

## 普通科で実践できる 「モデル化とシミュレーション」の工夫

兵庫県立西宮今津高等学校教諭 佐藤 万寿美

### 1. はじめに

本校は、全日制普通科高校（1学年7クラス280名）で生徒の90パーセント以上が進学を目指す学校である。平成15年より1年生に情報C（2単位）を設置、Science, Society & Communicationを理念とする幅広い情報教育を実践している。さらに、生徒の希望に応じ、学年進行で専門的な情報の学習ができる環境を整備し、平成16年度より2年生には問題解決方法論の最も基本となる専門教科情報の「モデル化とシミュレーション」、今年度より3年生には専門教科「コンピュータデザイン」学校設定科目「デジタルクリエイション」「情報コミュニケーション」「情報スペシャリスト養成コース」など、多様な選択科目を設置し、生徒の希望や目標に応じた学習の実践を行っている。ここでは、普通科でも実践できる専門教科「モデル化とシミュレーション」の授業を紹介する。

### 2. 生徒の実態と環境に応じた学習デザインと指導計画

#### (1) 生徒の実態と学習環境

1年生「情報C」ではコンピュータ実習にこだわらず、「知識理解力」「表現力と意欲」を重視しているため、生徒はExcelの実習を2時間程度しか体験しない。普通科高校での限られた環境でモデル化とシミュレーションを行うため、アプリケーションソフトはどの学校にも、最近では家庭にもある表計算ソフトExcelのみを利用することにした。「10分間読書」をヒントに、毎時間最初の10分間をExcel自主課題の実習時間とした。個々のスキルに応じて自主課題を進め、個々のつまずきに1対1の対応ができる。前回休んだ生徒

が難しいモデル化とシミュレーションの授業内容を取り戻す時間にもなったので、1年間を通じて授業の進行が予想以上にスムーズであった。また、生徒は自然に表計算ソフトを使いこなせるようになった。「10分間自主課題」はおすすめである。

#### (2) 年間の授業の流れ（2年生2単位）

初年度ということもあって、モデル化とシミュレーションの教科書をなぞるようにすすめた。しかし2単位では終わらないので、例題や課題の選択で工夫した（3年生で3学期が短い場合は、1学期の内容を割愛してもよいと思う）。教科書は「モデル化とシミュレーション」（実教出版）。

#### <年間の授業（2年生2単位）>

1 学 期	①1年の復習「コインを投げよう」のコインのモデル作成に挑戦！
	②モデル化とは、シミュレーションとは
	③グラフの基礎（状態遷移図、接続行列）
	④線形計画・数値計算（2分法）
	⑤確率統計の基礎
	⑥確率モデルの作成（乱数の利用：サイコロ）
	⑦モンテカルロ法
2 学 期	⑧待ち行列
	⑨社会現象（携帯電話利用者数）
	⑩自然現象（ミジンコの生態）
	⑪物理現象（宇宙飛行士、バンジージャンプ）
3 学 期	⑫アルゴリズムとプログラミング
	⑬フローモデルと数式モデルとプログラミングの関係
	⑭TLMS*（Excel）を活用したシミュレーション

⑫のアルゴリズムはモデル化とシミュレーションの教科書には掲載されていないが、プログラミングで重要なアルゴリズムの基礎学習を1コマ入れる方がよい。

### (3) 授業の進め方

第3章はモデリングツール「ステラ」を使った実習なのでとばした。第2章、第4章で上記⑨携帯電話の利用者数から⑫までの内容を次の流れで進めた。同じテーマを3つの方法で繰り返すことで、数式モデル、フローモデル、プログラムの3つの関連の理解の定着を図った。

- ・フローモデルと数式モデルの作成と関係
- ・Excelの表計算機能によるシミュレーション
- ・VBAのマクロ自動実行機能によるシミュレーション
- ・TLMSツールによるシミュレーション

### (4) 定期考査（年間5回）

毎回の定期考査は次のスタイルで行った(図1)。

- ・実技試験25分（50点）
- ・筆記試験25分（50点）
- ・教材はすべて持ち込み可



図1 定期考査の様子

情報教室の環境は、サーバーにすべての共有資源と教材、個人のHomeディレクトリを置いて、IDとパスワードを個人で管理し、自由に使える環境である（他人の作品は閲覧・使用不可）。実技試験のためにすべてのアクセス権を変更せずに実施できるように、教材の持ち込み可、共有資源、個人の資源はすべて利用可とした。これは、日常的に情報を収集・整理する意識を身につける結果になった。さらに、時間内に必要な情報を集め、

まとめる力が要求される。受験科目と平行して取り組む生徒の負担軽減にもなる。結局は、内容の理解ができていないと、時間内に実技や筆記テストの結果が思うように得られないということに、生徒はすぐに気づいたようである。大学の試験にもこのようなスタイルがあったことを思い出す。

