

理科授業におけるデジタルセンサーの有用性について 理解を促進するための教授方略および 小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」への適用

村津啓太*1・高橋脩*2

*1 大阪信愛学院大学教育学部 *2 大阪信愛学院小学校

要旨

本研究の目的は、理科授業におけるデジタルセンサーの有用性について理解を促進するため、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」で提案する教授方略の効果を検証することであった。教授方略は、①センサー利用の必要性がある文脈を設定すること、②センサーの有用性について議論させることから構成されていた。質問紙調査の結果、デジタルセンサーの有用性である「操作の容易性」「情報の数値化」「情報の継時性」について、児童の理解が促進された。

キーワード：理科、デジタルセンサー、教授方略、小学校、植物の養分と水の通り道

1. 問題の所在と研究目的

小学校学習指導要領においては、主体的な学びを実現させ、児童の資質・能力を向上させることの重要性が指摘されている¹⁾。近年の理科教育では、こうした主体的な学びを実現させるための手段として、ICT機器の活用が注目されている²⁾。ICT機器を活用することによって、児童生徒の学習の場を広げたり、学習の質を高めたりすることが可能だからである³⁾。特に、デジタルセンサーは、通常では測定しにくい量や変化を数値化、視覚化して捉えることができることから、効果的なICT機器の1つとして紹介されている⁴⁾。デジタルセンサーの活用は、主体的な学びを実現させる上で有益なツールであり、理科授業における活用が強く求められている。

では、理科授業における主体的な学びを実現するためには、どのようにデジタルセンサーを活用すればよいのだろうか。活用の方向性の1つとして、問題解決におけるデジタルセンサーの有用性を理解させることが挙げられる。児童がデジタルセンサーの有用性について理解することで、自らデジタルセンサーの活用場面を判断したり、見通しを持って学習に取り組んだりすることが可能になるためである。

しかしながら、理科授業にデジタルセンサーを導入した従来までの実践研究では、センサーそのものの仕組みについての理解促進を目指した研究⁵⁾⁶⁾や、科学概念についての理解を深めることを目指した研究⁷⁾⁸⁾は報告されているものの、デジタルセンサーの有用性について児童の理解を深めることを目的とした研究が報告されていない。

本研究によって、デジタルセンサーの有用性に関する児童の理解を促進する教授方略

を提案できれば、日本の理科教育研究領域において、デジタルセンサーの有用性の理解促進についての知見を提供するという意味で、本領域の教授方略の開発に寄与できると考えられる。

以上を踏まえた本研究の目的は、理科授業におけるデジタルセンサーの有用性について理解を促進するため、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」で提案する教授方略の効果について検証することである。

2. 本研究でする教授方略

本研究で提案する教授方略は、2つの段階から構成されていた。第1段階は、児童が問題を解決する際、デジタルセンサーによる数値データが必ず必要な学習文脈を意図的に設定することである（以下、文脈の設定）。児童に問題を解決させる際、デジタルセンサーで得られた数値データを利用させることで、デジタルセンサーの有用性についての理解が促進されると想定される。

第2段階は、デジタルセンサーの有用性について、クラス全体で明示的に話し合うことである（以下、有用性の議論）。デジタルセンサーを活用した学習活動の後に、その有効性についてクラス全体で話し合うことで、デジタルセンサーの有用性について理解が促進されると想定している。

3. 研究の方法

3.1 調査デザインの概要

教授方略の効果を検証するために、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」を題材として、教授方略に基づく実験授業の実施とその効果測定を行った。具体的には、実験授業の開始時と終了時に、センサーの有用性に関する理解度を測定する質問紙調査を実施し、理解度の変容を量的に分析し、提案した教授方略の効果を検証した。また、実験授業中の学習者の発言記録を事例的に分析し、教授方略とセンサーの有用性に関する理解度の関連について質的に検討した。

3.2 デジタルセンサーの特徴

本研究では、教育用の市販デジタルセンサーである「AkaDako 探究ツール（以下、アカダコセンサー）」を利用した（図1）。

アカダコセンサーには、以下に示す3点の特徴がある。1点目は、「操作の容易性」である。本センサーは、USBケーブルを児童用 iPad に接続し、クラウド上でアプリを起動するだけで科学情報を測定することができる。機器操作に関する児童の負担を減らすことで、解決したい学習問題を常に意識しながら問題解決に向かうことができるようになる。2点目の特徴は、「情報の数値化」である。従来までの小学校理科授業では質的に記録されていたデータを、本センサー

