

大学院授業科目内容一覧

数理科学研究科

※この授業科目内容は、2024年3月14日時点のシラバスを抽出して掲載しています。

最新の情報は UTAS シラバスまたは UTOL (UTokyo LMS) でご確認ください。

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-01	代数幾何学	2	S	◎選択必修	権業 善範
講義題目	代数幾何学における消滅定理				
授業の目標・概要	小平の消滅定理の一般化とその応用について理解を深める。				
授業のキーワード	消滅定理				
授業計画	ホッジ理論・解析的手法・多様体のコンパクト化など消滅定理に必要な知識を補いながら小平の消滅定理の一般化について講義を進める。				
授業の方法	チョークと黒板				
成績評価方法	レポートによる				
教科書	特になし。				
参考書	Fundation of the minimal model theory, Osamu Fujino				
履修上の注意	まだ授業内容について構想中だが、消滅定理の証明は調和積分論もしくは正標数還元による de Rham to Hodge spectral sequence の退化によって行う。				
901-02	整数論	2	S	◎選択必修	ケリー シェーン
講義題目	(Pro) Étale Cohomology				
授業の目標・概要	Motivated by Weil's beautiful conjectures on zeta functions counting points on varieties over finite fields, etale cohomology is a theory generalising singular cohomology of complex algebraic varieties. In the first half we give an introduction to the classical theory of etale cohomology. In the second half, we will discuss Bhatt-Scholze's pro-etale topology. 有限体上の多様体上の点を数えるゼータ関数に関する Weil の予想に動機づけられ、エタールコホモロジーは複素多様体の特異コホモロジーを一般化した理論である。前半では、エタールコホモロジーの古典的な理論を紹介する。後半では、Bhatt-Scholze のプロエタール位相について述べる。				
授業のキーワード	エタール・コホモロジー				
授業計画	.				
授業の方法	.				
成績評価方法	Exercises will be given during the lectures. To pass the course, it is enough to submit solutions to at least one exercise from each lecture. 問題は講義で提示される。 合格するためには、学期末に各講義から少なくとも1つの問題の解答を提出すれば十分である。				
教科書	Milne, Étale cohomology Bhatt, Scholze, The pro-étale topology for schemes				
参考書	.				
履修上の注意	.				
関連ホームページ	https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~kelly/Course2024EtCoh/EtaleCohomology2024SS.html				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-05	応用代数学	2	A	選択	高木 俊輔
講義題目	特異点入門 Introduction to singularities				
授業の目標・概要	双有理幾何学に現れる特異点に関する入門的講義である。主に複素代数多様体の特異点を扱う。 This is an introductory course intended to provide students with a basic understanding of singularities in birational geometry.				
授業のキーワード	対数端末特異点、対数標準特異点、有理特異点、Du Bois 特異点				
授業計画	以下の内容を予定しているが、進み方によって変更の可能性もある。 (0) Weil 因子と反射的層 (1) 対数端末特異点、対数標準特異点、有理特異点、Du Bois 特異点 (2) 乗数イデアル層とその類似 (3) 非 Q-Gorenstein の場合への拡張 (4) 特異点の純射での振る舞い (5) 特異点の変形 授業の前または後に合計 15 分程度、質疑応答の時間を設ける。				
授業の方法	講義形式で行う。				
成績評価方法	レポートによる。課題は講義中に提示する。				
教科書	教科書は使用しない。				
参考書	石井志保子. 『特異点入門 改訂版』, 丸善出版. 2020 年. 296pp.				
履修上の注意	代数学 XA・代数構造論 I の内容に加えて、代数幾何学の初歩（代数多様体の定義など）を仮定する。				
901-12	大域幾何学概論	2	A	◎選択必修	北山 貴裕
講義題目	指標多様体と低次元トポロジー Character varieties and low-dimensional topology				
授業の目標・概要	指標多様体の幾何学の低次元トポロジーにおける応用について、幾つかの話題を紹介する。3次元多様体内の曲面の性質を基本群の指標多様体及びその上の特別な関数を用いて捉えることを主要なテーマとする。				
授業のキーワード	3次元多様体, トーション不変量, 指標多様体, Bass-Serre 理論, 双曲幾何				
授業計画	トーション不変量, Thurston ノルム, ファイバー性の判定, 指標多様体, Culler-Shalen 構成, A 多項式, 曲面部分群の分離性を取り上げる。				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	使用しない。				
参考書	授業中に指示する。				
履修上の注意	特になし。				
その他	数理分類番号：720				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-13	線形微分方程式論	2	S	◎選択必修	伊藤 健一
講義題目	Locally Convex Topological Vector Spaces and Schwartz Distributions				
授業の目標・概要	We learn basic properties of the Schwartz distributions, starting from locally convex topological vector spaces.				
授業のキーワード	位相ベクトル空間, Schwartz 超関数				
授業計画	概ね以下の流れに沿う： 1 局所凸位相ベクトル空間 1.1 位相空間の復習, 1.2 位相ベクトル空間, 1.3 完備性, 1.4 局所凸位相ベクトル空間, 1.5 帰納極限, 1.6 狭義帰納極限, 1.7 射影極限, 1.8 Fréchet 空間, 1.9 ノルム付け可能空間, 1.10 樽型空間, 1.11 有界型空間 2. Schwartz 超関数 2.1 双対空間, 2.2 種々の超関数空間, 2.3 超関数に対する演算, 2.4 局所性, 2.5 たたみ込み, 2.6 Fourier 変換, 2.7 Sobolev 空間, 2.8 トーラス上の超関数, 2.9 超関数の構造, 2.10 テンソル積と Schwartz 核定理				
授業の方法	講義形式				
成績評価方法	レポートによる				
教科書	なし				
参考書	垣田高夫「シュワルツ超関数入門」(日本評論社) Kôsaku Yosida, Functional analysis, Springer François Trèves, Topological Vector Spaces, Distributions and Kernels, Academic Press				
履修上の注意	特に無し				
901-14	スペクトル理論	2	A	◎選択必修	木田 良才
講義題目					
授業の目標・概要	ヒルベルト空間およびバナッハ空間上の線型作用素のスペクトル理論について学び、行列の対角化の一般化である、スペクトル分解を会得する。				
授業のキーワード	線型作用素, スペクトル, コンパクト作用素, 自己共役作用素, スペクトル分解				
授業計画	以下の内容を講義する。 I. 有界線型作用素のスペクトル理論 (1) バナッハ環 (2) 連続関数算法 (3) 正作用素・作用素の極分解 II. ヒルベルト空間上のコンパクト作用素 (1) コンパクト自己共役作用素 (2) シュミット展開 IV. 有界作用素のスペクトル分解 (1) ボレル関数算法 (2) 自己共役作用素のスペクトル分解 (3) ユニタリ作用素のスペクトル分解				
授業の方法	講義を行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	泉正己『数理科学のための関数解析学』サイエンス社 (2021)				
参考書	講義中に指示する。				
履修上の注意	ルベーク積分と関数解析の知識を仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-16	関数解析学	2	S	選択	木田 良才
講義題目					
授業の目標・概要	バナッハ空間、ヒルベルト空間、および、その上で定義される有界線型作用素を学ぶことで、無限次元線型空間の取り扱いを会得する。				
授業のキーワード	バナッハ空間、ヒルベルト空間、有界線型作用素、双対空間				
授業計画	以下の内容を講義する。 I. バナッハ空間 (1) 定義と例 (2) 有界線型作用素 (3) 有限次元空間と商空間 II. ヒルベルト空間 (1) 定義と例 (2) 射影定理 (3) 完全正規直交系 (4) ヒルベルト空間の有界線型作用素 III. 双対空間 (1) ハーン・バナッハの拡張定理 (2) 双対空間の例 (3) 弱位相と汎弱位相 IV. 完備性の帰結 (1) ベールのカテゴリー定理 (2) 開写像定理・閉グラフ定理・一様有界性原理				
授業の方法	講義を行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	泉正己『数理科学のための関数解析学』サイエンス社（2021）				
参考書	講義中に指示する。				
履修上の注意	ルベーグ積分の知識を仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-17	確率解析学	2	A	選択	会田 茂樹
講義題目	確率微分方程式論				
授業の目標・概要	この講義では、セミマルチンゲールに関する確率積分、ブラウン運動に関する確率微分方程式について基礎的な部分から解説を行う。ただし、離散マルチンゲールについてはある程度理解していることが望ましい。				
授業のキーワード	時間があれば、ラフパスの導入的な話もしたい。				
授業計画	マルチンゲール、ブラウン運動、マルコフ性、確率積分、伊藤の公式、確率微分方程式、強い解、弱い解、マルチンゲール問題、生成作用素、放物型方程式、Feynman-Kac の公式、ドリフトの変換、Stochastic flow、Cameron-Martin-丸山-Grisanov の公式				
	概ね以下の順番で話をするが、各項目が1回の授業内容ではないこと、適宜軌道修正を行い講義することに注意して欲しい。				
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確率過程の基礎概念 2. ブラウン運動 3. マルチンゲール 4. 確率積分 5. 伊藤の公式 6. 確率微分方程式、強い解の存在と一意性 7. 確率微分方程式の解のマルコフ性 8. 確率微分方程式、弱い解 9. Cameron-Martin-丸山-Grisanov の公式 10. 確率微分方程式の例 11. マルチンゲール問題 12. 放物型方程式との関係、Feynman-Kac の公式 13. ラフパスと確率微分方程式 				
授業の方法	感染状況が悪くなければ基本的に対面で行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	教科書は用いない。				
参考書	<ol style="list-style-type: none"> 1. I.Karatzas and S.E.Shreve, Brownian motion and Stochastic Calculus, Graduate texts in mathematics, Springer, 1998. 2. 確率解析, 楠岡成雄, 知泉書館, 2018. 3. 確率微分方程式, 谷口説男, 共立出版, 2016. 4. 長井英生, 確率微分方程式, 共立出版, 1999. 5. D.Revuz and M.Yor, Continuous martingales and Brownian motion, Springer, 1998. 				
履修上の注意	離散マルチンゲールを理解しておくことが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-18	基礎解析学概論	2	A	◎選択必修	高田 了
講義題目	基礎解析学概論（実解析の基礎）				
授業の目標・概要	実解析や関数空間の基礎について講義する。L ^p 空間、補間定理、および Sobolev 空間の基礎が主題である。				
授業のキーワード	実解析、関数空間、Fourier 解析、補間定理				
授業計画	概ね以下の流れで講義を行う予定である。 1. L ^p 空間の基本事項の確認 2. 弱 L ^p 空間 3. Marcinkiewicz の補間定理とその応用 4. Riesz-Thorin の補間定理とその応用 5. Hardy-Littlewood-Sobolev の不等式 6. 弱微分と Sobolev 空間 7. Fourier 変換と Sobolev 空間 8. Sobolev 埋蔵定理				
授業の方法	講義形式				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	教科書は特に指定しない。				
参考書	黒田成俊、関数解析、共立出版。 Robert A. Adams and John J. F. Fournier, Sobolev Spaces, Elsevier/Academic Press. Haim Brezis, Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations, Springer. Gerald B. Folland, Real Analysis: Modern Techniques and Their Applications, John Wiley & Sons. Loukas Grafakos, Classical Fourier Analysis, Springer.				
履修上の注意	Lebesgue 積分論と Fourier 解析（学部3年までの学習範囲）の基礎を仮定する。また、関数解析学の基礎を理解している事が望ましい。				
901-20	群構造論	2	S	選択	小林 俊行
講義題目	リー群の幾何的作用と解析的手法 Geometric Actions of Lie Groups and Analytic Approach				
授業の目標・概要	リー群およびリー環の有限次元および無限次元の表現の理論について、代数的手法ではなく、解析的なアイデアおよび幾何的な手法について基本的に重要な事柄を簡単な例を用いて解説し、時間が許せば最先端の話題にも触れる。				
授業のキーワード	リー群、表現論、等質空間、固有不連続、離散部分群、体積評価				
授業計画	リー群や離散群の作用に関する幾何的な基本事項を説明し、無限次元表現論を用いた手法について最先端の話題を概説する。				
授業の方法	対面講義を基本とするが、状況によっては zoom による On Line 講義に切り替えることもありうる。				
成績評価方法	学期末のレポートによって成績を評価する				
教科書	基本事項については『リー群と表現論』小林俊行 - 大島利雄を適宜用いる。 後半の話題については、急に進展している分野であり、適当な教科書は存在しないが、参考になる文献は講義中に紹介する。				
参考書	『リー群と表現論』小林俊行 - 大島利雄（岩波書店）2005年				
履修上の注意	特になし				
関連ホームページ	https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~toshi/lec/2024summer-b.html				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-22	無限次元構造論	2	S	選択	河澄 響矢
講義題目	曲面の幾何構造				
授業の目標・概要	曲面（向きづけられた2次元可微分多様体）上のさまざまな構造について基礎的な事柄を解説する。				
授業のキーワード	曲面、曲面の分類定理、複素構造、リーマン面、双曲構造、タイヒミュラー空間、平坦束のモジュライ空間、Atiyah-Bott-Goldman シンプレクティック構造、Fenchel-Nielsen 座標、Wolpert の公式、Goldman Lie 代数、 RP^2 -幾何				
授業計画	1：曲面の分類定理 2：曲面の複素構造 3：双曲平面の幾何 4：曲面の双曲構造 5：曲面のスピン構造 6：幾何構造の一般論 7：群の第一コホモロジー 8：曲面上の平坦束のモジュライ空間 9：シンプレクティック幾何の初歩 10：Atiyah-Bott-Goldman シンプレクティック構造 11：Fenchel-Nielsen 座標 12：Wolpert の公式 13：Goldman Lie 代数 14： RP^2 -幾何 15： RP^2 -凸幾何				
授業の方法	UTOL（次期 ITC-LMS）を通して事前配布する資料をプロジェクターで提示しつつ、必要に応じて黒板で補足説明する。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	設けない。				
参考書	授業中に随時提示する。				
履修上の注意	一変数複素解析（複素解析学 I）、多様体（幾何学 I）、ホモロジーと基本群（幾何学 II）および微分形式（幾何学 III）の初歩的事項は既知とする。				
901-23	複素解析学特論	2	S	選択	坂井 秀隆
講義題目	Painleve 方程式の幾何と解析				
授業の目標・概要	楕円関数や超幾何関数のその次の特殊関数を求める試みから発見された Painleve 方程式について解説する。Painleve 方程式は有理曲面と対応づけることで、非常にわかりやすい分類が得られる。これはまた、線型微分方程式の変形理論と結び付けられ、さまざまに拡張される。講義では、線型方程式の基礎的な理論から Painleve 方程式の高次元への拡張まで話すつもりである。				
授業のキーワード	複素領域上の常微分方程式、有理曲面、ルート系、モノドロミー保存変形、楕多様体とモジュライ理論				
授業計画	1. Painleve 方程式と有理曲面による分類 2. 可積分系とラックス形式 3. 変数係数線型常微分方程式の基礎 4. 線型方程式の変形理論 5. 楕多様体と線型方程式の分類 6. 4次元 Painleve 型方程式				
授業の方法	対面講義形式で行う。レポート課題を課す予定である。				
成績評価方法	レポートによる評価。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	授業中に上げる。				
履修上の注意	常微分方程式論と複素解析の基礎を勉強していることが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-25	数理構造概論	2	A	◎選択必修	酒井 拓史
講義題目	公理的集合論入門 / Introduction to Set Theory				
授業の目標・概要	集合論は数学に現れる無限集合について調べる分野です。特に、公理系に基づいて展開される集合論は公理的集合論と呼ばれます。関数・関係・数学的構造をはじめとする数学の書概念は集合を用いて表され、集合論の標準的な公理系 ZFC (Zermelo-Fraenkel の公理系 ZF + 選択公理 AC) は数学全体を展開できる包括的な公理系になっています。この講義では、ZFC のもとで展開される集合論の基礎を解説し、さらに連続体仮説の ZFC との無矛盾性や、選択公理の ZF との無矛盾性についても解説します。				
授業のキーワード	公理的集合論, ZFC, 連続体仮説, 選択公理				
授業計画	次の項目を順に解説する予定です。 1. ZF の紹介 2. 無限集合の濃度と連続体仮説 3. 順序数と超限帰納法 4. 選択公理とその帰結 5. 連続体仮説と選択公理の無矛盾性				
授業の方法	対面で講義をします。				
成績評価方法	レポートで成績を評価します。				
教科書	特に指定しません。				
参考書	[1] 田中一之 編「ゲーデルと 20 世紀の論理学 第 4 巻 集合論とプラトニズム」東京大学出版会, 2007 年. [2] ケネス・キューネン著, 藤田博司訳「集合論 - 独立性証明への案内 -」日本評論社, 2008 年. [3] Kenneth Kunen, "Set Theory", College Publications, 2011.				
