

年度	2025
授業コード	80931
授業科目	データサイエンスの線形代数
英文科目名	
講義副題	
開講責任部署	農林海洋科学部
講義区分	講義
単位数	2.0
時間割	2学期: 月曜日 3 時限
講義開講時期	2学期
履修開始年次	2
メディア授業科目	
区分1	令和3年度以降入学生
区分2	専門教育) 専門科目 (★DS・DX科目)
履修における注意点	
資格等	

担当教員

◎は代表教員です。

氏名	所属
◎ 河野 俊夫	農林海洋科学部

授業実施方法	主に対面（全開講回数の過半数）、一部オンライン
--------	-------------------------

副題【SUBHEADING】

【テーマ（日本語）】(IN JAPANESE)	- データ・サイエンスの要は線形代数 -
【テーマ（英語）】(IN ENGLISH)	- Linear Algebra for Data Science -

授業の目的 【COURSE AIMS】	一年次に学んだ「数理・データサイエンス・AI」に関わる基礎知識を前提として、さらに上位の数理論を理解するうえで要となる重要ツール「線形代数」を理解する。
関連科目名、関連科目コード番号 【COMPUTER LINK / RELATED COURSES】	「スマート農業Ⅰ」 「データサイエンスの微分・積分」 「農工情報共創学」
授業の概要	<p>データサイエンス(DS)、データトランスフォーメーション(DX)に必要な基礎数学・応用数学は主に3つある。微積分学、線形代数、統計学。どれも欠けても、いずれ実用問題(実データ)に直面するとき、「困った」ということになる。その意味では、できる限り早い年次でこれらについて学習し、その基本をマスターしておくことが、社会に出て活躍するためには重要である。</p> <p>初等統計学(基礎統計学)の段階では、線形代数をあまり必要としまませんが、データのサイズが大きく、多様な情報を含んだものを対象とし、そのビッグデータの中に潜む有用情報を抽出する場合や、ニューラルネットワークに代表される人工知能(AI)モデルを扱うときには、線形代数は、非常に有用で強力な表現ツールとして必要になる。線形代数の表現方法をとらないまま、こうしたケースを扱おうとすると、表現自体が複雑になって、データに潜む有用情報を可視化することができません。森林に例えれば、基礎統計学は一本一本の木の様相を知るには適しているが、(ブラジルの)アマゾンのように、多種多様な木々が鬱蒼と茂っている森林地域の特徴抽出ではあまりに対象が膨大・多様で全体を俯瞰できません。しかし、「線形代数」という、「数」を箱で扱う数理を利用することで、事の全体像の見通しが良くなる。諸君が高校時代に習った変数という箱はたった一つの数字しか入りませんでした。そして、複数の数字が入る箱として、もう一つ、「ベクトル」というものを習いました。変数Xが一つしか数字を入れられないのに対して、ベクトルは2つ以上の数字を横並びで入れることができる箱です。イメージで言えば、横に長い箱なわけで「一次元的に広がった箱」と言ってよいでしょう。その延長が、線形代数で使う「行列」(Matrix)というものです。これは縦にも横にも数字を並べることができるから、イメージで言えば「二次元的に広がった箱」と言っても良いでしょう。線形代数では、この二次元的に広がった箱である「行列」をツールとして使います。「履修希望学生に求める</p>

