

科目名	2変数の微分積分入門	授業形態	講義
英語科目名	Introduction to Calculus of two variable	対象学年	1年
開講学期	2022年度前期	単位数	1単位
代表教員	奥野 浩	ナンバリング	
担当教員	奥野 浩、スポーツ健康科学部教員共通		
授業概要			
全体内容	<p>微分積分は解析学の入門であり、大学における数学の入り口の一つである。 高校時に学んだ微分および積分を、厳密に論ずる。発展として2変数関数の微分および積分を学ぶ。 極限を数学的に扱うために、実数の性質から始める。数列の収束、関数の連続性を理解する。その知識を利用して、1変数の微分および積分とそれぞれの応用について学ぶ。また、あらたに広義積分の概念を学ぶ。 2変数関数について、微分可能性および偏微分を学び、その応用として2変数関数のテイラー展開や極値問題を学ぶ。また、2変数関数の累次積分・重積分を学び、それと体積との関係を学ぶ。</p>		
到達目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 関数の微分の意味を理解して説明できる。 2. テイラー展開の意味を理解し、基本的な関数について計算できる。 3. 関数の積分の意味を理解して説明できる。 4. 2変数関数の微分の意味を理解し、極値問題が解ける。 5. 重積分の意味を理解し、計算ができる。 		
授業の位置づけ	-		
ディプロマ・ポリシー、コンピテンシーとの関連	-		

履修上の注意、履修要件	抽象性が高いので、慣れるまで理解しにくい部分があると考えられる。その場合には、教員に質問すること。理解を助けるために練習問題があるので、指定教科書の問題は最終的にはすべて解くこと。
-------------	--

成績評価の方法

評価方法	成績評価方法：授業中の態度等 10% 演習 20% 試験 70%
------	--

評価基準	<ul style="list-style-type: none"> ・微分の意味を理解（演習、試験） ・テイラー展開の理解と計算（演習、試験） ・積分の意味の理解（演習、試験） ・2変数関数の微分の意味の理解し、極値問題が解ける（演習、試験） ・重積分の意味を理解と計算（演習、試験）
------	--

試験・課題に対するフィードバック方法

課題に関しては、講義中または講義後に適宜フィードバックを行う。

テキスト

書名	著者	出版社	ISBN	備考

参考文献

小川卓克 要説わかりやすい微分積分

授業計画				
授業回	担当者	授業内容	授業方法 *	予習・復習・レポート課題等と学習時間
その他				
連絡先・オフィスアワー	対面 金曜日 12:20-13:20 センチュリータワー南5階教員室 mail h-okuno[at]juntendo.ac.jp [at]を@に修正してください			
担当教員の実務経験				
備考	高校時の数列・微分・積分について復習しておくこと。 前回の範囲において指定教科書の練習問題がある場合は解いておくこと。 新型コロナウイルス感染症の発生状況により、授業計画等の変更をお願いする可能性があります。			
4/13 (水)	奥野 浩	【授業タイトル】はじめに 【サブ・タイトル】微分積分を学ぶにあたって 【キーワード】記号、用語 【到達目標】数学の基本的な用語を理解する。	講義	【予習】高校時の微分について復習しておくこと。(2時間) 【復習】この講義の内容について復習しておくこと。(1時間)
4/20 (水)	奥野 浩	【授業タイトル】数列1 【サブ・タイトル】実数の性質、数列の収束を考えるために 【キーワード】実数 単調性 デデキントの切断、有界 上限 下限 【到達目標】切断を説明できる。上限・下限を説明できる。	講義 【注意点】抽象性の高い議論なので、例を参考に考えること。	【予習】高校時の数列について復習しておくこと。(2時間) 【復習】課題を解くこと。(1時間)

