

---

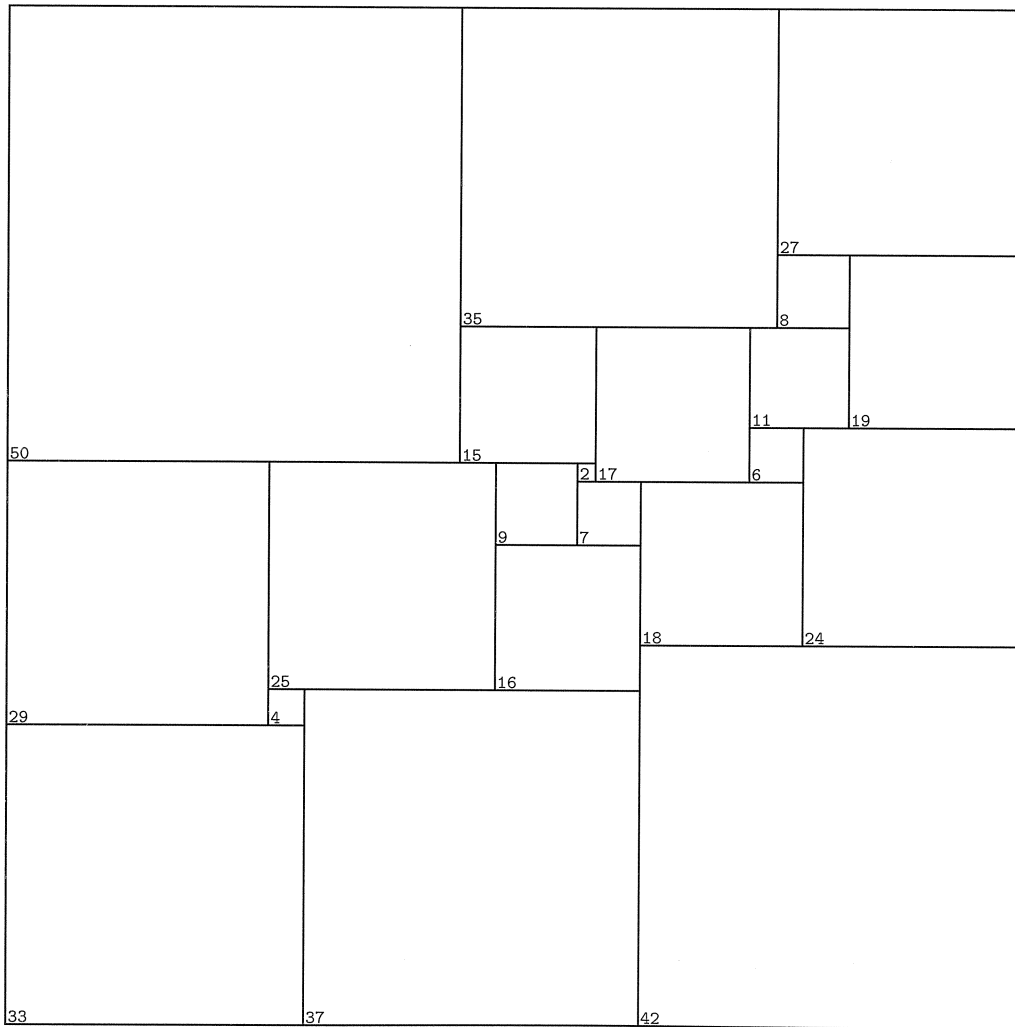
---

# 数学のなかま

---

---

Vol. 57



都内数学科学生集合

# 目次

巻頭言	i
論説	1
Noncommutative Lusin's theorem for von Neumann algebras _____ 紅村冬太 . . . . .	1
総会	9
4月総会 ゼータ関数の特殊値と展望 _____ 坂本龍太郎 . . . . .	9
6月総会 楕円関数のはなし _____ 高本雄介 . . . . .	15
8月総会 フラクタル集合のはなし _____ 大槻隼也 . . . . .	25
10月総会 Poincaré-Birkhoff の定理と力学系の周期軌道 _____ 杉ノ内萌 . . . . .	35
12月総会 ホモトピー論入門 _____ 増田成希 . . . . .	49
2月総会 表現論と組合せ論 _____ 水野勇磨 . . . . .	65
7月セミナー	84
ゲームと現代集合論 _____ 合浦岳彦 . . . . .	84
夏合宿	96
位相空間と連続関数の数学 _____ 紅村冬太 . . . . .	96
Galois 理論と代数学の基本定理 _____ 成田承基 . . . . .	105
基本群の紹介 _____ 小島薫 . . . . .	118
フーリエ解析入門 _____ 宮澤仁 . . . . .	128
平方剰余とルジャンドル記号 _____ 片山裕太 . . . . .	139
27本の直線の話 _____ 金城翼 . . . . .	146
圏論入門 _____ 飯塚康太 . . . . .	154
等長地図ができないワケ _____ 韭塚凌平 . . . . .	172
新入生イントロダクション	180
フラクタルと次元の話 _____ 城戸真弥 . . . . .	180
