令和８年度ゼミ（数学講究）決定に関する説明およびスケジュール

(1) 11 月 19 日（水）から 12 月 17 日（水）を「ゼミ配属決定期間」と定めます。ゼミ配属決定期間中は，以下のように行動してください：

1. （ゼミ紹介の配布資料・ゼミ見学・先輩などにより）ゼミの情報を多く入手し，どのゼミに入りたいか考える。ゼミ見学の方法等は各教員に直接問い合わせてください。
2. 見学したいゼミの教員に直接連絡を取り，ゼミ見学をする。
3. ゼミ紹介（12 月 2 日（火）13:00 から）に出席する。
4. **12 月 3 日（水）9:00 から 12 月 17 日（水）15:30 までの間に，数学事務室（理学部棟 A516）にて,「ゼミ配属希望調査表（第 1 希望用）」,「ゼミ配属希望調査表（第 2 希望用）」,「ゼミ配属希望調査表（第 3 希望用）」のそれぞれに氏名を記入する。さらに，12 月 17 日（水）15:30 までに第 1〜3 希望のゼミを数学事務室の伊藤さん (office@math.sc.niigata-u.ac.jp) にメールする。**第 1〜3 希望はすべて異なるゼミとすること。期限内であれば修正可能とします。なお，先着順ではありません。

※ ゼミ紹介は数学プログラムの 3 年生（来年度 4 月から 4 年生になる学生）は必ず出席すること。

(2) ゼミ見学は，ゼミ配属決定期間中に各教員に直接見学を申し込んで下さい。なお，ゼミの曜日と時間はゼミ（教員）によって異なります。

(3) ゼミ紹介配布資料は期間中 http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/ から入手できます（学内限定）。

(4) ゼミのテキストについては，ゼミ紹介配布資料に記載された各教員のゼミの使用テキストを参考にしてください。また，期間中は理学部図書室（理学部棟 A304）で閲覧できます。

(5) 各教員からのゼミ紹介は以下のように実施します。

【日時】 12 月 2 日（火）13:00 から 1 時間程度

【場所】 理学部棟 B303

※ ゼミ紹介の当日は,「数学プログラム講演会」（14:00〜16:00：理学部棟 B303），数学プログラム・数理科学コース（学部・大学院）合同「学生の集い」（16:10〜18:00：理学部棟 5 階大セミナー室（A523 室））が開催されます。

1 つのゼミには，5 名まで所属できます。そのうち 3 年次編入生は，1 つのゼミに 2 名まで所属できます。ただし，1 つのゼミに希望者が 5 名以内で，その中に 3 年次編入生が 3 名含まれていた場合は，3 年次編入生 3 名ともそのゼミへの所属が可能です。希望調査の結果希望者が定員を超えたゼミでは，今年度 1 学期末時点での累積 GPA を元に，数学プログラム長が（第 1〜3 希望に従って）配属を決定します。

以上の内容に従わなかった場合は，ゼミの決定に関して不利益が生じることがありますので十分に注意してください。

○ **教員氏名**：大井　志穂

○ **研究分野**：関数解析学

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

私は関数解析学，主に Banach 環上の保存問題を関数解析学的な手法を用いて研究することに興味を持っています。このゼミでは，まず関数解析学の基本的な事項について学ぶ予定です。関数解析学は，関数そのものを研究するというよりは，関数の集合である関数空間を考え，そこにおいて定義される作用素の性質を位相的な側面から研究します。関数空間としては，連続関数や正則関数，可測関数など様々な関数の集合について考えることができます。そのような理由から，関数解析学は，位相空間論や複素関数論，測度論など様々な理論と密接につながっています。
ゼミで取り扱う内容の候補としては，バナッハ空間やヒルベルト空間論，測度論，複素関数論，バナッハ環論，作用素論，作用素環論などについてです。微分積分，線形代数，位相空間論，基本的な群論や環論などは不可欠なので，3 年生のうちに理解しておくことが望ましいですが，各自補いながら勉強していけばよいと思います。使用するテキストは様々な本が考えられますので，受講生と相談して決定します。参考までに候補となるテキストを紹介します。

