

礪田正美, 宮川健, “高等学校の数学教育改革へのパースペクティブーICME9高校部会(WGA 3)の概要, 改革への視点と日本の特質ー”, 中学校・高等学校数学科教育課程開発に関する研究(8)世界の教育課程改革の動向と歴史文化志向の数学教育ー代数・幾何・微積 For All プロジェクトの新展開ー, vol.8, pp.257-266, 2001, 筑波大学数学教育学研究室.

## 概要

本稿では、数学教育世界会議高等学校部会の概要と改革の課題、世界の動向と対比する際の日本の特質について述べた。高等学校部会は、第1セッションで全体講演、第2、第3セッションでカリキュラム・テクノロジー・教育実践の分科会、第4セッションで集約討論で構成された。本稿ではその概要を紹介するとともに、数学教育改革に際しての課題を示したトルシュ氏の講演概要を記した。そして、日本の高等学校における数学教育改革を検討するに際して、これら海外の動向を検討する上で必要になる日本の高等学校教育の特質を記した。

寄稿

高等学校の数学教育改革へのパースペクティブ\*  
—ICME 9 高校部会(WGA 3)の概要, 改革への視点と日本の特質—

磯田 正美\*\* 宮川 健\*\*\*

要約

本稿では, 数学教育世界会議高等学校部会の概要と改革の課題, 世界の動向と対比する際の日本の特質について述べた。高等学校部会は, 第1セッションで全体講演, 第2, 第3セッションでカリキュラム・テクノロジー・教育実践の分科会, 第4セッションで集約討議で構成された。本稿ではその概要を紹介するとともに, 数学教育改革に際しての課題を示したトルシュ氏の講演概要を記した。そして, 日本の高等学校における数学教育改革を検討するに際して, これら海外の動向を検討する上で必要になる日本の高等学校教育の特質を記した。

キーワード: 教育課程, 高等学校, 教育改革, 国際比較, テクノロジー

はじめに

200名を越す参加者を得た高等学校部会は, ICME 9 国際プログラム委員会から数学教育国際心理学会(IGPME)前会長Steve Learman(ラーマン, 英国)氏が派遣され, 組織者: Michele Artigue(アーティギュ, 仏), Abraham Arcavi(アルカビ, イスラエル), 組織委員: Christine Knipping(ドイツ), Maria Trigueros(メキシコ), 上垣渉(日本), 国内担当委員: 磯田正美(日本)で運営された。組織者であるアーティギュ氏とアルカビ氏はともに数学教育国際心理学会で国際委員を務めた著名人で, 特にアーティギュ氏は, 今期数学教育国際委員会ICMI副委員長でもある。両氏は, この部会の目的を次のように記した。「現在, 高等学校の数学教育はほとんどの国で様々な障害に直面し, 障害を越えるための挑戦を続けている。このワーキンググループの目的は, そこでのアイデアを交換し, 討論し, 将来の共同へ向けての発

展に行動的に貢献することにある」部会は, 第1セッションを全体講演, 第2, 3セッションを三分科会同時展開による講演と討議, 第4セッションを分科会報告・集約のための全体討議という形式で構成された。ICME 9 国際プログラム委員会委員長の藤田宏氏が要請したように, ICMEの部会(Working Group for Action)の性格は, 今後の行動を起こすべく参加者誰もが討議参加する点にある。高校部会では, この藤田氏のガイドラインを実現するために, 分科会, さらに小グループに分かれての討議が深められ, 臨時通訳による日本語でのコミュニケーションも含めて, 参加者全員に発言機会・討議への参加機会が設けられるように工夫した運営がはかられた。

本稿は, 現在なお進行中の部会報告作成過程での話題から, 国内担当委員の立場からみて日本の先生方に特に関心と呼ぶであろう話題を中心に報告したい。以下, はじめに会議概要を示す。次に, 共感する点が多く, 非常に印象深い講演をされたLuc TROUCHE(トルシュ, フランス)の講演概要を提供する。最後に, 諸外国の動向と対比して, 日本の高等学校数学教育改革の課題を知る上で不

\* 寄稿依頼 平成12年8月1日, 採用決定 平成10月18日

\*\* 筑波大学教育学系

\*\*\* グルノーブル大学大学院

可欠となるであろう、日本の高等学校数学教育の特質に言及したい。なお、トルシュ氏の講演などフランス関連の話題について、フランスの情報に詳しい宮川健が分担した。

## 1. 高校部会の概要

ICMEの部会(WGA)は、大局的にみて現実的課題を対象にした部会と学術研究に関心をおく部会に分けられる。その運営は、各部会の組織委員会にゆだねられる。今時高校部会は、枠組み設定、講演者・発表者の選考過程から、現実の課題とその解決への方途を得ることを目的に計画された。以下、部会組織者による部会報告を典拠(www.irem-paris7.fr.st)に概要を記す。

