

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：12501

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25885017

研究課題名(和文) 実験活動における変数同定の指導方法の特質

研究課題名(英文) Characteristics of teaching methods for defining variables in an investigation

研究代表者

大島 竜午 (OSHIMA, Ryugo)

千葉大学・教育学部・特任助教

研究者番号：40700414

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：小中学生が主体的に実験活動に取り組むための指導方法開発の基礎研究として、「変数同定」の指導方法の特質を明らかにすることを目的として、科学的探究プロセスの指導教材の分析、変数同定に関する生徒の認識についての実態調査を行った。その結果、分析した指導教材における変数同定の指導方法の特質として4点、生徒の変数に関する認識の特質として4点を抽出した。これらの結果から、日本の理科実験活動における指導への示唆として、実験活動の指導の強調点を、生徒による妥当な実験活動の遂行ではなく、生徒による実験方法の妥当性の吟味におくことを指摘した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to find characteristics of teaching methods for defining variables, which promote cognitive processes. Three different types of teaching materials were analysed and lower secondary school pupils' understanding of variables in an investigation was surveyed. Educational implication was drawn from the study that teachers should emphasise 'helping students consider the validity of a design of an investigation' but not 'helping students conduct valid investigations'.

研究分野：理科教育学

キーワード：実験活動 変数同定 科学的探究プロセス 認知的プロセス 妥当性

### 1. 研究開始当初の背景

子どもたちは変数に関して十分理解しないままに、実験活動に取り組んでいるという実態が浮き彫りになった。国立教育政策研究所による「特定の課題に関する調査(理科)」では、子どもたちが見通しをもって実験活動に取り組んでいるわけではないという現状が明らかにされ、指導の改善点として「自然の事物・現象について観察の視点や実験における条件について考える機会を確保すること」が提言されている(国立教育政策研究所, 2007)。すなわち実験活動に不可欠な変数同定についての指導が不十分であることから、生徒実験活動の改善の一方策として、変数同定に関する指導の充実が求められているのである。

### 2. 研究の目的

小中学生が主体的に実験活動に取り組むための指導方法開発の基礎研究として、仮説設定や実験計画に強く関わる「変数同定」の指導方法の特質を明らかにすることを目的とする。具体的に明らかにすることは以下の2点であった。

(1) 探究能力の育成について先進的な取り組みをしている、英国の科学的探究プロセスの指導教材に見られる変数同定の指導方法の特質を抽出すること。

(2) 抽出された特質を基に構成される変数同定の指導に対する日本の中学生の反応や認識の傾向を見いだすこと。

### 3. 研究の方法

本研究は、主に、(1) 科学的探究プロセスの指導教材の分析と、(2) その分析結果から考案された通常の実験活動における変数同定の指導方法の効果測定の、2つの側面から構成されている。

(1) に関しては、科学的探究プロセスの指導に特化した指導教材の内、認知的要素の指導に力点を置いた指導教材のみを分析する。分析の観点は、変数に着目させる方法や、変数の検討を促す方法である。

(2) に関しては、(1) で得られた指導方法の特質を取り入れた指導方法を考案し、それを小中学校で実施する。そして、その指導方法に対する子どもの取り組み方を参与観察すると共に、子どもによるワークシートの記述や指導方法に対するアンケートの記述を分析する。

### 4. 研究成果

(1) 科学的探究能力の育成を指向した3種類の教材から変数同定に関する学習活動を抽出し、子どもの認知的活動の促進という観点から分析した。これらの指導教材では、科

学的探究プロセスの操作的側面よりも認知的側面に焦点が当てられている。この分析の結果、認知的活動を促進する変数同定の指導方法の特質として、以下の4点を見いだした。

#### 変数同定による実験活動を見る枠組みの構築

分析した教材では、独立変数と従属変数の関係に焦点が当てられて指導されていた。例えば、科学的な問いから、変数を洗い出し、独立変数と従属変数を決め、それらを基に表を構成することを学習する活動がある。ここには、「良い表は探究において次に何をすべきかを容易に理解させる」、「実験計画段階の中で子どもたちに表を準備させるように促すことは、この重要な変数に彼らを焦点化させることを助ける」などという記述が有り、指導の中で独立変数と従属変数が重視され、それらへの焦点化が意図的になされていることが伺える。