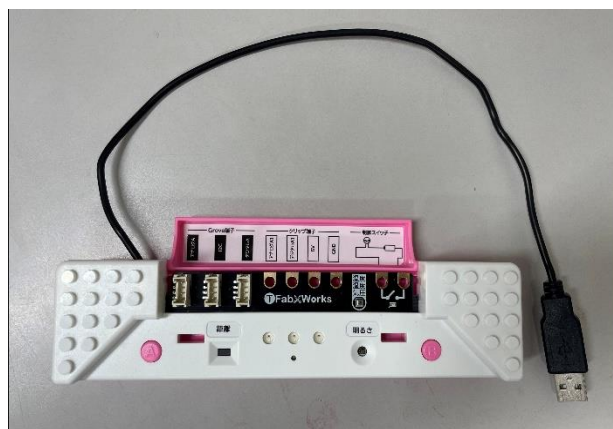


図1 デジタルセンサー「AkaDako 探究ツール」

USBケーブルをPCやタブレットに接続することで、複雑な設定をすることなく気温、湿度、気圧などを含む約10種類の科学情報を測定し、リアルタイムでグラフ化することが可能である。

を活用することによって、数値化することが可能となる。3点目の特徴は、「情報の継時性」である。本センサーは、科学情報を自動で継続的に計測し、その経過をグラフで表示することができる。これによって、実験開始時と終了時といった断続的な測定ではなく、実験中の科学情報の変化プロセスを連続的に追跡することが可能になる。

3.3 授業展開

小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」の授業展開は、表1に示す通りである。

第1時限では、実験授業の導入として、植物の体の仕組みについて、水に関すること、空気に関すること、養分に関することについて学習の見通しを立てた。

表1 実験授業の展開

時限	学習内容
1	○授業の導入
2-4	○植物と水についての学習 <ul style="list-style-type: none"> ・実験①「根が取り入れた水は、どこを通過して植物の体にいきわたるのか」 ・実験②「葉まで届いた水は、その後どうなるのだろうか」
5-6	○植物と空気についての学習 <ul style="list-style-type: none"> ・実験③「植物と空気には、どのような関係があるのだろうか」
7-8	○植物と養分についての学習 <ul style="list-style-type: none"> ・実験④「植物は、葉に日光が当たると、自分で養分をつくるのだろうか」
9-10	○単元のまとめ <ul style="list-style-type: none"> ・学習した科学概念の確認 ・センサーの有用性の議論

第2-4時限では、植物と水についての学習を行った。まず、「根が取り入れた水は、どこを通過して植物の体にいきわたるのか」という課題を解決するために、実験①を実施した。次に、「葉まで届いた水は、その後どうなるのだろうか」という課題を解決するために、実験②を行った。具体的には、センサーを使って植物から放出される水蒸気をリアルタイムで測定することが必要な文脈を意図的に設定し、センサーを利用してグラフ化した。図2は、アカダコセンサーを利用して、密閉されたハウセンカの袋内の湿度を測定している様子である。また、図3は、実際に測定されたハウセンカの袋内の湿度変化の様子である。アカダコセンサーで測定された湿度変化のグラフをもとに、植物は葉から水蒸気を放出していることを確認した。



図2 アカダコセンサーを利用して袋内の湿度を測定している様子

USBケーブルを児童用iPadに接続し、湿度の測定を行っている。

第 5-6 時限では、植物と空気についての学習を行った。ここでは、「植物と空気には、どのような関係があるのだろうか」という課題を解決した。ポリエチレン袋の中にアカダコセンサーを入れ、約 1 時間待つ間、酸素や二酸化炭素の割合をリアルタイムで測定しグラフ化した。これによって、植物は常に一定の割合で二酸化炭素を吸収し、酸素を放出していることを確認した。

