

ITと教育：情報と教育

1 ITと教育

1) 前提として考えておきたいこと

(1) 個人差の拡大

ITと教育の関係はもちろん多岐にわたる。ITを教育の現場に生かすという観点から考えても、その可能性の広さから容易に想像できる通り、我々は何ができるのかすら共通の認識にしてはいない。一方で、ITの発達により変貌した社会の中で教育はいかにあるべきかについても十分な議論が進む前に既成事実が積み上げられている。

教室という狭い空間での教育に限っても、学級崩壊やらこれまで以上に社会的な関心と呼んでいるが、ほとんどすべての生徒が携帯電話を持っていても不思議ではないクラスが既にできあがっている。中学生にも、メールやネット無しでは済まない生活が浸透しつつある。もちろん携帯電話等とは無縁の学校生活を送っている若者も少なからずいる。このことは、少なくとも携帯電話をめぐる若い人の二極分化が益々進んでいくことを意味している。携帯電話をITに置き換えても同じ傾向がある。

考えてみれば、コンピュータの個人所有なんて誰も思わなかった頃から、コンピュータとの関わり方には大きな個人差があった。筆者がコンピュータについて初めて学んだ三十年以上前、筆者の周りの学生の対応にも個人による差が大きかった。同じ個人についても、関わり方の濃淡は時間とともに大きく変化するものであったと思う。この傾向、つまり個人差が大きいということ、が一数学教室の学生集団から、国民レベルにと言っても言い過ぎではないだろうが、少なくとも学生全体のレベルにまで爆発的に拡大した。

若者の集団を一つとれば、そこには、いわゆるオタク的にのめり込んでいる者とそれほどでもない者が同居しているが、その間の差は小さくない。また、これまでそんなに一生懸命では無かった者が突然オタク的に振る舞うようになることもある。前者は空間的な二極分化で、後者は時間的な二極分化である。このような個人差の拡大は今後も大いに進み、ITに関する事柄のある集団に対して一斉に行うことを困難にしている。

(2) 情報は壊れない

産業革命という用語が歴史的にどの程度の妥当性を持っているか知らないが、その産業革命の時代、二世紀ほど前、から人間はそれと欲する物を生産する機械を生産し続けてきた。そのためには新しいエネルギーなどふつうの意味では物とは言えないものを生み出してはきたが、その基本は形のある物を作り出すことである。つまり、実際上は如何様にも堅固であったとしても、いつかは物理的に壊れる物を、である。しかし情報は決して壊れない。

ここでは、そもそも情報とは何か、というような高踏的な議論をするつもりはないので、

各人が思うとおりに考えておいてよいが、どう考えても情報は壊れない。否、大切な情報をもたらしたのにその記録を無くしたことは度々であろう、このように情報も壊れることがある。そうではない、壊れたのは情報がかかっていた紙、あるいはディスク等という物で、情報本体は壊れていない。現に今、そこら中のネットを走り回っている情報は、紙などという媒体とは独立に存在し、物理的に壊れることはない。だから、迷惑メールは本当に迷惑なのだ。

現代、私達の関心を惹いているものは、情報に限らず必ずしも物理的な物ばかりではない。大学など限られた場所だけでもないだろうが、嘗て無かった様相で、環境、国際、人間、等という言葉が飛び交っている。これらはどれも物ではないが、壊れる、あるいは破壊される。しかし情報は壊れない。

(3) 情報を支える知

産業革命以来の科学技術に関係する学術は多種多様であろうが、基本には物理学的な自然観があった。具体的な科学技術の開発には、物理学はもちろん化学、生物学などが応用されることはもちろんであるが、その根底に探れば物理学に行き当たるといいだろう。しかし、情報のような物ではないものを扱うときにも、これまでの物理学的自然観だけで十分であろうか。

