

第 52 回炉物理夏期セミナー開催報告

(1) 開催者の立場から

< 第 52 回 炉物理夏期セミナーの実施報告 >

炉物理部会 セミナー小委員会
(株)原子力エンジニアリング 異雅洋

1. セミナー概要

テーマ	: 小型軽水炉における核計算の基礎
会期	: 2021 年 8 月 30 日(月)～8 月 31 日(火)
会場	: オンライン
幹事機関	: 原子力エンジニアリング、福井大学
参加者	: 71 人 (講師 5、社会人 33、学生 30、事務局 3)
主催	: 日本原子力学会 炉物理部会
幹事	: (株)原子力エンジニアリング、福井大学

2. 開催の概要

第 52 回炉物理夏期セミナーは、2020 年度の開催予定であったが、コロナ禍の影響を受けて約 1 年遅れの日程である 2021 年 8 月 30 日 (月)～31 日 (火) の日程で、オンラインにて開催した。通常は 8 月上旬に 3 日間の日程で実施するが、各大学の予定や移動が不要なことから、8 月下旬の 2 日間にて実施した。参加者は 71 名で、内訳は講師 5/社会人 33/学生 30/事務局 3 であった。オンライン開催ということもあり、例年に比べて参加者が多かったが、初日や二日目のみの参加もあったため、常時参加者は約 60 名程度であった。

セミナーテーマを「小型軽水炉における核計算の基礎」として、中性子拡散方程式の解析的解法と数値解法を通じて、炉物理を理解するというコンセプトで講義内容を設定した。1 日目は、1 群及び 2 群の拡散方程式の解法について講義と演習を行った。また、「今、なぜ、炉物理なのか? 2021」と題して、竹田敏一先生から特別講演があった。2 日目は、Python を用いた数値計算演習と実効断面積に関する講義と演習を実施した。各講義の内容が充実していたために時間が不足気味であったが、テキストや演習内容を事前配布していたこともあり、概ね問題はなかった。また、オンライン開催による参加者間の交流不足を補う目的で、oVice¹ を用いた懇親会 (クイズ大会) や、Zoom のブレイクアウトルームを用いた「シェアリングタイム」の実施などの工夫を行った。

オンライン開催ということで事務局としても入念に準備を行ったつもりだが、一部に不手際もあり、参加者の皆様にはご迷惑とご心配とおかけした。一方、各講師の先生方による講演や演習については、オンライン開催のメリットとデメリットの両方の側面があったよ

¹ <https://aesj-rpd.ovice.in> password 「rpd2021」でログイン可能 (2021/9/15 まで)

うに感じられた。セミナー後に実施したアンケート結果の詳細な分析が必要であるが、内容や開催方法に関しては概ね好評であったと考えている。

収支に関しては、講師の皆様が謝金の支給無しで講義を引き受けて下さったことや、オンライン開催のために経費を大幅に抑えられたことから、20万円程度の黒字となった。

最後に、講義を引き受けて下さった講師の皆様、広告費を拠出して下さった協賛企業各社、ご参加いただいた皆様、本セミナーの開催にあたりご協力いただいた皆様に深くお礼申し上げます。

3. プログラム

8月30日(月):

- 8:50 – 9:00 開校式 / 事務連絡
- 9:00 – 10:30 講義 1 核計算の基礎 1 群拡散方程式 講義 (阪大/竹田敏先生)
- 10:45 – 12:15 講義 2 核計算の基礎 1 群拡散方程式 演習 (阪大/竹田敏先生)
- 12:15 – 13:00 昼食休憩
- 13:00 – 14:30 特別講義「今、なぜ、炉物理なのか? 2021」(福大/竹田敏一先生)
- 14:45 – 16:15 講義 3 核計算の基礎: 2 群中性子拡散方程式の解析解 (北大/千葉先生)
- 16:30 – 18:00 講義 4 核計算の基礎: 数値解析の基本 (北大/千葉先生)
- 18:00 – 19:00 夕食休憩
- 19:00 – 20:00 懇親会
- 20:00 – 若手研究会 (若手研究会担当幹事 (JAEA/渡辺氏、日立/横井氏))

