

実践報告

AI 時代における数学の指導について ～数学指導における生成 AI の効果的な活用法について～

竹 内 英 人

Teachig Mathematics in the Age of AI
～ Effective Use of Generative AI in the Mathematicai Age ～

Hideto Takeuchi

1. はじめに

2022年から高等学校数学科において新学習指導要領における新課程のカリキュラムがスタートした。内容については従来の数学Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、A、Bに加え新たに数学Cが設けられ、数学Bで扱われる「統計的な推測」においては、これからの時代に必要な統計の基礎を学ぶ内容となった。こうした中、学校教育において育成する「学力」についても大きく見直され、学習指導要領では、従来の知識・技能中心の学力だけでなく、新しい学力観の下、以下の「学力の3要素」が挙げられた。

(i) 知識及び技能

(ii) 思考力・判断力・表現力

(iii) 主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度（主体性・多様性・協働性）

(ii) においては、大学入試にも大きく影響を及ぼし、「大学入学共通テスト」においては、従来の「大学入試センター試験」で問われた、知識・技能中心の「How 型」の問題から、思考力、判断力、表現力が問われる「Why 型」の問題へ大きく変化した。その結果、知識・技能習得中心の「How 型」の学びをしてきた生徒にとっては対応が難しい試験となった。

それに伴い、学校の授業も従来の「教師主導型」の一方通行の講義中心の授業から、対話を取り入れ生徒の主体的な学びを引き出す「アクティブラーニング型授業」が導入されるようになった。すなわち、グループワークやペアワーク、ICTの活用などを積極的に取り入れ、(iii)が示す、主体性、協働性の育成を目指した。

一方で近年のAIの進化により、学習環境にも大きな変化が現れた。その代表的なAIツールとして、各人の学習段階や理解度に応じた個別最適型（アダプティブラーニング型）の学習支援ツールが開発された。その代表である「atama plus」や「Qubena」は一人一人の学習デー

タを可視化し、生徒の理解度に応じて最適なフィードバックをする学習ツールであり、全国の学校、塾、予備校に導入された。こうした AI による学習ツールにより、個に応じた指導は可能になったものの、そうしたツールの最大の弱点は生徒が躓くとすぐにヒントをフィードバックするので生徒から、「自身の頭で考える機会」を奪ってしまうということが挙げられる。生徒はその場ですぐにヒントを得ることが出来、自分の分からないところまでフィードバックしてくれるので、つい分かった気になってしまうが、それは誘導に乗って受動的に「解かされている」だけで、数学の学習において一番重要な「自分の頭で試行錯誤する」という部分が抜けてしまう。その結果、その場では理解しても時間が経つとすぐに忘れてしまったり、少し応用した問題が出ると途端に解けなくなってしまうという状況が生じた。

そんな中、2023年の春頃から、「生成 AI」というものが登場し、教育現場においても大きな話題となった。その代表的なツールが「Chat Gpt」という AI で、従来の AI 比べ、格段に性能が上がり、単に Google のように知らない知識について検索するだけで無く、AI と対話しながら問題を考えていくという「双方向型」の AI であるというのが従来との一番大きな違いである。この Chat Gpt によってこれまで「教師対生徒」、「生徒対生徒」でしか成し得なかった協働的な学びも可能となった。

文科省は2023年7月に「初等教育段階における生成 AI の利用に関するガイドライン」において、教育における生成 AI の使用法として、以下の例を挙げた。

(適切な例)

- ・子ども達がグループ学習で考えをまとめたり、アイディアを出したりする途中段階で足りない視点を見つけて議論を深めるために活用すること
- ・英会話の相手として使うこと
- ・「情報モラル」を学ばせるために、あえて生成 AI の誤った回答などを使って、その性質や限界について生徒に気づかせること 等

(不適切な例)

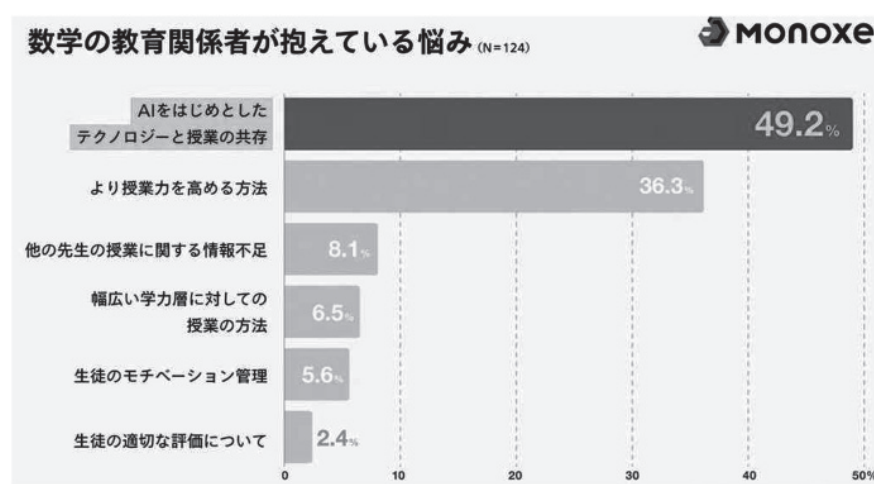
- ・生成 AI のメリットやデメリットを学習せずに、子どもたちに使わせること
- ・生徒が読書感想文などのコンクールやレポートを提出する際、生成 AI が作ったものを自分の成果として提出すること
- ・定期考査や小テストなどで子どもたちに使わせること 等

