

# 相互教授が小学生の電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス

高垣 マユミ\* 田原 裕登志\*\*

本研究では、相互教授による概念変容を促す教授方略を開発し、小学4年生理科の電流概念の授業を用いて、その教授効果を実証的に検討した。授業の議論過程でいかなる概念変容が生じ、その背後にいかなる要因が深く関与しているのかを、発話事例のカテゴリー分析と解釈的分析の2つの観点から分析した結果、以下のことが明らかになった。1) 議論過程の導入期では、「予想と理論化」の教授方略により、課題の状況や自己・他者の理解状態を分析する、という思考活動がもたらされる。2) 展開期では、「発見の要約」の教授方略により、他者と自己の考え方の差異が明確化され、認知的葛藤が生成される。3) 終末期では、「証拠と予想・理論の調整」の教授方略により、統合的な思考が創造され、認知的葛藤が解消されることで概念変容が促される。また、相互教授の議論の過程で大きな認知的葛藤が生じ、議論が行き詰った場合には、「理論」と「証拠」を整合的に結びつける思考のガイダンスを取り入れる教授方略が概念変容を促進させることが示唆された。

キーワード：相互教授、概念変容、教授方略、議論過程、電流概念

## 問題と目的

「小学校新学習指導要領」小学4年生B(3)の電気単元における電気の取り扱いについては、「乾電池や光電池に豆電球やモーターなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつようとする」と記述されている。小学4年生の児童にとって、目に見えない「電気の働きについての考えをもつ」という思考活動を理科授業で追求していくことが、重要な課題となっていることが分かる。しかしながら、電気現象の特徴は、花や虫といった生物、あるいは金属や食塩といった物質とは異なり、その実体が五感を通して直接に認識できないことがある。そのため、子どもたちが考える電気現象には、scientific model(科学モデル)とは異なる attenuation model(減衰モデル)や clashing model(衝突モデル)等が存在することが示されている(Shipstone, 1985) (FIGURE 1)。さらに、理科の学習で電気回路の実験・観察を行ってもなお、これらのモデルを強固に保持する場合が多いことが問題とされている(永井・川北, 1999; 脇元, 1992)。従って、子どもたちの考える電気現象を科学的なものに変容するための教授的働きかけを解明することは、学校教育において意義が大きいと考えられる。本研究は、以上の現状を考慮し、小学校4年生の「電流」の概念の単元において、

「相互教授」という指導枠組みを用い、子どもたちの電流の概念を科学的な概念へと変容させる教授的働きかけを検討するものである。

本研究で採用する相互教授(Reciprocal Teaching (RT))とは、「足場づくりされた教授(Scaffolded Instruction; Wood, Bruner, & Ross, 1976)」とも呼ばれる。生徒と教師が共通の課題を成し遂げていく中で、学習方略の洗練に対して責任を共有しながらオングーライニングに関わっていく、対話による教授法である。

RTでは、説明文の読解において、テキストの内容を理解させるために、熟達者が取るような読解方略の組み合わせ(要約・質問・明確化・予測)に沿って対話が進められる。RTの指導枠組みは、本来は個人の内的な読解処理を個人間の相互作用という形で外化した上で、少人数のグループで役割分担を担う成員同士にやりとりを行わせる。RTを実施した結果、読解成績の向上とその持続的な効果は、広範な年齢層の子どもたち(小学1年生~中学1年生)、あるいは学力不振児や学習能力に障害のある子どもたちに対しても、広く適用することが示されている(Palincsar & Brown, 1984; Palincsar, 1986; Palincsar, Brown, & Campione, 1993)。

RTによる高い教授効果は注目に値するものである。そこで、本研究では、Palincsar & Brown (1984) 他が示した「RTの指導枠組み」すなわち、①本来は個人内(=intramental)で行われる処理を個人間(=intermental)の役割として外化し、②指導者から適宜援助やフィードバックを受けながら個人間でやりとりを行う、を使

\* 鎌倉女子大学 〒247-8512 鎌倉市大船6-1-3  
takagaki@kamakura-u.ac.jp

\*\* 鎌倉女子大学初等部

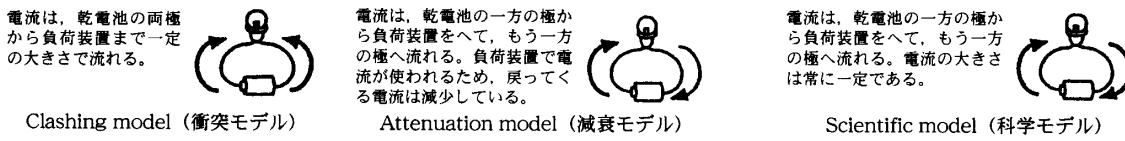


FIGURE 1 単純電気回路に適用する電流モデル (Shipstone, 1985)

用する。ただし、用いる「教授方略」、「参加者の構造」及び「教授方略の効果の検討」が、Palincsar & Brown (1984) 他とは、以下の点において異なる。

### 教授方略

第1に、説明文の読み解きとは異なり、科学領域においては、観察・実験によって正解が自明になるという特徴がある。従って、観察・実験を行う際、どのような結果が予想されるのかを探究的に思考することや、現実の現象やデータと既存の理論が整合的に結びつけられることが重要になる。Herrenkohl & Guerra (1998), Herrenkohl, Palincsar, DeWater, & Kawasaki (1999)は、こうした点を考慮し、Palincsar & Brown (1984) 他の示した RT の指導枠組みを、「科学的概念の獲得」に適用可能なものにするために、RT の中で用いる教授方略の改良を行っている。その際、科学的な説明を協同構築していくための文化的道具として、科学者が研究を進めていく過程で採るような教授方略「予想と理論化、発見の要約、証拠と予想・理論の調整」を設定し、小学4年生の「ものの釣り合い」の理科授業を10時間にわたり実践している。生徒達はこの教授方略を用いることで、自分自身、及び他者や課題に対して対話的に向き合い、科学的概念を獲得していくプロセスにおいて、理解状態をモニタリングしたり、証拠(データ)と理論を調整したりする議論を、通常の授業よりもはるかに多く行った。その結果、ものの釣り合いに関する科学的概念の獲得が促進され、科学的推論に基づく説明をも可能にしたという結果が得られている。さらに、この教授方略の使用は、半年後の授業においても継続されることが確認された。科学的概念の獲得においてこのように持続的な効果が得られたという点で、示唆に富む教授方略であると思われる。そこで本研究では、小学校4年生理科「電流」の概念の授業に、当該教授方略を用いることにした。

第2に、これまで行われてきた RT の研究は、科学的概念を獲得させるに留まっている。しかし実際に、教育現場の理科授業で求められているのは、「日常生活では親しみのない現象や、五感では捉えられない現象を思考する」という、より抽象的・論理的な学習課題に焦点を当てて、学習者の固執する概念を、科学的な

概念へと変容させるための具体的提言を示すことである。例えば、今日の小学校理科「電流」の学習課題の理解状態を考慮すれば、RT を用いて、子どもたちの固執する電流概念を科学的な概念へと変容させる教授方略を検討することは、教育実践を支援する上で大きな価値を持つと思われる。

そこで本研究では、Herrenkohl & Guerra (1998) 他の開発した「科学的概念の獲得」に有効な RT の教授方略に、新たに、概念変容を促す教授方略を関連づけることを試みる。科学的概念変容の教授方略に関しては、高垣の一連の論文 (2001, 2004) の中で、「概念変容モデル (Hashweh, 1986, 1988)」を基本的枠組みに据え、学習者の認知的葛藤に働きかける教授方略を経験することで、学習者固有の概念が科学的概念への変容を生じ得る可能性が示されている。しかし、高垣 (2001, 2004) では、教授者が提示した教材を各個人に内的に処理させる、という教授活動を行うものであった。本研究では、高垣 (2001, 2004) で用いた概念変容の教授方略を、Herrenkohl & Guerra (1998) 他の開発した「科学的概念の獲得」の RT の教授方略と関連づけ、少人数のグループで科学的推論に基づく説明を協同構築していく中で、個人内で生じている概念変容のプロセスを個人間のやりとりによって外化することで、概念変容を促すことを目指す。このような観点から教授方略の開発を検討していくことは、従来の RT の研究に新たな道を切り開くものと期待できる。

