

数学科の授業開発と授業研究

～ 求められる数学授業観の転換 ～

Lesson Research and Development in Mathematics
～ A Shift in the Desired Mathematics Lesson Style ～

田中 博
TANAKA Hiroshi

I はじめに

科学技術の発達によって社会は変化する。これまで出来なかったことが出来るようになり、これまでになかった仕事が職業となる。中でもインターネットの出現は劇的に社会の構造を変えてきた。そのような中で、社会が必要とする人材像は変化し、教育に求められる内容も大きく変わってきた。日本の教育はそれに追いついているのだろうか？とりわけ、数学科の授業においては、変化を寄せ付けない体質になっていないだろうか？

探究型学力を中心とした創造性を育む教育や、国際教育の中で数学科の果たす役割等を中心に、どのように数学科の授業を変革していくべきなのかの考察を行いたい。

II 数学教育の変化

数学は学問の基礎となる科目である。このことは古代文明の時代から現在、未来においても揺るぎない事実であろう。しかしながら、膨大な学問である数学のほんの一部を教えているに過ぎない学校教育における数学科で、その中のどの部分を教えるのかということはたいへん重要である。これは、時代や社会背景によって大きく変化しなければならない。

ところが我が国の数学科カリキュラムを見ると、レベルの高低や、行列、複素数平面等の概念を入れる入れないの変化はあるものの、骨格部分の体系は戦後70年間ほとんど変化していないと言っても過言ではない。微積分を頂点にし、それにつながる関数概念、さらにはその基礎となる文字式概念の学習というものが大きな柱である。国民全てが微積分の概念を学習し、理系学部へ進学

する生徒がおおよそ初等関数の微積分全般の学習をする。

そのことの合理性は認めるし、微分方程式を専門としてきた私自身にとっては、それが最も美しい数学科学習体系であると感じられる。しかしながら、実際の学習において、微積分の機械的操作のみを教えることが獲得目標になってはいないだろうか。微積分の学習を材料に、一定複雑なアルゴリズムを間違いなくこなせる能力だけを求めているのではないだろうか。

確かに、近代日本は、欧米に追いつくことが求められ、戦後においては、すべて無の状態からの復興を課せられていたため、一部のクリエイティブな人材は必要なものの、マニュアルを間違いなくこなせる優秀な人材を大量に必要とする社会であった。その社会においては、微積分を材料にして、複雑なアルゴリズムをこなせる社会人を多く輩出してきた功績は大きかったと言える。

現在、ほとんどのインフラや社会基盤が確立してしまった日本にとって、必要とされるいかなる人材にも、クリエイティブティーが要求されている。そのような社会変化の中で、学校で扱う数学科をどのように編成し、授業を行うすべての数学教員の授業観をどう変革していくのが問われていると考える。今、数学学習で必要とされることは、創造力と物事を深く考えられる能力の育成であると考え。新しい見方とともに、論理的に、抽象的に深い思考ができることである。そのためには、教える材料と教える方法の吟味が重要である。

もう1点、国際交流が盛んになっている現在の教育の中で数学科の果たす役割がより重要性を増していると考え。高校生の国際交流において、

体育と芸術での交流は言葉の壁が低いと言われているが、科学分野の交流もそれらと同様に、社会科学等の交流に比べて言葉のハードルが低いと考える。中でも数学は、万国共通の数式（記号の使い方は国によって異なるものも多少は見受けられる）が多く情報を伝えてくれる。また、一部のアジアの英才教育校は別として、多くの国の高校カリキュラムに対して日本のカリキュラムの方が早く進んでいることが多い。これらの理由から、海外校で授業に入った生徒から「数学は分かりやすかった」という感想をよく耳にする。さらに科学研究の交流においても、専門用語は別として、ほとんどの考察が数学を媒介として伝えられるため、数学を英語で学習しておく経験があると海外校との科学交流に大いに役立つのである。数学を英語で学習する経験を持たせるためには、数学教師の英語力の向上が課題となる。