履修上の注意	述語論理のごく基本的な事項 (論理式やその数学的構造での解釈など) を習得していると講義内容が理解しやすいです。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-26	非線形数理	2	S	◎選択必修	WILLOX RALPH、松井 千尋
講義題目					
授業の目標・概要	2人の教員がオムニバス形式で、様々な分野における自然現象を記述する数理モデルやセルオートマトンの構成法及び、それらの数理的モデルの解析について講義する。今年度予定されるトピックは、可解格子模型、離散数理モデルと離散可積分系の数理的記述などである。				
授業のキーワード	離散的数理モデル、離散化、超離散化、セルオートマトン、可積分系、ソリトン、可解格子模型、統計力学、ヤン・バクスター方程式				
授業計画	次の項目について各6コマで解説する。 (1) 連続の力学系と数理モデルの離散化、特に可積分系の離散化手法と離散系の可積分性判定法について解説する。 (2) 量子可積分系の数理構造及び統計力学との関係、また可積分性に起因する物理現象について解説する。				
授業の方法	2人の教員がオムニバス形式で様々な自然現象の数理的モデルによるモデル化について講義する。				
成績評価方法	レポート提出（詳細を授業中に明示する）				
教科書	特に指定しない				
参考書	講義中に指示する				
履修上の注意	特に専門的な数学の知識は必要としない。教養課程で学んだ数学の知識があれば十分である。自然・社会現象とその数学的な記述について関心を持つ学生の聴講を期待する。 授業時間は105分である。 授業日程は以下の通りです。 4月 9日：ウィロックス ラルフ 16日：ウィロックス ラルフ 23日：ウィロックス ラルフ 30日：ウィロックス ラルフ 5月 14日：ウィロックス ラルフ 21日：ウィロックス ラルフ 28日：松井 千尋 6月 4日：松井 千尋 11日：松井 千尋 18日：松井 千尋 25日：松井 千尋 7月 2日：松井 千尋 9日：休講				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-27	確率過程論	2	S	◎選択必修	佐々田 槇子
講義題目	マルチンゲール理論				
授業の目標・概要	確率過程の中の重要なクラスであるマルチンゲールについて講義する。主に離散時間の場合を扱い、停止時刻と任意抽出定理、各種のマルチンゲール不等式、収束定理とこれらの応用について述べる。連続時間マルチンゲールにも簡単に触れ、その例としてブラウン運動やポアソン過程を取り上げる。				
授業のキーワード	条件つき期待値、マルチンゲール、停止時刻、任意抽出定理				
授業計画	0. Introduction, 1. 条件つき期待値, 2. 条件つき期待値の性質, 3. 離散時間マルチンゲール, マルチンゲール変換, 4. 停止時刻, マルチンゲールの収束定理, 5. 一様可積分性, 一様可積分性とマルチンゲール, 6. マルチンゲールの分解, 可閉性, 7. 任意抽出定理 8. Wald の等式, マルチンゲールの表現定理, 9. 種々の不等式, 10. バックワードマルチンゲール, 11. 連続時間マルチンゲール, 12. ブラウン運動 13. ポアソン過程				
授業の方法	<p>授業動画を ITC-LMS に毎週公開するので、各自都合の良い時間に視聴をすること。詳細は ITC-LMS を確認すること。</p> <p>その他に、質問や授業動画のフィードバックを受け付けたり、履修者が演習問題を発表したり、履修者同士が交流するための対面の授業を授業時間に行うが、これは4月16日に第一回目を行い、その後の頻度については履修者の希望を反映して行う。月1回程度を予定している。</p> <p>対面で行う内容は補助的なものであり、講義そのものの内容については全て授業動画でカバーされる。</p>				
成績評価方法	レポートにより行う。				
教科書	特になし				
参考書	「確率論」舟木直久著、「マルチンゲールによる確率論」D. ウィリアムズ著、赤堀次郎 / 原啓介 / 山田俊雄 共訳				
履修上の注意	測度論的確率論の基礎事項については、学習済みであるとして授業を行う。				
その他	数理分類番号：543				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-28	数値解析学	2	S	選択	柏原 崇人
講義題目	偏微分方程式に対する理論的な数値解析の基礎				
授業の目標・概要	偏微分方程式に対する理論的な数値解析学の基礎について学ぶ。自然科学や社会科学の現象を数式を用いてモデル化し、得られた数理モデルを解析するという考え方は、現象の予測や制御を行う上で必須のアプローチとなっている。時間と空間に依存して変化するような現象では、数理モデルとして偏微分方程式が得られることが多いが、通常はその解を陽に書き下すことは不可能である。そのような問題の解の様子を知りたい場合、コンピュータを用いた数値シミュレーションが有力な選択肢となる。コンピュータは基本的に有限回の四則演算しか扱えないため、偏微分方程式を数値計算可能な形式に離散化・近似する作業が必要になるが、「どのように離散化・近似を行えばよいか」「その離散化・近似は数学的に正当化できるのか」といった点は非自明である。この講義では、基本的な偏微分方程式を対象として、差分法や有限要素法といった代表的な数値計算手法を紹介する。さらに、それらの手法に対する理論的・数学的な結果（近似解の安定性や収束証明）について解説する。なお、授業の進度によって内容を変更することがある。				
授業のキーワード	偏微分方程式・数値解析・近似・離散化・収束証明				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 放物型方程式（熱方程式）に対する差分法 陽解法・陰解法 安定性解析（行列の固有値によるもの・von Neumannの方法・最大値原理）と収束証明 双曲型方程式（移流方程式）に対する差分法 風上差分法の導出・安定性解析・収束証明 楕円形方程式（Poisson 方程式）に対する差分法 最大値原理・収束証明 楕円形方程式（Poisson 方程式）に対する有限要素法 弱形式・Lax-Milgram の定理・三角形分割・補間誤差評価・Galerkin 直交性 放物型方程式（熱方程式）に対する有限要素法 空間半離散問題・時間半離散問題・時空間全離散問題 				
授業の方法	講義形式で行う				
成績評価方法	レポートによって評価する				
教科書	指定しない				
参考書	『偏微分方程式の計算数理』 齊藤宣一著、共立出版、2023 年 『数値解析入門』 山本哲朗著、サイエンス社、2003 年 『偏微分方程式の数値解析』 田端正久著、岩波書店、2010 年 Partial Differential Equations with Numerical Methods, S. Larson and V. Thomée, Springer, 2003.				
履修上の注意	学部 3 年レベルの初等的な数値解析の知識があれば授業の理解の助けとなる。ただし、それを知っていることを前提とはしない。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-29	数理統計学	2	S	選択	増田 弘毅
講義題目	漸近推測理論入門 Introduction to Asymptotic Inference Theory				
授業の目標・概要	独立観測モデルを主対象として、漸近推測理論の基礎概念を解説する。確率統計学 I 等で学んだ大数の法則や中心極限定理を使って理論体系を構成する。 This lecture presents the basic concepts of asymptotic inference theory, mainly focusing on independent observation models. The theoretical system will be constructed based on the law of large numbers and the central limit theorem learned in Probability and Statistics I, etc. (Partly translated with DeepL)				
授業のキーワード	最尤推定法、極限定理、一致性、漸近正規性、M 推定、ワンステップ推定量、尤度比検定、多項分布の検定・適合度検定				
授業計画	<ul style="list-style-type: none"> ・カルバック・ライブラーダイバージェンス ・最尤推定法とその理論的性質 ・尤度比検定 ・多項分布の検定・適合度検定 ・M 推定量の一致性と漸近正規性 ・ワンステップ推定量 				
授業の方法	初回(4月11日) zoom の URL は UTOL に掲載する。2 回目以降は原則対面で開講するが、変更が生じる場合は事前にアナウンスする。				
成績評価方法	レポートにより評価する。詳細は講義中にアナウンスする。				
教科書	とくに指定しない。				
参考書	<ul style="list-style-type: none"> ・稲垣 宣生、「数理統計学 改訂版」、裳華房、2003 ・鈴木 武・山田 作太郎、「数理統計学：基礎から学ぶデータ解析」、内田老鶴圃、1996 ・吉田 朋広、「数理統計学」朝倉書店、2006 ・Ferguson, T. “A course in large sample theory”, Chapman & Hall/CRC, 1996 ・Lehmann, E.L. “Elements of Large-Sample Theory”, Springer, 1998 ・Zacks, S. “Theory of Statistical Inference”, John Wiley & Sons Inc, 1971. 				
履修上の注意	測度論的確率論の基本事項は仮定する。とくに、確率分布族の基本事項と不偏推定（非漸近論）について扱う「確率統計学基礎・確率統計 II」を受講済みであることが望ましい。				
その他	講義時間以外での質問は講義終了後あるいはそのときにアポイントメントをとること。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-32	数理解析学概論	2	A	◎選択必修	松井 千尋
講義題目	量子力学および統計力学の概要を理解することを目標とする。				
授業の目標・概要	量子力学、統計力学				
授業のキーワード	量子力学パートでは一体問題を対象とし、以下の内容について解説する。				
授業計画	(1) 序論：粒子性と波動性 (2) ヒルベルト空間、測定、時間発展 (3) 波動方程式、行列力学 (4) 応用例：調和振動子、水素原子 統計力学パートでは熱平衡状態を対象とし、以下の内容について解説する。 (1) 序論：熱力学と統計力学 (2) 小正準集団、等重率の原理 (3) 正準集団、大正準集団、その他いろいろな統計集団 (4) 応用例：調和振動子、理想気体、イジング模型				
授業の方法	前半では量子力学、後半では統計力学に関する講義を行う。				
成績評価方法	学期末にレポートを出題する（詳細は授業中に提示する）。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	Modern Quantum Mechanics (J.J. Sakurai; Addison-Wesley; Revised (1993)) 統計力学 I, II (田崎晴明; 培風館 (2008))				
履修上の注意	物理の知識を前提とせず、基礎から解説する。				
901-34	数学基礎論	2	S	選択	酒井 拓史
講義題目	数学基礎論入門 / Introduction to Mathematical Logic				
授業の目標・概要	数学基礎論は、数学を展開するための枠組みや論理を整備し、その上でどのようなことができるかを分析する数学の分野です。もう少し具体的には、数学の公理・証明・定理などの概念を形式化・記号化して明確にし、どのような公理系・証明体系でどのような定理が証明できるかを分析します。この講義では、命題論理や述語論理を用いた数学の形式化の初歩からはじめ、数学基礎論の基本的な内容を解説します。				
授業のキーワード	命題論理, 述語論理, 完全性定理, 不完全性定理				
授業計画	次の項目を順に解説する予定です。 1. 命題論理 2. 数学的構造と述語論理の論理式 3. 述語論理の証明体系 4. 述語論理の完全性定理とコンパクト性定理 5. 量子化除去と公理系の完全性 6. 算術の不完全性定理とその証明の概略				
授業の方法	対面で講義します。				
成績評価方法	レポートで成績を評価します。				
教科書	特に指定しません。				
参考書	[1] 新井敏康 著「数学基礎論 増補版」東京大学出版会, 2021. [2] Herbert. B. Enderton, "A Mathematical Introduction to Logic, 2nd edition", Academic Press, 2000. [3] Wolfgang Rautenberg, "A Concise Introduction to Mathematical Logic, 3rd editon", Springer, 2010.				
履修上の注意	予備知識は特に仮定しません。				
その他	特になし				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-40	非線形解析学	2	S	選択	石毛 和弘
講義題目	半線形放物型方程式の可解性				
授業の目標・概要	半線形放物型方程式の可解性は多くの研究があるが、近年、優解の構成による可解性の研究が大きく進展している。この講義では、それらの議論を概観すると共に、関連する話題について解説する。講義内容の順番は前後する可能性があるが、以下の内容について解説する。				
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 半線形熱方程式に対する非負値解の初期トレースの存在と一意性 2. 半線形熱方程式において非負値解が存在するための必要条件 3. 半線形熱方程式において解が存在するための十分条件 4. 半線形高階熱方程式の可解性 5. 半線形熱方程式系の可解性 6. 半線形熱方程式の解の高次漸近解析 				
授業のキーワード	半線形放物型方程式, 可解性				
授業計画	授業中に説明します。				
授業の方法	体面（黒板を使用）を基本とするが場合に応じてオンラインを併用する可能性がある。				
成績評価方法	レポートで評価する。				
教科書	指定しない。				
参考書	講義中に適宜紹介する。				
履修上の注意	特になし				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-41	数学史	2	A	選択	林 晋
講義題目	Hilbert 不変式論と現代数学				
授業の目標・概要	<p>19世紀末の David Hilbert による不変式論研究は、1890年の論文の有限基底定理とその証明を、「不変式論の王」と呼ばれた Paul Gordan が「これは数学ではない。神学だ」と批判したという逸話などで有名だが、実は、これについてのアカデミックな歴史研究は少ない。この講義では、Hilbert の講義録・日記などの史料も使って、Hilbert 不変式論の実際と、その「現代の数学全般への影響」について明らかにする。この不変式論史は、林が長年行ってきた「数学を中心とする社会の近代化の思想史研究」を背景とする。この思想史研究は、Hilbert 不変式論の「現代の数学全般への影響」、特に「Hilbert の神学」がもたらした影響に深く関係するので講義でも言及するが、その大半は数学とは直接の関係がないため、これへの言及は、Hilbert 不変式論の近代思想史における重要な位置の解説のために必要な最小限の範囲にとどめることになる。</p> <p>以上の Hilbert 不変式論史の理解が、講義の最大の目標であるが、この講義には、もう一つの二次的目標がある。数学史はポピュラー・サイエンスの人気分野の一つだが、実はポピュラー数学史の大半は誤謬である。歴史学の本質は「絶え間ざる修正」だから誤謬の存在は当然だが、数学者・哲学者により書かれることの方が多数学史では、歴史学研究の常識を踏み外した様な誤謬も少なくない。受講者は、今後も数学史について見聞きするだろうし、その中には、数学史の話題について語り書く機会を持つ人たちもいるだろう。その際の糧となる様に、この「数学史の危うさ」について、「Hilbert の神学」を巡る米国の哲学者による最近のアカデミックな「歴史論文」の誤謬を例にして、何故間違えるかという理由と、同種の誤謬を回避するための方策について理解することを第二の目標とする。</p>				
授業のキーワード	不変式論史、ヒルベルトの不変式論の発展史、ヒルベルト不変式論の現代数学への影響、数学史研究の問題点とその対処法				
授業計画	<p>Hilbert 不変式論史の内容は、</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) George Boole による不変式の発見から Gordan まで (2) Hilbert 不変式論: 1890年まで (3) Hilbert 不変式論: 1890年以後 (4) Hilbert 後から現在まで <p>である。</p> <p>(1-2) は不変式論入門を兼ねる。不変式論は 1930年代以後に、Weyl, Mumford などにより新しい展開を見たが、Hilbert 不変式論史の講義なので、これは (4) で軽く触れる程度になる。その (4) では、Hilbert の不変式論が、どの様に現代代数学、特に可換環論などに成長したかを見る。1890年の「Hilbert の神学論文」は不変式論の論文の様に紹介される事が大半だが、本当は、その題名 "Ueber die Theorie der algebraischen Formen" が示すように代数形式（斉次多項式）の新理論の論文である。不変式論の話は、4つある節の最後の節になって有用な応用先として初めて現れるに過ぎない。</p> <p>講義の背景である林の「数学を中心とする社会の近代化の思想史研究」については、上記の内容の適切な箇所です「話題・コラム・息抜き」の様な形で触れる。</p> <p>一方で、「数学史の危うさ」については、背景研究の場合の様に、(1-4) の該当する部分で解説する方法と、(1-4) と分離して解説する方法の二つが考えられる。しかし、シラバスを書いている今の段階（3月）では、どちらが分かり易いか判断できかねている。いずれにせよ、より分かり易いと判断した方法で講義する予定である。</p> <p>この「数学史の危うさ」の扱いを決めかねているために、上記の (1-4) と、各講義回の対応を示せないが、分量としては、(1) : (2) : (3) : (4) =30%:50%:10%:10% 程度となる予定であり、また講義する順序は、(1-4) の番号順となる。</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
授業の方法	<p>オンライン（Zoom の予定）で行う。講義資料を提示し（全資料のファイルを一度に提示する予定）、それを見てもらいながら林が説明するという従来型の講義となる。数式を多用するため、講義資料のファイル形式は、MathJax 使用の HTML ファイルとなる予定。また、史料ベースの歴史講義なので、WEB アーカイブなども使い 19 世紀の歴史資料の画像を多く見ることになる。しかし、WEB アーカイブの史料画像はオンラインでは必ずしも見易くはない（特にアーカイブ内の移動はレスポンスが悪いなど困難なので、予め見ておく、史料を PDF 化してダウンロード / 印刷などして手元に置いておく、などするとよい（リンクした史料全部を印刷すると非常に膨大になるので注意。ただし、講義で実際に使うのは小さい一部）。</p> <p>また、講義する内容の量と講義時間の関係上、講義中に質問に答えることは困難なので、質問は極力、講義の各回の後にメールなどで行って欲しい。質問には、原則、全員が質問と回答にアクセスできる形式で次の回までに回答する。</p>				
成績評価方法	<p>各回に「小レポート」を出題し、その採点結果と出席点により採点する。小レポートの問題の一部は、講義中の数学的主張を自分自身で確認して理解を深めてもらうための目的のため、歴史とは関係がない純粋に数学の問題になる。</p>				
教科書	<p>使用しない。</p>				
