

学習指導における I C T環境の活用について

—数学の学習指導における I C T機器の活用についての一考察—

伊藤 真人

1. はじめに

2020年2月、横浜港に入港停泊していたクルーズ船内で感染が始まった新型コロナウイルス感染症は、同時に世界中でその拡大が懸念され、人の往来や移動を制限することで、感染防止対策をすることになった。国内でも各都道府県の感染者数の集計が毎日報道され始めた。そして緊急事態宣言が発せられ、2月末、学校に対する全国一律の休校要請により、春休みに入るまで、小・中学生、高校生は臨時休校となった。

この状況は年度初めの4月からも引き続くこととなり、学校の教育活動は児童・生徒が登校できない状況のなかで、具体的な取組が求められ、休校により児童・生徒の学習を止めないために、家庭での学習を通信を使って実施することになった。遠隔授業（オンライン授業）である。

これまで諸外国の教育におけるデジタル化の推進に対抗できるよう、国は2019（令和元）年末に、義務教育学校において高速大容量の通信ネットワークの構築と児童・生徒一人に端末を一台配付するG I G Aスクール構想を打ち出し、その実現に向けて予算措置をしてきた。

新型コロナウイルス対応の臨時休業において、児童・生徒の学習を止めないため遠隔授業の実施に向け、学校現場はなんとかしようと考えたが、機器や通信ネットワークなど、準備ができていない学校ばかりではなかった。

以前からeスクール構想があり、学校教育活動の情報化が求められてきている。児童・生徒、教員がI C T機器を使って授業に取組む。さらに校務の情報化である。毎年度末、学校として教職員の情報活用能力（活用状況）の調査をしているが、教職員の高齢化が進む中、必ずしも文部科学省の想定どおりにはなっていないようである。教員は自分が教わってきたように授業をすることがあり、そこから踏み出すことは容易ではない。教室の中で自分一人で授業を担当していると、他の教員がどんなことをやっているのかを知らない、ということもよくあることである。研究熱心な教員は、さまざまな試行錯誤を繰返

しながら、新たな取組にも挑戦、工夫し、自分のものとしていく。ICT機器が日常生活で身近になればなるほど、それらに触れる意欲のある者と、あまりそうでない者とは開きがでてくる。児童・生徒の方が実際に扱うのに慣れていて早いということに、今さらながら気づくことにもなる。eラーニングはそうした中で取り組むことを求められているが、具体的な授業展開は学校種の違いや教科の違いによって、一様に語ることはできない。それに甘えて、なかなか手を出さない、ということが現実であるのかもしれない。

遠隔授業（オンライン授業）を行わねばならなくなった学校や教員は何を考えたのだろうか。すでにそれぞれの教科や科目において、教室でICT機器を活用して授業に取り組んでいる場合と、まだ、取り組むことができていない場合とでは、今回のオンライン授業化についての捉え方が違うのではないかと感じた。

小学校と高校を同列に扱う議論には馴染めないで、近い将来の社会人になる高校生をイメージしてしまうのだが、学校はどうであったのだろうか。

黒板の前で教員が講義をすることの多い数学科教員としては、遠隔授業（オンライン授業）もそういった授業の再現を想定しているような気がしてならない。基礎力の定着のためには反復練習、ドリルも必要であるし、理解が深まるためには、なぜ、そうなるのかを、いろいろと自分の手を動かしながら熟考することが大切なことなのであるが、量的にも教科書の全範囲を指導するには、授業進度の速さを要求され、生徒がじっくり取り組む指導とはほど遠いことになりかねない。どうしても、講義型のスタイルに戻ってしまう。

2. 遠隔授業（オンライン授業）におけるICT活用

休校期間中、働く人たちのリモートワークをイメージして、学校は遠隔授業（オンライン）の実現を考えた。当然、家庭にパソコンやタブレット、スマートフォンがあることが前提となるが、各教育委員会は頭を悩ませたに違いない。

各家庭のパソコンなどの保有状況や通信環境は異なる上、通信機器を使つての連絡等も含め直ぐに取組める状況ではなく、実際には、まず、休校に入る前に児童・生徒、家庭に向け、文書などで課題等の指示や連絡をした学校も少なくなかった。