【COURSE SUMMARY】	<p>もの」の欄でも述べたように、ツールを使うには「利用上の注意」というものがある。「行列」という、データサイエンスやデータトランスフォーメーションに不可欠なツールを正しく適切に「使いこなす」には、この行列の性質(道具で言えば、使い勝手)を知る必要があります。線形代数の延長上に、さらに複雑な現象を扱うことのできる「テンソル(Tensor)」というものがありますが、それを知りたい人はまずは、この線形代数というツールを「よく使いこなしてから」学習することを勧めます。奥義を知るには基本が大切です。</p> <p>この講義では、標準的な線形代数の学習ルートに沿って、行列のもつ諸性質を理解し、ツールとしてどう使えばよいのかを、順に解説していきます。最初は連立一次方程式の解き方から始まります。これは中学で習うのだけれども、線形代数の性質はこの連立一次方程式の解き方ととても関係がある。そしてまた、ビッグデータを扱う上で、理論的にはこう求められるが、計算精度の点ではこうしなくては行けない、というような数値計算上のテクニックも存在します。行列式、ベクトルとの関係、そして、線形空間や一次変換、固有値・固有ベクトルなどは、線形代数を理解する上での難所でもあるが、これらの理解を通じて線形代数のツールとしての有用性が実感できるようになります。</p> <p>指定教科書は必ず購入してください。最後まで、教科書をきれいな状態使っている人がいますが、購入したての本は、活字は載っていても、「白紙」の本だと思ってよい。「本」というのは著者の好みの文体に沿って書かれていますので、自分に合った表現でない「理解しにくい」という箇所が必ず出てきます。その箇所に、「自分なりに理解した結果を自身の文体で書き込む」。それによってはじめて、「自分だけのオリジナル線形代数の学習本」(My book)になり、線形代数を実用的に使うことができるようになります。</p>
-------------------------	---

授業科目の到達目標【COURSE OBJECTIVES】

授業科目の到達目標	
1	学生は、線形代数の抽象的な理論表現に慣れ、多変量空間でのデータ分布をイメージできるようになる。
2	学生は、データ行列を様々な角度から眺め、分析することができるようになる。

この授業で身につける【10+1の能力】	論理的思考力	情報に関するリテラシー
----------------------------	--------	-------------

キーワード【KEYWORD】	線形代数、データ・サイエンス(DS)、デジタル・トランスフォーメーション(DX)、多変量解析
-----------------------	--