参考書	<p>講義資料は、基本的には次の三つの書籍の内容を多用して作成する予定である：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. https://www.amazon.co.jp/Classical-Invariant-Mathematical-Society-Student/dp/0521558212 2. https://www.amazon.co.jp/Algebraic-Invariants-Cambridge-Mathematical-Library/dp/0521449030 3. https://www.amazon.co.jp/-/en/David-Hilbert/dp/0915692260 <p>最初のもは大変丁寧な入門的教科書、残りの二つは Hilbert 自身の講義録と論文の英訳である。</p> <p>この他、Invariant theory についての書籍・資料は、PDF で無料で配布されているものなども含めて多数存在する。無料の書籍・資料の中には、有料版以上の出来栄のものも少なくないので（一般的に言って無料版は advanced）、無料版を中心にして、これらの書籍・資料へのリンクを、UTOL などの講義のページなどで公開する予定である。</p>				
履修上の注意	<p>(1-2) の理解に必要な数学的予備知識としては、線形代数、1 次元射影空間、偏微分の初歩程度で、学科の 2, 3 年位までの必修科目程度の知識で十分である。(4) では現代代数学と Hilbert の数学の比較を行うので抽象代数の基本知識、特に、ネーター環の概念とその有限基底定理と証明を既知とする。</p> <p>この講義で扱う歴史資料の大半はドイツ語で書かれたものなので、ドイツ語のテキストを頻繁に参照する。ドイツ語の基本を知っていることが望まれるが、最近のオンラインの独英自動翻訳の精度は目を見張るものがあるので、英語ができれば「自分で読む」ことがほぼできるだろう。また、講義資料に引用するドイツ語の文章には極力英語訳をつけ、必要に応じて日本語訳もつけるが、自分自身でも読む様に努力して欲しい。</p> <p>また、背景研究の説明に現れる、当時の数学以外の思想状況の歴史などについては特に予備知識は必要ない。「ヘーゲルという哲学者がいた」というような一般的な知識で十分である。ただ、これは数学の一部とも言えるが、Hilbert が中心的役割を果たした「数学基礎論論争」の知識があると理解し易いだろう。</p> <p>数学史の知識としては、リーマン、デーデキントの数学について知っていれば理解が容易となる。また、カントル集合論とクロネッカについての通俗的歴史観を知っていれば通俗史観の誤謬を修正する機会になり、その修正を通して講義内容の理解が良く進むだろう。</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-42	基礎数理特別講義 I	2	A	選択	佐々田 槇子
講義題目	マルコフ連鎖と流体力学極限の離散幾何学的アプローチ				
授業の目標・概要	<p>原子や分子などで構成される大自由度を持つマイクロ系の相互作用則から、マクロな時間発展方程式を導出することは、統計力学の基本的な主題である。また、異なるスケール間の時間発展をつなぐ理論は、物理に限らず、経済や化学、生物などの分野でも重要である。流体力学極限は、大自由度を持つ確率過程から、少数のマクロパラメータに関する決定論的な偏微分方程式を導出する数学的に厳密な手法であり、30年以上にわたって広く研究されてきた。その間に様々な発展があり、モデルの詳細によらない証明手法が発展してきたが、それでも適用可能なモデルのクラスが制限されていたり、実際には個々のモデルに応じた不等式が必要となるなど、まだ理論として発展が望まれる。</p> <p>特に、非勾配型とよばれる広いクラスのモデルに対しては、既存の証明の背景にある数学的な構造のより深い理解と、より包括的な理論の整備が望まれている。このために最近導入された、無限直積空間上に一様性という概念を導入したコホモロジーの定式化について紹介したい。特に、マイクロなモデルが離散的な空間上のマルコフ連鎖で表現される場合において、離散幾何学的なアプローチがどのように用いられるのかを紹介することが本授業の目標である。</p> <p>授業の前半では、マルコフ連鎖について、マルコフ連鎖とその重みつきグラフとの対応、また、流体力学極限に関する基本的な事項や定式化などを扱う。その後、非勾配型モデルの難しさと既存の証明のアイデアを紹介し、さらに、無限直積空間上のコホモロジーの導入、さらにこれがどのように流体力学極限に用いられるのかについて扱う。</p>				
授業のキーワード	マルコフ連鎖、離散幾何、流体力学極限、非勾配型モデル、一様コホモロジー				
授業計画	第一回目の授業で述べる。				
授業の方法	対面授業による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	なし				
参考書	なし				
履修上の注意	なし				
901-43	基礎数理特別講義 II	2	A	選択	WILLOX RALPH
講義題目	離散可積分系 (Discrete Integrable Systems)				
授業の目標・概要	<p>趣旨：離散可積分系について講義する。特に、射影平面上の写像及び2次元と3次元の格子上で定義されている非線形偏差分方程式における可積分性の定義と特徴付けを説明する予定である。</p> <p>内容：カオス系と可積分系、又は可解カオス系との違いを簡単な例を挙げながら説明し、射影平面上の可積分な写像の理論を展開してから代数的エントロピーや特異点閉じ込め法、Laurent 現象などの可積分性を理解するための重要な概念を導入する。前半では、特に QRT 写像または離散パンルヴェ方程式を具体例として扱う。後半では、広田・三輪方程式や離散 KdV 方程式等の性質を解説し、可積分なセルオートマトンとの関係を説明する予定である。</p>				
授業のキーワード	可解カオス系, 超離散極限, 離散ソリトン系, 離散パンルヴェ方程式, QRT 写像, 特異点閉じ込め, Laurent 現象, 代数的エントロピー				
授業計画	聴講者の予備知識に合わせて授業の進め方を決めるつもりである。				
授業の方法	原則として授業 (105 分) を対面で行う予定である。しかし、状況に応じて Zoom を用いてオンラインで講義を行うこともある。				
成績評価方法	成績評価：レポート提出 (詳細を授業中に明示する)				
教科書	特になし				
参考書	授業中に明示する				
履修上の注意	特になし				
その他	760 番				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-45	基礎数理解特別講義 IV	2	S	選択	阿部 紀行
講義題目	圏 \mathcal{O}				
授業の目標・概要	複素半単純 Lie 環の有限次元表現は完全可約であり、その既約表現は最高ウェイトで分類される。有限次元表現を含む圏として、Bernstein-Gelfand-Gelfand はある充満部分圏を定義した。彼らの使った記号を使いこの圏は単に圏 \mathcal{O} と呼ばれる。この圏の既約表現はやはり最高ウェイトで分類されるが、一方完全可約性が成り立たないなど新たな現象が現れ面白い。またいろいろな表現論においてお手本となっている圏でもある。本講義ではこの圏 \mathcal{O} の解説を行う。				
授業のキーワード	複素半単純 Lie 環, 圏 \mathcal{O}				
授業計画	複素半単純 Lie 環の構造論とその表現論を簡単に復習した後、圏 \mathcal{O} の定義とその性質について述べる。余裕があれば既約指標に関する公式である Kazhdan-Lusztig 予想にも触れる。				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	とくになし。				
参考書	James E. Humphreys, Representations of Semisimple Lie Algebras in the BGG Category \mathcal{O} , Amer Mathematical Society, ISBN: 978-0821846780 そのほかの文献に関しては講義内で適宜紹介する。				
履修上の注意	複素半単純 Lie 環の構造論の復習は行うが、先に学んでおくのが望ましい。				
901-46	基礎数理解特別講義 V	2	A	選択	今井 直毅
講義題目					
授業の目標・概要	志村多様体に関する入門的講義を行う。				
授業のキーワード	志村多様体				
授業計画	以下のトピックを扱う。 モジュラー曲線, 簡約代数群, 志村多様体, 志村多様体の正準モデル, 志村多様体の整モデル				
授業の方法	黒板で行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	特になし。				
参考書	講義の際に提示する。				
履修上の注意	特になし。				
901-47	基礎数理解特別講義 VI	2	A	選択	葉廣 和夫
講義題目	ホモロジー代数のいくつかの話題について				
授業の目標・概要	ホモロジー代数におけるいくつかの話題について、位相幾何学との関連を重視して解説する。				
授業のキーワード	ホモロジー代数、Hochschild ホモロジー、群のホモロジー、グラフ複体				
授業計画	ホモロジー代数におけるいくつかの話題について解説する。 特に、代数の Hochschild ホモロジー、群と Lie 代数のホモロジー、オペラッドに付随するグラフ複体などについて解説する予定だが、詳細については開講時に説明する。				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	使用しない。				
参考書	授業中に指示する。				
履修上の注意	ホモロジー代数と圏論の基本的な事項については仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-48	基礎数理特別講義 VII	2	A	選択	林 修平
講義題目	エルゴード理論入門と可微分力学系への応用				
授業の目標・概要	主にコンパクト距離空間上の連続写像に対するエルゴード理論の基礎を習得し、その応用として、コンパクト多様体上の微分同相写像に関するエルゴード理論的ないくつかの定理を理解する。				
授業のキーワード	エルゴード性、エントロピー、微分同相写像、リャプノフ指数				
授業計画	<p>前半ではエルゴード理論入門として以下の内容を扱う。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ポアンカレ再帰定理 2) バーコフのエルゴード定理 3) 不変測度とエルゴード性 4) エルゴード分解定理 5) 測度論的エントロピー 6) コルモゴロフ・シナイの定理 <p>後半では前半で学習したエルゴード理論を多様体上の可微分力学系へ応用する。以下の内容を扱う。</p> <ol style="list-style-type: none"> 7) リャプノフ指数 8) オセレデッツの定理 9) ルエルの不等式 10) ペシンの公式 <p>時間に余裕があれば測度論的エントロピーと位相的エントロピーとの関係（変分原理）や関連する最近の話題にも触れたい。</p>				
授業の方法	通常の講義				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	使用しない。				
参考書	授業中に指示する。				
履修上の注意	多様体論と関数解析の基礎は予備知識として仮定する。				
901-49	基礎数理特別講義 VIII	2	A	選択	松井 千尋
講義題目	物理学的視点から情報について理解することを目標とする。				
授業の目標・概要	量子情報、量子もつれ、量子操作				
授業のキーワード	「情報」が物理学の観点からどのように取り扱うことができるかについて解説する。				
授業計画	<p>特に、以下の内容を取り挙げる予定である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・密度行列 ・量子もつれ（量子エンタングルメント） ・量子操作 ・エントロピーと情報 				
授業の方法	対面板書にて行う。				
成績評価方法	学期末にレポートを出題する。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	Quantum Computation and Quantum Information (M. Nielsen and I. Chuang; Cambridge University Press (2010))				
履修上の注意	量子力学の基礎的な知識を持っていることが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-50	応用数理特別講義 I	2	S	選択	畔上 秀幸
講義題目	偏微分方程式を制約条件にもつ関数最適化問題 /PDE constraint function optimization problems				
授業の目標・概要	<p>偏微分方程式が定義された領域や係数関数を変数とした最適化問題の解の存在と解法について学ぶ。偏微分方程式は実世界のさまざまな現象をモデル化する際に使われる。通常は、偏微分方程式が定義された領域や係数関数は適切に与えられたと仮定して、境界条件に対する解を求めることが基本となる。それに対して、本講義では、領域や係数関数は変動すると仮定して、偏微分方程式の解を用いて定義された汎関数を最小化するような領域や係数関数を求める問題について考える。この問題は関数空間上で定義された関数最適化問題の一つとなることから、関数解析学の成果を用いて解の存在や解法について議論することができる。この講義では、講演者の考えを紹介するが、参加者との議論を通してより理解を深めたいと考えている。また、授業の進展に応じて内容を変更することがある。 /We learn about the existence and solution methods of optimization problems of the domains and coefficient functions used in partial differential equations. Partial differential equations are used to model various phenomena in the real world. Normally, it is basic to find solutions to boundary conditions by assuming that the domains in which the partial differential equations are defined, and the coefficient functions are appropriately given. On the other hand, in this lecture, we will assume that the domains and coefficient functions vary, and consider the problems of finding the domains and coefficient functions that minimizes the functionals defined using the solutions of partial differential equations. Since these problems are function optimization problems defined on function spaces, we can use the results of functional analysis to discuss the existence of solutions and solution methods. In this lecture, the speaker's ideas will be introduced, but we hope to deepen our understanding through discussion with the participants. Additionally, the content may change depending on the progress of the class.</p>				
授業のキーワード	偏微分方程式・最適化・関数解析・数値解析				
授業計画	<p>第1章 最適設計の基礎 /Basics of Optimal Design 第2章 最適化理論の基礎 /Basics of Optimization Theory 第3章 数理計画法の基礎 /Basics of Mathematical Programming 第4章 変分原理と関数解析の基礎 /Basics of Variational Principles and Functional Analysis 第5章 偏微分方程式の境界値問題 /Boundary Value Problems of Partial Differential Equations 第6章 数値解析の基礎 /Fundamentals of Numerical Analysis 第7章 抽象的最適設計問題 /Abstract Optimum Design Problem 第8章 密度変動型の位相最適化問題 /Topology Optimization Problem of Density Variation Type 第9章 領域変動型の形状最適化問題 /Shape Optimization Problems of Domain Variation Type</p>				
授業の方法	講義形式で行う				
成績評価方法	レポートによって評価する				
教科書	指定しない				
参考書	『形状最適化問題』畔上秀幸著，森北出版，2016年 Shape Optimization Problems, Hideyuki Azegami, Springer, 2020.				
履修上の注意	学部 of 初等的な線形代数や解析学の知識があることを前提とする。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-51	応用数理特別講義 II	2	A	選択	長谷川 浩司
講義題目	量子離散可積分系入門／ Introduction to quantized discrete integrable systems				
授業の目標・概要	<p>微分方程式の離散化には任意性があるが、対称性や構造を保存する良い離散化（差分化）・量子化（非可換化）を許す例として、戸田方程式とパンルヴェ方程式を取り上げる。ここでパンルヴェ方程式は非自励的ハミルトン系であり伝統的意味では可積分系でないが、特徴的なワイル群対称性を持ち、いわゆるモノドロミー保存系として現れることが知られている。</p> <p>これらの背景にある量子群的構造から、量子化された系の時間を1進める離散的時間発展を量子正準変換として構成することなどについて述べ、可能な範囲で最近の話題にも触れたい。</p> <p>We will treat Toda equation and Painlevé equation as examples for quantization and discretization of dynamical systems with preserving symmetries and related structures. We will find quantum group related structures behind these systems and will construct the quantization of discrete time evolution as quantum canonical transformation. If time permits we will refer to some recent topics.</p>				
授業のキーワード	戸田格子、モノドロミー保存変形、パンルヴェ方程式、量子群、R 行列、ヤン・バクスター方程式、可解格子模型				
授業計画	<p>概ね以下について順に述べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 戸田格子とその離散化、量子化 ・ 保存量をもつ量子離散系、有理ワイル群作用の量子化 ・ 離散パンルヴェ方程式の対称性に基く量子化 ・ 離散パンルヴェ VI 型方程式の Lax 形式による量子化 ・ 定常状態の記述や高階数版など <p>We will treat the following topics.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toda lattice and its discretization and quantization - Quantum discrete system with conserved quantities, quantization of rational Weyl group action - Symmetry based approach to quantization of discrete Painlevé equation - Lax form approach to quantization of discretized Painlevé VI equation - Description of the stationary state, higher rank version etc. 				
授業の方法	対面により講義する。／ In person lectures				
成績評価方法	レポートによる。／ Based on reports.				
