平成 26 年度　学位論文

算数科授業における創発に関する研究

兵庫教育大学大学院　学校教育研究科

教育内容・方法開発専攻　認識形成系教育コース

M13143D　三野英利

目　次

序　章

本研究の目的と本論文の構成

本章では，本研究の目的を明らかにし，本論文の構成を示す。

第１節　本研究の目的及び方法

1.　創発研究の意義

2.　算数科における創発

3.　本研究の目的

第２節　本論文の構成

第１節　本研究の目的及び方法

1. 創発研究の意義

『教育の情報化ビジョン』（文部科学省，2011）において，21 世紀を生きる児童に求められる能力が次のように述べられている。

「21 世紀は，新しい知識・情報・技術が政治・経済・文化をはじめ社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す，知識基盤社会の時代と言われている。競争と技術革新が絶え間なく起こる知識基盤社会おいては，幅広い知識と柔軟な思考力に基づく新しい知や価値を創造する能力が求められるようになる。また，社会構造のグローバル化により，アイディアなどの知識そのものや人材をめぐる国際競争が加速するとともに，異なる文化・文明との共存や国際協力の必要性が増大している。」（文部科学省，2011，p 3）（下線筆者）

さらに，その力を育むための教育の在り方の重要性にも触れ，児童がコミュニケーションを通じて協働して新たな価値を生み出す教育を行うことが重要だと述べている（文部科学省,2011）。

また，山口氏も，知識基盤社会において求められる学力という視座から，「数学的な思考力」,「数学的な表現力・コミュニケーション力」,「数学的な活用力」という三つの学力を育成することが求められると述べ,「数学的な活用力」については，次のような力の育成を重視すべきであると述べている（山口，2011）。

「③の「数学的な活用力」については，とかく日常生活への活用が強調される傾向にあるが，新指導要領の目標でも「学習」への活用が追加されたように，「数学的な活用力」を幅広く捉えるべきであると考える。こうした視座から，今後は，次のような「数学的な活用力」の育成を重視すべきであると考える。

K1 日常生活や他教科の学習に活用する力

K2 算数・数学の学習に発展的に活用する力

K21 考察の対象を拡張しながら，解決方法や考え方などを別の問題解決の文脈において活用する力

K22 学んだ知識・技能や考え方などを活用しながら，新しい知識・技能や考え方を創り出す力」（山口，2011，p 15）（下線筆者）

つまり，知識基盤社会を生きる児童には，コミュニケーションを通して，協働して新しい知識や価値などを創り出す力が求められると考えられる。これについて筆者は，算数科授業においては，知識伝達型の学習ではなく，学ぶ過程を大切にした知識構築型の学習を目指していくことが重要であると考える。

筆者はこれまでの教職経験から，学ぶ過程を大切にした知識構築型の授業にも大きく二つのタイプがあると考えている。一つは，特定の児童の考えで知識が共有されていく授業である。そして，もう一つは，学級の皆で新しい知識を創り出し，それが共有されていく授業である。どちらかというと多くは前者のタイプの授業であり，特定の児童の気づきや知識によって，結果として課題解決が図られ知識が共有されていった。しかし，前述したようにこれからは後者のタイプのような授業も求められる。数は少ないが後者のタイプの授業にも出会った経験がある。そのような授業では，教師，児童双方に満足感や達成感が高かった。しかしながら，このような授業・現象はその多くを偶然性に依拠し，そのような授業づくりの手立ては暗黙知のように存在していたため，これまで強く意識することはなかった。しかし，そこに「創発」という概念を持って強く意識した時に，それは偶然性を離れ，知識基盤社会に求められる力を育成する新しい算数・数学教育となると考える。ここに創発の研究を行う意義があると考える。

2. 算数科における創発

次に，算数科において創発という概念に着目する意義について述べる。その意義として大きく二つあると考える。一つ目は，児童の学ぶ意欲の向上が期待できることである。平成19年度の学校教育法の一部改正を受けて出された，『言語活動に関する指導事例集』（文部科学省，2010）では，学力について次のように述べられている。

「ここには，学力の重要な3つの要素が示されている。

① 基礎的・基本的な知識・技能

② 知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等

③ 主体的に学習に取り組む態度」（文部科学省，2010，p 1）

つまり，文部科学省（2010）では知識基盤社会において求められる学力として，上記の三つを明確にしているのである。主体的に学習に関わることなくして，算数科授業において創発が生起することはありえない。つまり，算数科授業において創発を促すということで，学ぶ意欲の向上，言い換えると，文部科学省（2010）が明確に示した学力の要素である，主体的に学習に取り組む態度のさらなる育成を期待することができるのである。

二つ目は，算数科授業において，より概念理解を深化させることが期待できるということである。河野氏は，集団的な問題解決において指摘される，一部の学習者の発言によって予定調和で答えにたどりつく学習軌跡という課題に対して，知識構築という新たな学習過程モデルを示している。そして，知識構築を目指す授業における協同的な問題解決では概念理解が促進されたり，概念理解が深まったりする様子がみられたと述べている（河野，2012）。つまり，新しい知や価値の創造である創発を促す算数科授業においても，学ぶべき概念理解の深化が期待できると考えられるのである。

以上から，創発を促す算数科の授業づくりを目指すことによって，算数科授業を通して，知識基盤社会に求められる新しい知や価値を創造する能力の育成を図ることができ，さらに主体的に学習に取り組む態度の育成や学ぶべき知識や概念の理解深化が促されるようになると考える。

3. 本研究の目的

本研究では，1 で述べたように算数科授業における創発という概念に着目する。しかし江森氏が，創発とはどのような現象であるかなど，その中身の議論はまだまだ始まったばかりである（江森，2010）と述べるように，数学教育学において創発の研究が十分になされているとは言い難い。そこで，まず創発に関する研究の視点を以下の表 0-1 のように整理した。

表 0-1　創発に関する研究の視点

	その他	数学教育学
創発の捉え方	A	D
創発の特徴	B	E
場（授業）づくり	C	F

創発の研究には，大きくその「捉え方」と「特徴」，創発を促すための「場づくり」という視点がある。「場づくり」というのは，創発を促す組織や環境ということであるが，算数科においては「授業」ということである。本研究では，2 で述べたように算数科において創発を促す授業づくりを目指すこととした。本研究の目的は，以下の通りである。

・ 算数科授業における創発の捉え方や特徴などを考察して創発に寄与する要因を明らかにし，創発を促す授業づくりを提案すること。

本研究の目的は，表 0-1 では F にあたる。この目的を達成するために，まず数学教育学だけではなく，様々な分野における創発の捉え方について概観する（A，D)。次に，創発に関する先行研究から，創発の特徴について考察する（B，E)。また，他の学問分野における創発に関する先行研究から，創発を促す場作りについて考察する（C)。そうして得られた示唆をもとに，算数科授業における創発を促す授業づくり（F）について考察していく。

第 2 節　本論文の構成

本節では，本研究の内容を概観する。本研究の流れをまとめると，次の図 0-1 のようになる。

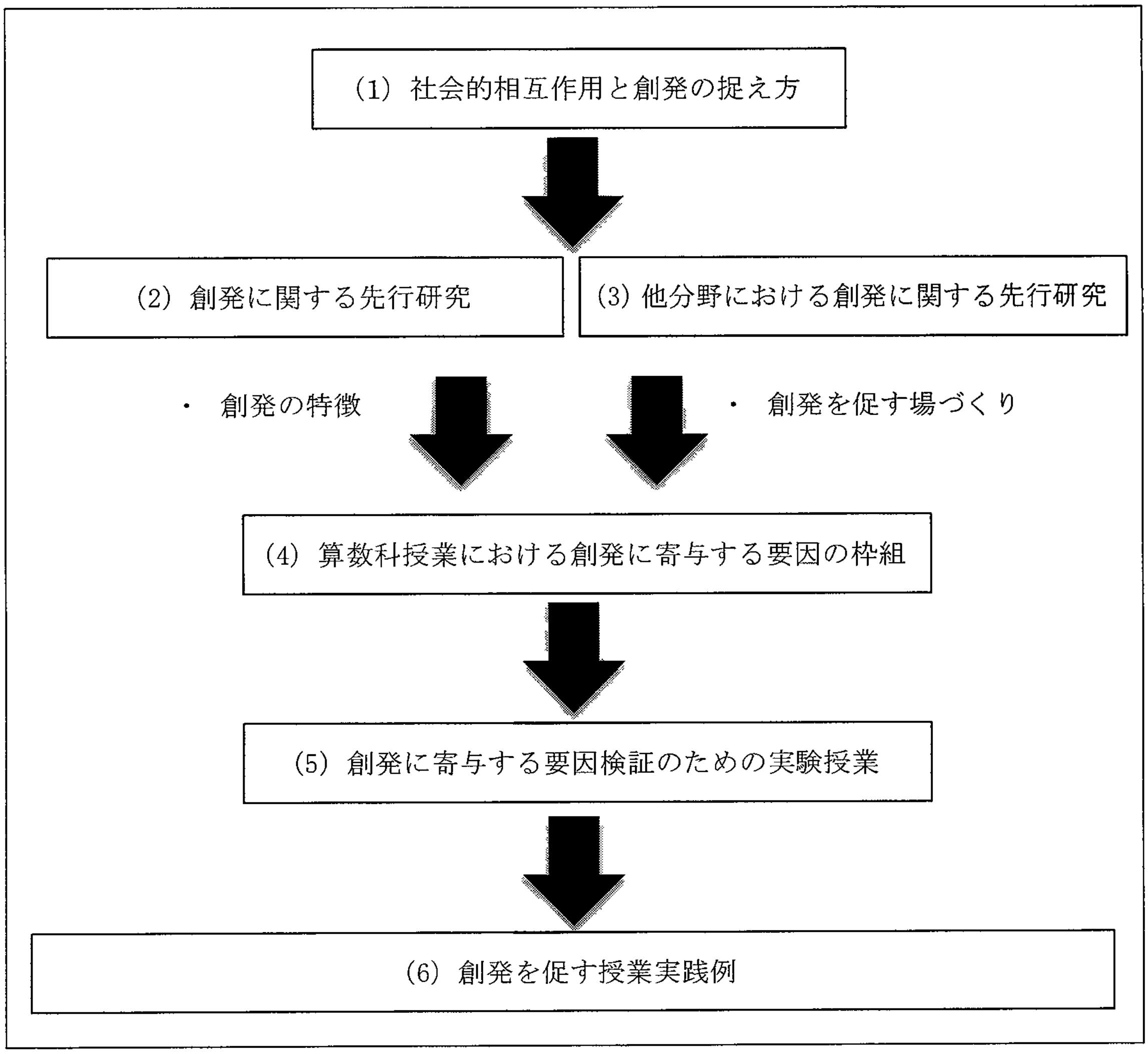


図 0-1　本研究の全体的構成

本論文は六つの章からなる。

まず第 1 章では，本研究において重要と考える，創発研究に欠かすことのできない社会的相互作用について概観する。そして，創発とはいったいどういった現象なのかを明らかにするため，様々な創発の捉え方を概観し，本研究における創発の捉え方を同定する (1)。

第２章と第３章では，理論的研究として，創発に関する先行研究を概観する。まず創発の特徴を明らかにするため，第２章では，数学教育学における創発に関する研究，創発と関係が深い創造性に関する研究，社会的相互作用の分析に関する研究について考察することで，算数科における創発の特徴を明らかにする（2）。また第３章では，他の学問分野における先行研究を概観し，その考察から数学教育学における創発研究への示唆を得る(3)。

以上から得られた創発に寄与する要因を第４章で整理し，算数科授業における創発に寄与する要因を構造化して示す（4）。

そして第５章では，この枠組をもとに，創発に寄与する要因について実験授業とその考察を通して検証する（5）。

第６章では，創発を促す算数科授業構成の一例を具体的に示し，その授業の分析・考察を行い（6），本研究のまとめを行う。

第１章

社会的相互作用と創発の捉え方

本章では，創発研究において欠かすことのできない社会的相互作用について，ミード社会学にもとづくブルーマー氏のシンボリック相互作用論を概観することで，本研究での社会的相互作用の捉え方を整理する。また，どのような現象が創発であるかを明らかにするため，様々な創発の捉え方を概観し，本研究における創発の捉え方を同定することを目的とする。

第１節　社会的相互作用

第２節　創発の捉え方

１．創発の字義

２．社会科学における創発の捉え方

３．教育心理学における創発の捉え方

４．数学教育学における創発の捉え方

５．本研究における創発の捉え方

第１節　社会的相互作用

数学教育学において，社会的相互作用の重要性を指摘した多くの理論的研究がなされてきた（例えば，中原，1995，金本，1998，山口，2014)。こうした社会的相互作用に焦点をあてた近年の研究において，「三人寄れば文殊の知恵」という諺があらわすような「創発(emergence)」という現象が注目されている。この「創発」という現象は，ミード社会学においても注目されており，ミードの思想体系における基礎的諸概念の一つとして挙げられている（小川，1997)。また，このミード社会学に基づくシンボリック相互作用論では，社会的相互作用を，それ自体きわめて重大なもの（H ブルーマー，1991）と考えている点は注目に値する。

以上を踏まえ，本節では，特にブルーマー氏のシンボリック相互作用論について考察し，本研究で重視する社会的相互作用について概観する。

「シンボリック相互作用論」は，ミード理論に基礎をおく社会学・社会心理学の一つの理論である。ブルーマー氏によると，「シンボリック相互作用論」は，人間集団と人間行動の科学的研究のための，現実的なアプローチであり（H ブルーマー，1991)，次の三つの前提に立脚するものである。

> 「第一の前提は，人間は，ものごとが自分に対して持つ意味にのっとって，そのものごとに対して行為するというものである。（中略）第二の前提は，このようなものごとの意味は，個人がその仲間と一緒に参加する社会的相互作用から導き出され，発生するということである。第三の前提は，このような意味は，個人が，自分の出会ったものごとに対処するなかで，その個人が用いる解釈の過程によってあつかわれたり，修正されたりするということである。」（H ブルーマー，1991，p 2)

ここでの「意味」は，人々の社会的相互作用の過程で生じたものであり，シンボリック相互作用論では，意味は社会的な産物と考えられる。また，第二の前提にあるように，シンボリノク相互作用論では，「社会的相互作用を，それ自体きわめて重大なもの」（H ブルーマー，1991，p 9）と考え，社会的相互作用は，人間行動を形成する過程であって，人間

行動を表出させたり解放したりするための単なる手段または状況ではないと述べている(H ブルーマー，1991)。さらに，第三の前提では「解釈の過程」がキーワードとなる。この解釈の過程については二つの段階があるとし，それは,「第一に，行為者は，それに対して自分が行為しているものごとを，自分に対して指示 indicate する。」(H ブルーマー，1991，p 6) と「第二に，この自分自身とのコミュニケーションの過程によって，解釈は，意味をあつかうということの問題になる。」(H ブルーマー，1991，p 6) であると述べている。

このように，シンボリック相互作用論では，社会的相互作用が重要であり，社会的相互作用によって生じた意味にのっとって，ものごとに対して行為し，解釈していく。これは，シンボリック相互作用論の中心的な認識の一つであり，集団を，その中で人々が様々な状況において互いの行為を指示し合い，相手の行った指示を解釈していく一つの過程であるとみなしている。

また，社会的相互作用について，非シンボリックな相互作用とシンボリックな相互作用の二つを区別しており，その特徴について次のように述べている。

> 「非シンボリックな相互作用では，人間は，お互いの身振りや行為に対して直接に反応する。シンボリックな相互作用では，人間はお互いの身振りを解釈し，その解釈によって生み出された意味にのっとって行為する。」(H ブルーマー，1991，p 84)

> 「シンボリックな相互作用は，解釈と定義を含んでいる。解釈 interpretation とは，他者の行為や言及の意味を確定することであり，定義 definition とは，自分がどう行為しようとしているのかに関する指示を他者に対して伝達することである。」(H ブルーマー，1991，p 84)

> 「シンボルの使用，解釈，または他者の行為の意味の推定によって，人間の相互作用は媒介されている。」(H ブルーマー，1991，p 102)

このようにシンボリックな相互作用では，シンボルの使用によって「解釈」がなされ，「意味」が創出されていくという人間行動の形成過程を見ることができる。

社会的相互作用を算数科授業において重要視する意味は，学級集団を一つの集団や社会とみることによって，授業における社会的相互作用の力動性やその所産を分析することができると考えられる点である。これは意味の創出である学びの過程を重要視することでもある。

さらに，シンボリック相互作用論の観点から考えれば，算数科における「シンボル」としては言葉や数，式，図，表，グラフなどが挙げられる。これらの使用や,「解釈」,「定義」に着目することが創発を捉える重要な視点にもなると考えられる。

以上のように言葉のやり取りだけではなく，これらを総合的に捉えることが本研究における社会的相互作用の捉え方である。

第２節　創発の捉え方

近年，創発という現象は様々な分野において注目され，いかに新しいアイデアが創造されるのかという問いが学際的な研究課題となっている（國領，2006，井関，2008，江森，2010，吉村ら，2013）。そこで本節では，創発が様々な学問分野でどのように捉えられているかを概観し，本研究における創発の捉え方を同定する。

１．　創発の字義

まず始めに，創発の字義を見てみる。創発について，『広辞苑 第六版』（新村，2008）では，次のように述べられている。

「創発　進化論・システム論の用語。生物進化の過程やシステムの発展過程において，先行する条件からは予測や説明のできない新しい特性が生み出されること」（新村，2008，p 1630）（下線筆者）

しかし，『広辞苑 第五版』には記述がないこと，『大辞林』，『日本国語大辞典』など多くの日本語辞書には「創発」という用語が掲載されていないことなどから，「創発」という用語が今日ではまだ日常生活において広く使用されてはいないと言える。

さらに，『哲学事典』（下中，1971）では次のように述べられている。

「創発　emergence　一般に，進化論で用いられる概念で，先行与件から予言したり，説明したりすることが不可能な進化，発展をいう。G H Lewes がその著 Problems of Life and Mind の中で emergent property の概念を導入し，それに基づいて C L モーガンが Emergent Evolution（1923）に提唱した概念。生物の進化の歴史のなかで，生物の発生，神経系を備えた生物の出現，人間の出現などいくつかの段階において，先行の諸状態に基礎はおいているものの，それらから直接予見することのできないような飛躍が認められる，というのがモーガンの主張で，これらを創発の典型例と考えた。」（下中，1971，p 864）（下線筆者）

以上から，「創発」とは生物学を含む自然科学の中から起こった概念であり，「先行する条件からは，予測や説明ができないこと」，また，進化や発展などの「新しい特性」がその要素としてあげられる。

2. 社会科学における創発の捉え方

前項で述べたように，創発は1920年代にＣＬモーガン氏によって提唱された概念であり（下中，1971），自然科学の分野で注目されてきたが，近年では流動的な社会情勢も影響し，社会科学においても注目されている概念である（國領，2006)。例えばその一例として，國領（2006）では2005年の総選挙を例に挙げ，「2005年の総選挙における自民党の地滑り的な勝利も，日本の先行きに関する不安感や焦燥感が「改革を止めるな」というキーワードでヘクトルを与えられて一気に噴出した，創発的な現象と考えることができるだろう。」（國領，2006，ｐ 1）と述べられている。このような社会科学における創発の捉え方として，國領氏は以下のように述べている。

> 「多くの要因や多様な主体が絡まり合いながら，相互に影響しあっているうちに，ある時にエネルギーの向き方が一定方向にそろって，当初は思いもよらなかった結果がポンと現出することがある。そんな現象のことを創発という。」（國領，2006，ｐ 1）（下線筆者）

つまり，國領（2006）では創発を，多様な主体が相互に作用し合うことによって，当初は思いもよらなかった結果が現出する現象であると捉えている。

3. 教育心理学における創発の捉え方

蘭氏・高橋氏は，学級集団はその成立の経緯から鑑みても社会的な影響を大きく受けており，教師は社会の要請に過剰適応し，生徒の教育により管理的になっている側面もあると述べている（蘭・高橋，2013)。しかし，管理的な学級経営が効果を上げるどころか，逆に多くの歪みを生じさせていることは明らかであるとも述べ，管理的色彩の強い教育ではなく，児童の自律性を育む教育の観点に立った学級経営や集団指導が必要であると述べて

いる（蘭・高橋，2013)。この点については，昨今，学校現場において問題とされる学級崩壊とよばれる現象の多さを考えると重要な指摘である。蘭氏・高橋氏は，そこで現代の学級経営の考え方として有力な手がかりになるのが，複雑系の考え方と自己組織的な集団運営の発想であるとし，以下のように述べている。

「本論は，複雑系を，教育の場における学級集団研究の視座から井関（2008）の考え方を参考に，「多数の構成要素からなる集団で，各要素が他の要素や環境と不断に相互作用をおこなっており，その結果として要素の総和以上のふるまいを全体が表すもの」と定義する。」（蘭・高橋，2013，p 320）（下線筆者）

そして，この複雑系の考えを取り入れた学級経営に教師の適切な管理運営での運用によって導かれる学級集団を「創発学級」と呼んでいる。

創発について明確な定義をしているわけではないものの，創発学級と複雑系の定義を考えると，創発は，主体である生徒が環境や仲間と活発に相互作用することによって，要素の総和以上のふるまいとなる新たな価値や活動が生まれる現象であると捉えることができる。

4．数学教育学における創発の捉え方

次に，数学教育学における創発の捉え方について考察する。江森氏が，「創発とはどのような現象なのか，その中身の議論については学問的な探求が始まったばかりで，用語の定義も未確定な状態にある。」（江森，2010，p 71）と述べるように，数学教育学における創発についての明確な定義は，まだ十分に共有されているとは言えない。そこで，数学教育学における創発に関する先行研究として，吉迫（2002a)，江森（2012)，吉村ら（2013）を考察し，それらの研究においてどのように「創発」が捉えられているかを概観する。