4/27 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】数列 2 【サブ・タイトル】数列の収束、部分列の収束 【キーワード】ε δ 法、部分列 【到達目標】数列の収束することをしめせる。部分列の意味を説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】ε δ の使い方に注意する。</p>	<p>【予習】 前回の内容を復習しておくこと。(2時間) 【復習】 課題を解くこと。(1時間)</p>
5/11 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】連続関数 1 【サブ・タイトル】連続関数とは、収束の速度 【キーワード】連続関数、ランダウのオーダー記号 【到達目標】連続関数を説明できる。スモールオーダーの意味を説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】オーダーの意味に注意する。</p>	<p>【予習】 高校時の連続関数について復習しておくこと。(1時間) 【復習】 課題を解くこと。(2時間)</p>
5/18 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】連続関数と微分の定義 【サブ・タイトル】中間値の定理、微分の定義 【キーワード】中間値の定理、微分、微分の性質 【到達目標】中間値の定理を説明できる。微分の定義を説明できる。</p>	<p>講義</p>	<p>【予習】 前回の復習をしておくこと。(2時間) 【復習】 連続関数についてまとめておくこと。(1時間)</p>
5/25 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】1変数関数の微分 1 【サブ・タイトル】平均値の定理、平均値の定理 【キーワード】微分係数 微分可能 導関数 平均値の定理、テイラー展開 【到達目標】微分と接線の関係を理解する。基本的な導関数を求められる。テイラー展開と平均値の定理の関係を説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】接線の重要性に注意する。</p>	<p>【予習】 高校時の関数の微分について復習しておくこと。(1時間) 【復習】 課題を解くこと。(2時間)</p>

6/1 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】1変数関数の微分2 【サブ・タイトル】テイラー展開、微分の応用 【キーワード】テイラー展開 剰余項 マクローリン展開、ロピタルの定理 【到達目標】テイラー展開の意味を理解する。</p>	<p>講義 【注意点】接線とテイラー展開の関係に注意する。</p>	<p>【予習】前回の復習をしておくこと。(2時間) 【復習】課題を解くこと。(1時間)</p>
6/15 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】1変数の積分1 【サブ・タイトル】関数の積分とは、積分の定義 【キーワード】原始関数 不定積分、リーマン和 定積分 【到達目標】テイラー展開の意味を理解する。</p>	<p>講義</p>	<p>【予習】高校時の関数の積分について復習しておくこと。(2時間) 【復習】課題を解くこと。(1時間)</p>
6/18 (土)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】1変数関数の積分2 【サブ・タイトル】平均値の定理、広義積分 【キーワード】積分の平均値の定理、広義積分 【到達目標】広義積分を説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】統計学では確率計算で広義積分になることも多い。</p>	<p>【予習】前回の復習をしておくこと。(1時間) 【復習】課題を解くこと。(2時間)</p>
6/22 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】2変数関数の微分1 【サブ・タイトル】微分可能であるとは、偏微分 【キーワード】微分可能性、接平面、偏微分、方向微分 【到達目標】接平面の概念を説明できる。偏微分の概念を理解し、偏導関数が求められるようになる。</p>	<p>講義 演習 【注意点】接平面の概念が接線の概念の拡張となっていることに注意する。</p>	<p>【予習】2変数関数のグラフとはどのようなものか考えること。(1時間) 【復習】2変数関数の微分についてまとめておくこと。(2時間)</p>

6/29 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】2変数関数の微分2 【サブ・タイトル】方向微分、2変数関数のテイラー展開 【キーワード】曲線に沿った微分、テイラー展開 【到達目標】方向微分の説明ができるようになる。2変数のテイラー展開を説明できる。</p>	講義	<p>【予習】前回の復習をしておくこと。(2時間) 【復習】課題を解くこと。(1時間)</p>
7/6 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】2変数関数の微分3 【サブ・タイトル】2変数関数の変数変換、極値問題 【キーワード】変数変換 ヤコビアン、極値問題 【到達目標】2変数の変数変換を説明できる。極値問題を解くことができるようになる。</p>	講義	<p>【予習】前回の復習をしておくこと。(2時間) 【復習】課題を解くこと。(1時間)</p>
7/13 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】2変数関数の積分 【サブ・タイトル】2変数関数の積分の定義、積分と体積 【キーワード】累次積分、リーマン和 重積分 体積の計算 【到達目標】2変数関数の積分の意味を理解する。</p>	講義	<p>【予習】2変数関数の積分が何を意味するか考えること。(1時間) 【復習】課題を解くこと。(2時間)</p>

7/20 (水)	奥野 浩	<p>【授業タイトル】2変数の微積分2 【サブ・タイトル】2変数関数の置換積分、演習 【キーワード】変数変換 ヤコビアン部分積分 【到達目標】さまざまなができるようになる。</p>	講義 演習	<p>【予習】1変数関数の置換積分についてまとめておくこと。(1時間) 【復習】課題を解くこと。(2時間)</p>

