

中学校数学科における ICT 活用について

かねこ まさふみ
金児 正史

1. はじめに

世の中にコンピュータが生まれて 70 年、今や人類の様々な生活の中にコンピュータ技術が入り込むようになり、コンピュータがない社会は考えられなくなった。学校教育も例外ではない。全国の全学校にコンピュータを配置することになって、四半世紀が経った。その当時はコンピュータを各学校に 1 台ずつ普及することで精いっぱいだっただけに、児童生徒に 1 台のコンピュータやタブレットが提供され、教育の様々な場面で利用されるようになった様子を見ると、隔世の感がある。現在の学校教育を考えると、コンピュータをまったく活用しない学習活動は考えられない。

それではどのようにコンピュータを活用するのがよいのだろうか。コンピュータを活用すると、児童生徒にどのような力が身に付くのだろうか。コンピュータを活用すれば、学習者が主体的に学んで個別最適な学びや協働的な学びが実現できるといえるのだろうか。2010 年代には、教師という職業はなくなるといわれていたが、生成 AI の登場を受けて、教師の職業もなくなるとはいえない状況である。教師が生き抜くためにも、児童生徒が主体的に学ぶ経験を増やし、個別最適な学びや協働的な学びを支援できるような、教師の力量がとても重要である。いいかえれば、今まで以上に、数学教育の親学問である数学の学びも視野に入れた教材開発を図る、教師の学びが大切になる。その一方で「コンピュータ活用の陰」への配慮が必要である。佐藤 (2023) は、内外教育で、パソコン利用による学習者の思考力低下を心配し、教師の教材開発、教材の親学問的視点の認識が勝負どころになると指摘している。また榎本 (2023) は、日本人が疑問を持たず、素直に従い、人を信じて疑わないという行動様式を指摘し、教育を含めた日本のあらゆる活動で思考停止に陥りやすいことを危惧している。コンピュータを活用した教育を考えるうえで、肝に銘じておかなければなるまい。

2. プログラム言語 LOGO¹⁾ のよさ

S. パパート (1980) は、プログラムによって、ペンを持って平面上を自由に動いて図形を描くことができる、タートルという名のロボットを開発して、その教育利用の意義を論じている。S. パパートは、子どもの成長のすばらしさや子どもの多様で力強い発想を大切に思い、1970 年にはすでに、コンピュータ活用がその支援に役立つと考えていた。彼は、J. ピアジェとともに研究して、教育心理学だけでなく、数学や工学の研究でも著名な研究者だった。

タートルは自由に動くが、前後の向きがあり、子どもが自分でも動いているイメージを持てる工夫がされている。彼の著書やその日本語訳書籍の扉や表紙には、小学校低学年か幼稚園児

とおぼしき2人の子どもが嬉々としてタートルを動かしている様子を見ることができる。

本稿では、タートルに正三角形を描かせることについて、子どもがどのようにプログラムするのか考えてみよう。そのためにはまず、正三角形の定義を確認する必要がある。3辺が等辺で、内角がみな等しいことを確認できれば、その後はどのぐらいの大きさの正三角形を描くか考えるだろう。例えば1辺1mの正三角形を描こうとすると、タートルが始点から「1m進み、回転する」ことを3回繰り返そうと考えるだろう。例えば子どもは、図1のようなプログラムを作ると想定できるだろう。回転の向きは、右か左か、最初に子どもが決めればよい。ところで、図1のプログラムで正三角形が描けるだろうか。すでにお気づきだろうが答えはノーである。正三角形を描くためには、3回の回転の命令はいずれも「右へ120度回転」にしなければいけない。思い通りに正三角形が描けなかった子どもは、どこにバグがあるか考え始める。S. パパートは、バグが子どもを主体的にプログラムの再検討(デバグ)に仕向ける格好の機会であると考えている。確かにそのとおりである。なおLOGOには、命令「繰り返せ」があるので、正三角形を描くためには、図2のようなプログラムも可能である。タートルは、子どもにとって代わる、イメージしやすい擬人化されたロボットで、子どもがその動きを真似してデバグもしやすい特性がある。

ところで正三角形が描けた子どもは、この先も先生たちの指示に従って図形を描くだろうか。S. パパートの実験では、子どもが自由にタートルを使えるようになると、彼らは自分の思い通りに主体的にタートルを操ろうとしている。これは、我が国の個別最適な学びの学習の個性化に位置付く活動である。最初は「正三角形をタートルで描いてみよう」と教師が課題を提示するとしても、学習の個性化が進むと考えられるのである。

