

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01007

研究課題名（和文）主体的な問題解決型の資料学習を可能にするシステムの開発とその教育効果の検証

研究課題名（英文）Development of a system that enables lesson in problem-solving type used pre-existing dataset, and verification of effects obtained by using its

研究代表者

佐藤 綾 (SATO, Aya)

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：00611245

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、中学校の「花つくりと働き」と「脊椎動物の体温」、高等学校の「密度効果」という理科室で実験・観察を行うことが難しい生物の学習内容について、既存のデータセットを提示することで、子どもが仮説を立て、変数を設定し、データ分析を通して考察を行うという探究の過程に沿った学習を可能にするプログラムを開発した。開発した学習プログラムを用いて授業を行うことで、生徒は各自の考えをもとに探究の過程に沿って学ぶことができること、データ分析を通して課題に対する考察の視点が深まること、変数を設定したり、結果を予想する能力が高まること示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、理科の学習においては、課題の把握、探究、解決という過程を通じて、子どもの資質・能力を育成することが求められている。本研究で提案した学習プログラムは、特に、課題の探究において、実験や観察が困難な学習内容であっても、仮説を設定する力や観察・実験の結果を処理する力を育むことをねらいとした授業を可能にするものである。本学習プログラムを用いた授業では、生徒にとっては実験や観察の技能に左右されず結果から一貫した考察を行うことができる、教師にとっては生徒の活動の結果を予想しやすい、という利点があり、既存のデータセットを利用することで、どの学校でも、どの先生でも、同じように授業を行うことが可能である。

研究成果の概要（英文）：We presented the learning programs used dataset that students were able to learn along the process of inquiry (making of hypotheses, setting variables, analysing data, and discussing) in the learning contents of biology that are difficult to experiment. We created the data sets and lesson flow to learn about "the structure and function of flower" and "the body temperature of vertebrates" in junior high school, and "density effect" in high school. As results that conducted lessons using the developed learning program, we indicated that students could learn along the process of inquiry based on their view and discuss on a deeper insight through data analysis, and the ability to selecting variables and predicting results increased.

研究分野：生物教育

キーワード：生物教育 データセット 探究の過程 仮説検証 資料学習

1. 研究開始当初の背景

(1) 理科での学びに求められていること

国内外の調査¹⁾から、日本の子どもには「知識や技能を活用して問題を解決する力」に課題があることが指摘されていた。それを踏まえ、理科の学習においては、子どもの主体的な問題解決能力の育成が重視されており、平成20年度告示の学習指導要領²⁾においては、子どもが「自らの問題意識をもち、仮説を立てたり予測をするなど、見通しをもって観察・実験を行うことで、一人ひとりが自ら問題解決を行ったという実感を図った理解を図る」ことが求められていた。

子どもが仮説を立て、それに沿って観察・実験を行い、考察を行う場面においては、独立変数と従属変数を設定し、それら変数の因果関係を認識することが重要性である³⁾。また、結果をまとめる場面においては、数値を処理したりグラフ化するなど、得られた結果を分析、解釈し、表現することが必要である。

(2) 生物における資料学習の問題点

生物の分野は遺伝子、生理現象、生態系、進化など学習で取り扱う事象の空間的・時間的スケールの幅が広く、学習の時間内で観察や実験を行うことが難しい内容が存在する。そして、学習時間での実験・観察が困難な学習内容において、子どもの活動は調べ学習や資料学習が主となる。その際、教科書に示された実験や観察の結果を分析するような資料学習においては、データが処理された結果そのものが示されているため、子どもが自身の知識や経験をもとに仮説を立て、自身の仮説を検証し、考察を行うという探究の道筋が限定されてしまい、子どもが自ら問題意識を持ち、主体的に学習することが困難となる。そして、そのような資料学習が提示されている分野は、子どもが興味を持たないために教えにくいと教員が感じていることが報告されていた⁴⁾。

