令和5年度(2023年度)授業改善セミナー
教科情報実践報告

北海道帯広緑陽高等学校　宮川尊充

1. はじめに

1.1 学習指導要領における記載

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説情報編におけるモデル化とシミュレーションに関する記載が、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。具体的には、モデル化とシミュレーションは、現実世界の問題やシステムを抽象化し、コンピュータを用いて擬似的な再現や仮想的に模擬するプロセスです。これにより、生徒は現象やその過程を理解し、問題解決能力を養うことができます。また、モデル化とシミュレーションは、科学や技術開発、ビジネス分野など幅広い領域で応用され、問題解決や意思決定のサポートに大きな価値を持っています。

これらの重要な知識技能を習得し、情報社会に主体的に参画する態度や将来に役立てるための基盤を提供するために、授業ではこれらの概念と問題解決につながる教材を活用します。それらを通じて学ぶことで、モデル化とシミュレーションについて思考しながら能力を育成させることが期待されています。

1.2 本校の実施状況の概要

本校で採用している教科書には、「コンピュータとプログラミング」の単元に、モデル化とシミュレーションの内容が含まれています。具体的には、表計算ソフトを用いて評価項目の重要度を定量評価（重み付け）する評価式や、待ち行列に関するシミュレーションを学習します。また、「情報通信ネットワークとデータの活用」の単元では、体育の授業で収集した体力測定データを活用し、Pythonを用いて可視化することにより、問題解決に必要な項目をモデル化し、シミュレーションで検証する学習をするなど、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通して、実施しています。

2. 授業におけるモデル化とシミュレーションの題材

2.1 各評価項目の定量評価

2.1.1 評価式と重み付け

重みや重み付けは、データや要素に対する重要度や影響度を表すために使用される概念です。意思決定において、異なる要因やリスクを考慮して選択肢を評価することにも活用されます。

本校採択の教科書には、次の問題が掲載されています。「8人のメンバーがテニスコートを予約する際に、どの時間にどのコートを選ぶのが最適でしょうか」。この問題は、問題の明確化、各要素の分析、モデル化、シミュレーションに関連しています。

問題の明確化では、問題の目的や条件を明示し、解決策を導くための基盤を築く重要な段階です。各要素の分析では、問題に影響を与える要因を特定し、それらの相互関係を詳細に検討する必要があります。例えば、コートの予約可能な時間帯、メンバーの利用可能なスケジュール、コートの状態などが考慮されます。これらの情報を整理し、問題解決のためのモデルを構築する際に活用します。

［各要素のデータ］			最大8人	最大8人	最大8人	最大8人
コート	1時間あたり使用料（円）	移動時間（分）	参加人数 土曜午前	参加人数 土曜午後	参加人数 日曜午前	参加人数 日曜午後
A	1000	30	予約不可	5	6	予約不可
B	2000	5	予約不可	5	予約不可	予約不可
C	1500	25	5	予約不可	6	予約不可
D	500	60	5	予約不可	予約不可	予約不可
E	2500	15	5	5	6	7

事前に、教科書に記載されている評価式や各要素の優先順位（重み）が設定されたデータを配布して、この問題を演習します。実施後、評価方法や評価式を改善するために、検討すべき点を考察します。改善できる部分として、各要素の優先順位の調整（重み付け）を行います。各要素に対して、それぞれの重要度に応じて100点を分配していきます。この演習では、まず各個人が独自に考え、その後、個人と集団の意見の違いを調整するために、班で協議し、最終的なクラスの重み付けを共有します。

	使用料	移動時間	参加人数
自分			
班			
クラス			
AI			

1人 → 班 → クラス という流れで重みを比較する

今年度からAIの判断も導入

班での話し合いの際には、各生徒が評価した点数を比較し、例えば、ある要素に対する評価が「50, 50, 50, 10」のような場合、平均値が 40 であることから、その評価が適切かどうかを議論します。さらに、最頻値が 50 であり、中央値も 50 であることに注目し、データ分析を通じて評価結果をより深く考察し、適正な評価を行う視点を持つよう心がけています。

