

## あひるの水かき—大学院で学んだこと

北海道大学 理学研究院 鈴木久男

## 1. アヒルの水かき

筆者が1983年修士1年のときに参加した原子核3者若手夏の学校は、おそらく読者のほとんどが感じてきたように、様々な大学の同期と知り合う機会が、大変刺激的であった。ただし、筆者にとって、最も印象に残っているのが、筆者とは同じ名古屋大学同期の池森均氏（現；滋賀教育大学）が、長野の湖でボートに乗ったときの話である。池森氏が友人とボートに乗ったそうだが、自分たちの他は男女ペアであり、友人は他のボートをうらやんだそうである。そのとき池森氏が「あのアヒルを見なさい。優雅に泳いでいるように見えて、水の下ではたえず必死に水かきをしているのだ。」と言ったそうである。これは、むろんパートナーを見つける努力について言ったつもりであり、筆者の座右の銘となり、事実筆者のパートナーを見つけるときにも大いに役立ったのだった。

## 2. 学部時代

時期をさらに遡って、学部にはいると同期に山田泰彦（現；神戸大学）という大変な秀才がいたこともあって、優秀さではかなわないなとずっと思っていた。そして筆者が学部4年次で名古屋大学素粒子論研究室（E研）に配属されると、私はオーバードクターが10名以上いることに大変驚いた。こうしたことから、とにかく先輩、同期を追い抜かないと研究職を得られないと覚悟を決めて大学院進学を決めた。やるだけやっただめだったら、田舎に帰って地元企業に入ろうと思ったのだ。そのために何が重要かということは良く考えていた。たとえば、学部の卒業旅行にヨーロッパに行ったが、パリで絵を描いて売っている中に日本人が何人もいるのに大変驚いたことがある。多くの日本人の画家志望者が非常に緻密な絵を描いていたが、たぶん絵描きの世界でも優秀さよりも独創性が重要で生計を立てるのが相当大変そうであった。結局研究の世界も独創性が重要だろうが、画家を志すよりはましだろうと思ったのを記憶している。

## 3. 修士課程

名古屋大学の素粒子論研究室、通称E研では、スタッフに「先生」の称号を付けないことも驚きであった。スタッフも飾るところがなく、過去の物理業績以外では、人間として平等であると言う気質があると理解した。逆に言うと、教えてくれる「先生」はいないようなので、大学院生たちは自分たちでなんとかしようという気質があふれていたのだ。新しいトピックが出てきたら、おおよそ先に飛びつくのはスタッフよりもまず学生たちなのである。そうした研究室の雰囲気の中、修士課程でもできるだけ早期に論文を書きたかった。そのため、修士2年からは当時注目を浴びている様々なことを勉強した。むろん修士の学生が新しいことをやることはそんなに生やさしいものではなかった。結局、場の理論に曲がった境界のある場合の繰り込みに興味を持って修士論文を仕上げた。今から考えると動機がはっきりしない論文であるのでどうかとも思うがとにかく研究論文を出したかったのだ。

## 4. 博士課程1年

1985年に博士課程1年から受託院生として KEK に移った。当時名古屋大学の助手であった山脇氏に勧められて受託性となったのだが、後で聞くと筆者はほっておくと独りよがりの研究になりやすいから、KEK 行きを薦めたとのことであった。また、対人能力の欠如も、筆者自身も認識していたが、KEK で苦勞すればよくなると思っていたことでもあった。事実対人能力の欠如は筆者自身も痛烈に認識しており、しかたないので本などで勉強していたのである。同じような受託生とスタッフとも毎日話をする機会ができて、対人関係能力も急速に良くなっていった。現に当時、E 研に顔を出していた坂東昌子さん（後に物理学会会長）からは、筆者が博士課程2年でお会いしたときには、やっと人間らしくなったという、たいへんありがたいお言葉を頂戴したほどである。

