



「大阪大学ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」 第3世代 ナノ理工学社会人教育の勧め

大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター長

教授 藤原 康文（工学研究科）

（兼、大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム理事）

今日の先端科学技術の目覚ましい発展の多くが、既存の学問領域を超えた分野間の交流と連携による新しい領域の形成という大きな流れの中で生み出されています。この視点に立って大阪大学の関連11部署の教員が横断的に参画実施している「大阪大学ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」社会人教育は国内唯一のナノ理工学人材育成のための同時双方向遠隔講義を併用した広域的プログラムであり、これまでに受講生数は1450名に迫り、19年目を迎えようとしています。この間、文部科学省による評価、履修生・職場の上司の方々の関係者評価、さらには第三者による外部評価において、従来の先端技術セミナーによる技術習得や課題設定による研究開発の促進とは異なり、「基礎科学から応用技術にいたる内容豊かな社会に開かれた有用な人材育成教育プログラム」との高い評価を受けております。受講生の多くが若手であり、最先端分野の学び直し、専門分野を広げるための新規知識の習得、分野全体を俯瞰できる知識の習得という履修生自身のキャリアアップと企業の研究開発活動へのフィードバックに役立つだけでなく、履修生と講師陣、異業種の履修生・修了生同士を結ぶ新たな絆となり、履修生を送り出す企業群により構成されるコンソーシアムの連携支援を得て、その産学連携相互人材育成のネットワークは全国に広がっています。令和2年度にはコース立ての大幅改訂（ナノライフサイエンスを含む5コース化）を行い、リカレントのみならず、リスキリングも強く意識した10-20年先の社会システム・デバイスコンセプトに繋がる科学技術の社会性・国際性の一層の強化を図っております。令和4年度受講生募集を行うにあたり、以下に、本プログラムの意義、特色、評価、産学連携、およびコンソーシアムの組織と活動についてご紹介します。

グローバル化を踏まえた日本の経済・産業の今後の持続的な発展を期するには、科学技術立国を支える科学技術の先進性の維持と迅速な産業展開が必須であり、産学官のより緊密な戦略的連携が不可欠です。第5期科学技術基本計画でナノテク・材料分野は超スマート社会構築に資する基盤科学技術と位置付けられ、令和3年度開始の第6期科学技術・イノベーション基本計画ではSociety5.0に向けた安心・安全な持続社会の実現、イノベーションエコシステム、グローバルな社会課題解決・社会実装推進と文理の総合知の活用、そのための人材育成が謳われています。科学技術の新しい概念を創出し、さらに人類の知の資産を生み出す独創性・多様性に富んだ基礎研究の抜本的強化を図ることにより我が国の科学技術の発展の基盤を構築することが不可欠です。新しい科学技術として国民に支持され、社会との関わりの中でその成果が社会に還元されることを求められるナノ理工学では、産業構造の変革をもたらすイノベティブな研究とともに、その持続的発展を支えるために、「常に進化していく先端科学技術を学際性と長期的な展望、そして国際社会適応性を持って息長く担える、広範囲な大学院レベルの学問知識とナノ分野への関心・理解力を有する、新分野開拓の創造性に溢れた人材の育成」が日本の将来を担う大学・産業界共通の喫緊の課題となっています。

このような要請に応えるべく、大阪大学では、理学、医学系、薬学、工学、基礎工学、生命機能の各研究科、産業科学、接合科学、レーザー科学の各研究所、超高压電子顕微鏡センター、ナノサイエンスデザイン教育研究センターに跨る横断的ナノ人材育成活動として、実社会でナノ分野に現在従事している、または将来従事することを志す企業の研究者、技術者を対象とする大学院レベルの講義と先端機器を用いた実習を組み合わせた1年間9単位分の「ナノ理工学社会人教育プログラム」を平成16年度より実施し

ております。社会人履修生が幅広くナノ分野の最先端高度知識を学び直し、ナノ科学技術を生かした新しい産業を自ら切り開く挑戦力を身につけることを目的としております。なお、昨年度、および本年度は新型コロナウイルス感染症拡大の影響で、オンラインでの講義を主体に実施をさせて頂いております。令和4年度においても「with コロナ」下での講義を想定し、対面講義のみならずオンライン受講においても利便性・快適性を維持強化する所存でございます。

本プログラムの特色は以下の通りです。

- (1) ①ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学、②ナノエレクトロニクス材料・デバイス学、③ナノライフサイエンス学、④ナノ構造・機能計測解析学、⑤ナノ機能化学 の5コースから1つを選択し、1回3時間、年間30回の夜間講義と全コース共通講義4回を受講、
- (2) 大阪大学豊中キャンパス・文理融合型研究棟をキー教室として、関東、中部、近畿圏等の10ヶ所を超える大阪大学及び各地域のサテライトを遠隔講義システムにより結んだ質疑応答や討論がその場で行える双方向ライブ中継、遠隔地でのPC受講も実現、
- (3) 理解を助ける講義資料の事前配信と資料ファイリングによる1コース34テーマの有用知識の蓄積、
- (4) 大学キャンパスでのスクーリングによるコース別少人数での短期最先端基礎実習、
- (5) ナノテクノロジーの社会普及・ナノリスク・国際標準化を含む社会受容問題とロードマップに基づき多様な要素科学技術を社会コンセプト志向で結びつける技術デザイン問題について受講生自らが討論と演習に参加する土曜集中講座、
- (6) 科目等履修生高度プログラムとして所定の単位を取得した履修生に対する大阪大学総長とナノサイエンスデザイン教育研究センター長の連名での修了認定証授与と大学院正規単位の付与、
- (7) 文部科学省による職業実践力育成プログラム（Brush-Up Program）に認定され、厚生労働省の教育訓練給付制度対象講座に指定されていること、
- (8) 平成29年度より本社会人学び直し教育の優秀な修了者を対象とする博士後期課程社会人ナノ理工学特別コース（働きながらの博士学位取得コース）が理・工・基礎工学3研究科に新たに設置されたこと、
- (9) 産学連携相互人材育成組織「(一社)大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム」による教育内容の改善への助言と受講生への支援、コンソーシアム主催によるナノ理工学情報交流会・セミナーの開催など人材育成の多彩な内容から構成されていること。

このプログラムは大学院生を対象としたプログラムと共に「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」として、文部科学省科学技術振興調整費・新興分野人材養成プロジェクト（平成16年度～20年度）に指定されて以来、文部科学省の支援を受けて実施されています。平成20年12月には本プログラム実施のための機関としてナノサイエンスデザイン教育研究センターが設置され、基礎科学技術に根ざしたナノ理工学の社会性を含む多様性を包括する国内唯一の社会人教育プログラムとして、令和2年度までに1449名の社会人が参加され、このうち令和2年度末までの17年間に160社を超える企業からの1210名が所定の単位を修得して修了認定証を授与されています。さらに社会人教育プログラムの充実発展と履修生支援のために、センターとほぼ同時に(一社)大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアムが設立され、産学連携相互人材育成を目指して、これまでに70社の企業関係各位の積極的ご参加と受講生派遣を頂戴しております。平成23年度からは中小企業枠を設定し、ご参加の便宜を図っております。今後、より多くの企業各位のコンソーシアムへのご参加と、社会人履修生の積極的な受講を得て、我が国の科学技術・産業の持続的発展に貢献する人材を育成する所存です。

本冊子は、令和4年度ナノ社会人教育プログラムの科目等履修生募集ご案内と講義内容が収録されています。多くの企業、社会人の皆様の積極的なご参加をお願い申し上げます。

令和3年11月

目 次

令和4年度 社会人教育プログラム募集案内

1. 概要	1
2. 募集期間	1
3. 応募資格	1
4. 応募書類	1
5. 入学許可	2
6. 募集人数	2
7. 科目等履修生納付金（検定料・入学料・授業料・実習用教材費等）	2
8. 履修コースとプログラムの構成	2
9. 開講時期・期間	3
10. 開講日時・場所	3
11. 履修認定	3
12. 問合せ先	3

社会人教育プログラム説明

§ 1. 集中講義（土曜日開講）	
ナノテクノロジー社会受容特論 A	4
ナノテクノロジーデザイン特論 A	4
§ 2. 夜間講義のスケジュールとシラバス	
コース1 ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学	5
コース2 ナノエレクトロニクス材料・デバイス学	11
コース3 ナノライフサイエンス学	17
コース4 ナノ構造・機能計測解析学	23
コース5 ナノ機能化学	29
§ 3. 令和4年度 短期実習とテーマ一覧（予定）	32

令和4年度 社会人教育プログラム募集案内

1. 概要：

本プログラムは、実社会で活躍中の研究者・技術者を対象として、1年間の講義（遠隔授業を含む）と短期実習、土曜集中講義を通じてナノサイエンス・ナノテクノロジーの現状を理解し、次世代産業に役立つ学際的知識と幅広い実践能力を身につけ、ナノテクのリーダーとしての見識・能力を備えた産業人を養成するための大学院修士相当の高度教育プログラムです。現在、ナノサイエンス・ナノテクノロジー関連の研究開発・生産業務に携わっておられる方、または今後この方面の業務を志す方の入学を歓迎します。

2. 募集期間：

1次募集※：令和4年1月4日（火）～1月31日（月）（午後5時で締め切り）

2次募集：令和4年2月1日（火）～2月28日（月）（午後5時で締め切り）

定員に満たない場合は追加募集をすることがあります。

なお、令和4年1月14日（金）午後6時より8時まで、大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター3階セミナー室にて説明会を開催します。

オンラインで参加ご希望の場合はナノプログラム事務局（nano-program@insd.osaka-u.ac.jp）まで、ご氏名、ご所属を記載の上、1月7日（金）までにメールでお申し込みください。

※厚生労働省「専門実践教育訓練給付金」「人材開発支援助成金」に申請（受講開始の1ヶ月前までに完了のこと）を希望する場合は、余裕を持ってナノプログラム事務局（末尾12.参照）に問い合わせの上、1次募集期間内に応募することを推奨します。

3. 応募資格：

理系の4年制大学の教育課程を卒業した方、または同等の能力・知識を有すると認定された方（※）のうち、ナノサイエンス・ナノテクノロジーに関わる業務を新たに志望、または継続発展を志望する方を対象とします。

※該当する方は、学内での認定が必要な為、応募書類のみを先ずご提出下さい。提出は1月31日（月）（1次募集）、または2月28日（月）（2次募集）午後5時までにお願い致します。認定終了後に検定料などの支払いにつきまして、ご案内をさせていただきます。

4. 応募書類：

(1) 入学願書、(2) 履修生調査カード、(3) 志望動機と履修希望内容調書、(4) 最終学歴の卒業証明書、(5) 現在の所属機関からの本プログラム履修に関する許可書（様式 任意）、(6) 住所届、を提出してください（提出書類は原則として返却しません）。

所定の応募書類はホームページ上からダウンロードできます。

（home page URL：http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/）

応募書類は下記へ郵送してください。

〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3

大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター

「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」事務局

（社会人教育プログラム応募と封筒に朱記のこと。尚、事務局は文理融合型研究棟3階にあります。）

また、募集期間内に全ての応募書類が準備できない場合は、(1) 入学願書、(2) 履修生調査カード、(3) 志望動機と履修希望内容調書、(6) 住所届 を1次募集に応募の場合は1月31日までに、2次募集に応

募の場合は2月28日までにメール：nano-program@insd.osaka-u.ac.jp、またはFAX：06-6850-6398で事務局へ送信してください。なお、(4)卒業証明書、(5)許可書が準備でき次第、必ず全ての書類の原本を別途郵送してください。

5. 入学許可：

応募者については書類審査の上、3月7日(月)に大阪大学「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」科目等履修生としての審査の可否を電子メールにて通知します。

6. 募集人数：

各コース毎に20名程度とします。

7. 科目等履修生納付金(検定料・入学金・授業料・実習用教材費等)

大阪大学科目等履修生として、「検定料」(9,800円)、「入学金」(28,200円)、「授業料」(9単位分129,600円)、「実習用教材費等：プログラム受講に関する特別費用」(100,000円)を大学に納付して頂きます。また、入学後に学生教育研究災害保険の保険料(1,000円)の加入もお願いしています。

別途、講義資料等経費200,000円が必要です。

なお、本要項に記載している額は要項作成時現在の算出ルールに基づくものです。算出ルールの改定があれば改定後のルールによって算出された額が適用になります。

また、(一社)大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム(※2)に併せて入会いただくことにより講義資料等経費免除などの特典があります。詳細については、コンソーシアムのご案内をご覧ください。

※1 厚生労働省の専門実践教育訓練給付金、人材開発支援助成金の対象となる受講費用、訓練経費は、上記のうち入学金と授業料および実習用教材費等を合計した257,800円となる予定です。

※2 (一社)大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアムは、企業側(社会)の視点に立ち、講義資料の頒布、企業との研究情報交流会など、大阪大学のナノ人材育成に資する活動を実施している組織です。

8. 履修コースとプログラムの構成：

以下の5つのコースを開講します。

コース1 ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学	コース4 ナノ構造・機能計測解析学
コース2 ナノエレクトロニクス材料・デバイス学	コース5 ナノ機能化学
コース3 ナノライフサイエンス学	

なお、受講生の要望に沿ったテラーメード教育を行えるように、教育研究コーディネータが必要と認める場合は、上記コースの枠を超えて他コースの講義を履修することも積極的に推奨しております。

詳細は、<http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/> を参照してください。

プログラムの構成は

- (1) 夜間講義(午後6時～9時)(遠隔授業を併用。)
- (2) 短期実習(必修)
- (3) 集中講義(土曜日終日)(全コース共通)(遠隔授業を併用。)
- (4) 全コース共通講義 4回(午後6時～9時)(遠隔授業を併用。)
 - i) 令和4年 6月 8日(水)
 - ii) 令和4年7月21日(木)
 - iii) 令和5年 1月20日(金)
 - iv) 令和5年3月17日(金)

からなります。このうち、遠隔授業は(1)の夜間講義、(3)の集中講義(土曜日)、(4)全コース共通講義をオンラインでサテライトにライブ配信するものです。(項目10の注を参照のこと。)

(3)の集中講義については、以下の講義を実施します。

前期：ナノテクノロジー社会受容特論A 後期：ナノテクノロジーデザイン特論A

9. 開講時期・期間：

令和4年度第1学期は4月1日（金）午後6時より開講式、特別講義（全コース共通）、懇談会（予定）を開催し、各コースの講義は4月4日（月）から7月14日（木）まで、第2学期は10月7日（金）に始業式・特別講義（全コース共通）を行い、各コースの講義は10月11日（火）から翌年2月6日（月）まで開講され、各コース毎に年間30回の講義から成り立っています。これらとは別に、全コース共通講義が最終講義（翌年3月下旬）を含めて4回開催されます。短期実習については原則、9月（全コース）、または2、3月、及び一部は後期期間中に実施します。集中講義（毎回6時間、うち3時間は討論に充てる）は、土曜日に8回（前期4回、後期4回）実施します。これらの日程は決まり次第、ホームページ上へ掲載しますので、ご注意ください。

また、コース5を除き、各コース1～4は週一回を基本とします。期間は1年間です。

10. 開講日時・場所：

講義（遠隔講義を含む）は、夜間の午後6時より午後9時まで、原則として大阪大学豊中キャンパスにて開講します。短期実習（必修スクーリング）は、大阪大学豊中・吹田両キャンパスを中心に3～5日間の予定で実施します。

注) 遠隔授業について： 本プログラムの講義は、遠隔授業にて、吹田キャンパス以外に、東京地区、四日市地区、その他のサテライト教室へライブ配信されます。その詳細はホームページ上に掲載しますのでご覧ください。

eラーニングについて： 当該プログラムでは出席が必須ですが、ストリーミング配信（受信側で記録ができない配信）により、毎回の講義終了約1週間後以降、インターネットを通じた復習・補講ができるシステムになっております。なお、この記録された講義は、掲載後翌年3月末で消去されます。

11. 履修認定：

本プログラムの所定のコースを修了した方には、学校教育法第105条の規定に基づき、大阪大学より大阪大学総長およびセンター長連名による科目等履修生高度プログラム「ナノプログラム」履修認定証を授与します。また、修了時に大学院博士前期課程の正規単位9単位を付与しますので、必要に応じて大学院履修科目成績証明書を発行できます。

※ 本プログラムの修了認定を受けた優秀な若手・中堅社会人を対象に、平成29年度より社会性・国際性を磨く「大阪大学大学院博士後期課程社会人ナノ理工学特別コース」が開設されました。対象者は、既に十分な学術的成果を持ち、企業により博士号取得を期待される職務にある者に限定します。本コース応募に当たり、最も適した指導教員を選べるように事前相談・助言を行います。詳しくは、<http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/> を参照下さい。

12. 問合せ先：

大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター

「ナノ高度学際教育研究訓練プログラム」事務局

〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3

大阪大学文理融合型研究棟3階303号室

TEL/FAX：06-6850-6398

E-mail：nano-program@insd.osaka-u.ac.jp

home page：http://www.insd.osaka-u.ac.jp/nano/

社会人教育プログラム説明

§ 1. 集中講義（土曜日開講）

（* 実務家教員 ** 実務家）

大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センターでは、ナノテクノロジー人材育成プログラム（ナノ高度学際教育研究訓練プログラム）の最大の特徴である大学院・社会人教育の共通講義科目、「ナノテクノロジー社会受容特論」（4回シリーズ、延べ24時間、2単位）と「ナノテクノロジーデザイン特論」（4回シリーズ、延べ24時間、2単位）を開講します。いずれも土曜日開講の科学技術の社会受容と将来コンセプトに向けた技術ロードマップを議論する日本唯一の討論重視の集中講義で、大学院生も同時に参加します。

ナノ理工学人材育成においては、社会との関わりの中での科学技術応用・ナノリスク・標準化の問題、またロードマップを睨んだ異分野融合による新分野開拓の問題がこれから益々重要となってきます。上記の科目はこれらに応えるもので、社会人科目等履修生に対しては単位を付与しない科目として提供しますが、各コースの受講者が共通科目としてコースを越えて、大学院生と共に履修し、議論することを強く求めます。

