

# 誰もが数学を体系的に学べる場の試み

河村央也 (青空学園管理人)

2022 年 11 月 12 日

私は、かつて公立高校で十数年間働き、その後数年間は他の職業につき、再び塾などで高校生に数学を教えることを生業にして、今に至っている。

日本の大学受験生にとって「高校数学」と言えばそれは受験数学であり、数学の勉強とは試験に合格するための勉強である。しかし、15歳から18歳の頃の勉強は人生の基礎となるものであり、とりわけ数学は、その人の考え方や考える力の土台となるものでなければならない。それが、学問としての数学である。そのように考えてきた。

学問としての数学の基本は、なぜそのようなことが成り立つのか、その根拠を探求することである。受験数学にそれはない。それで、受験のための数学を学ぶ場で、せめて出会った生徒には、学問としての数学を伝えたい、根拠を問う批判精神を育ててほしい、また数学を通してわかる喜びを伝えたい。そのような願いをもってやってきた。

その立場から、高校生が数学を深くわかるように教えるためには、教える側が、命題が成り立つ根拠の体系とその構造をつかんでいること、そして高校数学に対する方法論をもっていることが必要で、それがなければ、教えることを全うできない。私自身が、授業を準備し、また終わってその日の授業を省みるなかで、いくたびかそのことを痛感した。

日本の学校での数学は、明治以来、いわゆる西洋数学を移植したものであり、文化としては根なし草であることも確認しなければならない。いま、あらゆるところで数学は必須不可欠であるが、それはあくまで技術とそれを支える方法としての数学であり、数学がこの地の文化の根底を支えるものであるかといえば、そうではない。

このように考え、問題を通して学んだことを、同じ思いをもつ教員や、自分で学ぼうという高校生、大学生の勉強の一助にと、1999年初秋からウェブ上に『青空学園』をおき、そこに数学科と日本語科を開設して、勉強したことを公開してきた。それはまた、自分で考えたことを客観的にみるということでもあった。

青空学園数学科はウェブ上の仮想の学園である。高校数学や受験問題を学問として学び、力をつけようと呼びかけている。学問としての高校数学の復権が願いである。私は、青空学園数学科を、高校生・受験生、大学初学年生、数学教員、数学をもう一度学ぼうとする社会人の誰にも開かれた、協同して働く協働の場としたいと考えてきた。

ウェブのような公共空間を誰もが使えるということは、この時代に可能になった技術である。これは、かつての活字の発明と活版印刷の始まりにも匹敵する技術の革新であった。この間の経験を通して学んだことをのべてゆきたい。

## わかってにっこりが原点

教員になってはじめて教壇に立ったとき、授業をやっていてクラスの何人かは分数の計算ができないことに気づいた。黒板は写すが、自分で計算できないのだ。そこで、すぐに分数計算の仕方も授業でやろうとしたが、今度はできる側の生徒たちから、分かりきったことに時間を割かずに先に進んでくれと反発を受けた。

そこで、分数計算などできるという生徒に「どうして分数のかけ算は分子と分子、分母と分母を掛ければよいのか」と問うてみた。するとその説明ができる生徒はいなかった。計算の仕方を知っているだけだった。

ではそれを一緒に考えようと、遠山啓先生が提唱されていた水道方式によって、数の四則計算の意味を確認したうえで、分数の定義に立ち返って、そこから計算方法に入った。皆はじめての話ばかりで、よく聞いてわかってくれた。にっこりした顔が忘れられない。はじめてクラスとしての授業ができた。

十数年前、そのときの教え子に再会した。すぐ昔の話になり、「高校でもう一度分数を習うとは思っていなかった。自分の知らないことだった」、「関数の話はおもしろかった」など、昔のことをよく覚えてくれていた。

関数の概念は、今も高校生が理解しづらいものであるが、ブラックボックスの図を作り、「働き」としての関数を教えた。このクラスの3年間を通して教えることについて実に多くのことを学んだ。授業というのはわかる喜びを経験する場なのだということをこのとき確認した。

