

2023授業改善セミナー 授業実践報告

北海道札幌北高等学校 前田健太郎

1 はじめに

1 学習指導要領と教科書における記載について

モデル化とシミュレーションについては、高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説情報編の共通教科情報科の各科目、第1節「情報Ⅰ」の内容とその取扱いの(3)「コンピュータとプログラミング」に記載されています。また、私が勤務する札幌北高校で採択した教科書でも第3章の「プログラミング」に記載されています。ただし、第4章の「ネットワークの活用」の中の小単元にある「不確実な事象の解釈」で、コンピュータを用いてコインを投げてオモテとウラが出る回数を数えるという例が記載されています。このモデルはプログラムで作成してシミュレーションし、仮説を検証する内容となっていることから、昨年度の「情報Ⅰ」の授業では「プログラミング」の単元の中でモデル化とシミュレーションを扱いました。

2 大学入試センターの試作問題「情報Ⅰ」のモデル化とシミュレーションに関する設問について

2022年11月に大学入試センターが試作問題「情報Ⅰ」を公表しました。この問題は4つの大問で構成されていて、第2問Bに待ち行列を題材とした問題が出題されていました。待ち行列とは、客がサービスを受けるために行列に並ぶような混雑している様子について数理モデルを用いて解析することを目的としたもので、オペレーションズ・リサーチにおける分野の一つだそうです。

昨年度の「情報Ⅰ」の授業ではプログラミングの授業では確率モデルを用いたシミュレーションを実習したので大学入試センターが公表した問題とは内容がかなり異なっていました。しかし、大学入試センターが公表した問題を見ると、文章を読んで考えれば解けそうな問題ばかりだったので、生徒に待ち行列を教えることなく問題に挑戦させました。試作問題「情報Ⅰ」の第2問Bには5問あり、その正解数の分布は図1のようになりました。

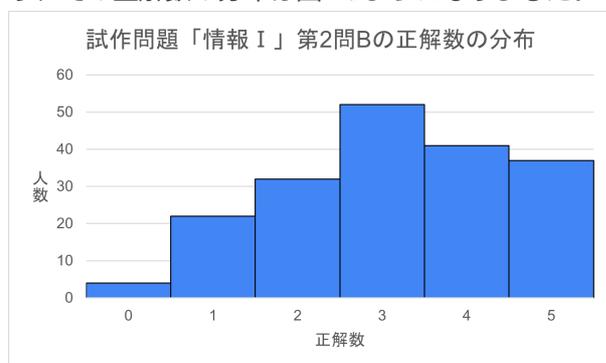


図1 試作問題「情報Ⅰ」第2問B 待ち行列の問題の正解数の分布

問題を解答した生徒数は188人、正解数の平均は3.1、中央値は3、標準偏差は1.3、最頻値は3でした。授業では単元の終わりに大学入試センターが公表した問題のうち該当する単元の問題に取り組んでおり、その正解数の分布は図2、図3のように図1よりも正解数の多い方に分布しています。つまり、授業で大学入試センターが公表した問題の設問と同じようなものを題材に指導した方が、大学入試センターが公表した問題を解く力がつくと推測できます。

