

プログラミングで Σ の関係式を発見

山口県立岩国高等学校 教諭
山下 裕司

1. 数学の原体験を与えるプログラミング

私は元々数学科の教員である。高校現場に情報科が導入されて以来 16 年間情報科教育に魅力を感じて携わってきた。今回の学習指導要領改訂を待たずにプログラミングを指導に取り入れてきた。その中で数学科指導において感じ取れなかった生徒の新鮮な反応に驚かされることがある。例えば、数列の指導において板書で生徒に提示する 3 つ 4 つの具体例では生徒の顔は輝かない。プログラミング指導の繰り返し構造の例で等差数列・等比数列およびそれらの和を題材にプログラミングをして実行結果を目にしたとき生徒は感動する。これを数列における原体験と呼ぶことにする。原体験とは、何かを学ぶ際にまずたくさんの具体例に触れておこうという意味である。この原体験は理解・学力向上に大きな効果がある。以下 Excel VBA による実践例を示す。

```
Sub 等比数列 ()
a = Cells(1, 2)
r = Cells(2, 2)
For n = 1 To 10
Cells(n, 3) = a*r^(n-1)
Cells(n, 4) = a*(r^n-1)/(r-1)
Next n
End Sub
```

	A	B	C	D
1	初項 a=	3	3	3
2	公比 r=	5	15	18
3			75	93
4			375	468
5			1875	2343
6			9375	11718
7			46875	58593
8			234375	292968

図 1 等比数列

実行させるときは変化がわかるように実行ボタンを表計算シート上に作るのが良い。適当な図形を挿入して、右クリックからマクロの登録、図形の効果から面取りをすればおしゃれな実行ボタンの出来上がりである。表計算上の関数でももちろんできるのだが、数学で学ぶ公式が数式としてそのまま表れているところがプログラムの魅力である。

2. コード化で概念がより明確に

数学の授業で Σ の記号を示すと生徒の顔が曇ってくる。しかし、情報の授業で、 Σ の記号を説明すると、理解が追いつかずもやもやした感じになるの

は同じだが、数学で Σ について未習であるにもかかわらず、プログラミングして実行する頃には理解が深まる。さらに表示された表で Σ の説明を加えると納得の表情となる。 Σ はとてもプログラミングと相性がいい記号である。

Sub シグマの表示 ()

For n = 1 To 10

Cells(n, 1) = n

Cells(n, 2) = n*(n+1)/2

Cells(n, 3) = n^2

Cells(n, 4) = n*(n+1)*(2*n+1)/6

Next n

End Sub

	A	B	C	D	E
1	1	1	1	1	
2	2	3	4	5	
3	3	6	9	14	
4	4	10	16	30	
5	5	15	25	55	
6	6	21	36	91	
7	7	28	49	140	
8	8	36	64	204	
9	9	45	81	285	
10	10	55	100	385	

図 2 シグマの表示

3. 漸化式を使って高次の Σ を表示

1. で示した等比数列の例や、2. で示したシグマの表示では第 n 項を n の式を使って直接求めたが、ここでは漸化式で表示させてみた。生徒の中では漸化式という概念をコード化することによって整理され明確になる。漸化式を使うと公式を知らない高次の Σ も表示できるところが肝である。初項 1 だけは実行前にセルに入力しておく。4 次以上の Σ の公式が教科書にないから仕方なく漸化式を使用するというよりも、プログラムにおいては漸化式を使用するほうが合理的であることを強調しておきたい。

Sub 高次のシグマ ()

For n = 1 To 7

For k = 2 To 10

Cells(k, n) = Cells(k-1, n) + k^n

Next k

Next n

End Sub

図 3 の 1 列目と 3 列目から $(\Sigma k)^2 = \Sigma k^3$ の関係が見て取れる。生徒はその関係を数式からではなく表示された数列を見て感じとる。もちろんその関係式

が常に成立することの証明は必要である。

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	5	9	17	33	65	129
3	6	14	36	98	276	794	2316
4	10	30	100	354	1300	4890	18700
5	15	55	225	979	4425	20515	96825

図3 高次のシグマ

4. Σ の関係式をプログラムで模索する

Σ の二項間の関係式として $(\Sigma k)^2 = \Sigma k^3$ は簡単に見て取れたが、では、他にもこのような関係式が存在するのではなからうか。この疑問が生徒の頭に浮かぶのも至極当然である。とはいえ、数学の授業ではなかなか生じない疑問でもある。その違いは、大量の計算をいとわない発想に至るか否かにかかる。「大量の反復計算をいとわず解決方法を模索する思考」が私にとってはプログラミング的思考である。これは文部科学省の定義するところのプログラミング的思考とは異なる。