### (1) 全体講演概要

第1セッションでは、高等学校部会としての検討課題を明瞭化することを目的に全体講演がもたれた。様々な多様性を内包した国家の代表として米国のJoan Ferrini-Mundy氏、数学教育の発展が現在進展しつつある国を代表してブルネイのWong Khoon Yoong氏、国定カリキュラムを採用する国を代表してフランスのトルシュ氏が全体講演し、背景的知識を共有して分科会に分かれる前提とした。

Joan Ferrini-Mundy氏は、NCTM(米国数学教師協会)スタンダード2000(カリキュラム編成文書)の内容とその課題を話題にした。米国に国定カリキュラムはなく、スタンダード2000も各州、各学区、各学校、教師それぞれがカリキュラム編成する際の拘束力のない基準にすぎない。米国は、想像を超えた多様性を抱え、日本とは全く異なる状況にある。例えば、カリキュラムを実現する際の課題の一つは、各高校のカリキュラムを実施する教員の充足の必要があげられる。数学教員になりてがいないことが米国の課題である。また、多様な学生が入学することを前提にした米国の大学では、高校程度のカリキュラムを大学でも一般的に用意しており、逆にそれが高校での履修を形骸化してきた。高校履修内容(微積、統計)の大学での単位認定試験制度があるのもそのためだが、特に近年、電卓によるカリキュラム改革と連関して、単位認定試験制度は、高校でのそれら

高校数学の達成水準、履修率をあげる成果をあげてきた。

Wong Khoon Yoong氏(ブルネイ大学)はお雇い外国人(中国系)である氏が、イスラム圏しかもボルネオ島の一角の豊かな産油国ブルネイで、翻訳教科書からの脱却をはかり、数学教育民族化のために地域の歴史文化に根付いた教材の開発をはかっている現実を語った。

トルシュ氏(モンペリエ大学)は、フランス人らしい英語で講演をされたが、内容は日本と接点が多く、その意味で日本人からみて説得力ある講演であった。後で詳しく紹介する。

### (2) 分科会概要

第2、第3セッションは、カリキュラム分科会、テクノロジー分科会、教育実践分科会が同時並行で展開された。

#### ア) カリキュラム分科会

カリキュラム分科会はMartin Kindt氏(オランダ)がコーディネータを務めた。それぞれの国で、実際にどのようにカリキュラムが構成され、それがいかに実践されていくかを共有、比較、対照することに焦点が当てられた。フランスでは、国定カリキュラム下で、多様な生徒に対応することが求められている。コロンビアでは、数、空間、測定、変化、確率の5領域において、探求、モデル化、実践、探究という豊かな問題状況で学習が進展することを求めた国定ガイドラインはあるが、内容のシラバスについての公式文書はない。オランダでは、フロイデンタール研究所で活用指向カリキュラムが開発されてきた。ラトビアでは、シラバスは共通だが、能力別編成が採用され、能力に応じて厳密性の異なる数学授業が行われている。これらの国毎の発表を通じて、議論されるべき主題としてあがったのは次の点であった：いかなる内容が教えらるべきか(どの内容を? 過程・ストラテジ・モデル化・応用は?)。カリキュラムの構造はどのように編成されるべきか(数学の系統か、プロセスか? バランスは?)。すべての生徒が必要な数学とは何か。

#### イ) テクノロジー分科会

テクノロジー分科会は、Kaye Stacey氏(オーストラリア)がコーディネータを務めた。分科会内

で全体講演を 6 件行い、関心がある講演主題について分かれて討議する形式を採用した。分科会内で行われた全体講演は、近年のテクノロジー利用の多様性を反映していた。数学史と実世界への応用を主題にビデオ教材を開発するプロジェクト、ファジイ集合の教材化のために特別に装置を準備して授業展開するプロジェクト（講演者 寺田幹治氏）、病院内など特別な生徒を対象としたインターネット上での個別支援プロジェクト、数式処理システムを活用した新しい学校数学を実施するプロジェクト、そして、日本とオーストラリアの生徒を結んで数学における文化的相違に出会うプロジェクト（講演者 磯田正美）である。グループ討議を通じて、次の点が明らかになった。高等学校の数学教育で、テクノロジーは、個人的、社会的次元双方でその潜在力をすでに発揮しており、インターネットが新しい機会を提供するようになった。テクノロジーの進化によって新しい数学の必要が喚起されている。テクノロジーが概念的思考を促進するというような初な議論はもはや越える必要がある。テクノロジーから恩恵を得るには、教師が特定の学習場面とそこでなされる経験を組織するための計画することだが、まずは必要になる。

