

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：量子解析学特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Quantum Analysis）<br>担当教員：佐野 隆志                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 開講学期：後期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ</li> </ul> <p>量子情報の基本的な諸概念に慣れること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・到達目標</li> </ul> <p>量子情報理論での行列解析の最新の結果に接近すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キーワード</li> </ul> <p>量子情報、行列、作用素、固有値、不等式</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>本授業では、行列解析の応用として量子情報理論を学ぶ。なお、本授業を受講する前に、関数解析や作用素論・行列解析を既習していることが望ましい。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法</li> </ul> <p>毎回、主に量子情報理論に関する講義を行う。また、演習（発表）を行ってもらう。</p> <p>講義・日程</p> <p>第1回目 基礎力確認のため、線形代数の試験を行う。成績の悪い方は受講をご遠慮願うこともある。</p> <p>第2回目から14回目 洋書のテキストを読み進める。</p> <p>第15回目 試験とまとめ</p> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方</li> </ul> <p>講義中は、ノートをしっかり取ってください。発表ではしっかり準備してきてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> <p>講義前に、テキストに目を通しておいてください。</p> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準</li> </ul> <p>いろいろな概念を身につけ、証明を正しく読むことができること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・方法</li> </ul> <p>発表（60点）、講義ノート（20点）、レポート（20点）として評価する。</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>テキストは講義で紹介します。</p> <p>参考書：「マトリックスの世界」佐野隆志著</p> |                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：数値解析特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Numerical Analysis）<br>担当教員：方 青                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 開講学期：前期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ<br/>偏微分方程式の数値解法と数値解析</li> <li>・到達目標<br/>偏微分方程式の数値解法としての有限要素法と有限体積法の基礎となる変分法を理解し、有限要素法およびその数値解析を分かる。</li> <li>・キーワード<br/>偏微分方程式、変分法、有限要素法、有限体積法、誤差評価</li> </ul> <p>【科目の位置付け】</p> <p>この授業は、偏微分方程式に対して数値解析の観点から解を求める時の数学的な理論を提案し、具体的な数値計算例で理解を深めるものである。これはカリキュラム・ポリシー「専門分野における深化した知識の修得を目的に、各専攻において体系的な講義と演習科目を開講する。」に関連する。なお、本授業を受講する前に、偏微分方程式と数値解析学の知識を準備しておくことが必要である。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法<br/>テキストの精読を中心に講義を進め、プログラミングも併用することがある。</li> <li>・日程<br/>第1～6週：楕円型方程式の有限要素法<br/>第7～12週：楕円型方程式の有限体積法<br/>第13～15週：大規模線形システムの反復法</li> </ul> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方<br/>ノートをきちんととること。</li> <li>・授業時間外学習へのアドバイス<br/>復習や予習を積極的に行ってほしい。</li> </ul> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準<br/>レポートの実施によってどれだけ理解できているかを確認する。</li> <li>・方法<br/>レポートの成績および出席状況から総合的に評価する。</li> </ul> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>テキスト：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Claes Johnson, Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.</li> <li>(2) R. Li, Z. Chen and W. Wu, Generalized Difference Methods for Differential Equations, Marcel Dekker, New York, 2000.</li> <li>(3) C.T. Kelley, Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations, SIAM, Philadelphia, 1995.</li> </ol> |                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 授業科目名：数式処理<br>（英 語 名：Symbolic and Algebraic Computation）<br>担 当 教 員：脇 克志                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 開講学期：前期<br>単 位 数：2<br>開講形態：講義 |