--	--	--	--	--

* アクティブラーニングの要素を取り入れている場合、その内容を明記（PBL、反転授業、グループワーク、討議、発表等）

科目名	相対論入門：時空とエネルギー	授業形態	講義
英語科目名	Introduction to Relativity: Space-time a	対象学年	1年
開講学期	2022年度前期	単位数	1単位
代表教員	田中 和廣	ナンバリング	
担当教員	田中 和廣、清 裕一郎、矢田 雅哉、スポーツ健康科学部教員共通		
授業概要			
全体内容	<p>20世紀のはじめにアインシュタインが発表した相対性理論は、空間と時間に対する人々の認識を根底からくつがえす革命的なものであった。例えば、「運動は、時の刻みを遅くし、空間を縮ませる」ことが予言されるのである！理論の誕生から百年が経過した現在では、相対論は物理学の根幹を成す基本法則となっており、我々のまわりに広がる“進化する宇宙”とその骨組みである“4次元時空”を理解する基礎となっている。そのみならず、自動車の現在位置を知らせてくれるカーナビや、福島第一原発事故以降特に関心を集めている原子力発電、がんの診断法であるポジトロンCT（PET）などにも相対性理論の原理が応用されており、実は、相対論は身近なところで我々に深く関わり日常的な活動を支えている。</p> <p>このように、21世紀を生きる我々にとって不可欠なものとなっている相対論について、本講義ではその基本となる考え方への入門を目的とする。</p> <p>相対論の考え方の基本を学ぶことにより、時間と空間はからみ合っておりこれらを併せた“時空”が根本的な実体であることや、エネルギーと質量が同じものであることなど、驚くべき事実が明らかになる。</p>		
到達目標	<p>[一般目標]</p> <p>相対論はたった二つの単純な指導原理を出発点として中学程度の数学を用いれば、その本質を導き出し理解することが可能である。このようにして導かれる様々な刺激的な予言とその実験的検証、相対論にまつわる奇妙なパラドックスについて考えながら、相対論が提示する自然観について理解を深めていく。時空およびエネルギーをめぐって相対論を踏まえた現代的視点を養い、様々な角度から物事を掘り下げて分析し考えられるようになる。</p> <p>[到達目標]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 相対論がカーナビや原子力にも応用されて現代社会を支え、PETなど医学とも関係していることを説明できる。 2. 常識を超えたところに自然界の真理があることを知り、異なる意見を尊重する広い視野をもち、複数の視点から掘り下げて分析できる。 3. 運動が時の刻みを遅くし空間を縮ませることが論理的に不可避であり、実験でも検証されていることを説明できる。 4. 重力による時間の遅れを説明できる。 5. ビック・バン宇宙論に基づいて宇宙の歴史を説明できる。 		
授業の位置づけ	(後日教務課にて入力)		
ディプロマ・ポリシー、コンピテンシーとの関連	(後日教務課にて入力)		

履修上の注意、履修要件	<p>高校で物理を学んでいなくてもよい。 簡単な話から始めて、一段一段階段を上るように相対論の基本となる考え方を学んでいくので、講義に欠かさず出席し注意深く話を聞くこと。 授業時間内・外の質問を歓迎する。</p>
-------------	--

成績評価の方法

評価方法	<p>成績評価方法：授業で配布する演習問題を解いて提出したレポートの内容・提出状況に応じて、期末試験（100点満点）の結果に加点する。ただし、授業参加態度が良くない場合には、減点の対象となるので注意すること。</p>
------	--

評価基準	<p>成績評価基準：到達目標 1 および3～5の達成度を期末試験で評価し、到達目標2は演習問題のレポートへの取り組みと授業内の発言・態度等で総合的に評価する。</p>
------	---

試験・課題に対するフィードバック方法

授業で配布する演習問題に関する疑問点については、適宜ヒントを提示しフィードバックを行う。

テキスト

書名	著者	出版社	ISBN	備考

参考文献

【参考教科書】
 「星と宇宙（物理学のコンセプト9）」 ヒューエット他著 共立出版

【参考書】
 「物理学はいかに創られたか（上・下）」 アインシュタイン、インフェルト著 岩波書店（岩波新書）
 「特殊および一般相対性理論について」 アインシュタイン著 白揚社
 「アインシュタインの宿題」 福江純著 光文社（知恵の森文庫）
 「相対性理論を楽しむ本」 佐藤勝彦著 PHP（PHP文庫）
 「ライフサイエンス物理学」 シュテルンハイム、ケイン著 廣川書店

