

## 研究動向

## 数学科授業の国際比較研究の動向と課題

—— 国際比較を通して浮かび上がる優れた授業の特徴 ——

清 水 美 憲\*

Yoshinori SHIMIZU

## 1. はじめに

近年、日本の数学科授業に対する国際的関心が高まっている。この関心の高まりの背景には、算数・数学に関する国際調査における日本の児童・生徒の学習到達度の高さに加え、数学教育の分野で、授業を比較文化的観点から研究する試みが浸透してきたことがある。

この分野の研究の直接の発端となったのは、第3回国際数学・理科教育調査 (*The Third International Mathematics and Science Study*, 略称 TIMSS) に附随して行われた授業の研究 (ビデオテープ授業研究, 以下「TIMSS ビデオ研究」と略記) である<sup>(1)(2)</sup>。この研究によって、他国の教室における実践との比較を通して、それらの国とはやや異なった様相をみせる日本の授業の特徴が、様々な観点から浮き彫りにされた<sup>(3)(4)</sup>。

一方、この TIMSS ビデオ研究の研究成果を踏まえ、数学科授業をより多面的に分析し、その知見を補完することを意図した研究プロジェクト「学習者の観点からみた授業研究 (*The Learner's Perspective Study*, 略称: LPS)」が現在進められつつある<sup>(5)</sup>。この新しい研究では、世界16カ国の研究者の参加のもと、各国の数学科授業の構造や授業者の教授行動、学習者の意味等について、授業者・学習者の双方の観点からみた授業の分析を行っている。

本稿では、この2つの大規模国際比較研究を中心に、国際的に行われている数学科授業の研究に関する近年の動向を概観し、研究によって得られてきた知見を整理するとともに、研究上の課題を確認する。また、この検討過程で、これらの研究を通して浮き彫りになった日本の数学科授業の特徴を探る。

\*筑波大学大学院人間総合科学研究科

## 2. 国際比較による授業研究の意義：文化的活動としての授業

授業という社会的・文化的な営みを研究するために、国際比較という手法が採られることがある。異なる社会的・文化的背景の下で行なわれる他国の授業実践との比較・対比を通して、その国の授業の様相が、固有の特徴をもって顕在化するからである。

そのような比較文化的な観点からの研究のなかで、日本の算数・数学科の授業を対象とした初期の国際比較研究として、アメリカ・ミシガン大学のH. スティーブンソンらのグループによる1980年代の一連の研究<sup>(6)</sup>や、三輪辰郎とJ. P. ベッカーらのグループによる日米共同研究<sup>(7)</sup>が、わが国ではよく知られている。

これらの研究では、主として観察による方法を中心とする授業の対比を通して、それまでは明示的に指摘されることのなかった日本の授業の特徴が明らかにされてきた。例えば、日本の授業では、授業で扱われる内容が首尾一貫していること、言葉や具体物の使用が顕著であること、典型的に生じる子どもの誤答を指導場面で積極的に活かそうとすることなどの特徴である。

このような特徴は、TIMSS ビデオ研究によって、一層詳細に記述された。また、サンプリングによる授業のビデオデータの収録とその分析という研究方法自体が改めて注目されるようになった<sup>(8)</sup>。

このような一連の研究の進展を支えてきたのは、「授業とは文化的活動 (Cultural Activity) である」という認識である<sup>(9)</sup>。例えば、ある文化の下での食事の際のマナーのように、教室で当たり前のようにみられる様々な行為には、その教室を取り巻く社会全体の価値や規範、慣習が反映されており、それらを考慮に入れてはじめてその実践が理解されるのである。そして、そのために異なる文脈で行われる実践と対比・対照することが有効であり、国際比較という手法の意義は、この点にあるといえる。

他方、数学教育の分野で国際比較研究が活発に行われるようになり、そのような研究が、ともすると教育事象に対して一面的な解釈に陥りやすいことの危険性<sup>(10)</sup>が指摘されている。また、国際比較研究の成果の報告およびその解釈に伴う諸行為 (例えば、研究者による論文執筆や学会発表) 自体が、本来的に文化の中に埋め込まれた執筆者の態度に基づいていること (Cultural Authorship) への注意も促されてきた<sup>(11)</sup>。

### 3. ビデオサーベイによる授業の比較研究

#### (1) TIMSS ビデオ研究

冒頭に述べた通り、数学教育の分野で授業の国際比較が本格的に進められるようになった契機は、第3回国際数学・理科教育調査（TIMSS）の付帯調査として計画・実施されたビデオ研究によるところが大きい。

この第3回国際数学・理科教育調査は、数学教育に関する国際比較研究としては空前の規模で行われた。実際、41か国から約50万人もの生徒の参加のもと、学習の到達度・カリキュラム・教師を取り巻く環境などの数学教育の現状が詳細に調べられたのである。その後、調査の略称はそのままに、国際数学・理科教育動向（Trends）調査として継続的に実施されている<sup>(12)</sup>。

TIMSS ビデオ研究は、第3回国際数学・理科教育調査当時の本調査の付帯調査として、アメリカ教育省の研究機関（国立教育統計センター：National Center for Education Statistics）の企画・委託によって、カリフォルニア大学ロスアンゼルス校・心理学科のJ. スティグラー（Stigler）教授を代表とする研究グループにより2度にわたり実施された<sup>(13)</sup>。