8月31日(火):

- 9:00 – 12:00 講義 5 Google Colaboratory を用いた拡散計算コード演習
(名大/遠藤先生)
- 12:00 – 13:00 昼食休憩
- 13:00 – 13:15 記念写真 (スクリーンショット撮影)
- 13:15 – 14:45 講義 6 断面積作成 (自己遮蔽計算等) 講義 (東北大/相澤先生)
- 15:00 – 16:30 講義 6 断面積作成 (自己遮蔽計算等) 演習 (東北大/相澤先生)
- 16:45 – 17:20 シェアリングタイム
- 17:20 – 17:30 閉校式

4. セミナー内容と筆者所感

【1日目】

開校式

辻本部長による開校の挨拶のあと、事務局よりセミナーの予定について連絡を行った。オンラインでの開催や受講にも慣れてきていることもあり、大きなトラブルも無く、スムーズに開始することができた。夏期セミナーにおいては、講師が受講者の理解度を確認したり、参加者間での交流が活発化するコトを目的として、可能な限り「カメラ ON」状態での参加をお願いした。職場等においてはセキュリティ上の問題から対応できない場合もあったが、多くの参加者に協力をいただき、皆さんの「顔が見える」セミナーとして実施出来たことは、運営側や講師だけでなく、参加者の皆さんにとっても一体感を感じることができたのではないだろうか。

講義 1&2 核計算の基礎 1 群拡散方程式 講義&演習 (阪大/竹田敏先生)

炉物理の基礎として、1群拡散理論の概要をまとめ、1群拡散理論を用いた問題を解くために必要な考え方が紹介された。そのコンセプトは、講師がテキストで述べているように「短い時間で1群拡散方程式をだいたい理解してある程度使いこなせる（簡単な問題を解けるようになる）」ことを目標とする」であり、演習も含めて非常に濃い内容のものであった。

まず、1群拡散方程式について、中性子バランス方程式として定義する。ここで最初の関門となるラプラス演算子について、その意味や考え方を丁寧に説明し、その後、境界条件や実効増倍率の導入、バックリングについての解説、最後に拡散方程式を解く際に用いる2階微分方程式の解法について説明があった。原子炉主任技術者試験で過去に出題された問題の解法解説もあり、炉物理初級者には非常に役にたつたのではないだろうか。特に、付録の拡散理論を用いた問題と回答例は、かなり詳細に解説されている。勉強のためのテキストとしても有用なので、ぜひ活用してもらいたいと思う。

特別講義「今、なぜ、炉物理なのか？ 2021」(福大/竹田敏一先生)

2003年、日本原子力学会誌に掲載された「今、なぜ、炉物理なのか？」という特集記事について振り返り、炉心管理、安全評価、臨界安全、加速器駆動未臨界炉、新型炉について、特集記事のサブテーマである「何がおもしろいのか？」について解説があった。その後、東電福島原発事故による原子力開発への大きな変化と、それを踏まえた今後必要となる研究テーマとして、マルチフィジックスや高速炉の安全性向上、SMR、不確かさ評価について

解説された。その中で、今後の原子力開発においては、リスクとベネフィットのバランスを見据えて、オープンな規制と対話が重要であるとの指摘があった。

講義の締めくくりとして、「安全性を向上するための研究が大切であり、数学、計算機、AI, 熱水力など何でも良いので、自分の得意分野を見つけてどんどん突き進んでいって欲しい！」と受講者にエールを送っていただいたのがとても印象的であった。

講義3 核計算の基礎：2群中性子拡散方程式の解析解（北大／千葉先生）

平板体系、2領域、エネルギー1群における中性子拡散方程式の解析解を導出し、それを2群に拡張する方法について、詳細に解説が行われた。最初に1群問題の復習から入り、エネルギー2群の燃料1領域問題における解析解を導出について説明された。次に、小型軽水炉を想定したエネルギー2群・2領域・平板体系について解析解を導出した。最後はかなり複雑な式となるが、反射体において2群中性子束がピークを持つ分布の図が見える様子も含めて、炉物理に携わるものとしては是非理解しておきたい内容が紹介された。

