

生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が グラフ作成能力と読解能力の育成に与える効果

－「力の大きさとばねの伸びの関係」を事例として－

山田 貴之*・古川 俊輔**・小林 辰至***

(平成29年1月11日受付；平成29年4月25日受理)

要 旨

本研究の目的は、生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、グラフ作成能力と読解能力の育成に与える効果を検証することである。

この目的を達成するために、中学校第1学年「力の大きさとばねの伸びの関係」において“The Four Question Strategy”(4QS)に基づく「仮説設定シート」を用いた実験群94人と用いなかった統制群63人を対象とした授業実践及び学習前後の調査問題の分析を行った。

その結果、グラフ作成能力に関する合計得点の平均値の結果からは、事前では両群に有意な差はみられないが、事後では実験群の方が統制群よりも合計得点の平均値が有意に高いことが認められた。グラフ読解能力の結果からは、実験群の方が統制群よりも正答者数が有意に多いことがわかった。つまり、生徒が独立変数としての「力の大きさ」と、従属変数としての「ばねの伸び」の関係を自らの仮説として言語化し、これら2変数の因果関係を明確に意識しながら測定値をグラフ化させる指導方法の有効性が明らかになったといえる。

KEY WORDS

変数の同定 Identify Relevant Variables, 仮説設定 Formulate Hypotheses, グラフ作成能力 Graph Making Skills, グラフ読解能力 Graph Reading Skills

1 問題の所在

多くのグラフは2変数間の因果関係を表したものである(Hannah, Sarah, Ryan, Bill & Molly, 2014)。一般に、グラフの横軸は原因(独立変数)を、縦軸は結果(従属変数)をそれぞれ示しており、これら2変数の因果関係を認識することは、自然の事物・現象における規則性を見いだすために重要である(Oakes, 1997)。そのため、観察・実験の結果をグラフに整理し、それを解釈する能力は、理科学習において重要な役割を果たしている(Hassan & Ali, 2004; Morimoto, Ishikawa & Fukuda, 2008; 文部科学省, 2008a)。

しかし、グラフ作成能力には、「最大値と最小値を考慮した目盛りの設定」、「軸の設定(横軸に独立変数、縦軸に従属変数)」、「プロットング」、「折れ線ではなく直線にかく」などの下位技能が含まれており、生徒たちにとって難しいものであることが指摘されている(Richard, Constance, Jacqueline & Juanita, 2007)。

平成23年文部科学省検定済みのX社の中学校第1学年から第3学年までの理科教科書に掲載されている観察・実験の配列をみると、表に整理した測定値をグラフ化し、独立変数と従属変数の2変数が比例の関係にあることを見いだす学習は、第1学年の「力の大きさとばねの伸びの関係」において初出となっている。具体的には、平成20年告示の中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省, 2008b)において、「物体の変形については、ばねに加える力の大きさとばねの伸びを測定する実験を行い、測定結果から力の大きさと伸びの関係を見いださせ、力の大きさはばねの変形の量で測定できることを理解させる。例えば、ばねにおもりをつるして伸ばし、おもりの数と伸びが比例することを見いださせる。測定結果を処理する際、測定値には誤差が必ず含まれていることや、誤差を踏まえた上で規則性を見いださせるように指導し、誤差の扱いやグラフ化など、測定値の処理の仕方の基礎を習得させることが大切である。」と明記されている。

これまでに、「力の大きさとばねの伸びの関係」におけるグラフ作成の研究はいくつか報告されている。例えば、中学校第1学年から高等学校第3学年までを対象にグラフ作成の実態を調査した北村・栗田(1983)は、原点のプロットを明確にし、おもりの重さとばねの伸びの関係のグラフを正しくかくことができる生徒は極端に少ないことを

報告している。中学生と大学生を対象にグラフ作成の実態を調査した堀（1989）は、ばねの伸びとおもりの重さは比例すると考えていながら、別の角度から同一の内容を問われると、半数以上が折れ線や曲線のグラフをかきことを明らかにしている。中学校第1学年を対象に仮説設定の指導方略である“The Four Question Strategy”を用いてグラフ作成の効果を検証した金子・小林（2011）は、生徒自身が因果関係を踏まえた仮説を設定してから実験に取り組むことで、原点を通る直線のグラフを正しくかきことができるようになったとしている。

しかしながら、金子・小林（2011）の研究は、「原点を通る直線のグラフか否か」について検討したものであり、「グラフの横軸、縦軸に適切な目盛りを付けたり、プロットした点からその傾向を見だし、曲線または直線で線を引いたりしてグラフを作成することや、グラフを読み取り考察すること」といった、国立教育政策研究所（2005）が指摘する課題の改善の手立てについては明らかにしていない。