さらに、今年度は、AIの判断を導入することで、評価方法をさらに考察しました。具体的には、AIを用いて重み付けの評価に客観性があるかどうかを検討し、AIが提供するデータと人間の評価との一致度合いや違いを評価しました。

2.1.2 各要素の順位と重み付け

各要素の順位と参加人数に基づいて得点を割り振り、重み付けとともに最適解を求めるモデルの例を以下に示します。

＜各要素の順位・参加人数による得点の例＞

順位	1	2	3	4	5
点数	**10**	**8**	**6**	**4**	**2**

［順位］

コート	使用料	移動	参加人数 土曜午前	参加人数 土曜午後	参加人数 日曜午前	参加人数 日曜午後
A	2	4	×	3	2	×
B	4	1	×	3	×	×
C	3	3	3	×	2	×
D	1	5	3	×	×	×
E	5	2	3	3	2	1

［配点］

コート	使用料	移動	参加人数 土曜午前	参加人数 土曜午後	参加人数 日曜午前	参加人数 日曜午後
A	**8**	**4**		6	8	
B	**4**	**10**		6		
C	**6**	**6**	6		8	
D	**10**	**2**	6			
E	**2**	**8**	6	6	8	10

2.1.3 各要素の正規化と重み付け

各要素の尺度の異なるデータに対して、データを特定の範囲や基準に合わせる操作（正規化）を行い、それに重み付けを適用して最適な解を見つけるモデルです。正規化のモデルでは、通常、データは0から1の範囲で表されます。同様な手法として、標準化があります。標準化はデータの平均を0に調整し、標準偏差を1にします。これらの手法は、異なる尺度のデータを比較しやすくし、データの前処理段階で実行されます。正規化や標準化で変換されたデータに重み付けを適用することにより、最適なモデルの解を見つけるための客観的な方法となります。

［正規化］

コート	1時間あたり使用料（円）	移動時間（分）	参加人数土曜午前	参加人数土曜午後	参加人数日曜午前	参加人数日曜午後
A	0.75	0.55	×	0.00	0.50	×
B	0.25	1.00	×	0.00	×	×
C	0.50	0.64	0.00	×	0.50	×
D	1.00	0.00	0.00	×	×	×
E	0.00	0.82	0.00	0.00	0.50	1.00

正規化（Min-Max normalization）の方法

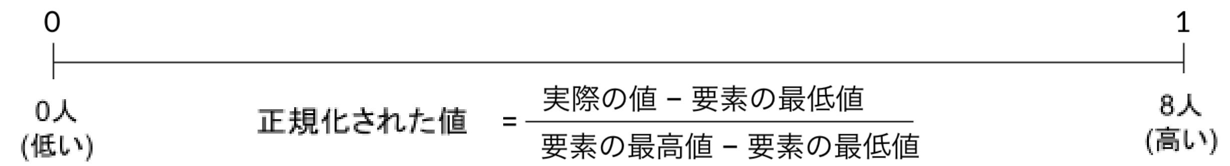
データの最大値と最小値を考慮して正規化する場合、通常は次の式を用います。

「正規化後の値 = (x - 最小値) / (最大値 - 最小値)」

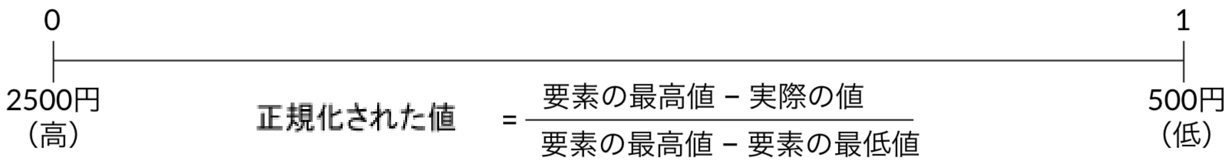
しかし、費用が高い金額が最小値となる場合、これが逆になります。そのため、要素の値を最大値で正規化する場合、次の式を使用することがあります。

