

授業への i P a d の活用を広げる研究

～数学の授業への活用を通して～

大分市教育センター

長期派遣研修生 宮子亮一

はじめに

文部科学省の『教育の情報化に関する手引』では、「ICT活用が教員の指導力に組み込まれることによって児童生徒の学力向上につながる」と述べられており、教師のICT活用能力の向上が求められている。教員のICT活用指導力の基準は、

- A: 教材研究・指導の準備・評価などにICTを活用する能力
- B: 授業中にICTを活用して指導する能力
- C: 児童(生徒)のICT活用を指導する能力
- D: 情報モラルなどを指導する能力
- E: 校務にICTを活用する能力

の5つの大項目からなるが、平成24年度の調査結果によると大分県は、項目Bで小学校36位、中学校39位、項目Cで小学校32位、中学校34位など低い水準にある。平成25年度の調査結果の速報によると、項目Bで小学校41位、中学校46位、

項目Cで小学校39位、中学校42位とさらに順位を下げている。

大分市では、平成22年度に電子黒板が導入され、平成25年度には中学校、平成26年度には小学校の教育用コンピュータの更新と共にiPadをはじめとする新しいICT機器が導入された。iPadは直感的に画面をタッチして操作できるため、キーボード・マウスなどの操作が苦手な人でも扱いやすく、諸外国でも教育現場に取り入れられている。教師が操作して教材を提示したりそれに直接書き込む電子黒板的な活用、子どもが操作した学習活動、内蔵カメラを利用した実物投影機の代用など、工夫次第でいろいろな使い方を広げることができ、前述の項目Bや項目Cを伸ばしていくのに適していると思われる。

数学の授業においては、「デジタル教材ならではの提示の仕方を工夫することで課題を明確につかませる」、「iPadは操作しやすく簡単に何度も試行したり元に戻したりできるため、子どもたちが観察、操作、実験などの活動を行う場合、数学に対する直観や洞察、性質の理解の能力を伸ばすことに役立てられる」などの利点があると考えられる。

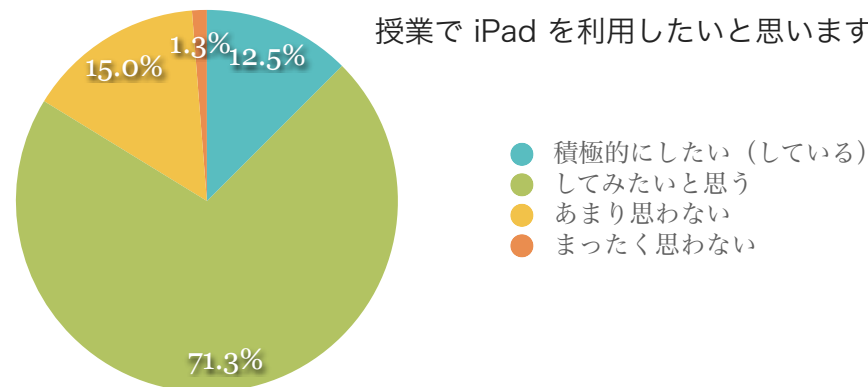
実態

平成25年度に中学校に iPad が導入され、1年半が経過した時点での先生方の意識と活用状況を知るために、9月25日の中教研地区集会において、大分市内の数学科の教員（100名）を対象に「数学の授業での iPad の利用に関するアンケート」を実施した。（回答数80）

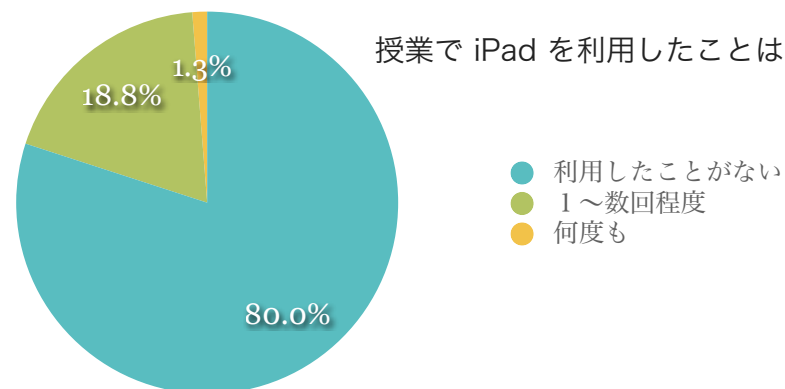
「授業で iPad を利用したいと思いませんか？」という設問では、83.8%が利用したいと答えている。しかし、「授業で iPad を利用したことはありますか？（昨年の導入より現在まで）」という設問を見てみると、80%が利用したことがないという、ほとんど利用されていない実態が見えてくる。

「授業で iPad を利用するうえで困難を感じることはなんですか？」という設問を見てみると、「教材等の作成・準備ができない」という回答が68.8%と最も多く、利用の障害になっている様子がうかがえる。また、「積極的にしたい（し

