

# 2023年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：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		
学校名：大阪信愛学院小学校	代表者：岩熊美奈子	報告者：高橋 脩
全教員数：18名	全学級数・児童生徒数： 12学級・328名	
実践研究を行う教員数：3名	実践研究を受けた学級数・児童生徒数： 2学級・47名	

## 1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

### テーマ設定の背景

小学校理科教育においては、児童を問題解決活動に取り組ませることが重要である。特に、実験で得られたデータを多面的に考察し、科学概念についての理解を深めていくプロセスは、問題解決活動において不可欠である。こうした多面的な考察を実現するためには、考察の材料となる「実験の結果」を充実させることが欠かせない。授業において、単一のデータではなく複数のデータ、さらには定性的なデータだけではなく定量的なデータの収集が求められる。近年では、理科授業におけるICT活用についての議論が活発化しており、文科省の提示した「理科指導におけるICTの活用」においても、(1)実験や観察結果のデータ処理やグラフ化、(2)ビデオ録画による実験結果の記録、(3)センサーを用いた計測など、実験データを充実させるための手段が提案されている。しかしながら、(3)センサーを用いた計測については、専門的な装置が必要であることや、装置を有効に活用するための教材研究が必要であることから、その実践例が極めて少なく、知見の蓄積が進んでいない。センサーによる計測を学習活動に取り入れた理科授業を開発することで、従来までは定性的に記録されていた事柄を定量的に記録し、多様なデータをもとに考察する活動を提供できるようになることから、児童生徒の多面的な考察の実現に大きく寄与するものと考えられる。

### 研究の目的

本研究の目的は、従来までは定性的に記録されていた実験結果をセンサー技術によって定量的データに変換（数値化）し、多面的な考察を可能にする理科授業の開発と評価を行うことである。本研究における「多面的な考察」とは、単一のデータから安易に結論を導くのではなく、定性的・定量的な複数のデータを批判的に解釈し、妥当な結論を導くことである。そこで本研究では、小学校6学年理科「植物の養分と水の通り道」を題材として、①実験データの数値化に焦点を当てた理科授業のデザインとその実施、②理科授業における児童の記述を分析することで、児童が実際に多面的な考察をできていたのかを検証していく。

## 2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

### 機器・材料の購入

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）」を選定し購入した。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ことに加え、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という利点がある。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。

### 協力機関等との打ち合わせ

本研究では、アカダコセンサーの開発元であるTFab Works社と連携し、センサーの操作方法に関わるレクチャーを受けたり、センサーを活用した授業アイデアに関する検討を行ったりした。その後、大阪信愛学院大学の初等理科教育の専門家と連携し、理科教育研究におけるセンサーを活用した先行研究の精査や、理科授業の具体的なデザイン、さらには多面的な考察の達成状況を評価するための計画を立てた。

### 3. 研究の内容

#### 開発した理科授業の流れ

本研究では、小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」を題材として、実験結果をセンサー技術によって定量的データに変換（数値化）し、多面的な考察を可能にする理科授業を開発した。表1は、開発した授業の流れである。デジタルセンサーを活用した特徴的な学習活動は、第2-4限と、第5-6限に行われた。

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。教科

書に掲載された実験方法に即して、同じサイズのハウセンカを2つ用意し、片方はすべての葉を取り除いた上で、それぞれの植物をポリエチレンの袋で密閉し、約15分後に袋の内側の曇り具合を児童に観察させた。その結果、葉が付いたハウセンカの袋の内側には水滴が付着し、葉をすべて取り除いたハウセンカの袋の内側に水滴は付着しなかったことから、一部の児童は、「植物は、葉から水滴を出している」という科学的に妥当ではない結論を導き出そうとした。それに対して他の児童は、「水滴が出たのなら、袋の下だけに貯まるはずだ」「袋の内側に満遍なく水滴がつくのはおかしい」という反論を行い、学級の中で、「葉から出ているのは液体ではなく、気体かもしれない」といった予想を表出させた。こうした展開の中で、教師は児童に湿度という概念を教示し、アカダコセンサーを用いた湿度の測定活動を行わせた。具体的には、植物をポリエチレン袋で密閉する際、アカダコセンサーも一緒に密閉し、袋の内側の湿度をリアルタイムで測定しグラフ化した。図1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2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。児童は、袋の内側に水滴が付いたという定性的なデータと、アカダコセンサーで測定された湿度変化の定量的データを用いて、植物は葉から水蒸気を放出しているという結論を導いた。