### 参加者の構造

Palincsar & Brown (1984) 他の示した RT の指導枠組みは、個人の内的な処理をいかにして役割として切り分けるかという点において、改善の余地がある。すなわち、個人が課題に直接働きかける「対象レベルの処理」と、その活動をモニター及びコントロールする「メタレベルの処理」の両者が混在してしまっている(清河・犬塚, 2003)。従って、本研究では、前者の処理を担う「リーダー役」、「レポーター役」、「記録役」と、後者の処理を担う「聞き役」、「評価役」という参加者の役割設定を行うことにした。

### 教授方略の効果の検討

これまで行われてきた RT の研究では、高い教授効

果は示されているものの、RTで用いたどの教授方略にはいかなる効果があるのか、あるいは効果がないのか、といったことは十分に検討されていない。これらを明らかにするためには、RTに基づく議論のプロセスの詳細な分析が必要であると考える。すなわち、議論の展開過程に伴って発話や相互交渉がどのように変容していくのかを詳細に分析し、効果が見られた場合には、どの過程でどの教授方略の何が利いているのか、また効果が見られなかった場合には、どこに問題があるのかを解明しなければならない。そこで、本研究では、議論展開のプロセスを3位相(導入期、展開期、終末期；丸野・加藤, 1996)から捉える。各位相で議論される発話や相互交渉の内容を詳細に分析することで、RTを用いた議論において、どの教授方略を用いたとき、概念変化が生じる(あるいは生じない)のか、変化が生じた場合には、背後にどのような要因が深く関係しているのかを明らかにする。

以上の議論を踏まえ、本研究の目的は、小学校4年生の「電流」の概念を課題として取り上げ、高垣(2001, 2004)の知見を導入して新たに概念変容を促す教授方略を開発し、RTの教授方略と関連づけ、その教授効果を検討することである。さらに、考案した授業の議論展開のプロセスを、3位相(導入期、展開期、終末期)から捉えて考えたときに、各位相でどのような概念変化が生じているのか、変化が生じた背後にどのような要因が深く関係しているのかを明らかにすることである。

## 方 法

### 1. 対象

神奈川県内の小学校児童4年生の1学級(30名)を対象に、6月中旬から7月上旬の4週間、延べ10時間で行われた理科単元「電池のはたらき」の授業。

### 2. 教授方略 (RTの教授方略+概念変容の教授方略)

#### (1) 相互教授 (RT) の教授方略

小グループの議論の場において、科学的な説明を協同構築していくための文化的道具として示された、以下の3つの教授方略(Herrenkohl & Guerra, 1998; Herrenkohl et al., 1999)に沿って、議論を進める。

①予想と理論化：ここでいう理論とは、真実を意味するのではなく、あくまで実験者が観察した現象を根本的に説明するものとして有用であると判断されたものを示す(Smith, Snir, & Grosslight, 1992)。理論を構築するためには、まず予想を立てることから始め、次に実験・観察の経験と、そのデータに基づく科学的な議論を繰り返すことが必要である。②発見の要約：同一の

現象に対するメンバー間の発見が明らかにされる。メンバー相互の発見の観点や主張の矛盾点を論破し合い、自分よりもっともらしい考えが存在することを見出す中で、自分の考えの限界に気づく。③証拠と予想・理論の調整：新しい理論は、現存のデータ及び新しいデータのフィードバックから生成される。証拠と理論を調整するためには、結果の集積を描画化、図式化して再検討すると効果的である。

具体的には、児童は班ごとに配布された「話し合いカード」に書かれている以下の①～③の教示に基づきながら、討論を進めた。①課題に対して、各自が予想したことを説明し合う。②実験・観察を通して、発見したことをまとめる。③明らかにされた結果を、「もっとも分かりやすく説明する考え方」を話し合う。教示の内容は、1hの導入時に、授業者(理科専科の教師)が説明し、児童からの質問に答えた。所要時間は約20分であった。

#### (2) 概念変容の教授方略

Hashweh(1986)の「概念変容モデル(「既存の概念」と「科学的概念」の両者の間に生起する2種類の認知的葛藤が解消することで概念が変容する)」の教授方略を、小学生の電気概念の教授学習場面の指導に適用できるように考慮した(FIGURE 2)。

a. conflict(1)の解消：「既存の概念」では説明不可能な具体的な事象を解釈するための枠組みとして「科学的概念(電流と電圧の臨界属性)」を提示する。b. conflict(2)の解消：「既存の概念」に比べて「科学的概念」は、さまざまな現象を統一的に説明し得ることを証拠づける：①電流は電池の+極から発生しモーターを通して-極にもどってくるが、回路中消費されない。②電池は時間の経過に伴い消費される。③①、②の現象を統一的に説明する証拠：電圧は、電流を動かすという仕事をする。電池は、電圧を発生させるエネルギー源であるため、時間の経過に伴いエネルギーが消費される。なお、目に見えない電流と電圧の振る舞いと2つの概念の関係性を、リアリティをもって具象化し明示的に示す道具立てとして、教師によって、3D CGによる「電池モデル」が提示された(FIGURE 3)。

#### 3. 参加者の構造

Herrenkohl & Guerra(1998), Herrenkohl et al. (1999)が示した、「重要かつ決定的な認識上の役割が付与された小グループにおける参加者の構造」を参考にした。グループの各メンバーが、以下の①～④の全ての役割を経験できるように、役割を固定せず毎時間ローテーションを繰り返した。⑤評価役については、

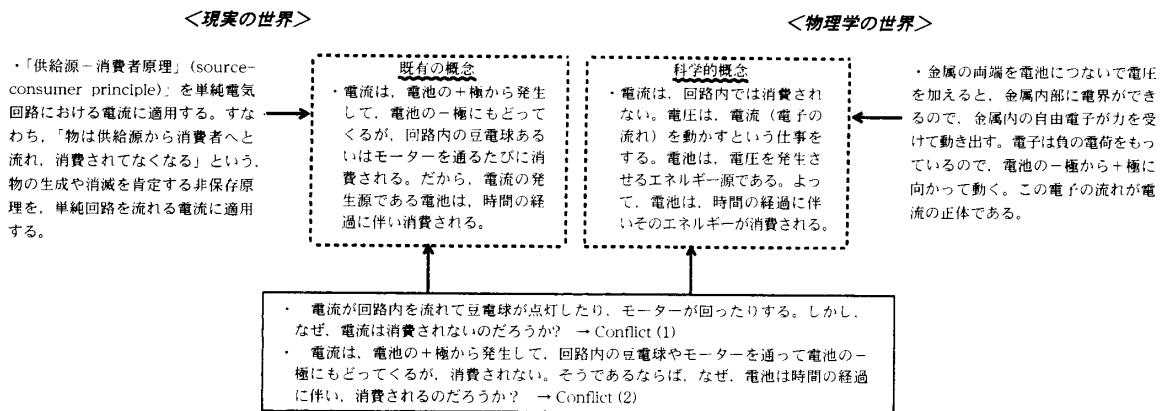
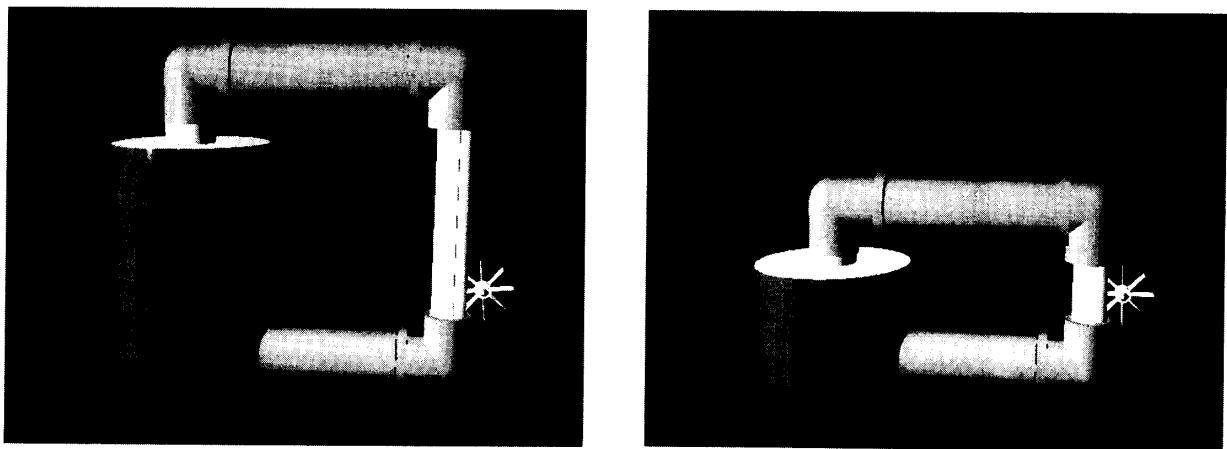


