

突撃インタビュー

新井紀子先生に聞く

恒例の突撃インタビューも今回で8回目となりました。今回は初めて女性の先生です。国立情報学研究所助教授である新井紀子先生です。e-ラーニング(遠隔教育)の実験的教育サイトである「e-教室」の主催者でいらっしゃるご存じの方も多いと思います。一橋大学の法学部を卒業されてから、イリノイ大学で数学を学ばれた、というユニークな経歴をお持ちであることから、数学に対する感覚もこれまでの先生とは一味違っていらっしゃいました。インタビューの中でも、「これは生徒にも聞かせたいな」と思うような箇所もあり、数学の先生方にも、目から鱗が落ちる感覚を味わっていただけたのではないかと、思います。

『中学高校時代は数学が大嫌いでした』

私は数学がとにかく嫌い、数学の先生も嫌いでした。ちょっと昔までは数学の先生に囲まれただけでジンマシンが出る(笑)ほどでした。数学は中学の頃から好きではなかったのですが、高校に入ってより嫌いになりました。数学は一度嫌いになり始めるとリカバーが困難になるところがありますね。

私の中学高校時代の狭い経験の中では、数学の先生は、「数学は正しい」と思っていて、頭のよい生徒は数学ができる、と信じている感じの先生が多かったです。ですから数学の先生は、(私の中では)数学が良くできて割合変わり者の男の子と楽しくお話をしていらっしゃるイメージがありました。数学だけが人生じゃないと思っている思春期の女の子の目から見ると、数学の先生とは分かり合えないな、という感覚がありました。

それに対して、社会科の先生は話題が豊富で、生徒の気持ちがわかってくれるし、ものの見方が幅広い、という印象があって、男性女性問わず社会科の先生の方が話しやすかったのです。それで高校3年で一橋の法学部を受験しました。もし浪人したら入試に数学がないところを受験しようと思ひ、入試が終わった日に数学の教科書・参考書類の一切を焚き火の中にくべて燃やしてしまい、「もう絶対に数学なんかやるものか」と思ったときには清々して涙が出るほどでした。

数学が嫌いになった原因

中学高校時代の数学の試験で辛かったことは、計算がしっかりしていないと途中点や中間点がつきにくく、バツにされてしまうことでした。嫌いでしたけれど、数学はよく勉強したほうでした。でも、数学は他の科目に比べて「これだけ勉強した」という努力が実りにくい科目です。無残にバツがついた答案を見つめて、「少しは努力をわかってほしい」と感じていたように思います。

私はよく計算間違いをしました。また、確かめができないという性質がありました。しかし、物事を論理的に考えていくとか一つのことにとこだわって考えていくことは好きでした。ですから国語の長文読解や社会科の理解はよくできたのですが、数学に関していえば、論理はわかるのですが、いざ問題を解くというときに実行ができなかった、ということになるのかもしれない。



えっ？ 大学で数学が必修！

運良く現役で一橋大学の法学部に入学をしましたが、一橋は変わった大学でして1, 2年で全員が数学必修で、しかも数学だけで何単位以上とらなければならない、という制約がありました。この事実を知ったときは、あまりの衝撃に「入る前にはそんなこと、聞いてなかった」という思いで、打ちのめされたような気分でした。

しかし、社会科学系の大学の教育方針としてこれは正しい、と今は思います。社会科学を学ぶ上において、どうしても養っておかなければいけないのがアイソモルフィズムを見抜く力と論理です。アイソモルフィズムというのは、見かけは異なる構造なのに、ある特定の性質だけを取り出してみると、同じ構造をしている、ということを理解する視点です。特に社会学など社会の構造を理解する分野では重要ですね。文系の人って与えられた情報以外の情報や感情的なものに左右されてしまって不必要な情報や感情を削ぎ落とすことがとても難しい。ですから、こうして数学を学ぶことである特定の性質を抽出する能力を養うのは大切なことなのです。

