

仮説検証実験における変数間構造表現としての四象限モデルの提案と 小学校理科での実践利用

Four quadrant model as structural representation between variables in hypothesis verification experiment and practical use in science lesson at an elementary school

阿部 誠大^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

Masahiro ABE, Yusuke HAYASHI, Tsukasa HIRASHIMA

^{*1} 広島大学工学部工学研究科

^{*1} Graduate School of Engineering, Hiroshima University

Email: abe@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：仮説を立て、その仮説に基づいて実験を実施することは理科の学習において重要な役割を果たしている。しかし、仮説を立てることは小学生にとって困難であるとされている。そこで本研究では、仮説立ての手順として知られている 4QS をベースとして、(1)仮説は独立変数・従属変数及びそれらの変数の関係から構成される、(2)仮説には(2-1)検証したい仮説である間接検証仮説、と(2-2)直接的に実験の対象となる直接検証仮説、の二つがある、とした仮説実験の四象限モデルを提案する。更に本研究では、その変数間構造を仮説構造の理解を指向する演習環境を提供するシステムを設計・開発し、小学校理科において実践的な利用とその分析を行ったので報告する。

キーワード：仮説検証実験、4QS、四象限モデル、外在化支援

1. はじめに

理科において、実験を通した学習は重要な役割を果たしており、仮説をもとに観察・実験の計画を立てさせる指導を行った場合、平均正答率が高い傾向が見られることが明らかになっている⁽¹⁾。しかし、小学生に仮説を立てさせる指導は困難であるという実態がある。その原因の一つとして、「児童は自分の持っている仮説をうまく表現することができない」というものが挙げられる⁽²⁾。これに対し、仮説を立てる手順として4QSを用いた支援が提案されている。

本研究では、仮説検証実験を対象に4QSをベースとし、(1)仮説は独立変数と従属変数から構成される、(2)仮説には(2-1)検証したい仮説である間接検証仮説、と(2-2)直接的に実験の対象となる実験仮説、の二つがある、とした四象限モデルを提案する。さらに、この構造の理解を促進させるものとしてのシステムを設計・開発し、その実践利用を通して有効性を確認したので報告する。

2. 研究背景

4QS とは、Cothron,j.h らが提唱した「The Four Question Strategy」⁽³⁾を元に、小林らが開発した指導方略である⁽⁴⁾。4QS は次の4段階の手順を辿ること、仮説立てに必要な要素を書き出し、仮説を立てられるようにする方略であり、STEP1：従属変数を抽出する。STEP2：独立変数を抽出する。STEP3：独立変数の条件設定。STEP4：従属変数の数量化。の4つのステップからなる。

この方略は操作対象となる独立変数と観測対象となる従属変数を分離する方法を示したことにおいて有効性があるといえる。しかしながら、直接操作・

測定できると変数のみを扱っている場合と、直接操作・測定できない変数を扱っている場合とを区別できない。本研究では、直接操作・測定できない変数に対しての仮説検証実験を取り扱うための枠組みとして四象限モデルを提案する。

3. 四象限モデル

小学校理科の電磁石の単元では、「電磁石の強さと電流の大きさ」に関する仮説検証実験が行われる。この際、電流の大きさの操作の方法や電磁石の強さの測定は直接的な方法が与えられておらず、電磁石の強さを「くっつくクリップの数」で測定し、電流の強さを「電池の数」で操作する。つまり、電池の数とクリップの数についての実験を行い、その結果に基づいて電流の大きさと電磁石の強さの仮説を検証することになる。この場合、変数を独立・従属に分けるだけではなく、直接測定・操作と間接測定・操作にも分ける必要がある。これらの区別を行ったのが四象限モデルである。四象限モデルは図1のように、間接測定従属変数・間接測定独立変数・直接測定従属変数・直接測定独立変数の4種類の変数とし、独立変数と従属変数・間接測定変数と直接測定変数の間の関係で構造として図式化できる。この図式に沿った仮説検証実験の理解の促進を目指す。

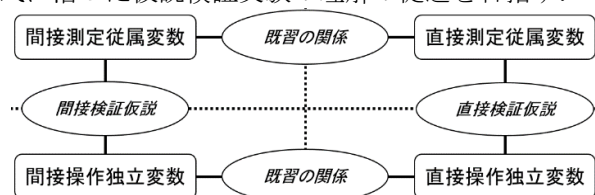


図1：四象限モデル

4. システムの設計・開発

4.1 枠組み

本研究で、実験に現れる変数を四象限モデルに沿って構造化することを学習者に行わせる。まず、教授者が仮説検証実験についての四象限モデルを作成する。これを正解として構造を分解し部品化する。この部品を学習者に提供し、実験の構造を組み立てさせる。この活動は、筆者らがこれまでに開発してきたキットビルド概念マップの枠組みに沿ったものとしてシステム化されている⁽⁵⁾。