Hodson (1993) は、科学の問いは、変数間の因果関係を同定しその変数間の関係について理解を求めるものであると述べており、Gott, R & Duggan (2006) は、これら独立変数と従属変数の同定が実験活動上の基礎を形成するとしている。独立変数と従属変数の構造は、実験活動の妥当性を確保しながら実験活動を進めるために、参照すべき枠組みとなる。その変数を子どもが同定することは、事象から変数を抽出することのみならず、これから取り込まれる実験活動における変数を、子どもにとって、明確化ないし意識化させるプロセスと見ることが出来る。すなわち、変数同定は単に独立変数や従属変数を抽出するプロセスでは無く、実験活動を見通す枠組みを子どもに構築させるプロセスとして位置づけられている。

#### 変数の連続性の同定による変数と実験方法の架橋

分析した教材では、条件制御に関わる独立変数、従属変数、制御変数の同定だけでなく、データの連続性に関わる名義変数、連続変数の同定までもが取り扱われていた。例えば、表に示されたデータを基に、名義変数と連続変数について説明がなされた後、車やイヤホンの特徴となる名義変数や連続変数を挙げさせたり、具立的な変数を与え、それらが名義変数あるいは連続変数かを判断させたりする学習活動である。

ところで、変数の連続性の同定により、名義変数あるいは連続変数が分かること、それ自体はそれほど重要ではないだろう。重要なことは、変数の連続性の決定が、測定回数や頻度、ひいては表やグラフの種類の決定、すなわち実験方法に直結することである。変数の連続性の指導が、実験方法を生徒に意識させることにより、同定された変数をその実験方法に結びつけるプロセスとして位置づけ

られているのである。

#### 変数同定の指導の段階化

PISA において証拠に基づいて結論づける能力が求められるなど、証拠に基づいた意思決定の重要性が増大している (Duggan & Gott, 2000)。証拠に基づいた意思決定は、変数の同定や制御に関して言えば、得られるデータの主に妥当性を検討し、そのデータが証拠として十分かどうか評価・判断することに相当する。実験活動を遂行することに関して、子どもが、教師に与えられた変数制御の手続きに従うだけでは不十分であり、変数に関連した概念の意味を理解した上でその手続きを行うこと、つまり変数同定の習得という本質的な要求がなされてきたのである。

このことは、妥当性の高い実験方法を子どもに与え、子どもがその与えられた実験方法に従事し、妥当性の高いデータを得ることを指すのではない。変数について実験方法を吟味させることによって、子ども自身が実験方法の妥当性を検討することにある。すなわち、変数同定の操作それ自体は、結果として実験データの妥当性を高めるプロセスにはなりうるが、子どもが実験方法の妥当性を検討するプロセスになるには限らないからである。そこで変数指導において、「変数同定の操作をさせること」と「変数同定を通して実験方法、実験データ、結論の妥当性を検討させること」を区別して指導する必要がある。このような高度な目標の達成には、初等から中等教育まで長期的に、そして段階的に、きめ細かく指導する必要があるだろう。

このような観点から分析した結果、分析した教材に含まれる指導方法は、以下の4つの指導段階に分類可能であった。それらは、1)変数や因果関係への気づきの段階、2)要因等を考え出す段階、3)変数の定義に関する理解の段階、4)実験方法の妥当性の検討の段階、である。

#### 1)変数や因果関係への気づきの段階

変数に関連する専門用語や概念に直接的には触れずに、事象において「変化したこと」や「変化させること」、「観察及び測定すること」、あるいは「因果関係」や「相関関係」についての気づきを促す段階である。

#### 2)要因等を考え出す段階

科学事象を観察させることによって、あるいは解決したい問題事象に関する記述を与えることによって、その事象が起こる要因や観察及び測定できる事柄を考え出させる段階である。探究可能な問いを立てさせるための前段階として、事象に含まれる変数同定の手がかりを獲得させることがねらわれている。

