

数学の勉強法・研究の進め方・専門の決め方について

岩井雅崇

大阪大学理学研究科

2025年1月16日

はじめに

この講演を引き受ける際に次のメールが来ました.

この講演を引き受ける際に次のメールが来ました。

岩井先生 (Cc: 安田くん, 山本くん, 金先生, 松本先生)

いつもお世話になっております。大阪大学D3の坂井です。
日頃からWhat is...? セミナーを応援していただき、運営一同大変感謝しております。

また、先日はWhat is...? セミナーでのご講演についてご相談させていただき、ありがとうございます。

岩井先生には、1月16日(木)にご講演をお願いしたいのですが、ご都合のほうはいかがでしょうか。
もし、難しければおっしゃっていただければと思います。

講演内容としましては、学部生の皆様に大学院進学や数学の勉強、研究をエンカレッジするような内容をお願いしたいと考えています。

(学部生の皆さんとお話してみると、「数学の勉強法」、「研究の進め方」、「専門の決め方」などに興味を持っている気がします。ただ、あくまで個人的な観測ですので必ずしもこれらに沿って話していただきたいというわけではございません。もしくは、岩井先生のご専門の入門的なお話をさせていただいてもこちらとしては歓迎でございます。)

曖昧かつ広いテーマで申し訳ございません。もしご不明点などございましたら、お気軽におっしゃっていただければと思います。

お忙しいところ不躰なお願いをしてしまい、大変恐縮ですが、
何卒よろしく願いたします。

おそらく皆さんと話していると

- 数学の勉強法・研究の進め方
- 専門の決め方
- これからのキャリアパス (どのように研究者になるのか? 今後どうなるのか?)

に興味があるのかと思います。

- ① 数学の勉強法・研究の進め方
- ② 専門の決め方
- ③ これからのキャリアパス (どのように研究者になるのか? 今後どうなるのか?)

なお私はスライドでの発表が苦手なので、早くなったりわからなくなったりしたら手をあげて止めてください。

スライドの内容をこの講演で全て紹介することは不可能なので、このスライドは What is seminar のページにおいておきます。

数学の勉強法・研究の進め方

「数学の勉強法・研究の進め方」については確実に言えることが一つあります.

「数学の勉強法・研究の進め方」については確実に言えることが一つあります.

私も知らん!

もっと言うと次が正しいです

「数学の勉強法・研究の進め方」については確実に言えることが一つあります.

私も知らん!

もっと言うと次が正しいです

どの方法がいいかは人や時期によって違う. 私の勉強方法や研究方法も時期によって変わっているので, なんとも言えない.

数学の勉強法・研究の進め方

勉強時間・研究時間は時期によってかなり違ってきます。

① 学生時代 (修士-博士) (2015-2020)

時間 12時起床. 13時ぐらいから活動し始めて, やる気のある時に研究し, 寝るのは26時.

場所 近所の喫茶店. 大学には遊びに行っていた.

② 研究員・東北助教時代 (2020-2022)

時間 8-9時起床. 研究時間は9-17時まで 寝るのは23時.

場所 家

③ 今 (2022-)

時間 8-9時起床. 勤務時間は10-19時くらい? 日によってまちまち 寝るのは22時.

場所 大学・家

研究の進め方に関しては"全くわからん!"

[過去の研究例]

- 1年間考えてた解けなかった問題が、出張中の飛行機内で解けた。その後東北大学の先生にメール送ったら、「議論は間違ってるけど、面白い問題だと思います。」と言われ、その後研究になった。
- ArXivにあった論文を見て、「ちょっとこの場合考えてみるか」と考えたらなんとなくできた。
- 歩いてたら急に問題が降ってきて、1週間考えたらできた。
- たまたま ArXiv で見た論文にあった問題を、2週間考えたら解けた。その後論文の著者に送り付けたら共同研究になった。
- 韓国で仲良くなった研究者からメールが来て、話し合ったら研究になった。
- フランスで偉い先生と話してたら、横にいた学生が「これ博論でやろうとしてた問題やってんけど...」と言ってきてそこから共同研究になった。そしてその学生が私が2年間考えてた問題をすんなりと解いてしまった。

研究の進め方に関しては私も修行中の身なので聞かないでください....