履修希望学生に求めるもの【PREREQUISITES / REQUIREMENTS】	<p>皆さんの多くは、実験で得たデータの解析や、もっと多くのデータを対象としたデータサイエンス、データトランスフォーメーションで「数学を利用する人」です。数学者になるわけではないから、数学の定理などを「証明する」という訓練は必要ない。ただ、数学というツールを正しく適切に利用するには「利用上のご注意」というものがある。「利用上のご注意」というものを知らずに道具を使うと、思わぬ結果をもたらし、誤った判断に誘導される。</p> <p>数学を学ぶ過程では、どうしても、結果に相当する「定理や公式」などが導かれる過程を一度でも知っておくことが大切です。一度でも高い山を登ったことのある経験者は、未知の山を登る(未知の問題を解決する)にも経験則が働き、崖から転落せずに無事登頂することができる。これは別に数学に限った話ではなく、学習科目一般に通ずる。</p> <p>新しい科目の習得には、常に、「分からない」がつきまとう。「分からない」状態であっても、とりあえず手と頭を使って「考えながら」まねる」ということをやっているうちに、いつの間にか「分かる」状態になる。これが「学習」というものです。諸君もどこかで聞きかじっているだろうが、「学ぶ」というのはもともと「まねぶ」から来ている。人間の頭というのは、まねているうちに、「まね」の中に潜在する要点(理解するためのポイント)を無自覚に整理していきます。その整理が付いたときに、「分かった!」という心理的に安堵した状態になる。だから、聞いたことをよく反芻して理解に努めてから寝ると、寝ている間に頭が整理されて、朝起きたときに、あるいは”夢のなかで”、昨日分からなかったことが分かっていたり(=腑に落ちたり)する。ですから、まずもって、分からないなりに、手と頭を使って聞いた内容を反芻してまね、課題を通じてもう一回、今度は、分からない状態でも、いつか通った道(習った通り方=理解のルート)を思い出しながら、自分のまねた内容を頭に定着させるよう努力してみてください。</p> <p>以下、この科目を受講するにあたって、諸君に求める「学習姿勢の要点」を二つ記す。 この2つを実行することを強く求めます。 (その①)本授業を履修するにあたり、「予習と復習」を必ず行ってください。 「予習」は授業を受ける際の理解のハードルを下げるために必要です。人間の脳というのは、新しい概念に接したときに、それまでに獲得した関連知識を集合させますが、新しい概念に接した時点で必要な関連知識がないと、「分からない」という答えを出します。「分かる」ためには、「あらかじめ」、今から分かっておける内容について、予備知識を増やしておく必要がある。これが「予習」というものです。 また、「復習」は予習では理解し得なかった知識や理解の道筋の発見と実践力を定着させる重要な学習プロセスです。「どういう物事を自分は理解しにくいのか」という「自分の特性」を把握・理解することが、「要領よく自分をバージョン・アップ」させる最短の方法です。復習のプロセスは、その自分の特性を確認し、特性に合わせた理解の方法を発見することにつながります。そのことがとりもおさず、内容の要諦をつかみ取る早道で、実践力定着へと導いてくれます。 「授業はテレビ番組とは違います」。予習しないまま、授業時間に座って聞いてさえいれば「自動的に新しい知識を身につけさせてくれるもの」(田植え機)ではありません。「学習は能動的」であり、「使える知識」「役に立つ知識」=“自分のツールにする”には、「自身の力で」知識を取ってくる”という行為なくして「使えるもの、役に立つもの」にはなりません。そして、自分が当面する実用問題に対して「実際に使ってみること」、「応用できないかと考えること」、これが大切です。</p> <p>野球のバットは、振り方は教えられるが、「打てるバット」になるには、相手の球の性質(実用問題の種類や特性)をしっかり把握して、「どうやれば当たるかを自分で考え」、「実際に自分でバットを振ってみない限り」、打てるようにはならないと同様です。実用問題の種類は千差万別であり適用の方法は個別的で多種多様です。しかし、そのなかにあっても、共通する使い方はある。柔道にしろ、空手にしろ、あるいは茶道にしろ、その道を究めるうえで「共通する方法」、上達の「基本」というものがあり、それは「型」と呼ばれている。「型」とは、先人が様々な修練ののちに体得した、その道を最も効率よくマスターするための方法、「エッセンス」です。線形代数にもこうした「学びの型」があり、この講義でも、諸君には「型」を学んでもらいたい。「型」を学びとり、自分のツールとして身につけた時に初めて、「型破り」で自由自在な使い方が可能となる。「型」を知らないでツールを振り回すのは「ハチャメチャ」であって、前提条件を知らないまま、使い方を誤ることになる。それは基本(=型)の要諦をつかんだうえに成り立つ「型破り」とは異なるものです。</p> <p>(その②)日本語で書いた本や新聞を普段から読んで、日本語の文意を理解できる力を付けてください。 「数学」というと、諸君のなかには「数式で記された公式」を頭に浮かべる人も多いかと思えます。高校時代に解いてきた数学の問題では「公</p>
---	---

	<p>式」というツールを覚え、そのツールを使って解くのが数学の問題、という意識ではないでしょうか。線形代数をそれと同じように「公式で解くもの」と思っていると、当てが外れて理解できなくなります。もちろん、線形代数にも記号を使った数式的な取扱いがありますから、高校数学の延長で解ける問題もあります。</p> <p>ただし、それらの記号数式的な取扱いの前提になる理論背景を理解することなしには、ツールとしての威力は半減します。竹刀(しない)の特性を知らないままに剣道をするようなものです。ハチャメチャに振り回すことはできるが、打ち込みの際の竹刀のたわみを考慮していないなどで相手(問題の核心)には当たらない。ツールの特性を知ってこそ、問題の急所に力が及び相手(問題)を倒し、データに含まれる隠された情報を取り出すことができる。</p> <p>「線形代数に出てくる定理のほとんどは文章で記されています」。つまり、高校数学の公式のように数式で書かれているわけではない。したがって、高校時代に公式を覚えるのが得意だった人は特に注意が必要です。線形代数では日本語で書かれた定理を、ほぼ「文章的な形で覚えておく」必要がある。記号的な形での定理はあまり出てこない(全くないわけではないが)。このため、文章で示された定理の内容を、うまくイメージで頭の中に収める能力が要求される。このこともあって、「日本語で書いた本や新聞を普段から読んで、日本語の文意を理解できる力を付けてください」と記したわけです。「文章の形で書かれた定理の意味をイメージとして理解すること」。これが線形代数の内容理解のもう一つの要点になる。</p>
履修に係わる注意事項	
【NOTES ON CLASS ENROLLMENT】	積極的に学習する意欲のある受講者向けの科目です。単位認定にかかわる中間試験および期末試験の出題内容は「相応に難しい」ので、単位取得に至るには、「毎回の予習・復習が絶対的に必要」になります。

