

WG1 【カリキュラム（目標、評価）】

これからの高等学校における数学教育のあり方

—「高等学校の数学教育の改革への提言」から—

久保 良宏

長崎 栄三

(北海道教育大学旭川校) (国立教育政策研究所)

要 約

本稿の目的は、我が国の数学や数学教育関係者などを中心とする55名から得られた「高等学校数学教育の改善」に関する提言55編を分析することにより、これからの高等学校における数学教育のあり方についての示唆を得ようとするものである。これらの提言は、「高等学校の科学教育改革に関する総合的研究」において全国から選ばれた人々に対する郵送法によって集められたものである。これらの提言を分析することにより、これからの我が国の高等学校の数学教育のあり方は、教育理念・教育目標、教科・科目編成、教育内容、教育方法、教育評価、教員・教師、大学との接続、という7つの観点から考える必要があることが分かった。

キーワード 数学教育のあり方、高等学校、調査研究、自由記述

1. 研究の背景と目的

現在、我が国においては、高等学校の就学率はほぼ100%であり、しかも、大学等の高等教育への進学率が約50%に達し、それゆえに高等学校の教育のあり方や高校生の学力問題などが提起されている。このような状況の中で、これからの我が国の高等学校の数学教育についての方向性を多様な視点から探ることは、極めて重要なことである。

本稿は、高等学校の数学教育や理科教育のあり方について総合的に探求した「高等学校の科学教育改革に関する総合的研究」(長崎; 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e)の中、高等学校の数学教育や理科教育の改革への90名(90編)の提言を収録した報告書(長崎, 2003b)について、数学教育にかかわる提言を分析し、これからの高等学校における数学教育のあり方について、幅広い観点

から示唆を得ようとするものである。

2. 研究の方法

「高等学校の数学・理科教育の改革への提言」についての調査は、2002年(平成14年)10月に約160名を対象に行われた。提言は、約2000字をめどに自由に書くものであった。

調査の対象者は、社会において教育についての積極的な発言をしている人々、科学や数学の研究を通して教育に積極的にかかわっている人々、高等学校の数学・理科教育の理論的・実践的な研究を積極的に行っている人々であり、「高等学校の科学教育改革に関する総合的研究」の研究メンバー約40名によって、職業や専門、地域等に偏りがないようにして推薦された人々である。

調査は、郵送法で行い、調査の依頼は、調査対象者の自宅または勤務先に送付された。

3. 研究の結果

(1) 調査の実際

調査の対象となった約 160 名のうち、100 名を超える人々から回答があったが、最終的に、90 編の提言が報告書に収録された(長崎, 2003b)。

90 編の提言は、提言者の職業・専門によって、一般編、科学・理科教育編、数学・数学教育編に分類して収録されている。それぞれの提言数は、一般編 7 編、科学・理科教育編 48 編、数学・数学教育編 35 編である。本稿では、これらの 90 編の提言の中から、高等学校の数学教育にかかわる提言 55 編に着目して分析するものである。

数学・数学教育編の提言者の職業・専門及び人数は、高等学校普通科教師 (13 名)、高等学校工業科教師 (2 名)、中等教育学校教師 (1 名)、塾教師 (1 名)、教育委員会指導主事 (3 名)、大学数学教育学者 (8 名)、工業高等専門学校数学者 (1 名)、大学数学者 (6 名) である。なお、科学・理科教育編には、大学数学者 (13 名) が、一般編には、脚本家 (1 名)、企業関係者 (2 名)、高等学校の理数系以外の教科の教師 (1 名)、大学の技術教育・心理学の学者 (3 名) が含まれている。なお、提言者が在住する地域は、北海道から九州までにわたっている。

(2) 数学教育にかかわる提言の傾向

数学教育にかかわる 55 編の提言の全体的な傾向を見るために、各提言の内容の大きな特徴を表す言葉を数語ずつ抽出して分類した。その結果、提言には、教育理念・教育目標、教科・科目編成、教育内容、教育方法、教育評価、教員・教師、大学との接続、の内容が含まれていることが分かった。それぞれの内容をおおまかにまとめると次の通りである。