吉迫氏による「創発」の捉え方

「ネゴシエーション　社会的相互行為過程において，個人が自分の思考を絶えず変容させることによって相互に適応していく過程」（吉迫，2002a，p 31）

「創発　ネゴシエーションに参加している個々の学習者が寄与することにより，特定の学習者のアイデアだけでは生じないような数学的アイデアが，ネゴシエーションの最終的な所産として生じること」（吉迫，2002a，p 31）（下線筆者）

江森氏による「創発」の捉え方

「「創発とは，構成要素以上のものをもたらし，かつ，もとの要素に還元できないものを生み出すことである」と定義すれば，ここで創造されたアイデアは，送り手と受け手のいずれにも内在されてはいなかったもので，コミュニケーションによって創発されたものだと言うことができる。」（江森，2012，p 80）（下線筆者）

吉村氏・山口氏・中原氏らによる「創発」の捉え方

「本研究では，授業における社会的相互作用を重視する立場から，創発を「一人一人の個人によっては決して創り出されなかった知識や考えが，社会的相互作用によって新たに創り出される現象」と定義する。」（吉村・山口・中原ら，2013，p 194）（下線筆者）

５．　本研究における創発の捉え方

以上，社会科学，教育心理学，数学教育学における創発の捉え方について概観してきた。これらの特徴をまとめたものが，次の表 1-1 である。

表 1-1　先行研究における創発の捉え方（下線は筆者）

創発研究の分野		創発の捉え方
社会科学	國領（2006）	多くの要因や多様な主体が絡まり合いながら，相互に影響しあっているうちに，ある時にエネルギーの向き方が一定方向にそろって，当初は思いもよらなかった結果がポンと現出
教育心理学	蘭・高橋（2013）	多数の構成要素からなる集団で，各要素が他の要素や環境と不断に相互作用をおこなっており，その結果として要素の総和以上のふるまいを全体が表すもの
数学教育学	吉迫（2002a）	ネゴシエーションに参加している個々の学習者が寄与することにより，特定の学習者のアイデアだけでは生じないような数学的アイデアが，ネゴシエーションの最終的な所産として生じること
	江森（2012）	「創発とは，構成要素以上のものをもたらし，かつ，もとの要素に還元できないものを生み出すことである」と定義すれば，ここで創造されたアイデアは，送り手と受け手のいずれにも内在されてはいなかったもので，コミュニケーションによって創発されたもの
	吉村ら（2013）	創発を「一人一人の個人によっては決して創り出されなかった知識や考えが，社会的相互作用によって新たに創り出される現象」と定義する

各分野における創発の捉え方の特徴を見ると，いずれの捉え方においても，表現は違うものの「創り出されたものの新奇性」についての記述がある。さらに，「それらは社会的相互作用によって生み出される」ことも記述されている。

つまり，数学教育学における創発を考える際にも，それは社会的相互作用を通して，新しいものが生み出される現象であると大きく捉えることができる。

ここで，数学教育学における創発の捉え方をさらに詳しく考察する。まず，どのようにして創発が生起するかについてである。吉迫氏は，ネゴシエーションの最終的な所産として生じると述べ，江森氏はコミュニケーションによって創発されると述べ，吉村氏・山口氏・中原氏らは社会的相互作用によって創り出されると述べている。吉迫氏によると，ネゴシエーションとは，社会的相互行為過程における思考の変容過程のことである。また，江森氏はコミュニケーションについて，「数学学習におけるコミュニケーションは，問題解決，推論，情報伝達，ならびに，数学的知識を関連づけるという，数学学習の場で展開されている諸活動を統合する活動である」(江森，2012，p 46) と述べている。このことから，本研究を進めるにあたって，ネゴシエーションやコミュニケーションは社会的相互作用と同様の意味として扱うこととする。したがって，本研究では，社会的相互作用によって創発は創り出されると捉えることとする。

次に創り出されるものの新奇性について検討する。吉迫氏，吉村氏らは，その新奇性について「特定の個人によっては創り出されない」ことを挙げている。また江森氏も，「もとの要素に還元できない」ことを挙げていることから，創発されるものは，一人一人の個人によっては創り出せないものだと言える。また，本研究では算数科授業における創発を考えることから，生み出されるものはアイデアといった見方や考え方だけでなく数学的知識も含まれる。したがって，本研究では吉村ら (2013) の捉え方に依拠し，創発を次のように捉えることとする。

本研究における創発の捉え方

創発とは，社会的相互作用によって，一人一人の個人によっては決して創り出されなかった新しい知識や見方・考え方が，新たに創り出される現象のこと

次章以降（第 2 章，第 3 章）では，創発の理論的研究として，数学教育学だけでなく，他の学問分野における創発に関する先行研究も概観し，創発に関する先行研究について考察する。

第２章

創発に関する先行研究

本章では，まず，数学教育学における創発に関する先行研究を概観する。また，創発と創造性を関連づけた研究も見られることから，数学教育学における創造性に関する先行研究についても概観する。さらに，創発の大きな特徴でもある社会的相互作用の分析視点となる先行研究の考察を踏まえて，算数科における創発の特徴を明らかにすることが本章の目的である。

第１節　吉迫氏の創発に関する研究

吉迫氏は，創発的ネゴシエーション（創発が起こっているようなネゴシエーション）に着目し，Steinbring（1997）の認識論的三角形を用いて，創発が起こる過程を記述し，創発のメカニズムを検討している（吉迫，2002a）。

Steinbring（1997）の認識論的三角形とは，図 2-1 のように数学的意味の認識論的構造として，「指示の文脈」，「記号体系」，「概念」という三つの構成要素の相互関係を表したものである。吉迫氏は，創発の過程を捉えやすくするために，この認識論的三角形を用いて創発過程を記述し，それを「創発プロセス」と呼んでいる。

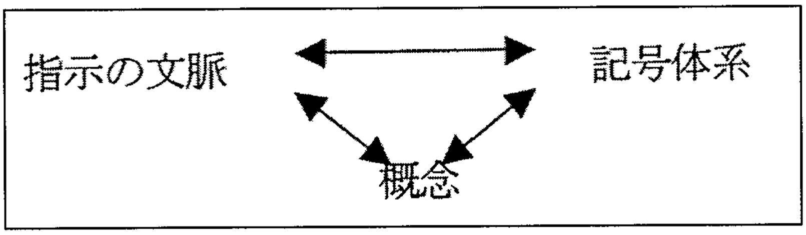


図 2-1　認識論的三角形（吉迫，2002a，p 31）

そして，創発的ネゴシエーションの事例分析から，次のように考察している。

> 「以上のように，創発的ネゴシエーションの具体的事例を比較することによって，創発のメカニズムについて考察してきた。その結果，基盤となるアイデアから創発的なアイデアへの移行には，「異なる新しい指示の文脈の導入」と「古い指示の文脈の修正」の 2 つのタイプがあることが分かった。前者は，基盤となるアイデアと創発的なアイデアとの間に大きな飛躍がある場合であり，後者は，基盤となるアイデアと創発的なアイデアとの間につながりが見られる場合である。」（吉迫，2002a ，p 36）

つまり，吉迫氏によると，創発プロセスは新しい指示の文脈が生じる基盤の違いに応じて，「異なる新しい指示の文脈の導入」と「古い指示の文脈の修正」という二つのタイプに類型化できるということである。以下，吉迫（2002a）に基づいて，二つのタイプの事例を概観する。

(1)「異なる新しい指示の文脈の導入」の事例（吉迫，2002a，p.32）

事例は，小学校第4学年の「□と△を用いた式」の単元における授業の一場面である。この授業では，次のような問題（図2-2）が提示されている。

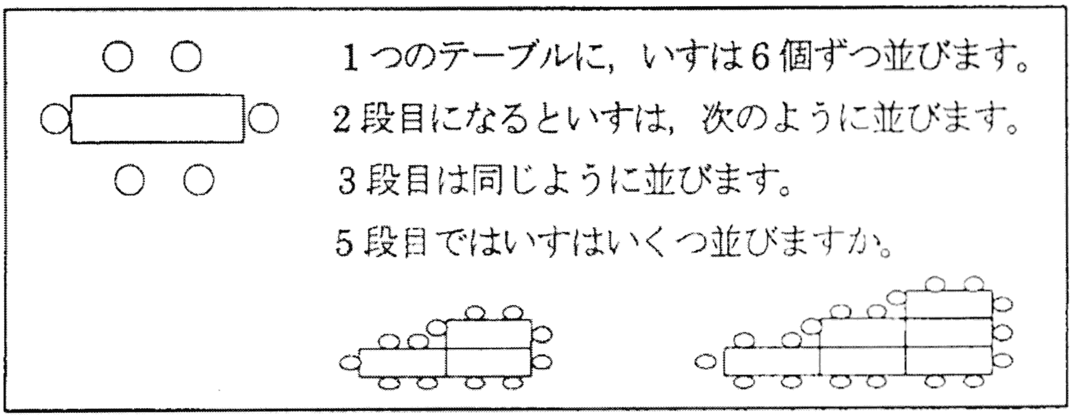


図2-2 「異なる新しい指示の文脈の導入」の事例における問題（吉迫，2002a，p.32）

この場面では，「1段増えるごとにいすが6個ずつ増えていく」という関係を用いて5段目のいすの数を求める解法から，「6×（段の数）＝（全体のいすの数）」という言葉の式が生じ，さらに，「6×□＝△」という式がつくられている。この時点での式は，数値的推測から帰納的に生じたものである。しかしその後，ある児童がこの式を，斜めの机にいすを全部移動させた図（図2-3）を用いて根拠づけている。つまり，この事例では，帰納的に生み出された式に対して，図2-3を用いた新しい理由づけが創発していると述べている。

吉迫氏はこの事例について，新しい指示の文脈（図2-3）が導入されることによって，創発が起こっていると述べており，これは数学的表現の変容が創発をもたらした事例であると捉えることができる。

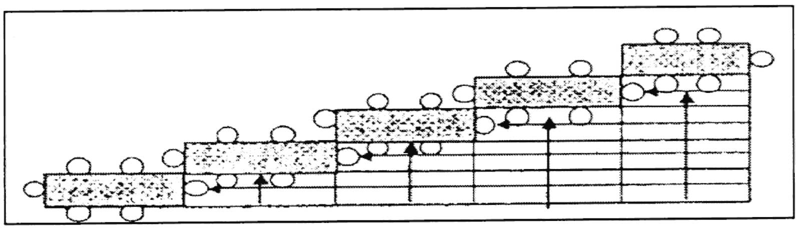


図2-3 （吉迫，2002a，p.32）

吉迫（2002a）では，この事例における創発プロセスを図2-4のように記述している。

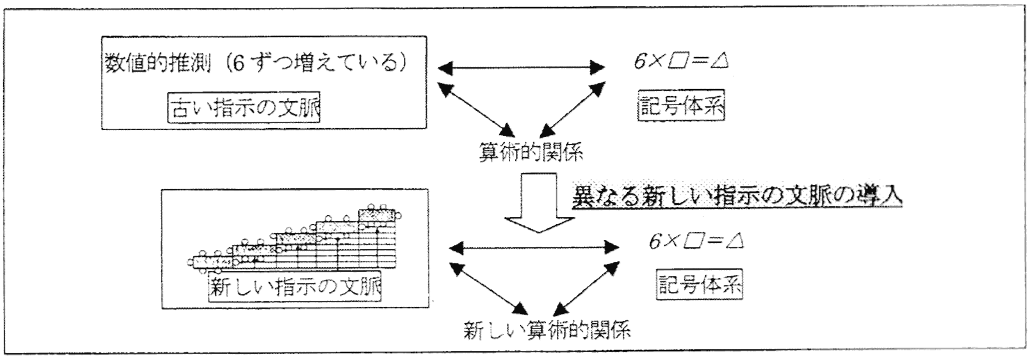


図 2-4　「□と△を用いた式」の授業における創発プロセス（吉迫，2002a，p. 32）

(2)「古い指示の文脈の修正」の事例（吉迫，2002a，pp. 33-34）

この事例は，小学校第5学年の「分数と小数・整数」の単元における授業の一場面である。この授業では，「2L÷3=2/3L になるのだろうか。」という課題が提示されている。この場面では，図 2-5 に基づいて，A「2L÷3 は 2/3L になる」，B「2L÷3 は 1/3L になる」という二つの対立する意見が提示されている。A は量分数の考えに基づいているが，その説明は十分ではなく，B は分割分数の考えに基づいている。その後，図 2-6 に用いた「分割分数としての 1/3 と量分数としての 2/3L の関連」という新しいアイデアが創発している。

吉迫氏は，この事例について，図 2-5 の再解釈（図 2-6）が創発をもたらしたと述べており，それまでの学習者のアイデア（古い指示の文脈）の再解釈が創発をもたらした事例であると捉えることができる。

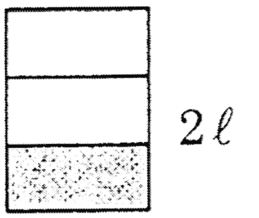


図 2-5　（吉迫，2002a，p. 33）

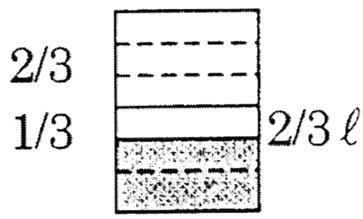


図 2-6　（吉迫，2002a，p. 33）

また，吉迫（2002a）では，この事例における創発プロセスを図 2-7 のように記述している。

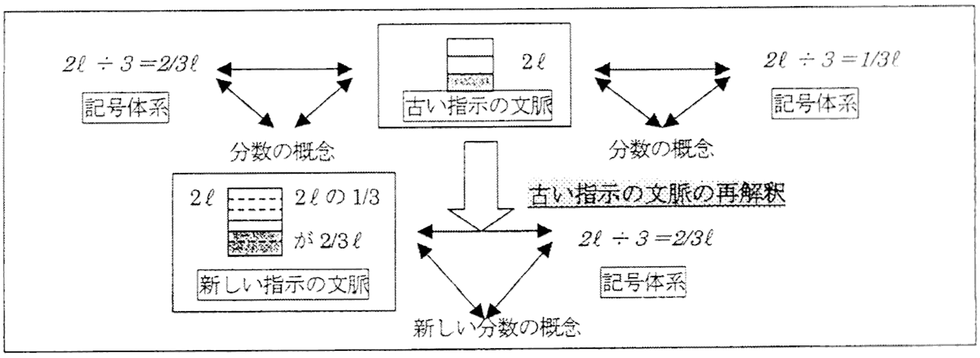


図 2-7 「2L÷3=2/3L」の事例における創発プロセス（吉迫，2002a，p. 33）

以上の二つのタイプの創発プロセスについて，吉迫氏は「異なる新しい指示の文脈の導入」のタイプの創発プロセスは，創発的なアイデアを生み出した個人は，それまでの学習者の寄与を表す表現（記号体系）を反省の対象にしており，その表現（記号体系）の背景にある，それまでの学習者のアイデア（古い指示の文脈）は考慮していないとしている。また，「古い指示の文脈の修正」のタイプの創発プロセスでは，その表現（記号体系）の背景にある，それまでの学習者のアイデア（古い指示の文脈）を反省の対象にしていると言えると述べている（吉迫，2002a）。

以上のことから，創発プロセスには二つのタイプがあること，またこの二つのタイプにはそれぞれ，「数学的表現」や「それまでの学習者のアイデア」といった反省の対象が存在することがわかる。つまり，創発が生起するには，数学的表現に着目することが重要であり，それを学習者が反省し数学的表現を変容させていくこと，そしてそれを関係づけ，解釈していくことが，重要な要因になると考えられる。

第２節　江森氏の創発に関する研究

１．コミュニケーション連鎖

江森氏は，人間の思考は自己中心的なものであり，他者とのコミュニケーションを行う利点の一つとして自己中心性からの脱却があることを述べ，コミュニケーションの連鎖について分析している。そしてこのコミュニケーションの連鎖には,「協応連鎖」,「共鳴連鎖」,「超越連鎖」,「創発連鎖」の四つの類型があることを述べ，各連鎖について以下のように定義している。なお,「協応連鎖」,「共鳴連鎖」,「超越連鎖」についての定義は江森（2012）から,「創発連鎖」については江森（2007）から引用する。

協応連鎖

「本書では，メッセージ送信が学習者の予測可能性の範囲内で連鎖していく時，この連鎖を「協応連鎖」と呼ぶことにする。」（江森，2012，p 63）

共鳴連鎖

「本書では，生徒Ｇの発言「上のから下のを引いて，上のをたすと」から，教師の発言「①-②＋①だから，これは２番目の解答，①×2-②と同じことをしているって言うんだね！」に見られる連続的な対話を，送り手の意図を受け手が首尾よく解釈することにより成立するコミュニケーション連鎖という意味で,「共鳴連鎖」と呼ぶことにする。」（江森，2012，p 68）

超越連鎖

「それゆえ，本節で定義する超越連鎖は，第１送信者が予期していなかった情報が第２送信者から第１送信者にフィードバックされるという点で，共鳴連鎖と区別されるものである。超越連鎖の場合には，第１送信者側には，なぜそのようなフィードバックが返ってくるのかが理解できないというコミュニケーションの断絶状態が一時的にもたらされる。つまり第２送信者がメッセージを受信することにより想起した知識が第１送信者の想起している知識よりも高度なものになっている点が，超越連鎖の特徴であると言える。」（江森，2012，p 79）

創発連鎖

「本稿では，いずれの学習者も所有していない新しいアイデアが創発されるコミュニケーション連鎖を「創発連鎖」と呼ぶことにし，第 4 項以降において，数学の学習場面における創発連鎖の事例を分析していくことにする。」（江森，2007，p 14）

このように，江森氏はコミュニケーションの連鎖を四つに類型化し，その中の一つとして創発を位置付けていることがわかる。しかし，江森氏が「コミュニケーションの参画者本人が，「あっ，そうか，ひらめいた！」と発言しない限り，他者が，創発の瞬間を同定することは困難である。」（江森，2007，p 16）と述べるように，創発を捉えるには慎重な分析が必要である。そこで，江森氏は，「児童 B の発言の後に行われた，児童 C の送信したメッセージが，児童 A にどのような認知変容をもたらしたのか」という研究課題を設定することで，「送り手」，「メッセージ（発言・図・動作）」，「受け手」を 1 組の構成要素としたコミュニケーション・プロセスから，児童の認知プロセスを分析している（江森，2007）。

その結果，児童 A と児童 B や児童 C は図を異なる形で解釈していたことを挙げ，メッセージの解釈には独自性が存在すること，また解釈と創発には次のような関係があることを述べている。

「私たちは，同一の物理的な刺激物としてのメッセージに対して，それぞれの所有する知識や経験，あるいは，見方や考え方の癖によって，個別な解釈を見出す。この個別な解釈というものが，時に，創発と呼ばれる現象をもたらすことになるのである。」（江森，2007，p 20）

このように，江森氏は，「送り手」と「メッセージ」，「受け手」を 1 組としたコミュニケーション・プロセスを抽出し，児童の認知プロセスを分析することで，児童の個別の解釈が創発をもたらすことを述べている。以上から，メッセージ（発言・図・動作）が児童の個別の解釈を促し，創発を媒介していると捉えることができる。つまり，参画者の発言や，図，動作などが創発を促す契機となり，それらは創発が生起する上での視点となると考えられる。

2． 反省的思考と反照的思考

江森氏は，いずれの参画者も所持していなかったアイデアがそのプロセスの中で創造される時のコミュニケーションの生産的特性を「コミュニケーションの創発性」と呼び，新しいアイデアが生み出される創発連鎖をPeirce氏の論理学を用いて分析している（江森，2010，pp 71-72）。そして，例示された表現に対するReflective Thinkingの役割には，反省的思考と反照的思考という側面があることを述べ，これにより創発的な思考過程の説明が可能になると述べている。江森氏によると，ここでの「例示された表現」とは，例示によって未整理な思考を他者に伝達するために用いられるメッセージのことであり，江森氏は例示として表現された数列や図はメッセージの受信者ごとに多様な解釈が行われる余地を残していると述べている（江森，2010）。

また，反省的思考と反照的思考について，江森氏は次のように述べている。

> 「私たちは，抽象的には考えられない，「思考には必ず思考の対象が存在する」という立場を前提にすると，反省的思考とは，思考の対象を表すという表現活動に対する思考であり，この思考に反省という名前を付す理由は，この思考の結果として，前表現活動の一部に何らかの改良が施される点にある。そしてさらには，この反省的思考は，第二，第三の反省的思考をもたらし，第二，第三の表現活動として行われる思考の対象を表すという活動が，新しいアイデアをもたらす生産性の高い表現を創出する活動へと高められることになる。その一方で，反照的思考の特徴は，この思考によって表現の改良がもたらされない点にある。反照的思考とは，それまでの試行錯誤によって精緻化されてきた表現を観照することにより，例示された表現に新たな解釈としての選択的知覚を与える思考のことである。」
> （江森，2010，p 77）（下線筆者）

このように，反省的思考と反照的思考の大きな違いとして，表現の改良がもたらされるかどうかという点が挙げられる。そしてこの反省的思考と反照的思考は連鎖し，その連鎖は個人の思考の深さによって，いかようにも延長され，複雑に結びつく可能性があると述べている。また，反照的思考という新しい考え方を数学的コミュニケーションに導入することで，他者が示した「ある表現」が，その表現を生み出した本人の意図を超えて，他者