(3) 本研究で提案する「主体型資料学習」

生物と同様にスケールなどが制約となり観察・実験が行いにくい地学の分野では、天気や地震などの単元において、省庁などが公開している過去のデータを使って探究的に資料学習を行う活動が教科書に掲載されている。そこから、生物においても、誰かがとった既存のデータセットを提示すれば、子ども1人ひとりが自身の仮説をもとに主体的に課題の探究を行うことができるのではないかと考えた。

そこで本研究では、子どもが課題に対し仮説を立て、データセットの中から自身の仮説を検討するための変数を選んで分析し、結論を見出すという「主体型の資料学習」を提案する(図1参照)。そして、その主体型の資料学習を行うための学習プログラムを作成するとともに、その学習法の有効性と課題の検討を行うこととした。

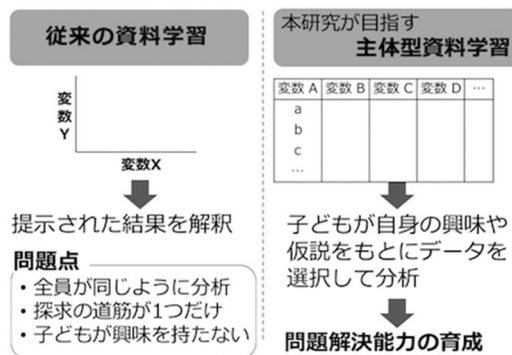


図1. 従来の資料学習と本研究で提案する主体型資料学習

2. 研究の目的

本研究では、

「生物の分類」や「生態系」などの実験が難しい分野において、「子どもが自身で立てた仮説に沿って変数を設定・選択し、データ分析を行う」ためのデータセットを揃え、主体型資料学習のためのプログラムを作成する

作成した学習プログラムを用いて授業実践を行い、主体型資料学習により子どもの探究の過程や問題解決の能力にどのような効果が見られるか

作成した学習プログラムを汎用化し、学校現場で活用できるようなシステムを提案するという3点を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 学習プログラムの作成

本研究では、中学校理科の第1学年「植物のつくりと働き」と第2学年「脊椎動物の仲間」、および高等学校「生物」の「個体群と生物群集」の単元を対象とし、主体型資料学習を可能とするデータセットとそれらを用いた学習プログラムの作成を行った。

「脊椎動物の仲間」

中学校第2学年では「脊椎動物の仲間」の単元で、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類を分類する1つの視点として、変温と恒温という体温の特徴について学ぶ。ここで実際に動物の体温を測定して確かめることは困難であり、生徒は教科書に示される外界の温度を独立変数、体温を従属変数とした変温動物と恒温動物の外界の温度と体温の関係を示すグラフを読み取ることで

この事象を学ぶこととなる。ここでの学習を対象として、様々な生物の外界の温度と体温についてのデータセットを提示し、子どもたちが探究の過程を通じてデータを処理し、解釈する活動を行うためのデータセットの準備と学習プログラムの作成を行った。

データセットとして、メダカ、キンギョ、アカハライモリ、アフリカツメガエル、ニホンヤモリ、クサガメ、クジャク、ニワトリ、ネコ、ヒトの10種類の生物について、水温もしくは気温が約15、25、30の条件下での様子をサーモカメラ（FLIR, C2）で撮影し、体温を計測した。そして、サーモグラフ写真に生物名、周囲の温度、体温を埋め込んだ画像（図2）を各生物、各温度に対して計30種類作成し、これをデータセットとした。