#### ウ) 教育実践分科会

教育実践分科会は、Maria Trigueros氏(メキシコ)がコーディネータを勤めた。豊かな教授内容経験 (Rich Teaching Content Experiences) を主題とした。例えば、問題解決の役割やモデルを利用することの意味、さらに、数学と他教科、文化との関係を検討することの意味が議論された。モデル化過程を含む純粋数学の状況、現実世界の状況から学ぶべき内容（講演者 中込雄治氏）が豊に発展される。どちらの状況も有効であり、重要である。現実世界の状況を扱う際には、生徒自身がモデル化することが重要である。広範に広がったテクノロジーは、生徒が広範な問題と問題の条件を探索しえるゆえに、そこから学ぶべき内容を豊に発展する機会を提供している。文化的多様性は、異なる文化的視野から数学の問題を提示する興味深い問題状況を設定し、生徒が互いに理解しあうことを助ける。豊かな教授内容経験を利用すれば、生徒は概念や必然性を探求する機会をえ

る。教育実践での豊かな教授内容経験の総合的実現は、カリキュラム改革を通じてのみ達成されるものではない。すでに入学試験や学校制度の制約を加重に背負った先生方には、教師教育や資料の助けが必要になる。豊かな教授内容経験を実現する上では、生徒の理解や考え方を知る研究は、最重要な役割を担う。豊かな教授内容経験を実現する上での読書教材、実現するための条件、それに必要なコストなど、広範な議論が行われた。

#### (3) 総 括

第 4 セッションでは分科会報告と総括が行われた。講演のない、総括を目的としたセッションであるため、最終的にどう集約されるのか、議論の行方に関心のある参加者が残った。その様子を本稿末に写真集として示した。その様子からわかるように、それまでのセッション同様に熱心な討議がなされた。アーティギュ氏とアルカビ氏は次のように報告書を締めくくっている。「高校部会における提案と討議は、現存する文化的多様性にもかかわらず、世界の高校数学教育が抱える課題の類似性を象徴していた。高校数学の大衆化にどう答えていくか、新しく多様な要請にどう答えていくか。テクノロジーの進化に適応することも求められている。提案と討議は、それらの状況に肯定的に答え、状況を改善していくための多様かつ豊かな研究開発が行われていることを物語っている」詳細は、パリ第 7 大学 IREM (数学教育研究所) のサイト [www.irem-paris7.fr.st](http://www.irem-paris7.fr.st) を参照されたい。

### 2. トルシュ氏のカリキュラム論

ここでは、トルシュ氏による全体講演「フランスにおける数学教育～継続される反動的改革と課題となる領域：数学教育の危機を処理し得るいくつかの条件」を紹介する。トルシュ氏は、フランスの指導要領改訂に関わる問題を、20 世紀におけるフランスのカリキュラム改革史を背景に、検討した。以下述べるように、国定カリキュラムであるフランスの改革状況は、日本の状況に近いものがあり、その議論は比較検討に際して参考になる。以下、概要を紹介する。以下、読み進めるに際しては、読者が、日本の現実と対照し対話しながら読み進めることを期待したい。

# (1) 改革は変化をもたらすか？

2000年9月からフランスでは新しい数学教育プログラム（指導要領）が実施される。それが現実にはどのような変化をもたらすのかを見極めるには方法が必要となる。その方法をまず述べよう。

a) 第一に、その改革が変化をもたらすかを明確にする必要がある。数学教育改革後における現実の変化を測定するには、改革そのものから一定の距離をおいた視野を設定する必要がある。フランスの教育プログラムは、国定タイプであるが、国定カリキュラムと実践の現実とは区別する必要がある。

b) 連続と崩壊を語る上で、振り子メタファ（制度上の制約から安定しないで大きく振れてしまう）と地殻変動メタファ（改革後、隆起、沈降、断層を伴った大変動がまだらに残る）が有効である。例えば、数学に期待されていることは常に同じではないので、時代に応じた振れ状態が教育改革の象徴となるし、次の改革には、その変動の後が残ったりする。

c) 教育改革は、それ以前の改革との比較によってのみ理解し得る。フランスでは、「科学的人間性」を強調して生徒の活動を促進し微積分導入を求めた1902年の改革、現代的形式と厳密性と証明の必要性を強調した1960/1970年代の「現代化」が、典型として比較対象となる。

d) 変化を把握するには、数学者社会、学校制度、教師・生徒という教育プログラムの利用者、そして社会全体とを対照する必要がある。

## (2) 新世紀への今時改革の特徴

この方法論によって、今回のフランスにおける教育プログラム改訂は次のように特徴付けられる。

a) 数学者の教育プログラムに対する距離：1902年の改革では、Poincaré, Darboux, Hadamard等の数学者が改革を創始し、教師向け図書の執筆をした。1960-70年の現代化では、Choquet, Dieudonné, Lichnerowicz等の数学者が再び革新運動を先導した。80年代、数学教育関係者が改革を先導する状況が到来し、逆に、数学者の参画は国家基準委員会など限定されるようになった。