に思いがけない情報をもたらすことが説明可能になる（江森，2010）として，創発との関係性を次のように述べている。

「例示という伝達方法に基づく創発連鎖に対して，反省的思考と反照的思考という考え方を導入することにより，創発現象が起こるのは，主に他者が示した例示された表現の意味を反照的思考で解釈する段階であることがわかってきた。」（江森，2010，p.77）

つまり，反省的思考によってそれまでの表現が新しいアイデアをもたらす生産性の高い表現へと改良され，その表現の意味を反照的思考で解釈することによって，新たな解釈がもたらされ，創発するということである。このことから創発を分析する視点として，反省的思考と反照的思考という考え方は非常に示唆に富む。

また江森（2010）では，反照的思考で用いられる仮説の形成と発見の過程を考察するために，Peirce 氏の論理学に着目することで，受け手側で生じる他者の例示に対する「驚き」という情動的経験が，創発現象をもたらす要因となることを，電話線問題を事例に次のように述べている。電話線問題とは，「家と家の間を直接電話線で結ぶことにします。今，どの家とどの家の間にも，ちょうど1本ずつ電話線を取りつけます。」という課題である。江森氏は，この事例では図 2-8 のような創発連鎖が見られたと述べ，以下のように考察している。

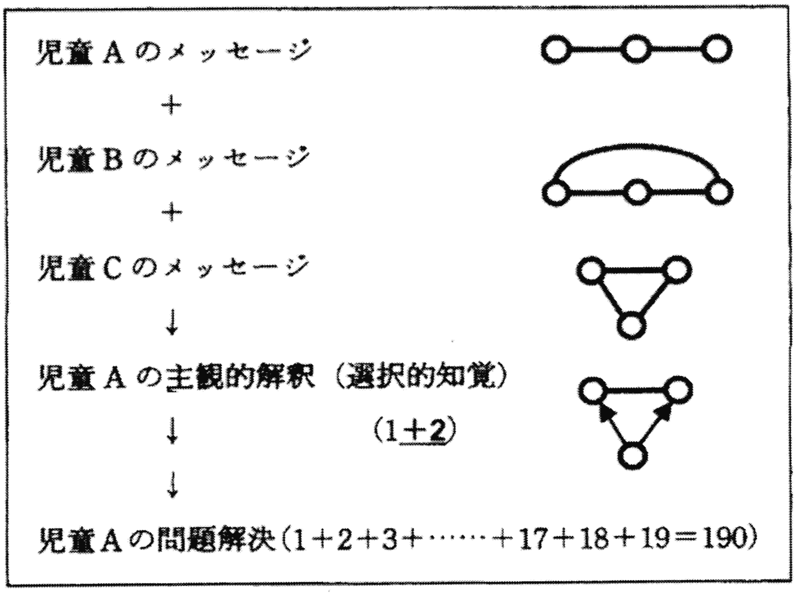


図 2-8　創発連鎖（江森，2010，p.81）

「児童 A の悩みは，児童 B の図により解消された。児童 A と児童 B のコミュニケーションは，この時点で完結されるはずであった。しかし，そこに児童 C が入り込むことにより，児童 A は，なぜ児童 C が児童 B の図では見にくいからと言って，三角形状の図を提示したのか，瞬間的に分からなかったのだと考えられる。つまり，児童 B と児童 C という 2 人の送り手から提示された 2 つのメッセージを同時に受け入れることで，ある種の認知的不協和状態に陥ったと考えられる（cf Festinger, 1957)。そしてこの時に派生した「なぜ」という疑問と驚きが，その驚きを解消させる仮説の形成へと向かわせることになる。」(江森, 2010, p 82)

以上のように，江森（2010）では，Reflective Thinking には反省的思考と反照的思考という側面があること，そして特に反照的思考の段階で，新たな解釈がもたらされ創発する可能性が高いことが述べられている。さらに，Peirce 氏の論理学を導入し，2 人の送り手から提示された二つのメッセージを同時に受け入れることで陥った，ある種の認知的不協和状態が反照的思考をもたらすことが述べられている。

第３節　吉村氏・山口氏・中原氏らの創発に関する研究

吉村氏・山口氏・中原氏らは，近年の数学教育における認識論的研究では，数学的知識の構成に果たす社会的相互作用の重要性が指摘されていると述べ，特に，社会的相互作用によって新しい知識や考えが協働的に創造される「創発」という現象が注目されていると述べている（吉村・山口・中原ら，2013）。また，吉村・山口・中原ら（2013）は，吉迫（2002）と江森（2010）では，「どのように創発が生じるか（how）」に関する考察が中心となっていることを指摘し，「創発の主体（who）」や「創発の内容（what）」を含めて総合的に考察を行うことを研究のねらいとして，授業の質的考察から算数科授業における創発を図 2-9 のように類型化し，次のように述べている。

創発の主体（Who）／創発の内容（What）	教師＋児童	児童
知識・概念 方法	創発A1	創発B1 3点を結ぶ直線
見方 考え方	創発A2 わり算のひっ算	創発B2 三角形

図 2-9　創発の四つの類型（吉村・山口・中原ら，2013，p. 195）

> 「創発という視点で算数の学習過程を記述・分析しようとするとき，新しい表記へとつながるような知識・概念や方法に関する創発や，すべての参画者にとっての創発が注目される。しかし，算数の学習の意義として，思考の拡張や発展についての理解とその創造がある。そのため，可視化されにくい創発的見方・考え方や，教師も含めた創発や一部の学習者たちにとっての創発といった様々なスケールの創発にも注目して，算数の学習過程を記述・分析することは重要である。」（吉村・山口・中原ら，2013，p. 195）

つまり，算数科授業における創発を考えると，創発の主体や創発の内容などによって，様々なスケールの創発が存在するということであり，それらを捉えようとすることは重要

だということである。

例えば，吉村・山口・中原ら（2013）は，第2学年「三角形」の事例では，二つの類型の創発を同定することができると述べている。

一つ目は，「知識や問題解決の方法に関する創発」である。「三角形を，三点を直線で結んだ形としてよいか？」という発問に対して，児童は，当初は一直線上にない三点（図2-10）で考えることが暗黙の前提であった。しかしその前提を覆すアイデア（図2-11）が出されたことで，この場面において創発が見られると氏らは述べている。吉村・山口・中原ら（2013）では，この創発は，これまでの創発研究でも取り上げられているような知識や問題解決の方法に関するもの（創発1）であり，これは教師の想定内のアイデア（創発B）であったことから，これを，創発B1と類型化している。

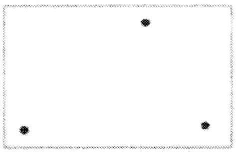


図2-10　（吉村ら,2013,p.195）

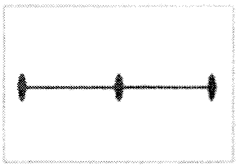


図2-11　（吉村ら，2013，p.195）

二つ目は，見方によって図形の捉え方が変わるという「見方・考え方に関する創発」である。この創発について，吉村・山口・中原ら（2013）は，これまでの創発研究ではあまり指摘されていない見方・考え方に関する創発（創発2）の事例であると述べ，この創発の特徴として，特定の表記物に注目して生起したことを挙げている。

図ウの図形（図2-12）に対して，当初，三角形と捉えていた児童が見方を変えれば三角形ではないと捉えるようになったり，三角形ではないと捉えていた児童が見方を変えれば三角形と捉えられるようになったりした。これは，数学的な見方に関する創発が生起しているといえ，吉村氏・山口氏・中原氏らは，この創発を創発的見方・考え方（創発2）と呼び，教師の想定内の創発（創発B）であったことから，創発B2と類型化している。

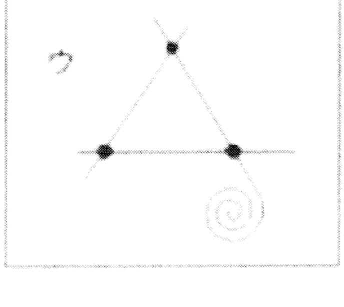


図2-12　（吉村ら，2013，p.195）

以上のように，吉村・山口・中原ら（2013）では，創発には様々なスケールの創発があることを示し，創発を四つに類型化している。つまり，創発の主体や創発の内容を含めた総合的な考察が重要だということであり，これらは創発を企図する上での視点になると考えられる。

第４節　創造性に関する研究

大石（2014）のように，これまで個人に焦点が当てられていた創造性研究に社会的相互作用の視点を取り入れた研究など，創造性と創発を関連づけた研究が見られる（例えば飛田・三浦,2013，前田ら,2011,2012)。そこで本節では，創造性研究を概観することで，創造性研究からも数学教育学における創発の特徴についての示唆を得ることとする。

まず創造性の捉え方について概観する。その捉え方は，多くの研究者によってそれぞれの立場からなされている。例えば，数学教育における創造性研究を行っている秋田氏・齊藤氏は,学校教育において児童・生徒の個性や能力の伸長を図るという立場から,恩田(1971)における捉え方と齋藤（1999）における捉え方を採用している（秋田・齋藤，2011)。その捉え方をもとに，秋田・齋藤（2011）では，個人または学級集団にとって価値のあるものを生成する創造性についての研究が行われている。本節でも，算数科において，学級集団にとって価値のあるものが生成される現象について考えることを目的とするため，両氏の捉え方について概観することとする。

恩田（1971）による捉え方

「創造性とはある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出し，あるいは新しい社会的，文化的（個人的規準を含む）に価値あるものをつくり出す能力およびそれを基礎づける人格特性である。」(恩田，1971，p 16)

齋藤（1999）による捉え方

「創造性とは，本人にとって新しく価値があり，その学習集団の構成員によって評価されるものを発想したり，つくり出したりする能力及び人格特性である。」
（齋藤，1999，p 3)

これらの創造性の捉え方には，創造性が，創造性能力と人格特性の二つの側面から構成されていることがわかる（秋田・齋藤，2011)。秋田氏によると，創造性能力は創造的思考に支えられ，人格特性は創造性態度に支えられているものである。ここでの創造的思考とは，発散的思考と収束的思考が統合されたものであり，算数科授業における問題解決にお

いても重要な思考である。また，創造性態度とは，創造に関する自発性，衝動性，持続性，探究心，独自性，柔軟性，集中性等の特性を指している（秋田・齋藤，2011)。三宮氏も同様に，創造性を支えるものとして知的特性と態度特性があることを述べており，そうした特性を伸ばすことが大切であると述べている（三宮，2001)。

創造性の捉え方と創発の捉え方は，焦点が個人に当たっているか集団に当たっているかという違いはあるものの，本人や周囲にとって新しく価値あるものを創り出すという点が共通している。このことからも，個人の創造性も創発生起と関係が深いと考えられる。

また，創造性は個人の能力と態度特性を含んで考えることから，創発を考える際にも，集団における能力とその態度特性を考慮する必要があると考えられる。集団の態度特性についても教室文化を考慮する必要がある。例えば金本氏も，話し合い活動を成立させるものとして「学級のもつ雰囲気」をあげ，どのような学習共同体をつくるかということが，話し合い活動を成立させていくには大切になってくると述べている（金本，1998)。

以上のことから，個人の創造性に加えて，教室文化といった要素も創発に影響を与える要因であると捉えることができる。

さらに，秋田氏・齋藤氏は，柔軟的発想の阻害要因として機能的固着があることを述べている(秋田・齋藤, 2010)。創発研究は創造性研究とも関係が深いと考えられることから，算数科授業における創発を考える際には，この阻害要因についても考察しておかなければならない。

秋田氏・齋藤氏は，柔軟的発想の阻害要因として，解決方法における機能的固着があることを明らかにしている（秋田・齋藤, 2010)。三宮氏も同様の指摘をしており，創造性を妨げる要因が存在し，それがもともとあったはずの創造性を押さえ込んでしまうと述べている（三宮，2001)。その要因として三宮（2001）は，「固着（とらわれ)」，「多数派への同調」，「権威主義的雰囲気」，「ゆとりのなさ」，「与えすぎ」をあげ，創造的思考力を高めるためには，創造性を妨げる要因をできるだけ排除する必要があると述べている。これらは，個々人の創造性の阻害要因であるが，飛田・三浦（2003）は，集団の創造性を阻害する要因について述べており，「プロセス・ロス」がその例として挙げられている

「例えばプロセス・ロス（Steiner, 1972）などがそれである。プロセス・ロスとは，集団サイズが大きくなるにつれ，社会的手抜き（Latane, Williams & Harkins, 1979)

の発生によって成員１人１人の課題遂行に対する動機づけが減少したり，課題遂行のためのコミュニケーションや努力の相互調整にかかるコストが増大したりして，結果的に集団のパフォーマンスが低下することを指す。」（飛田・三浦，2003，p 14）

このように，阻害要因には個人の創造性の阻害要因だけでなく，集団サイズが大きくなるにつれて発生する阻害要因があることから，授業における社会的相互作用においては，集団の創造的アイデア生成を阻害する要因が影響を及ぼすと考えることができる。

また，このプロセス・ロスについては，岡本氏もその具体例として次の四つをあげている。

「① 評価懸念（evaluation apprehension）－ブレインストーミングでは次々と新奇な意見を算出することが求められる。しかし，自分の意見が他メンバーから否定的に評価されないかという懸念が生じ，発言を控えてしまうというのが評価懸念という阻害因である。この阻害因は，奇抜なアイデアを求められるブレインストーミングだけでなく，集団の中で人が話すときにはいつでも作用する可能性がある。

② 発言量の同調（production matching）－この阻害因は，どの程度自分が発言（発案）しようとするかを，他のメンバーの発言量を参照しながら決めてしまう傾向を指している。つまり，他の人があまり発言しないようであれば，同じように自分も発言を控えるという一種の同調行動が生じることに注目した要因だと言えるだろう。この発言量の同調も，評価懸念の阻害因と同様に，集団で話し合う場面であれば常に参加メンバーに作用する可能性がある。

③ ただ乗り（free riding）－ただ乗りは，他のメンバーの努力に期待する一方で，自分は手を抜き，努力を惜しむことを指している。集団で行うことによって課題遂行に貢献しようとする個人の動機づけが下がり，その結果として全体の課題遂行に向けられる力が減ってしまうのである。これは，自分の努力が全体の成果にどの程度貢献するのか，その度合いが明確ではない場合や，自分が何もしなくとも他の優秀なメンバーの頑張りで目標を達成できるような課題において生じがちである。

④ 発話のブロッキング（production blocking）－この阻害因は，通常の対面集

団（顔を実際につき合わせて話し合う集団）では，一時点で発話可能なメンバーが一人であることに起因する。よくあるような会議場面を思い浮かべればすぐにわかるが，誰かが発言しているときにもう一人が同時に発言することは不可能，もしくは許可されないだろう。ブレインストーミングを行うときも同様に，誰かが発言しているときにはそれに耳を傾けている必要がある。さらに，ブレインストーミングでは，他の人が話している間にもアイデアを考え，しかもそれを忘れないようにしなければならない。また，アイデアを忘れないよう記憶を保持する間は新たなアイデアを考えることができない。このように認知資源の制約から損失（ロス）が生じるのが，発話のブロッキングという阻害因である。」（岡本，2006，pp 16-17）（下線筆者）

以上のように，これらの阻害要因は，ブレインストーミング課題固有のものではなく，集団で話し合いを持つ様々な場面でも生じる可能性があり，このような阻害要因が最終的な結果にどのような影響を与えているのか知ることは非常に重要である（岡本，2006）。したがって，社会的相互作用を重視する本研究においても，創発の促進要因と対極的な要素である，創発の阻害要因も考慮した授業作りが必要であると考える。

第５節　社会的相互作用の分析に関する研究

授業を分析する一つの方法として，知識の協同構成場面における社会的相互作用の状況を解明する相互作用のある対話（transactive discussion，以下「TD」と略記する）が研究されている（例えば，高垣・中島,2004，高垣・田原，2005，高垣・田爪ら，2006，山本・松浦，2013 など）。TD に関する研究では，発話の内容を，その前後の自己や他者の発話との関連性によって分類した TD のカテゴリーを用いて分析している。TD のカテゴリーは，Berkowits & Gibbs（1983）によって，大きく表象的トランザクション（Representational Transaction）と操作的トランザクション（Operational Transaction）に分類・整理されているものであり，高垣・中島（2004）や高垣・田原（2005），山本・松浦（2013）などでも用いられている。そして，このような TD を視点とする分析は，知識の協同構成場面における社会的相互作用の状況を考察する方法として機能することが指摘されている（高垣・中島,2004）。

例えば，高垣・田原（2005）では，小学校第４学年を対象とした理科の「電池のはたらき」の授業場面において，児童の電流概念変容の背後に，いかなる要因が深く関与しているのかについて TD 分析を行っている。分析の結果，高垣氏・田原氏は，知識が協同的につくり上げられていくプロセスにおいて，認知的変化を引き起こす重要な要因は，他者の考えを引き出したり単に表象したりする「表象的トランザクション」ではなく，互いの考えを変形させたり認知的に操作したりする「操作的トランザクション」の対話の生成であることを指摘している（高垣・田原，2005）。

このように，TD 分析は，知識の協同構成場面における社会的相互作用の状況を解明する重要な手がかりになる（高垣・中島,2004）。したがって筆者は，知識が協同的につくられていく創発現象もまた，操作的トランザクションの生起，さらにはその連鎖が重要な要因になると考える。そこで，社会的相互作用において，操作的トランザクションの生成やその連鎖も創発に寄与する要因であると捉えることとする。

このように TD のカテゴリーに依拠して授業時の社会的相互作用を分析することにより，創発にはいかなる要因が深く関与しているかを明らかにすることができると考えられる。以上から，本研究においても TD 分析も用いて社会的相互作用を分析することとする。なお，本研究で用いる TD のカテゴリーは，高垣・中島（2004）および高垣・田原（2005）を参考

に，以下のように設定する（表 2-1）。

表 2-1　本研究で用いる TD のカテゴリー（高垣・中島，2004；高垣・田原，2005）

	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。
	1-f	併置	他者の主張と自己の主張を、並列的に述べる。
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。

この表 2-1 は，高垣・田原（2005）で用いられた表に，高垣・中島（2004）で挙げられている，「[併置] 他者の主張と自己の主張を，並列的に並べる」（高垣・中島，2004，p.476）を加えたものである。[併置] は二つの意見を並列的に並べる発話であり，例えばその発話例として，「A さんの考えは～で，B さんの考えは～ということだね。」のように，算数科授業においてもしばしば見られる発話である。したがって，本研究における TD のカテゴリーとして，[併置] も加えることとした。

以下，表 2-2 は本研究における各カテゴリーの発話例を示したものである。

表 2-2　本研究で用いる TD のカテゴリーの発話例

	カテゴリ		発話例
表象的トランザクション	1-a	課題の提示	「～について考えよう。」
	1-b	フィードバックの要請	「どういうこと？」「他の人はどうですか？」
	1-c	正当化の要請	「どうして？」「なぜそうなるの？」
	1-d	主張	「わたしは～だと思います。」「わたしの考えは～です。」
	1-e	言い換え	「Aさんと同じで～です。」「～ということですね。」
	1-f	併置	「Aさんの考えは～で、Bさんの考えは～ということだね。」
操作的トランザクション	2-a	拡張	「Aさんの考えに付け足しで～」
	2-b	矛盾	「Aさんは～と言ってるけど，～だから違うんじゃないかな。」
	2-c	比較的批判	「Aさんは～といったけど～だから、私は～と思う。」
	2-d	精緻化	「Aさんの意見につけたしで，例えば～だから，～だと思います。」
	2-e	統合	「つまり～ということじゃないかな。」

第6節　考察

本節では，数学教育学における創発に関する先行研究と，創発と関係が深い創造性に関する先行研究についての考察から，算数科における創発の特徴を踏まえて，創発の特徴を整理する。その特徴としては，大きく次の三つが挙げられる。

一つ目は，創発には，社会的相互作用の在り方が深く影響を及ぼしているということである。江森氏は，とりわけ反省的思考と反照的思考を見ることが重要であると述べている（江森,2010）。それは,表現の改良を通してより生産性の高い表現が創出されるかどうか,例示された表現を観照することにより新たな解釈が生まれるかどうかを見るということである。また，創発は主に反照的思考で解釈する段階において生起すると述べられており，創発の前段階として「何らかの驚き」がもたらされる局面が存在することも考えられる（江森，2010)。さらに，吉迫氏の研究からは，何を反省の対象としているかを見ることが創発を捉える視点となることがわかり（吉迫，2002)，数学的表現の関係づけや数学的表現の変容が創発と深く関わっている様子を捉えることができる。

このように，社会的相互作用の在り方が創発の一つの特徴といえるが，それを分析する一つの視点として，TD分析が有効だと捉えた。授業時のプロトコルを，表象的トランザクションと操作的トランザクションに分類して分析することで，創発と社会的相互作用の在り方の関係を見出すことができると考える。

二つ目は，様々なスケールの創発があるということである。吉迫氏の先行研究では，「異なる新しい指示の文脈の導入」と「古い指示の文脈の修正」の二つの創発プロセスのタイプがあることが示されている。そして，それらには反省の対象に相違があると述べられている（吉迫，2002)。吉村氏・山口氏・中原氏らの研究では，さらに，創発の内容だけでなく創発の主体までも含めた細かい分類が施され，創発を，創発の主体や創発の内容を含めた四つに分類している（吉村・山口・中原ら，2013)。二つの先行研究では共に，創発が分類できるという結論において類似している。しかし創発の分類方法においては，吉迫氏が何を反省の対象として創発したかで分類しているのに対し，吉村氏・山口氏・中原氏らは創発の内容と創発の主体を基に分類している点で相違が見られる。筆者は，何を反省の対象としているかは，創発を捉える視点として有効であると考え，その分類方法においては

