

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04813

研究課題名(和文)義務教育段階におけるデータ解釈能力育成に関する研究

研究課題名(英文)Research on Developing Data Interpretation Ability during Compulsory Education

研究代表者

宮本 直樹 (Miyamoto, Naoki)

茨城大学・教育学部・准教授

研究者番号：20736318

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、科学教育において重要な課題であるデータ解釈能力育成に関するものである。特に、「表象による推論プロセス」を踏まえて、データ解釈能力の育成を目指した。その結果、次のような知見が得られた。第一に、表象による推論プロセスを描出することができた。そして、そのプロセスを通して、データ解釈能力が育成された。第二に、表象による推論プロセスを通して、関係性を指摘するデータ解釈能力は育成できたが、数式化するデータ解釈能力の育成は困難をもっていた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

データ解釈能力を育成するための重要な点をいくつか指摘できた。第一に、「表象による推論プロセス」を重視すること。さらに、内的表象を外的表象へと変換させ、徐々にゆっくりと表象の変換を行なっていくこと。第二に、データ解釈は「仮説設定」と関係が密であるため、「仮説設定」時に内的表象づくりを行うこと。

一方、知識基盤社会で生きていくための基盤となるデータ解釈能力を義務教育段階で育成するためには、オーセンティックな科学的探究の遂行時に生成・形成される内的表象に着目して、その内的表象を外的表象化する指導が求められる。

研究成果の概要(英文)：Developing data interpretation ability, which is an important issue in science education, was studied with a focus on developing data interpretation ability through a “reasoning process using representations”. The following insights were obtained: (1) the reasoning process using representations was portrayed and this developed data interpretation ability and (2) the reasoning process using representations was able to develop data interpretation ability in regard to relationships but it was difficult to develop the data interpretation ability in regard to formulating data as mathematical expressions.

研究分野：理科教育学

キーワード：データ解釈 スキル データ解釈能力 内的表象 外的表象 推論プロセス 義務教育 サイエンスプロセス・

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

米国の Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013) の実践 (Practice) の構成要素の一つとして「データの分析と解釈」を掲げ、また、英国の National Curriculum Key stages 3 (Department for Education and skills・Qualification and Curriculum Authority, 1999) の「科学的探究」の「証拠の考慮」でも、「データのパターンや関連を同定し述べる」「観察、測定したデータや他データを解釈する」を掲げ、データ解釈を重視している。一方、国内において、中学校学習指導要領解説理科編の改善の具体的事項(文部科学省、2008)には、「観察・実験の結果を分析し、解釈する能力の育成」が明示されている。このように、データ解釈能力は、科学教育における「科学的探究能力」の一つとして重視されている。それは、科学的探究の成功の鍵を握るとも言うべき重要な能力であるからである (Kuhn & Pearsall, 2000)。さらに、生徒の学習到達度調査 PISA2015 では「結果の解釈、証拠の解釈」(OECD, 2013)、国際数学・理科教育動向調査 TIMSS 2011 でも「データの分析・解釈」(Mullis. et al., 2009) の項で明示されていることからわかるように、国際調査でも主要な能力としても位置づけられている。

このような状況にもかかわらず、国内の研究動向に目を転じれば、義務教育段階でのデータ解釈能力を育成する研究は、申請者が行っているのみである。この研究(宮本、2014、2016)では、教師が生徒の仮説を共有化・洗練化し、生徒に因果関係を把握させ、この因果関係を踏まえてデータ解釈をさせる指導法がとられ、その効果を論じている。海外の研究では、14ヶ月もの期間にもおよぶ科学的探究を行い、変数同定やデータ解釈スキル等を促進させた Roth & Roychoudhury (1993) の研究がある。しかしこの研究は、具体的にデータ解釈能力のみが育成されたのかに関しては、明確になっていない。したがって、義務段階において、知見が少ないため、本研究は、科学教育研究において重要な課題である。

申請者は、科学教育研究において、上述したような仮説を踏まえた指導法でデータ解釈能力を育成しているが、この研究だけでは不十分である。それは、データ解釈能力が仮説の設定のみならず、科学的探究スキルである、問いの設定、変数の同定、仮説の設定、表・グラフの作成等と関連するからである。さらに、データを解釈する際は、「推論」といった認知的なスキルも必要とされる。附言すれば、認知心理学、教育心理学からの知見がデータ解釈能力育成に必要とされる。しかしながら、認知心理学、教育心理学の知見を踏まえて、データ解釈能力の育成を標榜した研究が少ない。