さて、当時陸の孤島とも呼ばれていた KEK での生活は単純明快であり、朝9時ごろ部屋に行き、5時ごろまで研究、その後、皆でテニス、テレビゲームをして就寝といった感じであった。自分の中では、博士課程は将棋の奨励会と同じでプロ予備軍であり、できるだけプロフェッショナルな生活パターンとしたかった。また、そのほうがスタッフとの交流が多く、得るところが多くなると思ったのだ。当時 KEK 理論部のスタッフは、菅原寛孝氏を筆頭に、小林誠氏、湯川哲之氏、大川正典氏、菅本晶夫氏、そして風間洋一氏など、吉村太彦氏を除き、いずれもテニスが好きであった。これらのスタッフやその他受託院生とほぼ毎日のテニスの練習のかいもあってか、KEK のテニス大会で理論部チームが準優勝したこともあった。ただし多少作戦も必要であった。家庭を持つ他のほとんどの職員は、昼休みにテニスをしているので、我々がなれているナイターでの試合をあえて行うように仕向けたことも功を奏した。テレビゲームは、筆者が研究室に持ち込み他の受託生たちと毎日のようにやっていたが、野球ゲームがあまりに盛り上がりすぎて一時禁止になってしまったこともあった。研究面では、様々な話題のセミナーに出て話題探しをしたが、博士課程1年では、スタッフと共同でできそうなことがなかった。物理に関してのスタッフとの会話も面白かったし、そこから得るものも多かった。基本的に先生はいないので、板前は見て覚えると同様にもなるのだが、違いがわからない人は上達しない。

博士課程1年当時アノマリーが魅力的に思えた。特に、アノマリーを経路積分のメジャーから導出する、有名な藤川メソッドが非常に独創的で魅力的であった。しかし、通常の摂動論的な導出との関係が自分なりにわからなかった。そこで、摂動の計算としては、様々なアノマリーが固有時積分の境界として現れることで、藤川の方法と同等の形となることを示し、それを応用した結果を *Physical Review* と *Physical Review Letters* で出版した。何も良くわからなかったので、勝手にそれらの雑誌へ投稿したのだが、後で周りからは驚かれた。

## 5. 博士課程2年

博士課程2年になってからもいろいろ話題を探していたが、当時菅本晶夫氏が挑戦していたヘテロティック弦のアノマリーの計算を手伝うことにした。菅本氏がアノマリーの評価に通常よく使われている正則化を用いると、モジュラー普遍性を壊してしまっていて困っていたのである。様々な正則化を試していたノートをいただいて大変驚いた。そこで、点粒子

の場合に用いていた方法を用いて見ると、ヘテロティックストリングの場合も、アノマリーはモジュライの境界の値となることがわかったので、それを菅本氏に説明した。結局アノマリーは正則化から出ると思い込んでいたが、ヘテロティックストリングは有限なので、正則化はいらないという自然な結果であったのだ。すると、菅本氏がモジュライの境界となることを示すだけでアノマリーがないことを示すことができることを指摘してくれたのだった。そこでこの結果を 1986 年に *Physical Review Letters* で菅本氏と共著で出版した。また、タイプ I での結果は、筆者単著で出版した。

ここで、菅本氏が、名前をアルファベット順では菅本、鈴木となるが、鈴木、菅本にすると書いたのだ。たぶん、筆者の将来のことを考えてくれたのだろうが、筆者はこの提案を受け入れたことを非常に後悔した。ちなみに、筆者は共同研究に際してそれぞれの貢献を公表するのは妥当ではないと思っている。それは、何かどちらかが主導したとかいう話になる恐れがあるからである。しかし、本稿であえてそれに触れるのは、素粒子の研究者を志している読者に伝えたいことがあるからである。共同研究はあくまでそれぞれの良いところが発揮されての研究であるので、どちらが良いという話ではない。先にどちらが解決策を思いつくかは共同研究の結果の一つであって、それをどちらが主導したという話とは全くことなるのである。素粒子論のコミュニティーでは、共同研究はアルファベット順であるのは、こうした精神に基づいていることである。