もうひとつは論理です。例えば、裁判で裁判官が判決文を読み上げるときに、主文があってその後にその判決文の理由付けをしますが、あくまでも法律の条文に則ってラショナルな文章でなければなりません。このようなときに感情で揺らがないような文章をきちんと書くための訓練として数学的論理というのはとても有効なのです。法律以外の社会科学を学ぶときにも同様なことがいえますし、経済学では数学をツールとして使っています。

数学との新たな出会い

数学を大学で学ばなければならないことに最初は抵抗がありました。ですが、大学で学ぶ数学はそれまでの数学とは違いました。私

にとっては、「解法」から開放されたことが何よりうれしかったですね。高校までの数学は将棋の手のように解法を覚えて、それをどの局面で「指す」かを競うところがあります。一方、大学での数学で問われるのは、そこで構築されていく抽象世界を理解できているか、ということのように感じました。でもいまだに部分積分みたいな覚えなくてはならないタイプのものは苦手です。

大学1年の時、数学では論理的に組み立てることでどんなことでも正しいことがいえてしまうことの力強さ、潔さに惹かれていきました。正しさを追求するための方法論としてもっとも自由度が高いということも、数学を勉強してみようと思ったきっかけになったと思います。それまで、数学というのは、決まり事が多く覚えなければならないことが多くて、ちょっとでも間違えると叱られる、という修道院のような学問というイメージがあり、数学に対する抵抗感がありました。これは数学そのものに対するイメージというよりは、中学高校時代に受けた数学教育に対する嫌悪感だったのかもしれない。

一橋大学というところはカリキュラムも非常に緩やかで3, 4年でも数学を履修することができました。1年の時から数学は松坂和夫先生に教わっていました。松坂先生が私の恩師です。また、一橋大学には当時から岡本和夫先生や今はお茶大に行かれた真島先生など錚々たる先生がいらっしやって、しかも数学の授業に行くとき私だけか他にいても2~3人という事が多く、ほとんどマンツーマンで数学の授業を受けていました。このような環境で学べたことも大きかったと思います。

イリノイ大学へ

4年になったとき本格的に数学の勉強をしたいと思うようになりました。数学を使う経済に進む事も考えましたが、数学をツールとして使うよりは、数学の世界観、自由度、力強

さが好きで数学をしたい、と考えるようになりました。それも、解析のように解を求める楽しさよりは数学によって考える人間行動、すなわちロジカルシンキングに興味があったのでロジックの方に進もうと思いました。解きたい問題があったから数学をやろうと思ったのではなく、数学活動そのものに興味を持ったために数学の世界に入っていこうと思ったのです。

イリノイ大学はロジックが盛んでした。また、一人で留学をするということで父が大変心配をして、都会の学校ではなく、田舎の学校ならよいということで、父の知り合いがいるイリノイ大学へ行くことになりました。イリノイ大学では竹内外史先生に師事しました。

数学基礎論へ

イリノイでは一通りロジックを勉強しました。当時、勉強すればするほどロジックで新しいことというのは難しいと感じました。

ロジックでゲーデルに惹かれる方は多いと思います。ゲーデルにあこがれて、ゲーデルと格闘し、ゲーデルを超えられないと挫折する方も少なくない。ゲーデルをどう受け止めるか、というのは多くのロジック初心者にとっていまだに課題だと思います。でもありがたいことに、ゲーデルの第二不完全性定理の後に、いわゆる自然数の無矛盾性を証明したゲンツェンという人が存在する。ゲンツェンがゲーデルの後にいる、というのがおもしろいところだと思います。私が師事したのがゲンツェンの流れをくむ竹内先生だった、ということもありますが、個人的にもゲンツェンのコンストラクティブな手法に惹かれました。彼のテクニックの基本は、証明の中に埋め込まれている三段論法を簡単な形に順序よく置き換えていく、というものです。置き換えていくと、証明の「次元」のようなものが下がっていきます。一方で、証明のみかけの大きさはどんどん大きくなっていく。早い話が、高度