教科書	特になし／ none				
参考書	<p>この方面の基本的参考書としては以下が挙げられよう。</p> <p>岡本和夫 パンルヴェ方程式 岩波書店（2009）</p> <p>神保道夫 量子群とヤン・バクスター方程式 シュプリンガー東京（1990）・丸善出版（2012）</p> <p>A.N.Kirillov Diogarithm identities 東京大学数理科学セミナーノート7（1995）</p> <p>野海正俊 パンルヴェ方程式 - 対称性からの入門 朝倉書店（2000）</p> <p>その他必要に応じて文献を紹介する。</p>				
履修上の注意	代数系について基本的知識があることが望ましい。／ Basic knowledge for algebras will be required.				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-53	応用数理特別講義 IV	2	S	選択	菅野 浩明
講義題目	超対称ゲージ理論と量子可積分系				
授業の目標・概要	4次元 N=2 超対称ゲージ理論と可積分系の関係は、4次元 N=2 超対称ゲージ理論のプレポテンシャルを記述する Seiberg-Witten 曲線と完全可積分系のスペクトル曲線の対応に見ることができる。Nekrasov による超対称ゲージ理論の Omega 変形と可積分系の量子化の対応について、qq- 指標の立場から理解することを目標とする。				
授業のキーワード	超対称ゲージ理論, スペクトル曲線, 量子変形, T-Q 関係式, qq- 指標, 楕円型量子可積分系, Knizhnik-Zamolodchikov 方程式				
授業計画	概ね、以下の順序で授業を進めるが、受講者の予備知識や興味に応じて、取捨選択することもある。 1. 4次元超対称ゲージ理論と代数的完全可積分系 2. Seiberg-Witten 曲線の量子変形と Baxter の T-Q 関係式 3. ADHM 構成法とトーラス作用の同変指標 4. ADHM 構成法の高次元化と qq- 指標 5. 有限型 qq- 指標の計算例 6. 超対称ゲージ理論のループ作用素・面欠陥作用素 7. アフィン型 qq- 指標と楕円量子可積分系 8. 分数 (fractional) qq- 指標と Knizhnik-Zamolodchikov 方程式				
授業の方法	対面による講義と演習を行う。				
成績評価方法	出席とレポートにより評価する。				
教科書	特になし				
参考書	講義前半の内容については H. Nakajima, Lectures on Hilbert schemes of points on surfaces, University Lecture Series No. 18. American Mathematical Soc., (1999) N. Nekrasov and V. Pestun, Seiberg-Witten Geometry of Four-Dimensional N=2 Quiver Gauge Theories, SIGMA 19 (2023), 047, arXiv:1211.2240 N. Nekrasov, V. Pestun and S. Shatashvili, Quantum geometry and quiver gauge theories, Commun. Math. Phys. 357 (2018), 519–567, arXiv:1312.6689 N. Nekrasov, BPS/CFT correspondence: non-perturbative Dyson-Schwinger equations and qq-characters, JHEP 03 (2016), 181, arXiv:1512.05388				
履修上の注意	後半の内容については、必要に応じて、講義の際に紹介する。 微分積分、線形代数の標準的内容を仮定する。可積分系や表現論について、ある程度の知識と経験があることが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-54	応用数理特別講義 V	2	A	選択	荻原 哲平
講義題目	統計モデルの局所漸近（混合）正規性と確率過程モデルの最適な推定手法 Local asymptotic (mixed) normality for statistical models and efficient estimation for stochastic processes				
授業の目標・概要	本講義では、時間とともに変化する不確実な現象を確率過程でモデル化したときに、データからパラメータを推定する統計手法を考え、特に漸近的に最適な推定手法について扱う。統計モデルの局所漸近（混合）正規性を考え、任意の正則なパラメータ推定量の漸近分散の下界を与えることで推定量の最適性を議論する。独立同分布観測や拡散過程のいくつかのパラメータ・モデルで実際に局所漸近正規性を示し、漸近分散の下界を達成する最適な推定量を紹介する。				
授業のキーワード	拡散過程, 局所漸近（混合）正規性, 漸近有効推定量, 最尤型推定, マリアバン解析, the minimax theorem, the convolution theorem				
授業計画	追って通知する。				
授業の方法	講義による				
成績評価方法	レポートによる				
教科書	特になし				
参考書	Gloter, A. and Jacod, J. (2001): Diffusions with measurement errors. I. Local asymptotic normality. ESAIM Probability and Statistics 4, 225-242. Gobet, E. (2001): Local asymptotic mixed normality property for elliptic diffusion: a Malliavin calculus approach, Bernoulli, 7 (6), 899-912. Gobet, E. (2002): LAN property for ergodic diffusions with discrete observations, Annales de l'Institut Henri Poincaré - Probabilités et Statistiques, 38, 711-737. Ibragimov, I.A., Has'minskij, R.Z. (1981) Statistical Estimation. Springer Jeganathan, P. (1982): On the asymptotic theory of estimation when the limit of the log-likelihood ratios is mixed normal. Sankhya Ser. A, 44, 173-212. Jeganathan, P. (1983): Some asymptotic properties of risk functions when the limit of the experiment is mixed normal. Sankhya Ser. A, 45, 66-87. Nualart, D. The Malliavin Calculus and Related Topics. Springer. 吉田朋広 (2006). 「数理統計学」, 朝倉書店。				
履修上の注意	確率微分方程式や統計的決定理論, 最尤推定に関する基礎知識があることが望ましい。				
901-56	数理科学特別講義 II	2	A	選択	齋藤 秀司
講義題目	Procdh topology and its applications to algebraic K-theory and motivic cohomology Procdh 位相とその代数的 K 理論およびモチフィックコホモロジーへの応用				
授業の目標・概要	Procdh 位相と呼ばれる新たな Grothendieck 位相について解説する。 またその代数的 K 理論およびモチフィックコホモロジー理論への応用について解説する。				
授業のキーワード	Grothendieck 位相, モチフィックコホモロジー				
授業計画	5回の講義の前半では、Procdh 位相の基本的な性質の証明を解説する。 後半では、代数的 K 理論やモチフィックコホモロジー理論への応用を解説する。				
授業の方法	講義形式				
成績評価方法	レポート				
教科書	Shane Kelly and Shuji Saito, A procdh topology, arxiv.org/abs/2401.02699				
参考書	SGA4 II-III Stack Project, Sites and Sheaves				
履修上の注意	代数幾何学およびホモロジー代数学の基本的知識を仮定する。 またトポス理論を予習しておくことを推奨する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-57	数理科学特別講義 III	2	A	選択	井上 順子
講義題目	可解リー群上の調和解析入門 Introduction to harmonic analysis on solvable Lie groups				
授業の目標・概要	可解リー群を対象とする表現論・調和解析の基本的な方法について入門的講義を行う。 単連結冪零リー群における Kirillov の「軌道の方法 (orbit method)」は、リー環の実線形形式およびその polarization から「表現の誘導」により既約ユニタリ表現を定め、群のユニタリ双対、即ち既約ユニタリ表現の同値類の集合を群の余随伴軌道に対応付けて構成する、という手法である。この方法は、(Mackey の) 誘導表現の一般化である複素解析的誘導表現を用いて Auslander-Kostant により単連結 I 型可解リー群のユニタリ双対の構成に対して一般化された。 このような背景をふまえつつ、Heisenberg 群、 $ax+b$ 群をはじめとする基本的な群をいくつか取り上げ、複素解析的誘導表現の構成やユニタリ双対の構成など、群上の調和解析について解説する。これを通して、軌道の方法による、可解リー群のユニタリ表現論の考え方や手法を理解できることを目指す。				
授業のキーワード	ユニタリ表現論, リー群, 可解リー群, 軌道の方法, 誘導表現				
授業計画	以下の内容を扱う計画である。尚、受講者の状況により、修正・変更することもある。 1. 局所コンパクト群のユニタリ表現に関する基礎事項 (必要に応じて準備する.) 2. 可解リー群, 可解リー環に関する基礎事項 (必要に応じて準備する.) 3. 余随伴軌道と polarization 4. 誘導表現, および複素解析的誘導表現の構成 5. Heisenberg 群, $ax+b$ 群をはじめとするいくつかの基本的な群における調和解析 (既約ユニタリ表現の構成・Plancherel 定理など) の入門的解説 6. 時間があれば等質空間上の調和解析における応用等についても述べる。				
授業の方法	講義形式				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	特になし。				
参考書	冪零および可解リー群の表現論の入門的解説書として以下の参考書を挙げておく。 ・ Corwin, Lawrence J.; Greenleaf, Frederick P. : Representations of nilpotent Lie groups and their applications. Part I. Basic theory and examples, Cambridge Stud. Adv. Math., 18, Cambridge University Press, Cambridge, 1990. ・ 藤原英徳 : 指数型可解リー群のユニタリ表現 — 軌道の方法, 数学書房, 2010. ・ Fujiwara, Hidenori; Ludwig, Jean : Harmonic analysis on exponential solvable Lie groups, Springer Monogr. Math. Springer, Tokyo, 2015. ・ Arnal, Didier; Currey, Bradley : Representations of solvable Lie groups. Basic theory and examples, New Math. Monogr., 39, Cambridge University Press, Cambridge, 2020.				
履修上の注意	リー群, リー環, 等質空間に関する基礎事項について学習しておくことが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-58	数理科学特別講義 IV	2	A	選択	森岡 悠
講義題目	シュレーディンガー作用素に対する準古典解析と散乱理論 / Semiclassical analysis and scattering theory for Schrödinger operators				
授業の目標・概要	シュレーディンガー方程式で記述できる量子系において、遠方から波を入射し、ポテンシャルによる摂動の影響を受けて再び遠方に波が散乱する様子を記述するのが散乱理論の要諦である。一方、シュレーディンガー作用素に含まれるプランク定数を極めて小さいパラメータと見て近似を行うと、量子力学と古典力学の対応関係が現れる。これが準古典解析である。この講義では、シュレーディンガー作用素の散乱理論を準古典解析の枠組みによって解説することを試みる。フーリエ積分作用素を用いれば、散乱行列は詳しく記述することができる。さらに、準古典解析を用いると、散乱現象と共鳴極の関係を見ることができて、量子力学特有の現象である共鳴散乱を記述することができる。これらのことを理解するために必要となる手法を要約し、示すことを目標とする。				
授業のキーワード	シュレーディンガー方程式、スペクトル理論、散乱理論、共鳴極、準古典解析				
授業計画	<p>次の内容について解説しつつ、準古典解析の文脈で散乱理論の俯瞰を試みる。</p> <p>(1) ハミルトン力学における古典軌道の解析</p> <p>(2) 準古典解析的なレゾルベント評価</p> <p>(3) 磯崎-北田の方法によるシュレーディンガー作用素の散乱行列の構成</p> <p>(4) 共鳴散乱の解析</p> <p>これらに必要となる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ムーレによる交換子評価の理論 ・ 楕円型偏微分方程式の評価法 ・ 擬微分作用素およびフーリエ積分作用素の理論 ・ トレースクラス作用素の理論 ・ 解析的フレドホルム作用素の理論 <p>は適宜解説するか、講義資料または参考文献を示す。</p>				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	指定しない。ただし、担当者が作成した講義資料を何らかの手段により受講者に配布する予定。				
参考書	<p>詳しくは講義資料の中で示す。</p> <p>この講義の内容に関する主要な文献は以下の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ S. Dyatlov and M. Zworski, "Mathematical Theory of Scattering Resonances", Graduate Studies in Mathematics, vol. 200, AMS, 2019. ・ C. Gérard and A. Martinez, Prolongement méromorphe de la matrice de scattering pour des problèmes à deux corps à longue portée, Ann. Inst. Henri Poincaré, 51 (1989), 81-101. ・ H. Isozaki and H. Kitada, Modified wave operators with time-independent modifiers, J. Fac. Sci. The Univ. Tokyo, 32 (1985), 77-104. ・ H. Isozaki and H. Kitada, Scattering matrices for two-body Schrödinger operators, Sci. Paper of the College of Arts Sciences, Tokyo Univ., 35 (1985), 81-107. <p>和書では、量子力学に関しては、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 磯崎 洋, 多体シュレーディンガー方程式, シュプリンガー現代数学シリーズ 13, シュプリンガーフェアラーク東京, 2004. ・ 北田 均, 新訂版 数理解析学概論, 現代数学社, 2016. ・ 中村 周, 量子力学のスペクトル理論, 共立講座 21 世紀の数学 26, 共立出版, 2012. ・ 谷島 賢二, シュレーディンガー方程式 I/II, 朝倉数学体系 5/6, 朝倉書店, 2014. <p>また、古典力学については、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 磯崎 洋, 解析力学と微分方程式, 数学と物理の交差点 1, 共立出版, 2020. 				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
履修上の注意	<p>多変数微積分, ヒルベルト空間, 線形作用素のスペクトル, フーリエ解析に関する基本的な事項を踏まえておくことと学習上の困難を軽減できる. いたずらに高度な知識を仮定することは担当者の好むところではないので, なるべく事後受講者が理解可能な形で講義中に提示したいが, 講義中に扱えない内容は, その都度必要な参考文献を提示するよう努める. 不明な点があれば, 遠慮なく質問して欲しい. この講義の内容に直接関係あるなしに関わらず, 量子力学, 散乱理論, 固有値問題, これらを含む数理物理学の研究に関心を持つきっかけとなれば幸いである.</p>				
関連ホームページ	https://sites.google.com/site/hisashimorioka/education/ut2024_morioka				
901-59	数理科学特別講義 V	2	A	選択	BEZ Richard Neal
講義題目	<p>Brascamp-Lieb 不等式について On Brascamp-Lieb inequalities</p>				
授業の目標・概要	<p>本講義の主要なテーマは, ユークリッド空間上の Brascamp-Lieb 不等式である. まず, Holder の不等式, Young の畳み込み不等式, Loomis-Whitney 不等式などのいくつかの具体例を紹介し, L^p 空間や線形作用素の補間定理についての準備も行う. その後, Lieb の定理や J. Bennett, A. Carbery, M. Christ, T. Tao による Brascamp-Lieb 定数の有限性の特徴づけなど, Brascamp-Lieb 不等式の一般理論について説明する. 一般理論の一部として, 幾何学的 Brascamp-Lieb 不等式の熱流による証明を学ぶ.</p> <p>Brascamp-Lieb 不等式は, ここ数年内に凸幾何学, 調和解析, 幾何学的測度論, 数論などの数学分野に大きな影響を与えたものであるが, この授業科目の主な目標は Brascamp-Lieb 不等式の基礎理論を深く理解することである.</p>				
授業のキーワード	<p>多重線形不等式, Holder の不等式, Young の畳み込み不等式, Loomis-Whitney 不等式, Brascamp-Lieb 不等式, 熱流</p>				
授業計画	<p>以下の内容を順に解説する予定である.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ L^p 空間と補間定理 ・ Holder の不等式 ・ Young の畳み込み不等式 ・ Loomis-Whitney 不等式 ・ Brascamp-Lieb 不等式 ・ Lieb の定理 ・ Bennett-Carbery-Christ-Tao による有限性の特徴づけ ・ 幾何学的 Brascamp-Lieb 不等式 ・ 熱流 ・ 熱流による幾何学的 Brascamp-Lieb 不等式の証明 ・ Bennett-Carbery-Christ-Tao による Lieb の定理の証明 ・ Bennett-Carbery-Christ-Tao による有限性の特徴づけの証明 				
授業の方法	<p>講義で行う</p>				
成績評価方法	<p>レポートで評価する</p>				
教科書	<p>特に指定しない</p>				
参考書	<p>J. Bennett, A. Carbery, M. Christ, T. Tao, The Brascamp-Lieb inequalities: finiteness, structure and extremals, Geometric and Functional Analysis, Vol. 17 (2008), pp. 1343-1415 (arXiv バージョン : https://arxiv.org/abs/math/0505065)</p>				
履修上の注意	<p>微分積分学 (多変数) および関数解析の基本的知識を仮定する</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-60	数理科学特別講義 VI	2	S	選択	竹内 有哉
講義題目	強擬凸 CR 多様体の埋め込み可能性 Embeddability of strictly pseudoconvex CR manifolds				
授業の目標・概要	本講義では強擬凸 CR 多様体の埋め込みに関するトピックを紹介する。CR 多様体は複素多様体の実奇数次元版にあたる数学的対象である。CR 多様体に関する古典的かつ重要な問題として「与えられた CR 多様体を局所的 / 大域的に複素ユークリッド空間に埋め込むことができるか?」という問題がある。CR 多様体が強擬凸というある種の凸性をもつ場合、この問題は高次元の場合には肯定的である一方で 3 次元の場合には埋め込むことができない例が知られている。この 3 次元における局所的・大域的に埋め込めない例について紹介する。また最近の研究で CR 多様体の埋め込みと CR Paneitz 作用素という微分作用素が密接に結びついていることが明らかになってきた。この関連についても説明したい。				
授業のキーワード	CR 多様体, CR Paneitz 作用素				
授業計画	講義内容, 講義の順番は変更する可能性がある。 1. CR 多様体の定義と田中・Webster 接続 2. 局所的に埋め込めない CR 多様体の例 3. 大域的に埋め込めない CR 多様体の例 4. CR Paneitz 作用素と埋め込み可能性 5. CR Paneitz 作用素のスペクトル				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポート 100%				
教科書	特に指定しない。				
参考書	講義中に紹介する。				
履修上の注意	ベクトル束と接続に関する基礎的な知識を仮定する。また講義の後半では関数解析の基礎的な知識も仮定する。				
901-61	数理科学特別講義 VII	2	A	選択	高橋 亮
講義題目	可換環の導来圏の分解部分圏 Resolving subcategories of derived categories of commutative rings				
授業の目標・概要	部分圏の分類研究は、1962 年の Gabriel による可換環の加群圏の Serre 部分圏の分類で幕を開けて以降現在に至るまで、環論・モジュラー表現論・代数幾何学・ホモトピー論など数学の多くの分野において活発に行われてきている。この授業では、可換環の導来圏の分解部分圏の分類を超曲面に対して理解することを目標とする。				
授業のキーワード	可換ネーター環、有限生成加群、有界導来圏、分解部分圏、完全複体、Cohen-Macaulay 複体、Gorenstein 環、超曲面				
授業計画	1. 導来圏の分解部分圏の定義 2. 非正射影次元軌跡と Spec 上の整数値関数 3. 完全複体から成る分解部分圏の分類 4. Gorenstein 環上の Cohen-Macaulay 複体 5. 超曲面の導来圏の分解部分圏の分類				
授業の方法	対面板書講義				
成績評価方法	授業中に出題する演習問題のレポート				
教科書	なし				
参考書	必要に応じて授業中に紹介する				
履修上の注意	環・加群・鎖複体の基礎知識は持っているとして仮定して授業を行う				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-62	数理科学特別講義 VIII	2	S	選択	有木 進
講義題目	円分筋ヘッケ代数の表現論 (既約表現の分類・表現型の分類・指標公式)				
授業の目標・概要	<p>受講者が下記概要を理解できるようになることが目標である。</p> <p>(1) 対称群の表現論が円分筋ヘッケ代数の表現論の特別な場合であること</p> <p>(2) 円分筋ヘッケ代数の既約表現の分類が柏原クリスタルで行われること</p> <p>(3) アフィンリー代数と量子群の可積分加群の圏化の描像と円分筋ヘッケ代数への応用</p> <p>(4) 導来圏同値と表現型の関係</p> <p>(5) 円分筋ヘッケ代数の表現型決定のための種々の手法</p> <p>(6) 古典型ヘッケ代数の分解係数の計算に関する種々の手法</p>				
授業のキーワード	円分筋ヘッケ代数、表現型、分解係数、胞体代数				
授業計画	<p>1日め：円分筋ヘッケ代数を導入し、アフィン型量子群の可積分加群の圏化と既約表現の柏原クリスタルによる分類を紹介する。</p> <p>2日め：表現型の理論を復習し、道代数や Brauer グラフ代数の例を与えたのち、導来圏同値を用いた種々の定理を紹介する。</p> <p>3日め：次数次元公式や胞体代数の基礎事項を与えたのち次数を活用して円分筋ヘッケ代数の表現型を決めるいくつかの手法を紹介する。</p> <p>4日め：対称群に付随するヘッケ代数の分解係数に関する種々の定理を紹介する。</p> <p>5日め：ヘッケ代数のシューア有限性と表現型の関係を紹介する。</p>				
授業の方法	配布資料を基に講義する。				
成績評価方法	講義中に提示する課題に基づいて評価する。また、講義中の質問等によりさらに加点することがある。				
教科書	とくに指定しない。				
参考書	<p>Assem, Simson and Skowronski, "Elements of the Representation Theory of Associative Algebras"</p> <p>Kac, "Infinite dimensional Lie algebras"</p> <p>Nastasescu and Oystaeyen, "Methods of Graded Rings"</p> <p>Curtis and Reiner, "Representation Theory of Finite Groups and Associative Algebras"</p> <p>Geck and Jacon, "Representations of Hecke Algebras at Roots of Unity"</p>				
