

授業情報			
開講年度	2026年度	開講箇所	グローバル・エデュケーション・センター
科目名	結び目で見える数学の世界 -トポロジーへの招待- 02		
担当教員	高木 悟		
学期曜日時限	夏クォーター 01:無フルOD		
科目区分	数学科目(日本語)	配当年次	1年以上
使用教室		キャンパス	
科目キー	9S02000104	科目クラスコード	02
授業で使用する言語	日本語		
授業方法区分	【オンライン】フルオンデマンド		
コース・コード	MATX129L		
大分野名称	数学		
中分野名称	数学		
小分野名称	幾何学		
レベル	初級レベル(入門・導入)	授業形態	講義
	オープン科目		

シラバス情報			
授業概要	<p>★ 本科目の02クラス(夏クォーター設置)・04クラス(冬クォーター設置)は同一の内容です。1つしか履修できません。01クラス(春クォーター設置)・03クラス(秋クォーター設置)はありません。</p> <p>本科目は、Waseda Moodle (以下「WM」と表記)によるフルオンデマンド形式の講義である。このシラバスに記載されているすべての事項をよく読み、理解した上で履修登録すること。</p> <p>結び目理論(knot theory)は、幾何学の一分野である「位相幾何学(トポロジー)」の、さらに一分野である。結び目は、例えば靴ひもやネクタイなど日常生活でも馴染みの深いものであるが、これらをどのように数学で扱うことができるのか、中学高校で学んだ数学からほとんど想像できないだろう。</p> <p>本科目では、受験数学では扱うことのない自由な数学に触れ、様々な例題や未解決問題を通してその魅力を肌で感じてもらいたい。また、結び目理論の実社会への応用として、DNAや高分子化合物における結び目型の分子構造やその変化のメカニズムを解明しようとする試みの一端を紹介する。</p> <p>なお、「ドーナツとコーヒーカップは同じ形である」という話は、位相幾何学(トポロジー)ではあるものの、結び目理論ではないので本科目内では証明しないが、おまけ動画として、いくつか位相幾何学(トポロジー)に関する話題やクイズを提供している。</p> <p>本科目の前提知識として、数と集合、指数・累乗根、指数法則を使った多項式の計算が必要となる。これらの単元に自信がない場合は、下記参考文献(3)を参照しながら、WMにアップしている補足ビデオ講義を事前に視聴しておくことよ。</p> <p>また、本科目では、電子ノートと電子ペンが使える環境だとよりよい結び目をかいて、コピーして、一部を消してかきかえる、という操作が多い。実際にビデオ講義内でも、電子ノートと電子ペンを使って解説している。</p> <p>★ GEC数学ウェブサイト https://www.waseda.jp/inst/gec/gec/academic/literacy/math/ (GEC数学科目の紹介だけでなく、受講するが悩んでいるみなさんへの過去の受講生からのメッセージもあります)</p>		
授業の到達目標	<p>結び目・絡み目の数学的な定義を説明できること。</p> <p>2つの結び目が「同じ」ではないことを、ジョーンズ多項式を使って証明できること。</p>		
事前・事後学習の内容	<p>【初回授業前】 WMの本科目・クラス内で公開している「早大GEC 暗号/群論/結び目(担当:高木)共通ガイダンス(2026)」(以下「共通ガイダンス」と表記)をよく読み、理解する。</p> <p>【事前学習】 次回扱う単元について、1週間前に公開される授業プリントを読み、疑問点をまとめておく。</p> <p>【事後学習】 授業で扱った単元と例題を復習し、授業プリント内の問題をもう一度解く。毎回合計で4時間程度かかると想定される。</p>		
授業計画	<p>1: #1. 結び目と絡み目 結び目と絡み目を数学的に定義し、2つの結び目が「同じ」かどうかを調べるにはどうすればよいかを考える。</p> <p>2: #2. ライデマイスター変形 まず、結び目の向きや鏡像という概念について紹介する。続いて、ライデマイスター変形と呼ばれる結び目の局所変形について解説する。最後に結び目表を紹介する。</p> <p>3: #3. 絡み数 まず、有向絡み目のライデマイスター変形を解説する。続いて、絡み数を定義し、これが2成分有向絡み目の不変量であることを確認する。</p> <p>4: #4. ブラケット多項式 結び目のブラケット多項式を定義し、ライデマイスター変形でどのように変わるか調べる。</p> <p>5: #5. ジョーンズ多項式 ブラケット多項式は結び目の不変量とならないので、それを解決するための方法を考える。結び目のジョーンズ多項式を定義し、これが結び目の不変量であることを確認する。</p> <p>6: #6. スkein関係式 ジョーンズ多項式におけるskein関係式を使った計算方法を紹介する。</p> <p>7: #7. 結び目とDNA 分子生物学や高分子化学における結び目理論の応用について紹介する。</p>		
教科書	<p>指定教科書なし。</p> <p>授業に沿ったワークシート形式の授業プリント(PDFファイル)をWMにアップする。ワークシート形式なので、ビデオ講義を視聴しながら書き込むことで完成するようになっている。</p> <p>必要に応じて、以下の参考文献を利用するとよい。</p> <p>特に、前提となる数と集合・指数・累乗根・指数法則について不安がある場合は、下記参考文献(3)を利用するとよい。</p>		
参考文献	<p>(1)「結び目の数学：結び目理論への初等的入門 原書改訂版」 Colin C. Adams 原著・金信泰造翻訳 丸善出版</p> <p>(2)「結び目理論とその応用」 村杉邦男著 日本評論社</p> <p>(3)「金利の計算 ～解析学への入り口～」 高木悟・上江洲弘明著 共立出版</p> <p>※ (3)は結び目理論に関する本ではなく、本科目で前提となる数と集合・指数・累乗根・指数法則などについて参照するための本として挙げている。冊子版と電子版があり、早大生協で冊子版と電子版の両方を同時に購入する場合は、セット割引料金が適用される(詳細は早大生協に確認のこと)。</p> <p>(4)「結び目理論」 谷山公規著 共立出版</p> <p>※ (4)は専門性が高いので、本科目を受講後にさらに興味があれば読んでみるとよい。</p>		
成績評価方法	<table border="1"> <tr> <td>割合</td> <td>評価基準</td> </tr> </table>	割合	評価基準
割合	評価基準		

