

生徒が自ら考えるようになることを目指す 数学科の指導法について

— I C T機器を活用した数学科の授業の指導についての一考察 —

伊藤 真人

1 はじめに

2020年の年頭から全世界に広がった新型コロナウイルス感染症（Covid-19）だが、依然、その収束は見通せない状況が続いている。新たな変異株の発見もあり、日常生活の感染対策やワクチン接種の対応を踏まえ、教育現場でも児童・生徒の心身のケアに気を配ることなど多くの対応が求められている。

図らずも今回のコロナ禍における教育現場の状況は、小学校が2020年度から、中学校は2021年度からそれぞれ全学年一斉に、また、高等学校でも2022年度新入生から学年進行により実施される新学習指導要領の取組や準備とほぼ時期が重なっている。特に、2019年度末から2020年度当初の臨時休校措置を契機に、情報機器を活用した遠隔授業（オンライン授業）等、学校の教育活動に具体的な対応が求められることとなった。学校現場はこうした対応も含め、学習指導要領の改訂の趣旨の実現にむけ、授業時間数の確保や学校行事の実施の変更等、生徒の学びを止めないように、現在も、懸命に取り組んでいる状況である。

今回の学習指導要領の実施には、世界的なデジタル化の推進に遅れまいと「G I G Aスクール構想」による児童・生徒に一人一台の情報機器端末を確保して学校教育活動を行う計画を進めてきている。単純に、一人一台の機器を確保すればいいのではなく、クラウドを基盤として日常的な教育活動を機動的に行えるよう、情報通信速度などの環境整備も併せて進めることとしている。

G I G Aスクール構想では、学校の設置者である地方公共団体や学校法人等がその環境を整備、確保することとなり、それぞれの教育委員会等でも予算措置や環境整備に伴うスケジュール進行、教職員のI C T機器を活用できる資質や能力の向上及び人材確保に頭を悩ませていると伝えられている。

すでにさまざまな報道等により問題点も指摘されてはいるが、時代の要請はデジタル化の推進と国際化や情報化に残されない教育の実施を、待ったなしで進めていくこととなっている。

では、実際のところはどうなのであろうか。

少なくとも、2021年度から義務教育ではG I G Aスクール構想による一人一台端末は実施されているということになっており、その環境による教育を受けてきて中学校を卒業する生徒が、2022年4月には新学習指導要領の年次進行による新入生として高校に入学して

くる。

すべての教科、科目で、ICT機器の一人一台端末による教育活動を高等学校で実施する準備が十分に進んでいるのだろうか、と気がかりである。

2 今回改訂された高等学校学習指導要領のめざすもの

改めて、高等学校で2022年度新入生から年次進行で実施される学習指導要領の改訂に伴う考え方を確認しておこう。

今回の改訂では、それまでの学習指導要領のねらいを踏襲しつつも、急速に変化している社会状況を踏まえ、次のように記載されている。(以下、一部、抜粋して引用する。)

学校教育には、子供たちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め、知識の概念的な理解を実現し、情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようにすることが求められている。

(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 総則編 平成30年7月, p.1)

子供たちが、学習内容を人生や社会の在り方と結び付けて深く理解し、これからの時代に求められる資質・能力を身に付け、生涯にわたって能動的に学び続けることができるようにするためには、これまでの学校教育の蓄積も生かしながら、学習の質を一層高める授業改善の取組を活性化していくことが必要である。特に、高等学校教育については、大学入学者選抜や資格の在り方等の外部要因によって、その教育の在り方が規定されてしまい、目指すべき教育改革が進めにくいと指摘されてきたところであるが、今回の改訂は、高大接続改革という、高等学校教育を含む初等中等教育改革と、大学教育の改革、そして両者をつなぐ大学入学者選抜改革という一体的な改革や、更に、キャリア教育の視点で学校と社会の接続を目指す中で実施されるものである。改めて、高等学校学習指導要領の定めるところに従い、各高等学校において生徒が卒業までに身に付けるべきものとされる資質・能力を育成していくために、どのようにしてこれまでの授業の在り方を改善していくべきかを、各学校や教師が考える必要がある。

(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 総則編 平成30年7月, p.3)

今回の改訂では、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を進める際の指導上の配慮事項を総則に記載するとともに、各教科等の「第3款 各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い」等において、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して、その中で育む資質・能力の育成に向けて、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を進めることを示した。

