

児童生徒の問題発見・解決能力の育成を目指して

－科学巡回におけるSTEAM教育の実践を通して－

〈理科教育研究グループ〉

中村 早苗¹，遠藤 拓海²，小松 隆³，日野 真介⁴，
佐藤 拓也⁵，半田 祥子⁵，小野 順子⁵

大衡村立大衡中学校¹，大崎市立古川第一小学校²，東松島市立矢本第二中学校³，宮城県泉高等学校⁴，
宮城県総合教育センター⁵

〔要約〕 児童生徒の問題発見・解決能力の育成を目指し，科学巡回指導訪問・教員対象研修会（以下，「科学巡回」）^{*1}において，教科等横断的な視点や実社会との関わりを意識した「STEAM教室」を開発・実践した。この教室の実践を通して，小・中学校の理科をはじめとした各教科等の授業において，STEAM教育^{*2}やその土台づくりを行う際のポイントを整理し，本センターのWebサイト「みやぎ理科支援ナビ」にSTEAM教育に関するコンテンツを追加した。

〔キーワード〕 問題発見・解決能力 科学巡回 教科等横断的な視点 実社会との関わり
STEAM教育 みやぎ理科支援ナビ

1 はじめに

現在も猛威を振るっている全世界規模での新型コロナウイルス感染症の拡大は，学校教育だけではなく，私たちの生活に様々な影響を与え，生活様式が猛スピードで変化し続けている。このような，急激な社会の変化に対応していくことができる人材を育成するため，学校教育においては教科等横断的な視点から問題発見・解決能力を育成することが求められている¹⁾。さらに，各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な教育としてSTEAM教育の推進がスタートしようとしている²⁾。小・中学校段階においては，このSTEAM教育の土台として，ものづくり体験や科学的な体験，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を充実させることが重要視されている。これらのことは，各学校において「問題解決の力」「科学的に探究する力」を育成する理科教育を中心に，教科等横断的な視点から，実社会との関わりを強く意識した教育を推進していくことの重要性を意味していると捉えることができる。

本センターの事業である科学巡回では，実験，観察，ものづくり，プログラミング等の直接体験を通して科学への興味・関心を高め，問題解決の力を育成している。この科学巡回において，教科等横断的な視点や実社会との関わりを意識した「STEAM教室」を開発・実践し，その成果と課題を生かした研修コンテンツを「みやぎ理科支援ナビ」に追加し広く発信していくことで，本県の児童生徒の問題発見・解決能力の育成につながると考え，本主題を設定した。

2 科学巡回におけるSTEAM教室の実践

(1) ものづくりを取り入れたSTEAM教室「紙で橋を作ろう」

① 内容

この教室は，A4判のコピー用紙1枚を使って，丈夫な橋を作るものづくりを取り入れた教室である。図1のように，橋を作る過程で，重りが全部のらないという問題が生じた場合，その原因を考え，試行錯誤しながら新たな橋を作る内容である。

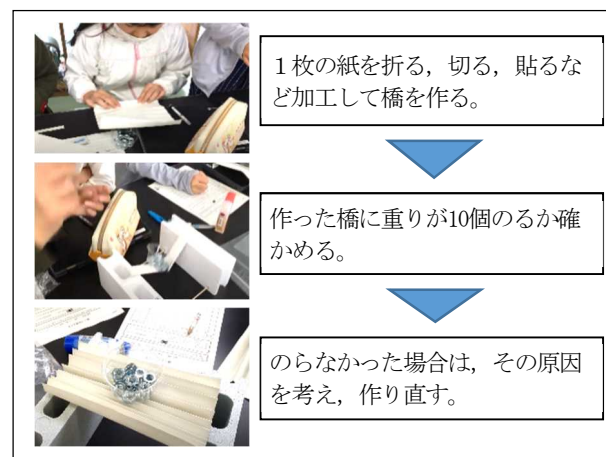


図1 活動の流れ

② 結果と考察

8回の実践で，児童は，様々な形の橋を作製した。図2はその一例である。

ア ものづくりを取り入れたことについて

橋を作る前に，1枚の紙を「折る」「はさみで切る」「重ねる」「ねじる」「のりで貼り合わせる」といった様々な加工法があることを確認した。児童は，重りが10個のる橋を作るために，紙を加工する方法を工夫し，失敗を繰り返しながら挑戦していた。図3の事後アンケートの結果からも，9割以上の児童が何度もチャレンジして，粘り強く，諦めずに取り組んでいた。