よって、各科学的探究スキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連、かつ、データ解釈時の推論プロセスが解明できれば、仮説設定とデータ解釈との関連を図った指導法のみだけではない新たなデータ解釈能力育成の指導法が提案できる。そこで、推論プロセスの基軸となる「表象」に着目する。

2. 研究の目的

本研究では、各科学的探究スキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連を分析し、さらに、データ解釈時に必要とされる「表象による推論プロセス」を解明、そして、明らかになった知見を踏まえて、データ解釈能力の育成を図る。また、義務教育段階におけるデータ解釈能力育成法について提示する。これらを主目的とする。そして、3カ年(平成29年度～平成31年度)の研究期間内の各年度の目的を次のようにした。

- (1) まず、各科学的探究スキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連を明確にするために、科学的探究スキルに関して論じている主に米国のサイエンス・プロセススキルの文献資料の分析を行う。次に、データ解釈時に必要とされる「表象による推論プロセス」を解明するために、国内・外の認知心理学、教育心理学、理科教育学における「表象による推論プロセス」を文献資料の分析より明らかにする(平成29年度の目的)。
- (2) 授業実践を構想し、試行・評価し、(1)で明らかとなった「表象による推論プロセス」を検証し、さらにデータ解釈能力の具体を試みる(平成30年度の目的)。
- (3) 上記(1)(2)の研究成果を踏まえ、義務段階におけるデータ解釈能力育成の指針を提示する(平成31年度の目的)。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、3カ年(平成29年度～平成31年度)をかけて、下記の(1)構築、(2)実践、(3)評価の3つのステージに分けて研究を遂行する。

(1)構築：各科学的探究スキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連の明確化とデータ解釈時に必要とされる「表象による推論プロセス」を解明する(平成29年度：構築)。

具体的には、まず、主に米国のサイエンス・プロセススキルの文献資料の分析を行い、データ解釈のサイエンス・プロセススキルと各科学的探究スキル(各サイエンス・プロセススキル)の関連を見取る。どのようにデータ解釈のサイエンス・プロセススキルと各科学的探究スキル(各サイエンス・プロセススキル)を関連させて指導しているのか、を明らかにする。次に、国内外の認知科学、教育心理学、理科教育学の研究分野を中心に、データ解釈能力育成に関わる「表象による推論」プロセスに着目して精読し、基礎的知見を整理する。

(2)実践：(1)で明らかとなったデータ解釈と関連のあるサイエンス・プロセススキルを使用する

科学的探究場面における児童の表象を調査する。そして、「表象による推論プロセス」を検証するために、児童の表象の調査結果を踏まえて、授業実践を構想し、試行する（実践：平成 30 年度）。

具体的には、まず、(1) 構築ステージで明らかとなったデータ解釈と関連のあるサイエンス・プロセススキルを使用する科学的探究場面における児童の表象を調査する。次に、(1)構築ステージで明確になった基礎的知見や調査した児童の表象を踏まえ、「表象による推論プロセス」検証の試みを構想する。その際、小学校の理科授業に導入可能かどうか、さらに、導入可能なら小学校の理科授業のどの単元の、どの実験に適応可能かどうか、を検討するために小学校教師と協議する。他方、中学校理科においても、小学校理科の「表象による推論プロセス」を参照して立案する。実践の際、申請者は授業の参与者となり、フィールドノートを作成する。さらに、児童・生徒の各班に IC レコーダーを置き実践授業中の会話を収集、各班にビデオカメラを設置し児童・生徒の言動を収録する。加えて、児童・生徒にレポートを記述させる。他方で、指導法の実践前・後で児童・生徒のデータ解釈に関するアンケート調査、実践後に児童・生徒にインタビュー調査を実施する。このように多面的にデータを収集する。

(3)評価：義務段階におけるデータ解釈能力育成の指針を提示するために、授業実践において得られた研究データを分析・評価する（評価：平成 31 年度）。

具体的には、まず、(2)実践のステージで得られた授業実践データを分析する。IC レコーダーによって得られた音声データに関しては、プロトコル化する。ビデオカメラ撮影によって得られた言動データに関しては、先述したプロトコルデータと対応させて分析する。レポート記述によって得られた記述データやアンケート調査によって得られたデータに関しては、数量的に統計処理分析を行う。また、アンケート調査の自由記述によって得られたデータに関しては、内容分析とともに質的分析を行う。インタビュー調査によって得られた音声データに関しては、実践授業中の会話と同様に、プロトコル化する。次に、多面的に分析された結果を踏まえ、複数の小・中学校教師と総合的に授業実践を評価する。最後に、義務教育段階において知識基盤社会で生きていくための基盤となるデータ解釈能力育成の指針について提示し、データ解釈能力育成の指導を提案する。