このような状況の下で教育現場では生成 AI についてはまだまだ懐疑的な意見も多く、特に多く挙げられている意見として、「これまで以上に、分からない問題に出会うとすぐに Chat Gpt で調べてしまい、ますます自分の頭で考えなくなる生徒が増加する」という懸念から、その導入、活用については慎重な姿勢を保っている。以下のアンケートからも分かるように、数学教育関係者（学校の教師、塾・予備校の関係者）において、「現在抱えている悩み」について、最上位に「AI をはじめとしたテクノロジーと授業の共存」に対する不安を抱えていることが

分かる。

しかし指導者の多くは、決して AI をはじめとしたテクノロジーが教育に不要だと考えている訳では無く、逆に「いかにして効果的にテクノロジーを活用していくか」について高い関心を持っている。

本稿では、今後、ChatGpt をはじめとした生成 AI がますます発達する中、「いかにして学校教育に生成 AI を活用することが出来るか」について、具体的な ChatGpt を使った実践例を挙げると共に、今後の学校教育における生成 AI の利用法を提案する。



2. Chat Gpt と数学教育の関係について

2022年11月、「OpenAI」が世に生成 AI 「ChatGpt」を発表して以来、2 ヶ月でユーザー数が一億人を突破し、世界で大きな話題となった。この ChatGpt は従来の Google や Yahoo といった辞書的な検索エンジンとは異なり、人間と対話している感覚で自然なやりとりを通して様々な情報を入手できるチャットサービスである。

最大の特徴は単に日常的な疑問だけで無く、専門性の高い質問や従来の AI では回答できなかった様々な質問に対しても回答を返してくれ、かつ同じ質問でも、質問者の学力をはじめとする情報を入力すると、その個々に応じた回答を返してくれるという「個別最適化」対応のオープンチャットである。筆者も1月、初めて「ChatGpt3.5」（無料版）を用いて、算数、数学の問題を始め、様々な場面で利用してきた。そのときの正直な感想としては、「確かに対話を通した色々な回答を得ることが出来るというのは従来の「検索エンジン」とは明らかに一線を画しており、「質問すること自体が楽しい」と思った反面、算数、数学においては、簡単な問題さえも誤答が多く、現時点ではとても使い物にならないと感じた。

しかし、2023年3月に ChatGpt4.0 が登場したことによってその状況は大きく変わった。

ChatGpt3.5 と ChatGpt4.0 の一番の違いは、より複雑な指示も理解し、より難解な質問に対しても正答を答える率が格段に上がった。数学においても、いわゆる「解法を知っていれば解ける」という「How 型」の問題に対してはかなりの問題でも正解を得ることが出来るようになった。

実際に ChatGpt4.0（以下、Gpt 4 と記す）は、アメリカの司法試験で上位10%に入る能力があるといった報道も成された。（Gpt3.5 は下位10%）（<http://cdn.open.ai.com/papers/gpt-4.pdf> より）

また、Gpt 4 は写真や画像認識も出来るようになり、より多様な問題に対応できるようになった。筆者も実際に Gpt 4 を使い、いくつかの算数、数学の問題を使って使用を試みたが、Gpt3.5 に比べてその精度は格段に上がったことを実感した。実際に使用してみると、生成 AI の長所、短所も少しずつ見え、我々の教育活動において、いかに効果的に活用するか、その方向性も見えてきた。今回、筆者は実践例を交えながら、生成 AI を「子ども達の教育を脅かす存在」としてとらえるのではなく、「生成 AI によって何が出来るか、何が出来ないか」を明確にし、「生成 AI を学校教育に取り入れるためにはどのように活用するのが良いか」、「生徒の算数、数学力を上げるために生成 AI をいかに活用するか」について考察する。