「TIMSS 1995 ビデオ研究」は、ドイツ・日本・アメリカにおける第8学年（中学校第2学年）の数学科授業の標本調査によって、各国の授業にみられる典型的なパターンを指摘し、それぞれの国の文化に根ざした独自の授業実践の存在を明らかにした。この研究を拡大した「TIMSS 1999ビデオ研究」では、日本を含む世界7ヶ国における第8学年の数学科授業サンプル638件が、ビデオ記録から分析された。アメリカ・ロサンゼルスにある「授業研究所」のJ. スティグラーを中心とする研究チームによるこの一連の研究は、その空前の規模の大きさと、ビデオによる授業の標本調査という驚異的な方法とによって、授業研究というもののイメージを一新してしまった観がある。

#### ① TIMSS 1995 ビデオ研究のねらいと方法

TIMSS 1995 ビデオ研究のねらいは、次の4点にあるとされた。

- (a) 第8学年の教室で実際に何が行われているのか、その豊富な情報を得る。
- (b) 授業実践を国レベルでとらえるための量的指標を作成するために、観察可能な客観的尺度を開発する。
- (c) 数学教育改革についての提言やその提言に対する教師のとらえ方と、実際に行われている指導方法とを比較する。

(d) 今後の研究のために、ビデオによる授業研究という方法の有効性を探る。

このねらいのために、日本・ドイツ・アメリカにおける第8学年の数学科授業の231件がビデオテープに収録された。また、各国の授業の収録に加えて、授業者に対する質問紙調査も実施され、行われた授業に対応する教科書のページや生徒のワークシートのコピーも集められ分析されたのである。

調査対象は、各国からランダムに抽出された TIMSS 対象校のうち、やはりランダムに抽出されたサブサンプルの学校の1クラス（各1単位授業時間分）である。このような意味での「サンプル」の授業が収録・分析されたのは、授業研究史上初めてのことであった。

授業ビデオの収録のために特別な訓練を受けたカメラマンによって最終的に収録された授業のビデオ計231本の内訳は、ドイツ100・アメリカ81・日本50であった。このビデオの記録はすべてデジタル化して CD-ROM に収録され、分析のためのソフトウェアも開発された。この処理によって、データの消耗を防げると同時に、マルチメディアデータベースによる様々な次元からの分析が可能になったのである。

## ② 日本の数学科授業の特徴

TIMSS 1995 ビデオ研究では、授業の組織、数学的内容とその質、教師と生徒の活動などに焦点を当ててデータの分析が行われた。生徒による問題解決を中心に据えた授業展開の構造と、その過程での複数の解法の提示や、授業内・授業間における数学的概念の関連づけなどに、日本の授業の特徴がみられることが明らかになった。

例えば、この研究では、授業で扱われた問題に対する1つの解法以外に「別解」が登場したかどうか、そして登場した場合には教師が提示したのか生徒が提示したのかが比較された。その結果、特に日本の授業の42%には生徒による「別の解法」の提示が見られ、全体でもドイツ・アメリカの2倍以上の数値であった (Stigler et al., 1999, p. 54)。しかも、この2ヶ国では、解法そのものが教師によって提示された場合が、生徒によって提示された場合を上回っていた (図1)。

また、収録された授業における数学的概念やアイデア、生徒の経験が、当該の授業内において関連づけられていたか、また他の授業との間での関連をもっていたかが、言語として明示的に述べられた場合から調べられた (Stigler et al., 1999, p. 118)。そのような関連は日本において特に顕著であった。

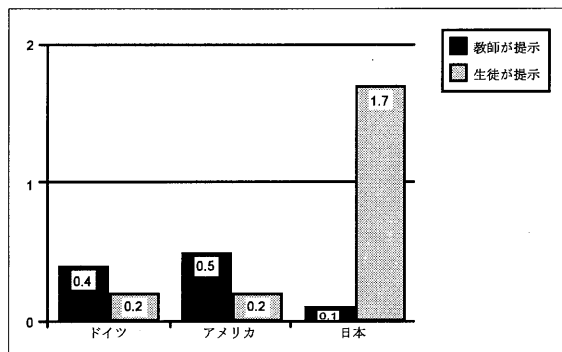


図 1 : 1 授業当たりの別解の提示

## (2) TIMSS 1999 ビデオ研究

### ① TIMSS 1999 ビデオ研究のねらい

上記の研究の規模を拡大して実際されたのが、TIMSS 1999 ビデオ研究 (Hiebert, et al., 2003) である。この新しい研究では、日本を含む世界7ヶ国における第8学年の数学科授業サンプル638件が、ビデオによる記録から分析された。

この研究の数学部門への参加国は、オーストラリア (AU)、チェコ共和国 (CZ)、香港 (HK、香港は中国の特別行政区であるが、分析上は国のように扱う)、日本 (JP)、オランダ (NL)、スイス (SW)、そしてアメリカ (US) の7ヶ国である。日本以外の6ヶ国では新たに数学の授業が収録され、日本の数学の授業は、前回調査で収録されたデータが新しい枠組みと分析方法によって再度分析された。さらに、このうち5カ国 (オーストラリア、チェコ共和国、日本、オランダ、アメリカ) を対象に、理科授業のビデオ分析も行われ、計439件の授業が分析された<sup>(4)</sup>。

