

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381172

研究課題名(和文)協同的学習を通じた子どもの自律的な思考・表現を深化させる理科授業システムの開発

研究課題名(英文) Study on the science instruction to develop students' autonomous thinking and expressing ability through cooperative and collaborative learning

研究代表者

和田 一郎 (Wada, Ichiro)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授

研究者番号：70584217

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、協同的な学習を通じた子どもの自律的な思考・表現の促進に関わる理科授業デザインについて検討した。特に、自律的な学習活動の中心機能として、メタ認知に着目し、協同学習の過程におけるその変容を分析した。具体的には、学習論としてEfrklides, A(2009)の主張するメタ認知の多面的アプローチに関する理論を、また教授論としてKahn, S(2007, 2008)が提起する協同的なモデル構築に関する教授の視点に着目し、具体的な授業デザインの枠組みを構築した。結果として、授業実践を通じて、構築した授業デザインの枠組みが、子どもの自律的な思考・表現の育成に効果的に機能することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop an instruction in science classes for promoting students' autonomous thinking and expressing ability through cooperative and collaborative learning. In this study, we focused on the metacognitive process and representational functions in the social interaction. Especially, metacognitive process was assessed by multifaceted and multilevel model of metacognition proposed by Efrklides, A., and we developed an instruction based on the theory of "model co-construction and evolution" advocated by Kahn, S. In conclusion, constructing and expressing students' own models using prior knowledge is effective for the improving metacognitive monitoring and control process. Cooperative and collaborative learning afford not only one's metacognitive process, but also the other student's metacognitive process. The important point is that teachers need to support student-to-student or group interaction based on assessment of the students' expressing models.

研究分野：科学教育

キーワード：協同学習 思考・表現 自律性 理科授業デザイン メタ認知

1. 研究開始当初の背景

現行の学習指導要領(理科編)では、子どもの自律的な思考・表現の育成が強く要請されている。しかし、平成 24 年度に実施された全国学力・学習状況調査において、理科では観察・実験の結果を整理して考察することや、科学的な言葉や概念を使用して自分なりに考えたり説明したりすることなどに課題を有することが明らかとなっている。また、他者との関わりを通じて、自己の考えの修正を図り、新たな考えを再構成していく力にも課題を有する。

研究開始当初、こうした課題の解決に向け、日本の教育現場では多くの実践が展開されているものの、より機能的な理科授業システムの開発のためには、理論と実践の融合した研究の強化が要請されている現状にあった。

具体的な授業システムを開発するためには、まず子どもの理科学習の過程における思考の変容を捉える方法を確立する必要がある。筆者は、これまでの研究で子どもが科学概念を構成する過程で稼働させている「表象(representation)」に着目し、より具体的に子どもの学習の内実を精査する方法について検討してきた。表象とは、端的に述べれば事象に対する解釈をイメージや数式などを用いて心内で表現する活動を意味する。筆者は、理科学習の進捗に伴う子どもの表象形式の変容と知識要素の変容とを関連付けることによって、子どもの思考過程を捉えるための方法を開発し、それを「表象ネットワークモデル」としてモデル化した(和田他,2010)。これによって、理科学習の進行による表象レベルの高次化に伴い、様々な知識要素が密接にリンクした知識構造体が生成される過程を、可視化することが可能となった。さらに、子どもが表象を自律的に操作できるようになるまでの過程が5つのレベルから成立し、またこのレベルの高次化に、メタ認知(metacognition)が中心的な機能を果たしていることも明らかにした(和田他,2012)。しかし、表象の高次化とメタ認知の関連性について、個人内部における情報処理機構が解明できつつあるものの、教師や他者との相互作用の影響や、協同的な学習との関連性を詳細に分析できていなかった。このため、子どもの学習に機能する教授方略の策定が具体化しているとは言い難い現状にあった。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究成果を踏まえ、子どもが協同的な学習を通じて自律的に表象を操作し、思考・表現を深めるための理科授業システムの開発を志向した。この際、具体的な授業システムの構築に関わる基盤となる理論として、次に示す協同的なメタ認知理論および協同的なモデル構築の理論に着目した。メタ認知理論は、Nelson,T.らによって情報処理論の立場から整理され、精緻化されたモデルが提示されている(Nelson, T. O.,

