

問題解決型授業による 「モデル化とシミュレーション」 の授業実践

埼玉県立川越南高等学校

春日井 優

今日の内容

- 発表のねがい
- 実践授業の紹介
 - グループ学習
 - 一斉学習
 - グループ学習で生徒が行ったシミュレーション
- 育てたい力とその評価
- まとめ

今日の発表のねがい①

- 生徒が、問題の発見や解決のために、モデル化やシミュレーションの考えを活用してほしい
- 生徒が1つ1つ思考を重ね、計算を積み上げていくプログラミング的思考をしてほしい
- 学習過程において、効果的にコンピュータを活用してほしい
- 学習後に達成感を感じてほしい

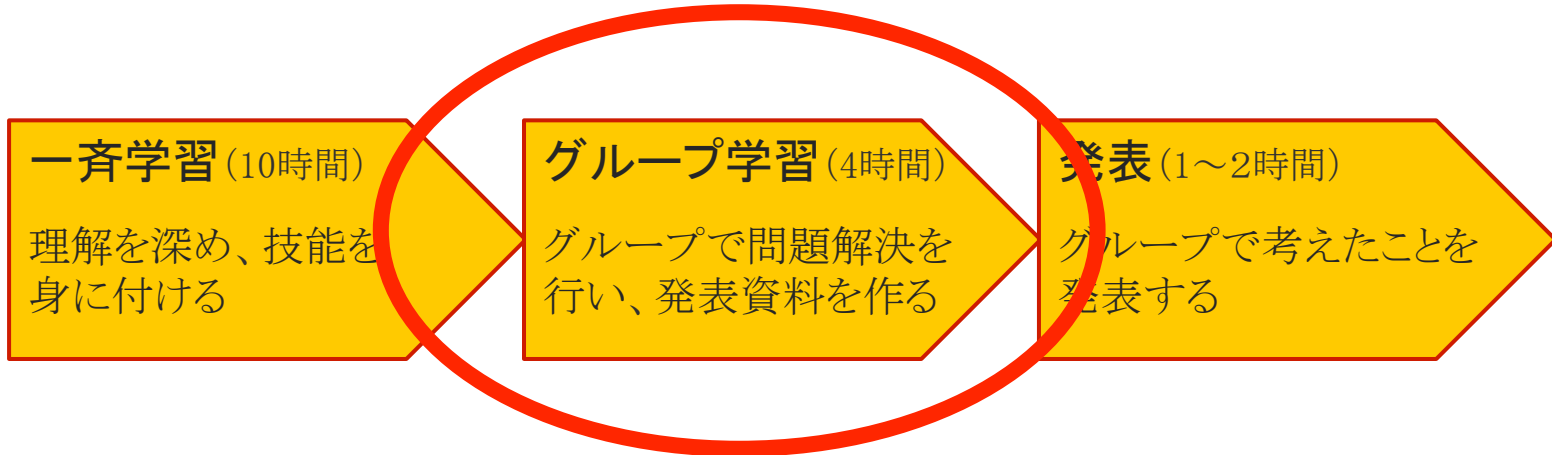
今日の発表のねがい②

- より多くの学校で、生徒が主体的に問題解決に取り組むようになってほしい
- 文系・理系の区別なく情報の科学的な理解に基づいた情報の授業が展開されるようになってほしい

→ 本校の生徒の学習活動が
先生方の授業デザインの
何らかの参考になってほしい

授業展開

特にこの部分



生徒に提示した課題

数的な検討が必要である問題に対して

モデル化とシミュレーションを行い、

検討を行いなさい

以上

私が行った指導

- 教えない 以上
- 問題の例をプリントで配る
- その例を「答えわかっているから、評価低いよ！」と否定して、自分たちで考えるよう焚き付ける
- 「何をしたいの？」と聞く
- 「その式は何を表しているの？」と聞く
- 「みんなが作った問題だからさ、答なんか知らないよ」ととぼける

その結果、シミュレーションは

時間経過に関するシミュレーション

- 疫病の感染者数の増加とワクチン投与による患者数の変化
- 年金の受給開始年齢と受取金額の関係
- バブル期と現代の金利差による預金残高の違い
- 養殖エビの収穫数による個体数の変化
- ダイエットでの体重変化（行動傾向はランダム）

その結果、シミュレーションは

時間経過に関するシミュレーション

- 疫病の感染者数の増加とワクチン投与による患者数の変化

学習活動(課題設定)の例

Q:「インフルエンザが爆発的に増える理由、感染を抑えるための方法について考えてみよう。」

その際、関係する変数が少なくその関係を数式で表すことができる問題を扱い、問題の解決に必要な条件を見いだしその関係性を記述するようにする。

ファンタム)

その結果、シミュレーションは

確率に関するシミュレーション

- キャラクターが全て揃うまでの回数
(コンプガチャ)
- 席替えで友達と隣の席になる確率
- じゃんけん (グリコ) での戦略の検討
- 町内会のくじで1等のハワイ旅行があたるまでの回数 (くじが1枚ずつ減っていく)
- 回転寿司でマグロが4席目に届くのに必要なマグロの皿数
- 増え鬼の最初の鬼の人数による鬼の増え方

その結果、シミュレーションは

待ち行列に関するシミュレーション

- コンビニのレジが2つある場合、レジごとに並ぶか、1列に並んで空いたレジに進むかどちらが待たないか
- 自動改札での行列の様子（改札が6個）
- 遊園地でグループで乗り物に並んだときの行列（グループの人数がランダム、ほぼ満員になったら発車）

こんなシミュレーションが

11グループ × 7クラス

とても教えてられません

生徒が頑張ることが基本

それでもこの授業をするのは

問題解決の在り方

- ただ単に問題解決の作業を行わせるというだけでなく
コンピュータによる処理手順の自動実行
論理的な考え方
統計的なデータの扱い
などを様々な場面で生かせる応用力を習得

授業展開

実は教えていました

一斉学習 (10時間)

理解を深め、技能を身に付ける

グループ学習 (4時間)

グループで問題解決を行い、発表資料を作る

発表 (1~2時間)