そうした中で、神奈川県教育委員会はこれまで順次計画的に準備を進め、2019（令和元）年度中に全県立高校及び全県立中等教育学校計144校に対し「端末」「ネットワーク」「クラウド」の3点をセットとして同時に整備していた。具体的には学習者用コンピュータを各校に82台、民間の光インターネット回線の新規敷設と生徒のスマートフォンも接続できる無線LAN環境の構築、生徒一人ひとりと教員全員のクラウドサービスのアカウント付与等の整備を一気に進めていた。

この取組の特徴は、生徒の個人所有のスマートフォンを校内LANに接続できるようにしたことであり、BYOD (Bring Your Own Device) による学校にいるときだけでなく、家庭での学習にICT環境を活用することができるようにしたことである。

端末機器を所有していない生徒や通信環境の整わない生徒・家庭に対しては、学校での端末やモバイルルーターの貸与も教育委員会として2020（令和2）年度から始めている。（「中等教育資料」No.1015：令和2年12月号，文部科学省）

他の都道府県や市町村教育委員会でもそれぞれの取組がなされ、中学校や高校でも遠隔授業（オンライン授業）等が行われたが、生徒への学習を止めないという取組としては、大きく次の3つの態様があったと思われる。

通信環境や端末を利用した遠隔授業（オンライン授業）として「オンデマンド型」「ライブ型」の2つのタイプと、文書等の配付による「課題指示型」である。

このうち「課題指示型」は休校期間中の学習を、教科書等の教材を生徒が自宅学習し、それに対する課題を学校に提出をするタイプである。通信教育等と似ていると言える。

これに対し、働く人たちのリモートワークの「オンライン会議」等をイメージし、同時に複数の生徒がアクセスする「ライブ型」による遠隔授業（オンライン授業）の各学校での取組みが期待されたのかもしれない。そうした取組が可能になった学校もあり、素晴らしい取組を報道などで取り上げられたこともあった。

しかし、どの学校でも直ぐに実施できるということにはならなかったのが、実際のところであっただろう。私が2020（令和2）年4月から勤務した私立高校でも、グーグルのネットワークシステムG-SuiteによるClassroomを活用し、実質的に5月の連休明けから「オンデマンド型」の授業配信によって実施した。

そうした中、神奈川県立川崎北高校の取組は、校長自ら率先してインターネット上で発信しており、非常に注目を浴びている。

2020（令和2）4月に着任した柴田功校長は、直前まで、神奈川県教育委員会ICT担当課長として、先に記した神奈川県立高校、県立中等教育学校におけるICT教育環境整備を牽引してきた人物である。

2003（平成15）年度から高等学校学習指導要領に新設された普通教科「情報」の授業を行うため、教員免許状を有する教員のいなかった新教科「情報」の免許状取得者を養成する必要があり、文部科学省は2000（平成12）年度からの3カ年間で現職教員に教科「情報」の教員免許状授与講習を各都道府県単位で実施することとした。柴田氏は理科（物理）の教員として高校で授業を担当していたが、この現職教員等免許授与講習を講習実施の初年度である2000（平成12）年度に受講した一期生である。

当時、私は神奈川県教育委員会では1999（平成11）年度からこの講習会の担当指導主事

として準備を始め、授業実施開始の2003（平成15）年度までに、2000（平成12）年度からの3カ年計画により、神奈川県内の県立高校、横浜・川崎・横須賀の各市立高校、県内私立高校の全ての高等学校全課程（約280校）において、各高校に3人程度、最低でも1人は教科「情報」免許状取得者が在籍するよう約800人規模の講習会を計画し、各年度の夏期休業期間中に15日間日程の免許授与講習会を実施した。

現職教員にこれほどの規模の免許状授与講習を実施することは初めてであり、かつ文部科学省から指定された内容は、座学だけでなくPC等を使った実習も伴っており、決して容易ではなかった。特に初年度の受講者は非常に熱心であり、2年目以降、講師役を担ってくれた教員も少なくなかった。（柴田氏だけでなく、現在神奈川大学附属中学校・高校の小林道夫副校長もそのうちの一人である。）