## 3. 専門科目を教える教材の工夫と授業実践

### (1) 難しいことをわかりやすく教えるために

すべてのテーマにおいて、下記の流れで授業を実施した。難しい話題を50分間続けるのではなく、座学と実習を織り交ぜることにより、生徒のモチベーションを下げずに、知識理解の定着を図り、考える力、発見する力、創造する力を引き出すことがねらいである。できるだけ40分から50分で完結するように心がけた。

問題解決方法論の1つ、①Plan、②③Do、④Check、⑤Actionの流れにもあてはまる。

- ①話題は身近な題材……興味関心を高める
- ②ワークシートを用意し、紙とペンで作業  
……知識理解の定着を図る（座学）
- ③Excelでシミュレーション  
……辛い学習の後には楽しい実習
- ④コンピュータを使うことのメリットを考える  
……シミュレーションが簡単、迅速、便利
- ⑤グラフ化とデータの比較・分析・考察  
……結果から何が言えるか、分析力・表現力

### (2) 教材の工夫

すべてExcelで実習できるように準備した。あらかじめPublicフォルダに仕込んだワークシートを各自が取得、関数やデータ入力を最小限にし、時間がかからないようにした。見やすくレイアウトを工夫することは各自が自主的に行い、考察レポートを記述して、サーバーの共有ディレクトリへの提出作業を日常的に行い、「技能・表現」の評価の対象とした。

### ① 確率モデル (コイン・サイコロ)

数学で取り扱う確率的な現象の簡単な実験と表計算ソフトを活用したモデル化とシミュレーションの教材である。情報Bでも多くの学校で実施されている。表計算ソフトのビルトイン関数であるRAND関数は、0から1の一樣乱数を表示する関数である。コインを投げて表が出る確率の理論値が0.5であることを確認してから実験を行う。ワークシートに表の出た回数を入力すれば、グラフは自動作成される。教室ではグラフが作成される様子を提示して比較分析を行った。実験による10回と電子コインによる1000回のシミュレーション結果のグラフと平均値を比較し(図2)、分析と考察を各自レポートし提出を義務付ける。平均値はあまり変わらないが、グラフからは1000回の方が明らかに理論値に対して誤差が少ないことがわかる。このほかに、電子サイコロの実験も実施した。

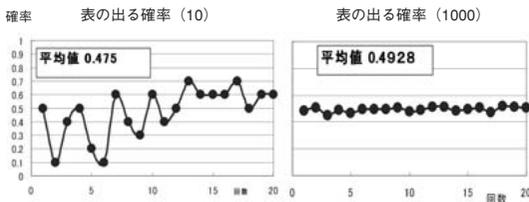


図2 コインのシミュレーション結果  
(左：10回実験，右：1000回電子コイン)

### ② $\pi$ (円周率) を求める

一定の面積にゴマを一樣にばらまき、全体の面積と半径1の円の4分の1の面積比がゴマの数に比例することにより、円周率 $\pi$ を求める方法である。ゴマの代わりに表計算ソフトで座標を利用して一樣に点を表示し、その数を数える。図3のグラフは、シミュレーション回数を100回、200回…、1000回まで増やした場合である。右の方へ回数を増して1000回に近づくと、円周率3.14……に収束する様子が一目でわかる。表計算の自動再計算機能を活用すれば、何回でもシミュレーションが可能である。左右2つのグラフ両方とも回数が少ない部分の誤差が大きいことがわかる。

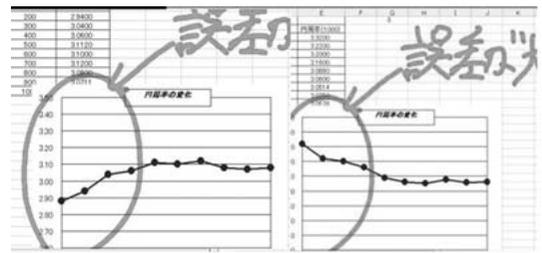


図3 円周率を求めるシミュレーション

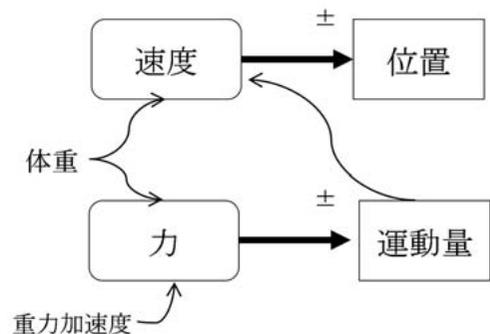


図4 人が自由落下するフローモデル  
(バンジージャンプの初期動作)

③ 宇宙飛行士から自由落下、バンジージャンプへ  
フローモデルの基礎知識を学び、数式モデルと比較しながら、Excelでシミュレーションを行った。バンジージャンプでは、体重を変えると地面に尻餅をついてしまうため、現実的なシミュレーションから、ゴムの強度を考えるなど、生徒の関心をひきつける教科書の題材であった(図4)。

