

小学校と中学校において同一の教材を用いたSTEAM教育の実践と 教育的効果の比較

Practical comparison of the differences between elementary and junior high school students in the case of using the same STEAM teaching material.

安藤 明伸*・齋藤 真子**・西川 洋平***・安達 勲***・新田 佳忠****・
渡部 智喜****・上杉 泰貴****・三宅 丈夫*****・早川 健太郎*****

宮城教育大学 教科教育学域 (技術科教育) *・宮城教育大学 情報・ものづくりコース**・
宮城教育大学 附属中学校***・宮城教育大学 附属小学校****・(株) アーテック*****

本研究では、STEAM教育の導入的な観点を重視し、低い統合度で教科教育の中で指導した場合の教育的効果について、同一教材を小学校と中学校で用いた場合の特徴を比較した。利用したツールは、アーテックロボ2.0のECセンサーで、小学校では総合的な学習の時間、中学校では理科における水溶液の学習を対象として実践した。授業のねらいが異なるものの、それぞれの授業における教科のねらいは達成され、児童生徒のワークシートからは、それぞれの発達段階に即し、かつ学習内容に関連して教科を横断して考察されていることが明らかとなった。

キーワード：小・中学校，教科等横断，STEAM教育，アーテックロボ2.0，
EC（電気伝導度）センサー，水質調査

1.はじめに

文部科学省よりSTEAM教育等の各教科等横断的な学習の推進についての取組等についての資料「STEAM教育等の教科等横断的な学習の推進について」において、中央教育審議会答申(2021)には、「STEAM教育は、(中略)高等学校における教科等横断的な学習の中で重点的に取り組むべきものであるが、その土台として、(中略)小学校、中学校での各教科等や総合的な学習の時間における教科等横断的な学習や探究的な学習、プログラミング教育などの充実に努めることも重要である。さらに、小学校、中学校においても、児童生徒の学習の状況によっては教科等横断的な学習の中でSTEAM教育に取り組むことも考えられる。」ということ、「生徒が多様な機会を得ることができるよう、社会全体で取組を進めることが求められる。このため、国においては産業界や大学等とも連携し、STEAM教育の資する教育コンテンツの整備を進めるとともに事例の収集や周知などの取組を進める必要がある。」と言及されている。こうした方向性に対して、未来の教室(2019)では、学校現場では教材開発や授業内容(コンテンツ)例が不明なことをハードルとして挙げている。その改善のた

めには、より具体的な授業実践のイメージを提供することが求められる。

こうした背景を受けて、筆者らは、STEM教育のための教材開発をしている。本研究では、対象は小学校第4学年の総合的な学習の時間における水質の調査と、中学校第2学年の理科電気の通しやすい水溶液と通しにくい水溶液を調べる実験に、アーテックロボ2.0を共に利用した。同一教材を使用してSTEM的な理解や気付きが、異なる対象や授業内容で、どのような差異が出るのだろうか。本研究では、その違いについて考察し、各授業の実践を比較し、教育的な効果を明らかにすることを目的とした。

2.利用した教材について

2.1. 全体の構成

使用した教材は、マイコンボード(アーテックロボ2.0)を利用した水質計測を行うものである(図1)。アーテックロボ2.0に接続されたEC(電気伝導度: electrical conductivity)センサーで計測された値が、USB経由でPCに送信され、Studuino:bitソフトウェア(アーテックロボ2.0専用ソフトウェア)上で1秒毎に折れ線グラフとして描画される。

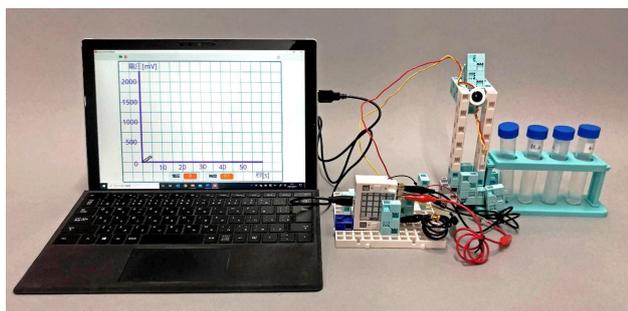


図1 全体構成

2.2. 水質計測の方法

計測手順は、以下のように行われる。①ECセンサーのアナログ入出力端子に接続した2本のプローブを調べる溶液に浸す。②片方のプローブが液体中に3Vの通電を行う。③もう一方のプローブがその伝導率を電圧として読み取る。④読み取った値をPCに送信する。本教材は、水質が良いほど読み取り電圧が下がる。従って、読み取った値が低いほど電気を通しにくく、水質が良いことを意味する。