そこで本研究では、金子・小林（2011）の研究を参考に、小林・永益（2006）が考案した仮説設定シート（以下、4QSと表記）を用いた授業を行い、生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、グラフの横軸、縦軸に適切な目盛りを付けたり、プロットした点からその傾向を見だし、曲線または直線で線を引いたりしてグラフを作成する能力（以下、グラフ作成能力と表記）、及びグラフを読み取り考察する能力（以下、グラフ読解能力と表記）の育成に与える効果を検証することとした。

4QSを用いることで、生徒は従属変数と独立変数を正しく認識するとともに、これら2変数の因果関係を仮説として言語化した上で見通しを持って実験を行うことができる。生徒の多くは教師の指示に従うだけで必然性を感じることなくグラフを作成している（中村・小嶋, 1997）、グラフを示し2量間の関係の意味を問うと解答できる中学生は半数にも満たない（森本・岩堀, 2007）といった指摘を踏まえ、生徒が実験の目的や意義を明確にしながらか測定値をグラフ化し、結果を分析・解釈して2変数の規則性を見出すために、4QSを用いた仮説設定の指導が有効ではないかと考えた。

2 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、中学校第1学年「力の大きさとばねの伸びの関係」において、4QSを用いて生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、グラフ作成能力と読解能力の育成に与える効果を検証することを目的とした。

3 研究の方法

3.1 調査の対象

岐阜県内の公立中学校第1学年5学級計157人（実験群：3学級94人、統制群：2学級63人）に対して授業及び調査問題を実施した。

3.2 両群の等質性

2015年12月4日に実施された2学期の期末考査（理科）の得点（100点満点）に基づき、上述の実験群と統制群を設定した。両群の得点の平均値について対応のない t 検定を行った結果、 $t(155) = .834$, $n.s.$ （両側検定）であり、科学的な思考・表現、及び自然事象についての知識・理解に関する両群の等質性が認められた。

3.3 授業及び調査問題の実施計画

授業については、2016年1月13日から20日にかけて全4時間で実施した。調査問題については、2015年12月17・18日に事前調査を、2016年1月21・22日に事後調査をそれぞれ実施した。

図1に示したように、第1時では、まず、両群の生徒に対して事前調査（10分間）を実施した。次に、実験群の生徒には、図2に示したワークシートを用いて、変数の同定に関するスキルトレーニングを行った。その後、図3に示したワークシートを用いて、因果関係を踏まえた仮説設定に関するスキルトレーニングを行った。具体的には、小学校第5学年で学習した「電磁石の力を強くするには、どうしたらよいでしょうか。」という課題を提示し、コイルの巻き数、乾電池の数といった変数を同定させるとともに、仮説の言語化に導く指導を行った。一方、統制群の生徒には、図4に示したワークシートを用いて、グラフ作成に関するスキルトレーニング（グラフのかき方や比例のグラフの条件などの教授）を行った。

第2時では、実験群の生徒には、4QSを用いて自らの仮説を設定させた。そして、グループで互いの仮説について

検証可能であるのか否かについて検討させた後、実験を行わせた。図5に、実験群の生徒が記述した4QSの例を示す。

4QSの記述内容については、本単元実施前に共同研究者によって検討がなされており、生徒の思考の自由度を保障しつつ、検証可能な問題にするための適切な指導助言が想定されている。一方、統制群の生徒には、教師が実験の目的や変数の制御の仕方などを説明するとともに、仮説についてグループや学級全体で意見交換させた後、実験を行わせた。

第3時では、両群の生徒に対して、図6に示したワークシートを用いて、表に整理した実験の結果をグラフ化させたり、おもりの数とばねの伸びが比例することを見いださせたりした。さらに、表1に示したグラフ作成能力に関する評価規準に従って、誤差の扱いやグラフ化など、測定値の処理の仕方について教授した。

第4時では、まず、両群の生徒に対して事後調査（15分間）を実施した。次に、第2時とは異なる硬さのばねを用いて実験を行わせ、その結果を図7に示したワークシートにグラフ化させた。従って、両群の差異は、第1時のスキルトレーニングの内容と、第2時の仮説設定において4QSを用いたか否かである。


	実験群	統制群
第1時	事前調査「加熱時間と水の温度の関係」に関する評価問題	
	変数の同定、及び仮説設定に関するスキルトレーニングの実施	グラフ作成に関するスキルトレーニングの実施
第2時	4QSによる生徒一人一人の仮説設定と検証実験の実施	教師による実験の目的や変数の制御に関する説明、学級全体による仮説設定と検証実験の実施
第3時	表に整理した実験結果のグラフ化、及び表やグラフの分析・解釈	
第4時	事後調査「力の大きさとばねの伸びの関係」に関する評価問題	
	第2時とは異なる硬さのばねを用いた実験とその結果のグラフ化	