「正規化後の値 = （最大値 - x） / （最大値 - 最小値）」

要素の値が高い方を 1 とする場合



要素の値が低い方を 1 とする場合



2.2 待ち行列

教科書や共通テスト試作問題等を使用することにより、実際の問題に即したシミュレーションを行うことができます。待ち行列を理解し、問題を解決する視点を養う上で活用できる教材です。また、表計算ソフトを用いたデータ操作は、データの整理や分析を効率的に行うための重要な技術であり、シミュレーションの精度向上に寄与してくれます。さらに乱数は、現実の待ち行列の状況を再現し、異なる条件や要因を評価するために不可欠です。乱数を導入することで、待ち行列内の事象がランダムに発生することを再現し、シミュレーションの信頼性を高めます。これにより、待ち行列システムのさまざまな側面に対する洞察が得られ、最適化や問題解決に向けた思考を育むことに役立ちます。待ち行列に関するシミュレーションは、実務的な観点も含まれており、教科書や試作問題等を通じて学んだ知識を問題解決に、活かせる実践力を高めるのに役立つものと考えています。

2.2.1 データと乱数の活用

表1 到着間隔と人数

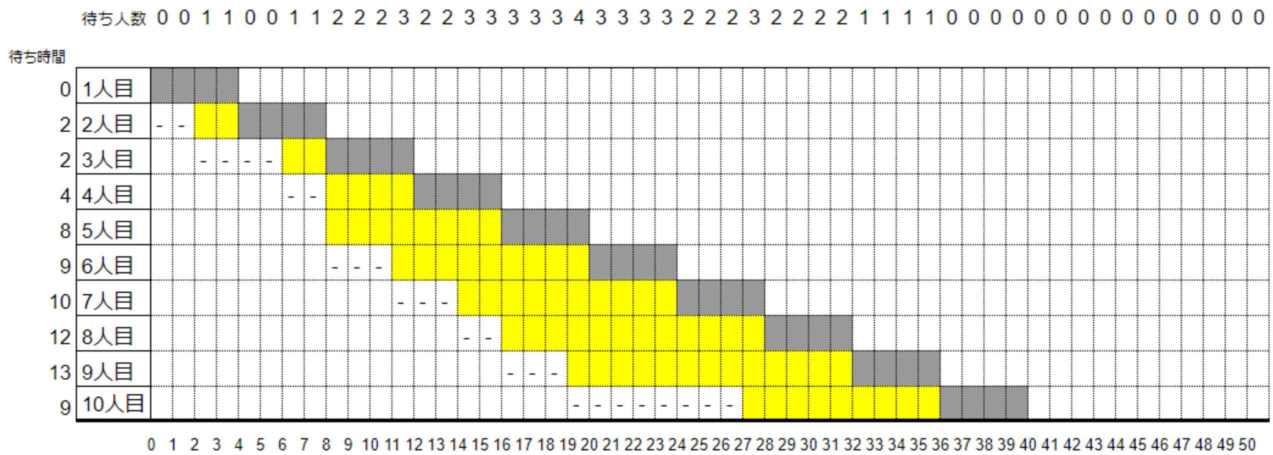
到着間隔（秒）	人数	階級値	相対度数	累積相対度数
0 以上～30 未満	6	0 分	0.12	0.12
30 以上～90 未満	7	1 分	0.14	0.26
90 以上～150 未満	8	2 分	0.16	0.42
150 以上～210 未満	11	3 分	0.22	0.64
210 以上～270 未満	9	4 分	0.18	0.82
270 以上～330 未満	4	5 分	0.08	0.9
330 以上～390 未満	2	6 分	0.04	0.94
390 以上～450 未満	0	7 分	0	0.94
450 以上～510 未満	1	8 分	0.02	0.96
510 以上～570 未満	2	9 分	0.04	1
570 以上	0	-	-	-

表2 乱数から導き出した到着間隔

人数		到着間隔
1	―	0分
2	0.31	2 分
3	0.66	4 分
4	0.41	2 分
5	0.11	0 分
6	0.63	3 分
7	0.43	3 分
8	0.28	2 分
9	0.55	3 分
10	0.95	8 分
最大待ち時間		13