柴田氏は情報機器に関するスキルだけでなく、情報教育の重要性の意義を深く理解し実践するにふさわしい人材として、その後、県立総合教育センター指導主事、県教育委員会高校教育課指導主事、担当課長として、神奈川県立高校の情報教育を牽引してきた。

2020（令和2）年4月以降、ICT機器や通信環境の整備に精通している校長として、県立川崎北高校のオンライン授業の実践を自ら教職員に呼びかけ、取組を進めている。

柴田校長による実践は、これまでも各種メディアや教育関係の記事等で多く取り上げられ紹介されているが、学校からの諸連絡や各教科の課題の指示、教科の実践の取組等、校内で教員研修を行いながら、各教科、教員ができることから取組むという姿勢により、2020（令和2）年度当初から取組んでいる。

教員と生徒全員がクラウドサービスを利用できるようになり、学習課題のやりとりだけでなく、授業動画の配信も積極的に取組んでいる。これらの取組について、当初から柴田校長はオンライン授業を「ライブ型」「オンデマンド型」のいずれか一方によるものではなく、双方のよさを意識し、バランスよく活用できることが望ましいと語っている。

「ライブ型」は授業者である教員の授業等の発信に直接対応できることがよさであるが、その時間を共有するための通信速度や家庭内でのパソコンの使用状況等、生徒個人の状況に差があることに配慮する必要がある。

「オンデマンド型」は動画配信サービス等に慣れた若い人たちには、むしろ取組みやすいと思われる。教材作成をする教員も、すでにデジタル教材として活用できるものを組合せるなどして構成し、単元の教材を準備することはできるであろう。

「オンデマンド型」は生徒の視聴状況がリアルタイムに把握しにくい、という点では「ライブ型」のようにはいかない。「ライブ型」による画面の共有やチャットなどやりとりが即時にできる、というわけにはいかないからである。柴田校長はこの両者の特徴をよく理解し、バランスよく活用すること、そして教材等を作成する場合でも、情報活用能力の育

成、伸張を意識するようにと、語っている。

指導主事や担当課長時代を通じて、多くの実践を見聞し、また文部科学省による情報教育の施策などにも精通し、全国の情報教育指導主事や教員等と日常的に情報交換、連携をとっていることもあり、今後も様々な発信をされることであろう。

3. ICT活用における教育活動

教室にスクリーンを設置し、提示装置としてプロジェクターを活用し授業をしている学校も少なくない。恒常的に機器を設置している場合もあれば、移動できるタイプのプロジェクターを卓上に設置し、スクリーンに投影することで、生徒への教材提示や映像、動画を視聴することで学習効果を上げようとしている、

かつては専用の実物教材提示装置等も含め、映像を視聴するには視聴覚教室等専用の教室でないとそうした機器を活用した授業はできなかったが、パソコンの小型化などにより、日頃、授業を行っている普通教室での機器の活用は、格段にやりやすくなっている。

さらに、教科書会社による教科書のデジタル化も進んでおり、教科書採用にあたって教科書に準拠したデジタル教材の活用のしやすさも、大きな視点になっているようである。

(図1)は、「数学I Advanced (東京書籍)」のデジタルコンテンツ (パワーポイント) 教材の一画面である。

中学校、高校の学習の各教科のICT活用は、英語などの学習で音声学習に活用したり、具体的な場面の状況を映像により見せたりということは、以前から行われている。歴史や書道、美術など、教科書や資料集の写真により生徒に見せながら講義をしていたことが、スクリーンに映し出すことで、静止画だけでなく動画により視聴も可能で、パソコンにデータを取り込んでおくことでさらに容易になってきている。

これらを教員自ら作成し加工することで、黒板にチョークで説明しながら授業を行っていたことを考えても、再生可能という意味で教材の複数回活用など、より同質性の高い授業ができるようになってきているとも言えよう。

図 1

2 相関係数 - 相関係数 - (教科書 p.173)

_____ : x, y の共分散を x, y の標準偏差の積で割った値。
 r で表す。

$$x, y \text{ の } \underline{\hspace{2cm}} = \frac{\text{(\underline{\hspace{2cm}} \text{の共分散})}}{\text{(\underline{\hspace{2cm}} \text{の標準偏差})} \times \text{(\underline{\hspace{2cm}} \text{の標準偏差})}}$$

