

教育開発研究における教科教育アプローチ 理数科教育の視点より

馬場卓也

(広島大学大学院国際協力研究科)

1 教育開発研究における教科教育の位置

教育開発は、1990年の「万人のための教育」世界会議を契機として、その重点を高等・技術教育から基礎教育へ移した。そこでは大量の未就学児の存在に圧倒されたがゆえに、その量的拡大に衆目が集まりがちであった。しかし後になって、「質の伴わない量の拡大は、空虚な勝利である」と表現されたように、質の充実は量的拡大と共に重要なアジェンダと位置づけられた。

質の充実と一言で表されるが、その内実はそれほど明白なことではない。UNESCO(2004)は、その全容を教授と学習を中心に表現した(図1)。ここでは、学習者の特性・積極的介入・成果という流れ(上段)と、それらと相互作用する文脈(下段)とに分けることができる。前者は、学習者への積極的働きかけとその成果を示し、それはまさに学校教育を代表とする教育的な営為を指している。本研究でテーマとする理数科教育はその一角をなし、開発途上国の理数科教育を主たる対象とし、その周りに広がる文脈も含めた研究を、理数科教育開発研究と規定する。

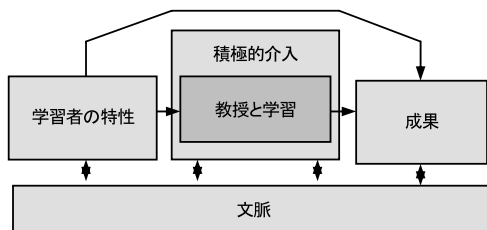


図1 教育の質に関する枠組み

この開発研究は焦点の置き方によって、幾つかの方向性を取ることができる。まず、教育的営為を分析する研究である。次に、図1で示すように、学校教育を制限したり、促進したりする文脈との相互作用を包含した形での考察である。最後に、現在実施されている多数の理数科教育協力の実践を検証する方向性が考えられる。広い意味では、国際協力も文脈の一部として捉えることができるが、前二者双方への外的働きかけとして捉えることが妥当であろう。これらの研究の方向性は相互に関係し合っているが、学校教育の内実とそこに影響を与える文脈、その両者に対する外からの働きかけという観点から区別することができる。

そこで、このような区別を意識しながら、本研究では理数科教育開発の先行研究を整理し、今後の課題をまとめることを目的とする。

2 『国際教育協力論集』における理数科教育開発研究の傾向

先行研究のレビューは、『国際教育協力論集』を主たる対象とした。当誌は教育開発協力を専門分野としており、まさに開発途上国における理数科教育開発を、その中に位置づけて論じるのに、適切であると判断されるからである。事実、当該分野の論文では、その質量ともに、国内の研究誌の中では群を抜いている⁽¹⁾。

(1) 『国際教育協力論集』の傾向

第9巻2号までに、「理数科教育開発」に関係する論文が、39本掲載されている。年別の掲載数は下記のとおりである。そのリストは巻末にANNEX 1として挙げる(本文で取り上げて論じない限りANNEX 1を持って参考文献リストの代わりとする)。また2005年が多いのは、第8巻1号が理数科の特集号であったことに起因する。

表1 理数科教育開発研究論文数 (1998-2006年)

年	98	99	00	01	02	03	04	05	06
本数	2	5	2	7	5	2	5	9	2

さて、地域的特性についてみると、その分布は次の通りである。その他に分類されたものは、日本の経験や協力手法について検討しているもの(5本)と世界的な動向を論じているもの(3本)に分けられる。表2よりアフリカが全体の半数を占めている事が分かる。

表2 研究テーマの地域分布

アジア	アフリカ	中南米	その他
9	20	2	8

次に教育段階別な割合を調べてみると、表3のようになる。事例によっては、初等教育と中等教育を一括して取り上げたり、基礎教育という名前で同時に論じられたりすることから、一つのカテゴリーとした。また教員研修プロジェクトの場合、最終ゴールが初中等教育の改善であるために、初中等に分類し、大学教育、研究能力の改善を目指したものは、高等教育に分類した。その他に分類されたものは、学会参加記録(大隅 1999;