### ② TIMSS 1999 ビデオ研究の知見

TIMSS 1999 ビデオ研究では、どの国にも共通する授業の一般的な特徴が明らかになるとともに、例えばオランダでは現実世界に直結した題材を授業で取り上げる割合が他国に比べて突出していることなど、各参加国に固有の特徴も明らかになった。興味深いことに、研究成果の全体をみると、日本の授業が特に際立って他国とは異なる様相をみせた分析項目が非常に多いことに気づかされる。

図2<sup>(5)</sup>は、授業時間がどのようなねらいのために費やされているかを、国別に表示したものである。日本では、新しい内容の導入に全体の60%が費やされ他国を

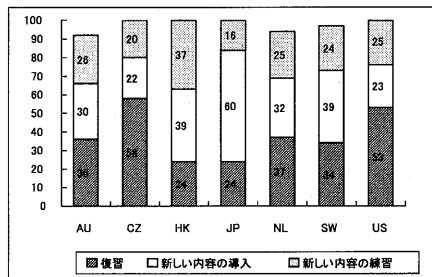


図2：授業における活動

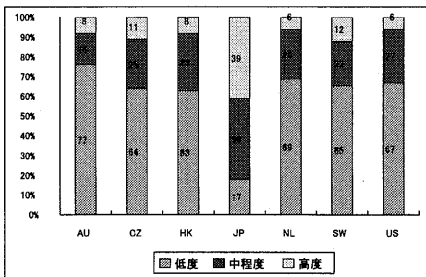


図3：提示された問題の複雑さ

大きく上回っている反面、復習の時間は少ない。一方、図3は、授業内に提示された問題の複雑さを、解決に必要な手続きの数や下位問題の個数によって「高度」「中程度」「低度」に分け、それぞれが全体に占める割合を示したものである。日本の授業で提示される問題は、他国に比べ、上記の意味でやや複雑であったといえる。

### ③ アジアに固有の数学指導法は存在するか

調査への参加国（地域）には、同じアジアの文化圏に属する香港が含まれ、日本と似た授業が香港でもみられるのではないかと関心を呼んだ。しかし、結果は、予想に反して、両者の異なる様相を示すものだった。

実際、授業で提示された問題のタイプを問題文から分類すると、日本では、数学的概念や手続きを関連づけることを求める問題の割合が高かったのに対し、香港では「～を解きなさい。」のように手続きの使用を求める問題の割合が高かった（図4）。また、個別学習の時間に生徒が取り組む活動についても、日本では、教師が事前に示した手続きを生徒が反復する時間が少なく、自ら解法を考え出したり修正したりする活動（「手続きの反復以外」）、あるいはそれと「手続きの反復」が混在する活動に従事している割合が高かった（図5）。これに対し香港では、「手続きの反復」が81%にも上った。これらの点では、香港の授業は、むしろチェコやアメリカの授業に近い特徴を示した。

このような分析結果から明らかになったのは、日本と香港に限らず、数学の成績の高い国が共通に用いている指導法は存在しないことである。これは、それぞれの国の教師が、その国の教育制度、社会・文化的背景のもと、よりよい授業実践を求めて努力していることを伺わせる結果であった。

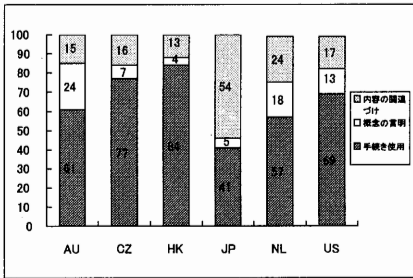


図4：取り組む問題のタイプ

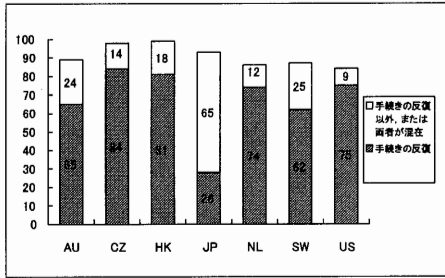


図5：個別学習での生徒の活動

#### 4. 学習者の観点からの授業の国際比較研究（LPS）

##### (1) LPSのねらい

上記のTIMSSビデオ研究は、ビデオサーベイという手法を用いた「授業の標本調査」を意図している。すなわち、参加各国でランダムに選ばれたクラスの各1単位時間分の授業を、主として教師に焦点を当てたビデオ撮影によって収録するものであった。

これに対しLPSは、異なる研究方法論に基づいており、データ収録の方法、分析の焦点も異なっている。特に、選ばれた指導経験豊富な教師3名の授業を、それぞれ10単位時間以上連続で、しかも授業者・学習者の行動の双方を同時に視野に入れて収録している点、授業終了後に、収録したビデオ映像を用いた再生刺激法による授業についてのインタビューを、授業者および学習者を対象に行っている点などである<sup>(16)</sup>。研究の設計は、次のような研究のねらいによるもので、LPSの特徴を反映している。

