

東京学芸大学 附属高等学校・附属国際中等教育学校



・附属高等学校
生徒数1000名
・全日制普通科
-SSH(2期) SGH-A
・探究授業
・One to One (Mac Book)



・附属国際中等教育学校
生徒数720名
中高一貫(中等教育型)
IB World School
・SSH(2期) SGH(WMI)
・英語イマージョン

情報教育研究会@江戸川大学（附属教育、東京学芸大学 附属高等学校）

2021/8/1 2

教科「情報」を通して育成したい 問題解決にかかる力（学力・能力）

後藤貴裕
Takahiro GOTO
東京学芸大学附属高等学校
Tokyo Gakugei University Senior High School

情報教育研究会@江戸川大学（附属教育、東京学芸大学 附属高等学校）

2021/8/1 3

実践の概要

- セルオートマトン・シミュレーションを用いた問題解決を行う単元を設計し実践した。
- 問題解決のためのシミュレーションの開発および相互評価や省察等の評価活動を通して、シミュレーションを用いた問題解決の手法を体系的に整理したり教科学習で学んだ知識や技能の概念的な理解を（メタ認知）すすめることで、
- シミュレーションを用いた問題解決の手法が体系的に整理されたり、教科学習で学んだ知識や技能の概念的な理解が促され、
- さらには、他の問題解決に応用（転移）することを促し、
- 汎用的な問題解決に必要な知識・技能・態度や その考え方への気づきを促す。
- その様相を紹介する。 → 単元デザインのゴツの提案

〈仮説として〉(検証はおこなわないが)

- 教科指導の内容(知識・技能)の概念理解は、問題解決に役立つ能力の汎用化が促される。
- 教科指導に関わる技能・スキルから問題解決のスキルの創出(認識)することができる。

情報教育研究会@江戸川大学（附属教育、東京学芸大学 附属高等学校）

2021/8/1 4

実践の背景・目的

- 予測困難な時代に、一人一人が未来の創り手となる。(平成28年中教審)
- 情報化やグローバル化といった社会的変化が、人間の予測を超えて進展
- 人工知能がいかに進化しようとも、(中略)与えられた目的の中での処理である。
- 一方人間は、(中略)多様な文脈が複雑に入り交じった環境の中でも、場面や状況を理解して自ら目的を設定し、その目的に応じて必要な情報を見いだす、情報を基に深く理解して自分の考えをまとめたり、相手にふさわしい表現を工夫したり、答えのない課題に対して、多様な他者と協働しながら目的に応じた納得解を見いだしたりすることができるといふ強みを持っている。
- このために必要な力を成長の中で育んでいるのが、人間の学習である。
- 様々な情報や出来事を受け止めて、主体的に判断しながら、自分を社会の中でどのように位置付け、社会をどう描くかを考え、課題を解決していくための力の育成が社会的な要請となつてい

いわゆる「資質・能力」

情報教育研究会@江戸川大学（附属教育、東京学芸大学 附属高等学校）

2021/8/1 3

教育課程における位置づけ

- ・ 共通教科「情報」の学校設定科目「インフォマティクス」(高校2学年・2単位)
 - 情報(現)「情報の科学」
 - (2) 問題解決とコンピュータの活用
 - (7) モデル化とシミュレーション(モデル化とシミュレーションの考え方や方法を理解させ、実際の問題解決に活用できるようにする。)
 - 情報(新)「情報Ⅱ」
 - (3) 情報データサイエンス(多様なデータを分析し、その結果を読み取り解釈する活動を行う。)
 - 理数(新)「理数探究基礎」:
 - 様々な事象に関わり、理数的な見方・考え方をを用いて、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な責任・能力を身につける。
- 〈知識・技能〉
- 〈思考力・判断力・表現力〉
- 〔「数学的な手法を用いた探究の過程」に関して、生徒の学習状況に応じ、様々な事象を数式などを用いて分析する数学的探究活動〕
- 観察・実験等の結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を追究すること。