電磁石の実験に対して教授者が作成した四象限モデルを図2に示した。このモデルは、四つの変数（ノード）と四つの関係（リンク）に部品化される。

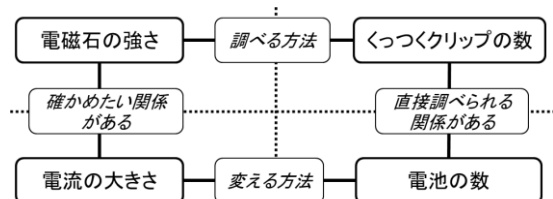


図2：電磁石の仮説検証実験の構造

4.2 構造組立環境

構造組立環境では図3のように、調べたい量、変えたい量、直接調べる事ができる量、直接変えることができる量、の4つ領域（四象限）と、キット（図2を分解して得られた四つのノードと四つのリンク）が与えられる。学習者はまず、それぞれのノードがどの領域に属するかを考え、該当する領域に移動させる。次に、そのノード間をリンクで接続する。作成された構造は元の構造と比較することによりその正誤を診断可能である。また、他の学習者と重畳した重畳構造を作成することもできる。



図3：構造組立環境

5. 実践利用

5.1 実践内容

小学校理科の電磁石の単元において6時限の従来通りの授業の終了後、振り返りとして四象限モデルを用いた授業を行った。対象者は、小学校5年生2クラス（62名）であり、各クラス四象限モデルを用いた授業を2時限連続して行った。両クラスとも理科専科の同一教員が授業を担当している。

授業では教員が電磁石の実験において扱った変数において、操作対象と測定対象があること、そして、

直接操作・測定できるものと、間接操作・測定することになるものがあることを説明し、そのあとで、図3の環境で実験の構造を組み立てさせた。さらに、その正誤判定・フィードバックも図3のインタフェースを用いて行った。

プレテスト・ポストテストとして、四象限モデルを用いた授業の前後に教員が作成した記述式テストを実施した。このテストの分析結果を次節に示す。

5.2 テスト結果の分析結果

プレテストおよびポストテストの採点結果を表1に、記述の文字数を表2に示した。なお、得点の上位と下位で違う振る舞いがみられたので、プレテスト得点の平均（9.4点）で上位群・下位群に分けたうえで集計分析を行っている。

得点に関して上位群のプレ・ポストテストにおいては得点差がみられなかったが（ $p=0.852>0.05$ ），下位群においては、有意差がみられ（ $p=0.0000<0.01$ ），効果量大であった（ $d=0.92$ ）。

文字数に関して下位群においてはプレ・ポストで差がなかったが（ $p=0.450>0.05$ ），上位群においては有意差がみられた（ $p=0.0000<0.01$ ）。また、プレテストにおいては、文字数とスコアに有意で中程度の相関があったが（ $r=0.49, p=0.000<0.01$ ），ポストにおいては、有意な相関はみられなかった（ $r=0.21, p=0.095>0.05$ ）。

これらの結果より、下位群は必要な説明ができるように、上位群はコンパクトに説明できるようになったことが示唆された。

表1 テストの得点

	プレテスト	ポストテスト
上位群(31名)	12.2(SD=1.7)	12.1(2.7)
下位群(31名)	6.7(2.4)	11.2(2.5)

表2 文字数

	プレテスト	ポストテスト
上位群(31名)	153.8(SD=40.3)	119.3(34.8)
下位群(31名)	117.6(46.1)	123.6(30.1)

6. まとめと今後の課題

仮説を立てる手順である4QSをもとに、四象限モデルを提案し、それを獲得するためのシステムを設計・開発した。さらに、実践利用を行うことで、本システムが実践的に運用可能であることを確認した。今後は、仮説設定における利用が課題となる。

参考文献

- (1) 国立教育政策研究所：理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について(2013)。
- (2) 三木勝仁：仮説を立てる：体験が支える「言語活動の充実」, pp116, 研究紀要第25号（2013）
- (3) Cothron, j. h., Giese, R.N., & Rezba, R. j. m: Science Experiments and Project for Student, pp.21-35,(2000).
- (4) 小林辰至：問題解決能力を育てる理科教育(2008)
- (5) T Hirashima, K Yamasaki, H Fukuda, H Funaoi: Framework of kit-build concept map for automatic diagnosis and its preliminary use, RPTEL, 10(1), pp.1-17(2015).