##### ① 系列の中に位置づく授業の構造の解明

授業は、通常、ある單元における指導計画のなかで、一連の授業系列の一部分として行われる。このことが意味するのは、單元全体でどのように位置づくのかによって、1つの授業も異なる様相を示しうるということである。例えば、単元の導入的な相では、概念の導入を主たるねらいとすることがあり、そこでは導入問題とそれに対する生徒の考えが大切に扱われるであろう。他方、単元の終末の相では、その単元で学習した概念や技能の適用を意図した適用問題を中心とする授業が展開されるかもしれない。このように、一連の授業系列のデータを収録・分析することによって、個々の授業の位置づけや、授業間の連関が浮き彫りにな

るであろう。

## ② 学習者の観点からの授業の収録と分析

TIMSS ビデオ研究では、授業の収録が主として教師に焦点を当てて（1台のカメラで）行われた。しかし、授業という社会的な営みのより深い理解のためには、学習者の観点も欠かせない。このような認識の下、LPS では、授業者・学習者の双方を視野に入れた授業データの収録を（3台のカメラを用いて）行い、授業直後のインタビューデータを併せて得ることで、学習者の眼でみた授業の様相、および学習者と授業者の行動の連関を解明することをねらいとしている。

## ③ 授業での出来事の質的な分析

LPS では、授業データに加え、インタビューデータ、質問紙への回答、生徒のノートのコピーなどを資料として、学習過程における数学的な意味の構成を分析することも意図している。すなわち、単に観察可能な授業事象を分析するのみではなく、教室における相互作用とそれを取り巻く状況や文脈、そして学習者と授業者の「見方」や「考え方」、価値の置き方などについても質的分析によって明らかにするのである。

## (2) 日本の数学科授業の特徴

### ① 授業間の連関の分析

LPS では、指導経験豊富な教師3名の授業を、10単位時間以上連続で収録し、そのうち10時間分をデータとしている。このことによって、TIMSS ビデオ研究で指摘された日本、ドイツ、アメリカの授業において典型的とされた「パターン」が、必ずしもそのまま出現しないことが明らかになった<sup>(17)</sup>。

例えば、日本の授業のパターンの構成要素は、「前時の授業の見直し」、「今日の問題の提示」、「生徒が個人かグループで問題に取り組む」、「解決方法を議論する」、そして「要点の強調とまとめ」の5つであるとされた<sup>(18)</sup>。これらの構成要素となる活動が、連続する授業でどのように現れるかを分析した結果、図6のような結果が得られた。

図6は、上記の日本の授業パターンの構成要素を1つの学校のデータに適用したものである。このような分析を行った結果、一連の系列の中では、それぞれの授業が単一の型には収まりにくい、より複雑で多様な様相を示すこと、また単純化された「型」によって授業を特徴づけることが困難なことなどが明らかになった。

このような結果から、授業の国際比較のための分析単位が再考され、授業の



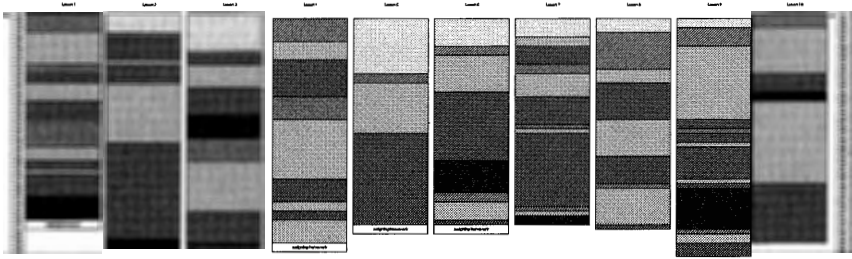


図6：系列のなかでみられる授業の構成要素  
(Clarke, Mesiti, Jablonka & Shimizu, 2006)

「パターン」ではなく、教授・学習過程にみられる授業事象 (Lesson events) を特定し、その形態と機能を分析する試みが行われている。

### ② 学習者と授業者による授業の知覚にみられるずれ

LPS では、収録されたばかりの授業の映像を用いて授業後のインタビューが行われた。インタビュー対象者には、再生用のリモコンが手渡され、授業において「自分にとって重要であった箇所」について説明することなどが求められた。このインタビューの反応を分析した結果、学習者と授業者とで、授業における「重要な箇所」の知覚、およびその根拠となる認識が一致する場合と異なる場合の両方が特定された。

例えば、生徒同士で相談しながら問題を考えるように授業者が指示した場面を、授業者のみならず2名の学習者も「重要な箇所」として指摘した。この場面は、グループで学習することによって自分の気づかないことに気づく機会が得られるという考えが、授業者と学習者の両方によって共有されていた。しかし、授業者がクラス全体の問題として何を提起するべきかを考慮しながら授業を進めていた箇所を生徒の立場からみると、授業において彼らの期待が充足されない時間帯が存在した事例も見出された。

このような分析結果からみると、指導経験が豊かな教師は、教師と生徒の間や生徒同士の間での知覚のずれと一致を適宜利用しながら、生徒を当該の問題や授業における学習活動に巻き込んでいくように教授行動を行っていることが伺われる。