清水 2000)、国内研修(田中ほか 1999)、国際協力人材データベース(小原 2002)に基づく論考である。

表3 研究テーマの教育段階別分布

初・中等	高等	その他
29	6	4

その他にもこれらの研究の特徴として、次のような傾向が見られた。日本型協力、協力手法や評価など全体的方向性に関する考察、インドネシア、フィリピン、ガーナ、南アフリカなどにおける個別プロジェクトの検討、教授言語、教育内容・カリキュラム、教師など教育の内容に関する考察である。

(2) 論点の整理

(1)で見たように、地域特性や学校段階についての傾向は、EFA(1990)以来の世界的取り組み「アフリカにおける基礎教育の改善」と軌を一にしている。

ここでは、最後に挙げた特徴についてより詳細に考察する。

全体的方向性

大隅(1998)は第一巻で、フィリピンのプロジェクトについて論じるとともに、今後の科学教育協力について、表4のようにまとめている。まだ現在の多くの理数科教育協力プロジェクトが実施される以前であり、このような包括的視点を提供したことは卓見であった。

そこでは教育の思潮として学習者重視の方向性のみならず、DAC新開発戦略(1996)にもつながるパートナーシップという考えも重視している。

表4 科学教育協力の新旧比較

援助から	協力とパートナーシップへ
オープン・エンド型から	目標設定から具体的活動を発想する
機材重視から	教育ソフト、プログラム重視
科学の歴史のトピックスから	現代科学のトピックスへ
科学知識の移転から	生活、暮らし、基礎技能へのつながり
知識と概念の習得から	学習者のプロジェクトの展開と成果の発表へ
現行カリキュラム志向から	未来型カリキュラム志向へ
伝統的な教育方法から	新しい教育理論と方法の導入へ
大きな分散型の役割分担から	小規模の総合機能ユニットの持続へ
単独の取り組みから	内外の関係機関との相互交流とリンケージへ

(出所) 大隅 (1998)

澤村 (1999) は、初期的な試みであると断った上で、理数科分野における日本の協力について、政治的・文化的に中立、理数科目に比較優位、語学力の不足が障害にならないという3点を特徴として論じている。

長尾・又地 (2002) は南アフリカでのプロジェクト経験をもとに、経験提供型の協力を提案している。初中等の教育分野は、特別高度な知識を要求されるわけではない。それに代わって求められるのは、様々な局面に対処する方針やその根本における考え方を、経験を通じて学ぶことであるとの主張である。

表5 技術協力モデルの比較

	経験提供型	技術移転型
典型分野	教育/保健衛生/社会福祉	農業/製造業/交通
援助目的	経験の伝達	技術の伝達
主要援助手段	国際研修受け入れ/現地補習	専門家派遣による現地指導
援助国側関与	経験保有人材・組織・社会	技術専門家
現地側関与	現地側組織・社会	現地カウンターパート
目標成果	自立的な組織・慣行の形成	自立的な技術の活用
成功の鍵	現地側学習の質・相互学習	技術提供者の質

(出所) 長尾・又地 (2002, 90頁)

大隅 (2001) は教員養成課程における新科目開設の構想を提案している。また日本の学会などとのつながりを強調し、「日本の科学教育を考えることが、すなわち海外での科学教育協力とリンケージする、という発想に立たなくてはならない」(106頁)と述べている。下條 (2002) は国際教育協力活動に大学が参加することの意義を、機能や社会性の向上、国際化など、国際協力が契機となって、より効果的な対応ができる組織に生まれ変わる必要性を強調する。両者の視点は、開発途上国に関わることを、国内の科学教育開発とリンクさせようというもので、国内における教育開発への関心の持続性を考える時に重要な指摘である。