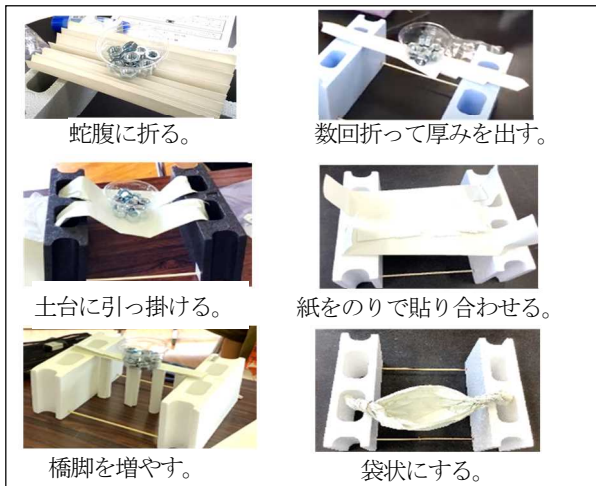


図2 児童が作製した橋

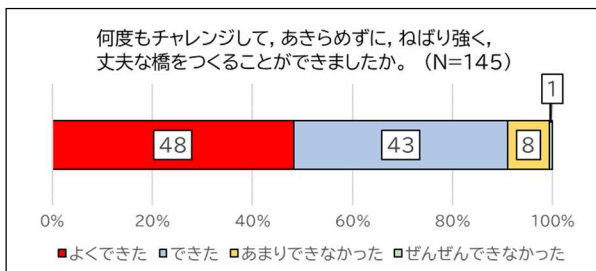


図3 児童の事後アンケート

このようなものづくりの活動は、主体的に問題を発見・解決しようとする態度の育成につながっていくものと考えられる。

また、重りが10個のった班には、「もっと重りをのせることができますか」と問い掛けることで、さらに挑戦しようという意欲を高めるとともに、より新しい発想を引き出すことにつながった。

イ 場面設定の工夫

この教室の開発段階では、実社会との関わりを考え、設計士が橋を作るという設定とした。しかし、現実社会では設計士が紙で橋を作ることはなく、単純に紙を丈夫にするためだけの活動になってしまった。そのため、児童の発達段階や生活経験を考慮し、ある山の国に台風が上陸したことで、壊れた橋を直す大工として橋を作る設定に変更した。その結果、洪水で壊れた橋を紙1枚で作り直すという活動の目的が明確となり、様々な発想を基に、問題解決に向けて意欲的に取り組む児童が多くなった。

また、紙1枚で橋を作るということに意味を持たせるために、場面設定にこの国にはお金がないという条件を付け加え、「この国にはお金がありません。橋を作るためにはどうすればよいですか」と問い掛けたところ、表1のような考えが出された。児童は、この国の状況を理解することで、地理的環境や現代社会の仕組みといった社会科の視点から橋の作り方について考えることができた。

場面設定を工夫することで、活動の目的が明確になり、児童は問題解決に向けて意欲的に取り組むことができ、橋を作るための方法を多面的に発想することにもつながったと考えられる。

表1 問い掛けに対する児童の反応

- ・山の国だから木がたくさんあると思うので木で橋を作る。
- ・山の国だから、山や木がたくさんある。山や木を売って、お金を得て材料を準備する。
- ・橋を作らない代わりに、川を埋め立てる。

ウ 実社会と結び付けて考えさせるための工夫

児童が紙で橋を作るための手掛かりを実社会の中から気付かせるために、この教室の開発段階では、身近にある建造物の丈夫になっていそうな構造を観察させ、紙を加工するための見通しを持たせた。しかし、建造物の丈夫な構造を紙で表現することが難しい児童が多かった。そのため、図4のような身近にある紙製品を示すように工夫した。