202.1/8/A

情報教育研究会@江戸川大学 (豊橋貴船, 東京学芸大学
附属高等学校)

5

単元デザイン

- 「情報の科学」(現行)の『モデル化とシミュレーション』の教材を深化
 - 事象のモデル化(単純化など)の設計の考え方を理解する
 - モデルの実装とシミュレーションの限界の理解したうえで、適切な活用ができる。
- 「理数探究基礎」(新)などで求められている実験データを対象とした統計的探究などで、問題解決の解や研究の結論を導出し、それを論理的に説明する力を身につける。
 - モデル(実装モデル)の有効範囲を説明することができる。
 - シミュレーションから言及できることの妥当性を統計的手法を用いて説明できる。
 - モデル・シミュレーションの特性を考えた条件設定・実験計画を立案できる。

202.1/8/A

情報教育研究会@江戸川大学 (豊橋貴船, 東京学芸大学
附属高等学校)

6

2. 研究の方法(単元デザインの構成)

- PhaseA 問題解決にかかる技能の意識化
 - ・ 教材およびその展開から生徒が教科内容を問題解決の技能(スキルや能力)を学びとっているか。(意識しているか)
- PhaseB 他の問題への応用(転移)及び観点の汎用化
 - ・ 他の事象や問題に転移させることで、問題解決の技能(スキルや能力)を汎用化(一般化)させているか。

202.1/8/A

情報教育研究会@江戸川大学 (豊橋貴船, 東京学芸大学
附属高等学校)

7

2.1.単元デザインの考え方(重視したこと)

- ① 離散モデルの実装とそのシミュレーションの限界の理解したうえで、問題解決に(セルオートマトン)シミュレーションを活用する力
- ② シミュレーションの結果として出力される大量のデータから仮説を生成したり結論を導出するなど統計的に探究する力
- ③ モデルとシミュレーションの特性を理解し、納得解を導出するための評価指標を考え、条件設定および実験計画を立案し、そこから言及できる範囲を判断する力
- ④ シミュレーションを活用した問題解決に必要な技能や考え方を利用して他の問題解決に応用(転移)させる力

202.1/8/A

情報教育研究会@江戸川大学 (豊橋貴船, 東京学芸大学
附属高等学校)

8

探究の問い(Inquiry Question)

課題の一般化（シミュレーション→問題解決）

- ◆ Factual(事実)→「森林火災の延焼」を防ぐためのより良い方略を提案する。
- ◆ Conceptual(概念)→万人が納得する結論に必要なものは何か？
- ◆ 最適解(納得解)の妥当性をはかるには？
- ◆ 効果の有無・他との違いの識別をどう判断するか？ > 統計的探究スキル
- ◆ どのような条件設定がすばいのか？
- ◆ どれだけ(量質)の実験データが必要か？ > 実験計画の立案
- ◆ Debatable(議論)→身近な問題の解決にコンピュータシミュレーションは役立つのか？
- ◆ 離散モデルのシミュレーション(セルオートマトン)は、問題解決の手段となりうるか？

情報教育研究会@江戸川大学(後編後巻、東京学芸大学
附属高等学校) 10

A①生徒の認識O(セルオートマトンとは)

シンプルなルールを自動で繰り返して複雑な結果を簡単に出力するシステム。
機械的に、命令に従って動くもの。シンプルに動き、自動で繰り返される。
セルオートマトンは、機械的に情報を入力、出力をルールにのっとって行う。
一つのものを決めたととき、その1つのものによってすべてが変わる。そしてそれが出力されるシステムです。
シンプルに定められたルールを与えられた範囲の中で何度も繰り返し行うこと。その結果、多くの情報を知ることが出来る。
現実の問題を簡略化して抽象化してシミュレーションするのに役立つもの

単純な
ルール

×

繰り返す
(自動)

→

情報(複雑・
面白い結果)

