

機関番号：16301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21730700

研究課題名 (和文) 小集団において相互作用的に問題解決し自律的に意思決定する過程についての研究

研究課題名 (英文) A Study about students' interaction in a cooperative solution process

研究代表者

吉村 直道 (YOSHIMURA Naomichi)

愛媛大学・教育学部・准教授

研究者番号：90452698

研究成果の概要 (和文) : 本研究では、子どもたちが教師なしで相互作用的に問題を解決する過程を、小学生から大学生までの集団を対象として調査した。初年度は計 10 グループで数学の問題解決過程を、翌年度は計 6 グループで、必ずしも正解が一つに決まらない日常場面の問題解決を調査した。数学の問題解決においては、情報処理の失敗やお互いのコミュニケーション不足による相互交渉の失敗による非成功的な解決はあるものの、多様な共有の型をもって成功的な解決に至っていた。また、数学的な問題解決は、課題の条件設定や解決の方針ならびに判断基準の設定など適宜、変更されながらの解決であり、修正・改善を基本とする活動であった。こうした活動は、「協調的な学力」を目指した取り組みには極めて重要である、

研究成果の概要 (英文) : The study is intended to observe the process when children solved a problem without a teacher interactively. I divided university students, high school students, junior high school students, primary schoolchild into groupuscule, and showed a mathematical problem and real life problem in each group and directed them to solve problem cooperatively. I investigated a problem solving process of the mathematics in ten groups in total in the first year. I investigated the solution of the problem of the daily life scene in six groups in total in the next year. In the process with a mathematical problem, I was able to derive various approach of the agreement to reach. In addition, a problem solving process with real life was changing the condition setting and the policy of solution and the criterion solution, and that process was activity to do a revision / improvement. Such an activity is necessary for the action that aimed at "the scholastic ability to contribute in a group cooperatively".

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,000,000	300,000	1,300,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：問題解決, コミュニケーション, 協調的な学力, 相互作用, 小集団, 数学教育学

1. 研究開始当初の背景

近年、多様化と自由化が進む一方で、国際化とそれに伴う標準化が進んでいる。そんな複雑社会において「どのような能力が個人を人生の成功や責任ある人生へと導き、社会を持続可能な社会として発展させるように関連づけられるのか？」という問いに対して、OECD の DeSeCo プロジェクトではホリスティックな観点から3つのキー・コンピテンシーの概念枠組みを与えた[1]。その主張は、学習や教育の成果についての実証的結果を考察するための参照規準を提供するものであり、国際標準の学力を目指す一つの指針となるものである。その3つのキー・コンピテンシーは、(1)道具を相互作用的に用いる力、(2)異質な集団で交流する力、(3)自律的に活動する力、に整理される[1]。これらのキー・コンピテンシーの育成はすべての教科の学習によって育成されるものであるが、「PISA の読解力と数学的リテラシー、および ALL (ライフスキル調査) で定義された計算リテラシーは、このキー・コンピテンシーを具体化したものである」[1]と言うように、算数・数学の学習活動との関係はとりわけ深い。そして、算数・数学教育が、これらのキー・コンピテンシーの育成に中心的に貢献していかなければならない。

このように、国際標準の学力を目指した算数・数学教育が求められるなか、子どもたちの学習を支援するファシリテータとしての数学教師の役割が重要視されている[2]。そのファシリテータとしての数学教師は、「個別な学習者たちの数学的活動と授業中の数学的実践の発達を積極的に導こうとする」[2]。その過程において子どもたちが展開するのが数学的討議 (mathematical discourse) であり、その重要性が研究され、NCTM による雑誌 MT では特集号を組むなどして大きく取り上げられている[2, 3]。

本研究で対象とする相互作用的に問題解決をはかる活動は、この数学的討議とも言えるべきものであり、これらの活動を数多く、記録・蓄積し、分析・検討していくことは、算数・数学教育のよりよい改善をはかっていく上で意義あることと考える。この数学的討議が、学習者のスキルを高めるだけでなく、考えることに挑戦させ、彼らの好奇心を刺激し、彼らの学習についての愛着 (love) を増大させるのに有効であると強調されており[3]、今日のおが国の算数・数学教育にとっても関心の高い重要な研究対象である。