このとき、数学に支えられた数理的知が不可欠になる、という議論もある。一数学者としてはそんなもんかな、と思うが現状を鑑みればそれほど単純ではない。この小論では数学者の立場から、情報革新と数学の教育・研究の関わりについて考えてみたい。IT社会に起きる諸問題については他の方々がそれぞれ論じることになるから、ITと教育、を数学という切り口で切ってみたい。もとよりこのような大問題を論じ尽くすほど準備もないし、高い見識も持ち合わせていない故、問題の一面を提起するに止まざるを得ない。

以下、主題は教育であるが、まず数学について、若干述べておく。これは筆者が数学という学問をどのように見ているのか、はっきりさせておくために記すものである。その後で初等中等教育と高等教育について、現状に対する意見と問題提起を紹介したい。

2 情報と数学

1) 情報科学にとっての数学

(1) 数学は情報科学に役立つ学問であるか

コンピュータの発展の過程を思い出すまでもなく、情報科学特に計算機科学の基礎に数学があることは明らかである。単に技術開発に必要な不可欠というだけではなくて、上述のように、情報というキーワードで表される新しい時代を支える知として、数学を位置づける考え方もある。

具体的な例を挙げよう。インターネット・バンキングに使われている認証について知る

ために、現代暗号理論の本を読んでいる学生は、ユークリッドの互除法や中国剰余定理など、学校ではあまり習ったことのない数学を勉強することになる。これらはいずれも二千年以上前から知られているもので、こんなことが現代技術の根底にあるのだから、確かに数学は情報科学に欠かせないといって良いだろう。簡単に結論がでたようだが、この問題はもう少し深く考える必要がある。

(2) 物理学と数学

すぐ上にあげた数学の例は、微分積分学などとりわけ物理学と深く関係する数学とは少し違う種類の数学である。物理学的な自然観だけでは情報を捉えることはできない、と述べたところではあるけれど、情報科学と数学の関係を考えるときに物理学を比較の対象とする事は避けられない。

数学と物理学はそれぞれ何千年という歴史と伝統を持っているが、別の学問体系であるかのように区別されたのはそれらの長い歴史の中では新しい傾向である。これを忘れてはならない。微分積分学は惑星の運動に関するケプラーの法則の理解と不可分であること、運動方程式と万有引力の法則はニュートンの名の下に物理学で習うけれど彼自身はケンブリッジ大学の数学教授であること、等学問的にも社会的にも何が物理で何が数学科などということはどうでもよかった。

物理学として自然を分析的に理解するためには、それまで知られていなかった数学を必要とし実際に微分積分学のようにそれを生み出してきた。自然現象とまったく無関係に考え出された数学が、自然の本質を表現していることもある。たとえば量子力学における複素数の役割を考えてみると良い。あれば便利、等という段階ではなく、無いと何もできない、そんな道具として数学は位置づけられている。

(3) 情報と数学

しかし、情報科学と数学の間には、物理学と数学のような本質的な学問関係は未だに確立していない。物理学が不断に新しい数学を生み出したということを上にしたが、このような関係は未だ確立していない。少なくとも今までは数学からの持ち出しの方が多くて、情報科学から新しい数学が次々に生まれている、という段階ではない。同時に情報科学において、数学がそれほど本質的な役割を果たすのかどうか、未だ見えてこない。数学という道具を必要とせず、数学という言葉無しで情報はどこまで語れるのだろうか。

物理学的自然現象を表現することができる唯一の言語は数学であり、実際ガリレオは自然という本は数学という言葉で書かれている、と言った。このようなテーゼが数学と情報科学の間にあるのだろうか、あったとするとどのように言い表されるのだろうか。

もちろん、ここでは情報科学の限界を声高に主張しているのでは決してなく、将来性を率直に探ろうという意図を示しているつもりである。

2) 数学にとっての情報科学

(1) 情報科学が数学に与えたもの

学問の本質が深く結びついているかどうかの議論は将来に残して、具体的なことに目を転じれば、情報科学とりわけコンピュータの発展が数学に与えたものは少なくない。同じ例になるけれど、符号理論と暗号の研究は三十年前は応用数学の隅っこにいただけだったろうが、現在では数学研究のずっと中心部に移ってきた。