| 開講対象： 地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の目的</li> </ul> <p>計算機を使った数式処理を行う時に必ず必要となるグレブナー基底を中心とする数式処理に必要な種々のアルゴリズムを身につけることを目的とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の到達目標</li> </ul> <p>多項式で生成されるイデアルとそのグレブナー基底の基本概念を理解して、グレブナー基底を利用した代数多様体の解析出来る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キーワード</li> </ul> <p>グレブナー基底、可換代数、数式処理</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>専門分野における深化した知識の修得を目的に、各専門分野において体系的な講義と演習科目を行う。（カリキュラムポリシー4）</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法</li> </ul> <p>講義によりいろいろなアルゴリズムを解説し、実際の計算機でその計算を実行して貰う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日程</li> </ul> <p>計算機を使った代数多様体構造の解析方法を以下の順次で解説する。</p> <p>第1回～第3回多項式とアファイン空間</p> <p>第4回～第6回グレブナー基底の定義とその性質</p> <p>第7回～第9回ブッフベルガーアルゴリズムによるグレブナー基底の計算</p> <p>第10回～第12回グレブナー基底による変数消去での解法</p> <p>第13回～第15回集結式と拡張定理の解説</p> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方</li> </ul> <p>授業の内容をきちんとノートにまとめて、具体的な例題を計算機で確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> <p>参考書を使って、講義の内容について更に理解を深める</p> <p>【成績の評価】（基準）</p> <p>グレブナー基底の概念をきちんと理解し、具体的な例題に対して、アルゴリズムを用いて解答できるかを評価する。</p> <p>【成績の評価】（方法）</p> <p>レポートの提出内容で評価する</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テキスト：グレブナー基底と代数多様体入門（上・下）イデアル・多様体・アルゴリズム<br/>D. コックス, J. リトル, D. オシー著</li> <li>・参考書：</li> </ul> <p>グレブナー基底1・2代数幾何と可換代数におけるグレブナー基底の有効性<br/>D. コックス, J. リトル, D. オシー著</p> |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：離散数学特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Discrete Mathematics）<br>担当教員：西村 拓士                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 開講学期：後期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ</li> </ul> 有限体について <ul style="list-style-type: none"> <li>・到達目標</li> </ul> 有限体の基礎的な性質と構造を理解する。<br>有限体に関するアルゴリズムを理解する。<br>有限体の疑似乱数や符号理論への応用について理解する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・キーワード</li> </ul> 有限体 <p>【科目の位置付け】</p> 有限体について理解する。 <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法</li> </ul> 講義形式 <ul style="list-style-type: none"> <li>・日程</li> </ul> 第1～5週：有限体の性質と構造<br>第6～10週：有限体に関するアルゴリズム<br>第11～15週：有限体の応用 <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方</li> </ul> 講義の内容を理解するよう努める。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> 講義の内容を復習したり、参考書で理解を深める。 <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準</li> </ul> レポートの内容により達成度を判断する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・方法</li> </ul> 授業の理解度をレポートで判断する。 <p>【テキスト・参考書】</p> 参考書：S.W. Golomb and G. Gong, Signal Design for Good Correlation, Cambridge<br>参考書：R. Lidl and H. Niederreiter, Finite Fields, Cambridge |                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：特異点論特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Singularities）<br>担当教員：奥間 智弘                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 開講学期：前期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |
| <p>【授業概要】</p> <p>・授業の目的</p> <p>複素 2 次元特異点に関する基礎的な知識を習得することを目的とする．</p> <p>・授業の到達目標</p> <p>基礎的な用語の意味を理解している．<br/>           基本的な具体例の特異点解消と不変量の計算ができる．</p> <p>・キーワード</p> <p>複素 2 次元特異点，特異点解消，特異点解消グラフ，極大イデアルサイクル，重複度，幾何種数，有理型得点，楕円型特異点，擬斉次特異点，サスペンション型超曲面特異点</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>理工学研究科博士後期課程（理学系）のカリキュラム・ポリシー「専門分野における深化した知識の修得を目的に，各専攻において体系的な講義と演習科目を開講する」に関連する．</p> <p>【授業計画】</p> <p>・授業の方法</p> <p>講義形式で行う．</p> <p>・日程</p> <p>主要なテーマと順序は次のとおりとする．</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1．特異点の定義</li> <li>2．2 次元特異点の例</li> <li>3．特異点解消</li> <li>4．特異点解消グラフと位相型</li> <li>5．特異点解消空間上のサイクル</li> <li>6．基本サイクルと計算列</li> <li>7．極大イデアルサイクルと重複度，埋め込み次元</li> <li>8．標準サイクルと Gorenstein 性</li> <li>9．幾何種数</li> <li>10．有理型特異点</li> <li>11．最小楕円型特異点</li> <li>12．擬斉次特異点</li> <li>13．サスペンション型超曲面特異点</li> <li>14．サスペンション型超曲面特異点の不変量の計算</li> <li>15．その他の 2 次元特異点と研究課題</li> </ol> |                                |