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + \dots + (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y}) \}$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n} \{ (y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2 \}}$$

こうしたことだけでなく、個々の生徒がICT端末を手に持ちネットワーク環境を整えることで、教授者である教員の画面に生徒の学習状況を一気に集約し、生徒の学習状況や反応を、教室全員の生徒と共有することもできる教育機器やソフトウェアの開発も進み、実際に取り入れている学校も少なくない。

これらICTを活用した教育活動は、今後、より進んでいくことであろうが、各教科、科目の授業実践で一番大切な視点は何かであろうか。

例えば、教材提示装置としての側面として、スクリーンに講義内容を順次表示するプレゼンテーションソフトウェアは、すでに当たり前のようになっている。生徒の学習の発表なども、学習成果をプレゼンテーションソフトにより作成し、他者に発表することはよく行われている。

教員がプレゼンテーションソフトを活用するのは、黒板への板書が一過性のものであり、内容を提示するのに一定の時間を要するのに比して、すでに作成した画面を一気に提示し、さらに続けていくつもの画面をアニメーション効果も活用しながら提示できることで、板書をする労力と時間的省力化を図る意義があると言えよう。併せて、プレゼンテーション画面を印刷し配布することも可能であり、教具という側面のICT機器活用である。

しかし、こうした教材提示はICT機器の活用の効果的な側面がある一方で、学習者としての生徒の内的思考が伴うことになるのだろうか、という懸念がある。それは、講義を聞く、授業を受ける、という受け身的な姿勢になりはしないか、という点である。

単元内容によって講義の構成や授業のやり方、指導方法を吟味し、工夫することが必要であるが、実習的な活動を伴うことの多い教科と、まず知識の定着を基礎とし、その定着を図り思考力を養うという教科内容では、こうした提示型のICT機器の活用中心だけでは、どうしても受け身的になるのではないか、という懸念である。

提示装置だけではない、生徒の内面での思考に関わるICT活用が求められると感じている。それも、使用するソフトウェアの熟知などICTを活用する教員の専門的知識や技術をそれほど要求しない形での授業や指導が好ましいのではないかと感じている。

一人の生徒は日々の学習で多くの教科・科目を学んでおり、教員は自分が指導する教科・科目に特化した授業をしているとなりがちだが、ICTを活用する学習をプログラミングや課題解決の教材として、生徒は情報科の内容や課題にとどまらず、他の教科の内容でも取り組む意識を持てるよう指導していく方向がよいと感じている。

全ての教科学習の強い土台になるのがICT活用能力であり、これからの時代を生きる生徒の学習や学力の伸びに繋がるように感じる。ICT機器の活用が特定教員に特化してしまわないよう、教科、個々の教員ともに情報科と他の教科との交流、連携は、日頃から

必要なことである。

先の柴田校長は「小中学校の『GIGAスクール構想』についてよく知らない高校の情報科教員が多い」と指摘している。(内外教育：2020年(令和2年)12月11日号、情報処理学会「教科・情報シンポジウム2020秋 オンライン開催での発言として」)

さらに「生徒の個人所有スマートフォンを授業に活用するBYODのやり方や高校でも端末を一人1台の状態にすることが必要だ」とも指摘している。(内外教育：同上)

すでに高校生の多くが、慣れ親しんでいるスマートフォンを活用して世の中と繋がっており、多くの情報を得ている。検索アプリケーションや動画サイトへのアクセスなどは日常的に行っている。

情報モラルや情報セキュリティの学習を情報科の授業など種々の機会に指導しておき、スマートフォンを禁止するのではなく、むしろ学習機器としても活用する。学習の機会として学校だけでなく「生徒が成果物を仕上げるためにも、授業以外の放課後や家庭で学校に備えられた端末以外でも作業が続けられる環境整備が重要だ」と柴田校長は訴えている。(内外教育：同上)

4. 数学科の授業におけるICT活用について

「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)」の「第3章各科目にわたる指導計画の作成と内容の取扱い、第2節 内容の取扱いに当たっての配慮事項」に、言語活動、情報機器の活用についての記載がある。

