

「数理の翼夏季セミナー」について

東京大学・河東泰之

1 初めに

「数理の翼夏季セミナー」とは、数理科学に強い意欲と関心を持つ高校生を対象とした夏休みの合宿型セミナーであり、広中平祐氏が1980年に始めたものである。当初は広中教育研究所が運営していたが、運営形態の変化を経て、現在は後述するNPO法人「数理の翼」が主催している。私は1980年の第1回セミナーに高校3年生として参加し、さらに第14回、第21回、今年の第32回のセミナーに講師として参加した。この立場からこのセミナーについての紹介記事を書いてみたい。

このセミナーは参加希望の高校生から見た場合、まず希望理由の作文や、高校の数学または理科の先生の推薦を添えて、5月ごろに参加を申し込むことになる。これに対して主催者側の選考があり、その選考に通ると、参加費無料で交通費にもかなりの補助がついて参加が認められる。交通費の補助は、実費マイナス1万円程度を目安にしているが、経済的な理由を申請して認められれば、交通費の全額援助も可能である。応募者数の定員(今年は40人)に対する倍率は今年は4倍程度であったということだ。今年の開催地は京都府立ゼミナールハウスだが、場所は毎年一定していない。これまで北海道、広島、福岡など各地で開催されており、オーストラリア、ハワイなど海外で開催されたこともあった。私が高校生として参加したときの開催地は那須であった。今年の日程は8月14日~19日の5泊6日であり、長さは必ずしも毎年一定していないが、だいたいこれが標準的な長さである。この間に、講師による講義、参加者による発表や実験・実習などがある。夜もかなり遅くまで参加者によるさまざまな発表や話し合いがあり、夜ゼミと言われている。

第1回の開催の際には、広中氏が新しいイベントを行うということで新聞に記事が出た。高校に募集要項が送られて、高校経由で申し込むということであったので、私はそのようにして参加した。広中氏の知名度や、プログラムの組み方のため、参加者の方もかなり数学色が強かったと思う。40人くらいの高校生がいたが、その後私を含めてその中から4人が数学者になった。この割合は普通の大学の数学科よりずっと高く、相当な高率であろう。そのほ

かにもこの40人くらいの中には、東大のロボット工学の教授になった人もいるし、また純然たる文科系の研究者になった人もいる。このときは大学生の参加者も少数いたのだが、その中からも数学者になった人が出ているし、また科学コミュニケーションで有名な教授になった人もいる。

2 セミナーの様子

今年のケースを中心にセミナーの様子についてももう少し詳しく書いてみよう。なお、こちらのウェブページに写真を含む、今年のセミナーの報告がある。

<http://www.npo-tsubasa.jp/tsubasa/32/index.php?pid=49>

今年の参加者は一日目の昼に、京都駅まで自分で来て集合することになっていた。その後みんなで90分ほどかけて貸切バスで京都府立ゼミナールハウスに行くのである。私も京都駅での集合に合流し、そこから一緒にバスに乗った。各自チェックインした後、4時から私による最初の講義が始まった。途中の10分の休み時間を含んで6時までの2時間である。今年の講義の題目と講師、及びその専門と所属は、講義の行われた順に、「無限次元の空間、無限次元の行列」(河東泰之・作用素環論・東京大学)、「ミクロな世界の情報熱力学」(沙川貴大・非平衡統計力学・京都大学)、「見えない粒子 — 宇宙を作ったダークマター」(野尻美保子・素粒子物理学・高エネルギー加速器研究機構)、「少子高齢化、財政をめぐる課題」(小黒一正・公共経済学・一橋大学)、「空間のサイエンス・テクノロジー」(北川進・錯体化学・京都大学)、「マウスでこころの研究ができるのか?」(内匠透・統合バイオ・広島大学)、「連続体問題、無限ゲーム、そして巨大基数」(吉信康夫・数学基礎論・名古屋大学)であった。このうち小黒氏、吉信氏と私の3人は、かつて高校生としてこのセミナーに参加した経験者である。このようにかつての参加経験者が講師をつとめることは毎回行われている。なお小黒氏だけが通常のカテゴリでは文科系であるが、同氏は京都大学理学部の出身である。