2.2.2 待ち行列を可視化

例題をもとに、セルを活用して、待ち行列について可視化していきます。さらに、例題をもとに乱数と関数を活用して、待ち行列の可視化を自動で表示していきます。乱数と関数を活用することで、待ち行列の行動パターンをシミュレートし、リアルタイムで可視化することが可能です。これにより、待ち行列内のデータがどのように動的に変化するかをより深い理解につながり、評価改善をするのに役立ちます。さらに、待ち行列の可視化とシミュレーションは、作業効率改善や問題解決に役に立つ技術なので、問題発見をする能力の育成にもつながると考えています。



2.3 二分探索における探索過程の可視化

2.3.1 二分探索を体験

二分探索をプログラムで実装し、実際に探索を体験することで、シミュレーションする過程を可視化します。二分探索は非常に効率的な探索アルゴリズムであり、特に大きなデータセットから目的の要素を見つける際に役立ちます。この体験を通じて、二分探索の動作原理と利点を理解し、プログラミングの思考が問題解決にどのように役立つかを学びます。

```
from random import randint

numbers = [0]
answer = randint(1, 100)
print('PCが1から100までの自然数から一つ選びました。')
print('当てるまで答えてください。当てるまでに入力された値は記録をしていきます。')

while True:
    num = int(input('数値を当ててください: '))
    numbers.append(num)
    if num == answer:
        print(len(numbers)-1, '回目で正解しました!')
        break
    elif num > answer:
        print('もっと小さいです。')
    else:
        print('もっと大きいです。')
```

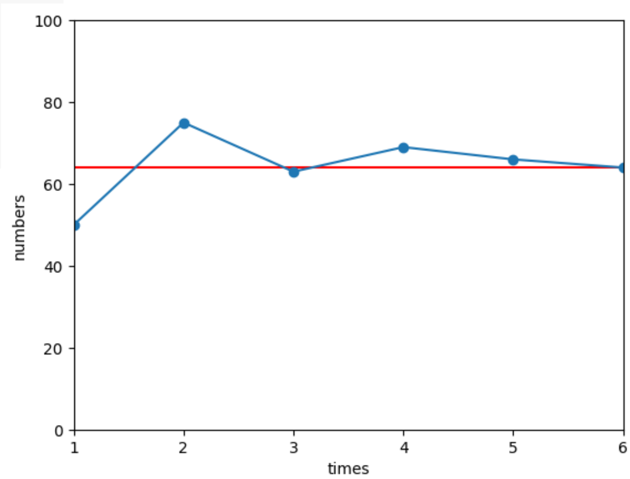
```
PCが1から100までの自然数から一つ選びました。
当てるまで答えてください。当てるまでに入力された値は記録をしていきます。
数値を当ててください: 50
もっと大きいです。
数値を当ててください: 75
もっと小さいです。
数値を当ててください: 63
もっと大きいです。
数値を当ててください: 69
もっと小さいです。
数値を当ててください: 66
もっと小さいです。
数値を当ててください: 64
6 回目で正解しました!
```

2.3.2 探索の過程を可視化

コンピュータが選んだ値と、入力した値が一致するまでの過程をシミュレーションすることで、二分探索アルゴリズムがどのように値を探索するかの理解を深めます。このシミュレーションでは、二分探索アルゴリズムの動作を視覚的に追跡できます。コンピュータが選んだ値と、入力した値の比較を可視化しています。

```
from matplotlib import pyplot as plt

plt.axhline(y=answer, color='red')
plt.plot(range(len(numbers)), numbers, marker='o')
plt.xlim(1, len(numbers) - 1)
plt.ylim(0, 100)
plt.xlabel('times')
plt.ylabel('numbers')
plt.show()
```