<繰り返す>

・初期条件の変化(1列目の(0→1)) ・ルールの決定(Rule30からの変更)	<繰り返す> ・コピーする列の変化 ・境界条件の変化 マクロプログラムは自分で実行
---	--

情報教育研究会@江戸川大学(後編後巻、東京学芸大学
附属高等学校) 12

2.2単元の展開

単元の展開【情報科学基礎定科目「モデル化とシミュレーション」】

- A①【モデル化とシミュレーション】「**真正な問題の理解と分析**」
セルオートマトンの離散モデルの原理とその特性について探究し、それをどのようにに用いられれば問題解決の目的が達成できるかを検討
- A②【仮説生成と課題設定】「**問題の定式化**」
目的や手法で5つのグループを編成し、グループ毎に立てた仮説を検証するための【前提条件】(共通)と【選択肢】(変数)を設定。
- A③【実験計画とシミュレーションの実装・実行】「**選択肢の導出・結果の導出**」
仮説を検証するための【評価指標】を設定し、必要なデータが得られるようにサンプルを改編しシミュレーションを実行する。
- A④【データにもとづく考察・提案】「**合意形成**」
シミュレーション結果を用いて、グループ毎の仮説に基づいて導出された解を提案(発表)する。
- A⑤【評価と改善】「**繰り返り**」
他のグループの発表(解法)や相互評価による他者視点からのアドバイスを受け、さらに解の妥当性を高めるため再設定を行い、統計的手法を用いる等して納得解を得るための改善を行う。
- B⑥【他の問題解決への応用】「**転移モデルの実践**」
他グループを含めた解決手法や技能(モデルやシミュレーション)を活用して他の問題解決に応用(転移)させる。

情報教育研究会@江戸川大学(後編後巻、東京学芸大学
附属高等学校) 9

A①教材サンプルプログラム

Rule30: cellauto_baseic
[=VLOOKUP(CONCATENATE(<左上のセル><真上のセル><右上のセル><左上のセル><右上のセル>,<ルール表の範囲>,<2,FALSE!)]
サンプルプログラム(生徒に提供するサンプル)cellautomat0m_BASE0

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheet1("Update")<Range("B2:AE617").Copy
Range("B2").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=PasteValues, Operation:=None, SkipBlanks:=True, Transpose:=False
End Sub
```

森林火災をモデル

[C A] 注目セルの状態を表示し、シミュレーション結果を表示する。
[Update] シートC Aの状態から更新された注目セルの状態を表示する。
[Date] 近傍セル(ノイマン近傍)が隣接している数を求める。

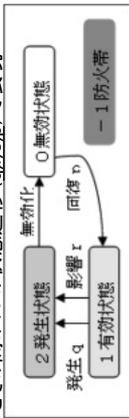
情報教育研究会@江戸川大学(後編後巻、東京学芸大学
附属高等学校) 11

A②仮説生成と課題設定「問題の定式化」

(2次元・セルオートマトンのモデルの理解)

2次元モデルへの拡張【シートを用いた構造化】×【マクロプログラム】

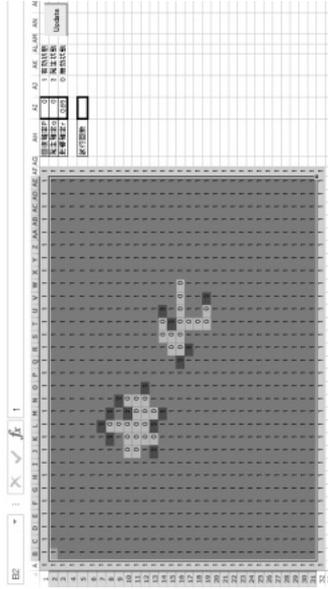
- ・シミュレーション(森林火災:2次元に展開するモデル)の実装は、表計算のセル値で示す4つの状態(2,1,0,-1)とその間の4つの状態遷移(g,r,o,p)で表現
- ・<4つの状態>



<4つの状態遷移>

- ・ A) 発生 q: 任意の確率で発生する1⇒2(発火・発症など)
- ・ B) 影響 r: A) 発生 r: 周囲で、状況と任意の確率で発生する1⇒2(延焼・感染など)
- ・ C) 無効化: 発生後(次段階)には無効(A発生・B影響のない)状態となる。2⇒0
- ・ D) 回復 p: 0)無効状態から発生・影響可能な有効な状態に任意の確率で回復。0⇒1

A②「問題の定式化」サンプルプログラムの実行 問題を考える(表現)ための材料・素材



A②「問題の定式化」目的に応じた改変 (繰り返し・自動化)

①さらに自動化をはかってみる。 >> マクロプログラム(VBA)を活用する。
初期化ボタン、 Init ボタンをつける。