[1] Sheldon Axler, Measure, Integration & Real Analysis

可積分関数の集まりからなる Banach 空間 L^p 空間の基本的諸性質を理解するための，測度論や Banach 空間論が非常に丁寧に書かれています。

[2] J. B. Conway, A course in functional analysis

Hilbert 空間やその上の作用素について詳しく書かれた有名な本です。

[3] L. V. Ahlfors, Complex analysis

複素関数論について幾何学的な側面を強調してかかれた名著です。複素数の基本的な性質から始まって，複素関数論を詳しく丁寧に学ぶことができます。

[4] W. Rudin, Real and complex analysis

関数解析学を研究する上で，勉強しておくと役に立ちます。この機会に読んでみるのもよいかと思います。

[5] Gert K. Pedersen, Analysis Now

位相空間論から始まり，Banach 空間，Hilbert 空間論，スペクトル理論などがまんべんなく学べます。

○ **教員氏名**：應和 宏樹

○ **研究分野**：偏微分方程式論

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

このゼミでは，偏微分方程式の数学的取扱い，及び基本的事柄について学びます．偏微分方程式は様々な自然現象を記述していますので，その研究は自然現象の理解と自然科学の発展において重要です．

使用テキストについては，学生と相談の上，決定したいと思います．参考までに，過去にゼミで使用した本を 4 冊ほど紹介しておきます．

(1) J. Jost, “Postmodern Analysis, 3rd edition”, Springer, 2005.

偏微分方程式を数学的に理解するためには，微分積分学，線形代数学はもちろんのこと，ルベーグ積分論，関数解析学，超関数論，常微分方程式論などの莫大な知識が必要とされます．この本には，これらの多くが書かれており，偏微分方程式論の基本的手法を習熟するには最適な入門書です．

(2) M. Giga, Y. Giga, J. Saal, “Nonlinear Partial Differential Equations: Asymptotic Behavior of Solutions and Self-Similar Solutions”, Birkhäuser, 2010.

上述の通り，偏微分方程式の理解には多くの知識を必要としますが，この本では微分積分学の知識のみで読み進められるように配慮されています．この本は，ある偏微分方程式を題材に，偏微分方程式論の基本的手法が自然と身につくように意図された入門書かつ専門書です．

(3) L. C. Evans, “Partial Differential Equations, 2nd edition”, American Mathematical Society, 2015.

この本は，数学力を鍛えるためのトレーニングには最適な専門書です．非常に分厚い本であるため，すべてを読み切るのは難しいのですが，すべての内容が妥協なく一般の仮定で書かれているので，その行間を埋めることで，偏微分方程式論に関連する本を読む際に必要となる数学力を身につけることができます．

(4) R. Knobel, “An Introduction to the Mathematical Theory of Waves”, American Mathematical Society, 1999.

波動現象を記述している偏微分方程式について，予備知識をあまり仮定せずに取り扱っている数学書は数が少ないのが現状です．その数少ない中の１つであるこの本は，微分積分学とルベーグ積分論の知識のみで波動現象を記述している偏微分方程式について学ぶことができ，偏微分方程式の基本的手法を理解するのに役立つような入門書です．

○ **教員氏名**：折田 龍馬

○ **研究分野**：位相幾何学（トポロジー）、シンプレクティック幾何学

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

私の専門は多様体上の解析力学（ハミルトン力学系）です。一般のシンプレクティック多様体の性質だけでなく、コマの運動などの古典的な可積分系にも興味があります。それらをホモロジー群などの代数的トポロジーや、モース理論の応用を用いて研究しています。最近は、位相的データ解析におけるパーシステンス加群も用いています。他には、「位相的複雑さ」といったホモトピー不変量も研究しています。

4 年ゼミ（数学講究）は、3 年生までの数学（位相空間論、群論と環論、簡単な多様体論を含む）は全て既知として進行しますが、やる気があれば補いつつでも大丈夫です。いずれにしても、日頃の自習が極めて重要です。扱うテキストは