大切なことは、課題を適切に設定し、何が問題なのかを本当に理解させ、そして自分で考えるようにもっていくことである。苦しくても考えねばいられないように問題を理解させることである。本当に問題に直面できた生徒は考える。そして飛躍する。そしてそのときにっこりする。これはそれぞれの段階で可能である。大学でも可能である。何もかもこちらで喋ってしまうと、理解はできるが、納得できないままになり、分かる喜びを経験することができず、数学の力はつかない。

高校教員時代のこの経験は今も生きている。問題を正しくつかみ、自分で考え、「わかって、にっこり」できる授業を指針にやっている。それが「学問としての高校数学」である。

数学的な現象のしくみや数学的な事実が成立する根拠を考える。問題に直面し、なぜ解けるのかを考えながら解く。解ければ一般化し、別解はないか調べる。本来、数学とはそんな学問なはずである。特に高校生には、このように学問として正面から勉強し、わかる喜びを知ることが、結局は力をつけるいちばんの道であることも強調したい。

これは授業の場でのことだけではない。自分で数学の本を読み自分で考えたときも、分かればやはり「わかって、にっこり」する。ウェブ上に「わかって、にっこり」する場を作ることはできないのか、それが青空学園数学科をはじめたもうひとつの動機であった。

## 高校での数学と教育数学

小学校の算数も中学・高校の数学も大学初年の数学も、そして専門的な現代の数学も、数学として高い統一性がなければならない。そのうえで、専門化される前の、文明社会で生きるうえで必要であり、人の土台となる数学のすべて、これが「初等数学」である。

現代日本では、初等数学の意義と内容が定まっていない。指導要録はたびたび改変される。教科書もまた、根拠を示すべきところを感覚的な説明に置きかえ、そうすることがわかりやすくすることだと思いがちをしている。それでは、わからないときにたちかえる土台がなくなり、考える力が育たない。こうしてますます分数や関数のわからない生徒を増やしている。

近年「教育数学」が言われるようになった。この「教育数学」という考え方に私が出会ったのは、東北大地震の直前、2011年2月であった。京都大学数理解析研究所で開かれた研究集会『教育数学の構築』の最終日、数学科の学部と院で同級だった三重大学教育学部で教員をしてきた蟹江幸博さんの話を聴きにいったときである。

彼の「教育数学は教育という視座を通して数学を見るというものである。提示すべき数学の在り方を問題にする。伝える数学が、社会にどのような影響を与えるか、また逆にどのような影響を受けるものであるかをも視野に入れるものでありたい。」に共感した。「教育数学」はまさに私がやってきたことであった。私が青空学園の場で考えようとしていたことに大きく重なることであった。

そして2014年2月、次に開かれた『教育数学の側面—高等教育における数学の規格とは—』では私も報告した。それを踏まえた講究録の原稿が『次の世代に何を伝えるのか～今こそ「高い立場からみた初等数学」を～』である。これは数理解析研究所講究録として2014年7月に提出した。また、その4年後の2018年にも研究会が開かれ、8月には同じ研究会の講究録として『大学初年級数学において何を伝えるべきなのか』を提出した。これらは青空学園数学科にも置いている。

かつて受験生に教えるようになって、予備校や塾から教材を手渡された。実は私は、このときはじめて受験数学に出会った。高校のとき、数学は得意科目であった。いろいろ数学の本を読み、練習問題を一般化したりして考えていたが、数学を考えること自体がおもしろくて、受験のための数学の勉強はほとんどしなかった。かつて教えていた高校も大学受験とはほとんど無縁だったので、受験のために数学を教えることはなかった。

予備校から渡された問題と解答を見て思ったのは「自分が高校のときこんな勉強はしなかった。こんなことをしなくても解けるようになるはずだ」ということであった。

高校生や受験生に教える以上、こうやれば力がつくという方法を実際に伝え、また本当に力をつけねばならない。私が塾・予備校で働くにあたって、数学の準備としてしたことは、自分が高校生のときにやっていたように、問題をできるかぎり一般化して解く、ということであった。そのときに作ったノートが青空学園数学科の基礎になっている。「わかってにっこり」という教授法と、一般化を背景に内容を深めることと、この二本足で受験業界での仕事をやってきた。