3. 学校での実践

3.1. 小学校の授業概要

宮城教育大学附属小学校第4学年の総合的な学習の時間は、川とのつながりを考え、持続可能性につながる行動を実践し「これから」を考える全50時間の探究活動である。本教材は、その17時間目で利用した。本時のねらいは「梅田川の水と身の回りの様々な水の性質を調べ、比較することで、梅田川は生き物が棲み良い環境であることを捉えることができる。」である。本時は、水道水、梅田川の水、校庭の池の水、味噌汁について、教師の演示実験を中心としてECセンサーの結果について考察した。表1は、本実践での統合度の高いSTEM教育としての観点である。

表1 本実践での統合型STEM教育の観点(小学校)

Science: 理科の「電気の通り道」の学習を想起させる。「純粋な水は電気を通さない」、「水に電気を通す物が含まれていれば、電気が流れる」ということを確認する。
Technology: アーテックロボの電導度センサーとScratchを活用し、プログラミングとセンサーを組み合わせる。
Engineering: 本授業では児童自身の創造的問題解決場面がないため、その観点に直接触れる学習内容は少ない。
Math: 実験結果を縦軸に電圧、横軸を時間としてグラフに出力し読み取らせる。

3.2. 中学校の授業概要

宮城教育大学附属中学校第2学年理科の時間においては、水溶液の学習において、実験を通して電流が流れる水溶液と流れにくい水溶液の違いを確認することを実践の目的とした。実験では生徒が主体となって実験計画書を作り、グループ毎にそれぞれ決めた水溶液の電気伝導度をECセンサーで測定した。授業の終末では、電流が流れやすい水溶液と流れにくい水溶液の違いを深く考察し、結びとする全3時間の学習活動である。本時のねらいは、「生徒の持ち寄った水溶液の電気伝導度の値から、電流の流れいやすい水溶液と流れにくい水溶液の違いを考察できるようにする。」である。

表2は、中学校の実践における統合度の高いSTEM教育としての観点である。

表2 本実践での統合型STEM教育の観点(中学校)

Science: 既習の「〈1分野 物理〉1.電流とそのはたらき」や「〈1分野 化学〉2.化学変化と原子・分子」の学習を想起させるとともに、調べた水溶液の分子構造や化学式から電流が流れるのか流れにくいのかを確認する。
Technology: アーテックロボの電導度センサーとScratchを活用し、プログラミングとセンサーを組み合わせる。
Engineering: 本授業では生徒自身の創造的問題解決場面がないため、その観点に直接触れる学習内容は少ない。
Math: 実験結果を縦軸に電圧、横軸を時間としてグラフに出力し読み取らせる。

4. 結果と考察

同一教材の教育的効果を比較するために、小・中とともに、学習内容の理解として「Q1: センサーの結果のグラフ描画から分かったこと」を、実験装置の有効性として「Q2: プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想」の自由記述を考察する。

図2は「Q1: センサーの結果のグラフ描画から分かったこと」小学校での自由記述をKHcorderにてテキストマイニングした共起ネットワークの結果であり、図3は中学校での同質問の結果である。表3は実際の記述の一部である。

これらの図表からは、各授業のねらいに対して、ECセンサーとの関連で結果からの考察されていることがわかる。小学校4年生では総合的な学習の時間ということで、生活や理科との関わりについて幅広く考察されているが、中学校2年生では理科という教科の中で行われ、かつ生徒自身がグループ毎に実験を