履修上の注意	有限次元代数の基礎事項を仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-63	数理科学特別講義 IX	2	A	選択	井ノ口 順一
講義題目	調和写像と可積分系 / Harmonic maps and Integrable Systems				
授業の目標・概要	<p>解ける仕組を備えた微分方程式は、しばしば可積分系 (integrable system) とよばれる。古典的な微分幾何学 (3次元空間内の曲面論) にはサイン・ゴルドン方程式などの可積分系が登場する。1980年代後半に可積分系理論と微分幾何学の交錯する分野である可積分幾何 (Integrable Geometry) が形成された。</p> <p>一方、リーマン多様体の間の滑らかな写像がエネルギー汎関数の停留点であるとき調和写像 (harmonic map) とよばれる。調和写像は調和関数および測地線の一般化であり、微分幾何学・幾何解析でさまざまな場面に登場する。本講義では</p> <p>リーマン面で定義され、対称空間に値をもつ調和写像を題材に可積分幾何の手法と主要な研究成果について概説する。</p>				
授業のキーワード	可積分系、リーマン面、対称空間、曲面の微分幾何				
授業計画	<p>以下の内容を解説する。履修者の興味と関心、予備知識に応じて適宜変更することがある。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 古典微分幾何と数学的しゃぼん玉 2. 戸田方程式 3. 射影空間に値をもつ調和写像と旗多様体 4. ループ群による調和写像の構成法 5. 曲面の微分幾何への応用 				
授業の方法	講義による				
成績評価方法	出席とレポートにより評価する。				
教科書	指定しない				
参考書	中村佳正ほか、解析学百科 II. 可積分系の数理, 朝倉書店, 2018				
履修上の注意	<p>曲面や調和写像といった非線形偏微分方程式の解を (無限次元も含めた) 幾何学的手法により構成する話題を解説する。</p> <p>「つくる数学」の愉しみを享受してほしい。多様体の基礎事項は学んでいることが望ましい。</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-64	数理科学特別講義 X	2	S	選択	池 祐一
講義題目	パーシステントホモロジーと層理論およびシンプレクティック幾何学への応用 / Persistent homology, sheaf theory, and applications to symplectic geometry				
授業の目標・概要	パーシステントホモロジーと層理論が交叉するトピックについて講義を行う。まず、パーシステントホモロジーとその分解定理といった基礎およびその応用例を話した後、安定性定理と等長定理の証明の概略を説明する。次に層理論を用いたパーシステントホモロジーへのアプローチを、層のモース理論（超局所層理論）を交えながら紹介する。また、このような考え方が活用されている場として、シンプレクティック幾何学への応用について取り上げる。				
授業のキーワード	パーシステントホモロジー, 層, 超局所層理論, シンプレクティック幾何学				
授業計画	以下のように進める予定であるが、内容は進行と聴衆の様子によって適宜変更する。 <ul style="list-style-type: none"> ・パーシステントホモロジーと応用例 ・安定性定理と等長定理 ・層理論とパーシステントホモロジー ・層のモース理論（超局所層理論）とパーシステントホモロジー ・シンプレクティック幾何学への応用 				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	特になし。				
参考書	池祐一・E.G. エスカラ・大林一平・鍛冶静雄, 位相的データ解析から構造発見へ：パーシステントホモロジーを中心に, サイエンス社 M. Kashiwara and P. Schapira, Sheaves on Manifolds, Springer J. Zhang, Quantitative Tamarkin Theory, Springer 超局所層理論入門 < https://drive.google.com/file/d/1xjw2-dgu_rtcP5epu5eA4x42uMWTOMAP >				
履修上の注意	学部レベルの基礎的な多様体論および(コ)ホモロジー論は仮定する。また、初歩的な圏の言葉も適宜使う。				
関連ホームページ	https://drive.google.com/file/d/15F1Bb5PGb6-0YzwvyYWwmYFaRQZfbxWD/view				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-65	数理科学特別講義 XI	2	S	選択	野坂 武史
講義題目	Chern-Simons 形式と微分コホモロジー (Chern-Simons form and differential cohomology)				
授業の目標・概要	特性類は幾何学で古典かつ基本的なコホモロジー類であるが、約 50 年前 Chern と Simons は 2 次特性類と呼ばれる微分形式や不変量を構成した。CS 形式は壮大な発展や応用を数学と物理の双方にもたらした。とりわけその第二量子化に関しては共形場理論や量子不変量など数学面でも多大な影響と理論をもたらした。一方で近年、体積予想や tmf 等の進展の通り、微分コホモロジーまたは数論幾何的な見地から CS 形式を再考する流れがある。本講義では復古的に CS 形式の経緯や導入から復習し、元論文を取意し、近年の整理と潮流も関説する。				
授業のキーワード	特性類、微分コホモロジー、群コホモロジー				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主束や接続の復習 2. 特性類と Chern-Weil 理論 3. 2 次特性類の導出 4. Chern-Simons 不変量 5. 微分コホモロジー 6. 2 次特性類の指数定理や双対定理などの諸性質 7. 低次元トポロジーへの応用と発展 				
授業の方法	講義による				
成績評価方法	レポートによる				
教科書	特になし				
参考書	Chern, S.-S.; Simons, J. (1974). "Characteristic forms and geometric invariants". <i>Annals of Mathematics. Second Series.</i> 99 (1): 48–69. Cheeger, J; Simons, J. <i>Differential characters and geometric invariants.</i> <i>Geometry and topology</i> (College Park, Md., 1983/84), 50–80, <i>Lecture Notes in Math.</i> , U. Bunke, <i>Differential cohomology</i> (2012), [arXiv:1208.3961]				
履修上の注意	理学部数学科3年Sセメスターまでの必修講義、「代数学 II」「代数学特別演習 II」および「幾何学 II」「幾何学特別演習 II」の内容は予備知識として仮定する。それ以外は必要に応じて講義内で説明する。				
901-66	数理科学特別講義 XII	2	S	選択	伊藤 敦
講義題目	アーベル多様体上の M- 正則性について M-regularity on abelian varieties				
授業の目標・概要	射影空間における Castelnuovo–Mumford 正則性の類似として、Pareschi-Popa はアーベル多様体上の層に対し M- 正則性という概念を導入した。M- 正則性は層の大域切断生成性などを示す際に有用であるが、最近 Pareschi-Jiang により導入された Q 捻れ層に対する M- 正則性を用いることで、より精密な議論ができるようになった。本講義ではこれらの話題について解説する。				
授業のキーワード	アーベル多様体, M- 正則性				
授業計画	講義内容、講義の順番は変更する可能性がある： <ol style="list-style-type: none"> 1. アーベル多様体の基礎 2. M- 正則性 3. Q 捻れ層に対する M- 正則性 4. M- 正則性の応用例 5. 基底点自由性閾値の計算例 				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	成績評価方法 レポート 50%, 講義への参加状況 50%				
教科書	特に指定しない。				
参考書	講義中に紹介する。				
履修上の注意	代数幾何学の基礎を仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-67	数理科学特別講義 XIII	2	A	選択	本多 尚文
講義題目	Subanalytic site 上の層とチェックドルボーコホモロジー Sheaves on subanalytic site and Cech-Dolbeault cohomology				
授業の目標・概要	<p>解析学ではリーマンヒルベルト対応関手における緩増大正則関数や漸近展開理論におけるホイットニー正則関数のように重要であるが（古典的な）層をなさない対象がしばしば現れる。Subanalytic site 上の層の理論とは、このような対象を層のように扱うことを可能にする理論であり、この理論を用いることで層の超局所解析と類似の解析がこれらの対象にも可能となる。</p> <p>また、数学に現れる重要な対象はしばしば層係数局所コホモロジー群によって記述される。例えば佐藤超関数や種々の局所特性類はその代表的なものである。層係数局所コホモロジーは層の単射分解という極めて超越的な対象を利用して計算されるため、具体的な取り扱いに困難を伴うことが多い。チェックドルボーコホモロジー理論を用いると、層係数局所コホモロジーを例えば無限回微分可能関数層のような軟層を用いて計算が可能となり、具体的な取り扱いが平易で自然なものとなる。例えば、この理論を佐藤超関数に用いると、佐藤超関数の積分を極めて平易で自然に扱うことができ、また、今までの枠組みでは得られなかった佐藤超関数の操作の大域的表現が得られる。</p> <p>本講義は、まず、これら subanalytic site 上の層の理論とチェックドルボーコホモロジー理論を学習する。続いて、チェックドルボーコホモロジー理論を subanalytic site 上の層に対しても展開する。最終的に、subanalytic site 上の層の局所コホモロジー群をチェックドルボーコホモロジー理論で扱えるようになることを目標とする。</p>				
授業のキーワード	sheaves, subanalytic site 上の層, 局所コホモロジー群, チェックドルボーコホモロジー, 代数解析, 佐藤超関数, 超局所解析				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 歴史と背景（代数解析との関連） 2. Subanalytic sets 3. 導来関手 4. 古典的な層とその操作 5. 構成可能層 6. 層係数局所コホモロジー群 7. Subanalytic site 上の層とその操作 8. 緩増大正則関数層とホイットニー正則関数層 9. Subanalytic site 上の局所コホモロジー群 10. チェックドルボーコホモロジー理論 11. チェックドルボーコホモロジー理論の超関数論への応用 12. Subanalytic site 上のチェックドルボーコホモロジー理論 13. 緩増大正則関数層へのチェックドルボーコホモロジー理論の応用 				
授業の方法	講義で行う				
成績評価方法	出席とレポートで評価する				
教科書	授業の最初に提示する				
参考書	授業の最初に提示する				
履修上の注意	基本的な代数と解析の知識は仮定する。基本的に必要な知識は授業で適宜補う。予習は必要ないが復習は十分に行うこと。				
901-72	数理科学基礎セミナー I	8	通年	◎選択必修	各教員
講義題目	セミナーは各指導教員のもとで随時行われます。				
901-73	数理科学基礎セミナー II	8	通年	◎選択必修	各教員
講義題目	セミナーは各指導教員のもとで随時行われます。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-74	数理科学広域演習 I	2	A	選択	WILLOX RALPH、河東 泰之、河野 俊丈
講義題目	Mathematical Writing & Communication				
授業の目標・概要	<p>Mathematical writing has been an essential part of the mathematical enterprise almost since the very beginning. It therefore takes place in a cultural context that is quite specific to mathematics, steeped in tradition and with its own conventions. Fortunately, this rather special cultural context makes that, with sufficient practice, mathematical writing skills can be acquired quite easily by anyone sufficiently motivated. The importance of oral communication in mathematics is something that has been recognized only more recently. This however does not make oral presentation skills any less important for a mathematician than traditional writing skills.</p> <p>The main emphasis of this course will be placed on understanding the general publishing culture in mathematics, as well as the structure and basic construction of a 'well-written' mathematics paper and a 'clear' and well-organized mathematics presentation. This will include explanations of mathematical vocabulary and special usage, but given the enormous proliferation of sub-fields and specific jargon we have seen over the last decades, these explanations will only concern basic elements common to all or most fields in mathematics.</p>				
授業のキーワード	数学、執筆、出版、査読、原稿、プレゼンテーション				
授業計画	<p>October 2 (Wed・5) WILLOX Ralph [Intro/Guidance] October 9 (Wed・5) KAWAHIGASHI Yasuyuki [Publication basics] October 16 (Wed・5) WILLOX Ralph [Manuscript writing] October 23 (Wed・5) KAWAHIGASHI Yasuyuki [Publication basics] October 30 (Wed・5) KAWAHIGASHI Yasuyuki [Publication basics] November 6 (Wed・5) KAWAHIGASHI Yasuyuki [Publication basics] November 11: submission deadline for first draft of paper November 20 (Wed・5) WILLOX Ralph [Manuscript writing] November 25: submission deadline for referee report December 4 (Wed・5) WILLOX Ralph [Manuscript writing] December 9: submission deadline for final version of paper December 11 (Wed・5) KOHNO Toshitake [Oral presentation] December 18 (Wed・5) KOHNO Toshitake [Oral presentation] December 25 (Wed・5) KOHNO Toshitake [Oral presentation] January 8 (Wed・5) KOHNO Toshitake [Oral presentation] January 15: submission deadline for final version of slides</p>				
授業の方法	Lectures will be in English but queries or questions from students and responses from the lecturers to those queries can be in Japanese.				
成績評価方法	The evaluation method will be explained in detail during the first lecture, but it will be based on a term paper project, one or two short referee reports concerning those papers, and a short presentation of the paper at the end of the lecture cycle.				
教科書	/				
参考書	"A Primer of Mathematical Writing, Second Edition", Steven G. Krantz (2016) https://arxiv.org/abs/1612.04888				
履修上の注意	<p>For FoPM students only. (Although this is a required course for FoPM students, please be aware that a large part of the course is very mathematics-centered and might not be suitable if your main discipline is different from mathematics.)</p> <p>Each lecture will be 105 minutes. In principle, lectures will be given in person at Komaba campus but some lectures might be online due to scheduling conflicts (in which case the online modalities will be announced in advance).</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-86	数理科学講究 I	6	通年	◎選択必修	各教員
講義題目	セミナーは各指導教員のもとで随時行われます。				
901-87	数理科学講究 II	6	通年	◎選択必修	各教員
講義題目	セミナーは各指導教員のもとで随時行われます。				
901-88	数理科学講究 III	6	通年	◎選択必修	各教員
講義題目	セミナーは各指導教員のもとで随時行われます。				
901-91	統計財務保険特論 I	2	S	選択	長山 いづみ
講義題目	デリバティブの価格付け理論 (Derivative Pricing theory)				
授業の目標・概要	<p>銀行や証券会社などの金融機関では、デリバティブと呼ばれる金融商品が取り扱われている。これらの商品の妥当な価格は、それに関連する株価や為替、金利などの市場変動に確率モデルを仮定することで、算出されている。</p> <p>本講義ではまず、ポートフォリオ、デリバティブ等の金融用語の説明をはじめ、ファイナンスにおける基本的事項について解説する。そのうえで、デリバティブ価格を求めるための確率モデルが満たすべき性質、価格導出の原理などを考察する。これにより、新しい金融商品を考案したり、それを評価するための確率モデルを立て、価格を導出する上で必要となる基本事項を習得することを目標とする。</p> <p>なお、デリバティブの価格付けの原理を理解することを主目的とするため、離散時間モデルにおける説明を丁寧に行い、連続時間モデルについてはモデルの考え方の説明と主たる結果の紹介にとどめる。</p> <p>Financial institutions such as banks and securities companies handle financial products called derivatives. Reasonable prices for these products are obtained by assuming a stochastic model for market fluctuations in underlying asset prices.</p> <p>In this lecture, after explaining the basic matters in finance, we will explain the properties that should be satisfied by the stochastic model for obtaining the price of derivatives and the principle of price derivation.</p> <p>The purpose of this lecture is to correctly understand the principle of pricing. The theorems are carefully proved in the framework of the discrete-time model which is easy to understand.</p> <p>For the continuous-time model, we omit the detailed proof and only explain the concept of the model and introduce the main results.</p>				
授業のキーワード	<p>配当, 証券価格, オプション, アメリカンデリバティブ, ヨーロピアンデリバティブ, 先渡し価格, 先物価格, ポートフォリオ戦略, 自己資本的, 完備, 同値マルチンゲール測度, ニューメレール, 状態価格デフレーター, デフレーター, 無裁定, 裁定機会, 確率積分, 測度変換, 伊藤の公式, ブラックーショールズモデル, 二項モデル, 期待値, 条件付き期待値, ブラウン運動, 表現定理, 凸集合, 分離定理,</p>				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 株式、債券、為替などの基本的な有価証券、および、代表的なデリバティブの商品性の説明 2. 最も単純なモデルを使って、無裁定の考え方とデリバティブの価格付けのアイデアを説明 3. 一般的な離散時間モデルの説明 4. 離散時間モデルにおける第一基本定理（モデルが無裁定であるための必要十分条件） 5. 複製ポートフォリオの考え方と、完備なモデルについて 6. 離散時間モデルの第二基本定理（無裁定なモデルが完備であるための必要十分条件） 7. 離散時間の完備なモデルにおけるデリバティブの価格付けの原理 8. 離散時間の非完備モデルにおけるデリバティブ価格 9. 連続時間モデルについて 				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
授業の方法 成績評価方法 教科書 参考書	講義形式 期末の課題レポート 「数理ファイナンス」楠岡成雄／長山いづみ（東京大学出版会） ファイナンスの問題の背景や用語の意味を知るためには、ジョンハル著の日本語訳「フィナンシャルエンジニアリング」（きんざい）など 確率解析の参考書としては、楠岡成雄 著「確率解析」（知泉書館）				
履修上の注意	予備知識として、確率論を学んでいることが望ましい。 各講義の前に前回の内容の筋道を確認しておき、講義後は理解に漏れがないか復習しておくことが望ましい。				
その他	質問は、講義中や講義直後の昼休みに対応します。また、メールでの質問はいつでも歓迎します。				
901-92	統計財務保険特論 II	2	A	選択	長山 いづみ、吉田 朋広
講義題目	貨幣的効用関数／リスク尺度 (Monetary Utility Function / Risk Measure)				
授業の目標・概要	保険会社においては、適切な保険料を算出すること、また、金融機関においては、資産・負債価値の変動リスクを適切に把握することが必要である。前者には貨幣的効用関数が、後者にはリスク尺度が応用されるが、これらは符号の違いだけで本質は同じである。 本講義では、貨幣的効用関数の考え方や性質を理解することを目的とする。 なお、アクチュアリー資格試験に対応するものではないので注意されたい。 It is necessary for insurance companies to calculate appropriate insurance premiums, and for financial institutions to appropriately grasp fluctuation risks of asset and liability values. A monetary utility functions are applied to the former, and a risk measures are applied to the latter, but they are essentially the same, just with different signs. The purpose of this lecture is to understand the concept and properties of the monetary utility function. Please note that this class is not related to the qualification exam for actuaries.				