① 教育理念・教育目標

【特徴を表す言葉】社会、文化遺産、異文化、学問・文化、価値観、価値形成、知の形成、人間形成、発達、学ぶ意義、逆転型教育、教室カルチャー、初等教育と中等教育、数学の

ダイナミズム、応用、日常生活、数学教育の目標、文化の創造、シチズンシップとしての学校数学、好奇心、興味、科学する心、数学の心、学習意欲、自己同調性、知的バランス、論理的に考えること、人間の生き方、論理力、科学技術、基礎教養。

教育理念・教育目標については、高等学校数学教育が大学入試と密接に関係しているという現実を踏まえつつも、数学教育を人間形成から捉える、理数教育が人間形成の中核となる、といった数学教育の陶冶的価値や、文化遺産の継承を通して異文化や異思想に触れるという数学の文化的価値の重要性、また、数学が固定されたものではないという数学観の見直しや、論理性や多様性といった数学の特性への着目、数学の有用性を数学と社会の両面から捉えるといった数学の応用、活用の重視、科学技術の基礎教養としての理数教育の意義、等々が指摘されている。またその具体策として、市民として生涯を生き抜くためのカリキュラム構成の理念も示されている。

② 教科・科目編成

【特徴を表す言葉】複線型、選択、必修、コア教科、選択必修教科、理系・文系、総合的な学習の時間、プロジェクト。

教科・科目編成については、教科編成を見直して、数学を含む主要基礎教科のコア教科とそれ以外のオプション教科に分け、コア教科を中心とする教育課程を求める提言があった。また、大学入試との関連で、早期に文系理系を区別させることの問題点が指摘された。

③ 教育内容

【特徴を表す言葉】理解の意義、クロスカリキュラム、社会的ニーズ、基礎的知識、発展、理科と数学の関係、学習指導要領、数学基礎、初等幾何的な扱い、モデリング、計算力。

教育内容については、論証幾何や初等幾何的な扱いの導入、数学と理科との関連、さらに、他の学問や社会との関連等に関する提言がみられた。また、米英のカリキュラムを参考に、社会において仕事をするための数学の

必要性からクロスカリキュラムについても提言された。数学基礎については、数学の有用性を感じ得できるとする肯定的な意見と、数学の系統性からの否定的な意見もみられた。また、内容の精選・削減を強調する提言や、スキルとしての計算力の重要性の指摘もあった。

④ 教育方法

【特徴を表す言葉】わかる楽しい授業、問題解決学習、比較を取り入れた授業、総合学習、課題研究、輪講、会話型授業、習熟度別学習、テクノロジー、コンピュータ、パソコン、グラフ電卓。

教育方法については、大学の授業における輪講の有効性を高等学校の数学指導にも求める提言や、教師と生徒の双方向型、会話型の授業展開等の必要性が示された。また、指導法の工夫が生徒の工夫を奪っていることはないかといった指摘もあった。テクノロジーの活用の有効性を指摘する意見も数多く示されている。なお、授業形態については、習熟度別学級や少人数指導に対する慎重論もあった。

⑤ 教育評価

【特徴を表す言葉】試験の出題

教育評価については、高等学校数学のペーパー試験が、知識や技能中心の評価問題になっているとの指摘があった。なお、全体的に評価への提言は少なく、相対評価から絶対評価への評価の改革に関する言及はなかった。

⑥ 教員・教師

【特徴を表す言葉】教師、教師の専門性、教材研究、教員養成、教員養成課程、教員養成機関、教員養成システム、教員採用、教師教育、教師教育機関、研修。

教員・教師については、師範学校的な新たな教員養成機関を求める提言があった。また、高等学校数学科教師の出身学科の偏りや、難関を突破した初任者教師の優秀さ等から生じる指導法や生徒理解の問題点が指摘される一方で、数学の専門的教育の不足を指摘する提言もみられた。また、教師の質的向上と活性化を求める意見として、研修の充実や教員採

用における継続的な採用システムの確立といった教育行政にも関係する提言も見られた。

⑦ 大学との接続

【特徴を表す言葉】進路指導、キャリア形成、文理のバランス、資格試験、大学進学適正試験、大学進学制度、入学試験、入試問題、センター試験、入試数学。

大学との接続については、高等学校の数学教育の問題点が大学入試にあるとの立場から、数学を入試に課さない、さらには入試廃止といった意見がある。なお、大学入試でも、文・理を区別することなく全員に数学を課すといった意見や、入試を適性試験や資格試験として捉えるとの意見もあった。