一日目の講義は私の分一つだけであった。私の講義では、 $\zeta(2) = \pi^2/6$ を $(\sin x)/x$ の無限積展開から導き、無限次元(ヒルベルト)空間のベクトルの長さが3次元の時と同じように正規直交基底に関する展開を通じて考えられること、Fourier級数がそのような展開の例であり、こちらの計算からもやはり $\zeta(2) = \pi^2/6$ が導かれること、微分演算もこの空間の上の行列と思えること、そのような行列の集合を考えることが数の体系の拡大にあたるもので、作用素環と呼ばれるものであること、などを説明した。私が事前に渡しておいて、当日配られた講義内容は次のものである。

4次元空間と聞くと、何かSF的なことを考える人がいるかもしれませんが、数学では抽象的に考えるので、4次元でも5次元でも100万次元でも、いくらで

も考えることができます。さらに無限次元の空間というものも考えることができ、現代数学の重要な道具となっています。ここではまず三角関数を元に、無限次元のベクトルとはどのようなものかを考え、さらに無限次元空間にはたらく行列を考えます。これは縦横共に無限個の数が並んだもので作用素と呼ばれ、微分方程式や量子力学の研究から始まって、広く研究されているものです。さらに作用素の集合を考えたものが作用素環というもので、フォン・ノイマンが20世紀前半に理論を創始しました。フォン・ノイマンはコンピュータや原爆の開発など、極めて幅広い研究で活躍しましたが、純粋数学においても多くの偉大な研究成果があり、その中心をなすものがこの作用素環論です。その入り口についてもふれます。

もちろんこれらの内容を2時間で高校生相手に論理的に完全な形で示すことは無理なので、3次元空間と無限次元空間のアナロジーに頼って説明したが、三角関数や行列の計算はできるだけ具体的に完全なものをホワイトボードで示した。講義の直後に、 ζ 関数、ロピタルの定理、Taylor展開などについての質問がかなり続き、熱心な参加者が多いことが感じられた。

そのあとみんなで夕食を食べて、関係者のあいさつなどの開会式があり、入浴の後、夜ゼミと呼ばれる夜の部になった。大学生、大学院生、講師を含む数人ずつのグループに分かれ、いろいろ議論したり、質問に答えあったりするのである。私は数学者の生活や、アメリカ留学の話、一般的な数学の勉強法、個別の問題の解法などについて答えた。かなり遅くまで参加者たちは熱心に話し続けていたようだが、講師室は夜10時半で建物入口に鍵がかかってしまうため、私はその前に部屋に戻った。なお昔私が高校生として参加した時は、連日徹夜でトランプをしていた結果、昼間とても眠かったという記憶がある。(そのため私は、自分が受けた講義の内容については全く覚えていない。)

次の日は昼間に2時間の講義が二つあり、その間に参加者の研究発表があった。参加者の発表内容は自由研究のようなものについてであり、化学物質の構造式、植物の葉のつながり具合の観察、タイムマシンについて考えたこと、などさまざまであった。数学的なものでは、パズルの解の数の漸化式についてや、Riemann ζ 関数についてのものもあった。また、いくつかのグループに分かれて自己紹介も行ったりしていた。私が高校生の時はこのような形の参加者の発表はなかったような気がするが、最近は毎回のセミナーで行われているものである。

講師は自分の講義の時間だけ会場に来るのではなく、できるだけ高校生と時間を過ごすことが期待されている。私は二泊して次の日の午後の途中で帰ったが、この日は午前の講義のあと、配られた部品を使って発電機を作成する実習が午後にあった。いくつかのチームに分かれて出力電圧を競うのである。私も高校生から意見を求められたが、まったくわからな

いとしか答えられなかった。優勝チームは 10V を超える電圧を起こしたということである。昔私が高校生として参加した時はコンピュータ実習のようなものがあり、当時まだ珍しかったパソコンの Apple II でプログラミングの経験を試してみようという時間があったと記憶している。私は当時コンピュータが得意で、Apple II もよく使ったことがあったので、いろいろと楽しむことができた。