- Loring Tu (著), 枡田幹也 他 (訳)「トゥー 多様体」裳華房

の §12 からを考えています。その後

- Urs Frauenfelder and Otto van Koert, *The Restricted Three-Body Problem and Holomorphic Curves*, Birkhäuser Cham

を用い、シンプレクティック多様体上のハミルトン力学系、特に**三体問題**に入門することを考えています。なお、テキストは希望があれば変更できます。

大学院では、さらに、環上の加群の理論、代数的トポロジー（基本群と被覆空間、単体複体や CW 複体のホモロジー群、特異ホモロジー群）、微分トポロジー（ベクトル束、横断正則性、接続）、LaTeX なども、いずれ自分自身で修得することになります。

数学は勉強すればするほど知らないことばかりであることに気づき、焦りも出てくると思います。しかし、勇気と楽観をもって数学を楽しむことが大切であると考えています。行不由径、堅実に力をつけていきましょう。

【所属学生数】 4 年生 4 名、修士 2 名、博士 2 名（2025 年 10 月時点）

○ **教員氏名**：小島 秀雄

○ **研究分野**：代数幾何学, 可換環論

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

代数幾何学あるいは可換環論の入門書を選んでそれを用いてゼミを行います. 代数幾何学や可換環論の入門書は多く出版されており, そのレベルも (やや) 簡単なものから本格的なものまで様々あります. ゼミのテキストはゼミ配属決定後に決めたいと思いますが, これまでゼミで使用した本を中心に, いくつか候補を挙げます. ちなみに, 下記の [1]〜[5] のうち, [4] を除いて過去のゼミで使用したことがあります.

[1] D. A. Cox, J. Little and D. O'Shea, Ideals, Varieties, and Algorithms, Springer. (コメント. 多項式環のイデアルのグレブナ基底に関する入門書で代数幾何学の入門書でもある. 分厚いが行間が少ないためかなり読みやすい. この欄にある本の中では一番読みやすい.)

[2] M. Reid, Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press. (コメント. 可換環論の入門書. 代数幾何学の例が多く紹介されている.)

[3] K. Hulek, Elementary Algebraic Geometry, American Mathematical Society. (コメント. 代数幾何学の入門書. 代数曲線の理論の解説が中心.)

[4] 今野一宏, リーマン面と代数曲線, 共立出版. (コメント. 扱っている内容は上記 [3] と共通しているところがあるがこの本の方がより高度な話題を扱っている. 複素解析や微分幾何の知識が必要.)

[5] 宮西正宜, 代数幾何学, 裳華房. (コメント. 代数的な代数幾何学に関する本格的な入門書. 本来は R. Hartshorne による有名な教科書を挙げるべきですが, 今年度は挙げないことにしました.)

代数幾何学を学ぶ上で, 代数学はもとより解析学や幾何学の知識も必要となります. 私のゼミを希望する方は, ゼミが始まる前までに代数学 (代数入門 A, B, 代数系 IA, IB, 代数系 IIA) の講義内容を一通り学習しておくことが望ましいです. 特に, 環論 (代数系 IA, 代数系 IB) の内容は必要になります. 代数幾何学を学ぶ場合は, それに加えて幾何学 (多様体の基礎) や解析学 (複素解析学等) の知識も必要になります. また, 講義で習っていない事項も必要になりますので, 各自で適宜補う必要があります.

○ **教員氏名**：鈴木 有祐

○ **研究分野**：位相幾何学的グラフ理論

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

グラフ理論で扱う**グラフ**とは点と線だけからなる図形のことです.（しっかりと定義するならば，有限集合とその 2 元部分集合の族を組にしたものがグラフです.）上記のように，グラフというのは非常に単純な構造を持つ数学的対象ですが，それでいて多くの興味深い問題や定理を与えてくれます．グラフ理論自体は近年のコンピュータ，ネットワークの進歩ともに発達してきた数学ですが，あくまで組合せ論の中心的トピックである純粋な数学です（応用的なものではなく，という意味）．このグラフを球面やトーラス等の閉曲面上にのせて，様々な議論を行うのが**位相幾何学的グラフ理論**です.