(1) 各科目の指導に当たっては、思考力、判断力、表現力等を育成するため、数学的な表現を用いて簡潔・明瞭・的確に表現したり、数学的な表現を解釈したり、互いに自分の考えを表現し伝え合ったりするなどの機会を設けること。

(2) 各科目の指導に当たっては、必要に応じて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを適切に活用し、学習の効果を高めるようにすること。

(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。

中学校学習指導要領にもほぼ同趣旨の記載がある。これらの記載から、数学科の授業において、どのようなことに留意して指導していったらよいだろうか。

I C T機器を数学科の科目の内容の説明や指導に活用することについては、これまでも様々な実践が行われているが、教科書の内容の理解を前提としていることが多いように感じる。生徒が単元の学習のはじめでは、まず教科書の例題の説明を教員がし、その内容を理解するために類する問題演習をする、という形で授業が行われることが多いだろう。

そのためか「数学は答を求める教科」「問題演習が欠かせない」「答が一つだから好きだ」「嫌いだ」という感想も多く聞かれる。正解を得られる経験が少ないと、数学嫌いになってしまう一因にもなりかねない。

まず、正しい解法を覚える。理解するというより公式を覚え当てはめればいい、と暗記型の学習により、中学校、高校の数学の授業をこなそうとしてしまう傾向も見られる。大学入試問題の過去問など数多く解くことが数学の学習だと、考えてしまうことにもなる。

そうした授業において、I C T機器を生徒個人が使いこなすためには、プレゼンテーションソフトにしても表計算ソフトにしても、まず、そのソフトの使い方を覚えることが前提となり、数学的な内容そのものをそれらのソフトを使って理解しよう、というところまで活用することは容易ではない。数学の内容の記述は数式が多く、アルファベットを含む文字式があり分数があり、各種の記号があり、図形を記述する場合も、通常のワープロソフトでは教科書に書かれているような記述を容易に実現することはできない。

数式を記述できるLaTeXなどのコンピュータ文書作成システムは、美しく数式などを記述できるが、中学校、高等学校の授業において日常的に使用できるとは言えない。

だからというわけでもないだろうが、数学の授業において、教科書準拠のデジタル化された教材を活用し、それを提示することで黒板での板書代わりにすることが多いのではな

いだろうか。

これら現状を踏まえ、教材提示的なICT機器の活用だけではなく、教科内容の理解を深めるために、ICT機器を活用する授業や指導が求められていると考えている。

そこで、いくつかの指導方法の萌芽を提案したい。

例えば、小学校での四則演算の学習において、次のような問題を子どもに示し、その解答を求めることがある。

つぎの□にはいる数は、なにですか？

$$\square + 8 = 14$$

$$\square \times 8 = 48$$

中学校では、□の代わりに文字 x を用いて記載すれば、一次方程式を解くことになる。

$$x + 8 = 14$$

$$x \times 8 = 48$$

これらは、まさに求めるもの（答、解）がただ一つに決まるものであり、正解、不正解が瞬時に判別できる問いと言える。

それに対して、次のような例はどうであろうか。

つぎの□にはいる数は、なんですか？

$$\square + \square = 14$$

$$\square \times \square = 48$$

こちらは、先の例を見慣れていると違和感を感じるかもしれないが、式が成り立つような2つの数の組合せを自分で考えることになるだろう。足し算にしてもかけ算にしても、それぞれいくつもの組を思いえがき、こういうふたつの数もある、別のふたつの数でも成り立つ、などと、思考が動き出すのではないだろうか。

先の一次方程式を解くような思考を仮に「静的な思考」、それに対して後の2つの数の組を見つけるような思考を仮に「動的な思考」とでも名づけよう。これはここだけの名づけであるが、数の組を見つける楽しみのようなものが得られるのではなかろうか。