Riley (2001)、Tan (2004) は科学教育および国際協力の動向について述べている。Riley (2005) は、国際協力をする上で、これまで現地文化に対する配慮が十分でなかったことを指摘するとともに、異なる文化の接触する教育開発協力において、文化的素養の重要性を指摘している。

以上をまとめると、現在につながる次の特徴がみられる。

経験共有を重視したパートナーシップ
 学習者重視
 文化重視
 日本国内の教育と教育協力の接点

個別プロジェクトの検討

個別プロジェクトについて、現状の説明、そこから見えてきた協力手法や過程、そして今後の課題などが挙げられる。

表6 国別プロジェクト研究

南アフリカ	赤川・隅田(2001)、長尾(2001)、 長尾・又地(2002)、服部(2002)
ナミビア	Ottevanger et al. (2005a)
ケニア	馬場(2002)
タンザニア	Ottevanger et al. (2005b)
ガーナ	吉田(1998、2003、2004)、 横関ほか(2003)、Kuroda(2005)
インドネシア	下條・遠山(1999)、 小笠原・牟田(2006)
バングラデシュ	馬場・榎本(2004)、 馬場・中村(2005)
フィリピン	大隅(1998、1999)
ホンジュラス	西原・澤村(2001)

赤川・隅田(2001)、服部(2002)、吉田(1998、2003、2004)、下條・遠山(1999)、大隅(1998、1999)は教科の立場から現状や問題点を論じている。馬場・榎本(2004)および馬場・中村(2005)はバングラデシュの授業分析を行っている。

それに対して、長尾(2001)、長尾・又地(2002)、横関ほか(2003)、Kuroda(2005)、小笠原・牟田(2006)、西原・澤村(2001)は、プロジェクトの経営的側面から論じている。

また渡邊・黒田(2005)は7つのプロジェクトを横断的に研究し、その他の特徴や今後の教訓を導出している。

カリキュラムの検討

ここでのカリキュラムは国際数学・理科教

育継続調査(TIMSS)(2003)の定義に従い、単に学習指導要領だけを指すのではなく、様々な教材、教師による教育の実態、生徒たちによる学習達成を指している。

表7 テーマ別カリキュラム研究

カリキュラム・教科書	大村ほか(2001)、吉田(2003)、 Tan(2004)
教師・教師教育	服部(2002)
教授学習	馬場・榎本(2004)、 馬場・中村(2005)
生徒	隅田ほか(2000)、 Schieffelbein et al. (2004)、 Prakitipoug & Nakamura (2006)

これらは、もちろん教科による違いはあるものの、同時に教育全般の共通する問題も多く存在している。そこで、教科性を無視すれば、カリキュラムについて山田(2004)、教師教育では澤村(2005)、横関ほか(2006)、教授学習ではSerbessa et al.(2006)、生徒では、斉藤他(2000)、澤村(2006)などの研究もこのような分類の中にも含めることができる。

加えて、評価(長尾2001)や教授言語(小原2003;横関2004;鹿嶋2005)なども、注目を集めている研究課題といえる。

以上、『国際教育協力論集』をレビューし、理数科教育協力研究における論点の整理を試みた。

これらは冒頭の理数科教育開発研究の三つの方向性と対応させて考えると、個別プロジェクトの検討は第三の方向性に、カリキュラムの検討は、第一の方向性に対応する。そして全体的傾向の検討は、三つの方向性の一部もしくは全てが含まれる。

これら三つの方向性について再検討すると、第二の方向性に関して、理数科教育に特化していないものの、これまでコールマン(Coleman)報告書、プロウデン(Plowden)報告書を嚆矢として、教育成果を学校因子や