創発の主体や創発の内容で分類する，吉村氏・山口氏・中原氏らの創発の四つの類型に依拠して考えたい。

三つ目は，創発には，その阻害要因も影響するということである。岡本氏が述べるように，集団での話し合いにおいては集団の創造性発揮の阻害要因が発生する。個人の創造性発揮の阻害要因と合わせて，特に集団の創造性を阻害する要因であるプロセス・ロスが創発に影響を及ぼす。

以上が創発に関する先行研究の考察から明らかになった，創発の捉え方や算数科における特徴を含めた創発の特徴である。

第３章

他分野における創発に関する先行研究

第２章では，主に数学教育学における創発に関する先行研究の考察から，算数科における創発の特徴等を明らかにした。しかし，まだまだ数学教育学において創発研究が十分になされているとは言い難い。そこで本章では，数学教育学以外の学問分野における創発研究では，どのような創発に関する研究がなされているかを概観する。その考察から，数学教育学における創発研究への示唆を得ることが，本章での目的である。

第１節　社会科学における創発に関する研究

第２節　教育心理学における創発に関する研究

第３節　教育工学における創発に関する研究

第４節　考察

第１節　社会科学における創発に関する研究

本節では，社会科学における創発に関する研究として，創発の企図について研究を行っている國領氏と熊坂氏の研究に注目する。

國領氏は，近年，創発は企業内の組織活力を語る上でも重要な概念になりつつあり，グローバルな競争の中で生き残るためには，知識創造による高付加価値が必須になっていることや，組織のメンバーを多様な刺激に触れさせ，創発してくる新しい知の中に新しい活力を汲み取っていくことが大切であると述べている（國領，2006)。さらに,「創発を誘発するような空間」を設計したり，作りこんだりすることは可能であり，創発が個の「つながり」の中から生まれるものという認識に至った時，創発の空間づくりは「価値を生むつながり」を生み出す空間の設計であると位置づけることができるとも述べている（國領，2006)。

つまり，國領氏は創発を偶然性に委ねるだけでなく，創発を誘発するような空間づくりを行うことが重要であると述べ，その可能性について言及しているのである。このことからも，算数科授業を創発空間にすることが可能であるとの示唆を得ることができる。

また熊坂（2006）は，方法論として創発を考えている。そして，創発が方法論として有効なのは,「発見のコンテキスト」においてであるとし，この発見には四つの方法があると述べている（熊坂，2006)。また，これらは単なる類型ではなく，一つの発見の方法において移行関係にある四つの局面であるとして図 3-1 を示し，次のように，アウトカム（何らかの成果）と展開について述べている。

「最初は，アウトカムがまったく認知されない混沌の状態から，突如（予期不能）として創発が起こって，発見価値のあるアウトカムが産み出される。そして，そのアウトカムが秩序化し安定化（予期可能）することで構造となり，この構造が無意識化（あるいは身体化）されることで自明なアウトカム（常識）となる。さらに，この自明のアウトカムが，長期的な沈静を経た後に深く懐疑されると，その自明性が一瞬（予測不能）にして新しいリアリティである混沌に戻って行く。」（熊坂，2006，p 17)

つまり，創発を誘発する空間においては，「混沌」の局面の後，「創発」の局面が訪れ，「構造」，「自明」へとその局面が展開し，再び「混沌」の局面へと続いていくと言える。このように，創発の特徴を理解するためには，関連する「自明」，「混沌」，「構造」の三つの概念との関係性を考えることが重要であると言える。

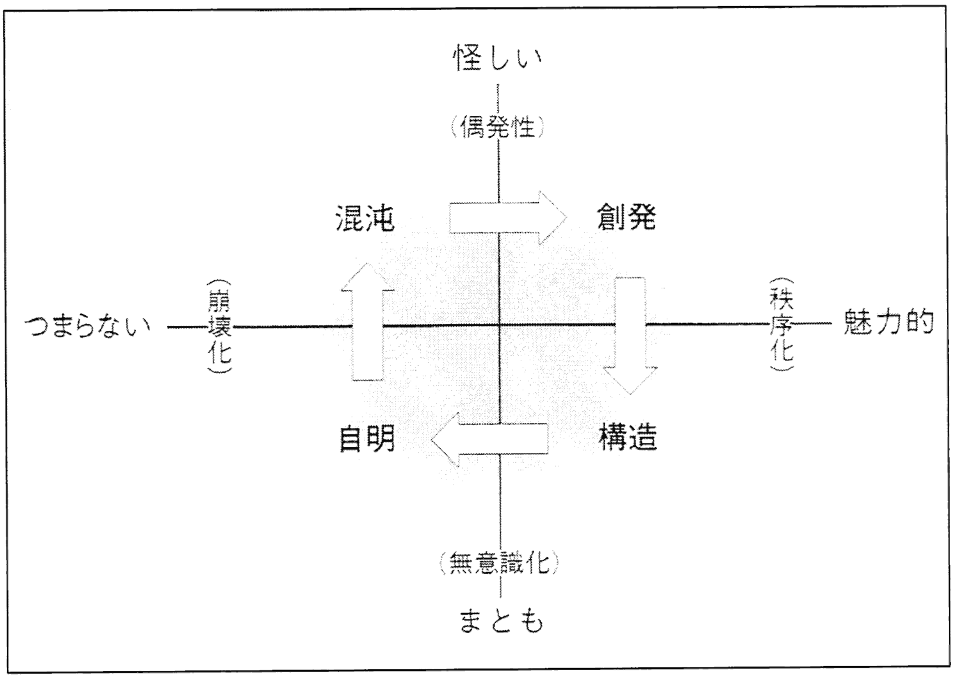


図 3-1　4 つの発見のスタイルと移行関係にある 4 つの局面（熊坂, 2006, p. 15）

第 2 節　教育心理学における創発に関する研究

続いて教育心理学における創発に関する研究を考察する。ここでは，國領氏の述べる「創発を誘発する空間」とも関連が深いと考えられる蘭・高橋（2013）について考察する。

蘭氏・高橋氏は，教育心理学の視点から，今日，学級経営が困難になっている理由として学級集団が社会的な影響を受けていることを挙げている。そして，これから求められる学級経営として以下のように述べ，「創発学級」を提案している（蘭・高橋，2013)。

「教育実践の場である学級経営は，生徒の自律したシステムと教師の適切な管理運営とのバランスを取る形での運用がもっとも現実的な対応である。本書はこうした学級経営によって導かれる学級集団を「創発学級」と呼ぶ。」(蘭・高橋，2013，p 320)

これは，授業における創発を誘発するものではないものの，創発を意識した集団についての研究という点で，本研究にも示唆を与えるものと考える。

またこの創発学級を生み出す方法として，妹尾氏が提案している創発を生む方法に基づいて考察している。妹尾氏の提案とは，次の六つの実践方法である。

「第一は，現在創発を生んでいるシステムを構成する個を取り替えること
第二は，現在創発を生んでいるシステムを構成する個の関係性を変えること
第三は，新たなコンセプトの下で，新たなシステムを設計的に構成し，計画的に“創発”を起こさせること
第四は，新たなコンセプトの下で，多様な個を集合させ，お互いを関係づけて何らかの“創発”を起こすように導くこと
第五は，多様な個が相互に関係づけを行なうような「場と機会」を設定して，そこで起こる大小様々な“創発”を発見し，そのうちのいくつかを取り出して育てること
第六は，上記のような“俯瞰的な”アプローチではなく，自らが“当事者”として，なんらかの「場と機会」に入り込み，その過程の中で“創発”を

起こしていくこと」(妹尾, 2007, p 144)

このように具体的にその実践方法について述べている。

また, この六つの方法について, 蘭氏・高橋氏は, 第一, 第二は「要素」に注目した変化の仕方を提案したものであり, 第三, 第四は「システムの再構成」を企図したものであるとして, システム及びその構成要素についての変更が創発を生み出すために重要であると述べている。また, 第五, 第六は「実践者」として自らが介入することでシステムを動かし, 創発を生み出すことを提案していると述べている (蘭・高橋, 2013)。

これらを算数科授業において考えると, 第一, 第二は「児童」に焦点を当てたものと捉えることができる。つまり, 児童間や児童と教師との関係性, 数学的表現の関係性を変えるということである。また, 第三, 第四は, 授業を含む「環境」に焦点を当てたものと捉えることができる。これは, 創発を, 設計的・誘導的に生起させるということである。そして, 第五, 第六は, 授業者である「教師」に焦点を当てたものといえる。その場合には, 創発を起こす役割としてだけでなく, 創発生起の一員としての役割も考えられる。

また, 蘭氏・高橋氏は以上の考察を踏まえ,「創発学級」を生み出すポイントとして, 以下のようにまとめている。

「創発学級を生み出す 4 つのポイント

(1) 個人の特性, 構成要素を変える。

(2) 関係性を変える。

(3) 場と機会を準備する。

(4) 教師自らが関与することで創発を起こす。」(蘭・高橋, 2013, p 322)

これらのポイントから, 創発を生み出すポイントとして, 教師は個人や集団の変容に気づきそれを認めることが重要であること, 生徒同士の人間関係や役割関係を組み替えて関係性を動かし, 創発的な人間関係を生むきっかけを与えることが重要であること, 適切な場と機会を準備することなどのトリガー (ひきがね) としての教師の働きが重要であることなどがわかる (蘭・高橋, 2013)。

さらにこのような観点から学級集団の複雑性の力を活用した学級経営の視点として, 次

の五つを示している。

「学級経営のための５つのポイント

〈聴く-Hear〉 生徒の特徴をつかむために，声を聴くこと。生徒に関する情報を収集すること。

〈分析-Analysis〉生徒の個性を理解し，その特徴について分析し，発達や成長の支援に資するようにする。

〈活用-Application〉 生徒の複雑な個性を活かす。生徒の多様な個性を活用し，学級集団を活性化する。

〈場づくり-Environment〉 生徒の個性が発揮させられるような「場をつくること」が重要である。

〈意図-Notion〉 生徒との議論や活動を通して教師の思いや意図を示すこと。」

（蘭・高橋，2013，pp 321-322）

これらは学級集団を指導する上で大きな意味があると述べられており，筆者はこれらが算数科授業においても，創発を促す授業づくりの教師の資質や態度として重要であると考える。

以上のように，蘭氏・高橋氏らは，創発という概念を学級集団に適用し，「創発学級」を育てることで，学級経営の困難性を解消することができ，子どもたちの自立性を育む教育が行えると述べている。これは，國領氏が述べる「創発を誘発するような空間の設計は可能である」という主張と整合するとともに，その方法論を考察していると捉えることができる。

第 3 節　教育工学における創発に関する研究

本節では，教育工学における創発に関する研究として，創発を促す社会的相互作用について研究を行っている安斉・森・山内（2011）について考察する。

安斉氏・森氏・山内氏は，創造性はかつて個人が発揮するものと考えられていたが，近年ではコラボレーションの重要性への認識が高まり創造性育成においてもコラボレーション体験を重視する声は多いと述べている。そして教育工学の視点から，大学生向けのワークショップにおいて，創発的コラボレーションを促すためのプログラムデザインの指針を示している（安斉・森・山内，2011)。この創発的コラボレーションについて，氏らは以下のように定義している。

> 「複数人のアイデアの連鎖によって新たなアイデアの創発が導かれるコラボレーションのプロセスを「創発的コラボレーション」と呼ぶことにする。」（安斉・森・山内，2011，p 135）

これは，創発を促すコミュニケーションのプロセスを分析する研究であると捉えることができる。さらに，安斉氏らは，活動における矛盾によって創発が導かれることを主張した指摘はいくつかある（例えば，エンゲストローム，1999）と述べ，ワークショップの活動に「矛盾した要素」を含ませたワークショップ実践とその分析を行っている（安斉・森・山内，2011)。

この実践は，ワークショップにおいて創発的コラボレーションを促すためのプログラムデザインの指針を示すことを目的にしている。対象は大学生で，ワークショップの内容は，「架空のカフェを企画し，そのミニチュアを制作すること」である。

この実践における「矛盾した要素」は，「危険だけど居心地が良い」というものであり，矛盾条件を伴う制作課題は，「危険だけど，居心地の良いカフェをつくる」となる。厳密に矛盾する条件のもとでは制作が不可能になることから，作品の制作課題に，相反するイメージを持ちながら多様な解釈の可能性を持った二つの条件を設定している。実践はこの矛盾条件で 4 回行い，比較対象として，「居心地の良いカフェをつくる」という通常条件で 4 回実践している。

また，実践分析に際し，次のように創発的コラボレーションが分類できることを示している。

「創発的コラボレーションⅠ（概念生成） 制作中に生まれた概念を基盤としない創発的コラボレーション。

創発的コラボレーションⅡ（概念変形） 制作中に生まれた１つの概念を引き継ぎ，再構成しながら，新しい概念が生成した場合の創発的コラボレーション。

創発的コラボレーションⅢ（概念結合） 制作中に生まれた２つ以上の概念同士を結合させながら，新しい概念が生成した場合の創発的コラボレーション。」

（安斎・森・山内，2011，p 139）

つまり，創発的コラボレーションによる概念形成には三つの方法があるということである。これは，個人のアイデアの連鎖から全く新しい概念が生成されることに加えて，既存の概念を変形させながら新しい概念が生成される可能性があることや，既存の概念を結合させて新しい概念が生まれるという，創発プロセスの可能性を示している。これは吉迫氏の，創発プロセスには「異なる新しい指示の文脈の導入」と「古い指示の文脈の修正」の二つのタイプがあるという主張と整合性がある。

そして，実践分析の結果，「矛盾条件」を設定することで創発的コラボレーションⅠとⅡが促されたと述べ，その理由を以下のようにまとめている。なお，創発的コラボレーションⅢは，発生の前提として結合可能な概念が二つ以上生成されている必要があることから，3パターンの中で最も発生率が低いと述べている。

「(1) 制作課題に「矛盾条件」を設定すると，条件に基づくアイデアの検討が誘発され，議論の視点が変化し，アイデアが吟味・再構成されることにより，概念の生成や変形が促される。

(2) 制作課題に「矛盾条件」を設定すると，制作物が様々な視点から捉え直され，

出来上がったものに後からの意味付けによる概念の変形が促される。

(3) ただし，参加者が 2 つの条件を「同時には成り立ちにくい，相反するもの」として解釈しなければ，制作中の視点に揺さぶりがかからず，創発的コラボレーションは促されない。」(安斎・森・山内，2011，p 143)

つまり，矛盾条件を設定することで創発の可能性が高まるということである。またその理由は，矛盾条件の設定によって視点に揺さぶりがかかることが上記まとめの (3) より考えられる。

以上のように，安斎氏らは，ワークショップという集団の中で創発を起こすためのプログラムデザインの原則を提案している。ここでは,「矛盾条件」の効果に着目しており，実践での条件が厳密な矛盾条件ではないことを考えると，創発を促す条件として,「多様な解釈ができる状況」が有効だと捉えることができる。これは，第 1 節で述べた，熊坂氏の，混沌の状態から創発が起こるという主張との関連もみられ，矛盾条件や多様な解釈ができる状況が混沌を生み，創発を誘発すると考えることができる。

第 4 節　考察

本節では，第 1 節，第 2 節で考察した先行研究を整理することで，数学教育学における創発研究への示唆を得たい。

まず，社会科学における國領氏と熊坂氏の研究について整理する。國領氏は，「創発を誘発するような空間」を設計したり，作りこんだりすることは可能であると述べている（國領，2006）。また，創発を，個の「つながり」の中から生まれるという認識に至った時，創発の空間づくりは「価値を生むつながり」を生み出す空間の設計であると述べている。つまり，算数科授業においては，個のつながりや数学的表現同士につながりを持たせることが，新しい価値を生み出すことにつながると捉えることができる。また，それが創発を誘発するような授業空間ともなる。

さらに，熊坂氏はその方法論として，発見には四つの方法があることを述べ，これらは単なる類型ではなく，一つの発見の方法において移行関係にある四つの局面であるとして図 3-1 を示している（熊坂，2006，p 15）。

この図 3-1 は，創発を誘発する空間における四つの局面の移行関係であり，創発の場づくりにも関わる内容である。これを算数の授業展開に置き換えて考えてみる。

授業で学習する内容は基本的に未習事項である。課題解決の直接的な知識を持っていないこの場面は「混沌」の局面であると捉えることができる。そして練り上げを通して課題の解決が図られる。つまり「構造」の局面を迎えることとなる。さらに，「構造」が安定化し，「自明」の局面となって次の課題へと向かうのである。これは，「混沌➡構造➡自明」という流れである。本研究では，この授業展開に，「創発」という概念を加えた授業づくり（「混沌➡創発➡構造➡自明」）を考えることが目的である。その意味から，図 3-1 で示した熊坂氏の「4 つの発見のスタイルと移行関係にある 4 つの局面」を，算数科授業における創発概念を取り入れた授業展開モデルとして表すと図 3-2 のようになる。

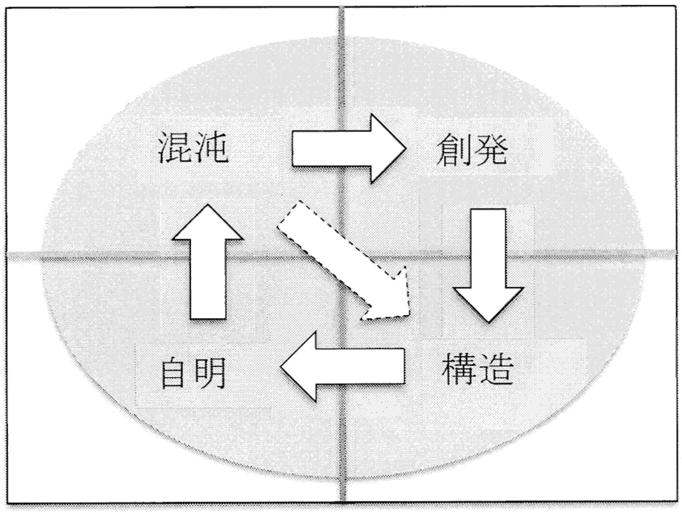


図 3-2　算数科授業において典型的な創発が生起した授業展開モデル

次に，教育学における蘭氏・高橋氏の研究と安斎氏・森氏・山内氏の研究について整理する。

蘭氏・高橋氏の研究では創発学級が提案され，それを生み出す四つのポイントが示されている。四つのポイントの内，「(1) 個人の特性，構成要素を変える」や「(2) 関係性を変える」は，授業の中での関係性を変えることが創発を生み出す重要な要素であるということであり，児童間の関係性はもちろんのこと，児童と教師の関係性や授業時における複数の表現の関係性を変えることなどが，創発を生起させる重要な要素だと解釈することができる。そして，「(3) 場と機会を準備する」は創発を生み出すような算数科授業が必要であるということであり，「(4) 教師自らが関与することで創発を起こす」というのは，創発を生み出すには，トリガーとしての教師の関わりが影響を及ぼし，教師は創発が生まれるように促すだけでなく，自らも創発生起の一員として参加することが重要であると捉えることができる。

また，安斎氏・森氏・山内氏の先行研究では，「矛盾条件」の設定が創発に影響を及ぼしていることがわかる。算数科授業において「矛盾条件」の設定は，教材に関わる内容である。予想していた結果と異なる状況，いわゆるミスコンセプションの状況や，多様な解釈ができる状況，意見の対立がおきるような状況などが教材に組み込まれることによって，「混沌」の局面が生起する可能性が高くなる。そして，それが新たなアイデアの創発を導

く条件になると考えられる。つまり，算数科の授業づくりにおける教材への工夫が創発に影響を及ぼすと考えられる。

本章では，他の学問分野における創発研究から数学教育学における創発研究への示唆を得るため，どのようにすれば創発が生起しやすいかという場作りや働きかけに関する研究に着目した。その結果，創発を捉えるためのミクロな視点による社会的相互作用の分析だけでなく，教師の役割や関係性というマクロな視点からも算数科授業における創発を考察することが必要であるとの示唆を得た。

第４章

算数科授業における創発の枠組

本章では，先行研究から明らかになった創発に寄与する要因を考察する。そして，その各要因を整理し，算数科授業における創発に寄与する要因の枠組を示すことが，本章の目的である。

第１節　創発に寄与する要因

第２節　算数科授業における創発の枠組

第 1 節　創発に寄与する要因

これまで，第 2 章，第 3 章において，先行研究を考察し，創発に寄与する要因について検討してきた。本節では，先行研究から明らかになったこの創発に寄与する要因を整理することを目的とする。

まずは，第 2 章の数学教育学の先行研究の考察から明らかになった創発に寄与する要因について述べる。第 2 章の先行研究の事例分析からは，次の要因を捉えることができた。

・数学的表現の変容
・解釈
・関係づけ
・創造性
・教室文化
・操作的トランザクション

吉迫氏，江森氏，吉村氏らの研究におけるいずれの事例においても，社会的相互作用によって創発しているが，社会的相互作用が行われれば創発するというわけではない。何がその要因となっているかを分析する必要がある。例えば，その要因の一つとして数学的表現の変容を挙げることができる。江森氏は，この表現の変容過程で行われる思考を反省的思考と呼び，この反省的思考による表現の改良を通して，より生産性の高い表現が創出されると述べている。また，吉迫氏の研究や吉村氏らの研究においても，創発を捉えるために，数学的表現の変容の過程や，その関係づけを分析している。そして，この数学的表現の変容が，江森氏の述べる反照的思考による解釈を促し，いずれの事例においても創発が生起していることがわかった。以上のように，数学的表現の変容や解釈，関係づけが創発生起に大きく寄与していることがわかる。つまり，これらは，集団における児童の力として必要な要因である。

