

新指導要領と学校における数学カリキュラム

深川 久

大阪府立豊中高等学校教諭
専攻：数学，学校教育学
趣味：囲碁，読書

1 はじめに

1997年の初めから，大阪高等学校数学教育会では高校数学の教育課程について検討を重ね，その結果を一つの案としてまとめている（以下これを「大阪案」と呼ぶ．[2]）．この過程で，現在の高校における数学学習および教育課程の問題点が議論され，議論の参加者の間に単に内容項目の並べ替えに留まらない，教育課程に対する一つの視点のようなものが形作られていった．

ちょうどその時期，私は鳴門教育大学における二年間の研修の機会を得，1998年度には日々授業を行う我々現場教師の声を面接質問調査を重ねて収集しながら「高等学校数学科における教師の授業構成に関する研究」として修士論文にまとめた [3]．

本稿では，大阪案作成で中心的役割を果たした荻田竜三氏（大阪府立成城工業高校）とのやり取りや氏自身による総括 [1] と，上記論文作成の過程で得られた知見に基づきながら，各学校の数学カリキュラムを構築するという視点から新学習指導要領の内容を検討したい．

2 カリキュラム改善への筋道

改善のための議論を行うには，まず現状の評価と問題点の把握を行い，その上に立って個々の

の問題点をどう解決していくかという具体的設計の議論に繋げて行かなければならない．

しかし，これまでの学習指導要領改訂をみると，旧指導要領のどこがどう問題であったかの総括が外部に対して十分に示されないまま，内容項目の選択配列だけが変えられていったような印象を受ける．

そこで，次の二つの節で，現行学習指導要領の問題点を指摘する現場教師の声の中から典型的なものを選び出し，それらの問題点が新学習指導要領でどのように扱われているのかを検討する．この作業を通じて，現状の問題点が新学習指導要領でどのように改善されているのか，またされていないのかを見極めたい．

これらの検討の結果は次のようなものである．内容項目の配列の不具合に関する問題点の指摘は，次期学習指導要領の中にある程度反映しているといえる．しかし，そのような指摘の背後に現場の教師が感じている生徒の学習過程に関わる問題点や授業構成上の問題点に関しては，なお多くの課題を残している．

この検討結果をもとに，第5節では学習指導要領と学校の数学カリキュラムとの関係について簡単に考察し，やや現実ばなれするがカリキュラム改善のためのひとつの構想を述べてみたい．以上が本稿の基本的な構成である．

3 現行学習指導要領に対する現場の声から (1)

本節では，内容項目の選択配列にかかわる問題点を指摘した声を扱い，次節でその背景にある生徒の学習過程や教師側の授業構成にかかわる問題を取り上げる．

〈1〉数と式の扱いについて

数と式の扱いについては意見の分かれるところである．現行学習指導要領において数と式がオプション科目である「数学A」に移るにあたっ

ては、「高校入学後最初に出会う教材としては興味を引き出しにくい．いたずらに複雑な因数分解などをこの時期に行うのではなく、むしろ二次関数のようなある程度のまとまりのある内容に入りつつ、そこで必要になる程度の式の計算や因数分解はその場で補い取り上げながら進む方がよいのではないか」という考え方があったと聞く．

これに対して、実際に授業をする立場からは次のような声が聞かれる．「そもそも“いたずらに複雑な因数分解”などとうの昔からやっていなかった（前要領の時代から）『数Ⅰ』の最初の『数と式』の部分で、その時間を利用して実は中学校の復習も交えながらまさに二次関数を扱うために必要になる程度の式の計算と因数分解を補い扱っていたのだ．『数と式』が『数学 A』に置かれたことによって、かえって『数と式』だけの独立した扱いという側面が強まってしまった．しかも、多くの高校生が『数学 A』を学ぶ以上、高校入学後最初に出会う教材の位置にあるという側面は何ら変わっていないではないか．」

この点について新学習指導要領では次のような扱いになっている．現行「数学 A」の「数と式」の一部と中学校から移行される「数と式」に関わる内容が統合されて、「方程式と不等式」という形で「数学Ⅰ」の初めに置かれる．ある意味では、以前の形に戻ったともみなせるが、内容的には中学校からの移行分とも関わって大きな違いがあることを十分に認識する必要があるだろう．第一に、単に個々の無理数を扱うだけでなく、数の範囲を実数に拡張するという捉え方は中学から移行してここで扱うことになる．第二に、一次不等式が中学から移行してきた．不等式の解が、「条件式を満たす数全体の集まり」としての「解集合」である、という捉え方ができるかどうか鍵になるだろう．第三に、二次方程式の解の公式がここではじめて扱われるこ