今年のセミナーの、私が帰った後の 4 日目以降も、基本的には同様のスケジュールで進み、夜のバーベキューなどがあったあと、最後はまた京都駅までバスで移動してそこで解散であった。

講義内容については、前に講義した時も今回も、高校生の知識で全部わかることを目指すより学問の最先端の面白さが伝わる話をしてほしい、ということであった。私が講師として参加した前の 2 回では、それぞれ、結び目の Jones 多項式と超準解析について講義した。いずれも細部まで高校生にきちんと論理的に理解できるように話すことはかなり難しいので、そのようなことは最初から目指さなかった。しかし知識としては高校の範囲を超えるようなことは何も仮定せずに、できるだけ具体的な計算例が入るようにして話をした。これらの講義を聞いた後で東大に入った学生から、私のこれらの講義をよく覚えていると言われたことが何度かある。

講師については、これまで一般的知名度の高い科学者に頼んだことも何度もあり、広中平祐氏本人が多数の講義を行っているほか、利根川進氏、白川英樹氏、岸本忠三氏、戸塚洋二氏などが講師に含まれている。また数学関係者は毎回 1~2 名必ず講師に入っており、加藤和也氏、深谷賢治氏など多くの数学者がこれまで講師をつとめている。

なお近年では月刊誌「大学への数学」に毎年、数理の翼夏季セミナーの実施報告が掲載されている。

3 運営、実施の形態

数理の翼夏季セミナーの実施については当初は広中教育研究所が仕切っており、広中氏の個人事業のような色彩であった。その後、1982 年にセミナー参加者 OB・OG の組織として湧源クラブというものができ、そのメンバーがだんだんに数理の翼夏季セミナーの運営に加わるようになっていった。「湧源」というのは広中氏の命名である。この湧源クラブはその後も次々とセミナー参加者を加え、現在ではかなり大きな組織になっている。これについては次のセクションでもっと詳しく書くが、セミナーの実行について広中氏の関与が薄れていったためセミナーを続けていくことが難しくなってきた際に、湧源クラブメンバーの力でぜひこのセミナーを続けていきたい、ということになり、2001 年に NPO 法人「数理の翼」が設立

された。2002年の第23回セミナー以降はこのNPO法人「数理の翼」が数理の翼夏季セミナーを主催する形になっている。

NPO法人「数理の翼」のホームページはこちら

<http://www.npo-tsubasa.jp/>

にあるが、「科学に興味を持つ児童、生徒、学生に対して、次世代を担う人材としてその育成を行うこと」などを目的に設立されたものである。上でふれた湧源クラブのメンバーがその設立の中心となっているが、入会は誰にでも開かれている。ここは国税庁から認定NPO法人として認められており、ここへの寄付については、寄付者が税制上の優遇を受けられることになっている。

さてセミナー実施には明らかにかなりの人手が必要であり、また安全・スムーズな運営には十分な経験も要求される。その中心となるのが、主に湧源クラブメンバーの大学生、大学院生からなる学生スタッフである。実施の1年くらい前に会場を決め、学生スタッフを募るとのことであった。かなりたいへんな仕事だが、自分が高校生の時に参加したセミナーの経験がとてもよかったので、今度は自分も実施する側として手伝いたいという大学生、大学院生がたくさんいるようである。何度もスタッフを経験するうちに詳しい事情も分かり、どんどんスムーズな運営ができるようになっていく。今年現地に來ていた実行部隊は、実行委員長(大学院生1人)、実行委員(大学院生5人、大学生1人、社会人1人)、スタッフ(大学生5人)、班長(大学生7人)である。NPO法人「数理の翼」の理事長も現地に参加していたが、実際的な運営のすべては上記学生たちが仕切っている。役割の名前の呼び方はいろいろだが、あとの方になるほど高校生の参加者に近い立場になる。班長はTAとも呼ばれており、高校生5~6人からなる各班の世話をする。高校生の眠る部屋は大部屋5つであり、ここにも班長が一人ずつ入る。さらに講師の依頼、講義の資料のやり取り、講義予定の打ち合わせ、経費の精算などもこの大学生、大学院生たちの仕事である。さらに飲み物の買い出し、講師の駅までの送り迎えなどの仕事もある。(今年の会場の京都府立ゼミナールハウスは最寄りの鉄道駅までかなりの距離があり、車での送り迎えが必要であった。)終わった後の記録製作の仕事もあり、講義録の作成も主に彼らが担当している。

