

## Optical Science and Technology Computation Exercise

1 unit (compulsory)

Masanobu Haraguchi · PROFESSOR / OPTICAL MATERIALS AND DEVICES, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, Atsushi Mori · ASSOCIATE PROFESSOR / OPTICAL MATERIALS AND DEVICES, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

Yoshihiko Tezuka · ASSOCIATE PROFESSOR / OPTICAL MATERIALS AND DEVICES, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, Yoshiki Kawata · ASSOCIATE PROFESSOR / OPTICAL INFORMATION SYSTEMS, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

Toshihiro Okamoto · ASSISTANT PROFESSOR / OPTICAL MATERIALS AND DEVICES, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, Hirotsugu Yamamoto · ASSOCIATE PROFESSOR / OPTICAL INFORMATION SYSTEMS, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

Miki Niwa · ASSISTANT PROFESSOR / OPTICAL MATERIALS AND DEVICES, DEPARTMENT OF OPTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

**Target)** 計算機はあらゆる分野で不可欠であり、光技術者として計算機を用いた問題解決能力を養うことは重要である。ここでは、光学材料、光デバイスから光情報システムまでの光技術に関する基本的な課題に取り組み、計算機を有効に活用できる能力を高めることを目的とする。

**Outline)** 以下の課題1及び課題2から各1題選択して計2題行う。各課題は7週間で実施し、4年前期の前半7週間に課題1、後半7週間に課題2の実習を行う。課題1 (a) 半導体レーザの設計と基本特性評価:光関連の技術に欠くことのできない半導体レーザの基本構造として、光共振器や光導波路がある。これらの素子の設計・特性評価に必要なプログラムの作成とシミュレーションを通じて、光の波としての性質とその利用方法の基本的概念を理解する。また、適当な半導体レーザ素子を設定し、パルス動作時の光出力特性等のシミュレーションから、レーザの基本特性を理解する。〈関連の深い講義:光デバイス1, 光導波工学, レーザ工学基礎論〉。課題1 (b) 分子シミュレーション入門: 材料設計や物性予測に不可欠な手段となっているモンテカルロ(MC)法と分子動力学(MD)法のうち、強磁性体や相分離のモデルとして知られている二次元イジングモデルのMCシミュレーションの実習を行う。〈関連の深い講義:材料統計熱力学2〉。課題1 (c) スペクトルシミュレーション: さまざまな波長の光を用いて分子の電子状態や構造を明らかにする分子分光法において計算機が重要なツールとなることを理解することを目的とする。計算機の発達により、量子化学的計算から分子に特有のスペクトルを理論的に求めることが可能となった。ここでは、スペクトルシミュレーションが実際のスペクトルの解釈に必須である電子スピン共鳴(ESR)分光法において、与えられたパラメータからスペクトルを計算により求めるプログラムを作成する。〈関連の深い講義:分光分析学〉。課題2 (a) 光演算処理の基礎: 光情報機器や光計測の基礎となる光演算について、計算機を用いて理解することを目的とする。具体的には、干渉縞の強度分布、レンズによるフーリエ変換を扱う。これらの計算を通して、光演算処理を理解し、班別に応用課題に取り組む。応用課題については、最後に発表会を行う。〈関連の深い講義:光演算処理, 信号処理〉。課題2 (b) コンピュータのグラフィックスの基礎: コンピュータのグラフィックス機能を利用してプログラミングによるコ

ンピュータグラフィックス画像生成の基本的な技術を習得することを目的とする。特に、現実感のあるグラフィックス表現を可能にするレイトラシングアルゴリズムを習得する。〈関連の深い講義:画像処理, 幾何光学〉。課題2(c) デジタル信号処理の基礎: 計算機技術の発展に伴い、デジタル信号処理技術は音声や映像などのあらゆる分野で必要とされる基礎技術となっている。ここでは、デジタル信号処理の基本となる離散フーリエ変換とその高速演算アルゴリズムである高速フーリエ変換を習得することを目的とする。〈関連の深い講義:画像処理, 信号処理〉。

**Keyword)** 計算機プログラミング, 光学材料, 光デバイス, 光情報システム

**Fundamental Lecture)** “Computer Fundamentals”(1.0), “Programming Languages and Exercises”(1.0)

**Relational Lecture)** “Optoelectronic Devices I”(0.5), “Guided-wave optics”(0.5), “Introduction to Laser physics and applications”(0.5), “Statistical Thermodynamics of Materials 2”(0.5), “Spectroscopic Analysis”(0.5), “Signal Processing”(0.5), “Geometrical Optics”(0.5), “Image Processing”(0.5), “Analog Optical Computing”(0.5)

**Notice)** 実習はすべて出席すること。・ レポートを提出しなければ成績評価の対象外となるので注意すること。・ 限られた時間内で実習内容を理解して課題をこなすことは困難であるので、予習をすること。・ 受講者は上記の関連授業科目を履修していることが望ましい。

