

# 高等学校における科学的探究力の育成を目指した STEAM 教育の実践 II

## ～第 2 学期の活動を通して～

池 恩燮\*, 小林優子\*\*, 中島さち子\*\*\*, 田中香津生\*\*\*\*, 山羽教文\*\*\*\*\*

大分県立大分舞鶴高等学校\*, 筑波大学大学院・日本学術振興会特別研究員 DC2\*\*,  
明治大学 MIMS\*\*\*, 東北大学 CYRIC\*\*\*\*, 株式会社 STEAM Sports Laboratory\*\*\*\*\*

昨今、Society5.0 の社会を生き抜く人材の育成として高等学校での STEAM 教育の必要性が述べられているが、高等学校の授業で実施されている STEAM 教育の実践事例は少ない。そこで、発表者が勤務する高等学校では、本年度から授業で行う STEAM 教育の開発とその実践事例の普及を図っている。第 2 学期は、特に家庭科×美術×化学×地歴公民×情報分野や体育×数学×情報分野の構造化された課題研究を行った。その中で生徒は、科学的な問い(リサーチクエッション)の生成やスポーツ活動をモデル化する活動を通して、仲間とともに深い思考へて最適解を導きだしていた。

**キーワード：授業実践, STEAM 教育, 教科横断, 課題研究, 科学的な問い, 数理モデル**

### 1. 背景と目的

近年、グローバル化の加速、人工知能や IOT などの急速な先端技術の発達と利用、多様な価値観の創出、さらにはコロナウイルスの影響による社会の大きな変化など、変化の激しい不確定な時代が訪れている。このような現状の中で、教育現場では、新たな時代を生き抜く人材の育成が重要な課題となっている。

平成 30 年 6 月にまとめられた「Society5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」では、新たな時代を生き抜く人材の育成として、高等学校時代に思考の基盤となる STEAM 教育を、全ての学生に学ばせる必要があることが述べられている。さらに、平成 31 年 4 月 17 日の「中央教育審議会 諮問」においても、STEAM 教育の必要性と推進が述べられている。しかしながら、現在の高等学校教育において、授業で行うことができる STEAM 教育の実践事例やそれを行うための指導案等は非常に少なく、STEAM 教育を教育現場で行うことは困難な状態である。そこで、発表者が勤務する高等学校では、授業でおこなう STEAM 教育の開発に挑戦し、他校においても実施可能な

STEAM 教育の実践事例や指導案の作成を目指している。本発表は、発表者が勤務する高等学校における第 2 学期の STEAM 教育の実践事例の紹介とその中で生徒の学びの様子と変容を紹介する。

### 2. 実践内容

#### 2.1. STEAM 教育に関わる教育過程

発表者の勤務校である大分県立大分舞鶴高等学校は、令和 2 年度より文部科学省からスーパーサイエンスハイスクールの第 4 期の指定を受けた。それに伴い、学校設定科目として、第 1 学年 8 クラス(320 名)を対象に「舞 STEAMs」と呼ばれる 1 単位の STEAM 教育を実施する授業を開講した。なお、授業は、2 名の教員によるティームティーチングで行われている。

#### 2.2. 舞 STEAMs の年間計画

本授業は、5 つのユニットと呼ばれる単元で構成されている。その構成は表 1 に示す通りであり、ユニット I～IV は、STEAM 教育の中核となっている教科横断的な取組みである。また、いずれも構造化された問題解決型学習(ミニ課題研究)であり、7 時間前後で完結するという特徴がある。そのため、ユニットのうち、

1 つだけを行うといったことも可能である。しかし一方で、ユニット I、II の様に連続的に行うことで、より高い教育効果が期待できるカリキュラム設計にもなっている。本発表は、第 3 回年次大会で発表したユニット I に続きユニット II、III を取り上げる。

表 1：1 年間の授業の流れ

	ユニット名	関連教科
1 学期	ユニット 0 オリエンテーション	—
	ユニット I ストローの長さやマッチ棒の飛距離の関係	物理×数学×情報
2 学期	ユニット II 天然染料での染色～赤をめぐる研究～	家庭科×美術×化学×地歴公民×情報
	ユニット III スポーツ科学～タグラクビー～	体育×数学×情報
3 学期	ユニット IV 動きを変化させる機械～リンク機構～	数学×情報×工学