講義4 核計算の基礎：数値解析の基本（北大／千葉先生）

エネルギー2群、2領域を超えた複雑さを持つ問題については、数値的な解法が必要となる。過去の炉物理夏期セミナーにおいても、拡散方程式の数値解法に関しては数多くのテキストが作成されており、それを補完する意図で今回のテキストは作成された。

まず計算機で解くために必要な拡散方程式の離散化と、メッシュ平均中性子束のイメージについて説明し、その後、炉物理計算の中でも最初は理解しにくい「外部反復」と「内部反復」について分かりやすく解説が行われた。筆者としては、枠組みで囲まれた「ガチ解説」や、~~やたらに~~非常に詳細に書かれている脚注に講師の愛を感じずにいられなかった。

いずれの講義もそうであったが、講義する側も受講する側も、初学者にとっては難易度の高い内容であったと思う。そういった部分を察してか、講師は学生を中心に「特別ゲスト」を招聘して適度な緊張感を生み出しつつ、深夜ラジオ風の軽快なトークに、和やかな雰囲気醸し出していた。講師の巧みなトーク技術と参加者全員の集中力により、有意義な時間があっという間に流れていき、初日のセミナー講義は終了した。午前中の解析解に関する内容から、午後の数値解法の講義にいたるまで、受講者の頭の中は拡散方程式の話題で一杯になっていた（はずである）。

夕食休憩

通常の夏期セミナーなら、このあと夕食を兼ねた懇親会になだれ込んでいくわけだが、今回はZoomによるオンライン講義であったため、従来のように宴会モードに突入することは

難しい。そこで、休憩時間を1時間とり、各自で夕食を済ませてもらった。

懇親会

19時より、oVice と呼ばれるシステムを用いて、懇親会を実施した。この oVice とは、グループで集まって音声やビデオを使った「井戸端会議」ができる便利なシステムである。炉物理セミナーでの懇親会に使えるのでは無いか？と開催数ヶ月前から入念にテストを重ねて本番に臨んだ。懇親会の目玉企画(?)として、参加者全員の「炉物理クイズ大会」を実施したのだが、準備した問題数が多すぎたのと内容がやや(かなり?)マニアックだったこともあり、全ての問題を消化する前に時間切れとなってしまった。アンケートの結果から、楽しんでいただけた方も、それほど楽しめ無かった方も居たようだが、オンラインで一体感を感じる催しとしてはある程度成功したのでは無いかと考えている²。

若手交流会

20時から、若手交流会が oVice 上で行われたが、その様子については別稿での報告に任せる。若手交流会に参加しなかった(出来なかった?)オジサン達は、その後も炉物理談義を肴に熱く語って(愚痴って?)いたのだった…。

【2日目】

講義5 Google Colaboratory を用いた拡散計算コード演習

二日目の午前中は、遠藤先生による演習で始まった。炉物理解析の醍醐味はコードを自分で作って動かすことにある...というのは真理であると思うが、これを3時間という短い時間で「体感してもらう」のは至難の業である。筆者もその難易度の高さは十分に承知していたが、「遠藤先生ならきっと何とかしてくれるはず・・・」という無茶ぶり期待してお願いしたところ、見事にその期待に応えて頂いた。あのクオリティのテキストと演習マテリアル³を準備するのは相当に大変だったと想像するが、自習用としても非常に価値が高いので、セミナーを受講されていない方も演習マテリアルを是非ともご覧頂きたい。(そして、テキストを購入していただきたい←宣伝です)

²主催側の自己満足で大変恐縮だが、まあまあ盛り上がったのでは無いだろうか？いや、きっと盛り上がったに違いない・・・と一言で宜しくお願ひしたい。

³ <https://github.com/hyd3nekosuki/RPDSummerExercise/blob/main/RPDSummerExercise.ipynb>