第7-8時限では、植物と空気についての学習を行った。そこでは、「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。小学校理科の教科書の実験方法に即して、晴れた日に植物の葉をポリエチレン袋で密閉し息を入れ、その直後と約1時間後に、気体検知管を利用して酸素と二酸化炭素の割合を確かめた。その結果、袋内の酸素の割合が増加し、二酸化炭素の割合が減少した。児童は、これらの結果から「植物は日光を浴びているとき、二酸化炭素を取り入れ、酸素を出している」という結論を導こうとした。この結論は正しいものの、教師が「日光を浴びている間は、常に二酸化炭素を取り入れ、酸素を出し続けているのか」と問いかけることで、児童から、「湿度をアカダコセンサーで15分間測定したように、1時間にわたる酸素や二酸化炭素の割合を連続的に測定することが必要だ」という意見を表出させた。こうした流れを踏まえ、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。図3は、実際に測定された酸素と二酸化炭素の割合の変化を表したグラフである。児童は、グラフを見ながら、どの時点でも二酸化炭素が減少した分だけ酸素が増加することに気付き、「植物は日光を浴びているとき、常に二酸化炭素を取り入れ、酸素を出している」という結論に到達した。

表1 理科授業の流れ

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 ・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」【湿度センサーの利用】
5-6	○植物と空気についての学習 ・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」【O <sub>2</sub> ,CO <sub>2</sub> センサーの利用】
7-8	○植物と養分についての学習 ・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



図1 センサーを利用して袋内の湿度を測定している様子



図2 計測された袋内の湿度変化データ



図3 実際に計測されたO<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>の割合変化データ

#### 4. 研究の成果と成果の測定方法

##### 対象と成果の測定方法

対象は、6年生2クラスの児童47名のうち、全10時間の授業すべてに参加した37名の児童であった。授業の実施時期は、令和5年6～7月であった。

授業を通して児童の多面的な考察力が促進されたかを検証するために、授業直前と直後の2回、既習単元「物の溶け方」を題材とした自由記述問題を実施した。図4は、実際に利用された自由記述問題である。問題は、4つの実験結果を提示した上で、目の前の白い粉は食塩とミョウバンのどちらなのかを判断させる問題であった。図4のうち、実験②と④の結果は、結論を導くための判断材料として利用できるものであり、実験①と③の結果は判断材料として利用できないものであった。本研究では、実施した理科授業の単元「植物と水の通り道」を題材とした評価ではなく、意図的に別単元を題材とした問題を作成し、授業内で身に付けた多面的な考察力を別単元で適用できるかを評価した。自由記述問題では、質問文に対して児童に自由記述で回答を求めた。所要時間は約15分であった。

##### 分析方法

表2の自由記述問題のルーブリックを作成し、その基準に基づいて自由記述を分析した。レベル1は、結論だけが記述されたものであり、多面的な考察としては不十分なものである。レベル2は、レベル1の基準の達成に加えて、判断材料として利用できる実験②と④の結果について言及されたものである。レベル3は、レベル2の基準の達成に加えて、実験①と③の結果について、それらが判断材料として利用できない理由も説明されたものであり、本研究で育成を目指す多面的な考察が具現化された姿である。

各児童を多面的な考察の達成度に応じてレベル1～3に同定した後、Wilcoxonの符号付き順位と検定を実施し、各レベルに同定された児童の人数遷移について検討した。なお本研究では、有意水準を5%に設定している。

##### 研究の成果と考察

図5は、多面的な考察の達成度の遷移図である。授業前は、レベル1と2の児童がそれぞれ13名ならびに23名と、大部分の児童がレベル2以下に同定されていた。その一方で、授業後には、レベル3の17名に増加し、レベル1の児童は5名に減少した。Wilcoxonの符号付き順位と検定の結果、人数分布の偏りに有意差が確認された ( $z=4.382, p<.05$ )。

開発した理科授業では、植物に関する湿度や酸素、二酸化炭素などの科学情報を定性的に集めるだけでなく、センサーを利用して定量的に収集することで、複数のデータを批判的に解釈して、結論に導く学習活動を実施した。こうした学習活動を通して、児童は定性的・定量的な複数のデータを批判的に解釈する力、つまり多面的に考察する力が向上したと推察される。

太郎さんの目の前には、カップに入った白い粉があります。この粉は、「食塩」か「ミョウバン」のどちらかです。太郎さんは、この白い粉の正体をつき止めるために、実験①～④をしました。

番号	どのような実験をしたか	得られた結果
実験①	手ざわりを確かめてみた。	白い粉は、とてもサラサラしていた。
実験②	水の温度を変えて溶かしてみた。	白い粉は、10℃で100mLの水に8gしか溶けなかったが、60℃で100mLの水には、60gも溶けた。
実験③	白い粉が溶けた水溶液を蒸発させてみた。	白い粉を、60℃で100mLの水に溶けるだけ溶かした後、その水溶液を蒸発させると、また白い粉が出てきた。
実験④	白い粉が溶けた水溶液を、急激に冷やしてみた。	白い粉を60℃で100mLの水に、溶けるだけ溶かした後、その水溶液を氷の入った冷たい水で冷やすと、白い粉のつぶが出てきた。