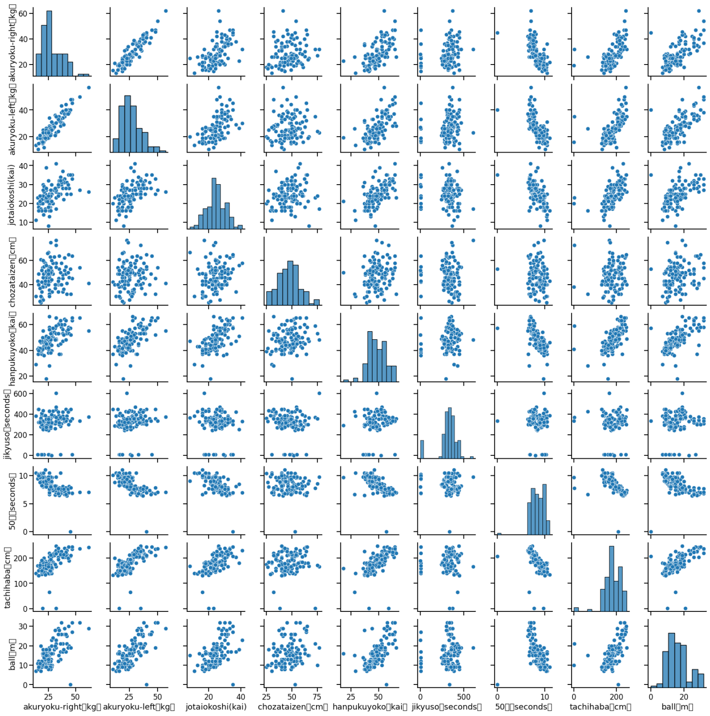


2.4 データ分析の過程で活用するモデル化教材

昨年度は、データ分析とモデル化とシミュレーションを兼ねた教材として、体育の授業で行った体力測定データを元にモデル式を考察しました。各競技項目のデータと相関を検討し、特に「ボール投げの記録がない生徒の記録を予測するためのモデル式」を検討しました。測定データを共有し、Google Colaboratoryを使用してデータを読み込み、基本統計量を表示し、散布図行列を用いてボール投げの記録と関連があると思われるデータを選びました。そして、単回帰直線を用いて回帰式を計算し、他の競技の記録からボール投げの記録を予測しました。

2.4.1 データを可視化

データの要素が複数ある中でも、データを可視化することで、相関のあるデータなどが見つけやすくなります。今回の体力測定の項目は9項目あり、散布図行列とヒートマップを活用しました。散布図行列とヒートマップを用いることで、体力測定の9項目に含まれるデータ間の相関関係を明らかにしました。



・散布図行列の表示例（データをデータフレームとして処理した後のプログラム）

```
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
sns.pairplot(df_trend)
plt.show()
```

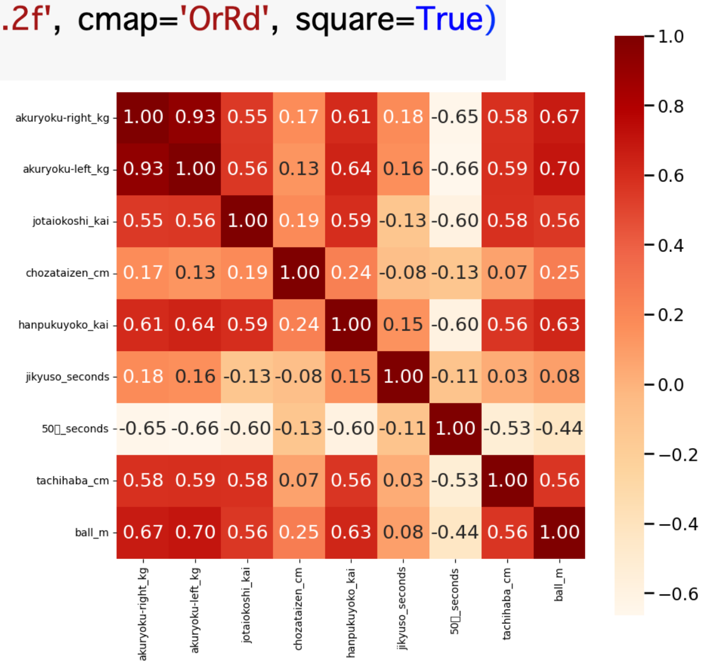
散布図行列を通じて、各項目のデータポイントがどのように分布しているかを一目で把握することができ、特に複数の項目間の相互作用を視覚的に捉えるのに役立ちました。

・ヒートマップの表示例（データをデータフレームとして処理した後のプログラム）

```
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

fig = plt.subplots(figsize=(10, 10))
sns.set_context('talk')
sns.heatmap(df_corr, annot=True, fmt='.2f', cmap='OrRd', square=True)
plt.show()
```