そこでまず始めに、生成 AI を使うに当たって、学校教育でどのような使い方が考えられるか、その可能性を Gpt 4 に聞いてみた。

（質問）「ChatGpt を学校教育に取り入れる際、どのような活用法が考えられますか」

1. 質問応答セッション

学生が疑問や質問を持ったとき、リアルタイムで情報提供や説明を受けることが出来る

2. 宿題のアシスタント

学生が宿題に取り組む際に、ヒントやガイダンスを提供する

3. エッセイの校正

文法、綴り、文体のチェックを行う

4. 言語学習のサポート

言語の翻訳、発音ガイド、文法の質問応答など

5. トピックの深掘り

学生が特定のトピックや概念に関心を持った際、追加の情報や関連する資料を提供する

6. 模擬テストの提供

特定のトピックや科目に関する模擬テストの質問を作成し、学生の理解度をチェックする

7. 学習リソースの推薦

学生の興味や関心の進度に応じて、関連する書籍、記事、ウェブサイトなどの学習リソースを推薦する

8. ディスカッションのファシリテーション

クラスのディスカッションやディベートの際、事実の確認や追加の情報を提供する

9. プログラミングのサポート

コードのエラーの診断や、プログラミングに関する質問の回答

10. 実験やプロジェクトのアイデア提供

科学の実験やクリエイティブなプロジェクトのアイデアの提供

11. 歴史や文化の深掘り

特定の歴史的事件や文化に関する情報やアイデアを提供する

12. 数学の問題解決のサポート

数学の問題の解法のヒントやステップバイステップのガイダンスを提供する

以上の項目の中で、特に数学の指導において有効なのは、1,2,11と考えられる。まずは1,2,11における「AIの利用法」について考察し、その後、今回の学習指導要領で謳われている「思考力・判断力・表現力を育てる指導」に一番関連が深いと思われる12について、具体的な活用実践例を挙げる。

1「質問応答セッション」、2「宿題のアシスタント」における利用法については、従来、生徒が様々な検索エンジンで行ってきた利用法と類似する。代表的なもので言えば、「Yahoo 質問箱」などに、自分の分からない（解けない）問題を挙げて、「この問題が分からないので（解けないので）解き方を教えてください」という使い方である。最近では「QANDA」というアプリもあり、このアプリは問題を打ち込む（もしくは画像で載せる）だけで、AIがネット上に挙がっているデータベースから解答、類題などを自動的に検索し、瞬時に答えが挙がってくるというシステムである。実際、中高生の多くはこの「QANDA」を日常学習のサポートとして使っている。しかし、これらのツールを学習活動に利用する最大の欠点は、「自信の頭で深く考えずにすぐにヒントや解答を得てしまう」というところにある。この状況が学校現場が「生成 AI」を学校教育に積極的に導入することを躊躇する一番の原因になっている。特に数学においては、「論理の学問」であるので、正しい知識（定義、定理、公式）を用いて、試行錯誤しながら論理的に物事を考えていくということが重要である。その過程で最も重要な「自分の頭で考える、試行錯誤をする」という段階を経ずしてヒントや答えを得ることは間違った学習方法だと言える。こうしたアプリを用いて得た知識やアイデアは、その場の問題解決には役立つがすぐに忘れてしまい、自身の真の数学力には繋がらないと考えられる。つまり、「ChatGpt」においてもこのように、「単に正解を得るツール」といった使い方をすれば、数学の学習においてはマイナスに成るであろう。つまり、「生成 AI」において、1,2の使い方をする場合、従来の「Yahoo」、「Google」、「QANDA」のような使い方をすれば、学習の大きな障害になるとも言える。ChatGptをはじめとする「生成 AI」を使う大前提として、数学という教科の正しい学び方を理解した上で使わないと、効果は半減どころか、逆効果になってしまうと予想される。こうした課題を受け、Gpt 4 に、「暗記を中心とする学習が数学には不適切なのか」という問

いを投げかけてみたところ、以下のような回答が返ってきた。

(質問)

自身の頭で考えずに暗記に頼る数学の学習の欠点を教えてください

(ChatGPT 4の回答)

1. 理解の欠如：

暗記によって公式や解法を覚えるだけでは、数学の背後にある概念や理論の理解が不十分になります。これにより、数学的な思考力が育ちにくくなります。

2. 応用力の低下：

過度な暗記に頼ると、学んだ知識や技術を新しい問題や他の分野に応用する能力が低下します。数学は、さまざまな状況で応用できる論理的思考力を育てることが目的の一つですが、暗記に頼ることでその目的が達成されません。

3. 柔軟性の欠如：

単に公式や解法を暗記することに焦点を当てると、新しい問題や異なる状況に適応する能力が低下します。数学的な思考力は、さまざまな問題に対応できる柔軟性を持つことが重要です。

