

授業の事例分析に基づく「教材運用知識」の抽出と教員研修用 e-Learning 教材の開発方法論
- 『楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト』における教材開発とその利用 -

Development of e-Learning Contents for In-service Teachers

Based on Case Study of Lessons to elicit 'Subject Matter Performance Knowledge'

- Development of Learning Contents in "Joyful Learning Math. Project" -

益子典文^{*}, 横山隆光^{**}, 村瀬康一郎^{*}, 加藤直樹^{*}, 中馬悟朗^{***}, 服部 晃^{**}

MASHIKO, Norifumi YOKOYAMA, Takamitsu MURASE, Koichiro,

KATO, Naoki CYUMAN, Goro, HATTORI, Akira

*岐阜大学総合情報メディアセンター, **岐阜県総合教育センター, ***福井大学教育地域科学部

*Information & Multimedia Center, Gifu University

**Gifu Prefectural Education Center

*** Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui

[要約] 岐阜県においては、小学校から大学までの教師および教育委員会のスタッフが各々主体的に連携し、「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト」が平成 13 年度より推進されてきている。本研究では、その概要を報告すると同時に、平成 15 年度より開始した、中学校数学科の教材開発（学習プリント）と、それを用いた授業事例の分析を通じて、教師の教材運用知識を抽出・記述しつつ研修教材を開発する試みについて報告する。

[キーワード] 数学教育，教材開発，授業研究，地域連携，教員研修

1. はじめに

岐阜県内では、小学校から大学までの教師、および教育委員会のスタッフが各々主体的に連携し、小学生、中学生、高等学校に在籍している児童生徒の数学学習を支援する「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト」を平成 13 年度より推進している。

今年度から本プロジェクトに参画した私（益子）から見ると、本プロジェクトには少なくとも次の 3 点からなる特質が見られる。組織論的的特質；プロジェクトへ参加している個々の成員が主体的に参画していること、プロダクトの特質；学習材としての学習プリントの特徴およびデータベース・ネットワークを駆使した配信方法、プロダクト運用の特質；インターネット上での公開、およびそれを授業で活用する際の実践知の分析、である。

本プロジェクトの様相は、小川が引用しながら作業的に仮定している産業医学総合研究所の「研究期間・方向・到達目標を明確に定めて重点的に資金および研究者を配する研究」という定義に当てはまることは間違いない（小川, 2003）。本プロジェクトへ参画した「新入り」から見た場合、学校・教育委員会・大学のメンバーが一体となって取り組んでいる本プロジェクトには「従来の個人

研究とは異なる研究マネジメント」のみならず、異なる組織間を横断的にマネジメントする組織論的特質が最も大きな特色として指摘できるように思えるのである。しかし、この組織論的特質については、大学と地域教育界との相互連携という枠組みで、これまでの歴史的経緯を踏まえた再整理を必要とするであろう。

そこで本報告ではまず第一に、本プロジェクトのプロダクト、すなわち教材の特質について、これまでに報告された論文等をサマリーすることから述べ、次に、平成 15 年度より私も関与しつつ実施している中学校数学教材の開発ならびに教材を活用した数学授業の分析、そしてその分析に基づく教員研修用教材の開発について報告する。

2. 「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト」の概要

リーダーの服部らによる本プロジェクトの目標を述べれば、次の 3 点になる。

- ・子どもにとって・・・『さんすうがたのしい』『さんすうがよくわかる』
- ・教師にとって・・・『便利である』『家庭での様子がわかる』

・保護者にとって・・・『学力面での安心感がある』『学校の子どもの様子がわかる』

児童生徒の基礎的な学力向上を中核的な目標とし、ネットワークを活用しながら、学校と家庭との連携を目指した、学校 - 教育委員会 - 大学が相互に連携したプロジェクトである(服部ら,2002;横山ら,2003)。