で短い証明を、簡単だけれど長い証明に置き換えていく、というわけです。そうして、「簡単な証明で結果が $0=1$ になるものは、ない」ことを示して、自然数の無矛盾性を証明しました。これは、物語でいったらあらすじですが、本当に良質な物語では、あらすじでは何も伝わらないのと同じように、やはりこれだけではわからない。なぜかという、「長い証明」の長さを実感することが、このゲンツェンの証明を理解することだからです。それを理解するには、実際に自分も同じような証明を書いたり書き換えたりしてみないとわかりません。そうしているうちに、数学の圧倒的な正しさや純粋性以上に、私にとっては「到達可能な方法論」ということが大事に思えるようになっていったのです。

「存在」は証明されているのだから、それが「どこに」存在しているかはさほど重要ではない、という考え方もあります。あるいは、どこに存在するか計算できるけれども、それはつまらないことだ、というような考え方もあります。けれども、私にとっては、その「存在」にどうやったらたどり着けるのか、を考えるのがおもしろい。たどり着く方法もその存在と同じくらい尊い、と感じたとき、自分の研究の方向が定まったような気がしますし、本当に数学との生活が始まったように思います。

研究テーマ

誰もが「正しい」と感じるような単純な命題、たとえば鳩の巣問題などを計算機で解かせてみると、異常に時間がかかることがよくあります。このような問題を人間はどうしてできるのかというと、人間は補題を考えることができるからです。シンプルな問題であれば何かそこに法則性があって、その法則性を掘って探していけばそこに何か到達可能な法則を見つけることができます。この法則性を探してそれを計算機にかけていくことで、計算機がどこまで理解できるのか、ということ

を研究しています。

さまざまな情報が入ってきたとき、人間ならば必要や好みに応じて無意識に情報を忘れたり、強く覚えていたりすることで、効率よく認識したり決断したりしています。そういうことをコンピュータにやらせてみることで、コンピュータの可能性を追求してみたいと思っています。それほど認識に「独創性」を必要としないような対象に限定すれば、人間ができることなら、コンピュータにだってできるのではないかと考えています。

人間ができることならば、すべてコンピュータにできるか、という議論には興味がなく、人間がごく普通にできることなら、コンピュータにもできてよいのではないかと、という考えから今の研究を行っています。

コンピュータの方が(人間より)計算速度が速いから、その中で、コンピュータの利用価値はいろいろあるのではないかと考えています。

ドナルド・コーエン氏との出会いと数学教育

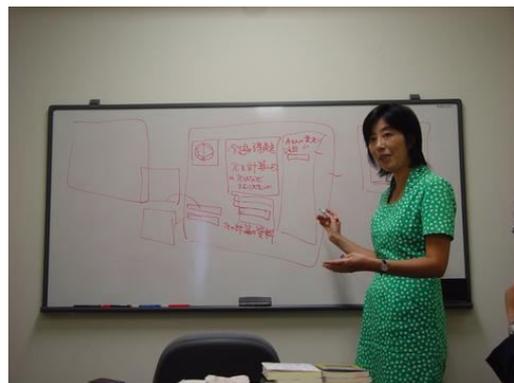
ドナルド・コーエンさん¹⁾との出会いは、私がドナルド・コーエンさんの息子さんと知り合いで、「父がこんな本を書いたのだけど、日本語に翻訳してくれる人を求めている」という話があったことでした。たまたまそのとき結婚して子どもができて、1年半ほど数学をお休みしていた時期と重なっていたので、やってみようと思ったのがきっかけです。

翻訳の打ち合わせをするために、ドナルド・コーエンさんのお宅へ何度か伺いする機会がありました。ドナルド・コーエンさんの自宅から裏手にまわると外階段があって、そこからトントンと上がると秘密基地のようなものがあります。中には大きな木のテーブルがあって、周りの棚には大きな松ぼっくりや珍