図4 観察に用いた身近にある紙製品

その結果、図5のように、紙コップの縁を折り返している部分やケーキの型の形状を参考にして橋を作る児童が見られた。このことから、この手立ては紙の縁を折り返したり、紙を重ねたりするといった紙を丈夫にするための工夫が実社会の中で生かされていることに気付くきっかけとなった。

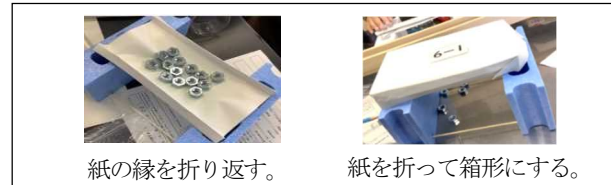


図5 身近にある紙製品を参考にして作製した橋の例

また、身近な紙製品を見せる手立ては、紙を丈夫にする方法に着目しやすくなり、発想の幅が広がるきっかけとなった。これは、理科の問題解決の力である生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想する力の育成や問題解決への見通しを持たせることにもつながると考えられる。

エ 教科等横断的な視点に立った手立ての工夫

重りを10個のせることができる橋を作った班には、実社会と結び付けて、教師が、そこで生じる新たな問題の発見・解決ができるような問い掛けを行った。紙で新たな橋脚を作り、橋脚の数を増やした班に、「橋脚を増やせば川に住む生き物はどうなるだろうか」という問い掛けを行った。児童からは、「生き物が住みにくくなる」「魚が泳ぎにくくなる」などの発言があった。児童は橋を作る際に生態系を保全するという視点も考えていかなければならないことに気付き、図6のように、橋脚を増やす以外の方法で橋を作り直していた。他にも、表2にあるような教師の問い掛けを行

った。

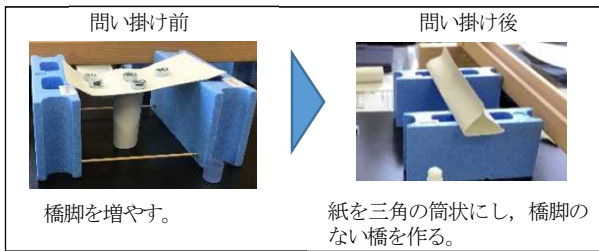


図6 教師の問い掛ける前と後で作製した橋

表2 重りが10個のった橋を作製した班に対して教師が行う問い掛け（例）

- ・橋脚を増やすことは、経済面で考えたとき、どんな問題が出てくるかな？（経済面の視点）
- ・橋の幅は人や自動車を通れるような広さになっているかな？（利便性の視点）
- ・デザインの的にどうかな？（デザイン性の視点）

橋の作製過程で、児童が実社会と結び付けて教科等横断的に考えられるように、教師が問い掛けることは、多面的に問題を見だし、その問題を様々な観点から解決していかなければならないことを理解させることにつながった。これは、問題解決の力である、より妥当な考えをつくりだす力の育成にもつながると考えられる。

(2) プログラミングを取り入れたSTEAM教室「トンネル崩落！閉じ込められた人を捜せ」

① 内容

この教室は、プログラミングによって図7のSphero社の球形ロボット Sphero BOLT（以下、「BOLT」）を思い通りに操作する教室である。



図7 Sphero BOLT

BOLTは、全体が強固で透明な防水性のあるプラスチックの球体で覆われており、このプラスチックの球体が回転して動く仕組みになっている。専用のアプリケーションを使い、作ったプログラムを実行することで、BOLTを様々な動かすことができる。内部にはLEDのパネルが搭載されており、LEDを光らせるプログラムを組むことができる。また、音や言葉を発するプログラムもあり、多様なプログラムを組むことも可能である。

この教室では、地震によってトンネルが崩落し、トンネル内の一部が岩で塞がってしまい、人間が救助に向かうには危険があり、BOLTでトンネル内に閉じ込められている人を捜すという課題を設定した。