[1]ドミニク・S・ライデン、ローラ・H・サルガニコ編著、立田監訳、『キー・コンピテンシー—国際標準の学力をめざして』、明石書店、2006。

[2]Kay McClain and Paul Cobb, “An Analysis of Development of

Sociomathematical Norms in One First-Grade Classroom”, *Journal for Research in Mathematics Education*, vol.32, No.3, pp.236-266, 2001.

[3]*Mathematics Teacher*, vol.101, No.4, 2007.

2. 研究の目的

本研究では、子どもたちが相互作用的に算数・数学の問題を解決していく過程を、DeSeCo の概念枠組みをもって考察していく。これまでの数学教育研究では、問題解決過程の分析は、問題の解決、概念や数学の理解の観点から中心的に取り組まれていた。それに対して本研究では、DeSeCo の主張にあるよう、個人が多様で複雑なこの現代社会をよりよく生き、そして協同的に社会生活を送ることを目指して民主的な価値の重要性と持続的な発展の達成を合意規準とした算数・すうがくの問題解決過程を記述・分析する。その合意規準では、個人の考えができる限りその可能性を認められるようにする一方で、他者に敬意をはらって出来る限り“公正な”問題解決がはかられるよう努力が求められる。その観点から、問題解決過程に出現する、問題状況の理解、解決アプローチの選択肢の理解、意見の構成、意思決定など、情報に基づき様々な行動を観察する。つまり、算数・数学の問題解決を、数学的に、認知心理学的に考察するだけでなく、心理社会的アプローチ、社会文化的アプローチをもって考察する。多様で複雑な現代社会における数学教育を模索するために、数学の学習及び問題解決を、心理社会的・社会文化的に捉え直し、その教育活動の現代的な意義を検討することが、本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、小学生、中学生、高校生、大学生のそれぞれの小集団において、同一の PISA 型の数学的問題ならびに数学的な判断を含む実際の日常の問題である数学的な問題を課し、それを相互作用的にそして協調的にどう解決しているかを記述・分析する。

その具体的な方法としては、第一に、2~4人程度の子どもたちだけの小集団に対して、共通な問題解決に取り組んでもらい、その解決過程をビデオ記録する。第二に基本として、そのビデオ記録を調査者に見せ、解決当時の思考の状況や情意的傾向、ならびに他者の理解などを自分自身で表現してもらい、それを記録する。第三として、その問題解決過程の記録と事後の自己解説記録とをもとに、個人の問題解決状況・理解状況を考察するとともに、心理社会的かつ社会文化的考察に取り組み、集団としてどのように数学を、数学的な問題を問題解決していくのか、数学の能力が集団

での相互作用にどのように機能するのかを分析・解釈する。

4. 研究成果

(1) 2009年度の成果

初年度、小学生2、中学生2、高校生4、大学生1、大学院生1の計10グループの問題解決過程を調査した。すべてのグループに適用した調査問題は、「1つの頂点にひもをつけてつり下げられている立方体がある。その立方体を水に沈めていき、その立方体がちょうど半分沈んだとき、その水面によって切り取られる立方体の切断面はどんな形か？」を問うものであった。当初、これまで集団の中で解決を図る場合、その解決に参画する主体者の発達段階や経験によって解決の共有の型が異なるのではと考えていた[1]。しかし、今回の調査での高校生の解決事例が、小学生のものにも中学生のものにも、そして大学生のものにも準ずるような共有の型で現れていることが確認された(表1)。共有の仕方に関する議論における相互作用の特徴は、必ずしも線形的な特徴を有するものではなく、区別していた段階が一定の順序で起こるといった段階制を有していないことが分かった[2]。いろいろな共有の型に至る能力があるにしても、実際に繰り返されたコミュニケーションの状況や個人意識性から共有の型は刻々と変わり得ることが分かった[2]。