さて、3.で示した高次のシグマで手に入った上図であるが、ここから関係式を発見することを試みた。 Σk^7 までの係数の範囲を $-10 \sim 10$ 、指数の範囲を $1 \sim 5$ と限定して成立する二項間の関係式を模索してみた。紙面の都合上、:で改行を表す。

Sub 二項間 ()

k = 5: r = 1

For i = 1 To 6: x = Cells(k, i)

For j = i + 1 To 7: y = Cells(k, j)

For a = 1 To 10: For b = 1 To 10

For p = 1 To 5: For q = 1 To 5

If a*x^p = b*y^q Then

Cells(r, 8) = i: Cells(r, 9) = j

Cells(r, 10) = a: Cells(r, 11) = b

Cells(r, 12) = p: Cells(r, 13) = q

r = r + 1

End If

Next q: Next p: Next b: Next a: Next j: Next i

End Sub

等式を発見するたびに8列以降に係数や指数を表示させたが、いずれも $(\Sigma k)^2 = \Sigma k^3$ の関係を示すものであった。調べた範囲ではこれ以外に二項間の関係式は存在しないことがわかった。

最後に三項間の関係式を調べることにした。処理回数が格段に増えることから工夫をしながらプログラミングを進めた。

Sub 三項間 ()

k = 6: r = 1

For i = 1 To 5: x = Cells(k, i)

For j = i + 1 To 6: y = Cells(k, j)

For h = j + 1 To 7: w = Cells(k, h)

For a = 1 To 10: For b = -10 To 10

If b = 0 Then GoTo tugib

For c = -10 To 10: If c = 0 Then GoTo tugic

For p = 1 To 5: For q = 1 To 5: For s = 1 To 5

If a*x^p + b*y^q + c*w^s = 0 Then

Cells(r, 8) = i: Cells(r, 9) = j: Cells(r, 10) = h

Cells(r, 11) = a: Cells(r, 12) = b: Cells(r, 13) = c

Cells(r, 14) = p: Cells(r, 15) = q: Cells(r, 16) = s

r = r + 1

End If

Next s: Next q: Next p: tugic: Next c: tugib:

Next b: Next a: Next h: Next j: Next i

End Sub

等号が成立した際にセルに書き込まれる係数・指数の組み合わせの中から偶然生じた等式や、相互に導き出せる関係式を除いていった結果、次の3つの関係式を手に入れることができた。

$$8(\Sigma k)^3 - 9(\Sigma k^2)^2 + \Sigma k^3 = 0$$

$$4(\Sigma k)^3 - 3(\Sigma k^2)^2 - \Sigma k^5 = 0$$

$$2(\Sigma k)^4 - \Sigma k^5 - \Sigma k^7 = 0$$

もちろん6項までの和(プログラム中の $k = 6$)で成立した等式であるから、これが常に成立するかについては証明を要する。生徒に Σk^{n-1} までの公式を用いて、 Σk^n の公式を導く手順を示したところ、彼らはじっくりと取り組み、 Σk^4 から Σk^7 までの公式を導いたうえで、それらを上記三式に代入して、三式とも Σ の関連式として成立することを証明して見せた。上記三式の発見は高校生として驚くべき成果だと思う。この授業の過程で様々な発見があり、指導する側が驚かされる場面が多々あった。生徒のモチベーションと深い学びは、プログラミングのもたらす効果だったと思う。

ピクトグラムで自己紹介 ～新年度を迎えるためのアイスブレイク

愛知県立瀬戸北総合高等学校 教諭
田中 健

2018年3月に公示された新学習指導要領では、共通必修科目「情報Ⅰ」の学習内容が大きく4つに分けられている。その中でも新たな事項として記述されたのが、2020年度からの小学校プログラミング教育で広く世に知られることになった「(3)コンピュータとプログラミング」、これまで専門科目の一つとして選択可能であった「(2)コミュニケーションと情報デザイン」であろう。今回の改訂に鑑み、今年度筆者の勤務校では1年次を対象とした「社会と情報」にて、情報デザインとプログラミングに着目した授業を実施している。本稿では、情報デザインの指導目標(効果的なコミュニケーションを行うための情報デザインの考え方や方法を理解し表現する技能を身に付ける)を踏まえ、4月当初に実施した、自作のピクトグラムを活用させる自己紹介プレゼンテーションの授業実践事例を報告する。