図8のように、トンネル内部を探索するためのプログラムを作成し、BOLTの動きが思った通りの動きになるように修正を繰り返しながら向きや動く時間を調整し、人が閉じ込められている場所までたどり着く流れとした。終結部では実社会とロボットの関連を考えられるような活動を取り入れた。

② 結果と考察

ア プログラミングを取り入れたことについて

プログラミングを取り入れた活動では、BOLTが思った通りに動かなかったとき、何度もやり直しができ

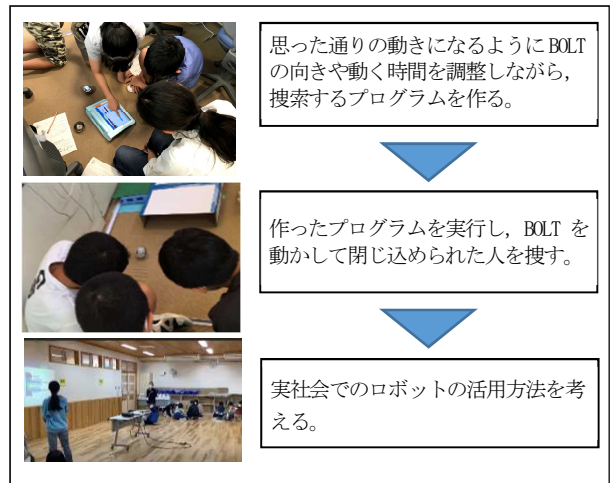


図8 活動の流れ

るようにしたことで、試行錯誤しながら繰り返し挑戦することが可能になった。図9の事後アンケートでは、粘り強く、諦めずに問題解決に取り組もうとする児童が、9割以上であった。このことから、プログラミングを取り入れることは、粘り強く、問題解決に取り組む態度を育成することができると考えられる。

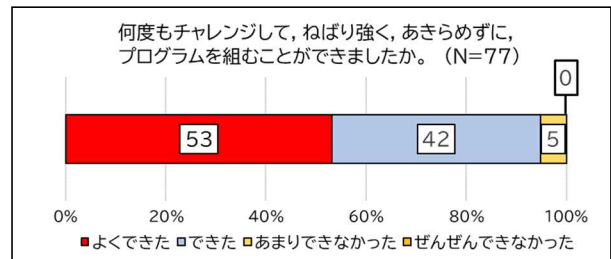


図9 事後アンケート

イ 場面設定の工夫

この教室では、地震によってトンネルが崩落し、崩落したトンネル内に人が閉じ込められ、救助するには危険があるという設定とした。実際の災害現場でも、ロボットが活躍しており、実社会との関わりも意識した。このような設定とすることで、BOLTを使って閉じ込められた人を捜すという活動の目的を捉えやすくした。さらに、崩落したトンネル内部の状況をイメージさせるために、図10のように崩落事故が起こったトンネルの模型を準備した。トンネル内の状況が分かる模型を使うことで、児童がBOLTの持っている機能をどのように活用できるかを考えられるようにした。その結果、児童はこの活動の目的を把握し、人を捜すために、