FIGURE 2 電流の概念を変容させる教授方略



注)「電池モデル」では、「パイプを流れる水流(単位時間、単位面積あたりに通過する水の量)」=「電流」、「水位(水が流れ落ちるときの高さ)」=「電位」、「電池での水上昇・モーターでの落下」=「電位差」が、それぞれ対応づけられる。

FIGURE 3 概念変容教授に提示した教材

全8グループに1名ずつ(TT加配教員1名、訓練を受けた大学生7名)を配置した。①リーダー役:教師役を任せられ、質問を生成したり、3つの教授方略を用いて対話をリードする責任を持つ。②聞き役:リーダー役の貢献をチェックする。③レポーター役:グループの活動を要約し、クラス全体に報告する。④記録役:レポーター役が報告する情報を適切にまとめる。⑤評価役:グループのメンバーが議論に行き詰ったときに、使用すべき有効な方略を示したり、やりとりの良い点や改善すべき点に対して即時にフィードバックを与える。

#### 4. 手続き

授業は、導入期(1~3h)、展開期(4~6h)、終末期(7~10h)、フォローアップ期(5週間後:以下これを5wと表記する)の4つのセッションから構成される(TABLE 1)。授業は理科専科の教師が行い、各授業の実施時間は45分であった。事前テスト(授業前)・事後テスト(4h・7h)

は同一の内容で行われ、描画法(永井・川北(1999)の作成したモデル図を参考にし、乾電池とモーターが描かれている図に、電気現象を予想して記述する形式)が用いられた。フォローアップ期は、授業(1~10h)の転移を測る問題(単純電気回路における電流と電圧の関係に基づきながら、直列電気回路と並列電気回路における電流と電圧の関係を、モデル図によって説明する)を実施した。なお、授業内容については、1グループに1台のビデオカメラ、デジタルボイスレコーダーを設置し、映像・音声・文字記録の採取を行った。また、グループで考案する電流モデルを作成する道具として、各グループに1台のPCを設置した。

#### 結果と考察

##### 1. 電流・電圧の科学概念の獲得

授業前、4h、7hで実施された「単純電気回路に流れ るものの振る舞い」に対する描画と記述内容を分析し、

TABLE 1 「電流の働き」における指導の概要 (全10h)

授業過程	使用する教授方略	子どもが単純電気回路に適用する電気モデル	学習内容 (概要)
導入期 (1h~3h)	【RTの教授方略】 <話し合い> ①予想と理想化 ②発見の要約 ③証拠と予想・理論の調整 <参加者の構造> ①リーダー役 ②聞き役 ③レポーター役 ④記録役	衝突モデル	乾電池1個にモーターをつないだ回路を作る。回路を閉じるとモーターが回転することから、回路内に流れているものの振る舞いを予想する。 乾電池の向きを変えると、モーターが反対向きに回る現象を観察する。観察結果から、回路内を流れる電流の向きは一方向であることに気づく。
展開期 (4h~6h)		減衰モデル	乾電池1個にモーターをつないだ回路内を流れる電流の向きと大きさを予想する。 簡易検流計を適切に操作し、乾電池1個にモーターをつないだ回路内を流れる電流の向きと大きさを計る。測定結果から、回路内を流れる電流の向きは一方向であり、かつ大きさは一定であることに気づく。
終末期 (7h~10h)	【概念変容の教授方略】 目に見えない概念間(電気、電圧、電池)の関係性を具象化し、現実の世界における「既存の概念」と物理学の世界における「科学的概念」を整合的に結びつける。	科学モデル	教師の提示した模型による「ポンプモデル」、及び3D CGによる「電池モデル」を見て、単純電気回路における電流と電圧の関係を理解する。 乾電池2個とモーターをつないで、直列電気回路と並列電気回路を作ることができる。 直列電気回路と並列電気回路は、各々乾電池1個のときと比べて、モーターの回転数が変化したり、変化しなかったりすることに気づく。
フォローアップ期 (5週間後)			直列電気回路と並列電気回路は、各々乾電池1個のときと比べて、モーターの回転数が変化したり、変化しなかったりする理由を、単純電気回路における電流と電圧の関係に基づきながら、説明することができる。

注) 導入期、展開期、終末期は一つの議論セッションで見られる位相を分類したものであるが、本研究が対象とする10時間にわたる議論は、同じテーマについてのものであるため、一続きの議論としてみなした。

個人内にどのような変化が生じたのかを TABLE 2 に示した。第1に、授業前においては、「衝突モデル」が19名 (63.4%)、「減衰モデル」が7名 (23.3%)、「科学的モデル」が4名 (13.3%) であった。第2に、どのような電流概念の移行を示したかによってタイプ別分類を行ったところ、4hにおいては、「衝突→衝突」が2名 (6.7%)、「減衰→減衰」が7名 (23.3%)、「科学→科学」が4名 (13.3%)、「衝突→減衰」が17名 (56.7%) であった。7hにおいては、「衝突→衝突」が1名 (3.3%)、「減衰→減衰」が3名 (10%)、「科学→科学」が4名 (13.3%)、「減衰→科学」が22名 (73.4%) であった。5wにおいては、「衝突→衝突」が1名 (3.3%)、「減衰→減衰」が3名 (10%)、「科学→科学」が23名 (76.7%)、「減衰→科学」が3名 (10%) であった。電流概念の移行過程のタイプの出現度数が、授業過程によって異なるのかどうかを検討するために、授業過程ごとに  $\chi^2$  検定を行った結果、電流概念の移行過程のタイプの出現度数の偏りは有意であった (4h:  $\chi^2(3)=59.18, p<.01$ ; 7h:  $\chi^2(3)=127.01, p<.01$ ; 5w:  $\chi^2(3)=143.75, p<.01$ )。4h では「衝突→減衰」、7h では「減衰→科学」、5w では「科学→科

TABLE 2 電流概念の移行過程のタイプにおける人数の分布

移行過程のタイプ			
4 h	衝突	→	衝突
	減衰	→	減衰
	科学	→	科学
	衝突	→	減衰
	合 計		30 ( 100)
7 h	衝突	→	衝突
	減衰	→	減衰
	科学	→	科学
	減衰	→	科学
	合 計		30 ( 100)
5 w	衝突	→	衝突
	減衰	→	減衰
	科学	→	科学
	科学	→	減衰
	合 計		30 ( 100)

注) 数値は頻度、( )内は合計頻度に対する割合を示す。

学」の移行過程のタイプが多いと言える。

以上の結果より、授業前に「衝突モデル」と考えていました多くの学習者は、「科学的モデル」に向かって直線的に進むのではなく、概念変容の過程は、“Misconception error (衝突モデル)”→“Over-generalization error (減衰モデル)”→“Correct conception (科学的モデル)”と螺旋的に進むことが明らかにされた(FIGURE 4)。さらに、5週間後に実施された授業の転移を測る問題では、23名(76.7%)が、単純電気回路における2つの概念(電流と電圧)の臨界属性及び概念間の関係を正しく認識しており、それらを直列及び並列回路に適用していた(FIGURE 4)。授業の教授効果は5週間後も持続することが明らかにされた。これより、本研究で考案した教授方略は、小学生の固執する電流概念を科学的概念へ変容させる上で有効であることが示されたと言える。