その他	
連絡先・オフィスアワー	田中 和廣: 火曜 11:00 - 17:00 本郷キャンパス7号館3階生理系実習室、 木曜 09:00 - 15:00 さくらキャンパス1号館3階1314号室 清 裕一郎: 木曜 12:30 - 15:00 さくらキャンパス1号館3階1316号室 矢田 雅哉: 月曜 12:30 - 15:30 さくらキャンパス1号館3階1315号室、メール: m-yata [at] juntendo.ac.jp (※ [at] を@に変換してください)
担当教員の実務経験	-
備考	-

授業計画				
授業回	担当者	授業内容	授業方法 *	予習・復習・レポート課題等と学習時間
4/15 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】 奇跡の年：1905年 【サブ・タイトル】 特許局勤務の無名の官吏（26）が物理学に起こした革命 【キーワード】 時空の物理学、“Person of the 20th Century”、絶対不変、相対性 【到達目標】 時空そのものが物理学の対象となること（物理現象の一つとして変化するかもしれないこと、変化の様子が観測できるかもしれないこと）を説明できる。</p> <p>【授業タイトル】 鏡のパラドックス 【サブ・タイトル】 若きアインシュタイン青年が、ふと疑問に思ったことは？ 【キーワード】 観測者、基準座標系、特殊相対性理論 【到達目標】 アインシュタインの高校の頃の素朴な疑問が相対論発見につながったことを知り、自由な発想ができるようになる。</p>	<p>講義 【注意点】 問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】 聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) アインシュタインの生涯について自己学習しておくこと。 復習) 「鏡のパラドックス」について自分なりの答を出してみる。</p>
4/22 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】 物理現象と「観測者」 【サブ・タイトル】 宇宙に絶対的に静止した基準は存在するか？ 【キーワード】 絶対空間、絶対速度、相対速度、エーテル、マイケルソン・モーレーの実験 【到達目標】 科学における観測者の役割の重要性を理解し、実験に基づく客観的事実と主観的な言説を区別できるようになる。</p> <p>【授業タイトル】 同時刻の相対性 【サブ・タイトル】 特殊相対性理論はたった2つの基本原理から 【キーワード】 真空中の光の速さ、相対性原理、光速不変の原理 【到達目標】 過去・現在・未来の区別は観測者ごとに異なることが、論理的に不可避な帰結であることを説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】 問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】 聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) 前回授業のスライドを見直してこること。光速の正確な値がどのように割り出されているかを調べ自己学習しておくこと。 復習) 授業で扱った例題を自力で解き直すこと。</p>

