

平成22年5月31日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500753
 研究課題名(和文)：児童・生徒のグラフ認知特性を生かした理科数学融合カリキュラムの開発
 研究課題名(英文)：DEVELOPMENT OF SCIENCE MATHEMATICS INTEGRATED CURRICULUM USING OF PUPIL AND STUDENT'S GRAPH ACKNOWLEDGMENT CHARACTERISTICS.

研究代表者
 土田 理 (TSUCHIDA SATOSHI)
 鹿児島大学・教育学部・教授
 研究者番号：10217325

研究成果の概要(和文)：

本研究では、「グラフ発見学習」の研究成果を基に児童・生徒のグラフ認知特性を生かした小学校高学年から中学校3年生まで適応可能な理科数学融合カリキュラムの開発を目指し研究を進めた。そして、次の点が成果としてあげられる。・教科書分析からは、大正期の新主義数学の影響がまだ見られた。・中学生の意識調査からは、実験計画の段階でグラフ利用を認識していない生徒は、考察段階でもグラフ利用が見られない。・「グラフ発見学習」は、小学校5年生から適応可能である。

研究成果の概要(英文)：

The purpose of this study is to aim at the development of the science mathematics integrated curriculum adjusting from the upper-grade of the elementary school to the 3rd grader in the junior high school that makes the best use of pupil and student's graph acknowledgment characteristics based on study results of "Graph discovery leaning". The results are as follows: (1) In the textbook of the elementary school arithmetic and the elementary school science, the influence of new principle mathematics of the TAISHO era period was still seen. (2) Students who were not recognizing the graph use at the stage of the design of experiment did not get the graph use seen at the consideration stage either. (3) "Graph discovery leaning" used in the present study was able to adjust by setting an appropriate theme by the science mathematics integrated curriculum from the fifth grader in the elementary school.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度			
2006年度			
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：科学教育カリキュラム，理科数学実験，グラフ認知，小学校理科，中学校理科

1. 研究開始当初の背景

小学校・中学校理科では、水温や気温の変化などを観察し、結果をグラフ化する実験が多くある。また、小学校算数・中学校数学では、棒グラフ、円グラフ、折れ線グラフなど、多くの種類のグラフを学習する機会が提供されている。

しかし、算数や数学で数多くのグラフについて学習を行っているにもかかわらず、理科では実験結果のグラフを描くことができない、また、逆に結果のグラフから自然事象の変化を読み取り、考察を行い、結論を導くまでに至らない児童・生徒が多くいる。

これは、理科と算数・数学の両教科間で連携したカリキュラムの提供が行われていないことに、主たる原因がある。

この問題を解決することを目標に、本研究代表者は数年前より児童・生徒のグラフ認知特性について、以下の内容について、小学校や中学校における授業分析を通して解明することを進めてきた。

・理科学習の実験・観察活動においてグラフ認知過程がもたらす児童・生徒の内的思考の解明

・理科の問題解決学習中のグループ間およびグループ内におけるグラフ認知を通しての児童・生徒対児童・生徒、教師対児童・生徒のコミュニケーション成立の過程と変容の調査・分析

・児童・生徒の理科学習における問題解決能力とグラフ認知の関連性の探究

・児童・生徒個々のレベルで自然現象を統一的に捉え、それを基にして協同で問題解決にあたるための手段の一つとしてグラフを効果的に活用した理科教育法の探究

・児童・生徒の時間認識がグラフ解釈に与える影響の分析

これらの研究成果として、小学校5年生以上の児童に対して、歩く、走る、止まるなどの自らの身体表現を通して横軸が時間、縦軸が距離のグラフを探究する「グラフ発見学習」を構築した。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究成果を基に児童・生徒のグラフ認知特性を生かした小学校高学年から中学校3年生まで適応可能な理科数学融合カリキュラムの開発を目指す。