#### 3)変数の定義に関する理解の段階

独立変数、従属変数、制御変数の定義、正当な検証の定義、変数と値の関係、変数の連続性などに関する概念を明確に与えることによって、変数に関する理解を促す段階である。

#### 4)実験方法の妥当性の検討の段階

科学的な問いや実験計画の探究可能性を、変数の観点から評価させる段階である。この評価のための基準は、独立変数、従属変数、制御変数に関する記述の有無、変数の値の変化に関する記述の有無、そして変数間の関係の記述の有無等である。

#### 実験方法の妥当性を検討する必然性の設定

変数に着目させ、実験方法の妥当性を子どもに検討させることは容易なことではない。教師が科学的探究プロセスに関する理解の涵養を意図しても、子どもはそれを学習内容と捉えない傾向にあるからである (Watson, 2000)。むしろ、子どもは、実験活動を「点数を獲得するために、ある種の方法で遊ばれるゲーム」として捉えており (Bennett, 2003)、科学的概念は学習内容として認識される一方、科学的探究プロセスは学習内容として認識されにくいというのである。学習途上にあり、変数に関して習熟していない子どもたちには、ある程度の妥当性がある実験方法が提示されても、重要な変数を同定し、それらを基に実験方法を批判的に検討することを期待できないだろう。変数に着目して実験方法を検討する必要さえ分からずに、検討することに動機づけられないためである。

実験方法の妥当性の検討を促すためには、第一に、子どもが妥当性を検討するための時間あるいは場を設定する必要がある。Watson (2000) は、探究活動を一連の意思決定として捉え、子どもが吟味できる十分な自由度を与える必要性を指摘している。AKSIS プロジェクトにおける調査 (1998) によると、多くの教師は、子どもに判断させることそして決定させることは探究活動の不可欠な要素であり、そのため実験活動の手続きについて吟味できる十分な自由度を子どもに与えなければならないと認識している。このことは、教師が子どもに科学的探究プロセスにおいて吟味する余地をほとんど残さずに、授業を計画しがちである現状を反映したものである。ただし、そのような時間や場を設ければ必然的に子どもが妥当性を検討しようとするとは限らない。Roberts & Gott (2000) は、「独立変数と従属変数を同定し、それ以外の変数を一定にすること」に関しては小学生でも正しく理解しているものの、「得られたデータを妥当性の観点から評価すること」に関しては中学校レベルの生徒でも困難を抱えている状況であることを指摘している。そのため、

第二に、変数同定を当該実験活動において行う意義を認識させ、実験方法や得られるデータの妥当性を高めるための検討を子どもに促す手立てが求められる。例えば、極端に妥当性の低い実験方法を示すことにより、その実験方法の妥当性を評価させる学習活動である。

## (2) 実験活動における変数の役割に関する生徒の認識

変数同定は実験活動の基礎をなすにも関わらず、生徒の変数同定能力は十分ではないことが指摘されている。その背景には、生徒が実験活動における変数の役割に関する理解が不十分であることが考えられる。そこで、生徒の変数同定能力の改善、ひいては生徒実験活動の改善に向けて、実験活動における変数の役割に関する生徒の認識を明らかにすることを目的に調査を実施した。

本研究では質問紙調査を行った。質問紙への回答時間は45分に設定された。質問紙は、予備調査を2回実施した後、中学校教員と文章表現及び生徒の回答方法についての議論を通して作成された。また、質問項目の順番のみを変えた2種類を用意することによって、回答時間切れ等、質問項目の順番による影響を、各質問項目において均一化した。質問紙は、大問7つからなり、各問いでは、文章から変数の抽出、抽出された変数から問いの作成、変数の連続性に依じたグラフの選択、変数間の関係の記述、変数の連続性の同定等が求められた。実験活動における変数の役割に関する生徒の理解に焦点を当てるために、質問項目における科学概念は比較的容易なものとした。