開講形式は、ライブ配信により大阪地区、四日市地区、東京地区など数カ所での受講を可能とします。詳しい開講日時、遠隔教室の場所については、追ってホームページ上に発表します。

1. 「ナノテクノロジー社会受容特論A」（前期4回 10:00～17:00）2単位

（担当コーディネータ：阿多 誠文 特任教授 **、伊藤 正 特任教授 *、藤岡 透 特認教授 *）

ナノテクノロジーの社会受容に関する視野を身につけ、産業化における問題点、国際標準化、リスクアセスメント並びに管理手法等の基礎知識、総合デザイン、科学技術政策の考え方、科学技術コミュニケーションを学ぶ。さらにいくつかの検討すべきテーマを取り上げて、ケーススタディーを自分の専門分野に対して行う。グローバル化の中で製品・デバイスの新規開発に従事する科学技術者自らが果たすべき社会的責任を自覚し、身につける。数名の政策担当者、企業開発担当者、学内教員等が複数回を担当する。内容は、総論の解説、各論、半数の時間を使った双方向の少人数討論及び演習により構成される。ナノテクノロジー社会受容特論Bを含めて、2年間でテーマを一巡させる。

※講義テーマ例：ナノテクノロジーの社会受容、科学技術コミュニケーション、ナノテク知財と国際標準化、ナノ粒子材料の環境規制・標準化・技術移転、ナノ材料の安全科学、リスク評価の考え方、課題に対する討論・共同発表資料作成・グループの発表と総評

2. 「ナノテクノロジーデザイン特論A」（後期4回 10:00～17:00）2単位

（担当コーディネータ：結城 正記 特任教授 **、伊藤 正 特任教授 *、藤岡 透 特認教授 *）

ロードマップを使って、潮流、製品デバイス、要素技術を解説し、それに基づき、ケーススタディーを自分の専門分野に対して行う。また、毎回6時間の講義の内、午前・午後共に約半分の時間を双方向少人数討論に充てる。産業発展のロードマップの中で、ナノテク要素技術を総合的にデザインする力を養い、「有用性の谷」を乗り越えるための実力をつける。ナノセンシング、ディスプレイ、ナノ新デバイス、生体シミュレーション、燃料電池、超精密加工、ナノ材料、ナノ微粒子、ナノ計測等からいくつかの課題を取り上げ議論するとともに、ナノテクノロジーがどのようなシステム・デバイスに生かされているか「ナノテクノロジーの見える化」を考える。これらを題材に最終日には自ら技術ロードマップを作成する。テーマ毎に産業界のロードマップ作成者と学内教員がペアで講義を担当する。ナノテクノロジーデザイン特論Bを含めて、2年間でテーマを一巡させる。なお、ロードマップ及び「見える化」資料はNBCI（（社）ナノテクノロジービジネス推進協議会）の好意により最新版が提供される。

※講義テーマ例：ナノテクロードマップの概要紹介、見える化活動のねらいと概要紹介、エレクトロニクス（ディスプレイ）、マテリアルズ・インフォマティクス、バイオメティクス、ナノカーボン材料、エネルギーデバイス、計測・評価装置、3Dプリンティング、演習：選択課題についてのロードマップ作成

§ 2. 夜間講義のスケジュールとシラバス

コース1 ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学

<p>目的・概要</p>	<p>機能性材料開発、新規デバイス開発において、大規模計算機を使った材料安定構造のシミュレーションやデバイス機能予測は、実際の開発にとって現実的で極めて有用な指針を与える。計算機ナノマテリアル・ナノデバイスデザインは量子シミュレーションを基礎に、それを高度に使いこなすことによって、量子シミュレーションの逆問題である量子デザインを実行し、それによって新機能性ナノ材料・デバイス開発を行うことを意味する。これらの手法によって得られる各種データは実験結果と対比されるのみならず、ビッグデータとしてマテリアルズインフォマティクスに活用される。</p> <p>春・夏学期は、主として量子デザインで必要となる基礎的概念について紹介する。量子力学と固体電子論の復習、密度汎関数理論、具体的な電子状態計算手法、物性を理解する上で重要な基礎概念について系統的に学ぶ。秋・冬学期では、主として量子デザインの具体的事例について紹介する。高圧物性、半導体デバイス、光物性、太陽電池、磁性、強誘電体、カーボン系材料、有機デバイス、触媒、電極化学反応など、新材料創成の成功例も含めて応用例について紹介する。さらに、マテリアルズインフォマティクス（人工知能ディープラーニングによる材料設計）についても最先端事例を含めて紹介する。</p> <p>秋と春にはCMDワークショップを開催し具体的なプログラムを使って実際に電子状態計算の実習を行う。</p>
<p>修得目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・量子デザインに必要な基礎的概念の習得 ・固体電子論の基礎的概念の習得 ・密度汎関数理論の習得 ・電子状態計算手法の原理・特長の学習 <ul style="list-style-type: none"> →擬ポテンシャル・平面波基底法、KKR法、FLAPW法など ・量子化学分野の分子計算手法の学習 ・量子デザインの具体的応用事例の学習 <ul style="list-style-type: none"> →混晶、高圧下の現象、電気伝導性解析、透明導電材料、太陽電池材料、熱電材料、励起状態ダイナミクス、半導体デバイス、半導体スピントロニクス材料、強誘電体、カーボン系ナノ材料、有機デバイス材料、不均一触媒、電気化学、電極反応など ・人工知能、ディープラーニングによる材料設計（MI）の学習 ・計算機マテリアルデザインワークショップ（CMD-WS）による実習 <p>以上を学ぶことにより、新規ナノ材料・デバイス開発に向けて計算科学、MIの手法の理解と応用力を身に付ける。</p>
<p>年間の構成</p>	<p>本コースは各学期とも15回（内1回は特別講義）の講義からなる。春・夏学期で、この手法の基礎となる量子シミュレーション手法と量子デザインの考え方、MIとは何か、その活用法について学ぶ。また、秋・冬学期では、このような手法を様々な系に対して適用して量子デザイン・シミュレーションを行う方法を事例に則して学んでいく。この手法は電子に対する量子力学を第一原理として構築されているために、最初に簡単な量子力学に関する解説・復習を実施する。量子力学の基礎的な理解が必要であるが、そのことを前提とはしない。講義の中で身に付けていけば良い。それぞれの内容については以下に記された通りである。</p> <p>さらに、各遠隔教室からの質問やコメントを受け付けるとともに講義内容について理解を深める双方向議論を行う。また、最終日には講師と受講生が集まって忌憚なく意見交換できる双方向の「総合討論」の場を設ける。</p> <p>実習では、講義で習った量子デザイン手法を、実際に計算機を用いて実習し、自身の興味のある物質に適用して、量子デザイン手法を自分自身で運用していく技術を身につける。実習の詳細については§3を参照のこと。</p>
<p>参考文献</p>	<p>R.M. マーチン著、寺倉清之ら訳「物質の電子状態（上・下）」（丸善出版、2012） 笠井・赤井・吉田編「計算機マテリアルデザイン入門」（大阪大学出版会、2005） 赤井・白井編「密度汎関数法の発展」（丸善出版、2012） 小口多美夫著「バンド理論 物質科学の基礎として」（内田老鶴圃、1999） 小口多美夫著「遷移金属のバンド理論」（内田老鶴圃、2012）</p>
<p>特記事項</p>	<p>材料開発に特化したものではないが、計算機を用いた人工知能、ディープラーニング、シミュレーションの応用として、コース3「ナノライフサイエンス学」の4/20深層学習の基礎とバイオメディカル応用、11/2半導体の進化が拓くメディカル領域でのAI利用、1/25分子動力学シミュレーションを用いた分子集合系のマイクロ解析の講義も役立つので、これら希望者は受講希望を申請することを奨励する。</p>

前 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	4/4 (月)	オリエンテーション	森川良忠 *(阪大・工)
		量子シミュレーションとデザイン	吉田博 *(東大・工)
2	4/11 (月)	量子力学の基礎	佐藤和則 *(阪大・工)
3	4/18 (月)	固体中の電子	濱田典昭 *(阪大・ナノ)
4	4/25 (月)	密度汎関数法	赤井久純 *(東大・物性研)
5	5/9 (月)	擬ポテンシャル法	森川良忠 *(阪大・工)
		カー・パリネロ法	白井光雲 *(阪大・産研)
6	5/16(月)	KKR 法	赤井久純 *(東大・物性研)
7	5/23 (月)	FLAPW 法	小口多美夫 * (阪大・スピントロニクス)
8	5/30 (月)	磁性理論と解析	草部浩一 *(兵庫県立大・理)
9	6/6 (月)	電子相関と超伝導	黒木和彦 *(阪大・理)
10	6/13 (月)	量子化学計算	奥村光隆 *(阪大・理)
11	6/20 (月)	マテリアルズ・インフォマティクス：概論	小口多美夫 * (阪大・スピントロニクス)
12	6/27 (月)	データサイエンスの基礎	Dam Hieu Chi (北陸先端大・知識科学系)
13	7/4 (月)	データサイエンスの計測と分析への展開	鷲尾隆 *(阪大・産研)
14	7/11 (月)	ディスカッション・ディベート	1 コース講師 **,**

後 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	10/17(月)	ナノ混晶による新機能デザイン	赤井久純 *(東大・物性研)
2	10/24(月)	励起状態ダイナミクスシミュレーション	宮本良之 ** (産総研)
3	11/7 (月)	光と熱の利用	濱田典昭 *(阪大・ナノ)
4	11/14(月)	ナノ構造と輸送現象デザイン	小野倫也 *(神戸大・工)
5	11/21(月)	省エネルギー・創エネルギーデザイン	吉田博 *(東大・工)
6	11/28(月)	半導体デバイスにおける界面デザイン	金田千穂子 ** (東北大・CIES)
7	12/5 (月)	半導体ナノスピントロニクスデザイン	佐藤和則 *(阪大・工)
8	12/12(月)	強誘電体・圧電体デザイン	小口多美夫 * (阪大・スピントロニクス)
9	12/19(月)	カーボン系ナノ機能材料	草部浩一 *(兵庫県立大・理)
10	12/26(月)	分子エレクトロニクスデザイン	森川良忠 *(阪大・工)
11	1/16 (月)	表面化学過程の第一原理シミュレーション	濱田幾太郎 *(阪大・工)
12	1/23 (月)	マルチスケールモデリング・シミュレーションによる材料強度予測	尾方成信 (阪大・基礎工)
13	1/30 (月)	フェーズフィールド法の基礎と応用	高木知弘 (京都工繊・機械工学系)
14	2/6 (月)	ディスカッション・ディベート	1 コース講師 **,**

各コースの講義とは別に、全コース共通講義があります。(2ページ参照)

講義日	4/4(月)	講 師	森川良忠、吉田博
テーマ	オリエンテーション		
ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学全体の概要および第一学期の講義構成と履修の方法、心得を説明する。その中でナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学の概観、各回の講義の位置づけについても説明する。また、このコースを履修するにあたって前提となる量子力学に関する必要最低限の解説を行う。			
テーマ	量子シミュレーションとデザイン		
量子シミュレーションに基づいたリアルデザイン手法の概要と方法論を解説する。リアルデザイン手法の製造を中心とした工業化社会からソフトウェアやシステムに基づいたリアルデザインを中心とした知識社会へと産業構造が転換する中でのリアルデザインの重要性、第一原理量子シミュレーションに基礎をおいたリアルデザイン手法について解説する。更に、高効率エネルギー変換材料、環境調和材料、次世代エレクトロニクスのためのリアルデザインの具体的な例について概説する。			

講義日	4/11(月)	講 師	佐藤和則
テーマ	量子力学の基礎		
ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学では、物質を原子核と電子のレベルまで分解し、これら原子核と電子の振る舞いから物質の性質(物性)を論ずる。これら粒子の振る舞いを記述する力学が、量子力学である。量子力学特有の粒子の運動状態の表し方を概説し、量子力学の導入を行い、ナノマテリアル・ナノデバイスデザインにおいて必要とされる基本概念を導出し紹介する。			

講義日	4/18(月)	講 師	濱田典昭
テーマ	固体中の電子		
一電子描像に基づいて、簡単な共有結合の描像から始めて、イオン結合性を解説する。金属結合について述べ、遷移金属の結合の特徴を解説する。また、化合物の電子状態の特徴を解説し、形式価数(酸化数)と実際の電荷の違いについて述べる。 結晶中の電子を特徴付ける波数(k)について学ぶ。バンド計算の基礎として逆格子空間やブリルアンゾーンを解説する。一電子描像を支える密度汎関数理論についても触れる。			

講義日	4/25(月)	講 師	赤井久純
テーマ	密度汎関数法		
第一原理電子状態計算の基礎となる密度汎関数法の出発点となるホーエンベルグ・コーンの定理と密度汎関数法の考え方を学ぶ。 密度汎関数法はコーン・シャム方程式の形に表現することによって力を発揮する。コーン・シャム方程式の意味と、さらにそれを実用的にするために広く用いられている局所密度近似について考える。また、コーン・シャム方程式を解くための様々な手法について概観する。			

講義日	5/9(月)	講 師	森川良忠、白井光雲
テーマ	擬ポテンシャル法		
固体の電子状態について簡単に復習した後、擬ポテンシャル法がどのような仮定の上に立脚しているかを示し、その妥当性、有効性について論じる。その後、現在の第一原理電子状態計算法で用いられている非経験的擬ポテンシャル法の理論的背景を説明し、擬ポテンシャル法を用いたいくつかの応用例について紹介する。			
テーマ	カー・パリネロ法		
実験で起きている現象はほとんどマクロな測定で観測され、ミクロにはどのような現象であるのかを知りたいという要望は大きい。分子動力学シミュレーションはその要望に応えるものである。			

講義日	5/16(月)	講 師	赤井久純
テーマ	KKR 法		
コーン・シャム方程式を解くための、効率的で高精度な方法であるグリーン関数法(KKR法)について学ぶ。出発点である、グリーン関数、散乱問題、多重散乱について解説した上でKKR法の考え方と、簡単な計算例を見ていく。グリーン関数法(KKR法)を用いた量子シミュレーションの実際について学ぶ。金属、金属間化合物、半導体等への適用と、通常のKKR法で用いられるポテンシャルの形状に関する仮定を一切用いないFPKKR法の考え方とその応用について学ぶ。			

講義日	5/23(月)	講 師	小口多美夫
テーマ	FLAPW 法		
APW法とその線形法の適用であるLAPW法を解説するとともに、フルポテンシャル法の必要性和基礎的な定式化を説明する。また、FLAPW法に基づく第一原理計算の実際をいくつかの例をあげながら紹介する。			

講義日	5/30(月)	講 師	草部浩一
テーマ	磁性理論と解析		
物質の磁性は、多様な磁性体を説明するだけでなく、物質中にある素粒子の多体系を用いる量子情報デバイスや量子コンピュータ素子の基礎も与える。物質の弾性特性や脆性化現象においてもエネルギー論や反応過程の基礎を考える上で重要である。そこで、絶縁性磁性(局在磁性)と金属磁性(遍歴磁性)について概説する。モット絶縁体等の局在電子系の取り扱い方、各種交換相互作用を述べ、物質設計に結びつける。金属強磁性の平均場理論、スレーター・金森理論、遍歴電子磁性における厳密な帰結も紹介する。第一原理電子状態計算理論における磁性体の解析方法、具体的な計算事例を紹介し、磁性起源の解析方法を紹介する。磁気異方性の起源、相対論的密度汎関数法の紹介を行う。			

講義日	6/6(月)	講師	黒木和彦
テーマ	電子相関と超伝導		
<p>超伝導現象に関する序論的な説明の後、その現象論的な理解と、微視的な理論について解説を行う。微視的な理論は、主としてフォノンが媒介する電子のクーパー対形成と、それが生み出す巨視的量子状態についての理解を目指す。</p> <p>まず電子相関効果によって生み出されるスピンや電荷の揺らぎの取り扱いについて、いくつかの多体論的手法を取り上げつつ、説明を行う。そのうえで、電子相関を起源とする超伝導発現について説明を行う。電子相関によって生じる各種揺らぎによって超伝導が発現する場合に、フォノン媒介の場合と比べての差異、ペアリング対称性、また、超伝導転移温度などについて解説を行う。</p>			

講義日	6/13(月)	講師	奥村光隆
テーマ	量子化学計算		
<p>量子化学計算における手法と基底関数などの概念と使用方法を概説し、目的とする物質系に適切な方法を選択できるようにすることを目的とする。</p> <p>物性解析や、反応解析に必要な概念を理解し、適切な解析を行えるように解析手法を適宜利用できるようになることを目的とする。</p>			

講義日	6/20(月)	講師	小口多美夫
テーマ	マテリアルズ・インフォマティクス：概論		
<p>近年、物質材料研究分野でのデータ科学手法の応用が急速に広まり、情報統合型の物質材料研究（マテリアルズ・インフォマティクス:MI）が一つの学際研究領域として築かれつつあると同時に、研究開発の加速化を狙って多くの研究機関がMI研究を活発化している。本講では、物質材料研究の現状を踏まえて計算科学手法及びデータ科学手法の役割を述べ、データ科学の主たる手法である機械学習の基礎事項に触れた後、いくつかのMI研究事例を紹介する。</p>			

講義日	6/27(月)	講師	Dam Hieu Chi
テーマ	データサイエンスの基礎		
<p>この講義では、データサイエンスの基礎を形成する典型的な統計処理、機械学習、およびデータマイニングの基本原則と方法を紹介する。</p> <p>実例を用いて、材料科学の問題をデータサイエンスの問題として捉えられ、データ駆動型的に展開するための重要な考え方と、データ科学の問題を解決するための全体的な展開方法について解説する。具体的には、データサイエンスの分析技術として回帰や分類などの予測分析、クラスターリングや関連分析などの記述的分析の詳細を紹介し、データ分析によって得られた結果の評価方法についても述べる。</p>			