ヒートマップはデータの相関係数を色で表現し、高い相関を持つデータペアを簡単に識別できる優れたツールです。



得られた可視化結果から、いくつかの重要な傾向やパターンが浮かび上がりました。例えば、握力とボール投げや立ち幅跳びの間には明確な正の相関が見られ、握力や立ち幅跳びの記録が高いほどボール投げの距離も増加する傾向がありました。これらの洞察は、体力測定結果を詳細に分析するとともに、関連のあるデータから単回帰直線を用いて、モデルを作成することに役立つ学習過程となりました。

2.4.2 モデル化した式からデータを算出

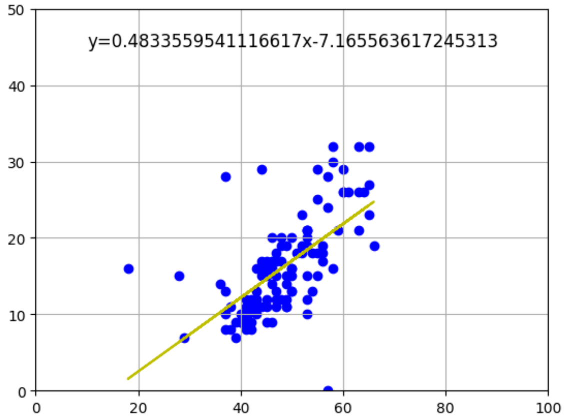
問題解決に役立つ関連データを利用し、回帰モデルを構築しています。この回帰モデルを使用して、目標とするデータを予測できるようになります。この回帰モデルを使用して、目標とするデータを予測できるようになります。これにより、問題解決に関わる、適切な対策や意思決定を行うための洞察が得られます。データから得られる回帰式は、さまざまな分野での意思決定や予測において重要なツールであり、データ分析の単元にも繋がります。

・回帰式からデータを算出する例

回帰式の算出や可視化には、別途プログラムが必要ですが、回帰式を得ることができれば、目的のデータを予測することができます。

```
# 回帰式からデータを算出
print('y=', a, 'x', b)
x = int(input('反復横跳びの回数を入力:'))
y = a * x - b
print(y)
```

```
y= 0.4833559541116617 x -7.165563617245313
反復横跳びの回数を入力:3
8.615631479580298
```



2.5　目的達成(ゴールシーク)、線形計画法

「目的達成(ゴールシーク)」と「線形計画法」を活用したモデル化とシミュレーションの教材です。ゴールシークは、目標の達成に向けて調整や最適化を行う処理です。これを実現するために、データや条件を変更し、設定した結果を得る方法です。線形計画法は、複数の制約条件の下で目的関数を最大化または最小化する問題を解決するための数学的手法です。この教材では、数学の範囲とも重なる点があり、二次関数を習っていると導入しやすい教材です。

この単元では、GeoGebra(ジオジブラ)という幾何学、代数学、表計算、グラフ作成、統計学、微積分を1つのエンジンにまとめた、あらゆるレベルの教育に対応する動的な数学ソフトウェア(https://www.geogebra.org より)を活用します。

問題文(共通テスト 数学I・数学A 試作問題-2017年、一部改変)

〇〇高校の生徒会では、文化祭でTシャツを販売し、その利益をボランティア団体に寄付する企画を考えている。生徒会執行部では、できるだけ利益が多くなる価格を決定するために、次のような手順で考えることにした。

【価格決定の手順】

① アンケート調査の実施

200人の生徒に、「Tシャツ1枚の価格がいくらまでであればTシャツを購入してもよいと思うか」について尋ね、500円、1000円、1500円、2000円の四つの金額から一つを選んでもらう。

② 業者の選定

無地のTシャツ代とプリント代を合わせた「製作費用」が最も安い業者を選ぶ。

③ Tシャツ1枚の価格の決定

価格は「製作費用」と「見込まれる販売数」をもとに決めるが、販売時に釣り銭の処理で手間取らないよう50の倍数の金額とする。

右の表1は、アンケート調査の結果である。

生徒会執行部では、例えば、価格が1000円のときには1500円や2000円と回答した生徒も1枚購入すると考えて、それぞれの価格に対し、その価格以上の金額を回答した生徒の人数を「累積人数」として表示した。