とになる．

こうしてみると、これまで高校で二次関数を扱い、その関連の中で二次方程式や二次不等式を扱ってきた際に、前提としてきた事柄の多くを初めから高校で取り上げることになりそうである．その意味でも、「方程式と不等式」から「二次関数」までを一貫した流れの中に位置付けた内容構成の工夫が求められる．

(2)「コア・オプション」など存在しない

上に紹介した教師の声の中にもあったように、現行学習指導要領において「数と式」をオプション科目に移したといっても、そもそも「数学 A」を履修しないという高校生は少なく、また、その内容も大学入試のからみもあってほとんどが「数と式」と「数列」の二領域を学ぶことになる．「事実上、数学Ⅰ・数学 A に関してはコア・オプションとしては機能しておらず、ただ科目の分断による内容の繋がりの悪さだけが残った」という指摘がなされる所以である．

この点について、新学習指導要領では、数学Ⅰ、Ⅱ、Ⅲおよび A、B、C という組み立ては維持されているものの、「数学 A」の性格が現行のものとは異なっている．平面図形など、中学校から移行された内容を含みながら必履修科目の内容を補完する基礎的な選択科目として位置付けられ、数学 A を履修した場合には、そのすべての内容を履修するものとして設定されている．

内容の分断は、オプションとして機能させることを意図しつつ科目内容を指導要領で規定しようとするればある程度必然的に生じるともいえる．これに対する現場の対応として、例えば数学Ⅰ、A、Ⅱまでは全員が共通に履修するという高校では、それらすべてを履修するという前提のもとで内容の再構成を行うことが考えられる．すでに、そのような対応は程度の差はあれ多くの高校によって行われている．この再構成によってより望ましい数学カリキュラムを構築できる

可能性は十分にある。コア・オプションという形式は、それぞれの学校が自校の状況に応じた内容配列の再構成を独自におこなってはじめて機能するものとする。

〈3〉数列の扱いについて

現在「数学 A」に置かれている「数列」も、その配置の妥当性について疑問視されることの多い項目である。「一般項・第 n 項」という捉え方や、 Σ などの記号の利用が一年生の段階では難しく、文字記号の扱いや抽象度の高い考え方に馴染んできた二年生で学ぶというかつての配置のほうがより適切であったのではないかと、という声である。

これに対して、新学習指導要領では「数列」が「数学 B」に配置されている。その意味では、以前の形に戻ったともいえる。ただし、2 単位科目の中で扱われるという点が、かつての「基礎解析」の時代とは異なる。

「数学 B」は、現行と同じく、4 単位程度の内容が用意される中から実態に応じて適宜選択させるという扱いである。指導要領の中に 2 項目を選択せよと書かれているわけではないが、現実には多くの場合「数列」と「ベクトル」を学ぶことになる。後に検討するように、2 単位科目はまとまった内容を継続的に取り扱うには授業間隔が空きすぎるといった欠点がある。その中で 2 項目が十分に定着するかどうか心配される。

さらに、五日制完全実施に伴う時間減に加えて新教科「情報」や総合的な学習の時間が導入される中で、数学 II が現行より 1 単位多い 4 単位科目として設定されていることを考えると、数学 B を選択する高校生は現在以上に限定されることとなる。かならずしも数学を苦手とするわけでもなく、むしろ関心もあるのだが、自分の進路としては文科系方面を考えており、その分野で一定の科目を履修しようと思えば否応な

く「数学 B」は選択肢から外さなければならない、というケースも十分に考えられる。「数学 B」に置かれている内容項目「数列」「ベクトル」「統計」がいずれも経済数学等との関連が強いものであることを考えるとき、単純な文系理系という捉え方ではない科目履修の考え方が必要となる。