講義日	7/4(月)	講師	鷲尾隆
テーマ	データサイエンスの計測と分析への展開		
<p>機械学習・深層学習を含むデータサイエンスの研究結果が、いよいよ社会の各方面で実用化段階にある。計測と分析の分野も例外ではないが、両者は情報科学的に本質的に異なるにもかかわらず、現状ではほとんど混然一体化した扱いがなされている。本講義ではデータサイエンスからみた計測と分析の違い、両者を峻別する計測および分析の情報処理設計がもたらす利点を、概論と実例で説明する。また、関連分野の研究活動の現状、今後の動向についても紹介する。</p>			

講義日	7/11(月)	講師	1コース講師
テーマ	ディスカッション・ディベート		
<p>受講生と講師全員が参加して量子シミュレーションの実例についてディスカッション・ディベートを行う。講師による失敗例をふくむ実例説明後、量子シミュレーション可能性、導入のプランニング、実施方法、活用法、および量子シミュレーション手法そのものについて双方向のディスカッション・ディベートを行う。</p> <p>受講生と講師全員が参加して量子シミュレーションでなにか出来るかについて、これまでの経験および今後へ向けた期待を中心にディスカッション・ディベートを行う。</p>			

講義日	10/17(月)	講師	赤井久純
テーマ	ナノ混晶による新機能デザイン		
<p>ナノ混晶等の不規則系をあつかうKKR-CPA-LDA法および多層膜などの超構造へのKKR法の適用などのKKR法を基礎にした量子シミュレーションの高度な手法について、その考え方および実例を説明する。</p> <p>ナノ混晶・超構造量子シミュレーションの手法を用いた実際のナノ材料デザイン、およびナノデバイスデザインについて実例にもとづき解説を行う。</p>			

講義日	10/24(月)	講師	宮本良之
テーマ	励起状態ダイナミクスシミュレーション		
<p>これらの講義では、従来から行われている熱力学的平衡状態にある分子動力学ではなく、電子励起によって引き起こされる非常に高速な化学反応（非熱的な反応）をシミュレーションする方法を紹介する。近年のフェムト秒レーザーを利用した分光学により、原子、分子の高速化学反応が観測されるようになってきた。更には、レーザー光により人間が恣意的に反応を制御しようとする試みがでるまでに至っている。フェムト秒レーザーの技術は、固体、生体分子の研究分野にも広がろうとしている。一方で第一原理計算による電子励起後の高速現象の理解は進んでいるとはいえない。それは、高速現象を扱うのに必要な電子の実時間発展の計算が第一原理計算でなかなか実行できないことに起因する。これらの講義では、時間依存シュレディンガー方程式を現実物質系で解く計算手法に加え、いくつかの重要な事例を紹介すると共に、熱力学的手法に加え、電子励起による高速化学反応のシミュレーションで、どのような産業上の応用が考えられるかも議論していきたい。</p>			

講義日	11/7(月)	講師	濱田典昭
テーマ	光と熱の利用		
<p>電子の光応答の基本的理解と、バンド計算結果から誘電関数・複素屈折率を計算する方法について述べる。伝導電子とバンド間遷移による光応答の特徴を解説し、透明導電材料と太陽電池材料への応用を述べる。</p> <p>Bloch-Boltzmann理論による半古典的輸送係数計算の応用として、高効率熱電材料探索のキーとなる考え方を述べ、Mg₂SiやCrSi₂の熱起電力の計算例を紹介する。</p>			

講義日	11/14(月)	講師	小野倫也
テーマ	ナノ構造と輸送現象デザイン		
量子力学の第一原理に基づいて、ナノ構造の電気伝導特性を予測・解析するための非平衡グリーン関数法、波動関数接合法ならびにこれらの方法に基づいた計算を計算機で実行するための数値計算手法を紹介する。さらに、分子架橋系、MOS デバイス界面などに対する電気伝導特性計算の研究事例紹介を行う。			

講義日	11/21(月)	講師	吉田博
テーマ	省エネルギー・創エネルギーデザイン		
21 世紀の我が国では、工業化社会から知識社会へと産業構造や社会のパラダイムが大きく変化するとともに、エネルギー問題がクローズアップされ、最重要課題は、地球温暖化を回避するための二酸化炭素を排出しないカーボン・ニュートラルなエネルギーの創出である。これらの候補として、熱電材料や太陽エネルギー変換材料（太陽電池、人工光合成）のナノサイエンスによる超高効率化のデザインと実証が最重要課題となる。太陽エネルギー変換の超高効率化のためには、自己組織化により形成するナノ超構造を舞台として、光子によって生じた電子とホールとのナノダイナミクスを積極的に利用し、新しいクラスの超高効率太陽エネルギー変換太陽電池の計算機ナノマテリアルデザインとそれらに立脚した創エネルギーに関するデザインと実証による基礎研究が不可欠となってくる。一次元昆布相のスピンエントロピー輸送による高効率熱電材料や低次元自然超格子による巨大なゼーベック係数のデザイン、ナノ超構造を利用した多重励起子創成による超高効率太陽電池や、欠陥を自己修復する不老不死の CuInSe ₂ (CIS) 太陽電池の計算機ナノマテリアルデザインと実証について講義する。			

講義日	11/28(月)	講師	金田千穂子
テーマ	半導体デバイスにおける界面デザイン		
高度に微細化が進んだ半導体ナノデバイスにおいては、第一原理計算をはじめとするナノシミュレーションに対する産業界からの強い要求は以前からある。しかし、ナノシミュレーションを一つのテクノロジーとして産業に応用していくためには、異なるシミュレーション手法との連携・統合、適切なモデリングやパラメータ化による計算負荷低減、シミュレーションの自動化による工数削減、インフォーマティクス手法の利用やシミュレーションの自動化による効率化など、なお多くの工夫が必要とされる。ここでは半導体デバイス開発における界面の性質および界面形成に関するナノシミュレーションの産業応用への取り組みを中心に紹介し、後半では、今後のナノデバイス開発プロセスの革新に向けたナノシミュレーション利用のありかたについても議論する。			

講義日	12/5(月)	講師	佐藤和則
テーマ	半導体ナノスピントロニクスデザイン		
希薄強磁性半導体の強磁性機構について、第一原理計算からその機構を解明し、磁性状態の 3d 遷移金属原子番号依存性（ケミカルトレンド）を説明する。磁気力定理を用いた磁氣的相互作用に関する第一原理計算とモンテカルロシミュレーションにより希薄磁性半導体の強磁性転移温度を定量的に予測し、実証実験と比較する。電子のスピン自由度を利用する半導体ナノスピントロニクスの必要性についてムーアの法則を例に解説し、希薄磁性半導体を用いた半導体ナノスピントロニクスの可能性について議論する。次世代エレクトロニクスの候補である半導体スピントロニクスについて解説し、その実現のために必要な希薄磁性半導体の材料設計を、有限温度磁性の第一原理シミュレーションに基づき提案する。結晶成長条件の制御により希薄磁性半導体結晶中にナノ超構造強磁性体を生成する方法をデザインし、結晶磁気異方性や形状磁気異方性の制御による強い(高い)ブロック温度をもつ)磁石の創製法を提案する。デザインに基づいた新しい半導体スピントロニクスデバイスの実証実験について解説する。			

講義日	12/12(月)	講師	小口多美夫
テーマ	強誘電体・圧電体デザイン		
誘電体の電子論に関して概説する。巨視的分極の計算手法とワニア関数による直感的な解釈に触れる。強誘電体・圧電体材料に関して簡単な紹介を行い、第一原理計算に基づく強誘電体・圧電体のマテリアルデザインの研究事例を示す。			

講義日	12/19(月)	講師	草部浩一
テーマ	カーボン系ナノ機能材料		
フロンティアカーボンの代表であるフラーレン、ナノチューブ、グラフェン、ナノ・ダイヤモンドなどのカーボン系ナノ機能材料を、半導体素子材料、磁性材料、電極材料、電子デバイス素子などとして応用する際に必要となる設計・評価の基礎理論を概説する。有機物磁性体の設計法を用いたナノ炭素磁性体、電界効果型トランジスタとしてナノチューブを動作させる特性解析法と、スピントロニクスデバイス設計例などを紹介する。リチウムイオン電池の負極材料としてのナノ炭素材料の評価法についても触れる。後半では、カーボン系ナノ材料のバンドギャップ工学を概説する。直接遷移型から間接遷移型までバンドギャップを可変的に変化させうる水素化及びフッ化炭素系材料の密度汎関数法による半導体ギャップ構造解析例とそのバンドギャップ工学を論じる。ナノ炭素材料の電子状態設計結果が実測された例、ナノ炭素材料の化学反応の特性の解析等を通じて、実用デバイスやエネルギーシステムへの物質デザインが与える波及効果なども議論する。			

講義日	12/26(月)	講師	森川良忠
テーマ	分子エレクトロニクスデザイン		
分子エレクトロニクスや電気化学反応で重要となってくる固体中や溶液中、および、界面での電荷移動過程の基礎について概説した後、その第一原理シミュレーションによる研究について紹介する。有機デバイスにおける効率を大きく左右する界面の電子状態、特に、電子準位接続を支配する要因について概説し、精度の良い理論的予測が可能になってきた第一原理シミュレーションの最近の動向について紹介する。			

講義日	1/16(月)	講師	濱田幾太郎
テーマ	表面化学過程の第一原理シミュレーション		
<p>燃料電池、二次電池などのエネルギー変換デバイスは環境・エネルギー問題解決の手段の一つとしてその重要性を増してきている。本講義ではエネルギー変換デバイスにおいて特に重要となる電極、電解質溶液、それらで構成される電極界面とそこで起こる化学過程を研究するための第一原理計算手法と最近の応用例を紹介する。</p> <p>機能性界面や表面反応をデザインする上で吸着分子と電極表面の相互作用の正確な記述が本質的に重要である。本講義では分子・電極界面を高精度に記述するための手法の概観と基礎理論を議論し、さらにそれらの手法を利用した最近の研究事例を紹介する。</p>			

講義日	1/23(月)	講師	尾方成信
テーマ	マルチスケールモデリング・シミュレーションによる材料強度予測		
<p>第一原理計算に基づく材料の各種特性の予測が可能になり、計算材料科学を支える大きな柱となっている。</p> <p>しかし、材料強度などのマクロ特性については、第一原理計算の時空間スケールと対象とする特性発現の時空間スケールとの間に大きなギャップがあり、その予測は一筋縄ではいかない。</p> <p>また、ナノ材料を対象とする場合でも、空間スケールはともかく時間スケールについては、依然として大きなギャップがある。</p> <p>講義では、適切な時空間粗視化を行うことによってそのギャップを橋渡しし、第一原理計算からのマクロ特性の予測を可能とする、最新のマルチスケールモデリング・シミュレーション手法やその応用事例について述べる。</p>			

講義日	1/30(月)	講師	高木知弘
テーマ	フェーズフィールド法の基礎と応用		
<p>フェーズフィールド法は、秩序変数を用いた界面拡散モデルであり、特にメゾスケール材料組織予測法として発展している。本講では、まずフェーズフィールド法がどのような現象を表現することができるのか動画を用いて説明する。次に、単一の秩序変数を用いた最も基本となるモデルを用いて、フェーズフィールド法の考え方およびモデルの構築手順を説明する。次いで、このモデルを拡張する形で、多結晶体のような複数の秩序変数を用いるマルチフェーズフィールドモデルを説明する。最後に、フェーズフィールド法を用いた最先端の研究を紹介する。</p>			

講義日	2/6(月)	講師	1コース講師
テーマ	ディスカッション・ディベート		
<p>受講生と講師全員が参加してナノデザインの実例についてディスカッション・ディベートを行う。講師による失敗例をふくむ実例説明後、ナノデザインの可能性、導入のプランニング、実施方法、活用法、あるいはナノデザインの手法や問題点について討議を行う。</p> <p>受講生と講師全員が参加してナノデザインの将来について、それぞれの経験や勉強して得た印象にもとづいて双方向のディスカッション・ディベートを行う。</p>			

コース2 ナノエレクトロニクス材料・デバイス学

<p>目的・概要</p>	<p>我々が目指す将来においては、サイバー空間（情報処理）とフィジカル空間（もの）が高度にインタラクティブに融合した「超スマート社会」の構築が求められている（Society5.0）。本コースで扱う「ナノエレクトロニクス材料・デバイス」は、現在の『ナノテクノロジー』の発展の源となった根幹をなすテーマであり、超スマート社会の実現には不可欠な技術要素である。さらに、ナノメートルスケール加工や構造作製技術の向上に伴い、ナノ領域の扉が開かれ、エレクトロニクスに限らず、様々な領域への応用に発展している。</p> <p>本コースは、エレクトロニクス（電子）、フォトンクス（光）、スピントロニクス（磁性）などを活用したナノテクノロジーデバイスにとりわけ興味があり、知識として学び、あるいは最新の情報を得て、近い将来に自分の仕事に役立てようと考えている受講生のための基礎を学ぶ「入門」から、現在ナノエレクトロニクス材料・デバイスの領域の研究・開発にすでに携わっている受講生のための「専門」コースとしての最先端の応用的内容までを網羅し、幅広い層の受講生を対象として、実践に役立つ内容を網羅している。</p>
<p>修得目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・各種材料（半導体、磁性体、誘電体など）の基本的物性と応用事例、MI の活用例の学習 ・各種プロセス技術（薄膜結晶成長、微細加工など）の概要、必要性、応用展開の学習 ・各種評価技術（電気的特性、光学的特性、磁気的特性、構造的な特性など）の概要、原理、応用分野の学習 ・電子デバイス（高周波トランジスタ、パワートランジスタなど）の現状、使われる材料、デバイス構成、動作原理、応用例の学習 ・発光デバイス（発光ダイオード、半導体レーザなど）の現状、使われる材料、デバイス構成、動作原理、応用例の学習 ・受光デバイス（光検出器、太陽電池など）の現状、使われる材料、デバイス構成、動作原理、応用例の学習 ・萌芽的なセンサー材料、新規ナノ材料やメモリーデバイスの特徴、応用に関する学習 ・ナノテクノロジーが支える量子コンピュータの原理と現状 <p>以上を学ぶことにより、新規ナノエレクトロニクス材料・デバイス開発に向けて各種材料の特性、作成法、機能計測法を理解し、様々な最新デバイス応用を学ぶことで、ナノエレクトロニクスの実践力を身に付ける。</p>
<p>年間の構成</p>	<p>講義は、春・夏学期は各種材料（無機半導体、有機半導体、磁性体、誘電体など）・プロセス技術（薄膜結晶成長、微細加工など）・評価技術（電気的特性、光学的特性、磁気的特性、構造的な特性など）に関わる基礎的な総論、秋・冬学期は省・創エネルギーエレクトロニクス（電子デバイス、発光デバイス、受光デバイス、太陽電池、センサー、メモリなど）や光触媒に関する応用に重点を置いた各論のテーマから構成されている。また、次世代の量子コンピュータの原理と活用にも触れられている。エレクトロニクスでありがちな物理的側面のみならず、化学的側面を対比させて議論することで、材料・デバイス開発に幅広さを持たせている、通年の開講であるため、基礎と応用をバランスよく分散させ、年間を通して全受講生が学びやすいように系統的にプログラムを構成している。本コースでは、最先端の研究で活躍している本学の教員が講義を行うとともに、優れた専門性を持った学外教員も加えて、それぞれの立場から各講師の専門性を生かした講義をしていただく。また、各遠隔教室からの質問やコメントを受け付けると共に講義内容について理解を深める双方向の議論を随所で行う。</p>
<p>参考文献</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・キッテル「固体物理学入門 上、下」（丸善） ・佐藤勝昭「応用物性」（オーム社） ・赤崎勇「Ⅲ - V 族化合物半導体」（培風館） ・中山正昭「半導体の光物性」（コロナ社）
<p>特記事項</p>	<p>材料・デバイスの機能計測・解析技術に関しては、コース4「ナノ構造・機能計測解析学」の6/9 超解像度顕微鏡法、10/27 電池材料のナノ構造機能解析の最前線、11/17 高分子材料におけるナノ構造機能解析、11/24 エレクトロニクス材料・デバイスの解析などが参考になる。コース5「ナノ機能化学」の10/14 太陽光-化学エネルギー変換、コース1「ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学」の12/26 分子エレクトロニクスデザインなどの講義も役立つので、これら希望者は受講希望を申請することを奨励する。</p>

前 期 (4単位)			*実務家教員 **実務家
回	講義日	テーマ	講師
1	4/5 (火)	オリエンテーションとナノ材料とフォトニクス	田中秀和*(阪大・産研) 伊藤正*(阪大・ナノ)
2	4/12 (火)	無機半導体材料とデバイス	奥山雅則*(阪大・ナノ)
3	4/19 (火)	有機エレクトロニクスに向けた有機材料の基礎と応用	家裕隆(阪大・産研)
4	4/26 (火)	磁性体の基礎	千葉大地(阪大・産研)
5	5/10 (火)	電池の古今東西と未来	妹尾博**(産総研)
		2030年社会を意識した蓄電池開発の方向性	木下肇**(KRI(株))
6	5/17 (火)	光触媒材料の原理と応用	平井隆之*(阪大・基礎工)
7	5/24 (火)	ナノ構造物質の作製と光学応答(物理的観点)	芦田昌明*(阪大・基礎工)
8	6/2 (木)	走査プローブ顕微鏡法 (固液界面解析への応用を中心として)	福井賢一*(阪大・基礎工)
9	6/7 (火)	放射光分光分析法	関山明*(阪大・基礎工)
10	6/14 (火)	薄膜作成の基礎・応用から薄膜材料技術まで	北川雅俊*(阪大・COI)
11	6/20 (月)	マテリアルズ・インフォマティクス：概論	小口多美夫* (阪大・スピントロニクス)
12	6/28 (火)	半導体微細加工プロセス	古澤孝弘(阪大・産研)
13	7/5 (火)	ナノ粒子の分光・光学特性とナノフォトニクスへの応用	朝日剛*(愛媛大・工)
14	7/12 (火)	強誘電体材料とデバイス応用	藤村紀文*(阪府大・工)