```
Private Sub Btn_Init_Click()
    Sheets("CA").Range("B36:AE65").Copy
    Range("B2").PasteSpecial
End Sub
```

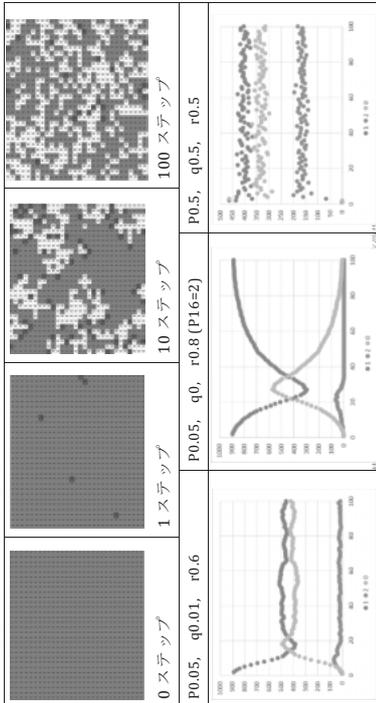
②集計してみる。 >> 発火(2)の数をカウントする。

```
=COUNTIF($B$2:$SAE$31,A05)
```

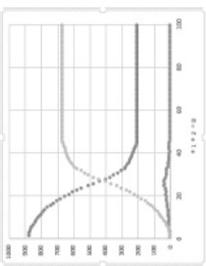
③自動実行(繰り返し)をプログラミングする。 >> Startボタン