5. 因数分解の指導における表計算ソフトの活用について

次のような例はどうだろうか。

次の式を因数分解しなさい。

$$x^2 + 14x + 48$$

これは中学校で学習する2次式の因数分解である。

実は、この2次式は $(x + \square)(x + \square)$ と因数分解できる前提で式の変形をしなさいと問うている。

すなわち、

$$x^2 + 14x + 48 = (x + a)(x + b)$$

と因数分解できればよいので右辺を展開した形との比較で、

$$(x + a)(x + b) = x^2 + (a + b)x + ab$$

となることから、

$$a + b = 14, ab = 48$$

となる2つの数の組としての a, b を求めることになる。

これはまさに、 $\square + \square = 14$, $\square \times \square = 48$ の両方が成り立つような2つの数の組を自分で見つける思考を求められている。

因数分解の学習として、この後、 x^2 の係数が1でない一般的な2次式の因数分解では、いわゆる「たすきがけ」と称される因数分解のやり方を学習することになる。

$$(ax + b)(cx + d) = acx^2 + (ad + bc)x + bd$$

という展開の逆の式変形を活用して、2次式の因数分解をせよ、ということである。

2次式の因数分解は、2次方程式の解の公式によって2つの解を求め、その2解を利用して記述できるのであるが、ここでは、係数の組として、 a, b 及び c, d を、たすきのようにかけ算してうまく見つけることを学ぶわけである。

この解法をアルゴリズムとして理解しプログラミング的に捉えるような指導はどうだろうか。あるいは、表計算ソフトのセルに数値を入れ、 a, b 及び c, d に該当する数を見つけないという指導はどうだろうか。

ここでは、表計算ソフトのセルに数値を入れて、因数分解できる数の組合せを見つけない指導を可視化することをやってみている。

例として、 $6x^2 - 17x - 15$ を因数分解せよ、という式変形を考える。

(図2) は表計算ソフトのセルに数値を入力することで、該当する係数を求める思考が可視化できることを示すシートである。

ここでは、まず、セルC5 = 6, セルE5 = 5, セルG5 = -21, を入力して元の2次式を特定する。

次に、セルC7, F7にC5, G5から自動的に入力された数値を見て、それぞれを2数の積として分解し、セルC10, C12にセルC7の約数を入力し、同様にセルF10, F12にセルF7の約数を入力する。このとき、元の2次式の各係数が負の数の場合、その約数に分解する際にも、負の数となるものがあることに注意する。

(図3)のように、因数分解として正しい係数の組合せにならない場合は、「再挑戦」と表示されるように、セルに論理関数等を利用し、係数の組合せの妥当性を可視化するように作成してある。

(図4)のように、係数がうまく見つかり、因数分解ができた、ということを示すように、「OK」「○」の表示がされるようにしてある。

こうしたシートを生徒自身が作成することも考えられ、この単元内容を学習する時期までに教科「情報」の授業で学習しておくといいのかもしれない。初学者や因数分解等の式変形を苦

図2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1												
2			$acx^2+(ad+bc)x+bd=(ax+b)(cx+d)$ の因数分解									
4			$acx^2+(ad+bc)x+bd$									
5			6	x^2+	5	$x+$	-21					
6												
7			ac =	6		bd =	-21					
10			a =			b =		→	bc =	0		
11												
12			c =			d =		→	ad =	0		
15				×		×	ad + bc =	0		再挑戦		
16			因数分解は									
17			(0 x +		0)	(0 x +		0)		再挑戦		
18												

図3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1												
2			$acx^2+(ad+bc)x+bd=(ax+b)(cx+d)$ の因数分解									
4			$acx^2+(ad+bc)x+bd$									
5			6	x^2+	5	$x+$	-21					
6												
7			ac =	6		bd =	-21					
10			a =	2		b =	7	→	bc =	21		
11												
12			c =	3		d =	-3	→	ad =	-6		
15				OK		OK	ad + bc =	15		再挑戦		
16			因数分解は									
17			(2 x +		7)	(3 x +		-3)		再挑戦		
18												

図4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1												
2			$acx^2+(ad+bc)x+bd=(ax+b)(cx+d)$ の因数分解									
4			$acx^2+(ad+bc)x+bd$									
5			6	x^2+	5	$x+$	-21					
6												
7			ac =	6		bd =	-21					
10			a =	2		b =	-3	→	bc =	-9		
11												
12			c =	3		d =	7	→	ad =	14		
15				OK		OK	ad + bc =	5		○		
16			因数分解は									
17			(2 x +		-3)	(3 x +		7)		○		
18												