表1：事例から見られる多様な共有過程

共有の仕方	対人関係の側面		数学的な議論の側面		認知的な側面				
	自己の主張	他者の比較	事物・事象との調整	他者の考えの取込み	自己の考えの保持	他者の考えの尊重	自己の考えの調整	共通部分の受容	差の受容
小学5・6年	○	○	×	-	-	-	-	-	-
小学6年	○	○	○	-	-	-	-	-	-
中学2年	○	○	○	○	○	-	-	-	-
中学3年	○	○	○	○	○	○	○	-	-
C: 高校1年	○	○	○	○	○	○	○	○	-
A: 高校2年	○	○	△×	○	-	×	-	○	-
B: 高校2年	○	○	○	○	△	○	-	-	-
大学3年	○	○	○	○	○	○	○	○	-
大学院1年	○	○	○	○	○	○	○	○	○

また、同学年の調査において、成功的な答えと非成功的な答えを結論する2つのグループが存在した。その比較考察から、成功的な答えを導出したグループはコミュニケーションにおいて感じた曖昧さを決定的な箇所ですら許容し確認しなかったために、その結論を得てしまっていた。コミュニケーションは曖昧さ故に、実際的に展開され、より発展的・生産的なアイデアを生み出すものであるが、今回は、非生産的な結論を見出す結果に至っていた。その原因として、その参加者たち

の視点が上からのものと下からのものと違うにも拘わらずコミュニケーション上のコトバが同じであるためにそれ以上の解釈が行われず課題を解決するにふさわしい場面を共有できなかったこと、学校で学習して獲得した見取図(図1)を使って思考・議論したことが挙げられる。実際には図2のように、立方体の対角線の midpoint は随分奥の方に見えるにも拘わらず、見取図を使って、しかも概念的に表すと、その midpoint は見た目よりも随分手前に表現してしまい、これが誤った結論に至る要因となっていた。

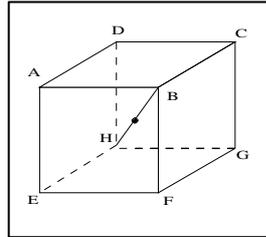


図1：見取図

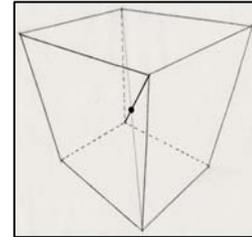


図2：実際に見える図

(2) 2010年度の成果

2009年度までの調査によって、小学生の集団から大学院生の集団まで、同一の数学の問題を課し、各集団においてどのような解決過程をたどるのか、いくつかの事例を集めることができ、その特徴を整理した。しかしながら、調査課題が数学の問題であることから、その解決は数学的な客観性にしたがってその意思決定が調整されてしまっており、各個人意識が反映されていたのかは疑問であった。

そこで、2010年度は、数学的な考えや数学的な手法を用いながらも数学的な解決は一つの判断材料とするような日常場面の問題—数学的な問題—を設定し、その解決の中で参加主体者が相互作用的に意識決定する過程を分析した。調査したグループは、小学生2、中学生1、高校生2、大学生1の計6グループである。すべてのグループに共通して課した問題は、「パンケーキ問題：直径30cmのパンケーキ2つ、直径20cmのパンケーキ4つ、直径15cmのパンケーキ6つ。あなた達ならどのパンケーキを選びますか？」というものである。

その調査の結果明らかになったのは、どのグループにおいても数学的な検討は図られたものの、その解を積極的にそのグループの意思決定に利用したグループはほとんどなかった。小6と高1と大学生のグループのみ、数学的にも利点のある結果をそのグループの意思決定の結論として採用していたが、数学的な議論がグループの意思決定の積極的な根拠にまではならなかった(表2)。