図1 本研究の流れ（全4時間）

年 級 番 氏 名

【練習問題】
次の実験における、独立変数と従属変数は何でしょうか。

(1) 電流による発熱の量は、電熱線の太さによって変わるのでしょうか。

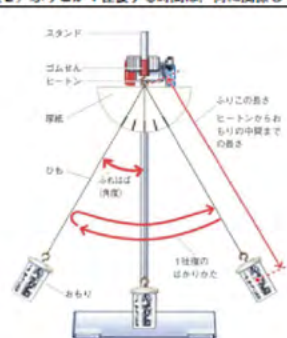


【独立変数】

【従属変数】

みつろうおん土がとけるようす


(2) ふりがが1往復する時間は、何に関係しているのでしょうか。



【独立変数】

【従属変数】

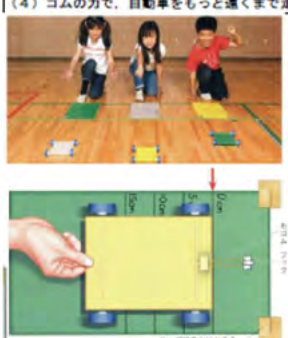
(3) 種子の発芽は、何に関係しているのでしょうか。



【独立変数】

【従属変数】

(4) ゴムの力で、自動車をもっと速くまで走らせるには、どうしたらよいでしょうか。



【独立変数】

【従属変数】

【振り返り（自己評価）】

	わかった	←	→	わからない
・従属変数について、理解できましたか？	4	3	2	1
・独立変数について、理解できましたか？	4	3	2	1

図2 変数の同定に関するスキルトレーニング用ワークシート

スキルトレーニング

～問題解決の能力を身につけるために～

年 組 番 氏名 _____

(作業) 仮説の立て方の練習～5年生 電磁石の実験を例にして～

1. 疑問一課題



◎電磁石の力を強くするには、どうしたらよいでしょうか。

2. 思いつく原因をあげよう ～因果関係の発見～

<p>何をしたら(何を変えたら) 電流の大きさ 銅線の太さ コイルの巻き数 芯の有無 芯の質</p>	<p>どうなった?(何が変わった?) 磁力が大きくなる</p>
原因	結果

◇ (因果関係) … 2つ以上のもの間に、原因と結果の関係があること

3. 変化させる原因を絞り込もう ～変数の抽出～

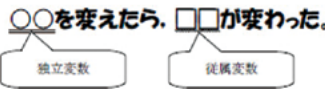


図3 因果関係を踏まえた仮説設定に関するスキルトレーニング用ワークシート

基本操作

グラフの書き方

1. 横軸と縦軸にとる量を決めて、それぞれの軸の近くに名称を書く。
 ○横軸：[] (変化させた量) を書く。
 ○縦軸：[] (変化した量) を書く。
 ○単位も書く。
2. 目盛りをつける
 ○測定値がすべてグラフにおさまるように、一目盛りの大きさを考えて目盛りを均等につける。
3. 測定値を●や○、×などの印で、はっきり記入する。
4. 線を引く
 ○測定値には必ず誤差がある。このことを考えて、測定値の並び方が直線か曲線かを見きわめて線を引く。