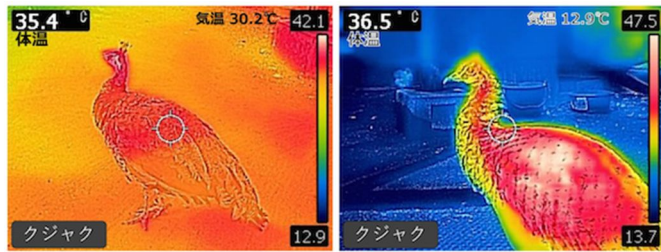


図2. 脊椎動物の仲間の学習のために作成したデータセットの一部

以上のデータセットを用いた学習プログラムを次の流れで作成した。学習の課題は「哺乳類と同じ体温の特徴を持つ脊椎動物は何類だろうか」とした。課題の提示後、生徒は課題に対する予想を立て、予想が成り立つ時それぞれの動物で何と何の間にどのような関係が見られるのか見出し（仮説）を立てる。その後、30枚のサーモグラフ写真を保存したタブレットを配布し、サーモグラフ写真を材料として、各生物の周囲の温度と体温の関係を表やグラフなどで表し、データ解析を行う。そして、解析した結果を基に課題に対する考察を行う。

「植物のつくりと働き」

中学校第1学年では、「植物の体のつくりと働き」の中で、複数の被子植物の花を観察し、花のつくりと働きについて学ぶ。しかしながら、複数の花を観察し、その多様性に気付かせる一方で、種類によって花の色や形が異なる理由については、教科書に掲載している花粉を体につけた昆虫の写真や、花の色や形と昆虫や鳥による送粉関係が説明されているコラムを参照するのみである。開花や昆虫の活動は時期や天気によって左右されるため、昆虫の訪花行動について、学習時間中に観察点実験を行うことは難しい。そこで、花のつくりが多様性が見られる理由について、データセットを用いて生徒が仮説探究型の学習を行うためのプログラムを作成した。

クサボタンは短い花と長い花の2種類の花をつけ、短い花にはミヤママルハナバチが、長い花にはトラマルハナバチが多く蜜を吸いに来る。その理由を検証するため、クサボタンの2種類の花の筒の長さ、2種のマルハナバチの口吻の長さ、中舌の長さ、頭の長さのデータセットを作成した（図3）。花の長さを独立変数、マルハナバチの形質を従属変数として作図し、データ解析を行うと、短い花とミヤママルハナバチの中舌の長さが一致し、長い花とトラマルハナバチの中舌の長さが一致し、クサボタンは多様な花をつけることで、複数の昆虫に花粉を運んでもらえるという利益を得ていることを理解することができる。

クサボタン		トラマルハナバチ		ミヤママルハナバチ	
短い花	長い花	中舌の長さ	口吻の長さ	中舌の長さ	口吻の長さ
8	11.5	8.29	12.94	7.32	11.18
7	12.3	8.29	12.94	7.6	10.98
7.8	11.5	10.32	14.44	6.57	9.61
6.9	12.2	8.15	13.51	8.39	12.31
6.8	11.2	10.57	15.09	7.17	10.63
7	11	10.12	14.53	6.2	9.68
8.5	10.9	9.41	13.31	6.31	9.64
9	12.3	11.08	15.34	5.46	8.62
8.2	10.6	9.2	13.6	7.14	10.37
7.7	10	9.7	14.26	5.44	9.16

図3. 植物のつくりと働きの学習のために作成したデータセットの一部

このデータセットを用いた学習プログラムを次の通り作成した。学習の課題を「短い花にミヤママルハナバチが長い花にトラマルハナバチが選択的に訪問する理由はなんだろうか」と設定した。マルハナバチの蜜の吸い方を参考に、生徒は課題に対して仮説を立て、データセットを用いて分析、解釈を行い、課題に対する考察を行う。最後に、授業の内容を基に生徒は被子植物が多様な花をつける理由について生態的な側面から妥当な考えを作り出す。

「個体群と群集」

高等学校生物では「個体群と群集」において密度効果という事象について学習する。生物集団では、密度効果により、高密度状態になると生物の増加率が減少することで集団のサイズが保たれる（図4）。この事象を実験を通して探究するには生物の長期飼育が必要のため、授業中に行うことは難しい。

