時の状態に戻すことを想定して、「再読込」というボタンを追加した。



なお、GC/Winに搭載されている機能だが、現時点ではGC/html5に盛り込まれていないものもいくつかある。たとえば、イベント機能や条件を満たす点の自動探索機能、測定値のcsvファイル出力機能、図形の追加機能、落書き機能、作図データの分析や再生機能などがある。

(8) GC/Winとの連携

GC/html5で使うファイルの文字コードはutf-8であり、GC/WinではShift-JISなので、文字コード変換は不可欠になる。それらの変換も含めて、GC/Winで作成されたデータを基にGC/html5で図形を表示するためのデータアップロード等を作成した。

1.4 iPad+GC/html5の利用環境

実際に学校でiPad上でGC/html5を利用するために必要な設備等を以下にまとめる。なお、協力校での実践では、iPad 11台（生徒用10台、教師提示用1台、WiFi版、16G）を使っている。1セットに要する予算は、60万円程度である。

(1) 校内無線LAN等でインターネット接続

附属学校等で実践をする場合には、各教室に設置されているLANポートに無線LANルータを接続し、そこにiPadを接続させ、インターネット上の飯島研究室のサーバにアクセスする。

非常に簡単に利用できる反面、授業中に、必要なページ以外にアクセスする懸念も残る。

(2) ノートPCをサーバ化し、閉じた無線LAN環境内で接続

愛知県内の公立学校等では、事前に登録されている機器以外をLANに接続することができないことが多い。この場合、ノートPCをサーバ化し、それに簡易無線LANルータを接続し、閉じた無線LAN環境を作って、iPadからアクセスする。

この場合、サーバの管理などの作業が必要になる反面、生徒がインターネット経由で勝手なことをする懸念は全くなくなるという利点もある。

なお、ノートPCのサーバ化のために必要なソフト (xampp) は無料であり、GC独自のファイルやノウハウは、GCWiki等で公開しているので、経費的にもスキルのにも難しくはない。

2. 提案1：グループ活動の中で5分間程度の利用

- 「境界線の引き直し」の鈴木実践 -

2.1 提案の背景

1990年代は、コンピュータ室での探究的な学習を中心に行ってきた。2002/2003年以降の学習指導要領下では、特に時間数の削減などの影響もあり、そのような実践は影をひそめた。一方、文科省の「教育の情報化」路線の中で、プロジェクトなどを使って普通教室でのプレゼン的な利用が中心になった。これらの実践では、問題提示や議論などの場面において、作図ツールを使うものの、生徒自身の探究の中では、紙と鉛筆を使った活動が中心になる。それらは一定の成果をおさめていた一方で、生徒自身が作図ツールを操作し、探究する学習の可能性も模索してきた。それらを実現したのは、ネットブックの普及である。私たちが、2009年の伊藤実践などで、ネットブック (4人1台) を使った。グループの中で調べながら議論するという当初の目的は実現できたが、1章で述べたように、起動時に長押ししてしまって再起動する生徒の存在など、日常的にグループ活動の中で使う上では、いくつかの問題点があることがわかった。

これらの問題点をクリアするための一つの指標が、「5分間の利用」である。ネットブックの場合、普通教室でグループの中での利用は実現したが、配布から起動までの時間などにロスがあるし、トラブルへの対処などの可能性も想定しなければならない。実際、伊藤実践 (2009/2/5-(2)) の中では、約6分30秒の利用を2回行っていたが、配布・起動時の時間のロスなどを短縮できれば、5分間で納まると想定された。また、このように、ICTを使って調べる時間を5分程度に納めることができるなら、これまでICTを使ったこなかった先生方にとっても、受け入れられる可能性は増えるだろうという意味もある。