学生の皆さんは指導教官の言うことをよく聞いて、自分なりの研究方法を身につけましょう。

ちなみに私は指導教官の言うことをよく聞かなかったので、こんなことになっています。

ちなみに河東泰之 (東京大学) 先生も最近本を出したので宣伝しておきます。

- 河東泰之 著
- 数学者の思案
- 河東先生のホームページにある「どうでもよい記事」もかなり面白いです。
<https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~yasuyuki/misc.htm>



専門の決め方

これも一概になんとも言えないですが、言えることは

これも一概になんとも言えないですが、言えることは

学部3年まで好き勝手に勉強していれば、自ずと

- この分野は自分に合っていそう
- この分野は自分には無理そう

がわかってくるので、あとはその直感で選ぶ

のがいいのかな?と思います。

なのでこれからは私がどうやって専門を選んだかをお話しします。

研究分野の雑な紹介

私の専門は複素幾何で特に (複素) 代数多様体を研究しています.

定義

(複素) 代数多様体 = $\mathbb{C}\mathbb{P}^N$ の複素部分多様体

定理 (Chow 49)

ある同次多項式 $F_1(t_0, \dots, t_N), \dots, F_l(t_0, \dots, t_N)$ があって, 代数多様体は次のようにかける.

$$\{(x_0, \dots, x_N) \in \mathbb{C}\mathbb{P}^N \mid F_1(x_0, \dots, x_N) = \dots = F_l(x_0, \dots, x_N) = 0\}$$

(例). $X = \{(x_0, \dots, x_3) \in \mathbb{C}\mathbb{P}^3 \mid x_0^4 + x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 = 0\}$

三つの方向から研究ができる.

- 代数幾何学 (代数)
- 複素幾何学・微分幾何学 (幾何)
- 多変数複素解析 (解析)

なぜこの分野をやることになったかというところ...

- 学部 1 年
 - 学部 1 年の時に全学自由ゼミナール (「学問の扉」みたいな授業) で代数幾何学の授業があった. この授業は学部 4 年 修士 1 年でやる代数幾何学の内容を学部 1 年にやる授業だった
 - この時になんとか「代数」の分野に興味があった
 - 学部 2 年に数学科に進学.

- 学部 1 年

- 学部 1 年の時に全学自由ゼミナール (「学問の扉」みたいな授業) で代数幾何学の授業があった. この授業は学部 4 年 修士 1 年でやる代数幾何学の内容を学部 1 年にやる授業だった
- この時になんとか「代数」の分野に興味があった
- 学部 2 年に数学科に進学.

- 学部 2-3 年

数学科の人たちとセミナーで次の本を読んだ

- アティヤー・マクドナルド 著 "可換代数入門"
- 森重文 著 "代数幾何学"
- マンフォード 著 "代数幾何学講義"

などなど.

学部3年の授業でも「代数・幾何」が多めだった

(3年前期 必修)

代数 代数学1(群・環・体論)

幾何 幾何学1(多様体入門)

解析 ルベーグ積分・複素解析2(リーマンの写像定理など)

(3年後期 選択)

代数 代数学2(環論と群の表現論)・代数学3(ガロア理論)

幾何 幾何学2(ホモロジー)・幾何学3(ド・ラームコホモロジー)

解析 なし

この時点で解析・応用にはいかないことが決まっていた。

学部4年では高木俊輔先生のセミナーで次の本を読む。

- Shigeru litaka "Algebraic Geometry: An Introduction to Birational Geometry of Algebraic Varieties"

と同時期に小平邦彦先生の本を読んで、「小平邦彦先生のような複素幾何学っぽい代数幾何学がしたい!」と思った。

無事院試に合格したが、一つ困った問題が...

学部4年では高木俊輔先生のセミナーで次の本を読む。

- Shigeru litaka "Algebraic Geometry: An Introduction to Birational Geometry of Algebraic Varieties"

と同時期に小平邦彦先生の本を読んで、「小平邦彦先生のような複素幾何学っぽい代数幾何学がしたい!」と思った。

無事院試に合格したが、一つ困った問題が...

小平邦彦先生のような複素幾何学っぽい代数幾何学をやってる先生があんまりいなかった...

具体的に言うと当時の代数幾何学系の先生で

- 川又雄二郎 先生
- 寺杉友秀 先生
- 宮岡洋一 先生
- 高木寛通 先生
- 高木俊輔 先生

がいて、院試後に面談したが「"代数"っぽい代数幾何でなんか違うなあ」と思った。

具体的に言うと当時の代数幾何学系の先生で

- 川又雄二郎 先生
- 寺杣友秀 先生
- 宮岡洋一 先生
- 高木寛通 先生
- 高木俊輔 先生

がいて、院試後に面談したが「"代数"っぽい代数幾何でなんか違うなあ」と思った。

そんな中、解析系の先生で

- 高山茂晴 先生

と面談すると、「多変数複素解析・複素幾何・代数幾何学」をやっているっぽくて、「いろんな道具使ってなんかできるから面白そう」と思い、修士以降は高山先生の研究室に行くことにした。