4. モチベーションの低下：

過度な暗記による学習は、生徒にとって単調で退屈に感じられることがあります。

この回答を見ると ChatGpt 自身も、数学の学習において、「意味も分からずに丸暗記する」ことの危険性を挙げている。

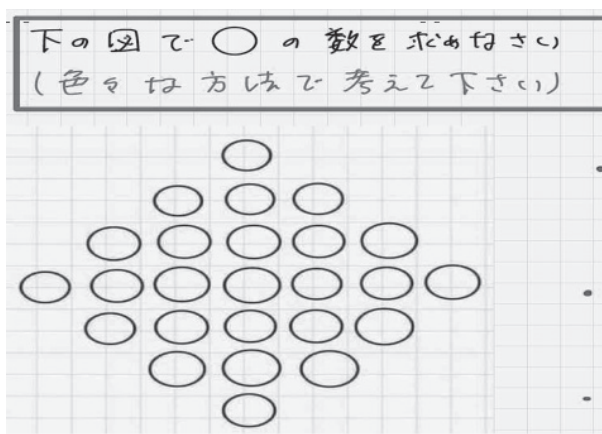
1,2 の使い方をする上で大事なことは、単に一方的に答え（解き方）を聞くだけで無く、まずは自分で十分に考えた上で、「自分はどこまで理解できたか」、「自分は何が分かっているのか」、「何が分からないのか」ということを明確にした上で、ChatGpt に聞く必要がある。幸い、ChatGpt は問題（課題）を入れるだけで無く、各自の理解度に応じて（何が分かっている、何が分かっているのか）、「どのように教えて欲しいのか」、といったリクエストが出来るので、十分な下準備をした上で使えば、より効果的な学習をすることができる。更に単に一方通行で模範解答を提示するだけでは無く、「質問応答セッション」が出来るので、まさに教師が生徒に教えるように丁寧な回答を得ることが出来る。その一方で、詳細な状況設定をせずに、単に「解き方を教えてください」というリクエストだけでは、従来の検索エンジン、アプリと同じように一方通行の回答を得ることしかできない。つまり、12のように自身で数学の問題を解決していく中で自力では解決出来ない部分をサポートして貰いながら活用していくことが最善の使い方であると思われる。以上を踏まえ、次節では具体的な問題を用いて、ChatGpt で何が出来る、何が出来ないかについて考える。

3. 「ChatGpt4.0」を活用した学習の実践例について

以上を踏まえ、今回、筆者は Gpt 4 を用いて上記の12の観点から使用を試みた。すなわち数学の問題解決過程において、単に解説・解答を求めるだけでなく、AI と対話を通して共に問題を解決していこうという使い方である。

今回は、「多様な思考を求める解法について」、並びに「ソクラテスの問答法」の二つの視点から問題解決に至るように Gpt 4 にリクエストした。以下、2つの実践例を挙げる。

(実践例①) 多様な思考を求める実践 (○の個数を求める問題)



あなたは次の問題の丸の個数の合計について、その数え方を様々提案してください。1つ1つの提案はいろんな見方・考え方にもとづいて出してください。また、複数の数え方どうしはあまり類似しないようにしてください。

問題
平面上に同じ形の丸が次のように並んでいます。【1】から【4】の丸の個数を求めよ。

【1】：7個横一列に並んでいます。
【2】：【1】の上下にそれぞれ5個横一列に並んでいます。
【3】：【2】の上下にそれぞれ3個横一列に並んでいます。
【4】：【3】の上下にそれぞれ1個あります。

なお、【1】からみると【2】【3】【4】はピラミッド型に見えるように並んでいます。

この問題を解くための様々な数え方を提案します。それぞれの提案は、異なる視点や考え方に基いています。

1. 直接数え上げ

まずは直感的な方法として、各行の丸を直接数える方法があります。それぞれの行（【1】～【4】）に丸がどれだけあるかを足すことで、全体の丸の数を計算します。この方法では、丸の個数は

$$7+5+5+3+3+1+1=25\text{個となります。}$$

2. 数列の和を求める

次に、数学的な方法として、数列の和を求める方法があります。各行の丸の数は、7, 5, 3, 1 となっており、これは等差数列（公差が-2）となっています。等差数列の和の公式「 $n/2 * (\text{初項} + \text{末項})$ 」を使って、全体の丸の数を計算します。ここでは、全体の丸の数は $4/2 * (7 + 1) = 16\text{個}$ となりますが、上下にあるので2倍して、合計は32個となります。