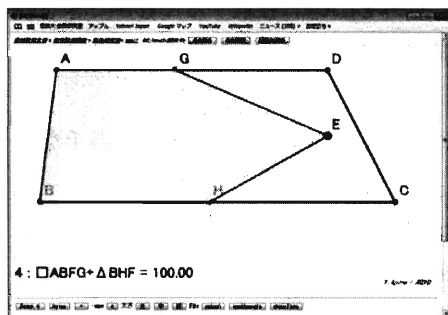
なお、下記の実践は、2011/1/27に、第8回GC活用研究会として実施した。

2.2 鈴木実践で扱った課題とGC/html5 + iPadを使った活動

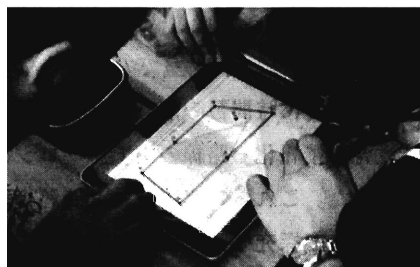
「5分間だけの利用」でおさまることも念頭において、次のような課題を授業では扱った。

導入課題：台形の畑を、村長と鈴木くんが下の図のような境界線で使っています。今の境界線では使いにくいので、二人の土地の面積を変えないように、境界線の引き直したいと思います。

電子黒板を使って、点を動かすと面積が測定されることを提示し、いろいろな点を動かしてしまおうと難しいので、とりあえず1点を動かすことにした。



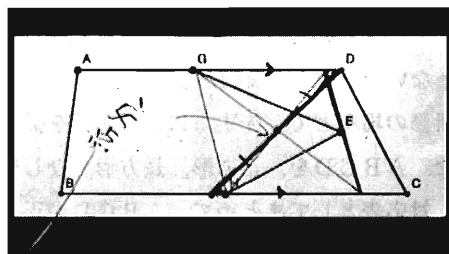
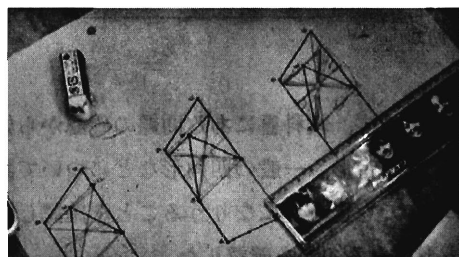
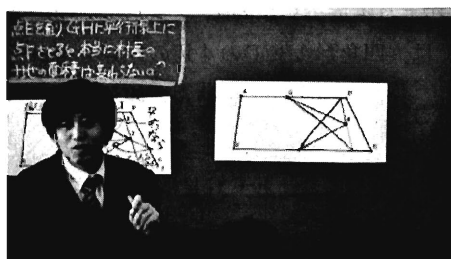
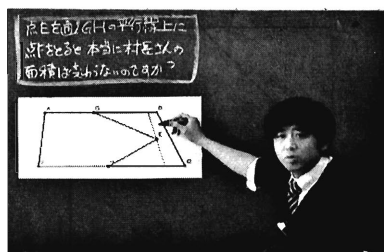
点Eを動かして面積の和が100になる場所を見つけ、その点をOHPシートの上にプロットする。交代しながらプロットする中で、気づくことはないだろうか。それがこの場面での活動である。



この活動で特徴的なのは、上に示すように、iPadの回りに生徒が集まり、顔を寄せることによって、協力や話し合いががとてもしやすい雰囲気になることである。OHPシートがずれないように押さえたり、交代して点をプロットする。シートを実物投影機で提示しながら、いろいろなグループのシートを重ねることが、学級全体としての結果を集約し、直線になること、詳しくいえば、点Eを通してGHに平行な線分になることを確認した。グループ別の活動、つまり機器の配布からシートを集め、実物投影機での提示を始めるまでに要した時間が約5分だった。

2.3 紙や黒板での活動を重視

鈴木実践でのその後の展開は、本当にこの線分上なら面積が100になるのかということと、そうだとすると、どういう境界線が有力候補になるのかということ、しかし、それ以外にも境界線としては有力と思えるものがあることなどであった。



これらの問題を考える場面では、iPadを使うことはやめ、板書や紙（ワークシート）を中心的に使った。証明を考えるには、補助線などに関する静的な図を使った思考の方が適切だからである。