(3) 数学教育にかかわる新規性の高い提言

数学教育にかかわる提言の中から、現状の高等学校の数学教育を改革するという観点に立って、新規性の高いと考えられる提言や、より一層強調する必要があると考えられる提言を取り上げて簡潔にまとめると、次の通りである。なお、提言の原文を「 」内に記し、提言者の氏名と報告書（長崎，2003b）の該当部分の頁を付してある。

① 教育理念・教育目標

1) 理念・目標

1.1.1 数学教育を人間形成から捉える

「学ぶ意欲の低下が問題にされている。…。数学が…社会に於いて果たしている機能を精査し…。「知ることを学ぶ」「為すことを学ぶ」

「共に生きることを学ぶ」「人間として生きることを学ぶ」という学習の目的に立ち返り、今一度、数学教育のあり方を幅広い文脈の中で考えねばならない。」〔植田敦三 (p. 118)〕

1.1.2 知の形成が人間形成の中核となる

「「人間形成」に最も役立つ…ものが…「知の形成」…。…普遍的でニュートラルな学問的な価値をもつ…「科学教育」がなされることによって…「人間形成」がされると考えられている…。重要なことは、「科学教育」が一つのイデオロギーであることを十分に認識して、それをどのように利用していくかということ

なのだと思う。」〔喜入克 (pp. 7-9)〕

1.1.3 文化の創造に着目する

「子供達は、…すぐに答えを知りたがる、…面倒くさがって考えようとしない。…「新しい文化を創造するための」教育に切り替えていく必要がある。」〔大木道則 (pp. 34-35)〕

1.1.4 異文化に触れさせる

「数学はもともと、異文化としての側面がある。…異質なもののへの接点に触れさせることにあると考える。異文化、異思想に触れることを通して、他を思いやる心が育つと考える…。」〔正田實 (pp. 137-138)〕

1.1.5 理数は科学技術の理解の基礎となる

「技術学は、数学・理科と…近い関係…。…「科学技術の理解をはかる両輪」として、技術教育・技能教育のなかで数学・理科教育の論理性、科学性は基礎教養として重要な位置を占めている。」〔大河内信夫 (pp. 3-4)〕

1.1.6 シチズンシップとしての数学にする

「高校生に対して、「シチズンシップとしての学校数学」が用意されなければならない…。大学で理科や数学をさらに専門的に使う生徒たちの数学の系統・内容は、…選択数学の世界で準備すればいい。市民として生涯を生き抜くための数学内容と専門数学に通じる学校数学を、2本立てで考える時期が到来している。」〔井上正允 (pp. 116-117)〕

1.1.7 カルチャーとしての数学を考える

「教師が…基本内容だけでなく、いっそう広く、数学的な見方や考え方、問題解決の方略も含めて—カルチャーとしての数学—捉えることが大切ではないか。…今日、数学の教室カルチャーは、生徒が数学をし、作ることができるよう期待しており、生徒主体、数学的活動と言うのは、それを意味するであろう。」

〔三輪辰郎 (pp. 159-160)〕

1.1.8 発達段階から高校数学を捉える

「高校生は…自立した市民としての資質を形成する数学を学ばなければならない…。高校数学は、一層記号化され、自己の主観性や価値観が生かされないほど固く、そしてルーテ

イン化した手続的知識のみが大きく表面に出ている…。生徒の価値形成に刺激を与えるような数学が教えられないものだろうか。…論理(人間の生き方)と数学、芸術の中の数学、…といったテーマを念頭において…展開してゆくのである。」〔吉田稔 (pp. 169-170)〕

1.1.9 好奇心が理数教育への興味に繋がる

「好奇心による発見は理数の初歩的なものでも…理数教育の源だと思ふ…。理数教育とはいかに相手に興味を持たせるかが鍵であると痛感している。」〔小山内美江子 (p. 5)〕