さらに視点を変えると、ある場面ではコンピュータの発展は数学の研究を根本的に変えた、と言っても言い過ぎではないだろう。このことを二つの側面から眺めてみよう。

(2) 道具としてのコンピュータ

数学の研究スタイルが、パーソナル・コンピュータの広まりにより抜本的に変化したのは確かである。まず、高級文房具として果たしている役割についても、功罪を含めた影響も共に半端ではない。つまり、よく言われた紙と鉛筆の世界に、にコンピュータが加わったのだが、このことにより数学は、昔よりお金がかかる学問になった。

もともと数学をはじめとする理学は、国境のない学問である。とりわけ数学は装置や設備に依存する度合いが殆ど無いが、その分余計に交流が大切である。すなわち、相互の情報の迅速な伝達は必要不可欠であり、これが容易になったことは多に歓迎すべきことである。国境が無くなることは数学にとっては悪いことではない。

(3) 研究の形

数学の内容に関わる最も重要な変化は、コンピュータのおかげで見えない世界が見えるようになったことである。おそらく本質的な部分是不変であろうが、見ることができる世界が広がれば、新しい数学が生まれる可能性があり、事実そうだった。

数値計算理論の発展ということはもちろんあるが、これとてもコンピュータの発達と連動している。カオスやフラクタルは抽象的には知られていた事だろうが、ヴァーチャル・リアリティーにせよ、見えるということは学問的意味は大きい。数式処理の発展も忘れてはならない。

3 数学の教育と情報教育

1) 初等・中等教育

(1) 数学の教育は保守的でもかまわない

算数・数学教育の基本はまったく変わっていない。時代と共に変化しないものとして数学や算数を教えることにも価値を認めたい。教育方法の改善は大切だが、方法は中身を規定しない。小学校や中学校での教育に電卓を導入し、大いに期待されたが取り立てて良いことはなかった。もし、道具が内容を決めることがあったとすると、むしろ有害である、

というのが私の立場である。電卓で計算するときは3.14、手計算の時は3、というような行き過ぎがでてくるからである。数学は数学としてきちんと教えるべきで、円周率は3ではない！敢えていえば、電卓は数学の時間に教える必要はない。使って悪いとは言わないが、あくまでも文房具の一つである。数学や算数ではブラックボックスをむやみに作ってはならない。

(2) コンピュータ教育を数学科の一部で行う試みも失敗したと思う。高等学校に情報科が作られたことは当然である。それでも問題はいくつも残っている。新しい指導要領で情報科ができることについて、何年か前以下のような趣旨の意見広告を出したことがある。今でも意見は同じなのでここにそのまま採録する。

今回の指導要領の改訂により、情報科が新設されるが、これに伴って数学科のコンピュータ関連単元がどのように扱われるか、依然として不明である。

現行のままでは、数学におけるコンピュータの役割など、基本的な考え方で曖昧なまま進んでおり、本来の趣旨にあった題材の取り扱いとはいえない。コンピュータのさわり方、プログラムの書き方、というのは数学科のカリキュラムになじまない。

これを機会に、数学とコンピュータの関わり方について、その学問的な意味と、教育的な価値について考え直すチャンスである。

本来、コンピュータの操作など機械に依存したことは、数学科の単元には不要であり、高等学校では、すでにある程度の経験を生徒に対して期待して良いのではないか。

その上で、コンピュータに必要な数学があるとして、そのなにを高等学校で教えるか、ということと、コンピュータを使って数学のなにをいかに教えるか、ということをはっきりわけて考えるべきである。

将来、コンピュータ・サイエンスを中核で担う人材の育成は大学以上に任せてよい。高等学校数学にたとえば離散数学的な考え方などを急激に導入することは、かえって有害である。