後 期 (4単位)			*実務家教員 **実務家
回	講義日	テーマ	講師
1	10/11(火)	太陽電池の研究開発と今後の展開	太和田善久**(阪大・ナノ)
2	10/18(火)	パワーエレクトロニクスを支える半導体デバイス・回路技術	谷口研二*(阪大・工)
3	10/25(火)	有機エレクトロニクス・フォトニクス	八瀬清志** (先端素材高速開発技術研究組合)
4	11/1 (火)	オプトロニクス	片山竜二(阪大・工)
5	11/8 (火)	プラズモニクス・メタマテリアルの基礎と応用	高原淳一(阪大・工)
6	11/15(火)	テラヘルツ技術の最前線	斗内政吉*(阪大・レーザー)
7	11/22(火)	MEMS プロセスと応用デバイス	神野伊策*(神戸大・工)
8	11/29(火)	化学分子の計測を目指したフレキシブルセンサとその応用	竹井邦晴(阪府大・工)
9	12/6 (火)	物理センサの原理と応用	奥山雅則*(阪大・ナノ)
10	12/13(火)	先端メモリ概論(磁気メモリを中心に) I	鈴木義茂*(阪大・基礎工)
11	12/20(火)	先端メモリ概論(機能性酸化物・相変化メモリを中心に) II	田中秀和*(阪大・産研)
12	1/10 (火)	ナノカーボン材料の成長・評価技術と応用展開	小林慶裕*(阪大・工)
13	1/17 (火)	量子ビット・量子コンピュータ	大岩顕(阪大・産研)
14	1/24 (火)	総合討論	2コース講師*

各コースの講義とは別に、全コース共通講義があります。(2ページ参照)

講義日	4/5(火)	講師	田中秀和、伊藤正
テーマ	オリエンテーションとナノ材料とフォトニクス		
本コースを開始するにあたり、講義の構成と年間の計画、履修できる内容を紹介します。引き続いて、半導体ナノ粒子などのナノ構造材料の電子的・光学的性質の特徴とそれらを計測・評価する様々な光計測技術について解説する。			

講義日	5/17(火)	講師	平井隆之
テーマ	光触媒材料の原理と応用		
半導体を中心とする光触媒材料の動作原理について概説する。さらにエネルギー変換(光の水分解による水素製造)、環境浄化(有害物質の分解)、有機合成反応への応用などの具体例について解説する。			

講義日	4/12(火)	講師	奥山雅則
テーマ	無機半導体材料とデバイス		
Si, GaAs, ZnS等の無機半導体材料における電子状態および電子や正孔の振る舞いについて概説する。次いで、pn接合や金属・絶縁体との接合を用いたダイオード・トランジスタの動作原理を説明する。さらに、光と半導体中電子の相互作用から光吸収や発光などの光学的性質について概説し、光センサ、太陽電池、LED、レーザーダイオード等の光エレクトロニクス素子について説明する。			

講義日	5/24(火)	講師	芦田昌明
テーマ	ナノ構造物質の作製と光学応答(物理的観点)		
ナノ構造に閉じ込められた電子状態の特徴とその応用について、光学応答を中心に概説する。さらに、ナノ構造物質の作製法について触れた後、光による運動制御やナノとマイクロの中間サイズ領域に見られる新奇光学応答など、最新の研究内動向についても紹介する。			

講義日	4/19(火)	講師	家裕隆
テーマ	有機エレクトロニクスに向けた有機材料の基礎と応用		
有機材料を用いた有機エレクトロニクスデバイスの開発が近年盛んに行われている。有機分子は分子構造修飾を比較的容易に行えることが大きな特徴である。本講義では、分子設計指針の理解に向けて、分子物性の基礎、デバイス応用に重要な固体構造、およびこれらの物性を活かしたエレクトロニクス応用について解説する。			

講義日	6/2(木)	講師	福井賢一
テーマ	走査プローブ顕微鏡法(固液界面解析への応用を中心として)		
STMやAFMなどの走査プローブ顕微鏡は、原子・分子スケールで固体表面やその上に吸着した分子の局所構造や電子状態を計測する手法として広く認知されているが、近年のめざましい技術的進歩によって固液界面"近傍"の液体側の情報まで得られるようになってきた。本講義では、その計測法の基礎から固液界面についての最先端の研究成果までを概説する。			

講義日	4/26(火)	講師	千葉大地
テーマ	磁性体の基礎		
磁石の存在はギリシャ時代から知られていたが、現代社会では発電するために欠かせないだけでなく、電気自動車のモーターからナノサイズの磁石への情報の記録に至るまで、幅広く活用されている。磁性体は現代社会を支える材料と言っても過言ではない。本講義では、磁性の種類や、その基礎的な物理を理解したのち、主にスピントロニクスデバイスにおける物理現象や応用例を概観する。			

講義日	6/7(火)	講師	関山明
テーマ	放射光分光分析法		
金属・半導体をベースにした固体材料が示す機能の起源となる電子構造を調べるにはシンクロトロン放射光を用いた光電子分光・EXAFSを含む内殻吸収分光・RIXSを含む発光分光が有用であるがその基礎となる物理は共通している。そこでこれらの分光技術について原理から得られるデータと情報について紹介し議論する。また、最近の発展が著しく産業利用も盛んになりつつある硬X線光電子分光(HAXPES)についても触れる。			

講義日	5/10(火)	講師	妹尾博、木下肇
テーマ	電池の古今東西と未来		
携帯電話から電気自動車までエネルギー貯蔵デバイスとしてあらゆる場所で使われている電池について、その成り立ちに基づく原理と国内外における現状を、さらにカーボンニュートラルの未来に向けた次世代の電池に関する研究開発を講義する。			
テーマ	2030年社会を意識した蓄電池開発の方向性		
地球環境問題、資源問題がクローズアップされる今、エコカーの普及促進、再生可能エネルギーへの転換などの政策が、今後も蓄電池市場を牽引し、リチウムイオン電池市場は2030年には凡そ40兆円(2018年の10倍)と予測される。本講演では、2030年社会における「社会・ユーザーニーズを満たす蓄電池は何か」という観点から蓄電池の開発方向性につき解説する。			

講義日	6/14(火)	講師	北川雅俊
テーマ	薄膜作成の基礎・応用から薄膜材料技術まで		
薄膜技術を用いた材料・デバイス作製や評価技術は、情報、エネルギーに関わる先端デバイスのみならず工業分野以外の数多くの産業分野で幅広く利用されている。本講義では、企業での薄膜技術とその周辺を含む研究・開発から工場展開までの経験を通じて得られた薄膜作製の基礎から応用までの基本から学会・研究会などの活動から得られた最新情報に基づく薄膜技術の将来動向までを理解しやすく実例を示し解説する。			

講義日	6/20(月)	講 師	小口多美夫
テーマ	マテリアルズインフォマティクス：概論		
<p>近年、物質材料研究分野でのデータ科学手法の応用が急速に広まり、情報統合型の物質材料研究（マテリアルズ・インフォマティクス:MI）が一つの学際研究領域として築かれつつあると同時に、研究開発の加速化を狙って多くの研究機関が MI 研究を活性化している。本講では、物質材料研究の現状を踏まえて計算科学手法及びデータ科学手法の役割を述べ、データ科学の主たる手法である機械学習の基礎事項に触れた後、いくつかの MI 研究事例を紹介する。</p>			

講義日	6/28(火)	講 師	古澤孝弘
テーマ	半導体微細加工プロセス		
<p>今後爆発的に増加する情報を処理するためには、莫大な電力が必要とされる。IT 社会が発展するためには、情報 1 ビット当たりの処理に必要な電力消費量を抑える必要があり、半導体微細加工プロセスの高解像度が重要な役割を果たす。本講義では、半導体微細加工プロセスの原理を、歴史をさかのぼって解説するとともに、極端紫外光（EUV）リソグラフィを中心に次世代微細加工プロセスの展望、課題について解説する。</p>			

講義日	7/5(火)	講 師	朝日剛
テーマ	ナノ粒子の分光・光学特性とナノフォトニクスへの応用		
<p>前半では、ナノ粒子の光・電子物性や分光特性（吸収・発光）と粒子サイズの関係について、金属、無機半導体、有機材料ごとにその特徴を概論する。後半では、ナノ粒子を利用したデバイスやセンシング技術への応用展開を、ナノ粒子の作製技術とともに紹介する。</p>			

講義日	7/12(火)	講 師	藤村紀文
テーマ	強誘電体材料とデバイス応用		
<p>強誘電体は半導体や強磁性体ほど広く知られているわけではないが、大きな誘電率を利用した超小型キャパシタ、圧電性を利用したアクチュエーターや周波数フィルターや焦電性を利用した人感センサなど私たちの身の回りの電子デバイスで色々なところで利用されている。最近では、IoT 社会の中で利用される様々なセンシングデバイス、低消費電力論理回路や脳型メモリ素子として、さらに環境や人間の動きからエネルギーを得るエネルギーハーベスタとしての利用も検討されている。本講義では、安全・安心・エネルギーに貢献する次世代デバイス応用が期待されている強誘電体の多彩な物性発現の起源を述べたのちに、トリリオンセンサネットワークの中で期待される最新技術の一端を紹介する。</p>			

講義日	10/11(火)	講 師	太和田善久
テーマ	太陽電池の研究開発と今後の展開		
<p>太陽電池の動作原理、主要材料であるシリコンの材料技術、太陽電池デバイスの特性評価、製品化のイノベーションについて解説し、その他の化合物、有機、有機無機複合、酸化物の研究開発動向も紹介する。普及を促進してきた全量買取制度 FIT により 2030 年目標の 64GW はまもなく実現する見込みである。我が国は第五次エネルギー基本計画で、再エネを主力電源と位置づけ 2050 年再エネ 80% という COP21 合意実現に向けた新たな取り組みについても概説する。</p>			

講義日	10/18(火)	講 師	谷口研二
テーマ	パワーエレクトロニクスを支える半導体デバイス・回路技術		
<p>本講義では、様々な技術分野で使われている電力変換機器（コンバータ、インバータ）を半導体デバイスと回路の視点から理解を深める。コンバータは壁面コンセントから家電製品に電力を供給する AC アダプターとして、インバータはエアコンや EV（電気自動車）のモータを駆動するために使われている。これらの電力変換機器はパワー半導体デバイスやスイッチ制御回路から構成されており、近年の半導体デバイスのスイッチング性能の飛躍的な向上とともに電力損失の極めて少ない電力変換が可能になった。講義では、パワースwitching素子、インダクタやオペアンプなどで構成されるパワエレ基盤技術を俯瞰しながら電力変換機器の機構を理解する。</p>			

講義日	10/25(火)	講 師	八瀬清志
テーマ	有機エレクトロニクス・フォトニクス		
<p>有機トランジスタ、有機 EL テレビや有機 EL 照明、有機太陽電池、メモリ、センサ等の実用化が進められている光電子機能有機・高分子材料を用いた分子デバイスの現状と展望を紹介する。</p> <p>(I) 分子デバイスのシーズ：材料、プロセス、計算・シミュレーション、評価技術</p> <p>(II) 分子デバイスのニーズ：トランジスタ、EL、太陽電池、メモリ、センサ</p>			

講義日	11/1(火)	講 師	片山竜二
テーマ	オプトロニクス		
<p>近年の情報通信技術（ICT）やモノのインターネット（IoT）の発展に伴い、光学と電子工学の融合分野であるオプトロニクス分野の重要性が劇的に増している。本講義では、特に発光ダイオード・半導体レーザをはじめとする基本的な光デバイスの動作原理に加え、光通信、固体照明やセンシングといったそれらの現在の応用分野について説明するとともに、レーザディスプレイや光量子コンピュータ等の最新の研究開発状況を紹介する。</p>			

講義日	11/8(火)	講 師	高原淳一
テーマ	プラズモニクス・メタマテリアルの基礎と応用		
<p>プラズモニクスは金属を用いたナノフォトニクスである。前半ではプラズモニクスを負誘電体のフォトニクスととらえ、基礎原理とそれがもたらすナノフォトニクスとしての機能について学ぶ。金属や誘電体からなるナノ構造をメタ原子とみて、それを 3 次元あるいは 2 次元的に配列したものがメタマテリアルやメタサーフェスである。後半ではメタマテリアル・メタサーフェスの原理について説明する。最後に最近の応用例を紹介する。</p>			

講義日	11/15(火)	講 師	斗内政吉
テーマ	テラヘルツ技術の最前線		
<p>現在注目を集めるテラヘルツ工学について、その現状と将来展望を概説し、テラヘルツ工学を支えるナノデバイス・光技術などについて紹介するとともに、テラヘルツ時間領域分光を用いた半導体 R & D およびバイオメディカル応用の最前線について解説する。</p>			

講義日	11/22(火)	講 師	神野伊策
テーマ	MEMS プロセスと応用デバイス		
<p>半導体加工技術を用いてセンサ・アクチュエータ等の機能性マイクロデバイスを作製する MEMS(Microelectromechanical systems) について、その技術開発の歴史と特徴、特に加工プロセスや設計論、その応用製品に関して解説する。後半は、代表的な機能性材料である圧電材料を用いた圧電 MEMS について取り上げる。基礎研究から製品化に至るまでの過程について具体例を用いて解説すると共に、最近の研究動向および今後の展望について紹介する。</p>			

講義日	1/10(火)	講 師	小林慶裕
テーマ	ナノカーボン材料の成長・評価技術と応用展開		
<p>ナノメートルスケールの材料では、バルク固体とは全く異なる新たな性質が発現し、その特異的な物性を活かした様々な応用技術が期待されている。本講義では、主にカーボンナノチューブやグラフェンなどのナノカーボン材料を取りあげ、その合成・構造解析方法や電子・光物性について述べる。さらに、それらを利用した高感度センサなどの電子デバイスや電気化学電極などの複合体への応用展開について紹介する。</p>			

講義日	11/29(火)	講 師	竹井 邦晴
テーマ	化学分子の計測を目指したフレキシブルセンサとその応用		
<p>本講義では、次世代ウェアラブルデバイスで注目を集めているフレキシブルデバイスについて説明する。その中で特に汗を含む水分子の湿度計測や pH レベル、グルコース濃度などの計測について、その原理、計測手法、そしてその応用について議論をする。最後にこれらセンサを用いた常時健康管理について説明し、実応用へ向けた思考力及び知識の構築を目指す。</p>			

講義日	1/17(火)	講 師	大岩 顕
テーマ	量子ビット・量子コンピュータ		
<p>最近、従来のコンピュータと全く異なる概念で動作する量子コンピュータの開発が先進各国で活発になっている。本講義では量子コンピュータが何に使えるのかその用途をはじめ、量子情報全体の動向を概観し、量子コンピュータの動作原理や、超伝導量子ビットや電子スピン量子ビットなどデバイスとしての量子ビットの観点からハードウェアについて講義する。</p>			

講義日	12/6(火)	講 師	奥山雅則
テーマ	物理センサの原理と応用		
<p>光、温度、加速度、圧力、音、磁場等の物理量を検知するセンサの動作原理と素子構造、動作原理、特徴、応用について概説する。まず、物理量を電気信号等に変換する顕著な効果・現象、センサに必要な要件や作製技術について述べる。次いで個々のセンサについて素子構造、動作原理や特性を説明し、それらの応用についても簡単に紹介する。</p>			

講義日	1/24(火)	講 師	2コース講師
テーマ	総合討論		
<p>講師による講義の補足や、受講生からの質問にいろいろな立場から講師あるいは他の受講生が答えるなど、双方向の討論会・交流の場とする。討論への積極的な参加を期待する。</p>			

講義日	12/13(火)	講 師	鈴木義茂
テーマ	先端メモリ概論(磁気メモリを中心に)- I		
<p>強磁性体の不揮発性を生かした磁気メモリの概要と先端メモリの原理を紹介する。強磁性体の磁化過程と磁区の理解から始め、磁気テープ、ハード磁気ディスクなどの従来技術を概観した後、先端メモリの一つである磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) の原理と現状、さらに、メモリ - イン - ロジックやナノ磁性ドットリザーバ計算機などの人工知能を目指した研究について紹介する。</p>			

講義日	12/20(火)	講 師	田中秀和
テーマ	先端メモリ概論(機能性酸化物・相変化メモリを中心に)- II		
<p>相変化を示す材料は、相変化ランダムアクセスメモリ (PCRAM) などの応用が期待されている。相変化酸化物、カルコゲナイドガラスなどの基礎物性を理解し、その現象と先端メモリの原理を紹介する。また、機能性酸化物に関連する強誘電体メモリ (FeRAM)、抵抗メモリ (ReRAM) なども併せて先端メモリ分野を俯瞰する。</p>			