手とする生徒には、教員が作成したワークシートを生徒に配付し、「たすきがけ」の因数分解の手順を学ぶ際に、具体的な数値をセルに入力する試行をすることで、係数をうまく見つけるコツを会得できるのではないかと考えている。

紙と鉛筆によりこのような試行を繰り返し書きながら会得していくことが学習であるとも言えるが、表計算ソフトを使うことで、生徒の興味を促しやる気を起こすことができるのではないだろうか。先の「動的試行」の可視化というように捉える指導といえないだろうか。

6. 「データの処理」の指導における表計算ソフトの活用について

表計算ソフトを活用する例として、高校の数学 I の「データの処理」という単元の指導で活用することが考えられる。

右の表は、 a, b, c, d, e の 5 人が、A, B の 2 つのゲームをし、その得点を表したものである。ゲーム A とゲーム B の得点の相関係数を求めよ。(途中経過も適切に書くこと)	<table border="1" style="border-collapse: collapse; margin: auto;"> <tr> <td></td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> <td>d</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> </table>		a	b	c	d	e	A	1	4	3	1	1	B	5	3	0	5	2
	a	b	c	d	e														
A	1	4	3	1	1														
B	5	3	0	5	2														

この問題は数学 I の定期試験に出題した問題である。A, B のそれぞれの分散、A と B の共分散を計算させ、それから相関係数を求めるような手順を想定して出題した。授業では 以下のような表を作成して計算することを指導した。

A, B の平均値をそれぞれ \bar{x}, \bar{y} 、分散をそれぞれ s_x^2, s_y^2 、標準偏差をそれぞれ s_x, s_y とし、A と B の共分散を s_{xy} とした。また、相関係数は r とした。

	A	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	B	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
a	1			5			
b	4			3			
c	3			0			
d	1			5			
e	1			2			
計							
平均							

ここで、分散 s_x^2 、標準偏差 s_x 、共分散 s_{xy} 、相関係数 r を求める式については、それぞれ次のように定義されていることを理解した上での具体的な計算について、表を活用する。(y についても、 x と同様である。)

$$s_x^2 = \frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}$$

$$s_x = \sqrt{s_x^2}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + \dots + (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y}) \}$$

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y}$$

これらの計算をするために表に具体的な数値を記入し、計算する。

それぞれの用語の意義や計算法など基本的なことを理解した上で、生徒一人ひとりが表計算ソフトを活用し計算できるようにすればよいのではなかろうか。(図5)

図5

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		A	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	B	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$		$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
2	a	1	-1	1	5	2	4		-2
3	b	4	2	4	3	0	0		0
4	c	3	1	1	0	-3	9		-3
5	d	1	-1	1	5	2	4		-2
6	e	1	-1	1	2	-1	1		1
7	計	10	0	8	15	0	18		-6
8	平均	2	$s_x^2 =$	1.6	3	$s_y^2 =$	3.6	$s_{xy} =$	-1.2
9	平方		$s_x =$	1.2649		$s_y =$	1.8974	$r =$	-0.5

ここでは、合計、平均値、平方を計算する関数を使用してセルに用意してある。

もちろん、表計算ソフトには基本的な関数に加え、データ処理に使う、標準偏差や相関係数等の関数は組み込まれており、それらを使用すれば容易に数値が求められるので、理解が進めば、それらに替えていくこともできるであろう。

7. 関数グラフソフトの活用について

数学の授業において、数式の表現だけでなく、関数のグラフ表示やベクトルの表示など、グラフや図による表現が非常に多い。むしろその学習が数学の大きな特徴である。

これらについては、デジタル化された授業用教材の活用は非常に有効である。

しかし、教科書会社の作成するデジタル教材は、あくまでも教科書の記述を表示するものであり汎用性に欠ける。中学校や高校の数学の関数のグラフや図形を比較的簡便に表示することができたり、関数等の文字式に含まれる文字の正、負や数値を様々に変えることで、グラフの形や位置が変わることを視覚的に確認し、授業において教員の説明だけでなく、生徒自身が数値を変えることでグラフや図形の変化を実感し、理解しやすくなる。