〈4〉弧度法の扱いについて

弧度法の扱いも、前回から現行、そして次期と学習指導要領の改訂のたびにゆれているものの一つである。「数学 III」で弧度法をはじめて学ぶという現行の配列に関しては、次のような声をしばしば耳にする。そのひとつは、数学内部の内容配列の問題として「弧度法を三年生ではじめて学び、その扱いに十分馴染む余裕もなく三角関数の微積分が現れる。数学 III まで学ぶ生徒にとっては、一年に余裕があって三年で詰めこむというバランスの悪い内容配列である。」という声である。

これに対して、新学習指導要領では弧度法の扱いが「数学 II」へと移っている。その意味では、以前の形に近いものに戻ったと言えるだろう。

もうひとつ、理科との関連の問題として「物理で波を扱うには弧度法が必要である。これに限らず、数学と理科の内容配列の関連性があらゆるところで配慮されていない」という声がある。この問題は、いっそう根が深い。とりわけ、選択拡大の流れのなかで同じ数学の科目を履修している生徒が必ずしも同じ理科の科目を選択しているわけではないという状況のもとでは、異なる教科間での内容の整合性をとることはいっそう困難になる。一方で「総合的な学習の時間」の新設にみられるように教科の壁を超えた学びの重要性が謳われながら、他方、科目構成や選択履修の形態という現実的条件の面からは、教科間の分断と孤立化を一層進めかねない状況が用意されているのではないかと危惧する。この

問題は、単なる学習項目内容の配列順序の問題を超えている。

〈5〉 分数関数・無理関数の扱いについて

分数関数・無理関数についても、しばしば弧度法と同様の指摘がなされる。「数学 III」を学ぶ生徒にとって、「数学 I」、「数学 II」で置き場のなかった教材を駆け込み的に扱ってただちにそれらの微積分に進むという少々無理のある構成ではないかというものである。

これらについては、新学習指導要領でも現行と同様の位置に置かれている。「一年に余裕があって三年で詰めこむ」という指摘は、新学習指導要領においてもなされるであろう。一方、「すべての生徒が『数学 III』を履修するわけではなく、学習指導要領が『数学 III』までの履修を前提として内容構成のバランスをとるわけにはいかない」というのも当然である。

ここには、各学校の状況に応じた数学カリキュラムの再構成の必要性が現れている。

〈6〉 行列の扱いについて

現行の「数学 C」における行列について、連立方程式の解法との関連はあるものの、一次変換を扱わずに行列計算だけを扱うことに意味を見出しにくい、という声を聞く。

新学習指導要領では、ここに点の移動が加わった。しかし、上記の疑問に答えるものとは考えにくい。むしろ、行列を扱う事の意味を見出せるものにするという点では不十分なまま、単なる負担増として機能する可能性が高いのではないだろうか。点の移動が扱えるとなればそれをてこに大学入試問題でもさまざまな出題が可能になる。そのような側面だけが先行するのではないかという危惧である。現行の行列の内容をみると、これならむしろ思いきって削除してしまい、その時間でたとえば微積分を用いて現象を表現する微分方程式の初歩などを扱ったほうが学ぶことの意味を見出しやすいのではない

かと考える。

行列に限らず、現行学習指導要領に関する現場の声の中には、「いろいろ内容項目は多いがそれぞれが中途半端。一つのを学んで、ああ、こうなっているのか、というところまで行かずに終わる」という指摘がある。これまでの精選・厳選の掛け声が、項目の多さはそのままにそれぞれを浅く留めて深入りしないという形で実施されてきたことに対する問題点の指摘である。これもまた、内容項目の順序配列を超えた問題を含んでいる。

以上、主に具体的内容項目の配列を中心に現行学習指導要領に対する現場の声とそれが新学習指導要領でどう扱われているかについて見てきた。これらを見ると、個々の内容配列という点では現行学習指導要領への問題点の指摘がある程度取り入れられているとみなすことができる。一方、これらの問題を検討していくと、どうしても内容配列の問題としては収まりのつかない検討課題が存在するという事に気づく。次節では、単なる内容配列の問題に留まらず、それらの声の背景にまで踏み込んで現行学習指導要領に対する現場の声を検討してみよう。

4 現行学習指導要領に対する現場の声から(2)