第 7-8 時限では、植物と養分についての学習を行った。ここでは、「植物は、葉に日光が当たると、自分で養分をつくるのだろうか」という課題を解決した。

第 9-10 時限には、単元のまとめを行った。ここでは、単元で学習した科学概念を確認するとともに、アカダコセンサーの有用性についてクラス全体で議論した。

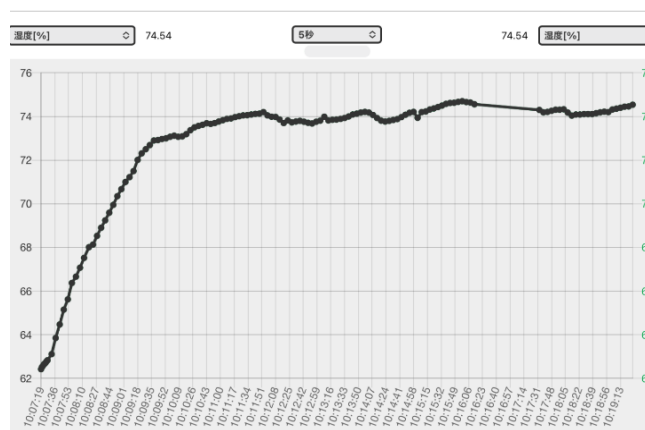


図 3 実際に計測されたハウセンカの袋内の湿度変化データ

湿度の割合は最初の 5 分で大幅に上昇し、その後は緩やかに上昇した。

3.4 調査方法

3.4.1 質問紙を用いた調査

センサーの有用性に関する理解度を測定するために、実験授業を実施する直前（以下、授業前）と、実験授業が終了した直後（以下、授業後）に、質問紙調査を実施した。質問紙では、「理科の学習でセンサーを利用する良さについて、あなたの考えを自由に書いてください」という項目に対して、児童に自由記述で回答を求めた。所要時間は各 15 分であった。

3.4.2 発言記録の事例的調査

実験授業において、デジタルセンサーの有用性に関する内容がクラス全体で共有されたかを確認するために、実験授業の第 10 時限に実施された、デジタルセンサーの有用性に関するクラス全体での議論を IC レコーダーによって録音し、その内容について事例的に検討した。議論の時間は約 20 分であった。

3.5 分析方法

3.5.1 質問紙を用いた調査の分析

児童の記述について、デジタルセンサーの有用性である「操作の容易性」「情報の数値化」「情報の継時性」の記述の有無について同定した。

「操作の容易性」を同定するためのキーワードとして、「簡単」「早く」「短時間」「自動」を設定し、これらのキーワードを含む記述について、前後の文脈をその都度確認し、デジタルセンサーの操作が容易であるという意味から逸脱しない表現がある児童を「操作の容易性」の記述ありとして同定した。

「情報の数値化」を同定するためのキーワードとして、「数値」「正確」を設定し、これ

らのキーワードを含む記述について、前後の文脈をその都度確認し、デジタルセンサーによって情報が数値化されるという意味から逸脱しない表現がある児童を「操作の容易性」の記述ありとして同定した。

「情報の継時性」を同定するためのキーワードとして、「変化」「途中」「過程」「〇秒ごと」「グラフ」を設定し、これらのキーワードを含む記述について、前後の文脈をその都度確認し、デジタルセンサーによって情報が連続的に計測できるという意味から逸脱しない表現のある児童を「操作の容易性」の記述ありとして同定した。

第一著者と第二著者の2名が独立して評価を行い、不一致の箇所は判定者2名で協議して決定した。その後、各有用性の記述の有無について McNemar 検定を実施し、授業前から授業後にかけて、3点の有用性について記述できた児童の人数増減についてそれぞれ検討した。本研究では、有意水準を5%として設定した。

3.5.2 発言記録の事例的調査の分析

ICレコーダーによる音声データを書き起こした発言記録を対象として、デジタルセンサーの有用性である「操作の容易性」「情報の数値化」「情報の継時性」の内容がクラス全体の議論においてやり取りされたかを事例的に確認した。

3.6 対象と実施時期

対象は、大阪府下の私立小学校の6年生2クラスの児童（合計47名）のうち、全10時間の実験授業すべてに参加した37名の児童であった。実験授業の実施時期は、令和5年6月～7月であった。

4. 結果と考察

4.1 質問紙調査の結果と考察

第一に、「操作の容易性」を記述できた児童の人数遷移について結果を報告する。「操作の容易性」に同定された記述の例として、「自動で簡単にデータを測ることができる」「調べたいことを早く調べることができる」等が挙げられる。図4は、授業前後において、「操作の容易性」を記述できた人数の遷移図である。授業前の時点では、記述ありの児童は4名に留まっており、33名は記述できなかった。その一方、授業前に記述できなかった33名のうち、17名は授業後に記述が出来るようになった。これらの比率の差を検討するために、McNemar 検定を実施した結果、授業前から授業後にかけて、「操作の容易性」を記述できた児童の人数が有意に増加した ($\chi^2=10.316$, $p < .05$)。