さて最初にも書いたように、参加費無料、交通費も大半を支給という形でセミナーを続けているため、誰にでも予想がつく通り資金集めはかなりたいへんである。初期の頃は広中氏のネームバリューでいろいろ寄付を集めていたようだが、NPO法人「数理の翼」は現在それほど資金があるわけではなく、さまざまな助成金に応募したりもしながら運営を続けている。一時は政府系の「子どもゆめ基金」からの援助が出ていたのだが、この基金は事業仕分けの際に厳しい指摘を受けてしまい、また同じところにずっと支援し続けることはできないということで、今ではここからのお金は出ていないとのことであった。一方今年からは、独

立行政法人・科学技術振興機構 (JST) の資金が出るようになり、これが費用のかなりの分をまかなっているとのことである。もともと科学技術振興機構には、文部科学省の科学技術関係人材総合プランの中の「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」というものがあり、さらにその中の先進的科学技術体験合宿プログラム「サイエンスキャンプ」というものが実施されていた。その説明は次のウェブ・ページにある。

<http://ppd.jsf.or.jp/camp/>

これは大学や国立研究所などで、高校生が夏休みなどに二泊程度の合宿を行って、科学についてのさまざまな体験をするというものである。全体的に実習、実験的な体験が多く、今年の夏は 50 件近いプロジェクトがあるが、内容が数学と言えるものはない。たとえばプロジェクトの題目は「マイクロ 2 足歩行ロボットの製作と制御」、「地震と地球科学」と言った感じである。科学技術振興機構ではこのプログラムをさらに拡大して合宿期間を延ばした「サイエンスキャンプ DX (deepen & extend)」というものを今年から導入しており、数理の翼夏季セミナーも新たにその一つということになったのである。三泊以上のプログラム七つが今年実施されているが、人数、実施期間ともに、数理の翼夏季セミナーが最大の規模となっている。この援助のため、数理の翼夏季セミナーは今年から「主催: NPO 法人・数理の翼、独立行政法人・科学技術振興機構」という形になっており、文部科学省の後援もついている。さらに今年度は開催地が京都のため、京都府教育委員会、京都市教育委員会の後援もある。科学技術振興機構のプログラムの枠組みでセミナーをしなくてはいけないことにはいろいろ規則上の制約もあり、参加者募集もこれまでの高校からの直接申し込みのほかに、科学技術振興機構経由でも受け付けなくてはならない、ということがあるが、この開催形態には、科学技術振興機構が国の組織なのでセミナーの信用が増す、参加者募集の宣伝が広い範囲に行きわたる、といった利点もあるとのことである。実際今年からこの開催形態になったことにより、応募者の数も増え、申し込んでくる高校の地理的範囲も広がったということである。今年のセミナーには科学技術振興機構の方が視察に来られていて私も少し話をさせていただいたが、数理の夏季翼セミナーの長い歴史やこれまでの実績を高く評価されているようで心強かった。

今年からの科学技術振興機構経由による応募以前は、全国約 500 校の高校にポスター、案内を送り、応募を求めるといった仕組みであった。このやり方自体は今年も続いており、今年のポスターのキャッチフレーズは「キミたちの翼で、新しいセカイへ」であった。私は数学オリンピック財団の中高生セミナーにも前に講師として参加したことがあるが、向こうはかなり少数の有名校に参加者が偏る傾向がある。それはそれで理由のあることなので悪いとは言えないが、こちらの数理の翼夏季セミナーでは一つの高校からの参加者推薦は一回につき二人までに限っており、さらに実際の参加者はそのうち高々一人にしている。その上、年