### ④ フローモデル、数式モデル、プログラムの比較

プログラムはExcelのVBAを利用した(図5)。アルゴリズムの理解はプリントなどのワークシートで実施し、プログラムの記述に時間がかからないように、実習では穴埋めのシートを用意した。

### ⑤ TLMSツールを活用した実習

一連の学習を終え、3学期に取り入れた。いまままで苦勞してフローモデルを書いていたが、Excelシート上で、蓄積量や変化の速さなどのフロー図の関係を、クリックするだけで簡単に作成できる(図6)。終わってみれば、プログラムの作成・実行、グラフや表の作成がすべて自動化さ

```

Sub 自由落下()
'初期値設定
位置 = Cells(1, 3).Value
運動量 = Cells(1, 5).Value
'設定値
質量 = Cells(2, 3).Value
加速度 = Cells(2, 5).Value
'時間設定
終了時間 = Cells(3, 3).Value
時間間隔 = Cells(3, 5).Value
'くりかえし回数の初期値設定
回数 = 1
'初期状態表示
Cells(6, 1).Value = 0
Cells(6, 2).Value = 位置
'変化の速さ(定数)
力 = 質量 * (-加速度)
'計算
For 時間 = 時間間隔 To 終了時間 Step 時間間隔
  運動量 = 運動量 + 力 * 時間間隔
  速度 = 運動量 / 質量
  位置 = 位置 + 速度 * 時間間隔
  Cells(6 + 回数, 1).Value = 時間
  Cells(6 + 回数, 2).Value = 位置
  回数 = 回数 + 1
Next 時間
End Sub

```

図5 プログラムにおける図4のモデル化

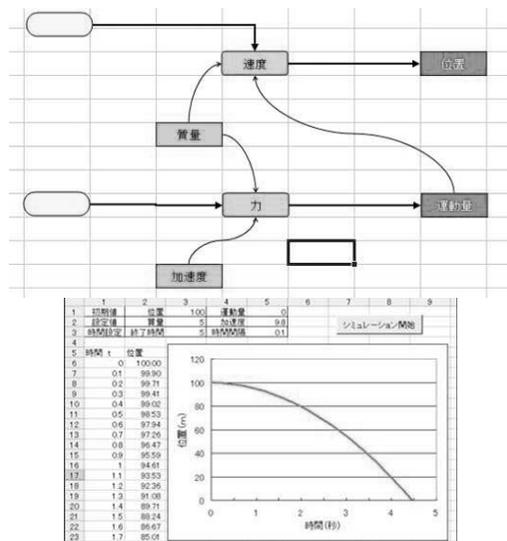


図6 TLMSのワークシート  
(上：作図シート 下：結果表示シート)

られていて、あとは表やグラフの体裁を整え、分析考察のレポートを作成するのみなので、慣れてくるとシミュレーション実習が加速度的に進んだ。

#### 4. おわりに

本校では、平成15年度から文部科学省学力向上フロンティアハイスクールの指定を受け、情報教育による確かな学力の向上や開かれた学校づくり、産官学連携プロジェクトに積極的に取り組んでいる。2002年より、国際交流・地域学校間交流・高大連携・産学連携という交流学习を4本の柱とする「Global Communication Projects in Nishinomiya imazu Senior high school (GCPN)」というプロジェクトを授業で積極的に取り組んでいる。

校内では複数の教科や科目が関わる教科横断型授業、情報推進委員会などもバックアップできる体制づくり、資源を情報化し共有できるようなシステムの整備は進み、授業に活用できる環境が整いつつある。

このような中、新教科「情報」の果たした役割は大きい。平成15年入学生は、今年3年生になる。3年間、情報科目を継続的に履修した生徒、1年ぶりに選択した生徒がいる。学力の低下や社会的

犯罪行為で騒がれる昨今、本校では未だ大きな問題に遭遇していない。むしろ生徒の自主的・主体的な活動に支えられてきた。1年次に徹底して「情報倫理」学習した成果かもしれない。情報機器を活用することで、難しい内容をわかりやすく教え、生徒の関心と意欲を高め、理解力、創造力、コミュニケーション能力や表現力を引き出すことが学力の向上につながる。今後の社会の変化に応じた、教科「情報」の学習デザインが進化が情報化社会から期待され注目される。私たち教育現場への期待と責任は大きいと感ずる。

#### 5. 参考資料

- (1) 「モデル化とシミュレーション」 正司和彦，高橋参吉ほか（実教出版）
- (2) 「文部省2000 高等学校学習指導要領解説 情報編」（開隆堂出版）
- (3) 「モデル化とシミュレーション指導資料」 p178-182（実教出版）

\*TLMS：モデル化とシミュレーションのための学習ツール  
(Tools for Learning Modeling and Simulation)