グループで考えたことを発表する

一斉授業で教えたこと

- モデル化とシミュレーションの考え方
- シミュレーションの方法
 - 時間変化によるシミュレーション
 - 確率的なシミュレーション
 - 線形計画法
 - 統計を活用したシミュレーション
- 表計算ソフトウェア利用のちょっとしたテクニック

気になるのは

- モデル化とシミュレーションの考え方
- シミュレーションの方法
 - 時間変化によるシミュレーション
 - 確率的なシミュレーション
 - 線形計画法
 - 統計を活用したシミュレーション
- 表計算ソフトウェア利用のちょっとしたテクニック

でしょうか？

シミュレーションの方法①

- 時間変化によるシミュレーション

- 水槽の水量の変化 (J)
- 魚の個体数の変化 (J)

- 確率的なシミュレーション

- ランダムウォーク (J)
- 待ち行列 (J 改)

食堂における待ち行列

来客の時間間隔と注文をランダムで決定

シミュレーションの方法①

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	来店間隔				注文											
2	割合	累積割合	間隔(秒)		割合	累積割合	メニュー	調理時間(秒)								
3	0.25	0	10		0.3	0	カレー	30								
4	0.25	0.25	20		0.2	0.3	ラーメン	120								
5	0.2	0.5	30		0.15	0.5	定食	180								
6	0.15	0.7	40		0.35	0.65	そば	60								
7	0.1	0.85	50													
8	0.05	0.95	60													
9																
10																
11	客番号	来店			注文			窓口	窓口1		窓口2		窓口3		待ち時間	
12		乱数	間隔(秒)	来店時刻	乱数	注文	調理時間		開始時刻	終了時刻	開始時刻	終了時刻	開始時刻	終了時刻		
13	1	0.05	10	10	0.87	そば	60	1	10	70	0	0	0	0	0	
14	2	0.53	30	40	0.83	そば	60	2		70	40	100		0	0	
15	3	0.94	50	90	0.70	そば	60	3		70		100	90	150	0	
16	4	0.42	20	110	0.57	定食	180	1	110	290		100		150	0	
17	5	0.85	40	150	0.20	カレー	30	2		290	150	180		150	0	
18	6	0.22	10	160	0.79	そば	60	3		290		180	160	220	0	
19	7	0.60	30	190	0.03	カレー	30	2		290	190	220		220	0	
20	8	0.23	10	200	0.51	定食	180	2		290	220	400		220	20	
21	9	0.56	30	230	0.04	カレー	30	3		290		400	230	260	0	
22	10	0.01	10	240	0.19	カレー	30	3		290		400	260	290	20	
23	11	0.33	20	260	0.46	ラーメン	120	1	290	410		400		290	30	
24	12	0.18	10	270	0.99	そば	60	3		410		400	290	350	20	
25	13	0.87	50	320	0.52	定食	180	3		410		400	350	530	30	
26	14	0.41	20	340	0.73	そば	60	2		410	400	460		530	60	
27	15	0.68	30	370	0.72	そば	60	1	410	470		460		530	40	

シミュレーションの方法②

- 線形計画法
 - 2種類の商品を売ったときの売上金額の変化 (N)
- 統計を活用したシミュレーション
 - イベントの入場者数の予測 (T)

教科書を参考にすれば、
この他にもまだまだ掲載されており、
教えることは十分にあります

表計算ソフトウェアのテクニック①

- 絶対参照

- パラメータとして使う数値を近くに集める
- パラメータを参照するときには、とにかく \$ を付ける

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	来店間隔				注文				
2	割合	累積割合	間隔(秒)		割合	累積割合	メニュー	調理時間(秒)	
3	0.25	0	10		0.3	0	カレー	30	
4	0.25	0.25	20		0.2	0.3	ラーメン	120	
5	0.2	0.5	30		0.15	0.5	定食	180	
6	0.15	0.7	40		0.35	0.65	そば	60	
7	0.1	0.85	50						
8	0.05	0.95	60						
9									

この範囲が
パラメータ

	来店			注文			窓口		待ち時間
客番号	乱数	間隔(秒)	来店時刻	乱数	注文	調理時間	開始時刻	終了時刻	
13	1	0.31	20	20	0.77	そば	60	20	80
14	2	0.37	20	40	0.57	定食	180	80	260
15	3	0.79	40	80	0.16	カレー	30	260	290
16	4	0.76	40	120	0.14	カレー	30	290	320
17	5	0.81	40	160	0.54	定食	180	320	500
18	6	0.72	40	200	0.07	カレー	30	500	530
19	7	0.76	40	240	0.68	そば	60	530	590
20	8	0.14	10	250	0.05	カレー	30	590	620
21	9	0.28	20	270	0.81	そば	60	620	680
22	10	0.07	10	280	0.26	カレー	30	680	710
23	11	0.25	20	300	0.87	そば	60	710	770