## 2. 議論過程の分析

上述したように、教授方略の効果が確かめられたが、その背後にはどのような議論があったのだろうか。議論過程の分析に関して、まず、「カテゴリ分析」を行い、議論展開の全体的な特徴を読み解く視点を探り出す。その結果を踏まえ、議論展開の時系列に沿いながら、個々の場面において①議論のどの過程でどのよう

な概念変容が生じているか、②概念変容が生じた場合には、背後にどのような要因が深く関係しているのか、を微視発生的に解釈する。なお、事例の選択にあたり、小学校4年生の「電流概念の変容プロセス」の典型を示しうることを考慮して、モデルに描き込まれた図及び記述内容を分析し、メンバー全て(4名:T, M, Y, H)が、衝突モデル(事前テスト)→減衰モデル(4h)→科学的モデル(7h)→科学的モデル(5w)を記述していたAグループを分析対象とした(FIGURE 4)。

### (1) 発話のカテゴリ分析

授業過程のビデオ記録と、授業観察時の記録から、グループ員と教師の全ての発話、そのときの行動について書き起こした。相互作用の中で何が原因となって学習者の認知や概念に変化が生じるのか、その手がかりとして利用されるのがTD(Transactive Discussion)の分析である。Berkowitz & Gibbs(1983)によれば、TDとは、「自分自身の考えをより明確にしたり、相手の考え方や推論の仕方に働きかけ、相手の思考を深めるような相互作用のある対話」と定義される。さらに、TDは「表象的トランザクション：他者の考えを引き出したり、単に表象したりする対話」と、「操作的トランザクション：論述に搖さぶりをかけて、他者あるいは

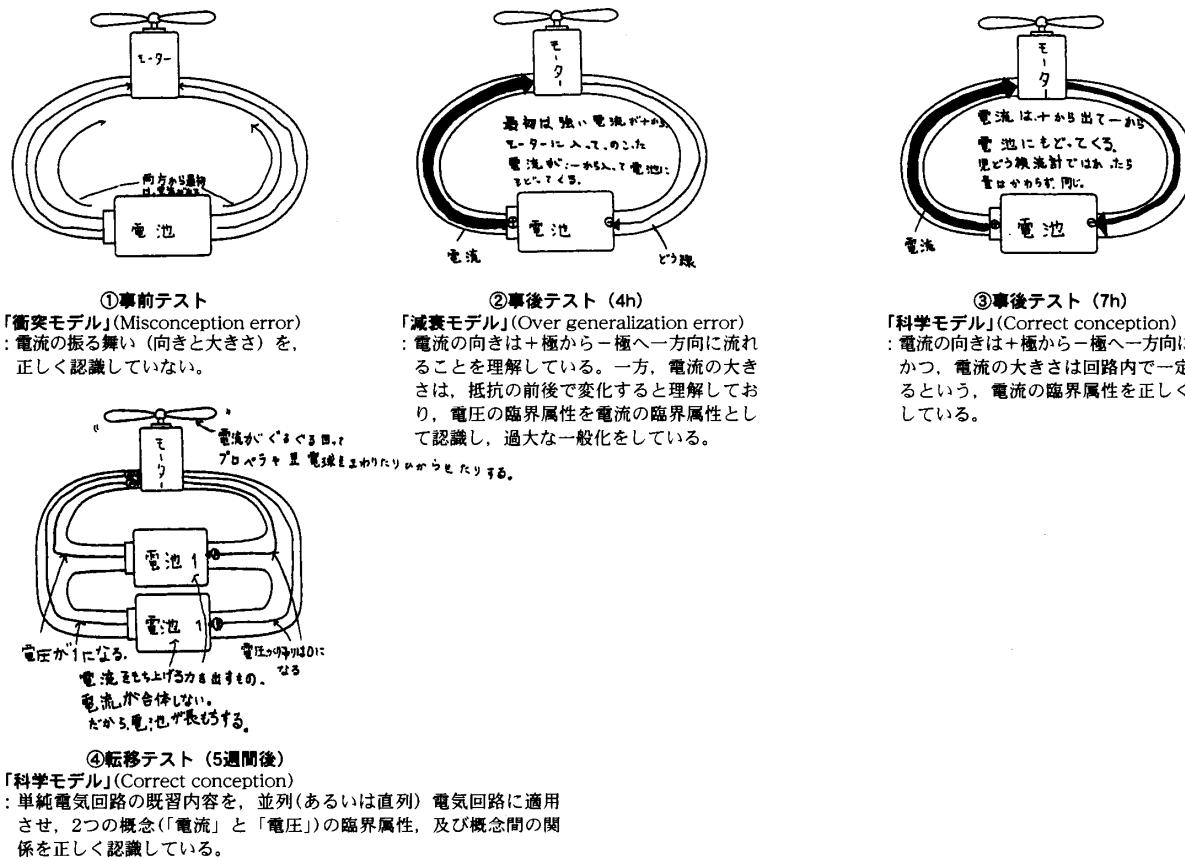


FIGURE 4 Y児の記述した電流のモデル図の変容過程

は自己の考えを認知的に操作したり、変換させたりする対話」の2つに分類される。本研究では、Berkowitz & Gibbs (1983) のTDのカテゴリー項目を参考にしながら、授業の中で生成された発話内容を考慮して、TABLE 3に示すカテゴリー項目を設定した。評定者間の一致に関しては、1hの授業については2名で協議をしながら行い、2~10hは独立して評定を行った結果、平均一致率は81.3%であった。不一致の部分は文字化したデータと映像記録を照合しながら協議して評定した。

TABLE 4に示すTDの各カテゴリー（「表象的トランザクション（課題の提示、フィードバックの要請、正当化の要請、主張、言い換え）」、「操作的トランザクション（拡張、矛盾、比較的批判、精緻化、統合）」）の出現度数が、議論過程によって異なるのかどうかを検討するために、議論展開の3位相ごとに $\chi^2$ 検定を行った結果、TDの各カテゴリーの出現

頻度の偏りは有意であった（表象的トランザクション導入期： $\chi^2(4)=49.07, p<.01$ ；展開期： $\chi^2(4)=23.38, p<.01$ ；終末期： $\chi^2(4)=25.45, p<.01$ ；操作的トランザクション導入期： $\chi^2(4)=26.92, p<.01$ ；展開期： $\chi^2(4)=17.88, p<.05$ ）。導入期では、表象的トランザクションの「フィードバックの要請」・「正当化の要請」・「主張」が、展開期では、表象的トランザクションの「主張」、操作的トランザクションの「矛盾」・「比較的批判」が、終末期では、表象的トランザクションの「主張」、操作的トランザクションの「統合」が、多く生成されている。

また、TABLE 5に示す教授方略（予想と理論化、発見の要約、証拠と予想・理論の調整）の使用頻度が、議論過程によって異なるのかどうかを検討するために、議論展開の3位相ごとに $\chi^2$ 検定を行った結果、教授方略の使用頻度の偏りは有意であった（導入期： $\chi^2(2)=10.33, p<.01$ ；展開期： $\chi^2(2)=9.70, p<.01$ ；終末期： $\chi^2(2)=9.48, p<.01$ ）。

TABLE 3 カテゴリの分類基準

カテゴリ		分類基準
表象的トランザクション	1-(a)課題の提示	話し合いのテーマや論点を提示する。
	1-(b)フィードバックの要請	提示された課題や発話内容に対して、コメントを求める。
	1-(c)正当化の要請	主張内容に対して、正当化する理由を求める。
	1-(d)主張	自分の意見や解釈を提示する。
	1-(e)言い換え	自己の主張や他者の主張と、同じ内容を繰り返して述べる。
操作的トランザクション	2-(a)拡張	自己の主張や他者の主張に、別の内容をつけ加えて述べる。
	2-(b)矛盾	他者の主張の矛盾点を、根拠を明らかにしながら指摘する。
	2-(c)比較的批判	自己の主張が他者の示した主張と相容れない理由を述べながら、反論する。
	2-(d)精緻化	自己の主張や他者の主張に、新たな根拠をつけ加えて説明し直す。
	2-(e)統合	自己の主張や他者の主張を理解し、共通基盤の観点から説明し直す。