4. 研究成果

研究成果を以下に示す。

(1) 各科学的探究スキル（各サイエンス・プロセススキル）とデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連として、「問いの設定」「仮設定」のサイエンス・プロセススキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルとの関連が密であり、この 2 つのサイエンス・プロセススキルとデータ解釈のサイエンス・プロセススキルを関連させて指導していることが明らかとなった。その中でも、特に「仮設定」のサイエンス・プロセススキルと関連させる指導が多い。

(2) 上羽ら（2015）の研究や、上羽ら（2015）が依拠した Tytler ら（2013: 83-107）の「表象変化活動内における推論過程」のモデルを参照し、さらに、鈴木ら（2016）の研究や Tytler ら（2013: 31-50）の「教授学習への表象構成アプローチに根拠を与える原理」を踏まえて、小学校理科「梔子の釣り合いの等式導出」のデータ解釈において、認知的方略「データ解釈時の表象による推論プロセス」を暫定的に提案することができた。

(3) 特に、(1)で明らかとなった「仮設定」時の児童の表象を「梔子の釣り合い」を事例に、調査した。その結果、「内重外軽の初期の等量のモーメント」に関する表象をもっている児童が多いことが明らかとなった。このことから、(2)で暫定的に提案した認知的方略「データ解釈時の表象による推論プロセス」の「仮設定」時の児童の表象は十分に生成・形成されていることが明らかとなった。

(4) (3)の研究成果を踏まえて、「梔子の釣り合いの等式導出」を事例に、データ解釈時の認知的方略「表象による推論プロセス」の検証を行った。その結果、「パターン解釈：(特徴の分析と選択) イメージ図を導入したことによる、表象と言葉（釣り合い）の対応付け イメージ図による表象の首尾一貫性、明確さ、単純さの判断 表象を通じ、梔子の釣り合いに関する首尾一貫している自分なりの解釈づくり 梔子の釣り合いと表象との対応判断（メタ表象的判断） 梔子の釣り合いの等式の導出」といった「表象による推論プロセス」が明らかとなった。これらが、「説明の指針（リソースの明確化）」を介在し、「現象の探究：実験」の遂行と対応していた。特に、イメージ図の導入が「表象による推論プロセス」と大きく関わっていた。

(5) (4)においてイメージ図の使用が「表象による推論プロセス」と大きく関わっていたことから、イメージ図として用いた「マス目表現」に加えて、「ブロック表現」「面積表現」の使用を通して、生成・形成した内的表象を書換え、外的表象としての梔子の釣り合いの等式（数学的表現）を導出させる実践を行った。その結果、まず、「マス目表現」を使用したことで、データ解釈時に、内的面積表象やモーメント表象が生成・形成された。次に、「ブロック表現」「面積表現」を使用したことで、内的面積表象が生成・形成されたことは言うまでもないが、内的面

積表象が書換え（変換・統合）られ、梃子の右腕に対する左腕の釣り合った複数のパターンを外的表象として表現することができた。これらの、「マス目表現」「ブロック目表現」「面積表現」の使用を通して、内的表象間の自在な移動が可能となり、児童は内的面積の表象を生成・形成、変換・統合、つまり、生成・形成した内的表象を書換え、そして、外的表象としての「おもりの重さ×目盛りの数＝一定」という一般化したデータ解釈を行うことができた。換言すれば、データ解釈能力が育成できた。

(6) オームの法則の導出を事例に、washboard model（重松ら、2011；松永・重松：2012；重松ら、2013）を導入し、データ解釈時の生徒の内的な表象の生成・形成を踏まえた推論について調査した。その結果、生徒は、電圧、電流、抵抗をそれぞれ、高さ、ビー玉の速さ、流れにくさ、とする内的表象を生成・形成し、それらを結びつけた内的表象を踏まえてデータ解釈し、外的表象として「電圧の大きさと電流の大きさは対応する」「電圧と電流の間には比例関係がある」と、オームの法則の一部を導出した。しかしながら、「電流＝抵抗×電圧」という数式の導出には至らなかった。

(7) (4)～(6)の研究成果を踏まえ、次の点をまとめとする。第一に、児童の「表象による推論プロセス」を描出することができた。そして、そのプロセスを通して、データ解釈能力が育成された。第二に、「表象による推論」を通して、生徒の関係性を指摘するデータ解釈能力は育成できるが、数式化するデータ解釈能力の育成には困難をもつことが明らかとなった。また、数式化の「表象による推論プロセス」までは解明できなかった。