表計算ソフトウェアのテクニック②

- 出現確率が異なる事象の扱い方
 - 0～1の乱数とVLOOKUP関数

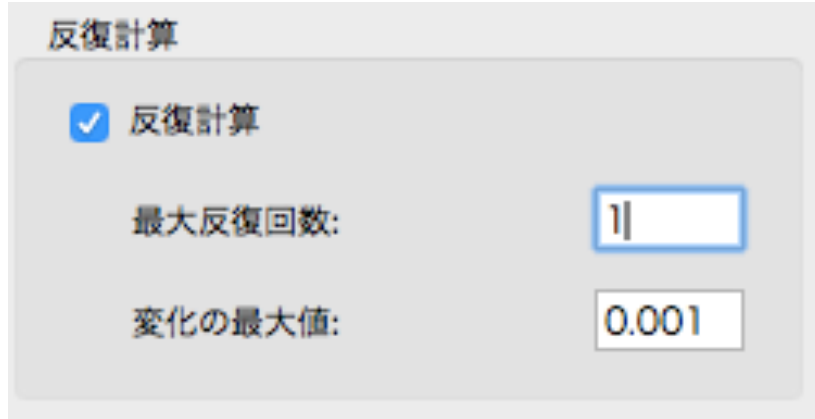
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	来店間隔				注文					
2	割合	累積割合	間隔(秒)		割合	累積割合	メニュー	調理時間(秒)		
3	0.25	0	10		0.3	0	カレー	30		
4	0.25	0.25	20		0.2	0.3	ラーメン	120		
5	0.2	0.5	30		0.15	0.5	定食	180		
6	0.15	0.7	40		0.35	0.65	そば	60		
7	0.1	0.85	50							
8	0.05	0.95	60							
9										
10										
11	客番号	来店			注文			窓口		待ち時間
12		乱数	間隔(秒)	来店時刻	乱数	注文	調理時間	開始時刻	終了時刻	
13	1	0.31	20	20	0.77	そば	60	20	80	0
14	2	0.37	20	40	0.57	定食	180	80	260	40
15	3	0.79	40	80	0.16	カレー	30	260	290	180
16	4	0.76	40	120	0.14	カレー	30	290	320	170
17	5	0.81	40	160	0.54	定食	180	320	500	160
18	6	0.72	40	200	0.07	カレー	30	500	530	300
19	7	0.76	40	240	0.68	そば	60	530	590	290
20	8	0.14	250	250	0.05	カレー	30	590	620	340
21	9	0.28	270	270	0.81	そば	60	620	680	350
22	10	0.07	280	280	0.26	カレー	30	680	710	400
23	11	0.25	20	300	0.87	そば	60	710	770	410

=RAND()

=VLOOKUP(E13,\$F\$3:\$H\$6,2)

表計算ソフトウェアのテクニック③

- 確率的なシミュレーションでの記録方法
 - 循環参照の式と反復計算により再計算するたびに記録させる



を設定し
F1セルに
 $=F1+1$
とすると
再計算の度に
1ずつ加算される

授業で使ったことは

- 四則演算、MOD、INT
- MAX、MIN、AVERAGE、SUM、COUNT
- IF
- VLOOKUP
- RAND、RANDBETWEEN
- SUMIF、COUNTIF

エクセルの授業をしている先生へ

シミュレーションの下地だけで終わってませんか

全部理解できなくて当たり前

- そのための学習方法が問題解決による学習

アクティブ・ラーニングの視点からの不断の授業改善

- ① 習得・活用・探究という学習プロセスの中で、
問題発見・解決を念頭に置きいた、
深い学びの過程が実現できているかどうか。
- ② 他者との協働や外界との相互作用を通じて、
自らの考えを広げ深める、
対話的な学びの過程が実現できているかどうか。
- ③ 子供たちが見通しを持って粘り強く取り組み、
自らの学習活動を振り返って次につなげる、
主体的な学びの過程が実現できているかどうか。

アクティブ・ラーニングの視点と 生徒の学習の関係①

- 深い学びの過程

- 問題解決を行いながら、一斉学習を振り返り理解が不十分な点を、再度自ら学ぶ
- 受動的な学習から、能動的な学習への転換
- 習得・活用・探究のプロセスを通して、知識・技能が深まる
- 真正な学習を通して知識や技能を深める

アクティブ・ラーニングの視点と 生徒の学習の関係②

- 対話的な学びの過程
 - 生徒同士の対話による、コミュニケーション能力の育成
 - 言語活動を通して、思考力・判断力・表現力の育成
 - 生徒の相互作用による、自身の視点と異なる視点の気づき
 - 生徒の相互作用による、新たな価値の創造

アクティブ・ラーニングの視点と 生徒の学習の関係③

- 主体的な学びの過程
 - 生徒による問題発見、解決のプロセスを行うことができる
 - 生徒による問題解決のため、一つ一つ教師から教えこむことができず、生徒も自分たちのグループのために教師を独占できない
 - 生徒相互による問題解決のプロセスを通して、達成感や自己肯定感を感じられる

生徒による例① 疫病

- モデル化の際の構成要素
 - パラメータ
 - 感染率（増加率）
 - 構成要素
 - 感染者数
 - ワクチンの本数
 - 治っていない人の人数
- 問題
 - 何日後までに何本程度ワクチンを用意できれば疫病を根絶できるか

生徒による例① 疫病

- 数式モデルとしてモデル化

一定時間経過後の感染者数を求める

$$\text{感染者数} = \text{経過前の感染者数} * (1 + \text{感染率})$$

ワクチンの本数を求める

$$\begin{aligned} \text{ワクチン本数} = & \text{if}(\text{経過日数} < 60, 0, \\ & \text{if}(\text{経過日数} < 90, 1000, \\ & 2500)) \end{aligned}$$

治っていない人の人数を求める

$$\begin{aligned} & \text{治っていない人の人数} \\ & = \text{感染者数} - \text{ワクチン本数} \end{aligned}$$