授業で iPad を利用したいと思いますか？



授業で iPad を利用したことはありますか？

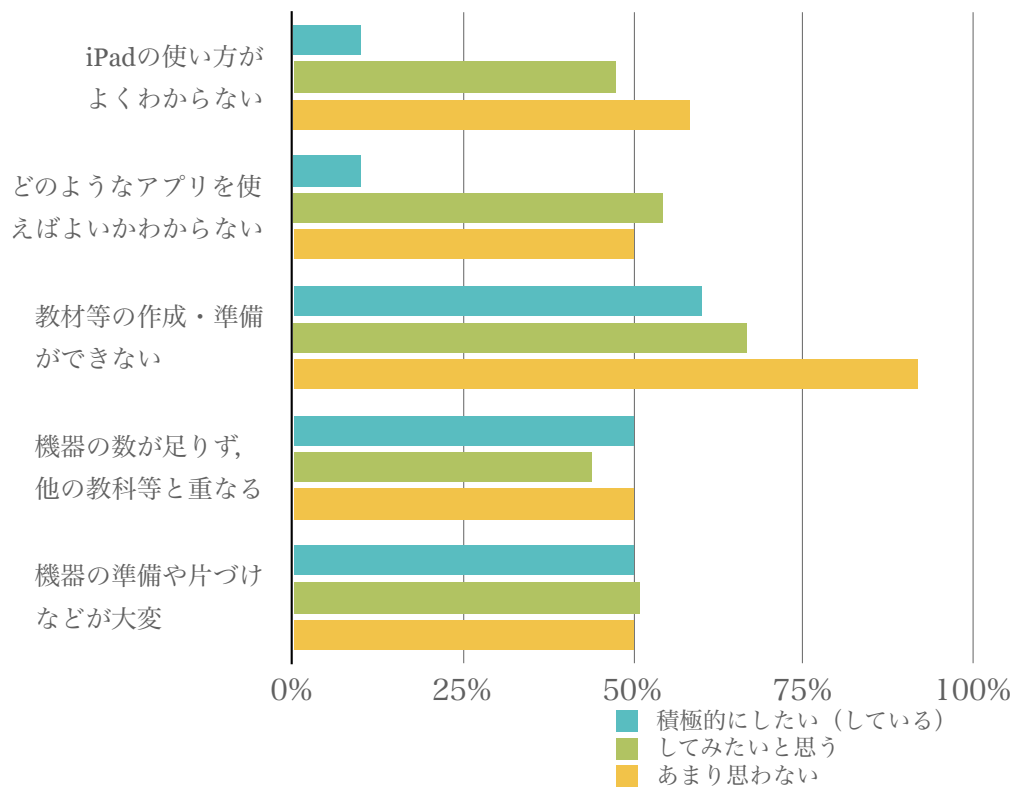


ている)」層を除くと、「iPad の使い方がよくわからない」と「どのようなアプリを使えばよいかわからない」の回答が多い。iPad をどう使うのか、何ができるのかがはっきりしていないことが利用の妨げになっているようである。また、「機器の数が足りず、他の教科等と重なる」が46.3%、「機器の準備や片づけなどが大変」が50.0%という回答の多さから、物理的な環境のさらなる整備も望まれる。

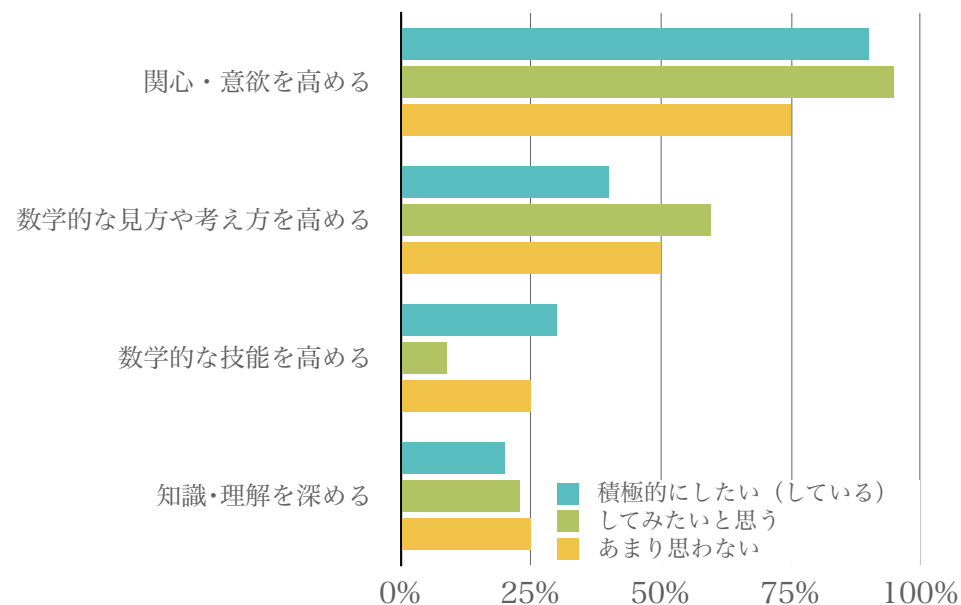
「授業で iPad を利用するうえで期待したい効果はなんですか？」では、「関心・意欲を高める」が91.3%、「数学的

な見方や考え方を高める」が55.0%と高い。「授業のどのような場面で iPad を利用するとよいと思いますか？」では、「子どもが観察、操作、実験などの活動をする場面」という回答が63.8%と多く、中でも利用を「積極的にしたい（している）」と答えた層では90.0%と突出している。期待したい効果と利用する場面を掛け合わせてみると、「協働学習（話し合い・教えあい）の場面」や「子どもに発表（ノートなどを提示）させる場面」において「数学的な技能を高める」効果を期待する割合が多い。