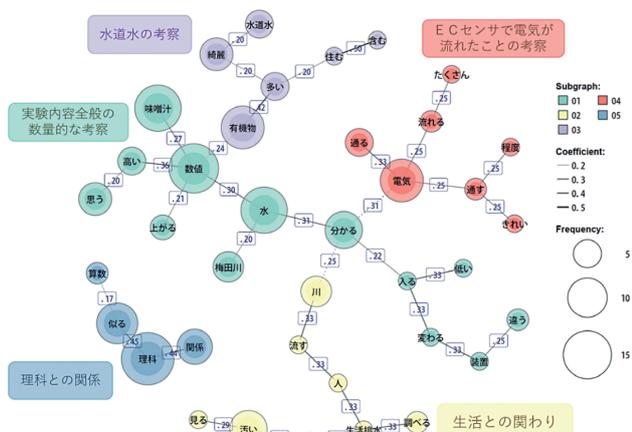


図2 小学校Q1(センサーの結果のグラフ描画から分かったこと)の記述の共起ネットワーク図

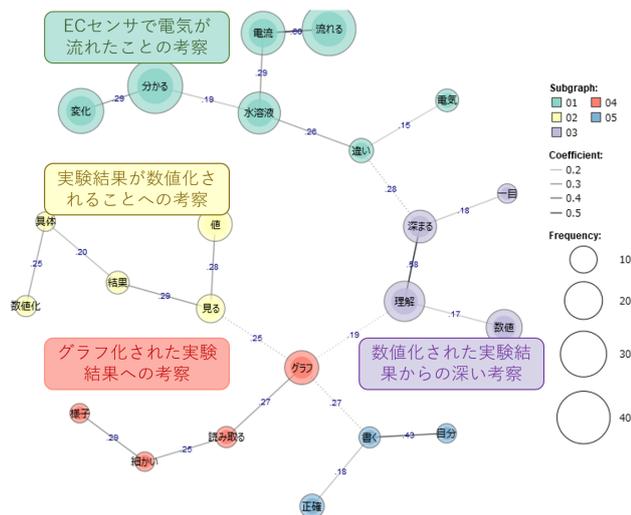


図3 中学校Q1(センサーの結果のグラフ描画から分かったこと)の記述の共起ネットワーク図

表3 グラフから読み取れることへの児童生徒の考察

小学校

- 味噌汁はかなり数値が高いと思った。梅田川の水を初めて見た時とても汚いと思った。でもこの装置を使うと水道水と変わらないぐらいの数値だったので綺麗なのだと思ってびっくりした。味噌汁は予想通りかなり数値が高かった。
- 水に他のものが入っていると電気の通りやすさが変わることが分かった。純水は電気をほとんど通さないということがわかった。

中学校

- 水溶液の様子が数値化、グラフ化されること自体新鮮でした。今まで何となく見ていたものが数値化、グラフに表される可視化によって具体的に値が分かるようになって様子や変化がよく分かるようになりました。
- 自分でグラフを書くのよりも正確なので、正しい答えを

目で確認できた。また、グラフを書かなくても良いので、仮説に対して班で話し合う時間が増え考えをより深めることが出来た。

- 細かい値を読み取ることができたので数値がおおよそどの辺りを触れるのか、グラフ化については値の変動がどのタイミングで起こるのかについて理解を深めることができました。

通してに理科のねらいに対する考察を深めている様子が見える。小・中学校ともに実験結果が数値化され、結果同士を比較することが学びの深まりに影響を与えていると考えられるため、センサの誤差や統計的な比較の必要性について扱うことが重要であろう。

図4および図5は「Q2: プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想」の結果である。小・中学校ともに、これまでの実験がアナログな結果を扱うものであった事に対して、今回はデジタル計測を行っていつころから、その感想の中では、装置を使うこととデータが数値化されることについて言及されていた。表4に挙げたデータの正確性については、デジタル計測が必ず正確であるという短絡的な理解につながらないよう留意する必要がある。

表4 授業の感想

小学校

- マーキングなどは色が広がるかどうかはかわからないけれど、装置がどのような反応するのか装置を使うと分かるので良いと思いました。
- 装置を使うことで変わり方や違いがよくわかったし、装置を使ったからこそ微妙な違いにも気づくことができた。

中学校

- プログラミングされていてすごいと思った。センサーに反応してグラフが書かれているのを見て、私もこういうプログラムが組めるようになりたいと感じた。
- 普段の実験では人の目で数値が変化を読み取るが、今回はそれがコンピュータで行われたためより正しい値を見ることができて良かった。また、複雑な機械だったのでどのような仕組みなんだろうと不思議に思い面白かった。

これらの授業における統合型STEM教育の効果を把握するために、授業内容と他教科との関連について調査した。小学校では4年生という発達段階を考慮し、関連すると思われる教科名を挙げさせたところ、算数との関連性について言及されたのが4件、理科について言及されたものが19件であった。中学校では、どのような点が他教科との学びと関連するか自由記述させた。図4はその結果である。教科名として挙げられたのは、数学、技術、社会、国語そして理科であ