こうしたソフトウェアとして高校現場の数学科の教員にはつとに知られたものとして、大阪教育大学附属池田高校教諭友田勝久氏が開発したGRAPE Sがある。フリーソフト

ウェアとして提供されており、現在も、継続的にバージョンアップされている。

(図6)は、GRAPES 7.63により作成した2次関数のグラフである。

2次関数の式の一般形として

$$y = ax^2 + bx + c$$

の係数, a , b , c に具体的な数値を入れることで、グラフを書くことができる、という優れたものである。

関数として三角関数や指数関数, 対数関数等の高校で学習する関数に対応している。それぞれの関数の一般形において、係数の数値を様々に変えることで、グラフの態様が変わるということを、黒板とチョークだけで表現することはそう容易ではな

く、数学科教員として職人的技量が必要であると噂されたという逸話もあったかもしれない。

しかしこのGRAPESの開発により、授業の指導に大きな可能性を感じた数学の教員は少なくないと思う。

(図7)は、平面ベクトルの教材における、2点A, Bを通る直線上の点Pが,

$$\vec{OP} = t\vec{OA} + (1-t)\vec{OB}$$

により表されることを, t の値によって変化することを視覚的に示している場面である。動画として点Pの位置が直線AB上を動くさまは、この式の形式の意味として、線分ABを内分する点, 外分する点として理解する一助となる。

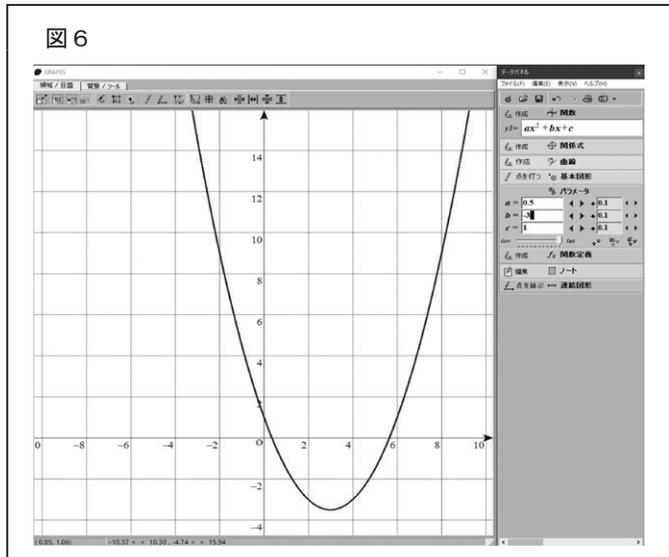
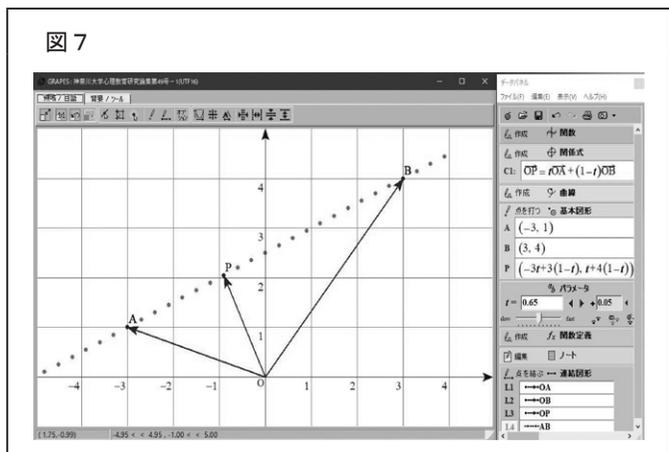


図7



8. 最後に

思いがけない新型コロナウイルス感染症の拡大による休校措置が学校の情報化，授業のICT活用を促進するきっかけとなったことは皮肉なことではあるが，教科指導において教材の提示や生徒間の取組の共有化と並行して，生徒が教科内容，教材を深く理解するためのICT活用について，学校現場で教員として，できることから始めるということが大切であり必要なことである，と改めて感じている。