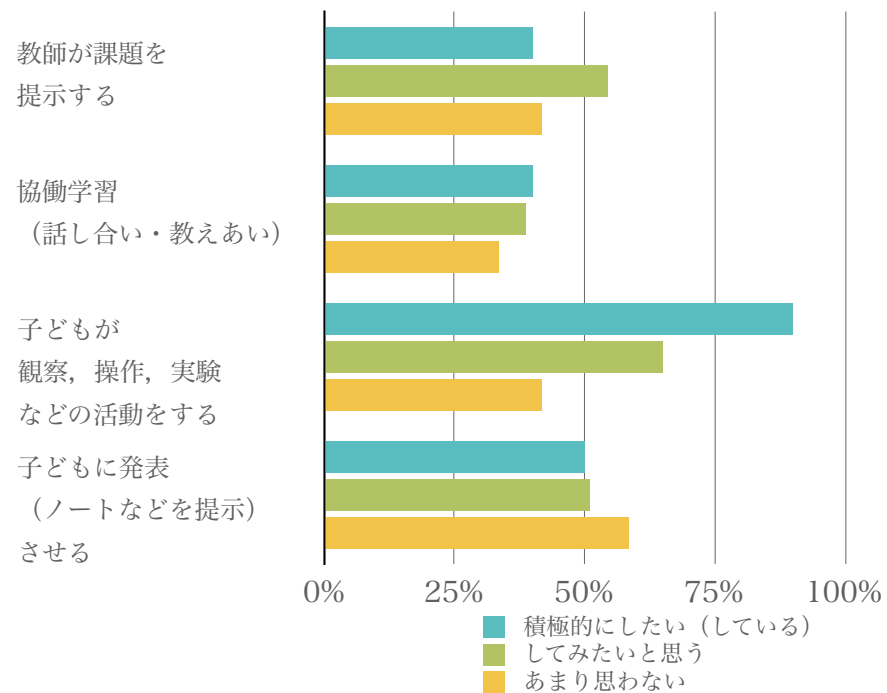
授業で iPad を利用するうえで困難を感じることはなんですか？



授業で iPad を利用するうえで期待したい効果はなんですか？

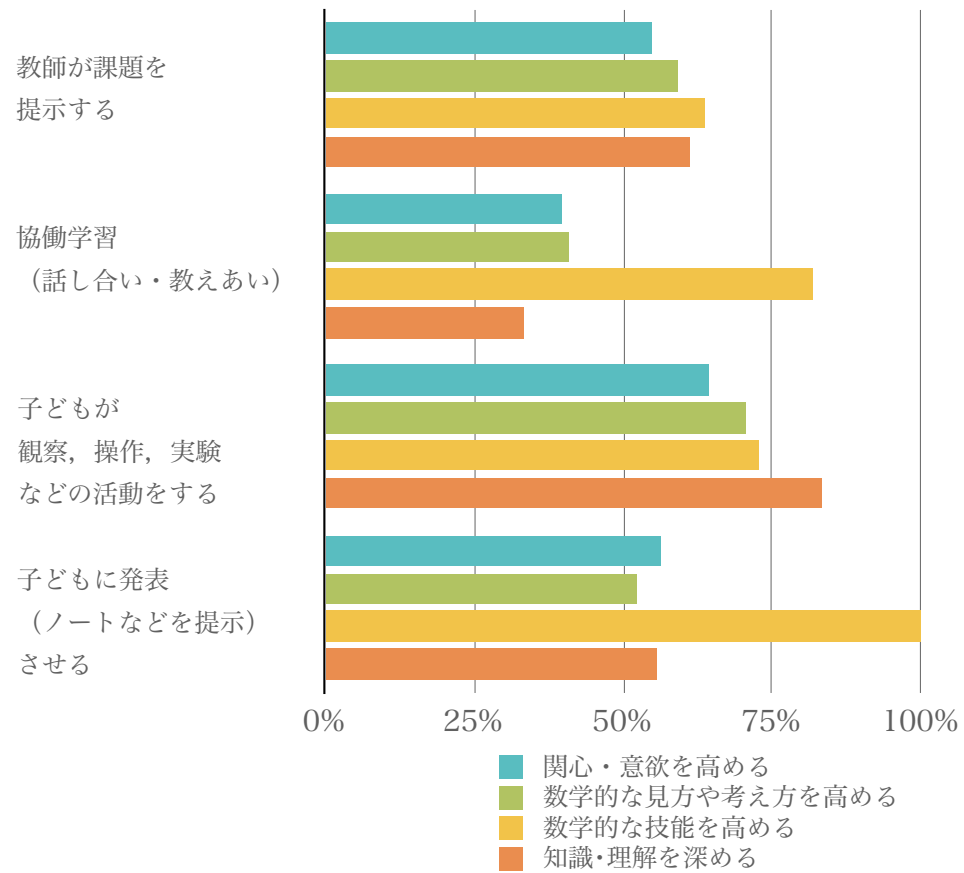


授業のどのような場面で iPad を利用するとよいと思いますか？



授業のどのような場面で iPad を利用するとよいと思いますか？

(期待したい効果との相関)



研究の方向性

授業へのiPadの活用を広げる研究

～数学の授業への活用を通して～

実態調査の結果から、現場の先生方が授業で iPad を利用したいという気持ちはあるものの、iPad をどう使うのか、iPad で何ができるのかがわからないこと、教材等の作成・準備に困難を感じていることが見えてきた。iPad の使い方自体はそれぞれで研修して習熟してもらうより他はない。iPad でどのようなアプリを使うことで何ができるのかということについては、自分自身が課題を感じていたことでもある。そこで、iPad の活用の先行事例から、授業でどのように使われ、成果があげられているかを調べることにした。その上で、アプリや自作の教材を授業に取り入れる場面や有効な取り入れ方をさぐり、授業設計に生かすことで、子どもたちが学習内容に興味・関心をもち、理解を深められるであろうと考えた。以上のことから研究仮説を次のように設定した。

研究仮説

iPad の特性やアプリについて研究し、数学の授業に効果的に取り入れれば、子どもたちが学習内容に興味・関心をもち、理解を深められるであろう。

〔研究内容〕

- iPad の特性や数学の授業に使えるアプリや教材について
- 数学の授業への効果的な iPad の取り入れ方について

〔研究方法〕

- iPad の特性や iPad を活用した先行事例についての調査
- 数学の授業に使えるアプリについての調査と iPad で使える教材の自作
- iPad を効果的に取り入れる場面や有効な取り入れ方について考えた検証授業の実施

(1) iPad の特性や iPad を活用した先行事例についての調査

比較的新しいデバイスである iPad について、学習における有効性や特徴を教育工学の手法を用いて調べたものとして、「学習教材のデバイスとしての iPad・紙・PCの特性比較」(赤堀侃司・和田泰宜)がある。それによると、理解度テストおよびアンケートから、

- 紙は、多肢選択問題、基礎的問題、知識理解の問題などに優れた成績を示した。
- iPad は、記述式問題、応用的問題、理解・総合の問題などに優れた成績を示した。
- PC は、いずれの問題形式によらず、特に優れた成績は示さなかった。
- 紙は、本や新聞などを読む時、下線を引いたりチェックをする時、メモをする時などに有効であり、かつ勉強したという実感をもたらす。
- ただし、紙は最も飽きやすく、PC は最も疲れやすく、iPad はもう一度やってみたいという特性がある。

という結果が得られ、そこから、「決められた範囲における学習内容を知識として覚えたり理解したりする学習活動においては、紙が最も優れており、iPad は自分の考えや判断や総合的に述べるような問題に適しており、かつ継続的に学習したいという特性がある。PC と iPad は同じデジタル教材なので、その違いは、インターフェイスすなわち、指タッチによ

る操作とキーボードとマウスによる操作の違いによると考えられる。」と考察している。

このことから、iPad の特性として、

- 指でタッチして操作できるので、キーボードやマウスなどの操作の習熟が要らず、初めてでも使いやすい
 - 操作して動かすような、問題解決のときに有効
- ということがわかった。

授業におけるICT機器の活用事例についての調査をしたところ、

- 書画カメラとプロジェクターや大画面テレビを使って、教材や細かい作業の様子を拡大表示する。
- 電子黒板にデジタル教科書を表示する。
- PC を使ってプロジェクターや大画面テレビに教材を提示する。

などがあった。iPad に目を向けると、

- 私立学校など個人に一台の環境が整備されている学校においては、iPad をデジタル教科書として利用するほか、iPad でノートをとったり録音をしたり、反転学習に活用するなど学習スタイルそのものを変わってきている。
- フューチャースクールなど、授業において一人一台の環境が整備されている学校においては、問題演習のドリル学習等に利用されている。

- 一人一台の環境が整備されていない学校においては、体育や音楽の授業で自分の動きや演奏を撮影して確認する、理科の実験の記録、調べ学習など、活用方法を工夫している。
- 中学校の数学の授業においては、グループで数学的活動に動的幾何ソフトウェア GC (Geometric Constructor) を活用して、観察をしたり解決の見通しを立てたりするのに活用されている。

などがあった。

ICT 教育の先行研究を見ると、「一斉学習」，「個別学習」，「協働学習」の場面に分けて検証されている。大分市は iPad が各校10台ずつの配置であるため、「個別学習」については除外し，4人グループに一台という利用を想定した活用場面を設定する必要がある。数学の教科の特性も考慮して、