多項式におけるフェルマー予想 _____ 金村佳範 . . . . .	190
TS (Tosuu Summer school)	201
Gödel の不完全性定理 _____ 湯山孝雄 . . . . .	201
RSA 暗号 _____ 宮尾弦汰 . . . . .	217
チコノフの定理 _____ 高橋克典 . . . . .	225
素数定理と Langlands 対応 _____ 沖泰裕 . . . . .	233

関数解析学入門	市ノ瀬弘祐	245
古典的代数幾何学の入り口	鈴木翼	252
グレブナー基底と不変式論	原和平	258
追いコン		268
Topology from the Differentiable Viewpoint	杉ノ内萌	268
インタビュー		277
加藤文元 先生		277
高橋大輔 先生		288
書評		294
ソリトンへの誘い	城戸真弥	294
ロジックへの誘い	合浦岳彦	296
院試体験記		298
小林慎一郎		298
沖泰裕		302
活動記録		305
規約		308
編集後記		312

---

---

数学のなかま

Vol. 57

印刷

2017年4月19日

発行

2017年4月23日

発行責任者

城戸 真弥

編集責任者

湯山 孝雄

---

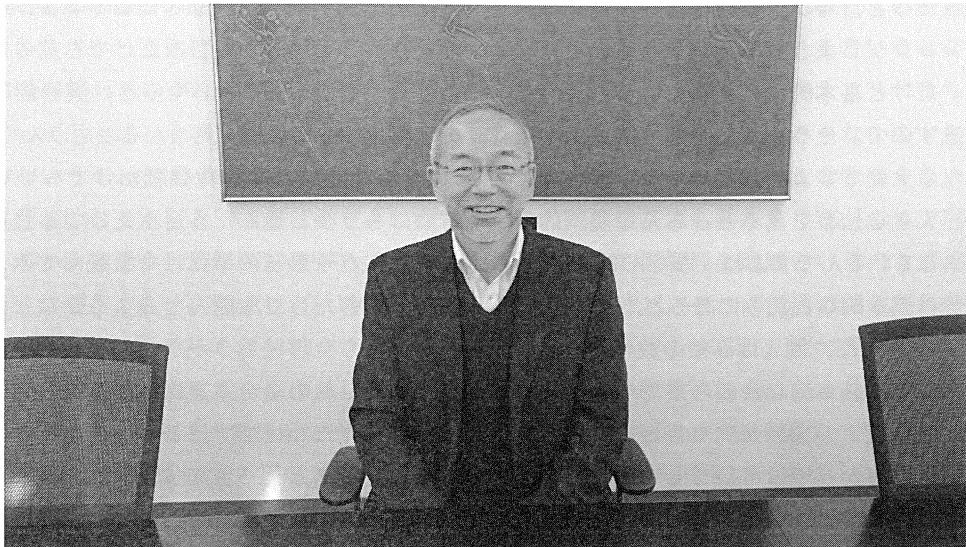
---

都内数学科学生集合

---

---

## 高橋大輔先生インタビュー



## 略歴

たかはしだいすけ  
高橋大輔教授

- 1986 東京大学 博士号取得  
1986-1990 東京大学 助手  
1990-1994 龍谷大学 講師  
1994-1998 龍谷大学 助教授  
1998-2001 早稲田大学 助教授  
2001-現在 早稲田大学 教授  
専門分野：非線形波動，離散可積分系