修士1年以降

高山先生に、「修士に入る前に多変数複素解析・複素幾何の本を読んできてください」と言われたので、

- 小林昭七 著 "複素幾何"
- 中野茂雄 著 "多変数函数論：微分幾何学的アプローチ"

を急いで適当に読みました。

修士からは1年間次の本を読む。

- Demailly 著 "Analytic methods in Algebraic Geometry"

その後は(指導教官の言うことは聞かず、まあ順調には行っていないものの)、無事代数幾何学の研究ができて今に至ります。

修士1年以降

高山先生に、「修士に入る前に多変数複素解析・複素幾何の本を読んできてください」と言われたので、

- 小林昭七 著 "複素幾何"
- 中野茂雄 著 "多変数函数論：微分幾何学的アプローチ"

を急いで適当に読みました。

修士からは1年間次の本を読む。

- Demailly 著 "Analytic methods in Algebraic Geometry"

その後は(指導教官の言うことは聞かず、まあ順調には行っていないものの)、無事代数幾何学の研究ができて今に至ります。

忠告

学生の皆さんは指導教官の言うことをよく聞きましょう!

でも実は高山先生に「この方向の研究は難しいのでやらない方がいい」と言われたものが、前に言った東北大学の先生との共同研究だったりします...

まとめると...

学部 2-3 年で自分の興味のある分野 (代数・幾何・解析・応用) が
ある程度わかると思うので, それからやんわりと具体的な分野を
決めて行ってもいいかと思います.

特に修士に行く際に先生と面談して具体的な分野を決めていいと
思います.(私は 5 人くらい面談した.)

学部 2-3 年で自分の興味のある分野 (代数・幾何・解析・応用) が
ある程度わかると思うので, それからやんわりと具体的な分野を
決めて行ってもいいかと思います.

特に修士に行く際に先生と面談して具体的な分野を決めていいと
思います.(私は 5 人くらい面談した.)

ちなみに, 同期では

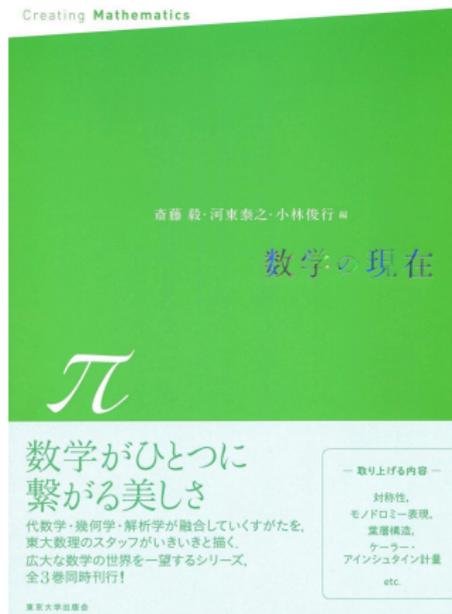
- 3 年に代数幾何学の本を読んで, 4 年以降偏微分方程式の解析
方面に行った.
- 数論とトポロジーに興味があり, トポロジーの先生の研究室
に行った.

など結構学部 4 年や修士に行く際に分野を変えている人もいる気
がします.

専門の決め方

「数学の最近の研究は何をやっているのか?」と聞かれた時には、とりあえずこの本を進めています。

- 数学の現在 i, π, e
- 斎藤 毅・河東泰之・小林俊行 編
- 東大数学科4年で「数学講究B」という「先生たちが自分の分野の紹介を1時間かけて行う」授業があり、その授業の内容が本になった。



(先生方で他に何かおすすりめがあれば教えてください...)

余談: 学部4年生の本は今後の自分の研究内容を決める??

東大の高山研究室では修士1年の時に

- Demailly "Analytic methods in Algebraic Geometry"

を読むことになっています.

なので全員が同じ分野に進むのかな?と思いきや, そんなこともなく

- 代数幾何
- 複素幾何
- 微分幾何
- 多変数複素解析
- 複素力学系

などいろんな分野に分散されています. (最近だと同じ研究室出身だけど詳しい研究手法とか全くわからんとかもよくあります.)

学部4年の本がなんとなく今後の分野につながっているのでは? と思ってはいます.

これからのキャリアパス

これからのキャリアパス

あと何年後かには皆さんは何かしらの職業につくかもしれないので、ここからは

- 研究者になるには
- 研究者以外になるには

についてお話しします。

研究者以外になるには?