1. 教師が課題を提示する場面
2. 協働学習（話し合い・教えあい）の場面
3. 子どもが観察，操作，実験などの活動をする場面
4. 子どもに発表させる場面

の4つの場面を設定して iPad 活用の有効性を検証することにした。

(2) 数学の授業に使えるアプリについての調査と iPad で使える教材の自作

数学の授業に使えるアプリについて調査をしたが、小学校算数向けのものとは割と多くあるものの、中学校数学向けの市販のアプリ（特に無料のもの）はほとんどないことがわかった。そのため、iPad で使える教材の自作について研究することにした。

i) iBooks Author について

iBooks Author は「教育者や小規模な出版社が自身の書籍を製作するため」のツールとしてアップルから配布されている Mac 上で動作するソフトウェアであり、iPad 用のマルチタッチの電子書籍を作ることができる。作られた電子書籍は、テキストだけでなく、写真、ビデオ、音声、インタラクティブな図表、3Dオブジェクト、数式、HTMLページ、Keynoteで作成したプレゼンテーションなど（ウィジェットと呼ぶ）を自由に配置できるという特徴がある。

iPad 用の教材を作成する上で、iBooks Author が適しているのではないかと考え、iBooks Author の使用方法や、その中に配置するウィジェットの扱い方について研究した。

ii) Blender について

iBooks Author で3Dオブジェクトが扱えることはわかったものの、実際に3Dオブジェクトを自分の手で作成できるのかが疑問であったため調べてみた。Blender というソフトウェ

アが使えるそうであることがわかり、使ってみることにした。Blender は 3DCGアニメーションを作成するためのオープンソースのフリーウェアであり、Windows, MacOS, Linux などの環境で利用できる。

まったく初めてのソフトウェアであるため、手探りでのスタートであったが、少しずつ使い方がわかるようになった。あらかじめ用意された図形に手を加えることで、中学校1年生の空間図形の分野で扱う立体図形のモデルを作ることができた。作ることができた図形は、立方体、直方体、円柱、円錐、球、正四面体、正八面体、正十二面体、正二十面体、切頂二十面体（サッカーボール）などである。iPadに表示させたときの適切な大きさやわかりやすい配色の工夫など、改良の余地はまだまだあるものの、教材として活用できる一定の目処はたてることができた。

iii) Geometric Constructor について

Geometric Constructor (以下GC) は、愛知教育大学の飯島康之教授が開発した動的幾何ソフトウェアで、HTML5で記述されておりWebブラウザ上で動作する。ブラウザ上で動作するため、機種に依存せずPCや iPad など多くの環境で利用することができる。中学校数学の授業における活用例は多く、インターネットや書籍でも紹介されている。飯島教授は大分においても講演会でiPadでGCを使ったグループ学習を紹介しており、既に使用している先生もいる。

以前、飯島教授の講演を聴いてGCを知り、使ってみたいと思っていたので、GCの使い方について研究をすることにした。GCを用いて中学校の図形の教材の作成方法について練習をし、ある程度作れるようになると同時に、GCの弱点も見えてきた。それは、アンドウしかできないため部分的な修正ができず、あらかじめ完成までの手順を綿密に考えておく必要があり、複雑なものが作りにくいこと。また、作成したものは愛知教育大のサーバに保存して、ネット接続をして利用する形であるため、ネットワークのない環境で利用しづらいことである。

一つ目の問題は、作者である飯島教授に改良してもらえないため、現時点では解決のしようがないが、二つ目については、前述のiBooks Authorの中にHTMLウィジェットとして埋め込むことで回避できるのではないかと考えた。

愛知教育大のサーバに保存してあるGCのデータソースをダウンロードしてHTMLファイルとして保存し、プロパティリストのファイル (info.plist) とともにウィジェットのページを作成した。それをiBooks Authorに配置すると、予想した通りネットワークのない環境でもGCが動作することがわかった。

GCのウィジェットが作成できたことから、本来の目的であるネットワークのない環境でGCを動作させるだけでなく、iBooks Authorを使うことで、GCを埋め込んだ授業の流れに沿ったテキストブックを作ることが可能になった。

iv) GeoGebra について

GC について調べてみて、確かに有用であることはわかったが、作成の自由度やファイルの管理について今ひとつ使いづらさを感じていたため、他のツールも探していくなかで GeoGebra（ジオジェブラ）に出会った。

GeoGebra は、幾何、代数、解析を結び付けた動的な数学ソフトウェアで、オーストリアのリンツ大学（Johannes Kepler University of Linz）の Markus Hohenwarter 教授を中心とするグループにより開発が進められており、有志の手で日本語化もされている。Windows, MacOS などのほか、iPad や Android など多くの環境で利用できる。マウスで作図したオブジェクトの数式が「動的に」表示される。つまり、オブジェクトを移動・変形させると数式も自動的に変更され、逆に、数式を変更するとそれに応じてオブジェクトも変形する。また、描画が美しく、作成した図形を静止画や動画として書き出すこともできる。初見の印象としては、中学校の数学に留まらず、かなり高度な数学の内容の教材にも使えそうであった。実際に調べてみると、高校や大学の数学での活用事例があり、インターネット上に多くの作例が公開されていた。

GeoGebra を使ってみると、機能的にはかなり高度な内容を包含しており奥が深いが、GC よりも部分的な修正などの自由度が高く扱いやすく感じた。また、図形だけでなく、定

数を変化させることでグラフを動的に変化させるなど、関数の数式とグラフを連携して扱えるなどの利点が見えてきた。

授業において操作などの活動を行わせたい場合には、iPad 版の GeoGebra アプリを使うことになる。この場合に使用する図形やグラフなどのデータは、iPad 上で作成するだけでなく、PC で作成したファイルを GoodReader 等を介して iPad に渡して利用できることも確認できた。

GeoGebra で作成したデータは、GeoGebra の教材共有サイト GeoGebraTube 経由で iBooks のウィジェットにすることができ、iBooks に組み込んで利用することができる。

v) Keynote について

Keynote は、アップルが開発している、Mac およびの iOS 機器（iPhone/iPad 等）用のプレゼンテーションソフトウェアである。大分市の中学校には iPad 導入の際に最初から有料版がインストールされていた。2013 年 9 月に無料化され、現在では iPhone/iPad などの iOS 機器を購入すれば誰でも利用することができる。

本来はプレゼンテーションのためのものであるが、トランジション（場面転換の効果）を使って教材作成に利用している例も多く見られる。前出のアンケートでも、ICT 支援員に作ってもらった Keynote の教材を授業で使用したと答えた先生が数名いた。

iPad 上の Keynote アプリをそのまま使ってもよいが、複数の教材を使い分けるとき、再生画面から編集画面に戻り、

さらにプレゼンテーション選択画面に戻って次の教材を選択するという作業が必要になる。子どもたちにその作業をさせようとする、混乱して授業が中断する要因になることも考えられる。iBooks Author に Keynote で作成したファイルを