現行学習指導要領に対する問題点を指摘する声は、それが内容項目の配列の不具合の指摘という形を取っていたとしても、実は、そのような不具合が引き起こす生徒の学習過程にかかわる問題点や授業構成上の問題点を指摘していることが多い。これらを切実な背景としながら、言葉としてはきわめて具体的に項目配列の問題という形で語られる。ここでは、学習過程や授業構成上の問題点としてこれらの声を捉え検討してみよう。

〈1〉 多くの項目と断片化した内容

学習内容の精選がいわれて久しい。確かにそれは、指導要領の改訂の度に実行に移されているように見える。しかし、その精選の方向は、内容項目は減らすことなくそれぞれの奥行きを削って浅いものにするという方向を向いているように思われる。

このような削減の仕方は学習内容相互の関連を見えにくくし、個々の学習項目を学ぶことの意味をいっそう感じにくくさせているのではないだろうか。むしろ、項目は減らしてでも扱う部分についてはある程度の深さとまとまりのある内容を、技能的側面にも十分に時間をかけて習熟しながら学ぶような方向が考えられてもよいのではないかと考える。それぞれの項目が定義や基本的な性質とその単純な適用程度の内容で終わるのではなく、ある程度の深さまで学んではじめて、学んだ事柄の相互の繋がりの関係にまで目を配ることが可能となる。また、その定義や基本的性質が実際に使えるところまで習熟してはじめて意味を感じることができ、同時に、その後の学習の中での利用が可能となって学習内容相互の関連を意識することができる。現状では、このような好ましい相互作用が断ち切られているように思う。

前節で見たように、現行学習指導要領の個々の項目の順序配列に関する指摘は新学習指導要領の中にある程度反映されていても、ここに述べた問題点は新学習指導要領において解消しているとはいえない。むしろ、中学校までの内容削減にともなう高校への移行分を受け入れつつ、高校卒業時までの学習内容を現状に近いものに維持しようとしてか、いっそう進行しているのではないかという印象を受ける。

〈2〉内容の限定が生む質の変化

奥行きを削る形の精選は、単に量的な削減とだけでなく、質的な変化を引き起こす。

現行数学IIの「関数の値の変化」において、扱

う関数は「3次程度」とされている。検定を經由して、教科書には、「 $f(x) = x^n$ のとき、 $f'(x) = nx^{n-1}$ (ただし $n = 1, 2, 3$)」と記載される。この但し書きの不自然さ、奇妙さはこれまでもしばしば指摘されてきた。「大切なことは微分や積分の考え方、アイデアを理解することであって、複雑な関数を扱うことにあるのではない」という主張には同意できる。大学入試における難問を避けるという意図も含まれているのかもしれない。問題は、3次までの限定はこの主張とは異なった状況を生み出すと言う点にある。

扱う関数を3次程度に限定すれば、積分する関数は勢い2次関数が中心となる。その結果「囲む面積」などの多くの場合に $(-a/6)(\beta - \alpha)^3$ なる公式がやたらと幅を利かすことになる。これは「2次関数を例として積分の考え方、アイデアを理解する」という趣旨とは相当にかけ離れている。内容の限定は「特殊な場合にのみ通用する便利な方法」を誘発することがある。授業では、本来の積分の考え方を強調する。しかし、使える場面で正しく用いている限り、この公式は強力である。こうして、生徒の学習過程に対して当初の趣旨とは異なった影響を与え、積分に対する理解を変質させる。

さらに、次数を制限するような限定は規則性の類推を困難にする。大雑把に、微分すれば次数がひとつ下がり、積分すれば次数がひとつ上がるというような特徴は、多くの具体例に触れる中で理解することが望ましい。ここでいう多くの具体例とは、たくさんの2次関数という意味ではなく、さまざまな次数の関数という意味である。広く成り立つ特徴や性質を、限定された狭い範囲だけをみて気づいたり納得したりすることは難しい。「高い次数まで扱うことは難しく、低い次数に制限すれば易くなる」という理解はあまりにも単純に過ぎる。

扱う範囲を限定することがすべて悪いという

のではない。まず、多項式で表される関数に限定して微積分を扱うというのは妥当であろう。しかし、 $n = 1, 2, 3$ という限定はセンスが悪い。

もちろん、実際の授業では必要があれば4次以上の関数も例として取り上げ、教科書の(ただし $n = 1, 2, 3$) は消させて「これは $n = 4$ 以上でも成り立っている」と言い添える。しかし、「このように、ただ指導要領や教科書に従っているわけではないのだから、指導要領がどうなろうと関係ない」と考えるのは建設的な考え方であるとは思わない。むしろ、このような対応をせざるを得ないところに指導要領の問題点が現れていると捉えて、どこがどう問題であるのかを具体的に指摘していくことが重要であると考え。