2.4 考察

「5分間の利用」に関する実践は、本課題と別の課題に関して、のべ10時間ほど実施した。どの授業においても、ほぼ円滑に実施することができた。特に、ネットブックのときに生じたトラブルは一切起きなかった。iPad + GC/html5での「5分間の利用」は十分可能であることが分かった。一方、上記からも分かるように、5分程度の利用のためには、どういう場面（のみ）でGCを使うかという割り切りが重要であると同時に、黒板やワークシート上での活動を中心に位置づけることも重要である。

3. 提案2：複数の点の動かし方への注目

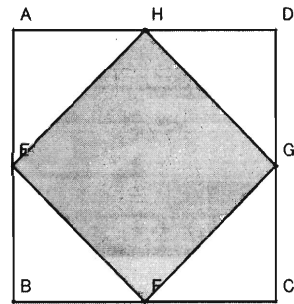
- 「四角形の四辺の中点を結ぶ四角形」の鈴木実践 -

3.1 提案内容

PCでのマウスは一点のみをつかまえる。しかし、iPadでのタッチは複数の点をつかまえることができる。そのため、GC/html5 + iPadでは、複数の点を同時に動かせるようにした。開発時には、それが興味深い数学的探究に結びつくことはあまり想定していなかった。しかし、鈴木先生が10月の公開授業において、四角形の四辺の中点を結ぶ四角形の問題を扱うことになり、この問題についていろいろと取り組んでみると、複数の点の動かし方は、なかなかおもしろい数学的探究と結びつくことがわかった。それが中学生に適切な課題かどうかは別として、少なくとも大学生や先生方の研修では、手応えがよかった。PCではありえなかった「複数の点の動かし方への注目」を、iPadならではの使い方として提案することにした。なお、鈴木実践は、2011/10/7の研究発表会にて実施した。大学生や先生方への提示・検討は7-8月に行った。

3.2 大学生や先生方に提示した問題

問題 右の図では、四角形 $ABCD$ の4辺の中点をそれぞれ E, F, G, H とし、それらを結んで四角形 $EFGH$ を作った。



$ABCD$ が正方形のとき、 $EFGH$ は正方形になる。

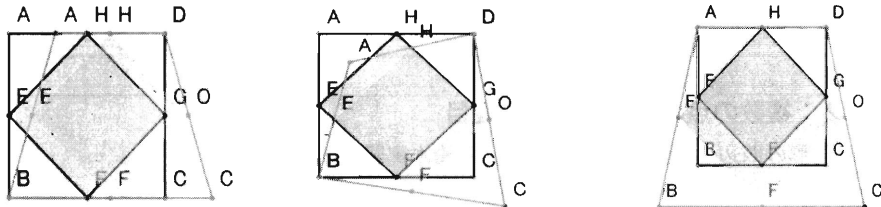
- (1) $A \sim D$ の2点を同時に動かしても、 $EFGH$ は常に正方形のままというような動かし方を見つけよ。
- (2) $A \sim D$ の4点を同時に動かしても、 $EFGH$ は動かないというような動かし方を見つけよ。

研修の場などで、先生方にこの問題を提示する場合も、まず、教科書にある問題の確認から始めた。 $ABCD$ を、正方形、長方形、ひし形、平行四辺形、台形、一般の四角形などについて調べ、対応表としてまとめて、 $ABCD$ が正方形以外の場合でも正方形になりうることを確認し、 $ABCD$ がどのような条件を満たすときに $EFGH$ は正方形になるのかを確認した。

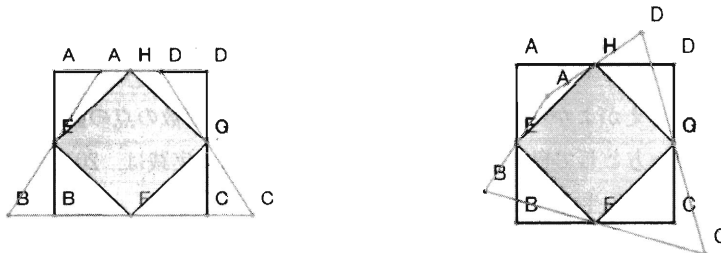
ここまでは、多くの先生方にとって、なじみのある内容なのだが、その次のステップとして、「iPadならではの問題なのですが」という前置きをして、上記の問題(1)を提示した。