ウィジェットとして埋め込むことで、複数の教材を使ったテキストブックを作ることができ、授業での利用が簡単になると思われる。

ソフトウェアの特性のまとめ

ソフトウェア	種類	環境	長所	短所
iBooks Author	電子書籍作成	Macのみ (完成版はiPadで利用)	<ul style="list-style-type: none"> 教材を電子書籍として单元ごとなどにワンパッケージにできる 写真・動画・グラフ・3DCGモデル・Keynoteなどを埋め込むことができる 	<ul style="list-style-type: none"> Mac上でしか作成・修正できないため、Windowsメインの環境では使えない
Blender	3DGC作成	Windows,Mac,Linux	<ul style="list-style-type: none"> 立体モデルを作成することができる iBook内に3DCGモデルを埋め込むことができる 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアの習得が難しい
Geometric Constructor	動的幾何ソフトウェア	HTML5 (Webブラウザ)	<ul style="list-style-type: none"> 国内で開発されている 中学校などでの先行事例が多い iBooksに埋め込むことができる データの受け渡しがしづらい 	<ul style="list-style-type: none"> 利用時にインターネット接続が必要 (iBooksに埋め込めば不要)
GeoGebra	動的数学ソフトウェア	Windows,Mac,Linux iPad/iPhone,Android	<ul style="list-style-type: none"> 世界的に使われている (高校・大学での活用事例が多い) 条件設定により図形の表示・非表示や色の変化など表現が多彩 図形だけでなく、関数・表計算・確率などが一体となっていて奥が深い データの受け渡しがしやすい 	<ul style="list-style-type: none"> GeoGebraTubeを介してiBooksに埋め込むウィジェットを作ることができる 高度な表現をしようとする、操作が複雑になり難しい
Keynote	プレゼンテーション	Mac iPad/iPhone	<ul style="list-style-type: none"> 操作が比較的簡単 iBooksに埋め込むことができる 	<ul style="list-style-type: none"> プレゼンテーション用のため、教材定時には向くが、子どもに操作させる場面には不向き

検証授業の実際と考察

本校2年生を対象とし、12月と1月に検証授業を行った。検証授業には GeoGebra で作成した教材を iPad で使用することとした。GeoGebra を授業に使うのに適している理由としては、

- 細かい作り込みができ、条件に応じた図形の部分的な表示・非表示や色の変更など、授業で有用な効果をつけることができる。
- 部分的な変更がしやすいため、授業の反省点を生かした教材の手直しをして、次の授業に生かすことができる。
- ファイルサイズが小さく、AirDrop を利用したファイル配布が簡単にできる。
- インターネット接続を必要としない。（インターネット接続にトラブルが生じて授業が中断するのを避ける）

などが挙げられる。

(1) 検証授業①「星形五角形の角の和」

4章「図形の調べ方」（16時間扱い）の第1節では、対頂角、平行線の角、三角形の内角・外角、多角形の内角の和・外角の和などを学んでおり、それらを総合的に活用できる教材として8時間目に「星形五角形の5つの角の和」を題材として授業を行った。

星形五角形の5つの角の和を求めるのは、平行線の性質を使う方法、三角形の内角・外角の関係を使う方法、多角形の

単元指導計画 4章「図形の調べ方」

節	項	学習内容	iPad教材
1 平行と合同	節とびら		
	1 角と平行線	◎対頂角の性質 ◎平行線と同位角の関係 ◎平行線と錯角の関係	・平行線を動かして、対頂角から同位角への変化や錯角について
	2 多角形の角	◎三角形の内角の和 ○三角形の内角と外角の関係 ○角の分類と角による三角形の分類 ◎多角形の内角の和 ◎多角形の外角の和	・三角形の2つの内角を動かして外角に集まる ・多角形の外角が集まって360°になる
	3 三角形の合同	◎合同な図形の性質 ◎三角形の合同条件	・三角形の合同条件の説明
2 証明	節とびら		
	1 証明とそのしくみ	◎証明の意味と必要性 ◎仮定と結論の意味 ◎証明しくみ ◎証明の根拠となることから	
	2 合同条件を使った証明の進め方	◎合同条件を使って簡単な図形の性質を証明すること ☆星形の5つの角の和が何度になるかを考え、まとめる活動を通して、根拠を明確にした証明の進め方の理解を深める。	・星形五角形の角の和の説明
基本のたしかめ			
章末問題			

内角の和・外角の和を使う方法など多くのやり方があり、この単元での学習内容を総合的に活用することができる。しかし、授業の中で生徒たちに考えさせた場合、考えが浮かばな

本時の指導

- (1) 題材 星形五角形5つの角の和
- (2) 本時のねらい
 - ① 星形五角の形の5つの角の和に興味をもち、既習事項を用いて意欲的に調べようとする。
 - ② 星形五角形の5つの角の和を求める方法は、図形のとらえ方によって多様な考え方があることに気づき、論証のよさやおもしろさを味わうことができる。
- (3) 展開

学習活動	指導・援助	時間	評価	iPadによる効果
1. 本時の課題を知る	○ワークシートに星形五角形を作図させる。 星形の五角形5つの角の和は何度になるか予想してみよう ○ワークシートで個別に考えさせる。 星形五角形の5つの角の和の求め方を考えよう	10	・星形五角形が作図できる ・5つの角の和を予想する	
2. 星形五角形の5つの角の和の求め方を考える	○班ごとにiPadを配布し、iPadの図(班ごとに内容が違う)を使って説明のしかたを考えさせる。 ・三角形の内角・外角 ・平行線の同位角・錯角 ・多角形の内角の和・外角の和 ・くさび形の角の和	15	・与えられた図について班で話し合い、既習の図形の性質を活用した説明をすることができる	☆GeoGebraで作成した図形を動かして考えることで、説明に必要な図形の性質を見出すことができる
3. 班ごとに、星形五角形の5つの角の和の求め方を説明する	○プロジェクターに接続したiPadを操作して、班の考え方を説明させる。 ・根拠となる図形の性質などをきちんと押さえさせる	20	・既習の図形の性質などを使って説明することができる ・他の班の説明を聞いて理解することができる	☆iPadの図を動かすことで、説明内容をわかりやすく伝えることができる
4. 本時のまとめをする	○多様な考え方で星形五角形の5つの角の和が求められることを理解する	5		

かったり、偏ったりして、いくつもの方法が生徒から出てくるのは難しいと考えた。今回の授業では、図形のとらえ方によって多様な考え方があることに気づかせるねらいがある。そのため、生徒たちに最初から考えさせるのではなく、いろいろな考え方を使って作成した複数のGeoGebra教材を用意し、班ごとに違う教材を与えて、それをもとに班で協力して既習の図形の性質を活用した説明を考えさせることにした。