5/6 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】運動する時計は遅れる 【サブ・タイトル】観測者ごとに異なる時の刻み：時計をジェット機に積み世界1周すると?!</p> <p>【キーワード】光時計、時間の遅れ、静止系 【到達目標】運動が時の刻みを遅くすることが論理的に不可避な帰結であることを説明できる。</p> <p>【授業タイトル】時間の遅れの実験的検証 【サブ・タイトル】時計をジェット機に積み世界1周すると?!</p> <p>【キーワード】原子時計、素粒子の寿命の伸び、生物時計 【到達目標】運動が時の刻みを遅くすることが実験でも検証されていることを説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) 前回授業のスライドを見直していただくこと。原子時計について検索し自己学習していただくこと。 復習) 授業で扱った例題を自力で解き直すこと。</p>
5/13 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】タイムトラベル 【サブ・タイトル】双子の一方が銀河間旅行から帰還すると?! —ウラシマ効果— 【キーワード】固有時間、光年、浦島太郎、銀河系、大マゼラン雲、ハッブル宇宙望遠鏡 【到達目標】理論的に可能と考えられるタイムトラベルや銀河間旅行を、具体的なストーリーを描いて説明できる。</p> <p>【授業タイトル】運動する物体の長さは縮む 【サブ・タイトル】豪速球は潰れて見える?! 【キーワード】ローレンツ収縮、固有長さ 【到達目標】運動する物体の長さが縮むことが論理的に不可避な帰結であり、実験でも検証されていることを説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) 前回授業のスライドを見直していただくこと。大マゼラン雲について検索し自己学習していただくこと。 復習) 授業で扱った例題を自力で解き直すこと。</p>
5/20 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】車とガレージのパラドックス 【サブ・タイトル】観測者ごとに異なる時空 【キーワード】同時刻の相対性を表す式、時空のゆがみ 【到達目標】「車とガレージのパラドックス」が解決されることを理解し、相対論が矛盾の無い理論であることを説明できる。</p> <p>【授業タイトル】なぜ光速は誰から見ても不変なのか? 【サブ・タイトル】相対性理論における速度の合成則 【キーワード】相対速度、非相対論 【到達目標】高校物理の速度の合成は、光速よりずっと遅い場合の近似式であることを説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) 前回授業のスライドを見直していただくこと。相対速度の求め方を復習し自己学習していただくこと。 復習) 授業で扱った例題を自力で解き直すこと。</p>
5/27 (金)	田中 和廣	<p>【授業タイトル】双子のパラドックス 【サブ・タイトル】相手の時計は、自分から見て相対的に運動している! 【キーワード】時間の遅れ、長さの収縮 【到達目標】「双子のパラドックス」がどのような意味でパラドックスなのか、論理的に説明できる。</p> <p>【授業タイトル】若いのはどっちだ?! 【サブ・タイトル】双子のパラドックス完全解決 【キーワード】同時刻の相対性、基準系の乗り換え 【到達目標】一見パラドックスと思えるものを、異なった複数の視点から分析し、矛盾を解決する糸口を見出すことができる。</p>	<p>講義 【注意点】問いかけに積極的に応答すること。</p> <p>講義・討論 【注意点】聞き逃しのないよう集中力を高め、演習・質疑応答に積極的に取り組むこと。</p>	<p>予習) 前回授業のスライドと、5月13日のスライドを見直していただくこと。 復習) 授業で扱った例題を自力で解き直すこと。また、「演習問題」のプリントを配布するので、ここまでの授業の総復習として少しずつ挑戦すること。</p>

6/3 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】ガリレオの時間とアインシュタインの時空間 【サブ・タイトル】時間は絶対的か？ 【キーワード】4次元の世界、観測者と時空間 【到達目標】事象の関係を時空図を用いて記述できる。 予習) 時間の流れはどのように認識されるのだろうか、自己学習で考えてくること。 復習) ローレンツ変換の練習問題を解き直すこと。</p> <p>【授業タイトル】ミンコフスキーの理論 【サブ・タイトル】ローレンツ変換を使いこなせ！ 【キーワード】ローレンツ変換 【到達目標】ローレンツ変換を使い、事象の関係を計算できる。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。 演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) 時間の流れはどのように認識されるのだろうか、自己学習で考えてくること。 復習) ローレンツ変換の練習問題を解き直すこと。</p>
6/10 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】時空図を使う 【サブ・タイトル】時空図で考える時計の時刻合わせ 【キーワード】同時刻と光速不変の原理 【到達目標】時間の遅れや長さの収縮を時空図の考え方で説明できる。</p> <p>【授業タイトル】光のドップラー効果 【サブ・タイトル】ドップラー効果における時間の遅れ 【キーワード】光のドップラー効果、ドップラー効果における相対性原理 【到達目標】光のドップラー効果を計算できる。予習) 時空図を使った練習問題を復習してくること。 復習) 光源と観測者の運動を入れ換えた場合のドップラー効果の計算を復習すること。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。 演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) 時空図を使った練習問題を復習してくること。 復習) 光源と観測者の運動を入れ換えた場合のドップラー効果の計算を復習すること。</p>
6/17 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】速度の合成則 【サブ・タイトル】相対性理論における速度の合成則 【キーワード】相対速度 【到達目標】時間の遅れと長さの収縮を使って速度の合成則を説明できる。</p> <p>【授業タイトル】光速不変性を再考する 【サブ・タイトル】走る車から光を観測する 【キーワード】ローレンツ変換、時空図、相対速度 【到達目標】運動物体から光の速度がどのようになるのか説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。 演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) 速度の定義式について時空図を使って考えること。 復習) 速度の合成則と光速不変の原理関係を復習する。</p>
6/24 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】運動すると物体は重くなる 【サブ・タイトル】物体を加速すると光速に到達できるのか？ 【キーワード】慣性の法則、静止質量 【到達目標】力と加速度の関係を理解し、慣性質量と重力質量の違いについて説明できる。</p> <p>【授業タイトル】相対論的な運動方程式 【サブ・タイトル】増大する質量からの帰結 【キーワード】運動方程式、力 【到達目標】相対論的な運動方程式を使い、粒子の運動を理解できる。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。 演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) 慣性質量と重力質量について自己学習してくること。 復習) 授業で扱った例題を解き直し、質量のある物体の速度に限界があることを確認すること。</p>