Ⅲ 海外での事例

海外の学校においても教育改革は急速に進展しており、様々な取り組みが行われている。その中のいくつかを紹介する。

1 アクティブラーニング

日本の教育改革における最もホットな話題はアクティブラーニング（AL）であろう。海外校での授業は、もともと講義型でなく、ALによるものが多い。南オーストラリア州アデレードにある Australian Science and Mathematics School での PBL 型授業では、ビデオ教材等で問題提起をし、その後の生徒のディスカッションによって授業が進んでいく。韓国でも AL を重視している学校がある。Korea Science Academy of KAIST では、グループによる課題解決型の授業が展開される。簡単な実験機器の説明があり、あとは生徒に課題だけが示され、生徒達はグループで様々な方法で課題に迫っていく。議論をし、意見をまとめていく。担当の先生は、それぞれのグループの議論に入って正しい方向へ議論を誘導していく。最終的に、各班で出た結論について、生徒はレポートを提出することになるが、授業の中で教師からまとめのコメントがされることすらない場合もある。

る。

イギリスの学校で、「20-80」というスローガンを掲げている学校がある。コンウォールにある Camborne Science & International Academy である。100 分間の授業において、教師が話してよいのは 20 分間、残りの 80 分間は生徒の活動という意味である。実験・実習を伴う科目だけに限らず、数学科においてもこれが守られる。20 分間で合理的に知識が伝達できるよう、電子情報ボードや ppt 等の利用が上手に工夫されている。ただ、この学校の校長先生は、「先生方が決めて実行していることなので応援しているが、『20 分間』が大切なのではない。生徒が 100 分間頭を動かしていることが大切で、そうであれば講義だけの授業であっても構わない」とのことで、重要なのは、生徒がいかに頭を動かすかであることを見失ってはいけない。

2 SIMC

シンガポールの科学学校 NUS High School of Mathematics and Science において隔年で、Singapore International Mathematics Challenge (SIMC) という取り組みが行われている（残りの隔年は SISC、つまり Science Challenge が別の学校で行われる）。年によって形態は変化するが、参加校ごとにチームとなって、与えられた問題を 1 日、あるいは 2 日間程度考えて解答を作り、審査員の前で解説する。解答の出来栄によって賞が与えられるというコンペティションである。以前は、プレサイト問題（事前に解答をポスターにして提出）とオンサイト問題（当日出される問題）の 2 問に取り組んでいた。プレサイト問題で、ある大きさの正方形のガラス板が何枚もあり、そこから与えられた大きさ、枚数の長方形のガラスを切り出す最も合理的な方法を考えろという問題があった。立命館高校チームも面積から考えてこれ以上少なくともはできない解答を見つけれられたのでそれをレポートした。しかし、ある海外の学校では、まず、長方形のガラス板を大きな正方形のガラスから切り出す時、長方形の各辺を正方形の各辺と平行にしないと不合理であることの証明から入っていた。様々な着眼点の違い

にたいへん有意義な経験ができる。

また、シンガポールのお国柄か、ここで出される問題のほとんどが実益を伴うような応用数学系の問題であることも特徴である。

3 教科間の連携

海外の学校でのカリキュラムの特徴として教科間の連携を重視していることがあげられる。

カナダの Manitoba 州では州をあげて学際領域をカリキュラム化することに力を注いでいる。生命や環境というものが上手に教材化されている。生命倫理や薬の開発に関する内容が扱われたり、農業のあり方を議論したりする。

オーストラリアでも学際領域を重視している学校がある。先にあげた Australian Science and Mathematics School では、国の実施する学力テストの関係で最終学年の3年では既定の科目を取らざるを得ないそうだが、1年、2年の間は独自のカリキュラムに挑んでいる。一つの材料を取り上げ、それを他教科、例えば数学科と生物科のように複数教科の先生が協力して授業内容を組み立てるといふ具合にである。

ロボット製作は、多くの教科の融合学習である。そのような意味からロボット製作を正課の授業に取り入れている学校も多い。そこでは、すべての分野の科学学習が要素として入るだけでなく、社会科学やデザインセンス、さらには、3D 技術を中心にもものつくりの力も試される。もちろんそのすべての過程において数学力が重要であることは言うまでもない。