授業計画【LESSON PLAN】

	授業概要
第1回	<p>(基礎知識確認テスト)</p> <p>受講者の前提知識の確認を行い、講義の進め方を検討するためのテストです。主として高校数学における関連事項に関する問題を出します。問題によっては高校時代に履修していないものも含まれているかもしれませんが、受講者の前提知識の確認が目的のテストですので、答えられない問題については、「高校や大学諸年次教育で習っていない」などの解答をしてください。なお、この確認テストの結果は評価の点には含めません。</p>
	担当教員
	河野 俊夫
	授業概要
第2回	<p>(連立一次方程式と行列)</p> <p>「ガウスの消去法」という、連立一次方程式を解く方法について学習するとともに、行列による表現方法の基礎について学ぶ。「ガウスの消去法」とは、端的に言えば、諸君が中学時代に習った連立一次方程式の解き方の「行列版」です。途中で「行列の基本変形」というものを学習します。ここで学ぶ「ガウスの消去法」は、のちに学ぶ「ガウス・ジョルダンの消去法」の前半部分に相当しますが、これらの消去法は、コンピュータで連立一次方程式を解かせる際にも使います。「連立一次方程式」というと、中学時代の簡単な方程式ばかりを思い浮かべる諸君も多いかと思いますが、これが基礎となって、例えば連立"微分"方程式をコンピュータに計算させる方法にもつながっていきます。</p>
	担当教員
	授業概要
第3回	<p>(行列の演算規則と基本行列)</p> <p>行列の演算には、1個の数値しか入らない普通の変数とは異なる演算規則が様々ある。また、人間なら頭で論理的に計算できる逆行列も、コンピュータでは論理的に答えを出せないことから、コンピュータに向けた計算方法が必要となる。「行列の積」と「逆行列」という、数字の世界ではとても単純な計算であるものが、複数の数字を含んだ行列の場合には、やや複雑な事情(演算規則)や性質があることを学んでいく。前回学んだ「行列の基本変形」は、中学時代の消去法をなぞるやり方であるが、この操作が実は「基本行列」というものを掛けることで同じことができること知る。そして、その応用によって、数字の世界で言う「逆数」に似た「逆行列」の求め方を学習する。</p>
	担当教員