度を越えて同じ人を複数回選ぶことはしない，地域の広がりを大きくする，女子生徒の参加をできるだけ増やす，ということにも力を入れているということであった．かなりたくさんの参加者があとで東大や京大に進学しているのだが，参加者の在籍高校は全国に散らばっており，都会の有名受験校からの参加者はむしろ少なめである．また今年の高校生参加者の40人中，17人が女子生徒であった．

参加者の選考は，作文，高校教員の推薦などによるそうだが，当然ながら科学系オリンピック参加などの実績があれば大きく評価されるということである．なお昔私が参加した際には，私自身を含め，高校3年生はたくさんいたと思うのだが，最近受験直前だからということで，3年生の参加はかなり少ないそうである．今年の高校生40人の参加者中，3年生は3人だけであった．

NPO法人「数理の翼」では，数理の翼夏季セミナーが最大の中核事業であるが，そのほかにも，数理の翼ワークショップ，数理の翼冬季セミナー，数理の翼福岡セミナー，数理の翼大川セミナーなどいろいろなものを実施している．基本的なコンセプトは数理の翼夏季セミナーと同様だが，期間が短かったり，地域が限定されていたり，規模が小さかったりするものである．このうち，数理の翼福岡セミナーは，前身の福岡湧源セミナーから数えてすでに13年の実績があり，私も前に一度，講師として参加したことがある．また，数理の翼大川セミナーは福岡県大川市で行われているものだが，これも今年は，上で述べた科学技術振興機構のサイエンスキャンプDXの一つに選ばれている．

4 湧源クラブ

次に数理の翼夏季セミナー参加者の同窓会組織である湧源クラブについて説明したい．上述の通り，1980年に数理の翼夏季セミナーは始まって，1982年にこの湧源クラブができた！数理の翼夏季セミナーの出身者を中心とする会員間の交流の場を設け，会員の多様性と連帯から生まれる創造的・学術的な活動を行う」ということを目的としている．1982年秋に設立集会在東京・恵比寿で開かれ，広中氏が来られたことを覚えている．こちら

<http://www.yugen.org/>

にホームページがあるが，アクセスがクラブ員に限定されているページが多い．

湧源クラブの設立当初は私も大学生であったので，いろいろなクラブの運営に参加していた．当時はかなりの金銭的援助が広中教育研究所からあり，恵比寿駅前にクラブの部屋を借りていた．そこは学生のサークル部室のような感じであり，数学や物理の読書会のようなものもよく開かれていた．また夜中まで学生がたむろしていることもよくあった．私を含め，コンピュータの好きな学生も多く，いろいろなコンピュータでプログラムを書いて遊んだり

していた。この頃マンデルブロの本「フラクタル幾何学」が広中氏の監訳ということで日経サイエンス社から出版されたが、この翻訳の実働部隊は湧源クラブで、この恵比寿の部屋で翻訳が進められていた。(私はこの翻訳には参加していないが。)

この頃何かクラブの会報のようなものを作りたいということで、カッコいい名前を付けようということになり、“Un Puits de Science”(フランス語で「科学の泉」)という名前が選ばれた。学術的にしっかりした内容の記事を載せたいということで、私も何回か背伸びした数学の記事を書いたような気がするが、だんだん高い目標をクリアするのがたいへんになり、発行を続けるのが苦しくなっていた。そこで、もっと安直な連絡記事のようなものを主体にした会報を作ろう、ということになり、上記の“Puits”の簡略版、または“Puits”ほどではないもの、ということで、「プチ・ピュイ」、「ノン・ピュイ」という名前がついて定着していった。これらの会報は現在も主に大学生クラブ員によって発行が続けられているが、最近の大学生クラブ員たちはなぜこういう名前がついているのか由来をよく知らないようである。