3. 研究の方法

研究は、次の項目を中心に進めた。

(1) 算数・数学、理科の教科書におけるグラフに利用について比較調査

(2) 小学校と中学校の理科教師を対象としたグラフに関する指導実態聴取と、児童・生徒を対象としたグラフについての意識調査

(3) これまでの研究成果で得られた「グラフ発見学習」の実践と分析からのカリキュラム開発へ提言

4. 研究成果

(1) 教科書比較調査

日本では大正期に初等教育段階の算数・数学へ、グラフ活用を行うことが活発に議論された時代があった。これは「新主義数学」として日本で広がった新しい算術教授法で加えられたものである。中等学校数学に対する改善であった新主義数学の考え方は、小学校の算術改定へも影響を与えた。この中では、ユークリッド流の論理中心の数学教授法から脱却するため、学習者にとって実用的である素材をもちいること、そのためには実測を含んだ幾何学で出てくる測定値を、関数として捉えていく考え方が大切であるとされた。そして、1918年に国定算術教科書の第2回改定後の尋常小学校国定算術教科書では、ピクトグラム（繪畫的グラフ）、棒グラフ、円グラフなどを含む10種類のグラフが、教育現場で扱われた。

しかし、グラフという言葉は使われているものの、数量比較を行うピクトグラムや棒グラフと、折れ線グラフの混同や、関数とは関係のない絵の描写をグラフとして扱うなどの問題点がみられた。

現在、グラフは小学校3年算数で最初に棒グラフが扱われ、その後小学校4年算数で折れ線グラフが扱われる。この領域について、現行の小学校算数教科書を比較すると、月別温度変化をグラフ化する内容が比較的多く取り上げられている。

その取り上げ方としては、「繪的棒グラフで導入し、折れ線グラフへと変化させる」「ぼうグラフの先の点だけをかき、直線でむすんで折れ線グラフとする」などが示されている。これは、大正期のピクトグラムや棒グラフと折れ線グラフの混同と同じである。また、棒グラフと折れ線グラフのそれぞれで、扱えるものと扱えないものの区別は明確にはされていない。

小学校理科教科書においては、小学校5年生の物の溶け方の単元では温度による溶け方の違いを、棒グラフで比較する事例が多く見られる。実際の授業においても、物の溶け方と温度の授業ではよく目にするのであるが、本来は折れ線グラフで示すべき内容であり、棒グラフで示す理由が不明確である。

一方、中学校数学教科書においては、関数が最初に定義されその関数を示すものとしてグラフを示す事例が非常に多く見られる。2次関数の導入に際しても、最初に2次関数とそのグラフの形を与えた後、身の回りで見られる事例として自由落下現象が取り上げられている。

理科の実験では、独立変数を連続的に変化させたときの従属変数の動きを調べる。その変化の様子を知るために、グラフが用いられるのが本来の姿であるが、現行の中学校理科教科書においては、独立変数と従属変数が連続して変化する場合に座標グラフを用いることの意味を説明した事例を見つけることは出来なかった。

(2) 中学生のグラフについての意識調査

グラフは、「事象の傾向を把握」「過去・未来を予測」「欠損部分を推察」する等、通常の言語では表現しきれない事柄についても、児童生徒に知見を与えてくれるものである。従って、児童生徒が実験を計画する段階で、計画におけるグラフ活用を調査することで、これから実験や観察を行う自然事象についての学習者の考察の程度を知ることができる。

そこで、小学校と中学校で理科を担当する教師に、授業中のグラフ指導、実験におけるグラフ指導、教師から見た児童生徒のグラフ利用の実態を聴取した結果を基にして、次の事柄について生徒に対する意識調査を行った。