```
Private Sub BtnStart_Click()
    num = 20
    'num = Cells(5, 35).Value
    For i = 1 To num
        CommandButton1_Click
        Cells(i + 6, 34).Value = i 回数
        Cells(i + 6, 35).Value = Cells(i6, 40).Value '1
        Cells(i + 6, 36).Value = Cells(i6, 41).Value '2
        Cells(i + 6, 37).Value = Cells(i6, 42).Value '0
    Next
End Sub
```

A②「問題の定式化」サンプルプログラムをシミュレーション で使用できるようにする。



A③「選択肢の導出・結果の導出」 実験計画とシミュレーションの実装・実行 ＜事例モデルの実行イメージ＞



【前提条件】着火点は中央 [O16] 防火帯は (一つ間隔) 等間隔に整列
 【選択肢】防火帯を1つつ増やす。下方向から右回りを1つ間隔で配置
 【評価指標】鎮火時の焼失面積
 【データ収集】選択肢毎に10回試行

A2「問題の定式化」目的に応じた改革 (繰り返し・自動化)

A④「合意形成」 データにもとづく考察・提案

シミュレーションの結果を基にして、自分たちが導いた(最適)解を説明するには、シミュレーション結果から得られたデータをもとに、目的を達成するために設定した評価指標などをを用いて、他者が納得できる説明を行う

＜提案の発表＞(同時に自己評価)

【研究授業】の本時の展開を参照

・プレゼンテーション 5分

・質疑応答+討議+評価 5分

【相互評価】グループ発表毎に、相互評価、Web回答フォームに回答

A④「合意形成」 プレゼンテーション例(フィールドモデル改革)

影響係数 r が一般的なサンプルのフィールドモデルに、セル毎に標高データ (シート) を組み込むことで、

【前提条件】として標高の勾配 (高低差) によって影響係数 (低→高 = r 大, 高→低 = r 小) を変えるモデル

【選択肢】選択肢1 (防火帯なし), 選択肢2 (中腹 防火帯数30), 選択肢3 (稜線上 防火帯数30) 3パターン

【評価指標】「自然鎮火までの累積焼失面積」, 「自然鎮火までの時間」, 「防火帯配置の現実性」, 「森林の生産性」として、焼失までの回数と累積焼失地セル数の分布 (y軸は累積焼失地セル数, x軸は焼失までの回数) の分散図で判断

【提案・考察】焼失までの回数と累積焼失地セル数の分布 (y軸は累積焼失地セル数, x軸は焼失までの回数) の分布図を基に比較した。「稜線上に防火帯を一系列に設置すれば、森林火災を効率よく防げる」

A⑤「振り返り」評価と改善

グループ毎に提案の発表をとおこみ、相互評価をおこなう。発表の際のコメントや質疑応答も含めて他者視点からのアドバイスを交えて、さらに解の妥当性を高めるために再度課題設定をおこない、新理解とするための改善を行う

④【前提条件】比較・検証するための共通の【前提条件】が適切であることを8段階(1-8)で評価しなさい。
 ・比較したいこと⑥の選択肢の要素や変数の違いによる効果を評価が正しくなるような共通条件が網羅されているか? 見落している条件はないか? 見落とされている条件や追加した方が良い条件があれば⑤の評価の理由に書いて下さい。