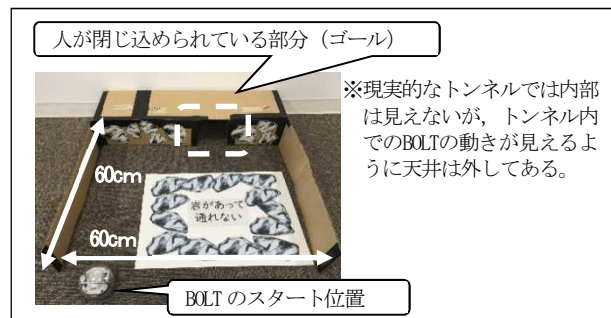


図10 崩落事故が起こったトンネルの模型

BOLT をどのように動かせばよいかを考え、LED を光らせたり、言葉を発する機能を使ったりして、様々なプ

プログラムを作った。図11はその一例である。このことから、場面設定を工夫することは、問題解決に向けた思考を働かせるために重要であることが分かった。

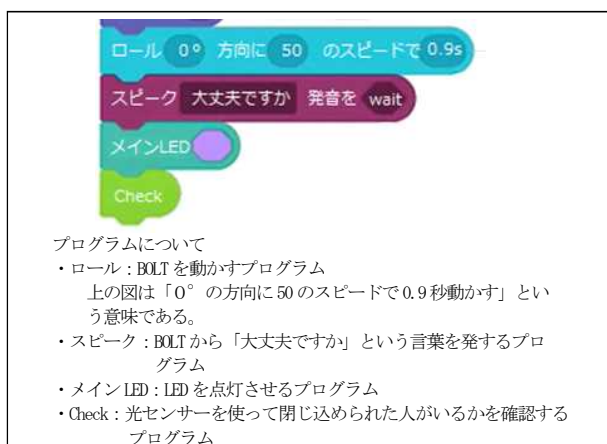


図11 児童が作ったプログラム

ウ 実社会と結び付けて考えさせるための工夫

ロボットを実社会での問題解決に生かすために、「BOLTを使って日常生活の問題を解決できないかな」と問い掛けた。この教室で体験したことを生かして、児童から「お皿を運んでもらう」という活用例が挙げられた。さらに「どんな機能があればよいかな」と問い掛けると、「BOLTに目を付ければ、自動で動くことができる」といった発言があり、BOLTが持っていない機能を追加することで、ロボットが更に問題解決に役立つのではないかと考える児童の姿が見られた。

このことから、実社会でのロボットの活用方法を考えるための教師の問い掛けは、機能面に着目したより便利なロボットにする発想を生み出すことができると考えられる。

エ 教科等横断的な視点に立った手立ての工夫

BOLTを実際に動かしながら、進む向きを確認したり、基準となる1秒間で何cm動くのか測定したりすることを通して、問題解決への見通しを持たせた。プログラムを作る場面では、BOLTを自分たちが考えた動きにするために、進む角度や動かす時間を調整し、試行錯誤しながらプログラミングを行う様子が見られた。BOLTの動く距離と時間の関係から「動かす時間を増やしたら、動く距離が伸びるのではないかと考え、時間を調整したり、単位量当たりの考えを使い「1秒で30cm進むから0.9秒であれば、30cmを0.9倍すれば進む距離を求められるのではないかと考え、図12のような数直線の図を活用して考えたりして、BOLTの動きを制御しようとした班もあった。

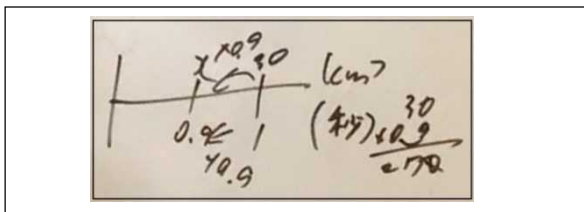


図12 数直線の図を活用して考えた例

BOLTの動く距離の基準値を測定させることは、算数や理科などの教科等横断的な知識・技能を使って自分

の作ったプログラムの問題点を発見し、修正しながら、問題解決をしていくために必要な手立てであることが分かった。

3 小・中学校の授業にSTEAM教育を取り入れるために

小・中学校の理科をはじめとした各教科等の授業において、児童生徒が教科等横断的な視点や実社会との関わりを意識して考えられるようにするためのポイントとして、次のことが挙げられる。

(1) 実社会で起こり得るような場面を設定してみる。

実社会で起こり得るような場面を設定することで、様々な発想が引き出しやすくなる。どのような問題を解決しなければならないのかということが明確になり、問題解決に向けて意欲的に取り組めるようになる。

STEAM教室の実践では、実社会で起こり得ることとして「災害」を取り上げた。それにより、防災教育との関連も図ることができた。教科等の特性に応じた場面設定を工夫することが重要である。

(2) 実社会と結び付けて考えさせてみる。

問題解決に向けた手掛かりとなるような身の回りのものを見せたり、学んだことを日常生活と結び付けて考えられるような問い掛けを行ったりすることで、実社会の中で生活を豊かにするために取り入れられている工夫点に気付かせることができる。