なお、新学習指導要領ではこの点について、数学II「内容の取り扱い」において現行以上に明確に、微分については「三次までの関数を扱い」、積分については「二次までの関数を扱うものとする」となっている。

〈3〉2単位は3単位の3分の2ではない

現行学習指導要領では、かつての「数学I」、
「基礎解析」、「代数・幾何」、「微分積分」、「確率統計」の時代と比較すれば、全体としての時間減と数学I, II, III, A, B, Cという科目構成によって2単位科目が増加した。実際に授業をする者としての感覚をいえば、2単位は3単位の3分の2ではない。それ以下である。

ここで指摘したいのは、単なる総時間数不足への苦情ではない。週当たり時間数という、密度としての単位数が小さくなるのが、量的減少に留まらず授業の質的变化を促す可能性である。

2単位授業では、祝日や学校行事によって一回授業がとんだために一週間ぶりの授業となることも珍しくない。授業と授業の間が長くなると、勢い前時の内容に対する生徒の印象が薄れており、一時間一時間が単発的なものとして捉

えられる。前時の内容を利用して本時の内容に繋ぎ、また次の授業へと繋いでいくという連続性を保持した授業展開が困難になる。内容に関わって、多くの項目を少しずつ学ぶという精選の方向が個々の学習内容の孤立化・断片化を引き起こしているのではないかという指摘を行ったが、同様のことが、授業密度の減少によって授業構成の側からも進行しかなない現状がある。

この点について、新学習指導要領では、数学Iの標準単位数が3単位になったものの、「数学II」の標準単位数が4単位になるなど、現行以上の小単位科目の増加は避けられているといえる。

各学校の教育課程のなかで、例えば(3学期制ではなく)二期制をとる高校などでは、週2時間通年よりは週4時間半年での単位認定などによって連続性を保持した授業展開を可能にする方が考えられてもよいかもしれない。また、数学IIと数学Bを共に履修する生徒に対して、内容の再構成とともに4単位+2単位ではなく3単位+3単位として実施する等、標準単位数にとらわれない自由な構成によって小単位科目のデメリットを緩和する試みが認められてよいだろう。

以上、さまざまな論点を挙げたが、これらに対して各学校はただ手をこまねいているだけではない。いまや各科目の内容を、指導要領に掲げられた科目のとおり場所で扱っている学校の方がまれではないだろうか。「数学I」と「数学A」の内容の相互入れ替えは日常茶飯事であり、学年を超えた学習内容の組換えも行われている。

5 指導要領と各学校の数学カリキュラム

指導要領改訂をひとつのきっかけとして数学カリキュラムについて考え議論するうちに、指導要領がどのようなものであれば望ましいかを考えることと、数学カリキュラムがどのようなも

のであれば望ましいかを考えることとの間には、大きなずれがあることを意識するようになった。

指導要領それ自体は、一つの科目について2ページ足らずの、項目を列挙した程度のものである。一方、現場の教師が集まって数学カリキュラムに関する議論を始めれば、それぞれの学校の生徒状況を反映しながらその内容はより詳細なものとなり、また項目列挙に留まらずその取り扱い方、授業の仕方にまで話が及ぶ。後者の議論に耐え得るような詳細かつ具体的で授業方法にまで踏み込んだ文書がいかに良くできたものであっても、そんなものが指導要領ですと言われてはかなわない。各学校の個別事情を読みこんだ詳細かつ具体的な数学カリキュラムと、指導要領の間には、当然あるべくして相当の距離がある。

それにもかかわらず、現在の指導要領は一定の共通性を維持する機能と、各学校の個別事情に応じたバリエーションを用意する機能の両方を同時に実現しようとしてあちこちに綻びができていないだろうか。各「科目」ごとにその内容を規定し、かつ、その「科目」の組合せによって学校の状況に応じたバリエーションを実現しようとする形のコア・オプションには無理があるように思われるのである。