コース3 ナノライフサイエンス学

<p>目的・概要</p>	<p>高度高齢化社会を迎え、ナノテクノロジーという工学技術・知識を、医学分野や医学療法・医療機器の分野において有効に活用し、新たな QOL 産業へと展開するとともに、より高度な治療や病気予防の分野などでの活用が益々期待されている。例えば、工学と化学・生物学の融合は光計測・調節技術を生み出しており、これらの技術はライフテクノロジー（バイオ、医療、創薬）にまたがる幅広い応用分野において展開される。コース3「ナノライフサイエンス学」ではケミカルバイオロジー、バイオメカニクス、ナノテクノロジーの三者の融合領域・境界領域における様々なスケール（ナノからマイクロ領域）における多様なトピックスを取り上げ、医学、生体親和材料、生体計測・再生医療・創薬などのライフサイエンス全般の領域に資する講義を行う。これらの受講を通して関連分野の研究内容や知識を習得し、工学・理学系の講師だけではなく、医学・薬学系の講師も多数招き、ナノテクノロジーを基礎とする新規なライフサイエンスを理解し、「医工連携」による高度技術を創造することを目的とする。</p>
<p>修得目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ケミカルバイオロジーの基礎知識の習得 ・バイオメカニクス（細胞活動への力学的効果）の基礎知識の習得 ・バイオセンサー・デバイス、ウェアラブルデバイスの原理・データ統計処理方法の学習 ・バイオイメージング技術の学習 ・再生材料・再生医療・組織工学の作動原理の学習 ・各種病理の基礎知識の習得及び治療法の学習 →がん、循環器病、生活習慣病 など ・医薬品の研究開発、ドラッグデリバリーなど ・人工知能・ディープラーニングを活用したメディカル展開の学習 <p>以上を学ぶことにより、医学、生化学、ナノバイオロジー、再生材料などの基礎、典型的な生体計測技術、各種病理の基礎や治療法、AI 診断支援、医薬品開発などのライフサイエンスの基礎と現状を理解し、今後の高齢化社会におけるナノテクノロジーを生かした「医工連携」による学際的高度技術を創造できる応用力を身に付ける。</p>
<p>年間の構成</p>	<p>主として前期はナノテクノロジーに係るケミカルバイオロジーやバイオメカニクスなどの基礎的な講義を中心にまとめ、後期は病理学も含め、メディカル領域でのトピックス、薬学としての創薬やドラッグデリバリーシステムを扱う。講師は大阪大学の研究者を中心に、全国の大学から各分野の専門家が務める。具体的な講義内容としては、前期では主に分子工学、バイオメカニクス、細胞アッセイや細胞操作と制御、先端のバイオイメージング技術、心筋細胞シートを含む再生材料・再生医療などについて、後期では、主にゲノム計測と編集、医用診断法、医薬品開発、リキッドバイオプシー、ドラッグデリバリーシステム、ウェアラブル技術などのバイオ・医療関連の講義を取り上げる。また、トピックス的話題として生体計測に関するデータ科学や人工知能・ディープラーニングのメディカル応用など、バイオインフォマティクスに通じる講義も提供する。これらの講義を通して、多様な視点からライフサイエンス学を論じる。講義では、遠隔配信先を含め各教室から質問やコメントを受け付けるとともに、講義内容について理解を深める双方向議論を行う。また、後期には総合討論を用意し、講師と受講生が集まって忌憚なく意見を双方向に交換できる場を設ける。</p>
<p>参考文献</p>	<p>各講師から講義一週間前までに、および講義中にそれぞれ紹介する。 ・1週目講義の参考文献：曾我部編「メカノバイオロジー」（化学同人，2015）</p>
<p>特記事項</p>	<p>生化学関連では、コース4「ナノ構造・機能計測解析学」の12/1 クライオ TEM 法の応用・バイオナノマシン、1/12 タンパク質の構造解析などの講義も役立つので、これら希望者は受講希望を申請することを奨励する。</p>

前 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	4/6 (水)	生物進化の視点から捉える DNA 複製・修復・組換え	白石都 (阪大・基礎工)
2	4/13 (水)	溶液界面・微粒子の新分析法	渡會 仁*(阪大・ナノ)
3	4/20 (水)	深層学習の基礎とバイオメディカル応用	新岡宏彦* (阪大・データリテリオンティア機構)
4	4/27 (水)	先端音響バイオセンサー	荻博次*(阪大・工)
5	5/11 (水)	ナノテクノロジーとバイオデバイス・バイオセンサー	民谷栄一*(阪大・産研)
6	5/18 (水)	ナノ再生材料と再生医療	松崎典弥 (阪大・工)
7	5/25 (水)	分子系の二光子吸収とその利用	鎌田賢司** (産総研)
8	6/1 (水)	フォトンの力学作用と細胞操作・制御	杉浦忠男*(崇城大・情報)
9	6/9 (木)	超解像度顕微鏡法 (光プローブを中心として)	伊都将司*(阪大・基礎工)
10	6/15 (水)	ナノバイオイメージング	藤田克昌*(阪大・工)
11	6/22 (水)	ナノメディカルイメージング	近江雅人*(阪大・医)
12	6/29 (水)	表面・界面における超分子集合体の形成	戸部義人*(阪大・産研)
13	7/6 (水)	医工連携が医療の進歩に与えた Impact	澤芳樹*(阪大・医)
		脳神経外科領域での医工連携	貴島晴彦 (阪大・医)
14	7/13 (水)	超分子とナノマシン	山口浩靖 (阪大・理)

後 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	10/12(水)	発光・蛍光タンパク質プローブ	永井健治*(阪大・産研)
2	10/19(水)	がんの病理および治療	森井英一 (阪大・医)
3	10/26(水)	ケミカルバイオロジー	築地真也 (名工大・フロンティア)
4	11/2 (水)	半導体の進化が拓くメディカル領域での AI 利用	熊谷修**, 松本博士** (ダイキン工業(株))
5	11/9 (水)	ドラッグデリバリーシステム	中川晋作*(阪大・薬)
6	11/16(水)	分子量子シークエンサー	谷口正輝*(阪大・産研)
7	11/30(水)	ウェアラブル生体センサを活用した実世界データ科学	清野健 (阪大・基礎工)
8	12/7 (水)	ゲノム編集	伊川正人 (阪大・微研)
9	12/14(水)	生活習慣病と内因性ナノパーティクル、エクソソーム	喜多俊文 (阪大・医)
10	12/21(水)	ナノ技術の再生医療・組織工学への応用	紀ノ岡正博*(阪大・工)
11	1/11 (水)	循環器内科学における医工連携	坂田泰史*(阪大・医)
12	1/18 (水)	医薬品の研究開発・化学合成	赤井周司*(阪大・薬)
13	1/25 (水)	分子動力学シミュレーションを用いた分子集合系のミクロ解析	松林伸幸*(阪大・基礎工)
14	2/1 (水)	細胞アッセイ・総合討論	出口真次*(阪大・基礎工)

各コースの講義とは別に、全コース共通講義があります。(2ページ参照)

講義日	4/6(水)	講師	白石都
テーマ	生物進化の視点から捉える DNA 複製・修復・組換え		
<p>全ての生物は真正細菌、古細菌、真核生物のいずれかに大別される。これら生物は形態も生態も多様であるが、遺伝情報を親細胞から娘細胞へと継承する基本的な仕組みは共通である。本講義では分子進化の観点から DNA 複製・修復・組換えの分子機構について概説する。また分子生物学誕生から最新の研究まで、DNA 複製・修復・組換えに関わる重要な発見について紹介するとともに、関連するバイオテクノロジー技術及びヒトの疾患についても紹介する。</p>			

講義日	4/13(水)	講師	渡會仁
テーマ	溶液界面・微粒子の新分析法		
<p>厚さが 1nm レベルの液液界面で起きる触媒反応やキラル認識反応を測定する分光測定法とその応用例を解説する。またレーザー光泳動、誘電泳動、磁気泳動、および電磁泳動などの微小作用力を用いて単一微粒子を分析する新しい手法を紹介する。特に、磁場を利用する新規な分離・検出・イメージング法の開発とその応用例について解説する。</p>			

講義日	4/20(水)	講師	新岡宏彦
テーマ	深層学習の基礎とバイオメディカル応用		
<p>前現在の人工知能ブームは深層学習の登場によるものである。本講義では、深層学習の基礎を過去から現在までの時間の流れに沿って解説する。具体的には、Neural network の最小構成単位である Perceptron から始まり、それらを連結した Multilayer perceptron、人の視覚野を模倣し画像分類で高い性能を発揮する Convolutional neural network までを解説する。さらに、バイオメディカル領域における最新の深層学習応用事例を紹介する。</p>			

講義日	4/27(水)	講師	荻博次
テーマ	先端音響バイオセンサー		
<p>共振振動子（マイクロベル）を利用した音響バイオセンサーは、高感度・短時間の計測を可能とし、疾患診断や創薬支援において重要な計測ツールとして認識されている。マイクロベルの表面に固定化したりガンドが標的物質を捕捉すると、マイクロベルの有効質量が増加して、ベルの音色（共振周波数）が変化する。この変化から標的を定量化する。ベルの小型化により検出感度は飛躍的に向上する。昨今の微細加工技術の進歩により、マイクロベルからナノベルへと移行しつつあり、また、これにともないベルの共振周波数が 10 GHz を超え、従来の計測法では振動検出が困難となってきた。そこで、極短パルス光を駆使した振動検出技術が開発されている。本講義では、まず音響バイオセンサーの原理について解説し、ベルの小型化にともなう無線駆動技術、そして、光計測技術について述べ、音響バイオセンサーの可能性について議論する。</p>			

講義日	5/11(水)	講師	民谷栄一
テーマ	ナノテクノロジーとバイオデバイス・バイオセンサー		
<p>21 世紀初頭から始まるナノテクイニシアティブに代表されるナノテク研究により種々のナノ材料、ナノデバイスが開発され、より高機能なバイオセンサー、バイオチップへと進化した。こうしたナノテクノロジーと連携したナノバイオテクノロジーの概要とその事例について紹介する。</p>			

講義日	5/18(水)	講師	松崎典弥
テーマ	ナノ再生材料と再生医療		
<p>様々なナノ材料の再生医療への応用が期待されている。本講義では、ナノ材料の利点や特性などの基礎から実際の応用まで、幅広く紹介する。</p>			

講義日	5/25(水)	講師	鎌田賢司
テーマ	分子系の二光子吸収とその応用		
<p>近年種々の応用が期待されている分子系の二光子吸収過程について、その基礎的な概念と分子構造との関係、評価方法の原理と実例、三次非線形光学定数との関係、そして、その応用についてまでを紹介する。</p>			

講義日	6/1(水)	講師	杉浦忠男
テーマ	フォトンの力学作用と細胞操作・制御		
<p>フォトンの力学作用である放射圧を用いたマイクロマニピュレーション法や計測技術が開発されている。細胞操作や細胞の力学特性計測に注目し、細胞中のナノメトリックな構造などを制御・計測する手法について概説する。</p>			

講義日	6/9(木)	講師	伊都将司
テーマ	超解像度顕微鏡法（光プローブを中心として）		
<p>レーザー顕微鏡は、光によるナノイメージングやナノ物質の光マニピュレーションを可能にする。本講義では、従来の光学顕微鏡を大きく凌駕する空間分解能を有する種々のナノイメージング法（超解像度顕微鏡）について解説し、化学や材料科学を中心とした応用例を紹介する。さらに後半では、光の力（光圧）によるナノマニピュレーション法とそのナノ化学・材料への応用展開についても解説する。</p>			

講義日	6/15(水)	講師	藤田克昌
テーマ	ナノバイオイメージング		
<p>各種光学顕微鏡の結像理論を中心に、その解像能力や各種観察法の特徴、用途を概説する。多光子顕微鏡や超解像顕微鏡等の最先端顕微鏡の原理、特徴から応用についても概説する。</p>			

講義日	6/22(水)	講師	近江雅人
テーマ	ナノメディカルイメージング		
<p>最近、医療現場のニーズに伴い、光計測技術によるイメージングの進展が著しい。とくに、光干渉を用いた断層イメージング（OCT）は、生体表皮下で深さ 1～2 mm に渡っておよそ 10 μ m の分解能で断層イメージを取得できる技術である。さらに、拡散光を用いたイメージングや分光計測を用いたイメージング等も検討されている。本講義では、光計測をベースとする生体イメージングの進展と OCT の将来展望について平易に解説する。</p>			

講義日	6/29(水)	講師	戸部義人
テーマ	表面・界面における超分子集合体の形成		
分子が自己集合することにより形成される超分子集合体は、ボトムアップ型ナノサイエンスの基礎である。気液界面、固液界面あるいは固体表面において形成される単分子膜状集合体の形成に関して、作製法、分析法、研究例とこの分野における最近のホットなトピックスについて紹介する。			

講義日	7/6(水)	講師	澤芳樹、貴島晴彦
テーマ	医工連携が医療の進歩に与えた Impact		
近年の医工連携活動により、内視鏡手術やロボット手術、ハイブリッド手術等の心臓手術の低侵襲化が進んでおり、手術成績の向上に繋がっている。また、進展著しい再生医療に関しても、ナノ技術を駆使した細胞シート工学を用いたハートシートや、iPS細胞由来心筋細胞シートを用いた心筋再生医療開発等の事例等、最近の再生医療の進歩についても言及する。大阪大学における取り組みとして、先進医療の開発に必須である未来医療センターや人材育成プログラムとしてバイオデザインも紹介する。			
テーマ	脳神経外科領域での医工連携		
脳神経外科医は唯一、脳を直接目で見て触ることのできる職業である。一般の方々には職人的な仕事と思われがちだが、その診療や検査には多くの医療機器の助けのもとに成り立っている。今後は画像や血液データから遺伝子やエクソソームを読み取る診断技術の開発に期待が持たれている。一方、手術でも見えなかったものが見える技術などに期待が寄せられている。			

講義日	7/13(水)	講師	山口浩靖
テーマ	超分子とナノマシン		
高分子を集合させた超分子ポリマーを形成させ、ナノメートルサイズの構造を構築し、新たな機能を追及する新たな分野について講義する。分子の集合体であるがゆえに発現する動的な機能についても述べる。			

講義日	10/12(水)	講師	永井健治
テーマ	発光・蛍光タンパク質プローブ		
前半；蛍光タンパク質を利用したバイオイメーキングは生命科学に不可欠な実験手法である。本講義では蛍光タンパク質の物理化学的特性ならびに、その特性を利用することで可能となる様々なバイオセンサーの開発と超広視野と高解像度を両立したトランススケールスコープについて概説し、これらを組み合わせた解析によってアプローチが可能になるシンギュラリティ生物学について紹介する。後半；ホタルをはじめヤコウタケやオワンクラゲ等の発光生物は、発光タンパク質ルシフェラーゼが発光基質であるルシフェリンを酸化する反応によって光ることが知られている。本講義では、発光タンパク質と蛍光タンパク質のハイブリッド化によって実現する高光度化・多色化と、それらを利用した次世代照明技術への応用可能性と実用化を阻む様々な倫理的・社会的問題について紹介する。			

講義日	10/19(水)	講師	森井英一
テーマ	がんの病理および治療		
正常の細胞は増殖したとしてもルールに基づく増殖を示し、増殖を停止すべき時には停止し、細胞が死ぬべき時にはきちんと死ぬようになっている。しかし、がん細胞はルールを無視して自律的に増殖し、他の臓器に転移し、やがては宿主の命を奪う。近年の研究の発展により、がんがいかにして発生するかが明らかにされつつある。そして、がんの発生機構に着目した新たな治療方法も開発され、実用化されている。本講義では、がんとはどのようなものなのか、実際の症例やその組織像を提示しながら解説し、がんの発生機構、さらに近年実用化されている新たな治療法について説明する。			

講義日	10/26(水)	講師	築地真也
テーマ	ケミカルバイオロジー		
前半：生命や疾患のメカニズムを解明するためには、細胞の中で働いているタンパク質や脂質などの分子の挙動をその場で観察して解析する技術が不可欠である。本講義では、生きた細胞の中の分子の量、局在、活性、相互作用などをリアルタイムに目で見て解析するための最先端イメージングプローブについて紹介する。後半：細胞を真に理解し、創薬や医療を発展させるには、分子を観察する技術だけでなく、細胞の中の分子や情報伝達を人為的に精密に制御する技術も重要である。本講義では、細胞の中の特定の分子や情報伝達経路を化合物や光で人為的に操るための最先端制御ツールについて紹介する。前半と後半では共通して、プローブやツールの原理、設計戦略、長所・短所などについて解説し、“分子を作る化学”と“生物”の境界領域の面白さと可能性に迫る。			

講義日	11/2(水)	講師	熊谷修、松本博士
テーマ	半導体の進化が拓くメディカル領域での AI 利用		
これまで、ナノテクノロジーを活用したデバイスや解析手法が、医療分野に多く導入されてきたが、近年では、AI(ディープラーニング)による画像認識が、画像診断機器(CT,MRI,PET、など)からの画像を使った病理診断(支援)を行うツールとして優れた能力を示しており、一部ではあるが、医療機器として認証されるに至っている。このような背景を踏まえ、本講義では、始めに、半導体技術の進化が画像処理専用半導体を生み出し、その半導体がAI(ディープラーニング)による画像認識を実用レベルまで高めたことを述べる。次に、医療機器(CT、MRI、PET)におけるデータ取得方法と画像構成の原理を簡便に述べた後、取得された画像からAIを使ってどのように病理診断に繋げるのかを述べる。後半では、これらの技術の実用化事例として、再生医療に必要な細胞分取装置の開発とAIを活用した本装置の発展形について述べる。そして、AIやMIを活用した次世代冷媒ガス開発とiPS細胞を利用するガス化合物の毒性評価システムの実例を述べた後、化学分野において活用が期待されるAI手法についても紹介する。			

講義日	11/9(水)	講師	中川晋作
テーマ	ドラッグデリバリーシステム		
<p>前半：遺伝子治療とは、どのような疾患を対象にどのような方法で行われているのか？また遺伝子治療を行う事のメリット、デメリット、並びに治療に用いる遺伝子導入用ベクターの種類や特徴など、遺伝子治療全般について概説する。</p> <p>後半：遺伝子導入用ベクターの中でもアデノウイルスベクターにフォーカスし、その特徴や利点、欠点について概説する。さらにその欠点を補う為の方法論について我々のデータを中心に紹介する。</p>			

講義日	11/16(水)	講師	谷口正輝
テーマ	1分子解析技術の基礎から実用化まで		
<p>1分子解析技術は、1分子を微小電流で測る技術である。病気の診断、食品検査、水質検査等、この技術の幅広い応用が期待され、実用化の検討が始まっている。1分子解析技術から得られる計測データを機械学習で解析する手法は、1つの電流波形で、1つの分子を高精度に検出・識別することを可能にした。本講義では、1個の細菌・ウイルス・DNAなどを検出・識別する技術の基礎を解説する。</p>			

講義日	11/30(水)	講師	清野健
テーマ	ウェアラブル生体センサを活用した実世界データ科学		
<p>近年、腕時計型や衣服型の生体センサが開発され、日常生活中心の心拍数、身体活動量などの生体情報を長期にわたり連続的に計測できるようになっている。本講義では、そのような生体情報の解析法について解説するとともに、医療診断や健康・ウェルネス管理への応用を紹介する。</p>			