### ③ 教授行動と学習行動の連関の理解に向けて

LPS では、参加国の研究チームが様々な観点から多面的に授業の分析を進めて

きた。日本のデータについては、上記以外にも、授業者と学習者の行為を質的に分析した結果も得られている。例えば、指導経験豊かな教師による授業では、数学的活動の「規範」が指導内容を構成しているという特徴も見いだされた<sup>(9)</sup>。すなわち、当該の数学的な概念や手続きのみならず、得られた解答を確かめることや、よりよい解法を求めることなど、数学を学ぶ上での「心構え」や「大事なこと」なども、意図的な指導の内容となっているとみられるのである。

### (3) 他国の授業の特徴：シンガポールの場合

LPS では、日本を含む16カ国（地域）が研究に参加し、そのうち12カ国についてはすでに授業データの分析が進められている。紙幅の都合上、以下ではそのような分析結果の一例として、シンガポールの分析事例を取り上げてみよう<sup>(10)</sup>。

#### ① 授業の「パターン」

10時間連続する形で収録されたシンガポールの授業は、見かけ上いろいろな様相を示すものであったが、その細部を授業内での要素（出来事：events）の関連の具合からさらに分析すると、1つのパターンが浮かび上がってきた。それは、教師による導入、生徒によるシートワーク（問題に取り組む活動）、生徒が行ったことの発表（生徒が発表する場合、教師が紹介する場合）、そして生徒が行ったことに対する教師のフィードバックというパターンである。

これは、一見すると、日本における「問題解決」型の授業の展開と似ているが、違う点がある。それは、シンガポールの授業では、1つの授業のなかで上の4つの出来事が繰り返し現れることである。シンガポールの指導経験が豊富な教師は、指導内容を「教えやすい」（あるいは「学びやすい」）小さな部分に分解して、生徒の出来具合を確かめてフィードバックを繰り返しながら指導しているようである。

#### ② 教授行動の特徴とその根底にある考え方

授業中にみられる教師の教授行動には、いくつかの特徴的な様子が観察された。この特徴には、日本の教師が用いる教授行動と似たものと、異なるものの両方がみられる。

第一は、シートワークの時間に生徒の誤りを見つけて、それにクラスの注意を向けさせることである。クラスの何人かが同じ誤りをしている場合には、その誤りを取り上げ、なぜそれが誤りなのかを教師が明確化する。第二は、生徒の学習活動をクラスで共有することである。提示された問題をどのように解くかについ

て、教師が説明するのではなく、生徒の解決を取り上げて、説明することである。誤った解決や不十分な説明には、なぜそれが誤りか、あるいは不十分なのかを説明する。また、そこでは、問題に対する別の解法も大切に扱われる。第三は、教師が、教科書の問題を宿題として課し、次の日にはそれに目を通して生徒に返す点である。生徒は、学習したことがらをその日のうちに宿題で復習し、すぐにフィードバックをもらうのである。

クラスで行うテストについても同様である。テストのなかで典型的にみられる誤りがあると、教師はそれを必ず授業のなかで取り上げて、なぜ誤りなのかを説明する。生徒がよく理解できていない概念があれば、その概念を使って解く問題のワークシートを配ってフォローする。以上のような教授行動は、生徒に対するフィードバックの多さによって特徴づけられ、しかもできる限りきめ細かく対応する工夫が重要であるという教師の認識によっているとみられるのである。

以上のような授業の特徴には、教育改革を効率的に進め、「よいと思われることから」は試してみても評価する、という印象のあるシンガポールという国の特徴が伺えるように思われる。このような他国の授業の特徴と対比して考察することで、日本の授業の特徴が一層顕在化するはずである。その際、三輪（1992）が指摘するように、「日本社会の文化」を考慮に入れて、「教室文化」を顕在化する方向で研究を進める必要があるとみられる<sup>(21)</sup>。

## 5. ヨーロッパ地域に固有の伝統を探る

上述の2つの研究は、いずれも多国間での大規模な国際比較研究であるが、近年、より焦点化された複数国間の国際比較研究も行われるようになってきた。そのような研究では、研究のねらいがより焦点化されており、得られる知見も別の観点から検討することが必要である。本節では、欧州4カ国の授業研究プロジェクト（METE-Project）、及びドイツ・スイスの2国間の授業研究プロジェクト（ピタゴラスプロジェクト）の2つを取り上げて、それぞれのアプローチの違いを浮き彫りにする。

### (1) 欧州4カ国における授業の比較：METE-Project

このプロジェクトは、ベルギー（Flanders）、イングランド、ハンガリー、スペインの4カ国の間で行われているもので、「ヨーロッパにおける数学教育の伝統」(*Mathematics Education Traditions in Europe*：略称 METE) という名称である<sup>(22)</sup>。

研究対象として選ばれたこの4カ国は、ヨーロッパにおける地理的条件の多様さ、社会・経済的条件の多様さ、そしてTIMSSやPISAのような国際比較調査における学習到達度の多様さ等からみて、それぞれ異なる伝統をもつ国と位置づけられた。

この研究では、初等教育後期（第5、6学年）、および中等教育前期（第7、8学年）の教室において、百分率や多角形、一次方程式などの内容が選ばれ、同一の教室で連続して4または5単位時間の授業をビデオに収録して分析した。

この授業データの分析に当たり、この研究では、それぞれ「授業総合シート」（Lesson synthesis sheet）と「授業コード」として束ねられる2つのカテゴリーからなる項目を設定している<sup>(23)</sup>。