### 2.3. ユニット II 天然染料での染色～赤をめぐる研究～

ユニット II は、主に家庭科・美術・化学・地歴公民・情報分野の要素を持ち、天然染料での染色や色を取っ掛りに、先行的な知見の調査と科学的な問い(リサーチクエッション)の生成をミニ課題研究の中で行った。このユニット II は、表 2 の通りに行った。また、生徒が「理解する」・「できる」ようになることとして、表 3 で示す 4 つのことを目標とした。

表 2：ユニット II の授業の流れ

時間	授業内容	関連分野
1	・先人の知恵(興味の提案) ・先行的な知見の調査方法	家庭科 美術
2	・先行的な知見の調査 ・素朴な疑問/課題の発見	
3	・班内での共有(調査した情報・素朴な疑問/課題) ・科学的な問い(リサーチクエッション)の生成	化学 地歴公民
4	・複数の学問分野への関連を意識 ・クラス内共有(発表: 情報・疑問/課題・科学的な問い)	情報
5	・序論の作成	探究

表 3：ユニット II で生徒が「理解する」「できる」ようになること

- ① 探究活動を行うときに先行的な知見の調査が行える。
- ② 科学的な問い(リサーチクエッション)を作ることができる。
- ③ 1 つの事象の研究であっても様々な分野が関係していることを理解する。
- ④ ポスターや論文で書く序論が書けるようになる。

#### 2.3.1. 科学的な問いを生成する活動

科学的な問い(リサーチクエッション)は、図 1 のモデルのように生成されると考え、生徒に天然染料での染色や色についての興味を持たせるための講義のあと、生徒に文献等で自由に調査活動を行わせた。その後、KJ 法を用いながら班内で自分が調査によって得た知識を班員と共有させ、個々人の知識を深めさせた。さらに、そこで共有した知識によって生じた疑問や課題意識の一部をユニット I で学習した独立変数と従属変数を意識させながら科学的な問いへと醸成させた。生成された科学的な問いは、全体への発

表を通して、その妥当性を班内で内省させた。

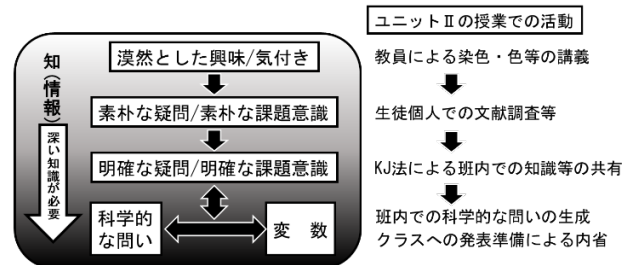


図 1 ユニット II での科学的な問いの生成モデルと授業での活動の関係 (河原井、科学的探究可能な「問い」の生成プロセスを参照して筆者作成)

#### 2.3.2. 分野の繋がりを意識させる活動

1 つの事象の研究であっても様々な分野と関係していることに気付かせるために、KJ 法でグループ分けした知識や疑問/課題意識に対して、自然科学・応用科学・人文科学・社会科学の学問分野でタグをつけた。

#### 2.4. ユニット III スポーツ科学～タグラクビー～

ユニット III は、主に体育・数学・情報分野の要素を持ち、実技でタグラクビーを行い、その結果をもとに、座学で動画を用いた分析とボードゲームを用いたモデル化を行うことで、自己のプレイを俯瞰し、改善するミニ課題研究を行った。このユニット III は、表 4 の通りに行った。また、生徒が「理解する」・「できる」ようになることとして、表 5 で示す 3 つのことを目標とした。なお本ユニットは、株式会社 STEAM Sports Laboratory との共同研究として開発した。

