

学力の把握に関する研究指定校事業の取り組み 「問題のモデル化とコンピュータを活用した解決」 における指導と評価について

三重県立四日市高等学校教諭 山口 雅弘

1. はじめに

本校では、今日まで、生徒・保護者の重要度・満足度調査や授業評価等からニーズを把握し、学習活動や学校生活が適切に営まれているかを検証しながら、学習指導や進路指導の研究・改善に取り組んできた。

情報科においても、平成20年度からの3カ年、国立教育政策研究所教育課程研究センターの「学力の把握に関する研究指定校事業」を受け、研究を行ってきた。

研究事業の内容は、調査・研究を行う単元（題目）を決めて評価規準を作成するとともに、生徒の学習の実現状況を的確に把握できる評価方法を設定する。それらを踏まえて調査・研究を実施し、単元における生徒との目標の実現状況を把握して、検証・改善を行っていくというものである。

参加した学校は、普通教科「情報」では、本校と兵庫県立尼崎稲園高等学校、福岡県立宗像高等学校の3校で、専門教科「情報」では沖縄県立美来工科高等学校だった。3年間の取り組みの中で、資料のまとめ方がわからなかったり、研究の進め方などうまくいかないことがあったりしたが、最後まで研究を続けることができたのは、これらの高校と連携することができたからである。今回、研究校との繋がりが持てたことは大きな財産となるであろう。

2. 研究目標の設定にあたり

今回研究の主題として取り上げる「モデル化と

シミュレーション」は、自ら考え、判断する力など、「知識・理解」とは別の意味で、しっかりと身につけてほしい内容であるものの、適切な題材（教材）が選びにくく、指導のしにくい内容を含んでいる。また、指導方法について経験も乏しく、苦慮して敬遠しがちな領域でもあるからこそ、主題の設定に相応しいと考える。

この内容項目は、日常における問題解決の手段として重要な考え方を含んでいるので、単に「知識・理解」といった学力を把握するだけでなく、「技能・表現」や「思考・判断」を適切な形で把握できるものとする。研究のポイントとして、生徒が「モデル化とシミュレーション」について理解を深めるための学習目標の設定、評価規準の明確化と再点検、評価方法や指導方法について実践的な研究を行うこととした。

評価方法については、観点別に次のような方法を考えた。①意欲・関心・態度…主に行動観察の記録による評価。②技能・表現…成果物の作成過程や提出された課題による評価。③思考・判断…Web形式の電子記載シートに記述させた文章による評価。④知識・理解…筆記試験による評価。

また、生徒の学習理解度をさらに高めるためには、自己評価や相互評価を用いることも有益であると思われることから、その利用が優れている題材選定、つまり、内容項目の選定についても考慮した。

指導方法については、問題解決力を高める内容項目に関わる科学的理解に触れながら指導することを意識した。現在の高等学校のカリキュラムにおいては、2つの事象の関係をなどを統計的に理解

することが少なくなっていることから、理数科の教科と連携し、本内容項目と関連する教材を用いるなどして理解の手助けとする。また、日常生活における具体的な事象のモデル化を考えるとともに、コンピュータを利用したシミュレーションと手作業によるシミュレーションの相互効果を考えながら題材を選び、生徒の学習理解度をさらに高めていくように考えた。

3. 評価規準の作成

この評価規準の作成については、国立教育政策研究所教育課程研究センター発行の「評価規準の作成，評価方法の工夫改善のための参考資料（高等学校普通教科）」を参考にして、単元の評価規準，指導と評価の計画，観点別評価の進め方といった順番でまとめた。今回の観点は現行の学習指導要領に沿った「関心・意欲・態度」「思考・判断」「技能・表現」「知識・理解」で行っているが、新学習指導要領では「関心・意欲・態度」「技能」「思考・判断・表現」「知識・理解」と分類されている。