7/1 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】アインシュタインの式: $E=mc^2$ 【サブ・タイトル】質量はエネルギーだった! 【キーワード】相対論的なエネルギー公式, 静止質量 【到達目標】アインシュタインの質量公式を理解し説明できる。</p> <p>【授業タイトル】質量エネルギーは利用できるのか? 【サブ・タイトル】人類に託された課題 【キーワード】質量とエネルギーの転換, 核反応, 不安定核の崩壊 【到達目標】核反応における質量欠損とエネルギーの計算ができる。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。</p> <p>演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) ニュートンの力学における運動エネルギーの公式 $mv^2/2$ について調べてくること。 復習) 授業で扱った例題を解き直すこと。</p>
7/8 (金)	清 裕一郎	<p>【授業タイトル】自由落下と無重力 【サブ・タイトル】重力が時間の進みに影響を与える? 【キーワード】自由落下, 等価原理 【到達目標】自由落下と無重力の関係を説明できる。</p> <p>【授業タイトル】GPSと相対論 【サブ・タイトル】高度によって変わる時間の進み 【キーワード】GPS衛星, 重力赤方偏移 【到達目標】重力が時間の進み具合にも影響を及ぼすことを理解して、具体例で説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】講義をよく聞き、積極的に議論に参加すること。</p> <p>演習・発表・討論 【注意点】演習問題を自分の手を動かして考えること。</p>	<p>予習) 自由落下するエレベーターの中では何が起こるか考えてくること。 復習) 等価原理を用いて重力による時間の遅れを自分の力で再導出してみること。</p>
7/15 (金)	矢田雅哉	<p>【授業タイトル】一般相対性理論入門 【サブ・タイトル】「特殊」と「一般」: 相対論の違い 【キーワード】等価原理, 特殊相対性原理 【到達目標】二つの相対論の違いを説明できる。</p> <p>【授業タイトル】重力の正体 【サブ・タイトル】時空が曲がると、何が起こるのか? 【キーワード】重力レンズ効果, 時間の遅れ 【到達目標】曲がった空間で何が起こるのか説明できる。</p>	<p>講義 【注意点】講義を聴くだけでなく、積極的に質問し議論に参加しよう。</p> <p>講義・討論 【注意点】講義資料をよく読み、自分自身で考えよう。質問がある場合は担当教員に尋ねること。</p>	<p>予習) これまでの講義の内容の復習。特に等価原理について調べておくこと。 復習) 講義内容を復習し、課題レポートを提出すること。</p>

7/22 (金)	矢田 雅哉	<p>【授業タイトル】アインシュタインの宇宙観 【サブ・タイトル】一般相対論により宇宙はどのように記述されるのか？ 【キーワード】一般相対性理論, 宇宙項, ビッグバン, インフレーション 【到達目標】一般相対性理論について理解して, アインシュタイン後の宇宙について説明できる。</p> <p>【授業タイトル】タイムマシン 【サブ・タイトル】タイムマシンの原理は何か？ 【キーワード】タイムマシン, ワームホール, 宇宙ひも, デラック方程式 【到達目標】様々なタイムマシンの原理を理解し, その実現可能性と社会への影響を考える。</p>	<p>講義 【注意点】講義を聴くだけでなく、積極的に質問し議論に参加しよう。</p> <p>講義・討論 【注意点】講義資料をよく読み、自分自身で考えよう。質問がある場合は担当教員に尋ねること。</p>	<p>予習) アインシュタインの登場により世界はどう変わったのか。タイムマシンとは何かを調べておくこと。 復習) 講義内容を復習し、課題レポートを提出すること。授業内で紹介した技術について各自考えておくこと。</p>

--	--	--	--	--

* アクティブラーニングの要素を取り入れている場合、その内容を明記（PBL、反転授業、グループワーク、討議、発表等）