IV 立命館高校でのこれまでの実践事例

立命館高校では 2002 年度に文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受けて以来、4 期 14 年間の SSH 研究開発を続けてきている。その中で様々な取り組みを通して、新しい数学教育にも挑戦してきた。そのいくつかを以下に紹介する。

1 数学セミナー

10 年以上前から「数学セミナー」という数学の問題を合宿形式で解く取り組みを開催してきて

いる。最初のきっかけは、新しく SS コースを作った 1 期生の生徒達から、「数学の学習はあまりこれまでと変わらない」と言われたことから、もっとレベルが高い問題や内容の違った問題を、泊まりがけで時間をかけて取り組むことをやってみようかと声をかけたところ 7 名の生徒が集まってきた。これが最初の数学セミナーであった。この時は、単純にいくつかの問題をみんなでワイワイと考えるような形態だったが、2 回目、3 回目となる中で、参加人数が増えていき、グループによる競技形式となっていった。

いろいろな形態を経てではあるが、現在では、毎回 50 名程度が参加し、土曜日の夕方に参加者を集め、抽選で 3～4 名程度のグループに分かれ、10 問程度の問題が出題され、各グループで夜 10 時か 11 時くらいまで取り組み、解答をレポートとして提出させる（以前は午前 3 時や 4 時までとことん考えさせていた時期もあった）。出された解答を夜の間に教員がチェックし、翌日、問題毎に優れた解答をしたグループにより解説が行われるという形式で行っている。一応、採点をして上位グループを表彰することも行っている。

夜中までこれほど数学が面白いのかと思わせるほど努力する姿が見られ、生徒、教員とも満足度の高い取り組みと言える。

数学セミナーの狙いとしてきた特徴は、

「時間をかけて問題に取り組むこと」

「複数で協力して問題に取り組むこと」

「学年を超えたグループで取り組むこと」

「発表を重視すること」

であったが、次にあげる生徒の感想からもそのことが窺える。

・ただひたすら解き方が分からず、試行錯誤の繰り返しだった。その苦難の末導き出した答は頭に残るし、この解き方は応用できるはずである。

・1 泊 2 日で時間は短かったけど普段授業でやるような感じとは違った問題に取り組むことができよかったと思う。

・問題を 2 人で相談して解くのは一人じゃ気づかない所を思いついたり、いろいろなアイデアや発想が出るようになるからいいと思った。

・初めて参加したけれど本当におもしろかったで

す。先輩ともとても仲良くなれて、次も絶対参加したいです。

・発表が初めてだったので説明に手間取ってしまったし、言い回しが下手で悔しい。

出題する問題も時間をかければ解ける問題や、協力することによって解決の道筋が見えてくるもの等を工夫するようにしている。高1～高3が同時に取り組むため、微積分を含まない問題として出題を考えている。整数問題や算額問題、数学オリンピックの過去問題、論理問題やパズルのような問題等が出題の中心となる。また、答えが一通りではないオープンエンドの問題も重要だと考えている。現在のようにコンペ形式にする以前には、出題側の教員も解答が分からない問題も多く出しており、生徒からも「先生も答えを知らない問題をいっしょに考えるのが新鮮だった」という感想が聞かされ、教員と生徒が一緒に取り組むことの意義も大きいと考える。

2 海外英語教科書の利用

先に述べたように数学を英語の文献で触れておく経験がたいへん重要と考える。そのための実践として以下の2点を紹介する。

《PRECALCULUS の利用》

2007年度から当時のSSコースにおいて、アメリカの数学教科書PRECALCULUSを使った授業を行った。授業は日本人教員が日本語で行うが、通常数学の授業で生徒は1年間、英語の教科書を使う。使い始めた動機は、英語の問題ではなく、教科書として優れていると考えたことと、本校の海外交流校で多く使われている教科書だったからであった。日本のカリキュラムに適応させるため、投げ込みの補充教材が入ったり、相当分厚い教科書のため適当に飛ばすことが必要であったりと複雑ではあるが、数学Iの内容を十分にカバーできる。教科書全体にたいへんきれいな図版が多く挿入されている。論理性よりも直感的な手法が多いことが特徴であるが、逆に、例えば一次関数の「傾き」の説明では、傾きが、異なる単位の数値の割合の場合と同じ単位の数値の比である場合があること等が丁寧に述べられていたりもする。また、全体を通して、すべての問題に実用性を持たせる