b) 指導法進化に結びつく態度：現代化時代には、数学者は、数学を統合された一つの知識体系とみなした。その影響で、指導も数学的構造を基礎にした系統が作られた。しかし、もはや数学者は、数学を一つの知識体系とはみなさなくなった。それぞれの数学者はそれぞれに自分自身を中心に数学を再体系化することに関心をおくようになった。この数学の生体構造は、知識の再組織化を基本とする指導法こそを支持することとなった。そして、その転換によって、指導法は、かつてのようには単純に語れなくなった。

c) 数学の地位に対する社会的問いかけ：1902年の改革では、自然の理解における中核的地位を数学に与えた。1970年の改革では、知識そのものにおける数学の役割の改訂（すなわち構造主義）によって改革が行われた。数学の中核的地位はこの世紀末に崩壊し始めている。数学の選択権は、とりわけ保護者側にある。数学はかつて自然の理解の中核にあったとする偉大なる逸話の終焉は、現代化で支持された一般性のある厳密モデルと普遍言語による形式主義的数学の拒絶を通じて起こった。

d) 制度上の問いかけ：フランスでは、科学的活動、特に教育の場で、数学は中心的な役割をなさないと教育大臣が強調した。1902年の科学的人間性、1970年の現代数学に続く時代は、実験的人間性の時代となった。一方で、文部大臣他、社会のかような信条は、高校における数学の授業時数を後退させた。

e) 技術進化への誤った対応：生徒は、教育プログラムや入試などの制度が確定する以前に一層複雑な高機能電卓を教室に持ち込むようになった。その動きの推進者は、その利用が、新しい教育プログラムの目標であるかの如く宣伝をする。実際には、フランス文部省の数式処理電卓の委託研究校と一般校の現実との実状の差は激しく、新しい教育プログラムで話題にする内容や一般校の現実とそれら高機能電卓の積極的利用との間には距離がある。

f) 高等学校の大衆化：1902年の改革は、社会的／文化的に均質な上級階級層に対して行われた。1970年の改革は、高校教育の促進という意味

では社会的に多様な層に対して均質に行われた。現在の改革は社会的にも文化的にも均質ではなく、学ぶことを拒絶する層にも向けられている。数学から離れていく生徒、同じ意味では行いえない生徒や教室の実状に応じた教育、こういった事態は、高校教育における数学の地位を普遍的なものではなく、特殊なものとしている。

g) 教師によってもたらされる危機：教師の役割が、制度的・社会的に問い返されている。専門職としての教師の働く環境は、教えるコース、生徒数、生徒の受講態度、学力差など、一層、複雑化している。

### (3) 危機を伴う反動としての改革

今時改革は数学教育の危機と表裏一体にある。

a) 現代化に対する反動として新しい均衡が求められている：現代化に基づくカリキュラムに対する反動としての改革は 1980 年に始まった。その改革は、数学者に由来する 1902 年と 1970 年の改革への反動でもあった。その改革は、行き過ぎた現代数学の矢面に立った数学教師とその団体の実践的基盤をもとに進展している。これまで演繹的アプローチと一層直観的なアプローチとの新しい均衡状態の模索や教師支援による自由研究など生徒の新しい活動の促進が徐々に試みられてきたが、まだ成功には至っていない。

b) 生徒の学校社会への適応に際しての課題：例えば、個人指導を通して学校自体を子どもの多様性に適応させることや、すべての生徒への数学と特定の生徒への数学とを教育課程や教室での学習指導において両立させることなど。

c) 数学プログラムの社会の変化への適応に際しての課題：主に、多くの職種やすべての市民に求められる知識に深く関係のある数学のテーマを用いることによって数学の社会的ニーズに適応すること、新しい計算道具（電卓、表計算、数式処理ツール）を修得することによって社会の技術進化に適応することなど。

d) 教師による参画を求めたプログラム改革上の課題：これまでの教育プログラム改革への反動として、今回の改革では、教師の改革への参画を求めて、そのような教育プログラムを策定した理由が明確に述べられており、一般的な教育制度上

の選択と内容領域上の選択とを区別したり、教師の声をインターネットで聞くことが行われた点において今までと異なる改革となっている。

e) 共通見解の欠如にともなう課題：このような教師の参画を求めたカリキュラム改革をしたとしても、その改革を支援する先生方は多く集まらない。逆に、改革に不信感を抱いている。