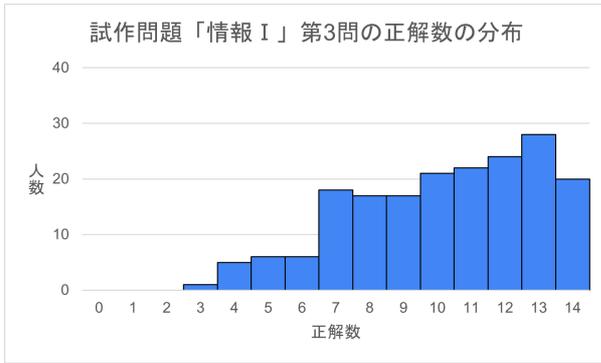


図2 試作問題「情報 I」第3問 プログラミングの問題の正解数の分布

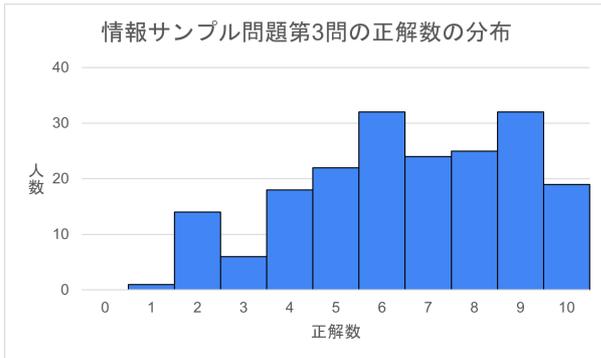


図3 情報サンプル問題第3問 データの分析の問題の正解数の分布

2 「情報 I」の授業におけるモデル化とシミュレーションの題材

2022年度のモデル化とシミュレーションの授業では、まず最初に例題としてサイコロの出目はどれも同じ確率で出るか、100回サイコロを振って確かめるといった内容を扱いました。サイコロのモデルをプログラムで表現し、プログラムを実行することでシミュレーションします。何度もプログラムを実行することでシミュレーションを繰り返すことも簡単にできます。そのときに作成したプログラムは次のとおりです。

```
import random
deme = []
for i in range(100):
    r = random.randint(1, 6)
    deme.append(r)
for i in range(1, 7):
    c = deme.count(i)
    print(i, c)
```

次に、サイコロを100回振って出目が1だった回数をカウントすることにしました。これを1000回繰り返します。そのときに作成したプログラムは次のとおりです。

```
import random
import matplotlib.pyplot as plt
deme1 = 0
graph_ary = []
for i in range(1000):
    for j in range(100):
        r = random.randint(1, 6)
        if r == 1:
```

```

        deme1 = deme1 + 1
    graph_ary.append(deme1)
    deme1 = 0
for k in range(40):
    g = graph_ary.count(k)
    print(g, ',', end='')
    plt.bar(k, g)
plt.show()

```

このプログラムを実行すると、次の図4のようなサイコロを100回振ったときに目が出た回数
の度数分布（試行回数1000）が描画されます。

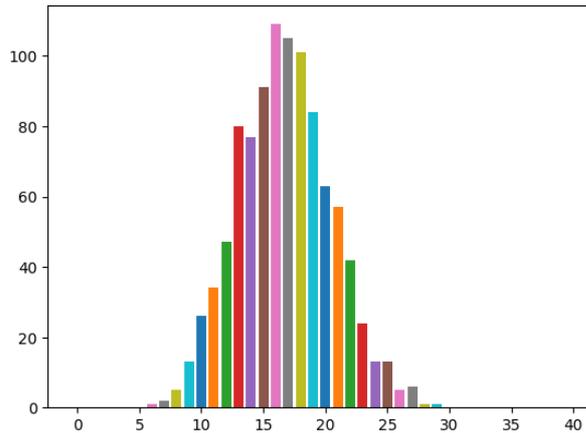


図4 サイコロを100回振って1の目が出た回数の分布

授業では、このグラフを用いてサイコロの1の目が出る確率は1/6であるという仮説を検証しました。具体的には、1の目が出た回数が25回以上だったことが何回あったか、その確率を用いて片側検証を行いました。

その後、題材をコイン投げにした問題演習を行いました。コインを30回投げてオモテが出る回数を数えることを1000回試行し、20回以上オモテが出る確率を仮説検定の考え方で考察するという内容です。そのときに作成したプログラムは次のとおりです。

```

import random
import matplotlib.pyplot as plt
coin_omote = 0
graph_ary = []
for k in range(1000):
    for i in range(30):
        coin = random.randint(0, 1)
        if coin == 0:
            coin_omote = coin_omote + 1
    graph_ary.append(coin_omote)
    coin_omote = 0
for j in range(31):
    g = graph_ary.count(j)
    print(g, ',', end='')
    plt.bar(j, g)
plt.show()