さて、子どもが主体的にタートルを使って、正多角形を描くと想定してみよう。その活動では、子どもはおそらくそれほど多くのデバグを行うことなく、正多角形を描くための回転角を決定できるだろう。子どものアイディアの中に、「360度」がクローズアップされてくることが予想される。それは正多角形の外角和である。例えば正15角形であれば、回転角は360度を15等分すればいいことに気付いていく。帰納的ではあるが、子どもは回転角を求める過程で正多角形の外角和を意識化する。もちろん、図1のプログラムのバグを考える際に、必然的に内角を意識化していることが窺えることから、正多角形の定義や外角和の大きさなどについても、イメージが深まるだろう。こうした経験をした子どもにしてみれば、中学校で演繹的に正多角形の外角和が360度であることを証明できたら、歓喜するのではないか。単純に見えるプログラム言語で

```
前進 1m  
右へ 60 度回転  
前進 1m  
右へ 60 度回転  
前進 1m  
右へ 60 度回転  
終わり
```

図1 正三角形を描くプログラム①

```
3 回繰り返せ  
前進 1m  
右へ 120 度回転  
終わり
```

図2 正三角形を描くプログラム②

```
360 回繰り返せ  
前進 1cm  
右へ 1 度回転  
終わり
```

図3 正多角形を描くプログラム

あるが、LOGO に秘められた奥深い仕掛けが垣間見える。さて、正多角形の延長線上に、図3のようなプログラムを描く子どもがいる。円に見まがう正360角形を描くプログラムである。このような学習の個性化が進むと、凹多角形を描いてみようとする子どもも現れる。子どもの発想は広がっていく。

3. GeoGebra による活動

GeoGebra というアプリケーションをご存じだろうか。かつては有料のソフトウェアだったが、現在は無料で利用できる。GeoGebra だと、簡単に図形を描くことができ、辺の長さや角の大きさもすぐに提示してくれる(図4)。この情報を提示したうえで、タートルでこの凹四角形を描くプログラムを考えてみると、図5のようになる。ここで、このプログラムに示された回転角に着目してほしい。回転角にどのような特徴があるだろうか。凹多角形でも、外角に共通の特徴があるだろうか。

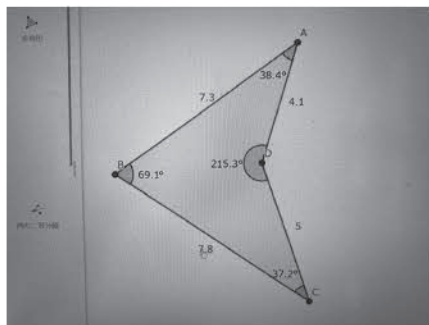


図4 GeoGebra で描いた凹四角形

残念ながら、4つの角の和は360度にならない。しかし、回転する向きに着目してみるとどうだろう。例えば右回りの回転角を正の数、左回りの回転角を負の数で表すと、それらの総和は360度になる。向きに正の数と負の数を活用するという、数学のよさに触れられる瞬間である。このように、凸多角形で見出した外角の性質が、凹多角形でも成り立ちそうだと、帰納的に確認できるすばらしさがある。

GeoGebra には直感的な命令が準備されている。例えば多角形を描くこと、線分を描くこと、その中点を明示すること、などの命令がすでにある。小学生高学年ならば、それらの操作に慣れるのにそれほど時間は必要ない。GeoGebra のホームページには、様々な教材も紹介されているので、教材開発の面からも GeoGebra の活用の幅は広いだろう。

個別最適な学びを意識して、もう一つ GeoGebra を生徒が活用する場面を示す。図6と図7は、それぞれ「これからの数学2」と「これからの数学3」に掲載されている証明問題である。お時間が許すようならば、問題の題意に沿って、それぞれの図形を GeoGebra を用いて描いてみてほしい。

どちらの問題も、GeoGebra で簡単に図を描くことができるが、完成した図6の点Pを「1点だけつかんで移動する命令」で移動しても、AC//QP と AB//RP が維持できない。実は操作方法を吟味すると平行の条件を維持できるのだが、教育学系の学生だと1時間程かかってしまう。

前進 7.3m
右へ 141.6 度回転
前進 4.1m
左へ 35.3 度回転
前進 5m
右へ 142.8 度回転
前進 7.8m
右へ 110.9 度回転
終わり

図5 凹四角形を描くプログラム

- 2** 二等辺三角形 ABC の底辺 BC 上に点 P をとります。
 また、P を通り、辺 AC、AB に平行な直線をひき、
 辺 AB、AC との交点をそれぞれ Q、R とします。
 このとき、 $QP + RP = AB$ であることを証明
 下さい。

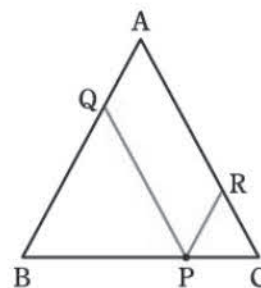
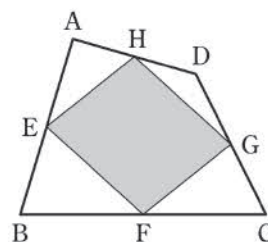


図 6 「これからの数学 2」の 175 頁に掲載されている証明問題

例 2 中点連結定理の利用

四角形 ABCD において、辺 AB、BC、CD、
 DA の中点をそれぞれ E、F、G、H とする。
 このとき、四角形 EFGH は平行四辺形で
 あることを証明しよう。