### (4) 危機を乗り越えるためのいくつかの条件

a) 構成要素の条件：これらの危機を解決するには、制度的選択をする必要がある。例えば、教師の新しい役割を明らかにし、教室あたりの生徒数を減らす必要がある。生徒の活動を促進するのであれば生徒の多様性を考慮し、個々の探究活動を監督し、どのような計算機を用いるのかに鋭敏になる必要がある。

b) プログラムに関わる条件：1902 年の改革、1970 年の改革で培われた指導観から授業を引き離し、生徒の活動と生徒の活動を支援するルールの構成とを両立させる学習指導法の改革を構想する必要がある。振り子と地殻変動効果を意図的に限定して実現するために、教育プログラムとその実際への適用の両面で調整する必要がある。

c) 制度的条件：フランスは、様々な国家規模の施策を通して数学の教授・学習研究を創設してきた。数学教育研究所 IREM は各大学にある。20 年にわたり、数学の教授学が発展してきた。そこでは、新しいテクノロジー環境、教授学的転換、共応、概念化過程などの用語で、実践と理論とを同化してきた。一方で、フランス文部省はそういった成果を参照していないかにみえる。

d) 計算手段の学習と利用のあり方について考慮すべき条件を明らかにする：先生方が教室で利用する上で一貫した、制度的な、利用しやすい指導技術を、教育学者、計算機科学者、数学者が共同して構築するためのチームが必要である。

e) 教育と教員養成に関わる条件：教育を再新するには 1970 年の改革同様に教員養成が非常に重要である。インターネットのような遠隔教育機器が先生方を個別支援する機会を提供する時代にはなったけれども、先生方は、研究者や実験的実践者、そして先生方を結びつける確実で根本的な核を備えた教育を受ける機会を必要としている。



f) 数学者の社会についての条件：数学者が改革への挑戦に参画することはきわめて重要である。世界数学年 2000 などの試みはあるにしても、なお充分とは言えない。米国の大学では、数学科が閉学し続けている。今世紀初頭の状況を回顧すれば、次のような問いが生まれる：誰が技術者に数学を教えるのか、それは技術者か、数学者か？ドイツでは、数学教育の改革に熱心に貢献した数学者クラインが、当時の数学に対する否定的な状況を肯定的な状況へと転換すべくその振り子を揺り動かしたのである。

### (5) 結論としての問い

未来の数学教育には二つの道が開かれている。学校において周辺教科と位置づけられる道、新しい正統的教科としての地位を獲得する道。その解答は上述の条件における選択を通じて決定されるが、同時にそれは、以下の本質的な問いにも依存している。

- 指導系統上必然的なカリキュラム単位 (Unit) と専門や問題解決などの必要に応じた個別カリキュラムの必要とを、いかに両立させるか。
- 全国規模で展開する大局的な改革と局所的に展開される未来予見や現実課題解決を志向した実験的試行とをいかに両立させるか。
- 数学教育において、証明を基盤とした学習（多くの場合、紙と鉛筆で展開される）と予想確認を基盤とした実験学習（多くの場合、ツールを活用する）という二つのアプローチをいかに相対的に位置づけるか。
- 高等学校において、将来の科学技術者育成を主題とした教育と対置して、全員が学ぶべき数学は何か。
- これらのそれぞれの問いに対して、これまでの改革と新しい研究を通じて蓄積してきた経験から、フランスは、どのような授業を思い描き、新しい課題を提示するべきか。

以上が、トルシュ氏の講演概要である。読者は、その講演が日本の状況と接点が多いこと、そして、日本の教育改革実現に向けて検討すべき課題を話題にしていることに気づかれたことであろう。そのような課題を明らかにすること、それに対する行動を計画することが、高校部会 (WGA 3) の目

的なのである。ここでは読者、それぞれにその課題の検討を求めるとして、以下では、筆者の立場から、海外の改革への言説を参考にする際に必要な日本の特質を確認しておきたい。

## 3. 世界の教育改革と日本の特質

ここでは、高校部会への参加を通じて筆者（磯田）が実感した世界の動向と照らした日本の高等学校段階での数学教育の特質、中でも日本の先生方が「何を高校の数学教育とみなすか」という意味での数学教育の特質について検討し、改革への一助としたい。筆者の視野からの議論となることを予めお許し願いたい。

### (1) 数学教育の危機

本誌でも話題にされてきた、今後、同水準の数学教育が実施しえない状況を指した意味での数学教育の危機は、背景は異なるとしても先進国の共通課題として存在している。かつて、1989 年版 NCTM スタンドードを編集したロンバーグは、日本数学教育学会論文発表会講演で、「日本で数学は主要教科に数えられるだろうが、米国の庶民は数学をそれほど大切だと思っていない。米国の改革は、数学の重要性を訴えることからまずはじめなければならない」と指摘している。先進国の教育改革過程で、国によってその危機の意味は異なるにせよ、数学が高校における主要教科の地位を保てるか否か、その瀬戸際に問題にされている点では共通している。

例えば米国では、数学教育の重要性論議が数学教育論争 (math war) を通じて取り上げて盛り上がったにも関わらず、その改革を実施する数学科教員不足が確実視されて今後の展望を暗くしている。対するフランス、日本は、社会一般からの数学不信を背にした危機が指摘されている。特に、フランス、日本は、行政における改革審議過程でも、数学不要論が叫ばれた事実において共通している。ただし、トルシュ氏の講演からすれば、日本の改革には次の特質がある。