**【学習の方法】**

- ・受講のあり方

講義内容の理解に努める.

- ・授業時間外学習へのアドバイス

自分なりに証明をまとめる. 積極的に例の計算をする.

**【成績の評価】**

- ・基準

基礎的な用語の意味を理解し, それらに関する具体的な計算ができる.

- ・方法

平常点 50 点 + レポート 50 点

**【テキスト・参考書】**

テキスト: なし

参考書: (1) Andras Nemethi, Five lectures on normal surface singularities, Bolyai Soc. Math. Stud. 8 (1999), 269–351.

(2) 都丸正,  $C^*$ -作用をもつ複素 2 次元特異点の極大イデアルサイクルについて, 「特異点と多様体の幾何学 (2015 年 9 月)」報告集, 2016, 47–64.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：正標数の代数幾何学<br>(英語名：Algebraic Geometry in Positive Characteristic)<br>担当教員：深澤 知                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 開講学期：後期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
| <p>【授業概要】(テーマ)：正標数の代数幾何学を理解すること、特に、標数零の幾何(通常の世界)と正標数の幾何との違いについて具体的な事例とともに理解することが目的である。</p> <p>(到達目標)：実際に、正標数の曲線を扱えるようになる。</p> <p>(キーワード)：代数幾何、代数曲線、正標数、射影代数多様体</p> <p>【科目の位置づけ】この講義は、代数曲線を研究するための標数に依らない基本的手法を身につけるものである。これはカリキュラム・ポリシー「専門分野における深化した知識の修得を目的に、各専攻において体系的な講義と演習科目を開講する。」に関連する。</p> <p>本講義を受講する前に、可換環・体に関する基本的内容について習得しておくことが望ましい。</p> <p>【授業計画】(授業の方法)：講義形式で行なう。必要に応じて演習問題をレポートとして求める。</p> <p>(日程)：第1～2週：環と体の基礎事項の確認<br/>         第3～5週：平面代数曲線の基礎事項(位相、関数体、有理写像、局所的性質)<br/>         第6～7週：双対写像と双対原理<br/>         第8週：正標数の平面幾何<br/>         第9～11週：射影多様体の基礎事項<br/>         第12～第15週：正標数射影幾何とガロア点</p> <p>【学習の方法】(受講のあり方)：板書される講義内容を必ず自分のノートにまとめること。講義中に証明を完全に理解できなくとも構わないが、その場で少しでも理解できるように努めること。</p> <p>(授業時間外学習へのアドバイス)：講義で理解できなかった内容を中心に、ノートに書かれている証明をじっくり考えながら読むこと。</p> <p>【成績の評価】(基準)：代数曲線の解析方法の習熟度を評価する。</p> <p>(方法)：レポートにより評価する。</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>参考書：I. R. Shafarevich, Basic algebraic geometry, 1, Springer-Verlag, 1977.<br/>         参考書：梶原 健, 代数曲線入門, 日本評論社, 2004.<br/>         参考書: 楫 元, 標数 <math>p</math> の世界, 数理科学 1994 年 3 月号「代数幾何の広がり」, pp. 22-28.</p> |                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 授業科目名：偏微分方程式特論<br>（英語名：Advanced Lectures for Partial Differential Equations）<br>担当教員：中村 誠                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 開講学期：前期<br>単位数：2<br>開講形態：講義 |
| 開講対象：地球共生圏化学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                             |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ<br/>波動方程式の解の性質について解説する。</li> <li>・到達目標<br/>偏微分方程式の一つとしての一般論を理解すると共に、波動方程式の解の持つ特徴的な性質を調べることが出来るようになる。</li> <li>・キーワード<br/>偏微分方程式、基本解、波動方程式、初期値問題、ホイエンスの原理</li> </ul> <p>【科目の位置付け】</p> <p>本授業は偏微分方程式論への導入となっている。本授業においてしっかりとした基礎力を身に付けることが望まれる。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法<br/>板書により講義を進める。</li> <li>・日程<br/>本授業は主要なテーマと順序は次のとおりとする。学生の理解度と計算の習熟度に応じて進度を調節する。</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 波動方程式の導出</li> <li>2. 解の存在と一意性</li> <li>3. 有限伝播性とホイエンスの原理</li> <li>4. 局所エネルギーの減衰</li> </ol> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方<br/>板書をノートに取り、説明を聞く。</li> <li>・授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) レポートはレポート用紙で提出する。</li> <li>2) 宿題として指定された問題は必ず行っておく。</li> </ol> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準<br/>講義における論理と計算が理解できていることを合格の基準とする。</li> <li>・方法<br/>レポートへの取り組みにより評価する。なお、発表などへの取り組みを評価する場合は講義中に説明する。</li> </ul> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>講義中に案内する。</p> |                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <p>授業科目名：低次元多様体特論<br/> （英語名：Advanced Lectures on<br/> Low-dimensional Manifolds）<br/> 担当教員：松田 浩</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>開講学期：後期<br/> 単位数：2<br/> 開講形態：講義・演習</p> |