家庭的、社会的因子との関係で説明する教育社会学的調査が多数実施されてきた。これらでは、教授・学習過程をブラックボックス化したり、成果をテストの点のみで単純化したりしていた。もちろん多くの因子を含むモデルを考察するときに、細部に拘るとその全体性が見失われてしまう。ただし、大局的な捉え方のみでは、理数科教育開発における核心を十分に把握しきれない場合があることも事実であろう。

また第三の方向性に関して、理数科教育開発での国際協力に関する取り組みは始まったばかりで、その成果に至る道筋はこれから明らかにされなければならない。特に、これらの取り組みの成果となるべき教師や生徒の変化を記述・分析するためには、その現状把握や変化に焦点付けた研究が必要である。

以上より、本研究はブラックボックスの部分やプロジェクトのプロセスや成果を描写するための基礎として、第一の方向性に注目する。つまり不可視の部分を決めることで、第二や第三の方向性を包含する統合的研究プログラムが可能になるのである。

3. 教科教育の知見に基づく理数科教育開発研究の動向

さて理数科教育開発研究の中で、第一の方向性に注目するために、本研究では教科教育研究の知見を開発途上国の社会文化的な視点から整理する。その際、研究課題と同時に研究方法の具体例を取り上げた。

表8は国内の数学教育研究のレビュー(日本数学教育学会 2001; 全国数学教育学会 2004)を基に、近年の数学教育研究の動向をまとめたものである。三つのカリキュラム(教材、教師、生徒)に、新しいキーワードが対応している。それらはリテラシーや教師や生徒の学び、コミュニケーションなどに集約されるであろう。

表8 数学教育研究における近年の動向

分野	近年の動向
カリキュラム・教材論	リテラシー、 コンピューター活用
授業・教師教育	反省的実践家、 授業研究(教師の学び)
子どもの認知、 問題解決過程	社会的構成主義、 コミュニケーション論、 状況論(生徒の学び)
その他	評価

先進国で行われている研究をそのまま適用するには、開発途上国の現状にそぐわない恐れがある。他方で、単純に内容の程度を下げたり、薄めたりするだけではすまない。この両極端の考えには、線形的な開発モデルが根底にあって、開発途上国も先進国と同様の軌跡を通るべきという考えが根底に流れている。それに対して提案されたのが、各国の社会・文化的状況に応じた理数科教育の必要性である(吉田 1998; 下條 2002; 馬場 2002)。

したがって上記のキーワードと各国の社会文化的状況を参考に、理数科教育開発について考察する。

(1) 理数科教育における教授言語と認知

現在ほとんどのプロジェクトにおいて、生徒中心主義の教育が求められる。ところがその具体的なイメージが必ずしも明確ではない。ここでは「生徒の実態から教育活動を捉えなおす」という意味で捉え、その実態への近接する研究を取り上げたい。

教授言語は早くから、教育開発におけるその重要性が認められてきた。ただし、その認められ方には揺れがあった。つまり、国際語(例:英語)で教育を行うことが、さらなる教育の機会を広げることにつながるという意見もあれば、最低限の能力が身につかない段階では、異なる言語での教授は理解を妨げる要因であるという意見もある。さらに、民族

アイデンティティや社会的便益とも関連し、政策もしくは政治の議論となり、論争を呼んできた（横関 2004；鹿嶋 2005）。

そのような現状に対して、教授言語と生徒の学習の関係を明らかにする研究は多くなされているとは言いがたい。ここでは、具体的な研究課題として、言語と認知の関係、数学的問題解決における言語的要因によるつまづき、言語的能力の成長と数学概念の形成、教室におけるスイッチングなどについて取り上げた。

言語と認知の関係

言語と認知の関係については、二人の言語学者の手になるサピア=ウォーフの仮説「言語的共同社会が異なれば外界は異なった形で経験化され概念化される」が有名である（コール・スクリプナー 1982, 55-59頁）。さらに教育の文脈で Berry (1985)は、第二言語による数学学習における問題を、A型 言語の流暢さから来る問題 とB型 言語の認知構造が異なることから来る問題 とに分類し、現実の場面では前者に対する解決、つまりその流暢性を高めるために補習を行うことが多くなされていることを指摘した。言語の流暢さは重要であるものの、数学理解にはそれとは異なるレベルでの解決も求められている。