このうち前者には、「理論的または概念的展開」や「問題または課題への従事」など7項目からなる「教授学的行動・学習行動」という下位項目と、「一斉授業」、「個人活動」、「ペアの活動」、「グループ活動」の4項目からなる「社会的行動」の2つの下位項目が含まれる。一方、後者には、「数学的焦点」、「数学的文脈」、「指導法」、「教具」という4つの下位項目が含まれる。

収録した授業をこれらのカテゴリーと項目から分析して、前述のように授業を取り巻く環境の異なる4カ国の差異が同定されている。この研究は、各国の授業を評価したり、知見の一般化を図ったりする研究ではないし、分析対象となった授業数は少ないものの、授業の様相を多面的に分析する観点は参考になる。

## (2) ドイツ・スイスの2国間比較：ピタゴラスプロジェクト

これは、ドイツの国際教授学研究所（DIPF, Deutsche Institut für Internationale Pädagogische Forschung）のE. クリーメを中心とする研究グループと、スイス・チューリッヒ大学のK. ロイセルを中心とする研究グループとの間で展開された国際研究プロジェクト（ドイツ・スイス授業ビデオ研究プロジェクト）である<sup>(24)</sup>。この研究では、数学の授業における指導の質が生徒の学習にどのような影響を及ぼすかが、準実験的な研究デザインによって探究された。そのために、両国で合計40の学級で、それぞれ「ピタゴラスの定理」の指導における最初の3時間の授業に限定してデータ収録を行った。教授・学習の対象となる数学的内容を固定した上で、その同一の内容が実際にどのように教えられるかを検討することで、従来の研究に比べてより精度の高い比較検討を行おうとしていた点が特色である。

この研究の目的を整理すると、主として次の3項目になる。

- (a) 指導効果の長期的分析
- (b) 数学的理解の発達に関する微視的分析
- (c) 異文化間の比較

第一に、TIMSS ビデオ研究のドイツデータの検討に基づいて、指導の質についての分析を、学級経営、生徒の導き方、そして認知的な働きかけという3つの観点から明らかにすることである。この研究を通じて、到達度と動機付けに対する指導の効果についての理論化を目指そうとした。そのために、高水準のディスコース、証明、集団による問題解決、(特に文章題についての)足場設定(scaffolding)とその他の「認知的活性化」に焦点が当てられた。

第二の「数学的理解の発達に関する微視的分析」では、生徒のもつ知識と理解、動機付けが学習活動とその成果にどのように影響するかを調べようとしている。また、幾何の学習における成果がどのような認知的所産として析出できるか、特に3時間分のピタゴラスの定理の指導で、どの程度の理解の深化がみられるかをみようとしている。さらに、生徒の既習の知識と到達度の関係を、指導におけるどのような特徴が支えているかをみる。

第三の「異文化間の比較」のねらいには、典型的な教授学習過程(パターン)の同定、そして教師の知識が、彼らの自己報告や観察される実践とどのような関係にあるかを解明することが含まれている。

以上の目的のために、ドイツ(第9学年)とスイス(第8学年)の各20の学級において、ピタゴラスの定理の指導における最初の3時間分がビデオに収録された。

この研究では、授業の国際比較を行う他の研究プロジェクトに比べ、次の点に特色がある。指導の質が学習にどのように貢献するかを特定するために、事前テストと事後テストの質問紙調査を含む準実験的なデザインに、学習過程の詳細な分析手法を組み合わせる点である。

分析結果は、生徒の思考に対する認知的な活性化や学級経営の程度によって規定される指導の質が、短期的には数学の学習到達度に効果をもつこと、そして個人的な特性の異なる生徒に対する指導の効果が異なって把握できることなどを示している。今後、数学的内容の反映された分析がどのように行われるかも興味深いところである。

## 6. 授業の国際比較研究：その動向と課題

### (1) データ収録のデザインにおける数学的内容の扱い

データ収録の方法を考える際に、サーベスタイルの TIMSS ビデオ研究と経験豊かな教師に焦点を当てる LPS とは対照的である。また、METE プロジェクトのように、小規模の授業サンプルながら多面的に分析を行うことが可能である。このようなデータ収録のデザインでは授業内容の扱いも重要な意味をもっている。

数学教育の分野で特に授業の国際比較が行われてきたのは、各国のカリキュラムにおける数学的内容が、多くの国で共通に指導されており、いわば「世界共通の言語」のような側面をもつことによるものであろう。このように、指導内容の面で国際間での比較に「耐えうる」という観点からみて、数学それ自体が文化的な性質を持つものでありながら、その内容と方法には共通に比較できる基盤がある。

それゆえ、国際比較を意図した研究では、数学的内容を固定して授業データを収録することも考えられる。ピタゴラス・プロジェクトや METE プロジェクトでは、この点を押さえた授業データの収録を行っているし、LPS においても参加国の多くが1次方程式に関する授業を収録して、この内容に絞った分析をも試みている。このように、数学的内容をどう位置づけてデータ収録を行うかが近年の研究において考慮される要因の1つである。