具体的な内容は、前講義までで議論した内容の拡張版である、1次元平板体系における中性子エネルギー多群の拡散方程式ソルバーを「べき乗法」で Python を用いて実装するというものである。実装で必要となる断面積や数値計算アルゴリズムや、Python における実行時コンパイラ(JIT コンパイラ)である「Numba」を用いた高速化テクニックなど、初心者から上級者まで楽しめる(!?)内容であった。実習では、固有値計算ソルバーを実装する際、サンプルとして与えられているコードは適度に「虫食い」されており、それを埋めるには事前学習も含めてしっかりと学んでおく必要があった。これにより、学習効果は高かったとが、準備無しで受講した人にとってはついて行くのが難しかったかもしれない。途中の演習でも、いかに高速化するかに(反復計算の回数を減らすか)を受講者間で競い合ったりと、非常に楽しめる内容であった⁴。テキストには随伴問題の解き方まで含まれていて、まさに「感服」という内容であった。

記念写真 (スクリーンショット撮影)

昼食後、Zoom と oVice にて記念撮影を実施した。Zoom では 60 名超のメンバーが参加していて何度かに分けて、スクリーンキャプチャを行った。

また、oVice でも「炉物理部会夏期セミナー『バーチャル横断幕』」(下図)を各自のアバターアイコンで取り囲んだ状態でスクリーンショット撮影を行った。



第52回 炉物理夏期セミナー

2021年8月30日～8月31日 オンライン開催

炉物理部会
Reactor Physics Division

日本原子力学会
Atomic Energy Society of Japan

本来なら、本稿にてその様子を報告する予定であったが、撮影データを喪失⁵してしまった。大変申し訳ないが、活況だった様子をご想像いただけたら幸いである。なお、oVice を用いたコミュニケーションの様子については、若手研究会の報告にてあると思うのでそちらを参照されたい。

⁴ 中性子源加速などちゃちゃっと実装して(ちょっとだけ)本気を出してしまった筆者であった(大人げない…)。とはいえ、粗メッシュ加速法を時間の関係から実装できず残念…であった。(こうなると、もはや手段と目的と完全にはき違えている…)

⁵ 自宅 PC 上にてとあるソフトを用いてキャプチャ画像の管理をしていたが、何故かデータが見つからない。一定期間のデータが喪失していて、ディスク復元等で復活を試みたが、復活することは出来なかった。削除した覚えはないのだが…。

講義6 断面積作成 (自己遮蔽計算等) 講義&演習 (東北大/相澤先生)

これまでの講義では、拡散計算を行うための基礎データとして用いていた少数群核定数について考えるのが本講義のテーマである。そもそも、殆どの受講者にとって、少数群核定数を自分で計算するという機械は殆ど無いだろうし、あったとしても計算手法について深く学ぶ機会は殆どなかったのではないだろうか？ そこで、そもそも何故、少数群核定数が必要なのか？といった本質的なテーマに始まり、共鳴の取り扱い、エネルギー群縮約、非均質性の取り扱い、空間均質化など、定数計算コードに実装されている高度な内容までを非常に短い時間ながら、分かりやすく解説された。また演習パートでは、Excelを用いたエネルギー群縮約や、バックグラウンド断面積が中性子エネルギー分布に与える影響の計算など、普段はなかなか「体感」することが難しい炉物理計算のテーマについて考える機会を持つことができた。

実効断面積の作成という、極めて奥が深いテーマにも関わらず、演習も含めて3時間という「あり得ないぐらいに」コンパクトな講義にまとめていただいた。講師の相澤先生には大変なご苦勞をお掛けしてしまい大変恐縮であるが、テキスト最後の「講師よりのメッセージ」にあるように、先人の偉大な功績と遺産 (Legacy) への感謝と、そしてモンテカルロ計算への傾倒や炉物理計算のブラックボックス化に自戒の念を感じたのは筆者だけでは無かったのではないだろうか。

実効断面積に関するテーマはかなり難解であり、さらに演習が受講者の消化不良に繋がってしまったのではないかと、アンケート結果からうかがえる。セミナー設計において、欲張りすぎてしまったかもしれないと少し反省している。ただ、この講義が非常に良かったという声もあり、少し安堵した部分もあった。