しい貝殻、旧式のパソコンやジオボードのような教具が所狭しと置いてありました。土曜日ともなると子どもたちが三々五々集まってくる勝手に数学を始めていきます。

ドナルド・コーエンさんが黒板の前に立って、いわゆる「教える」ということは一切ありません。そこは、塾というよりは児童館といった感じの場所でした。子どもが質問に来たときだけ簡単にアドバイスをするだけです。問題が解けた子どもには別の考え方を要求します。子どものちょっとした発想も取り上げて褒めていました。例えば、2次方程式の解法のようなもので未知数を x の代わりに a とおいたというような場合でもその発想を取り上げて褒めていました。そのことによって、子どもたちが積極的に発見し、やる気を出していくと感じ取ることができました。ドナルド・コーエンさんの方針を見ていると子どもの成長を見守り、待つという姿勢の大切さを感じました。子どもの教育で大切なことは、子どもがハッピーになることであって決して成果主義に陥らないことだということも感じました。

画一的に物事を教え込んで、子どもが共通の方法論を理解していくという日本の教育が一概に悪いとは思っていませんが、日本の教育の中にもこのように、いろいろな発想を受け入れて、子どもがいろいろ発言してくるのを待つ、という視野があってもよいな、と思いました。



¹⁾1930年生まれ。1976年から私塾「The Math Program」を始める。講談社ブルーバックス刊「アメリカ流7歳からの微分積分」の訳者を新井紀子先生が務めた。

数学に接することでみんながハッピーになってほしい

私は中学高校時代、数学でつまづきました。しかし、数学ができなかったのではなく、数学の作法につまづいたのだと思っています。全国にも、本当は数学に向いているのに、何らかの理由で、中学高校時代に数学が嫌いになってしまった人が相当数いるのではないかと、と思っています。

そのような人たちを掘り起こしたいと思って書いた本が「数学にときめく」²⁾です。「数学にときめく」は私が本当に100人の「お母さん」たちを集めて数学教室をやった中から生まれた本です。この本を読んで「本当に主婦が考えたとは思えない」という感想をよくいただきますが、でも、「事実は小説より奇なり」なんですね。参加者には数学Iまでしか勉強したことがない、という人が少なくありませんでした。けれども、彼女たちはかつての私のように小説を読んだり、しつこく考えたりするのは得意でした。だから、数学の知識は仮定しないけれど、長くしつこく考えるのに向くような問題を厳選しました。

「数学にときめく」を出発点にして、中学生・高校生をネット上に集めて数学教室を開いたのが続編の「ふしぎな無限」²⁾です。これらの本は、「長い物語を読むのが苦痛じゃない」、「一つのことに時間をかけてじっくり考えられる」という能力を持った人に楽しんでいただける本だと思っています。

一方で、数学は最終的に嫌いでもかまわないけれど、ハッピーにはなあってほしい。ハッピーになるためには数学的な考え方は役に立つよ、という思いで書いたのが「ハッピーになれる算数」³⁾です。

学力低下について思うこと

学力低下というと、目に見える学力、いわゆる計算遂行能力が取り上げられがちですが、私はそれ以上に目に見えてこない学力が落ちているように思います。少し複雑な問題設定を見ると、問題を理解するのをあきらめる、答えに何を書けばいいかわからない、答えを書いたあとの答えあわせができない、というような部分です。それは、日本の国力のために心配をする、ということではなく、問題解決ができない彼らがつらいのではないかと、思うからです。どうも、あまりにツールが氾濫してしまったせいで、私たち大人が「自然に身につくはず」と考えて疑わなかったことが、子どもたちには身につけていないのではないかと、感じています。

例えば、マニュアルの氾濫によってテスト勉強などは、業者が作るマニュアル問題さえ解いていけば及第点がとれる、という状況ができあがってしまっています。しかし、本当に大切なことは、授業を聞いている中で何が大切で、どこをどのように勉強していけば及第点をとれるのか、ということ自ら理解して対策を立てられる能力にあるのではないかと思います。今の子どもは自己分析をして自ら対策を立てる能力が落ちており、このことが大問題だと思います。

見たこともない問題に出会うと腹を立てる子どもが増えています。自己解決能力を持っていないために、何をしたらよいのかわからなくて、腹を立てている場合が多い。チャレンジしようとする前に腹を立ててしまう。このような子どもが増えていることに将来の不安を感じます。