本研究では、アズキゾウムシを様々な密度で飼育した際の個体群変動に係る形質（産卵数、孵化率、羽化率、死亡率など）についてのデータセットを作成した。独立変数を個体の密度、従属変数をアズキゾウムシの形質としてデータ解析を行うことで、密度の増加とともにどのような形質が変化するか検証することができ、どのような要因によって集団サイズが保たれるのか考察することが可能となる。

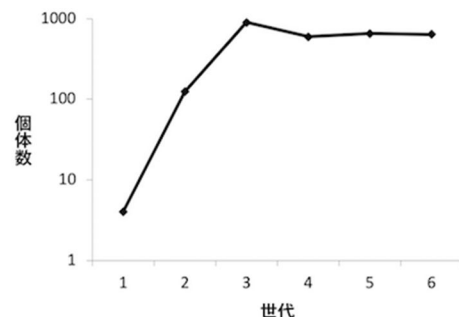


図4. シャーレ内でアズキゾウムシを飼育した時の世代ごとの個体数の変化

学習の流れとして、まず、生徒に図4を提示して解釈させ、授業の課題を「個体密度が増加すると、アズキゾウムシの何が変化することで個体数の増加が頭打ちになるのか」と設定することとした。生徒は課題に対して仮説を立て、仮説を検証するための変数設定を行う。そして、データセットを用いて各自の仮説を検証するためのデータ分析を行い、その結果から課題に対する考察を行う。

(2) 作成した学習プログラムの有効性と課題の検証

作成した上述の学習プログラムを用いてそれぞれ授業実践を行い、各学習プログラムを用いて授業を行った際の学習者の学びの様子を分析した。その結果から、学習プログラムの有用性と課題を検討した。

「脊椎動物の仲間」

中学校2年生、2クラス68名を対象に授業実践を行った。この時、作成したデータセットを用いて学習プログラム通りに授業を行った実験群と、データセットを用いずに既にデータ処理が済んでいるグラフを生徒に提示して授業を行った対照群を設定した。両群において、生徒が課題、予想、仮説、考察を記入するワークシートを作成し、実験群においては、データ解析のためには白紙のマス目用紙と方眼紙を準備し、生徒にはそれらを使って自由に結果を表現させた。データ分析の活動が生徒の学びにどのような影響を与えるのか検討するため、実験群での授業を分析すると共に、実験群と対照群で考察の記述がどのように異なるか分析を行った。

「植物のつくりと働き」

中学校2年生、3クラス106名を対象に授業実践を行った。授業は生徒が課題、仮説、結果のまとめ、考察を記述するワークシートを用いて行った。この授業実践では、生徒が授業の内容を理解できていたかどうか、探究的に学んでいたと感じていたか、授業内容を理解するためデータを分析したことが有効だったと感じていたか、授業分析と授業後のアンケートから検討した。

「個体群と群集」

授業実践は教員養成系学部の大学2年生33名を対象として行った。この学習プログラムを用いて授業を行うことで、学習者の探究の能力に与える影響を検討するため、授業の前後に問題解決能力を評価するための質問紙調査を行った。

4. 研究成果

(1) 脊椎動物の仲間

授業分析の結果、作成した学習プログラムを用いて授業を行った実験群では、対照群に比べ、考察の記述において、恒温動物と変温動物の双方について変数同士の関係を不足なく記述できている生徒が多く、考察中に「だいたい」、「あまり」など客観的でない表現が見られる頻度が低いことが示された。特に注目する点として、対照群では、「変温動物では、周囲の温度が変わると体温が変化する」という考察が多かったのに対し、実験群では、「変温動物の体温が周りの温度と同程度の値をとる」ことを指摘している表現が見られた。このことから、データセットを用いて結果の処理の活動を行うことで、変温動物の体温の特徴について、生徒は事象をより詳細に理解することができていると考えられる。