シェアリングタイム

全ての講義が終わった段階で、Zoomのブレイクアウトルーム機能を用いて、数人毎のグループで学んだ内容や感想を共有する時間を設けた。なお、社会人と学生は混在せず、似通った属性同士でグループ分けを意識した。主催者側としては30分強の時間は長いのではないかと心配したが、蓋を開ければ「もっと時間が欲しかった」との声がたくさんあった。社外のメンバーと交流する機会も少ない状況だったこともあり、情報交換や愚痴のこぼし合い(?)に花が咲いたのかもしれない。また、生々しいところでは、学生間では就活についての話もあったとか…!? いずれにせよ、シェアリングタイムは運営側の当初期待を超えた盛り上がったのは間違いないようである。

閉校式

北田副部長からの閉校式の挨拶で、二日間のセミナーは幕を閉じた。

【所感】

2年越しにようやく実施出来た第52回炉物理夏期セミナー。

コロナ禍での開催を断念せざるを得なかった1年目は、非常に悔しい思いで一杯でした。あのときにオンライン開催を行うことも出来たかもしれませんが、まだそこまで、ハード面やソフト面での準備が整っていなかったのも事実です。しかし、その後の「秋の大会」と、「部会ミニセミナー」の実施を経て、オンラインでの開催についても可能性の一つとして考えるようになりました。

とはいえ、部会長やセミナー担当幹事としては、「部会員の交流の場をつくる」というミッションのためにも、対面での開催を目指して準備を進めてきました。

1年の猶予時間を得て、講師の先生方ともディスカッションを重ねて準備した2年目。「今度こそ会場での実を！」と考えて、三役ともギリギリまで相談を行いました。オンラインでの実施を決断せざるを得ませんでした⁶。その後は、講師の先生方のご協力も絵ながら準備を行い、最終的には、とても充実したオンラインセミナーとして実現することができました。

今回の夏期セミナーの開催にいたっては、オンライン開催ということもあり、講師の先生方を始め、学会事務局や部会関係者、会場関係者、スポンサー企業のご担当者、運営をサポートしてくれた弊社スタッフ、そして参加者の皆さん、たくさんの方にご協力頂きました。筆者の不手際等でご迷惑をお掛けする部分もありましたが、皆様のご理解とご協力を得て、無事に開催することができました。この場を借りてお詫びすると共に、本セミナー開催に関わって下さった全ての方に感謝申し上げます。有り難うございました。