**Goal)**

1. 光学材料、光デバイスから光情報システムまでの光技術に関する基本的な課題に取り組み、計算機を有効に活用できる能力を高め、光技術者として計算機を用いた問題解決能力を養うことを目標とする。以下に、各課題に対する到達目標を示す。
2. 課題1(a) (担当: 原口 雅宣, 岡本 敏弘) . A. 与えられた数式の計算結果を求めるプログラムを作成し、妥当な計算結果を得る。B. 計算において、物理量の「単位」の概念が重要であることを理解する。C. 光共振器の特性、導波モードや光閉じ込め係数が半導体レーザの特性に与える影響について、計算結果を通じて理解する。D. レーザのパルス発振動作(あるいは

変調動作)で、レーザーの光出力が時間的にどのように変化するかを計算結果を通じて理解する。

3. 課題 1(b)(担当: 森篤史) 計算機上で乱数を発生させ、その性質を把握した上でそれを使えるようにする。強磁性的イジング模型を例に、次のシミュレーションを実行させる:(1) エネルギーが減少する方向への系の発展。(2) メトロポリス法に基づいての、ボルツマン重み付きのサンプリング。また、(3) それらの一般的な物理的意味を理解する。
4. 課題 1(c)(担当: 手塚 美彦, 丹羽 実輝) 与えられた法則に従ってスペクトルを計算し、それをディスプレイ上に再現できる。
5. 課題 2(a) (担当: 山本 裕紹) ・計算機を活用するような問題設定を行なうこと。 ・設定した問題を解決するアルゴリズムを構築すること。 ・プログラムの目的、内容、工夫点を発表できること。
6. 課題 2(b,c) (担当: 河田佳樹) ・実装されているグラフィック関数の理解及び使用できること。 ・2次元のグラフィックス関数がプログラミングできること。 ・レイトレーシングの基礎技術がプログラミングできること。 ・工夫を凝らした仕様案に基づきプログラミングできること。

#### Schedule)

1. オリエンテーション
2. 課題 1(a)1. Cプログラミングの復習。課題 1(b)1. Cプログラミングの復習。
3. 課題 1(a)2. 繰り返し計算、判定文(光共振器の共振周波数、光子寿命)。課題 1(b)2. 乱数の復習、判定文・繰り返し文(モンテカルロ法による積分)。
4. 課題 1(a)3. 光共振器特性とレーザー特性の関係、レポート。課題 1(b)3. 標示、繰り返し文と総和の計算(強磁性イジング模型のエネルギー計算)
5. 課題 1(a)4. 収束計算、数値積分法(モード分散式、電界強度分布)。課題 1(b)4. 絶対零度の強磁性イジング模型のシミュレーション。レポート
6. 課題 1(a)5. 導波モード特性と半導体レーザー特性の関係、レポート。課題 1(b)5. ボルツマンサンプリング(有限温度のイジング模型のシミュレーション)
7. 課題 1(a)6. 連立微分方程式の数値解法(レート方程式)。課題 1(b)6. 強磁性イジング模型の相転移点(キュリー点)。レポート。
8. 口頭試問・レポート、課題 1(a)7. レーザのパルス動作特性、レポート。
9. 課題 2(a)1. 数値計算の基礎。課題 2(b)1. ウィンドウ作成およびグラフィックス関数。課題 2(c)1. ソフトウェア仕様書、実装、テストについて
10. 課題 2(a)2. 干渉縞の強度分布の算出。課題 2(b)2. 2次元グラフィックスの作成。課題 2(c)2. 離散時間信号の生成ソフトウェア仕様書作成
11. 課題 2(a)3. フーリエ級数展開の実行。課題 2(b)3. 2次元グラフィックスの応用演習。課題 2(c)3. 離散時間信号の生成ソフトウェア実装、テスト
12. 課題 2(a)4. フーリエ変換の実行とグループ課題の設定。課題 2(b)4. 3次

元グラフィックスの基礎。課題 2(c)4. 離散フーリエ変換ソフトウェア仕様書作成

13. 課題 2(a)5. グループ別ソフトウェア実装。課題 2(b)5. 陰面消去と陰影付けの応用演習。課題 2(c)5. 離散フーリエ変換ソフトウェア実装、テスト
14. 課題 2(a)6. グループ別ソフトウェアテストと説明資料作成。課題 2(b)6. 鏡面反射と全体照明モデルの応用演習。課題 2(c)6. 高速フーリエ変換ソフトウェア仕様書作成
15. 口頭試問・レポート課題 2(a)7. グループ課題発表審査会。課題 2(b)7. 作品製作。課題 2(c)7. 高速フーリエ変換ソフトウェア実装、テスト
16. 予備日