ゼミではまず日本語のテキスト「曲面上のグラフ理論（中本敦浩，小関健太著）」を輪読していく予定です．“位相幾何学的” ではありますが，授業で学習した「位相空間論」や「位相幾何学」というより**離散数学的な議論**が多くなります．まずはそのような議論に慣れていただきたいと思います．そこでは，これまで習った数学の予備知識はあまり必要ないかもしれません.（とはいえ，“ 数学と対峙するための基礎体力 ” のようなものは必要です.）行うことは，その分野における何らかの事実を**論証**するということです.（http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/staffs/Yusuke_Suzuki.pdf を見てください.）位相幾何学的グラフ理論は数学における論証の面白さを十分に味わうことのできる分野です．日本語の教科書を読み終えた後は英語で書かれた論文に触れ，可能であれば自分なりの問題を設定し，それを解決するべく頭をひねっていきましょう.

念のため，英語の参考書を少々あげておきます.

[1] Graph Theory (R. Diestel 著)

[2] Graph on Surfaces (B. Mohar and C. Thomassen 著)

[3] Graph Theory (J. A. Bondy and U. S. R. Murty 著)

[4] Pearls in Graph Theory (N. Hartsfield and G. Ringel 著)

[5] Combinatorial Mathematics (D. West 著)

○ **教員氏名**：田中　環

○ **研究分野**：凸解析学，集合値解析学，最適化理論，数理計画

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

当研究室では，**凸解析学，ベクトル最適化，集合最適化，集合値解析学**などに関係した内容を扱っています。相談の上，もっと広い**最適化**や**数理計画**に関連した内容を選んでもらっても構いません。例えば，**機械学習**，**ロバスト最適化**，**ファジィ最適化**，**ゲーム理論**，**金融工学**，**変分問題**など自分が興味あるテーマを見つけてきてもいいと思います。ただし，来年度で退職となるので，数学講究で使用するテキストは以下のものを使用します。

「機械学習のための連続最適化」（著者名：金森敬文，鈴木大慈，竹内一郎，佐藤一誠）講談社,2016 年 12 月発行，ISBN：9784061529205，定価：3,960 円（本体 3,600 円）

また，受け入れの条件としては，

- **凸解析学 A 又は B の単位を取得していること**
- **金曜３～４限の数学講究に参加できること**

とします。

ところで，**凸解析学**とは，主に**凸集合**と**凸関数**に関する位相的な性質を解析する分野ですが，様々な最適化の数学的な基礎理論になっています。また，**ベクトル最適化**とは，**多目的最適化**とも呼ばれ，複数の目的を同時に満足するための解や選択（戦略）を求めたりします。最適化問題として定式化された時の関数がどのような数学的性質を持っていたら解を持つか，あるいは最適解となるための条件はどのようなものかを調べたりします。**集合最適化**は，目的関数が集合値写像になった場合を想定していて，集合同士の比較をどのように扱うか研究する最も新しい研究分野です。なお，これまで大学院生が取り組んできた洋書には以下のものがあります。本格的な凸解析学や最適化理論，あるいは変分解析や集合値解析等を学習したい場合は一度，読んでみることもためになると思います。

(1) J.Borwein and A.Lewis, “**Convex analysis and nonlinear optimization, theory and examples**,” Second edition, SpringerVerlag, New York, **2006**.

(2) J.Jahn, “**Vector Optimization—Theory, Applications, and Extensions**,” Springer, Berlin, **2011**.

(3) A.Göpfert, C.Tammer, H.Riahi, C.Zălinescu, “**Variational methods in partially ordered spaces**,” Springer, New York, **2003**.