さらに金本氏が，学級の持つ雰囲気が話し合い活動を成立させるのに大切であると述べるように（金本，1998），創造性研究からは，個人の創造性に加え，集団の態度特性としての教室文化も創発に寄与する要因として見出すことができる。

第 2 章の先行研究の考察から，以上のような創発に寄与する要因を見出した。これらの要因の分析が，算数科授業における創発を考える際には欠かすことができない。しかし，プロトコル分析だけで，創発に寄与する要因や授業における社会的相互作用のダイナミズムを分析するのは難しい。特に，社会的相互作用の在り方や数学的表現の変容が，どのような解釈をもたらし，創発に寄与したかを分析するには，十分ではないと考える。

これについて例えば畑中氏は，児童・生徒の解釈や寄与が重視されるようなパターンを，よりよい相互作用のパターンと呼び，よりよい社会的相互作用を目指すためには，よりよい相互作用のパターンの形成が重要な役割を担うと述べ（畑中，2000），よりよい相互作用とはどのようなものであるかを明確にして相互作用のパターンを分析している。

したがって本研究でも，授業時の社会的相互作用によってどれだけ児童が解釈をしたか，また創発に寄与したかを明確にする必要があると考える。そこで，その分析方法の一つとして，第 2 章で述べた TD 分析を取り入れることとする。

TD 分析は，知識の協同構成場面における社会的相互作用の状況を解明する重要な手がかりになることが指摘されており（高垣・中島，2004），高垣氏・田原氏によると，認知的変化を引き起こす重要な要因は，互いの考えを変形させたり認知的に操作したりする「操作的トランザクション」の対話の生成である（高垣・田原，2005）。つまり，創発に強く影響を及ぼす発話のカテゴリーは操作的トランザクションであることから，この操作的トランザクションを生成したり連鎖させたりするといった，操作的トランザクションを展開させる力を，創発に寄与する要因として捉えることとする。

次に，第 3 章の他の学問分野における先行研究から見出すことができた創発に寄与する要因を示す。大きく次の三つである。

・混沌の局面
・教材の工夫
・トリガーとしての教師の役割

熊坂氏の研究では，「4 つの発見のスタイルと移行関係にある 4 つの局面」（図 3-1）が示され，創発の前局面として混沌の局面があることが述べられている。

また，安斎氏・森氏・山内氏の研究では，「矛盾条件」の設定が，創発的コラボレーショ

ンを促進させている様子を捉えることができた。これは，江森氏が「何らかの驚き」が反照的思考による創発をもたらすと述べていること（江森，2010）と類似している。つまり，驚きや矛盾といった要素が教材に組み込まれていることにより，混沌の局面が訪れ，創発が生起すると考えられる。

さらに，蘭氏・高橋氏の研究では，「創発学級」が提案されているが，ここからは関係性を重視することや，創発のトリガーとしての教師の役割の重要性を捉えることができる。もちろん教室文化とも関係するが，一人一人の児童を関係づけたり，児童の関係性を変えたりするには座席配置などの教室環境も創発に寄与する要因として外すことができない。

第 2 節　算数科授業における創発の枠組

本節では，第 1 節で明らかにした創発に寄与する要因を，算数科授業との関係から構造化することで，算数科授業における創発に寄与する要因の枠組を示す。以下，この枠組を「算数科授業における創発の枠組」と呼ぶ。

これまでの考察から，創発に寄与する要因として以下の要因を見出すことができた。

（創発に寄与する要因）

・操作的トランザクション展開力

・数学的表現を変容させる力

・解釈しあう力

・関係づける力

・創造性

・教材

・教室文化

・教室環境

・創発トリガーとしての教師

第 2 章の数学教育学の先行研究からは，「操作的トランザクション展開力」，「数学的表現を変容させる力」，「解釈しあう力」，「関係づける力」，「創造性」，「教室文化」の六つの要因を抽出した。これらのうち「教室文化」を除いた五つは，いずれも【児童】に関係する要因であると考えられる。

一方，第 3 章で考察した他の学問分野の先行研究からは，「教材」，「教室環境」，「創発トリガーとしての教師」の大きく三つの要素を抽出することができた。これらは児童に関係する要因というよりも，算数科授業を構成する主要素ということができ，さらに【教師】と【環境】とに大きく分けることができる。

以上のことから，算数科授業を【教師】，【環境】，【児童】という大きな括りで構成されたものと捉え，ここに創発に寄与する要因を位置づけて構造化したものが，図 4-1 の「算数科授業における創発の枠組」である。なお，「教室文化」は，児童だけでなく他の事柄も

関わっており，また第 3 章で抽出した要素とも関係もしていることから，【環境】に関係する要因として位置づける。

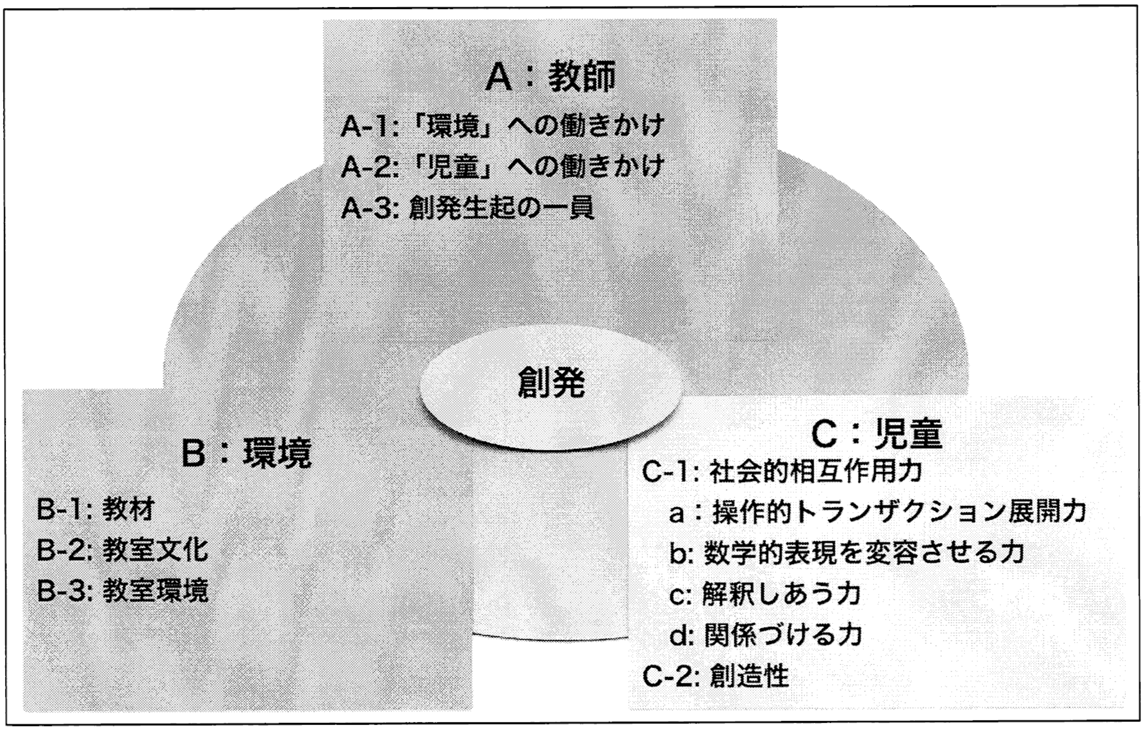


図 4-1　算数科授業における創発の枠組

上述したように，算数科授業を構成する大きな枠として，【A：教師】，【B：環境】，【C：児童】を設定する。これによって，創発が様々な要因が複雑に絡み合って生起することを表すことができる枠組となる。つまり，【C：児童】における要因が活性化すれば創発するというわけではない。そこにはやはり，【A：教師】や【B：環境】の要因も大きく影響するということであり，これら【A】，【B】，【C】がうまく絡み合うことで創発すると考えられるのである。

【B】，【C】の各要因についてはこれまで述べてきた通りである。ここでは，【A】について説明する。【A：教師】には，創発トリガーとしての教師の役割として，大きく次の三つがあると考え，それぞれ A-1，A-2，A-3 と要因を示した。

A-1 は，【B：環境】への働きかけである。活発な社会的相互作用が行えるような教室文化や教室環境をつくることはもちろん，特に算数科授業における創発を考えるときには，教材への働きかけが大きい。いかに，混沌の局面をつくるかということにもなる。これは，

蘭氏・高橋氏が示した創発学級を生み出す「(3) 場と機会を準備する」という点とも関係する。

A-2 は,【C　児童】への働きかけである。児童に関係する創発に寄与する要因をいかに引き出し,活性化させるかが重要になる。これは,蘭氏・高橋氏が示した「(1) 個人の特性,構成要素を変える」,「(2) 場と機会を準備する」という点とも関係する。

そしてA-3は,創発生起の一員としての役割である。例えば,吉村・山口・中原 (2013) では,教師自身も想定していなかったと思われる創発事例が考察されている。そして,様々なスケールの創発があることを述べ,創発の主体が「教師＋児童」であるものと,「児童」によるものとで分類されている。前者の場合は,創発生起の一員となっており,より創発を企図するためには,この創発生起の一員という意識は欠かせず,蘭氏・高橋氏が示した「(4) 教師自らが関与することで創発を起こす」の点とも関係する。

以上,先行研究の考察から創発に寄与する要因を同定し,「算数科授業における創発の枠組」を構築した。次章では,実験授業を通して創発に寄与する要因の検証を行い,「算数科授業における創発の枠組」への示唆を得ることとする。

第５章

創発に寄与する要因検証のための実験授業

本章では，先行研究をもとに構築した「算数科授業における創発の枠組」の各要因が，実際の授業場面において，どのように創発に寄与するかを検証することを目的とする。そこで，第５学年と第６学年の児童を対象に実験授業を行い，授業分析を通して，創発に寄与する要因について検証し，「算数科授業における創発の枠組」への示唆を得る。

第 1 節　実験授業の概要

本節では，第 4 章で示した「算数科授業における創発の枠組」に基づいて行う，実験授業の概要を示す。

1.　実験授業の目的

先行研究における創発事例の分析及び考察から，創発に寄与する要因を明らかにしてきた。この創発に寄与する要因が，実際の授業場面でどのように創発に影響を及ぼすかを分析する。その結果から，「算数科授業における創発の枠組」への示唆を得ることが実験授業の目的である。

2.　実験授業の時期及び対象

実施時期	平成 26 年 5 月 8 日，5 月 9 日
対象児童	兵庫県内公立小学校
	第 5 学年 A 組（39 人），第 5 学年 B 組（39 人），第 6 学年 C 組（34 人）

3.　実験授業の問題と方法

実験授業は筆者が行い，その様子をビデオカメラで記録する。授業では次の問題（図 5-1）を用いた。なお，以下では，分数の表記については，例えば，「$\frac{1}{3}$ m」を「1/3m」と表記する。

［問題］□はどのように表すことができるかな。

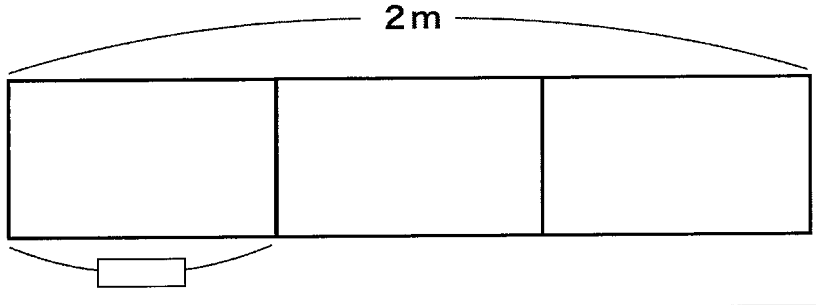


図 5-1

第3章，第4章で述べてきたように，授業づくりにおいては混沌の局面の生起が創発に寄与すると考えられる。そこで，本実験授業では学習者の意見が対立し，混沌の局面が生起することが期待される問題として，この問題（図5-1）を扱う。

平成22年度の全国学力・学習状況調査の「算数A」においても，以下のような問題が出題されている。

「2Lのジュースを3等分すると，1つ分の量は何Lですか。答えを分数で書きましょう。」(国立教育政策研究所，2010)

この問題に対する第6学年の児童の通過率は40 6%であり，その誤答として1/3Lが19 7%を占め，誤答の中で最も高い割合となっている（国立教育政策研究所,2010)。これは，分割分数の考えと量分数の考えの混同が影響していると分析されていることから（山口ら,2014)，この問題では混沌の局面が生まれやすいと考えられる。こうして生まれる混沌の局面が，混沌を解消しようとする児童の社会的相互作用を促し，その結果，創発が生起するのではないかと考えられる。これは，「算数科授業における創発の枠組」（図 4-1）における「B-1　教材」に対応する。

4.　分析方法

- 創発に寄与する要因に着目し，着目した要因のそれぞれに基づく授業づくりの視点を作成して，実験授業を行う。
- 授業を録画した映像資料に基づき，授業中の発言を，プロトコル分析し，さらにTDのカテゴリーを用いて分析することを通して，創発に寄与する要因が創発にどのように寄与したかを検討する。

本実験授業に際し，3 で述べたように，「B-1　教材」も考慮するが，ここでは同じ問題を複数の学級で用いることとする。また，児童が主体的に授業に関わることができるよう，「A-1 「環境」への働きかけ」や「A-2 「児童」への働きかけ」も考慮して授業を行うが，本実験授業では，特に【C　児童】に位置づけた創発に寄与する要因について考察することとする。

また，実験授業は3学級で行うことから，特に次の三つの要素に着目して実験授業を行い，分析することとする。

C-1a　操作的トランザクション展開力
C-1b　数学的表現を変容させる力
C-1c　解釈しあう力

第２節　授業づくりの視点

本節では，本実験授業で着目する創発に寄与する要因に対応する授業づくりの視点を設定する。

授業づくりの視点Ⅰは，操作的トランザクションの対話の生成に関する視点である。先行研究で述べられているように，互いの考えの変形や認知的変化が見られる要因の一つとして，操作的トランザクションの対話の生成がある（高垣・田原，2005）。つまり，新しい知識や考え方が生み出される創発もまた，操作的トランザクションの対話が創発に寄与すると考えられる。そこで，操作的トランザクションに着目し，操作的トランザクションを含む社会的相互作用が展開することにより児童の考えが変容し創発に寄与するのではないかと考え，授業づくりの視点Ⅰを設定する。

授業づくりの視点Ⅱは，数学的表現の変容に関する視点である。例えば，吉迫氏の研究における「新しい指示の文脈導入」の事例は，数学的表現を反省の対象としており，数学的表現の変容が新しいアイデアの生成につながっている。また，江森氏も反省的思考による数学的表現の変容によって，新しいアイデアを創出する数学的表現へと変容し，新たな解釈が生み出されて創発すると述べている。このように，数学的表現の変容が行われることにより児童が新たな解釈を行うことにつながり，その結果，創発に寄与するのではないかと考え，授業づくりの視点Ⅱを設定する。

授業づくりの視点Ⅲは解釈に関わる視点である。例えば，吉村氏らの研究における事例でも，児童の自由な解釈が行われることにより，見方によって図形の捉え方が変わるという数学的な見方に関する創発が生起している。また江森氏も，反照的思考で解釈する段階において創発が生起すると述べている。以上から，児童に解釈を委ね，互いに解釈しあうことにより，それまでの考えや数学的表現に対する自由な解釈が行われ創発するのではないかと考え，授業づくりの視点Ⅲを設定する。

［視点Ⅰ］操作的トランザクションを含む社会的相互作用により，児童相互の考えが変容していき，創発につながる

［視点Ⅱ］数学的表現の変容が行われることにより，児童が新たな解釈を行い，創発につながる

［視点Ⅲ］児童に解釈を委ねることにより，それまでの考えや数学的表現に対する自由な解釈が行われ，創発につながる

この三つの視点に基づいた実験授業を以下の各学級で行い，それぞれ考察することとする。

・第５学年Ａ組　視点Ⅰによる，操作的トランザクションに着目した授業
・第５学年Ｂ組　視点Ⅱによる，数学的表現の変容に着目した授業
・第６学年Ｃ組　視点Ⅲによる，解釈しあう力に着目した授業

第３節　授業の実際

1. 視点Ｉによる授業

第５学年Ａ組では，視点Ｉに基づき，操作的トランザクションの対話の生成に着目する。しかし，児童が自発的に認知的変化を引き起こす操作的トランザクションの対話を生成していくことは難しいことが予想される（高垣ら，2008）。そこで，教師も積極的に操作的トランザクションの発話を行うことで児童の操作的トランザクションの対話の生成を促すこととした。また，認知的負担の軽減と授業時間を考慮し，新たな数学的表現（図）の提示は積極的に教師が行うこととした。

（1）授業前半

問題を提示すると，すぐに「□は分数で表せば良い」という考えが児童から提案された。その後，「3/2」や「2/3」，「1/3」などの意見が児童から出されたが，その後の話し合いですぐに「1/3」か「2/3」という二つの意見の検討となった。そして，次のような議論が展開された。

児童Ａ　2/3 だと思います。理由は 2/3＋2/3＋2/3 は 6/3 で，6/3 は２なので，それでメートルをつけたら 2m になるからです。

教 師　え，どういうこと？みんなわかった？【発言１】

児童Ａ　だから，□が３つあって 2/3 で・・・

教 師　ちょっと待って。□が３つって，どういうことかな。

児童Ａ　（指差して）その 2m の。

教 師　これか？

児童Ａ　そう。その□が３つあって，で，それに１つずつ 2/3 をすると，2/3＋2/3＋2/3 は 6/3 で，6/3 は２なので，メートルをつけたら 2m になると思うからです。

児童数名　あ～。【発言２】

教 師　あ～っていうのが出たけど，今さ，なんかメートルをつけたらって言った？メートルをつけたらってことは　君の考えは 2/3 じゃなくて 2/3m ってこと？【発言３】

このように，教師が児童Aの考えを解釈して言い換え【発言3】，量分数の考え方と分割分数の考え方を顕在化させた。その後，再び児童に，自分の考えは「1/3」なのか，「1/3m」なのか，「2/3」なのか，「2/3m」なのかを問いかけた。

（2）授業後半

この問いかけに対し，隣同士で相談するなど混沌の局面が生起した様子が見られた。しかし，児童は積極的に図を使って説明しようとはせず，「私は1/3だと思います。」などと各自の主張が続き，依然として混沌の状態が続いた。そこで，「誰かこれ（1mのテープ図）を使って説明できないかな？」と新たな図を教師から提示した。

この後も積極的に児童が図に線を入れたり，動かしたりするといった操作は行わなかったものの，図による「1m」の顕在化によって，「□が 1/3m」という考えはふさわしくないことが確認された。また，「2/3」という考えの意見もなかったことから，□は「1/3」か「2/3m」で表すことができると全体で確認を行い，授業を終了した。

2. 視点Ⅱによる授業

第5学年B組では，視点Ⅱに基づき，数学的表現の変容に着目する。そのためには，児童に図を変容させる必要があることから，教師は図の変容を促す発言を行ったり児童に黒板前で発言するよう促したりすることとした。また，児童が図の変容を行う時間を確保する必要があるため，第5学年B組の実験授業は2時間扱いの指導計画とした。

結果として，図の変容が児童に知識の共有を促している場面が見られた。ここでは，それらの場面を取り上げ，考察する。また，(1）の場面では新しい考え方が創発したと捉えることができる。

（1）1時間目

問題を提示すると，「計算をしたらいい」という意見が出された。しかし，「200－3」は割り切れないことがわかり，小数ではなく分数で表すという考えが共有された。その後，「2m（全体）の1/3」と「2/3」，「2/3m」の考えが出され，自力解決の時間を取った。各自，自分の考えを持つことで，□はどう表せば良いかについての議論となった。そこで，ある

児童が行った「2/3m」の考えの説明後，「あ，そっか。」と発言した児童Bの気づきによって，混沌をもたらす問いが発生した。

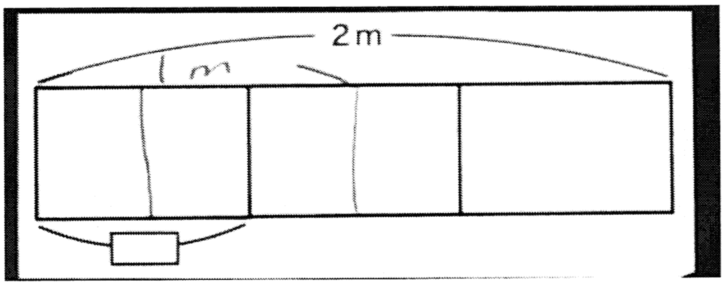
教 師　今，あっそっか，っていったけど，何があっそっか，なの？
児童B　え，2/3m は，3 個にわけた 1 個分　。え？　あ，おかしいな。それやったら，□じゃない！
児童C　なんで？
児童B　それ 3 個に分けた 1 個分。2 個になるから，1 個分求めるんやから。2 個分になってまう。3 個に分けた 2 個分。

児童Bは「2/3m」の考えの説明を聞き，はじめはわかったつもりになっていたが話し始めると，量分数の見方と分割分数の見方が混在し，自己の中に矛盾が生じている。結果，「2/3m だったら 3 個に分けた 2 個分を表すことになるので，□を表すのは 2/3m ではない」と話した。その後，教師から児童Bの気持ちはわかるかと全体に問うと，教室全体に混沌の局面が訪れた。そして，この問いに答える形で児童Dが説明を行った。