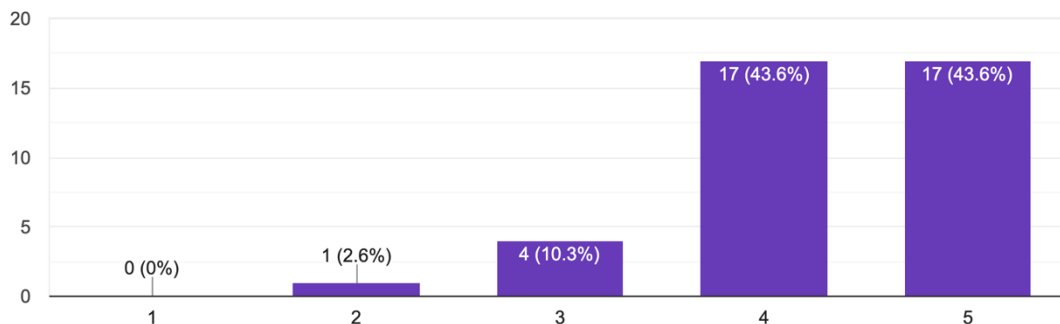
以上

⁶ 2度もキャンセルせざるを得なかった会場関係者には本当に申し訳なく思います。

付録：参加者からのアンケート結果（回答そのままを掲載）

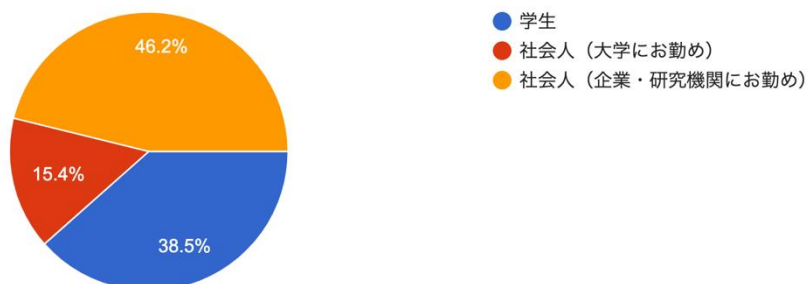
セミナー全体に関する満足度をお聞かせください。

39 件の回答



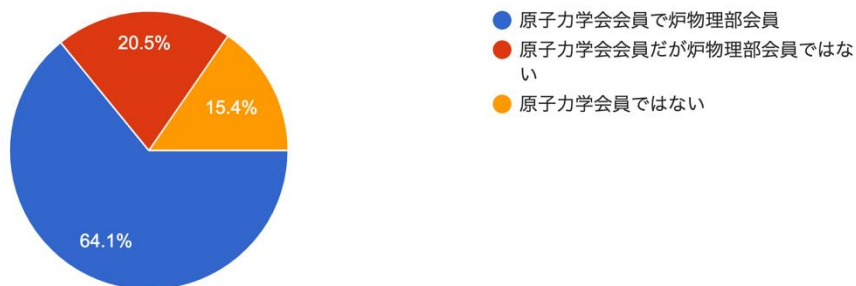
あなたについて教えてください。

39 件の回答



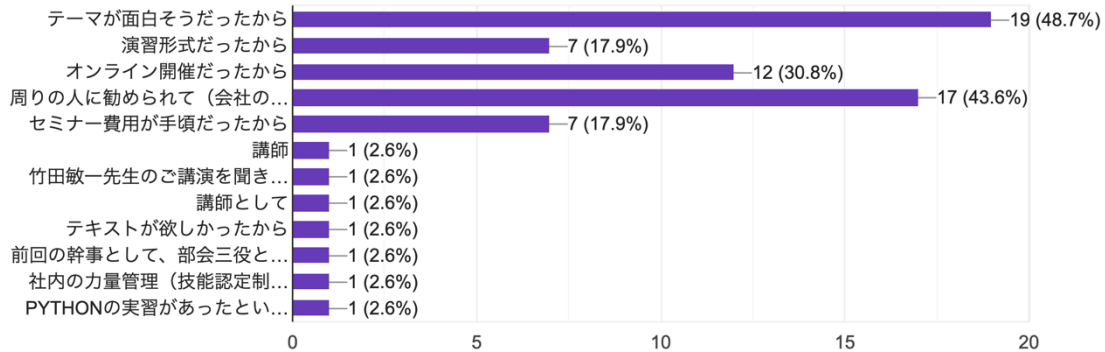
あなたは原子力学会会員、炉物理部会員ですか？

39 件の回答



今回のセミナーを受講するきっかけは？（該当するものは全て）

39 件の回答



講義でも最も役立った・面白かった内容は何ですか？

- ◇ Google Colaboratory を用いた拡散計算コード演習
- ◇ 各計算の基礎：数値解析の基本
- ◇ 拡散方程式の解析的解法と数値解析への適用について考えられたこと
- ◇ 初日、千葉先生の講義：初めて何うような新たな学びがあり有益であった
- ◇ 講義 1&2
- ◇ 多くの先生方から様々な講義を受けられる貴重な機会でした。
- ◇ Google Colaboratory を用いた拡散計算コード演習
- ◇ 特別講義「いま、何故、炉物理なのか？」
- ◇ 竹田先生のご講演、遠藤先生の講義
- ◇ コンピュータを用いた演習
- ◇ python を使ったプログラム作成が役に立った
- ◇ 外部中性子源がデルタ関数である場合の拡散計算の取り扱い法が勉強になった。
- ◇ 役立った→講義 1&2(竹田先生) 面白かった→講義 3&4(千葉先生)
- ◇ 核計算の基礎 1 群拡散方程式
- ◇ google colab による python 演習
- ◇ 数値解析の基本
- ◇ 遠藤先生の Google labo を用いた Python 演習。
- ◇ Google Collaboratory を利用されて効率が高いです。講義内容を理解やすくなりました。講義が面白くなった。
- ◇ 拡散方程式の基本的な解法