## 聞き手

城戸，高本，金村

以下，敬称略

高橋：まず，僕は東大理一に入りました。最初は数学科志望だった。高校を出たばかりで，数学が一番得意だったから。僕は兵庫県出身で，兵庫県出身者の寮に住んでいて，そこにはいろいろな大学の

人がいて，みんなでワイワイやっていた。授業はサボっていた（笑）。

——（一同笑）

高橋：その先生幸いなことに，出席は取らなくて。

当時あまり出席とる先生はいなかったかな。今も数学科なんかはそうかな。最後の試験一発が難しかったりしてね。

それで、僕は工学部に行って助手になるのだけど、いわゆる理工学生のための複素関数論の演習とかを担当するわけ。そうしたら、何もわかっていなくて。物理工学科ってところに進むんだけど、みんなすごくよくできる人だった。僕はそのドンケツで、今までクラスの中でビリに近い方だった人間が、助手になったとたんトップの子たちに教えなきゃいけないわけだ。あんまり歳も変わらない子たちに、そのときに、やっぱり勉強しとくんだった、と思って(笑)。そこでいろいろ勉強して、なんだやっぱり、数学ってすごく難しいと思っていたけど、ポイントがあるんだ、と思って。そういうこともあって、助手になったところに数学のこともちょっとはわかるようになって。

それで前の話に戻ると、サボっていたのだけど、解析学入門のテキストがすごく面白かった。 $\epsilon$ - $\delta$  論法とか、役に立つかどうかわからないけど、いや立つんだけど、論理としてすごく面白いなと思って。一方で線形代数は全然ダメでした。斎藤正彦先生の「線形代数入門」が教科書で、あれを全然読まずに、とうとう一夜漬けのテスト勉強で ABCD 評価の C で単位を取ったな。

——でも線形代数自体はとても大事ですよな。

高橋： そう。僕は後に流体力学の数値計算をやるのだけど、コンピューターで計算するから、微分方程式を差分方程式に変えて、連立一次方程式を解くことになる。しかも、例えば空間を  $100 \times 100$  に切ったとすると、100 万個の点があるから、100 万次元の連立一次方程式を解かなきゃいけない。当時 10 万次元はまだできたけど、100 万次元はまだ難しかった。スーパーコンピューターも使ったけど、ギリギリできる計算だった。ギリギリの計算をしようとする、線形代数のことがよくわからないとできないわけ。ガウスの消去法が使えればよいのだけど、100 万次元だと使えない。そういうわけで線形代数も大事なことが後からよく分かった。でも 1 年生のときは全然分からなかった。

また微積分の話に戻るけど、なんか証明のパター

ンやな、というのが分かってきて。それで、試験が難しく、半分くらい単位を落とすのかな。数学の先生がよくやるやつ(笑)。だけど、なぜか成績は A だった。そしたら、僕は授業出ない方だとクラスで知れてるから、「お前カンニングしたろ」とか言われて(笑)。たまたま前の席に、後に物理学科に行く優秀な奴がいたのもあってね。でもまあ数学は面白いなあと思った。それで、学科配属になるのだけど、目に見えて役に立つということが頭にあったのと、当時は、まだバブル前で景気も良かったし、半導体産業は日本のメーカーが世界を支配していた。そうすると物理だなと思って、数学には少し未練を残しつつ、でも理論系は好きだったから、工学部物理工学科に進学した。何学科を選ぶかって時代もすごく関係していると思うよ。

——半導体がすごく流行っていたと仰いましたが、そのようなメーカーに就職しようと考えてられていたのですか？

高橋： いや、就職に関してはほとんど何も心配していなかったかな。数学科に行くにしても、それはなんにも考えていなかった。そのときは、もしかして研究者に、とも少し考えていたけど、このサボり具合と成績では無理だと思っていた。だから、就職しようとは思っていたけど、とりあえず大学院まではあまり何も考えずに行った。当時は修士 2 年になってから就職活動だったから、ギリギリまで何も考えてなかったね。工学系は結構ツテがあったりするし。会社に入って何をするか、ということは何も考えてなかったですね。たぶん就職するだろうとは思っていたけど。それで、物理工学科に進んで、分野がいろいろある。半導体、液晶、生体物性、超電導とか。物理学科にあって物理工学科にないのは、相対論と素粒子くらいだったかな。そのあたりもまだオープンエンドで。