講義日	12/7(水)	講師	伊川正人
テーマ	ゲノム編集		
<p>CRISPR/Cas9システムに代表されるゲノム編集技術とは、ほぼあらゆる生命のゲノムDNAを1塩基レベルで緻密に書き換えることのできる夢の技術である。これまで不可能と考えられてきた遺伝子治療や品種改良などを時点する21世紀の遺伝子改変技術として基礎から応用研究、さらには社会実装の段階にきている。前半は、ゲノム編集の原理・基礎を概説し、後半はゲノム編集技術を用いた生命医学研究の発展について、リスクとベネフィットの両観点から概説する。</p>			

講義日	12/14(水)	講師	喜多俊文
テーマ	生活習慣病と内因性ナノパーティクル、エクソソーム		
<p>エクソソームは細胞内で作られた膜小胞が細胞外に放出された直径50-150nmの顆粒状の物質である。その表面は細胞膜由来の脂質、タンパク質を、内部には核酸(マイクロRNA、mRNA、DNAなど)や生理活性タンパク質など細胞内の物質を含み、細胞間・臓器間の物質代謝に加えて、情報伝達にも機能していることが明らかにされてきた。講義では、生活習慣病研究における生化学実験の実際、エクソソーム解析手法にも触れつつ、代謝性疾患におけるエクソソームの役割と制御について最新の知見を紹介する。</p>			

講義日	12/21(水)	講師	紀ノ岡正博
テーマ	細胞製造		
<p>再生医療や細胞治療等で必要な細胞を製造する際の考え方(細胞製造性)について講義する。特に、細胞の培養方法や無菌環境の設計などの要素について解説するとともに、細胞製造性の概念を説明、安定化技術を紹介する。</p>			

講義日	1/11(水)	講師	坂田泰史
テーマ	循環器内科学における医工連携		
<p>心臓はポンプであり、心臓疾患はポンプ機能低下によって引き起こされる全身疾患である。よって、そのポンプ機能を回復または維持することが治療となる。ポンプである以上、機械的に修復するデバイスが治療の基本となる。本講義では、心臓機能をつかさどるパーツ、それを修復するデバイスがどのように開発改良されてきたか、今度どのようなものが必要かについて概説する。</p>			

講義日	1/18(水)	講師	赤井周司
テーマ	医薬品の開発研究、化学合成		
<p>ヒトの疾病の診断・治療・予防を行うために使われる化学物質がクスリ(医薬品)である。本講義の前半では、クスリの歴史と新薬開発研究の流れを概説する。また、後半では、医薬品の化学合成に関する幾つかのトピックスを取り上げる。その際、最近話題のナノサイズの中分子医薬品候補化合物や、ナノサイズの細孔を利用する化学合成法などを取り上げ、医薬品開発にナノサイエンスがいかに重要かを紹介する。</p>			

講義日	1/25(水)	講師	松林伸幸
テーマ	分子動力学シミュレーションを用いた分子集合系のマイクロ解析		
<p>分子動力学シミュレーションは、分子集合系のマイクロ解析を可能とする統計力学的計算手法である。本講義では、手法の基礎を紹介し、ミセル・脂質膜・高分子のような秩序とランダム性を兼ね備えた分子集合系における分子間相互作用を機能との関連で議論する。</p>			

講義日	2/1(水)	講師	出口真次
テーマ	細胞アッセイ・総合討論		
<p>まず、本講義の主題である細胞アッセイについて説明を行い、最後に受講生と総合討論を行う。まず、背景となるメカノバイオロジー分野(物理的な力の役割を分子レベルで調べる研究領域)について、その世界的状況と講師自身の研究内容について紹介する。生体内の細胞は周囲の環境から常に物理的な力の作用を受けながら、自らの機能を維持・発現している。この細胞による力の感知と応答が、身体の形成や健康の維持、病気(がんや動脈硬化症など)の発生に関わっていることが明らかにされている。これらの現象を考慮した医療・創薬の方法や再生医療材料の研究分野との関係性について述べる。その後、メカノバイオロジー研究の知見をもとに開発されている細胞アッセイ技術について述べ、ドラッグリポジショニングの概念を基にした当該技術の応用例(メカノメディシン)を紹介する。</p>			

コース4 ナノ構造・機能計測解析学

<p>目的・概要</p>	<p>電池などの蓄電・創エネルギーデバイス分野や触媒などの環境プロセス分野、さらにライフサイエンスの分野においては、ナノスケールでの原子・分子構造および特性の制御がさらに必要とされている。素材産業やエレクトロニクス産業においてもナノスケール制御の必要性がさらに高まっている。電子顕微鏡およびプローブ顕微鏡を利用すれば、ナノスケールでの原子・分子構造を化学組成もふくめて精密に評価できる。さらに、最近では、電池、触媒、各種デバイスなどが機能中にナノスケール・リアルタイムでその場観察することも可能となりつつある。本講義では、電子顕微鏡およびプローブ顕微鏡を利用して、高度な評価を行うために必要な基礎を体系的に講義する。さらに、実習と具体的な応用例の講義も加えて、ナノ構造・機能計測解析の最先端を理解させる。</p>
<p>修得目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・電子顕微鏡法の基本原理の習得 →電子の波動性、電子の電界放射、結晶による電子回折、物質による電子の弾性散乱と非弾性散乱、磁場レンズによる電子波の結像など) ・電子顕微鏡装置（電子銃、磁場レンズ、収差補正など）の学習 ・プローブ顕微鏡法の基本原理と装置（ハードウェア）の構成の学習 ・電子顕微鏡の各種手法の習得 →高分解能透過電子顕微鏡法、制限視野電子回折法、回折コントラスト法、電子線ホログラフィー法、走査透過電子顕微鏡法（特に HAADF-STEM 法）、エネルギー分散型 X 線分光法、電子エネルギー損失分光法、クライオ電子顕微鏡法、走査電子顕微鏡法、その場観察法、スペクトラムイメージング法、高速電子回折・電子顕微鏡観察法 など ・電子顕微鏡手法の蓄電・創エネルギーデバイス分野、環境プロセス分野、ライフサイエンス分野、素材分野やエレクトロニクス分野への最先端応用例の学習 ・プローブ顕微鏡法の各種手法の学習、超高解像度光学顕微鏡法の学習 ・X 線顕微鏡法における最先端の応用事例の学習 ・アトムプローブ、カソードルミネッセンスと組み合わせた相関顕微鏡解析 <p>以上を学ぶことにより、ナノ材料・デバイスの構造・機能解析の手法を理解し、新規機能性材料や新規デバイスのナノ構造・機能計測解析の最先端の応用力を身に付ける</p>
<p>年間の構成</p>	<p>電子顕微鏡法およびプローブ顕微鏡法を利用して高度な解析を行うためには、原理、装置から解析の学理を系統的に理解しておくことが必要である。そのために、春・夏学期においてはナノ構造・機能解析計測法の基礎を理工系学部レベルの専門基礎知識を前提として講義する。超高解像度光学顕微鏡法についても相補的手法として解説する。</p> <p>秋・冬学期においては、蓄電・創エネルギーデバイス、鉄鋼材料、触媒などの環境材料およびライフサイエンスなどの各分野への具体的な応用例の紹介、あわせて最先端の装置、計測法、解析手法の具体例も講義する。これらの分野で推進されている透過電子顕微鏡法およびプローブ顕微鏡法による最先端研究を学内関係者はもとより、学外から招へいた専門家も交えて基礎から最先端の知識までを講義する。</p> <p>さらに、各講師と各遠隔教室の受講生は講義内容について理解を深める双方向議論が行える。また同時に質問やコメントを受け付ける。後期最終日には講師と受講生が集まって忌憚なく意見を交換できる双方向「総合討論」の場を設ける。</p> <p>講義に加えて、実際に装置を操作することで電子顕微鏡法およびプローブ顕微鏡法への理解は格段に深まる。そのために、前期の講義修了後に、電子顕微鏡およびプローブ顕微鏡を使用する夏の集中実習（9月予定）を行う。最先端の電子顕微鏡およびプローブ顕微鏡の見学もあわせて行う。実習の詳細については §3 を参照のこと。</p>
<p>参考文献</p>	<p>Transmission Electron Microscopy 1 Basic Transmission Electron Microscopy 2 Diffraction Transmission Electron Microscopy 3 Imaging Transmission Electron Microscopy 4 Spectrometry David B. Williams and C. Barry Carter Plenum Publishing Corporation, 1996, New York</p>
<p>特記事項</p>	<p>計測技術関連では、コース2「ナノエレクトロニクス材料・デバイス学」の6/7放射光分光分析法の講義も役立つので、希望者は受講希望を申請することを奨励する。</p>

前 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	4/7 (木)	ナノ構造・機能の解析法概論	竹田精治* (阪大・ナノ)
2	4/14 (木)	電子回折 I	竹田精治* (阪大・ナノ)
3	4/21 (木)	走査電子顕微鏡 (SEM) 法	酒井朗* (阪大・基礎工)
4	4/28 (木)	電子顕微鏡のハードウェア	沢田英敬** (日本電子(株))
5	5/12 (木)	電子回折 II・回折コントラスト	市川聡* (阪大・電顕)
6	5/19 (木)	高分解・透過電子顕微鏡 (TEM) 法	山崎順* (阪大・電顕)
7	5/26 (木)	走査透過電子顕微鏡 (STEM) 法の基礎	今野豊彦* (東北大・金研)
8	6/2 (木)	走査プローブ顕微鏡法 (固液界面解析への応用を中心として)	福井賢一* (阪大・基礎工)
9	6/9 (木)	超解像度顕微鏡法 (光プローブを中心として)	伊都将司* (阪大・基礎工)
10	6/16 (木)	X線顕微鏡法	西野吉則 (北大・電子研)
11	6/23 (木)	エネルギー分散型 X線分光分析 (EDXS) 法	原徹** (物材研)
12	6/30 (木)	電子エネルギー損失分光 (EELS) 法	倉田博基* (京大・化研)
13	7/7 (木)	電子線ホログラフィー	村上恭和 (九大・工)
14	7/14 (木)	クライオ電顕、バイオ電顕の基礎	難波啓一* (阪大・生命)

後 期 (4単位)

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師
1	10/13(木)	収差補正による最先端イメージング	田中信夫** (名古屋産業科学研究所)
2	10/20(木)	原子スケールその場観察・状態分析の最先端	末永和知 (阪大・産研)
3	10/27(木)	電池材料のナノ構造機能解析の最前線	秋田知樹** (産総研)
4	11/10(木)	固体触媒の解析	吉田秀人 (阪大・産研)
5	11/17(木)	高分子材料におけるナノ構造機能解析	陣内浩司* (東北大・多元研)
6	11/24(木)	エレクトロニクス材料・デバイスの解析	酒井朗* (阪大・基礎工)
7	12/1 (木)	クライオ TEM 法の応用・バイオナノマシーン	光岡薫* (阪大・電顕)
8	12/ 8(木)	環境エネルギー材料の解析	武藤俊介* (名大・未来材料・システム研)
9	12/15(木)	鉄鋼材料におけるナノ構造機能解析	谷山明** (日本製鉄(株))
10	12/22(木)	相関顕微鏡解析 (電子顕微鏡法とアトムプローブ、光分光等各種解析法の融合)	大野裕* (東北大・金研)
11	1/12 (木)	タンパク質の構造解析 (X線回折から電子回折、TEM法まで)	栗栖源嗣 (阪大・蛋白研)
12	1/19 (木)	電子線ホログラフィーによる機能性材料の応用解析	山本和生** (JFCC)
		電子・光デバイスの解析	富谷茂隆** (ソニー(株))
13	1/26 (木)	プローブ顕微鏡の最先端 (固体表面の静的から動的解析まで)	菅原康弘* (阪大・工)
14	2/2 (木)	総合討論	4コース講師*,**

各コースの講義とは別に、全コース共通講義があります。(2ページ参照)

講義日	4/7(木)	講 師	竹田精治
テーマ	ナノ構造・機能の解析法概論		
<p>本コースで重点をおく透過電子顕微鏡法を含むさまざまなナノ構造・機能の解析法を紹介しながら、各主法の特徴をまとめる。次に透過電子顕微鏡法の原理、装置、電子の物質による散乱の基礎、および結像理論について、理工系大学初年級の物理学の知識によって理解できる範囲で概説して、引き続き講義の基礎とする。</p>			

講義日	4/14(木)	講 師	竹田精治
テーマ	電子回折 I		
<p>透過電子顕微鏡法においては結晶による電子回折を理解することが応用への一つの基本となる。理工系大学初年級の物理学の知識をもとにして、一次元、二次元および三次元の原子の周期配列における電子回折を具体的に解説することで、逆格子の概念を理解させる。さらに、制限視野電子回折、回折コントラストに基づく明視野像・暗視野像などの基本的な観察法および試料の傾斜法などについて直感的に理解して実技を行えるようにする。</p>			

講義日	4/21(木)	講 師	酒井朗
テーマ	走査電子顕微鏡 (SEM) 法		
<p>走査電子顕微鏡 (SEM) 観察に必要な基礎知識について解説する。SEM の構造、電子線照射による信号生成、二次電子および反射電子の性質と検出等に関して、原理からハードウェアのしくみについて述べる。また、特性 X 線による元素分析、電子チャネリング、後方散乱電子回折、カーソールドミネッセンス、電子線誘起電流、低真空観察等の SEM に関連する観察の原理と技術について応用事例を交えて説明する。</p>			

講義日	4/28(木)	講 師	沢田英敬
テーマ	電子顕微鏡のハードウェア		
<p>電子銃、電子レンズ、収差補正装置、検出部分、μm 計測器等、電子顕微鏡のハードウェアについて原理と実際の使用例を合わせて説明する。また、様々な用途に合わせて近年発展してきた電子顕微鏡の仕組みや最新技術について紹介する。</p>			

講義日	5/12(木)	講 師	市川聡
テーマ	電子回折 II ・ 回折コントラスト		
<p>透過電子顕微鏡法において最も基本的な電子回折や、回折コントラストに基づく明視野・暗視野像などを解釈するために、前回の運動学回折理論の復習とボルン近似が成立しない厚みでの動力学回折の基礎を学ぶ。また、得られた電子回折図形や出現した明暗のコントラストをどのように読み解くのか、様々な事例を通じたケーススタディを行う。</p>			

講義日	5/19(木)	講 師	山崎順
テーマ	高分解・透過電子顕微鏡 (TEM) 法		
<p>TEM による観察結果の解釈に必要な結像の基礎的知識について広く説明する。特に原子レベル高分解能像の結像原理について詳細に説明し、収差補正結像の特徴についても応用例を交えながら紹介する。</p>			

講義日	5/26(木)	講 師	今野豊彦
テーマ	透過型走査電子顕微鏡 (STEM) 法の基礎		
<p>試料上に電子線を走査することで発生する種々の信号を同期させ透過像として可視化する方法が走査電子顕微鏡 (STEM) である。本講義では STEM を用い、像を正しく解釈するのに必要な基礎的事項を特に次の観点から学ぶ。(i) 電子線の幾何光学を復習し、集束電子線を得るための照射系の特徴を考え、(ii) 試料と電子線の相互作用がどのような形で再現された像に反映されるかを、実例を通して理解する。</p>			

講義日	6/2(木)	講 師	福井賢一
テーマ	走査プローブ顕微鏡法 (固液界面解析への応用を中心として)		
<p>走査トンネル顕微鏡 (STM) や原子間力顕微鏡 (AFM) などの走査プローブ顕微鏡は、原子・分子スケールで固体表面やその上に吸着した分子の局所構造や電子状態を計測する手法として広く認知されているが、近年のめざましい技術的進歩によって固液界面 "近傍" の液体側の情報まで得られるようになってきた。本講義では、その計測法の基礎から固液界面についての最先端の研究成果までを概説する。</p>			

講義日	6/9(木)	講 師	伊都将司
テーマ	超解像度顕微鏡法 (光プローブを中心として)		
<p>レーザー顕微鏡は、光によるナノイメージングやナノ物質の光マニピュレーションを可能にする。本講義では、従来の光学顕微鏡を大きく凌駕する空間分解能を有する種々のナノ光イメージング法 (超解像度顕微鏡) について解説し、化学や材料科学を中心とした応用例を紹介する。さらに後半では、光の力 (光圧) によるナノマニピュレーション法とそのナノ化学・材料への応用展開についても解説する。</p>			

講義日	6/16(木)	講 師	西野吉則
テーマ	X線顕微鏡法		
<p>対物レンズを用いた結像型 X 線顕微鏡や各種の走査型 X 線顕微鏡について述べた後、対物レンズを必要としないコヒーレント回折イメージングやタイコグラフィーについて解説する。さらに、新世代の X 線源である X 線自由電子レーザーを用いた、放射線損傷のない X 線イメージングについて紹介する。</p>			

講義日	6/23(木)	講 師	原徹
テーマ	エネルギー分散型 X 線分光分析 (EDXS) 法		
<p>電子顕微鏡において多用される、局所領域の組成分析手法であるエネルギー分散型 X 線分光分析 (EDXS) 法について、X 線発生の原理、検出技術、解析手法の基本を解説する。特に透過型電子顕微鏡と走査型電子顕微鏡では解析の取り扱いが異なるので、それに伴うそれぞれの測定条件の最適化について検討する。また、電子顕微鏡の最新の X 線分光分析法について概説する。</p>			

講義日	6/30(木)	講師	倉田博基
テーマ	電子エネルギー損失分光 (EELS) 法		
電子エネルギー損失分光法 (EELS) の原理と特徴、スペクトル計測における注意点について述べた後、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) と組み合わせた EELS による元素分析やマッピングについて紹介する。後半では、吸収端微細構造 (ELNES) の特徴を述べ、主に、遷移金属酸化物の ELNES を利用した化学結合状態の解析について解説する。			

講義日	7/7(木)	講師	村上恭和
テーマ	電子線ホログラフィー		
前半は電子線ホログラフィーの手法に関わる講義で、どのような原理により、何を観察できるかを説明する。後半は電子線ホログラフィーの応用事例 (幾つかの材料に対する磁場・電場の観察事例) をケーススタディとして紹介し、当該技術の理解を深める。			