少し当時菅本氏から学んだことを記しておこう。ヘテロティック弦のアノマリーに着目したのは菅本氏であるので、筆者は企画者として菅本氏を尊敬していた。また、菅本氏はわからないところをすぐに質問してくれて、私の理解の助けにもなった。セミナーなどでもわからないところをすぐに質問していて、自分なりの言葉で説明して納得していた。日本では使われない用語であるが、多くのプロフェッショナルで必要となる能力としてアクティブヒアリングという言葉がある。これは、会話では肯定的に相づちをうち、考えながら聴き、疑問点をあげ、自分なりに要約していくというスキルである。筆者はこのアクティブヒアリングの重要性を菅本氏から学んだ。物理の研究以外でも活躍するこの能力は、今では筆者の強い武器の一つでもある。また菅本氏は一見にこやかであるが、逆にすべてを理解しようとするので、氏の大変な批評能力も勉強になった。ただ、こちらに任せる作業があると手伝ってくれなくなることが当時不満であったが、後になって学生と共同研究するときになって始めて、それは学生に責任感を持たせるためであることに気づいたのだ。それにしても、研究は一人でやっているときよりも複数のほうが遙かに効率が良いことに気づいた。そのためには対人的スキルが非常に重要となり、意識して周りの人と交流するようになった。

博士課程 2 年のとき、東島清氏が KEK に赴任してきて筆者は新たな刺激を受けた。東島氏からは、その後阪大での助手の期間も含めて多数のことを教えてもらったが、当時最も印象に残っているのは、研究者の善し悪しの判断についてであった。当時から助教になってから活発でなくなったスタッフが多数おり、このため一つのテーマで研究成果があっても十分でなく、いくつかのテーマで研究をしたほうが良いとのことであった。そのため、筆者は

当時アノマリーで少し名が売れていたが、アノマリーの専門家と言われるのがいやであった。とにかく新しい研究テーマがほしくて、セミナーで話を聞くたび関連して何かできないかを考えていたし、他の受託院生と企画したりもした。ただ、プロジェクトはうまくいかなかったものも多かった。

その後、CERN での長期滞在を終えて理論部に帰ってきた風間洋一氏と共に、Orbifold における Twist field のバーテックスの構成の構築という企画を考えて、結果を 1987 年に出版した。当時筆者は、技術では風間氏にかなわないので、アイデアで勝負しようとしていたように思う。風間氏は一見厳しく見えるが、実際におたがいに馬鹿なようなアイデアや夢を気軽に言い合えて筆者とは相性が良かったのだ。もっとも筆者が馬鹿なことを言えるようになったのは、すでに論文をいくつか書いていたという自信からきているというのも事実であったろう。また、論文には動機が最も重要であると教えてもらったが、これは注目される研究を出し研究職に就職することを目指す当時の筆者にも必須であった。

#### 6. 博士課程 3 年から PD 時代

さて、筆者が博士課程 3 年になると、学術振興会特別研究員に採用はされた。もともと、やるだけやっただめだったら地元に戻って企業に就職しようと大学院に進学したのだが、ドクター 3 年になっても、これから自分が研究者としてやっていけるかどうかはわからなかった。家族も学者になるのは相当難しいと近所のひとからも聞いていたのだろうが、家族としては、本人にはやるだけやらせてみようと思っていたのだろう。当時筆者本人にも筆者の周りの人にも将来のことはわからないが、このことはどの社会でも同じことなのである。結局人生は何をなしたかのパフォーマンス評価しかされないという厳しさがあるのだ。素粒子の研究以外では、将来企業に行くかもしれないということで、企業情報や企業関係の小説なども読んでいた。先の見えない大学院時代を通じて、基本的に、自分の将来に関してのリスクマネジメントは、研究におけるリスクマネジメント同様に考えざるを得なかった。博士課程 3 年のときに、学術振興会 DC 特別研究員となって、短期的には収入が保証されたが、逆に素粒子研究のやめ時が延びたと感じて怖かった。