四年生のときに研究室配属になるのだけど、これはじゃんけんとかで適当に決まるんですよ。理論系には行けないことになって、僕は液晶の研究室に行きました。ところが、これが面白かった。当時の液晶って、カシオの電卓の表示板くらいしかなくて、今みたいにすべて液晶画面になるなんて思いもよら

なかったけど。それで、溶媒中にある棒状の高分子が、濃度を高めていくと、熱で振動しているからお互い邪魔なのだけど、ある濃度を超えると、相転移して向きがそろう。そこでレーザー光とかを当てると、高分子の向いた方向だけ光が通るわけ。あとでノーベル化学賞を取るフランスの de Gennes という人が書いた教科書があったのだけど、それをみんなで読んで、確認する実験をした。最初は、たくさんの同じ物体の熱振動とかの話で、エネルギー的に低い方向に変化しなければいけないという物理の法則があるわけだから、統計力学なわけ。最初は統計力学の難しい話なのよ。だけどそれを数式で、漸近展開していくのかな、第0近似、第1近似、……とやっていくわけ。そこで複素関数論が必要になる。それをやると、ピタッと予測と実験が合うわけ。それがすごいなと思って。物理的にもすごくて、熱で振動している棒があるだけで、何もなしのところの相互作用みたいなものをエネルギー量で表して、どの向きになったら一番低いかを統計力学で考えて、ちょっと難しい数学を使うとピタッと予測できる。それはすごいなと思って。机上で、何もなしで予測できるわけだから。そのときは数学も結構勉強しながらだったので、数学も物理もそんなに区別してなかったね。それで、実験は向いてないことがわかりまして(笑)。——でも、理論もやって、実際に実験もご自分でされたわけですよ。

高橋： そうそう。下手に実験系に入ると、単なる労働力にしかならないわけだ(笑)。それで、大学院入試のときに、液晶も面白かったけど、今みたいになるとは予想もつかないから、液晶はやめたわけ。ほかのところに行こうと思うのだけど、成績が悪かったので行けず、主任の先生が流体力学の数値計算をやっていた人なんだけど、「うちのところに来ますか」と拾ってくれた。そうすると分野が変わるけど、これもまた面白かった。そういうの好きだったんだね。液晶で、何もなしのに予測ができることに感動したように、流体の数値計算は実験をせずにコンピューターだけで流れが計算できるわけ。これもすごいなあとと思った。大学院で研究室に入ったとき、コンピューターってほぼ初めて触って。学部生のと

きに、寮でPC-88っていうの持ってる子がいたんだけど、彼は何も使ってなくて。暇だから、ちょっと貸してくれない、って言って貸してもらって。BASICしか動かないけど何かできないかなと思って、オセロのゲームみたいなものを一晩徹夜で作った。