教 師　わかる？今の気持ちが？今の気持ちわかる？じゃあ，どうぞ。
児童D　一応わかるんやけど，もともと分数ってのは，1 をいくつに分けたいくつ分であらわす数字やから，
教 師　1 をいくつに分けたいくつ分。
児童D　もともと，2m にはちょっと計算には使えないけど，え，と O さんは，2m は，え，と最初に 2/3m を O さんが発表した時に言ったけど，2m は　まちがえた，1m は 2m のわる 2 で，このプリントに書いてある図を半分にわって　【発言 4】
教 師　じゃあ，ここ（図）にちょっとわってくれますか。鉛筆でそこでわっても見えないから。
児童D　（黒板前に出て，2m の図を半分に分ける線を引き）これが，1m。になります。（＊1）

児童Dが説明の中で「1m」の話をしたところ【発言 4】で，教師は図の変容を促した。

そして，児童Dは2mの図の真ん中に線を入れ，1mのテープ図を顕在化させた（＊1)。この説明後，「あ〜！」，「ほんまや！」などと多くの児童が発言し，全体で「1m」の考えが共有された。今まで見えなかった量分数の基準になる「1mのテープ」が表れた瞬間であった。さらに，「こうするともっとわかりやすいんやけど…」と，1mのテープを3等分し，児童が主体的に図を変容させながら「1mの3分の2は,2mの3分の1と同じ数になる」と述べ，さらに全体での共有が図られた。図の変容が共有をもたらした場面である。

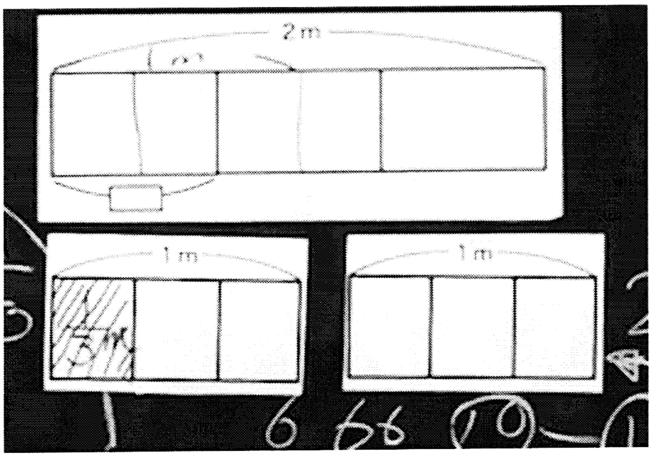


これを受けて，教師が別の新しい1mのテープ図を提示し，それを使って話をすることを求めた。そして，これらの図を反照的思考で解釈した児童Eが次のように述べる。

児童E：1mは，ここが1/3で。

教 師：あ，じゃ，ここが1/3で，ってとこに斜線を。

児童E：<u>これが1/3mで</u>，これが，3つ分あるので，それの計算をして3/3は1m。もう一つ，こっちにもあるからそれと一緒に計算したら，答えが…（ここで教師から，もう1枚同じ1mの図を渡す。）これがこうで（右側に貼る)，全部ここの幅は一緒で，それを，計算したら両方3/3になってそこから3/3は1で，<u>その1+1をして，2で答えは2/3m。</u>【発言5】



ここで，授業終了時刻となったため，この考えが全体で共有されるまでには至らなかったが，1/3m がどの部分を表すかについて，全体で理解をはかることができた。

（2）2 時間目

前時に出された考えを振り返るところから授業が始まった。その後，前時に続いて「2/3m」の考えの説明が行われた。しかし，前時で 1m のテープ図が 2 枚提示されたことにより，2m のテープ図が 6 等分されているように見える。これを受け，「2/6m」ではないかという見方をする児童が現れた。この考えに反論する形で児童 E が，「6/6 になったら 1m っていうことになるから，そこの長さが 1m になる。」と意見を述べ，次のような議論が展開された。

児童 F：2m って 1m の 2 倍やんか，これを合わせずに，これをあえて，これと同じ 3 等分してみたら，1/3m じゃないですか。で，これ 1m・2m で 2 倍。だから，この 1/3 した数を 2 倍すればいい。

児童 G：そういうことか。

教 師：こういうことですよね（もう 1 枚，1/3m の部分に色が付いた 1m の図を提示)。1/3m が，1m が 2 倍だから 2 つ分ということですよね。

児童 H：あ！

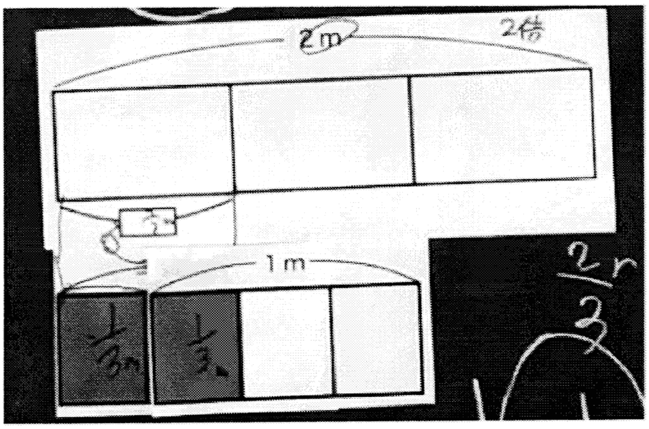
児童 F：これが 2 倍やから

児童 I：そういうことか！

児童 F：(図を移動させながら色のついた部分を合わせて) 2 倍して 1/3 と 1/3 で，2/3 になる。

教 師：1/3m かな？

児童 F：1/3m と 1/3m で，これをあわせて（図の中に 1/3m と書きながら)，ここまでやから，1/3m が 2 つで，2/3m。



この児童Ｆの説明後，ようやく，「わかってきた～」，「わかりやすい」などの発言があり，2/3m が□を表すという考えが全体で共有された。

その後，残っている「1/3」と「2/3」という考えは間違いなのかを問い，残りの見方について議論が続いた。結果，「1m の 2/3 と言うか，2m の 1/3 と言うかだと思います。」や「2m を 3 個に分けた 1 つ分であり，1m を 3 個に分けた 2 個分。」といったような発言があり，「長さで表すと 2/3m」であり，見方を変えて 2m を基準にすると，「2m の 1/3」ということもできることを確認して授業を終えた。

3. 視点Ⅲによる授業

第 6 学年Ｃ組では，視点Ⅲに基づき，児童の解釈しあう力に着目する。ここでは，児童による解釈が促進されたと考えられる二つの場面を取り上げる。なお（2）においては，新たな見方が創発したと捉えることができる。

（1）授業前半

問題を提示するとまず，「2－3」という式が出された。その後も，「1/3」や「2/3」の考えが出されたことから，□はどのように表すことができるかという本時の課題を確認し自力解決の時間をとった。その後の全体での練り上げの時間では，「分数だと，割り切れなくても表せる」というある児童の発言から，「1/3 か 2/3」という考えが広がった。さらに，「単位で表すと 2/3m」と，量分数の考えに基づく意見も出されたことから，分割分数と量分数の考えに基づく「1/3」「1/3m」「2/3」「2/3m」という四つの意見がここで顕在化した。そしてこの四つの考えについての議論となった。まず，「2/3」の考えの説明を児童Ｊが始めた。教師はそこで，児童Ｊに対し，黒板の前に出て説明し，図を変容させるように促した。

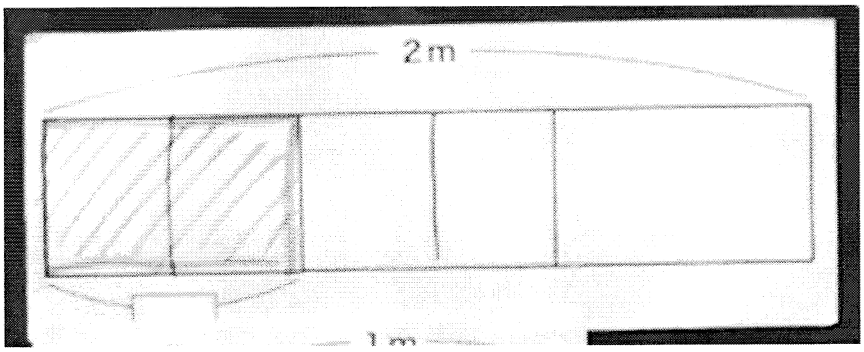
児童Ｊ　え，と，僕が思うには，<u>2m の真ん中に線を 1 本入れて（2m を 2 分割する）（＊2）</u>，そこの，ここからここまでが 1m だから，これとこれで 2m で，ここが 2/3 と思いました。
児童Ｋ　ほうほう。
教 師　どうですか。はい，どうぞ。

児童L：（前に出る）え，と，ここが1mで，ここに線引いたら（1mを3分割する）（＊3），ここが1/3mで，ここが1/3×2です。

児童複数：あ〜，あ〜，あ〜。【発言6】

教 師：みんなに伝わってるのかな。どうどう？はい。

児童M：え，と1/3っていうのは，2mを3個に分けた1個分やから，1/3mっていうのは，え〜と，1mを3つに分けた1個分が1/3mにあたるというものなので，1/3というのは2mの1/3にあたるというものだと思います。あと2/3の方が正しいと思います。2÷3したら2/3なんですけど，2/3×3したら2mになるから，僕はこれは2/3mだと思います。【発言7】



ここでは，児童Jと児童Lによって図の変容（＊2）（＊3）が行われている。まず，児童Jによる図の変容により1mのテープ図が現れた（＊2）。そして児童Lがこれをさらに3分割する（＊3）ことによって，量分数の見方が顕在化することとなった。その後，「Lさんや M さんの意見を聞くと，1/3じゃなくなってきたような気がしてきた。」や「1/3mは違うんじゃないかな。」などの発言が生まれ，1/3mではなくて，2/3mだという見方が次第に全体で共有されていった。

（2）授業後半

その後，「1/3m」と「2/3m」の見方について検討する場面となった。全体として「2/3m」の見方が強くなっているが，まだ腑に落ちていない児童がいる中で，さらなる図の変容が他の児童の解釈を促進していく。

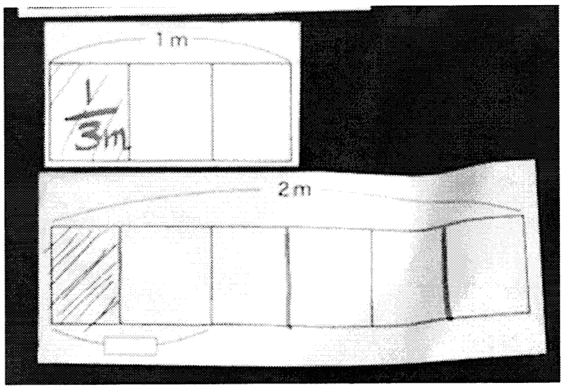
教 師：なんか図かく？おいで。

児童N：こっちの1/3っていうのは，1mを3つに分けた1つのことで，こっちの2/3mのメートルがついてる方は，この・・・，線引いていいですか。

教 師：いいよ。今のところはいいですか。

児童N：この1/3っていうのは，この1/3mのうちの1つのことで，メートルがついたら，この2つで1セットと考えて，それが2つあるっていうことです。

教 師：どうですか。ということは，今ので言うと，この図でいったら1/3mってどれだと思う？誰か線引いて。



児童O：(斜線を引く)

児童複数：あ〜。

児童P：同じ

児童Q：なんかちょっとわかった！

児童R：ミニの1/3

教 師：もう一回言って。今なんて言った？

児童R:その，メートルの下の大きい線が入ってる所で，左側をさしたらミニ(1m)やから，ミニの1/3。

その後，「ミニ」が「1m」を表すことが全体で共有され，ミニ（1m）の1/3にあたる部分に斜線が入れられることで量分数としては2/3mが正しいと全体で共有が図られた。そして教師から「1mを3つにわけた1つが1/3mだから，これは2/3mだ。じゃあ，1/3とか2/3は間違いなのかな。」と児童をゆさぶる発話を行うと，次のような議論が展開された。

教 師：1mを3つにわけた1つが1/3mだから，これは2/3mだ。じゃあ，1/3とか2/3は間違いなのかな。

児童S：いや，間違いではない…。

教 師：間違いではない…。何か合体とかできない？間違いではないんでしょ。

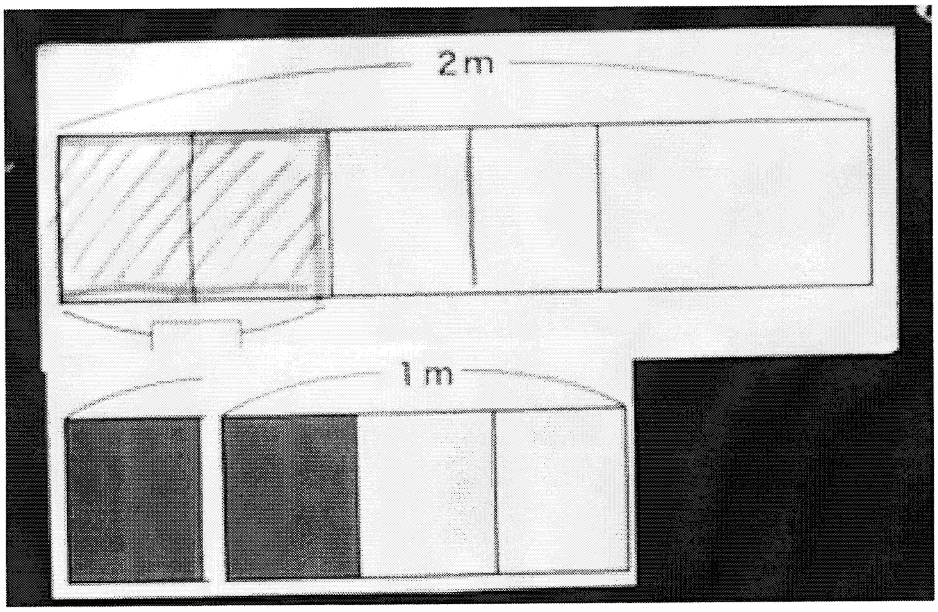
児童T：あ！！

児童T：ミニの1/3とミニの1/3をあわせたら，大の1/3になる。【発言8】

(1/3mと1/3m (2/3m) で，全体の1/3)

児童U：そういうことか！

そして，2mのテープ図の下に，1mのテープ図を二つ合わせて，「ミニ＋ミニをして，こう来るじゃないですか。ここに線が入っているので，(2/3mは) 大きい方の1/3。」という発言が行われた。さらに，「単位なしの1/3っていうのは，この2m全体の1/3」と，また別の児童が説明を行い，「あ～」,「あ～，わかった！」と全体での共有を生み，授業を終えた。



第４節　実験授業の考察

本実験授業における授業づくりの視点は，第２節で述べた次の三つである。

［視点Ⅰ］操作的トランザクションを含む社会的相互作用により，児童相互の考えが変容していき，創発につながる

［視点Ⅱ］数学的表現の変容が行われることにより，児童が新たな解釈を行い，創発につながる

［視点Ⅲ］児童に解釈を委ねることにより，それまでの考えや数学的表現に対する自由な解釈が行われ，創発につながる

以下では，本実験授業で着目する三つの要因がどのように創発に寄与するかについて，上述の授業づくりの三つの視点をもとに検証する。なお，三つの授業それぞれにおいてTD分析を行った。TD分析では，児童や教師の発言を，一つの意味のかたまりをまとまりとして，表2-2を基にそれぞれTDのカテゴリー（1-a～1-f，2-a～2-e）に分類した。それらを集計したTDのカテゴリー分析の結果が表5-1である。

表5-1　実験授業におけるTDの出現度数

TD	表象的トランザクション							操作的トランザクション						
学級＼カテゴリ	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e	1-f	総数	2-a	2-b	2-c	2-d	2-e	総数	合計
第5学年A組	23	59	8	98	23	0	211	3	3	2	5	10	23	234
第5学年B組1時間目	11	69	12	134	22	5	253	12	5	3	4	3	27	280
第5学年B組2時間目	13	56	3	121	3	0	196	8	1	1	2	5	17	213
第6学年C組	6	54	11	75	12	6	164	6	1	1	6	10	24	188

表5-1を見ると，TD出現度数において全体の発話数に違いが見られるが，これはどの程度児童に解釈することを委ねたかにも影響を受けると考えられる。また，先行研究や授業分析からもわかるように，全体の発話数よりも操作的トランザクションがどのように生成され展開されたかが創発を捉える上では重要であると考え，TDの出現度数だけに依拠して

授業を捉えず，授業におけるその機能も合わせて授業を考察する。

（1）視点Ⅰによる授業

授業記録からわかるように，授業前半での議論は，「え，どういうこと？」【発言 1】という 1-c（正当化の要請）にあたる教師の発話から社会的相互作用が展開している。児童Aの考えは，「あ～」【発言 2】という発言に見られるように，児童数名によって納得が得られたと捉えられるが，全体での共有は図られていないと考える。これは，図を使っての説明が行われなかったことによる影響が大きい。しかしこの場面は，量分数に基づく考え方を顕在化させる機会と捉え，教師が児童の発言を言い換えて，再度，量分数に基づく考えを示した。こうして，量分数と分割分数の考え方を顕在化させて，児童に問いかけている。

しかし，授業後半においても，「私は 1/3 だと思います。」などと各自が自分の考えを主張する表象的トランザクション 1-d（主張）にあたる発話が起こり，意見のつけ加えや矛盾の指摘など操作的トランザクションが生成されることはなかった。つまり，教師-児童の 1 対 1 の社会的相互作用が続き，それが児童-児童へと連鎖していくことがなかった。

また，「この図を使ってお話できる？」と，教師から 1m に分割したテープ図を提示することで，色を塗ったり，切ったり，動かしたりするなどの図の変容を促したが，最後まで児童が自ら図を変容させることはなかった。

他クラスにおける TD 分析との比較からも，授業を考察する。視点Ⅰの対象学級である第 5 学年 A 組では，操作的トランザクションに着目するため，教師も積極的に操作的トランザクションを生成することとした。しかし分析の結果，第 5 学年 A 組では，児童による操作的トランザクションにあたる発話数が 14 回，教師による操作的トランザクションにあたる発話数が 9 回の，総数 23 回であり，発話総数に占める操作的トランザクションの割合が低いことがわかった。このことからも操作的トランザクションが活発に生成されたとは言い難く，児童が他者の考えや数学的表現の解釈をしている場面が少なかったとも考えられる。

また，「何を 3 つに分けた 1 つなのかな？」などと，教師が何度も表象的トランザクション 1-a（課題の提示）にあたる発話を行っているように，表象的トランザクション 1-a（課題の提示）は他の授業に比べ多く生成されている。この，表象的トランザクション 1-a（課題の提示）は授業後半にも見られることから，全体での知識の共有が不十分なまま議論が

展開していると捉えることができる。

したがって，図の提示は教師から積極的に行ったが，教師が示した1mのテープ図は，図が提示された段階で,児童にとってそれが何を意味するものかについて共有されておらず,図が思考の対象となり得なかったと考えられる。これが，その後の図の変容や解釈，操作的トランザクションの生成につながらなかった要因だと推測される。以上から，操作的トランザクションの生成には，まず提示されている課題や表現を集団で共有することが重要であるといえる。

この点については，大石（2014）においても同様の指摘がなされている。

「さらに，集団で表現を共有することにより自分の表現と他者の表現を比較し，新たな数学的な構造に着目できる可能性があると考える。

また，表現者の「意味づけ」や受け手の「解釈」は，集団でのアイデアの共有が大切になってくる。」(大石，2014，p 73)

このように大石氏は，集団で数学的表現を共有することの重要性を指摘し，解釈することを促すためには集団でのアイデアの共有が大切であることを述べている。

一方，第5学年B組や第6学年C組の授業において，知識の共有が図られ，創発したと考えられる場面では操作的トランザクションが生成されていることから，視点Iの前段階として次のような視点が必要となる。

［視点 0］様々な数学的表現の共有を重視することで，操作的トランザクションの対話の生成や数学的表現の変容が促進され，創発につながる

（2）視点Ⅱによる授業

続いて，視点Ⅱに基づく実験授業について考察する。視点Ⅱは，数学的表現の変容と創発との関連についての視点である。

授業は，児童Bの中に生まれた，量分数の見方と分割分数の見方の混在による問いから社会的相互作用が活性化している。そしてこの問いに答えるように,児童Dが説明を行い,2mのテープ図を半分に分けた。これにより，まず1mのテープが顕在化した。さらに，このテープ図を3等分し，1mの2/3が2mの1/3と同じになっていることが全体で共有され

た。図の変容が全体での共有を促進させたと捉えることができる。

さらに，この図の変容は別の児童の解釈を促した。この図を反照的思考で解釈した児童Eは，まず 1m のテープ図の中に 1/3m を顕在化させた。そして「もう一つ，こっちにもあるから 」【発言 5】と，隣に 1m のテープ図をもう 1 枚出現させた。

この図の変容により，「左右の 1m のテープ図の 1/3m と 1/3m が合わさって 2/3m である」という新しい見方が生まれた。1m のテープ図の 2/3 という考え方とは違い，それぞれの 1m のテープ図の中に見える 1/3m が合わさって 2/3m になるという見方はそれまでにはなかった新しい見方・考え方である。

この見方・考え方について，山口・中原ら（2014）では，2 段階の見とりがあることを述べ，図 5-2 のようにまとめている。そして，この第 2 段階の見とりは，「分数の定義に関する加法的な見方」であると述べている（山口・中原ら，2014）。