表 4：ユニット III の授業の流れ

時間	授業内容	関連分野
1	・[実技]タグラクビーの理解(1on1, 2on2)	体育
2	・[座学]分析とボードゲーム	数学・情報
3	・[実技]戦略と実戦(前時に考えた戦略を実戦で試みる)	体育
4	・[座学]理論 1 (数理モデル 1 1on1 思考する)	数学・情報
5	・[座学]理論 2 (数理モデル 2 1on1 完成させる)	
6	・[座学]理論 3 (数理モデル 3 2on2に1on1を活用する)	体育
7	・[座学]まとめ(1on1と2on2をまとめ戦略を考える)	
8	・[実技]トーナメント戦(2on2)	

表 5：ユニット III で生徒が「理解する」「できる」ようになること

- ① スポーツ活動を科学的に思考することができることを理解する。
- ② 現実の事象を数学を使いモデル化することができる。
- ③ 現実の事象から変数を認識し、それを活用することができる。

#### 2.4.1. スポーツ活動を科学的に思考する活動

生徒に自分たちのプレイを分析させるためにその様子は iPad で動画として録画し、後日、その動画を使い自分や友達の動きを分析させた。特に、4～6 時

間目では数理モデルを作成し終えた後、モデル化した動きと自分たちの動きを比較分析させた。

#### 2.4.2. 数学を使ってモデル化する活動

6×6の碁盤目を使いボードゲーム上で1対1や2対2を行ったときに攻め手が勝つ配置条件を考えさせた。2時間目では、共同研究開発企業である株式会社 STEAM Sports Laboratory が作成したワークブック上の問題を使い、4～6時間目では、模造紙に生徒が自由に自分の思考を書き出せる環境を整え、攻め手が勝つ配置条件の数理モデルを考えさせた。なお、生徒の活動をファシリテーションするために、注目すべき班の発表や部活動でラグビー部に所属する生徒を中心に実践で勝つためにどのような動きをすべきかを発表させた。7時間目のまとめでは、2時間目に行ったボードゲームを振り返り、数理モデルを作成することで、簡単に勝敗の判定をすることができることに気付かせた。

#### 2.4.3. 実際にタグラグビーをする活動

生徒に座学の中で考えた理論を試合の中で実践させた。その中で、考えた理論通りに行かない点があることに気付かせ、その理由を考える中で、現実世界と数理モデルの隙間を埋めるための変数を考えさせた。

### 3. 生徒の学びの様子とそこの中での変容

ユニットⅡ・Ⅲにおいて生徒に次のような様子が観察された。

#### 3.1. ユニットⅡ 1時間目

天然染料での染色や色に興味を持たせるための講義は、生徒に良いきっかけを与え、生徒に積極的な先行的な知見の調査を促した。生徒は、ICT 機器(主に PC や iPad)や書籍を上手に使い情報や知見を集めていたが、事前の知見の調査の注意点で触れていた引用文献や引用サイトの名称等の情報についてルールに従いながら記載できていない生徒が多かった。

#### 3.2. ユニットⅡ 2～3時間目

生徒は、KJ 法を使い活発に情報を共有していた。特に、中学校時代に KJ 法を経験した生徒(1 クラス中

数名)が中心になり活動した班は、他班に比べ目立って活発に情報の共有と情報のグループ分けを行っている様子が観察された。科学的な問いの生成については、苦戦している班が多かった。しかし、生徒に変数を軸に科学的な問いを考えさせていたことで、教員が指導をする際に変数を意識した具体的なアドバンスをすることができ、生徒の理解を向上させることができた。結果として、班によっては数個の科学的な問いを生成できていた。

#### 3.3. ユニットⅡ 4時間目

生徒による学問分野のタグ付けは、想定していたよりもスムーズに行われた。クラス内の発表については、その準備段階で科学的な問いについて改めて考えるきっかけとなり、班内で再度議論をしている様子が観察された。しかし、発表時の他班からの質問は総じて少なかった。

#### 3.4. ユニットⅡ 5時間目

ユニットⅡのまとめとして、序論を書かせた。序論は、決められたフォーマットに従い書かせたが、多くの生徒から序論を書くために新ためて自分たちの生成した科学的な問いに関連する情報や知見を得る必要を訴えらえた。実際、生徒は序論に情報や知見を書くにときに苦戦をしていた。完成した序論は、こちらが想定していた以上に描けていたが、研究の動機・目的については、序論の中ではっきりと明示されていないことが多かった。