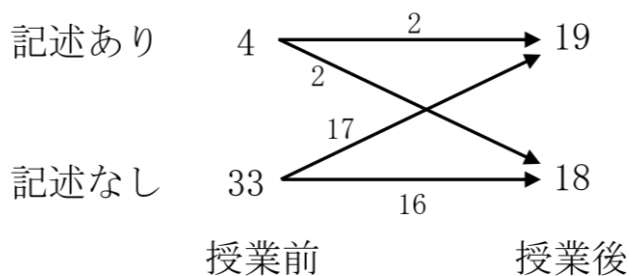


図4 授業前後において、「操作の容易性」について記述できた人数の遷移図

授業前から授業後にかけて、「操作の容易性」を記述できた児童の人数が有意に増加した。

第二に、「情報の数値化」を記述できた児童の人数遷移について結果を報告する。「情報の数値化」に該当する記述例として、「目に見えないものを、数値の形にしてくれる」「データを数字で表せる」等が挙げられる。図5は、授業前後にかけて、「情報の数値化」に

ついて記述できた人数の遷移である。

授業前の時点において、18名の児童が記述できており、授業後においては、26人の児童が記述していた。これらの比率の差を検討するために、McNemar検定を実施したその結果、授業前から授業後にかけて、「情報の数値化」を記述した児童の人数は増加しなかった。

特に、授業前の時点で「記述あり」と同定された児童18名のうち、5名は授業後には「記述なし」に同定された。このように、授業後に「情報の数値化」を記述しなかった児童が一定数存在した理由を検討するために、

該当する5名の児童の授業前後の記述を追加検討した。表2は、授業前後にかけて「情報の数値化」を記述しなくなった児童の具体的な記述例である。5名の児童は、授業前には、下線部(A)のように「情報の数値化」に該当する記述をしていたものの、授業後には、「情報の数値化」に関する内容が記述されていなかった。しかしながら、その代わりとして、下線部(B)のように「操作の容易性」に関する記述や、下線部(C)のように「情報の継時性」に関する記述が確認された。これは、実験授業の中で、児童が実際にアカダコセンサーを利用することで、その操作の容易さを体験したり、情報が連続的に表示させることの利点を理解したりしたことの印象が大きかったことが要因として推察される。こうした点から、授業後は新しく理解した有用性を優先的に記述した結果として、「情報の数値化」に関する記述がなくなったと言える。

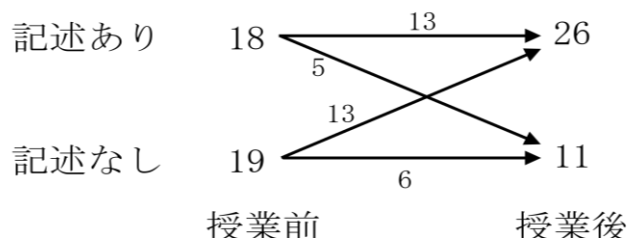


図5 授業前後において、「情報の数値化」について記述できた人数の遷移図

授業前から授業後にかけて、「操作の容易性」を記述できた児童の人数は有意に増加した。

表2 授業前後にかけて「情報の数値化」が「記述あり」から「記述なし」に変化した児童の記述例

児童	授業前の記述	授業後の記述
S9	<u>(A)自分では分からないことが数値で測れるようになる。</u>	<u>(B)簡単に調べられるし、(C)データをグラフで表してくれて分かりやすい。</u>
S25	人では出せない <u>(A)正確な答えを出してくれる。</u>	<u>(B)自動で簡単にデータを測ることができるし、たくさんのデータを同時に測ることができる。</u>
S29	色々な <u>(A)データを数字で表せること。</u>	アカダコセンサーは、 <u>(B)自動で簡単</u> だった。
S34	センサーを使うと <u>(A)数値などを出すことができる。</u> グラフとか表に表して分かりやすくなる。	<u>(B)自動で測ってくれるし、(C)途中経過をグラフで表してくれる。</u>
S35	センサーを使うと <u>(A)数字で表してくれて便利で分かりやすい。</u>	<u>(B)自動でデータが測れる。簡単。データを残すことができる。</u>

Note. 下線部は筆者による

第三に、「情報の継時性」を記述できた児童の人数遷移について結果を報告する。「情報の継時性」に該当する記述として、「結果だけではなく過程を調べることができる」「数秒ごとのデータを取ることができる」などが見られた。図6は、授業前後にかけて、「情報の継時性」について記述できた人数の遷移である。授業前の時点では、37名全員が記述できなかつたものの、授業後には、16名の児童が記述できるようになった。これらの比率の差を検討するために、McNemar検定を実施した。その結果、授業前から授業後にかけて、「情報の継時性」を記述できた児童の人数が有意に増加した ($\chi^2=14.063$, $p < .05$)。