[日本の特質 1] 相対的にみて、日本の高校数学の改革は、大学入試から強い制約を受けており、先生方は教育改革に対して保守的である。国定カリキュラムである日本は、フランス同様

に改革は国家規模で展開される[注1]. 日本でも、今回の教育課程改訂では、インターネットなど活用して、これまで以上に行政側が高校の先生方の教育課程改訂への参画機会を増やしている。いずれにしても、相対的にみて、高校の数学教育改革の主導権を高校の先生方以外が握るウエイトが高いこと、なかでも入試制度が高校教育に非常に強い制約を与えていることは、日本の特質である。例えば、改革論議では「学習指導要領がどう変わっても、入試が変わらなければ我々は変わらない」とする声をよく耳にする。数学教育に対して直接発言する数学者は、日本ではフランス同様に少ないように思われる。しかし、入試を通じて日本の数学者は高校の数学教育内容に実質的に影響を及ぼす立場にあり、現にその影響を強く及ぼしている。質の高い教育が、進学率と同義とみなされる高等学校の現実からすれば、入試改革は、高校における数学教育改革の第一方策となる。しかし、大学入試の改革は容易に進まないし、もとより、入試を主導する立場に高校の先生方はない[注2]. そして、入試の制約の元では、附属学校でさえも、実験的な教育課程を大胆に試行することは難しい。

一方で、世界に誇れる学力水準は、この日本的枠組みを支持する社会と先生方によって支えられてきたと言っても過言ではない。現実を前提にして、日本の成長を支える優れた人材を育てあげたという意味で、日本の先生方は世界の数学教育を先導してきた。WGA 3 部会内の議論でも、「数学教育の危機と日本数学教育学会誌には書いてあるが、それはほんとうか。そのようなことは私の周囲に微塵もない。危機、危機とかき立てると、逆に危機だとあおられて、我々の立場を惨めにす

る結果にならないか」という学会誌に対するおしかりの声もあった。その声の裏には、日頃の熱心な指導実績から来る先生方の自信がある。一方で、その発言は、自らが改革の担い手であるとは考えにくい日本の先生方が置かれた立場を表している。

## (2) 多様性への対応

多様な生徒への対応[注3]は、高校教育大衆化以来の課題である。特に、個に応じた指導が叫ばれた昭和 53 年以降、学習指導要領改訂の都度、その課題への配慮は一層鮮明に議論されてきた。今回の改訂では数学基礎がその目玉である。それらの配慮では、学校や生徒の実状に応じたカリキュラムの編成を先生方に求めている。一方で、上述の日本的枠組みの基では、「進学校と同じ教育課程」実施を求める保護者、生徒、先生方から、それら配慮は必ずしも肯定的に受け入れられなかった。能力の多様化に応じて異なる数学教育内容を提供することよりむしろ、先生方自身の持ち時数や負担を増やしても、能力別学級編成や少人数クラスへ再編成しての指導などによる学力増進策がなされてきた。日本では多くの先生方は、別の内容を提供するより、共通内容を教え育てることに生きがいを感じている。これも日本の特質である。[日本の特質 2] 相対的にみて、日本では生徒の多

様性への対応は、異なるカリキュラム内容を提供することよりは、同じ内容を学べる工夫という形式でなされている。

対する多様性の国、米国では、州レベル、学区レベル、学校レベルで、教育課程編成のガイドラインや教育課程を示しているとしても、最終的な教育内容は、個々の教師とその教師が選択する教科書(内容もまちまち)に委ねられる。高校まで義務教育[注4]であるから、一つの高校に多様な生徒がいる。生徒の能力に応じた選択履修が当然となる。しかも、グラフ電卓を採用する先生と、採用しない先生とでは、現実に「代数」という科目名で全く異なる内容を教えている。多様な選択

[注1] フランスは、日本の教科書検定制度的ように国家レベルで教科書をコントロールしていない。

[注2] 大学入試制度一つとっても、様々である。同じ国定カリキュラムであるフランスでは、バカロレア(大学入試)制度は存在するが、日本のような入試選抜自体はない。すなわち、入学後に修了できるか否かの問題が大きく、入学者をいかに育てるかという数学者の教育者としての役割が期待されている。一方で、州毎に教育課程編成の枠組みを作るオーストラリアでは、高校卒業認定試験が大学入試を兼ねる場合がある。例えばヴィクトリア州では、高校までのカリキュラムを数学教育関係者が主導する委員会において編成し、その目標の達成の程度を、やはり数学教育関係者が主導する委員会が作成した高校卒業認定試験で評価する。大学入試では、その試験の素点を判定に活用するのである。