これまでのプロジェクトの具体的成果を複数の文献および複数のプロジェクト推進者からの情報、私自身の経験に基づいて整理すると、次の3点になる。

集団で分散的に教材を開発・利用すること

本プロジェクトでは、小学校、中学校、高等学校、大学それぞれの複数の教員が作業を分担し、教材を開発している。

小学校および中学校では、すべての学年のすべての単元の「学習プリント」を開発している。これは、教科書の項(2ページ)あたり A4 版 1 枚で構成される、定型の学習プリントとその回答プリントのペアからなるものであり、現在までに、小学校版、中学校版が完成した上で、平成 15 年度は中学校版のさらなる充実を図っている(中学校版は現在までに A4 版 606 枚(解答も入れるとその 2 倍)の学習プリント開発と、ネットワークを通じた配信を行っている(ちなみに、算数数学の学習プリントを自作するためには、数式やグラフなどを教科書に準拠した方法で正確に描画する必要があり、容易な作業ではない)。

また、高等学校向けの教材としては、すでに大学進学が決定した高校 3 年生の学習者向けに、大学における数学の基本的な考え方を学習するためのストリーミングデジタルコンテンツを開発し、岐阜県内の学校間総合ネットを通じて配信している(中馬ら,2003)。

教材を自由に検索できるしくみを提供する

数学の学習項目を階層的に開発し、個々の学習プリントを、学習項目に従って整理し、データベースに登録することにより、教師/学習者が学習目標に沿って活用できる教材配信システムを構築している。これは、岐阜大学側のオブジェクト指向 DBMS を活用することによって実現されている(加納ら,2003;加藤ら,2003)。

ネットワークを通じて児童生徒が個別の学習を展開できるしくみを提供すること

学習プリントをコンテンツとする LMS (Learning Management System)を備えたシステムが構築されており、担任が事務局に申込むことにより、学校や家庭で児

童生徒が自己ペースで学習を進めるシステムを利用することができるようになっている(平成 14 年度に小学校版を開発、中学校版は平成 15 年度開発中)。

3. 「教材運用知識」と研修用 e-Learning 教材の開発

佐古によれば、教育実践研究は「知識消費型(実践者を研究知の消費者として位置づける)」と、「知識生産型(実践者を実践知の生産者として位置づける)」という2つに類型化できるという(佐古,2003)。科学教育に関する教材開発研究は、授業に直結する重要な研究である一方、実践者である教師を「開発された教材の消費者」として位置づけてきた傾向が強いと考えられる。しかし、実際面では、理科室と通常教室の違い、集団としての学習者間の関係、などによって教材の活かし方は当然異なる。このような問題に対し、教師はその教材に対して「発問」や、「学習活動」をさまざまな形で組み合わせ、動的な教材運用を行っている。

例えば、上記の「階層的な数学学力」の問題を解消する教材として、「百マス計算」が注目されており、市販のワークシートはベストセラーとなっている。ワークシートを埋めるだけで計算力が向上するように思えるが、実際に教室で行われた実践研究によれば(錦織ら,2003;横山ら,2002)、計算練習の導入期、展開期において、学習者に対する動機付けの手がかりを変化させること(導入期は時間の短縮、展開期は練習した量を視覚的に把握できるようにすること、など)、様々な学校行事・限られた算数科授業の中で、計算練習に充当する時間をマネジメントすること、などの「教材運用方略」が観察されている。

このように、学習者や教材の特性によって実際の利用形態を工夫する事例は、理科室での小集団(班)による実験などでも頻繁に観察されるはずである。ともすると「実践報告」に終わってしまう教材利用・運用研究のあり方を抜本的に見直し、利用プロセスまで含めた定式化を行うことにより、新しいタイプの教材研究方法論を提案することができると思われる。

4. 中学校数学授業の設計における課題の一考察

(1) 数学授業を取り巻く現状と授業設計の課題

現在の中学校数学の教育課程は、国家レベルの教育

課程編成の観点から見れば、授業時間削減・学習内容の厳選による学力低下の危惧など、様々な問題は多数指摘されているものの、それはいわばポリティカルな問題であって、日々の授業のあり方に直結する問題ではない。ここで議論したいのは、学校の教師の、特に数学授業の設計という立場からの課題である。

学習指導要領ならびに中央教育審議会の答申を、授業設計という観点で端的にまとめると、教師にとっての日々の授業に直結する課題とは、「基準」となった学習指導要領に記載された数学的内容を「わかる授業」を通して生徒が学習できるようにすること、より具体的には、教育内容：「補充的な学習」「発展的な学習」を交えた「個に応じた指導」を行い、教育方法：「わかる授業」の中で生徒の「数学的活動」を重視しつつ、情意面の目標：「学ぶ意欲」を喚起し、認知面の一般目標：「自ら学び自ら考える力」を育成することである。