表9 教授言語における問題の型

	原因	解決策
A型	教授言語(例:英語)に不慣れ。	言語の習得。
B型	教授言語における認識に不慣れ。 言語、文化、認識の不整合。	母語に即した教材。

(出所) Berry (1985)

後者の問題に関して後に文化心理学という分野の創造に関わった Coleらは、米軍平和部隊の経験を基に、

- ・2列6個の石が12個と分かると、人にもその他のものにも適用できると考えるのが西洋であるが、Kpelleではそうとは限らない。数学的事実と現実との間に対応がない。
- ・4個の石が3列に並べてあることも12個がばらばらにあることも変わりがない。(Gay & Cole, 1967)

という点を指摘した。

また Bishop (1991) はパプアニューギニアの大学生へのインタビューの中で、「長方形をした畑の面積を、家では足し算で学校では掛け算で求める」という思考の分断が起きていることを指摘した。これは面積の概念や求め方を分っていないからではなく、むしろ家庭と学校でのそれぞれをよく分かっているから起きたものである。

これらは第二言語での学習の困難さを明確に示している。

次に、この困難さにアプローチした実証的研究を取り上げたい。田場 (2004) は、教授言語 (英語) と生活言語 (フィリピン語) における「半分」という概念が異なることに注目し、第2言語で数学を学習することで、両者の概念がどのように干渉しあうのかについて確認した。ここでは小学5年生を対象に、半分 (Kalahati) という生活概念、1/2 (Half) という科学概念に関連したテストと、数学学習および教授言語に関する質問紙調査を行った。主として次のことがわかった。

- ・生活での「半分」の見方が学校での「1/2」の概念形成に影響を及ぼしていること
- ・授業の中で生徒が概念的な話をする時には生活言語に切り替わること

・このような状況にも拘らず、生徒は英語で学習することを希望しており、その理由として英語の方が分かりやすいという認知的な理由や、英語が国際語であるという社会的評価にかかわる理由を挙げたりした。

このように言語（英語を話せること）は、認知的問題のみを有しているわけではなく、社会的価値やタブー（Berry 1985）などの側面も有している。

問題解決学習における言語的要因によるつまずき

次に、問題解決学習における言語的要因によるつまずきについての研究を見て行きたい。ここではタイの小学4年生を対象にニューマン法と呼ばれる方法を用いた事例（Prakitipong & Nakamura 2006）を取り上げる。それは、次のような段階でのインタビューをすることで、問題解決における言語的要因によるつまずきを同定しようとするものである。

- (I) 音読レベル（語や記号の単純な認識）
「質問文が読めますか」
- (II) 解釈レベル（問題の解釈）
「問題文の意味を理解し、口頭で説明できますか」
- (III) 変換レベル（適切な操作の選択）
「問題を数学的操作に置き換えることができますか」
- (IV) 過程レベル（数学的操作の実行）
「数学的操作または手続きを実行できますか」
- (V) 回答レベル（数学的操作の結果の表現）
「答えを表す事ができますか」

問 教室の面積は 175 m^2 です。幅が 5 m の時、長さは何 m でしょうか。

a. 35 m
b. 180 m
c. 875 m

表 10 ニューマン法による調査結果

成績	I	II	III	IV	V	VI
上位	0.0	6.3	50.0	0.0	0.0	43.8
下位	16.7	33.3	41.7	0.0	0.0	8.3

上の問題に対してニューマン法に基づくインタビューを実施した結果が表 10 である。ここから分かったことは、成績の上位者と下位者を比較した際に、後者では言語の音読レベル、解釈レベルでの間違いが半数に達するということである。そのことより、第一言語での学習であっても、成績下位者は言語的要因が重要な役割を果たしていることが分かる。