売上額:「　売上額 ＝Tシャツ1枚の価格 × 販売数　」

Tシャツ1枚の価格(円)	人数(人)	累積人数(人)
2000	50	50
1500	43	93
1000	61	154
500	46	200

表1

次の問いに答えよ。

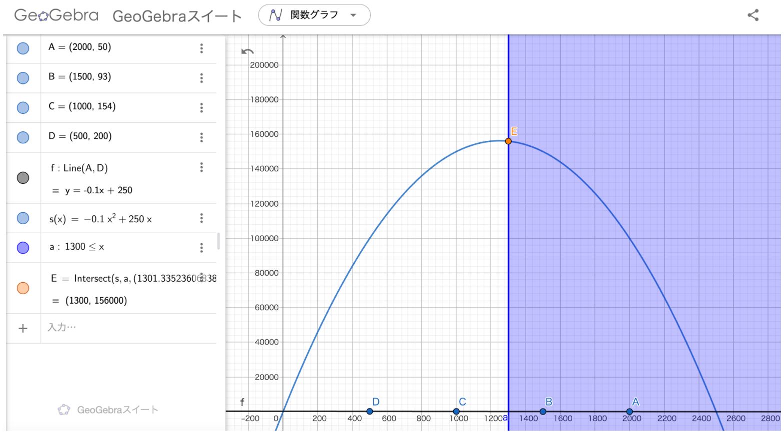
(1) 売上額を S 円、Tシャツ1枚の価格を x 円、このときの販売数を y 枚とし、x と y の関係を調べる。生徒会執行部が考えた直線は、表を用いて座標平面上にとった4点のうち x の値が最小の点と最大の点を通る直線である。この直線を、Tシャツ1枚の価格 x と販売数 y の関係を表すグラフとみなすことにした。直線の式と、売上を表す式を記入せよ。※Geogebraを利用

直線の式	$y = -0.1x + 250$	売上(S)を表す式	$S = -0.1\,x^2 + 250\,x$

(2) (1)の直線を用いて、売上額が最大となるTシャツ(x)の値と、売上額(S)の最大値を求めよ。

最大売上となるxの値	1250	売上額の最大値	156250

(3)Tシャツ1枚当たりの「製作費用」が400円の業者に120枚を依頼することにしたとき、利益が最大になるTシャツ1枚の価格を求めよ。



$y = -0.1x + 250$ より

$y \leqq 120$ なので

$-0.1x + 250 \leqq 120$

$-0.1x \leqq -130$

$x \geqq 1300$

これをグラフに設定して、最大値を確認する。

価格	1300

問題文

あなたはチョコレート会社の経営者です。そこでは、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

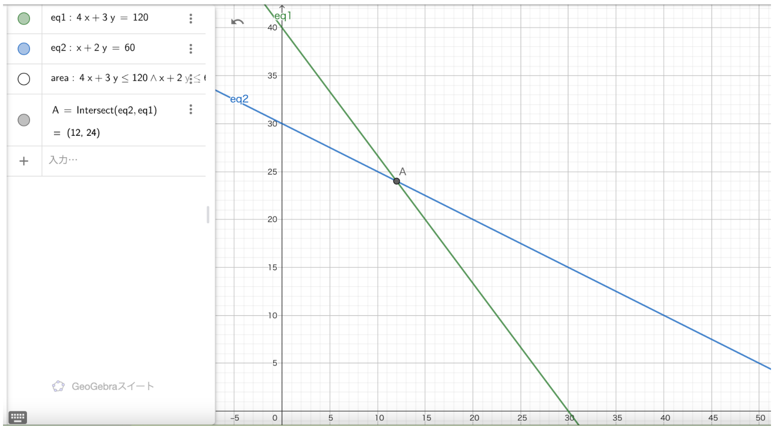
本日の材料として、カカオ豆120kg、砂糖60kgがあります。生産したチョコレートが全て売れるという前提で、本日の利益が最高額となるようにするためには、ビターチョコレートとマイルドチョコレートをそれぞれ何ケース生産したらよいでしょうか。