研究当初に作成した評価と指導の計画は大変不備の多いものとなった。他の研究指定校も同様の指摘があったことから、作成のポイントとしてあげておく。

- ・ 1 時限で把握する観点は、1 つまたは 2 つまでにする。

授業は、あくまで学力定着の機会であり、評価のための授業に陥ってはならない。実習などを行う際に「態度」をはかるのであれば、2 時限かけて評価することも考えられる。

- ・ 評価規準は、はっきりと評価できる 1 つの文章で述べる。

いくら把握する観点を減らしても、評価すべき項目がいくつも含まれていると、評価活動が困難となる。評価を容易に行うためにもわかりやすい文章で書くことが必要である。

- ・ それぞれの観点に応じた文章にする。

例えば、「～に関心を持って調査できたか」という設定は、「関心」とはかるのか、それとも調

査できたという「技能」をはかるのかがはっきりとしていない。以上のような指摘をもとに、次のように評価の観点を作成した。

【関心・意欲・態度】

- ・ 線形計画法を用いた最大利益を求める題材に興味・関心を持ち，問題解決に向けて取り組んでいる。
- ・ 時間的に変化する動的モデルに興味・関心を持ち，学ぼうとしている。
- ・ モンテカルロ法に関心を持ち，手作業によるシミュレーションに取り組もうとしている。

【思考・判断】

- ・ 与える数値を変更させたシミュレーション結果から，変化を読み取ることができる。
- ・ 時間(t)の間隔を短くしていくことの意味と目的関数の変化について考えて記述することができる。
- ・ シミュレーションの結果を考察することができる。

【技能・表現】

- ・ 課題を数式モデルとして表し，その結果をグラフに表すことができる。
- ・ 動的モデルについて，パラメータを変更した結果を視覚的に表すことができる。
- ・ 手作業によるシミュレーションを行った結果から円周率の値を求めることができる。
- ・ シミュレーション結果について，その変化の様子を書き表すことができる。

【知識・理解】

- ・ モデル化の用語やタイプ別の分類を理解している。
- ・ シミュレーションの結果の検証を数学的に理解している。
- ・ モンテカルロ法の概念を理解している。
- ・ シミュレーションに必要な最小限の操作方法や数式が知識として定着している。

4. 評価方法

実施した評価方法について，感じたことを述べておく。



写真1 第一情報教室



写真2 第二情報教室

「関心・意欲・態度」や「技能・表現」は、成果物からだけでは十分に読みとれないため、机間巡視による行動観察が重要となってくる。しかし、教員1人で40人の生徒把握をするには限界があり、できれば、TTの導入を考えたいところである。TTの実現が難しい学校は、情報教室内のレイアウトを考える必要がある。

本校には情報教室が2つあり、一方は縦に6列並ぶ配置(写真1)、もう一方は円形テーブルを8つ並べた配置(写真2)になっている。第一情報教室は、なるべくスペースを広く取れるように大きめの机を用意したので、作業ノートを広げても情報機器を使いやすい。しかし、その反面、机の間隔が狭くなり、巡回時に死角がでやすいという欠点を持つ。第二情報教室は、円形テーブルのため、小集団での話し合いや作業に優れているものの、生徒1人あたりのスペースが小さく、作業ノートを広げにくい。どちらも一長一短があるため、授業内容によって使い分けている。普通教室も教材に合わせて積極的に使っている。

その他、生徒の様子を記録する方法として、デジタルペンやワイヤレステンキーを用いて、評価の値をデジタルデータとして残すことを試みた。しかし、入力ミスによるデータの取り違いや、それを防ぐため慎重になりすぎて逆に時間がかかったりと、労力の削減には繋がらなかった。結局は、古典的な方法ではあるが、手帳を用いて、評価規準に達しない生徒を記録する方法を取り、成果物の評価で補った。

「思考・判断」にかかわる学力の把握についてさらに踏み込み、Web形式の電子記入シートに、毎回の授業のなかで学んだこと、考えたことなどを記述していく方法を使った。こうしたポर्टフ

ォリオ的な手法は、定期試験などの筆記試験では実施が困難であるが、Webを活用することで、常に記録が蓄積され、学習状態の確認として活用できることから有効である。教員は、提出状況を直ちに確認することが可能で、反省点があれば次の授業に反映させることができる。

今回はこの観点の把握に、複利法やシンプルな生態系を想定した害虫が増加する様子を、数式モデルとして表し、パラメータである時間(t)の間隔を変化させた計算と、そのときの振る舞いについて考察したことを文章で記述させた。「十分満足できると判断される」状況(A)、「おおむね満足できると判断される」状況(B)、「努力を要すると判断される」状況(C)を次のようにした。

- A: 「時間(t)の間隔を短くさせたときの振る舞いや、長所と短所に言及し、自分で考えたことを的確に記述できた」
- B: 「手順に沿って時間(t)の間隔を短くさせたときの目的関数の振る舞いなどに関し、自分で考えたことを記述できた」
- C: 「パラメータを変化させても目的関数の振る舞いやその意味が十分理解できず、正しく記述できなかった」