and Narens, L.,1990)。さらに,Efklides,A.は Nelson,T.の理論を基礎として、個人のメタ認知に対する他者の影響を指摘し、協同的な学習におけるメタ認知の促進に関わる「メタ-メタ認知理論」を提唱する(Efklides,A.,2009)。また,Kahn,S.は、協同的なモデル構築に関わる教授理論の視点を提案している(Kahn,S.,2007,2008)。本研究では、これらの諸理論を援用し、表象理論との関連付けを図る中で、子どもが自己の学習をメタ認知的に表象し、さらに他者との相互作用の活性化を通じて、自律的な表象の操作を具体化していく授業システムについて検討した。

3. 研究の方法

本研究の目的を踏まえ、研究期間内に解明を試みた内容を図1に模式化した。本研究では、まず自律的な理科学習の成立の実態を分析した(Seeの段階)。具体的には,Efklides,A.のメタ-メタ認知理論を援用し、社会的な相互作用を通じて個人のメタ認知がいかに変容するか、また逆に個人のメタ認知が社会に影響を与える過程を理科学習の立場から検討を行った。この際、表象ネットワークモデルを援用することによって、個人のメタ認知の変容、および社会的なメタ認知の変容を理科学習の進捗に即して詳細に分析した。

次に、ここでの分析結果を踏まえ,Kahn,S.の指摘する協同的なモデル構築に関する教授理論を援用し、具体的な教授論の構想を行った(Planの段階)。そして、小中高等学校の授業実践を通じて、理論と実践の融合を図り、構想した教授論の検証を行った。この際、実践では近年、発展が著しく、学校現場への導入が推進されている電子黒板やタブレット端末などのICT機器を活用し、機能的な協同的な学習の成立に向けた検討を行った(Doの段階)。

本研究では、研究期間内において、上記のSee-Plan-Doサイクルを繰り返すことによって、子どもの自律的な思考・表現の深化・拡大に向けた理科学習システムの開発を志向した。

平成 25 年度は、子どもの自律的な思考・表現の育成に関わり、そうした理科学習を成

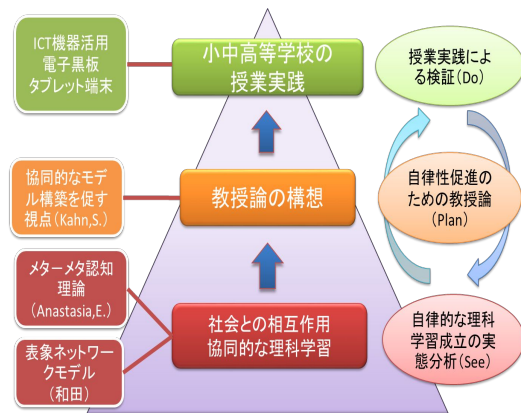


図1 研究の手続き

立させている要因を特定することに主眼を置いた。具体的には、Efklides, A. のメタ・メタ認知理論および筆者の表象ネットワークモデルを用いて、小中学校および高等学校の授業実践データの分析を行った。平成 26 年度以降では、前年度の分析結果を踏まえ、教授理論の修正と実践による検証を繰り返していった。なお、平成 26 年度以降の実践では、近年、導入が進んでいる電子黒板やタブレット端末などの ICT 機器を利用し、協同的なメタ認知の活性化のための機能的な実践を検討した。

4. 研究成果

本研究の成果は、主として以下の(1)～(4)に整理できる。

(1) 協同的学習を通じたメタ認知の変容モデルの構築

理科における自律的な思考・表現の促進を志向するとき、その主軸として機能するメタ認知への着目は重要である(和田他, 2013)。これに関わり、Nelson, T. らは、メタ認知の活動成分であるメタ認知的活動について、対象レベルとメタレベルの2つのレベルから構成されることを指摘した。加えて、対象レベルからメタレベルへの情報の流れをメタ認知的モニタリング、メタレベルから対象レベルへの情報の流れをメタ認知的コントロールと措定した。さらに、Efklides, A. は、メタレベルにおける情報処理に対して、社会における外部資源が影響を与えるレベルとしてメタ・メタレベルの存在を指摘した。これは、個人内部でのメタ認知の機能が外部環境から影響を受けて変容することを説明する上で、秀逸のモデルといえる。