1.1.10 数学を考え、楽しむ生徒を育てる

「考え方の筋道が明確である(論理性)、多様な見方や考え方がある(多様性)。このような特性をもつ数学は、…達成感や、解決の充実感を味わうことのできる教科のはずである。達成感や充実感を積み重ねることを通して、「考えよう、考えることは楽しい」という生徒を育成していくことができるであろう。」〔相馬一彦 (pp. 144-145)〕

1.1.11 数学の社会的有用性に着目する

「日常生活の中に数学を見いだす…。…こういう授業を繰り返すことで日常生活の中に数学を見つけよう、生かそうとする態度が育つと考えられる。」〔飯島研一 (pp. 109-110)〕

1.1.12 数学の応用に焦点を当てる

「高校では、…応用について教えていないように思う。…数学がどのように応用で用いられているかを、実際に用いている人たちに高校で説明してもらい、…本や教材を作り…時間を割いて教える…。」〔楠岡成雄 (p. 128)〕

1.1.13 ものづくり教育から有用性を知る

「高専数学では専門科目に現れた数学を通して有用性を知ることになる。…。教育改革の目玉は「ものづくり」教育…、数学もこれに関連させた「逆転型教育」ができないものか。」

〔佐藤義隆 (pp. 133-134)〕

② 教科・科目編成

1) 理系・文系

2.1.1 文系での数学の必要性を認識する

「文系の多くの分野で数学が必要であること

の認識が薄い。」〔倉元直樹 (pp. 10-11)〕

2.1.2 早い時期に文理を区別しない

「あまりにも早期に「理系」・「文系」と割り切り、互いの分野の学習を放棄してはならないと思う。」〔川戸功一 (p. 126)〕

2) 履修形態

2.2.1 数学Ⅰ, A, Ⅱ, Bはすべて必修にする

「数Ⅰ, A, 数Ⅱ, Bはすべて必修、理系進学者は数Ⅲ, Cを必修に…」〔西村和雄 (p. 156)〕

3) 教科編成

2.3.1 数学をコア教科として位置づける

「コア (主要基礎教科) とオプション (それ以外の教科) に分け、オプション教科を大胆に統廃合し、…。コア教科を中心とした教育課程とする。」〔鈴木克之 (pp. 139-141)〕

2.3.2 数学学習をプロジェクト学習にする

「総合的な学習の時間に複数のテーマを設定し、その部分として教科内容が構造化され、希望の生徒がプロジェクトを組むようにする。「すべての生徒が同じことを学ぶ」という原則を捨て…」〔藤澤伸介 (pp. 14-15)〕

③ 教育内容

1) 内容構成

3.1.1 基本だけでなく発展にも目を向ける

「関連のあることは、参考事項として、…理解の助けにすべきである。昔の教科書には「発展」として、余分なことが、ある程度書かれていた…」〔永田雅宜 (pp. 150-151)〕

2) 数学基礎

3.2.1 数学基礎の精神を生かす

「「数学基礎」の精神をふまえて、生きていく上で役に立つ教材や、数学の有用性を感じさせ興味・関心が高められるような教材を扱う必要がある…」〔竹本芳朗 pp. 146-147)〕

3.2.2 数学の科目と数学基礎を融合させる

「「数学基礎」を必修科目として全校に課し、…、他の科目の内容と「数学基礎」の内容を融合させ、…」〔阿部恒幸 (pp. 107-108)〕

3) 他教科・学問との関連

3.3.1 理解を深める為に理科に着目する

「理科…を理解する為に必要な数学」…「数

学の理解を深めるための理科教材の扱い」という考えはない。理科と数学が互いに…研究する必要がある。」〔和泉仁作 (pp. 114-115)〕

3.3.2 数学を他の学問との関係から考える

「社会的ニーズを…受け止めて…。…統計解析、多変数の漸化式、近似解の数値計算、現象のシミュレーションなどが課題解決のためには不可欠と判断される…。教科「課題研究」として設定…」〔芝田秀和 (pp. 135-136)〕

4) 諸外国からの示唆

3.4.1 諸外国の数学教育から示唆を得る

「数学教育の目的は、米国…英国のナショナルカリキュラムが共通してあげているように、…これからは④世の中に出て仕事をするための数学を重視したカリキュラムを考える必要がある。…問題解決やコミュニケーションなどの力を達成するカリキュラムについても同様である。…数学教育には、一種の「クロスカリキュラム」の作成が求められている。」〔室岡和彦 (pp. 161-162)〕