コンピュータ・サイエンスの最先端でも、本当に必要な数学の基礎となる題材は確立しておらず、現状の離散数学などを重視しても、結局役に立たない。現場で教えてもいない人々の独りよがり題材を決めてしまうことはやめるべきである。

高等学校でコンピュータを道具として数学の理解を進める教育方法は、現状では試行錯誤で続いているが、本格的な方法の確立を目指す時期にきていると思われる。

コンピュータの数式処理により、経験者にとっては数式の取り扱いは楽になっている。しかし、なにも知らない高校生が数式処理を使いこなすことができるのか。そうではないとしたら、最低限身につけていなければならない数学はどの程度なのか。

コンピュータが最も威力を発揮するものの一つである数値計算については、現行の高等学校数学での取り扱いは貧弱である。そもそも、近似と評価の概念を避けている現行の

数学教育で、役に立つ計算ができるようになるのか。

数式処理と数値計算を例に挙げたが、コンピュータを積極的に利用して数学の理解を深め数学を活用していくことは大切である。しかし、そのために必要な数学的準備は何か、誰も答えを持っていない。

コンピュータは機械であるから、得意不得意がよりはっきりわかる。同一人にとっても好きな時期がある。本質的に、必要に迫られて初めて使えるようになる機械であるから、何らかの強制は有害である。同時に、生徒は教師以上に何でもできる分野でもあるから、個人の自由度を最大限生かすべきである。

2) 教育の意味

(1) 数学が解るということ

数学は勉強したことを何か自分の興味のあることに使ってみて初めてそのおもしろさと重要性を理解する。そのためには、ある程度の訓練が必要となる。本当に面白くなるまでにそれなりの時間がかかるということは現代の子供達には我慢できないことのようにあるが、いずれにせよ、数学が面白くないのは、結局解らないからである。

ところで、数学が解ったというとき、解るまでの時間には大いに個人差がある。5分で解る子供、1週間かかる子供、いろいろで、早く解れば偉いということは絶対でない。結局は解ればよいのだから、時間をかけたって良いのだ。個にあわせた教育ということで、子供に教科の内容を選択させることが多くなった。このような選択制の是非についてここで論じることはしないが、算数・数学では、時間こそ選択されるべきである、ということだけ主張しておく。

情報教育についてもこの点は同じである。少なくとも私の経験ではそうであった。大切なのは子供の可能性を信じることである。しかし時間はかかる。

(2) 教育の基本

教育の基本は公教育にある。明治維新と共に西洋から輸入されたことだから、もう古いと思う人もいるだろう。私教育にすべて任せては行けないのか。このような問題は私の荷には重すぎる。ただ二つのことを言っておきたい。現在でも「公」ということはその価値を失ってはいないという主張と、教育をすべて「私」に任ずという考え方は千年以上前からあって、そのときは千年かかって不都合が明らかになったという歴史的事実と。

一方、現在の我が国の家庭では教育投資が小さくない。産業としての塾経営がどの程度の規模であるかはお教えいただきたい。もはや経営的、文化的、教育的等様々な観点から塾について調べる時期にきていると思われるが如何か。

教育の点から言っておくと、学校は目的を見いだす場としての機能は失っていない。受験でも良いから、特定の目的が定めれば、塾に行くのも良いだろう。確かに塾も立派な教育現場であり、学校より進んでいる部分が多い。予備校は立派な産業である。

(3) 受験

上に一言した千年の失敗とは、科挙制度のことである。試験に通ることが重要であり、学校は補助的な価値しかない。司法試験に合格するため、大学に籍を置いているが実際は司法試験予備校に通う、これこそ科挙制度のコピーである。司法試験受験者はともかく、日本全体が受験、とりわけ大学受験を教育の目標にするようになったら、教育はその意味を失うのではないか。

学歴社会が自然に崩壊するとは思えない。一方で、少子化と共に大学進学率 50 パーセントという現状が何をもたらすのだろうか。それにしても教育のための社会投資は極めて大きい。