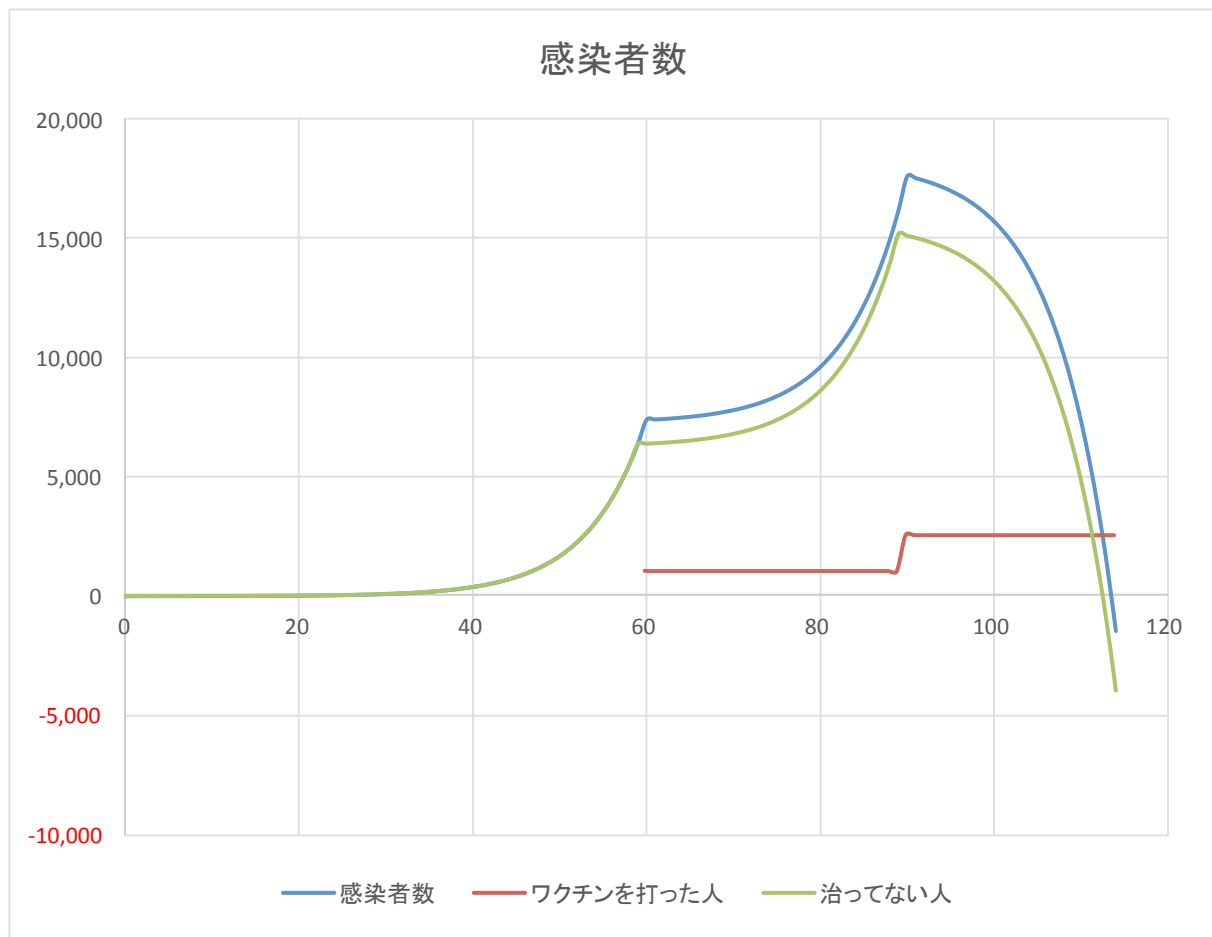
生徒による例① 疫病

- 表計算によるシミュレーション

	A	B	C	D	E	F
1	初期値	1				
2	増加率	0.16				
3	時間間隔	1				
4						
5	時間	感染者数	ワクチンを打った人	治ってない人		感染者数
6	0	1	0	1		1
7	1	1		1		1
8	2	1		1		1
9	3	2		2		2
10	4	2		2		2
11	5	2		2		2
12	6	2		2		2
13	7	3		3		3
14	8	3		3		3
15	9	4		4		4
16	10	4		4		4
17	11	5		5		5
18	12	6		6		6
19	13	7		7		7
20	14	8		8		8
21	15	9		9		9
22	16	11		11		11
23	17	12		12		12
24	18	14		14		14

生徒による例① 疫病

- シミュレーション結果のグラフ



ところで

- プログラミング的思考と書きましたが
どこがプログラミング的呢なんでしょうか？

エクセルなのに・・・

数式モデル

- 数式モデルとしてモデル化

一定時間経過後の感染者数を求める

$$\text{感染者数} = \text{経過前の感染者数} * (1 + \text{感染率})$$

ワクチンの本数を求める

$$\text{ワクチン本数} = \text{if}(\text{経過日数} < 60, 0, \\ \text{if}(\text{経過日数} < 90, 1000, \\ 2500))$$

治っていない人の人数を求める

$$\begin{aligned} &\text{治っていない人の人数} \\ &= \text{感染者数} - \text{ワクチン本数} \end{aligned}$$

プログラミング

- 変数名に変え、c言語の文法にすると

```
//一定時間経過後の感染者数を求める
    infected=last_infected* ( 1 +ratio) ;
//ワクチンの本数を求める
    if(days<60)          { vaccine=0 ; }
    else if(days<90)    { vaccine=1000 ; }
    else                 { vaccine=2500 ; }
//治っていない人の人数を求める
    last_infected
        =infected-vaccine ;
```

プログラミング不慣れな生徒

- プログラムは書けなくても、表計算は可能

	A	B	C	D	E	F
1	初期値	1				
2	増加率	0.16				
3	時間間隔	1				
4						
5	時間	感染者数	ワクチンを打った人	治ってない人		感染者数
6	0	1	0	1		1
7	1	1		1		1
8	2	1		1		1
9	3	2		2		2
10	4	2		2		2
11	5	2		2		2
12	6	2		2		2
13	7	3		3		3
14	8	3		3		3
15	9	4		4		4
16	10	4		4		4
17	11	5		5		5
18	12	6		6		6
19	13	7		7		7
20	14	8		8		8
21	15	9		9		9
22	16	11		11		11
23	17	12		12		12
24	18	14		14		14

プログラミング的思考とは

- ブラックボックス化しないで
生徒自身が
ひとつひとつ段階を追って
式を積み上げていくので

実はプログラミングです

生徒による例② グリコ

- モデル化の際の構成要素

- パラメータ

- グー・チョキ・バーの出し方
 - 勝ったときに進む数

- 構成要素

- Aさん、Bさんの出した手
 - どちらが勝ったか
 - その回でAさん、Bさんが進む数
 - Aさん、Bさんの位置

- 問題

- どのような作戦にすると、先に300段登り切るか

生徒による例② グリコ

- パラメータ

手	Aさんの割合	Bさんの割合	進む数
グー	1 / 3	3 / 5	3歩 グリコ
チョキ	1 / 3	1 / 5	9歩 チョコレートアイス
パー	1 / 3	1 / 5	6歩 パイナップル