(3) 教科等横断的な視点で考えさせてみる。

授業の中で、児童生徒自ら考えた解決策に対して、違った視点から問題を捉えられるような問い掛けを行うことで、新たな問題に気付かせることができる。また、問題解決の際に、数学的、科学的なデータを用いて考えさせることも有効である。

(4) 「ものづくり」や「プログラミング」を取り入れてみる。

「ものづくり」や「プログラミング」を取り入れ、教科や題材に応じて、単純で簡単に何度もやり直しができる活動を盛り込むことが効果的である。問題解決のために失敗してもやり直していく過程で試行錯誤しながら様々な発想を引き出すことができるようになる。また、粘り強く、最後まで諦めないで主体的に問題解決に取り組もうとする態度の育成にもつながると考えられる。

4 「みやぎ理科支援ナビ」の『STEAM教育』のページについて

科学巡回におけるSTEAM教室の実践を基に、図13のように、「みやぎ理科支援ナビ」に『STEAM教育』のページを新設し、以下のコンテンツを追加した。

(1) 「STEAM教育について」

STEAM教育の理論について理解を深めるための動画を作製した。校内研修や個人研修で用いることが

できる。



図13 新しい「みやぎ理科支援ナビ」

(2) 「STEAM教育を取り入れた授業づくり校内研修パッケージ」

STEAM教育を取り入れた授業づくりを行うための校内研修パッケージを作成した。このコンテンツは、2段階で構成しており、前半は今年度開発したSTEAM教室「紙で橋を作ろう」を体験しながら、児童生徒が教科等横断的な視点で考えられるような教師の問い掛けを考える活動を行うものである。後半はSTEAM教育を授業に取り入れるポイントを解説した動画を視聴し、STEAM教育を取り入れられる教科や場面を構想する内容とした。

誰がファシリテーターになってもSTEAM教育についての校内研修ができるように、校内研修の際に提示するスライドやファシリテーター用の台本も掲載した。

(3) 「科学巡回におけるSTEAM教室の紹介」

今年度、「STEAM教室」で実践してきた「紙で橋を作ろう」「トンネル崩落！閉じ込められた人を探せ」の内容を紹介している。ダウンロードすれば、すぐに実践できるように、スライド資料や進行台本、ワークシートを掲載している。

(4) 「STEAM教育を取り入れた理科の授業案」

小・中学校の理科の授業に、ものづくりやプログラミングを取り入れた授業案を作成した。ダウンロードすれば、すぐ実践できるように、単元計画や指導過程を掲載した。

① ものづくり（紙で橋を作る活動）を取り入れた授業案

- ア 小学校6学年「新しい理科6」（東京書籍）
「地球に生きる」
- イ 中学校2学年「新しい科学2」（東京書籍）
「大気の動きと日本の天気」

② プログラミング（micro:bit や BOLT を使った活動）を取り入れた授業案

- ア 小学校6学年「新しい理科6」（東京書籍）
「電気と私たちの暮らし」
- イ 中学校1学年「新しい科学1」（東京書籍）

「動き続ける大地」

5 終わりに

本研究では、科学巡回の理科教室において、STEAM教室の実践を通して、小・中学校の授業に教科等横断的な視点や実社会との関わりを意識した活動を取り入れる際のポイントを整理し、実践を通して分かった工夫点を「みやぎ理科支援ナビ」に成果物として追加することができた。各学校の校内研修等で多くの先生方に活用してもらい、STEAM教育を取り入れた授業が展開されるようになれば、児童生徒の問題発見・解決能力の育成につながるものと考えている。

今後の課題として、理科の授業やその他の教科・領域においてSTEAM教育を取り入れることが可能な単元を分かりやすく整理することが必要である。

【注釈】

- *1 宮城県総合教育センターが毎年実施している事業。県内の小学校に指導主事及び研修員を派遣し、児童対象「理科教室」（全校生徒を対象とした「デモンストラレーション」と各学年の児童を対象とした「理科教室」）及び「教員対象研修会」を実施している。
- *2 Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な教育。