本授業を実施する契機となったのが、2019年3月に東京2020オリンピックの公式競技ピクトグラムが公開されたことである。ピクトグラムとは、文字を利用せず表現したい対象を端的に表象化したデザインのことで、オリンピックの競技内容以外にも非常口・盲導犬など生活の至るところで利用されている身近なものでもある。そこで、まだ互いをよく知らない4月入学直後の段階において、生徒一人ひとりがクラスメートに伝えたいと考える趣味や特技など「自身を一番よく表すピクトグラム」を制作し、制作上工夫した点と自己アピールを中心とした1分

間のプレゼンテーションをクラス全員の前で行う、という計3時限の授業計画を立案・実施した。以下、各時限での指導計画、指導内容の詳細である。

<指導計画>

- ① 教科担当者の自己紹介, 1年間の授業オリエンテーション, ピクトグラム制作開始
- ② ピクトグラム完成, 発表原稿作成
- ③ プレゼンテーション実施, 相互評価, まとめ

<各時間の指導内容>

① 授業担当者の紹介を一通り行い、コンピュータ室の利用に関する諸注意、年間通じた授業の概要・定期考査・評価・評定に関する諸連絡の後、ピクトグラムについてその意味や成り立ちとともに、巷に散見される有名なものや東京2020オリンピックでの競技がデザインされているもの(図1)を示した。次に、コンピュータ上でペイントソフトを起動して100×100ピクセルのキャンバスを用意し、白とその他一色のみを使って点・線・図形を適宜活用しながら自分自身を一番よく表すピクトグラムを制作することを指示、授業終了時刻まで制作時間とした。また、キャンバスの大きさを設定する際には、ピクセル・画素などコンピュータの画面構成に関することがらを簡単に解説した。

② 前時に制作し始めた途中の作品を読み込み、当該授業内でのピクトグラム完成・提出を指示した。また、プレゼンテーション用ワークシート(図2)を配付し、作品が完成した者から制作上で工夫した点、発表原稿をまとめることとした。なお、発表時の原稿持込は禁止とし、ピクトグラムの説明を含めて自己紹介内容を200字程度(1分)で話せるようシミュレーションしてくることを宿題として課した。

③ 完成したピクトグラムをスクリーンに拡大表示し、出席番号の逆順に1人1分を持ち時間とした自



東京2020オリンピック
スポーツピクトグラム 陸上競技



お手洗いのピクトグラム
(出典: (公財)交通エコロジー・モビリティ財団)

図1 ピクトグラムの例


情報 α ビクトグラムプレゼンテーション ワークシート			
1 単 題 番 氏 名 :			
<2 時限目の課題> ◎自己紹介用のビクトグラムを作成し、指示された場所に提出(保存)すること			
			
<追加課題、次回までの宿題> ◎制作に当たり工夫した点、また、なぜそのビクトグラムが自身を説明しているのか、ということを含め、発表原稿(200 字程度)をまとめること			
<制作にあたって工夫した点>			
<自己紹介用原稿>			
<3 時限目の課題> ◎作成した原稿を参考にプレゼンテーションを実施すること(本原稿持込不可) ◎自身がクラス内で一番良いと判断した作品の番号とその理由を記述すること			
番号	選出理由		
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td></td> </tr> </table>			

図2 ワークシート

己紹介プレゼンテーションを実施した。全員の紹介完了後、クラス全員分のピクトグラムを並べたウェブサイトを参考に、各自一番優れていると考えるピクトグラムの番号と選出した理由を記述させる相互評価を行った。最後に、ピクトグラム制作3時間分のまとめとして「(情報分野における)デザインとは何か、また制作上気をつけるべきこととその理由は何か」という問いを投げかけ、クラス全体に考えさせた。

<授業を終えて>

クラスメートの特徴をいち早く知るといふねらいが支持され、当該授業についての全体的な感想としては、9割以上の生徒が受講して良かったと回答した。このことから、1年次4月に実施するアイスブレイクとして非常に効果的であったと評価できる。また、当該授業以降に実施している Web プログラミングでは、コーディングやデバッグといった初心



図3 自己紹介用ピクトグラム(生徒作品)