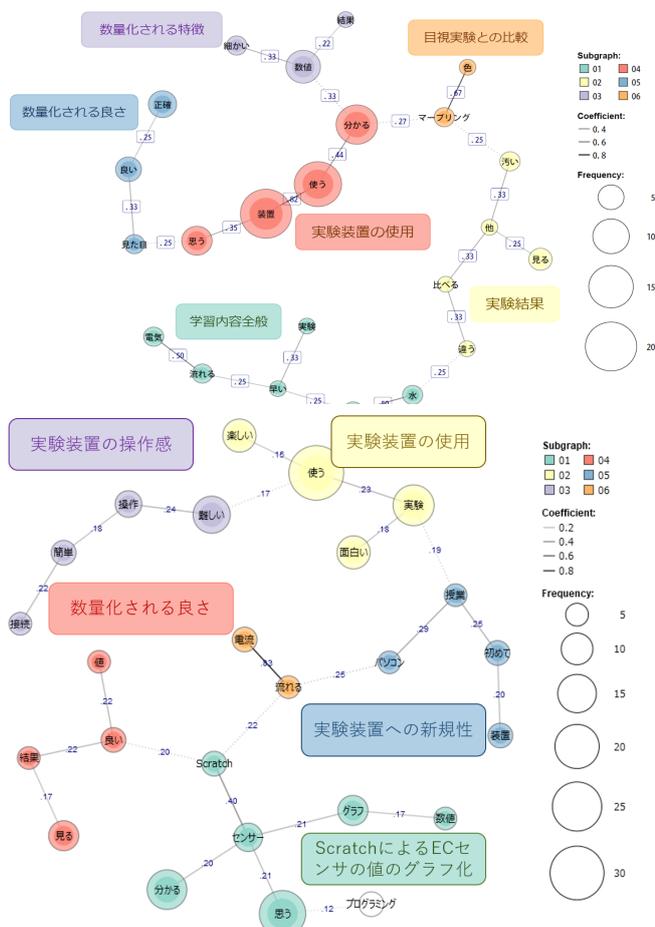


図5 中学校Q2(プログラムとセンサーを用いた装置を使った感想)の記述の共起ネットワーク図

った。数学との関連では、例えば「数値を読み取る力やどの物質が流れやすいか順番に並べるのは数学の内容にも関連していると思いました」等、グラフの読み取りについて触れられていた。技術との関わりは、例えば「技術のプログラミングの使用」の様に、単にデジタルな実験装置ではなく、Scratchでできていることを生徒自身が認知することで、学習事項と関連させていた。社会や国語への関連した記述もあり、「社会のようにこうじゃないかなと予想してその答えを探すために根拠をもとに考えることに関連性がある」「社会の資料から物事を考える学習に関連する」「国語の『問いに対する答えやヒントを探すための方法を決める』『分かっている情報を比較・共通点を探す』など」「国語の論理的な思考」というものである。中学校段階になると、様々な教科の見方・考え方の視点を生徒自身も認識できることから、教師側で意図的に他教科との関連をすることで、教科横断

的に学習内容を関連させることが表出された。

5. おわりに

本研究では、小学校4年生の総合と中学校2年生の理科にて、アーテックロボ2.0でのECセンサー教材を利用して、それぞれの統合型STEM教育の効果を比較した。デジタル計測でデータが数値化・グラフ化されることで各授業のねらいをより深く考察できたことが確認され、授業の感想からは、従来のアナログ実験と比較した考察がみられた。また、他教科との関連を考察させた結果からは、特に中学校での実践は、STEM教育の頭文字以外に、社会や国語と関連させる生徒もいた。本研究からは、校種が進むことに伴ってより高度な教材を利用しなければならないということではなく、教材は同一でも統合型STEM教育としての効果を発揮する可能性が示された。その一方で、本教材に限らずデジタル計測を扱う場合には、「デジタル＝正確」という短絡的な理解にならぬよう、教師側で配慮が必要なことも示唆された。どこかの段階で、A/D変換の精度やセンサーの誤差、キャリブレーションなどデジタル計測の要点を情報の科学的な理解として指導しておくことが必要であろう。特に小学校段階では、技術や情報の授業がないため、情報活用能力の育成として位置づけることが重要になると考えられる。

謝辞：本研究の一部は、科研費（代表：谷田親彦，19H01735）の助成を受けたものである。

参考文献

安藤明伸, 新田佳忠, 渡部智喜, 上杉泰貴, 三宅丈夫, 早川健太郎 (2021), 宮城教育大学 情報活用能力育成機構研究紀要 第1号, 65-76.
 文部科学省: STEAM教育等の各教科等横断的な学習の推進, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/mext_01592.html (参照日2021/10/09)
 中央教育審議会(2021). 初等中等教育分科会(第129回)・新しい時代の初等中等教育の在り方特別部会(第19回)合同会議 教育課程部会における審議のまとめ(案)配布資料6-1.
 未来の教室: 2019年度実証事業—STEMプログラムハッカソン事業報告書, https://www.learning-innovation.go.jp/existing/doc2019/verify_d0060_achievementreport.pdf (参照日2021/10/09)