<直線になる場合>
 ・多くの測定値の近くを通るようにものさしをあてて直線を引く。測定値が線の上下に均等にちらばるようにする。

<曲線になる場合>
 ・多くの測定値の近くを通るように滑らかな曲線で結ぶ。

4

誤差 測定値には、測定する人や器具によって、ある程度の不正確さが含まれる。測定値と本当の値との差を誤差とい

図4 グラフ作成に関するスキルトレーニング用ワークシート

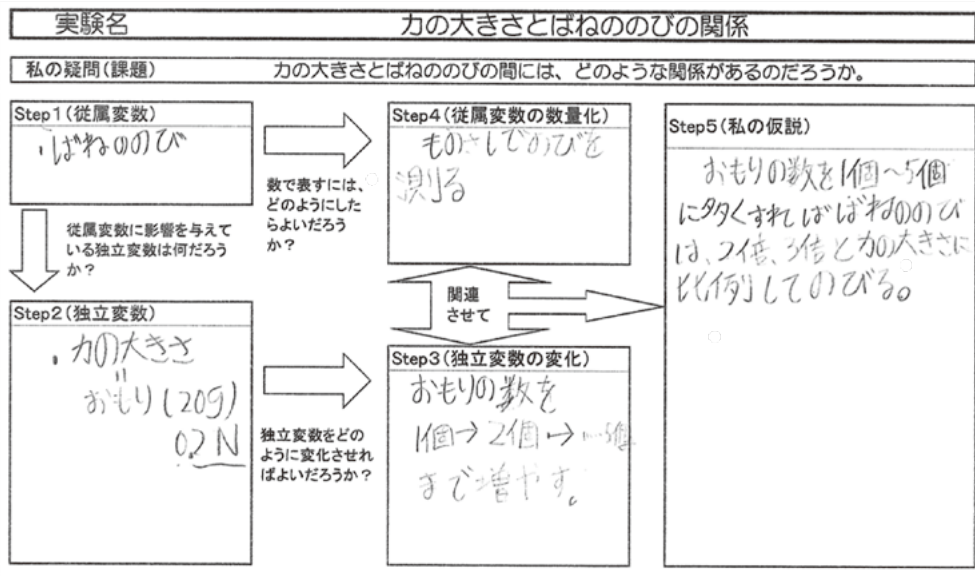


図5 実験群の生徒が記述した4QSの例

【結果】

おもりの個数		0	1	2	3	4	5
力の大きさ (N)							
ばねののび (cm)	A						
	B						

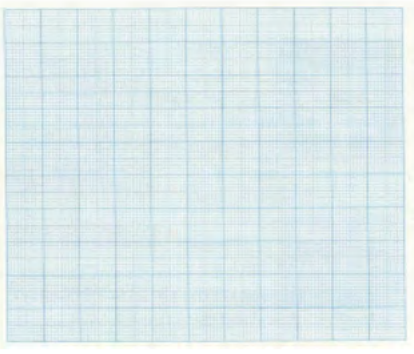


図6 実験結果の整理に用いたワークシート

3.4 分析の方法

3.4.1 グラフ作成能力に関する分析方法

学習指導前のグラフ作成能力を評価するために、小学校第4学年で学習した「加熱時間と水の温度変化の関係」に関する調査問題を作成した(図7)。調査時間は10分間であった。

また、学習指導後にグラフ作成能力を習得することができたか否かを評価するために、本研究で対象とした「力の大きさとばねの伸びの関係」に関する調査問題を作成した(図8)。図8に示した事後調査問題は、中等教育資料(文部省, 1984)を参考に2つの設問で構成されており、グラフ作成能力の評価については、設問1で調査することとした(設問2については後述する)。調査時間は、設問1と2を合わせて15分間であった。

図のように、水をアルコールランプで加熱して、図
 水の温度変化について調べました。

下の表は、水を加熱した時間と水の温度変化との
 関係を表したものです。この表の結果を下のグラフ
 用紙にかきましょう。

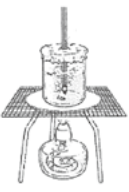
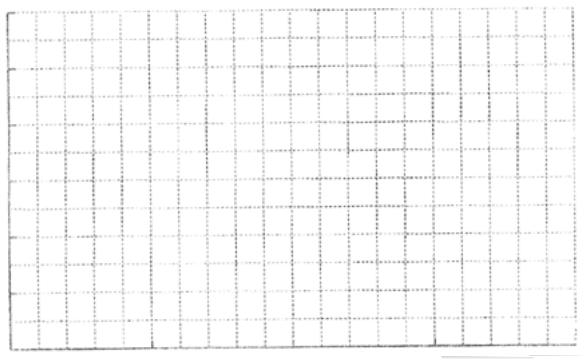


表 (分)

時間	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
温度	21	28	34	42	51	60	68	75	87	94	97	98	98	98	98	98

(°C)

()



()

図7 事前調査問題

【問題】 下の図1のように、ばねにおもりをつるし、力の大きさに対するばねの伸びをはかったら下の表の値が得られた。

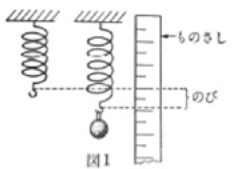
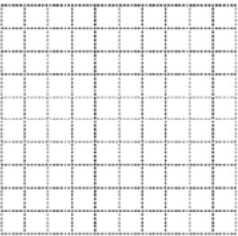


図1

力の大きさ (N)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
ばねの伸び(cm)	0	1.1	3.2	4.3	6.0	7.8