その際、以下の点に留意して取り組むことが重要である。

- ① 授業の方法や技術の改善のみを意図するものではなく、生徒に目指す資質・能力を育むために「主体的な学び」、「対話的な学び」、「深い学び」の視点で、授業改善を進めるものであること。

- ② 各教科等において通常行われている学習活動（言語活動，観察・実験，問題解決的な学習など）の質を向上させることを主眼とするものであること。
- ③ 1回1回の授業で全ての学びが実現されるものではなく，単元や題材など内容や時間のまとまりの中で，学習を見通し振り返る場面をどこに設定するか，グループなどで対話する場面をどこに設定するか，生徒が考える場面と教師が教える場面とをどのように組み立てるかを考え，実現を図っていくものであること。
- ④ 深い学びの鍵として「見方・考え方」を働かせることが重要になること。各教科等の「見方・考え方」は，「どのような視点で物事を捉え，どのような考え方で思考していくのか」というその教科等ならではの物事を捉える視点や考え方である。各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなすものであり，教科等の学習と社会をつなぐものであることから，生徒が学習や人生において「見方・考え方」を自在に働かせることができるようにすることにこそ，教師の専門性が発揮されることが求められること。
- ⑤ 基礎的・基本的な知識及び技能の習得に課題がある場合には，それを身に付けさせるために，生徒の学びを深めたり主体性を引き出したりといった工夫を重ねながら，確実な習得を図ることを重視すること。

（高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 総則編 平成30年7月，p.4）

各学校においては，教科等の目標や内容を見通し，特に学習の基盤となる資質・能力（言語能力，情報活用能力（情報モラルを含む。以下同じ。），問題発見・解決能力等）や現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力の育成のために教科等横断的な学習を充実することや，主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して行うことが求められる。

（高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 総則編 平成30年7月，p.4）

高等学校段階における情報教育を，共通教科情報科だけが担うように極めて限定的に捉えてはならない。高等学校学習指導要領第1章総則第3款の1の(3)に「第2款の2の(1)に示す情報活用能力の育成を図るため，各学校において，コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え，これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること。また，各種の統計資料や新聞，視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。」とあるように，義務教育段階と同様，高等学校段階においても，教科等の特質に応じて教科等横断的に情報活用能力を身に付けさせる教育のより一層の充実が求められている。

また，高等学校学習指導要領第2章第10節情報第3款の1の(2)に「他の各教科・科目等の学習において情報活用能力を生かし高めることができるよう，他の各教科・科目等との連携を図ること。」とあるように，共通教科情報科の学びによって身に付けた能力や態度を他の教科・科目等の学習において積極的に活用していくことが重要である。更に第3款の1の(4)に「公民科及び数学科などの内容との関連を図るとともに，教科の目標に即した調和のとれた指導が行われるよう留意すること。」とあるように，(2)の内容をより明確に示す規定を設け，他教科等との関連が重要なことを示している。この

ことを踏まえ、学校全体での情報教育を考えるとときには、共通教科情報科と他教科等の学習内容や学習活動との関連をよく検討してカリキュラム・マネジメントを行い、効果的な指導計画を立てることが大切である

(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 情報編 平成30年7月, p.15)

高等学校における数学教育においては、数学的な知識や技能の「量」だけでなく、どのようにしてそれらの知識や技能を身に付けたのかなど学習の「質」を問う必要がある。それは、様々な場面で身に付けた知識や技能を活用しようとするとき、それらを身に付けたときの学習の「質」が影響するからである。高等学校数学科では、数学の学習を単に知識や技能などの内容の習得にとどめるのではなく、数学的活動を重視して創造性の基礎を養い、すべての高校生の人間形成に資する数学教育を意図している。

ところで、現代では多くの問題が数学的に整理されコンピュータの活用によって解決されており、各分野で数学の果たす役割は極めて大きくなっている。そのため、数学教育でコンピュータなどを積極的に活用することも重要である。これまで、学校数学の問題は解答の便宜のため簡単な数で解答できるように工夫されたものが多かった。しかし、コンピュータなどが活用できるようになった現在では、高等学校数学においてもより現実の世界を反映した問題を取り扱い、社会や生活との関連を重視した学習が可能となってきた。そのような学習は、数学の学習に対する関心や意欲が高くない生徒にも数学を学習する意義を認識させ、意欲を高め数学的な力を伸ばすことにもつながると考えられる。

(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 数学編理数編 平成30年7月, p.8)