(8) 最後に、義務教育段階において知識基盤社会で生きていくための基盤となるデータ解釈能力育成の指針について提示すると、オーセンティックな科学的探究の遂行時に生成・形成される内的表象に着目して、その内的表象を外的表象化するデータ解釈の指導が求められる。具体的なデータ解釈能力育成の指導としては、第一に、データ解釈は特に「仮説設定」と関係が密であるため、「仮説設定」時に内的表象の生成、形成を行うこと、第二に、生成・形成された内的表象を徐々にゆっくりと変換・統合し、外的表象させていく科学的探究を遂行することである。

<引用文献>

Department for Education and skills・Qualification and Curriculum Authority. (1999): *The National Curriculum : Handbook for secondary teachers in England: Key stages 3 and 4*, Department for Education and skills・Qualification and Curriculum Authority, 73.

Kuhn, D., Pearsall, S. (2000): Developmental Origins of Scientific Thinking, *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113-129.

松永武・重松宏武(2012):「中学校理科『電流・電圧と抵抗』における洗濯板モデル(washboard model)を活用した授業実践」、『山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』、11巻、13-23.

宮本直樹(2014):「中学校理科における仮説設定とデータ解釈との関連 因果関係を踏まえた仮説の共有化、洗練化に着目して」、『理科教育学研究』、第55巻、第3号、341-350.

宮本直樹(2016):「科学的探究における仮説設定がデータ解釈に及ぼす効果 - 中学校第2学年『唾液のはたらき』を事例にして -」、『科学教育研究』、第40巻、第2号、234-240.

文部科学省(2008):『中学校学習指導要領解説理科編』、大日本図書、4-5.

Mullis, I. V.S., et al. (2009): *TIMSS 2011 Assessment Frameworks*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, 80-90.

NGSS Lead States. (2013): *Next Generation Science Standards: For States, By States*, Volume2. Washington, DC: National Academies Press, 48.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013): *PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK*, 9.

Roth, W. M., Roychoudhury, A. (1993): The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 127-152.

重松宏武・棟居翼・松永武・内田由美子・前川真利奈(2011):「金属導体中の電子の運動とオームの法則 中学校理科『電流、電圧と抵抗』における洗濯板モデル(washboard model)の提案」、『山口大学教育学部研究論叢(第3部)』、61巻、195-206.

重松宏武・棟居翼・松永武・内田由美子・前川真利奈・風盛文哉・西山桂(2013):「中学校理科『電流・電圧と抵抗』における洗濯板モデル(washboard model)の半定量的考察」、『山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』、35号、59-69.

鈴木速斗・宮村連理・和田一郎(2016):「物理的領域における科学概念構築を促す教授学習モデルに関する研究 中学校第1学年『圧力』の単元を事例に」、『臨床教科教育学会誌』、第16巻、第1号、29-40.

Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., and Haslam, F. (2013): Reasoning in Science through

Representation. In Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., and Waidrip, B. (Eds), *Constructing Representations to Learn in Science*, Sense Publishers, Rotterdam, 83-107.

上羽貴之・和田一郎・森本信也 (2015): 「科学的な推論の成立過程と表象との関連」、『日本科学教育学会研究会報告書』、第 29 巻、第 5 号、21-24.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 宮本直樹	4. 巻 37
2. 論文標題 梘子の釣り合いの等式表現におけるデータ解釈の指導方略 表象による推論プロセスを導入して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 茨城大学全学教職センター紀要, 『茨城大学教育実践研究』	6. 最初と最後の頁 25-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 宮本直樹	4. 巻 67
2. 論文標題 科学的探究におけるデータ解釈時の推論による表象プロセス	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 茨城大学教育学部紀要 教育科学	6. 最初と最後の頁 125-133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 宮本直樹	4. 巻 38
2. 論文標題 児童のデータ解釈時の表象による推論プロセスの検証 梘子の釣り合いの等式の導出を事例にし	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 茨城大学全学教職センター紀要, 『茨城大学教育実践研究』	6. 最初と最後の頁 11-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 N. Miyamoto	4. 巻 69
2. 論文標題 Students' Reasoning through Representations in Interpreting Data -Case of Derivation of Ohm's Law-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Faculty of Education, Ibaraki University. Educational science	6. 最初と最後の頁 35-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 吉田 武男、大高 泉	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 214
3. 書名 初等理科教育	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----