【主題】　生成AIを活用した数学の学習支援によるコンピテンシーの変容

【副題】　独自ツール「数学お助け君」を導入した自走する力の育成と指導の個別化

【学校・団体名】　宮城県多賀城高等学校
【役職名・氏名】　教　諭　　熊谷　正太

1　研究の背景と目的

現代社会において、生成AIをはじめとする人工知能が急速に発達している。高校教育改革に関する基本方針においても、「AIを活用して新たな価値を生み出す素地を身に付ける」「生成AIの飛躍的進化の中で、多くの職種において、理数・デジタル的な素養が不十分な人材は求められなくなる」「各学校においては、AIに代替されない力の育成と共に、AI・DXや理数への関心を高めることが必要である」などと明記されている（文部科学省, 2026, pp. 5, 7-8）。また、中央教育審議会（2021）は、「令和の日本型学校教育」の目指す姿として、多様な子供を誰一人取り残さない視点から「個別最適な学び」と「協働的な学び」の実現を掲げている。これらを一体的に充実させることで、「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指すとしている。特に「個別最適な学び」を実現するためには、学校教育の基盤的なツールとしてICTは必要不可欠なものであると明記されており、子供がICTを日常的に活用することで、自ら見通しを立てたり、新たな学習方法を見出したり、学び直しや発展的な学習を行いやすくしたりするなどの効果が期待されている。一方で、所属校の実態に目を向けると、学習意欲は概ね高いものの、高等学校数学の難易度上昇に伴う課題を抱えている生徒が少なくない。特に家庭学習でつまずきが生じた際、即座に質問や相談ができる環境がないために学習が止まってしまったり、「すぐに諦める」あるいは「解答解説をただ丸写しして、理解したつもりになる」という受動的な学習態度が定着してしまったりする傾向が見られる。教師側も生徒一人一人の家庭学習に対して、個別に伴走や支援を行うことは物理的に不可能であり、生徒の主体的な学びを促しつつ、家庭学習を支える新たなアプローチの構築が喫緊の課題となっていた。所属校では、育成すべきコンピテンシーとして、「実社会から課題を見出し、解決することで新しい価値を創造する力」「幅広い分野や考え方を俯瞰し、多角的に考え、表現する力」「自然災害や気候変動といった社会の諸課題を自分事として捉え、解決のために果敢に挑戦する力」の３つの柱を掲げている。さらに、これらを構成する要素として「課題発見力」「分析力」「考察力」「応用する力」「協働する力」「発信する力」「見通しを持つ力」「自走する力」「レジリエンス」の９つの力を定めている。しかしながら、上述した「つまずきによる学習の中断（レジリエンスの不足）」や「解答解説の丸写し（考察力や自走する力の停滞）」という実態は、所属校が目指すコンピテンシーの獲得を阻害する大きな要因となっており、国が掲げる「個別最適な学び」や「AIに代替されない力の育成」との間にも隔たりが存在していた。こうした「家庭学習におけるつまずき」と「所属校が目指すコンピテンシーの育成」との乖離を埋めるため、個別の疑問へ即座に対応できる手段として、生成AIの活用に着目した。ただし、単に問題を解かせて解答を出力するようなAIの活用では、「丸写し」という受動的な態度を助長し、自ら思考する機会を奪う懸念がある。所属校が目指すコンピテンシー、特に「考察力」や「見通しを持つ力」、「レジリエンス」を育成し、最終的には「自走する力」へと結び付けるためには、AIが直接的な正解を与えるのではなく、生徒の思考を促す「適切なヒント」を段階的に提示するデザインが必要であると考えた。そこで本研究では、Google GeminiのGemという機能を活用し、生徒に安易に答えを示さず、対話を通じて自力で解法を導出させるようプロンプトを独自に設計した学習支援ツール「数学お助け君」を導入することとした。

本研究の目的は、「数学お助け君」を導入し、生徒の学習態度およびコンピテンシーがどのように変容するかを実証的に明らかにすることである。具体的には、高等学校第２学年および第３学年を対象とした実践において、有効回答を得た428名のデータを分析対象とする。２回の意識調査データに基づく統計分析（t検定）および自由記述のテキストマイニング分析を組み合わせた混合研究法を用い、本ツールが「自走する力」をはじめとするコンピテンシーの育成および指導の個別化に与える効果を検証する。