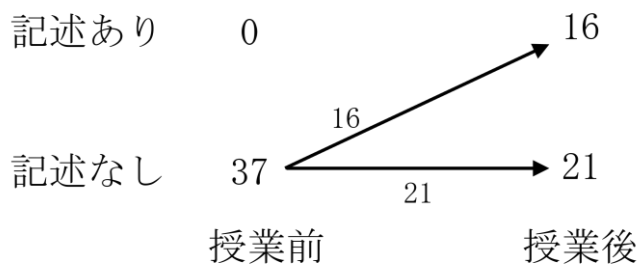


図6 授業前後において、「情報の継時性」について記述できた人数の遷移図
授業前から授業後にかけて、「情報の継時性」を記述できた児童の人数が有意に増加した。(p < .05)

4.2 発言記録の事例的調査の結果と考察

表3は、クラス全体でアカダコセンサーの有用性について話し合う場面の発言記録(抜粋)である。表3における下線部(A)や(B)の発言には、数値による正確性や、人間の感覚では分からないものを数値によって可視化できるといった内容が含まれている。これらは、「情報の数値化」に関係する内容である。下線部(C)(E)の発言は、手作業よりも手間がないことや、自動で測定できる点に言及していることから、「操作の容易性」に関係する内容である。下線部(D)(F)(G)では、最初と最後の記録だけではなく、途中経過について情報を測定できるという内容から、「情報の継時性」に関係する内容である。これらのように、クラス全体でアカダコセンサーの有用性について議論において、デジタルセンサーの有用性である「操作の容易性」「情報の数値化」「情報の継時性」に関する情報が共有されたことが確認された。

表3 アカダコセンサーの有用性についての議論における発言記録(抜粋)

話者	発言内容
T:	センサーが授業の中でどのように役に立ったのか、センサーの良いところを教えてください。
S1:	センサーは、 <u>(A)正確なところが良い</u> です。
S2:	S1さんの意見につながっていて、 <u>(B)数値で表されて分かりやすいし、人の感覚で分からないことが目に見えて分かるようになる</u> ところが良いところです。 確かに、S1さんの正確性につながるよね。他の意見はあるかな。
T:	私は、 <u>(C)手作業とかでするよりも、時間とか手間が減るところ</u> がセンサーの有用性だと思います。
S3:	アカダコを使うと、 <u>(D)ずっと15分間の記録を測ることができるし、グラフ化する</u> こともできるのがいい所です。

-
- 私は、(E)タブレットにつなげていけば、放置していても、自動で測定できるところが良いです。
- S5: ころが良いです。
なるほど。
- T 私は、(F)最初と最後の結果だけじゃなくて、途中経過の記録が分かるから、湿度がどんな変化をしているか分かりました。
- S6: (G)途中の様子をグラフ化してくれるから、データを比べやすくなりました。
- S7:
-

note. T: 教師、S: 児童 下線部は筆者による。

5.まとめ

本研究の目的は、理科授業におけるデジタルセンサーの有用性について理解を促進するため、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」で提案する教授方略の効果について検証することであった。

第一に、アカダコセンサーの有用性のうち、「操作の容易性」に関わる理解度の変容について考察する。本研究では、授業前後にかけて、「操作の容易性」について記述できた児童の人数が有意に増加した。特に、授業前には記述できなかった33名のうち、授業後に17名の児童が記述できるようになった点は注目すべき結果である。教授方略「文脈の設定」によって、児童はデジタルセンサーを有意義な文脈で活用するとともに、教授方略「利点の議論」によって、その利点をクラス全体で共有できた。特に、クラス全体での議論では、手作業よりも手間がないこと、自動で測定できる等の有用性について言及する児童が確認された。児童がこうした発言をできたのは、実験授業においてアカダコセンサーを十分に活用し、主体的に問題解決する機会を確保したためである。これらの点から、本研究で設定した教授方略は、「操作の容易性」の理解促進に寄与したものと推察される。

第二に、アカダコセンサーの有用性のうち、「情報の数値化」に関わる児童の理解度変容について考察する。本研究では、授業前後にかけて、「情報の数値化」について記述できた児童の人数は有意に増加しなかった。その理由として、以下の3点が推察される。1点目は、授業前から「情報の数値化」を理解していた児童が多かった点である。実際に、授業前の時点で半数以上の児童がセンサーの有用性として「情報の数値化」を理解していた。こうした点から、児童は授業を通して「情報の数値化」の理解を獲得したというよりは、むしろデジタルセンサーの基本的機能として、授業前の時点で「情報の数値化」という有用性をすでに把握していたと考えられる。