しかしながら、実験群のデータ分析の場面において、事象を解釈する上で独立変数と従属変数の関係を適切に表で示すことができた生徒は53%、軸の取り方や凡例の示し方など適切なグラフを作成できていた生徒は60%と半数程度であった。そのため、データの処理の活動にあたっては、どのような表やグラフを作成すれば仮説を確かめることができ、結果をわかりやすく示すことができるか、表やグラフの書き方について、生徒に考えを整理させてから活動に移る必要があることが示された。

(2) 植物のつくりと働き

授業分析の結果、学習内容の最終的な結論にあたる「クサボタンが異なる長さの花をつける利点はなんだろうか」という問いに対し、45%の生徒が「複数種の昆虫が訪花することで送粉効率が上昇する」という結論を導くことができていた。30%の生徒は「複数種の昆虫が訪れて蜜を吸うことができる」という点は指摘できたが、それによってクサボタンの送粉効率が高まるという点までは表現することができていなかった。

授業後アンケートにおいて、授業内容を理解する上でどの活動が有効であったか質問した結果、「データからグラフを書いたこと」が最も多く(70%)、「自分たちで考えて仮説を立てたこと(58%)」、「グラフから考察を考えたこと(57%)」と続いた。また、本授業で生徒が立てた仮説は4種類見られたが、全体の97%の生徒が「自身の考えをもとに課題について学習することができた」と考えていた。このことから、実験を行うことはできない学習内容であっても、本教材を用いることで、生徒が探究の過程に沿って主体的に学習を行うことが可能になると言える。しかしながら、花のつくりの多様性について生態的な適応度という側面から全員が考察を導くためには、送粉効率という視点に生徒が気付くための教師の働きかけが必要である。

(3) 個体群と群集

授業分析の結果、学生は課題に対し、14種類の仮説を設定しており、94%が仮説を検証するために正しく変数を設定し、データ分析を行うことができていた。そして、各自が検証した結果をクラスで共有することで、すべての生徒が課題に対する考察を行うことができていた。

授業の前と2週間後に、学習者に問題解決能力を評価する質問に回答してもらった。質問は、一定範囲に植物を植えた時、どのような密度で種を植えたとしても、最終的に植物全体の質量は一定になるという「最終収量一定の法則」について、実験を通して法則を確かめるための方法(実験方法立案力)、法則が成り立つ場合の結果の予測(結果の予想設定力)、データ分析の際に何と何の関係を調べるのか(変数を設定する能力)を問うものとした。回答を分析した結果、授業前に比べ、授業2週間後では、学生の「結果の予想設定力」と「変数を設定する能力」が有意に上昇していることが示された(図5)。このことから、本学習プログラムを用いた授業を通して、学習者の問題解決能力が向上することが示された。

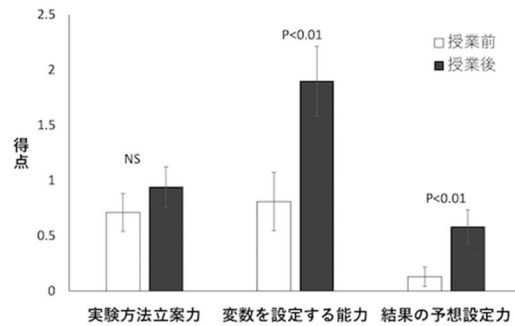


図5. 授業前後における学習者の問題解決能力の変化

(4) 学習プログラムの普及と課題

作成した学習プログラムを学校現場の授業で活用してもらえよう、教員研修の場などで実践の提案を行った。教員の意見として、内容は面白いが、それらの学習内容に50分の授業時間を割くことは難しいということが挙げられた。また、生徒の実態として、提案した学習プログラムで授業が成立するのは難しい、すなわち、学校によっては、生徒の仮説を設定する能力、データを分析する能力、分析結果から考察を行い表現する能力に課題があり、想定通りの授業が成立しないだろう、という意見が得られた。