| <p>開講対象：地球共生圏科学専攻</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                           |
| <p><b>【授業概要】</b><br/> ・テーマ<br/> 低次元多様体<br/> ・到達目標<br/> 多様体の分解と不変量の構成を理解する。<br/> ・キーワード<br/> 多様体、結び目、不変量</p> <p><b>【科目の位置付け】</b><br/> この授業は 位相幾何学の先端的研究における高度な知識、理論の修得を目的としている。</p> <p><b>【授業計画】</b><br/> ・授業の方法<br/> 関連する学術論文に基づいた講義をおこなう。<br/> ・日程<br/> 第1～5週：低次元多様体に関する基礎事項<br/> 第6～10週：多様体の分解<br/> 第11～15週：不変量の構成</p> <p><b>【学習の方法】</b><br/> ・受講のあり方<br/> 講義内容の理解に努める。<br/> ・授業時間外学習へのアドバイス<br/> 関連しそうな学術論文を読んでもみる。</p> <p><b>【成績の評価】</b><br/> ・基準<br/> 多様体の分解と不変量の構成について理解できる。<br/> ・方法<br/> レポートにより到達度を判断する。</p> <p><b>【テキスト・参考書】</b><br/> 指定しない</p> |                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 授業科目名：離散幾何解析学特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Discrete Geometric Analysis）<br>担当教員：石渡 聡                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 開講学期：前期又は後期<br>単位数：2<br>開講形態：講義 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ<br/>グラフをリーマン多様体の離散的近似とみなし、グラフ上で解析学を展開する。</li> <li>・到達目標<br/>等周不等式やランダム・ウォークの長時間挙動など、グラフの幾何構造と密接に関連している解析的性質を理解する。</li> <li>・キーワード グラフ、多様体、関数不等式、ランダム・ウォーク</li> </ul> <p>【科目の位置付け】</p> <p>多様体の基礎的な性質をもとに、グラフの解析的・幾何学的性質を考察する。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法 講義形式</li> <li>・日程           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. グラフの基本的性質</li> <li>2. リーマン多様体の基本的性質</li> <li>3. グラフ上の解析学</li> <li>4. ランダム・ウォークの長時間挙動</li> </ol> </li> </ul> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方 習っていないところは基本的なところから説明するので積極的に質問やコメントをしてほしい。</li> <li>・授業時間外学習へのアドバイス<br/>参考書やノートで定義・定理を見直すとよい。具体例で考えてみるとよい。</li> </ul> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準 多様体上の基本的性質をもとに、グラフ上の解析学や成り立つ諸性質について理解しているか。</li> <li>・方法 出席およびレポート</li> </ul> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>参考書</p> <p>ラプラス作要素とネットワーク 浦川肇 著 裳華房 ISBN978-4-7853-1098-1.</p> <p>Aspects of Sobolev type inequalities L.Saloff-Coste 著 Cambridge University Press ISBN-10: 0521006074.</p> <p>重点解説 基礎微分幾何 塩谷 隆 著 サイエンス社 JAN 4910054701197.</p> |                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 科目名：超越関数特論<br>（英文名：Advanced Lectures on Transcendental Functions）<br>担当教員：西岡 斉治                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 開講学期：前期又は後期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・テーマ</li> </ul> <p>超越関数とは有理関数体上超越的な関数のことで、三角関数、指数関数、楕円関数、超幾何関数といった特殊関数はふつう超越関数である。この講義では、実際に超越関数であることを証明する手法を解説する。また、与えられた微分方程式や差分方程式が解けるかどうかという問題を通して、微分代数と差分代数の理論を解説する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・到達目標</li> </ul> <p>関数の超越性と初等性に関する基本的な概念を理解し、証明手法を修得する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・キーワード</li> </ul> <p>超越関数、初等性、微分代数、差分代数</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>カリキュラム・ポリシー「専門分野における深化した知識の修得を目的に、各専攻において体系的な講義と演習科目を開講する。」に関連する。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業の方法</li> </ul> <p>講義形式で行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日程</li> </ul> <p>1：指数関数と関数方程式<br/> 2， 3， 4：代数的手法の基礎<br/> 5， 6， 7， 8：関数の超越性<br/> 9， 10， 11：初等関数と微分代数<br/> 12， 13， 14：パイ・シグマ拡大と差分代数<br/> 15：まとめ</p> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・受講のあり方</li> </ul> <p>講義内容の理解に努める。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> <p>自分なりに証明をまとめる。積極的に例の計算をする。