(2)は、必要に応じて生徒が主体的にコンピュータや情報通信ネットワークなどを活用して数学の学習に取り組むことができるようにすることを述べたものである。なお、「など」には、例えば電卓(グラフ表示などができる電卓を含む。)が含まれる。

コンピュータや情報通信ネットワークなどの活用は指導方法や学習形態に多様な可能性をもたらすことになり、生徒一人一人を生かす個に応じた指導を行う上において、極めて有効である。

また、前述の「主体的・対話的で深い学び」の過程において、コンピュータなどを活用することも効果的である。例えば、一つの問題について複数の生徒の解答を大型画面で映して、どのような表現がよいかを考え自分の表現と比較したり、授業の終わりにその授業を振り返って大切だと思ったことや疑問に感じたことなどをタブレット型のコンピュータに整理して記録しておき、一定の内容のまとまりごとに再度振り返ってどのような学習が必要かを自分で考えたりすることで主体的な学びを促すこともできる。

ただし、コンピュータ等を活用することで、問題の正解や結論が容易に得られることがあるので、コンピュータ等を用いる場合には、得られた結果を基にして「なぜ、そのような結果になるのか」を問い、理解を深めるようにすることが大切である。

(高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 数学編理数編 平成30年7月, pp.133-134)

これらの記載を踏まえ、高等学校での数学科の教育活動や授業は、今後、どのように変

わっていくのだろうか。

少なくとも、一人一台端末による中学校生活を経験して入学してくる生徒に、高等学校現場で、これまで同様の教員が黒板で問題を解説し生徒はひたすら問題演習に向き合う、という授業の状況は、今後も続いていくことが好ましいことなのだろうか。

3 教育系ユーチューバーによる発信

動画配信サイトの大手である YouTube では、多くの教育に関するコンテンツ動画を見ることができる。いわゆる教育系ユーチューバーと言われる人たちにより、学校教育の学習内容などが配信されていて、適宜視聴することが可能になっている。テーマ別に動画をアップしている人もいれば、教科書の内容を單元ごとに整理しているものもある。

高等学校の数学の内容についても、科目別、單元ごとに、きめ細かく説明し配信している動画を見ると、子どもたちが、塾の先生や家庭教師的な感覚でその授業を視聴していることもありそうである。すでに有名な発信者は、教育に関する書籍などの発行も含め、注目を集めている。

学校で授業をする立場として、このような配信された動画をどのように受け止めればいいのか。

私も、いくつか視聴してみたが、丁寧に良く作られていて、感心した。個別に子どもたちが学習を進めていくには、相応しいものであるという印象を受けた。他の人と比較することにより自分の学習に自信を失うような経験のある子どもたちにとっては、こうした形で苦手な科目や内容を集中して取り組んだりできることは、好ましいことのように感じる。

一方で、こうした動画に取って代わられることを、学校の教員として手をこまねいているわけにはいかないだろうと率直に感じる。決して、反発ではないが「学習活動とは何か知識を得る」という個別な取組ばかりではないだろう、とも考えているからである。

学習指導要領のねらいにもあるが、主体的・対話的な活動として、例えばグループワークのような活動による論議や発表など、自分以外の人の取組によって気づく、というような場面を日常的な教育活動の中に取り入れていく、という観点では、こうした配信画面を通した学習のみですべてを網羅した、と考えてしまうことに違和感を感じてしまう。

4 公立高校の授業を参観して

高等学校で一人一台端末を含め、GIGAスクール構想による教育環境を実現していることについては地方自治体によって差があり、設置者である地方自治体が負担して実現している場合もあれば、保護者負担を原則とするところもあり、さらに導入する情報端末の機種を指定するのかなど、課題は少なくないようである。

そこで、神奈川県内の公立高校の実際の授業ではどのようなことが行われているのか、いくつかの公立高校の数学の授業を参観させてもらった。

A高校は近隣の高校との統合を機に校内の通信状況の整備などを進め、入学前に説明会を開くなど理解を得て、現一年生から一人一台端末を保護者負担で用意してもらい、すでに授業を始めとする教育活動に活用している中堅校である。