２　実践の概要と「数学お助け君」の設計

2.1　実践の対象および期間

本実践は、所属校の第２学年および第３学年の計 14 クラス（対象生徒 553 名）を対象に実施した。効果検証については、２回の意識調査の双方に回答し、データの欠損がない 428 名（有効回答率 77.4%）を分析対象とした。本ツールの運用は 2025 年 11 月に開始し、家庭学習や授業での演習時間において活用させた。効果の検証については、2026 年２月（定期考査後、導入初期）および 2026 年６月（定期考査後、継続活用期）の２回にわたり意識調査を実施し、継続的な活用に伴う変容を追跡した。

2.2　「数学お助け君」の設計

「数学お助け君」は、Google Gemini の Gem におけるカスタム指示を工夫し、生徒の「自走する力」を育成する教育的意図を組み込んだ学習支援ツールである。一般的な生成 AI に問題を入力すると、最終的な解答や途中式が一括で出力されてしまい、生徒がそれを単に「丸写し」する受動的な学習に陥る危険性がある。これを防ぎ、AI を「答えを教える機械」ではなく「思考を促す伴走者」として機能させるため、「数学お助け君」には以下の３つのルールをプロンプトに組み込んだ。

⑴　直接的な正解の非提示と段階的な足場かけ：すぐに答えを示すことを禁じ、解法のヒントのみを提示させた。何度も対話を繰り返すことで、生徒が自らの思考プロセスを経て、正答を導けるよう後押しする設計とした。

⑵　対話形式による心理的安全性の確保：数学に対する苦手意識を和らげるため、生徒が数学を好きになるような「温かい声掛け」を指示した。また、「ここまでやってみよう！できたら教えてね」や「わからなかったら、質問してね」など、生徒が次のアクションを起こしやすいメッセージを加えることで、対話の継続性を高め、途中で諦めない姿勢（レジリエンス）を支援する設計とした。

⑶　類題の提示による学習の定着：対話を通じて生徒が問題の解法を理解した段階で、最後にその問題の類題を提示するよう指示した。これにより、その場しのぎの理解ではなく、学んだ知識を自力で活用できるかを確認させ、「応用する力」や「自走する力」の定着を図る設計とした。

このように、単に認知的な負荷を掛けるだけでなく、情意的な支援や類題提示による学びの深化についてもプロンプトに盛り込むことで、家庭学習においても教師が個別に伴走しているかのような学習環境を構築し、「個別最適な学び」の実現を目指した。

図１「数学お助け君」利用開始時の画面

2.3　検証方法

本研究では、導入初期（2026 年２月）から継続活用期（2026 年６月）にかけて、本ツールの活用が生徒のコンピテンシーにどのような変容をもたらしたかを検証するため、量的データと質的データを組み合わせた混合研究法を採用した。

2.3.1　測定指標の定義

生徒の意識変容を精緻に捉えるため、６件法によるリッカート尺度（１：全くそう思わない～６：とてもそう思う）を採用した。測定項目は、所属校が掲げるコンピテンシーに基づき、以下の５項目とした。

⑴　挑戦する力：難しい問題に直面しても、すぐに諦めずに解決策を果敢に考え続けることができる。

⑵　見通しを持つ力：問題を解くとき、闇雲に計算するのではなく、ゴールのイメージや解き方の「見通し」を立ててから取り組んでいる。

⑶　考察力：答えが出た後も、「もっと簡単な解き方はないか」や「なぜその公式を使うのか」など、深く考えたり振り返ったりすることがある。

⑷　多角的思考・表現力：自分の考えを数式や言葉で整理したり、なぜその解き方になるのかを論理的に説明（表現）したりすることができる。

⑸　自走する力：わからない問題があったとき、すぐに答えを見るのではなく、まずは自分で調べたり考えたりして解決しようとする習慣がある。

2.3.2　対象群の定義と量的分析の手法

本ツールによる群間の変容を比較するため、分析対象者 428 名を第２回調査における「『数学お助け君』の利用頻度」に基づき、２つの群に分類した。「月に２～３回程度」以上利用した生徒を「AI 利用群（N=132）」とし、「ほとんど使っていない（月に１回以下）」または「一度も使っていない」と回答した生徒を「非利用群（N=296）」と定義した。この分類をもとに、以下の３つの観点から統計的仮説検定を実施した。

⑴ AI 利用群における意識の変容：AI 利用群における２回の調査のスコアに対し、「対応のあるｔ検定（両側検定)」を実施し、継続利用による直接的な伸長を確認した。