以下、いささか夢物語になるかもしれないが、一つの構想を述べてみたい。一定の共通性を維持する機能を持つ基本文書（それは文部省が定める学習指導要領である必要はない）は、科目毎の内容を規定するという形を取らない。高等学校3年間でとりあげるにふさわしい数学の内容を掲げるに留める。その中で、コアにあたる部分とオプションにあたる部分を示す程度は可能だろう。さらに、この文書は内容の提示にとどまり、どのような教え方をするかという点には踏み込まない。

各学校は、自校の個別事情に応じた数学カリ

キュラムを独自に構築する。共通性維持の為の基本文書を参照しながら、それらを各学年にどのような科目としてどう配置するのは、最終的にはそれぞれの学校の数学科教師が組み立てる。現行学習指導要領に対して、各学校がさまざまな組換えを独自におこなって対応しているその方向を、一層徹底するのである。

しかし、科目内容がとりあえず指定されている状態をもとに部分的入れ替えを行うのと違い、一から3年間のカリキュラムを組み立てるのは容易なことではない。そこで、この間を繋ぐものとして、より詳細で具体的なカリキュラム試案を各種数学教育研究団体や教育大学等が提案する。コア部分だけに限定したカリキュラム、オプション部分をさまざまな度合いで組み込んだカリキュラムなど、いくつものプランが提案されることが望ましい。独自に内容を補充した提案があってもよい。この段階では、内容の列挙に留まらず、その扱い方や授業方法に関する提言などが自由に盛り込まれてよい。ただし、一切の拘束力を持たせない。各学校は、これらいくつもの試案の中から、自校の状況に適したものや自校の数学科教師の考え方に合致したものをモデルとして選び、そこへの微調整を加えるという形で各学校の数学カリキュラムを構築する。少々話が飛躍しすぎただろうか。

6 おわりに

現実に戻ろう。前節で述べた構想自体は現実離れしていても、各学校の教師が自校の数学カリキュラムを構築するという視点は、現状においてもっと強調されてよい。皮肉なことではあるが、現行学習指導要領におけるさまざまな問題点の存在が、各学校の数学教師が科目を超えて数学カリキュラムの再構成をするという方向を後押しした。

大阪案の検討も、そのような動機を背景の一

つとして持っている．多くの内容を断片的に学ぶことへの疑問から，学習項目を減らしてでも扱う部分は徹底的に学ぶという「数学 B における一項目選択」(公庄・荻田両氏はこれを「攻めの精選」と呼んだ)と，内容提示にとどまらず学び方にまで踏み込んだ「課題研究」が提案された．その意味では，前節の構想に照らしていえば「共通性維持の基本文書」よりは「さまざまな試案の一つ」という性格のものであった．

そこでの提案の発想は，新学習指導要領を各学校の個別事情に沿った独自の数学カリキュラムとして再構築する際にも生かせるだろう．数学教師は授業にあたって学習事項を単に同じ重みで平板に扱っているのではなく，ごく自然に独自の価値判断に基づいて軽重をつけた扱いをしている．これらの価値判断をより意識的に行いめりはりをつけることで，学習事項の断片化を避け，ある程度の深さとまとまりのある学習を実現することもできるだろう．また，数学を軸とした課題研究的なアプローチは，新学習指導要領で導入される「総合的な学習の時間」の中で実現することも考えられる．

そのような試みを背景に，現実の授業に基づいたカリキュラム試案が各所から提案され，実行と評価と修正の反復の中での改善が進むことを期待したい．

参考文献

- [1] 荻田竜三「いわゆる大阪案の総括」，大阪高等学校数学教育会会誌(50周年記念特集号)，1999． <http://www.mahoroba.ne.jp/~fukagawa/oksk/doc/soukatu.html>
- [2] 「高等学校の次期教育課程について」，大阪高等学校数学教育会会誌第 39 号，1998． <http://www.mahoroba.ne.jp/~fukagawa/oksk/doc/osakaan.html>
- [3] 深川久『高等学校数学科における教師の授業構成に関する研究』，1998 年度鳴門教育大学教育経営講座修士論文，1999． <http://www.mahoroba.ne.jp/~fukagawa/documents/syuuron.dvi>
- [4] ホームページ「数学のみえる丘」(上に挙げた参考文献はここからたどることができる)． <http://www.mahoroba.ne.jp/~fukagawa/index.html>