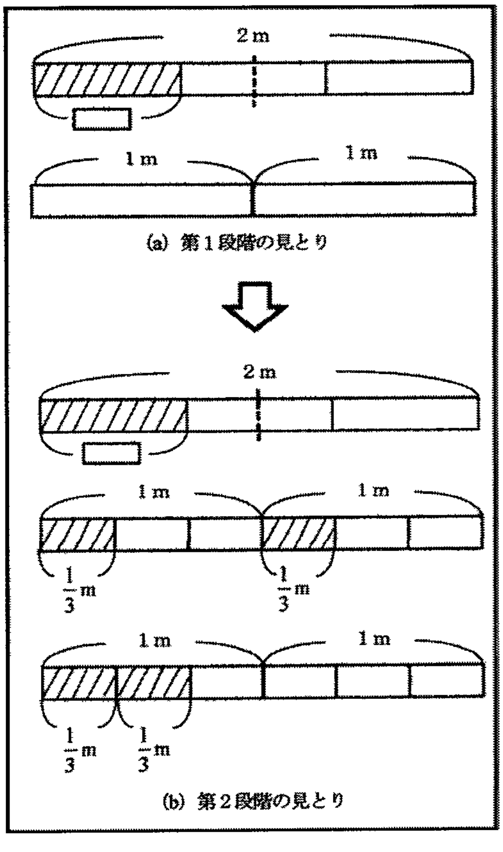


図 5-2 「2m のテープ図」と「1m のテープ図」との相互関係に関する 2 段階の見取り（山口・中原ら，2014）

児童Eによってもたらされた先の考えは，分数の定義に関する加法的な見方であり，こ

の新しい見方が，一連の社会的相互作用によって創発した。つまり，図の変容が児童の解釈を促進し，第 1 段階の見とりを経て，第 2 段階の見とりにあたる，新しい見方・考え方が創発したといえる。

このように，第 5 学年 B 組の授業では，図の変容が積極的に行われ，第 5 学年 A 組の授業よりも全体での共有や解釈が促進されていることがビデオ映像やプロトコル分析，TD 分析から捉えることができた。以上から，数学的表現を変容させる力は新しい解釈をもたらすという意味で，創発に重要な役割を担うと考えられ，視点Ⅱによる授業づくりは創発生起に有効に機能したと言える。

（3）視点Ⅲによる授業

解釈が促進されたと考えられる場面においては，同時に図の変容が行われている。例えば，児童 I によって 1m を 3 等分する線が引かれた場面である。これによって，1/3m が可視化された。これにより，複数の児童が「あ～，あ～，あ～。」【発言 6】とつぶやき，解釈している様子を捉えることができる。そして，児童 M の発言【発言 7】のように，新たな根拠を付け加えて説明し直す，操作的トランザクション 2-d（精緻化）が生成された様子を捉えることができる。

また，授業後半の児童 T の「ミニの 1/3 とミニの 1/3 をあわせたら，大の 1/3 になる。」【発言 8】は，反照的思考による創発と考えることができる。この発言は，「1/3m と 1/3m で(2/3m)，全体の 1/3」であることを述べており，それまでに変容された図を反照的に思考することによって生起した，新たな見方・考え方である。これは，「1/3」と「2/3m」という二つの表現を比較して考えることで，同じもの（□）を表す，違う表現での考え方が統合された新しい見方・考え方だと考えられる。

視点Ⅲによる授業では，児童の発言に対し教師が都合よく解釈をして発話する展開（1-d 主張）ではなく，児童に解釈を委ねるように「どうかな？」といったような発話(1-b フィードバックの要請)を繰り返している。結果，いかなる場面も児童に解釈を委ねることになり，沈黙の場面や時間が増えることとなった。しかしこれは言い換えると，教師が児童の発言を都合よく解釈して言い換えなどをしないことによって混沌の局面を創り出していたとも言える。TD 分析における全体の発話数が少なかったのもこのためだと考えられる。

また，第 6 学年 C 組の授業と創発が見られなかった第 5 学年 A 組の授業との TD の出現度

数における操作的トランザクションの生成割合を比較すると，第 6 学年 C 組の授業では 12 8%，第 5 学年 A 組では 9 8%と，操作的トランザクション数の割合に違いが見られる。このことからも，第 6 学年 C 組の授業では，第 5 学年 A 組よりも児童に解釈することが委ねられ，児童が互いの考えや数学的表現を解釈しあっていたと捉えることができる。このように，児童が自由に解釈することで，新しい解釈を生み出し，創発したと考えられる。つまり創発につながる，解釈する力に着目する視点Ⅲは，今回の実験授業において創発生起に有効に機能したと考えられる。

さらに，操作的トランザクションがどのように生成されているかを分析すると，1-c（正当化の要請）の後に多く生成されていることがわかった。例えば，2/3 と 1/3 の両方の考えをワークシートに書いたと発言した児童に対して，教師が「どうして両方かいたの？」（1-c）と発話している。その後，「え，と，単位で表すと 2/3m で，単位なしで考えたら 1/3 で・・・」とこれまでの発言に「単位」の説明を加えた操作的トランザクション 2-a(拡張)が展開された。さらに別の児童によって，「え，と僕も W さんと同じで，え，と 2/3 は単位で表すとだと思います。2－3 は 2/3 やから，2/3×3 したら 2 になるから，え，と単位で表すと 2/3 やと思います。」と他者の説明に商分数の考えを新たな根拠としてつけ加えた操作的トランザクション 2-d(精緻化)が展開された。このように，1-c（正当化の要請）を意識した教師の発話は操作的トランザクションを展開させ，児童が解釈することを促進させるのに有効であることがわかる。

以上から，児童に解釈することを委ねる 1-b（フィードバックの要請）に加え，1-c（正当化の要請）の発話が操作的トランザクションの展開や児童が解釈することの促進に有効であると考えられる。したがって，視点Ⅰ及び視点Ⅲは，分析の結果，次のような修正を伴うこととなる。

［視点Ⅰ’］ 1-c（正当化の要請）が操作的トランザクションを含む社会的相互作用を促進させ，児童相互の考えが変容していくことで，創発につながる

［視点Ⅲ’］教師は 1-b（フィードハックの要請）や，1-c（正当化の要請）の発話で児童に解釈することを委ねることにより，自由に解釈する活動が行われ，創発につながる

（4）視点のまとめ

以上，本節では各創発に寄与する要因に着目した三つの実験授業の分析から，各要因がどのように創発に寄与したと考えられるかを考察した。その結果，各要因は創発に大きく影響を及ぼしていると考えられる。具体的には，授業づくりの視点と創発との関係の考察から創発を促す授業づくりの視点を修正した結果，次の視点を見出すことができた。

［視点０］様々な数学的表現の共有を重視することで，操作的トランザクションの対話の生成や数学的表現の変容が促進され，創発につながる

［視点Ⅰ’］ 1-c（正当化の要請）が操作的トランザクションを含む社会的相互作用を促進させ，児童相互の考えが変容していくことで，創発につながる

［視点Ⅱ］数学的表現の変容が行われることにより，児童が新たな解釈を行い，創発につながる

［視点Ⅲ’］授業者は 1-b（フィードバックの要請）や，1-c（正当化の要請）の発話で児童に解釈することを委ねることにより，自由に解釈する活動が行われ，創発につながる

また，視点０にあるように，様々な数学的表現の共有を促すことは，「算数科授業における創発の枠組」が有効に機能するための新たな重要な視点である。この数学的表現の共有が行われることで，C-1a や C-1b などの要因が創発に寄与すると考えられる。この点については，今後，さらに詳細に考察する必要があると考える。

第 6 章

創発を促す授業実践例

本章では，第 4 章・第 5 章で構築した創発に寄与する要因の枠組をもとに，創発を促す授業の具体例を提案・実施する。その授業を分析・考察することを通して，創発を促す算数科授業の在り方について，さらなる示唆を得ることを目的とする。

第 1 節　授業実践の目的と方法及び概要

第 2 節　授業づくりの視点

第 3 節　創発を促す授業

1. 授業実践の計画

2. 授業の実際

第 4 節　授業実践の分析・考察

第１節　授業実践の目的と方法及び概要

(1) 目的

図 4-1 の「算数科授業における創発の枠組」に基づいて創発を促す授業づくりの視点を考察し，授業実践とその分析・考察を通して，創発を促す算数科授業の在り方について検討する。

(2) 方法

実施時期：平成 26 年 9 月 5 日

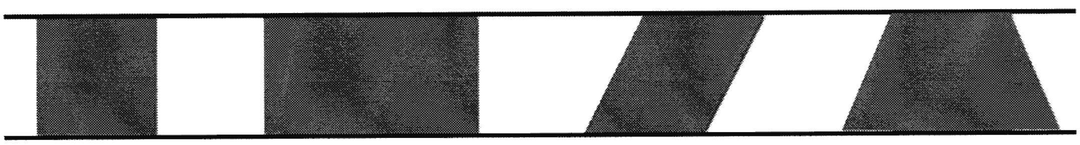
対象児童：兵庫県内公立小学校 第 6 学年 D 組（児童数：33 人）

(3) 授業の概要

問題

（□＋△）×○÷２

この式を使って面積が求められるのはどんな図形かな



第 6 学年を対象に図形の包摂関係についての授業を行うこととした。図形の包摂関係については，現在の教科書では積極的に扱われていない。しかし，教科書にも「下のような長方形のわくを使っていろいろな平行四辺形をつくりましょう」(清水・船越ほか, 2012, p. 31) という課題があるように，包摂関係を学ぶ機会もあってよいと考える。そこで，盛山 (2014) を参考に，上記の問題を用いて面積の活用の学習を行い，図形の包摂関係について学ぶ授業を行うこととした。

ここで期待する創発内容は，「正方形や長方形，平行四辺形は見方を変えると台形の特殊な形である」という，図形に対する新しい見方・考え方である。

第２節　授業づくりの視点

本授業実践では，以下のように視点を設けることとする。

(1)【A．教師】についての視点

・「ゆとりのなさ」　思考時間を十分にとることで，児童の創造性発揮を促す。

・「与え過ぎ」　数値や図形名など情報を与えすぎないことで,児童の創造性発揮を促す。

・「固着」　図による説明と式による説明の二つの方法を考えさせることで,帰納的固着を打開する(秋田,2010)。

・「多数派への同調」　台形の面積公式を使っても計算結果が同じになることを明確に示すことで,根拠に基づく議論を促す。

・「プロセス・ロス」　集団討議の前に個別の考えを持たせることで,アイデアの質と量を向上させる(岡本ら,2006)。

問いに対する各自の立場を明確にさせることで,集団の創造性発揮を促す。

(2)【B　環境】についての視点

・B-1　台形以外の図形にも,台形の面積公式が使える驚きを感じる場面を設定する。

・B-1　「なぜ台形の面積公式が使えるのか」と根拠を問うことで混沌の局面を設定する。

＊本実践授業は，1 時間だけの飛び込み授業のため，B-2，B-3 については，視点を設けることはできない。

(3)【C．児童】についての視点

・C-1a　児童の操作的トランザクションを促すため，教師が操作的トランザクションを誘発する発話など，あらかじめキーとなる発話を考えておき場面に応じて使用する。

・C-1b　児童の数学的表現の変容を促すため，教師が根拠を問う発問を行い,数学的表現を変容させる必然性を作る。

・C-1c　児童の主体的な解釈を促すため，できるだけ教師は児童の発言を解釈せず児童にその解釈を委ねる。

・C-1d　児童による主体的な数学的表現の関連づけを促すため，数学的表現同士を関係づける児童の発言を黒板に書いて可視化する。

第３節　創発を促す授業

1. 授業実践の計画

第１節で説明した問題を用いて，第２節で設けた視点をもとに授業実践を行う。計画した授業の概要は以下の通りである。

(1) 単元名

「面積の活用」

(2) 本時の目標

○面積の公式を統合的にみることで，図形の包摂関係に気づく（「台形と見る」）ことができる。

(3) 想定される創発内容

「正方形や長方形，平行四辺形は見方を変えると台形の特殊な形である。」

(4) 本時の展開

<table>
<tr><th>主な学習活動</th><th>指導上の留意点</th></tr>
<tr><td>１　本時の課題をつかむ
○（□＋△）×○−２
Ｃ「台形の面積の公式だ。」</td><td>・児童の質問やつぶやきを受け止めることで，自由に発言できる雰囲気をつくる。
・提示した式と言葉の式を関係づける発言をおさえ，台形の面積公式をおさえる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">この式を使って面積が求められるのはどんな形かな</td></tr>
<tr><td>２　話し合う
○様々な図形について考える
・正方形，長方形，平行四辺形，台形
・各自の立場を明確にする
「この面積は，この式で求めることができるかな？」

○面積を求める
・台形の面積を求める。</td><td>・平行線を提示し，そこに図形を一つずつ提示する。
・「この形は何に見えるかな」などと，児童と対話しながらすすめる。
・できると思えば○を，できないと思えば×を手でつくらせ，全員に自分の立場を明確にさせる。

・それぞれの図形の長さを示す。</td></tr>
</table>

・ 他の図形の面積を求める。(矛盾や驚きを感じる局面) ○ どうして台形の面積の公式で，正方形や長方形，平行四辺形の面積が求められるのか考える（混沌局面） C「台形とみればいい。」 T「なぜ台形と見ることができるのかな？」(自力解決) ・ 図を使って台形に変形する。 ・ 式変形で台形の面積の公式にする。 ・ 台形の定義にもとづいて説明する。 「1組の辺が平行である。」 3 まとめ ・今日の学習でわかったことを記入する	・ 他の図形ではどうなるかと試す児童を待つ。 ・ 場合によっては，「そっかこの式が使えるのは，台形だけか 。」などと児童をゆさぶる。 ・ 最初に提示した式で面積が求められそうだと多くの児童が考える段階は，図形の見方に変容が見られた段階であると考えられる。そこで，なぜ求めることができるのかを考えさせたい。 ・ なぜ台形と見ることができるのかを問うことで，台形の定義に基づいて，図形の包摂関係にも気づかせたい。また，根拠を問う発問のため，図形や式の変容を促すことができる。 ・ はじめはなかった見方や考え方が，授業を通して創発することを期待したい。

＊図の変容としては，正方形や長方形，平行四辺形を等積変形し台形にすることが想定される。また，式変形としては，例えば以下のように，いずれも台形の面積を求める公式を，それぞれの求積公式に変形することが想定される。

＜正方形＞ ＜長方形＞ ＜平行四辺形＞

(4＋4)×4－2=4×4　(6＋6)×4－2＝6×4　(5＋5)×4－2＝5×4

2. 授業の実際

本項では，実施した授業の概要を示す。なお，本授業実践で想定される理解内容を示すと，以下の第1段階から第3段階のようになる。

[第1段階] 台形の面積公式が正方形や長方形，平行四辺形の求積にも使うことができるという理解

［第 2 段階］どの図形も台形に等積変形できる為，どの図形の求積にも台形の面積公式を使うことができるという理解

［第 3 段階］一般性を含む，定義レベルでの理解（正方形や長方形，平行四辺形も，1 組の辺が平行な台形の特殊な形である）

第 1 段階は求積の計算結果から，台形の面積公式が正方形などにも使えることがわかる段階である。そして第 2 段階は，それがなぜ使えるのかを理解する段階である。ここまでは教材が内包している要素から理解が図られる段階であり，授業のねらいでもある。しかし，第 3 段階はそれまでの話し合いの内容や表出した数学的表現など，社会的相互作用で表出された内容全体を，統合的に理解しなければ生まれない段階と考えられる。

本授業では，それまでの議論をまとめる形で，「つまり，正方形も長方形も平行四辺形も台形と同じで向かい合う 1 組の辺が平行だから求められる。」という，これまでにはなかった図形に対する新しい見方・考え方が創発すれば，第 3 段階の理解が生まれたと捉えることとする。

本授業実践において見られた主な集団の思考は，次の＜場面 1＞～＜場面 9＞に沿って展開された。

＜場面 1＞台形の面積公式では，正方形や長方形，平行四辺形の面積を求めることはできない

＜場面 2＞がんばれば台形の面積公式でも求められるかもしれない

＜場面 3＞正方形の面積を台形の面積公式を使って立式　(4＋4) ×4－2

→これにより，「お～！」と《驚き》がもたらされる

＜場面 4＞正方形の面積の立式を，台形の面積公式に合わせようとして生まれた不十分な立式　(8＋8)×2－2

＜場面 5＞長方形を台形に変形して立式《類推的思考》　(3＋9)×4－2

＜場面 6＞平行四辺形の求積を台形の面積公式に代入して立式《類推的思考》

(3＋3)×4－2

→式を読み取り，「3」をそれぞれ上底・下底という（台形とみなしている）

＜場面 7＞「実証します」という児童による説明　「どれも答えが同じになるから。」

《帰納的推論》［第１段階の理解］

＜場面 8＞図の変容による説明《演繹的な思考》　学級全体に驚きと納得が伴う（どの図形も台形に変形できるから台形の公式が使えると理解）［第２段階の理解］

＜場面9＞図形の包摂関係にきづく《創発》　正方形も長方形も平行四辺形も台形と同じで向かい合う１組の辺が平行だから求められる。［第3段階の理解］

第 4 節　授業実践の分析・考察

本授業実践終了時の板書写真は，図 6-1 に示す通りである。本節では，授業後半，表現が洗練されていき，思考の深化の様子が見られる場面（場面 3・5・6・7・8：授業開始後 25:40～）のプロトコルを分析する。

始めの場面は，計算して求めた正方形の面積について問うシーン<場面 3>からである。

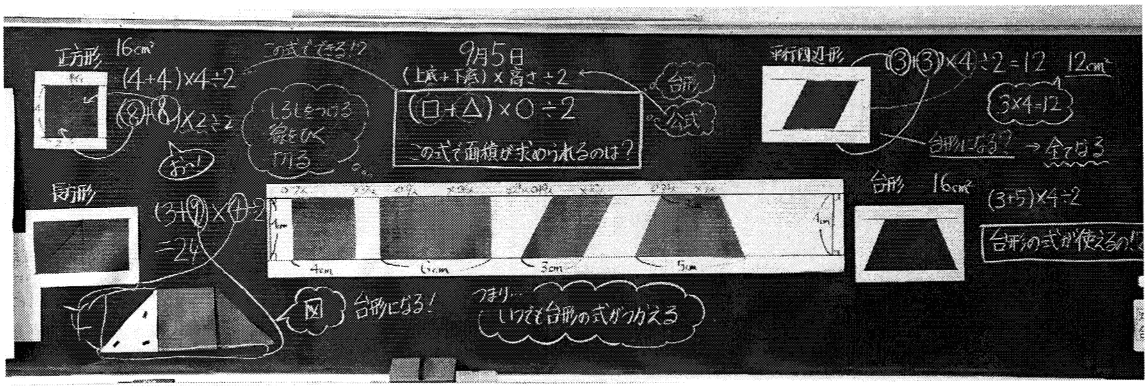


図 6-1　創発を促す授業　板書写真

(1) ＜場面 3＞ 正方形の求積

教師：じゃあ正方形の面積，いくつになりました？

児童：式も？

教師：あ，式も言える？じゃあまず…，まぁいいや，式からどうぞ。

児童：かっこ

教師：かっこ？

児童：4 たす

教師：え？なんて言った？かっこ 4 たす？

児童：4，かっことじ，かける 4 わる 2

児童：お～～！【発言 9】

教師：で，いいの？　何が「お～」だ？

児童：ほんまに 16 になる！

教師：これは答えが？

児童：16

児童：はい！はい！はい！（この後，（8＋8）×2÷2 が出される）

＊その後，「×2」の意味などについてしばらく児童に議論を委ねた。

ある児童に正方形求積の式を問うと，4×4 という式ではなく，（4＋4）×4－2 という式が提示された。これに対して，別の児童が「お～！」【発言 9】と思わず叫んだ。いわゆる「驚き」が訪れた瞬間である。その後，別の児童によって「（8＋8）×2－2」という式が提示される。この式を提示した児童は，台形の面積公式に合わせようと，この式をつくっていることが後の議論からわかった。

(2) ＜場面 5＞ 長方形の求積

教師　ちょっと，ここ確認していいか？長方形の面積。はい。
児童　長方形？
教師　うん，長方形。あ，書いてくれる？
児童　（3＋9）×4－2
児童　え？9？
児童　9？6 じゃないん？
教師　ありがとう。この 3 ってなあに？
児童　半分に切って（指で半分のところに線を引く）
教師　あ，じゃあちょっとわかるように書いて。
児童　（線を引く）それでこれを半分にわって，これをここに入れて，これをここにもってきたらここが 3 でここが 9。
教師　わかった。今，N くんがやろうとしていることがわかる人？
児童　はい！
児童　わかりますけど，ちょっと違うと思います。
教師　N くんは今ここに線を入れて説明したけど，何をしようとしているかわかった人？
教師　ちょっと少ない　。じゃあ，今「切って」とか言ったことを，はさみを使って切ってきてくれる。

ここで出された（3＋9）×4－2 という式は，台形の面積公式に数字を当てはめた式では

ない。(台形の面積公式が使えるということは　) と類推し，長方形を台形に変形させて，そこから上底 3cm，下底 9cm と導いているのである。この思考は，授業前半の見通しの段階で出た，「線を引く」，「切る」といったアイデアが生かされたものとなった。

(3) ＜場面 6・7＞ 平行四辺形の求積

教師　じゃあこれも確認しとくね。ごめんね，先いくけど。平行四辺形？　なぜ平行四辺形は 3 人しか手があがらない。はい，じゃあどうぞ。書いてくれる？言ってくれてもいいよ。

児童　(3＋3)×4－2 は 12

教師　12？　平方センチメートルはあってますか？

児童　はい！

教師　ちょっとさ，6 年 A 組さんは，素直なのか素直じゃないのかよくわからないけど，正方形も長方形も平行四辺形も，式がなんか不思議な式になってるよね？なってるよね？ちょっと確認したいんだけど　これ(3)ってどこ？