今の教育の問題点——小学校編

小学生時代の教育のあり方に不安を感じています。それは、学校と家庭の両方ですが、いろいろなことで一度はがんばってみて、例

²⁾いずれも講談社ブルーバックス刊

³⁾理論社 刊

えば、かけっことは苦手だけど水泳なら誰にも負けないとか、算数はだめだけど本は読んだ、というように自分の特徴を見極めて、子どもたちそれぞれが具体的に「なりたい自分」のイメージを持てるように育てていくことが、大切なのではないかと思います。子どもという存在のひとつの特徴は「経験が少ない」「視野が狭い」ということでしょう。ただ、経験を、というのは、大人がお膳立てをして珍しい体験を次から次へとさせてみる、ということではないと思うのです。自分で工夫をして、がんばってみる、ということが生きることに関して具体的な感覚を身につけることにつながると思います。例えば、「自分ではがんばったつもりだけど、クラスメートがやったことを見て、ああ、もうちょっとがんばればよかったなと思った」というのは具体的な感覚だと思えます。具体的な感覚がたくさんある12歳を育てるということがとても重要だと思うのです。

数学教育の重要性

中学では入試があるために問題を解かせるだけのパターン学習になりがちですが、義務教育において全ての生徒に数学を教えているわけなので、数学を学ぶための合理性を生徒に理解させなくてはいけないのではないかと思います。

それは、数学を学べばハッピーになれるよ、ということ伝えることだと思います。すなわち、数学を学べば、整理して考えることができるようになるとか、筋道立てて考えられるようになるとか、いっぱいある情報から重要なものを取り出して箇条書きにしていく能力が身に付く、ということ伝えていくことであって、決して、数学の美しさに感動しろとか、ガロアを尊敬しろとか、そういうことではないと思います。

また、他教科に目を向けることも大切なことだと思います。今、特に業者の教材に依存

しがちな現在の教育には問題があります。総合的な学習の時間の影響で各教科において2時間続きの授業がとりにくくなっています。そのことによって子どもが具体的な作業をし、工夫をする場面が圧倒的に少なくなっています。特に数学的な工夫が入る余地が減り、子どもたちに「数学は生活に必要な」という間違った観念を持たせているように思います。図工では工作の時間自体が非常に少なくなっていますが、それ以上に問題なのが工作キットの蔓延です。例えば、30センチの糸が10本必要、というとき、あらかじめ30センチに切った糸が10本キットの中に用意されています。子どもたちは色を選ぶ、ということだけをして、「正確に測って切る」という行為はしません。2時間続きで時間が確保されていけばよいのですが、1時間で児童全員があるところまで到達するにはそうするしかない、という現場の事情もあるようです。家庭科や技術においても同様の傾向があります。これでは、計測する、ということがどういうことなのか、どういう工夫が必要なのかを子どもが実感する機会を奪ってしまいます。

また、今は大学の建築科の学生も三面図や見取り図が書けなくなっています。その原因は、図工の時間でデッサンを行わなくなってしまったことと大いに関係があると思っています。

他教科における数学的な要素がここまで減ってきています。数学の先生は他教科で何が行われているのかということにも目を向けて、他教科における数学の必要性についても関心を払うことが必要なのではないのでしょうか。

e-教室のことについて

e-教室を主宰していると、数学が好きで難しい問題を積極的にやろうとするけれども、いざ、説明を書かせると支離滅裂になって、きちんとした文章が書けないだけでなく、論理の中に自己矛盾を起こしているような文章



e-教室のトップページ(上図)と「さんすうの作文」の授業イメージ(下図)。
<http://www.e-kyoshitsu.org/>より。

を書く子どももいます。どういうわけか、男の子に多いようです。このような子どもは、自己顕示欲が強いため、自分の感覚に凝り固まり、他人の意見は受け付けない傾向があるようです。このような子どもに共通した学習上の欠陥は、他人の文章を読まない、自分の過去の履歴を読み返さない、というような傾向があるようです。このような子どもも、e-教室の中で何年かやっているうちに、きちんとした説明文が書けるようになってきます。それは、他の人の解答や説明文を読んだり、自分の書いたものを読み直したりするような訓練をやって、力がついたように思います。数学プログラムみたいなことをやって、何度もトラックバックをすることが、学習をする上で効果的なようです。このようなことを授業の中にも取り入れていくことをお勧めします。