```

3 「情報の科学」の授業におけるモデル化とシミュレーションの題材

1 2021年度の授業内容

2021年度入学生は令和6年度（2024年度）の大学入学共通テストを受験することになると考えられるので情報を受験することはありませんが、もしも過年度生として令和7年度（2025年度）の大学入学共通テストを受験することになると情報を受験するかもしれません。そこで、2021年度入学生に対してもプログラミングによるモデル化とシミュレーションの授業を行いました。その内容は、2022年度と同じサイコロの出目はどの目も同じ確率で出るかというものと、文部科学省が2019年に公開した「高等学校情報科『情報 I』教員研修用教材」の第3章の「コンピュータとプログラミング」の単元の「学習17 自然現象のモデル化とシミュレーション」をベースにした物体の放物運動のモデル化です。ただし、高校1年生は三角関数を数学で学んでいないことから、代わりに三角比を用いたプログラムとされています。しかし、物理基礎の物体とエネルギーの単元において物体の落下運動を学んでいなかったため、プログラム中の物体の鉛直方向の動きを理解することが生徒にとって難しく、プログラムの内容を充分理解するのは難しいと感じました。このプログラムは次のとおりです。

```
import matplotlib.pyplot as plt

dt = 0.1
v0 = 16.7
g = 9.8
x = 0
y = 0

vx = v0 * 1 / 2 #cos60で1/2
vy = v0 * 1.73 / 2 #sin60でsqrt3/2

for i in range(100):
    plt.scatter(x, y, color='blue')
    vy = vy - g * dt
    x = x + vx * dt
    y = y + vy * dt
    if y < 0:
        break

plt.title('parabolic motion')
plt.xlabel('distance')
plt.ylabel('height')
plt.show()
```

このプログラムを実行すると、次の図5のようなグラフが描画されます。

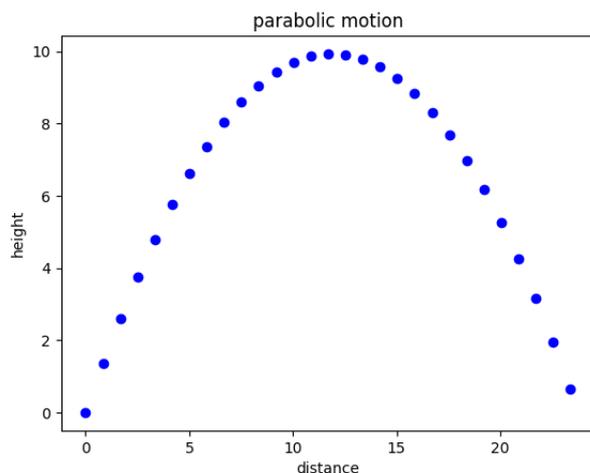


図5 物体の放物運動のグラフ

このプログラムを生徒が考えることは無理でしょうし、理解することも難しいようです。しかし、実習後の振り返りのコメントを見ると「投げる角度を45度にする」、「初速度を大きくする」というコメントが多く、シミュレーションの有効性は理解できているようでした。コメントの中には「空気抵抗がある状況下ではそんなことはない」というシミュレーションの限界についても考察しているコメントもありました。よって、プログラミングではなくモデル化とシミュレーションとして指導するのがよいと考えられます。

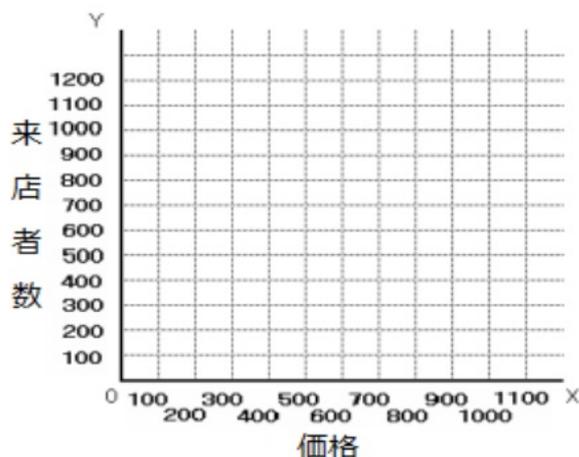
2 2020年度の授業内容

2020年度入学生に対して指導していた当時は、指導している生徒が大学入学共通テストで情報を受験することはまずないだろうと考え、大学受験をまったく意識することなく指導していました。教科書にはモデル化と問題解決という章があり、モデル化とシミュレーションの単元があったことや、教科書には表計算ソフトウェアを用いた数理モデルの題材が記載されていたことから、直線の式を用いた数式モデルのシミュレーションや線形計画問題を扱いました。その例題は次のとおりです。