表 2 : パンケーキ問題の結果

グループ	A:小6	B:小6	C:中3	D:高1	E:高2	F:大学生
人数	女子3名	男子3名	女子3名	男子2名, 女子1名	女子3名	女子2名, 男子1名
条件設定	4人	5人	4人	4人	4人	4人
結論	中:20cm, 4枚	中:20cm, 4枚	中:20cm, 4枚	大:30cm, 2枚	中:20cm, 4枚	大:30cm, 2枚
所要時間	約16分	約12分	約33分	約17分	約19分	約11分
根拠	1人1枚が楽	大食いと小食の間でちょうどいい	分ける必要がない	面積が大きいか	きれいに分けることはできない	焼いて1枚ずつ分けて食べられる
	きれいに半分にはできない	他の人も中食の意見だから	多くも少なくもない	人数が多くても対応できる	円い形がいい(見栄え)	分ける楽しさがある
	1人1つがいい		普通がいい	たくさん食べられる	1人1個だから	1人分の分量が多い
	普通がいい		切らずに済む			アツアツが食べられる
		4人だから4つ				

また、その意思決定の過程において、当初取り組んでいた課題の人数設定や解決の観点など、適宜、変更されながら解決されていたのが実際であり、実際の日常場面での数学的な活動が取り組まれる際の複雑さが明らかとなった。加えて、若い年齢のグループほど、建設的な意見の構成はなく、個々の意見の発表であったり、それらの意見の価値を見極められなかったりして、議論が深まっていないことも明らかになった。

例えば小6男子のグループでは、そのグループを構成する3人とも全員妥当な数学的な見解を有していた。グループ全体の方針も面積で比較しようと一致していた。参加者のA君はパンケーキの面積を具体的に算出し30cmを候補に、C君は比を考え面積を直接計算することなく30cmを候補に、B君は5人に配り分けたときの余りの少なさから20cmのものを候補に考えていた(参照、図3・4)。その内、実際に表明されたのはB君の意見のみであり、A君・C君の意見は表明されないままであった。もしも3人とも意見を表明しておれば、違った展開になっていたかもしれないが、今回はB君の意見のみの表明であり、算数の学習においてB君が優秀であるという日頃の認識と今回表明されたB君の意見が説得力のあるものであったためか、自分たちの意見の方が意味妥当であったにも拘わらず、B君のものが採用されていた。

算数・数学の学習において言語活動を積極的に導入する際の弱点がここに存在する。もしもより数学的に妥当な考えが出れば出るほど、周囲との相互作用は必ずしも必要なくなり、算数・数学の学習における議論活動は

	直径 30cm	20cm	15cm
比	6	: 4	: 3
× 枚数	2	4	6
	12	16	18
÷ 人数	5	5	5
	2, 余り2	3, 余り1	3, 余り3

図 3 : 小6男子グループB君の考え方

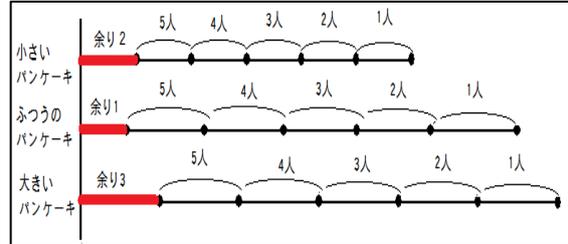


図 4 : B君の考えの模式図

「単なる意見発表会」に終始してしまう傾向に陥りやすい。それに対して、実際の日常の問題や自然な話し合いは、話しコトバで展開されるため、一見すると理解はされやすいものの、曖昧な部分を本質的に有するため、議論による相互交渉は起こりやすい。そして、参加者独自の理解に支えられているため理解の実感は高くなるものの、その理解を説明するとなると、あやふやになったりする。

最後に、この調査において、ある発話がどの対象者の発話を引き起こしているか一発話の連鎖—その出現割合を、円の直径と線の幅に比例させて表したものが図5~10である。ただし、調査者rへつながる発話や調査者rから起こる発話はこの割合算出からは除いているため、各項目の確率は1とはならない。