ロイロノートの個々の生徒の提出箱にはデジタルの状態で提出され、他の生徒からその解答なども見ることができるようになっていているという。

生徒は紙のノートをとるわけでもなく、また、そういう形での学習を求められてはおらず、それが当たり前のように端末と向き合っている。

途中で、教員が別な投げかけもしていた。

Google フォームによる基本的な問題として4肢択一で解答する問をひとつ示し、生徒に4つの選択肢のいずれかを自分の端末から入力させるという発問をしていた。その結果は瞬時に教員の端末に集約され、クラス全員の解答状況（どの選択肢を解答したか）の割合が円グラフとなってスクリーンに表示された。

「約4分の一の人は間違っていたみたいだけれど、どうかな？」という言葉で、生徒への理解の振り返りを促しており、個々の理解度だけでなく、全員への授業への動機づけにもなっているように感じた。

全員の生徒が授業に向き合っており、数学が苦手でやりたくないとしてしまうようなことが見受けられなかったことが、印象的であった。

つづけて参観したのは、2年生の数学Ⅱの授業で「三角関数の合成」についての説明であった。

やはり教室の前方のスクリーンに教員の端末の画像が映し出されていたが、1年生と違うのは、生徒個々が情報端末を持っていないことだ。教員に4名程度を一組としてグループになることを促され、お互いに向き合うように机の向きを変えて着席したが、1名、グループに入ることでできなかった生徒がいて、ひとりだけ離れた席となっていた。教員は特に注意もしなかったが、気になった。

生徒の手元にはプリントがあり、スクリーンに映し出された内容は、教員が手描きをした説明の画像であり、それを踏まえプリントの練習問題に取り組むことが求められている。各グループには1台の端末が配付され、その画面を見て生徒どおし相談しながらプリントの問題に取り組む、という授業であった。

前の時間にすでに説明済みの内容であったと思われ、式変形を手元のプリントに書いていく、ということ进行しているようだが、生徒はおしゃべりをしながら手元が進まない生徒も少なからずいて、個別学習、グループワークの設定の工夫の必要があるように感じた。わかる生徒が他の生徒に教え合うような場面を期待していると、教員は言葉を発しているが、やや集中力を欠いた生徒もいたことは否めない。

ひとりだけグループに入れなかった生徒へのフォローなどもなかったが、その生徒もプリントの問題には取り組んでいたようだった。

一人一台端末の導入は、情報端末の購入を教育委員会が措置するのか、保護者負担として生徒側が購入するのか、という点で各学校の実状には大きな開きが出てきてしまう。規模の大きな自治体では学校数も多く、また、個々の学校の生徒や保護者の様子もずいぶん異なる。具体的に導入を決めるには、解決すべき課題は少なくない。今後、入学する生徒の学習活動に大きな支障や差が出ることは決して好ましいことではないことを改めて感じ、それぞれの学校での取組がよりより方向へ進んでいくことを強く期待したい、と思った。

別の日、B高校を訪れ、2年生の数学Bの授業を参観した。この高校は長い伝統のある

進学校であり、大学進学に向けた文理系希望により生徒の数学の取組にも若干の差があることが想像された。教室には投影機は常設されておらず、教員が動かすことができる大画面ディスプレイを教室に持ち込んで黒板前に据えるという形での情報機器を活用した数学の授業であった。生徒は4名のグループを作っており、島方に机を寄せて各グループに一台配付された情報端末により、授業に向き合う形であった。

課題として教員から指示されたものは、教科書にある「直線のベクトル方程式を求めよ」という問であった。それをグループに一台配付されたノートパソコンでアプリケーション Geogebra を使って求めることを、グループで相談しながらやってみよう、という。

模式的に再現してみると次のようになる。(図2)

問1 (1)

図2

$\vec{d} = (3, 4, -2)$ を通り、 $\vec{u} = (-2, 1, 3)$ に平行な直線の方程式を求めよ。

黒板にはこれだけを示し、グループに一台のノートパソコンにより Geogebra 上で直線を描画できるようにせよ、ということを指示しているようだ。Geogebra の使い方については、前の時間に一回だけ説明した、ということだが、生徒たちは当初戸惑いもあったのか、なかなか手をつけようとはしないように感じられた。手元の自分のスマートフォンで解決策を探る様子をする生徒も散見された。

そのうち、Geogebra を起動させ、空間におけるベクトル表示を教科書の記述から探す生徒も出始め、なんとか直線が描画できるグループもいくつか見られた。それぞれの様子を覗くと、苦労していることが伺われた。生徒は Geogebra に習熟しているわけではなく、また、空間におけるベクトル方程式の学習の説明をほとんどされていない、ということもあるのか、と生徒たちの様子を見守った。