**Evaluation Criteria)** 実習は課題 1 及び課題 2 から各 1 題選択して計 2 題行う。1 課題 50 点満点とし、総合評価 60 点以上を合格とする。一度でも欠席したり、レポートを提出しなければ成績評価の対象外となる。実習中における積極性、理解度及び、口頭試問の解答、レポートの提出状況と内容を総合して評価する。レポートの内容が採点基準に満たない場合、再提出を求めることがある。定期試験は実施しない。平常点は、実習中における積極性、理解度及び、口頭試問の解答、実習レポートの提出状況と内容を総合して評価する。以下に、各課題に対する評価方法を示す。課題 1(a) (担当: 原口 雅宣, 岡本 敏弘) 平常点 (30%) およびレポート (60%)、演習に対する積極性 (10%) を評価する。レポートは、課題の重要性や解法の特徴とオリジナリティを説明しているか、適切な図表を使用しているか、読者に理解してもらう工夫があるか、考察を行っているかを重視して採点する。課題に対して「確からしい計算結果」を求めているわけではない。課題 1(b)(担当: 森篤史) 出席(フェイス・トゥー・フェイスの指導の結果)とレポートの割合を 6 対 4 として評価する。乱数の扱いは自習の初期の段階でフェイス・トゥー・フェイスの指導を行なう。他にも同様に、実際にパターンの発展を見ながら達成度を評価するが、時間内に課題をこなせなかった場合はプリントアウトされたもので評価する。課題 1(c)(担当: 手塚 美彦, 丹羽 実輝) 平常点 30%、実習中における理解度 20% 提出されたレポートの内容 50% 課題 2(a)(担当: 山本 裕紹) 成績評価: 授業への取り組み (40%)、グループ課題のレポート発表による報告 (60%) で評価する。課題 2(b) (c) (担当: 河田 佳樹) 実習中における理解度 20%。提出されたレポート内容 80%。提出レポートには以下の内容が含まれ、その詳細について口頭で説明できることが必要である。 ・構築したアルゴリズムについての説明及び、ソフトウェア仕様書・ソフトウェア仕様書に基づいたプログラム及び、実行例。 ・作成プログラムのマニュアル

**Jabee Criteria)** JABEE 合格は単位合格と同一とする。

**Relation to Goal)** 光応用工学科の学習・教育目標「(B) 基礎的実験技術の習熟

と創造性」に関連する。

出状況と内容を総合して評価する。

#### Textbook)

- ◇ 課題 1(a) (担当: 原口 雅宣, 岡本 敏弘) 配付プリントならびに光デバイス 1 で用いたテキスト. 数値計算に関する参考書が必要となるので, 各人図書館等を利用すること.
- ◇ 課題 1(b)(担当: 森篤史) プログラミング言語および演習の教科書
- ◇ 課題 1(c)(担当: 手塚 美彦, 丹羽 実輝) 機器分析のてびき (2)(化学同人)
- ◇ 課題 2(a) (担当: 山本 裕紹) 三田典玄:実習 C 言語 (アスキー出版局) 森口繁一, 伊理正夫, 武市正人編:C による算法通論 (東京大学出版会)
- ◇ 課題 2(b),(c) (担当: 河田 佳樹) 中前栄八郎, 西田友是:3 次元コンピュータグラフィックス (昭晃堂)E.O. Brigham 著, 宮川洋, 今井秀樹訳:高速フーリエ変換 (科学技術出版社)

#### Reference)

- ◇ 教科書・配布プリント
- ◇ 光デバイス 1&2 のテキスト
- ◇ 光導波工学のテキスト
- ◇ プログラミング言語及び演習のテキスト
- ◇ ・Turbo C による 3D グラフィックス 山岡 祥 著, ・C による CG レイトレーシング 千葉則茂・村岡一信 共著

Webpage) <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/std/class.html>

Contents) <http://cms.db.tokushima-u.ac.jp/cgi-bin/toURL?EID=216274>

Student) Able to be taken by only specified class(es)

#### Contact)

- ⇒ 原口(光棟209, 656-9411, haraguti@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 岡本(光棟207, 656-9412, okamoto@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 森(光棟410, 656-9417, mori@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 手塚(光棟307, 5027, ytezuka@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 丹羽(光棟311, 5022, niwa@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 山本(光棟412, 656-9427, yamamoto@opt.tokushima-u.ac.jp)
- ⇒ 河田(光棟508, 656-9431, kawata@opt.tokushima-u.ac.jp)

#### Note)

- ◇ 1. ・ 実習はすべて出席すること. ・ レポートを提出しなければ成績評価の対象外となるので注意すること. ・ 限られた時間内で実習内容を理解して課題をこなすことは困難であるので, 予習をすること. ・ 受講者は上記の関連授業科目を履修していることが望ましい.
- ◇ 成績評価に対する平常点と試験の比率:定期試験は実施しない. 平常点は, 実習中における積極性, 理解度及び, 口頭試問の解答, 実習レポートの提