#### 3.5. ユニットⅢ 1時間目

生徒は、共同研究企業の株式会社 STEAM Sports Laboratory が考案した流れに沿って、楽しみにながたタグラグビーのルール等の理解を深めていた。しかし、細かいルールについては、指導者の熟練度が大きく影響を及ぼし、生徒に十分な理解をさせることができなかった。

#### 3.6. ユニットⅢ 2時間目

生徒は、自分や友達のプレイを改めて分析することに対して、とても楽しそうに取り組んでいた。また、ワークブックに記載されている例題について、楽しみながら真剣に取り組んでいる様子が観察された。

### 3.7. ユニットⅢ 3 時間目

多くの生徒が前回の 2 時間目で考えた戦略について思考を重ねながら実践していた。しかし、ただプレイをするだけの生徒も少なくなく、授業展開については、課題を残す内容であった。

### 3.8. ユニットⅢ 4~7 時間目

自由に記載できる模造紙を 4 人班の中心に置き、数理モデルを考えさせることで、生徒が班内の友達と思考を共有しながら非常に深い思考に入っていく様子が観察できた。実際、後日の生徒感想に「1 つの物事をこれほど深く考えることはなかったので、楽しかった」という記載もあった。また、定期的に一部の生徒に発表をさせ、クラス全体で情報を共有することで、思考が煮詰まった班のブレイクスルーになる様子が観察された。最終的には、多くの班が自分たちなりの最適解を導き出し、モデル化された世界と現実世界の相違点を感じていた。また、生徒の中には、スポーツ活動でさえ仲間と協力することで数理モデルにできることに驚きを感じている生徒もいた。

### 3.9. ユニットⅢ 8 時間目

最後のまとめとして、トーナメント戦を行ったが、考えた数理モデルを踏まえた動きや動画による分析結果を十分に生かして試合に挑んでいた班と実践に生かすことができない班とがあった。

## 4. まとめ

これまで本校が授業の中で行った STEAM 教育は、教科横断的であるという一般的な特徴以外に次のような 3 つの特徴がある。

- (1) 生徒に数理モデルを作成させることで、生徒が事象を科学的・数学的に深く思考する。
- (2) 生徒に仮説や科学的な問いを、変数を軸に考えさせることで、教員が指導する際に変数を意識した具体的なアドバイスを与えやすい。
- (3) 生徒間の情報の交流を有効に活用し、生徒に最適解を導き出させる。

これは、いずれも科学的な探究活動において大切

な要素であり、「Society5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」で述べられている Society5.0 の社会で共通して求められる「①文章や情報を正確に読み解き、対話する力、②科学的に思考・吟味し活用する力」なのではないかと考える。

3 学期に入り、新たにユニットⅣ「動きを変化させる機械～リンク機構～」が始まっている。このユニットは、モノづくりの中で生徒にデザイン思考を体験させることに挑戦しているが、このユニットについては、後日どこかの機会でも報告したい。

## 5. 謝辞

本実践は、発表者の勤務校の各教科の先生方、発表者と議論を重ねて頂いた大学の先生方、他校の先生方によって形になったものであり、協力して頂いた皆様に心から感謝の気持ちとお礼を申し上げます。

## 6. 参考文献

- 石崎友規(2012). 科学的探究における「検証可能な問いの生成」を指向した理科教材. 教材学研究, 23, 67-74.
- 河原井俊丞・宮本直樹(2018). 理科授業における科学的探究可能な「問い」の生成モデル構築に関する基礎的研究. 日本科学教育学会研究会研究報告, 32(7), 5-10.
- 丸山雅貴・森田裕介(2020). 科学教育の研究における STEM/STEAM 教育を指向した取り組みの動向に関する整理. 日本科学教育学会第 44 回年会論文集, 289-292.
- 中村大輝・松浦拓也(2018). 仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究. 理科教育学研究, 58(3), 279-290.
- 中村大輝(2018). 仮説設定の合理性を高める指導の提案-仮説設定の思考過程に基づく介入-. 理科の教育, 67(795), 50-51.