——一晩ですか。

高橋： うん。まあでも今の君たちが同じ立場ならできると思うよ。当時は電源切ったら消えるから、カセットテープにセーブしようと思って。彼に「ちょっとこれやって」って起こしたら、ロードしやがって、消えました(笑)。でもそう長いコードじゃないから、多分すぐに復旧した。それがパソコンとの出会いかな。当時はまだ全然身近じゃなかったから、研究室に入った当時はワクワクした。ところが、熱が出るからでかいエアコンがあって、夏でも寒い。音はうるさいし。だけど、面白くて。それこそ、他に何もすることがなかったから、コンピューターは自分にとって最高の遊びだったわけだ。Newton法とか二分法とか、練習のプログラムとを作ったら、それが収束していくのがゆっくり見えてくるのね。今だと一瞬で答えが出るでしょう。当時は画面に表示するのが遅いから、少しずつ出てくる様子が見えて、それがまた面白かった。それで、流体のことをやろうとするとBessel関数とか、Euler方程式とか出てきて、複素関数論を使うのだけど、わからない。当時はまだ助手になってないからね。それで、とりあえず方程式はなんとか理解した。けどそれをどうこうする数学力がなかった。そんなときに先生が、「数値計算やるならこれ読みなさい」といって、日本語のすごく入門的な本をくれた。どういう内容かという、微分方程式を差分方程式に直して、あとはそれを連立一次方程式として処理する、という話だった。そうしたら2か月で、円柱周りのカルマン渦ってやつが解けて、それはみんな結構驚いたらしい。Newton法みたいに簡単じゃなくて、一つの差分方程式が解けたら $\Delta t$ 秒後に進む、みたいな感じ。それを表示するのもまた面倒なんだけど、当時プロッターっていう機械があって、各メッシュごとに少しづつ等高線が書かれていくわけ。それができたときはものすごく感動した。その時点で微分方程式が分かったと

言ったら、解析の先生に絶対怒られるけど、差分で書いてプログラムで解いたら、なぜ境界条件とか初期条件が必要なのかとかが分かってくる。当然プログラムで時間発展させるんだから、初期条件は必要に決まってるし、境界条件がないと連立一次方程式が閉じないから解けない。そういうわけで、微分方程式がプログラムを通してよくわかって、これは面白い、となった。

その後は、なぜか博士まで行くんですよ（笑）。

——就職は考えなかったのですか？

高橋：いや、考えた。どこに行こうかと思ったのだけど、自分がそんなに出来が良いと思っていないから、大企業でバリバリ働くのはしんどいな、と思っていた。なので、小さめのソフトウェア専門の会社に行きたいと思った。その後すぐに、友達に「就職することにしたよ」って言いに行ったら、その友達が「高橋、ソフト業界行ったら10年で使い捨てやで」って言われて、そんなこと何にも知らないからさ（笑）。そういうことがあって、「就職します」と先生に宣言した1週間後に、「博士行きます」と言ってしまった。先生も戸惑っていた（笑）。ちょうどそのときに、薩摩順吉先生というソリトンの先生が東大にいらして、助手を募集するということになった。ソリトンは一応流体にも関係しているので、来ないか、と呼んでもらえた。給料も出るし、当時助手は任期がなかったもので、永久に大学に居られるし。ソリトンのことを何も知らなかったけど、一応流体に関係しているということなので、大丈夫だろうと思って3日後くらいに「行きます」と言った。自分の研究室の先生には後付けで「行くことにしました」と報告したのだけど、あれは先生によってはすごく怒られたらうね（笑）。ソリトンは、割と明示的に方程式の解とか保存量が表せる、可積分系という分野に属するのだけど、それまでは微分方程式の数値計算、いうなれば四則演算しかやってなかったので、「やばい」と思った（笑）。当時は自分の博士論文用の研究テーマがあって、それと助手を二股でやっていた。なので助手の仕事は授業をするくらいで、ソリトンの勉強も週1でゼミをするくらいしかしていなかった。1年くらいそんな感じでやっていたけど、

先生から「そろそろ良いよね」と言われて、本業があるでしょう、と。そこから今までソリトンという分野をやっています。

——いきなり入ったんですね。

高橋：そういう意味では、学問的な理由はあんまり無いね（笑）。ただ、そういう感じで、勉強がうまく進まなかったら思い切って分野を変えてみるというのもありだと思う。

——現在高橋先生の研究されている、超離散や箱玉系という分野がありますが、そのあたりは先ほど仰っていた数値計算などがモチベーションにあるのでしょうか。

高橋：えーと、モチベーションではないかな。ただ、早稲田で、広田良吾先生という方がいて、その先生が離散化のことは1970年代にやり始めていた。その当時は超先端で、誰も価値が分からなかった。ところが後の世になると評価されて、例えば僕の結果の1つは、その中の1つの結果を使って超離散化する、ということをした。それから、薩摩先生があるとき、01だけの時間発展がある系を持ってきた。それもソリトンっぽいもので、少し研究してみたら、まだ誰もやっていないことができていた。そういう意味では、たまたまネタができたからだね。微分は先達がもうすでにやってたからあまり好きじゃなかったけど、離散はまだやることあるかな、とも思っていたし。数学科の人なら、例えばリーマン・ヒルベルト問題が好きで、それを研究する、という人が多いのかもしれないけど、半分くらいの人はずっと出会って、それに嵌って伸びていくことが多いんじゃないかな。ところが振り返ってみると、それを目指していた、みたいなストーリーになっていることがあるんだよね。だけど、研究者の半分くらいは、研究テーマとの出会いから始まる、ということがあると思うんだよね。