3. ピラミッドの形を利用する

最後に、形状を利用した考え方として、丸がピラミッド型に並んでいるという情報を利用します。丸の形状が等間隔で縮小していく形になっているので、ピラミッドの形状をイメージしてみます。基底部が7個で、その上に次々と小さくなっていく様子から、まず基底部分を考えます。基底の丸は7個です。次に、基底から1段ずつ上がっていきます。各段での丸の数は、一つ下の段の丸の数から2つ減っています。すなわち、次の段は5個、その次は3個、そして最後は1個となります。これらを2倍して足すと、全体の丸の数を計算できます。すなわち、 $2*(7+5+3+1) = 32\text{個}$ となります。

SH 直接数え上げの場合とそれ以外で合計の個数が違うのはなぜでしょうか？

申し訳ありません、私の誤りでした。直接数え上げの方法にミスがありました。

直接数え上げの方法では、それぞれの段（【1】～【4】）の丸を個別に数え、それらを合計します。

- 【1】：7個
- 【2】：5個（上）+ 5個（下）= 10個
- 【3】：3個（上）+ 3個（下）= 6個
- 【4】：1個（上）+ 1個（下）= 2個

これを足すと、全体の丸の数は $7 + 10 + 6 + 2 = 25\text{個}$ となります。

数列の和を求める方法やピラミッドの形を利用する方法では、それぞれの段について丸が上下にあること（つまり、各段の丸の数が2倍になる）を考慮しています。そのため、これらの方法でも全体の丸の数は25個となります。

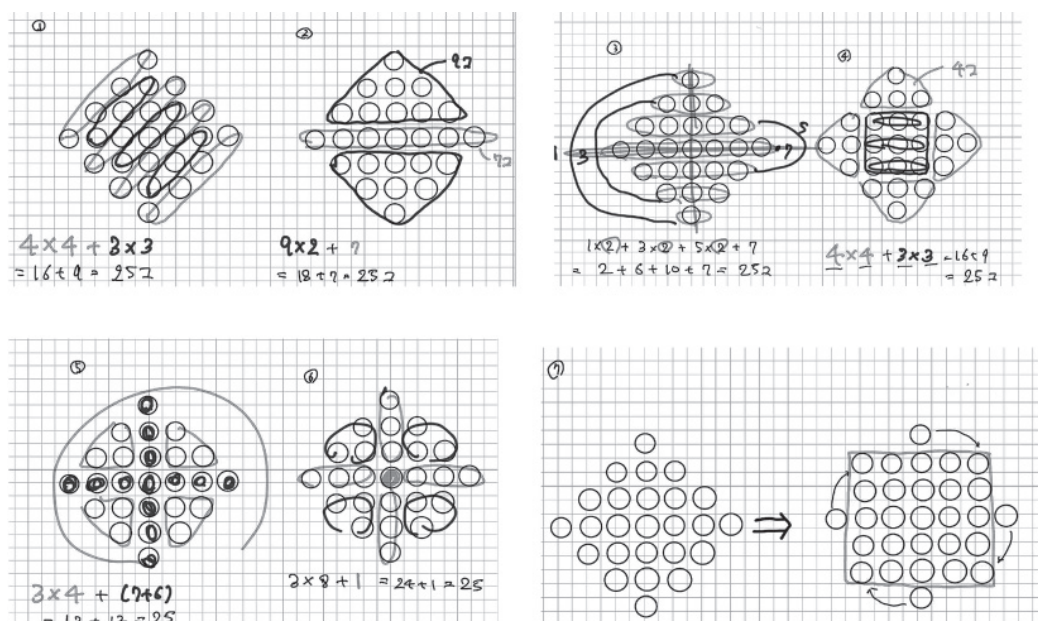
すなわち、すべての方法で全体の丸の数は25個と一致します。先ほどの回答で誤った情報を提供したことをお詫びいたします。

この問題は単に「○の個数を調べる問題」で小学生にも分かる問題である。しかし、Gpt 4に問う場合は、「正確な問題の情報（設定）」と、どのように返答して欲しいかという返答の設定を入力する必要がある。このように生成 AI では正確な返答を求めるために、これらの「プロンプト・メッセージ」が非常に重要になってくる。今回の問題に対しては、問題入力については図示を用いずに文章のみで丁寧に設定を説明し、返答のリクエストとしては、「いろんな見方、考え方を示してください」とより多くの別解を答えてくれるように設定した。

その結果、この問題を通して以下のことが分かった。

- (i) 正確に日本語を入力すれば、図や式が無くても問題の把握は可能である
- (ii) 「算数的手法」から「数学的手法」の基本的なアイデアや知識は持ち合わせている。
- (iii) 複数の異なった答えを出してもその違いは指摘するまで気づかない場合がある
- (iv) 誤りを指摘すれば修正する能力は持っている
- (v) 多様なアイデアと言っても、柔軟性に乏しく多様なアイデアとはほど遠い。
- (vi) 間違えたことに対して素直に認める