授業のキーワード	リスク尺度, 貨幣的効用関数, ポートフォリオ理論, CAPM, バリュアットリスク, 平均, 分散, 資産, 負債, 法則不変, 凹性, 分離定理, 確率変数, 分布測度, 線形汎関数, 金利, キャッシュフロー, 現在価値, デュレーション				
授業計画	1. 保険会社や金融機関におけるリスクなど, 問題の背景説明 2. 1 期間のポートフォリオ理論 3. CAPM 4. 貨幣的効用関数とその性質 5. 確定キャッシュフローの現在価値とリスク 6. 保険のモデル				
授業の方法 成績評価方法 教科書 参考書	講義形式 期末の課題レポート 指定はありません。必要に応じて講義資料を ITCLMS にアップします。 金融におけるリスクの考え方や実務的問題背景については、ジョン ハル著「フィナンシャルエンジニアリング」きんざい など 保険におけるリスクの考え方や問題背景については、田中周二 著「保険リスクマネジメント」日本評論社 など				
履修上の注意	予備知識として、確率論を学んでいることが望ましい。 各講義の前に前回の内容の筋道を確認しておき、講義後は理解に漏れがないか復習しておくことが望ましい。				
その他	質問は、講義中や講義直後の昼休みに対応します。また、メールによる質問はいつでも歓迎します。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-93	統計財務保険特論 III	2	S	選択	山内 恒人、並川 敦宏、岩沢 宏和
講義題目	保険理論				
授業の目標・概要	<p>生命保険・年金・損害保険の3つの話題について、実務に携わる3人の講師により講義を行っていく。それぞれの講義の目標・概要は以下の通り</p> <p>生命保険：生命保険の基本的な商品類型を通して、生命保険の契約についての概論をなす。そのため、生命保険商品についての概要を説明し、契約の基礎ならびに生命保険契約の契約法上の特性についても説明する。</p> <p>年金：われわれの老後の生活を支える年金制度について、公的年金・企業年金・個人年金の概要と、その基礎となる年金数理を実務に即して解説する。また、年金資産運用についても年金負債との関連性を意識しつつ論じる。</p> <p>損害保険：損害保険数理の成り立ちを、生命保険数理とも比較しながら紹介する。特に、損害保険契約の特徴や、確率・統計に関する理論・技術の発展の歴史に着目した解説を行う。</p>				
授業のキーワード	生命保険, 損保数理, 再保険, 支払備金, 損害保険, 退職給付会計, 年金 A L M, 個人年金, 企業年金, 公的年金, 年金, 生命保険数学, 判例, 保険法, 契約				
授業計画	<p>講師</p> <p>山内 恒人 並川 敦宏 岩沢 宏和</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 生命保険商品と登場人物 2. 保険法概説1 契約の成立・効力 3. 保険法概説2 契約の履行 4. 保険法概説3 契約の終了 5. 生命保険の今後の広がりまとめ 6. 様々な年金制度 7. 年金数理の考え方、基礎率、現価 8. 年金財政運営 9. 年金財政と退職給付会計 10. 年金資産運用と年金 A L M 11. 損害保険契約の特徴 12. 損保数理のはじまり 13. 計算機の発達と損保数理 14. ベイズ統計学と損保数理 15. データサイエンスと損保数理 <p>分野別の講義日程（予定）は次の通りです。</p> <p>生保（山内）4/9, 4/16, 4/23, 4/30, 5/14, 年金（並川）5/21, 5/28, 6/4 損保（岩沢）6/11, 6/18, 6/25, 7/2, 7/9</p>				
授業の方法	<p>基本的に対面形式です。</p> <p>4月9日（火）は対面形式（駒場、数理科学研究科棟）で開講します。</p> <p>それ以後は、オンライン（オンデマンドを含む）で行うこともあります。</p> <p>Zoom URL は変更の可能性がありますので、開講前にご確認ください。</p> <p>また、[ITC-LMS] https://itc-lms.ecc.u-tokyo.ac.jp/ の講義情報もご注意ください。</p>				
成績評価方法	出席点およびレポートによる				
教科書	授業中に資料を配布する				
参考書	特に指定しない				
履修上の注意	-				
その他	推奨科目				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-94	統計財務保険特論 IV	2	A	選択	増田 弘毅
講義題目	レヴィ駆動型確率微分方程式モデルの統計推測 Statistical Inference for Lévy driven SDE				
授業の目標・概要	レヴィ過程、確率積分、確率微分方程式 (SDE) の基礎事項から入る。SDE モデルの統計推測に関するいくつかのトピックについて、その背後にある汎用的な理論とともに解説する。さらに YUIMA パッケージを用いたシミュレーションも扱う。YUIMA パッケージは確率過程に対する統計推測およびシミュレーションのための R パッケージである。YUIMA をつうじて確率過程の統計学の先端的な結果を利用できる。 We start with the basics of Lévy processes, stochastic integration and stochastic differential equations (SDEs). The lecture covers several topics related to statistical inference of SDE models, together with the general theory behind them. In addition, simulations using the YUIMA package, an R package for statistical inference and simulation of stochastic processes, will be demonstrated, giving access to advanced results in the statistics of stochastic processes via YUIMA. (Partly translated with DeepL)				
授業のキーワード	確率過程、確率積分、確率微分方程式、ウィーナー過程 (ブラウン運動)、複合ポアソン過程、レヴィ過程、擬似尤度解析、統計的モデル評価、YUIMA パッケージ				
授業計画	<ul style="list-style-type: none"> ・無限分解可能分布とレヴィ過程 ・確率積分、確率微分方程式 (SDE) ・SDE モデルの統計推測：擬似尤度解析 ・YUIMA パッケージ: 確率微分方程式のオブジェクト化、サンプルパスの擬似生成(シミュレーション)、パラメータ推定 				
授業の方法	zoom の URL は LMS に掲載する。対面で実施する場合は、事前にアナウンスする。				
成績評価方法	レポートによる。詳細は講義中および LMS でアナウンスする。				
教科書	とくに指定しない。				
参考書	Applebaum, D. "Lévy Processes and Stochastic Calculus, 2nd edition", Cambridge University Press, 2009. Iacus, S.M. and Yoshida, N. "Simulation and inference for stochastic processes with YUIMA. A comprehensive R framework for SDEs and other stochastic processes", Springer, 2018.				
履修上の注意	その他にも講義中に適宜紹介する。 統計的漸近理論の入門事項を扱う「確率統計学 II+ 数理統計学」を履修済みであることが望ましい。また、講義の例証部分については YUIMA を用いてシミュレーションを実行することが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-95	統計財務保険特論 V	2	S	選択	小池 祐太
講義題目	線形推測の基礎 Linear statistical inference				
授業の目標・概要	数理統計学の入門講義。線形推測の基礎について解説する。ここでは統計手法の羅列ではなく、それらの根拠の一つとなる分布論的考察をする。多変量解析のいくつかの手法も扱う予定である。 As an introduction of mathematical statistics, we treat basic linear statistical inference. We will not enumerate statistical methods but consider their theoretical foundations. We will also deal with several methods in multivariate analysis.				
授業のキーワード	確率空間、多変量解析、判別分析、主成分分析、分散分析、重回帰分析、仮説検定、ガウス・マルコフモデル、F 分布、t 分布、射影行列、一般化逆行列、多変量正規分布、確率変数の変換と確率密度関数、多変量分布、特性関数と積率、期待値、確率分布、確率変数				
授業計画	1. 多変量分布 確率分布、多変量正規分布、変数変換と確率密度関数 2. 線形推測論 一般化逆行列、射影行列、カイ 2 乗分布、F 分布、ガウス・マルコフモデル、仮説検定、重回帰分析、分散分析 3. 多変量解析のいろいろな方法 主成分分析、判別分析				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	講義の内容は、基本的には、吉田朋広：数理統計学 第 7 刷 朝倉書店 2016 に沿って行う。講義ノートを配布する予定である。				
参考書	Anderson, T. W.: An Introduction to Multivariate Statistical Analysis (3rd edition). Wiley, 2003. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: The Elements of Statistical Learning, 2nd ed. Springer, 2009. 杉山将・井出剛・神蔦敏弘・栗田多喜夫・前田英作 監訳, 井尻喜久 他訳. 統計的学習の基礎 (原著第 2 版) : 共立出版, 2014. Mohri, M., Rostamizadeh, A., Talwalkar, A. Foundations of Machine Learning (2nd edition). The MIT Press, 2018. Shalev-Shwartz, S., Ben-David, S. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. Cambridge University Press, 2014. Rao, C.R.: Linear statistical inference and its applications. 2nd ed. Wiley 1973. 奥野 忠一 他訳 統計的推測とその応用 (原著第 2 版) : 東京図書, 1977. 山本拓 : 計量経済学 (第 2 版) : 新世社, 2022. 吉田朋広 : 数理統計学 第 7 刷 朝倉書店, 2016.				
履修上の注意	測度論 (ルベーグ積分論) の基本的内容については学習済みであることを前提とする。確率分布の取り扱いについては確率統計学基礎で詳しく述べられる。R などの統計ソフトウェアを使ってデータ解析を自ら行うことが好ましい。				
その他	質問は講義中、講義終了後あるいはそのときにアポイントメントをとってください。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-96	統計財務保険特論 VI	2	A	選択	吉田 朋広
講義題目	セミマルチンゲールの理論				
授業の目標・概要	確率過程の統計学、保険数理、臨床統計では様々な確率過程がモデリングとデータ解析に用いられる。本講義では広範な応用を持つセミマルチンゲールに関して、基礎理論を解説する。				
授業のキーワード	確率過程の統計学、セミマルチンゲール、確率微分方程式、レビ過程				
授業計画	セミマルチンゲールの基礎理論。Doob-Meyer 分解、コンペンセイター、セミマルチンゲール、可予測時間、局所マルチンゲールの分解可能性、セミマルチンゲールに関する確率積分、2次変動過程、purely discontinuous local martingale、ランダム測度、局所特性量、セミマルチンゲールの標準表現について解説する。 (数理大学院・理学部数学科共通講義)				
授業の方法	講義				
成績評価方法	レポート				
教科書	-				
参考書	講義中に紹介する				
履修上の注意	確率統計学 XE の履修を勧める。講義の内容や順序は進度に応じて調整する。				
その他	講義時間以外での質問は講義終了後あるいはそのときにアポイントメントをとってください。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-98	統計財務保険特論 VIII	2	A	選択	青沼 君明
講義題目	統計財務保険特論 VIII / Statistics Finance Actuary VIII				
授業の目標・概要	<p>ビジネスの世界では、企業の経営判断、事業プランの作成などの分野において、データ解析を用いた経営を「見える化」するは欠かせないスキルとなっている。また、世界的に見てもデータ・サイエンティストのニーズが極めて高くなっており、経営を「見える化」するスキルは、今後のビジネスパーソンにとっては必要不可欠となっている。また、企業がビジネスを展開する上で、取引相手先の倒産、為替水準の変化、原材料コストの変化といったリスクを無視することはできない。倒産の可能性がある企業に対しては、例えば取引量を減らす、売掛金の回収期間を短くする、粗利を上げる、引当金を多くするなどの方法がとられる。また、為替リスクや原材料のコストなどをコントロールするためには、金融商品などが活用される。リスク・マネジメントとは、例えば経済のシナリオを想定して、将来のリスクを計量化し、そのリスクに対応するための引当金の計上、さらには引当金でカバーできない場合のリスク回避方法などを検討し、企業にとっての目標リターンを最小のコストで達成するための解決策を導くためのものである。この授業では、実務の例を用いながら、こうしたスキルの向上を目指す。</p>				
授業のキーワード	データ解析、取引相手先の倒産・為替水準の変化・原材料コストの変化といったリスクの評価とリスク・コントロールの方法、リスク・マネジメント				
授業計画	<p>Zoom によるオンライン授業で開催</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 金利とイールド・スプレッド:①無リスクな割引債価格, ②単利と連続複利, ③スポット・レート, ④フォワード・イールド, ⑤金融商品の価格付け, ⑥マルチンゲールの定義, ⑦イールド・スプレッド (2) リスク・マネジメントとは何か:①リスクとは, ②個人と企業のリスク・マネジメント, ③リスク量の計測, ④ BIS 規制, ⑤プロジェクトのリスク評価 (3) 信用リスクとは:①信用リスクと市場リスクの違い, ②信用リスクの計量, ③リスク・ホライズン, ④デフォルト確率と生存確率, ⑤条件付き確率の定義, ⑥ハザード率 (4) デフォルト確率の推定:①デフォルト実績からのデフォルト確率の推計, ②モデルの良さ(適合度)の判定, ③統計分析によるデフォルト確率の推定 (5) デフォルト確率の推定:④リスク・ファクターが2つ以上ある場合, ⑤共線性 (6) 誘導モデル:①信用リスクを評価するための要因, ②回収率の定義, ③ Duffie and Singleton モデル, ④指数ハザード・タイプ, ⑤指数分布の無記憶性 (7) 誘導モデル:⑥ワイブル分布, ⑦確率プロセスとマルコフ連鎖, ⑧吸収マルコフ連鎖 (8) 誘導モデル:⑨格付推移確率の分解, ⑩非斉時的マルコフ連鎖, ⑪ JLT モデル (9) 構造モデルとオプション・アプローチ:①コール・オプションとしての株式, ②実際のデフォルト確率の推定, ③プット・オプションとしての債券や信用スプレッド (10) 同時デフォルト確率とデフォルト相関:①同時デフォルト, ②デフォルト確率の相関, ③資産価値生成モデル, ④資産相関とデフォルト相関 (11) ポートフォリオの信用リスク:①無相関なポートフォリオの信用リスク, ②相関のあるポートフォリオの信用リスク, ③ VaR と CTE (12) リバースモーゲージ:①リバース・モーゲージとは?, ②リバース・モーゲージ特有のリスクと問題点, ③新リバース・モーゲージの商品内容, ④新リバース・モーゲージのモデル化, ⑤新リバース・モーゲージのビジネス性の評価 (13) 証券化商品:①サブプライムローンとは何か, ② CDO の定義, ③ CDO の基本スキーム <p>オンライン授業</p> <p>https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/j/88965794096?pwd=Dgt4uBzwp0bJCTnLycUguriuzyJfrO.1 ミーティング ID: 889 6579 4096 パスコード: 236719</p> <p>モデル構築、評価、さらにはそれらを用いたリスクコントロールの具体的な方法、金融理論(確率論、数理計画法、統計学 etc)などを実用化するためのプロセスなどを学ぶ。金融数理という名前ではあるが、ここで学ぶモデルは必ずしも金融機関向けということではなく、全企業共通の概念であり、ビジネスに直結した領域である。</p>				
授業の方法					

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
成績評価方法	成績はレポートで評価。レポートは、形式的な計算や証明ではなく、経営上の実際の問題を想定し、経営者の立場で自分なりの戦略を立案する形式の問題となる。				
教科書	レジュメ、Excel による演習課題とその解答例を配布				
参考書	青沼君明・市川伸子, 『Excel で学ぶ 金融統計の基礎』, 金融財政事情研究会, 2009 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ VaR』, 金融財政事情研究会, 2009 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ 信用リスク評価の基礎』, 金融財政事情研究会, 2010 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel で学ぶ 確率統計の基礎』, 金融財政事情研究会, 2010 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ 金融数学の基礎』, 金融財政事情研究会, 2011 年 青沼君明・市川伸子, 『Excel で学ぶフォワード・ルッキングの基礎』, 金融財政事情研究会, 2013 年 青沼君明, 『企業数理のすべて ―プランニングからリスクマネジメントへの応用―』, 金融財政事情研究会, 2014 年				
履修上の注意	モデルの実務的な意味を解釈し、プログラム実装方法について復習し理解すること。 数学や金融理論をどのように実務で適用するかに興味があり、Excel 等による実装に興味がある学生。				
関連ホームページ	https://www.meiji.ac.jp/mbs/faculty/AONUMA_Kimiaki.html				