生徒による例② グリコ

- 数式モデルとしてモデル化

Aさんの手を決める

Aさん =

RANDBETWEEN(1,3)

Bさんの手を決める

Bさん = VLOOKUP(RAND(),表,値)

勝ち負け

(例) グー (1) + 1 = チョキ (2)

とMODを使うと判定可能

値	手
1	グー
2	チョキ
3	パー

生徒による例② グリコ

- 数式モデルとしてモデル化

進む数を求める (Aさん、Bさんそれぞれ)

進む数 = if(勝ち, VLOOKUP(手, 表, 歩数), 0)

位置を求める (Aさん、Bさんそれぞれ)

位置 = 前の位置 + 進む数

プログラムにする場合には
VLOOKUPはIFで場合分け

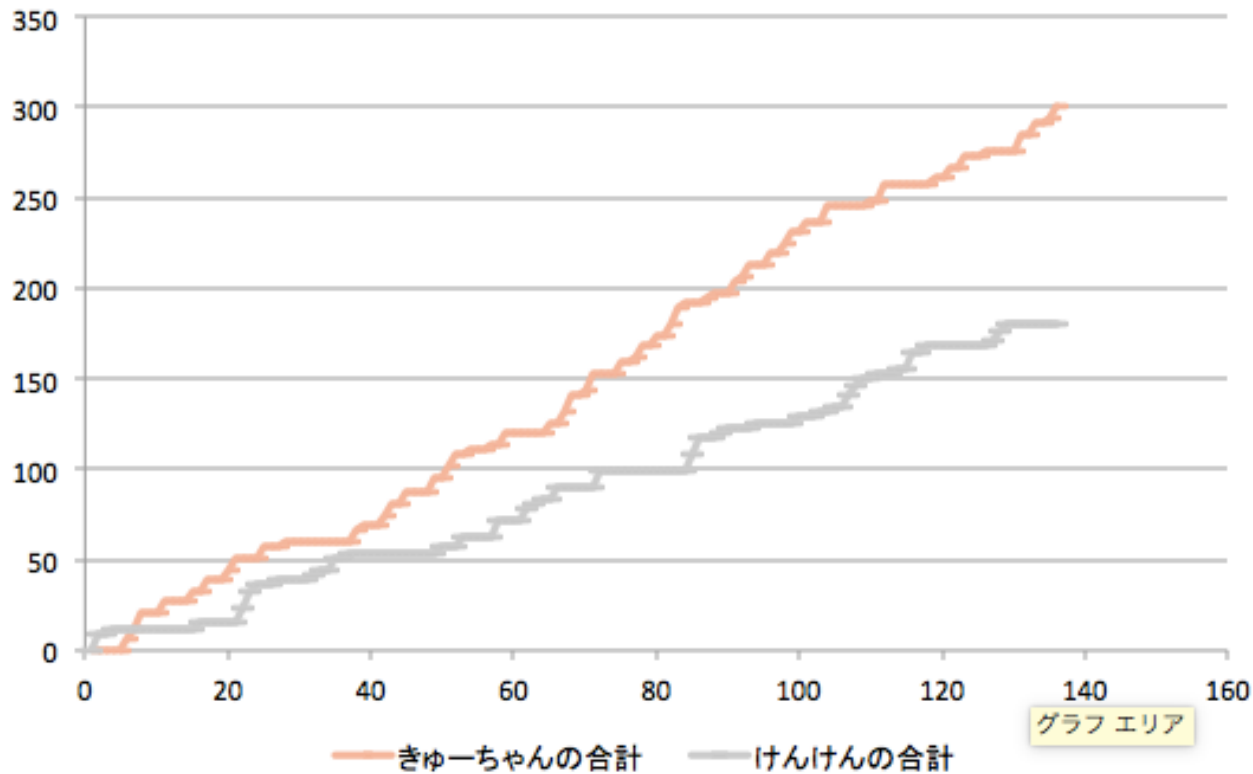
生徒による例② グリコ

- 表計算によるシミュレーション

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	番号		進む数			割合	累積割合					
2	1	ゲー	3	グリコ		0.6	0	ゲー	1			
3	2	チョコ	9	チョコレートアイス		0.2	0.6	チョコ	2			
4	3	パー	6	パイナップル		0.2	0.8	パー	3			
5												
6												
7												
8												
9		均等	右上の表の割合								136	191
10	じゃんけんの回数	きゅーちゃん	けんけん		きゅーちゃんの勝ち	けんけんの勝ち	きゅーちゃん進む数	けんけん進む数	きゅーちゃんの合計	けんけんの合計	きゅーちゃんゴール	けんけんゴール
11	1	1	2		1	0	3	0	3	0		
12	2	3	1		1	0	6	0	9	0		
13	3	3	1		1	0	6	0	15	0		
14	4	1	3		0	1	0	6	15	6		
15	5	1	1		0	0	0	0	15	6		
16	6	3	1		1	0	6	0	21	6		
17	7	3	1		1	0	6	0	27	6		
18	8	1	1		0	0	0	0	27	6		
19	9	2	1		0	1	0	3	27	9		
20	10	3	3		0	0	0	0	27	9		
21	11	1	3		0	1	0	6	27	15		
22	12	1	1		0	0	0	0	27	15		

生徒による例② グリコ

- シミュレーション結果のグラフ



生徒による例③ 富士急

- 表計算によるシミュレーション

来場感覚 割合	累計割合	間隔(秒)	アトラクション	所要時間(秒)	定員	割合	累積割合	アトラクション	所要時間(秒)	割合	累積割合	人数
0.25	0	10	FUJIYAMA	216	28	0.35	0	FUJIYAMA	216	0.3	0	2
0.25	0.25	20	高飛車	160	8	0.1	0.35	高飛車	160	0.2	0.3	3
0.2	0.5	30	ええじゃないか	120	20	0.2	0.45	ええじゃないか	120	0.25	0.5	4
0.15	0.7	40	鉄骨番長	160	24	0.25	0.65	鉄骨番長	160	0.15	0.75	5
0.1	0.85	50	ドドンパ	60	8	0.1	0.9	ドドンパ	60	0.1	0.9	6
0.05	0.95	60										