受験生に教えてはじめて、数学を教える力が自分にあることに気づいた。生徒が分かっているのか分からないのか、当の生徒以上にこちらがつかむことができなければならない。そして、原理原則のはじめに戻ってそこから考えさせ自分で分かるようにしむけていかなければならない。これができるのは、かつて教えた高校での試行錯誤のたまものである。そこでいつの間にか身につけ血肉となっていた自分自身の教える力に気づいた。このような力を与えてくれた初任の高校、とりわけ私の担任した生徒たちに心から感謝している。

高校時代には、数学同好会をつくった。部員が二人、教師が二人の同好会であったが、そこで数学の入門書を読んだり、入試問題の一般化を考えたりしたときが自分にとって至福の時間であった。そんな高校生は今でもいるはずだ、一人で考えている高校生もいるはずだ、そんな彼らとウェブ上に数学同好会を作ろう、これもまた青空学園をはじめた動機のひとつであった。

私自身は、どんなことを考えるときも日本の高校生のおかれた現実である「教科書」と「入試問題」から始めようと考えている。高校生向けの数学読み物などで「受験のことはしばらく忘れて」と書かれているものがある。しかしこの態度は、現実からの逃避である。あくまで高校生の現実を忘れず、生徒諸君とともに現実の教科書や入試問題からはじめて、それを掘り下げ深く考えてゆきたい。

日本の学校数学は、無限悪循環に陥っている。日本の教育は、「わかってにっこりしたい」という生徒の願いとはまったく逆の方向へ進んでいる。高校教員時代の経験は、「わかる」ためには、はじめにたち返らなければならない、そこをとばしてうわべを感覚的に教えてもだめだ、ということである。やはり、たち返る理論は明確で、しかもきっちりしていなければならない。考えぬいたうえで言いあらわされた理論というものは、かえって分かりやすい。

ところが、指導要領を作成している人は、「日本の数学」に対する考えも定まらず、数学を教えるということの経験に乏しく、生徒の数学力が低下していることに対して、本質的な部分を感覚的な説明に置き換え、そうすることでわかりやすい教科書になると思いちがいをしている。しかしそれでは、わからないときにたち返る根拠がいよいよなくなり、教えるにも土台なしに感覚的にしか教えられない、ということになる。そしてますます分数や関数のわからない高校生を増やしている。

四半世紀の日本の文教政策を省みると、共通一次テスト・センター試験が導入され生徒が落ちついて勉強できなくなり、指導要領の改変のたびに学ぶ内容が薄められてきた。考える力と判断力を育て人間性を豊かにするのは逆の方向に、一貫して施策が進められてきたといわざるをえない。為政者が、その権力を維持、強化しようとして、人びとの批判力・判断力を弱めるためにとる政策のことを「愚民政策」という。四半世紀の日本の文教政策が現場でどのように機能したかという事実からの帰納的な結論は、日本の文教政策の基本は愚民政策だということである。

算数・数学の学習内容はたびたび改変され、一貫していない。その根本には、「数学の意味」についての確かな理解が、日本のなかで打ち立っていないという事実がある。したがってまた、学校教育で数学をどのように位置づけ、どのように教えるのかについても、実際のところ世間の統一した理解があるわけではない。

専門化される前の、文明社会で生きるうえで必要であり、人間の土台となる数学のすべて、これを一つの言葉で言い表したい。「初等数学」、「基礎数学」「教養数学」等といわれてきたがこなれていない。その結果小学校では算数といい、中学からは数学という折衷主義できた。しかし本当は一つの数学である。