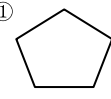
さらに、研究の第二の方向性に関連して、問題解決の持つ社会文化的要素として、試験の内容や制度が与える影響があげられる。多くの開発途上国では上級学校への進学試験の持つ意味が非常に大きく試験内容によって、学校の教授学習活動が大きく、規定されている。


言語能力の成長と概念形成

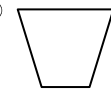
次に、成長と概念形成の関係についての研究を取り上げたい。異なる学年に対し同一問題を実施し、回答や正答率の推移のパターンを見て、概念形成過程を分析する研究(石田 2007)を取り上げる。ザンビアの基礎学校3年から9年までの生徒に対して、基礎的な図形問題を中心に調査を行った。

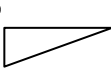
表 11、表 12 は各問に対する頻度の高い回答と正答率である。


問 三角形を全て選んでください。解答は一つとは限りません。

① 

② 

③ 

④ 

⑤ 


⑥ 

表 11 回答パターンとその推移(1)

学年	②、④ 正答	②、 ④、⑥	②	その他
3	0.0	13.6	14.6	71.8
4	0.9	14.6	17.3	67.2
5	2.8	18.7	14.3	64.1
6	3.4	27.6	20.2	48.8
7	9.1	28.0	31.9	31.0
8	12.2	23.1	17.3	37.4
9	22.6	39.7	22.2	15.5

問 三角形を説明してください文字と図のどちらを使っても構いません。

表 12 回答パターンとその推移(2)

学年	(I)	(II)	(III)	その他
3	0.0	0.0	71.8	28.2
4	13.3	1.8	47.8	37.1
5	5.6	3.6	61.4	29.4
6	6.3	1.5	64.9	27.3
7	19.8	5.5	47.4	27.3
8	18.4	11.4	47.5	22.7
9	26.6	14.7	43.3	15.4
計	14.2	6.0	53.3	26.5

- (I) 「三本の直線で囲まれた図形」と表記
 (II) 「三辺の長さが等しい」と表記
 (III) 図で表記

このように1年生で学習する三角形の定義であっても、正答率は非常に低く、その伸びについても大きくはない。とは言え、これらの問題に見られるように、問題解決能力および言語的な能力は学年を追うごとに上がっている。そこで言語的なつまずきに気を配りながら、より現状に応じた指導によって効果的な学習を実現できる可能性は残されている。

スイッチング

教授 = 学習活動において言語的問題が表れる場面として、二言語併用とそのスイッチングである。

Setati (1999)によれば、南アフリカの教室では次のような現象が起きている。

問い「動物病院(SPLA)に12の檻があり、それぞれに12匹ずつ犬がいる。そのとき全部で何匹いるか。」

教師は黒板にこの問題と図を書き、生徒に解法について尋ねた。以下は生徒の発言の抜粋である。

P: We are going to write tens, hundreds, thousands and units. (Put chart on the board) ... and we must underline, when we are through we say 12 times 12, we underline again when we are through we put the button here and we say 2 X 2 ... (Learner goes on with the procedure in English until he gets the answer)

P: The answer is 144.
 (Setati, pp.182-183)

ここに見られるように、144を求める計算手続きのところを英語で説明している。しかし、さらなる質問を受けるとツワナ (Tswana) 語に戻っている。つまりツワナ語に戻ること、生徒ははじめて自分の考えを余すところなく、伝えることができるのである。

以上4つの研究動向により、生徒は学習に問題を抱えていること、その際言語的要素はさまざまな認知的、情意的、社会的側面に関連しており、時には相反する幾つかの要素を含んでいることが分かった。その体系的な把握には、多面的なアプローチが求められており、生徒中心主義的な取り組みの何よりも中核を占めるであろう。