1. ばねの伸びと力の大きさの関係についてのグラフを作成しなさい (グラフ作成において必要な事項について、すべて、各自で記入すること)。



2. 図1のばねの端を、手で真下に引いて5 cm伸ばした。手がばねを引いている力は、何Nですか。

N

図8 事後調査問題

グラフ作成能力に関する評価規準を表1に示す。まず、表1に示した全10項目で生徒個々の調査問題を評価し、各項目の正答者数と非正答者数について 2×2 のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した。次に、各項目の正答に1点を与えて個人の合計得点（10点満点）の平均値と標準偏差を算出するとともに、これらの得点を用いて、群と調査時を要因とした2要因分散分析を行った。

表1 グラフ作成能力に関する評価規準

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ①軸の設定（横軸：独立変数としての「力の大きさ」、縦軸：従属変数としての「ばねの伸び」） ②横軸の適切な目盛り設定（目盛りの等間隔設定） ③横軸のラベル（力の大きさ） ④横軸の単位（N） ⑤縦軸の適切な目盛り設定（目盛りの等間隔設定） ⑥縦軸のラベル（ばねの伸び） ⑦縦軸の単位（cm） ⑧原点の記入 ⑨測定値のプロット（測定値を●や×で正確に記入） ⑩曲線または直線の見極め（原点を通る直線） |
|--|

3.4.2 グラフ読解能力に関する分析方法

図8に示した事後調査問題における設問2では、「図のばねのはしを手で真下に引いて5cm伸ばした。手がばねを引いている力は何Nですか。」という問題が提示されている。これは、自ら作成したグラフに基づき、2変数の規則性を読み取る問題である。この問題の正答は「0.64N前後」になるのだが、グラフの目盛りを読み取って解答する際の誤差や、ばね定数を求めてから計算によって導き出す際の四捨五入などの影響を考慮し、「0.60N～0.70N」（小数第2位まで算出）の範囲を正答とした。そして、正答者数と非正答者数について 2×2 のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した。なお、グラフ読解能力については、事後調査のみ実施した。

4. 結果と考察

4.1 事前調査におけるグラフ作成能力

表2に示したように、各項目における両群の正答者数と非正答者数について 2×2 のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した結果、10項目全てにおいて、両群の正答者数に有意な差は認められなかった。

4.2 事後調査におけるグラフ作成能力

表3に示したように、各項目における両群の正答者数と非正答者数について 2×2 のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した結果、10項目のうち7項目において、実験群の方が統制群よりも正答者数が有意に多いことが認められた。有意な差が認められた7項目は、①軸の設定、②横軸の適切な目盛り設定、③横軸のラベル、④横軸の単位、⑤縦軸の適切な目盛り設定、⑥縦軸のラベル、⑦縦軸の単位であった。一方、有意な差が認められなかった3項目のうち、⑧原点の記入、⑨測定値のプロットについては事前調査の段階から正答数が多く、⑩曲線または直線の見極めについては正答数がほぼ皆無であった。そこで、これら3項目については、群ごとに事前から事後にかけての正答数の変容を比較することとした。表4に示したように、実験群では事前から事後にかけて、3項目全てに有意な上昇がみられた。しかしながら、表5に示したように、統制群では事前から事後にかけて、⑩曲線または直線の見極めについては有意な差が認められたが、残りの2項目についてはみられなかった。

以上のことから、本研究の指導方法は、横軸（独立変数）と縦軸（従属変数）の正しい認識、適切な目盛り設定、及び原点の記入や測定値のプロットなど、10項目のうち、⑩曲線または直線の見極めを除く9項目の習得を促し、グラフ作成能力の育成に効果があることが明らかとなった。

なお、⑩曲線または直線の見極めについては、両群ともに有意な差が認められたことから、両群を対象にグラフのかき方や誤差の扱いなどを教授したことが影響を及ぼしたと考えられる。しかしながら、「1. 問題の所在」で述べた岡本ら（2009）の知見を踏まえると、本研究の第3時に比例の関係を示す直線のグラフについて学習した生徒たちは、事後調査問題においてもグラフは直線形になるものと思ひ込み、機械的に作成した可能性も否定できない。本研究では、このことを検証する調査を行っていないため、対応関係の究明については今後の課題としたい。

表2 事前調査における各項目の正答者数と群間の有意差

	実験群 (N=94)	統制群 (N=63)	p値
①軸の設定	89 (94.7)	62 (98.4)	.4027 <i>n.s.</i>
②横目盛り	51 (54.3)	40 (63.5)	.3224 <i>n.s.</i>
③横ラベル	11 (11.7)	12 (19.0)	.2509 <i>n.s.</i>
④横単位	76 (80.9)	54 (85.7)	.5199 <i>n.s.</i>
⑤縦目盛り	48 (51.1)	29 (46.0)	.6255 <i>n.s.</i>
⑥縦ラベル	10 (10.6)	12 (19.0)	.1622 <i>n.s.</i>
⑦縦単位	77 (81.9)	54 (85.7)	.6624 <i>n.s.</i>
⑧原点	67 (71.3)	53 (84.1)	.0839 <i>n.s.</i>
⑨プロット	67 (71.3)	49 (77.8)	.4589 <i>n.s.</i>
⑩曲線・直線	1 (1.1)	0 (0.0)	1.0000 <i>n.s.</i>