記述された文章を評価することは難しいが、生徒がどのように学習してきたか、どのような方法で結果にたどり着いたかなどが、重要な評価要素となってくる。そこで、合理的な評価方法として、記述された文章に含まれるキーワードを中心に判断した。例えば、時間(t)の間隔を短くすればより実際の現象に近づくが、その場合、記述のなかに「実際」というキーワードが含まれていれば、ほとんど長所については正しく理解していると判断するといった方法をとった。

図1 電子記入ノート

こういった手法は、生徒も慣れていないためにある程度の練習が必要である。本校ではこの単元に至るまでに数回の入力を経験している。当初は単に感想だけのものが多かったが、教員側から適切にアドバイスをしていくことで、徐々にこちらの意図を理解するようになった。

また、今回のWeb利用はGoogle Documents(図1)を使った。これは、本県の高等学校情報教育研究会が毎年夏に行っている研修会において、この利用方法について学習する機会があったことから、多くの学校で使い始めている。個人情報やセキュリティ面を考慮し、校内サーバでの運用や、メディア教育開発センターが開発したREASの利用も考えられるが、インターフェースの使いやすさや、結果の把握が容易であることからGoogle Documentsを用いることにした。

本研究では、評価方法として、自己評価や相互評価のあり方も検討したいと考えていた。しかし、本単元の学習内容は密度が高く、ここでの利用は難しかった。相互評価は、互いに他者からの評価結果を受け止めて、自分自身で再検討することが必要である。すなわち、自己解決型の学習形態がとれる内容項目であれば、相互評価が効果的に機能すると考える。今回は、数式による手計算を多く考えさせたため、シミュレーション結果についての考察を文章で記述する活動が最善の手段であった。

5. 教材づくり

学力の定着を目指すには、生徒の知識・体験に応じた的確な教材が必要である。

今回のシミュレーションの導入に、「40人のクラスで同じ誕生日の生徒がいる確率はどれくらいだろうか?」という問いかけをしたところ、実際は9割を超えるのだが、ほとんどの生徒が大変低い数値だと考えた。この確率を求める計算式 $1 - \frac{365 \cdot 364 \cdots 326}{365^{40}}$ は、本校の生徒にとって十分理解できると判断したが、計算を行うとなると、大変手間がかかるだけで実感が伴わない。そこで、各人に誕生日を想定させるシミュレーションを複

数回行った結果、この確率がかなり高いと確認できた。具体的な現象を把握して問題解する方法としてこういった方法があることが認識できたと思われる。

生徒の反応もよく、現実の問題解決の1つの手段として、教科「情報」と教科「数学」との繋がりが実感できる機会になると考える。

また、モンテカルロ法の概念を理解し、円周率の計算について考える授業では、図2のような図形を印刷したワークシートと2つの十面体のサイコロを準備し、手作業によりランダム点を取るシミュレーションを行い、その結果をもとに円周率の値を求めさせた。もちろん、1人の生徒が行えるシミュレーション回数では、正確な値との隔たりが大きい生徒もいたが、クラス全員分の試行回数を合わせると正確な値に近づくことが実感できた。その後の演習でコンピュータを用いたシミュレーションも行ったが理解度も高く、手作業によるシミュレーションを行う活動は、原理的な理解にとって重要だと考えられる。

6. 最後に

評価規準は、「何を学んだか」「何ができるようになったか」など、設定された授業の目的に沿って適切に作成されなければならない。つまり、授業を通して身につけさせたい学力を具体的に設定し、その学力が確実に身につけられる的確な題材を選ぶ必要がある。そして、実際の授業実践のなかで、正しく学力を把握できたかなどの評価をしながら改善していくというPDCAサイクルを再認識するよい機会となった。今回、評価規準に取り組んだ内容は、以前と比べて生徒の理解度が総じてよい結果となった。目的を持った授業が大切であるという、よい教訓となった。

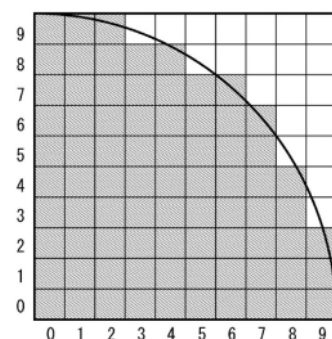


図2 円周率の計算