⑥【選択肢】提案の選択肢・比較するための要素・変数などが、課題設定に対して適切に設定されているかを8段階(1-8)で評価しなさい。

・何を変化させ何の違いによる効果を比較したいのか明らかであり、その選択肢(要素・変数)が仮説を検証するのに適切である。その選択肢(要素・変数)は何であるかをプレゼンから分かったことを⑦に記述する。

⑧【評価指標・基準】最適な【選択肢】を選ぶための【評価指標・基準】が設定(用意)されているかを8段階(1-8)で評価しなさい。

・④【前提条件】と⑥【選択肢】要素・変数の関係性から指標や基準の要素が適切に設定されている。その他に【評価指標・基準】のアイデアがあれば、⑨に記述する。

⑩～⑫はプレゼンから読み取れる課題の達成度を観点毎に8段階(1-8)で評価してください。> 一般論か

A⑤「振り返り」評価と改善

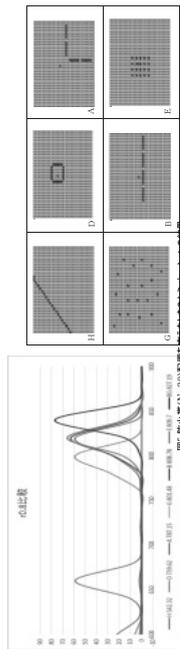
改善の実施例(G17フィールド属性に独自にデータを付加して一様でない伝播フィールドを設定)

- ・シミュレーションのフィールドに実際の森林火災の発生現地の地形データを適用した。(山林の標高データを国土地理院のデータベースから)
- ・ヒストグラムを用いて直感的に評価指標の開発(「鎮火までに要した時間」と「焼失面積」を要素とする評価指標(得点化)を開発し、その妥当性をヒストグラムの形(正規分布)で説明)
- ・説明のツールとして検定(統計的探究)を活用(配置の形ではなく、設置の位置に依存することをシミュレーションデータから統計的に説明)

Phase A 3.1問題解決にかかる技能の意識化

教科内容・手法→実践的な問題解決に必要な能力
モデルやシミュレーションを用いた問題解決の過程の概念的理解(生徒の認識)をはかるために【前提条件】【選択肢】【評価指標】

- A1: サンプルモデルの顕実化:【前提条件】の改編
汎用的なサンプルでは現実的なシミュレーションとして再現できないと判断し、計算フィールドそのものの【前提条件】を改編した。
- A2: 思考過程の多様化:【選択肢】の増強
解の候補としての【選択肢】を増強。実験計画をもとにした適切な質と量を意識した。
- A3: 価値判断の客観化:【評価指標】の数学的裏付け
問題解決に關わる価値判断を数理科学的におこなうためシミュレーション結果の【評価指標】を重視し統計的探究を意識した。
- A4: 解法プロセスの説明の重視
普遍的で唯一正解が特定できない問題解決の解の提案では、その妥当性を説明することが重要であり、そのためには解法のプロセスを重視した説明が必要である。

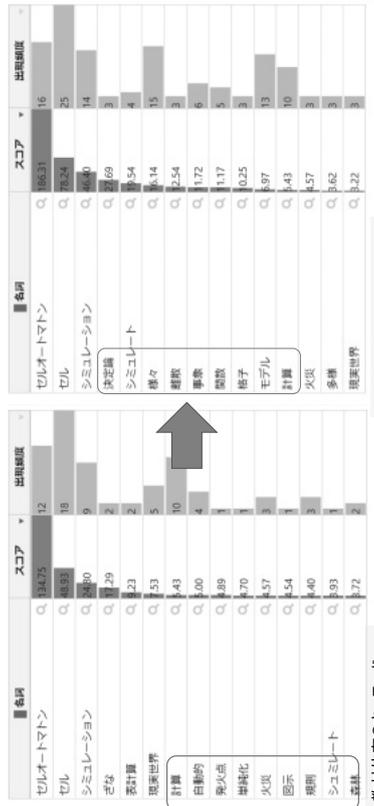


3.1 問題解決にかかる技能の意識化

教科内容「セルオートマトン」の捉え方の様相

- ・〔対象〕学習報告書に自由記述で記載された「セルオートマトン」とは？
- ・Phase A 問題解決にかかる技能の意識化
・教材およびその展開から生徒が教科内容を問題解決の技能(スキルや能力)を学んでいるか。(意識しているか)
- ・Phase B 他の問題への応用(転移)及び観点の汎用化
・他の事象や問題に転移させることで、問題解決の技能(スキルや能力)を汎用化(一般化)させているか。

AB 初後期 (名詞)出現頻度



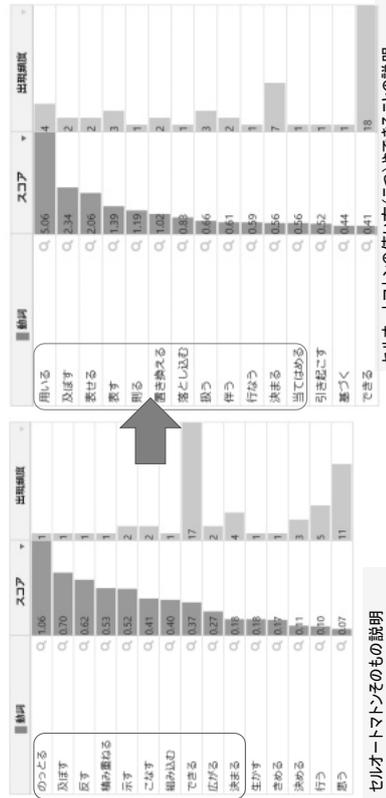
2021/8/1 情報教育研究会@江戸川大学(後編) 東京学芸大学 附属高等学校