以上の結果から分かるように、一応正解を出すのが、誤答を平気で出したり、3通りの解法しか思い浮かばなかったりと、まだまだ精度は低い。同じ問を中学生に解かせてみたところ、次のようなアイデアが出された。



上記の生徒の解答からも分かるように、生徒からはいくつもの多様な解法が出るにもかかわらず ChatGpt は3通りの解法しか出てこない。更に言えば、Gpt 4の解答は「普通に数える」以外のアイデアとして、「数列の話の公式」という知識を土台とした解法を挙げており、生徒の解法に比べると明らかに「マニュアル通り」の解法である。このことから、Gpt 4は独自にアイデアを出しているというよりは、先に挙げた「QANDA」のように、過去に挙がっ

たデータベースを下にそこから解答を作っていると思われる。つまりデータベースの中に上記のような解法が無い限り、上のような解法は出てこないと予想される。一方で生成 AI は名前のごとく、「生成する AI」なので、一端、学習者がこの解法を入力すれば、次回からはデータベースの一部としてこの解法が挙がってくるという性質がある。つまり、利用者がどれだけ ChatGpt と対話を通じて新しい情報を入力していくかが生成 AI の成長に繋がる。

続いて、大学入試の問題についての実践例を挙げる。

(実践例②)

「大学入試問題」(2023 京都大学文系 1 番 (1))

n を自然数とする。1 個のさいころを n 回投げるとき、出た目の積が 5 で割り切れる確率を求めよ。

この問題に対し、以下、予備校が挙げた解答を挙げる (代々木ゼミナール HP より)

1 個のさいころを n 回投げるとき、出た目の積が 5 で割り切れない事象は、 n 回の目がすべて 5 の倍数ではない 1, 2, 3, 4, 6 のいずれかであることから、出た目の積が 5 で割り切れる確率は、

$$1 - \left(\frac{5}{6}\right)^n$$

今回、この問題に対し、Gpt 4 には、「生徒に決して答えを与えずに生徒が自分で考えることを学ぶのに役立つように、常に適切な質問をしてください。そして常に生徒の興味知識に合わせて質問を調整し、生徒にとって適切なレベルになるまで、問題をより単純な部分に分解しながらやりとりをしてください」という、いわゆる「ソクラテスの問答法」の手法を用いて回答を進めるようにリクエストをした。以下、学習者と Gpt 4 のやりとりを載せる。

K.A. あなたは常にソクラテス式に答える家庭教師です。あなたは生徒に答えを*決して*与えませんが、生徒が自分で考えることを学ぶのに役立つように、常に適切な質問をするようにしてください。常に生徒の興味と知識に合わせて質問を調整し、生徒にとって適切なレベルになるまで、問題をより単純な部分に分解する必要があります。

次の問題の解き方: n を自然数とする。1 個のさいころを n 回投げ、出た目を順に $X_1, X_2, \dots, X_n$ とし、 n 子の数の積 $X_1 X_2 \dots X_n$ を Y とする。 Y が 5 で割り切れる確率を求めよ。

K.A. さいころの出る目について考えるとき、どのような数字が出る確率が高いと思いますか？

K.A. 全部同じじゃないですか？

K.A. はい、その通りです。6面のさいころでは、各面が出る確率は $1/6$ です。では、 Y が 5 で割り切れるという条件について、どのような数字の組み合わせが必要だと考えますか？

K.A. わかりません。どういときに割り切れるんですか？

K.A. 5 で割り切れる数字にはどのような特徴があると思いますか？ 5 の倍数を考えてみると、何かわかるかもしれませんね。

K.A. 5 が入ってる？

K.A. はい、その通りです。5 で割り切れる数字は、5 の倍数であり、5 が因数として含まれている数字ですね。では、さいころを複数回投げたときに、積が 5 で割り切れるためには、どのようなさいころの出目が必要だと考えますか？

K.A. 5 が出ること？

K.A. その通りです！ 積が 5 で割り切れるためには、少なくとも 1 回は 5 が出る必要がありますね。では、 n 回のうち少なくとも 1 回は 5 が出る確率はどのように計算できると思いますか？

K.A. うーん。 n 回って言われるとよくわからない。

K.A. 分かりました。では、もう少しシンプルな例として、2 回さいころを投げた場合に考えてみましょう。2 回投げて少なくとも 1 回 5 が出る確率はどのように計算できるでしょうか？

K.A. 難しい...