第4回	<p>授業概要</p> <p>(行列式の余因子展開)</p> <p>高校数学で習う行列は、通常2行2列の簡単な正方行列(縦横が同じサイズの行列)で、その逆行列を求めるにも簡単な公式がある。しかし、もっと大きな正方行列に対する行列式を求めるには「余因子展開」という方法が必要になる。行列式は、ガウスの消去法以外に、人間が論理的に連立一次方程式を直接計算する際の「クラメルの公式」で役に立ってくる。</p> <p>これに限らず、行列式は様々な分野で登場することから、その基本的な計算規則を学ぶ。</p> <p>担当教員</p>
第5回	<p>授業概要</p> <p>(平面と空間のベクトル)</p> <p>空間幾何学(空間図形学とイメージしても良い)としてのベクトルの利用とその性質を確認するとともに、のちに学習する「グラムシュミットの直交化法」の基礎となる「正射影」について学習する。「ベクトル」については、高校時代に習っていることかと思うが、卒業してしばらく離れている諸君は復習しておいてもらいたい。特に「ベクトルの内積」は、のちに述べる「グラムシュミットの直交化法」で大事な演算になる。また、合わせてベクトルの「外積」についても少し触れる。外積は、線形代数の先にあるテンソルとも関わりがあり、また、応用として、固体の変形や流体の流れを扱うような分野にも使われる重要な概念です。</p> <p>担当教員</p>
第6回	<p>授業概要</p> <p>(一次独立、基底と次元)</p> <p>線形代数を学ぶうえでの第一関門となる「部分空間」と「一次独立」について解説するとともに、多次元空間での「基底」の考え方をもとに線形代数特有の記号が登場する「次元」について詳しく学ぶ。これを学ぶにあたっては、高校までに習っていると思われる「集合」について知っておくと概念を理解する上で助けになる。もし、現行の高校数学で「集合」を習っていない場合は、図書館等で簡単な集合に関する本を読んでおくとよい。その際、「ベン図」(Ben's Diagram)で集合の論理記号の「and」や「or」を理解するとともに、集合での論理法則である「ド・モルガンの法則」も知っておくこと、その後の学習に役立つ。これは言葉の論理にも使える、とても応用範囲の広い法則です。</p> <p>この回では、高校時代までに習う幾何学的な「ベクトル」だけでなく、「ベクトル」というものには矢印で表現されたベクトルもあることを知る。「部分空間」の概念はともすると抽象的であり、想像力を働かせながらイメージ理解することが求められるので、書かれてある文書表現を精密に読み取るように学習してもらいたい。</p> <p>担当教員</p>
第7回	<p>授業概要</p> <p>(直交基底とグラムシュミットの方法)</p> <p>高校数学までは「直交」とは単に「角度が90度」という意味で使っているが、3次元以上の多次元空間での「直交」とは何かを考える。高校数学での単位ベクトルの延長にある直交基底の概念を学ぶとともに、多変量解析の、例えば主成分分析(PCA)などでも利用される「グラムシュミットの直交化法」について詳しく解説していく。データに含まれる性質を端的な指標で表そうとする主成分分析では、3次元以上の空間に散在するデータの広がりに対して、その平均から最もばらつきのある方向に主軸を引くことになる。その主軸を基本として、それに対して新しい意味での直交する方向に座標を立てていく。これがグラムシュミットの直交化法である。主成分分析など、多変量解析をデータサイエンス手法の一つとして用いる場合には重要な概念となる。</p> <p>担当教員</p>