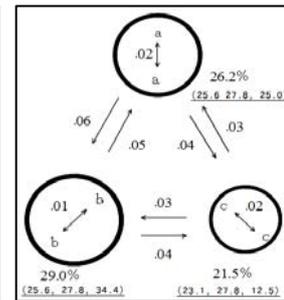
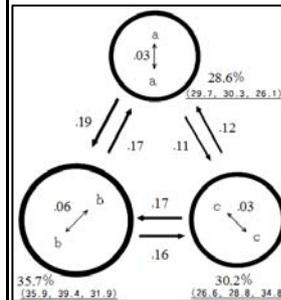


図 5 : 系列図 (小6女子) 図 6 : 系列図 (小6男子)

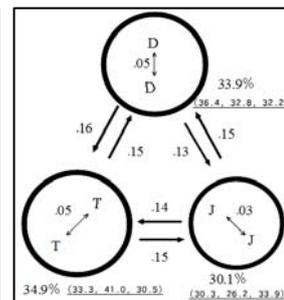
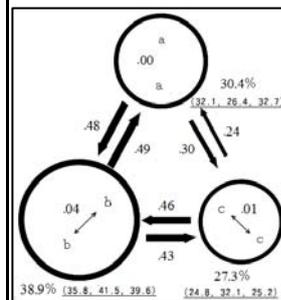


図 7 : 系列図 (中3) 図 8 : 系列図 (高1)

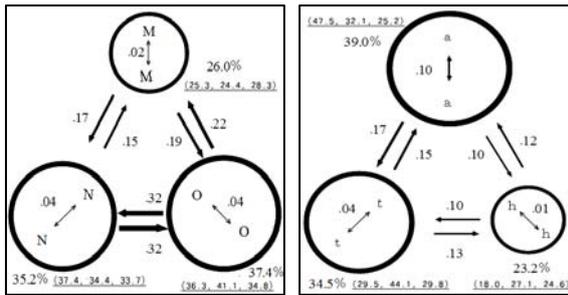


図 9：系列図（高2） 図 10：系列図（大学生）

図 5～10 に見られるように、学年が上がるにつれ、解決過程における個人の貢献の様子は量的にも差が現れるようである。小学生のグループ（図 5・6）では、計算するときにはみんなが計算するなど、みんなが同じ活動をする傾向が見られた。そして、無自覚的であろうが、発話の頻度割合もそれぞれの参加者で同じ程度であり、円の大きさにそれほど異なる差は見られない。協力的に問題の解決を図ることが、表面上に現れる現象面で差がないようにしようと行為選択しているのかもしれない。学年が上がるにつれ、同じような計算をみんながするという行為はなくなり、局面毎に役割分担された形で展開される。加えて、それぞれのグループで、発話を前期、中期、後期と 3 等分し、各個人の局面ごとの貢献度を算出したものが図中の下線を引いた数値である。後半には、調査者 r がチームの選択を聞くために会話に参入するため、それらの割合は大きくそれまでと異なることは当然として、相対的にはあるが、学年が下がるとそれらの数値に余り変動がないことも特徴的なこととして確認された。学年が上がると、役割遂行のもと議論は進むものの、その役割は解決のための一時的な分業であり、それぞれの役割の意義などを十分に理解しているため、その役割をこえて解決が共有されていたり、実際に貢献の仕方が変容しながら解決が共有されていたりするようである。それらがこうした割合の変化にも影響していると考えられる。小学生では、個々の意見は共有されていないまま解決されており、低年齢になるにつれ、役割のすみ分けの範囲内で理解されている可能性がある。

(3) まとめと課題

数学の問題であれば、条件不足・条件過多の問題など特別なものでない限り、条件の変更や追加、判断基準の構築・修正などは見られない。その一方で、数学的な問題であれば、条件の変更や判断基準の構築・修正が頻繁に起こると同時に、構成された条件や基準それら自体も次の局面において変動することが、その特徴である。

これまで一般的であったと思われる認知

心理学での学習の捉えは、「頭のなかに学習者個人が特定のまとまりをもった知識や技能を獲得すること」（個別な営みとしての学習）であった。しかし、DeSeCo での主張等に見られる学習観は協働の活動を通して生成するものであり、「個人な学力」から「協調的な学力」への変革を要請するものである。