⑵ ２群間の変容値の比較：各生徒の「第２回スコアから第１回スコアを引いた値（変容値)」を算出し、AI 利用群と非利用群の間で「等分散を仮定した２標本によるｔ検定（両側検定)」を実施した。これにより、「AI を活用したグループは、活用しなかったグループよりも有意に成長したか」を検証した。

⑶ 第１回で意識が低かった生徒への効果測定：第１回調査において意識レベルが低かった（１～３を選択した）生徒に限定して、AI 利用群と非利用群の変容値に対して「等分散を仮定した２標本によるｔ検定（両側検定)」を実施し、本ツールが学習困難層の意識の底上げに寄与するかを検証した。

2.3.3　質的分析

量的データによって示された変容の背景にある「思考プロセスの変化」を可視化するため、第２回調査において「本ツールを活用したことによる自身の数学に対する取り組み方や意識の変化」に関する自由記述を、AI 利用群（N=132）より収集した。分析については、株式会社ユーザーローカルが提供するテキストマイニングツールを使用し、形態素解析および共起ネットワーク分析を実施した。これにより、受動的な学習姿勢からの脱却やコンピテンシー獲得プロセスを質的に検証した。

３　分析結果

3.1　量的分析結果

3.1.1　AI 利用群における意識の変容

分析の結果、「考察力」の項目において、第１回時点の平均値 M=4.06 から、第２回時点の平均値 M=4.35 へと統計的に有意な上昇が確認された（t(131)=2.32, p=0.022, d=0.40)。本ツールが答えを直接提示せず、段階的なヒントを与える設計となっていることが、「深く考えたり振り返ったりする」姿勢（考察力）を定着させる上で有効に機能したことが示唆される。なお、その他の４項目については統計的な有意差は見られなかった。

3.1.2　２群間の変容値の比較

分析の結果、「自走する力」の変容値において有意差が確認された（t(426)=2.09, p=0.037, d=0.22)。非利用群の変容値の平均が M=-0.22 と低下傾向にあったのに対し、AI 利用群の変容値の平均は M=0.10 とポジティブな伸びを示した。この結果から、AI を継続的に活用した生徒は、そうでない生徒に比べ「わからない問題があったときに、すぐに答えを見るのではなく、自ら調べて解決しようとする習慣」を維持または向上させている傾向がうかがえた。その他の項目については、両群の変容値に有意な差は見られなかった。

3.1.3　第１回で意識が低かった生徒への効果測定

分析の結果、以下の２つの項目において、AI 利用群が非利用群を統計的に有意に上回る伸びを示した。

⑴ 多角的思考・表現力（t(165)=2.21, p=0.028, d=0.36)：AI 利用群（N=60）の変容値の平均 M=0.92 に対し、非利用群（N=107）は M=0.48 であった。

⑵ 自走する力（t(146)=2.00, p=0.048, d=0.35)：AI 利用群（N=46）の変容値の平均 M=1.11 に対し、非利用群（N=102）は M=0.67 であった。

第１回調査において意識レベルが低かった生徒については、非利用群もある程度の成長を見せているものの、AI 利用群の成長幅はそれを約 1.7～1.9 倍上回る注目すべき結果となった。このことから、「数学お助け君」の活用は、学習困難層に対して有効な足場かけとして機能した可能性があり、「自走する力」や「多角的思考・表現力」を底上げする可能性が示唆された。

3.2　質的分析結果

3.2.1　頻出語の傾向

抽出された単語の出現頻度を確認したところ、名詞（総出現回数 504 回）では、「問題（55 回)」「答え（41 回)」「理解（28 回)」に次いで、「解き方（13 回)」「ヒント（８回)」といった単語が多く見られた。動詞（総出現回数 376 回）については、「わかる（47 回)」「できる（44 回)」といった自己効力感を示す語に加え、「考える（26 回)」「解く（22 回)」など、自ら課題に向き合う能動的な語が上位を占めた。特筆すべき点として、出現頻度は決して高くはないものの、形容詞（総出現回数 68 回）において「楽しい（11 回)」や「粘り強い（８回)」といった単語が上位に表出したことが挙げられる。これは、単に問題が解けるようになったという認知的な変化にとどまらず、難しい課題から逃げない姿勢（レジリエンス）や、自ら考えることへの喜び（内発的動機付け）といった情意面の成長が促されていることを示唆している。一方で、「写す（５回)」といった受動的な学習態度の単語は少なく、「諦める（12 回)」という語も後述の共起分析や文脈から「諦めなくなった」という否定形を伴うポジティブな文脈で多く用いられていることが確認された。このことから、本ツールの活用が