仮説を設定し、それを検証する計画を立てる、データを適切に処理し、解釈する、分析結果から妥当な考えを作り出すという活動は、理科において子どもが養うべき能力を育てていく上で重要なものである。中学校理科での生物分野では実験・観察を通して得られた数値データを処理し、解釈する場面は限られている。しかし、生物という学問分野において数値データから客観的に事象を説明するのは一般的な方法であり、高等学校の生物では、生理学や生態学に関わる学習単元において、数値データから事象を考察する学習内容が存在する。そのため、中学校の段階で生物分野で数値データを適切に処理する活動を行うことには、中学校と高校での生物分野の学習の連携という意味でも、意味があると考えられる。そして、その際に複数の仮説を検証できるようなデータセットを提示するという手法が子どもが自身の考えをもとに探究するという点で有効であることは本研究で示した通りである。

教員から挙げられた時間数や子どもの実態という点は、今後の課題である。授業時間の問題については、本研究では「植物の体のつくりと働き」における植物と昆虫の相互作用、「脊椎動物の仲間」における体温を対象に学習プログラムを作成したが、今後、学習の対象を再考し、探究の過程に沿って50分をかけて課題について学ぶことが可能な内容を設定することが考えられる。また、子どもの能力については、化学や物理の他分野や数学などの他教科での学習内容と照らし合わせ、データや表・グラフ用紙の提示の仕方、データを処理する方法の指導や支援について検討する必要がある。そして、教育現場での活用のためには、1つのデータセットに対し、各学校の実態に合わせて複数のワークシートを提示するなどの改善が必要であると考えられる。

(5) まとめ

中学校と高等学校の生物の学習において、実験・観察が困難な内容を既存のデータセットを用いることで探究の過程に沿って生徒が学ぶことができる学習プログラムを作成した。それらの学習プログラムを用いて授業を行うことで、生徒は各自の考えをもとに探究の過程に沿って課題について学ぶことができること、データを処理し、解釈する活動を通して課題に対する考察の視点が深まることが明らかとなった。そして、本研究で提案した主体型の資料学習を通じて、学習者の問題解決能力が向上することが示された。

< 引用文献 >

- 1) 国際数学・理科教育調査(TIMSS)2003、国際学習到達度調査(PISA)2006、平成24年度全国学力・学習状況調査
- 2) 文部科学省(2008) 小学校学習指導要領解説理科編 pp.7-11
- 3) 宮本直樹(2014)「中学校理科における仮説設定とデータ解釈との関連-因果関係を踏まえた仮説の共有化、洗練化に着目して」理科教育学研究 55:341-349
- 4) 石渡正志(2013)「小学校理科実験・観察指導上の支障に関する調査報告書」pp.12,18

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 佐藤 綾、堂園 いくみ、栗原 淳一	4. 巻 42
2. 論文標題 中学校理科におけるデータ分析を重視した仮説検証型学習 被子植物と送粉昆虫を題材とした教材開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 429 ~ 438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.14935/jssej.42.429	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤綾、下平明德、栗原淳一	4. 巻 36
2. 論文標題 データセットを用いた「結果の処理」の活動に焦点を当てた授業実践の分析と課題-中学校理科第2学年「脊椎動物の体温」を事例として	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 群馬大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 61-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 佐藤 綾、栗原 淳一	4. 巻 58
2. 論文標題 データセットを用いた仮説検証型学習を通じた問題解決能力の育成	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 135 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11639/sjst.17017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤綾・堂園いくみ・栗原淳一
2. 発表標題 生物分野におけるデータセットを用いた仮説検証型学習 - 植物と昆虫の相互作用を題材とした教材開発 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 第67回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤綾・栗原淳一
2. 発表標題 教員養成系大学生の問題解決能力を伸ばすための授業実践：データセットを用いた仮説検証型の授業を通して
3. 学会等名 理科教育学会第55回関東支部大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	栗原 淳一 (KURIHARA Jun-ichi) (90583922)	群馬大学・教育学部・准教授 (12301)	
研究 協力者	堂園 いくみ (DOHZONO Ikumi) (70462489)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	