児童　上底か下底【発言 10】

児童　上底。上の辺。【発言 11】

児童　はい！はい！

教師　この図でいったらどこ？指でやってごらん，ここの長さだって。(間)ここ？

児童　ちゃうちゃう。

教師　ここ？

児童　うん！

教師　ここがこうですね。じゃあこれは？（この後，「下底」と「高さ」についても同様に問い，式と図を関連づける。）

教師　で，これで本当に答えは一緒になってるんですか？

児童　はいはい！！じゃあ実証します。【発言 12】

教師　実証できるの？

児童　はい，できます。

教師　この式でできるってことを実証するの？

児童　はい。実証します。

教師　じゃあちょっとやってみて。

児童　あの～，普通にやると 3×4 で 12 になるじゃないですか。普通にやると底辺×高さで。（中略）で，台形の公式に当てはめても，面積が同じになるから　，じゃないですか。その式が正しい。

教師　普通にしたら 3×4 で 12 になって答えが一緒になるから使えるってことか。なるほど。本当に使えるのかな？

児童　使えるでしょ。

教師　でも，たまたまかもしれないよ。

児童　だって 3 回もあってるんですよ！？

ここでは，長方形の時に台形の式にあてはめることができたことを踏まえ，台形の面積公式に平行四辺形の数字をあてはめている。つまり，長方形で台形の公式が使えたことから類推して，平行四辺形でも台形の公式が使えるのではないかと考え立式していると言える。またその式の説明においては，平行四辺形の 3cm の辺を上底，下底とよんでいる【発言 10】【発言 11】ことから，平行四辺形を台形と見なしていると捉えることができる。つまり，図形の見方が変わってきていると考えられる。しかし，その説明として「実証します。」【発言 12】と，ある児童が言ったものの，計算の結果が同じだったという帰納的な説明にとどまっており［第 1 段階の理解］，まだ演繹的な説明とはなっておらず，「なぜ台形の公式が使えるのか」を理解する第 2 段階には至っていない。

（4）＜場面 8＞　台形への変形

教師　前に出て説明してくれる？長方形だね。これの説明をしてくれる。

児童　これを半分にして（等積変形をする）。

児童　あ～あ～あ～。

児童　そういうことか。

児童　台形にしたかったんだ。

児童　あ～！

児童　あ～，はいはいはい！

児童　あ～そうか！

児童　あ～！！

教師　意味わかるの？

児童　わかった！！

児童　だから9やったんや！

教師　だから9やったんやって，先生わかってないんだけど？

児童　はい！はい！

教師　どこが9かわかった人？これで線入れてくれる？じゃあ。ここだって。

児童　（式の数字と図を線で結び関係づける）

教師　どうですか？

児童　じゃあ×4はあわせるためにってこと？

児童　高さ，高さ！

児童　あ～。

児童　（高さの4も，式の数字と図を線で結び関係づける）

ある児童が図を台形に変形させてから，学級での理解がだんだんと深まっていっている様子を捉えることができる。これまで，なぜ台形の面積公式が使えるのかについて，演算結果から使えると判断していたのが，演繹的な説明を受けて，台形に変形できるという根拠とともに理解された。この後，平行四辺形でも使えそうかを考えた。児童は，どの図形も台形に変形できそうだと判断し，「台形の公式が使える」と判断している。ここで授業終了時間が近づいたため，続きは各自が，本時のまとめをワークシートに書くこととなった。ワークシートには，図の変容に納得がいき，正方形，長方形，平行四辺形の求積に，台形の公式がいつでも使えると理解できた様子［第2段階の理解］の記述が多く見られた。

また，図6-2や図6-3のように，「正方形も長方形も平行四辺形も台形と同じで向かい合う1組の辺が平行だから求められる。」といった記述も見られ，正方形や長方形，平行四辺形が台形の形にできることを理解した上で，その包摂関係を見出している様子を捉えることができる。これは想定していた創発である。

本教材は，創発により図形の包摂関係に気づくことを想定した授業である。ここでは，創発したことにより，先に示した第3段階の，一般性を伴った理解が得られたと言える。

私は、なぜ全部台形の公式で式を書いたのは、全部上底と下底があるから、それでできたと思います。

図 6-2

ぼくは、正方形も長方形も平行四辺形も台形と同じで向かい合う1組の辺が平行だから求められる。

図 6-3

(5) 総合的な考察

本授業実践では，第 4 章で示した，図 4-1「算数科授業における創発の枠組」に基づいた創発を促す授業実践例を示した。

授業実践では，第 2 節にあるように創発に寄与する要因を複合的に考慮した授業づくりの視点を設定し，創発の可能性を高める手立てをとった。実際の授業において，児童は始め，台形の面積公式で他の図形の求積はできないと考えていたが，実際に計算をしてみると答えが同じになるという事実を知ることで矛盾や驚きを感じていた。これは教材が備えている創発にとって重要な要素である。また，この矛盾や驚きが,「どうして台形の面積公式が他の図形の求積に使えるのか　」という混沌を生んだ可能性があると言える。創発の前に訪れると考えられる混沌の局面である。

さらに，(1) から (4) で述べたプロトコル分析と考察からは，授業実践において，想定していた創発が生起している様子を捉えることができた。

以上から，本授業実践では，図 4-1「算数科授業における創発の枠組」を用いて授業を構成し，創発が生起したと推察できる一つの授業例を提案することができたと言える。

終　章

本研究のまとめ

21 世紀を生きる児童には，新しい知や価値を創造する能力が求められるようになる（文部科学省，2011）。そこで，本研究では，新しい知識や価値が生み出される現象である「創発」に着目し，算数科授業における創発の捉え方，特徴などを考察し，創発を促す授業づくりを提案することが目的であった。

本章では，各章の内容をまとめることで本研究の総括を行い，成果と今後の課題を示すことで，本研究のまとめを行う。

第 1 節　本研究の総括と成果

1.　本研究の総括

2.　本研究の成果

第 2 節　今後の課題

第１節　本研究の総括と成果

１．本研究の総括

第 1 章では, まず, 数学教育学と他の学問分野における創発の捉え方について考察した。そして，本研究における創発の捉え方を次のように同定した。

本研究における創発の捉え方
創発とは，社会的相互作用によって，一人一人の個人によっては決して創り出されなかった新しい知識や見方・考え方が，新たに創り出される現象のこと

第 2 章では，主に数学教育学における創発に関する先行研究を概観し，算数科における創発の特徴を踏まえ，創発の特徴を明らかにした。それは以下の三つである。

- 創発には，社会的相互作用の在り方が深く影響していること。
- 創発には, 様々なスケールの創発があり, それらを分類して捉えることができること。
- 創発には，その阻害要因も影響すること。

また，社会的相互作用を分析する一つの方法として，TD 分析を取り上げ，本研究では，操作的トランザクションに着目することを示した。

第 3 章では, 他の学問分野における創発に関する先行研究を概観した。國領氏が,「創発を誘発するような空間」を設計したり，作りこんだりすることは可能であると述べるように（國領，2006)，算数科授業の創発を促す場づくりとして，以下の示唆を得た。

- 一つの発見の方法において移行関係にある四つの局面（混沌・創発・構造・自明）があり，創発概念を取り入れた算数科授業においては,「混沌➡創発➡構造➡自明」の各局面を見出すことができるということ。
- 創発を生み出すには，トリガーとしての教師の関わりが重要であるということ。

・　「矛盾条件」の設定が創発に影響を及ぼすこと。

第 4 章では，先行研究から「算数科授業における創発の枠組」(図 4-1) を構築した。

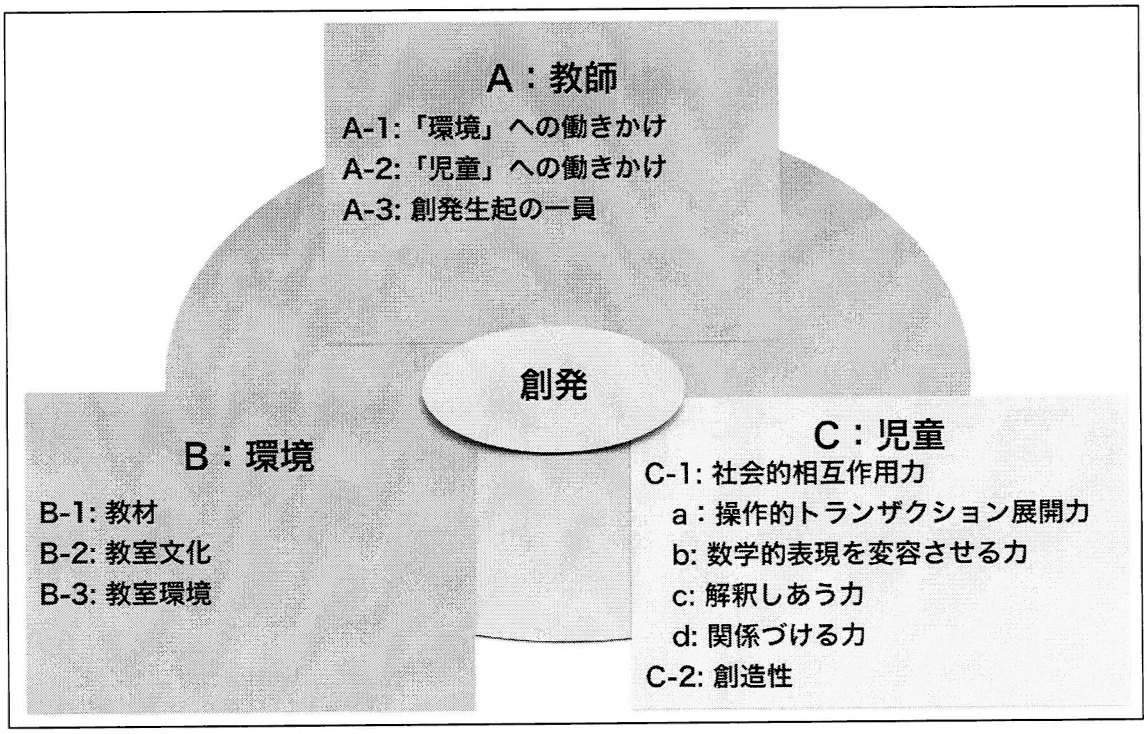


図 4-1　算数科授業における創発の枠組

第 5 章では，第 4 章で明らかにした創発に寄与する要因を，実験授業を通して検証した。その結果から，創発に寄与する要因が，創発生起に影響を及ぼしていることが明らかになった。また，創発に寄与する要因を踏まえた授業づくりの視点として，次の四つが明らかになった。

［視点０］様々な数学的表現の共有を重視することで，操作的トランザクションの対話の生成や数学的表現の変容が促進され，創発につながる

［視点Ｉ’］ 1-c（正当化の要請）が操作的トランザクションを含む社会的相互作用を促進させ，児童相互の考えが変容していくことで，創発につながる

［視点Ⅱ］数学的表現の変容が行われることにより，児童が新たな解釈を行い，創発につながる

［視点Ⅲ’］授業者は 1-b（フィードバックの要請）や，1-c（正当化の要請）の発話で児童に解釈することを委ねることにより，自由に解釈する活動が行われ，創発につながる

第 6 章では，「算数科授業における創発の枠組」（図 4-1）を活用した，創発を促す算数科授業構成の一例を具体的に示した。

２．本研究の成果

本研究の成果として，以下の三つを示す。

（1）　他の学問分野における創発に関する先行研究を概観し，その考察から，算数科授業における創発に関する示唆を得た。

（2）　先行研究の考察と実験授業による検証から，「算数科授業における創発の枠組」（図 4-1）を構築し，実験授業を通してそれが有効に機能することを検証した。

（3）　創発を，偶然性に任せず，「算数科授業における創発の枠組」（図 4-1）を用いることで，算数科授業における創発を，ある程度企図することができることを示した。

第 2 節　今後の課題

本研究の課題として，以下の二つが挙げられる。

(1) 算数科授業における創発の枠組をより精緻なものとする

第 4 章で提案した「算数科授業における創発の枠組」は，まだ十分な授業実践例を通して検証することができていない。今後，様々な単元や領域における授業実践を積み重ねて，より精緻な枠組とすることが今後の課題である。

(2) 長期的な視点からの検証

本研究では，算数科授業における創発を促す授業について考えてきたが，長期的な視点からの成果の検証ができていない。今後は，長期的な視点からも研究を進め，創発経験を積んだ学級集団において，個々の児童がどのように力をつけ，その集団がどのような社会的相互作用を行うようになっていくのか，また，他教科への影響についても検証できるよう，研究を進めていくことが必要である。

おわりに

学ぶということは，深めるということなのだろうか，広げるということなのだろうか。大学院での2年間の学びは，算数・数学と真摯に向き合いながら，様々なことを自問自答する日々であった。そして，‘知らないこと・わからないことがたくさんある’ということがよくわかった2年間でもあった。そう，学ぶことに終わりはないのである。

本研究では，「創発」という概念に着目し，算数科授業における創発に関する研究を行ってきた。数学教育学において創発の研究が十分になされているとは言い難い現状を踏まえ，数学教育学における先行研究だけでなく，他の学問分野における創発に関する先行研究からも示唆を得て，「算数科授業における創発の枠組」を構築した。また，実験授業を通してその検証を行い，創発を促す授業実践例を示した。もちろん，これをもって研究が終わるのではない。今から研究が始まるのだと捉えている。今後は，本研究で得た知見をもとに，学校現場での実践的な研究を続けていきたい。私にとって生涯の研究テーマとなるであろう「創発」に関する研究が，今まさに始まろうとしている。

最後になりましたが，本研究を進め学位論文をまとめるにあたり，適切な教示並びに丁寧な御指導を賜りました加藤久恵先生に深く感謝の意を表し，心よりお礼申し上げます。また，様々な機会を通して適切な助言を与えてくださいました國岡髙宏先生，濵中裕明先生，川内充延先生をはじめ本大学院数学教室の先生方や，学会等の様々な機会に助言をくださいました諸先生方や同輩諸氏，及び本大学院の数学教育ゼミの方々をはじめ自然系教育分野（数学）コースの大学院生の方々に心から感謝申し上げます。

末筆ながら，本大学院に派遣していただきました兵庫県教育委員会，姫路市教育委員会のみなさまに深く感謝の意を表するとともに，姫路市立安室東小学校の大西須美子校長先生をはじめ，教職員の方々，児童のみなさんにもこの場を借りて心からお礼を申し上げます。

2014年12月22日

三　野　英　利

引用・参考文献

秋田美代・齋藤昇（2010）「数学教育における創造的思考の活性化に関する研究-柔軟的発想の阻害要因を中心として-」，数学教育論文発表会論文集，43(1)，pp 25-30

秋田美代・齋藤昇（2011）「数学教育における創造的思考の活性化に関する研究-問題解決における思考の一時的滞留について-」，全国数学教育学会誌 数学教育学研究 第17巻 第2号，pp 55-63

蘭千壽・高橋知己(2013)「創発学級の育て方-実践に向けての提言に代えて-」，千葉大学教育学部研究紀要 第61巻，pp 319-325

安斎勇樹・森玲奈・山内祐平（2011），「創発的コラボレーションを促すワークショップデザイン」，日本教育工学会論文誌 Vol 35 No 2，pp 135-145

井関利明（2008）「「創発社会」の到来とビジネス・パラダイムの転換」，『創発するマーケティング』，井関利明・山川悟・新井範子・上原征彦編著，pp 11-82，日経BP企画

江森英世（2006）『数学学習におけるコミュニケーション連鎖の研究』，株式会社風間書房

江森英世（2007）「無作為の創造 -数学学習におけるコミュニケーションの創発連鎖-」，日本数学教育学会誌 第89巻 第6号

江森英世（2010）「数学的コミュニケーションの創発連鎖における反省的思考と反照的思考」，科学教育研究 Vol 34 No 2

江森英世（2012）『算数・数学授業のための数学的コミュニケーション論序説』，明治図書出版株式会社

大石千春（2014）『数学教育における創造性の育成に関する研究-空間的表現と社会的相互作用に着目して-』，鹿児島大学大学院修士論文

岡本浩一・足立にれか・石川正純(2006)，『会議の科学-健全な決裁のための社会技術-』，株式会社新曜社

小川英司（1997）『G・Hミードの社会学』，株式会社いなほ書房

恩田彰（1971）『創造性の研究』，恒星社厚生閣

金本良通（1998）『数学的コミュニケーション能力の育成』，明治図書出版株式会社

河野麻沙美（2012）『算数授業における協同的な学習過程の検討』，株式会社風間書房

熊坂賢次（2006）「創発という，怪しくて魅力的な何か」，『創発する社会 慶應SFC～DNP

創発プロジェクトからのメッセージ』，國領二郎編著，pp 10-26，日経 BP 企画
国立教育政策研究所（2010）「平成 22 年度 全国学力・学習状況調査【小学校】報告書 教科に関する調査の各問題の分析結果と課題」，Web サイト http //www nıer go jp/10chousakekkahoukoku/02shou/shou_4s pdf
國領二郎（2006）『創発する社会 慶應 SFC〜DNP 創発プロジェクトからのメッセージ』，日経 BP 企画
齋藤昇(1999)「創造性の基礎を培うための課題探求型山登り式学習法の開発とその効果」，日本数学教育学会誌 第 81 巻 第 12 号，pp 226-236
三宮真智子（2001）「創造的思考−創造的な問題解決力を高める−」，『認知心理学を語る 第 3 巻 おもしろ思考のラボラトリー』，森敏昭編，pp 121-138，株式会社北大路書房
清水静海・船越俊介ほか（2012）『わくわく算数 4 下』，株式会社新興出版社啓林館
下中弘（1971）『哲学事典』，株式会社平凡社
新村出（2008）『広辞苑 第六版』，株式会社岩波書店
妹尾堅一郎（2007）「『創発する社会』に対する書評」，KEIO SFC JOURNAL Vol 7 No 1，pp 142-145
盛山隆雄（2014）『自分の言葉で説明する算数授業』，株式会社東洋館出版社
高垣マユミ・中島朋紀（2004）「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」，教育心理学研究 第 52 巻 第 4 号，pp 472-484
高垣マユミ・田原裕登志（2005），「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」，教育心理学研究 第 53 巻 第 4 号，pp 551-564
高垣マユミ・田爪宏二・清水誠（2006），「理科授業の議論過程におけるトランザクティブディスカッションの生成を促す教師の介入方略」，教授学習心理学研究 第 2 巻 第 1 号，pp 23-33
高垣マユミ・田爪宏二・森本信也・加藤圭司（2008），「「仮説検証型の問題志向の討論」を導入したグループの協同学習における概念変化過程の事例的検討」，教授学習心理学研究 第 4 巻 第 1 号，pp 17-28
中原忠男（1995）『算数・数学教育における構成的アプローチの研究』，聖文社
長崎栄三・滝井章（2007）『算数の力を育てる 第 3 巻 算数の力−数学的な考え方を乗り越えて−』，東洋館出版社
H ブルーマー(1991)，『シンボリック相互作用論−パースペクティブと方法−』(後藤将之訳)，

勁草書房

Berkowitz,M W ・Gibbs,J C (1983) “Measuring the developmental features of moral discussion”, Merrill-Palmer Quarterly, 29, pp 399-410

畑中利文 (2000) 「数学教育におけるコミュニケーション活動の展開に関する研究（V）-小学校 6 年の算数授業におけるコミュニケーション活動の分析-」, 全国数学教育学会誌 数学教育学研究 第 6 巻 2000, pp 97-105

飛田操・三浦麻子 (2003) 「集団の創造的活動における創発性-社会心理学的観点から」, 福島大学教育学部論集第 75 号, pp 11-22

前田一誠・小山正孝・松浦武人・宮崎理恵・見浦佳葉 (2011) 「算数学習における創造性の育成に関する研究 (Ⅰ) -第 1 学年における「関数の考え」の学習場面を中心に-」, 広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要 第 39 号

前田一誠・小山正孝・松浦武人・影山和也・見浦佳葉・宮崎理恵 (2012) 「算数学習における創造性の育成に関する研究 (Ⅱ) -第 1 学年における「たし算 (1)」の学習場面を中心に-」, 広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要 第 40 号

文部科学省 (2010) 『言語活動の充実に関する指導事例集 ～思考力, 判断力, 表現力等の育成に向けて～【小学校版】』, 教育出版株式会社

文部科学省 (2011) 『教育の情報化ビジョン～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～』, Web サイト
http //www mext go jp/b_menu/houdou/23/04/__icsFiles/afieldfile/2011/04/28/1305484_01_1 pdf

山口武志 (2011) 「これからの算数科で培う学力」,『新しい学びを拓く算数科 授業の理論と実践』, 中原忠男編著, pp 12-17, ミネルヴァ書房

山口武志・中原忠男・小山正孝・岡崎正和・吉村直道・加藤久恵・脇坂郁文・沢村優治 (2014) 「多世界パラダイムに基づく算数授業における社会的相互作用の規範的モデルの開発研究 (Ⅲ) -第 4 学年「分数」の授業による検証-」, 全国数学教育学会第 39 回研究発表会発表資料

山本麻央・松浦拓也 (2013) 「小グループでの話し合い活動における科学概念の構築に関する基礎的研究-個人の役割に着目して-」, 日本教科教育学会全国大会論文集, pp 112-113

吉迫のぞみ (2002a) 「数学教育における創発的ネゴシエーションに関する研究（V）-

創発のメカニズムについて-」，全国数学教育学会誌 数学教育学研究 第8巻 2002，pp 31-38
吉迫のぞみ（2002b）『数学教育における創発的ネゴシエーションに関する研究』，広島大学修士論文
吉村直道・山口武志・中原忠男・小山正孝・岡崎正和・加藤久恵・前田一誠・宮崎理恵（2013）「算数科授業における社会的相互作用による「創発的見方・考え方」の生起に関する解釈的研究」，日本教科教育学会全国大会論文集，pp 194-195