その他	現職：明治大学大学院 グローバルビジネス研究科（教授） 大阪大学大学院基礎工学研究科				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-99	統計財務保険特論 IX	2	S	選択	青沼 君明
講義題目	統計財務保険特論 IX / Statistics Finance Actuary IX				
授業の目標・概要	<p>経営には、将来キャッシュフローの評価、為替が1円変化した場合に収益に与える影響分析、経済データに基づく将来の売り上げ予測など、データによる経営を「見える化」する力が必要不可欠となる。この授業では、以下の様な今後のビジネスパーソンにとって必要不可欠なスキルとなっている、データ解析、リスク・マネジメント、キャッシュフロー評価モデル、感応度分析といった理論と、EXCELでの実装方法の習得を目指す。</p> <p>①経営分析で不可欠な将来キャッシュフローの現在価値について、将来キャッシュフローにリスクを考慮した場合、様々な金利の定義の違いを考慮した場合、さらには金利の不確実性を考慮した場合などについて比較検討し、評価ツールを実装する。</p> <p>②ビジネスとしての収益、リスクなどの価値を評価するための基本モデルと実装方法について学ぶ。</p> <p>③経営分析で必要となる、経済指標を用いた企業収益の推定モデル、感応度の評価モデルなどを実装する。</p> <p>④資金調達、事業性評価モデル、リスク・コントロールの基本を学ぶ。</p> <p>⑤実務のデータをEXCELの分析ツールを使って解析する。</p>				
授業のキーワード	データ解析、リスク・マネジメント、キャッシュフロー評価モデル、感応度分析				
授業計画	<p>Zoomによるオンライン授業で開催</p> <p>(1) 金融と金融市場：①ビジネスリスクと投資判断</p> <p>(2) 金融と金融市場：②世帯別所得金額の分析，③基本統計量，④正規分布と対数正規分布</p> <p>(3) 将来キャッシュフロー（株式と債券）：①無リスクな割引債価格，②DCF法(Discounted Cash Flow法)</p> <p>(4) 将来キャッシュフロー（株式と債券）：③収益率，④株価対数収益率の計算，⑤株価時価総額，⑥金利とキャッシュフロー，⑦利付債</p> <p>(5) 株式とCAPM理論：①相関とポートフォリオ，②共分散と相関係数，③平均分散モデル</p> <p>(6) 株式とCAPM理論：④ポートフォリオの収益率，⑤ポートフォリオのリスク最小化，⑥有効フロンティアと資本市場線，⑦CAPMの導出</p> <p>(7) リスクとヘッジ：①フォワード契約（先渡契約）によるリスクコントロール，②フューチャーとは</p> <p>(8) リスクとヘッジ：③オプションによるリスクコントロール，④フューチャーとオプションの違い</p> <p>(9) 資金調達とリスク評価：①資金調達と現在価値，②倒産確率が資金調達に与える影響，③調達コスト</p> <p>(10) リスク・コントロールとスワップ取引：①デリバティブの利用目的，②スワップを用いたリスクコントロール</p> <p>(11) リスク・コントロールとスワップ取引：③スワップ・レートの計算</p> <p>(12) 確率とリスク評価：①マルコフ過程，②格付推移確率行列，③将来の倒産確率の推定</p> <p>(13) 2項分布：①ヘルヌーイ分布と二項モデル</p>				
授業の方法	<p>オンライン授業</p> <p>https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/j/89870856983?pwd=HNHnWACG0bcGOcFF6DfKybKsY0yJQK.1</p> <p>ミーティング ID: 898 7085 6983</p> <p>パスコード: 664213</p> <p>モデル構築、評価、さらにはそれらを用いたリスクコントロールの具体的な方法、金融理論（確率論、数理計画法、統計学 etc）などを実用化するためのプロセスなどを学ぶ。金融数理という名前ではあるが、ここで学ぶモデルは必ずしも金融機関向けということではなく、全企業共通の概念であり、ビジネスに直結した領域である。</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
成績評価方法	成績はレポートで評価。レポートは、形式的な計算や証明ではなく、経営上の実際の問題を想定し、経営者の立場で自分なりの戦略を立案する形式の問題となる。				
教科書	レジュメ、Excel による演習課題とその解答例を配布				
参考書	青沼君明・市川伸子, 『Excel で学ぶ 金融統計の基礎』, 金融財政事情研究会, 2009 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ VaR』, 金融財政事情研究会, 2009 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ 信用リスク評価の基礎』, 金融財政事情研究会, 2010 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel で学ぶ 確率統計の基礎』, 金融財政事情研究会, 2010 年 青沼君明・村内佳子, 『Excel&VBA で学ぶ 金融数学の基礎』, 金融財政事情研究会, 2011 年 青沼君明・市川伸子, 『Excel で学ぶフォワード・ルッキングの基礎』, 金融財政事情研究会, 2013 年 青沼君明, 『企業数理のすべて ―プランニングからリスクマネジメントへの応用―』, 金融財政事情研究会, 2014 年				
履修上の注意	モデルの実務的な意味を解釈し、プログラム実装方法について復習し理解すること。 数学や金融理論をどのように実務で適用するかに興味があり、Excel 等による実装に興味がある学生。				
関連ホームページ	https://www.meiji.ac.jp/mbs/faculty/AONUMA_Kimiaki.html				
その他	現職：明治大学大学院 グローバルビジネス研究科（教授） 大阪大学大学院基礎工学研究科				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-101	統計財務保険特論 XI	2	S	選択	竹内 正弘
講義題目	数理統計解析法入門 I Translational Statistics I				
授業の目標・概要	<p>新規医療療法を患者の手元に提供する為には、臨床試験を実施しデータ収集が求められている。集積されたデータより、医療療法の有効性、安全性を確認する為には統計解析結果が求められる。本講義を通して、臨床試験について、構成、デザイン、統計解析方法、統計学的検定、を理解し、収集されたデータ解析に直面する数理的考察を議論する。特に、Sセメスターでは、抗がん剤の臨床試験に焦点をあて、データ解析実施の際の数理的課題を掌握し、解決方法について考察を行う。</p> <p>It is required to conduct clinical trials to obtain clinical data. The reason required to conduct clinical trials is to show efficacy and safety of the medical therapies based on the results derived from statistical analyses for the clinical data. The lectures will focus on design, statistical analyses, statistical inference on the data analyses of clinical trial data. Specially mathematical statistical analyses on the clinical trials of oncology therapies will be reviewed and discuss the related issues.</p>				
授業のキーワード	-				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basic Concept of Clinical Trial I 2. Basic Concept of Clinical Trial II 3. Basic Concept of Clinical Trial III 4. Application of Statistical Analysis to Clinical trial to Oncology Drug 5. Basic Concept of Survival Analysis 6. Mathematical Survival Analysis 7. Example of Survival Analysis 8. Challenge of Oncology Drug Development 9. Topics of Clinical Trials: Data Management 10. The role of surrogate markers 11. The epidemiological data as comparison arm 12. The future direction of Oncology Clinical Trials 13. The Perspective of Translational Clinical Trials 				
授業の方法	-				
成績評価方法	レポートと出席による。				
教科書	Steven Piantadosi: Clinical Trials A Methodologic Perspective, Wiley Series in Probability and Statistics Marcello Pagano, Kimberlee Gaureau: Principles of Biostatistics, Chapman and Hall				
参考書	-				
履修上の注意	-				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-102	統計財務保険特論 XII	2	A	選択	竹内 正弘、吉田 朋広
講義題目	数理統計解析法入門 II Translational Statistics II				
授業の目標・概要	<p>通常の臨床試験では、有効性は、無作為化と臨床試験最終時点での差を有効性として推定している。しかしながら、臨床試験では、複数回定義された時刻で、有効性は反復計測されており、それぞれの時点で計測されたデータは、相関されている。また、臨床試験に参加した患者は、最終段階まで、臨床試験に参加しているとは限らず、臨床試験から、脱落する場合もあり、有効性データが欠測する。データの相関性、欠測性は、精神・神経性疾患の臨床試験の特徴になっている。講義を通して、経時データの特徴である、相関性、欠測データに焦点をあて、数理統計学的に考察される問題点を解説し、その解決方法を議論する。</p> <p>In general, the efficacy of clinical trials is estimated from the difference between the baseline value and the last observation of the clinical trials. However the efficacious endpoints will be measured several times according to the protocol over the period of the clinical trials. These observed data will be correlated and suffer from the dropout patients from the clinical trials, causing missing data issue. In addition, the magnitude of the efficacy will be relatively small particularly in neuropharm disease. In order to prove the efficacy of medical therapies, the two statistical issues, correlation among data and missing data problems will be reviewed and provide possible mathematical solutions in the lectures.</p>				
授業のキーワード	-				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. Review of Classical Clinical Trial I 2. Review of Classical Clinical Trial II 3. Concept of Translational Clinical Trial: Longitudinal Aspect I 4. Concept of Translational Clinical Trial: Longitudinal Aspect II 5. Weighted least square approach 6. Weighted least square variance estimator 7. Exponential family approach 8. Issues on exponential family approach 9. Generalized estimating equation approach 10. Generalized estimating equation approach for correlation issue 11. Review of three approaches 12. Review of Missing Data 13. Review of Longitudinal Data Analysis 				
授業の方法	-				
成績評価方法	レポートと出席による。				
教科書	Garrett M. Fitzmaurice, Nan M. Laird, James H. Ware: Applied Longitudinal Analysis, Wiley Series in Probability and Statistics Marcello Pagano, Kimberlee Gaureau: Principles of Biostatistics, Chapman and Hall				
参考書	-				
履修上の注意	-				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-105	社会数理特別講義 I	2	S	選択	高島 克幸
講義題目	暗号理論入門				
授業の目標・概要	現在の暗号技術は、情報を秘匿するのみでなく、情報の正しさ（正真性）を保証したり、通信相手の正当性を保証することにも使われる。これにより、インターネットを介して、適切な情報を、適切な通信相手に伝えることが可能になる。言い換えると、暗号は、インターネットが社会インフラとして機能するためにはなくてはならない技術であり、「社会数理特別講義 I」では、その基礎を学ぶ。特に、ここでは、暗号理論の概論から始めて、代数系の取り扱いに習熟していきつつ、インターネット通信に欠かせない公開鍵暗号・デジタル署名の基礎を習得することを目指す。				
授業のキーワード	暗号理論				
授業計画	以下の計画にしたがって、対面授業を基本とした講義を行う。受講者の理解度などに応じて演習の時間を設けたり進度を遅らせたりするので、以下の計画通りに進まないことがある。 1. 暗号理論の概要 2. 秘密鍵暗号 3. 有限体の基礎と応用（秘密分散など） 4. 公開鍵暗号（DH 鍵共有, RSA 暗号など） 5. 素数生成・離散対数・素因数分解 6. 楕円曲線暗号 7. 暗号の安全性証明 8. ハイブリッド暗号と鍵カプセル化 9. ハッシュ関数・MAC・認証付き暗号 10. デジタル署名 11. ペアリング暗号（BLS 署名, ID ベース暗号など） 12. 認証・署名の応用（PKI, TLS, ブロックチェーンなど） 13. 耐量子計算機暗号				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	課題レポートによる。				
教科書	岡本龍明「現代暗号の誕生と発展」, 近代科学社, 2019 年 D. Boneh and V. Shoup, A Graduate Course in Applied Cryptography, ver0.6, Jan. 2023 (著者のサイトからダウンロード可)				
参考書	黒澤馨「現代暗号への招待」, サイエンス社, 2010 年 森山・西巻・岡本「公開鍵暗号の数理」, 共立出版, 2011 年 J. Katz and Y. Lindell, Introduction to Modern Cryptography, 3rd edition, CRC Press, 2020 川添充著, 上野健爾監修「暗号から学ぶ代数学」, 技術評論社, 2021 年				
履修上の注意	本講義で必要な代数や計算理論の基本に関しては、講義中に導入・説明する予定だが、事前にそれらに関する基本的な知識があることが望ましい。				
その他	A 学期に開講の「数理科学特別講義 XIX（耐量子計算機暗号入門）」は本講義の続編であるので、続けて履修するのが望ましい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-109	数物先端科学 I	2	A	選択	白石 潤一
講義題目	量子トロイダル代数の表現論と量子パンルベ方程式				
授業の目標・概要	A 型の量子アフィン代数の脇本表現を構成し、その上に量子トロイダル代数の表現を誘導する。位相的頂点作用素を導入し、qKZ 方程式の積分表示、幾何学的表現論などとの関係を調べる。また、長谷川による量子 q-PVI 方程式の時間推進演算子の実現、その固有関数、				
授業のキーワード	及び、アフィンローモン空間上の Nekrasov 分配関数との関係等について説明する。				
授業計画	脇本表現、量子トロイダル代数、量子パンルベ方程式 以下の項目について説明する。 1) 量子トロイダル代数と幾何学的表現論 2) 量子アフィン代数の脇本表現 3) 位相的頂点作用素 4) アフィンローモン空間とネクラソフ分配関数 5) qKZ 方程式の積分表示 6) パンルヴェ方程式に付随するアフィンワイル群、拡大ワイル群、並進作用、ベックルント変換 7) 長谷川による神保・坂井の q-PVI 方程式の量子化 8) Shakirov 方程式				
授業の方法	講義を行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	量子群とヤン・バクスター方程式 神保道夫 (丸善出版) リー代数と量子群 谷崎俊之 (共立出版)				
履修上の注意	特になし。				
901-113	数物先端科学 V	2	A	選択	志甫 淳
講義題目	p 進コホモロジー理論				
授業の目標・概要	p-adic cohomology theory クリスタリンコホモロジーやリジッドコホモロジーなどの p 進コホモロジー理論や、それらの係数となるクリスタルに関する基礎事項と諸問題について講義する。 We give a course on the basics and problems related to p-adic cohomology theories such as crystalline cohomology and rigid cohomology, and the crystals that are their coefficients.				