・数学学習における学力観の階層性

学習指導要領の「基準性」が指摘されたことにより、そこに記載されている内容は、「確かな学力」を構成するための基礎的・基本的内容とみなされるようになった。しかし、数学の学力構造を考えた場合、「身につけた知識をもとによく観察し問題点を整理する」「見通しをもって結果を予想する」「解決するための方法を工夫する」「たどりついた結果や過程を振り返る」「事象の中に潜む関係から規則性を見出す」「分かりやすく説明したり一般化する」などの数学的活動を行いながら学習を進める教育方法を採用するためには、さらにより一層基礎的な部分、つまり学力の核とも言える知識・技能が存在すると考えられているのではないだろうか。例えば、基礎計算力向上のための「百マス計算」や「漢字ドリル」の学習プリントが書店でベストセラーとなっているのは、そのような学力の階層性が共通の了解となっているためのように思えるのである。もしもそうだとするならば、ここに、一般に認識されている数学学力の構造と、学習内容の構造とのギャップがあると考えられる。

より具体的に述べれば、数学学習においては学習指導要領に記載されている内容は「自由かつ即座に遂行できる技能／想起できる知識」である必要がある内容と、それらの知識・技能を「さらなる」基礎・基本として位置づけ、活用することが重視される内容とに、二分されると考えられる（注：もちろん、ここでは数学的な学習としてどちらが優れているかを論じているのではなく、日々の

授業を円滑に遂行する教師の立場に立ったとき、「わかる授業」を実現するための必要十分条件を考えた時のことである）。

・階層的な数学学力を前提とした授業構成の課題

前述の現在目指されている数学授業の理想像からすると、ここで言う「自由かつ即座に遂行できる技能／想起できる知識」は、補充的な学習にも、発展的な学習にも当てはまらない。しかし、技能の遂行と知識の想起には個人差があることから「個に応じた指導」が必要となること、継続的な学習を遂行するために「学ぶ意欲」を喚起する必要があること、「自ら学び自ら考える」という目標を実現するために、教師が教えるのではなく、学習者自身が主体的に常に遂行／想起できる状態へと、メンテナンスしておく必要があること、という3つの目標を同時に実現する学習指導が必要になる。

このような複数の目標を達成するための授業設計のあり方としては、「わかる授業」を実現する前提となるクラスマネジメントや、各種の教材を、目標とクラスの現状に合わせて柔軟に解釈・適用しつつ運用して行く教育技術などに支えられているはずである。

特に、これまで述べてきたように、輻輳する複数の実現すべき目標を達成しつつ、一つの授業として具現化するプロセスは、一種の問題解決活動にあたると思われる。したがって、このような問題解決事例を詳細に検討することを通して、教員研修用の教材を開発することとした。

5. 学習プリントによる数学授業の事例研究

「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト」において開発した学習プリントを活用した授業の事例分析を行った。また、合わせて、授業者本人へのインタビューも実施した。

(1) 授業の概要

- ・授業者：大垣市内中学校 K 教諭
- ・授業観察時期：平成 15 年 7 月
- ・単元：中学校 1 年「文字式」

授業冒頭に「学習プリント」を配布し、5分程度のテストを実施する。しかし、この「学習プリント」自身は、前時授業終了時に復習課題としてすでに配布済みである。従って、前時終了時に配布した学習プリント（＝次時のテスト問題）を自宅ないし休み時間等に復習した上で次時の授業に挑んだ学習者は、テスト問題にも容易に正答

することができるが、まったく解かずに授業に挑んだ生徒は解答速度も遅く、困難な課題となる。

授業者本人は「数学ができない生徒も、少しの時間勉強することによって、いい思いができる機会を授業で実現したい」との目標を設定しており、そのためにこのような授業形態を考案したと述べている。