2点目は、すでに述べたように、授業後の質問紙調査では、「操作の容易性」や「情報の継時性」などの新しく理解した有用性について記述することを優先した結果として、「情報の数値化」に関する記述が減ったと推察される。

第三に、アカダコセンサーの有用性のうち、「情報の継時性」に関わる児童の理解度変容について考察する。本研究では、授業前後にかけて、情報の継時性について記述できた児童の人数が有意に増加した。授業前の時点では、情報の継時性について記述できた児童は0名であったことから、「情報の継時性」という視点は、児童にとって馴染みのない有用性であったことが分かる。一方で、授業後には16名の児童が記述できるようになった。こうした人数の顕著な増加は、単にデジタルセンサーを使って科学情報を測定する活動を行ったからというよりは、むしろ、教授方略「文脈の設定」によって、湿度や酸素、二

酸化炭素の割合を測定する際、最初と最後の時点の測定だけではなく、途中段階の科学情報が必要となる文脈を意図的に設定したことで、児童は目的意識をもってセンサーを活用し、その有用性を実感できたことが大きいと考えられる。さらには、こうした有用性を、教授方略「有用性の議論」を反映させた話し合い活動の中で共有することによって、その理解をさらに深めたと考えられる。こうした点から、教授方略「文脈の設定」と「有用性の議論」は、デジタルセンサーの有用性の1つである「情報の継時性」の理解向上に大きく寄与したものと推察される。

今後の課題を述べる。本研究では「植物の養分と水の通り道」を題材として、湿度、酸素、二酸化炭素の割合をアカダコセンサーによって数値化した。しかしながら、アカダコセンサーは、それらの科学情報のみならず、気温、気圧、明るさ、加速度、傾き、電圧、音量なども測定することができる。このようなアカダコセンサーの機能を生かし、天気に関わる授業で気圧を測ったり、振り子に関する授業で加速度を測定したりするなど、植物以外の題材を利用した実験授業を行い、開発した教授方略の適用範囲をさらに広げていく必要がある。

引用文献

- 1) 文部科学省. 小学校学習指導要領 (平成 29 年度告示) 解説総則編. 東洋館出版社. 2017.
- 2) 文部科学省. 教育の情報化に関する手引. 2020
https://www.mext.go.jp/content/20200701-mxt_jogai01-000003284_005pdf.pdf
(2023.6.27 アクセス)
- 3) 文部科学省. 小学校学習指導要領 (平成 29 年度告示) 解説理科編. 問い用館出版社. 2017.
- 4) 文部科学省. 理科の指導における ICT の活用について. 2020.
https://www.mext.go.jp/content/20210616-mxt_jogai01-000010146_004.pdf
(2023.6.27 アクセス)
- 5) 浅井尚輝、森本弘一. 自作デジタル温度計の開発 (「自分の温度計を作ってみよう」). 理科教育学研究 53 (1): 115-162, 2012.
- 6) 栢木紀哉、大橋和正. 自動化工場モデルを用いたセンサーの特性理解に関する学習法. 科学教育研究 40 (3): 271-280, 2016.
- 7) 平山大輔、森川英美、後藤太一郎. 光合成の授業における ICT の活用とその有効性 - 小学校理科 6 年小単元「生物と空気のかかわり」に着目して -. 理科教育学研究 54 (3): 419-426, 2014.
- 8) 瀧本家康. 高等学校の熱力学実験におけるデジタル温度ロガーの活用例 - 熱と仕事の関係と熱平衡を例に -. 理科教育学研究 63 (1): 117-126, 2022.

附記

- ・本研究は、大阪信愛学院大学の研究倫理委員会による承認 (審査番号 23004) を得た上で実施している。
- ・本研究は、公益財団法人日産財団 理科教育助成「センサーを用いて実験結果を数値化し、多面的な考察を可能にする理科授業の開発」の助成を受けたものです。

・本研究に関連し、開示すべき利益相反関係にある企業・組織及び団体はありません。

受理 2024年3月13日

公開 2024年4月1日

<連絡先>

村津啓太

宛先：〒536-8585 大阪市城東区古市2-7-30 大阪信愛学院大学

電話番号：06-6939-4391

Email アドレス：muratsuk@osaka-shinai.ac.jp