

問題解決に必要な能力の汎用化を促す単元デザイン

後藤貴裕

東京学芸大学附属高等学校

gotoh@u-gakugei.ac.jp

高等学校共通教科「情報」の学校設定科目において、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の実践を行い、その実践事例における生徒の探究活動の記録や成果物および評価活動（相互評価や省察等）の記録を分析したところ、教科内容に関わる能力（技能や考え方）が、問題解決を進めるのに役立つ汎用的な能力に変容していく過程がみられた。

モデルの考え方とシミュレーションの方法およびその結果を検証する統計的探究について経験的に学び考えることや、それらの評価活動が、他の問題解決に応用（転移）することを促し、たしかな問題解決の実践力につながる事が考えられる。ここでは、その単元デザインの考え方と生徒の認識の捉え方を実践事例で示しながら紹介したい。

1. はじめに

新しい学習指導要領では、新たに教科「理数」が設けられ、必要なデータを収集・分析し、見通しを持った観察、実験を行うなど科学的に探究する学習活動を充実させることで、全体的な学習の質の向上が求められている。

共通教科「情報」においても、情報にかかる技能の習得を主体とした学びから、自発的な気づきや学習者間の相互作用により、知識を再構築したり他の領域と関連付けて、実践的に使える知識・技能へと高められる学びへの転換することが期待される。

後藤（2018）では、「セルオートマトン・シミュレーションを通して学ぶ探究活動」として問題解決のためのモデル・シミュレーションの活用法についての提案をおこなった。ここでは、その教材を用いた授業（相互評価や省察等の評価活動を含む）を実践することを通して、その過程や生徒の成果物などから、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ることが示唆された。本実践では、さらに問題解決に必要な能力の汎用化や、それらが生徒の内発的気づきにもとづくことをめざす。

2. 研究の方法

既存教科科目の学習内容にかかる知識や技能が、どのように問題解決に役立つ実践的な能力に変容していくかを明らかにするために、単元設計を行い、その実践をとおして生徒の捉え方（認識）を明らかにすることを通してその効果を調べた。

2.1 単元デザインの考え方

問題解決スキルの汎用化をうながす単元展開とするために、教科内容にかかる個々の能力（知識・

技能）と、それらを組み合わせて問題解決に活用できる見通しを得るために、次のような能力の習得を目指した。

- 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

特に、様々な問題解決で活用できる実践的な能力とするためには、④の教科内容を通して学んだ（使用した）考え方や技能を他の問題解決に応用（転用）する能力（転移スキル）が重要であると考える。

2.2 教科の内容と展開

教科内容としては、「モデル化とシミュレーション」の単元として位置づけ、表計算ソフト上に設定した2次元のセルオートマトン・シミュレーションを森林火災の燃え広がり方のモデルとして適用し、それを用いて火災の延焼を効果的に抑制するための防火帯の設置のしかた（方策）を提案するグループワークを次の手順で行った。

<1>〔モデル化とシミュレーションの探究〕

個々人でセルオートマトンの離散的な数理モデルの原理とその特性について探究し、それをどのように用いれば問題解決の目的が達成できるかを検討する。

〈2〉〔仮説生成と課題設定〕

目的や解決手法が類似した生徒どうしでグループを編成し、グループ毎に立てた仮説を検証するための設定（共通）条件と選択肢（変数）を設定する。

〈3〉〔実験計画とシミュレーションの実装・実行〕

条件に応じて仮説を検証するために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。

〈4〉〔データにもとづく考察・提案〕

シミュレーション結果を用いて、グループ毎の課題設定に基づいて導出された解を提案する。

〈5〉〔評価と改善〕

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、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などし、納得解とするための改善を行う。

〈6〉〔応用と転移〕

他の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。

3. 実践記録と生徒の捉え方

それぞれのフェーズにおける生徒の活動記録（成果物や評価活動）から、問題解決の実践力（転移スキルにつながる）に関わる生徒の認識（気づき）の特徴を捉える。

3.1 問題解決にかかる技能の意識化

「モデル化とシミュレーション」の手法を実践的な問題解決に適用させるために、問題を考える際の前提（共通）となる【前提条件】、解の候補となる【選択肢】、適切な解を比較し判断する【評価指標】の3つの要素に着目し、単元展開のなかで明示している。本単元の展開を通じて、これらの要素を生徒はどのような場面（視点）で意識したかを表1に示す。

<p>サンプルモデルの現実化：【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。</p>
<p>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。</p>
<p>価値判断の客観化：【評価指標】の数学的裏付け 問題解決に関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。</p>
<p>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。</p>

表1：現実的問題への適用のための要素の意識化

3.2 他の問題への応用（転移）

展開〈6〉〔応用と転移〕において、本単元（教材）の展開〈1〉～〈5〉を通じて取得したモデル化やシミュレーションを用いた問題解決に必要な技能や考え方を、汎用的な能力としてとらえ、他の問題に応用（転移）させている事例を表2に示す。学んだり使用した技能や考え方をその特徴（ふるまい）や概念的な理解に至ることで、他の問題に応用（転移）につながっていると考えられる。

<p>「洪水モデル」←（標高差による火災の延焼モデルを洪水時の水の流れに転移） 「機能を不足＝コードを不足という気持ちではない」「元モデルのメリット・デメリットを理解する」</p>
<p>「感染拡大モデル」←（火の広がり方を感染症の感染の広がり方に転移） 「元モデルのどのような情報（機能）を採用し排除するか取捨選択能力が問われる。」</p>
<p>「波の伝播モデル」←（平面に連続的に伝播するモデルを水面波伝播シミュレーションに転移） 「セルオートマトンのセル間の影響のしかたに物体の移動ではなく状態の遷移を感じた」</p>

表2：他の問題への応用例と転移の観点

3.3 応用（転移）の観点の汎用化

〈5〉においてシミュレーションを使った問題解決について他グループの解法も含め評価（自己・相互評価）する際の観点や、〈6〉で他の問題へ応用（転移）する際の観点を生徒のレポートの記述をコード化し読取ったもの上位5件を表3に示す。

<p>社会的責任〔現実・実用性を重視した問題解決〕 メタ認知〔技能の概念的な理解から転用〕 意思決定〔転移の方針と筋道をたてる〕 イノベーション〔新規開発技能の導入〕 批判的思考〔過程・開発方法の評価〕</p>

表3：応用（転移）の観点の汎用化

4. まとめ

本単元のゴール〈6〉では、モデルやシミュレーションを活用（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、応用（転移）をする際の生徒の観点としては、〈1〉～〈5〉で学んだり使用した技能やスキルそのものではなく、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、技能の概念的な理解をもとに転移の方向性を探るなど、生徒は問題解決に必要な能力を汎用性の高いレベルで認識している様子がうかがえた。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金（奨励研究）〔課題番号：19H00104〕の助成を受け行われた

参考文献

(1) 後藤貴裕：セルオートマトンシミュレーションを通して学ぶ探究活動，日本情報科教育学会，第11回全国大会講演論文集，pp.97-98 (2018).