先生

中点連結定理を
 利用してみましょう。

それなら三角形を
 考える必要があります。



みか

図 7 「これからの数学 3」の 169 頁に掲載されている証明問題

一方、図 7 の問題は、GeoGebra で図を描いた後で「1 点だけつかんで移動する命令」で移動してみると、実に有用な教材になる。図 8 のように点 C を自由に動かす過程で、多くの生徒が四角形 ABCD が凹四角形になっても四角形 EFGH が平行四辺形になるだろうと、帰納的に気付く。むしろ、証明問題の題意を超えた問題としてとらえ、この証明問題の面白さに気付けるだろう。もちろん、指導目標によっては Studyaid D.B. を利用して、紙の教材を提供する場合もあるだろ

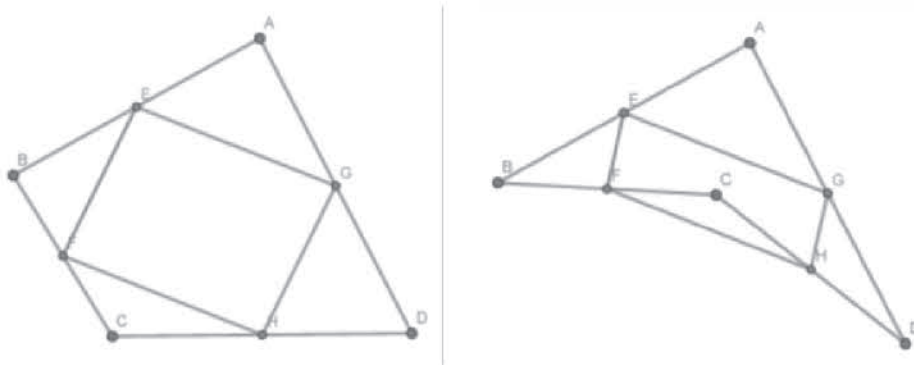


図 8 1 点を移動しても題意が反映できる GeoGebra による図形

うが、生徒に自分で解決するための道具として GeoGebra を提供するのによいのではないだろうか。なお図 6 の問題については、2 枚の板目紙を使って切り込みを入れて一方がスライドする、アナログの教具を利用するのも一考である（図 9）。20 分ほどで作成できる。

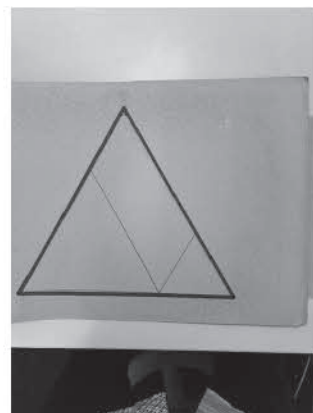


図 9 自作教具

4. 生成 AI の活用

生成 AI を活用した教育の実践事例は、文部科学省 (2024) が生成 AI パイロット校の実践事例を明示している。小原ら (2024) には学習指導の実際や学習評価も示している。生成 AI は目まぐるしい進化を続けているが、その特性を認識しておかないと活用しづらいだろう。生成 AI に問題作りを求め、それを生徒が解答する活動を計画しても、生成 AI は数学者が証明できていない問題を提示してくる場合がある。生成 AI に問題を示してその模範解答を生成させても、時に正しくない場合もある（ハルシネーション）。生成 AI は、同じ質問をしても、生成される回答は異なることもよく起こる。こうした事実を承知して、生成 AI を活用する必要がある。生成 AI に問いかけた時の回答をそのまま活用できないことがあるが、質問の視点を変更したり、より具体的に問いかけを重ねること（壁打ち）で、回答の質を上げることができる。こうした特質を生かして、生成 AI を教師が教材準備して生徒に活用できるようにするのか、生徒が主体的に活用して課題を解決していくのか、その展開の仕方も検討する必要がある。冒頭でも述べたが、今まで以上に、数学教育の親学問である数学の学びも視野に入れた教材開発を図る、教師の学びが大切になる。ICT を適材適所で利活用し、そのノウハウも共有していきたい。

註 1) LOGO は現在でも利用でき、iPad 用のアプリケーションやパソコン用の Berkeley Logo などのアプリケーションがある。ちなみに Scrach は、S. パパートの許可を得て、彼の弟子たちが作成したプログラム言語である。

参考文献

- 佐藤学 (2023), ICT 教育の効用, 内外教育 2023 年 6 月 13 日第 7085 号
榎本博明 (2023), 思考停止という病理, 平凡社新書
GeoGebra - the world's favorite, free math tools used by over 100 million students and teachers (閲覧日 2025 年 8 月 22 日)
小原豊, 金児正史, 北島茂樹 (2024), 実践事例で学ぶ生成 AI と創る未来の教育, 東洋館出版
Papert, S. (1980), Mindstorms: children, computers, and powerful ideas, Basic Books.
S. パパート, 奥村貴世子訳 (1982), マインドストーム 子供, コンピューター, そして強力なアイデア, 未来社

(帝京平成大学 教授)