「答えを写して終わる」姿勢から「粘り強く自力で考え抜く」態度への転換を促していることがわかる。

3.2.2　共起ネットワーク分析

語と語の結び付きを示す共起ネットワーク分析の結果、生徒の記述には主に以下の特徴的な結び付きが形成されていることが確認された。

⑴　自走する力の獲得:「答え」と「考える」(共起回数14回)、「問題」と「解く」(共起回数12回)の強いつながりが見られた。安易に答えを求めるのではなく、提示されたヒントを頼りに「自ら解き方を考える」という自走する力を獲得するプロセスが言語化されている。

⑵　レジリエンスの獲得:「問題」と「諦める(ない)」(共起回数12回)の結び付きが抽出され、ワードクラウドにおいても「粘り強い」という形容詞が大きく表出している。これは、難しい問題に直面しても投げ出さないというレジリエンスの獲得を示している。

3.2.3　自由記述に見られる変容の実態

テキストマイニングで抽出された傾向を裏付けるように、生徒の記述からは、本ツールの設計がもたらした認知面および情意面へのポジティブな効果が確認された。以下はその象徴的な事例である。

・「以前まではわからない問題や難しい問題があったら諦めてすぐ答えを見てしまっていたけれど、数学お助け君を使い続ける中で粘り強く考えることができるようになった」

・「数学お助け君はすぐに答えを出さないでまずヒントからくれるので考えるのが楽しくなった」

これらの記述からは、量的分析で有意差が確認された「自走する力」や「考察力」の伸びが、単なる数値の変化にとどまらず、生徒自身の「粘り強さ」や「数学を学ぶ楽しさ」として実感されていることがわかる。すぐに正答を提示せず対話を促す「数学お助け君」の設計が、生徒の個別最適な学びにつながっていると言える。

4　考察と結論

4.1　本研究の成果と教育的意義

本研究では、生成AIを単なる「解答生成機」ではなく、学習者の認知プロセスを支援する「伴走者」として機能させるための設計を行い、その教育的効果を検証した。量的および質的データの分析から、以下の3点の教育的意義が確認された。第一に、「自走する力」と「考察力」の育成である。AI利用群においてこれらのコンピテンシーが有意に上昇した背景には、ツールが「段階的なヒント」を与えることで、生徒が自ら思考する余白を残したことが挙げられる。自由記述の分析からも、「写す」といった受動的な学習から「自ら考える」「解く」といった能動的な学習への変容が読み取れた。第二に、「レジリエンス」と「内発的動機付け」の向上である。テキストマイニングで「粘り強い」「楽しい」といった形容詞が高頻度で抽出されたことは特筆すべき内容である。間違えても否定されず、対話を通じて解決に導かれる安心感が、難しい課題から逃げない姿勢(レジリエンス)を育み、数学を学ぶ楽しさへとつながったと言える。第三に、学習困難層における「個別最適な学び」の実現である。初期の意識レベルが低い生徒において、本ツールが「多角的思考・表現力」と「自走する力」を底上げさせた事実は、現代の教育現場において一定の意義があると考えられる。自己調整学習が苦手な生徒に対して、AIが個々のペースに合わせた足場かけとして機能し、成長を後押しした可能性が示唆された。

4.2　結論および今後の課題

以上の結果から、教育現場に生成AIを導入する際、「どのように出力させるか」という教師側の意図的な教育的介入が、生徒のコンピテンシー獲得において重要な役割を果たす可能性が高い。「数学お助け君」の継続的な活用は、生徒を思考停止に陥らせる懸念を払拭し、むしろ粘り強く考え抜く自律的な学習者へと変容させるための有効な手段である。今後の課題として、本ツールの活用が長期的な学習到達度にどのような影響を与えるかの定量的な相関分析や、他教科における設計の応用可能性についての検証が挙げられる。

謝辞

本研究に御協力いただいたすべての皆様に感謝する。

参考文献

[1] 中央教育審議会(2021).「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す,個別最適な学びと,協働的な学びの実現～(答申)」,https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf(2026年7月31日閲覧).

[2] 文部科学省(2026).「高校教育改革に関する基本方針(グランドデザイン)～2040年に向けた『N-E.X.T(ネクスト)ハイスクール構想』～」,https://www.mext.go.jp/content/20260213-mxt_koukou01-000046079_03.pdf(2026年7月31日閲覧).