西洋では、Element of Mathematics といえば、日本語では「数学原論」と訳している。実際、ブルバキの『Elements de mathematique』は『数学原論』と訳している。一方、クラインの『高い立場から見た初等数学』は『Elementar mathematik vom hoheren Standpunkte aus』の訳である。つまり、西洋文化では、element は原理・原論であると同時に初等であるということになる。これはどういう文化であろうか。要素に還元することが、ことの成り立つ原理を解明することであると同時に、要素に還元するならばそれは万人の理解しうるということとなる、という基本思想に貫かれた文化である。

私は、要素に還元することが原理的であり、それがまた初等段階から積みあげていく土台であるという文明は、力強い文化であるし、ここに、近代資本主義が西洋にはじまった根拠もあると考えている。しかし、日本では「原理」と「初等」を等しいこととする考え方は、一般的ではない。西洋文化とは異なる文化にあって「初等」といえば、それは「初歩」の意味しかもちえない。

しかし、授業でタイルを使って分数の積や商を教えるときに、一步原則に立ちかえて皆で考えることでわかってにっこりできたという経験は、まさに原理に立ちかえることが初等でもあることの証しである。

## 数学とは量をつかむ言葉

人は一人では生きていくことはできない。力をあわせて働かなければこの世界から恵みを受けとることはできない。力をあわせて働くところに言葉が生まれた。最初は力をあわせるためのかけ声だったかも知れない。あるいは危険を知らせる叫びだったかも知れない。長い長い時をかけて音を分けて発することを学び言葉を獲得した。こうして人は言葉で考える生命体になった。言葉は発展し、物事を抽象して「これこれのもの」「これこれのこと」としてつかむ働きも、つかんだ内容を表す記号としての働きも、もつようになった。これを言葉の分節作用という。

成長とともに身につける言葉が母語である。母語の役割は、人と人の対話をおこなうだけでなく、考えることそのものを支える。数学は母語と同じ水準で成長とともに身につけ、世界を切りとってつかむ基本的な方法となる。世界を言葉で分節するとき、分節されたものの大きさや個数などの量的な把握がはじまる。「今日は昨日よりたくさん捕れた」のなかにすでに量的把握が現れている。こうしてものを量としての面からつかみ、さらにその変化や量の相互関係の把握へと進む。数学は第二の母語である。第二の母語としての数学を大切にしなければならない。

人は、言葉によって世界に働きかけることで世界の量的法則を発見し、それを数学という言葉で表した。言葉は表現の道具であるとともに、考えることそのものである。これと同様に、数学は世界の量的法則を書きあらわす言葉であると同時に、数学それ自体の世界もまた存在している。

現代文明は数学と一体である。現代文明は数学なくしては不可能であり、誰もが、この世界で生きていくために、それぞれ一定の数学を身につけなければならない。幼年期にはじまり大学初年級

までに学ぶ数学そのものである。そのうえでこの数学を土台とする文明のもとので、人らしく生きていかなければならない。そのためにこそ数学は真剣に学ばなければならない。

すでに述べたように、近年、日本の一般的な高校生の数学力は日に日に低下している。数学力には前提として言葉の力が必要であるが、その力が一昔前に比べて大きく損なわれている。言葉の力は、言葉の学習だけで育つものではない。教科学習のみでなく、日々の生活そのものが言葉の力を育てるものであったはずである。

人は本当に問題が自分のものになったなら、そのとき自分がもっている力で考えようとする。そしてそれが考える力としての言葉の力を育てる。教科学習において言葉の力が育つためには、考えるべき問題がわざとらしく作られたものではなく、必然性が納得できるものでなければならない。具体的であり、問題が現実存在して立ち現れるようにつかめなければならない。

ところが実際に高校生が勉強する数学は、教科書のなかで閉じており、その教科書も、現行のものはいきなり文字式を天下りの定義するところからはじまっている。これではいったい何のための文字式であるのか、その必然性は理解できない。人間にとって数学はやはり必然であり、必然からはじまって抽象されて世界を広げてきたはずであるのにそれがつかめない。