生徒たちの机の周辺を回りながら担当教員は個々にヒントとなる声かけをし、黒板に戻っては、Geogebra における指示として、命令文に相当するものを書いた。(図3)

これをヒントに、前の時間で学んだ描画命令の文を並べていくことに気づいたグループは、空間における直線の図として問に与えられたベクトルとともに描くことができたようだった。

Vector (A)

図3

教員はそのグループのパソコン上の図を確認した上で、他のグループへのヒントとなるよう、どのように考えたかと問いかけた。

残念ながら、その時点では正解ではなかったが、他のグループも触発され命令文の作成を進めた。

教員はさらにヒントとなることを板書して、伝えた。(図4)

直線のベクトル方程式

図4

$$\vec{p} = \vec{a} + k\vec{u}$$

点Pの座標を k で表すと……

Vector(P)で \vec{p} を表せる

結果として、それぞれのグループで、各々のやり方ではあったが、空間において指定された点を通り、ベクトルに平行な直線が図示され、実感をもって、ベクトル方程式を求めることができたように見受けられた。(図5)

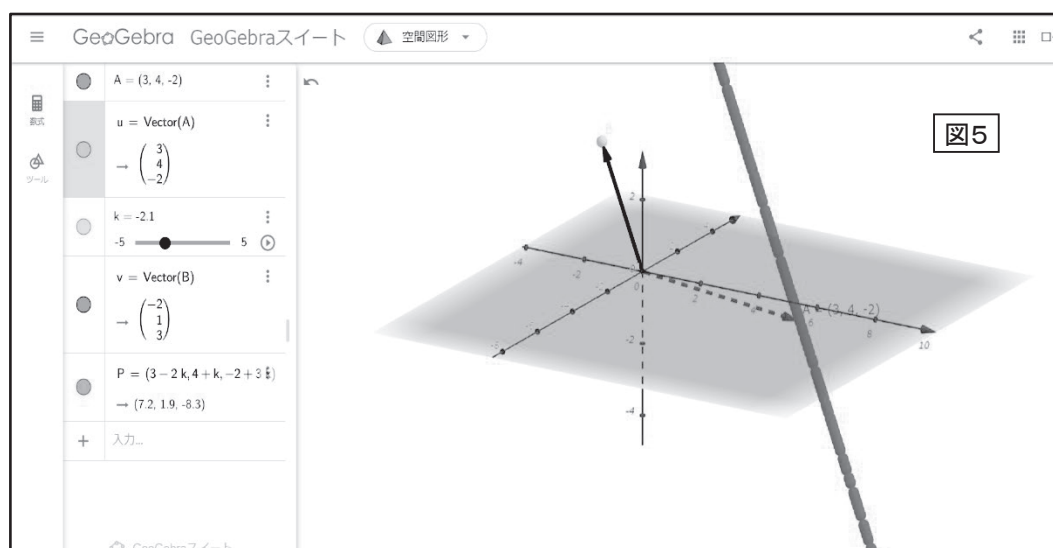


図5

この取組では、Geogebraの詳しい操作を指示することによって図形の描画を追認させるのではなく、教科書の記載やグループ内でのやりとりから、生徒が自らアプリケーション上で数値や式を入力することによって画面上の図形が変化することを、視覚的にも感じとれる授業となっていると感じられた。

また別の日に訪問したC高校では、相関関係のある2種類のデータについてGeogebraで作成された散布図により相関係数の値や相関関係の強弱を読み取るという授業を参観した。

C高校は外国語や国際に関する科目を中心に学習する専門学科高校で、3年前に国際的な教育プログラムであるインターナショナル・バカロレア（IB）の認定を受けた高校である。一つの学年は4クラス規模の小さな高校であるが、そのうち各学年にクラス25名の定員でIBコースの生徒が学んでいる。日本の高等学校学習指導要領とIBで指定された内容の双方を満たすカリキュラムで授業は実施されている。

IBコースの生徒は入学時点で指定されたスペック（仕様）の情報端末（ノートパソコン）を各々が準備することが求められ、その自分のノートパソコンを授業中に使いこなしている。