	<p>試験: 36% #1から#6まで毎回WMで実施する「試験」の得点(1回6点満点で合計36点満点)を成績評価に用いる。</p> <p>「試験」についての補足: <ul style="list-style-type: none"> 以下の「平常点評価」に記されている「理解度チェック」の類題が主であり、本科目・クラスの授業カレンダーに示された解答期間内に一度だけ受験可能である。 制限時間は設けておらず、一時保存も可能であるが、本科目・クラスの授業カレンダーに示された解答期限までに提出する必要がある。 得点・結果は公開しない(フルオンデマンド形式であることから、不正行為等防止のため、公開しないことにしている。各単元の復習や理解度の確認は「理解度チェック」で可能である)。 #7(最終回)は「試験」はない(最終試験もない)。 </p> <p>平常点評価: 64% #1から#6まで毎回WMで実施する「理解度チェック」の得点(1回8点満点で合計48点満点)と、#1から#7までの「レビューシート」の提出(合計16点満点に換算)を成績評価に用いる。</p> <p>「理解度チェック」についての補足: <ul style="list-style-type: none"> 本科目・クラスの授業カレンダーに示された解答期間内であれば何度も受験可能で、その中の最高点を得点として採用する。 解答直後に、各問について正解か不正解かが分かり(ただし、正答は表示されない)、得点も表示されるため、間違えた箇所を復習することで、満点を取ることが可能である。 制限時間は設けておらず、一時保存も可能であるが、本科目・クラスの授業カレンダーに示された解答期限までに提出する必要がある。 #7(最終回)は「理解度チェック」はない。 </p> <p>「レビューシート」についての補足: <ul style="list-style-type: none"> 本科目・クラスの授業カレンダーに示された回答期間内であれば、何度も提出可能である。 制限時間は設けておらず、一時保存も可能であるが、本科目・クラスの授業カレンダーに示された回答期限までに提出する必要がある。 設問に条件(例えば、100字以上の字数制限など)があれば、それを満たす必要がある。 </p> <p>成績評価方法の詳細は、履修登録後に、WMの本科目・クラス内にアップしている共通ガイダンスを参照のこと。</p>				
備考・関連URL	<p>本科目の授業スケジュールは、大学の定める当該クォーター授業開始日の 00:00 ちょうどから#1がスタートし、当該クォーター授業終了日の 23:55 ちょうどに#7が終了する(日時はすべて日本標準時(JST)である)。</p> <p>詳しい授業スケジュールについては、下記関連資料(授業カレンダー)を参照のこと(MyWaseda にログインしないと関連資料は閲覧できない)。</p> <p>★ GECの数学基礎プラスシリーズとは異なるスケジュール・成績評価方法なので注意すること。</p>				
関連資料	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">タイトル</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">掲載日時</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">授業カレンダー(2026年度・夏クォーター)</td> <td style="text-align: center;">2026/02/01 16:44:38</td> </tr> </table>	タイトル	掲載日時	授業カレンダー(2026年度・夏クォーター)	2026/02/01 16:44:38
タイトル	掲載日時				
授業カレンダー(2026年度・夏クォーター)	2026/02/01 16:44:38				