空虚な抽象性を脱し、かつ単なる経験の羅列にも陥らないためには、どのようにすればよいのか。言葉の力と数学の力をもう一度高校生に取りもどさせることは簡単なことではない。小手先の教育方法論では歯が立たない。数学教育に携わる者が、まず人として、自らの数学の根拠を考えなければならないところにきている。

そのためには、初等数学を現代数学から系統的に基礎づけることが必要である。それを学ぶことで数学教育に携わるもの自身がわかる喜びを知り、逆に現代数学はこの社会での存在意義を獲得する。そんな営みをできることから積みあげたい。

人は言葉によって人である。これと同様に、人は数学によって人である。人の世は言葉によって組織される。これと同様に、現代文明は数学によって実現している。言葉が使いこなせ、数学もまた使いこなせるようになりたい。これは青空学園の心からの願いである。大いに考え、大いに議論しよう。

いまこそ、100年前のクラインにならって、現代日本における『高い立場からみた初等数学』が必要である。初等数学を現代数学から系統的に基礎づける。それを学ぶことで数学教育に携わるもの自身がわかる喜びを知り、逆に現代数学はこの社会での存在意義を獲得する。そんな協働の取り組みがはじまることを願っている。

## 草の根の数学の協働の場

私は、数学のテキストやプリントをすべて、いわゆるテフ (TeX) 形式で書いてきた。TeX に関する一連のソフトは、テキストファイル上に TeX 形式で書いた数式などを含む文書を、そのまま一定の画像ファイルや PDF ファイルに変換するソフトである。もともとは英語圏で作られたものであるが、それをもとに作られた LaTeX が、他の言語の文字もおくことができるので、日本語に数式を混在させた文章をもとに簡単に作ることができる。

このように、TeX での文書を蓄積しはじめた頃、ウェブ上にさまざまなものが置かれる時代になっていった。そこで、TeX で書いた高校数学を掘り下げたものをウェブ上に置けないかと考えた。

そのときに、TeX 文書を html 文書に変換する latex2html に出会った。これは、数式部分だけを GIF または PNG の画像データにして、地の日本語文のなかにはり込み、html ファイルを作るものだ。こちらで定義した LaTeX のマクロも解釈してくれる Linux 上のソフトである。こちらの

パソコンを区切って、日本語に対応している Vine Linux も置き、この上で html 制作のための変換を行った。こうして、1999 年初秋になってウェブ上でホームページ『青空学園数学科』の制作と管理運営をはじめた。

さらに、2016 年の途中に MathJax に出会った。各 html ファイルの冒頭に必要なことを記しておけば、ネット環境にあるところでは、MathJax をウェブページコンテンツと一緒にダウンロードし、ページ中の数式マークアップを走査し、数式を組版する。したがって、MathJax は読者のシステム上にソフトウェアや追加フォントをインストールする必要はない。これはモバイルデバイスを含む JavaScript に対応したあらゆるブラウザでの動作を可能にする。

青空学園数学科のそれぞれの制作物は、すべて PDF ファイルにもなっている。PDF ファイルそのものは tex ファイルから直ちに作ることができる。そしてそれは各制作物の冒頭のページにリンクが貼られ、そこから入手できる。html ファイルで概略をつかみ、必要なら PDF ファイルでじっくり読むことができる。

2000 年の頃から、tex の元原稿、html ファイル、PDF ファイルなどを CDR に焼いて実費で配布することをはじめた。これまでにおよそ 300 人から申し込みがあり、送った。申し込みメールではいろいろ激励の言葉もいただいた。

青空学園数学科は基本的に次のような内容で構成されている。

### 高校数学の方法

高校数学の考え方を系統的にまとめる。それはすなわち高校数学の方法論である。高校数学では方法論が意識化されることは乏しい。それで、方法論を体系化し、問題を前にして方法を考えることが定着することを目指した。そしてそれを次の章立てで行っている。