第8回	<p>授業概要</p> <p>(基底変換と行列)</p> <p>同じベクトルを他の座標から見るとどう見えるか。座標変換する際に必要な「基底変換」と行列の関係を学ぶ。これは多変量解析ではよく使われるものである。例えば、「主成分分析」(PCA=Principal Component Analysis)は、多次元空間に雲のように漂うデータの集合体に新しい座標軸(主成分軸)を引いていき、もともとの座標軸では、一点のデータを表現するのに多数の座標値を必要とするのを、少ない座標軸で表現できるようにする手法である。分かり易く言えば、同じデータのクラウド(集合体)を、別の座標から見ることで、少ない座標軸、すなわち、もっと少ない座標値で表現できるようにしようとするものである。データサイエンスにおいては、こうした計算のしやすい座標軸をとることで計算速度が速くなることから、非常に重要な概念となります。</p> <p>担当教員</p>
第9回	<p>授業概要</p> <p>第8回までの振り返り講義と中間評価試験</p> <p>担当教員</p>
第10回	<p>授業概要</p> <p>(一次変換:核と像)</p> <p>線形代数を学ぶ上での第二の関門となる「一次変換、核と像」について学ぶ。「一次変換」というと、高校数学では、あるベクトルが移動して別のベクトルに移るようなイメージのみで学習しているが、それだけでなく様々な使い方があり、そして「核と像」は、記号的にそれぞれKerとImで表現される数学の概念だが、抽象的なだけに理解しにくい部分がある。例題を通じて、その概念のイメージを定着する解説を行う。核と像の理解の起点は、実は中学で習う連立一次方程式です。これを別の視点(行列的視点)で見ると、2つの空間の行き来を通じてその概念を理解していきます。</p> <p>担当教員</p>
第11回	<p>授業概要</p> <p>(一次変換と行列)</p> <p>一次変換の行列は人間には便利な方法だが、コンピュータが計算するには少し不便である。データ解析の際にはコンピュータによる計算が欠かせないことから、コンピュータが計算し易い一次変換の方法について学ぶ。「一次変換」というと、高校数学では単に、「あるベクトルが別のベクトルへ飛ぶ」という規則のことだと、イメージ理解させられることが多い。もちろん、そのようなイメージ理解も線形代数の理解ではとても大事であるが、こうした一次変換は、単に「飛ぶ」というイメージだけでなく、「行列をかける」という形で記号表現し得ることを学習する。</p> <p>担当教員</p>
第12回	<p>授業概要</p> <p>(行列の相似性、固有値・固有ベクトル)</p> <p>一次変換の行列は、基底の選び方によって変わる。高校数学で学ぶ単位行列のような簡単な基底を使って一次変換の行列を単純化できれば良いが、実はそうした都合の良い行列は見つからないことが多い。そうした場合の方法を学ぶと共に、線形代数の第三の関門であり、データサイエンスを理解するうえで大事な固有値・固有ベクトルについて、その基本を学習する。線形代数は、ある行列Aを「計算の都合に良い様々な行列に分解する」ということを教える。以前に学習した基底変換の行列を使うことで、固有値や固有ベクトルを上手に得る方法について学ぶ。固有値、固有ベクトルは多方面で利用される。多変量解析手法の一つである主成分分析(PCA)の主成分軸を考える際にも使われている。</p> <p>担当教員</p>
第13回	<p>授業概要</p> <p>(対角化法)</p> <p>固有値を求めるにも、例えばそれらが行列の対角線に並ぶような行列ができると扱いが簡単になる。対角化可能な正方行列Aから、固有値が対角線に並ぶ行列を導くための方法について、例題を通じて学んでいく。線形代数は、ある行列Aを「計算の都合上便利な行列に分解する」ということを教える。この講義で登場する対角化法もその一つである。</p> <p>担当教員</p>

第14回	<p>授業概要</p> <p>(線形代数と数値計算)</p> <p>数学を通じて「厳密解」というものに慣れ親しんでいると、なんでもかんでも厳密解が求められるものだ、という意識になるかもしれない。例えば$Ax=b$というような、行列Aとベクトルbが与えられたときに、その解はAの逆行列を左からかけることで簡単に求められるように感じられるだろうと思うだろうが、コンピュータで計算する場合には計算がうまくいく場合とうまくいかない場合ができる。人間は数値を実数として理解するので、いくらかでも精密な数値を表現できるが、コンピュータは2進数でしか数値を理解できない。整数を扱う分には、人間の表現をそのまま正確にコンピュータは表現可能だが、小数になると話が違って、どうしても「誤差」を生じる。コンピュータのCPUは「ビット」という、計算できる単位に限界があることから、おのずと小数について表現可能な実数に制限が伴う。これが誤差の要因となる。そうしたコンピュータがおのずと持つ、計算上の弱点を踏まえて、できる限り、その誤差を小さくするための行列計算の手法について学んでいく。</p> <p>担当教員</p>
第15回	<p>授業概要</p> <p>(多変量解析と線形代数)</p> <p>線形代数の記号論理の応用事例の一つとして、データサイエンスでよく使う多変量解析について、これまでに学習した内容を復習しつつ、その適用方法を学んでいく。実験・実習では、例えばフーリエ変換赤外分光光度計(FT/IR)のような機器を使って、ある物質に光を当てて得られるスペクトルから、その物質の濃度を推定するようなことを行うことがある。通常、その機器に付属するソフトで計算すれば、濃度推定できるわけだが、その濃度推定の過程には線形代数が深く関係している。線形代数の数理がどのようにして濃度推定に役立っているかを解説し、これを通じて、線形代数の記号論理について学んでいく。</p> <p>担当教員</p>
第16回	<p>授業概要</p> <p>期末評価試験</p> <p>担当教員</p>