同じ待ち行列でも

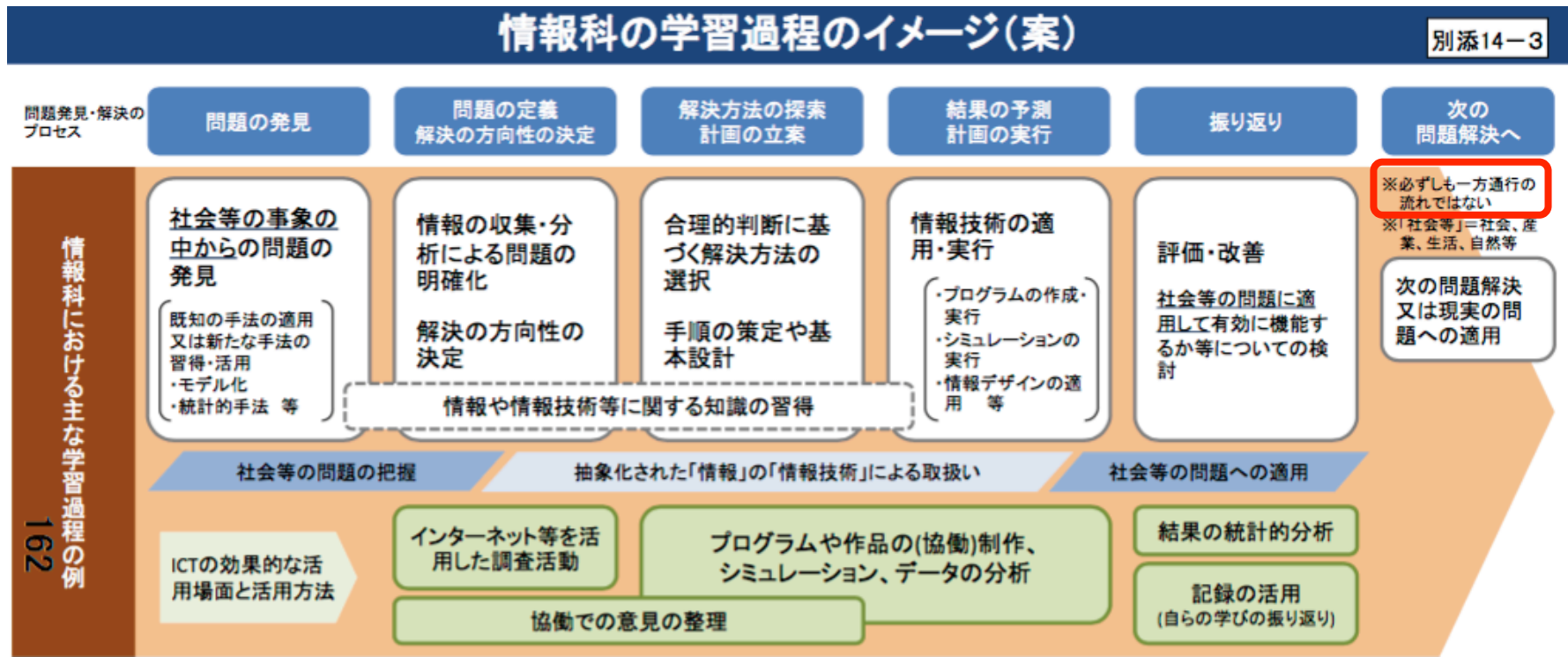
富士急は

- 1人では行きません
- アトラクションの定員はそれぞれ違います
- 定員に近い人数集まらないと発車しません
- グループは一緒に乗りたいです
- 人気のアトラクションは決まっています

ということなんだそうです (詳細は時間が余ったら)