ための背景説明が多いこと等も大きな特徴と言える。すべての問いについて、「どこの会社がこれこれの商品を販売しており、その売り上げが…」と言った調子である。数学の実用性が常に強調されている。

この教科書を使っている間は、生徒からも保護者からも、毎年度当初に多くの不安や苦情が寄せられた。しかし、1学期が終わる頃にはそれらはほぼ消えてしまう。SSコースでは、3年生になってからの海外研修の際に、海外交流校で3週間ほど通常授業を受けたりもするが、この教科書で学んだ生徒達は、数学授業についてはまったく問題がなかったと多くの生徒から聞かされた。

PRECALCULUSに続く、CALCULUSもたいへん良い教科書なのだが、微積分に関しては、やはり日本の教科書がたいへんコンパクトに分かりやすくまとめられており、CALCULUSを使用するのはかなり厳しいと考える。しかしながら、積分部分等ではきれいな図版とあわせて、良問も多く、ゼミ形式授業や自学習等には最適であると考えている。

《Taylor展開の教材》

高校3年生の最後にアメリカの教科書CALCULUS WITH ANALYTIC GEOMETRY (SECOND EDITION) JOHN B. FRALEIGHからテーラー展開の部分だけを教材として利用した。10ページほどの教材を冬休みの宿題として渡し（立命館高校では受験がないのでこの時期に可能）、3学期にその内容を解説する。

日本の大学用の微積分の教科書にもあまり書かれていないほど、丁寧にいくつもの例で剰余項の評価を行っている。

例えば、 \sin 関数を0の近辺での3次のテーラー展開 $x - \frac{x^3}{3!}$ で近似したとする。その式を用いて $\sin 10^\circ = \sin \frac{\pi}{18}$ を計算してみると $0.1736468\cdots$ となる。剰余項は $\sin \frac{c}{4!} \left(\frac{\pi}{18}\right)^4$ で、当然、

$$|\sin c| \leq 1$$

ではあるが、

$$|\sin c| \leq \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$$

であること、さらには、

$$|\sin c| \leq \sin \frac{\pi}{18} \leq \frac{\pi}{18}$$

であることを丁寧に調べていく。その結果、誤差

が、0.0000068 程度以内であることを計算するのであるが、さらに、上の近似式は4次のテーラー展開でたまたま最後の項が0であるとも考えられ、そう考えると誤差は、剰余項

$$\cos \frac{c}{5!} \left(\frac{\pi}{18} \right)^5$$

の評価でよいことに気づく。その値は、何と、0.0000014 程度以内ということになる。このようなことを段階を追って丁寧に評価していく。これらの計算技法は、大学からの数学で大きく生きる内容だと考える。

3 数学授業で国際交流

数学授業において、海外生徒と交流を行うための持ちネタを1つでも持っておくことがたいへん有効である。そのようなネタの一つとして以下のようなゲームを紹介する。

《推理カードゲーム algo》

海外生徒が来校した際によく使うゲームとして、算数オリンピック委員会が学研から出している数当て推理の algo というゲームがある。数学課題に英語で取り組む入門編として適切である。白黒それぞれ12枚あるカードを使い、相手のカードを推理して当てるというゲームで、ルールは簡単だが、奥が深いゲームである。説明が簡単で、教師からでも生徒からでも簡単な英語の説明で伝えやすく、すぐにゲームに入れる。ゲーム中で生徒が使う言葉も最低限数字が言えれば何とかなるので、どの生徒でも取り組める。生徒達はすぐにその面白さや奥深さを理解し、ゲームに熱中する。海外生徒へもまず期待外れになることはない。中には、気に入って買って帰る生徒もいるくらいである。

4 高大連携

私自身は、数学は積み上げ科目で一つずつ論理的順番を守って説明していくことが唯一の授業方法だと長年信じてきた。謂わば、山登りで一歩ずつ足もとを確かめながら登っていくように。しかしながら、まず生徒をゴンドラにでも乗せて山の頂きから美しい景色を、また、これから登ろうとする丘を見せてから、再び麓から一歩ずつ登っていくような教育の方がより効果的なのではないか