- 問題を解く：数学の問題／問題の形式／解ける根拠／解答の条件  
問題を解くとはどのようなことであるのか、それを再確認する。
- 糸口をつかむ：記号の導入／条件と結論の分析／関係の図示／個別と一般  
どのようにして解を見いだすのか、その糸口をつかむために問題をどのように分析するのか、それを考える。
- 論証の推進：場合分け／必要と十分／数学的帰納法／間接証明と背理法  
何を点検しながら論述を進めるのか、論述が正しいか否かをどのように点検するのかを考える。
- 構造の分析：図形とは何か／不変な関係／帰納的定義／存在の証明  
問題を組み立てている構造をつかむことで、体系的理解を深める。

この方法論にしたがって、現実の具体的な数学的現象や入試問題を掘り下げ、そこから一般化し普遍的な構造を見出してゆく場として、幾つかの枠組みを立ててきた。

### 問題研究

次のようにいくつかの切り口から、問題にいかに向きあうかを示して来た。

問題研究：入試問題の良問を紹介し、それを深めることを続けてきた。

別解研究：一つの問題に対して次のようなことを追求しようと呼びかけ実践してきた。

- 1) 与えられた条件をよく考え、まず、かならずこうやればできるはずだという方法を追求する。  
まずは少々下手でもかならずできる普遍的な方法を考える。

- 2) そして一般的に解くことを試みる。まず問題を一般化してみる。変数の個数を  $n$  にする等だ。あるいは条件の一部をはずしてみる。一般化しても成立しそうだと思当をつけたら可能なかぎり一般的な場合にも通用する方法を考える。
- 3) そのうえで別解を試みる。よりよい道具はないか。発想を変えた別の方法はないか。問題のとらえ方を転換できないかなどを考える。それ自体が問題をより深くとらえることである。

新作／原型問題：歴史的に有名な問題の紹介，入試問題の一般化などを荒削りなまま適宜載せてきた。これらは問題の原型で高校生のための演習問題としては整っていない。しかしそれだけに考えるおもしろさがあることを示してきた。

### 数学対話

高校数学とその地続きな周辺を探索し，大学初年級のあたりまで足を運ぶ。具体的な問題から始めてそれを一般化し，体系化してつかむ。勉強したことをサイトにあげ，自らもそれを客観的にとらえる一助とした。

基礎分野：量と数／自然数と数学的帰納法／実数とは何か／数列の極限と  $e$  の定義／複素数の構成／方程式と恒等式／関数と数列／座標の方法／計量ということ／定積分の定義／確率論の基礎／命題と条件／対角線論法と不完全性定理／ラムゼー型定理

代数分野：三次方程式／四次方程式／ラグランジュの試み／1 の 17 乗根／スツルムの定理／原始多項式／チェビシェフの多項式／整式の整数論／終結式と不変式／一次変換を見る／線型代数の考え方／（数列）：二項間漸化式／三項間漸化式と行列の累乗／カタラン数／ムーアヘッドの不等式とその応用／単位分数のエジプト分数による下からの近似

幾何分野：フェルマ点／シュタイナー楕円／包絡線／根軸／九点円の不思議／反転と円環問題／デカルトの円定理と一般化／重心座標／特別な四面体／線型幾何と四面体／十二点球と一般化／円錐曲線・二次曲線／パスカルの定理／パップスの定理／デザルグの定理／ポンスレの定理

解析分野：生成関数の方法／微分方程式とは／相加相乗平均の不等式／凸関数と不等式／オイラーの公式／縮閉線／代数学の基本定理／円周率を表す／ $\zeta(21)$  を関・ベルヌーイ数で表す／素数の分布／光線の包絡線／懸垂線と双曲線／惑星は楕円軌道を描く／最速降下曲線