本研究では、このモデルを理科における表象構築との関連から捉え直し、図2のように協同学習過程における社会的相互作用を考慮したメタ認知の変容モデルとして模式化した(和田他, 2014)。すなわち、子どもにとって解決が困難な課題に直面したとき、自らの認知状態を他者と比較し、診断するモニ

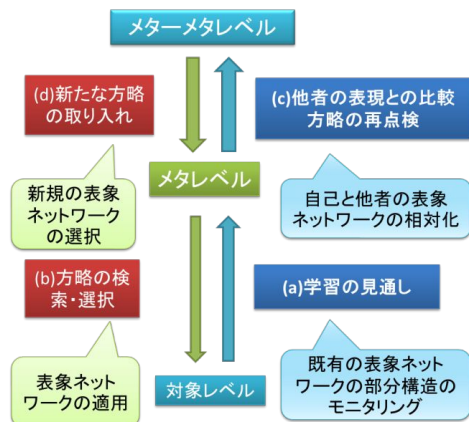


図2 協同的な学習を通じたメタ認知の変容モデル

タリング過程(図2 - c)が生起することによって、新規にメタ・メタレベルへの情報の流れが生じる。こうして社会的なレベルにおける外部資源と自己のメタ認知の相対化を推進することで、その結果から新たな方略の検索・選択を可能(図2 - d)とする(和田他, 2014)。

(2) 協同的なモデル構築を通じた自律的な思考・表現を促進させる教授方略

図2に示した社会的相互作用過程におけるメタ認知の促進を志向するとき、Khan, S. (2008)の提起する教師と子どもによる協同的なモデル構築のプロセスに関する指摘は有用である。彼によれば、そのプロセスは以下の からのプロセスから成立する。

自己の考えに基づきモデルを表現する段階：子どもが課題の解決に関わる作業用モデル(メンタルモデル)を既存の知識や技能を活用して表象し、それを表現する段階

グループ内や他グループの考えを参考として拡張モデルを構築する段階：で表現されたモデルを他グループの考えと比較し、事象に対する解釈をよりの確に表現できる拡張モデルを構築する段階

課題解決に機能するモデルを選択し、評価する段階：によって構築したモデルを新規課題に適用し、その機能性を評価する段階

以上の指摘と図2とを対応づけることによって、協同学習を通じたメタ認知の高次化を志向した教授論的視点を図3のように模式化した(和田他, 2014)。学習の初期では、自分なりモデル構築を促すの視点を踏まえた教授を展開することによって、対象レベルからメタレベルへの情報処理を活性化させる。その上で、解決が困難な課題に対して、教師や他者との協同的な学習を通じて、新たな外部リソースからの有意義な情報の収集によって、モデルの再構成を促進させる。そして、そうして構築したモデルを新規課題の

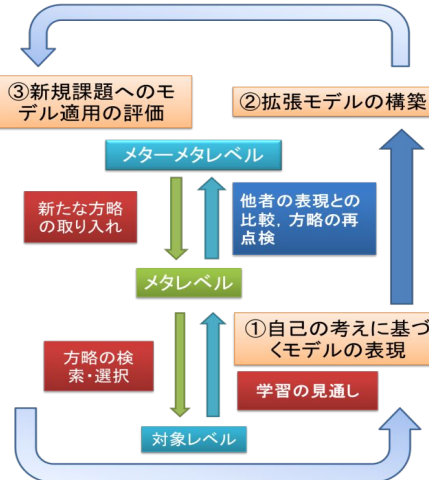


図3 自律的な思考・表現を促進させる教授の視点

解決に自分なりの判断で適用することによって、新たな方略を自己のものとして獲得するのである。こうした過程（ から ）のループを形成することによって、協同的な学習を通じたモデル構築が成立することになる。

この教授モデルを踏まえ、高等学校化学（単元：化学反応と熱）において実践による検証を行った。授業では、まずメタンの燃焼に関する自分なりのモデルを構築させた。ここでは、自己の表象ネットワークの部分構造のモニタリングと、その適用がなされた。その上で、グループによる協同的なモデル構築過程において、自己のモデルに取り入れ可能な情報や修正点を捉えさせることによって、拡張モデルの構築が成立した。そこでモデルを新規課題（化学カイロの反応）に適用させることによって、自律的なモデルによる課題解決が促進された。この結果、本モデルにおける教授方略が有効に機能することが明らかとなった（和田他，2014）。