者がつまづきがちな実習が主体となるため、授業内外で自主的に教え合うための雰囲気づくりを早期に行うという観点でも有効であった。新学習指導要領でも言及されている「協働的な学び」に向けた土台醸成の一助になったとも考えられる。

授業実施後の調査によると、発表者の立場での感想として、ピクトグラムを用いることで、口頭だけでの一般的な自己紹介では伝わりにくい内容を図示できる、他生徒と重複しがちな紹介内容の差別化を図れる、ということが顕著であった。傍聴者としては、発表者とピクトグラムとが関連付けられることで、記憶に残り覚えやすい、という意見が多数あった。その他、制作時間の短さからピクトグラムで伝えたい内容をうまく表現できず、意図した自己紹介ができずに悔しい思いをした、口頭での補完的な説明を加えることでピクトグラム単体では伝わらなかった内容を何とか盛り返した、と反省する生徒もいた。

指導計画3時限目でのまとめでは、前述の情報デザインの指導目標を踏まえ、制作の意図が伝わらなかったピクトグラムを例に「表現者がどれだけ力を入れて制作したデザインであっても、意図したところが他者に正確に伝わらなければ、そのデザインに情報があるとはいえない」ことを全体の反省材料として提示した。これは情報分野におけるデザインと芸術分野におけるデザインの大きな違いである。ピクトグラムも芸術作品も同じデザインとして一括りにされがちではあるが、分野によって目的が全く異なることに生徒は関心を抱き、その用途の差異に納得したようである。

本実践は神奈川県立茅ヶ崎西浜高等学校情報科・鎌田高德先生の授業をもとに、新科目「情報Ⅰ」を見据え、本校の実情に合わせて変更を加えたものです。

参考文献

- 1) 文部科学省 高等学校学習指導要領解説
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1407074.htm (2019年8月30日アクセス)
- 2) 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会
<https://tokyo2020.org/jp/> (2019年8月30日アクセス)

執筆者へのご質問や本稿へのご意見などございましたら右のQRコードを読み取りお送りください。



第12回全国高等学校情報教育研究会 全国大会(和歌山大会)の報告

1. はじめに

8月10日(土)、11日(日)の2日間、国立大学法人和歌山大学において、第12回全国高等学校情報教育研究会¹⁾全国大会(和歌山大会)が、文部科学省や和歌山県教育委員会をはじめとして、多数の後援と協賛を受けて開催された。

本大会は、全国からの教員、大学、企業関係者等378名(主催者発表)の参加者で、例年以上の盛会となった。

2. 大会概要

【テーマ】「Next Stage

～次代の担い手を育む情報教育～」

【日時】 8月10日(土)13:00～11日(日)15:30

【会場】 国立大学法人和歌山大学(和歌山県和歌山市)

【主催】 全国高等学校情報教育研究会

【共催】 和歌山県情報教育研究会

【後援】 文部科学省、和歌山県教育委員会 他

【大会 URL】 <http://www.zenkojoken.jp/12wakayama/>

【プログラム】

○8月10日(土)

11:30～ 受付

12:30～ 全国高等学校情報教育研究会総会

13:00～ 開会行事(開会挨拶、来賓祝辞)

13:30～ ポスターセッション・企業展示

15:50～ ライトニングトーク

16:30～ 分科会

教育実践、研究成果等の発表・意見交換

4会場で各2件(発表20分、質疑5分)

※今年は分科会発表が2日に分かれていた

18:00～ 教育懇談会

○8月11日(日)

9:00～ 受付

9:30～ 分科会

4会場で各5件(発表20分、質疑5分)

12:00～ 昼休憩

13:00～ 基調講演

東京大学教授・慶應義塾大学教授

鈴木寛氏

演題「AI時代の教育」

14:15～ 講評・講演

国立教育政策研究所 教育課程研究センター

教育課程調査官

文部科学省 初等中等教育局

情報教育・外国語教育課 情報教育振興室

参事官(高等学校教育)付 産業教育振興室

教科調査官 鹿野利春氏

15:00～ 閉会行事

3. 大会の様子

(1) ポスターセッション・企業展示

開会行事の後、会場を移動して24件のポスター発表と22社の企業展示が行われた。

今大会のポスター発表の中で一番多かったのは、プログラミングの授業に関連するテーマで、6件ほどであった。次期学習指導要領に向けて、いろいろな切り口で準備を進めている先生方の様子がうかがえた。