【問題】  
太郎さんの目の前にある白い粉は、「食塩」と「ミョウバン」のうち、どちらですか。実験結果を見て、あなたの考えを説明しましょう。

図4 多面的な考察に関する自由記述問題

表2 自由記述問題のルーブリック

レベル	解説と記述例
1	・結論だけが記述されている。 例) 白い粉はミョウバンです。
2	・レベル1を満たした上で、判断材料として利用できる実験②と④の結果について記述されている。 例) ミョウバンは水の温度が高いほど溶けるので、実験②の結果から、白い粉はミョウバンと言えます。 例) ミョウバンは温度によって水に溶ける量に差があるから、実験④の結果のように白いつぶが出てくるのはミョウバンと言えます。
3	・レベル2を満たした上で、実験①と③の結果にも言及し、それらが判断材料として利用できない理由が記述されている。 例) 食塩とミョウバンの手ざわりはあまり変わらないので、実験①の結果は、答えを決めるときに使えません。 例) 実験③の結果は、食塩でもミョウバンでも蒸発させると白い粉が出てくるはずなので、答えを決めることはできません。

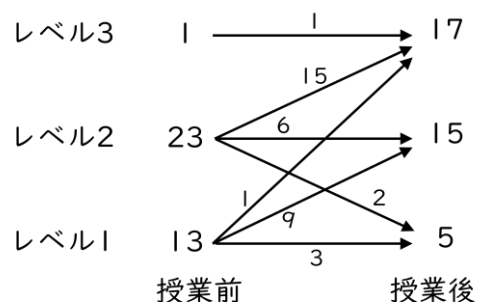


図5 多面的な考察の達成度の遷移図

## 5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

### 成果活用の視点

本研究の目的は、従来までは定性的に記録されていた実験結果をセンサー技術によって定量的データに変換（数値化）し、多面的な考察を可能にする理科授業の開発と評価を行うことであった。評価の結果、本研究で開発した理科授業は、児童の多面的な考察を促進する可能性が示唆された。

開発した授業は、教科書に基づく学習の流れを採用していることはもちろん、センサーも市販されているものを利用したことから、日本全国の小学校で同様の授業を再現することが可能であり、汎用性が高いものであるといえる。

### 残された課題への対応

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。そのために、どの学年でもセンサーを活用して多面的な考察力を高める授業が段階的に実施できるように、理科専科教員、情報教員と連携して意見交換を行い、今後に向けた協議を行っている。

## 6. 成果の公表や発信に関する取組

※ 研究会等での発表や、メディアなどに掲載・放送された場合もご記載ください

本研究で得られた成果は、以下の学会や研究紀要において発信している。

### ①日本科学教育学会第47回年会におけるポスター発表

本学会では、開発した理科授業デザインの概要について発信した。来場者からは、アカダコセンサーを活用した授業の新規性を評価してもらい、センサーを活用した理科授業の他単元での実施の可能性について助言をもらった。書誌情報は以下の通りである。村津啓太・高橋脩（2023）「理科におけるデジタルセンサーの有用性について理解を深める授業デザイン：小学校第6学年「植物の養分と水の通り道」を題材とした予備的検討」『日本科学教育学会年会論文集』第47号

### ②大阪信愛学院大学紀要

本紀要においては、センサーを活用する理科授業の利点について児童に質問紙調査を行い、その評価結果を発信した。評価の結果、児童はセンサーを活用する利点として、①操作が容易で授業に集中できること、②これまでは数値化できなかった科学情報を数値化できること、③センサーを使うことで、情報を連続的に測定できること、という3点が挙げられた。書誌情報は以下の通りである。村津啓太・高橋脩（印刷中）「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」『大阪信愛学院大学紀要』第2巻

## 7. 所感

デジタルセンサーを活用した新しい理科教育実践に挑戦する機会を提供して下さった日産財産理科教育助成を運営する皆様に、深くお礼申し上げます。

本実践を通して、教育 ICT 機器の開発に携わる企業の方と関わることで、今後の ICT 機器を活用した授業実践への可能性の大きさを強く実感することができました。また、授業の成果をどのような形で評価し、その成果を発信すべきか学ぶことができました。

ICT 機器の活用は、予測不可能な今後の社会を生き抜く上で不可欠であるものの、学校教育現場では予算の制限、活用の知見不足などの理由により、その活用の難しさに頭を悩まされている先生も多くいらっしゃるのが現状です。そうした中、本実践の成果発信が、理科授業に ICT 機器を導入し、児童の資質・能力をさらに高めようとする先生方の一助になることを願っています。