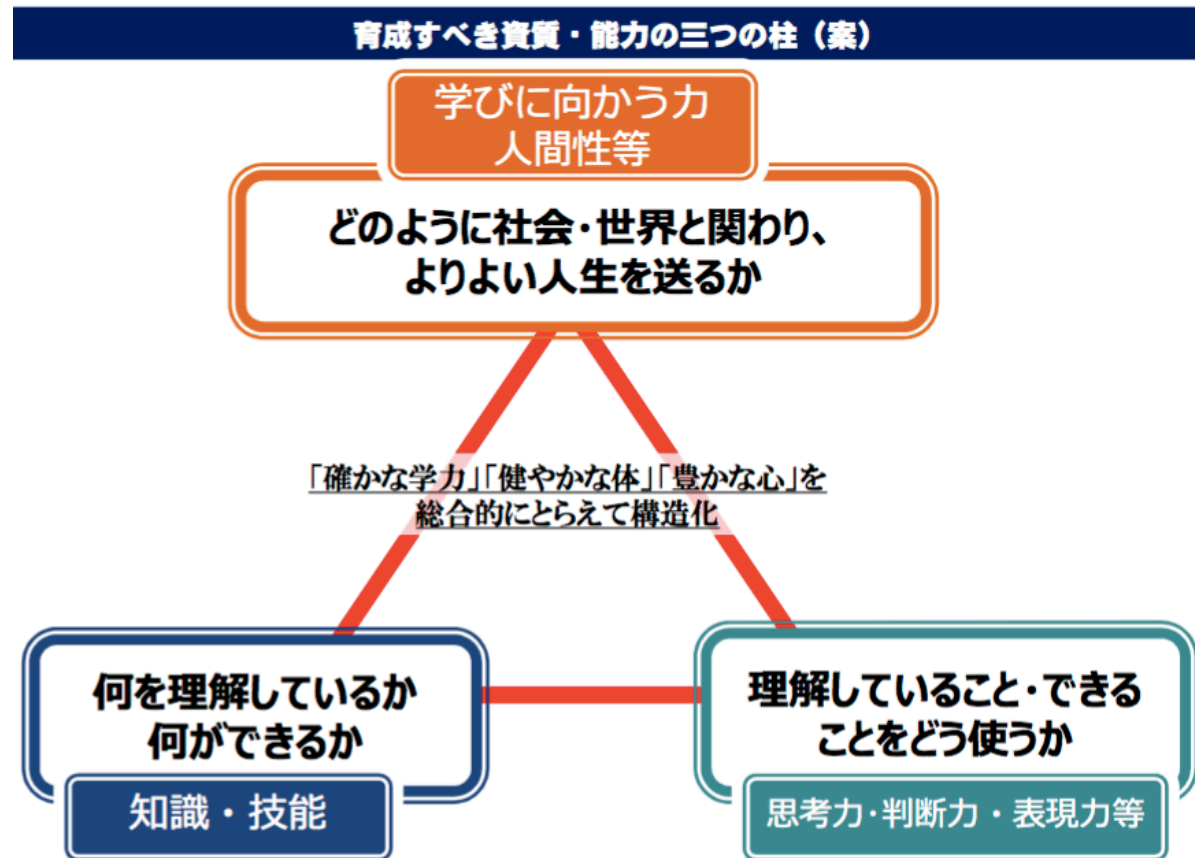
情報科の学習過程との関係

- 試行錯誤するため必ずしもPDCAではない



この授業で育てたい力は

- 育成すべき資質・能力の三つの柱



この授業で育てたい力は

- 育成すべき資質・能力の三つの柱

育成すべき資質・能力の三つの柱（案）

学びに向かう力
人間性等

どのように社会・世界と関わり、
よりよい人生を送るか

モデル化と
シミュレーションを
通してどのように
社会と関わるか

「確かな学力」「健やかな体」「豊かな心」を
総合的にとらえて構造化

モデル化と
シミュレーションの
知識・技能

何を理解しているか
何ができるか

知識・技能

モデル化と
シミュレーションの
活用

理解していること・できる
ことをどう使うか

思考力・判断力・表現力等

育てた力の評価は

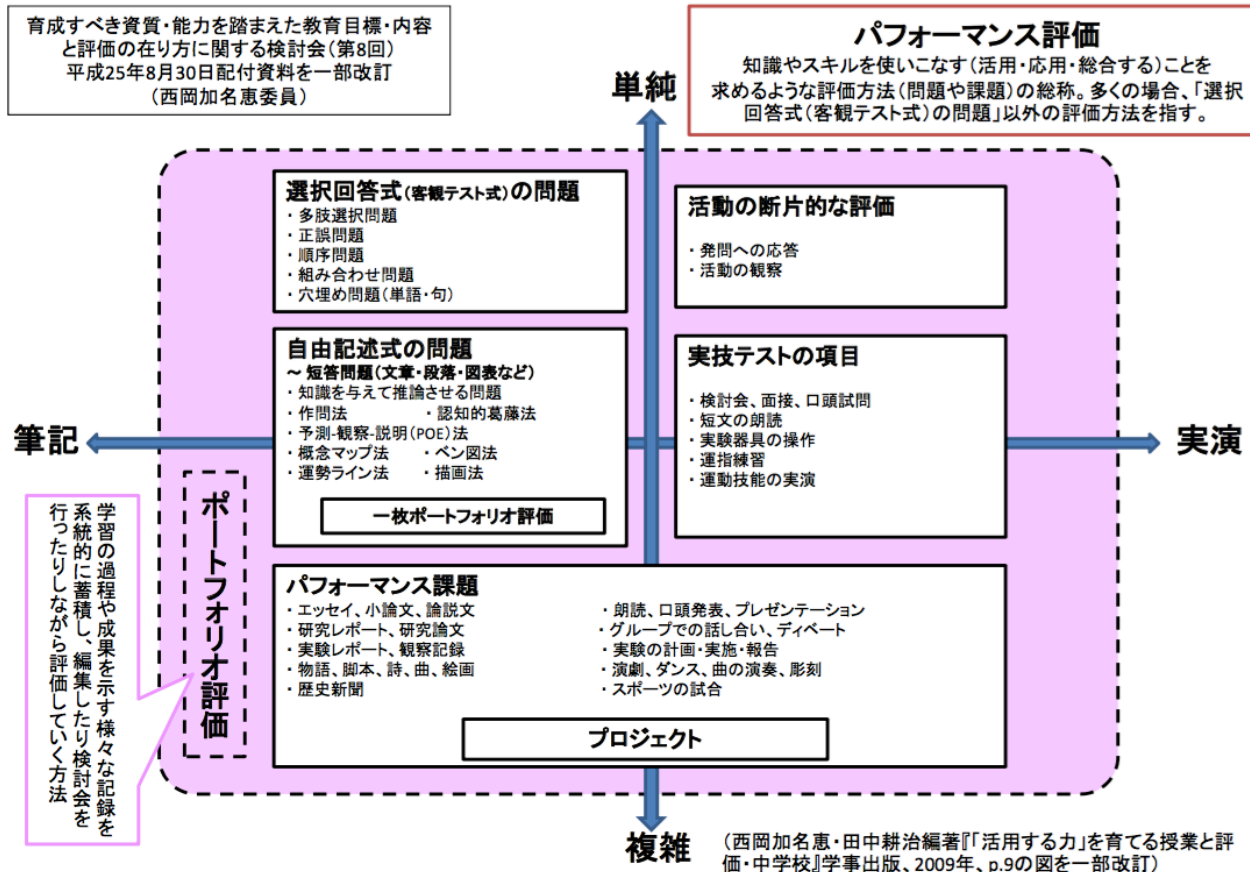
- 評価の観点

共通教科情報科の評価の観点について（たたき台）

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
情報と情報技術を問題の発見・解決に活用するための知識と技能を身に付け、情報化の進展する社会の特質及びそのような社会と人間との関わりについて理解している。	事象を情報とその結び付きの視点から捉え、問題の発見・解決に向けて情報技術を適切かつ効果的に活用している。	情報社会との関わりについて考えながら、問題の発見・解決に向けて主体的に情報及び情報技術を活用し、自ら評価し改善しようとしている。