3.1 前後期 AB ワードクラウド



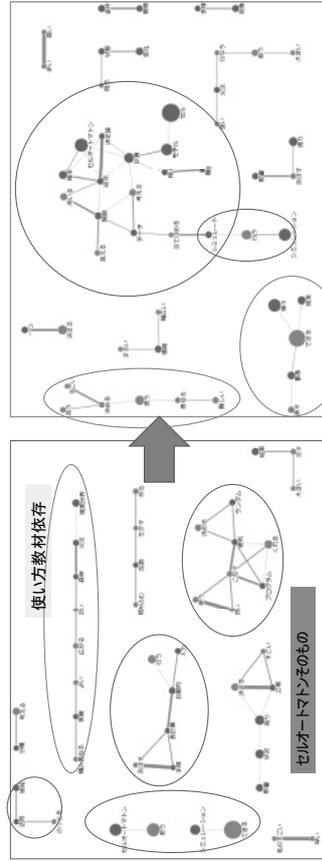
33 後期 初期 情報: 東京学芸大学

AB 初後期 (動詞)出現頻度



2021/8/1 情報教育研究会@江戸川大学(後編) 東京学芸大学 附属高等学校

AB 初後期 共起キーワード(文脈上の関係)



2021/8/1 情報教育研究会@江戸川大学(後編) 東京学芸大学 附属高等学校

3.3 応用（転移）の観点の汎用化（生徒の捉えた転移のコツは）

（5）Phase Bで開発の基となるシミュレーション（プログラム）を評価し採択するときの理由や

（6）Phase Bで応用作品（問題解決やプログラム）作成時のコメント等から、Phase Aで学んだ内容や考え方をもとに、シミュレーションなどのツールを問題解決に応用するときの視点（転移のコツ）をコード化（KSAVEフレームワーク）し読み取った。上位5

- 10.2. 社会的責任 [現実・実用性を重視した問題解決]
- 3.2. メタ認知 [技能の概念的理解から転用]
- 2.3. 意思決定 [転移の方針と筋道をたてる]
- 1.2. イノベーション [新規開発技能の導入]
- 2.1. 批判的思考 [過程・開発方法の評価]

シミュレーションプログラムを活用（転移）することを前提とした問題解決を求めたにも関わらず、新たな技能の開発や技能やスキルに関わることではなく、そのシミュレーションやモデルに実用性や実効性を求めたり、技能の概念的理解をもとに転移の方向性を探っていることがうかがえる。ツールを用いた問題解決に活用する求める汎用的な能力として、これらの視点を見出していることがうかがえた。

情報教育研究会@江戸川大学（後編後巻：東京学芸大学附属高等学校）
202/18/A 41

21世紀型スキルから

(KSAVEフレームワーク (知識・技能・態度・価値・倫理) 21世紀型スキルP46)

	知識	技能	態度・価値・倫理
1 創造性とイノベーション			
2 批判的思考、問題解決、意思決定			
3 学び方の学習、メタ認知			
4 コミュニケーション			
5 コラボレーション(チームワーク)			
6 情報リテラシー			
7 ICTリテラシー			
8 シチズンシップ(地域グローバル)			
9 人生とキャリア発達			
10 個人の責任と社会的責任			

202/18/A 42

4. まとめ

問題解決を実践させるスキルとして(生徒が)見出したもの

→ 単元デザインのコツ(教科指導を問題解決の実践力)

- 問題解決のツール(モデル)の特徴(メリット・デメリット)を理解する力 B1
 - (1.2. イノベーション[新規開発技能の導入])
- 他の問題へ転移しやすくするためのモデルを概念的に思考する力 B3
 - (3.2. メタ認知[技能の概念的理解から転用])
- 【前提条件】をも改編する(勇氣)判断力 A1,B2
 - (2.3. 意思決定[転移の方針と筋道をたてる])
- シミュレーションの結果から客観的に判断する力 A2,A3
 - (10.2. 社会的責任 [現実・実用性を重視した問題解決])
- 解法・探究過程を重視した説明する表現力 A4
 - (2.1. 批判的思考[過程・開発方法の評価])

情報教育研究会@江戸川大学（後編後巻：東京学芸大学附属高等学校）
202/18/A 43

ご清聴を感謝いたします。

情報教育研究会@江戸川大学（後編後巻：東京学芸大学附属高等学校）
202/18/A 44