授業のキーワード	対数的スキーム, クリスタリンサイト, クリスタリンコホモロジー, クリスタル, リジッドコホモロジー, 過収束アイソクリスタル				
授業計画	以下について講義することを予定しているが, 変更する可能性もある。 対数的スキーム クリスタリンサイト クリスタリンコホモロジー クリスタル リジッドコホモロジー 過収束アイソクリスタル				
授業の方法	講義形式で行う。				
成績評価方法	レポートで行う。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	講義中に紹介する。				
履修上の注意	スキーム論の基礎を仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-114	数物先端科学Ⅵ	2	S	選択	小木曾 啓示
講義題目	代数幾何学入門講義				
授業の目標・概要	層、アフィンスキーム、スキーム等の定義から始め、射影スキームの閉部分スキームのパラメータ空間である Hilbert スキームの構成をひとつの目標とする代数幾何学入門。				
授業のキーワード	Sheaf, Scheme, Cohomology of coherent sheaves, Hilbertscheme				
授業計画	最初の 1/3 はスキーム、射影スキームとその上の加群層等に関する基本的なことを、"D. Mumford, Lectures on curves on an algebraic surface (Lectures 3-6)" の流れに沿った形で解説します。中間の 2/3 は、"Mumford-Oda Algebraic Geometry II (第 7 章)" と "C. Birkar, Topics in Algebraic Geometry (第 3 章)" 等を主文献に、層係数コホモロジー群、底空間上平坦な接続層の Cohomology 群の次元の上半連続性、底変換定理 (Base change theorem) など Hilbertscheme の理解と校正に必要な部分を中心に解説する予定です。最後の 1/3 は目標である Hilbert スキームの構成と例を、"J. Kollár Rational curves on algebraic varieties (第 1 章前半)" と講義ノート "C. Birkar, Topics in Algebraic Geometry (第 4 章)" に沿って解説する予定です。				
授業の方法	講義形式で行います。講義前あるいは後に各回の講義ノートを ITC-LMS にアップロード予定です。				
成績評価方法	レポートで評価します。講義ノートの誤りの指摘、訂正、誤植の修正などもレポートとみなします。				
教科書	指定しません。				
参考書	前半 2/3 の内容は、"R. Hartshorne, Algebraic Geometry" で十分に補えます。				
履修上の注意	この本と計画欄に記した文献以外の本や論文は必要に応じて講義中に紹介します。学部 2 年次に学ぶ数学科必修科目 (代数と幾何、集合と位相、複素関数論) の基本的な部分、学部 3 年次に学ぶ代数学 I、代数学 II の基本的な部分は仮定します。学部 3 年次に学ぶ幾何学 I、幾何学 II の内容もある程度理解していることが望ましいです。				
901-115	数物先端科学Ⅶ	2	A	選択	本多 正平
講義題目	多様体の収束、崩壊とその応用				
授業の目標・概要	グロモフ・ハウスドルフ収束とリーマン幾何学の関係について講義する。また他分野 (複素幾何学、サブリーマン幾何学など) との関係も時間が許せば紹介する。なお、多様体とは程遠い例も紹介する。				
授業のキーワード	グロモフ・ハウスドルフ距離、リーマン幾何学、曲率				
授業計画	概ね以下について講義する。内容や順序を一部変更することがある。 1. グロモフ・ハウスドルフ距離 2. グロモフのコンパクト性定理 3. リーマン多様体 4. 曲率と凸性と比較幾何 5. 最適輸送理論 6. 族の関数解析 7. 応用とワイルドな例 * 6 と 7 は時間に余裕があれば扱う。				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	特に指定しない。				
参考書	講義中、必要な時に適宜紹介する。				
履修上の注意	講義は原則対面で行う。予習は必要ないが復習はした方がよい。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-116	数物先端科学Ⅷ	2	S	選択	大島 芳樹
講義題目	ケーラー多様体とその上の標準的な計量				
授業の目標・概要	ケーラー多様体について、特にリッチ平坦計量や超ケーラー計量などの標準的な計量についての講義を行う。超ケーラー計量の崩壊とモジュライ空間のコンパクト化に関する最新のトピックにも触れたい。				
授業のキーワード	ケーラー多様体, リッチ平坦計量, 超ケーラー多様体, 計量の崩壊, モジュライ空間				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. ケーラー多様体の定義・例 2. ケーラー多様体の性質, ホッジ理論 3. リッチ平坦計量, カラビ予想 4. 超ケーラー多様体 5. 超ケーラー多様体の崩壊とモジュライ空間のコンパクト化 				
授業の方法	対面での講義を予定				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	なし				
参考書	講義中に挙げる。				
履修上の注意	特になし				
901-117	数物先端科学Ⅸ	2	A	選択	三竹 大寿
講義題目	粘性解の基礎理論 - 外力付平均曲率流の Neumann 問題を題材に -				
授業の目標・概要	<p>本講義の主要なテーマは、楕円型、放物型に属する非線形偏微分方程式を解析するための方法論の一つである粘性解理論である。粘性解理論は、1980年代前半に Crandall と Lions により導入された弱解理論の一つで、最適制御理論に現れる完全非線形偏微分方程式に分類されるハミルトン・ヤコビ方程式や界面運動に現れる平均曲率流方程式を代表とする幾何学流を解析するための手段として標準的なものである。</p> <p>内容としては、粘性解理論の基礎（比較原理、存在、安定性、解公式）について学び、その上で比較的最近の話題である外力付平均曲率流の等高面方程式のノイマン境界値問題の解の漸近挙動について理解することを目指す。講義はなるべく事前の知識がなくとも理解できる内容にしたい。</p>				
授業のキーワード	粘性解理論				
授業計画	<p>到達目標</p> <ol style="list-style-type: none"> (a) 粘性解の定義と整合性について理解すること (b) 1階偏微分方程式に対する基礎理論（比較原理、解の存在、L^∞ ノルムに対する解の安定性）について証明を理解すること (c) Crandall-Ishii の補題の主張について理解して、2階偏微分方程式に対する比較原理に応用できるようになること (d) 解の表現公式について理解すること (e) 解の正則性（特に、解のリプシッツ評価）について理解すること (f) 外力付平均曲率流の等高面方程式の時間大域的リプシッツ評価と長時間挙動について理解すること 				
授業の方法	対面形式で板書。大学の方針によりオンラインを組み込む可能性がある。				
成績評価方法	レポートの提出				
教科書	特に指定しない。				
参考書	特に指定しない。				
履修上の注意	微分積分学、線形代数、ベクトル解析、常微分方程式、ルベーグ測度論などの基本知識については仮定する。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-120	社会数理先端科学Ⅱ	2	A	選択	齊藤 宣一
講義題目	産業で活用される数理科学				
授業の目標・概要	産学官から講師を招き、産業界から提供される多様な問題をプログラムの大学院生が認識できる機会を設ける。数学と他分野の連携の広さを学び、産業数理、環境数理などの分野に数学を応用できる能力を養う。				
授業のキーワード	産業数理、応用数理、環境数理				
授業計画	この年度の詳細は2024年9月頃にお知らせします。 参考のため、以下に、2023年度の実績を記します：				
	<ol style="list-style-type: none"> 10/6 (金)「社会課題解決に貢献するAIと数理科学(1/2)」(大田 佳宏、中田庸一、Arithmer 株式会社) 10/13 (金)「社会課題解決に貢献するAIと数理科学(2/2)」(大田 佳宏、中田庸一、Arithmer 株式会社) 10/20 (金)「データサイエンスにおける数学イノベーション：数学とデータサイエンスの関わりについて」(中川 淳一、日鉄総研株式会社、東京大学大学院数理科学研究科)【オンラインのみ】 10/27 (金)「数学 + 社会 = データサイエンス(上)」(ヒメネス パスクアル アドリアン、アクセンチュア株式会社) 11/10 (金)「数学 + 社会 = データサイエンス(下)」(ヒメネス パスクアル アドリアン、アクセンチュア株式会社) 11/17 (金)「量子コンピュータによる物流最適化の取り組み(1/2)」(井手貴範、株式会社アイシン) 11/21 (火)「量子コンピュータによる物流最適化の取り組み(2/2)」(井手貴範、株式会社アイシン)【オンラインのみに変更(11/17)】 12/1 (金)「タイヤメーカーにおける数理科学の活用(1/2)」(神山雅子、株式会社ブリヂストン、統計数理研究所) 12/8 (金)「タイヤメーカーにおける数理科学の活用(2/2)」(神山雅子、株式会社ブリヂストン、統計数理研究所) 12/15 (金)「企業研究所の数理工学 ～社会課題解決に向けた研究」(吉田広顕、株式会社豊田中央研究所) 12/22 (金)「企業研究所の数理工学 ～先端材料の研究」(梶田晴司、株式会社豊田中央研究所) 1/5 (金)「ネットワーク分析とその深化 - リアルを有効グラフ化し、特徴量を設計する(1/2)」(杉山聡、株式会社アトラエ)【オンラインのみに変更(1/3)】 				
授業の方法	講義資料に基づいて講義します				
成績評価方法	出席とレポート(レポートの詳細はUTOLで連絡する)				
教科書	特に指定しない。講義中に紹介する				
参考書	特に指定しない。講義中に紹介する				
履修上の注意	講義への主体席な参加(質問など)を歓迎します				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-121	社会数理先端科学Ⅲ	2	A	選択	齊藤 宣一
講義題目	社会数理実践研究				
授業の目標・概要	産業界などから提示された課題に対し、高度の数学的知見の適用や新たな数学の創造を通じて、従来の数学応用を超えた研究を行う。一つの課題に対して、一年かけて成果を出す。WINGS-FMSP と FoPM (数理学研究科) および SPRING GX (WINGS-FMSP 所属) のコース生向けのコースワークである。				
授業のキーワード	数理学				
授業計画	毎年7月にガイダンスを行い、企業や独立行政法人などの参加機関(以下、班と呼ぶ)ごとに複数の課題を説明する。 履修生は、各自で課題の一つを選び、一つの班に属する。 新しい班の活動は10月から始まる。 協働研究である一方で、各履修生には一つの課題に対してリーダーを勤めて研究を推進してもらう。 次年度の5月に中間発表、10月に成果発表を行う。さらに、成果をレター形式の論文(日本語・英語、2または4ページ)にまとめ、数理学研究科が編集する電子ジャーナル(査読あり)数理学実践研究レターに発表する。				
授業の方法	担当助教・特任助教や教育支援員と協働で、参加機関担当者のアドバイスを受けながら研究を進める。 平均的には、毎月一度の研究打ち合わせがある。 履修者には、個人の研究活動の10%以下をこの社会数理実践研究に当てることを想定している。				
成績評価方法	出席と研究打ち合わせにおける進捗報告				
教科書	指定しない				
参考書	指定しない				
履修上の注意	WINGS-FMSP のコース生は博士課程在学中に一度履修することが必修である。博士課程1年次に履修することを想定している。				
関連ホームページ	https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/wings-fmsp/subject.html				
901-122	社会数理先端科学Ⅳ	2	A	選択	齊藤 宣一
講義題目	産業界からの課題解決のためのスタディグループ				
授業の目標・概要	産業界における実際の問題に対して、さまざまな数学的アプローチを提案・検討してもらう。結果として、数理学が現実社会の難題を解決するために鍵となることを、自ら問題に取り組むことにより体験してもらう。産業界や異分野との研究者との議論、共同作業によって、専門分野に留まらないコミュニケーション力を磨く。				
授業のキーワード	産業数学、応用数学				
授業計画	初日：課題説明と班わけ 2日目から4日目：課題遂行 5日目：成果報告 詳細はUTOLを参照すること。				
授業の方法	グループに分かれてのグループワーク				
成績評価方法	出席と平常点				
教科書	特に指定しない				
参考書	特に指定しない				
履修上の注意	全日程の参加を前提とする。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-124	研究倫理 I	0.5	S	◎選択必修	河東 泰之
講義題目	研究倫理 I				
授業の目標・概要	研究倫理について学ぶ。				
授業のキーワード	研究倫理				
授業計画	開催日時は、8/8 (木) 2～4 限 を予定。 詳細は後日連絡する。				
授業の方法	オンライン形式で実施する。				
成績評価方法	出席とレポートによる。				
教科書	-				
参考書	-				
履修上の注意	学部生は必修（研究倫理）です。 学部時代に「研究倫理」を修得した学生は選択必修です。しかし、数学の研究論文執筆等で欠かせない事項についても解説するので、大学院時代にも一度は履修されることを推奨します。				
901-125	研究倫理 II	0.5	S	◎選択必修	各教員
講義題目	研究倫理 II				
授業の目標・概要	研究倫理について学ぶ。				
授業のキーワード	研究倫理				
授業計画	開催日時は、8/8 (木) 2～4 限 を予定。 詳細は後日連絡する。				
授業の方法	オンライン形式で実施する。				
成績評価方法	出席とレポートによる。				
教科書	-				
参考書	-				
履修上の注意	学部生は必修（研究倫理）です。 学部時代に「研究倫理」を修得した学生は選択必修です。しかし、数学の研究論文執筆等で欠かせない事項についても解説するので、大学院時代にも一度は履修されることを推奨します。				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-149	数理科学特別講義 X IX	2	A	選択	高島 克幸
講義題目	耐量子計算機暗号入門				
授業の目標・概要	<p>現在使われている公開鍵暗号の安全性は、素因数分解などの数学問題の困難性にに基づいている。しかし、大規模な量子計算機が実現されれば、それらの安全性が脅かされることが知られており、そのような安全性危殆化を防ぐために、新たな公開鍵暗号技術が開発されている。それらは「耐量子計算機暗号 (PQC: Post-Quantum Cryptography)」と呼ばれている。PQC では、格子、代数的整数論、多変数多項式、楕円曲線など、主に数論・代数学と関連するさまざまな数学を使って暗号技術が構成されている。</p> <p>本講義では、PQC の基礎から始めて、いくつか代表的な暗号化・署名方式について、その構成法と安全性について説明していく。</p>				
授業のキーワード	耐量子計算機暗号				
授業計画	<p>以下にしたがって対面授業を基本とした講義を行う。受講者の理解度などに応じて演習の時間を設けたり進度を遅らせたりするので、以下の計画通りに進まないことがある。</p> <p>第 1～2 回で、耐量子計算機暗号の概要を述べるとともに公開鍵暗号の基本について確認する。</p> <p>第 3～5 回で、格子問題困難性とそれに基づく格子暗号について説明する。</p> <p>第 6～8 回で、構造化格子に基づく暗号とその安全性について説明する。</p> <p>第 9～12 回で、同種写像問題困難性とそれに基づく同種写像暗号について説明する。</p> <p>第 13 回で、その他の耐量子計算機暗号 (多変数多項式暗号, ハッシュ関数署名, 符号暗号など) について説明する。</p>				
授業の方法	講義による。				
成績評価方法	課題レポートによる。				
教科書	<p>岡本龍明「現代暗号の誕生と発展」, 近代科学社, 2019 年</p> <p>C. Peikert, A Decade of Lattice Cryptography, now publishers, 2016 年 (著者のサイトからダウンロード可)</p>				
参考書	<p>縫田光司「耐量子計算機暗号」, 森北出版, 2020 年</p> <p>J. Katz and Y. Lindell, Introduction to Modern Cryptography, 3rd edition, CRC Press, 2020</p> <p>D. Boneh and V. Shoup, A Graduate Course in Applied Cryptography, , ver0.6, Jan. 2023 (著者のサイトからダウンロード可)</p>				
履修上の注意	<p>本講義で必要な代数や公開鍵暗号に関する基本に関しては、講義中に導入・説明する予定だが、事前にそれらに関する基本的な知識があることが望ましい、特に、S 学期に開講の「社会数理特別講義 I (暗号理論入門)」を既に履修済みであることが望ましい。</p>				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-150	数理代数学概論 I	2	S	◎選択必修	志甫 淳
講義題目	代数的整数論 Algebraic number theory				
授業の目標・概要	代数的整数論の入門的講義を行う。 We give an introductory course on algebraic number theory.				
授業のキーワード	代数体, Dedekind 環, 素イデアル分解, 分岐, 判別式, 類数の有限性, Dirichlet の単数定理, Dedekind ゼータ関数, 類数公式				
授業計画	以下について講義することを予定しているが, 進度により変更する可能性もある。 Dedekind 環 付値体 素イデアルの分岐 類数の有限性 Dirichlet の単数定理 Dedekind ゼータ関数と類数公式				
授業の方法	講義形式で行う。				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	なし。				
参考書	森田康夫 整数論 東京大学出版会 雪江明彦 整数論 1, 2, 3 日本評論社 加藤和也, 黒川信重, 斎藤毅 数論 I 岩波書店 河田敬義 数論 岩波書店				
履修上の注意	群論, 環論, 体論の基礎事項を仮定する。				
901-152	微分幾何学 I	2	A	◎選択必修	大島 芳樹
講義題目	リー群の基礎				
授業の目標・概要	リー群の基礎概念について入門的講義を行う。特に, リー群とリー環の対応, リー群の多様体への作用, リー群や等質空間の幾何的性質など, 具体例を多く扱いながら主に幾何的側面に比重を置いて解説する。				
授業のキーワード	リー群, リー環, 等質空間, 表現				
授業計画	1. 位相群とリー群 2. リー群とリー環の対応 3. 行列群, 古典群 4. リー群の作用, 等質空間 5. リー群の表現, 同変ベクトル束 6. 不変微分形式, 不変測度 7. コンパクトリー群, 簡約リー群の構造 8. 対称空間				
授業の方法	対面での講義を予定				
成績評価方法	レポートによる。				
教科書	なし				
参考書	講義中に挙げる。				
履修上の注意	特になし				

科目番号	科目名	単位	セメスター	必選区分	担当教員氏名
901-154	位相幾何学 I	2	S	◎選択必修	逆井 卓也
講義題目	ホモトピー論の基礎				
授業の目標・概要	位相空間のホモロジー論の基礎的知識（3年次科目の幾何学 II）を前提に、ホモトピー群に関連した位相幾何学の基本事項について解説する。				
授業のキーワード	基本群、被覆空間、ホモトピー群、ファイバー束、ファイブレーション				
授業計画	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本群と被覆空間 2. CW 複体 3. ホモトピー群 4. ファイバー束とファイブレーション 5. ホモトピー群の計算と応用 				
授業の方法	板書による講義				
成績評価方法	レポートによる				
教科書	指定しない				
参考書	講義中に提示する				
履修上の注意	数理分類番号 521				
901-156	代数構造論 I	2	A	◎選択必修	田中 公
講義題目	可換環論入門				
授業の目標・概要	代数学 II の続きとして、可換環論の基本事項、特に近代可換環論の主役である Cohen-Macaulay 環の理論について解説する。				
授業のキーワード	正則局所環, Cohen-Macaulay 環				
授業計画	<p>以下の内容を扱う予定である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ホモロジー代数導入以前の可換環論の概説 2. ホモロジー代数概説 3. 正則列, Cohen-Macaulay 環 4. 正則局所環の特徴づけ (Auslander-Buchsbaum-Serre の定理) 5. 局所コホモロジー加群、局所双対定理 				
授業の方法	黒板による講義形式で行う。				
成績評価方法	レポートによる。課題は講義中に提示する。				
教科書	なし。				
参考書	<p>[1] Michael F. Atiyah and I. G. Macdonald, 『可換代数入門』 (共立出版)</p> <p>[2] 松村英之著 『可換環論』 (共立出版)</p> <p>[3] 志甫淳著 『層とホモロジー代数』 (共立出版)</p>				
履修上の注意	学部 3 年次の代数学の知識を仮定する。				