——つまり先生の場合は、先に大きな目標があるというよりは、目の前に面白そうなものがあるって、それを突き詰めていくとまた新たなものに出会って……というような研究スタイルなののでしょうか。

高橋：うん。ただ、分野っていうのはあるから、その分野の人が目指している方向性みたいなものはもち



ろんあるけどね。数学科の先生とかどうなんでしょう、大きな目標がある、という人が多いのかな？

——どちらもいらっしやいますね。

——研究というテーマで一つ質問させていただきませんが、勉強と研究の違いとは何でしょう。

高橋：学生を見ていても思うのだけど、「勉強ができて研究ができるとは限らない」とかよく言われるじゃない。やはり、みんながアタックしている未解決問題みたいなものを解くには勉強ができないとできなさそうな気がする。けど「問題を作る」方は、新しいものの見方なので、勉強ではなかなか鍛えられない部分だと思う。ただ、それは勉強していて疑似的に鍛えられるものではあるので、勉強はした方がいいと思う。そこを否定したくはない。十分条件という感じかな。

——研究では発想力も必要になってくるわけですね。

高橋：たぶんね、問題を考えていると、最初に考えていた形と違う形の問題になることが多いと思う。僕もそうだし、学生に修士論文のテーマとして問題を与えたりすると、その問題はそのままなんだよね。その問題を、勉強したことを使って解こうとするのだけど、なかなか進まない。僕が同じ問題を考えていると、「あ、この問題、こう変えたら面白いんじゃないかな」とか思ったりする。そういうところは経験もあるけれどね。そういうときに「こう変えたら面白いよ」とか言うと、学生側としては災難なわけだけど、でもその問題を研究しても面白いものが出てこないことが分かってしまう。出そうにない理由とかを考えていると、問題をこう変えた方が面白い、ということが分かってくるので、研究をする上ではそこが大事な。

——しかし、経験という意味では、学部生や院生でもなかなか難しい気がしますが……。

高橋：そこだね。学生は経験がないけど、博打が打てる。経験を基に考えて、問題を解くと、大発見みたいなものは出ない。だけど、学生が面白いのは、経験がないけど無茶をする。無茶して、これじゃだめだ、となったときに、全く別の発想で問題を作り変えることができる学生が何人かいて、これまで驚かされたことがある。あと、根性もいるよね。

——我々はまだ研究をしていないので、一つの問題にずっと取り組む、ということは少ないわけですが、そのように問題などに取り組むことは必要なのでしょうか。

高橋：無理してやることはないと思う。僕の場合は、修行僧のように何かを鍛えるのは苦手だ。ただ、そういうやり方をしている人を見ても、その人の役に立ってはいるな、と思うので否定はしないな。面白いもので、自分の努力に比例して結果が出ればよいのだけど、結果をもってストーリーを後付けしているだけだと思うな。なので、成功体験を持っている人はストーリーを後付けしがちだから、インタビューは気を付けた方がよいと思う（笑）。

——都数には純粋数学を勉強している人が多いわけですが、応用数学と純粋数学の根本的な違いとは何でしょうか。

高橋：僕はあまり純粋数学を知らないけど、言語が違う感じがする。対象か、論理か、というところだと思ふ。数学なら平行線公理とか、そういうところから出発するのでわかりやすいけど、応用数学はモノの公理を受け入れるところから始まるわけで、出発点はかなり違う。これはなかなか困るところで、数学と応用数学は出発点が違うから、共通のところに来ては噛み合わないことが多い。そういう意味で、「言語が違う」気がする。だいたい解決したい問題があったら、それをそれぞれのやり方で抽象化していったって、本質的な問題を作ろうとするけど、そうすると出発点に近いところに戻るよね。そうするとどうしても乖離が始まってしまうわけ。