・中学校生徒の実験計画段階におけるグラフ活用

・実験で扱う独立変数と従属変数の区別と、連続量としての変数把握

・非連続量を扱うグラフ（棒グラフや折れ線グラフなど）と、連続量を扱うグラフ（比例関係等にある数量、座標グラフ）の区別

・実験計画段階においてグラフ利用に気づく生徒と、データ処理において適切にグラフを記述できる生徒の関連性の把握

調査は質問紙法を用いて、2008年7月7日から18日の期間、調査日を1週間ずらし、同じ被験者に二種類（調査M、調査N）の関連する調査を行った。

調査Mは、つり下げたおもりの重さとバネの伸びとの関係を調べる実験について、①測定の手順、②記録の仕方、③関係を考える方法を、絵や文章などを用いて同じ班の友だちにできるだけくわしく説明する、という場面設定での質問である。また、調査Nは、調査Mで示した10g、50g、100gの3個のおもりを組み合わせるとつり下げたときの、バネの伸びを表で示した後、関係を考察するために最も適切と考えるグラフを描くことを求めた。

被験者は本学部附属中学校1年から3年

を対象に、調査Mが1年77名、2年76名、3年79名の計232名、調査Nが1年76名、2年78名、3年79名の計233名であった。

・調査Mより、実験計画段階における「記録の仕方」でグラフ利用を記述した生徒の割合は、1年生で5%であるが、2年生で15%、3年生で25%であった。また「関係を考える方法」でグラフ利用を記述した生徒は、1年生で5%未満(2名)、2年生で35%、3年生では50%であった。

・調査Nより、独立変数と従属変数が適切にグラフの横軸と縦軸に反映されていた生徒の割合は、1年生で65%、2年生で80%、3年生で85%であった。またつり下げた錘の重さを連続量としてグラフに反映した生徒の割合は、1年生で50%、2年生で70%、3年生で80%であった。

・調査Nより、変数を連続量として座標グラフを描いた生徒の割合は、1年生で30%、2年生で50%、3年生で65%であった。

・調査Mの「記録の仕方」「関係を考える方法」のいずれかで、グラフ利用または比例関係を調べる等の記述をし、かつ調査Nで変数を連続量として座標グラフを描いた生徒の割合は、1年生で40%、2年生で65%、3年生で95%であった。

本調査で扱ったフックの法則に関する実験は、被験者の2年生、3年生は理科実験で経験済みであった。しかし、実験計画段階では半数以下の生徒しか、グラフを利用することを記述していないことになる。また実験結果からグラフを作成し関係性を考察する時、利用できないグラフを用いる生徒の割合は学年進行とともに低下するが、変数を連続量として座標グラフを描いた生徒の割合は3年生でも半数程度に留まっている。

一方、変数を連続量として座標グラフを描いた生徒の中で、実験計画段階にグラフ利用か比例関係に気づいた生徒が占める割合は、学年進行とともに増加している。

これらのことより、実験に関係する独立変数と従属変数の関係（比例、反比例等）を実験段階から予想し、実験計画作成時にこれらの事柄をグラフや文章等で記述することが出来るようになれば、実験結果の考察時にも変数を連続量として扱うためのグラフを適切に選択し、記述することが可能になると考えられる。

(3) 小学生のグラフについての意識調査

理科や算数・数学で、協調的にグラフ利用を行うことを考慮すると、小学校3年から中学校3年までの統合カリキュラムでは、小学校4年生の折れ線グラフの学習時期に分岐点が存在する可能性がある。そのため、折れ線グラフ学習後の小学校5年生で、解決方略を発見する学習の中でグラフを用いる実験的

授業を組み込む可能性を探ることは、統合化を目指すカリキュラムに貴重な知見を得ることができると思われる。

そこで、本学部附属小学校5年生(男子19名、女子19名)を対象にして、グラフの捉え方についての調査を「グラフ発見学習」の前後に行うことで、グラフ発見学習が与える変容を探ることとした。

学習前の調査には、2006年に同様の調査を行ったときの提示項目から軸名を除いた質問紙を用いた。調査時期は、2009年12月で、被験者に示したグラフは、グラフ1が $y=ax$ ($a>0$)の一次関数、グラフ2が上に凸の二次関数、グラフ3が $y=-ax$ ($a>0$)の一次関数、グラフ4が $y=a$ ($a>0$)の一次関数、グラフ5がグラフ1、グラフ4、グラフ3を組み合わせた台形、グラフ6が途中で傾きが急になる一次関数である。回答の中で、縦横いずれかの軸に時間や季節変化を当てはめた割合は、グラフ1からグラフ6まで、順番に35%、30%、20%、10%、25%、30%であった。2006年調査と比較すると大きく異なっていないが、グラフ4に連続量を当てはめた割合が低くなっていた。