注) 単位は人, () 内は%を示す。

表3 事後調査における各項目の正答者数と群間の有意差

	実験群 (N=94)	統制群 (N=63)	p値
①軸の設定	87 (92.6)	35 (55.6)	.0000 **
②横目盛り	82 (87.2)	31 (49.2)	.0000 **
③横ラベル	77 (81.9)	31 (49.2)	.0000 **
④横単位	77 (81.9)	30 (47.6)	.0000 **
⑤縦目盛り	77 (81.9)	28 (44.4)	.0000 **
⑥縦ラベル	79 (84.0)	31 (49.2)	.0000 **
⑦縦単位	75 (79.8)	31 (49.2)	.0000 **
⑧原点	87 (92.6)	57 (90.5)	.7695 <i>n.s.</i>
⑨プロット	84 (89.4)	50 (79.4)	.1071 <i>n.s.</i>
⑩曲線・直線	81 (86.2)	50 (79.4)	.2802 <i>n.s.</i>

注) 単位は人, () 内は%を示す。

** $p < .01$

表4 実験群の正答者数と調査時の有意差 (N=94)

	事前	事後	p値
⑧原点	67 (71.3)	87 (92.6)	.0002 **
⑨プロット	67 (71.3)	84 (89.4)	.0030 **
⑩曲線・直線	1 (1.1)	81 (86.2)	.0000 **

注) 単位は人, () 内は%を示す。

** $p < .01$

表5 統制群の正答者数と調査時の有意差 (N=63)

	事前	事後	p値
⑧原点	53 (84.1)	57 (90.5)	.4230 <i>n.s.</i>
⑨プロット	49 (77.8)	50 (79.4)	1.0000 <i>n.s.</i>
⑩曲線・直線	0 (0.0)	50 (79.4)	.0000 **

注) 単位は人, () 内は%を示す。

** $p < .01$

4.3 グラフ作成能力に関する合計得点の平均値

表6は、事前・事後の各調査問題において、各項目の正答に1点を与えて個人の合計得点（10点満点）の平均値と標準偏差を算出したものである。

2要因分散分析を行った結果、群と調査時の交互作用が有意であった ($F(1,155) = 31.33, p < .01$)。そこで、まず、群ごとに調査時の単純主効果を検定したところ、実験群では事前から事後にかけて平均値に有意な上昇が認められたが ($F(1,155) = 68.49, p < .01$)、統制群ではみられなかった ($F(1,155) = .13, n.s.$)。次に、調査時ごとに群の単純主効果を検定したところ、事前では両群に有意な差はみられなかったが ($F(1,155) = 2.00, n.s.$)、事後では実験群の方が統制群よりも平均値が有意に高いことが認められた ($F(1,155) = 26.72, p < .01$)。

図9に、実験群の生徒が作成した、10項目全てを正答したグラフを示す。このグラフのように、10項目全て正答のグラフを作成できた生徒は、実験群75人、統制群28人であった。そこで、両群の10項目全ての正答者数とそれ以外の人数について 2×2 のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した結果、実験群の方が統制群よりも10項目全ての正答者数が有意に多いことが認められた ($p = .0000^{**}$)。

以上のことから、本研究の指導方法は、スキルトレーニングとしてグラフのかき方や比例のグラフの条件などを教授したり、教師主導で変数の制御や仮説の設定を行わせたりするよりも、グラフ作成能力の育成に効果があると考えられる。つまり、生徒が独立変数としての「力の大きさ」と、従属変数としての「ばねの伸び」の関係を自らの仮説として言語化し、これら2変数の因果関係を明確に意識しながら測定値をグラフ化させる指導方法の有効性が明らかになったといえる。

表6 合計得点の平均値の比較

事前	事後	F値	
実験群 (N=94)	5.29 (2.29)	8.57 (2.63)	68.49**
統制群 (N=63)	5.79 (2.02)	5.94 (3.72)	.13 n.s.
F値	2.00 n.s.	26.72 **	