### (2) 国際間の比較と分析単位

TIMSS ビデオ研究では、各学校の授業1単位時間分が収録され、それを基本単位として分析が行われた。これに対し、LPS で収録された10単位時間以上を基本とする連続の授業データの分析結果からは、授業を連続して収録し分析することによって、個々の授業内の分析に加え、授業間の連関をも視野に入れた新しい分析が有効であることが明らかになった。また、ピタゴラスプロジェクトでも、このトピックの授業の開始後3単位時間分を、METE プロジェクトでも連続した4,5単位時間分の授業を継続して収録・分析している。

個々の授業の様相が、一連の系列の中では、それぞれの授業が単一の型には収まりにくい、より複雑で多様な様相を示すこと、また単純化された「型」によって授業を特徴づけることが困難なことなどからみて、連続して授業を収録するという手法は、今後も注目されるであろう。そしてそのことは、国際比較における分析の単位をどうとらえるかということにも直結する。LPS が行っている授業事

象 (Lesson events) の特定は、そのような分析単位の設定における1つの方向を示すものである。

### (3) データ管理・処理におけるテクノロジーの利用

授業に関する大規模な国際比較研究では、収録する授業データの管理・処理が重要な役割を果たす。TIMSS や LPS では、研究の開始当初は、VHS のビデオに授業を収録し、それをデジタル化するという手法が採られていた。現在では、映像や音声の記録と貯蔵、分析ははじめからデジタル化された状態で DVD 等に記録できるため、従前よりもこれらを容易に行えるようになった。

授業データの貯蔵に関しても、デジタル化されたデータは、従来のメディアに比べ劣化しないので、長期にわたる貯蔵が可能になった。例えば、世界16カ国の共同研究として進行する LPS では、データをメルボルン大学の国際授業研究センターに設置した大型サーバに貯蔵し、海外の研究メンバーはインターネット経由でデータへのアクセスができるようにする方向で管理が行われている。

一方、授業データのデジタル化に伴って、分析のためのツールも様々な開発されている。TIMSS ビデオ研究では、大量の授業データを効率的に処理するために、“Vprism” という分析用ソフトウェアが開発されて分析に用いられ、その改良が重ねられた。また、LPS では、“Studio-Code” という新しいソフトウェアを開発し、様々な目的の分析に用いている。

これらのソフトは、授業のトランスクリプションからあるキーワードを検索し、そのキーワードに該当する箇所の映像と音声を複数の画面で同時に参照できるようになっていたり、授業内のある行動について定義されたコードを、授業全体で特定して時間経過に伴う図式化を行えるようになっていたりして、授業の多面的かつ詳細な分析に役立つ。

このようなツールを有効に生かしながら、大量のデータを多面的、複合的に分析していくことが求められている。

### (4) 研究成果の教師教育への援用

いかなる授業の研究も、その究極のねらいは、授業実践をより深く理解し、改善することである。例えば、公表された TIMSS ビデオ研究の報告書 (CD-ROM 版) には、分析コードの意味や分析結果を視覚的に例示するビデオクリップが豊富に提供されている。さらに、各国の授業例 (公開用) と授業者や研究者のコメントを収録した CD-ROM も市販され、教育の改善を視野に研究成果を活用し、

特に教師の専門教育に役立てることが意図されている。

授業という文化的な営みを支えるのは、教室での実践に参加する生徒と教師によって共有され、普段は眼にみえることなく存在している信念や価値観、規範などである。他国との比較を通して浮き彫りになる我が国の授業の特徴は、教師の教授行動の根底にある価値観や規範に支えられているのである。LPSの成果からみて、指導経験の豊富な教師は、この価値観や規範を自らが研ぎ澄ますと同時に、それを生徒にいかにつまみ伝えていくかという点に秀でていとみられる。教室での規範の形成による授業の基盤づくり、授業間や授業内での関連を張り巡らすことによる生徒の理解の促進など、我々が学びうることがらが数多く見出せる。

このような観点から、国際比較を通して浮き彫りにされるわが国の数学科授業の特徴を踏まえて、教室で指導に当たっている個々の教師が指導の改善を図るために用いることのできる資料（様々なメディアのリソース）を準備することも、国際的に行われる研究に求められる成果の1つであるといえる。

## 7. まとめと今後の課題

本稿では、第3回国際数学・理科教育調査（略称：TIMSS）に附随して行なわれた授業研究（「TIMSS ビデオ研究」）と、この研究の成果を踏まえて設計された「学習者の観点からみた授業研究（略称：LPS）」を中心に、近年行われている数学科授業の国際比較研究の動向を概観し、その課題について考察した。

この検討の過程で、これらの研究を通して浮き彫りになった日本の数学科授業の特徴のいくつかに触れてきた。このような研究を通して浮き彫りになるのは、多国の実践との比較によってみえてくる授業そのものの特徴であり、授業という営みについてその国で共有された固有な考え方でもある。この両者を視野に、さらにこの分野での研究が進展することが期待される。

## 註および引用・参考文献

- (1) Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T. Knoll, S. & Serrano, A. (1999) *The TIMSS Videotape Classroom Study: Methods and Findings from an Exploratory Research Project on Eighth-Grade Mathematics Instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, DC: U. S. Government Printing Office.
- (2) Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Givvin, K. B., Hollingsworth, H., Jacobs, J., Chiu, A. M. -Y., Wearne, D., Smith, M., Kersting, N., Manaster, A., Tseng, E., Etterbeek, W.,