TABLE 4 TDの出現度数

	表象的トランザクション					操作的トランザクション							
	1-(a)	1-(b)	1-(c)	1-(d)	1-(e)	(総度数)	2-(a)	2-(b)	2-(c)	2-(d)	2-(e)	(総度数)	
導入期	7(5.2)	33(24.3)	28(20.5)	54(39.7)	14(10.3)	136(100)	導入期	4(40.0)	2(20.0)	1(10.0)	2(20.0)	1(10.0)	10(100)
展開期	12(14.8)	13(16.0)	15(18.5)	33(40.8)	8(9.9)	81(100)	展開期	7(10.8)	26(40.0)	19(29.2)	10(15.4)	3(4.6)	65(100)
終末期	15(19.7)	12(15.8)	14(18.4)	31(40.8)	4(5.3)	76(100)	終末期	9(11.0)	12(14.6)	14(17.1)	16(19.5)	31(37.8)	82(100)

注) 数値は頻度を示す。( )内は合計頻度に対する割合を示す。

TABLE 5 教授方略の使用頻度

	教授方略			
	予想と理論化	発見の要約	証拠と理論の調整	(総度数)
導入期	12(66.6)	5(27.8)	1(5.6)	18(100)
展開期	2(10.0)	13(65.0)	5(25.0)	20(100)
終末期	2(8.7)	7(30.4)	14(60.9)	23(100)

注) 数値は頻度を示す。( )内は合計頻度に対する割合を示す。

TABLE 6 導入期 (2h) における発話事例 (使用した教授方略「予想の理論化」)

時間	発話者(役割)	発話事例	TDの分類
12'13	T1(リーダー役)	電流の向き、予想して、図に書こう。	〈課題の提示〉
12'18	M1(聞き役)	うん。	
12'22	M2	(ペントアレットを握る) モーターの中で、こっち[+極]の電流とこっち[-極]の電流がぶつかる。それで、その力でプロペラが回るんじゃない?	〈主張〉
12'48	Y1(記録役)	モーターの中で、[電流が]かみなりみたいにビビッとぶつかって、プロペラが回る。	〈言い換え〉
13'01	H1(レポーター役)	電池ひっくり返したら、プロペラの回転が変わったよね。[この現象をどう予想するか?]	〈課題の提示〉
13'08	T2	〔(ん?)〕	
	M3	〔今のもう一回言って?〕	
13'15	T3	えっと、電池ひっくり返したら、プロペラの回転は、どうなったっけ?	〈フィードバックの要請〉
13'28	Y2	(ノートを見ながら) 電池の+を、-にひっくり返すと、左右[の回転]が変わった…。	〈フィードバックの要請〉
13'42	H2	ってことは、(画面のモデル図を指す)、プロペラの回転は変わらないんじゃないかなあ…。	〈主張〉
13'53	T4	え。なんて、そう予想するわけ?	〈正当化の要請〉
14'00	H3	こっち(モデル図の+極を指す)とこっち(モデル図の-極を指す)からぶつかって回るんなら、電池ひっくり返したってプロペラの回転は変わらないじゃん。	〈矛盾〉
14'21	M4	そっか…。(でも…。) わけわからなくなってきた。	〈主張〉
14'28	T5	Yの予想は、どう?	〈フィードバックの要請〉
14'38	Y3	Hの言っていることも(何となく)わかる気がするけど…。	〈主張〉
		〔中略〕	
16'28	H4	そうだ、分かった! (モデル図を指しながら) たぶん、+がこっち[左]のとき電流は右回り[にプロペラを回す]なんだよ…。だから、[電池を反対にすると]プロペラの回転が反対になるんだよ。	〈主張〉
16'42	M5	〔なんで?〕	〈正当化の要請〉
	Y4	〔なんで、そう予想するのか教えて。〕	〈正当化の要請〉
16'57	H5	(モデル図を指しながら) だから、+がこっち[左]のとき電流は右回り[にプロペラを回す]。で、こっち[左]のとき電流は左回り[にプロペラを回す]。これが[プロペラの回転の方向]が変わる理由。	〈主張〉
17'12	T6	あ、そっかー! (Mの顔を見ながら) その考えだと、[モデル図と実験結果が]あってる。	〈主張〉

注) 数字は発話番号、( )内は発話者の行為、〔 〕内は分析者による補足、( ( ))内はよく聞き取れない発話、〔 〕は発話の重複、…は短い沈黙、?は上昇音調を示す。

$p < .01$ 。導入期では「予想と理論化」、展開期では「発見の要約」、終末期では「証拠と予想・理論の調整」が多く使用されている。

## (2) 発話事例の解釈的分析

解釈的分析に関しては、①導入期、②展開期、③終末期の3位相の中から、概念変化のプロセス(文脈、経緯等)をより的確かつ端的に捉えることができる発話の集積を抽出することを考慮した。

### ①導入期 (1~3h)

TABLE 6 (2 h の授業) では、「乾電池1個にモーターをつないだ回路内に流れるものの振る舞いについて考える」という課題が提示されている。一連の発話(M4, Y3)から、実験結果を観察した子どもたちは、既存の概念(衝突モデル(=Misconception error))では説明できない事態に陥り、「疑い(AでありAではないような状態); Berlyne, 1965)」が引き起こされていることが分かる。何らかの有効な手がかりを持ち得ない状況では、自らの既存知識に頼らざるを得ない。そのため、「衝突モデル」に固執するという特徴が見られ(H4, H5, T6)、結果として「衝突モデル」に対する対立意見は出なかった。

この位相では、「予想と理論化」の教授方略を多く用いながら、フィードバックの要請-主張-正当化の要請-主張、という表象的トランザクションが繰り返され、課題の状況や条件について探索する(H1, T3, H2)あるいは、自己や他者の理解状態を模索する(T4, T5,

M5, Y4)という、確認作業が行われている。

一方、リーダー役は、電流の臨界属性に関わる情報が出現したにもかかわらず(H3)、その重要性を認知せず、議論の俎上にのせなかった(T5)。同時に聞き役にも、リーダー役の不適切な議論の進行をチェックする動きが見られなかった。

### ②展開期 (4~6h)

TABLE 7 (4 h の授業) では、「簡易検流計を用い、乾電池1個にモーターをつないだ回路内に流れる電流の向きと大きさについて考える」という課題が提示されている。子どもたちは、「自分の理論」と「証拠(実験データ)」が噛み合わないため、何度も簡易検流計で測定する活動を繰り返している。

そこで評価役は、子どもたちの発話の言い換え、併置を通した成員以外の人物による再音声化(revoicing: O'Connor & Michaels, 1993)により、現状では得られたデータから何が分かっており(電流の向きは一方向であること)、何が不明確なのか(電流の大きさは負荷装置の前後で変化するのか否か)を明確化した。その結果、視点の変換が図られ、成員が問題解決の方向性を理解し始めると、実験の結果に基づき、「発見の要約」の教授方略を頻回に用いながら議論が進行し、表象的トランザクションが減少する一方、「矛盾(H3, H4, T4)」「比較的批判(H5, Y2, T5)」等の操作的トランザクションが急速に増えた。この文脈においては、データの根拠にこだわる発話