<p>授業時間外の学習</p> <p>【STUDENT PREPARATION & REVIEW AT HOME】</p>	<p>大学の単位制度は、①教員が行う授業時間、および②学生が、授業の前後に教室外で予習・復習を行う時間の2つを合わせて45時間の学習時間を確保することが前提となっています。</p> <p>授業時間は90分(2時間とみなされます)×15回=30時間ですので、このほかに各自で15時間(1回あたりで平均すれば、各回1時間)の、教室外での予習・復習が義務づけられています。</p> <p>少なくとも予習・復習を合わせて1時間は最低限度、学修の時間を確保してください。</p> <p>もちろん「最低限」に留まることなく、“自主的”、“積極的”に学修時間を確保することが望ましい。義務づけられた時間のみするのは「受け身」であり、「最低限」の時間を越えて学習して初めて“積極的学習”ということになる。</p> <p>数理ツールは「使ってこそ」、「使えるツール」になる。「履修希望学生に求めるもの」の欄でも記述したとおり、ツールは「実際に使ってみなければそのツールの意味や威力は分からない」。料理で使う包丁も、なぜあれほど多種多様なものが存在するのは、様々な調理素材を切った経験なしには分かりません。ここで扱う線形代数は、データ・サイエンスやデータ・トランスフォーメーションを扱う際の基本ツールの一つとなります。</p>
<p>教科書・参考書</p> <p>【COURSE TEXTBOOK / REFERENCE BOOKS】</p>	<p>教科書：H.アントン著(山下純一翻訳)、新装版 アントンのやさしい線形代数、現代数学社。(購入必須)</p> <p>高校数学ではあまり詳しく教えられることの少ない「集合」や「論理」、「写像」などは、線形代数に限らず数学全般を理解するうえで基本的で重要です。</p> <p>以下に示す参考書と合わせて次の本も併読すると、数学の本を紐解く際に、そこに書かれてある内容を「正確に理解する」助けになります。</p> <p>青木純二 著：数学の神髄～論理・写像～、東進ブックス。</p> <p>参考書：(自分の学習進度や興味関心の度合いに応じて購読を勧める。ただし以下の図書は教科書程度の予備知識を前提とする)</p> <p>(注意) 翻訳ものの参考書を読む際には、訳出日本語の示す意味を推定する必要が多々あるので、普段から日本語の読解力を高めておくこと。</p> <p>1)薩摩順吉、四ッ谷晶二共著：キーポイント 線形代数、岩波書店。</p> <p>2)加藤文元、チャート式シリーズ 大学教養 線形代数、数研出版。 (特に、線形代数による実践的数値計算に興味がある場合)(英語)</p> <p>3)William Ford, Numerical Linear Algebra with Applications using MATLAB, Academic Press(2014).</p> <p>(機械学習との関連をざっくりと概要学習したい場合)</p> <p>4)藤原幸一、スモールデータ解析と機械学習、オーム社。</p> <p>(古い本のため、図書館での利用を勧める参考書)</p> <p>5)柳井晴夫、高根芳雄 共著：現代人の統計 多変量解析法、朝倉書店。</p> <p>6)ギルバート・ストラング著(山口昌哉監訳、井上 昭翻訳)：線形代数とその応用、産業図書。</p> <p>7)N.R.ドレーパー、H.スミス共著(中村慶一訳)：応用回帰分析、森北出版。</p>

(さらに進んだ学習を求める人に勧める参考書)

8)ギルバート・ストロング著(日本応用数学会監訳、今井佳子、岡本 久監訳監事)：計算理工学、近代科学社。

9)James R. Scott著(豊田秀樹編訳)：統計学のための線形代数、朝倉書店。

成績評価の基準と方法【GRADING POLICIES/CRITERIA】

	比重・配分
中間試験	40
期末試験	60

オフィスアワー

氏名	曜日	時間	場所
河野俊夫	講義後	15:40	河野研究室

教員の実務経験の有無	無
------------	---

この授業とSDGsとの関連	4 質の高い教育をみんなに
---------------	---------------

授業形態	講義形式が中心
------	---------