と考えるようになった。高大連携とはまさにそのような教育であると言える。

数学の専門的講義は高校生にとって理解することは難しいかもしれないが、詳細が理解できなくても重要な感覚を得られることが多くある。小魚は群れを作る。誰かリーダーがいて全員に指示を出しているわけでもないのに、自然に群れとなって泳ぐ。これが敵に狙われない方法なのである。蟻塚は設計図があるわけでもないのに自然と出来上がる。これらの自然現象は、実は、ごく簡単な法則だけから数学モデルとして同じものを構成できる。例えば、魚の群れで言えば、魚は近くを抜かれた別の魚の速度に対してどのような反応をするのか、お互いが近づき過ぎるとどうするのか、これらの簡単なパラメーターを設定するだけで大きな群れが出来上がる。最後にそれらを記述する、とても複雑な連立微分方程式が見せられると、生徒達は数学の実用性、重要性を一瞬で理解する。

多くの有用な「頂上からの絶景」をみせることが、中学数学や高校数学においても重要であると考ええる。

5 ICT の利用

ICT を教育にどう取り込むのかは重要な課題である。数学教育でのその効果は、他の教科よりさらに大きく、なお重要だと言える。積極的な利用を求めると同時に、使い方を誤らないことが求められる。数学教育では「何故そうなるのか」を考えさせることが最も重要な要素であるが、それをとばして機械に頼ってしまうことになっては、本末転倒である。

コンピュータの利用について、あくまでもその仕組みを理解して計算部分だけを機械に任せることが理想的であり、数値解析的な手法において、実際の手計算で計算の仕組みを理解した上で、機械での計算を行う例として、以下のものを紹介する。

簡単な微分方程式を数値計算によって解くことを理解させる。最も簡単な例は、 $y' = 2x$ 、初期条件 $x = 0$ のとき $y = 0$ である。区間 $0 \leq x \leq 1$ を10等分し、区間 $0 \leq x \leq 0.1$ では y' の値が0であると考え、直線で近似する。その直線から x

= 0.1 の値を出し、 $0.1 \leq x \leq 0.2$ では y' の値が微分方程式から 2×0.1 で 0.2 であると近似する。【表 1】のような用紙を用いて、以下同様の作業を繰り返す。

【表 1】

x	y	y'	y
0	0	0	
0.1	0	0.2	$y=0$
0.2	0.02	0.4	$y=0.2x-0.02$
0.3	0.06	0.6	$y=0.4x-0.06$
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			
0.8			
0.9			
1			

これにより、区間 $0 \leq x \leq 1$ での折れ線近似ができるが、この誤差を少なくするためには、等分するピッチを細かくしていくことがすぐに分かるだろう。この計算を機械で行わせ、結果をグラフとして表示させる。 $y=x^2$ のグラフが現れる。

このような簡単な例を扱ってから、次に単振動を表す微分方程式 $y'' = -y$ 、初期条件 $x = 0$ のとき $y = 1$ 、 $y' = 0$ に挑戦する。数値解析的に解くには、 y'' の値から y' を近似し、その値を使って y を直線近似することになる。【表 2】のよう

【表 2】

x	y	y'	y	y''	y'
0	1	0		-1	
1	1	-1	$y=1$	-1	$y'=-x$
2	0	-2	$y=-x+2$	0	$y'=-x$
3	-2	-2	$y=-2x+4$		$y'=-2$
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

な用紙を利用して計算させる。

この仕組みを理解させてからコンピュータを利用してピッチを細かくしていく。そうすると、解としてきれいな三角関数 $y = \cos x$ のグラフが現れる。これらの過程を通して、数学的意味とコンピュータの便利さの両方を味あわせるのである。

6 深い思考を育むために

先にも述べたように、数学授業において深い思考をさせることが最も重要であると考え。一例として、微積分を題材にして行った以下の実践を紹介する。

「極限」について考える教材である。微積分の基本的考え方には「無限」というものが大きな役割を果たす。しかしながら、高校段階の数学では「無限」について触れることはしない。これを少し深く考えさせる。まず生徒に、