TABLE 7 展開期（4 h）における発話事例（使用した教授方略「発見の要約」）

時間	発話者（役割）	発話事例	TDの分類
11'11	H1(リーダー役)	電流の向き、実験して、発見したことを、まとめよう。	〈課題の提示〉
11'15	H2	電流の向きって、どうなる？	〈フィードバックの要請〉
11'21	Y1(聞き役)	(検流計をつなぎながら)赤を-につなぐと、左方向…。赤を+につなぐと、右方向…。で、電池反対にすると、反対に流れる。	〈主張〉
11'45	M1(記録役)	(検流計を手に取って)こっち[+極]から、こっち[-極]に針が傾いた。	〈主張〉
12'52	T1(レポーター役)	変だねえ…。もう一回、正確に測ってみようよ。 [中略]	〈課題の提示〉
15'19	評価役	何回測っても、電流は、+極から-極に流れるのはね。	〈言い換え〉
15'25	M2	うん。	
15'29	H3	さっきのTの発見[+と-の電流がモーターでぶつかる]だと、これ[検流計の針の傾きは]変じゃない？	〈矛盾〉
15'38	T2	(Tの顔を見る)え？なにが変？	〈正当化の理由〉
15'42	H4	Tの発見の通りだったら、(実験器具を指しながら)針がこっち[+極からモーターまで]は左で、こっち[-極からモーターまで]は右に傾くはずじゃん。	〈矛盾〉
15'52	T3	((そっか…。)) そういえば、合わないね (Hの顔を見て、首を傾げる)。	〈主張〉
16'09	H5	だから、Tの発見じゃなくって…。(実験器具を指しながら)針の傾きから見て、電流がこっち(+極を指す)から出て、こっち向き(-極を指す)にこうやってもどってくると思う。	〈比較的批判〉
16'22	H6	Yは[発見したこと何か]？	〈フィードバックの要請〉
16'31	Y2	うへん…。私も…、Tの発見じゃない方。電流が+極から出て、モーターを通して、一方通行で電池の-極にもどってくるって思うから(電気回路を+極からモーターを通り-極まで指でなぞる)。	〈比較的批判〉
16'51	Y3	リーダー役、大事なこと発見したね。	〈主張〉
19'06	M3	今のは発見、大事だと思うからまとめるね。	〈主張〉
19'22	評価役	電流の向きについて、実験から発見したこと、まとまったね。じゃあ、電流の行きと帰りの大きさで、発見したこととは？	〈課題の提示〉
19'43	H7	(画面をのぞき込む) [電流の]行きと帰りの大きさ、どうなる？	〈フィードバックの要請〉
19'48	M4	(検流計をつなぎながら)モーターに向かう電流の大きさは、0.8。モーターから、電池にもどってくる時の電流の大きさも、0.8。行きも、帰りも、だいたい同じ。	〈主張〉
20'05	T4	え、何で？おかしいよ。ちゃんと測ってないんじゃないの？	〈矛盾〉
20'31	T5	それ[モーターの前後で電流の大きさが変わらない]変だよ。[電流は]モーターで使われて減るはず。	〈比較的批判〉
	Y4	リーダー役、もう一回正確に測り直した方がいいんじゃない？	〈課題の提示〉

注) 数字は発話番号、( )内は発話者の行為、[ ]内は分析者による補足、(( ))内はよく聞き取れない発話、[ ]は発話の重複、…は短い沈黙、?は上昇音調を示す。

(H3, H4, T5) や、納得するまで他者の思考や自己の思考の吟味・見直しをする発話 (H5, Y2) が生成されている。課題に対する自己と他者の考え方のズレが顕在化したことから認知的葛藤が生起し、結果として「衝突モデル (=Misconception error)」が修正され、新規な「減衰モデル (=Over-generalization error)」が生成されたことが分かる。

一方、リーダー役は、対話の先導役として、「真正な質問(authentic question)：後続する議論の思考装置の役割を果たす (Nystrand, 1997)」を積極的に作り出していた。すなわち、生成される質問は、質問者自身も答えを分かっていないが、より適切な解答を見つけ出すために複数の視点から問題状況を吟味し合う議論に、メンバーを誘い込む役割を果たしていた(H2, H3, H7)。同時に、聞き役や成員にも、議論をモニターしていく動きが見出された (Y3, Y4, M3)。

### ③終末期 (7~10h)

TABLE 8 (7 h の授業) では、子どもたちの間に、「同じ量の電流がもどってくるのなら、なんで電池は減るの？ (H2)」という認知的葛藤が引き起こされている。問題解決の方向に向かった情報が提示されない状況で、議論は行き詰まり、表象的トランザクションが繰り返

されている (H1, T1, H2, H3, M2)。

そこで教師は、目に見えない電流と電圧の振る舞いと2つの概念の関係性を、具象化し明示的に示すために、3D CGによる「電池モデル」を提示した。このとき評価役は、提示された実験結果を「精緻化」したり(「電流」と「電圧」の振る舞いの因果関係を認識させる)、「統合」したり(「現実の世界」と「物理学の世界」を関連づけて理解を促す)等して、思考の流れのガイダンスを行った。その結果、4名のメンバーは、コンピュータを介して、3D CGによる「電池モデル」を成員間の思考の根拠(resource)としながら議論を展開し、「減衰モデル (=Over-generalization error)」を修正し、新規な「科学モデル (=Correct conception)」を生成した。2つのモデル間の変容過程において、以下に示す2つのタイプの「統合」が見出された。①成員間で共通理解した理論と新しいデータとの整合性を統合する (H4, T3)。②自己の理論(現実の世界)と示されたデータ(物理学の世界)を関連づけ、統合する (H5, M6)。

一方、終末期では議論スキルの向上が確認された。リーダー役は、議論のモニタリングを頻繁に行い、成員を「証拠と予想・理論の調整」の教授方略に方向づけながら、暫定的であっても結論(共通認識)に導くよ

TABLE 8 終末期 (7h) における発話事例 (使用した教授方略「証拠と予想、理論の調整」)

時間	発話者(役割)	発話事例	TDの分類
5'13	H1(記録役)	同じ量[の電流が]もどってくるのに、電池が減るんだ…。	〈主張〉
5'18	T1(聞き役)	えっ? 何それ。	〈正当化の要請〉
5'23	H2	電流の量は減らないのに、何で電池が減るんだろう?	〈主張〉
5'31	M1(リーダー役)	そっか…。時間がたつと電池が減るから、電流の量も減るはずだよね。	〈精緻化〉
5'38	H3	何でだと思う?	〈フィードバックの要請〉
5'40	M2	えっ? 分かんないよ。	〈主張〉
5'46	評価役	電流の量は、モーターの前も後も 0.8 で変わらないってことは確かだよね。じゃあ、この結果を、「もつとも分かりやすく説明する考え方」を考えてみよう。	〈課題の提示〉
5'58	Y1(レポーター役)	モーターに入る[電流の]太さと、モーターから出る[電流の]太さを同じに直せばいいんじゃない?	〈主張〉
6'09	M3	でもさ、それじゃあ、[電池が]なくならないはずじゃん。おかしいよ。	〈矛盾〉
		[中略]	
14'05	M4	教師の師範実験 「自家製ポンプ装置」及び「電池モデル 3D CG教材」の提示	〈課題の提示〉
14'12	Y2	今の実験の結果、わかりやすく説明しよう。	〈主張〉
14'16	M5	今の実験、浄水場で見たポンプにそっくり。	〈主張〉
14'21	Y3	((そう。)) 思い出した。	〈精緻化〉
14'35	H4	浄水場のポンプは、検査をして通り過ぎて、清掃されてまた流れる…。水がグルグル回ってる感じがよく分かった。	〈統合〉
14'46	評価役	水の流れが、電流の流れだよね。水はグルグル回り続けるから、電流の量は変わらないんだ。	〈精緻化〉
		それで、水の高さの差が、電圧ね。高い所から水が一気にジャーって落ちて、その勢いで、水車はくるくる回る…。分かった?	
14'58	Y4	これって、こないだ見た川みたい。	〈主張〉
15'04	T2	((そう。)) 滝の流れみたいに、上から一気に流れ落ちてるね。	〈拡張〉
15'10	H5	この水の高さが、電圧ってことだよね。	〈統合〉
15'18	評価役	それで、電池は、エネルギーのもと。電池ってさあ、みんなのおもちゃとかゲームとか、いろんなものを動かしてるとね。	〈統合〉
15'28	H6	でも、永遠に続くわけじゃないでしょ。	〈主張〉
	Y5	電池のエネルギー、なくなったら?	〈フィードバックの要請〉
15'38	M6	高いところからのほうが勢いがあるよね。ダムとか浄水場とか、社会で勉強した…。電池のエネルギーがだんだんなくなってきて、高いところから落ちてくる勢いがなくなったら、電流は止まっちゃう。	〈統合〉
15'52	T3	そっか。電池がエネルギーがなくなると持ち上げられなくなるから、電流は流れなくなるんだ。	〈統合〉
16'08	M7	ぼくたちの図、書き直す? (前回の履歴を再生する)	〈課題の提示〉
	T4	じゃあ、さー。電流の矢印も、帰りの矢印も、同じ太さに直そう。(ペントアレットを握る)	〈主張〉
16'20	H7	(みんなの顔を見回しながら) ねえ、発表の時さあ、今まで考えた図を全部ならべたら、どう?	〈フィードバックの要請〉
		[中略]	
40'03	Y6	〈クラス全体の話し合いにおける各グループの発表〉	〈統合〉
		最初、モーターの中で+の電流と-の電流がぶつかってプロペラが回る、と考えてました。あっ、ちょっとまって。(コンピュータ上に「衝突モデル」を提示する) 検流計の実験で変わったところは、電流が+極から出て、モーターを通って電流が使われて、少し減って電池の一極にもどってくる。「減衰モデル」を提示) だけど、電池モデルを見て変わったところは、電池のエネルギーが電流を持ち上げて電流は+極から出て、同じ量のまで一極までもどって、ぐるぐる回る。それで、電池のエネルギーがなくなったら、電流は止まる。(「科学モデル」を提示)	