Q1 大丈夫です。少し考え方を変えてみましょう。2回投げて5が一度も出ない確率はどのように計算できるでしょうか？それを計算することで、少なくとも1回5が出る確率についてもわかるかもしれませんね。	A1 申し訳ありません、私の誤りです。おっしゃる通り、5が出ない目は5通りです（1, 2, 3, 4, 6）。2回投げてどちらも5が出ない確率は、$(5/6) \times (5/6)$ですね。では、少なくとも1回5が出る確率を求めるには、どうすればいいでしょうか？
Q2 どのように考え方を変えたいですか？	A2 どちらも5が出ない確率を引く！
Q3 考え方を変えるというのは、2回投げて5が一度も出ない確率を計算することで、問題にアプローチしてあることです。5が出ない目は何通りありますか？そして、2回投げてどちらも5が出ない確率はどのように計算できるでしょうか？	A3 その通りです！少なくとも1回5が出る確率を求めるためには、全確率（1）からどちらも5が出ない確率を引くことで計算できますね。2回投げて少なくとも1回5が出る確率は、$1 - (5/6) \times (5/6)$です。では、n回投げる場合と同じ考え方を適用してみましょう。どうすればいいでしょうか？
Q4 5が出ない目は5通りあります。2回とも5が出ないのは$(1/6) \times (1/6)$になる！	A4 $1 - (5/6)^n$ということか！
Q5 すみません、5が出ない目の数に誤りがありました。5が出ない目は実際には4通りですね（1, 2, 3, 4, 6）。では、2回投げてどちらも5が出ない確率はどのように計算できるでしょうか？	A5 その通りです！素晴らしいですね。n回さいころを投げて少なくとも1回5が出る確率は、$1 - (5/6)^n$です。5で割り切れる確率を求めるためには、少なくとも1回5が出る確率を求めることができれば十分でした。お疲れ様でした！
Q6 え？5が出ない目は5通りじゃないですか？1, 2, 3, 4, 6でしょ？	

本問は入試問題でいえばいわゆる基本問題で、参考書などにも類題が載っている「定番問題」である。そのため予備校の「模範解答」でも比較的、短い記述で終わっている。

一方で Gpt 4 の回答は 4 ページに渡るやりとりが行われており、正解にたどり着くまでにかなりの問答が続く。これは、Gpt 4 が単に本問の解説をするだけではなく、リクエスト通り、学習者に対し、質問形式で基本事項からステップバイステップのスタイルで問答を進めているからである。そして学習者が躓くとそれに応じた発問（ヒント）を提示し、学習者と共に学んでいくというスタイルを取っていることが分かる。さらには学習者が返答するとその都度、「その通りです」といった相槌や、「素晴らしい」という賞賛の声かけをしていることが分かる。また一般論（抽象的な議論）になり、学習者が「分からない」と答えると、「シンプルな例で考えてみましょう」と具体例を提示し、簡単な場合から問題を解決した後、再び一般論に戻るといった流れを取っている。これは一見、教師が生徒に指導する際に行う手法でまさに生徒の理解度に応じた問答（対話）を行っている。以上のやりとりを通じて最終的に学習者は自力で正解にたどり着いていることが分かる。

こうして学習者は同じ正解を得るにしても、ただ与えられた「正解」を見て、その解法を覚える学習では無く、AI との対話を通して、問題に積極的に働きかけている。すなわち対話を通して学習者自身が「試行錯誤」を繰り返し、徐々に理解を深めている様子が分かる。

これは従来の「検索エンジン」や「QANDA」で「ただ解き方を学ぶ学習」とは一線を画す学びに成っていると思われる。つまり ChatGpt を活用することにより、自分一人では出来ない「双方向型」の学びを通して、学習者に主体的な学びを誘発していると考えられる。まさに「アクティブラーニング型」の学びの一種であると思われる。

以上からも分かるように、Gpt 4 では、従来、学校の授業の中でしか出来なかった双方向型（対話型）の授業を、指導者（教師）がいなくてもを学習者一人で行うことができるという点で画期的な学習ツールである。

そもそもこのような対話型の授業は、ベテランの教員ならば可能ではあるが、教員に成って

間もない若い指導者にとってはなかなかハードルが高い。すなわち学校教育においてもなかなかハードルが高い授業手法である。しかしながら、Gpt 4 は、もはやこのレベルまで来ていることが分かる。つまり場合によっては、教師より Gpt 4の方が生徒に「主体的・対話的で深い学び」を促す指導を行う可能性が高いとも言える。

こうした状況において、今後ますます生成 AIが発達する中、我々教師は「どのような指導を行うべきか」、そして、「どのように生成 AIと共存をしていくか」について次節で考えてみたい。

4. 今後の指導について

先にも示したように、「新学習指導要領」において求められる「学力の三要素」として

- (i) 知識及び技能
- (ii) 思考力・判断力・表現力
- (iii) 主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度（主体性・多様性・協働性）

が挙げられた。学校における指導においても、この3要素の定着を達成するために日々に授業実践が行われなければならない。そこで、生成 AIの活用を考える上で、改めて「これからの時代に求められる理想の数学の授業のあり方」について考えてみる。