数列 $\{a_n\}$ が無限大に発散する

とはどういうことなのかを考えさせる。

「無限に大きくなる」ということは

() 大きくなること

の () に適当な言葉を考えさせる。各自がいくつも考え、それらを出させる。異なるものをすべて書き出し、次にそれらを分類していく。もちろん、分類に値しない回答も含まれていたり、何をもって区別するのか厳格でない中で、うまく分類することはできないかもしれない。ただ、

(すごく) 大きくなる

(メッチャ) 大きくなる

というようなものと、

(いくらでも) 大きくなる

(どこまでも) 大きくなる

のニュアンスの違いを感じることが重要である。前者は、謂わば、無限を「無限」の言葉で説明しようとしていることに対して、後者は無限を「有限」の言葉で説明しようとしているのである。さらには、

(どんな数よりも) 大きくなる

という表現が出れば完璧である。有限の世界に固定したどんなある数よりも、あるところから先は大きくできると、極めて明解な捉え方ができる。 ε 論法である。

これができると発展的に、

数列 $\{a_n\}$ が a に収束する

も同様に記述することができ、それができれば、

$a_n \rightarrow a$ 、 $b_n \rightarrow \beta$ のとき、 $a_n + b_n \rightarrow a + \beta$

の厳密な証明が可能となる。

このようにして無限を有限の世界で厳密に捉え

ることを考察させることで、深い思考力を養うことを目指した。

さらには、この現実世界に絶対無限というものがあるのか？という問いを投げかけ、無限についてさらに思いを巡らせる。数学というものが現実世界そのものではなく、モデルとして現実世界を写そうとしているものであるという感覚を少しでも与えられればと考える。

V これからの数学教育へ向けて

社会の変化とともに、教育にも大きな変革が求められている。目指すゴールが何なのか？どのような取り組みで、またどのような授業形態でそれを目指すのか？絶えず議論してきている課題であるが、学問の根幹となる数学科の授業改革について遅れてはいないだろうか。数学科で求められる力については、目標となるものがたいへん具体的であるだけに、各教員も明確なゴールの意識を持っていると言える。しかし、もっと大きな枠組みの中で、数学科で求められる力が何なのかの議論が、今、最も必要となっているのではないだろうか。

議論の中で考えるポイントについて、以下にいくつかの観点で整理する。

1 深い思考を求める

深い思考は現在の数学教育の中で最も力点をおいて考える必要がある課題だと考える。数学の学習が決してマニュアルの実行とならないよう十分に注意を払う必要がある。公式に数値を入れてアルゴリズムをこなす力もある意味では必要な力ではある。しかしながら、一つ一つの操作が持つ意味を絶えず意識しながら、また、根本的な概念を深く理解することを通して、深い思考力は数学の学習で最も育まれる力なのである。

時間をかけて、物事を深く考える経験を正課の中でも、あるいは課外でも増やすことを考えなければならぬ。

深い思考を求めることは、教える内容の議論だけではない。教える方法が大きく関わってくることは事実である。アクティブラーニング的な手法等、大きな授業形態の変更もあり得るし、小さな

ことと言えば、例えば、図形の指導をする際に、どれくらい正確な図を見せるのがいいのだろうか？確かに、学齢が小さいほど、また初習の段階ほど、正確な図の持つ意味は大きい。しかし、おおよその直線を直線と考え、おおよその円が円に見えることから、抽象化の概念が発達していくものと考えている。私の場合は、中学校の図形指導において、最初だけ正確な図を見せるが、徐々にフリーハンドにしていくよう指導してきた。最近のICT機器を使えば、おおよその線が直線になり、フリーハンドの円が正確な円となる簡単な黒板がある。便利ではあるが使い方が重要であろう。

2 創造力を高める

創造力の高い人材を多く輩出することが、未来の社会を豊かにするために重要な観点である。どうすれば創造性や独創性に富んだ人材を育成できるのかは、たいへん大きな課題であるが、数学教育においては、それぞれの事柄に対して多面的な見方ができることが重要であると考え。数学とは、現実世界を写すモデルを創り、その解析によって現実世界を見つめていくものであるが、そのモデルから単一的な薄っぺらなイメージしか受け取れないか、あるいは、様々な背景から複合的な捉え方をした厚みのあるイメージを持てているかが決定的である。本来つながらない二つの事象が、何かのモデルでつながりを持つたというような感覚が大切で、そのような感覚の蓄積から創造性や独創性が膨らんでいくものと考えている。