④ 教育方法

1) 授業形態・授業様式

4.1.1 輪講形式を高校数学にも導入する

「輪講では学生達が…、問題を解いたりするのを側面から支援するのが教師の役目…。…自分たちで発見的に分かるようにさせたい。

「…輪講が一番楽しい」とよく聞く…。…わかりそうもない学生をわからせてしまう力を学生は持っている。」〔飯高茂 (pp. 111-113)〕

4.1.2 双方向型の会話型授業を考える

「一方通行型の授業ではなく双方向型の授業展開を…。座学を減少し「聞き取る授業」から「…会話型授業」への変換を…」〔景山三平 (pp. 122-124)〕

2) 指導方法

4.2.1 数学の学び方から指導法を工夫する

「考えるための道具や方法が“周到に”用意され、…“面白い”ところを与えられたレールの上で…学習している…。指導法の工夫が、ともすると児童生徒の工夫すべき部分を奪うという方向に進んでいることはないだろうか。

…それがなくなるときには、何をしてよいかわからなくなり、何もしなくなる。高校での数学の学び方もそうになっている。」〔太田伸也 (pp. 119-120)〕

4.2.2 テクノロジーは理・数に関連づける

「コンピュータやグラフ電卓の登場によって…。理科の授業だけでなく数学においても身近な事象を扱った教材の開発の試みがなされ…。…同じ題材も…有益な情報を共有することができる…。」〔後藤貴裕 (pp. 56-57)〕

⑤ 教育評価

1) 試験問題

5.1.1 多様な方法・幅広い観点から評価する

「高等学校の数学の授業は、…知識・理解や処理といった認知的領域の指導になりがちである。生徒を評価するときも、ペーパーテストを中心として知識や技能ばかり見ようとしている。」〔横弥直浩 (pp. 167-168)〕

⑥ 教員・教師

1) 教員養成

6.1.1 師範学校的教員養成機関を創設する

「教育学部が廃止されているが、…しかし、その代わりに全く新しい教師教育機関をつくってもらいたい。…。師範学校の復活とも見える、フランスの各地での I. U. F. M (…教師養成大学的研究所(仮訳))の創設は、師範学校の新しい復活のように思える…。」〔平林一栄 (pp. 157-158)〕

6.1.2 教員養成で数学教育学を重視する

「高校には、数学の学問的に優れた先生はたくさんいらっしゃるが…、生徒の多様な数学的考え方や興味・関心…などに対応した学習指導法を考え実践できる高校教員をどれほど真剣に養成してきたか…については、…否定的にならざるを得ない。高校の先生方は、ほとんどが理工系大学出身者…。…教員養成システムのなかで…、「数学教育学」が…軽視され…「数学」の付け足しぐらいにしか考えられていない…。」〔中野俊幸 (pp. 152-153)〕

6.1.3 教科専門教育を重視する

「文教政策は、…、教科専門教育を軽視する傾向があるが、…根本的に誤っている。…教師養成・研修システム・採用制度の大きな見直しが必要…。大学院における現職教員の長期研修制度の導入、インターンシップを十分に充実させた大学院レベルの教員養成課程の設置等を行い、この中で教師の専門性の向上が必要である。」〔浪川幸彦 (pp. 154-155)〕

2) 教師教育

6.2.1 教科の研修の意義を認める

「責任感が強い教師ほど多くの職務を抱えているという現状…。…やむなく優先順位をつけると、教科に関する研修は下位に回さざるを得ない…。」〔高桑純 (pp. 64-65)〕

6.2.2 中学校との連携を図る

「教員の意識を変化させるために、中学校との連携が大切…。中学校の授業を見ることにより、…内容、…方法…等参考になることが多いと思われる。」〔須藤壽忠 (pp. 142-143)〕

⑦ 大学との接続

1) 進路指導

7.1.1 新しいキャリアイメージを持たせる

「進路指導が、キャリア形成支援でなく、進学指導に終始している…、理数科を学ぶ意義や価値を…理解してもらうのは…難しい…。終身雇用制に代表される…旧来型キャリアイメージは通用しない。…新しいタイプのキャリアイメージを生徒たちが持てるような指導が重要になる…。」〔小川正賢 (p. 38)〕