・授業開始時の時間経過と学習者の様子

授業開始直後「はい、それでは問題を配ります」という教師の発話の下に学習プリントが配布された。生徒は当然のように印刷物を受け取り、黙々と解決を始める。

7分後「それでは机を直して」という教師の発話により、生徒は自主的に「答え合わせ」を行う体制へと机の配置を変更する。「答え合わせ」は6~7人で一つのグループになり、教師が配布した回答プリントをもとに、全員が赤ペンで採点する作業である。この段階では、班内の1名が回答を読み上げることで採点を行う。正答としてよいかどうか迷った回答が提示された時には、班内の構成員どうして話し合いが行われる。それでも解決しなかった時は、教師に対して質問し、正答の基準を満たしているかどうかを確認する。

授業開始後15分が経過し、採点後のテスト問題が回収された後、本時の学習が開始された。

(2) 数学授業の条件と本授業との関連

この教師が実現した授業における学習プリントの活用は、前節で考察した「自由かつ即座に遂行できる技能/想起できる状態」を目指したものであることができるが、もしもそれだけを目標とするのであれば、毎回の授業で学習プリントを宿題として利用するだけでよいはずである。この教師の利用状況は、次の点で通常の「宿題」とは異なるものである。特徴1:毎回の授業で次時の冒頭にテストを実施する学習プリントが配布されている点、特徴2:テスト終了後に生徒が自主的に机の配置を変えたり、テストを当たり前のように受けたりする様子から、このような状況が、生徒にとっていわば数学授業における習慣として認識されている点。次に、これらの特徴を通じ、前述の基礎的・基本的な学力を形成するための3つの目標が実現されているのかを考えてみる。「個に応じた指導」:教師は毎時間のテスト結果から学習の理解水準を判定することができる。また、班毎の回答場面では、正答判定基準に関する話し合いや、教師に正答判断基準の質問を行うことが副次的な学習となる。

「学ぶ意欲の喚起」:毎回の授業で学習プリントを配付するだけでなく、ほぼ同一の学習プリントによるテストを次の授業の冒頭で実施することにより、配布された学習プリントを事前に主体的に学習しておくことの「価値」を生み出している。これにより、数学学習に関する意欲を喚起していると考えられる。また、毎回の授業でこの価値生成を繰り返すことにより、トータルな数学学習時間を数学授業以外の場面でも主体的に確保する効果を持つと考えられる。

「自ら学び自ら考える」:学習プリントに対する生成された価値を、教師は生徒に対してまったく説明していない。すなわち、生徒は配布された学習プリントを事前に主体的に学習しておくことの「価値」を発見し、さらに学習に対する自己責任(事前に学習しておけば好成绩につながるが、そうでないと逆の結果となる。学習は自分の責任で行わなければならない)の考え方を体験する機会を提供する。

一見すると学習プリントを利用した「基礎・基本」の定着を目指した授業であるが、その授業設計の背景には、上記のような複数の目標を背景とした「学習習慣の形成」による様々な学習効果が意図されていると解釈することができる。

(3) 事例の概念化

以上のような効果を生み出す要因間の関係を再整理し、このような授業形態が含意している目標を暫定的に概念化したものが図1である。

教材としての学習プリントを利用する直接的な目標は「わかる授業」すなわち、予習・復習を通して学習内容

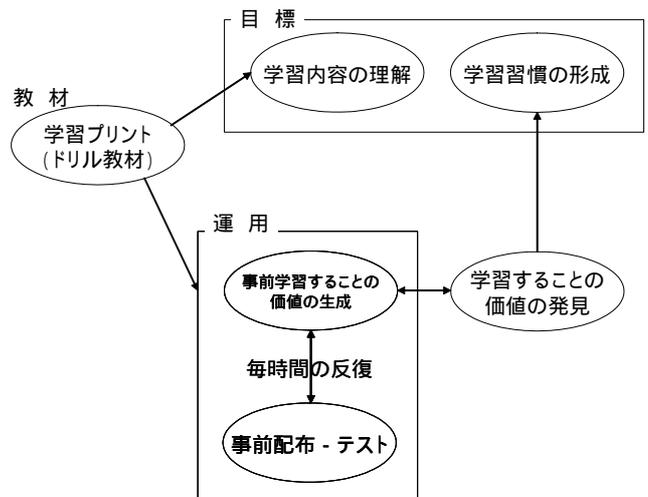


図1 教材運用の概念化

の理解を促すことである。しかし、この教材を上記のように事前に配布した上でテストに再利用することを通して、テスト前に学習しておくことの価値生成を行う、という授業形態を反復する「教材運用」により、学習者自身が学習することの価値を発見し、さらには数学学習を継続する学習習慣の形成を間接的な目標として設定されていると得る考えることができる。すなわち、授業に二重の目標が設定されており、一方は直接的な目標、そしてもう一方は授業形態に潜んでいる間接的な目標、と言うことができる。