また、協賛企業による展示も充実していて、授業に役立つ情報の収集にも役立っているようであった。

(2) ライトニングトーク

約2時間のポスターセッション・企業展示の後、開会行事が行われた会場に戻って、分科会発表の内容について、一人あたり45秒という短い時間でプレゼンテーションする恒例のライトニングトークが行われた。今大会は一人あたりの時間が前回大会の半分ほどになってしまったが、工夫を凝らして、銅鑼が鳴るまで熱のこもった発表が行われた。



図1 大会会場と開会行事の様子



図2 ポスターセッションとライトニングトークの様子

(3) 分科会

分科会は、4つの会場に分かれ、1日目に8件、2日目に20件の発表が行われた。日頃の授業実践や研究成果等が発表されたが、その内容はプログラミングに関連する発表が8件、データの活用に関連する発表が4件、情報Ⅰの年間指導計画をテーマとした発表が2件など、次期学習指導要領への準備を見据えた実践や研究が多かった。数年前は、情報モラルに関する発表などが多かったが、情報に関する科学的な見方・考え方を重視した内容に変わってきていた。地元和歌山県の先生方の発表も3件あり、それぞれの会場で活発な質疑も行われた。

(4) 基調講演

東京大学教授・慶應義塾大学教授の鈴木寛氏から、「AI時代の教育」という演題で基調講演があった。OECDの教育スキル局のアドバイザーとして関わられている、OECD Education 2030 プロジェクトなどについて触れる中で、PISA調査では日本の学力は改善していること、学習時間は増えているがそれ以上にディスプレイを見ている時間が増えていることなどを取り上げ、広い意味で、情報との向き合い方を考えていかなければいけないと話された。

また、教育改革をしなければならない理由として、シンギュラリティの話やIoT・ロボットの幾何級数的な普及などについて話された。さらに、「VUCA (Volatility-Uncertainty-Complexity-Ambiguity = 変動性、不確実性、複雑性、曖昧性)の時代と言われるこれからの大転換期には、PDCAサイクルは通用しない。前提条件がめまぐるしく変化し、計画を立て直さなければならなくなるので、これからはAAR (Anticipation-Action-Reflection = 見通し、行動、振り返り)のサイクルで、ある程度の見通しが立ったらすぐにやってみることが大切。作りながらバグを直して少しずつ完成に近づけていくようなプログラミングのデバックのようなもので、デバック主義と言っている。」とも話された。

最後に、「6月25日に文部科学省が発表した「新

時代の学びを支える先端技術活用推進方策」を一度ご覧いただきたい。これを縁に皆さんとよりよい情報教育を作っていきたい。」とまとめられた。

(5) 講評・講演

大会の最後に、文部科学省の鹿野利春教科調査官から、講評と講演が行われた。

講評の冒頭で、今大会は人数的にも内容的にも大成功である、と話された。講演では、まず、Society 5.0というキーワードに関連して、「狩猟社会と農耕社会の二つを比べただけでも必要な資質・能力は全然違う。時代が変われば必要なことも変わってくる。それをしっかり身につけていくことが重要である。」と話された。また、「想像力と創造力が大切で、想像力に創造力という力が添えられて現実としてできるようになる。世界に貢献できる人はそういう人ではないか。」と、カメラやセンサーによる無人レジ、自動運転の話や、人と近い距離で働くロボットの話など、例を挙げて話された。

その後、学習指導要領改訂の背景や育成すべき資質・能力の三つの柱について話され、学びに向かう力は実は態度だけでなく、態度+自己調整力が大事であるということや、問題の発見と解決や情報デザインについて具体的な例などを話された。また、情報科の教員も統計を勉強しましょう、技術・家庭科の教科書を読みましょうなどと話された。講演の後半では、情報Ⅰや情報Ⅱの内容を概観するとともに、高大接続改革のスケジュールなどにも触れられた。

最後に、先生方がそれぞれWebページを持ち、全国大会の資料とともにリンクを張って先生方の研究を出し惜しみせずにシェアして欲しい、とまとめられた。



図3 基調講演と講評・講演の様子

4. おわりに

次回の第13回大会は、令和2年8月20日(木)、21日(金)に、愛知県立大学で開催される。来年の大会も非常に楽しみである。

参考 URL

1)「全国高等学校情報教育研究会」, <http://www.zenkojoken.jp/>