この授業でのiPadの活用場面は、

- ・協働学習(話し合い・教えあい)の場面
- ・子どもが観察、操作、実験などの活動をする場面
- ・子どもに発表させる場面

がある。

授業での様子

生徒たちはiPadを利用した授業はほぼ初めてということもあり、興味を持って授業に参加していた。班でiPadを使いながら考え、説明方法が見つかる、「わかったー!」という声があがっていた。他の班の説明も熱心に聞き、自分たちとは違う考え方に関心している様子が見られた。

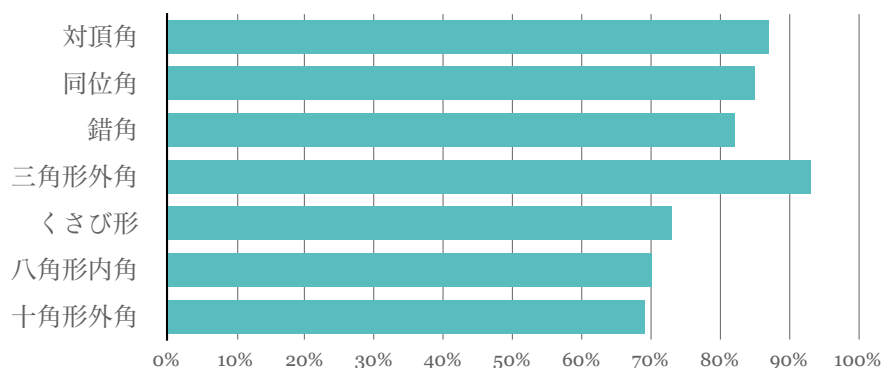
授業の反省

授業においては生徒たちはiPadの教材に興味を示し、意欲的に取り組む姿が見られたが、生徒たちの理解を助けるという意味ではiPadのよさを十分引き出したとはいえない。

レディネステストの結果をみると、平行線の性質については80%以上、三角形の外角については93%、くさび形や多角形の内角の和・外角の和（外角については内角の問題と誤認して正答率がやや低いと考えられる）などについても70%程度の正答が得られ、既習事項の理解はよくできていたと考えられる。しかし、今回の授業内容の星形五角形の図の中からそれらをうまく発見することができず、授業が思うように展開できない原因となった。

これは、一つ目は、これまでの学習内容の押さえが不十分で、生徒たちが何を使って問題を解決すればいいかわかっていなかったことが考えられる。そのためには、授業の初めに既習事項の確認を行わなければいけない。二つ目は、生徒たちに複雑な図の中から不要な部分を取り除き、必要な部分だけを見出す力が不足していたことが考えられる。この力は図形にたくさん触れながら次第に身についてくるもので、今回使用した GeoGebra の教材には、この部分を補助するという視点が欠けていた。

レディネステスト正答率

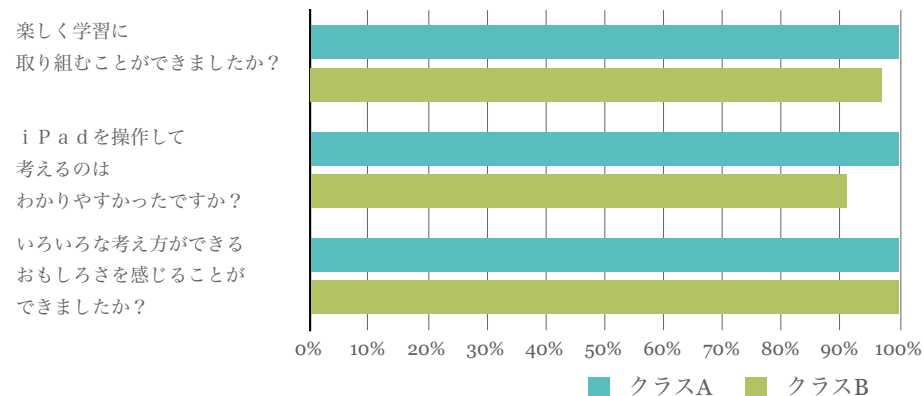


そこで、教材をもっと生徒の視点で見直し、既習の図形の性質を発見しやすくする必要がある。既習の図形の性質を使うところで、必要に応じてその部分が目立つ（それ以外の部分の色を抑える）ようにするなど、視覚的にわかるように改良し、必要な部分だけを見出す力を補助できるようにした。

授業後の生徒アンケート（抜粋）

- 1つの図形に7つや8つの考え方をすることができると分かった。対頂角以外にも平行線など、難しいと思ったけど、そのような求め方もできるんだと思った。
- 星形五角形の5つの角の和の求め方をiPadを使って求めることができ、新鮮でとても楽しかったです。考え方もたくさんあってびっくりしました。
- 最初はよく分からなかったけど、いろいろな線をかくと求めることができるとすごいなと感じました。いろいろな求め方があることがわかりよかったです。iPadを使ってすると、

授業を実施した2クラスのアンケート結果の比較



すぐ表示されたりみやすくしたりでき、よくわかりやすかったです。

- 180°の角度は分かっていたけど理由は分かりませんでした。でも、今日の授業でわかってよかったし、説明する力もついたと思います。

(2) 検証授業②「平行線と面積」

5章「図形の性質と証明」(18時間扱い)では、三角形の合同条件を利用して二等辺三角形の性質を証明し、さらに、二等辺三角形を二等分した形としての直角三角形や合同な三角形を2つ組み合わせた形である平行四辺形など、学習内容を積み重ねて新たな図形の性質を確かめていくことで、数学的な推論に習熟させていく。この単元の15~16時間目として「平行線と面積」の授業を行った。

第1時では、1次関数の動点の問題で面積が変わらない場面を振り返らせ(GeoGebraでの動画像)、そこから三角形の面積は底辺と高さで決まることを押さえた。その上で、平行線上に頂点を持つ底辺の共通な三角形の面積は等しいという関係を理解させ、平行線を使って面積の等しい三角形を見つけるとい課題をiPadを使って考えさせた。