[注3] フランスの多様性の問題は、直接的には移民問題に起源している。各国とも多様さの意味は異なる。

[注4] 正確には、例えば 16 才までが義務教育で、公立高校は無償というような制度である。



履修を用意することが、生徒の将来への必要に答えることにつながるとみるのは、米国の現実からすれば必然である。

特に、この第二の日本の特質（共通内容を教えて達成度を上げることをめざす指向）が、日本の高等学校における数学教育改革を困難にしている。新世紀を迎える現在、生徒の必要や社会の変化にあう教育課程の提供が期待されている。そこでは、教科の枠組みを再編しての教科教育の再生が求められている。現実には、数学A、B、Cにあったコンピュータ関連の教育内容は、数学Bへというよりは、新設教科である情報Bに移行したかにみえる。そこには領域のせめぎ合いがある。そして、それがやがて、教科の授業時数に反映され、学校内における数学の先生方の立場、役割を規定していく。魅力ある数学の授業とその選択が用意されなければ、そして、その魅力を生徒や他の教職員に訴えられなければ、学校によっては数学履修者が激減し、数学教師の職場が失われていく事態が起きることがおおいにあり得る。教科再編の時代、新世紀に生きる数学教育の教育内容を構成することが、我々数学教師に期待されている。

### （3）変化への対応

上述の多様性は、社会の変化、数学の変化への対応の話題と関わっている。変化の筆頭は、IT革命である。IT革命は、数学科とは無縁に思う方もいるようだが、数学研究においては、もはやテクノロジー活用は必須である。もう一つ、数学科とは無縁に思われがちな変化への対応として答申等に現れる話題は、心の教育の問題である。例えば、日本に限らず諸外国のカリキュラム文書には、数学教育では忍耐強く取り組む心や、他者や自らの考えのよさを味わう心の育成が記されている。各国のカリキュラム公文書は、数学教育が心の教育を実現する教科であることを自覚する上でも参照する価値がある。

さて、日本の高等学校の数学教育で意外なほど話題にされる機会が少ないのが数学の変化に対する高校数学の対応の問題である。数学の変化には、二つの変化が数えられている。

一つは、数学観の変更である。トルシュ氏の講演では、数学を一つの統一体とみる形式主義・構

造主義的数学観に対して、数学者それぞれが自ら数学を再構造化する役割を担うとみる数学観への転換があるという。構造主義的な数学観からの離脱は数学者・数学史家の間でも常識となったようである[注5]が、そのような時代における高等学校の数学教育はいかになされるべきかという話題は日本ではあまり話題にされていない観がある。1994年、科学教育学会年會にて「証明は死んだのか」とする課題研究が行われた（清水克彦他）。そこではテクノロジーによる数学の探究、仮説検証スタイルによる研究が学校数学にどう影響するかが話題にされた。しかし、現実には、そのような議論はテクノロジーを活用する先生方に限って盛んに話題にされているが、そこから先へは広がっていない。

もう一つの数学の変化は、研究の主流の変化に象徴される。かつて初等幾何が数学研究の主流の時代があった。戦前から戦後にかけて、新興数学である今日の数学の領域が移入され確定していく。そして、そこから発展した研究領域を数学の主流とみなし、応用数学、数理科学に現れる新興数学を傍流とみる雰囲気は日本の数学界になかったわけではない。しかし、計算機数学、数式処理システムと関わって脚光を浴びたグレブナー基底に関わる研究などは、近年の代数学の主要な話題の一つになるなど、その状況も、刻々と変化している。一方で、トルシュ氏の講演にもあるように、米国では基幹とみなされた純粋数学が大学改革においてリストラ対象にもなっている。日本の大学でも、数学科の名称変更が進んでいる。

これら二つの数学の変化に対する対応を、日本の高校の先生方は積極的に教育の内容や方法として、採用していないようである。それを日本の特質とみれば次の点が浮かび上がる。

〔日本の特質3〕日本の高校数学は、純粋数学志向であり、日本の先生方は紙と鉛筆で計算することを数学教育の基盤とみなしている。

日本の高校数学が純粋数学志向になることは、高校における教員養成の経緯や、特質1で述べた

[注5] 日本数学教育学会誌 80 巻 7 号 ニュースレター No.63 ICMI Study「数学の教授・学習における数学史の役割」についての会議報告参照。

入試の影響を加味すれば必然である。特に、与えられた答案用紙の枠内で、数学の文章を計算中心に的確に記すことは、日本の高校教育では非常に大切にされており、一定の成果をあげてきた。

一方で、オーストラリア・ヴィクトリア州の高校では、物理のレポートのように計算以外の文章を長々書くことが求められている。そのような答案は、純粋数学志向の日本の先生方には想像しがたい答案に映る。しかし、英国系の伝統からすれば、力学は数学の一部であり、数学の応用の仕方を話題にする数学的モデル化の過程などは、数学の内容として明瞭に記されるべきであり、その結果として文章が長くなるのは必然となる。