セミナーでは，個人のレベルや希望に合わせた指導を行います。また，学習意欲の高い人は大学院のセミナーに参加することも可能です。セミナーを実際に見学したい場合はメールでご連絡下さい。

○ **教員氏名**：橋詰 健太

○ **研究分野**：複素代数幾何学

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

複素代数幾何学は、複素数体上定義された代数多様体を研究する分野です。かなり大ざっぱに言うと、「幾何学的対象を代数学、解析学の技術を用いて研究する」ということになります。「複素代数幾何学」は分野としてはかなり大きく、研究テーマによって前提とする知識は大きく異なります。基本的な可換環論、位相空間論はもちろんのこと、多様体論、多変数関数論、また研究テーマによっては圏論、表現論、代数トポロジーや関数解析、微分方程式を用いたり、計算機を用いて研究することもあります。当ゼミでは主に可換環論と多様体論を勉強しますが、全ての分野の知識を勉強し、ある程度使いこなせるようになるのが理想です。

以下、テキストを列挙しますが、1 つだけを読むのではなく、色々な本を眺めたり友人と数学の議論をして理解を深めていってほしいと思います。

(1) 可換代数入門（M. F. Atiyah、I. G. MacDonald 著、 新妻 弘 訳、共立出版）
コメント：代数幾何学への入口となる教科書です。可換環論およびその代数幾何学への使い方が学べます。

(2) 可換環論（松村 英之 著、共立出版）
コメント：本格的な可換環論の本で、難しめです。

(3) Algebraic curves（W. Fulton 著、PDF）
コメント：絶版になった本ですが、著者のご厚意により、ウェブサイトで PDF がダウンロードできます。座標を使った代数幾何学の教科書です。

(4) Algebraic Geometry I: Complex Projective Varieties (D. Mumford 著、Springer)
コメント：複素多様体（代数多様体）を複素幾何学、代数幾何学の両方から学べる本です。その代わり、可換環論と多様体論の基本的な知識を前提とします。

(5) 複素幾何 (小林 昭七 著、岩波書店)
コメント：複素多様体の微分幾何学的な教科書ですが、「層」と呼ばれる現代的な概念も少し学ぶことになります。多様体論の知識を前提とします。

(6) Algebraic Geometry (R. Hartshorne 著、Springer)
コメント：現代（層、スキームを用いた）代数幾何学の最も有名な教科書。代数幾何学を勉強する人はほぼ全員読む教科書です。可換環論の知識を前提とします。

(1)、(2) は可換環論、(3)、(4) は座標を用いた多様体の教科書、(5)、(6) は層やスキームといった抽象的な概念を使う本になります。

○ **教員氏名**：星 明考

○ **研究分野**：数論と代数幾何と計算数学の融合―代数多様体の有理性問題の新展開―

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

数論や代数幾何や数論幾何などに関する教科書の輪読を行います。特に、大学院以上まで研究を続けたい学生には英語の教科書をすすめます。実際に、大学院以上では英語で研究を行い、英語の論文を読み、英語で国際研究集会で発表し、英語で論文を書いて世界に自分の定理を発表することになります。ゼミでは英語のテキストの読み方についても丁寧に指導します。輪読のテキストはこれまで代数的整数論の入門書として定評のある

[1] An introduction to algebraic number theory (Takashi Ono 著)

を選ぶことが多かったですが、履修者と相談して決めます。興味のある方はゼミの HP

http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/~hoshi/lab-j.html

の「これまでに（一部）使用したテキスト」を見て下さい。ゼミについては、このページにある「セミナー (輪講) の心得を調べる」をよく読んでみて下さい。また必要に応じて、コンピュータ（計算数学）を用いた研究の仕方についても指導します。研究に使う代数の専門的なソフトは、例えば、GAP (https://www.gap-system.org/) や PARI/GP (https://pari.math.u-bordeaux.fr/) です。TeX の使い方に関する指導も行います。

以下、ゼミの内容に関連したリンクを挙げます。ぜひ見て下さい。

○研究の紹介 https://www.sc.niigata-u.ac.jp/sc/program/math.html#studies
○星ゼミの修士論文 http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/~hoshi/lab-j.html
○研究者総覧 https://researchers.adm.niigata-u.ac.jp/html/100000738_ja.html
○ ORCID https://orcid.org/0000-0002-2207-8875
○ MathSciNet https://mathscinet.ams.org/mathscinet/author?authorId=714371
○ zbMATH https://zbmath.org/authors/hoshi.akinari
○ KAKEN https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-24K00519/