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。

カカオ豆	$4x+3y \leqq 120$
砂糖	$x + 2y \leqq 60$
利益	$2x + 3y$

この式は線形な等式または不等式制約です。座標平面上に線を描き、制約条件を満たす領域を確認します。さらに、線形な目的関数が最大または最小となる値を考えます。

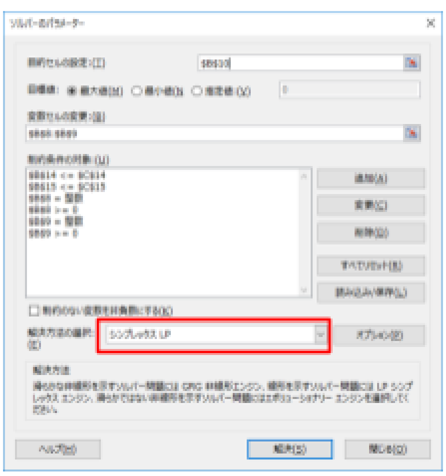
最大となる利益額	96万円
そのときの(x,y)の値	（12，24）



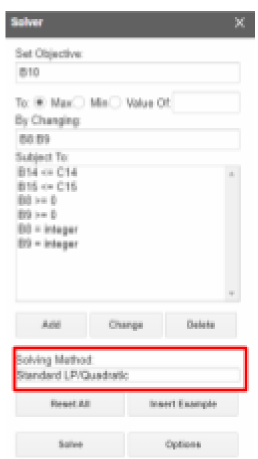
［表の作成と式の設定］

	A	B	C	D
1	例1			
2	1．材料と利益			
3	材料	カカオ豆	砂糖	利益（万円）
4	ビターチョコ	4	1	2
5	マイルドチョコ	3	2	3
6				
7	2．最大となる製造数と利益			
8	ビターチョコ			
9	マイルドチョコ			
10	利益			
11				
12	3．制約条件			
13	材料	式	制約条件	
14	カカオ豆		120	
15	砂糖		60	
16				

Excelによるソルバー設定



スプレッドシートによるソルバー設定



［ソルバーの設定、実行（解決）］

制約条件の入力完了後、ソルバーを実行する。最適解をExcelが算出するので、先の座標軸上から求められた答えと一致しているか確認する。

ソルバー機能を活用した表計算ソフトとGeoGebraグラフによる計算結果を比較し、各手法の信頼性を検証します。ソルバーは数式をセルに適用し、制約条件を確認します。一方、GeoGebraグラフは計算結果を視覚的に分かりやすく表示し、数値データだけでは得られない考察を提供します。最終的に、これらの手法とツールを組み合わせて、最適な意思決定に必要な情報を収集します。データの確認と考察を通じて問題を理解し、最適解に向けた学びを深めます。

3. 共通テストにおけるモデル化とシミュレーション

3.1 「情報Ｉ」試作問題及び模擬問題等

2020年以降、情報Ｉの共通テストに関わるサンプル問題や試作問題が公表されています。モデル化とシミュレーションに関する問題もあり、その内容に関わる問題を以下に掲載しました。

[情報Ｉ]

「情報」試作問題（2020年）	交通渋滞シミュレーション
情報サンプル問題（2021年）	比例代表選挙の当選者を決定する仕組み
河合塾　情報Ｉサンプルテスト（2021年）	「ライフゲーム」というシミュレーション
令和7年度大学入学共通テスト試作問題『情報I』（2022年）	待ち行列
東進ハイスクール第1回大学入学共通テスト「情報Ｉ」体験模試（2023年）	鉄道路線のモデル化（ダイクストラ法）
東進ハイスクール第2回大学入学共通テスト「情報Ｉ」体験模試（2023年）	待ち行列
SPRIX　情報Ｉ模擬問題（2023年）	待ち行列

[情報関係基礎]

2023年　追試問題	SNSでのユーザの友達関係(接続)を経由して連絡する場面を想定した問。離散グラフを扱う問題
2022年　追試問題	工具が入った箱を倉庫から取ってくるという問題
2021年　追試問題	手順の入れ替えとその評価に関わる問題
2016年　追試問題	店舗における客の待ち行列を題材に、モデル化とシミュレーションの能力を問う問題