先生方の研修の場や、大学生対象の授業の場で、合わせて5回程度試してみたが、どの場合も一定の時間（5分程度）確保すると、気づき始める人が出てくる。

「 $ABCD$ の対角線が直交し、長さが変わらない」という条件を満たす動かし方として、代表的なものは、次の二つである。一つは、片方の対角線は動かさず、もう一方の対角線のみを動かすもので、形に注目するならば、次に示すように、等脚台形となる動かし方と、たこ形になる動かし方が代表的である。もう一つは、両方の対角線の長さを同じように変化させるものである。



これらを発表してもらった後で問題(2)を提示する。やはり、5分くらいすると数人が気づき始め、発表してもらおうというケースが多かった。上の左側の図で、対角線の動きと $EFGH$ の動きに注目すると、対角線の動きの半分だけ $EFGH$ が動く。それを打ち消すような動きをもう一つの対角線で行えば、動きがキャンセルされるというものである。次の2種類が多かった。

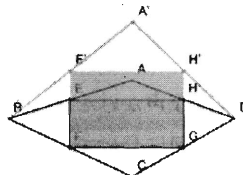


3.3 EFGHの形を保つような頂点の動かし方

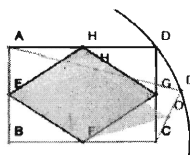
正方形に注目したので、2点を動かすとか、4点を動かすことに注目することになったが、EFGHが他の形になる場合に注目すると、次のような動かし方も特徴的であることに気づく。

(1) EFGHが長方形の場合

右図のように、一つの頂点を直線上（たとえば、点Cを通過してBDに垂直な直線）で動かせば、いつもEFGHは長方形になる。

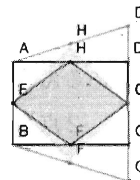
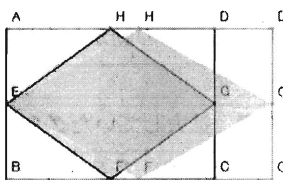


2点を動かす場合も、 $AC \perp BD$ となるような動かし方ならばよい。



(2) EFGHがひし形の場合

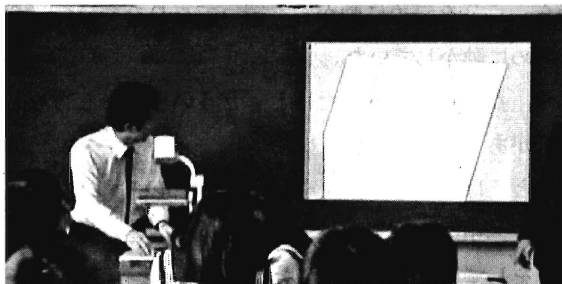
一点(D)だけを動かしてひし形を保つには、右図のように、 $AC = BD$ となるような円上を動かすことになる。帰納的に見つけることは難しい。



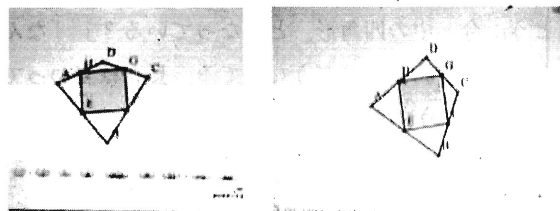
しかし、二点(C, D)を動かす場合なら、右図のような動かし方は、比較的簡単に見つけることができる。