</p> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準</li> </ul> <p>関数の超越性と初等性に関する基本的な概念を理解し、超越性と非初等性を証明できること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・方法</li> </ul> <p>レポート点100点</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>適宜紹介する。</p> |                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 授業科目名：関数体の整数論<br>（英 語 名: Number Theory in Function Fields）<br>担 当 教 員：塩見 大輔                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 開講学期：前期<br>単 位 数：2<br>開講形態：講義 |
| 開講対象： 地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                               |
| <p>【授業概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ テーマ</li> </ul> <p>関数体の整数論について解説する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 到達目標</li> </ul> <p>関数体の整数論の基礎を理解し、超楕円関数体と円分関数体のヤコビ多様体が計算できるようになること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ キーワード</li> </ul> <p>大域関数体、超楕円関数体、円分関数体、ヤコビ多様体</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>この授業は、理工学研究科ディプロマ・ポリシー『理学の発展に貢献しようとする意欲を持ち、課題を解決するための高度な専門的知識と経験を体系的に習得している』に関連する。</p> <p>【授業計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 授業の方法</li> </ul> <p>講義形式で行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日程</li> </ul> <p>第1週：ガイダンス<br/>           第2～6週：大域関数体の基本事項<br/>           第7～11週：ヤコビ多様体と合同ゼータ関数<br/>           第12～14週：超楕円関数体と円分関数体のヤコビ多様体<br/>           第15週：まとめ</p> <p>【学習の方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 受講のあり方</li> </ul> <p>ノートを取り、講義内容の理解に努めること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 授業時間外学習へのアドバイス</li> </ul> <p>復習は必ずすること。具体例を自分で考えること。</p> <p>【成績の評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基準</li> </ul> <p>関数体の整数論に関する基本事項を理解し、具体例を計算できること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 方法</li> </ul> <p>レポート（100%）</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ テキスト：なし。</li> <li>・ 参考書：Henning Stichtenoth, Algebraic Function Fields and Codes, Springer</li> </ul> |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 授業科目名：組合せ最適化特論<br>（英語名：Advanced Lectures on Combinatorial Optimization）<br>担当教員：佐久間 雅                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 開講学期：前期<br>単位数：2<br>開講形態：講義・演習 |
| 開講対象：地球共生圏科学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |
| <p>【授業概要】</p> <p>（授業の目的）一般には NP 困難な整数計画問題であっても、最適解や近似精度のよい解が効率的に求められる場合がある。こうした状況に普遍的な数理的構造と最適化技法についての理解を深めることを目的とする。</p> <p>（授業の到達目標）効率的に解ける整数計画問題に共通する解空間の構造について理解し、そうしたクラスに属する代表的な整数計画問題に対する効率的な算法を身につけることができる。</p> <p>（キーワード）整数計画問題、組合せ最適化、パッキングとカバリングの理論</p> <p>【科目の位置付け】</p> <p>理工学研究科博士後期課程（理学系）のカリキュラム・ポリシー「専門分野における深化した知識の修得を目的に、各専攻において体系的な講義と演習科目を開講する」に関連する。</p> <p>【授業計画】</p> <p>（授業の方法）講義形式で行う。</p> <p>（日程）</p> <p>第1回目 整数計画法概論</p> <p>第2回目 ネットワークフローの理論</p> <p>第3回目 マッチング理論とマッチング多面体</p> <p>第4～5回目 マトロイド理論</p> <p>第6～8回目 理想グラフの理論</p> <p>第9～10回目 多品種フローと辺素パス問題</p> <p>第11～12回目 ブロッキング多面体とアンチブロッキング多面体</p> <p>第13～15回目 パッキングとカバリングの理論</p> <p>【学習の方法】</p> <p>（受講のあり方）講義内容の理解に努める。</p> <p>（授業時間外学習へのアドバイス）自分なりに証明をまとめる。小さな例に対してアルゴリズムの動きを確認する。</p> <p>【成績の評価】</p> <p>（基準）各回の項目における基礎的な事項について適切に説明できることを合格の基準とします。</p> <p>（方法）レポート点100点</p> <p>【テキスト・参考書】</p> <p>テキスト：なし</p> <p>参考書：B. Korte and J. Vygen 著「Combinatorial Optimization -Theory and Algorithm-」(Springer)</p> <p>G. Cornuejols 著「Combinatorial Optimization -Packing and Covering-」(SIAM)</p> |                                |