（3）探究活動を通じた協同学習によるモデル構築を促進させる教授方略

Schraw,G. らによれば、自律的な学習の促進に関わる主要な要素として、探究活動の導入を提言する（Schraw,G. 他，2006）。これに関わり、化学の探究活動に関する教授的アプローチとしては、Khan,S.の指摘するGEM理論は有益である（Khan,S.，2007）。すなわち、彼は探究的な学習における教師と子どもの協同的なモデル構築過程を精査し、関係性の生成（Generate relationship）、関係性の評価（Evaluate the relationship）、関係性の修正（Modify the relationship）の三つのサイクルが成立していることを見出した。さらに、これらの各段階において見られる教師の教授行動の要素として以下に示すような内容を指摘した。

Gの段階：子どもが自然事象から情報を抽出するための視点を与えることを教授の主眼とする。ここでは、子どもなりに予想や仮説を設定し、データを比較したり、関連付けたりすることによって自然事象に潜む法則性や規則性を読み解くための方法を学習させる。

Eの段階：データの解釈を具体的に進め、他

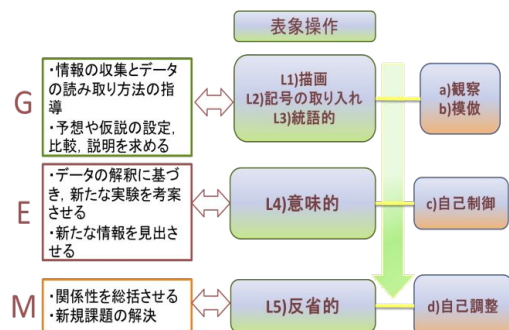


図4 協同的なモデル構築を促進させる教授の視点

者のデータや考えとの比較から、新たな実験の必要性などを判断させる。

Mの段階：新規課題の解決を通じたデータの分析・解釈を通じて、子どもなりに考えを総括させる。

本研究では、以上の教授的な視点を踏まえ、さらに和田他（2012）が指摘する科学概念構築に関わる表象の操作レベルと自己調整のレベルの関連モデルとを融合させ、図4に示す「協同的なモデル構築を通じた自律的な思考・表現を促進させる教授方略の視点」を模式化した。本モデルを踏まえ、高等学校化学（単元：酸と塩基の反応）において実践による検証を行った。

授業では、まず酸の濃度の違いが金属との反応性に及ぼす影響について説明モデルの構築を行った。ここでは、指示薬の変色、pHメーターによる測定データなどに基づき、質的、量的な両アプローチからのモデル構築およびその評価を協同的に行った。その上で、新規課題として、同濃度に調整した酸の種類の違い（塩酸と酢酸）が金属との反応性に及ぼす影響について考察させた。ここでは、それまでに構築した説明モデルを適用させながら、協同的にモデルの改変作業が行われた。これによって、電離度概念に接続可能な科学的なモデルの構築を具体化させた。これらの結果から、本モデルにおける教授方略が有効に機能することが明らかとなった（和田他，2014）。

（4）ICT 機器（電子黒板とタブレット端末の連携機能）の利活用による協同的な思考・表現活動の活性化

本研究において、実践による検証の段階では、電子黒板とタブレット端末の連携機能の利活用による協同的な思考・表現活動を展開した。理科学習において、表象の形式は観察、実験を通じた事象把握（3D）を起点として、視覚的イメージなどの映像的表象（2D）、そして数式などの記号的表象（1D）へと到達する。この際、電子黒板とタブレット端末の連携機能の利活用による思考と表現の往復は、こうした具体から抽象への表象移行の円滑化に極めて効果的であることが明らかとなった。

具体的には、事象に対する子どもなりの解釈をタブレットに表現させ、それを電子黒板へと転送させる。電子黒板では、集約された様々な子どもモデルを整理し、教室全体で相対化を図る中で、モデルの矛盾点を明確化した上で、再度、タブレット上でモデルの修正を要請する。これを繰り返す中で、映像的モデルや記号的モデル、あるいはそれらの複合的モデルを構築することによって、概念の精緻化と体制化を進めることが可能となる。ICT 機器は、複数の様々な形式の表象を扱うことが可能であり、協同的なモデル構築を進める上において、有効な機能を秘めていることが明らかとなった。この点は、今後の実践