3.4 鈴木実践 (10/7) の概要 - 頂点の動かし方に焦点を当てて -

まず、前時に最も一般的な場合に関して、中点連結定理を使って証明をしておいた。そして、それを確認した後で、まず、「外側の四角形を長方形にすると、内側の四角形はどんな形になるだろうか。」「ひし形」「本当かな。じゃあ、iPadで確認してみてください。」と、外側が長方形になる場合について確認した。そして、その場で、「iPadでは、こういうこともできるんだよ。」と、四角形の4つの頂点をすべてつかまえ、ちょうど四角形を回すような動きを提示して、一度に複数の点を動かせることを示した。続いて、「次は何をするでしょう。」「ひし形。」「そうだね。外側をひし形にしてみましよう。」「長方形になりそうですか。そうですね。」「次は何をするでしょう。」「正方形。」「はい。それでは正方形にしてみてください。」という流れで、外側がひし形、正方形の場合を確認した。



そして、「次は何をするでしょう。」と投げかけ、生徒は沈黙した。そこで、「今、外側が正方形のときに内側が正方形になったけど、外側が正方形以外で、内側



を正方形にすることってできるかな。ちょっと試してみて。」と投げかけた。それぞれのグループがいろいろな図形をつくり、鈴木先生が実物投影機でそれらを順番に提示した。

「台形、たこ形、... なんでもいい？ 外側の四角形はどんな四角形だったら、内側の四角形は正方形になるのかな。」iPad の上に OHP シートを置いて、自由に書き込んだり、紙の上にスケッチを書いたりしながら、グループ活動が始まった。グループの中での特徴的な動かし方に応じて鈴木先生は、次のような声かけをしていた。

(1) 点の動きを2回に分けていたグループ

あるグループでは、まず中が長方形になるように動かし、次の正方形になるように動かしていた。

「今、どういう動かし方をした。もう一度やってみて。」

「今、二回動かしたよね。今の動かし方に秘密があるんじゃないかな。」

(2) 2点をつかんで、拡大していたグループ

あるグループでは、2点B、Cをつかまえて、対角線AC、BDが同じ方向で伸びるような方向に動かしていた。

「どうやりたい？」「大きくしたい」「そうだよな。こうやったら拡大できるんだよな。この拡大する動き、これいいと思うんだよな。」

(3) 点B、Dを動かしていたグループ

あるグループでは、ABCDが正方形にしてから、点Bを斜めに動かし、続いて点Dをやはり斜めに動かしていた。

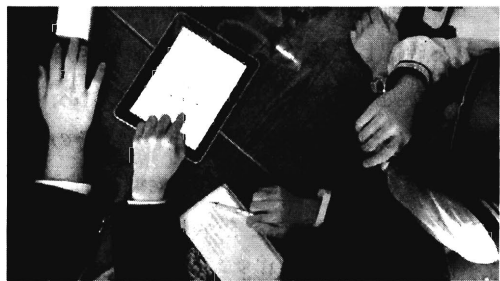
「今、点を2つ動かしたけど、どういう動かし方をした？」「平行移動」「その動かし方に何か秘密がありそうだよな。」

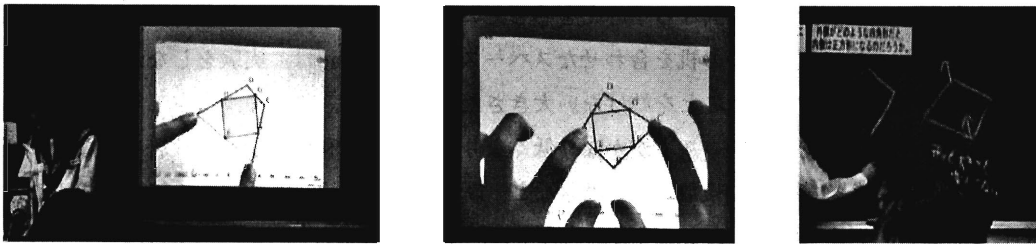
たとえば、上記の拡大をしていたグループは、一つ正方形になる場合を作れば、B、Cを動かすことで、中の正方形が拡大されていくことを見いだした。鈴木先生は、「みなさん、こんな動かし方をしているグループがあります。」と、そのグループに、前で動きを提示させた。