このような教材運用は、学習プリントだけではなく、単純なスキルを学習するためのドリル教材等を用いる場合にも普遍化できると考えられる。

6. 研修用教材の試作

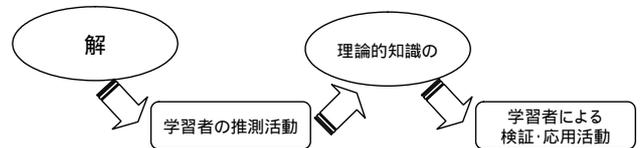
研修用教材開発にあたっては、推測型 WBT 教材(益子, 森田, 2002)の構成法を採用した。この構成法は、実践事例(ケース)を教材化するための方法論である。実践力を高める教材開発の方法としては、医学教育における PBL(Problem-Based Learning)やケースメソッドが実績がある方法論であるが、これらの方法論は、基本的に事例に含まれる問題点をそのまま学習者が解決しようとする、いわば順方向に解決過程を追体験しながら問題解決にあたる教材の構成法である。しかし教育実践力を対象に考えた場合、学習者の理解状態、教育目

標、担当教師の経験、など、解を一つに定めることができない様々な要因があり、PBL のような考え方に従って学習を進めた場合、学習者(教師)個々が抱える背景によって多様な「正解」が生まれる可能性がある。

推測型教材では、このような可能性を避けるため、事例の解をまず学習の冒頭に提示し「なぜこのような解が導出されたのか」を尋ねるものである。その推測活動の後に理論的・背景的な知識を学習し、その後、それらの理論的知識の検証や応用を、自らの教室で実践すること(あるいは自らの経験を再検討すること)を行い、1つ



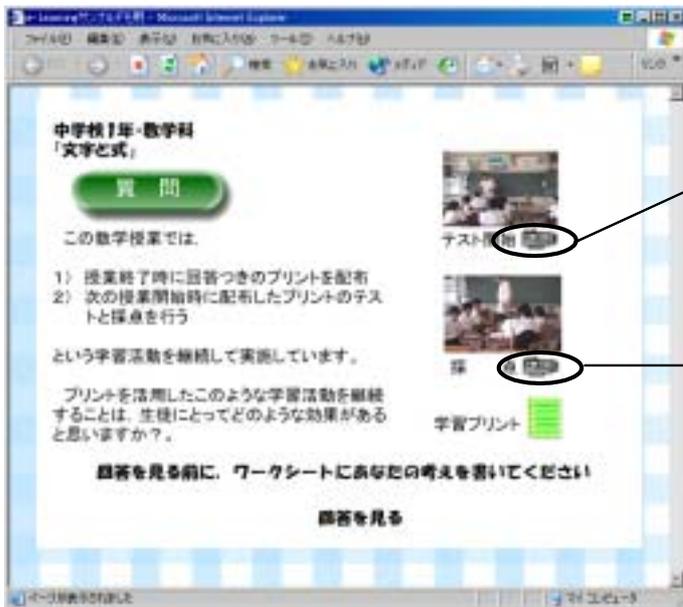
(a) 教室での現実の問題解決過程



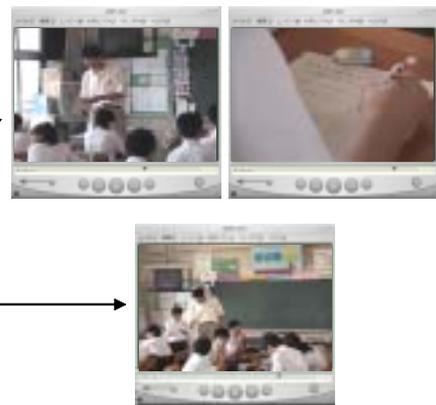
(b) 推測型教材によるe-Learningコンテンツの構成法

図2 現実の問題解決過程と推測型教材の構成

のトピックが終了する、という教材の構成を行う。益子らの研究では、e-Learning として複数の推測型教材に基づく学習コースを開発し、現職教員を対象にその効果を検証したところ、ストリーミングビデオを用いたコースは比較的效果が低かった。その理由は、パソコンの CRT を通して、長時間のビデオを視聴しながら回答