上の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

和田一郎・森本信也, 理科授業における社会的相互作用がメタ認知の機能に及ぼす影響についての事例的研究, 理科教育学研究(日本理科教育学会), 査読有り, 2014, 55/1, 95-108

和田一郎・森本信也, 理科における自己調整学習を促進する教授方略についての事例研究, 日本教科教育学会誌(日本教科教育学会), 査読有り, 2014, 37/ 2, 15-27

和田一郎・宮村連理・澤田大明・森本信也, 理科学習におけるメタ視覚化の概念とその社会的相互作用を通じた変容過程の分析 中学校理科「物質の成り立ち」の単元を事例として, 理科教育学研究(日本理科教育学会), 査読有り, 2015, 56/1, 75-92

和田一郎・長沼武志・森本信也, 子どもの理科学習における表象移行を促進する教授方略に関する事例的研究, 理科教育学研究(日本理科教育学会), 査読有り, 2015, 56/2, 235-247

〔学会発表〕(計35件)

和田一郎・長沼武志・渡辺理文・森本信也, 電子黒板を利用した科学的な思考・表現活動を促進する理科授業の開発, 日本教授学習心理学会第9回年会(九州大学) 2013/06

和田一郎・長沼武志・渡辺理文・森本信也, 理科授業において思考と表現を深化させる指導と評価に関する研究(9) - 電子黒板とタブレット端末との連携機能を活用した理科授業デザイン -, 日本理科教育学会第63回全国大会(北海道大学) 2013/08

和田一郎・長沼武志・森本信也, 理科授業における思考・表現の促進に対するICT活用の視点 - 電子黒板とタブレット端末の連携機能の活用 -, 日本教科教育学会第39回全国大会(岡山大学) 2013/11

和田一郎・長沼武志・森本信也, 表象機能の観点から捉える理科授業におけるICT活用の視点, 日本理科教育学会関東支部大会(筑波大学) 2013/11

和田一郎・宮村連理・森本信也, 理科における自律的な思考・表現の成立過程に関する研究(2) 協同学習とメタ認知の関連, 日本理科教育学会第64回全国大会(愛媛大学) 2014/08

鈴木速斗・和田一郎・宮村連理・森本信也, 科学的な思考・表現の育成に関する研究 - 物理的領域における教授方略構想の視点 -, 日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学) 2015/08

上羽貴之・和田一郎・田中明夫・森本信也, 科学的な思考・表現の育成に関する研究 - 科学的な推論の成立過程と表象の関連 -, 日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学) 2015/08

高橋祥乃・和田一郎・宮村連理・森本信也, 科学的な思考・表現の育成に関する研究 - 協働学習を通じたメタ認知の促進 -, 日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学) 2015/08

一ノ瀬友輝・和田一郎・平瀬健太郎・森本信也, 科学的な思考・表現の育成に関する研究 - 高等学校化学無機物質分野におけるモデリングを事例として -, 日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学) 2015/08

本間峻太・和田一郎・鈴木一成・森本信也, 科学的な思考・表現の育成に関する研究 - 共同調整を通じた子どもの科学概念構築 -, 日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学) 2015/08

〔図書〕(計1件)

松森靖夫・森本信也・加藤圭司・和田一郎・渡辺理文他, 小学校教員志望学生のための理科教育入門書, 東洋館出版社, 2013, pp.17-25, 117-125

6. 研究組織

(1)研究代表者

和田一郎(WADA ICHIRO)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
研究者番号: 70584217

(2)研究協力者

鈴木一成(SUZUKI ISSEI)

東京学芸大学附属竹早中学校・教諭

田中明夫(TANAKA AKIO)

横浜国立大学附属横浜中学校・教諭

長沼武志(NAGANUMA TAKESHI)

神奈川県三浦市立剣崎小学校・教諭

平瀬健太郎(HIRASE KENTARO)

神奈川県立菅高等学校・教諭

宮村連理(MIYAMURA RENRI)

東京都三鷹市立第二中学校・教諭