「どう。今、中の四角形、どうなっている？」「なんか正方形みたい。」「もう一度やってみようか。どう。長さはどうなってる。長さは変わっているけど、形はかわっていないな。なんでそうなんだろう。」

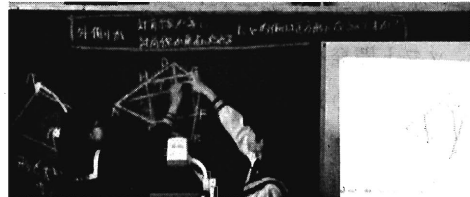
「もう一つみて。」「今度の動かし方は、形も大きさも変わっていないよね。」

「こういう動かし方には秘密はないのかな。ちょっとみんな、同じ動かし方をやってみよう。」





それぞれのグループで上記の動かし方を確かめたり、当初の問題に対して、「二つの対角線が直交し、長さが等しい四角形」という予想を立て、証明を進めていった。



そして、証明に関しては、二人の生徒が協力しながら証明のアウトラインを黒板の図を使って説明した。

3.5 考察

鈴木実践の中では、3.2に示したような問題文をそのまま提示するということはしなかった。しかし、 $ABCD$ を長方形にするときに、複数の点を一緒に動かせることを示すことによって、複数の生徒が協力して、あるいは一人の生徒が複数の点を動かすようになった。そして、動かし方にどのような意味があるかに注目させたり、2点を動かしたときにいつも $EFGH$ が正方形になることを示すことを通して、 $ABCD$ の二つの対角線が直交して長さが等しいならば、 $EFGH$ は正方形になることの証明を考えるという流れで授業を構成した。

大学生や教員という、結論を知っている方々に対する問題の提示の仕方と、初めて問題に取り組む中学生の場合の問題の提示の仕方の違いを実感する授業となった。

授業を通じて実感したことは、3.4の中で記述したように、それぞれのグループの中で、動かし方と $EFGH$ の形に関して多様な活動があったことと、それに関する生徒の言語活動がとても豊富だったことである。点の動かし方に関しては、言葉による表現の他に、指の動きや手の向きなど、さまざまな動作を通じて表現したり、紙上にスケッチを書いて表現していた。

GC/Winの中で複数の点を動かすことはできないわけではない。たとえば、両端が変形可能な点ならば、線分をつかまえて動かすこともできる。しかし、2点を同じ方向に動かしたり、違う方向に動かしたり、一人の動きにもう一人が合わせるような協力したりするような動きをすることに関しては、iPad+GC/html5の方が実に自然な形で行えることを実感した。

4. おわりに

学校教育の中でiPadを使った実践はまだ始まったばかりである。iPad+GC/html5を使った実践は、附属名古屋中学校、愛西市立佐屋中学校、豊川市立御津中学校、静岡市立亀爪中学校で、のべ20時間程度を実践してみたに過ぎない。しかし、それだけの実践の中からも、今までのPCを

使った作図ツールの授業とは異なる手応えを感じている。第一には、グループ活動に適した機器だということ。第二に、4つの机を合わせたスペースに置いたiPadは、実験をしながらノート上でスケッチや証明等を考えることを妨げない大きさだということ。第三に、配布・実験・回収や事前の設定等の労力や時間的コストがかなり低くなり、日常的な利用のための敷居をかなり下げていること。第四に、複数の点の動きなど、新しい数学的探究と結びつく特徴もあること。そして第五に、グループに1台という使い方ならば、1セット60万円程度と、PCの場合と比較して、かなりコストが下がっていることである。

ソフト開発やコンテンツ開発に関しては、今後も改良を続けていく予定だが、ぜひ、実践に関して、多くの先生方との共同研究を進めていくことができると願っている。また、GCと同様に、さまざまソフトが、html5 + JavaScriptの形に移植されていくようになると、単にiPadでできることが広がるだけでなく、ハードの種類に依存しないテクノロジー利用の世界を広げていけるはずである。ぜひ、そのような動きが広まっていくことを期待したい。