注) 単位は人、() 内は標準偏差を示す。

** $p < .01$

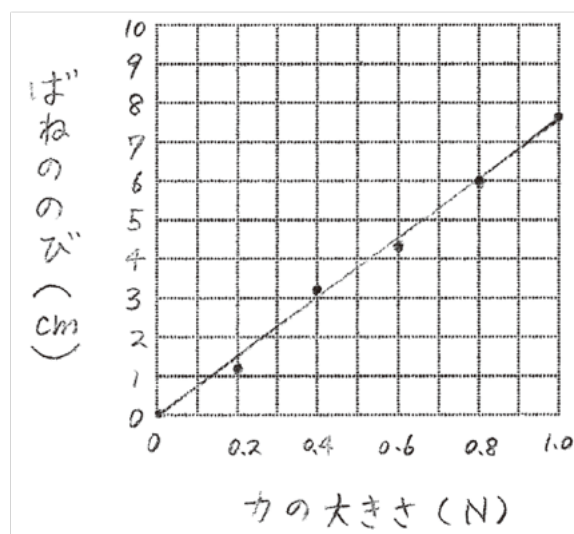


図9 実験群の生徒が作成したグラフ

4.4 事後調査におけるグラフ読解能力

表7に、事後調査における両群のグラフ読解能力に関する正答者数と群間の有意差を示す。両群の正答者数と非正答者数について2×2のクロス集計を行い、直接確率計算（両側検定）を用いて検定した結果、実験群の方が統制群よりも正答者数が有意に多いことが認められた。

以上のことから、本研究の指導方法は、グラフで示された測定結果を読み取り考察し、独立変数と従属変数の2変数の規則性を見いだすといった、グラフ読解能力の育成にも効果があると考えられる。

表7 グラフ読解能力に関する正答者数と群間の有意差

	正答者数	<i>p</i> 値
実験群 (N=94)	49 (52.1)	.0140*
統制群 (N=63)	20 (31.7)	

注) 単位は人, () 内は%を示す。

**p* < .05

5. 本研究のまとめ

本研究の目的は、中学校第1学年「力の大きさとばねの伸びの関係」において、4QSを用いて生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、グラフ作成能力と読解能力の育成に与える効果を検証することであった。

まず、表3に示した事後調査におけるグラフ作成能力の結果からは、10項目中7項目（①軸の設定、②横軸の適切な目盛り設定、③横軸のラベル、④横軸の単位、⑤縦軸の適切な目盛り設定、⑥縦軸のラベル、⑦縦軸の単位）において、実験群の方が統制群よりも正答者数が有意に多いことがわかった。次に、表6に示したグラフ作成能力に関する合計得点の平均値の結果からは、事前では両群に有意な差はみられないが、事後では実験群の方が統制群よりも合計得点の平均値が有意に高いことが認められた。また、実験群では事前から事後にかけて平均値に有意な上昇が認められたが、統制群ではみられなかった。さらに、10項目全てについて正答のグラフを作成できた生徒は、実験群の方が統制群よりも有意に多いことが示された。最後に、表7に示した事後調査におけるグラフ読解能力の結果からは、実験群の方が統制群よりも正答者数が有意に多いことがわかった。

一方で、「実験の結果をどのように分析して解釈すればよいのか」といった理論的枠組みを明確に保持できなかった統制群では、ばねの伸びを正しく測定することに夢中になるあまり、測定値をグラフ化しても、どのように解釈すべきか困惑していたり、不適切な折れ線グラフを作成していたりするなど、比例の関係には気付けない生徒が多くみられた。それ故、統制群のグラフ作成能力と読解能力の習得は実験群のそれと比べて相対的に低く、確実な定着には至らなかったと考えられる。

以上、中学校第1学年「力の大きさとばねの伸びの関係」において、4QSを用いて生徒自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、独立変数と従属変数の2変数の連続量を正確にプロットし、比例の関係をグラフ化するというグラフ作成能力、及びグラフを読み取り考察し、2変数の規則性を見いだすといったグラフ読解能力の育成に効果があることが明らかとなった。

6. 今後の課題

測定値をグラフ化することは、実験の結果を分析して解釈し、自然の事物・現象が変化する過程を読み解くための大切な能力である。グラフを作成したり読解したりする学習の機会が少ない現在の中学校理科の教育課程において、測定値を適切に処理したり、独立変数と従属変数の2変数の因果関係を正しく認識し、それらの規則性を見いだしたりする経験をより一層重視する必要がある。そのために、本研究の指導方法を中学校第2学年の「電圧と電流の関係」及び「金属の質量と化合する酸素の質量の関係」、第3学年の「等速直線運動の移動距離と時間の関係」及び「小球を転がした高さの木片の動いた距離の関係」などの学習においても適用し、その効果を検証することが望まれる。そして、測定値をグラフ化することの有効性（例えば、測定していない値の推測など）を生徒に実感させるとともに、自然の事物・現象を定量的に捉えさせる能力を育成していくことが今後の課題として残されている。

参考文献

- (1) 毛利衛・黒田玲子ら (2014) 「新しい理科3, 4, 5, 6」東京書籍.
- (2) 岡村定矩・藤嶋昭ら (2011) 「新しい科学1年, 2年, 3年」東京書籍.