注) 数字は発話番号、( )内は発話者の行為、[ ]内は分析者による補足、(( ))内はよく聞き取れない発話、[ ]は発話の重複、…は短い沈黙、?は上昇音調を示す。

うに議論を進めていた (M4, M6, M7)。また、記録役は、共通理解したアイデアを要約し、図式化することを提案した(H7)。その資料に基づいて、レポーター役は、クラス全体の場で発表する前にリハーサルを行い、グループで共有した情報の提示を明確に行うことができた (Y6)。

### 3. 概念変容のプロセス

#### (1) RT の教授方略

では、RT の教授方略を用いた議論過程においては、具体的にはどのようなプロセスを経て、概念が変容していったのであろうか。議論展開のプロセスを 3 位相 (導入期、展開期、終末期) から捉え、各位相で見出される思考方法や概念の諸側面の変化と、その背後に深く関与している要因について考察する。

**導入期** 導入期における思考活動の諸側面の変化に関する要因としては、「予想と理論化」の教授方略が頻繁に使用され、重要な役割を果たしていた。当該方略を用いた議論の結果、「フィードバックの要請」、「正当化の要請」の表象的トランザクションが多く生成され、a. 課題の状況や条件について探索する (e.g. 電池ひっくり返したら、プロペラの回転はどうなったっけ?), b. 自己や他者の理解状態を分析する (e.g. なんで、そう予想するのか教えて?) という思考活動がもたらされることが推測された。

**展開期** 展開期における思考活動の変化を説明する要因としては、「発見の要約・明確化」の教授方略が高い頻度で使用され、重要な役割を果たしていた。当該方略を用いた議論の結果、「矛盾」、「比較的批判」の操作

的トランザクションが多く生成され, a.他者が示す新たな考え方と自己の考え方との差異が明確化される, b.他者というフィルターを通して自己の概念の範囲の限界に気づき, 認知的葛藤 (=cognitive conflict; Hashweh, 1986) が生成される, という思考が機能することが推測された。

**終末期** この終末期では, 4人の成員がいずれも既存の概念(減衰モデル)に固執し, RTの教授方略を用いた議論に進展が見られなかった。そこで, 3D CGの動画(FIGURE 3)を道具立てとして導入した結果, 停滞状態が打破され, 成員間に以下のような議論が方向づけられた。

終末期では, 3つの教授方略の中で文化的道具として最も洗練された方略である「証拠と予想・理論の調整」が頻繁に用いられ, 深く関わっていた。この「証拠と予想・理論の調整」を用いた議論の結果, 「統合」の操作的トランザクションが多く生成された。これより, 物理学の世界の「証拠」と現実の世界の「自己の理論」の考え方のズレから生じる認知的葛藤を解消するために, 2つの世界を「統合」的に解釈しようとする再構造化が生じることで, 概念変容(Over-generalization error → Correct conception)が促されることが推測された。

## (2) 概念変容の教授方略

上述したように, 終末期では RT の教授方略を用いた議論が停滞してしまったが, どこに問題があったのか, 概念変容を阻む要因は何なのか, また, どのような教授方略を用いれば概念変容を促すことが可能であるのか, を考察する。

従来から, 「減衰モデル」を「科学モデル」へ変容させるのは難しいことが指摘されている。FIGURE 2 に示すように, 子どもたちの持つ既存の概念(減衰モデル)と科学的概念(科学モデル)との間には大きな隔たりがあり, 電流・電圧概念の理解が困難になる理由はここにある。子どもたちは単純回路を流れる電流に, 「供給源-消費者原理 (source-consumer principle: 物は供給源から消費者へと流れ, 消費されてなくなるという物の生成や消滅を肯定する一種の非保存原理)」を適用してしまうからである。この「供給源-消費者原理」は, 回路内の電流に限らず, 身近な日常生活での物の流れを理解したり, 説明したり, 予測したりするために暗黙的に使われている(脇元, 1992)。

それゆえ, 終末期では, グループの成員間で「同じ量の電流がもどってくるなら, なんで電池は減るの?」という疑問が生成されている。この場面では, どのよ

うに考えたらよいか全く手がかりがなく, 議論が行き詰ってしまった。この状態は, 現実の世界の「自分の理論」と物理学の世界の「証拠(自分の理論とかみ合わない現象やデータ)」を照らし合わせた所, 両者の間に大きなずれを認識したため, 調整(coordination)が不可能と判断され(Kuhn, 2001), Berlyne (1965) のいう「混乱(AかBか不明の状態)」のような大きな認知的葛藤が生じたものと解釈される。このような場合には, 従来からデータに注目するよう手がかりを与えるだけでは十分な効果はなく, 被験者はデータを照合しなかったり, 自分に都合のよい方向にデータを解釈したりする場合があることが報告されている(Dunbar & Klahr, 1989; 麻柄, 1990)。本研究においても, 評価者役が RT の教授方略である「自分の理論と現象やデータとの照合」を促したもの, 議論の進展は見られなかった。

そこで本研究では, 暗黙的に表象されている「供給源-消費者原理」を回路内の「電流」に適用するのではなく, 単純電気回路においては「何が供給源で, どのようなルートで何が消費されるのか」という点を明らかにする, すなわち「物理量間の因果関係」を明示することが重要であると考えた。具体的には, 新たに「概念変容モデル(Hashweh, 1986)」に依拠した教授方略(FIGURE 2)を導入し, リアリティの高い3D CGの動画(FIGURE 3)を道具立てとして用いることで, 目に見えない電気現象における概念間(電流, 電圧, 電池)の関係性を具象化し, 思考の流れを導くガイダンスを明示化した。その結果, 現実の世界の「自分の理論」と物理学の世界の「証拠(自分の理論とかみ合わない現象やデータ)」が整合的に結びつけられ, 認知的葛藤が解消された。丸野・加藤(1996)は, 問題解決に必要な知識や認知的枠組みを持っていない者に対しては, 多くの情報の中から今探索すべき解釈や仮説の範囲を限定し, 思考過程や思考方法を制約(constraints)すると, 学習や思考が促進されると論じている。本研究の結果は, RT の議論の過程で大きな認知的葛藤が生じた場合には, 「思考の制約(現実の世界の「自分の理論」と「証拠(自分の理論とかみ合わない現象やデータ)」を整合的に結びつける, という思考の流れを導くガイダンスを取り入れる)」が, 概念変容を促進することを実証的に示したといえる。

## 4. 本研究の限界と課題

上述したように, 本研究の結果から, ある一定水準までの電流・電圧の概念の獲得(衝突モデル→減衰モデル)は, RT の教授方略が有効であるが, 「混乱」のような大きな認知的葛藤が生じた場合の電流・電圧の概念の変容(減衰モデル→科学モデル)を促すためには, 概念変容