- Manaster, C., Gonzales, P., and Stigler, J. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study*. U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- (3) 拙稿 (2002) 「国際比較を通してみる日本の数学科授業の特徴と授業研究の課題—TIMSS ビデオテープ授業研究の知見の検討—」日本数学教育学会誌・数学教育, 第84巻第3号, pp. 2-10.
- (4) 拙稿 (2003) 「世界7ヶ国の比較から浮かび上がる日本の数学科授業の特徴: TIMSS 1999 ビデオ研究の知見から」教育科学数学教育, No. 551, pp. 99-103.
- (5) Clarke, D., Keitel, C. & Shimizu, Y. (2006). The Learners' Perspective Study. In D. Clarke, C. Keitel & Y. Shimizu (eds.) *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider's Perspective*. Rotterdam: Sense Publishers.
- (6) Stevenson, H. W. & Stigler, J. W. (1992) *The Learning Gap: Why Our Schools Are Failing and What We Can Learn from Japanese and Chinese Education*. New York, NY: Summit Books. (H. スティーブソン・J. ステイグラー著, 北村晴朗・木村進監訳 (1993) 『小学生の学力をめぐる国際比較研究—日本・米国・台湾の子どもと親と教師—』金子書房)
- (7) 三輪辰郎編著 (1992) 『日本とアメリカの問題解決の指導』東洋館出版社. Becker, J. P., Silver, E. A., Kantowski, M. G., Travers, K. J. & Wilson, J. W. (1990). Some observations of mathematics teaching in Japanese elementary and junior high schools. *Arithmetic Teacher*, 38, October, pp. 12-21.
- (8) 上記(4)参照。
- (9) Stigler, J. W. & Hiebert, J. (1999) *The Teaching Gap: Best Ideas from the World's Teachers for Improving Education in the Classroom*. New York: NY, The Free Press. (湊三郎訳, 2002) 『日本の算数・数学教育に学べ—米国が注目するjugyou kenkyuu—』, 教育出版)
- (10) Keitel, C. & Kilpatrick, J. (1999). The rationality and irrationality of international comparative studies. In G. Kaiser, E. Luna, & I. Huntley (Eds.) *International Comparisons in Mathematics Education*. London: Falmer Press, pp. 241-256.
- (11) Clarke, D. J. (2003). International Comparative Studies in Mathematics Education. In A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, and F. K. S. Leung (Eds.) *Second International Handbook of Mathematics Education*, Dordrecht: Kluwer, pp. 145-186.
- (12) 国立教育政策研究所 (2005) 『算数・数学教育の国際比較—国際数学・理科教育動向調査の2003年調査報告書』ぎょうせい
- (13) 上記1), 2)
- (14) Roth, K. J., Drucker, S. L., Garnier, H., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., Okamoto, Y., Rasmussen, D., Trubacova, S., Warvi, D., Gonzales, P., Stigler, J. & Gallimore, R. (2006) *Teaching Science in Five Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study*. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- (15) 表中の記号と国名は、以下のように対応する: オーストラリア (AU), チェコ共和国 (CZ), 香港 (HK), 日本 (JP), オランダ (NL), スイス (SW), アメリカ (US)。以

下同様。

- (16) 上記(5)
- (17) Clarke, D., Mesiti, C., & Jablonka, E. & Shimizu, Y. (2006). Addressing the challenge of legitimate international comparisons: Lesson structure in Germany, Japan and the USA. In D. Clarke, J. Emanuelsson, E. Jablonka & I. Ah Chee Mok (eds.) *Making Connections: Comparing Mathematics Classrooms Around the World*. Rotterdam: Sense Publishers.
- (18) 上記(9)
- (19) Sekiguchi, Y. (2006). Mathematical norms in Japanese mathematics lessons. In D. Clarke, C. Keitel & Y. Shimizu (eds.) *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider's Perspective*. Rotterdam: Sense Publishers.
- (20) Hoon, S. L., Kaur, B. & Kiam, L. H. (2006) Case studies of Singapore secondary mathematics classrooms: The instructional approaches of two teachers. In D. Clarke, C. Keitel & Y. Shimizu (eds.) *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider's Perspective*. Rotterdam: Sense Publishers.
- (21) 三輪辰郎編著 (1992) 『日本とアメリカの問題解決の指導』 東洋館出版社.
- (22) Andrews, P. (2005) Mathematics education traditions of Europe (METE) project: Methodological perspective and instrument development. *Paper presented in a Symposium on "The mathematics education traditions of Europe (METE) project: Principles and outcomes"*, at the 11th Biennial EARLI Conference, Nicosia, Cyprus, August 23–27, 2005
- (23) De Corte, E., Depaepe, F., & Eynde, P & Verschaffel, L. (2005) Mathematics education traditions in four European countries: The case of the teaching percentages in primary school. Paper presented at the international conference of the Mathematics Education into the 21<sup>st</sup> Century Project, Malaysia, November 25– December 1, 2005.
- (24) Lipowsky, F., Rakoczy, K., Vetter, B., Klieme, E. Reusser, K. & Pauli, C. (2005) Quality of Geometry instruction and its impact on the achievement of students with different characteristics. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Montreal, April, 2005.