【例題】

あなたはラーメン店を開業することとしました。駅前の人通りの多い場所に出店したので、事前の調査では、1日に1000人が店の前を通行することが分かっています。また、いくらならラーメンを食べるかという調査では、200円なら400人が食べたい、1000円なら誰も食べたくないと回答しています。なお、ラーメン1杯の原価（制作費）は200円です。

この文章を読み、来店者数とラーメン1杯の価格の関係を示す直線を引き、その直線の式を考えてみましょう。



次に、表計算ソフトを利用してラーメン1杯の価格と来店者数、利益額をシミュレーションし、利益額が最大となるときのラーメン1杯の価格を考えてみましょう。

	A	B	C	D
1	価格	来店者数	売上額	利益額
2	100			
3	200			
4	300			
5	400			
6	500			
7	600			
8	700			
9	800			
10	900			
11	1000			

ラーメン1杯の価格と来店者数の関係を直線の式で表すことができれば、表のB列の来店者数を求めることができます。C列の売上額は「来店者数×価格」で求めます。D列の利益額はラーメン1杯の原価が200円だから、「(価格-200)×来店者数」で求めます。

ところで、表の2行目のB列からD列までは、それらの計算で求められますが、さらに11行目まで何度も同じ計算をしなければなりません。手計算ではちょっと面倒です。そこで、表計算ソフトウェアのコピー機能を利用すると一瞬で計算することができます。「来店者数」「売上額」「利益額」の式を入力してコピーし、利益額が最大となるラーメン1杯の価格を求めましょう。

なお、直線の式を利用したシミュレーションの例題を生徒に実習形式で授業を進め、モデル化とシミュレーションについて指導するとともに、表計算ソフトウェアの操作方法も指導しています。例題を確認した後は、問題演習を行っています。

その後、線形計画問題を扱いましたその例題は次のとおりです。

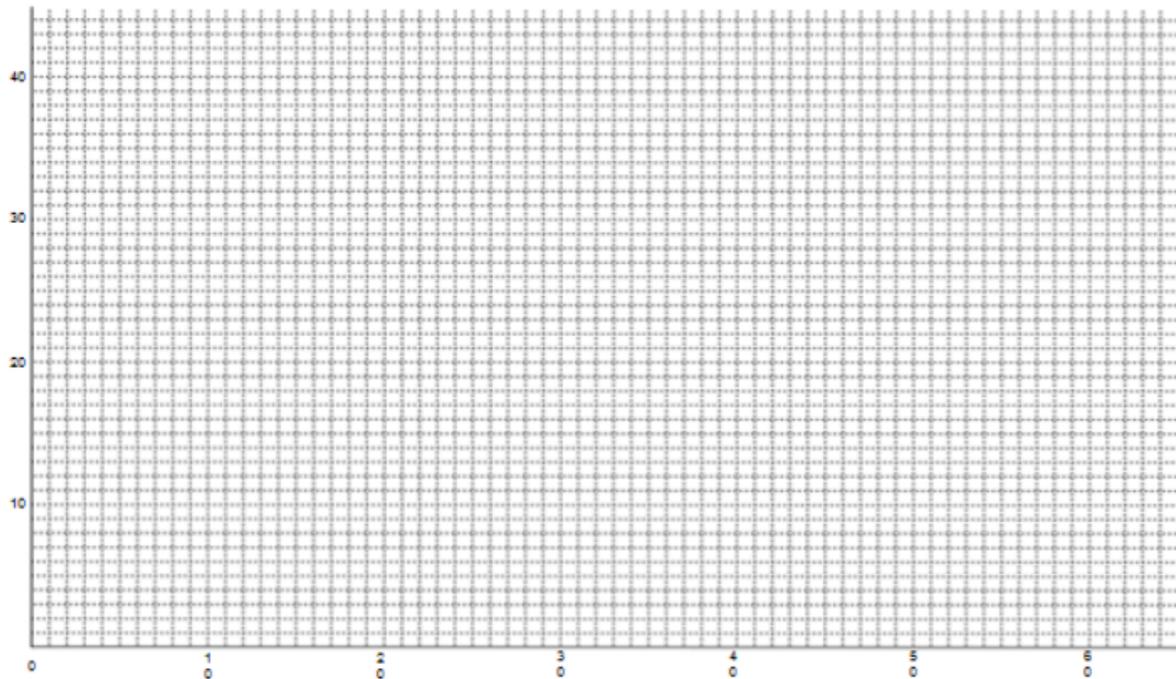
【例題】

あなたはチョコレート会社の経営者です。ここでは、ビターチョコレートとマイルドチョコレートの2種類を生産、販売しています。どちらもカカオ豆と砂糖を原材料としていますが、その量が異なっており、1ケースあたりの量は次のとおりです。