の教授方略が必要であることが示唆された。ただし、本研究は、教育実践の現場を直接研究の対象とする「構成法（宇野, 2001）」のデザインを用いている。すなわち、本研究は、全ての被験者に望ましい行動を形成させることを目指し、1つの条件だけではなく複数の条件の組み合わせを考えた教授的働きかけを行った結果、その望ましい行動形成を実現するために有効な条件を見出そうとする「構成法」の手法を用いた。このような研究方法上の限界から、本研究の知見を一般化できるか否かについては定かではない。今後は、比較研究法のデザインを用いて、例えば科学的概念の獲得を目指す「相互教授」の教授方略のみを操作した条件群、概念変容を促す「概念変容モデル」を中心とした教授方略のみを操作した条件群、通常の授業のみを実施した条件群など、教授方略に関するいくつかの条件群を設定して、結果を比較することが必要だと考えられる。

また、本研究で提示した「教授方略」は、科学的概念の獲得及び概念変容を促す学習を考える際に、教育現場で広く適用可能であると考えられる。ただし、「参加者の構造」については、終末期において議論スキルの向上が確認されたものの、本研究では評価役として、TT 加配教員、訓練を積んだ大学生が各グループに1名配置されるという形態を用いていた。教師等の各グループ1名配置は、わが国の教育現場への実践的な導入を考えると難しいことが予想される。この問題に対処していくために、今後は、議論スキルに習熟し、かつグループ組織化のリーダーシップ特性をもつ生徒を育成する方策を開発し、教師のガイドなしで、責任を完全に生徒にシフトした形態でRTを実施した場合の効果も検討していくことが必要と言える。

### 引用文献

- Berkowitz, M.W., & Gibbs, J.C. 1983 Measuring the developmental features of moral discussion. *Merrill-Palmer Quarterly*, **29**, 399-410.
- Berlyne, D. E. 1965 *Structure and direction in thinking*. New York : John Wiley. (バルライン D.E. 橋本七重・小杉津子(訳) 1970 思考の構造と方向 明治図書)
- Dunbar, K., & Klahr, D. 1989 Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing : The impact of Herbert A. Simon*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum. Pp.109-143.
- Hashweh, M. Z. 1986 Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, **8**, 229-249.
- Hashweh, M. Z. 1988 Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, **25**, 121-134.
- Herrenkohl, L. R., & Guerra, M. R. 1998 Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Cognition and Instruction*, **16**, 433-475.
- Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S., & Kawasaki, K. 1999 Developing scientific communities in classrooms : A sociocognitive approach. *Journal of the Learning Sciences*, **8**, 451-493.
- 清河幸子・犬塚美輪 2003 相互説明による読解の個別学習指導—対象レベル—メタレベルの分業による協同の指導場面への適用— 教育心理学研究, **51**, 218-229. (Sachiko, K., & Miwa, I. 2003 Interactive explanation : Teaching reading by dividing activities into object-level and meta-level. *Japanese Journal of Educational Psychology*, **51**, 218-229.)
- Kuhn, D. 2001 Why development does (and does not) occur : Evidence from the domain of inductive reasoning. In J. L. McClelland & R. S. Siegler (Eds.), *Mechanisms of cognitive development : Behavioral and neural perspectives*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum. Pp.221-249.
- 麻柄啓一 1990 誤った知識の組み替えに関する一研究 教育心理学研究, **38**, 455-461. (Magara, K. 1990 A study on strategy of remodeling students' misconception and its mechanism. *Japanese Journal of Educational Psychology*, **38**, 455-461.)
- 丸野俊一・加藤和生 1996 議論過程での自己モニタリング訓練による議論スキルの変容 九州大学教育学部紀要, **41**, 113-148. (Maruno, S., & Kato, K. 1996 Diversity of perspectives and depth of discussion : Knowledge achieved through self-monitoring training in the discussion process. Research Bulletin of the Faculty of Education, Kyushu University. *Educational Psychology Section*, **41**, 113-148.)
- 永井秀樹・川北一彦 1999 子どもが考えた電流モデル

- ルの有効性について 日本理科教育学会研究紀要, **40**, 35-43. (Nagai, H., & Kawakita, K. 1999 Students' understandings of electric current in a simple circuit and models made by students. *Journal of Research in Science Education*, **40**, 35-43.)
- Nystrand, M. 1997 *Opening dialogue: Understanding the dynamics of language and learning in the English classroom*. New York : Teachers College Press.
- O'Connor, M. K., & Michaels, S. 1993 Aligning academic task and participation status through revoicing : Analysis of classroom discourse strategy. *Anthropology and Education Quarterly*, **24**, 318-335.
- Palincsar, A. S. 1986 The role of dialogue in providing scaffolded instruction. *Educational Psychologist*, **21**, 73-98.
- Palincsar, A. S., & Brown, A. L. 1984 Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, **1**, 117-175.
- Palincsar, A. S., Brown, A. L., & Campione, J. C. 1993 First grade dialogues for knowledge acquisition and use. In E. Forman, N. Minick, & A. Stone (Eds.), *Contexts for learning : Socio-cultural dynamics in children's development*. New York : Oxford University Press. Pp.43-57.
- Shipstone, D. 1985 Electricity in simple circuits. In R. Driver., E. Guesne., & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Milton Keynes, England : Open University Press. Pp. 33-51.
- Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. 1992 Using conceptual models to facilitate conceptual change : The case of weight-density differentiation. *Cognition and Instruction*, **9**, 221-283.
- 高垣マユミ 2001 高さのプリコンセプションを変容させる教授ストラテジーの研究 教育心理学研究, **49**, 274-284. (Takagaki, M. 2001 Teaching strategies for inducing conceptual change in students' preconceptions about height. *Japanese Journal of Educational Psychology*, **49**, 274-284.)
- 高垣マユミ 2004 大学生はいかに力のプリコンセプションを変容させるか 発達心理学研究, **15**, 217-229. (Takagaki, M. 2004 How undergraduate students change their preconceptions about forces. *Japanese Journal of Developmental Psychology*, **15**, 217-229.)
- 宇野 忍 編著 2002 授業に学び授業を創る教育心理学 中央法規出版
- 脇元宏治 1992 単純な電気回路に適用される小学校児童の電流モデルの状況依存性 日本理科教育学会研究紀要, **32**, 49-60. (Wakimoto, K. 1992 Situation-dependency of elementary school children's electric current models applied to simple circuits. *Journal of Research in Science Education*, **32**, 49-60.)
- Wood, P., Bruner, J., & Ross, G. 1976 The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology*, **17**, 89-100.

## 付 記

本研究の授業の実際に際して、ご協力いただきました小学校の先生方、並びに児童の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(2004.12.6 受稿, '05.4.13 受理)

## *Using a Modified Reciprocal Teaching Strategy to Induce Conceptual Change : Elementary School Science Lessons*

*MAYUMI TAKAGAKI (FACULTY OF CHILD STUDIES, KAMAKURA WOMEN'S UNIVERSITY) AND HIROTOSHI TAHARA (ELEMENTARY SCHOOL ATTACHED TO KAMAKURA WOMEN'S UNIVERSITY) JAPANESE JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, 2005, 53, 551-564*

The purposes of the present study were to develop a reciprocal teaching strategy to induce conceptual change, and to examine the effectiveness of the teaching strategy in elementary school science lessons on electric circuits. Participants in the study were the 30 students in a fourth grade class. Coding analysis and interpretive analysis of transactive discussions were used to evaluate conceptual change occurring during cooperative discussion during the lessons and to analyze variables that might be affecting change. The results were as follows : (1) In the initial phase of cooperative discussions, a teaching strategy of predicting and theorizing induced the students' activities of analyzing the task and the situation by themselves and with others, (2) in the development phase, a teaching strategy of summarizing results allowed the students to specify explicitly differences between their own ideas and those of others, which resulted in conceptual conflict, and (3) in the final phase, a teaching strategy of coordinating the predictions and theories to the results integrated the students' ideas so that conceptual conflicts were resolved. These results suggest that, in the course of reciprocal teaching, when maximum conceptual conflict was induced and discussions reached deadlock, a strategy incorporating thinking guidance for coordinating the predictions and theories to the results properly facilitated conceptual change.

Key Words : reciprocal teaching, conceptual change, teaching strategy, cooperative discussions, elementary school students