参観した1年生の数学の授業では、担当教員がほぼ英語による説明で統計的な処理の学習として、データを集めることから行っている。

具体的にはGoogleフォームのアンケート機能で、個々の生徒が自分が調べたい内容について、データを数値化し集約できるような質問項目として設定する。項目を設定し終わったところでクラウド上に集約された他の生徒の分も含めた全員のアンケート項目に回答を入力し、個々の質問に対して全員分の回答がデータとして集約される。集約されたデータに対して、自分自身の設定した質問についてのデータと、相関関係がありそうな別の生徒が設定した項目を選び、その2種類のデータをGeogebraのデータ分析ツールに貼り付けることによって、散布図と相関関係を示す直線が瞬時に描かれる。そこには相関係数も数値として示されるので、一目で相関関係の強弱がわかるようになっている。

生徒は3年間でIBコースの合格認定を受けるために、多くのプログラムによる学びを

重ね、さらに英語によるレポート作成など、自分で設定したテーマについてリサーチをすることが求められている。その際のデータ分析のための学習に向けても、今回の授業は意義あるものと感じられた。

どういうデータ設定をするか。集約されたデータの傾向や内容を読み取るために、どのような質問項目などの設定をするか。相関関係の有無から何を読み取るか。それらを考えることが、情報活用能力の育成にも関連する教育活動であると感じた。

高校の数学科の教科書では与えられたデータから相関関係についての理論的な説明等が記載されているが、データ処理そのものを具体的な方法としてどのように行うのかという詳しい手順などの記載よりも、計算値の意味等が中心となっている。今回参観したような実感ある学習活動は数学的内容を理解する上でも効果的だと感じた。

I Bコースの生徒は高いモチベーションを持って入学してきているうえ、少人数により仲間意識が醸成されるような環境で学んでおり、担当する教員との関係も含め非常にフレンドリーな様子が伺えた。ある意味、理想的な学習環境である、と感じられる。

一方、I Bコース以外の国際科の生徒たちも、高等学校学習指導要領によるカリキュラムが組まれており、英語と第2外国語を学ぶことができそれらを生かしつつ、グループワークによる研究、発表など、各教科でも積極的に取り組まれているようである。

5 生徒が自ら学ぶ環境としてのICT機器の活用について

GIGAスクール構想により、高等学校でも生徒一人一台端末を活用する教育活動が当たり前となりつつある。具体的な取組では、積極的に取り組む学校や授業で学んだ生徒が、より生き活きと自らの学びを深めていくことになるだろう。

学校教育における情報活用能力の育成は、特別な能力を伸ばすための教育活動ではない。どの生徒にとっても、自らの学びを深め、さらに広げていけるように進められるべきものであり、そのために教科「情報」にだけに担わせるような感覚ではいけないのだと、改めて感じている。

高等学校学習指導要領に示されているように、数学科には数学科の目標があり、また、それぞれの教科の目標もある。それらをないがしろにするのではなく、情報活用能力の育成、伸張を図る学習活動は、数学科の目標を実現するためにも、それぞれの教科の目標を実現するためにも、これからは一層重要な意義を持つてくるに違いない。

今回、参観させてもらった各高校の数学の授業では、文系・理系ということを意識することなく、また、苦手意識から授業に参加しようとしめない、というような生徒を一人も見ることにはなかった。

「反転授業」という手法も、こうした情報機器の活用のためには高校でも積極的に取り入れられていいのかもしれない。すでにデジタル教科書やデジタル教材が充実してきており、単元内容について、ICT機器を手に学校の授業以前にそうした教材に、個として向き合うことで学びに取り組み、その学習を踏まえ、疑問に感じたり理解が十分でないところなどを、学校の授業でグループワークなども含め、能動的な活動により、解消していくことは、それほど難しいことではないように感じる。

何もかもを教員が説明し教える、というスタイルの教育活動は、これからは大きく変貌

していただく。その際に、どういう教員であるのか、ということは、矜持とともに自らに問うていかねばならないのかもしれない。

【参考文献等】

- ・高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 総則編：文部科学省（平成30年3月）
- ・高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 数学編 理数編：文部科学省（平成30年3月）
- ・高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 情報編：文部科学省（平成30年3月）
- ・教育科学 数学教育「3つのキーワードで読み解く ポスト・コロナの授業デザイン」2020年10月号：明示図書
- ・教育科学 数学教育「1人1台端末＋EdTechのICT活用」2021年5月号：明治図書
- ・とある男が授業をしてみた：葉一
<https://www.youtube.com/channel/UCzDd3Byvt91oyf3ggRlTb3A>
- ・Geogebra：<https://www.geogebra.org/calculator>