これは簡単で

研究者以外になるには?

これは簡単で

就活がんばれ!

身近な上の先輩などから情報を仕入れて就活をしよう!

少なくとも私は一般的な就活をしていないので、就活は何にもわからないです...

研究者以外になるには?

ちなみに数学科の就職は全然悪くないです。むしろいい方です。昔は「教員」しかないとか言われてましたが、今は色々(金融・保険・IT・コンサルなどなど)あるようです。

私が学生だった5年前だと、人工知能などの分野が流行っていて、数学ができると

- プログラミング
- 統計 (統計検定など)

などがすぐできるから、数学科の人の就職が良かった気がします。

学部卒

令和5年度 主な就職先

企業	(株)Gizumo (株)Works human Intelligence (株)日本入試センター 九州旅客鉄道(株) 大樹生命保険(株) (株)教英社 京都信用金庫 (株)かんぼ生命保険 日本ハムマーケティング(株) (株)ナガセ りそなデジタル・アイ(株) 阪急阪神ホールディングス(株) (株)SNSデータテック 日本郵政(株) (株)PLAY ソフトバンク(株) パーソルエクセルHRパートナーズ(株)
教員	滋賀県養育委員会 徳島県教育委員会

修士卒

令和5年度 主な就職先

企業	(株)平和 (株)アムタス ライクスタッフィング(株) 住友生命保険相互会社 東京海上日動火災保険(株) (株)みずほ銀行 明治安田生命保険相互会社 プルデンシャル生命保険(株) トーア再保険(株) 西日本電信電話(株) (株)NTTデータ・フィナンシャルテクノ
教員	兵庫県教育委員会 大阪府教育委員会

就職先のデータは

<http://www.math.sci.osaka-u.ac.jp/shinro.html> にあります。

研究者以外になるには？

民間就活するタイミングは、以下があります。

- 学部生
- 修士生
- 博士生・ポスドク (ポスト・ドクター)

5年以上前、私が博士の時の体感としては

- 学部生と修士生の民間就活の差はあんまり感じない。
- 博士生の民間就職はちょっときつい？

実際「日本の大企業は博士の学生を取らない」みたいなことを言われました。

が、実際は周りの人が博士から”富士通や NEC”などに行ってたし、ちょっとよくわかりません。(今は人材不足なので尚更変わってるかも?)

研究者のキャリアパス (どのように研究者になるのか?)

数学の研究者になるには

- 修士 (通常 2 年) + 博士 (通常 3 年)
- ポスドク・研究員 (n 年)
- 助教・講師・准教授・教授...

というプロセスを踏みます.

修士・博士で, 自分の新しい結果を出して論文を書き, 出版されるようになってください. 自分の論文が出版されたら, 博士号は取れると思います.

博士になったあとは「研究員・ポスドク (ポストドクター)」を n 回やり, 助教などの公募に応募して助教になります.

ただ問題として

博士になったあとは「研究員・ポスドク (ポストドクター)」を n 回やり, 助教などの公募に応募して助教になります.

ただ問題として

日本の問題点

研究員・ポスドクなどの数が海外に比べると圧倒的に少ないし給料が安い!

なのでこのタイミングで海外に行く人が多くいます.

ちなみに謎の数学者チャンネルの動画

(https://www.youtube.com/watch?v=Wq_BzP6WlYw) でも助教になるのが圧倒的に難しいと言っていました.

余談: 就職に関して (ドイツ・フランスの例)

「日本は欧米に比べて助教になりづらい！」と言うわけではなく、おそらく世界的に見てなりづらいかもしれないです。

- 「ドイツでは助教になるまでにポスドクを 10 年くらいやる」らしい。
- ドイツには助教と教授の間の職がなく、教授になるのがかなり難しい。
- 実際私の 3 つ上のドイツの助教の方は 10 本以上論文を書いていましたが、去年数学を辞めて銀行に勤めることになりました。

ちなみにフランスのポスドクの方とも話していると「就職大変やわ」って聞くので、世界的に研究職の就職は厳しい気がします。(なんなら日本はマシかもしれない?)

気になる人は「河東泰之 (東京大学) 先生 著 数学者の思案」を読んでみよう!

最近の動向

最近の動向としては

民間就職を挟んで数学の研究職を目指すケースも...