(a) e-Learning学習コースの初発の推測課題



(b) テスト開始時・採点時のビデオクリップ

図3 試作した推測型の研修用教材の一部

する必要があったためと推測される。

そこで、ここでは、分析対象の授業場面をそのまま視聴するのではなく、推測課題に臨場感を与える素材としてビデオクリップを用いたコースを試作した。

この試作コースでは、前節で述べた授業場面の、授業冒頭のテスト場面をピ1分程度のデオクリップとして準備するとともに、教師がこのような授業構成を行っている理由を推測する課題を行った後、いわゆるドリル学習の効果と、学習活動を繰り返すことによる学習効果(習慣形成)の様々な考え方について理論的知識を学ぶことを想定したものである。

メディアは、コース本体に Macromedia FLASH MX を用い、ビデオクリップには QuickTime ムービーを併用している。評価はこれからの段階である。

7. おわりに

本研究では岐阜県における「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト」の開発過程を通して、その中での教材運用に関する教師の実践知を収集し、さらにその教材化を図る、という研究事例を述べた。現在は研修用教材を開発しているが、教員養成課程や特に現職教員を対象にした大学院等での活用も視野にいたれた教材開発を行っていく。

また、ここで事例として述べた研究プロセスを、一つの研究方法論として整理すると、次のようになる。

教室で活用するための教材の開発

授業での活用事例の分析・収集

分析結果の概念化

概念化を利用した教材開発

研修・講義での評価と教材の改善

特に、概念化の妥当性を「研究のために」検証するのではなく、それらの成果をさらに教材として活用することの効果を通じて評価する、という点に特徴がある。

今後、方法論の検討をさらに進めると同時に、教材の改善および、より多くの授業分析を進めていく。

引用文献

服部晃, 中馬悟朗, 村瀬康一郎, 加藤直樹, 横山隆光
「楽しく学ぶ算数・数学プロジェクト ネットワークを活

用して学校と家庭の学習を結ぶ」学習システム研究会 発表資料

http://gakuen.gifu-net.ed.jp/contents/tanosiku/sis-tem13/tanisiku_zenn.pdf, 2002

加納茂徳, 中馬悟朗, 服部晃, 横山隆光「中学校数学・学習資料の開発研究」日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.17, No.6, pp.21-24, 2003.

加藤直樹, 村瀬康一郎, 興戸律子「教育情報データベース SIS-TEM の開発(2) ~ 学習プリントの管理と提供」日本教育情報学会第 19 回年会論文集, pp.64-65, 2003.

益子典文, 森田裕介「推測型 WBT 教材による現職教員用遠隔学習コンテンツの開発とその効果」日本教育工学雑誌, Vol.26, Suppl., pp.237-242, 2002

錦織武雄, 益子典文, 川上綾子「算数科における基礎的技能的継続的な練習が学習に対する情意面に及ぼす影響 - 「100 マス計算」教材の効果的運用と情意面に対する効果 - 」日本科学教育学会第 27 回年会論文集, pp.363-364, 2003

小川正賢「ミニ集会・プロジェクト型研究にチャレンジしてみよう」日本科学教育学会第 27 回年会論文集, pp.487-488, 2003

佐古秀一「学校と大学の『協働』を基盤とする教育研究へのアプローチ」日本科学教育学会第 27 回年会論文集, pp.225-228, 2003

中馬悟朗, 服部晃, 渡辺泰治, 高木茂「楽しく学ぶ数学セミナー「大学の数学への架け橋」」日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.17, No.6, pp.15-20, 2003.

横山隆光, 中馬悟朗, 服部晃「「楽しく学ぶ算数・数学」プロジェクト 小中高の関連を図った学習支援」日本教育情報学会第 19 回年会論文集, pp.214-215, 2003.