次に、同じ被験者を対象にした「グラフ発見学習」を行った。試行授業の時間は60分で、授業開始時の説明はクラス担任が行った。試行授業は、クラスを8班に分けて、それぞれの班ごとに、グラフ電卓と距離測定センサーを配置した。今回のグラフ発見授業では「歩いて作れるグラフを見つける」を課題として与えた。この課題のグラフは、授業前に行った調査でグラフ2を除く、グラフ1から6に対応させた。児童はグラフ電卓の基本操作を学んだ後、試行錯誤を通して身体の動かし方とその結果として描かれるグラフの形との関係性を探究した。班の活動記録は、班ごとのワークシート記述と、3台のデジタルビデオカメラで行った。記録されたプロトコルを見ると、すべての班で課題として与えた事象からフィードバックされた情報に基づくコミットメントが見られた。

授業後の質問紙調査は、同じ児童を被験者として1ヶ月を経過した後に行った。

内容は、グラフ発見学習で気づく静止状態での位置と時間のグラフの解釈を求める質問(グラフ4)と、遠ざかる物体が途中で速さを増す場合のグラフ(グラフ6)の解釈を求める内容である。

その結果、二人を除くすべての児童が質問に適切に回答を行っていた。さらに、回答の根拠を見ると、グラフ発見学習で行った内容を文章や図で記述することで、正しく説明することが出来ていた。

(4) 融合カリキュラム開発に対する提言

① 単元内容に関して

・小学校3年生から中学校3年生までの、算数・数学の指導においては、日常世界で児童生徒が経験する事象(実世界)を中心にした単元開発を行う。

・小学校算数・中学校数学で扱う実世界の事象は、同学年において理科で扱う観察・実験内容と整合性を持たせる。

・グラフの縦軸と横軸には、違いがあることの指導を、2つめのグラフが出てくる小学校4年生において行う。

・小学校5年生から6年生において、時間、距離、速さの関係性について、体験的に学習する単元を導入する。その際に、テクノロジーの利用を考慮する。

・中学校1年生から2年生までにおいては、数学で扱う関数と同様の傾向を持つ自然事象を、理科の第1分野、第2分野の両方で取り扱う。

② 単元の取り扱い上の留意点

・小学校においてテクノロジーを利用するときは、教師が児童に行う直接的情報提供は最小限とし、児童がグループディスカッションを通して環境要因と実験結果の複数フィードバックを行う中で情報の選択を行えるようにする。

・独立変数と従属変数の関係性を調べる中学校理科実験においては、実験計画を生徒に立てさせるとともに、実験計画段階からグラフを用いることに気づかせる。

・独立変数と従属変数の関係性を調べる中学校理科実験においては、実験計画で考慮したグラフを、実験中の実験データ中間確認、実験後の結果考察の両方で用いることを示唆する。

・関数系を扱う理科と数学の両分野において、教師は共通にまた具体的問題解決場面で使えるテクノロジーの選択を行う。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

(1) 土田理, 中学生の理科実験計画時と実験データ処理時とのグラフ利用に関する比較調査, 日本理科教育学会九州支部大会, 平2009年5月23日, 大分大学教育福祉科学部

(2) 土田理, 理科の実験計画作成と変数把握, 日本理科教育学会全国大会, 2008年9月13日, 福井大学教育学部

(3) 氏家亮子, 佐伯明彦, 土田理; ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理の総合学習(4), 日本科学教育学会年会, 2007年8月18日, 北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土田 理 (TSUCHIDA SATOSHI)

鹿児島大学・教育学部・教授

研究者番号: 10217325