調査は、2014年3月に千葉県内の中学校で実施された。調査対象は、中学校第一、二学年151名であった。

調査の結果、実験活動における変数同定の役割に関する生徒の認識の特質として、以下の4点を見いだした。

### 具体的な実験操作から変数を同定する

生徒は、実験活動の問いからではなく、実験活動の具体的な操作から、変数を同定する傾向にある。そのため、複雑な実験操作の実験活動においては、正しく同定できないだけでなく、例え正しく同定されたとしても、同定された変数の妥当性は検討されていない可能性がある。

### 変数に関する理解の欠如

生徒は変数に関する以下の事柄について理解が不足していることが明らかになった。

#### 1) 変数間の関係性の理解の欠如

実験の間中一定にされる制御変数は他の実験においては独立変数になり得るし、一方独立変数は他の実験においては制御変数になりうる。この点に関する理解が不十分であ

ったと考えられる。

#### 2) 独立変数と従属変数によって実験活動の枠組みが構成されることに関する理解の欠如

実験活動のために、独立変数と従属変数の両方が含まれる科学的な問いが必要であることを理解していない可能性がある。あるいは、実験活動の目的が独立変数と従属変数間の関係を探るものであることを理解していない可能性がある。

#### 変数同定の厳密性の欠如

独立変数になり得る変数は、実際に独立変数に同定された1つを除いて、すべて制御変数として同定されるべきであるが、これについての理解が不十分であり、独立変数になり得る変数を複数示したとしても、制御変数としてはその内1つの変数のみしか同定しない傾向にあった。

#### 連続変数についての理解の欠如

一般的には、連続変数としての変数同定の方が名義変数としての変数同定よりも困難であるとされるが、今回の結果はその反対を示した。その背景として、変数の種類に応じてどのグラフを用いる必要があるかということに関する理解が不十分であることが示唆された。

## (3) 日本の理科実験活動における指導への示唆

日本の中学校では、実験活動の指導のためにワークシートが使われることが多い。生徒はワークシートの指示に従って実験活動を進めることが可能となるが、今回の結果からは、ワークシートの指示に従って変数同定の操作を進めることができたとしても、生徒は実験活動における変数に関する理解が不十分で、実験方法の妥当性を検討せずに実験活動を押し進めるだけになってしまう可能性が示唆された。そのため、実験活動の指導においては、妥当な実験活動を生徒が遂行することを支援するのではなく、実験方法の妥当性を生徒が吟味することを支援するように指導されるべきである。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

(1) 大嶋童午, 「英国の科学的探究能力育成教材における変数同定の指導方法の特質—認知的活動の促進という観点からの分析—」, 『理科教育学研究』, Vol. 55 (2014) No. 4, ISSN 1345-2614, 日本理科教育学会, pp.405-414, 査読有り。

( 2 ) Ryugo Oshima & Ros Roberts:  
Students' recognition of the role of  
variables in an investigation, *Proceedings  
of the International Science Education  
Conference 2014*, the Natural Sciences and  
Science Education Academic Group,  
National Institute of Education, Singapore,  
ISSN 2382-5979, pp.1368-1392, 2014,  
accepted.

〔学会発表〕(計 3 件)

( 1 ) Ryugo Oshima & Ros Roberts:  
Students' recognition of the role of  
variables in an investigation, *the  
International Science Education  
Conference 2014*, NIE Singapore, 26<sup>th</sup>  
November, 2014.

( 2 ) 大島竜午, 大高泉, 変数同定に関する  
中学生にとって困難な操作, 日本理科教育学  
会第 63 回全国大会, 2014 年 8 月 24 日, 愛媛  
大学 (愛媛県, 松山市)。

( 3 ) 大島竜午, 大高泉, 実験活動における  
認知的プロセスとしての変数同定の指導, 日  
本理科教育学会第 62 回全国大会, 2013 年 8  
月 10 日, 北海道大学 (北海道, 札幌市)。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大島 竜午 (OSHIMA Ryugo)  
千葉大学・教育学部・特任助教  
研究者番号: 40700414