筆者にとって、加藤光祐氏が KEK に赴任してきたことは幸運であった。これで、東島氏と共に共形場理論の専門家スタッフが増えたのである。超弦理論の初期の研究から、時は共形場理論の時代に入っていた。1987 年、 $N=2$  super conformal minimal model によって超弦理論を構成するという、Gepner モデルが登場した。これは Calabi-Yau コンパクト化と直接対応がつくという、当時はかなり非自明で魅力的なものであった。KEK 理論部でも興味を持つ人が多く、Gepner 模型の文献紹介をやろうということになった。筆者は当時共形場理論の基本をほとんど知らないのにも関わらず Gepner モデル紹介担当となった。そしてそれらをつたなくも紹介すると共に、Gepner が  $SU(2)/U(1)$  モデルをパラフェルミオンと呼んでいたものを、特定のレベルに限ってはあがるが、superfield を用いて超対称性を入れ、 $SU(N)$  群に拡張できることを説明した。当時ドクター 3 年で焦っていた筆者は、とにかく論文を出さなければと思い、できればこの一般化されたパラフェルミオンなるものを出版し

たかった。だが、特定のレベルだけで成功していて、たいした結果ではないという加藤氏の意見を聞き、論文とするのをあきらめたのだ。当時新しい  $N=2$  のモデルを作りたいと思っていたが、加藤氏は  $N=2$  の minimal model に関しては、 $SU(2) \times U(1)/U(1)$  という構造のコセット模型としてあらわされ、それ以外コセットでは作れないと教えてくれた。専門家である加藤氏がコセットで作るのに否定的な意見だったため、風間氏を誘って、自由ボソンを用いて  $N=2$  超対称性共形場模型を作ることを始めた。道具がはっきりしていて有望そうなのだが、風間氏が詳細に見てみると細部でうまくいかなかった。結局はその方法でもうまくいくのではあるが、当時はこの方向ではだめだと思っていたので、他の方法も探ってみることにした。ふと思い出して、先に Gepner のパラフェルミオンの一般のゲージ群への superfield を用いての単純な拡張だと思っていたが、実はこれは超対称性を保って非可換群を群のランク分の  $U(1)$  で割ったものができていたことに気づいたのだ。後はそれを一般的に拡張していくだけではあった。当時学生でつめの甘い筆者と、慎重でかつ方向性を示してくれた風間氏との共同研究がうまくいった。多くの場合言ったとたんだめだと思えるアイデアを言い合えることも重要であった。この研究がほぼ完成したのは、博士課程3年の終わりからPD学振特別研究員として、東京大学駒場に行ってからのことである。当時、 $N=2$  のモデルは、minimal model に限られるというのが業界の思い込みであったので、出版にはかなり注目を浴びることになった。投稿した論文は、レフェリーからは、 $N=2$  は minimal model しかあり得ないので間違いであるというコメント付きで返ってきていたが、その後海外の権威ある研究者たちが Kazama-Suzuki model として引用してくれるようになって初めて、出版が認められたのだ。また、その後外国での評価を受けて日本でも評価されるようになった。

駒場では、当時学生であった、伊藤克司氏や山口昌弘氏と知り合ったが、一緒にテニス合宿にいたり、やはり私が研究室にゲームを持ち込んで一緒に遊んでいたため、大学院生には迷惑をかけた印象しかない。とりあえず、筆者が阪大の助手として移ったことで、筆者が駒場にいたのはたった半年であったことは、彼らにとっては救いではあったと思う。ちなみに、風間氏の勧めで学振として駒場に行くことが決まったのちに始めて、風間氏が駒場に移ることを知って驚いた。風間氏は、勧めた当時はまだ赴任が決まっていなかったのだと言われたのだが、とりあえず研究には大変都合が良かった。筆者には東京生活は刺激的で、午前中に研究がうまくいくと午後から東京の町の散策に出ていて不在としていることも多々あった。

ところで、筆者の説明能力に関して大学院時代を通じてもかなり稚拙であった。風間氏からも、さんざん説明が下手だと言われ続けてきたが、風間氏からようやく説明が良くなったと言われたのは、筆者が博士号を取って東京大学駒場に学振研究員として移ってからなのである。このようにしてうまく話すコツがわかったのは大学院卒業後からなのである。そのため、現在北大の学生の発表に対して、知らない記号の数が多すぎるなど指摘しているとき、自分の当時のことを棚に上げてという気持ちを感じることもあるのだ。