数論や代数幾何や数論幾何は、世界の名門大学や日本の名門大学でも、大変人気の高い分野です。学生のみならず、それらの大学における数学者の人数もかなり多いです。試しに東大や京大など好きな大学の数学科を調べてみて下さい。世界中の多くの研究者を惹きつけてやまないのは、そこに魅力が溢れているからでしょう。その魅力を自らの目で確かめてみたい、という意欲のある学生を募集します。現在、しっかりとやる気があれば、これまでどのような代数の授業（単位）を取ったかは不問としています。数学と真剣に向き合い、数学に打ち込みたい方、一緒に数学を考え、一緒に数学を楽しみましょう。星ゼミでは上下の学年の交流が可能なのと、私が主催者の一人でもある以下の新潟代数セミナーや新潟代数シンポジウムを通じて、他大学の著名な数学者や学生との交流もできます：

http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/~hoshi/NiigataAlgebraSeminar-j.html
http://mathweb.sc.niigata-u.ac.jp/~hoshi/NiigataAlgebraSymposium.html

○ **教員氏名**：三浦 毅

○ **研究分野**：関数解析学

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

私自身の研究は「関数解析学」の一分野に属しますが，これまでのゼミで学生が学んだ内容は主に「複素解析」「ルベーグ積分」「位相空間」でした．ゼミで学ぶ分野やテキストは，学生と相談の上で決定しています．内容が簡単すぎたり難しすぎると私が判断しなければ，希望する分野・本を学んでもらって構いません．しかしどの分野が良いか特に希望がなかったり，希望の分野があってもどの本が良いか分からない場合は，進路なども考慮した上で私がいくつか候補を挙げ，その中から選んでもらっています．

ゼミは学生が黒板の前に立ち，ゼミの仲間や私に説明する形式で行います．人に説明するためには，発表者がその内容を十分理解している必要がありますので，そのための準備をしっかりと行うことを求めています．卒業して社会人になる人も，大学院へ進学する人も，他者に「説明し発表する」という行為は極めて重要であると考えています．ゼミでは数学的内容を理解することも重要ですが，どのように発表するか，どれだけ準備が必要か，を伝えることを心がけています．そのため数学的におかしな箇所や，説明に工夫が必要と感じる点についてはゼミ中で指摘します．１学期の発表は上手くできなくとも構いません．１年をかけて「数学の学び方」を学び，より良い発表とそのための準備方法を習得して欲しいと考えています．

以上はゼミに対する私の考えなので，学生の印象とは異なると思います．学生から見たゼミの様子を知りたい場合は，ゼミ見学の際に先輩に聞いてください．

これまでに使用したテキストから，最近のものを紹介します．

解析学

(1) W. Rudin: Principles of Mathematical Analysis
(2) 宮島静雄：微分積分学 I（共立出版）

複素関数論

(1) 高橋礼司：複素解析（東京大学出版会）
(2) 藤本坦孝：複素解析（岩波書店）

測度論

(1) W. Rudin: Real and Complex Analysis
(2) 実解析入門：猪狩惺（岩波書店）
(3) ルベグ積分入門：吉田洋一（ちくま学芸文庫）

位相空間論

(1) 集合と位相：内田伏一（裳華房）

○ **教員氏名**：山田　修司

○ **研究分野**：数理計画法、大域的最適化

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

ある与えられた制約条件のもとで、目的関数の最大化あるいは最小化する問題は、一般に数理計画問題と呼ばれ、この問題の解を求めるための理論および手法を研究する分野は数理計画法と呼ばれます。また、大域的最適化とは局所的な探索を用いても解決できない数理計画問題を対象とし、その問題の最適解を近似する実行可能解を求める手法を研究する分野です。
ゼミでは大域的最適化に関連する次のテキストを使用する予定ですが、相談の上、決定します。

(1) M.S. Bazaraa, H.D. Sherali and C.M. Shetty, “Nonlinear Programming: Theory and Algorithms,” John Wiley & Sons, USA, 2006.