クラブ員の名簿とそれに付属した各会員の近況報告集は今も毎年発行され続けており、32回分の数理の翼夏季セミナーの参加者は1,000人を超えている。もちろん名簿に載っているだけで何もしていない会員もたくさんおり、名簿の所属などを見ても、明らかにずっと更新されていないと思われる人たちも少なくないが、いろいろな活動を続けている大学生、大学院生も多い。彼らの活動は、上記の会報の発行のほか、年に一度の合宿型大定例会、大学新入生に対する新歓合宿、大学受験生激励会、ある地方の近所のクラブ員が集まる地方会などの開催である。これらの集まりでは、大学院生、若手研究員などが、自分の研究に関連した科学的内容を、高校生や大学生に講演することなどがよく行われているようである。東大と京大に進学するクラブ員がかなりいて、そのほかにも東京地区、関西地区には大学生、大学院生が数多くいるので、特に東京、京都での活動が盛んなようである。そのほかにクラブ員のメーリングリストもあり、イベントの連絡、数理の翼夏季セミナーの学生スタッフの募集、誰かに答えてほしい質問などが流れている。普段からこのようなさまざま活動が行われており、新しい学生クラブ員が毎年入ってくるので、数理の翼夏季セミナーを毎年実施できるだけのマンパワーがあるのである。

私が高校生として参加した頃や、その直後は参加者にもかなり数学志向が強かったように思うのだが、湧源クラブ員名簿を見ると、だんだん生物系志望者や医学部進学者の割合が増えてきているようである。このことは数理の翼夏季セミナーの学生スタッフに聞いてもそういう意見であった。数理の翼夏季セミナーは自然科学全体を対象にしており、生物・医学系の講義も毎回行っているのだから何もおかしいことはないのだが、数学者としては多少残念なところでもある。なおそれでも、数学に進む人はコンスタントにおり、名簿を見ると、

東大数学科・数理科学研究科で見知っている学生や研究員も少なくない。さらに、すでに著名な数学者になっている人も出ている。やはり私としては、もっと数学界で活躍する人が増えてほしい、特に数理の翼夏季セミナーの参加者のかなりの割合を占める女子生徒の中から出てほしいと思うところである。

5 数理科学振興会と留学サポート

さてやはり広中氏の関係しているものに、財団法人・数理科学振興会がある。広中氏が努力して各方面から寄付を集められたと理解している。一時かなりの期間、ここが数理の翼夏季セミナーの主催者でもあった。一方この数理科学振興会は、アメリカ大学院留学のサポートも行っていた。この留学サポート事業は直接には数理の翼夏季セミナーとは関係はないのだが、初期の頃は両方に関係している人が少なくなかったので、これについても簡単にふれておく。

数学の日本人学生がもっとアメリカ大学院に留学したほうがよいのでそのサポートをしたい、ということであったと理解している。1980年代に湧源クラブ員でアメリカ大学院留学に際し、数理科学振興会から援助を受けたケースがいくつかあった。私も1985年のUCLA大学院留学に際し、飛行機代と、Stanford大学での新規大学院留学生を対象とした6週間のサマー・オリエンテーション・プログラムへの参加費用を援助していただき、大変ありがたかったことを特に記しておきたい。

6 これからのセミナーの方向について

湧源クラブ員の大学生、大学院生が次々新しく現れてくるので、数理の翼夏季セミナーを続けていくマンパワーはこれからも十分にあると思われる。しかし上にも書いた通り、NPO法人「数理の翼」の資金集めは容易ではない。参加費無料はともかく、交通費のかなりの部分を支払っていることについて、そこまでする必要はないのではないか、という意見をよく言われるそうである。実際、科学技術振興機構の他のサイエンスキャンプでは、参加費無料、交通費自己負担である。しかし、日本全国から参加者を集めることが重要であり、遠くの人が交通費のために来られなくなるようではこのセミナーの意味がない、というのが主催者の意見であった。読者の方々の中で、この法人の賛助会員になって寄付をしてもよいとお考えの方はぜひ、

<http://www.npo-tsubasa.jp/web?page=Membership>

にアクセスして申し込んでいただきたいと思います。

また，学生スタッフに生物系，医学系の大学生・大学院生が増えていることから，数学系の講師の選定が容易ではないという話も聞いた．誰に頼んだらよいのかもなかなかわからず，頼んでも都合が合わずに断られるケースはかなりあるということであった．私も前に数学系講師の選定について相談されたことがある．日本数学会などどこかの団体で，そのような斡旋を引き受けられればよいのではないかと考えている．

この数理の翼夏季セミナーがさらに一段と発展していくことを願ってこの記事の結びとさせていただきます．