ここまで、結局うまくいった研究を述べているだけだが、学生の当時からうまくいかない研究の方が遙かに多かった。セミナーを聞くために何か面白そうなことができないかを絶えず考えていた。また、世に出た論文でも思った通りのレベルまでできたものはなかった。たとえばうまくいったと見える Kazama-Suzuki model にしても、幾何学的解釈などの目標には届かなかったのだ。結局アイデアが大事なのだが、アイデアのほとんどは失敗となる。ただし、アイデアそのものに優劣はなく、テーマとの相性が悪いだけで、他の視点からみると重要になることもあった。

## 7. あひるの水かきで学んだこと

さてここまで、筆者の主として大学院時代の話を書いてきたが、結局、筆者が大学院で何を学んだのだろうか？筆者は、大学院入学後から現在まで研究や大学組織のためのあひるのみずかきをしてきたのではないか。筆者の大学院での試行錯誤は、新しい価値の創造への努力を習慣化させ、素粒子研究以外のことについても企画力とアイデアが最も重要であるというスタンスは変わっていない。筆者の大学院時代から現在にいたるまで、企画し馬鹿なアイデアを多数出し、試行錯誤するという、デザイン思考の繰り返しであった。このことは素粒子の研究だけに限らない。筆者は北海道大学に赴任してからは、素粒子だけでなく教育研究もし、大学の管理職により大学の教育改革の企画から実施まで担当することになった。教育研究では、日本で初めてクリッカーを用いた授業をしたり、統合科学授業などで文理融合的な科目を立ち上げたりとしてきた。しかし、これらは単に海外で行われている教育研究の最先端を調べ、日本の実状に合わせて行うだけであり、筆者にとっては、素粒子の研究よりも先が読めるという点で遙かに楽であった。また、大学の教育改革のほうでは、北海道大学で2013年から総合教育部長として、アメリカ式のGPA制度の導入、入試改革や留学生特別プログラム(Integrated Science Program)の立ち上げなどにも関わり、ときに絶望的な状況の中で新しいアイデアを出して切り抜けてきたこともあった。このためには学生時代や大阪大学での助教時代に、筆者と重力波などで共同研究をし、阪大の高等教育センター長でもあった高杉英一氏らから学んだ対人的駆け引きのスキルも重要となった。また組織理解に関する基本については、後に大阪大学の副学長になった東島清氏が、筆者の大学院時代に教えてくれていた。むろん大学院卒業以降に学んだことの方が多く、KEK やその後大阪大学に赴任した後も、雑談として話してくれた中で、東島氏の鋭い客観的観察力や、組織の天秤たるに必要な能力の認識から学ぶことが多かった。しかし、なんと言っても東島氏が、大学院時代に様々な考え方の人々に配慮していくことの重要性を教えてくれた意義は大きかったと思う。創造性を支えるために様々なスキルが重要であることも大学院時代に気づいたことである。まず、知的能力としては、根本から考え直す批判的思考、創造的思考、戦略的思考、高い到達目標設定力、チーム思考、リスクマネジメント。行動特性として、順応性、細部へのこだわり、柔軟性、俊敏性、独自性、粘り強さである。また対人的スキルとしては、説得力のあるコミュニケーション、調整能力、アクティブリスニング(聞きながら考え、疑問を持つこと)、他者へのおもいやりと畏敬の念などがあげられる。これらすべて

ては研究者として必要な能力であるとともに、社会で必要とされる能力であると今は確信している。優秀さの欠如のためにそれ以外のスキルで補強する態度は、実は正解であったのだと思う。そして、研究成果のためにしてきたあひるの水かきとして向上させてきたこれらの能力は、将来企業に行っても有効なスキルとなるという、当時の筆者の人生におけるリスクマネジメントの一つでもあったのだ。