さらに，これらをふまえて体系化してゆく実践として，次のものが制作中である。

### 数論初歩

高校数学とのつながりをつねに視野に入れつつ，有理整数範囲の古典数論世界に遊ぶ。

数論の基礎：自然数／整数／約数と倍数／一次不定方程式／素数

剰余類：合同式／オイラーの関数／1 の  $n$  乗根／フェルマの小定理／原始根と指数

相互法則：平方剰余／平方剰余の相互法則／いくつかの別証明

除法のできる環：ユークリッド整域／多項式環／ガウス整数環

連分数：一次不定方程式と連分数／二次行列と実数の連分数展開／連分数と格子

ペル方程式：解集合の構造と解の存在／連分数による解の構成題



素数分布：素数の分布とは／素数が無数にあることの別証明／素数分布の探求／素数定理  
存在と構成：自然数の構成／整数と有理数の構成

## 解析基礎

高校微分積分の全体構造がわかるように再構成する。

解析学の歴史／高校の解析学／人間を育てる

集合と公理：集合の概念／対応と写像／集合と公理／整数の公理

実数の構成：連続の公理／数列の方法／切断の方法／二論は同等

関数の概念：無限級数／連続関数／一様連続／初等関数

微分の方法：微分可能／微分計算／関数解析／高次微分／級数展開

積分の方法：積分可能／基本定理／積分計算／広義積分／古典測度

次元の拡大：多次元空間／不動点定理／陰関数定理／微分と幾何／多次元積分

微分方程式：解の存在定理／二階線形型

惑星の運動：物理法則／運動方程式／面積速度／楕円軌道

## 幾何学の精神

パスカルの『円錐曲線試論』の読解と射影幾何の公理的構成を行う。

円錐曲線試論：本文／訳文／読解／証明の試み／パスカルの方法

射影幾何：射影幾何の公理／射影幾何の構造／射影変換と複比

二次曲面の定義：パスカルの定理

幾何の展開：ポンスレの定理／非ユークリッド幾何／代数幾何へ

## 読書会

青空学園数学科では、メーリングリストを活用して、読書会も行ってきた。メーリングリストとは、登録者全員にメールが送られるものである。本読書会の全メールと、投稿された画像ファイルを圧縮ファイルで残している。

■『数論読書会』は 2005/1～2008/3 で一通り読み終えている。

(1)『ガロア理論』(J. ロットマン著，関口次郎訳，Springer-Verlag 東京)

(2)『代数幾何入門』(上野健爾著，岩波書店)

(3)『数論 I Fermat の夢と類体論』(加藤和也，黒川信重，斎藤毅著，岩波書店)

■『曲線と曲面の微分幾何』(小林昭七著，裳華房)は 2003/5～2004/5 で読了した。

■『群の発見』(原田耕一郎著，岩波書店)は 2002/6～2003/5 で読了した。

■『解析概論』(高木貞治著，岩波書店)は 2000/6～2002/3 で読了した。

このようにやってきて、もう 20 数年が過ぎた。ここ数年、ネット上には数学を解説したブログや動画チャンネルが増えているようだ。すべてを見ることはできていないが、しっかりと理解できるように分かりやすく解説しているサイトも少なくないようである。

しかし、一つの話題ごとの解説が多く、体系的な解説がなされていても、教科書のままの説明であったり、せまい範囲に限定された説明であることが多い。それは始めてから数年であれば仕方ないことであるが、優秀な若い人らが制作物を更新しその内容が向上することを心から望む。

青空学園数学科でも、更新を怠らず、体系も深めてきた。具体的な問題からはじめて、対話形式で問題を深め、一定の深まりを得て、体系的記述にすすむという方法で一貫してきた。

当面、青空学園数学科が存在する意義はあると思う。高校数学を体系的に学びたい若い人や、生涯学習の一環として体系的に学びたくても、優れた先生や書物に出会う機会に恵まれない人もいることだろう。あるいは、名の知られた書物を手に入れても一人で読むのは難しいという人もいるだろう。そういう状況は、青空学園をはじめた 20 数年前も、数学サイトが増えた最近も、あまり変わっていないと思われる。

ネット空間は、都市や地方などの隔てなく開かれている。青空学園数学科を、まさに「草の根数学の協働の場」として、いのちあるかぎり続けてゆきたい。