育てた力の評価は

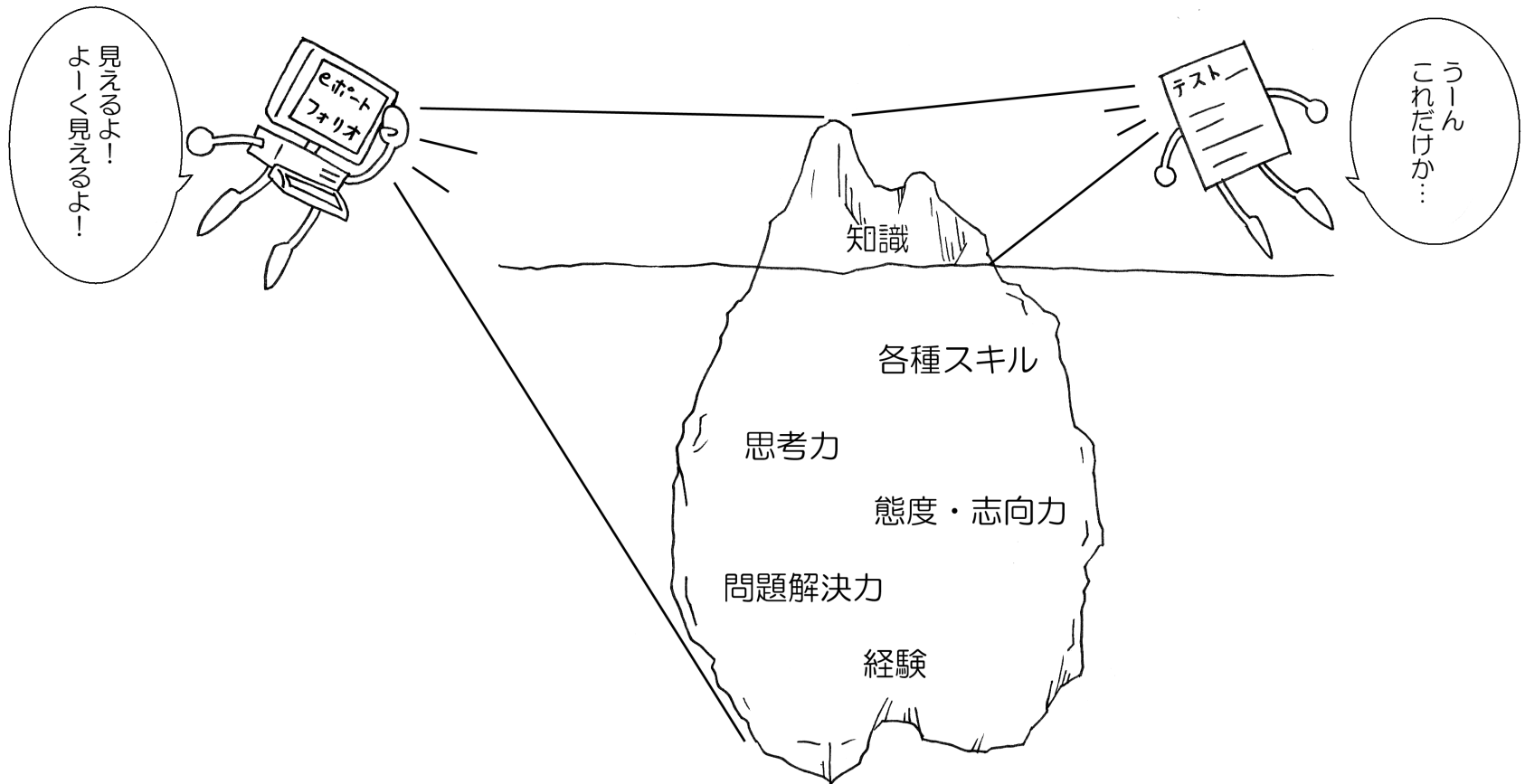
• 評価の方法



学習の過程や成果を示す様々な記録を系統的に蓄積し、編集したり検討会を行ったりしながら評価していく方法

育てた力の評価は

- 評価の際に考えていること



育てた力の評価は

- 自己評価用ルーブリック

育てた力の評価は

- ポートフォリオ

生徒の自己評価から①

- 個別の知識・技能

- RANDやVLOOKUPなどが使えるようになった
- 乱数の使い方やくじのあたり方が学習できてよかった
- （携帯電話の）料金プランのマジックやどのプランが得なのかがわかるようになった
- コンピュータを使って計算することの利点を多く見つけられた

生徒の自己評価から②

- 思考力・判断力・表現力

- シミュレーションを行い、グラフを利用すれば普段わかりにくいこともわかりやすく表せると思った
- シミュレーションはたくさんのパターンがあり、どれを使うかを考えるのも必死だったが、やっていくうちに理解できた

生徒の自己評価から③

- 学びに向かう力・人間性等
 - 今まで受動的にやっていたことを、自分たちで能動的にすることができ、理解が深まった
 - 班の中で教え合ってできるようになった
 - 積極的にやると慣れてきて目標が見えるようになった

問題解決の学習を より促進するために必要なこと

- 1人に頼らないよう、同程度のスキルの生徒が集まること
- 主体的に問題を発見し、取り組むことができるようにすること
- 問題を発見しやい、応用が効くような例題について学習すること
- 学習したことを、容易に振り返り学習に活かすことができる学習環境があること
- 問題解決の過程で自信が持てるようなきっかけがあること

今後の課題

- グループ数が多いため、生徒の学習過程が見えにくいため工夫が必要
- 一斉授業が受け身の学習になっているため、指導方法に工夫が必要

指導に自信がない先生へ 生徒ができないと考えている先生へ

- 算数・数学の文章題を活用して
数式モデルの作成、シミュレーションの
練習をしてみるとよいと思います。

例 「分速75mで家を出た弟に、1時間後、
分速250mで自転車に乗って出発した兄は
何分後に追いつくか答えなさい」

四則演算の力は絶大です！

今日の内容

- 発表のねがい
- 実践授業の紹介
 - グループ学習
 - 一斉学習
 - グループ学習で生徒が行ったシミュレーション
- 育てたい力とその評価
- まとめ