それでも、情報革新は少しずつだが着実に受験体制を変えている。大学は日本だけではない！

2) 高等教育の課題

(1) 大学に所属する数学者の立場

大学に所属する数学者の仕事の第一は教育である。一線級の研究者にして初めて数学教育を担うことができる。大学院教育では受け入れやすいこのテーゼは 1 年生に対する数学教育についても有効である。

(2) 学力低下について

大学生の学力低下には二つの側面がある。いわゆる分数の計算が出来ない大学生の問題と、相対的に優秀な部分の学力低下である。科学技術立国日本としては大いに心配なことである。いずれにせよ、学生は被害者である。学力低下問題は既に議論をしている段階ではなくなっている。実践的にどう克服するのか、そのことが課題であり、それ以外の議論には既に筆者は興味を失った。

入学試験が厳しいため、いわゆる難関大学には分数の計算に支障があるような学生は入学できない。それでも、東京大学工学部が 20 年ほど繰り返し行っている数学の学力調査によればその結果は年々悪くなっている。同じ学年の学生に対して同一の出題で行っている、定点観測である。

大学における、相対的に優秀な学生の学力が低下していることは以下のような意味で明らかである。すなわち、彼らは比較的能力の高い若者である。以前は学校で十勉強してきたとすると、現在は七くらいしか教わっていない。2 年後に実施される新指導要領については五くらいになるだろう。彼らはその力に適応するだけの学習を禁じられている。繰り返すと、彼らは日本の教育制度の被害者である。

(3) 再び受験について

コップに一杯入っている水は少しぐらいこぼしてもかまわない。しかし半分しか入って

いない水をこぼすと残りはわずかになってしまう。この比喻は、現在の入学試験の過酷さを言い表している。無駄としか言いようのない競争のために、多くの学生は疲れ果て、自分の目標を見いだす余力さえない。このような現象は、大学生の意欲の低下として、教師達の多くが実感している。これも学力低下問題の現実である。

(4) 教養教育

十年ほど前まで、日本の大学には一般教養課程をおくことが義務づけられていた。この課程は敗戦後アメリカの大学制度を一部まねて作られたものである。周知のように日本の大学制度は百年以上前ドイツのそれをモデルとして作られたものである。大学院重点化と大学設置基準の大綱化が問題になっていた十年ほど前、多くの大学は教養課程の廃止にひたすら走る結果となった。科学技術の進歩にあわせた大学教育を行うためには四年間の学部教育のかなりの部分が、何の役に立つのかすぐには測れない教養教育に費やされるのは無駄であると思っていたのだろう。また、多くの国立大学では、いわゆる一般教育担当教官と専門教育担当教官の間の差別が問題になっていたということもある。いずれも大学側の都合で、学生のためを考えたわけでは残念ながら無い。

(5) 理系と文系

日本では理系と文系という区別があって、以外に大きな意味を持っている。近年は高等学校から、理系と文系の二つに分かれ勉強するようになってしまった。その結果、数学を勉強したこともないし、したくもない経済学部の学生とか、計算はできるけど論理的な文章を読まない、書けない理学部の学生が、作られていく。理系と文系を切り分ける教科は数学である。

ところが、情報技術革新は長年慣れ親しんだ理系文系の区別をもう一度壊すかもしれないと期待している。今のところはそう思っているだけで分析的には述べられないが、知のシフトが引き起こされ、教育体系にも変化が生まれるのではないか。

(6) 誰が情報革新を支えるのか

国立大学の法人化問題に見られるように日本の大学は動揺している。しかし、若い人達にとってみれば、大学は日本だけではない。日本にいながら、たとえば MIT を卒業することができる時代がそこまで来ている。

IT 技術革新はこんなことを可能にしている。少子化と高齢化の時代に、情報革新は不可欠であることは確かだが、その方向はどこなのか、未だに私にはよくわからない。一番大切な問題は、この国の誰が情報確信を支えるのか、ということである。

(岡本 和夫)