第2時では、第1時の平行線と面積の関係を振り返った上で、面積を変えずに図形の形を変えるという課題をiPadを使って考えさせ、実際の作図につなげさせた。

この授業でのiPadの活用場面は、

- 教師が課題を提示する場面
- 協働学習(話し合い・教えあい)の場面

単元指導計画 5章「図形の性質と証明」

節	項	学習内容	iPadの活用
1 三 角 形	節とびら	☆名札立てを作成し、観察することを通して、様々な三角形を見つけ、それがどんな三角形であるかを示すことへの関心を高める。	
	1 二等辺三角形	☆紙を折ったり、作図したりする活動を通して、二等辺三角形の性質を見つける。 ◎二等辺三角形の基本性質とその証明 ☆1つの証明から、他にいえることを考える。 ◎定義、定理の意味 ◎2角が等しい三角形は二等辺三角形であること ◎逆の意味とその真偽 ○正三角形の性質とその証明 ☆名札立ての3つの足の部分でできる三角形が正三角形であることについて説明する。	・二等辺三角形の性質を証明するための図を動的に見せる ・二等辺三角形の高さ(等しい2辺の長さ)を連続的に変えて正三角形に変形する
	2 直角三角形の合同	◎直角三角形の合同条件とそれを使った証明	・線対称な直角三角形を近づけて二等辺三角形を作る
2 四 角 形	節とびら	☆いろいろな幅のリボンを重ねる作業を通して、それがどんな四角形であるかを示すことへの関心を高める。	
	1 平行四辺形の性質	◎平行四辺形の定義とその性質、性質の証明	・平行四辺形の性質を証明するための図を動的に見せる
	2 平行四辺形になる条件	◎平行四辺形になる条件とその証明 ☆いろいろな方法でかいた四角形が平行四辺形であることのわけをまとめ、平行四辺形になる条件の理解を深める。	・平行四辺形になる条件を考えるため、図の条件を変化させて変形する様子を見せる
	3 長方形、ひし形、正方形	◎長方形、ひし形、正方形の定義 ☆平行四辺形に条件を付け加えると、どんな四角形になるかを見いだす。 ○長方形、ひし形、正方形と平行四辺形の関係	・平行四辺形の特別な場合としての長方形、ひし形、正方形への変化の様子を動的に見せる
【本時】 4 平行線と面積	○底辺が共通な三角形の性質 ○平行線による等積変形 ○等積変形を使った作図	・等積変形の説明 ・等積変形の演習問題を考えさせる	
基本のたしかめ			
章末問題			

・子どもが観察，操作，実験などの活動をする場面がある。

本時の指導

(1) 題材 平行線と面積

(2) 本時のねらい

① 平行線を利用することで面積の等しい三角形を見つけ，等積変形を使った作図ができる。

② 平行線と面積の関係について理解を深める。

(3) 展開

学習活動	指導・援助	時間	評価	i P a d による効果
1. 本時の課題を知る	○前時に学習した平行線と面積の関係について復習させる	5	・前時の復習ができる	☆スクリーンに映し出された図形で復習できる
2. 本時の課題を知る	○スクリーンに折れ線を境界とする土地の図を投影する	10		
	図形の面積を変えないで形を変えるにはどうすればよいか？			
3. 等積変形の方法を考える	・ワークシートを使って考えさせ，意見を出させる ・i P a dを操作して変形方法を説明する ○ワークシートの図で，四角形を三角形に変形する方法について自分の考えを持たせる ○班ごとにi P a dを配布し，i P a dの図を使って考えを出し合わせる ○ワークシートに作図させる	15	・本時の課題を把握できる ・i P a dを使って班で考えを出し合い，等積変形の方法を考慮することができる ・ワークシートに正しく作図できる	☆i P a dを操作してポイントを押さえる ☆GeoGebraで作成した図形を動かして考える
4. 練習問題を解く	○五角形を三角形に変形する練習問題を解かせる ・作図方法がわからない場合はi P a dを利用して考えさせる	15	・練習問題を考え，正しく作図することができる	☆i P a dの図を思考の助けとすることができる
5. 本時のまとめをする	○等積変形についてのまとめをする。 ・i P a dの図を使ってまとめる。	5	・本時の学習内容を振り返ることができる	☆本時や前時に使用した図を見て振り返ることができる

授業での様子

生徒たちは iPad を使うことを楽しみにしており，熱心に活動していた。班で考える場面では，先にわかった生徒がわからない生徒に対して iPad を操作して教える姿を見ることができた。最終的にはほぼ全員が平行線を使った等積変形の図を描けるようになっていた。

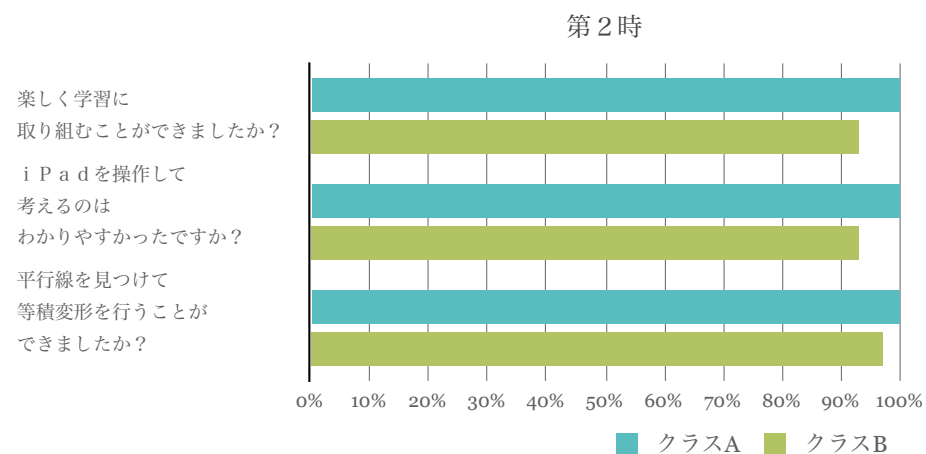
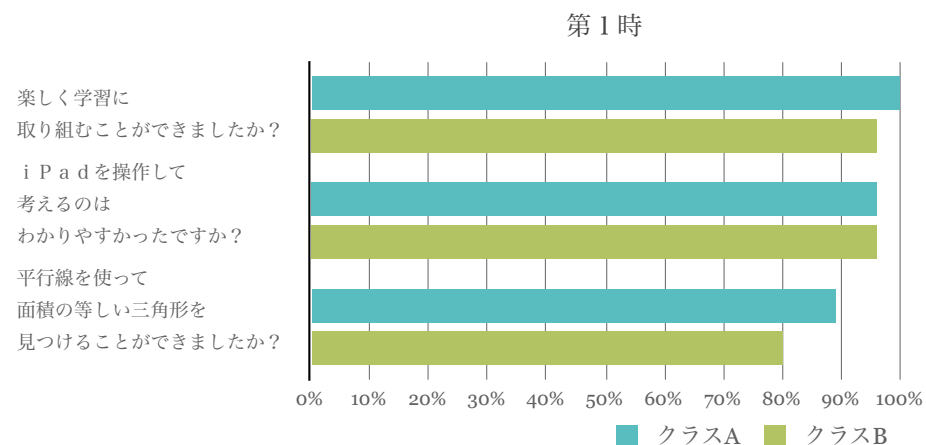
検証授業の反省

1 回目の検証授業の反省を生かし，重要な部分を目立つように表示させたり，思考の流れを助けるように表示の順序を考えたりしたので，使いやすい GeoGebra の教材を作ることができたと思う。2 時間目には複数の図を使わせるために，iPad の AirDrop の機能を使ったファイル配布をしたが，スムーズに行うことができた。また，生徒たちが図を動かすすぎて迷ってしまった場合にもはじめの状態で送り直すことができたなど，AirDrop は授業で使うのに有効な機能であることがわかった。