	カカオ豆	砂糖	利益
ビターチョコレート	4Kg	1Kg	2万円
マイルドチョコレート	3Kg	2Kg	3万円

本日の材料として、カカオ豆120kg、砂糖60kgがあります。生産したチョコレートが全て売れるという前提で、本日の利益が最高額となるようにするためには、ビターチョコレートとマイルドチョコレートをそれぞれ何ケース生産したらよいでしょうか。

生産するビターチョコレートのケース数をX、マイルドチョコのケース数をYとして、上記の条件からそれぞれの材料との関係を不等式で表しましょう。さらに利益を求める式を表しましょう。この式を求めたら座標上に線を引き、制約条件を満たす範囲を確認しましょう。さらに、今回の問題ではXとYの値ができるだけ大きい方が利益がありますので、線形目的関数が最大となる値を考えましょう。



線形目的関数が最大となる値が判明したら、利益を求める式にその値を代入して、利益額が最大となっていることを確認しましょう。

グラフ上に直線を引いて答えを求めたら、その次はコンピュータで最適解を見つける手法を説明します。その手法とは表計算ソフトウェアにあるソルバー機能です。ソルバー機能を追加（アドインまたはアドオン）して、次のような表を作成します。

	A	B	C
1	1.材料と利益		
2	材料	ビターチョコ	マイルドチョコ
3	カカオ豆	4	3
4	砂糖	1	2
5	利益（万円）	2	3
6			
7	2.最大となる製造数と利益		
8	ビターチョコの数		
9	マイルドチョコの数		
10	最大利益（万円）	0	
11			
12	3.制約条件		
13	制約条件	計算式	上限
14	カカオ豆の量	0	120
15	砂糖の量	0	60

さらに、表のB10、B14、B15のセルに数式を入力し、ソルバー機能呼び出して、次の図のようにを入力し、解決のボタンをクリックするとB8、B9のセルに最適解が表示されます。

	A	B	C	D
1	1.材料と利益			
2	材料	ビターチョコ	マイルドチョコ	
3	カカオ豆	4	3	
4	砂糖	1	2	
5	利益 (万円)	2	3	
6				
7	2.最大となる製造数と利益			
8	ビターチョコの数			
9	マイルドチョコの数			
10	最大利益 (万円)	=B5*B8+C5*B9		
11				
12	3.制約条件			
13	制約条件	計算式	上限	
14	カカオ豆の量	=B3*B8+C3*B9	120	
15	砂糖の量	=B4*B8+C4*B9	60	
16				
17				
18				
19				
20				

Solver

Set Objective: B10

To: Max Min Value Of:

By Changing: B8:B9

Subject To: B14 <= C14
B15 <= C15
B8 >= 0
B9 >= 0

Add Change Delete

Solving Method: Standard LP/Quadratic

Reset All Insert Example

Solve Options

このように、グラフを作成するなどして最適解を求めた後に、表計算ソフトウェアのソルバー機能で答えを確認するという流れで問題を演習します。問題を多数用意しておくことで、生徒一人ひとりの進度に応じた学習が可能となります。

4 おわりに

モデルにはさまざまなものがあります。モデルを特性によって分類すれば、時間が経過しても変化しない現象をモデル化した静的モデル、時間の経過とともに変化する現象をモデル化した動的モデルがあります。動的モデルには不規則な動作をしない確定的モデルと、不規則な動作を含む確率的モデルがあります。サイコロやコインを用いたモデルは確率的モデルになります。物体の放物運動は数式で表現できるので確定的モデルになります。直線の式や線形計画問題も数式で表現できるので確定的モデルです。ほかにも、借入金の返済計画や巡回セールスマン問題、そして試作問題「情報 I」で出題された待ち行列などいろいろなモデルを用いたシミュレーションの題材が考えられます。標準単位数が2単位の「情報 I」でさまざまなモデルを扱うことは難しいですが、学校や生徒の状況に合わせた題材を選んで指導するとよいと思います。