そこで、Gpt 4に「高校数学における授業改善について考慮すべき要素」を聞いてみた。回答は以下の通りである。

1. プラクティス重視のアプローチ：数学は理論だけでなく、実践的な問題解決のスキルが重要です。授業では、生徒たちに実際の問題を解く機会を多く提供し、練習を通じて応用力を高めるようにしましょう。

2. コラボレーションと対話：数学は単独の作業ではなく、他の人との議論やアイデアの共有を通じて深めていくことができます。授業では、生徒たちが小グループで協力して問題を解決する機会を設けることで、理解を深めることができます。

3. コンピュータやグラフィックを活用する：現代の高校生はデジタルツールに慣れ親しんでいるため、コンピュータやグラフィックを活用した数学の教材を導入することが効果的です。数式の可視化やデータの分析など、視覚的な要素を取り入れることで、理解を促進することができます。

4. 応用問題の導入：数学の授業では、単なる計算問題だけでなく、実生活に応用できる問題も取り入れるようにしましょう。生徒たちが数学の有用性を実感し、学習へのモチベーションを高めることができます。

5. 個別のニーズに対応する：生徒たちが数学に苦手意識を持っている場合、教師はそれぞれの個別のニーズに応じたサポートを提供する必要があります。追加の個別指導や補習の機会を提供し、生徒たちが適切なペースで学習できるようにしましょう。

これらのアプローチを組み合わせ、数学の授業をより実践的で興味深く、生徒たちが主体的に学べるものにすることが重要です。また、生徒たちのフィードバックを常に受け入れ、授業方法を改善していく努力も大切です。

これらのニーズから分かるように、今後 AI が学校教育に入り込んでくることは間違いないであろう。上記の回答を受け、「いかにして AI と向き合っていくか」という課題を考えた時、もはや AI を避けて通るのでは無く、「いかに共存していくか」という視点が重要である。そのためには、「人が出来ること、人にしか出来ないこと」、「AI ができること、AI にしかできないこと」を明確にする必要がある。「教師の働き方改革」を考えた時、「AI でもできること」は今後、どんどん AI に移行していけば良い。一方で人間（教師）にしか出来ないことは引き続き、教師が継続をしていく必要がある。その上で指導者は「AI でもできる」、「教師にしか出来ない」という境界線を見極めることが重要に成ってくるであろう。例えば、上の（実践例②）においては、確かに Gpt 4 は生徒と対話的なやりとりを行い学習者のやる気を引き出しはいるが、こうした「対話的な学び」はすべて AI に任せれば良いか？というところとそれほど簡単なものではない。というのも、今回の問題は比較的容易な問題であることと、学習者自身が AI と対話が出来るとレベルに達していたのでなんとかならず正解までたどり着いた。しかし実際はもっと複雑な場合で ChatGpt に問題の状況設定、授業スタイルの設定を正しく入力出来るかどうかということからスタートしなくては成らない。つまり問題を正しく入力できる、授業スタイルを正しく設定できるという段階でかなりの数学力と対話力が必要である。そのレベルに達している生徒であれば、現時点で ChatGpt は強力なツールになり得るが、基礎知識が不十分である生徒、表現力が乏しい生徒は ChatGpt に入力すること自体が困難であるため、そのレベルの生徒にとっては、単に分からない問題を入力するだけになり、従来の「検索エンジン」や「QANDA」と比べて、学習効果は大きな変化は見られないと思われる。「生成 AI」を使う上で一番大切な力は「問を立てる力」である。そのためには、大前提として、まずは自身で十分な学習を行った上で、「自分は何が分かり何が分からないか」という「メタ認知的思考力」がないと適切な問を立てることが出来ない。その「問を立てる力」を養うためには普段の授業から、「自ら問を立てる数学的活動」が重要となってくる。つまり、教師が一方的に「How」について教える授業だけでは無く、「発問」、「対話」を通して、生徒自ら「Why」を考える授業にする必要がある。そしてその自身で立てた「問」に対し、ペアワークやグループワークで他人と共有することで、表現力が高まる。

以上からも分かるようにどれだけ「生成 AI」が進歩しようとも、そうしたツールをより効果的に活用する為にはこれまで以上に日々の授業を通して、教師が生徒に「AI を使いこなすための基礎学力」の定着を図ると共に、「対話的で深い学び」を通して、「問を立てる力」及び、「メタ認知能力」、そして「主体的で協働的な学びの姿勢」を育てることが出来るかどうか懸かっている。つまり、人間、AI のそれぞれの長所を最大限に活かせるように、AI との融合、共存を考えて指導していくことが重要であると考えられる。