引用文献

- (1) Cothron, J.H., Giese, R.N., & Rezba, R.J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/ Hunt Publishing Company, pp.21-35.
- (2) Hannah, W., Sarah, J., Ryan, W., Bill, Z., & Molly, S. (2014). The Graph Choice Chart, The Science Teacher, 81(8), pp.37-43.
- (3) Hassan, H.T., & Ali, K.K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graph?, Journal of Biological Education, 38(3), pp.127-132.
- (4) 堀哲夫 (1989) 「理科学力における思考の問題－思考過程と知識再生の問題の比較を通して－」『日本理科教育学会研究紀要』30(1), pp.11-22.
- (5) 金子健治・小林辰至 (2011) 「The Four Question Strategyに基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究－中学校物理領域『力の大きささとばねの伸び』を例として－」『理科教育学研究』51(3), pp.75-83.
- (6) 北村太郎・栗田一良 (1983) 「中学生・高校生のグラフ化に関する調査(その1)－正比例のグラフについて－」『日本理科教育学会研究紀要』24(2), pp.55-62.
- (7) 小林辰至・永益泰彦 (2006) 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望－小学校教員志望学生の子どもの頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導方法の開発と評価－」『科学教育研究』30(3), pp.185-193.
- (8) 国立教育政策研究所 (2005) 「平成15年度教育課程実施状況調査教科別分析と改善点(中学校・理科)」pp.1-7.
- (9) 文部省 (1984) 「中等教育資料7月号」pp.85-86.
- (10) 文部科学省 (2008a) 「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp.18-22.
- (11) 文部科学省 (2008b) 「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp.26-28.
- (12) 文部科学省 (2011) 「言語活動の充実に関する基本的な考え方」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/gengo/1300857.htm (2016年7月27日閲覧)
- (13) Morimoto, K., Ishikawa, R. & Fukuda, T. (2008). The Ability to Interpret and Construct Science Graphs by Secondary School Science Students, Bulletin of Society of Japan Science Teaching, 49(1), pp.113-119.
- (14) 森本信也・岩堀礼 (2007) 「中学生における量概念の認識に関する考察」『横浜国立大学教育人間科学部紀要I教育科学第9集』pp.155-167.
- (15) 中村重太・小嶋秀一 (1997) 「理科学習における科学的な能力育成のための一考察」『日本科学教育学会研究会研究報告』12(2), pp.37-42.
- (16) Oakes, J. M. (1997). Discovery Through Graphing, The Science Teacher, 64(1), pp.33-35.
- (17) 岡本英治・山下雅文・小茂田聖士・葛岡孝則・前原俊信 (2009) 「実験データの科学的解釈に関する基礎研究－中学校段階の実験処理を通して－」『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』(37), pp.349-354.
- (18) Richard, J.R., Constance, R.S., Jacqueline, T.M., & Juanita, J.M. (2007). Science Process Skills Fifth Edition, Kendall/ Hunt Publishing Company, p.191.

The Effects of the Teaching Method of Asking Students to Identify Relevant Variables and Formulate Hypotheses on the Development of Their Graph Making Skills and Reading Skills

– The Case of the Relationship Between the Amount of Force and Stretch of a Spring –

Takayuki YAMADA* · Shunsuke FURUKAWA** · Tatsushi KOBAYASHI***

ABSTRACT

This research aims to test the effects of the teaching method of asking students to identify relevant variables and formulate hypotheses on the development of their graph making skills and reading skills.

For this purpose, first grade students in a lower secondary school were divided into two groups - an experimental group composed of 94 students who were asked to use a “hypothesis formulation sheet” based on the Four Question Strategy (4QS) and a control group composed of 63 students who were not asked to use it. Then, an examination on the “relationship between the amount of force and the stretch of a spring” for first grade students in a lower secondary school was conducted on them before, during, and after class.

The analysis revealed that this teaching method is more effective than the methods of teaching them how to write a graph as skills training and of making them control variables and formulate hypotheses by teacher’s initiative in developing their graph making skills and reading skills. These results show the effectiveness of a teaching method in which students are asked to verbalize the relationship between the amount of force (an independent variable) and the stretch of a spring (a dependent variable) as their own hypotheses, and then to graph measured values with an awareness of causal relationship between variables.

* Sakuragaoka Lower Secondary School, Seki City ** Minami Lower Secondary School, Nagaoka City
*** Natural and Living Science