検証授業の10日後に行った定着状況の調査を見ると，基本的な「台形の中に対角線をひいた図形の中から面積の等しい三角形を見つける」問題では正答率84.8%という高い結果が出た。難問である「平行四辺形の内部から面積の等しい三角形を見つける」問題で51.0%，「五角形を等積変形で三角形に変える作図をする」問題で50.0%であった。

授業後の生徒アンケート（抜粋）

- iPad を使うことによって、自分たちで点を動かして考えることができたのが良かった。iPad を使って班で協力して理解できたので楽しかったです!!
- iPad を使うと、線が動いてとてもわかりやすかったです。思いつかない図形をさがしながら楽しく見つけることができてよかったです。



- 平行線が見つかるとう面積が等しい三角形を見つけることができた。iPad はとてもわかりやすかった。
- 今日は iPad を使いこなすことができたので楽しく協力しながらできました。等積変形もしっかり理解できました。iPad がなくてもできるようにになりたいです。
- iPad を操作して考えること、平行線を見つけたり、等積変形を行うことが簡単に理解できた！楽しく簡単に理解することができた。
- iPad で確認できたことで黒板に書き口で説明されるときよりもわかりやすかった。みんなとも話し合いながらできたので楽しかった。
- iPad を使って学習するのは今日で2回目だったけど、楽しくできてよかったです。自分で考えただけではわからない問題も、班のみんなが iPad を使って教えてもらったのでよかったです。

成果と課題

1. iPad の特性や数学の授業に使えるアプリや教材について

今回の研究では、5種類のソフトウェアでの教材作成を試してきた。それぞれのソフトウェアに一長一短があったが、最終的に GeoGebra を使った教材作成に重点を置くことにした。最大の理由は、今後、研究の成果を学校現場で活用しやすいことにある。

iBooks Author を利用した電子書籍の作成は單元ごとの教材をパッケージにできる魅力があるが、Mac 専用のソフトウェアであるため現在の校務・教育用パソコンの Windows のシステムにはなじまない。そのため、完成した教材を配布して iPad 上で使ってもらえることはできるものの、修正等は一切できないものになってしまう。また、Blender の 3DCG も iBooks Author の電子書籍の中での表示を前提として研究した。GC は、作成した教材を配布するためには愛知教育大の

サーバーにデータを置く（利用時にインターネット接続が必要、また、サーバー利用者全体にデータが公開される）か iBooks Author の電子書籍上に表示する必要がある。等、今後授業で活用する、また他の先生方に使ってもらえるようになるためには困難が大きいと考えられる。Keynote は教材作成は比較的簡単であるが、本来プレゼンテーションソフトウェアであるため、あらかじめ作った流れ通りにしか動かせない制約がある。そのため、教師の教材提示には適するが、学習時に生徒たちに操作させる場面にはあまり適さないと考えられる。

GeoGebra は、PC（Windows, Mac, Linux）やタブレット（Windows, iPad, Android）の環境で動作し、PC で作成した教材を iPad 等で利用することができる（iPad からは GeoGebra 専用の保存サイト GeoGebraTube に保存する仕様で、データファイルとして書き出しができない。また、あくまで私見であるが iPad 等で作成するより PC で作成する方がはるかに効率がよい）。PC で作成したデータファイル（拡張子ggb）は、校務システムの書庫機能などで共有でき、PC から iTunes 経由で iPad に移動して活用することができる。また、GC では不可能な、条件設定による表示・非表示や色の変化、検証授業でも利用した関数と図形の連携など、幅広い活用ができる。また、授業以外においても、作成した図を画像として保存できるため、テストやワークシート作成の助けになることも期待できる。

2. 数学の授業への効果的な iPad の取り入れ方について

(1) 教師が課題を提示する場面

教師が課題を提示する場面で GeoGebra で作成した図形を使用した場合、教科書やワークシートの図を使うのに比べると生徒たちの顔が上がり、スクリーンに集中し、黒板に図を描く場合に比べても、教師の目を生徒たちに向けていることができるため、生徒たちの表情や反応を確認しながら課題を提示し、課題を把握できているかどうかを判断することができた。従前の方法とデジタル教材との最大の違いは図形を変化させることができることである。図形動かしたり、重要な部分を強調したりして見せることで、生徒たちはしっかりと課題を把握して学習に取り組むことができたと思われる。

(2) 協働学習（話し合い・教えあい）の場面

この場面では、先に理解のできた生徒が、iPad の図を動かして理解のできていない生徒に説明する姿が見られた。ほぼ全員が平行線を使った等積変形の図を描けるようになったことから、アンケートで先生方が期待していた「数学的な技能を高める」効果があったと考えられる。

(3) 子どもが観察、操作、実験などの活動をする場面

ここでは、積極的に iPad に触れて学習に参加する姿が見られた。iPad を使った授業を行うと、触ってみたいという思いで生徒たちが興味を持つのは当然であると考えられる。しかしそれ以上に、教材を動かすことで、自分たちで課題の解

決方法を見つけ、理解する楽しさを感じているように思われた。iPad は操作がしやすいため、生徒たちはあまり戸惑うことなく学習に取り組むことができていた。操作が行き詰っても、簡単に最初の状態に戻すことができるため、操作のやり直しがきけるのも iPad の利点であった。

(4) 子どもに発表させる場面

iPad の図形を操作して、自分たちの考えを分かりやすく説明していた。言葉で説明しながらその通りに図形を動かすことで、考えをきちんと伝えることができていたと思われる。ここでも、視覚に訴えることのできる iPad の強みを発揮することができた。

4つの場面を設定して iPad を取り入れた場合の検証をしたが、いずれの場合もこれまでの方法よりも効果的であった。iPad を使って学習する場合、図形を変化させていく途中の状態を見ることができるよう、何度も試行したり元に戻したりできることや、重要な部分を強調表示したり不要な部分を隠したりできるという利点がある。そのため、この利点を生かした教材の取り入れ方をすれば、紙の上で固定された教材を扱う場合に比べ、図形の性質を見つけ出し、理解を深めるのに適していることがわかった。

3. 今後の課題について

今後の課題としては、GeoGebra を利用した iPad 教材を作り増していき、一つの単元の流れができるように完成させていくことと、本研究では間に合わなかった GeoGebra の最新バージョンでサポートされた 3次元の座標系を利用した空間図形の教材作成をしていくことである。更に、数式とグラフの関係を視覚的に理解できるような関数の教材にも応用していきたい。そして、それらを学校現場で活用しやすいように、作成した教材を校務システムの書庫やメディアなどで配布するとともに、GeoGebra の使用方法をわかりやすく広めていくことも必要であると考えている。