講義日	7/14(木)	講師	難波啓一
テーマ	クライオ電顕、バイオ電顕の基礎		
生命機能のしくみを解明し、ナノメディシンやナノテクノロジーに役立てるため、生体超分子ナノマシンの立体構造解析法や細胞内超分子の観察法など、クライオ電子顕微鏡を用いたバイオ観察の基礎について概説する。			

講義日	10/13(木)	講師	田中信夫
テーマ	収差補正による最先端イメージング		
21 世紀に入り透過電子顕微鏡 (TEM) の対物レンズの収差補正技術が実用化して、TEM や STEM の分解能は 0.1nm 以下になった。特に STEM のプローブ径は 0.04 nm (40pm) に近づいている。これを用いた微粒子や界面、単分子膜の応用観察が盛んに行われている。また高輝度電子銃やフィルムに代わる高感度検出器の出現によって EDX や EELS を用いた組成・物性分析も結晶の個々の原子コラムのスケールになっている。講義ではこの収差補正 (S)TEM 技術の基礎を説明しながら、今後の展望も試みる。			

講義日	10/20(木)	講師	末永和知
テーマ	原子スケールその場観察・状態分析の最先端		
物質の根源に思いをはせた古代ギリシア人以来、モノや生命を構成する最小単位 (原子) をひとつひとつ可視化しカウントすることは何世紀もの間、科学者の夢であった。古代原子論を提唱したデモクリトスも近代原子論の祖ダルトンも、原子の動きが人間の目に捉えられ、かつひとつひとつ区別されるような時代が訪れるとは考えてもいなかったであろう。21 世紀に入ることから、透過電子顕微鏡の性能は飛躍的に向上し、単分子・単原子の観察や分析が可能になった。本講義では電子顕微鏡の基礎から最先端の収差補正技術を説明しつつ、原子レベル観察・分析の実例を紹介する。			

講義日	10/27(木)	講師	秋田知樹
テーマ	電池材料のナノ構造機能解析の最前線		
蓄電池や燃料電池などの電気化学デバイスでは、その構成材料の複雑な微細構造が性能を決定付ける。電池材料の微細構造について、分析電子顕微鏡の様々な手法を用いた構造解析事例について紹介する。			

講義日	11/10(木)	講師	吉田秀人
テーマ	固体触媒の解析		
透過電子顕微鏡法は主に原子スケールでの物質の構造評価のために利用されてきたが、最近では、試料周辺の環境を制御することで、物質の合成プロセスの観察や、物質が機能を発揮している状態での観察が可能となってきた。この環境制御型 TEM 法によって、固体触媒の活性状態をその場観察した事例を紹介して、観察データの取得法および解析法の基礎から最新の応用までを紹介する。			

講義日	11/17(木)	講師	陣内浩司
テーマ	高分子材料におけるナノ構造機能解析		
自動車関連はもちろんのこと、宇宙・航空機、家電、コンピューター、携帯電話、衣料、医療、土木建築材料、包装材料などハイテク製品から日用品に至るまで高分子関連材料の無い生活は考えられない。本講義では、高分子が作るナノ構造の電子顕微鏡によるナノスケール解析例と材料開発への応用を紹介する。			

講義日	11/24(木)	講師	酒井朗
テーマ	エレクトロニクス材料・デバイスの解析		
今日多くの電子・光デバイスへ応用されている半導体薄膜結晶に着目し、それらに対する透過電子顕微鏡および高輝度放射光を用いたナノビーム X 線回折による評価技術について述べる。種々の結晶成長法によって作製された IV 族系、III-V 族系等の半導体薄膜の結晶構造や格子欠陥の観察事例を紹介し、解析手法とその原理、さらには解析に基づき明らかにされた薄膜成長・欠陥形成メカニズムについて解説する。			

講義日	12/1(木)	講師	光岡薫
テーマ	クライオ TEM 法の応用		
生体高分子複合体の高分解能構造解析には、クライオ電子顕微鏡を用いた単粒子解析が利用できる。また、細胞内の高分解能観察には電子線トモグラフィー法が用いられる。これらの解析の特徴と画像解析手法を紹介する。			
テーマ	バイオナノマシーン		
水素イオン (プロトン) などの膜を介した輸送機構を主な例に用いて、生体高分子やその複合体の機能が高分解能構造からどのように理解できるかを紹介する。それにより、生体を利用するバイオナノマシンの実現方法の一例を示す。			

講義日	12/8(木)	講 師	武藤俊介
テーマ	環境エネルギー材料の解析		
透過電子顕微鏡に付随したエネルギー分散X線(EDX)及び電子エネルギー損失分光法(EELS)に代表される各種ナノ領域分光法を使った触媒・電池等の実用材分析の実例を易しく解説する。特に物質中の異なる化学状態の分布をナノメートルオーダーでイメージングする手法だけでなく最新のオペランド計測についても言及する。			

講義日	12/15(木)	講 師	谷山明
テーマ	鉄鋼材料におけるナノ構造機能解析		
最先端の電子顕微鏡解析技術により得られるナノスケールの形態・組成情報が、社会基盤材料である鉄鋼材料の研究開発をどのように支援、先導しているかについて紹介する。			

講義日	12/22(木)	講 師	大野裕
テーマ	相関顕微鏡解析(電子顕微鏡法とアトムプローブ、光分光等各種解析法の融合)		
TEM法では評価が困難な微量不純物・点欠陥の空間分布や欠陥固有の電子状態が評価できるアトムプローブ法や光分光法をTEM法と融合させることで、TEMによる原子配列情報との相関が評価できる(相関顕微鏡法)。粒界・界面や転位の原子構造と光・電子ナノ機能との相関解析など、光・電子半導体材料への応用を紹介する。			

講義日	1/12(木)	講 師	栗栖源嗣
テーマ	タンパク質の構造解析(X線回折から電子回折、TEM法まで)		
タンパク質の立体構造は、創薬や生物工学の分野で重要な基盤情報となっている。主要な構造解析手段であるX線回折、MicroED電子回折、TEM単粒子構造解析法の基本原理を概説し、得られる構造情報とタンパク質試料特有の問題点について講義する。各構造解析法は長所・短所が存在するため、相補的に利用することが推奨される。Protein Data Bankに収録されている18万件に登る既知構造の利用方法と併せて、タンパク質の構造情報を利用する際の注意点についても説明する。			

講義日	1/19(木)	講 師	山本和生、富谷茂隆
テーマ	電子線ホログラフィーによる機能性材料の応用		
前半では、電子線ホログラフィーの原理、手法について紹介し、何が観察できるかを説明する。後半では、具体的な応用計測の例(磁性体内部の磁力線観察、半導体内部の電位分布観察、全固体電池のその場電位計測など)を示し、材料科学やデバイス工学に役立てていく試みについて紹介する。			
テーマ	電子・光デバイスの解析		
最先端の電子顕微鏡や3次元アトムプローブにより得られるナノスケール解析技術が、IT社会に必要な半導体電子・光デバイスの研究開発にどのように役立ち、先導しているかについて紹介する。			

講義日	1/26(木)	講 師	菅原康弘
テーマ	プローブ顕微鏡法の最先端(固体表面の静的から動的解析まで)		
物質表面の局所的な様々な情報(例えば、形状、状態密度、電位分布、磁気分布、静電容量の分布など)を観察できる走査型プローブ顕微鏡の原理と装置構成について述べる。			

講義日	2/2(木)	講 師	4コース講師
テーマ	総合討論		
4コース担当講師による講義の補足や、受講生からの疑問や質問に答えるなど、双方向の討議の場とする。受講生にとって、今後、更に活発な交流ができるよう、討議への積極的な参加を期待する。			

コース5 ナノ機能化学

<p>目的・概要</p>	<p>分子・分子集合体や表面・界面は、有機、無機にかかわらず、ナノ構造場の中で1分子機能をはるかに超える多くの新たな機能を発現する。従って、化学の基礎知識とともにナノ空間における、あるいはナノ構造における新奇な機能を理解し、利用する能力を身に付けることが重要となる。本コースは、「ナノ機能化学」のキーワードで講義テーマ構成し、分子・分子集合体、表面・界面の設計、機能発現、機能計測、反応制御、反応のその場観察、エレクトロニクスデバイス応用までを幅広く取り上げ、この方面の先端科学技術とトレンドを理解し、基礎を習得した上で、その各種応用を図る力をつけることを目的とする。従って、ベースは化学であるが、物理、材料科学、エレクトロニクスにもその知識の幅を広げ、その中でナノ科学技術にどのようにナノ機能化学が活用されるかを知り、さらにその応用展開の底力を付けることを目的とする。</p>
<p>修得目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・有機半導体・有機分子エレクトロニクスの基礎知識の習得 →有機電子材料中の電子移動のメカニズム、機能性高分子の物性 など ・高分子材料のナノ構造・機能解析手法、溶液界面・微粒子の新分析法 ・量子化学計算を用い分子集合体解析、分子動力学シミュレーションの習得 ・マテリアルズインフォマティクスによる材料設計の基礎の学習 ・プローブ顕微鏡、電子顕微鏡による分析手法の習得 ・光応答性機能分子材料の化学、ナノ粒子触媒を用いた官能基変換反応 ・各種機能デバイスの原理や応用事例の学習 →2次電池、太陽電池、光触媒材料 など ・触媒や高分子ミセルの概要と特性解析手法の習得 <p>以上を学ぶことにより、化学を基本としながらも、物理、材料科学、エレクトロニクスの知識を加えてナノ機能を生み出す分子、分子集合体材料と機能について理解し、様々なデバイス応用を学ぶことで、ナノ機能化学における実践力を身に付ける。</p>
<p>年間の構成</p>	<p>具体的な講義内容として、前期では主に有機半導体、電池材料、光触媒材料、超分子・超分子集合体とその機能、分子・ナノ粒子の光学的特性、量子化学計算を用い分子集合体解析、マテリアルズインフォマティクスによる材料設計、溶液界面、表面・界面・微粒子の分析手法、高分子材料のナノ構造・機能解析手法、走査プローブ顕微鏡法、単分子超高解像度顕微鏡法などについての基礎化学材料・現象及びその解析・計測手法などの講義を取り上げて基礎知識を身に付ける。一方、後期では、エネルギー変換デバイス、光応答・励起状態ダイナミクス、機能性高分子・高分子ミセル、分子集合体などの機能と応用、分子エレクトロニクスに関する講義、また分子動力学シミュレーション、システムデザインナノ構造など、機能性化学材料・デバイスの講義を取り上げる。</p> <p>遠隔教室からの質問やコメントを受け付けるとともに講義内容について理解を深める双方向議論を行う。また、講師と受講生が集まって忌憚なく意見を交換できる双方向「総合討論」の場を設ける。</p>
<p>参考文献</p>	<p>各講師から講義一週間前までに、および講義中にそれぞれ紹介する。</p>
<p>特記事項</p>	<p>特に、前期課程において、他コースとの合同講義が多いために、日程、曜日が不規則になっているので、1年分の履修計画を予め立てておくことが望ましい。</p> <p>なお、化学材料関連では、コース1「ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学」の1/16 表面化学過程の第一原理シミュレーション、コース2「ナノエレクトロニクス材料・デバイス学」の11/29 化学分子の計測を目指したフレキシブルセンサとその応用、1/10 ナノカーボン材料の成長・評価技術と応用展開、薬学関係では、コース3「ナノライフサイエンス学」の11/9 ドラッグデリバリーシステム、1/18 医薬品の研究開発・化学合成などの講義も役立つので、これら希望者は受講希望を申請することを奨励する。</p>

前 期

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師	概要参照 ページ
1	4/8 (金)	オリエンテーションと電子励起状態分子の科学と計測、応用	宮坂博*(阪大・基礎工)	31
2	4/13(水)	溶液界面・微粒子の新分析法	渡會仁*(阪大・ナノ)	19
3	4/19(火)	有機エレクトロニクスに向けた有機材料の基礎と応用	家裕隆(阪大・産研)	13
4	4/28(木)	電子顕微鏡のハードウェア	沢田英敬**(日本電子(株))	25
5	5/10(火)	電池の古今東西と未来	妹尾博**(産総研)	13
		2030年社会を意識した蓄電池開発の方向性	木下肇**(KIR(株))	
6	5/17(火)	光触媒材料の原理と応用	平井隆之*(阪大・基礎工)	13
7	5/25(水)	分子系の二光子吸収とその応用	鎌田賢司**(産総研)	19
8	6/2(木)	走査プローブ顕微鏡法 (固液界面解析への応用を中心として)	福井賢一*(阪大・基礎工)	25
9	6/9(木)	超解像度顕微鏡法(光プローブを中心として)	伊都将司*(阪大・基礎工)	25
10	6/13(月)	量子化学計算	奥村光隆*(阪大・理)	8
11	6/20(月)	マテリアルズ・インフォマティクス：概論	小口多美夫* (阪大・スピントロニクス)	8
12	6/29(水)	表面・界面における超分子集合体の形成	戸部義人*(阪大・産研)	20
13	7/5(火)	ナノ粒子の分光・光学特性とナノフォトニクスへの応用	朝日剛*(愛媛大・工)	14
14	7/13(水)	超分子とナノマシン	山口浩靖(阪大・理)	20

後 期

*実務家教員 **実務家

回	講義日	テーマ	講師	概要参照 ページ
1	10/14(金)	太陽光—化学エネルギー変換	中西周次*(阪大・基礎工)	31
2	10/21(金)	ナノテクに立脚する光化学の最前線	坪井泰之*(大阪市大・理)	31
3	10/27(木)	電池材料のナノ構造機能解析の最前線	秋田知樹**(産総研)	26
4	11/4(金)	高分子ミセル概説と特性解析	橋爪章仁*(阪大・理)	31
5	11/10(木)	固体触媒の解析	吉田秀人(阪大・産研)	26
6	11/17(木)	高分子材料におけるナノ構造機能解析	陣内浩司* (東北大・多元研)	26
7	11/25(金)	機能性高分子	堀邊英夫*(大阪市大・工)	31
8	12/2(金)	有機光化学及び有機電子移動化学の基礎と応用	池田浩*(阪府大・工)	31
9	12/9(金)	光応答性機能分子材料化学	小島誠也*(大阪市大・工)	31
10	12/16(金)	システムデザインにおけるナノ構造	藤井克司*(理化学研究所)	31
11	12/26(月)	分子エレクトロニクスデザイン	森川良忠*(阪大・工)	9
12	1/13(金)	ナノ粒子触媒を用いた官能基変換反応	水垣共雄(阪大・基礎工)	31
13	1/25(水)	分子動力学シミュレーションを用いた分子集合系のミクロ解析	松林伸幸*(阪大・基礎工)	21
14	2/3(金)	総合討論	5コース講師*	31

コースの講義とは別に、全コース共通講義があります。(2ページ参照)

講義日	4/8(金)	講師	宮坂博
テーマ	オリエンテーションと電子励起状態分子の科学と計測、応用		
<p>コース5の講義概要を示し、その後に、光エネルギー変換、物質変換に重要な役割を果たす有機分子の電子励起状態の特徴、反応挙動(光化学過程)について説明する。また、電子励起状態分子の反応の検出に必要なレーザー時間分解測定法の原理と応用例、レーザーを用いた化学反応の制御法についても紹介する。更に、電子励起状態分子からの発光(蛍光)を利用したナノ計測についても紹介し、議論する。</p>			

講義日	10/14(金)	講師	中西周次
テーマ	太陽光—化学エネルギー変換		
<p>種々の太陽光—化学エネルギー変換系(人工光合成)の基本的動作原理について電子移動の観点から解説する。さらに、人工光合成技術の現状と展望について紹介する。</p> <p>(I) 天然光合成におけるエネルギー変換の基本原則 (II) 種々の人工光合成技術の原理および現状 (III) 人工光合成技術の今後の展望</p>			

講義日	10/21(金)	講師	坪井泰之
テーマ	ナノテクに立脚する光化学の最前線		
<p>物質はミクロンサイズまで小さくすると、それまでなかった機能を時として発現する。例えば、コップに入れた水は水でしかないが、ミクロンサイズの「水滴」になると、その中に光を閉じ込める共振器になることができる。光の波長よりも小さいサブミクロンレベルの微細構造を固体に付与すると、やはり新たな光機能が発現する。そのような機能を極限まで高めたプラズモニクスと呼ばれるテクノロジーが近年注目されている。本講義では、プラズモニクスやレーザー微細加工、シリコンナノフォトニクス、バイオイメージングなど、ナノテクノロジーに立脚した最前線の光化学の基礎と応用を解説する。</p>			

講義日	11/4(金)	講師	橋爪章仁
テーマ	高分子ミセル概説と特性解析		
<p>前半では、パーソナルケア製品、ペイント・コーティング、ドラッグデリバリーなどで応用が期待されている高分子ミセルの構造、特性、および用途について概説する。後半では、高分子ミセルを実用化する際に必須となる特性解析の方法について解説する。</p>			

講義日	11/25(金)	講師	堀邊英夫
テーマ	機能性高分子		
<p>1つ目は、永久ヒューズ用の導電性複合材料について概説する。ポリマーに導電粒子を高充填化すると常温時の抵抗率は低下し、一方、温度上昇とともに電気抵抗が増大する。これはポリマーが温度とともに体積膨張し、導電粒子の距離が増大するためである。ポリマー中の導電粒子の分散状態と転移温度、電気抵抗との関係についてポリマーのモルフォロジーの観点から解析する。2つ目は、フッ素系高分子の1つであるポリフッ化ビニリデン(PVDF)の結晶構造について概説する。PVDFには3つの結晶構造が存在し、I型結晶のみが圧電性、焦電性を有するが、I型結晶は準安定状態である。結晶構造を決定する根本物性について議論する。</p>			

講義日	12/2(金)	講師	池田浩
テーマ	有機光化学および有機電子移動化学の基礎と応用		
<p>旧来、有機ラジカルや有機ラジカルイオンは、様々な有機化学反応の中間体として認識され、純正化学(Pure Chemistry)の観点から主に議論されてきた。しかし、最近ではそれらの特性を活かした応用研究が精力的に行われており、応用化学(Applied Chemistry)の観点からも重要性を増している。本講義では、その基礎となる有機光化学と有機電子移動化学を概説し、関連する最近の応用研究例(有機ラジカルELや機械学習やMarcus理論に基づく有機半導体材料のフロー光化学合成など)について紹介する。</p>			