情報ネットについて

私は、教育を管理するためのシステムには興味がなくて、情報を共有するためのシステムを作っていきたいと思っています。数学の先生方が教え方や方法論等に困っているようなときに、お互いに助け合えるような情報サイト、あるいは、そういう情報サイトを普通の数学の先生が気軽に運営できるような情報共有システムのツールを提供したいと考えています。そうして開発したのが NetCommons⁴⁾という情報共有ツールです。ですから、数学の先生の会のようなところでこのシステムを是非先生方に活用していただいて、教材の共有だとか、実践の共有をすることで、ともに学んでいける環境ができると素晴らしいと思います。数式についても T_EX で書けるようにしてありますので、是非多くの先生方に活用していただきたいと思っています。

また、NetCommons はクラスの生徒と保護者の間でも活用できるのではないかと考え

⁴⁾編集者注。このシステムは ICE-Net でも採用されています。

ております。その日の学級日誌を保護者に公開して、学校の状況を公開することによって保護者も意見を言ったり、学校に対して協力できることを積極的に保護者の方から働きかけたりすることによって、開かれた学校をつくっていくことができるのではないかと考えます。そのためにはいろいろな情報を一覧表で見られる掲示板的な機能が必要で、一枚の画面の中に、「見る機能」と「書き込む機能」を一体化できるようなものが作れるように研究しています。

今の数学の先生方に望むこと

数学は素晴らしいとか、(先生自身が)数学が好きである、ということを生徒に共感してもらうことは難しいと思います。「生きる力」をつけるために、道徳の授業をしてもあまり効果がないと先生方はみなさん思っておいででしょうか？ 同じように、お説教をしたり偉人伝を話しても数学は好きになってもらえません。それよりも、数学はどこに使われているのかを言える教員になってほしい。特に、経済などは今、確率と解析を駆使して分析をしていますね。それは学者だけでなく、現場でもそうです。そんなことに対して日ごろから数学の先生にも興味をもっていただきたい。そして「あ、ここは文系でも必要なところだから、嫌でもやるように」と自信を持って言っていただきたいですね。数学が好きか嫌いかは別として、数学をやっておいた方がよいと思ってもらい、数学を知っていることでハッピーになれるんだ、ということを知らせてあげることが大切だと思っています。

今やっている数学がどういう能力を養うのか、という学習上の到達点を意識的に言い得ることも重要です。これは、単に公式の意味を示すレベルでなく、素養としてこの学習がどのようなものに繋がっていくのか、生徒に示せなければいけないと思います。教え方の幅を広げるために、以前使われていた教科書

にあたってみるのもよいと思います。例えば戦後すぐの教科書では、第1章で「産業の復興」、第2章で「計算尺の使い方」、その次にマイナスの話が出て、最後に三角測量があって、そこに「校内の案内図を縮尺してかいてみよう」という、今でいえば総合学習のような内容になっています。今お読みになるときと新鮮でしょうし、授業という限られた範囲内でできることの可能性を感じられるのではないかと思います。

説得力のある授業をする、特に数学に興味のない生徒に対しても説得力のある授業をするには教養としての豊富な知識が必要になると思います。数学の先生方は本屋さんでも数学の教養書について目が行くでしょうが、そこをぐっと堪えて経済や会計の本を読んでみる。数学が使われている現場の空気を感じてみる。「もっといい数学の使い方があるじゃないか」とつつこんでみる。そんな幅が身につくと、生徒に「数学はやらないよりやっておいたほうがよいのだな」と感じてもらえる説得力のある授業ができるのではないかと思います。そこを踏まえて、生徒に数学はやらないよりやっておいた方がよいのだな、という数学の必然性を判らせることが大切なのではないでしょうか。



お忙しいところありがとうございました