3 数学を利用する意識

数学は机上の空論ではない。常に、その数学が何かに利用されることを意識し、何かに使おうと努力する姿勢が重要である。物理の授業でlogが出てきた時に、ある学生が「そのlogは数学で習ったlogと同じですか」と質問したと言う話があるが、現在の教育の持つ課題を物語るよくできた皮肉だと思う。学問はすべてつながりを持っている。そのつながりが持てず、すべての事象を切り離して目先の答えだけを求める風潮が教育の発展を阻害しているといえる。数学はすべての学問の基礎であり、絶えず数学を利用する意識を持たせるこ

とが重要である。

4 自学習能力の向上

どの教科でもそうであろうが、自分で勉強する姿勢がすべての根本である。数学においては、作られた数学モデルが何を教えてくれるのか、それに自分自身で向き合わなければ、創造性や獨自性は生まれてこない。自学習能力の重要性を感じる理由である。特定の分野について、授業をせず試験だけを行うようなものが有効ではないかと考えている。

5 文系での数学の必要性

文系分野での数学の重要性がどんどん増してきている。どのような分野の研究であっても、学問である以上、客観的に他人へ理解を求めるためには、数学の言葉でその正当性を述べなければならない。文系分野においても、文部科学省のスーパーグローバルハイスクール（SGH）のように課題研究の持つ意義が重要になってきている。その際に、数学を使いこなせる能力が必要となる。第一義的には、統計分野であったり、論理的思考力であったりするが、多くの研究分野がある中で、どのような数学がその分野に必要となるかは、そう簡単ではない。それらを踏まえた、文系での数学好きを養成することが重要である。深い思考と創造性を兼ね備えて、論理的に推論できる力を求めなければならない。そのためのカリキュラム作りは、理工系進学希望者とは別のカリキュラムが必要なのだと考える。

6 国際教育の中で果たす役割

国際科学交流などを中心に、数学が国際教育の中で果たす役割について、その重要性は上述の通り益々増加している。とりわけ、科学交流をする際には、専門用語は別としてすべての科学分野での考察は、ほとんど数学の言葉を使って伝えられることが重要である。数学を英語で表現すること

ができれば、国際科学交流が大きく広がるのである。それを数学科の授業で担っていくためには、数学教師の英語による指導の必要性が高まっていると言える。英語で自由に授業ができる力と言われると相当な英語力が必要となる。もちろんそれができる教員を多く増やすべきとは考えるが、まず第一段階として、国際交流の際などに英語で出来る持ちネタが一つあるだけでも、状況はかなり違って来る。今後の国際交流の急激な進展を考える時、今、真剣に考えなければならない課題である。

VI おわりに

様々な社会情勢の変化から生徒に求められる学力観は変化する。学問の基礎となる数学においても、中学、高校で学習する数学科の内容についての検討が必要であると考え。以上に述べてきたような観点を踏まえて、学校数学でのゴールについて、議論する必要性が高まっている。その際に、目前の生徒を見ながら、各校の状況を踏まえた議論は重要であるが、多くの学校を巻き込んだ、さらには、海外での数学教育の状況も踏まえながら、国際的なネットワークの中で検討していくことが重要であると考え。変わらない信念とともに、柔軟に変化に対応する姿勢が大切である。今、数学教員の授業観の転換が求められている。

【参考文献】

- 立命館高等学校スーパーサイエンス企画『Math Seminar 2003-2004 ～じっくり考え、プレゼンテーションする数学～』立命館中学校・高等学校（2005）
- 田中博『高校数学とマイコン -特論での取り組み-』立命館の教育 総合教育研究会研究紀要第28号、立命館中学校・高等学校（1986）181-195
- Ron Larson・Robert Hostetler『PRECALCULUS』Houghton Mifflin
- Ron Larson・Robert Hostetler・Bruce Edwards『CALCULUS OF A SINGLE VARIABLE』Houghton Mifflin