——しかし、純粋数学の結果が応用数学に利用されたり、その逆ももちろんあると思うのですが、やはり関連性は深いわけですね。

高橋：言葉が違うというか、発想が違うという感じかな。もちろん、数学の言葉ではあるから、共通の言語仕様ではあるよね。数学の方がより記号論理的なアプローチで、応用数学は微分方程式とか特殊関数みたいなものがすぐに出てきやすい、ということかな。ただ、数学って、世の中を認知するための1つの手段であって、数直線みたいな連続体が世の中にあるわけではないじゃない。だけど、理想的なも

のをロジックで考えて、それを現実のものに当てはめるとすごく理解しやすいからそうしている。なので、決してロジックで考えていることがこの世のものには反映されているわけじゃない。そこが応用数学の面白いところというか、つまり、対象を見たときに、数学のロジックではうまく扱えないところがあつたとする。それを応用数学では、論理は捨てても対象に合うような記述をする。そこのところが違うんだよね。

——なるほど。たしかに、そこが応用数学の魅力でもあるように感じます。現実的な問題に合致していく様が非常に面白いですよ。

高橋：数学を使って、確実にパシッとわかる領域っていうのはどちらから攻めていってもわかるんだけど、わからない領域って、経験則とか観察したデータから始まることがあるんだよね。そこのところは論理ではうまくいかないから、よくわからない土俵の上で戦うしかないんだよね。そのモヤモヤ感がね、面白いと思う。例えば、精度保証付き数値計算なんかは、IEEE が決めている規格と合致しないと意味がないわけで、それに合うように考えなければいけなくて、数学の定理があつても使えないものは捨てなければいけない。ただ、面白いのは、「この方式に変えたらあらゆることがうまく計算できるぞ」ということが分かったら、それを提案できるということだよ。稀な例だけど、革命を起こす力はあるということだね。

——少し話が戻りますが、先生は、今の研究分野を始められる前は他の分野を勉強されていたのですよね。その経験は現在の研究にどんな影響を与えたと思われますか。

高橋：ほとんど目に見える形で役に立っていると思うね。知識的、技術的な部分もちろんだけど、さっきの、液晶の相転移の話もそうだけど、そういうこ

とができるんだ、ということを知ったのが大きかった。数学の理論でも、何ができて何ができないのか、限界を知ることってとても大事じゃない。プログラム言語に置き換えると、ありがちなのは、実は文法を積み重ねたらできるのに書けない人と、できると思い込んで無茶苦茶なプログラムを書く人と、プログラムを書けない人って2種類いると思うんだよね。で、今の話に戻ると、数学を以てそういうことができるんだ、と知った経験がすごく大きかった。要するに、自分の研究における言語仕様の中で、できるかできないか、という限界を知るとはすごく大きいと思う。あとは、ものの見方という意味では、そこから逃れられないと思う。純粋数学を学んできた人は、純粋数学で学んだ方法で世の中を見ようと思うし、物理出身の人は物理的な見方から逃れられないと思う。そういう意味で学部時代の勉強の影響は大きいと思う。

——最後に、数学、応用数学、物理などを学ぶ学生に一言お願いします。

高橋：もっと計算した方がいいね。特に応用数学系は、本読むより演習問題たくさんやるとか、手を動かした方がいい。実行力がない子が多いね。

——プログラミングなどもそうですね。

高橋：そうですね。プログラムは経験だから。最初からバグなしで書ける人はいないので、バグ取りがどれくらい上手いかで決まる。バグ取りは経験なのでね。あとは、先のことをクヨクヨ考えない方がいいよね。たぶん、みんなどんな道に行っても食っていけるから。僕も学生の頃いろいろ考えていたけど、なんだ、もっと大胆にいけばよかった、と思ったことがある。だからあまり考えない方がいいし、疑問を持ったら思い切ってジャンプすると思う。

——本日はありがとうございました。