「協調的な学力」とは、他者との協働のなかで発揮される学力であり、他者の優秀さを引き出すとともに、他者との協働において自己の優秀さを発揮する力である。単に、特定の学問領域の優秀さを示すものではない。そうした学力を育成するには、集団のなかでの数学的な議論の展開力が必要であるとともに、議論する際の課題の設定力や分析のための条件の設定、ならびに解決のための判断基準や解決の方針立てなど、固定化することなく、柔軟に修正的に変動する経験が必要である。

そのような経験をまさに実現するためには、他者との活動—discussion—が必要であり、数学の問題だけではなく、数学的な問題が必要である。今回の調査で、協調的な問題解決において、より修正・改善を基本とした数学的な検討活動を含み得たのは、数学の問題よりも数学的な問題の方であった。

数学の問題であれば書きコトバを中心とした展開であるため、融通性はあまりなく学習者同士の議論の余地や効果は余りない。しかし、数学的な問題であれば、2010 年度の事例でも確認できるように、数学的な議論の生成可能性はどの学年でも変わらないようである。もしも教師がその議論活動に参加しておれば、極めて興味深い数学的な議論を展開できた可能性があったのは、逆に最少年齢の小学 6 年生のグループであったかもしれない。

教師役がいないと質的な議論の深まりが発生しにくいとともに、議論活動の展開の中での役割遂行とともに解決がはかられていくため、ある特定の参加者が納得したり、ある参加者の賛同を得たりすることで、そのチームの解決になってしまう。いかに書きコトバと話しコトバを自在に引き出し—orchestrate—、自己や他者として事物と相互作用・調整させるか—coordinate—が極めて重要であると確認された。解決が目的ではなく、解決の過程や解決の結果を理解することが目的である活動においては、数学の問題であろうと、数学的な問題であろうと、人生経験の少なく人数が少ない集団での取り組みは特に慎重になるべきである。低年齢においての（極めて人数の少ない）小集団（1～3・4 人）では、優秀な子どもの意見強化に、集団システムは利用されてしまうことは否定できない。

ということは、集団の規模が大きくなれば、アイデアが特定の子どもに特化されて意識されることが少なくなり、全体としてアイデ

アを対象とした思考に集中できるかもしれない。協力的問題解決においては、集団のサイズを大きくすることによって、明確な役割取得は薄れていく一方で、アイデアの所有感にも通じる理解の質や定着は変わる可能性がある。

今後、教師のいない、学習者だけの数学の問題解決と数学的な問題解決の様子を集団解決のサイズを変えて、理解の定着の強度や解決の共有の質的变化を検討する必要がある、取り組むべき課題である。

[1]吉村直道,「学習者たちだけによる協力的解決過程に見られる多様な共有の仕方について」,全国数学教育学会研究発表会発表資料(鳥取),2008.

[2]吉村直道,「学習者たちだけによる協力的問題解決過程の分析(2)~高校生を対象とした調査結果より~」,全国数学教育学会研究発表会発表資料(大分),2009.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

①吉村直道,「学習者たちだけによる協力的問題解決過程の分析~数学的な問題に対する解決過程に注目して~」,愛媛大学教育学部紀要,査読無,58巻,2011,(掲載予定).

②吉村直道,「数学問題の協力的解決過程におけるプロトコル分析(Ⅲ)」,愛媛大学教育学部紀要,査読無,57巻,2010,89-99.

[学会発表](計2件)

①吉村直道,「数学教育学におけるコミュニケーションと学習の関係について」,第43回数学教育学論文発表会(於:宮崎大学),2010年11月13日..

②吉村直道,「学習者たちだけによる協力的問題解決過程の分析(2)」,全国数学教育学会第31回研究発表会(於:大分大学),2010年1月23日

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉村 直道 (YOSHIMURA Naomichi)

愛媛大学・教育学部・准教授

研究者番号:90452698

(2)研究分担者

(3)連携研究者