(2) S. Boyd and L. Vandenberghe, “Convex Optimization,” Campridge University Press, UK, 2004.

(3) R. Host and H. Tuy, “Global Optimization: Deterministic Approaches,” Springer-Verlag, Germany, 1990.

(4) H. Konno, P.T. Thach and H. Tuy, “Optimization on Low Rank Nonconvex Structures,” Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1997.

(5) R.K. Sundaram, “A First Course in Optimization Theory,” Cambridge University Press, UK, 2009.

(6) H. Tuy, “Convex Analysis and Global Optimization,” Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998.

(7) 福島 雅夫, 非線形最適化の基礎, 朝倉書店, 2001.

(8) 矢部 博, 新工科系の数学 工学基礎 最適化とその応用, 数理工学社, 2008.

近年の数学講究では、数学に関するゼミを行っていますが、プログラミングを学びたい方も歓迎します。大学院に進学を希望する方は、研究内容により、ゼミで学んだアルゴリズムの有効性を確認するために計算機実験を行う場合があります。プログラミング言語は各自、得意な言語を使用してください。また、**本研究室では複数の企業と共同研究を行っており、研究室に配属される学生の皆さんにはそのお手伝いをしてもらいます。**

○ **教員氏名**：渡邉 恵一

○ **研究分野**：関数解析学

○ **ゼミの内容及び使用テキストについて**

学生の発表でテキストを読み進めるという通常の数学のゼミをします。説明が誤っている場合は「それでよい」とは言わないし，明確な誤りでなくても説明不十分な場合はもっと説明してもらいます。あいまいに済ませようという傾向の人には向きません。私の講義科目はレポート 100 %で評価していますが講究はそうではないので注意。使用テキスト程度の専門書を読めるようになることと，時間をかければ数学的問答が正しくできるようになることを 4 年次での目標とします。なお，現時点で当ゼミは 4 年が 4 人，M2 が 2 人です。テキストとしては関数解析の空間論，作用素論，作用素環論などの本が考えられます。その範囲にとらわれず，読んだら面白いかもしれない本を例示しておきます。これらに限る必要はなく，いずれにしても相談のうえ選んでもらいます。学生によって違ってもよい。

• J. M. Steele, The Cauchy-Schwarz master class
ある種の不等式の本。1 年でどこまで進むかは気にしなくてよい

• 上坂 吉則，量子コンピュータの基礎数理
2000 年頃には「量子コンピュータはデバイスを作るのが難しいので駄目だ」といわれたが，いまやある問題についてはいわゆるスパコンで数億年要する計算を秒単位でできる。量子コンピュータの計算の側面は内積空間とその間の線形作用素であり，それを書いた本。

• M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information
量子コンピュータの計算の側面に限らず，量子計算と量子情報理論の 2010 年発行当時の一通りのことが書いてある。2022 年のノーベル物理学賞の授賞業績は量子もつれ，23 年化学賞は量子ドット，25 年物理学賞は巨視的量子トンネル効果だった。量子論の素養がある人材は程度に応じて重宝されるだろう。

• 瀬戸 道生・他，機械学習のための関数解析入門 ヒルベルト空間とカーネル法
2024 年のノーベル賞は物理も化学も AI 関係だった。まあ，数学をやっていてノーベル賞なんて気にしても意味は無い。そしてこの本だけでは機械学習についてほとんど分からないが，内積空間がどう使われているのかをある程度見ることはできる。続巻もある。

• A. A. Ungar, Analytic Hyperbolic Geometry and Albert Einstein's Special Theory of Relativity
題名には出ていないがジャイロ群と呼ばれるものを扱っている。ジャイロ群は群が一般化された概念のひとつですでに確立されているといってもよいが，その先はまだ海のものとも山のものともつかない部分が大きい。ジャイロ群の応用には機械学習や量子情報理論も含まれる。先駆的な試みのひとつ。選択して成功する保証はありません。