[例]

- 池 祐一 (九州大学):
東大博士→民間就職 (富士通) →東大助教→九大准教授
- 佐野 岳人 (理化学研究所):
民間就職 (ヤフー) →東大修士・博士→理化学研究所 研究員
- 森村 勇人 (Kavli IPMU):
民間就職 (群馬県農業共済組合連合会?) →東大修士→
SISSA(イタリア) 博士→ Kavli IPMU(東大) 研究員

最近の動向

最近の動向としては

民間就職を挟んで数学の研究職を目指すケースも...

[例]

- 池 祐一 (九州大学):
東大博士→民間就職 (富士通) →東大助教→九大准教授
- 佐野 岳人 (理化学研究所):
民間就職 (ヤフー) →東大修士・博士→理化学研究所 研究員
- 森村 勇人 (Kavli IPMU):
民間就職 (群馬県農業共済組合連合会?) →東大修士→
SISSA(イタリア) 博士→ Kavli IPMU(東大) 研究員

これはむしろいいことで

数学者になる道は一通りではない!

定年退職した方が博士号取るとかもあるかもしれないですね...

私の場合は...(2020年まで)

- 修士・博士時代.

修士時代からフェローシップ (月 15 万) や学進 (月 20 万) の支援があり, 特に何も考えず博士に進んだ.

- 博士 3 年 (2019 年)

- 2019 年 4 月 (博士 3 年) に出した学進 PD(ポスドク) の応募は 9 月に通知があって見事落選.
- そして色々職探しをした挙句, 2020 年 3 月以後は 6 ヶ月無職した後に, 2020 年 9 月開始の Paun 先生 (ドイツ) のポスドク (年 50000 ユーロ) になることに.

しかし....

私の場合は...(2020年まで)

- 修士・博士時代.

修士時代からフェローシップ (月 15 万) や学進 (月 20 万) の支援があり, 特に何も考えず博士に進んだ.

- 博士 3 年 (2019 年)

- 2019 年 4 月 (博士 3 年) に出した学進 PD(ポスドク) の応募は 9 月に通知があって見事落選.
- そして色々職探しをした挙句, 2020 年 3 月以後は 6 ヶ月無職した後に, 2020 年 9 月開始の Paun 先生 (ドイツ) のポスドク (年 50000 ユーロ) になることに.

しかし....

2020 年 3 月にコロナ発生!

ドイツの Paun 先生に「コロナで研究費が当たるかわからんから, ポスドクとして君を雇うのはだいぶ遅なる. いつになるかわからん」と言われた.

私の場合は...(2020年以後)

- なので2020年4月からは「先行き不明・無職状態」で実家にいました。
- その後先行き不明のまま、「半年間雇用の京大の研究員」になったり「風樹会からお金の援助」をしてもらったりした。

私の場合は...(2020年以後)

- なので2020年4月からは「先行き不明・無職状態」で実家にいました。
- その後先行き不明のまま、「半年間雇用の京大の研究員」になったり「風樹会からお金の援助」をしてもらったりした。
- 2021年4月に東北大学数理科学連研究センター(現:東北大学数理科学共創社会センター)の助教(任期1年)の公募に送り面接に通った。そして2021年6月以降はその助教になる。
- 2021年に応募した大阪大学の助教の公募に見事受かり、2022年4月から大阪大学助教に着任しました。

今でも「人生どういうふうになるかわからんなあ」と思う次第です。

私の場合は運よく研究もできて論文が書けたし、運よくこの職につけたので、「運が良かった！」

実は (博士 2 年の際に) 私は民間就職しようとしてた時期もありましたが、運よく (運悪く?) 民間就職しませんでした。

私の場合は運よく研究もできて論文が書けたし、運よくこの職につけたので、「運が良かった！」

実は(博士2年の際に)私は民間就職しようとしてた時期もありましたが、運よく(運悪く?)民間就職しませんでした。

そして"研究者"になるには"努力"だけでなく"運"や"才能"の部分結構あると思います。(なんと河東先生も本で同じこと言ってた!)

[例]

- (才能型) 私が見るかぎり、大学でカードゲームしかしていないし、ほぼ毎日飲んでた名古屋大学の某准教授.
- (努力型) ほぼ毎日9時から25時まで数学してる韓国の共同研究者.

「才能と運は自分にはどうしようもないので、努力するしかないなあ...」と思う次第です.

数学者じゃなくても数学を活かせる職業はいっぱいあるので、悔いのないように自分がやりたい人生をやればいいのかと思います。

数学を活かせる職業もいっぱいあるので、「自分は数学者じゃないといけない!」と自分の将来の道を塞ぎ込むのもよくないと思います。

そして民間就職してからも博士をとる道もあるので、色々と考えてみてください。

ご清聴ありがとうございました.