また、米国の数学教育改革では、電卓等のテクノロジー利用は前提の観があり、計算をする道具そのものが違うがゆえに、その基盤は、全く異なるものとなっている。実際、NCTMスタンダード 2000 は、カリキュラム編成の原理の一つとしてテクノロジー原理を掲げて、次のように記している。「テクノロジーは数学の教授学習において次の意味で本質的である；テクノロジーは教えるべき数学を左右するものであり、生徒の数学学習を促すものである」テクノロジーの採用は、教えるべき数学の変更を迫るのである。特に、この文書は、1998 年の討議草稿では「数学教育プログラムは、すべての生徒の数学理解を促すためにテクノロジーを利用するべきであり、そのプログラムは、テクノロジーが益々要求される社会において数学を使えるように編成される必要がある」と記されていた。この記述の変更にはテクノロジー利用は「べき」論から「本質」論へと転換している。テクノロジーは、米国では、数学教育において本質に数えられているのである。

いずれにしても世界的にみて、紙と鉛筆を基盤としたアプローチから、紙と鉛筆も含んだアプローチとテクノロジーによる探求を総合したアプローチへの改革が、遅かれ早かれ進行する。日本が得意とする紙と鉛筆によるアプローチのよさを保ちつつも、その変化にいかに対応するのか、日

本では、テクノロジー活用への大多数の先生方の関心がうすいだけに、日本の高等学校数学の大きな改革課題と言える。

## 結 び

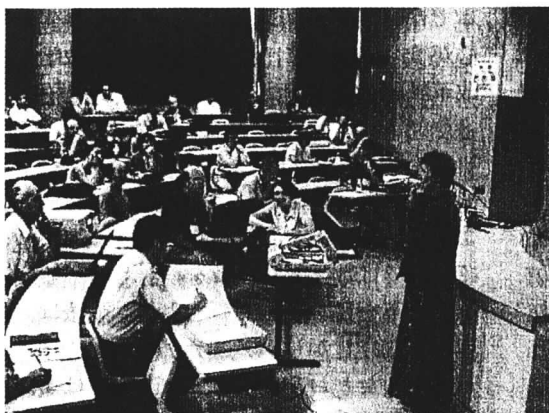
各国の事態は、それぞれの国々において、そのような事態にある必然性がある。その事態において各国では数学教育改革を検討しているわけで、その改革を日本でもというような論法は、全く無理がある。しかし、アーティギュ氏とアルカビ氏が指摘したとおり各国で進む改革には類似点が多い。それゆえ、各国の置かれた状況や改革の方途は、自国の状況や改革を相対的にみる機会を与えている。日本の改革を検討す際には、日本における必然的な状況がある。日本の特質は、印象を述べたものであるが、日本の数学教育改革を考える上では、改革の前提状況として視野に数えるべき話題であると言える。

高校部会には、日本からも沢山の先生方が参加された。多くの方が、議論してプロダクトを産出するというワーキンググループへの参加ははじめてであるにも関わらず、ごく自然に参画され情報交換・意見交換しておられた様子が印象的であった。この会議への沢山の日本の先生方の参画が、高等学校における数学教育改革において、全く明るい話題である。

本稿末に、写真集を示した。ICMEは非常に規模の大きな会議ではあるが、参加者の多くは実はリピータである。討議や発表、そして視察が楽しくて、4 年毎にみなさん集まっている。1 回出ると友人ができ、2 回目には実は全くアットホームな人たちの集まりであったことに気づく。次の ICME 10 (デンマーク) で、日本の高校教育の改革へのアプローチを、今回の参加者、そして読者のみなさんが熱く語ることを期待したい。

末筆ながら、参加されたみなさんに、そして、御尽力されたみなさんに WGA 3 の組織委員上垣渉氏とともに国内担当委員としてお礼申し上げたい。

高等学校の数学教育改革へのパースペクティブ



第4セッションの開始を告げる  
アーティギュ氏



組織者アーティギュ氏  
(バリ大)



組織者アルカビ氏  
(ワイズマン研究所)



カリキュラム分科会担当者  
キンディット氏 (ユトレヒト大)



テクノロジー部会担当者/報告者  
ステーション氏/ボール氏 (メルボルン大)



教育実践分科会担当者  
トリゲロス氏  
(メキシコ研究所)



ラーマン氏 (前方左から2番目) ユシスキ氏 (最後方右)



講演者トルシュ氏  
(モンペリエ大)



講演者ワン氏  
(ブルネイ大)



上垣氏  
(三重大)



参加者の熱心な討議の様子



講演者フェリニ氏  
(ミシガン大)



ICME 9, WGA 3  
最終日集約討議



ワン氏  
(華南師範大)