講義日	12/9(金)	講師	小島誠也
テーマ	光応答性機能分子材料化学		
<p>光に応答して分子構造を変え、分子の持つ性質が変化するフォトクロミック反応に関し、光化学の基礎から紹介する。フォトクロミック反応の原理、分子材料の設計、評価方法に関して詳述する。</p>			

講義日	12/16(金)	講師	藤井克司
テーマ	システムデザインにおけるナノ構造		
<p>ナノ構造は化学や生物における分子構造設計や機能発現だけでなく、半導体デバイスの中でも実際に設計され利用されている。これら、分子としてみたナノ構造とは少し異なる周期構造を持つ結晶中でのナノ構造の役割について、いくつかの例を挙げて紹介する。また、このように設計・作製された個々のデバイスの機能がいかに優れていると、これらを構成するシステムとしての働きに鑑みるときに、デバイス同士のマッチングが良くないとその機能は発揮されない。このような例について太陽光を用いて水分解を行う際のシステムを例に紹介する。このようなシステムの最適化について、ナノ構造を応用した高機能を発揮する分子設計にも応用されることを期待する。</p>			

講義日	1/13(金)	講師	水垣共雄
テーマ	ナノ粒子触媒を用いた官能基変換反応		
<p>遷移金属をナノ粒子化して規則性構造をもつ固体表面に固定化すると、高活性高選択性を示す触媒ができる。分子論的な触媒設計法に基づく新規ナノ粒子触媒の調製と、その触媒を用いた環境調和型の有機化合物の各種変換反応について解説する。</p>			

講義日	2/3(金)	講師	5コース講師
テーマ	総合討論		
<p>5コース担当講師による講義の補足や、受講生からの疑問や質問に答えるなど、双方向の討議の場とする。受講生にとって、今後、更に活発な交流ができるよう、討議への積極的な参加を期待する。</p>			

§ 3. 令和4年度 短期実習とテーマ一覧（予定）

短期実習(1単位)についてはスクーリンクで大阪大学キャンパス内にて開催され、原則、9月(全コース)、または2、3月、及び一部は後期期間中に実施する。ナノサイエンスデザイン教育研究センターおよび本学各部局の各種先端機器を活用した実習内容を特色としており、コースごとに実施要領が定められている。また、コース1を除き、各人の都合に合わせて少人数によるグループを結成するために、受講生との日程調整を事前に行う。実習内容の詳細については、6月ごろに受講生に通知する。

実習の成績評価は、全コース共通として、参加姿勢およびレポート等を対象として行う。さらに実習への積極的な取り組み、および全体討論での積極性も考慮する。なお、実習には全期間出席することを基本とする。

コース1 ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学	
目的	第一原理計算に基づきナノマテリアルやこれを用いたナノデバイスの設計を行うための量子シミュレーション手法を習得することを目的とした集中講義（講義とチュートリアル併用）を実施する。実習はオンラインで実施する場合、各自で実習に必要な条件を満たしたPCを用意する必要があるが、必要に応じてサポートする。あるいはPCを貸し出すことも可能である。計算自体は阪大内の並列計算機で行う。受講生には1年間利用可能なアカウントを発行する。
内容	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>ビギナーズコース</u> 学部卒程度の基本的な知識があれば、UNIXの経験はなくても参加は可能である。本コースの中にUNIX講座も設ける 2. <u>アドバンストコース</u> ビギナーズコースの発展的位置付けのコースである。2種類のコードについて学ぶことができる。 3. <u>スーパーコンピューターコース</u> 第一原理計算での研究の経験がいくらかあることを前提としている。初歩的な説明はなく、実践的な実習が中心である。 4. <u>スピントロニクス・デザインコース</u> ピントロニクスに特化したコースで、前半は磁性の基礎とその応用分野の講義を受講し、後半はアドバンストコースの実習に合流する予定である。 5. <u>マテリアルズインフォマティクスコース</u> 機械学習の初級コース、中級コースと構造探索プログラムCrySPY、機械学習プログラムLIDGの実習を行う。参加条件を満たし、PCの準備ができる人のみ参加が可能である。 6. <u>エキスパートコース</u> このコースは受講生の希望内容と講師の都合により開催するもので、事前に講師と連絡を取り、テーマを決めて参加するコースである。
参考	教科書として、計算機マテリアルデザイン入門（大阪大学出版会）、密度汎関数法の発展－マテリアルデザインへの応用－（シュプリンガー）を利用する。
期間	原則として、9月と2月に各5日間開催される短期実習のいずれかに参加すればよい。2022年9月5日～9日、および2023年2月20日～24日の予定である。
実施場所	基礎工学研究科G棟を予定している。オンライン受講も可能である。
担当部局	ナノサイエンスデザイン教育研究センターの専任教員が事務局を担当し、学内の以下の部局からの兼任教員と協力・分担して実習を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> ・大学院理学研究科 ・大学院工学研究科 ・大学院基礎工学研究科（スピントロニクス学術連携研究教育センターを含む） ・産業科学研究所

2. ナノエレクトロニクス材料・デバイス学	
目 的	ナノテクノロジーに関わる技術や材料・デバイスについて3日間の実習を通じて学ぶ。無機から有機までの幅広いナノのものづくりから、構造・特性評価にいたるまでの先端機器を利用する7つの多彩なテーマが用意される。このうちの一つのテーマについて実習を行う。実習によってテーマを体験的に理解するのみならず、自身のことばで説明して議論できることを目指していただく。
内 容	<p>各テーマの内容（実習概要）、習得目標、期間と実施場所を以下に示す。なお実習テーマは受講生へのアンケートなどによって決定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 電子線リソグラフィを用いた微細構造の作製とその観察 電子線リソグラフィは電子線照射を用いたレジスト加工に基づく微細構造作製技術の一つで、ナノテクノロジーとして代表的なものである。本テーマでは、電子ビーム描画装置（電子の加速電圧：125kV）を用いた試料作製とその観察を行う。本実習での経験がナノ加工・ナノテクノロジーへ慣れ親しむきっかけとなり今後の足掛かりとなることを目指す。実習内容はリソグラフィ未経験者を想定した初歩的なものとしている。 金属酸化物エピタキシャル薄膜の蒸着と相変換スイッチ現象の評価 金属酸化物は電子相変換、強磁性、高温超伝導など多彩な物性を示す興味深い物質系である。講義により良質な薄膜結晶を得る原理を習得するとともに、この原理による代表的な成膜手法であるパルスレーザ蒸着法/スパッタリング法について実際に成膜装置を用いてその操作・薄膜作成過程を学ぶ。合わせて基本的な電気物性測定法を体験する。 窒化物半導体青色LEDの試作 「希土類添加半導体」という新材料に注目し、波長超安定且つ色純度の高い赤色発光ダイオードを窒化物半導体において世界で初めて実現している。本実習では、本材料の母体となる窒化物半導体発光ダイオードに注目し、その結晶成長、微細構造作製プロセス、光物性特性等の基礎実験を行うことにより、基礎的な知識、技術、開発手法を習得するとともに、最先端の半導体研究に触れてもらうことを目的とする。 オール溶液プロセス目指した有機EL素子の作製と特性評価実習 オール溶液プロセス目指した有機EL素子の作製と特性評価の実習を通して、最近注目されている有機ELを中心として有機電子光デバイスの基礎原理から最先端について理解する。実習に関しては、当日配布資料をもとに行う。習得目標として、光の吸収・発光過程、キャリア注入・移動等のキャリア挙動、有機ELデバイス特有の電気伝導、無機デバイスとの動作機構の違い、などを理解する。電子光デバイス、特に有機ELのデバイス物性の特徴を体得する。 原子・分子の世界を直接覗いてみよう 本実習では、固体表面の個々の原子を直接観察することのできる走査トンネル顕微鏡（STM）を実際に操作して、原子・分子の世界を体感する。実習の中では、超高真空装置の取り扱い、金属表面の清浄化方法、並びにSTMを用いた原子分解能での表面観察技術を体験する。一部、リモートによるミニ講義、実習成果発表の場を設ける。 有機薄膜太陽電池の作製と評価 π共役系分子・高分子を用いた有機薄膜太陽電池の作製と評価を行い、有機半導体特有の光電変換機構の理解と関連技術の習得を目指す。実験は大気暴露フリーのプロセス装置を用い、有機半導体や金属の薄膜作製を行い、電流-電圧特性や分光感度特性について測定し、作製した太陽電池の効率評価を行う。 有機太陽電池の作製と評価 実習概要と習得目標：有機エレクトロニクスは、軽量・薄型・フレキシブルといった特徴を持つ製品を生み出すことができることから、次世代のエレクトロニクスとして注目を集めている。この実習では、有機エレクトロニクスの中でも有機太陽電池に着目し、素子駆動原理を学習する。また、実際に有機太陽電池を作製し、疑似太陽光照射下で発電効率を測定することで、デバイス作製法と評価法を習得することを目標とする。
期 間	実習は短期集中形式で行う。原則、8月以降、年度内の3日間に実施する。
実施場所と担当部局	ナノサイエンスデザイン教育研究センター・ナノサイエンスラボラトリー（大阪大学・豊中キャンパス）のほかに、大阪大学の以下の部局を実施場所として、ナノサイエンスデザイン教育研究センターの専任教員および兼任教員が分担して実習を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> ・大学院工学研究科 ・産業科学研究所

3. ナノライフサイエンス学	
目 的	生体分子・細胞・組織・器官から個体へと統合を重ねて高次機能を発現する生命のしくみやその測定技術について実習によって理解を深めることを目的とする。生体の微細構築を計測・解析するための各種先端計測装置の原理を解説し、試料測定と解析などの実習を行う。これらの実習を通して夜間講義・前期で受講した内容の理解を一層深めるとともに、後期における細胞・タンパク質・遺伝子関連および機械学習に関する講義の基礎知識として学習する。
内 容	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>顕微鏡観察用生体試料作成と顕微鏡観察</u> 光学顕微鏡の原理から、観察する際の注意点の座学を行う。その上で、①培養細胞内の因子を蛍光色素等でラベル化した試料調整を行う。②培養細胞試料を光学顕微鏡である共焦点顕微鏡やパルスレーザー顕微鏡による2光子観察を行い、それぞれの顕微鏡観察の違いについて実習を行う。 2. <u>光コヒーレンストモグラフィ (OCT) による精神性発汗の動態解析</u> 光コヒーレンストモグラフィ (OCT) の原理を臨床診断応用について学んだ後、OCT を用いた手掌部における精神性発汗の動態解析を行う。 3. <u>深層学習を用いた特徴分類などの実習</u> DNA/RNA から細菌、ウイルスなどの特徴分類や、タンパク質の特徴分類などを機械学習の手法の1つであるオートエンコーダを応用した深層学習の実習および解説を行う。 4. <u>PCR 法などを用いた遺伝子操作の実習</u> PCR (polymerase chain reaction) 法は、特定の DNA 配列を増幅する方法で、DNA 配列の増幅以外にも、DNA 配列への変異導入、一部の DNA 配列の欠損、DNA の塩基配列を調べる方法としても、多くの DNA 実験に使用されている。本実習では、PCR 法による DNA 配列の増幅の他に、ある特定の DNA 配列を切断する活性を持っている制限酵素による処理などの遺伝子操作の基礎技術の習得をめざす。 5. <u>超音波によるタンパク質凝集測定および、凝集体の顕微鏡観察</u> 特定の疾患に関与するタンパク質は、アミロイド線維と呼ばれる線維状の凝集体を形成する。近年、このタンパク質に特定の波長の超音波を照射することにより、迅速に線維状の凝集体を形成できる。本実習では、超音波を照射による凝集体形成測定、形成された凝集体を光学顕微鏡と原子間力顕微鏡の2種類の顕微鏡で観察を行う。また、タンパク質の微小な動きを観察することができる高速原子間力顕微鏡の観察も行う。
期 間	実習は短期集中形式で行う。原則、9月または、12月～2月に実施する。
実施場所と担当部局	<p>ナノサイエンスデザイン教育研究センター・ナノサイエンスラボラトリー（大阪大学・豊中キャンパス）のほかに、大阪大学の以下の部局を実施場所として、ナノサイエンスデザイン教育研究センターの専任教員および兼任教員が分担して実習を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大学院基礎工学研究科 ・大学院工学研究科 ・大学院医学系研究科 ・データビリティフロンティア機構

4. ナノ構造・機能計測解析学	
目 的	ナノ構造・機能計測解析に必須である顕微鏡法（主に電子顕微鏡法）の基礎と応用について実習によって理解を深めることを目的とする。具体的には走査電子顕微鏡 (SEM)、透過電子顕微鏡 (TEM) および走査透過電子顕微鏡 (STEM) の基本操作に加えて集束イオンビーム (FIB) 法をふくむ各種試料作製を実習する。また電子回折および X 線回折 (XRD) についての実習も行う。さらに先端機器を利用した実習も加えることで、夜間講義・前期に受講したナノ構造・機能計測解析の基礎への理解を深めるとともに、夜間講義・後期で受講するナノ構造・機能計測解析の実例を実感として理解できるようにする。
内 容	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>試料作製</u> TEM 用の薄膜試料作製法を実習する。薄膜作製法には、機械研磨、電解研磨、イオン研磨、集束イオンビーム (FIB) 加工等が含まれる。 2. <u>TEM/STEM 観察の基本</u> 200kV 汎用形 TEM を用いて、高真空容器である鏡筒内への試料の装填の手順を学び、次に電子ビームと各種レンズの光軸合わせなど基本的な調整法の実際を確認する。結晶試料において、電子ビーム に対して結晶の特定の方位を一致させる方法を実習するとともに、明視野像、暗視野像、および電子回折図形の撮影を行う。高分解能 TEM 法および高角度環状暗視野 (HAADF) 走査透過電子顕微鏡 (STEM) 法による結晶構造や格子欠陥の原子レベルでの観察およびエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) による試料の元素分析についてもその実際を見学することで理解を深める。 3. <u>単結晶 X 線構造解析の基本</u> X 線の発生と X 線回折法による構造解析について実習する。 4. <u>TEM 法によるナノメータースケール構造物の観察のための試料精密加工技術の基礎</u> FIB-SEM 複合装置によるナノメータースケール構造物の TEM 観察手順について実習する。 5. <u>先端 TEM/STEM による応用</u> バイオサイエンスの主要装置の一つであるクライオ TEM、触媒化学などに応用されている環境制御 TEM などの先端機器を、基本実習を踏まえた上で実体験する。
期 間	実習は短期集中形式でおこなうことを基本とする。原則、9 月、または 2、3 月、及び一部は後期期間中に実施する。必要に応じてオンライン形式での実習で補足することがある。
実施場所と担当部局	<p>ナノサイエンスデザイン教育研究センター・ナノサイエンスラボラトリー（大阪大学・豊中キャンパス）を主たる実施場所としてセンター専任教員が主に担当する。このほかに、大阪大学の以下に掲げる部局の先端機器を、同部局所属のセンター兼任教員の協力のもとで見学・体験利用していただく。以上より基礎から最新・最先端までカバーした実習内容とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・産業科学研究所附属産業科学ナノテクノロジーセンター ・科学機器リノベーション・工作支援センター ・大学院理学研究科 ・大学院基礎工学研究科 ・蛋白質研究所 ・大学院生命機能研究科 <p style="text-align: right;">（順不同）</p>

5. ナノ機能化学	
目 的	分子や分子集合体の解析の基本となる会合数やナノ集合体のサイズ測定、また結晶構造決定、さらにナノ集合体の物体操作、単一分子蛍光測定やパルスレーザーによる時間分解計測などの先端的測定法の基礎と応用について、実習による理解の深化を目的とする。またこれらの測定のための試料調整の実習から、その留意点を学ぶとともに、解析法を実際に応用しナノ機能の評価を経験する。これらの結果、夜間講義・前期に受講したナノ機能化学の基礎への理解を深めるとともに、夜間講義・後期の受講に対してもその実例を実感して理解できることをめざす。
内 容	<p>1. <u>レーザー顕微鏡を用いたナノスケールの物体操作・観測、パルスレーザーによる高速時間分解測定</u> レーザー顕微鏡を用いて ①極微小物体を非接触に捕捉・操作する技術、②単一分子測定（イメージング）技術の実習を行う。また、③ナノ秒パルスレーザーを用いた高速時間分解分光手法を学び、光化学反応素過程の検出を実習する。</p> <p>2. <u>分光学的手法を用いる超分子複合体の安定度定数の決定</u> 超分子複合体の安定度は平衡定数（結合定数）や熱力学的パラメーターを求めることにより評価することができる。結合定数は種々の分光学的手法を用いて決定することができるが、本実習プログラムでは紫外-可視吸収（UV-vis）スペクトルと核磁気共鳴（NMR）スペクトルを用いた結合定数の決定法について、理論の解説と実習を行う。</p> <p>3. <u>光散乱法による高分子・コロイドの水溶液中におけるモル質量とサイズの測定</u> 光散乱法の原理、測定法、および解析法を解説する。水溶性高分子やコロイド試料の静的・動的散乱測定を実際に行い、水溶液中におけるモル質量とサイズを決定する。</p> <p>4. <u>単結晶 X 線結晶構造解析</u> 金属塩等から単結晶部分を切り出し、X 線結晶構造解析測定を行う。測定後、データをマージ、"CrystalStructure" にて構造解析、分子構造や結晶構造の描画から、単結晶 X 線結晶構造解析の一通りの流れを体験する。</p>
期 間	実習は短期集中形式で行う。原則、9月または、12月～2月に実施する。
実施場所と担当部局	ナノサイエンスデザイン教育研究センター・ナノサイエンスラボラトリー（大阪大学・豊中キャンパス）のほか、大阪大学の以下の部局を実施場所として、ナノサイエンスデザイン教育研究センターの専任教員および兼任教員が分担して実習を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> ・大学院基礎工学研究科 ・大学院理学研究科