【引用・参考文献】

- 1) 文部科学省：「小学校学習指導要領（平成29年告示）」，2018，p19，「中学校学習指導要領（平成29年告示）」，2018，p21
- 2) 中央教育審議会：『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す，個別最適な学びと，協働的な学びの実現～（答申）」，2021，p. 56-58

【図表等の許諾について】

図1，図8は，実践の中で撮影した活動の様子である。また，図2，図5，図6，図11，図12は，実践の中で児童が作製・記入したものの一部である。研究の目的にのみ使用することとし，訪問校から使用許諾を得た。

児童生徒の問題発見・解決能力の育成を目指して ー科学巡回におけるSTEAM教育の実践を通してー

背景

社会の変化に対応する人材を育成するため、各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な教育であるSTEAM教育*1の推進がスタートしようとしている。小・中学校では、STEAM教育の土台づくりが重要視されている。

*1 Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な教育

研究内容

教科等横断的な視点と実社会との関わりを意識した活動を取り入れた「STEAM教室」を開発し、科学巡回*2の「理科教室」において実践を行った。その実践を踏まえて、小・中学校の理科をはじめとした各教科等の授業にSTEAM教育を取り入れるためのポイントをまとめた。

研究成果

*2 本センターが、年間16校程度の小学校を訪問し、児童対象理科教室、教員対象研修会を実施する事業

ものづくりを取り入れたSTEAM教室 「紙で橋を作ろう」

1枚の紙を加工して、重りを10個のせられるような丈夫な橋を作製する。

試行錯誤を繰り返しながら何度も挑戦できるものづくり

粘り強く、諦めずに取り組めた。

実践で行った工夫点

実社会で起こり得る場面設定

洪水によって壊れた橋を作り直す。

様々な発想を基に、意欲的に取り組んだ。

身近にある紙製品の提示



紙を丈夫にしている工夫点に気付くことができた。

教科等横断的な視点から、新たな解決策を考えさせるための問い掛け

・経済面の視点からは？
・生態系の視点からは？

多面的に考えることができた。

様々な視点で橋を作ることができた。



プログラミングを取り入れたSTEAM教室 「トンネル崩落！閉じ込められた人を捜せ」

BOLT*3を使って、トンネル内に閉じ込められた人を捜すプログラムを作る。

*3 Sphero BOLT (Sphero社の球形ロボット)

失敗しても簡単にやり直すことができるプログラミング

粘り強く、諦めずに取り組めた。

実践で行った工夫点

実社会で起こり得る場面設定

地震によってトンネルが崩落し、閉じ込められた人を捜す。

BOLTが持っている機能を活用するプログラムを作った。

基準値の測定

・進む向きは？
・1秒間で何cm進む？

算数的な考えを活用して、プログラムを作った。

人を捜すためのプログラムを作ることができた。

実践で行った工夫点

実社会に結び付けて考える問い掛け

BOLTを使って日常生活の問題を解決できないかな？

BOLTに付け加えられそうな便利な機能を考えた。

実践を通して

小・中学校の理科をはじめとした各教科等の授業にSTEAM教育を取り入れるためのポイント

「実社会で起こり得るような場面を設定してみる」
「実社会と結び付けて考えさせてみる」
「教科等横断的な視点で考えさせてみる」
「ものづくりやプログラミングを取り入れてみる」

みやぎ理科支援ナビ

STEAM教育に関する新たなページを作成し、次のコンテンツを追加した。

STEAM教育について

STEAM教育を取り入れた授業づくり

科学巡回におけるSTEAM教室の紹介

STEAM教育を取り入れた理科の授業案

STEAM教育について解説の動画

STEAM教育を取り入れた授業づくり研修パッケージ

「紙で橋を作ろう」
「トンネル崩落！閉じ込められた人を捜せ」

ものづくりを取り入れた授業案
(小学校第6学年、中学校第2学年)
プログラミングを取り入れた授業案
(小学校第6学年、中学校第1学年)



児童生徒の問題発見・解決能力の育成