2) 大学入試

7.2.1 入試を基礎的問題に変える

「算数・数学を入試に使わせない…。算数・数学の試験をどうしてもしたいのであれば、誰もが満点を取れるような基礎的な内容に限定してしまう…。」〔阪田祐二 (pp. 129-130)〕

7.2.2 入試問題作成機関を設ける

「大学の教官(問題づくりの素人)が行うのではなく、専門家を養成し、…問題作成を研究し続ける…。」〔熊野善介 (pp. 49-50)〕

7.2.3 大学入試をやめる

「すなわち廃止するのが一番よい。…数学と

はある種概念である…。入試数学の最大の特徴である“問題の難しさ”が、その数学的概念の形成にあたり、それほど有効であるとは思えない…。」〔渡部由輝 (pp. 171-172)〕

4. まとめ

本稿は、我が国の数学や数学教育関係者などを中心とする人々から得られた「高等学校数学教育の改善」に関する提言を分析することにより、これからの高等学校における数学教育のあり方について示唆を得ようとした。

収録した提言の数は 90 編で、収録率は約 56% に達し、この収録率は自由記述調査としては高く、高等学校科学教育に対する関心の高さをうかがい知ることができる。

高等学校の数学教育にかかわる提言は、教育理念・教育目標、教科・科目編成、教育内容、教育方法、教育評価、教員・教師、大学との接続、に分類できた。

これらの具体的な提言を通して、これからの高等学校の数学教育のあり方を考える上で、多くの示唆を得たが、最後に、それらの示唆からの課題を挙げることにする。

第 1 に、我が国の高等学校の数学教育は、もう一度、教育理念・教育目標に立ち戻り考え直す必要がある。

第 2 に、数学の科目構成については、より柔軟な発想が求められている。

第 3 に、数学の指導内容は、より広い視野から考えるべきである。

第 4 に、数学の指導方法については、講義一辺倒の授業から大胆な転換が求められている。

第 5 に、数学の教員養成・教師教育は転機を迎えている。第 6 に、大学との接続を特に数学教育は根本的に考え直す必要がある。

なお、評価が変革の機を迎えているとき、評価に関する提言が極めて少なかったこと自体が、高等学校における評価が大きな課題であることを示している。

本稿で分析対象とした 55 編の著者は、次の 55 名である (敬称略)。

【数学・数学教育編】阿部恒幸、飯島研一、飯高茂、和泉仁作、井上正允、植田敦三、太田伸也、岡本卓也、景山三平、片山淳、川戸功一、公庄庸三、楠岡成雄、阪田祐二、櫻井裕記、佐藤義隆、芝田秀和、正田實、鈴木克之、須藤壽忠、相馬一彦、竹本芳朗、田所秀明、永田雅宜、中野俊幸、浪川幸彦、西村和雄、平林一栄、三輪辰郎、室岡和彦、安田恭章、山之内信雄、横弥直浩、吉田稔、渡部由輝。

【科学・理科教育編】青井弘毅、池田秀雄、大木道則、小川正賢、川原昭彦、岸本清行、熊野善介、後藤貴裕、高桑純、根本和昭、濱田隆士、森本弘一、吉村高男。

【一般編】大河内信夫、小山内美江子、唐木幸一、喜入克、倉元直樹、多田公照、藤澤伸介。

本調査において、提言の依頼にご回答をいただいた皆様に心より感謝申し上げます。

なお、本稿は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 A(1)「高等学校の科学教育改革に関する総合的研究」(研究代表者:長崎栄三, 課題番号:11308006)による成果の一部である。

参考文献

- 長崎栄三編(2003). 日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 A(1)「高等学校の科学教育改革に関する総合的研究」平成 11 年度～平成 14 年度研究成果報告書:
『高等学校の理科教育と数学教育』(2003a),
『高等学校の理科・数学教育の改革への提言』(2003b),
『高等学校の数学の授業と授業研究』(2003c),
『世界の高等学校の数学教育 I』(2003d),
『世界の高等学校の数学教育 II』(2003e).