- ◇ 編集委員の時、共鳴の取り扱いの論文に真剣に対応したことがあり、理論式の添え字もすべて確認したことがあるのですが、今日 Excel を扱ってみて、「論文読むだけではダメ」「数値を触らないとわからない」とおもいました
- ◇ Python 演習
- ◇ コンピュータを用いた演習 (名大/遠藤先生)
- ◇ 断面積作成 (自己遮蔽計算等) この範囲は難しく独学などでは理解しにくい内容であったため講義により理解を進めることができた
- ◇ 「コンピュータを用いた演習」
- ◇ 核計算の基礎は、過去の記憶が呼び起され、拡散方程式の解き方を思い出せた。
- ◇ python を使用した演習
- ◇ 「各計算の基礎 1群拡散方程式 演習」
- ◇ Google colabate による実習
- ◇ 一群拡散方程式を用いた演習が役に立った
- ◇ 拡散計算演習(遠藤先生)
- ◇ プログラミング演習

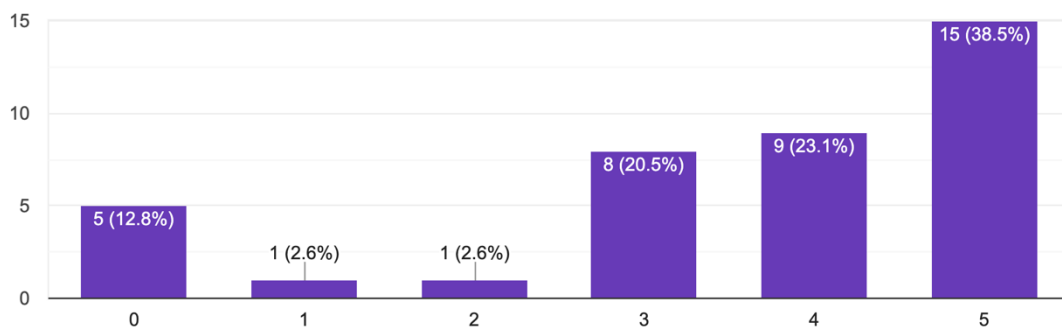
講義で最も難しかった・つまらなかった内容は何ですか？

- ◇ 少数群核定数作成の基礎
- ◇ 特になし
- ◇ 断面積作成
- ◇ 少数群核定数の基礎については、もっと手を動かしながらお話を聞けば操作がわかりやすかったと思う
- ◇ 2日目、遠藤の講義:演習内容が駆け足であり、やや消化不良であった
- ◇ 講義 6
- ◇ 「少数群核定数作成の基礎」初学者の自分には難易度が高かったため、改めて復習に取り組むつもりです。
- ◇ 少数群各定数作成の基礎
- ◇ 断面積の群縮約について演習が難しかった
- ◇ 難しかった→講義 6(相澤先生)(少し無音の時間が長くて残念だった。)
- ◇ 核定数作成に関する講義(大変興味深かったが、最後の方はついていけなかった)
- ◇ Google Colaboratory を用いた拡散計算コード演習
- ◇ すべて面白いと感じました。
- ◇ 難しいところは自分が Python コーディングルールに詳しくない
- ◇ 数値計算の手法等、込み入った話題
- ◇ あてられるかもしれない、と思うと油汗がでました。全般。

- ◇ 断面積作成 (自己遮蔽計算等) (東北大／相澤先生)
- ◇ 「断面積作成」講義
- ◇ 断面積作成は難しかった。つまらない内容はなかったが、予備知識のない分野(内容)は理解が深まらないことで、関心を持てるポイントを見つけられなかった。
- ◇ 断面積について
- ◇ 「小数群核定数作成の基礎」
- ◇ 特になし。
- ◇ 断面積に関する講義・演習が難しかった
- ◇ 共鳴計算
- ◇ どれをとってもつまらないというものはない。それぞれが重要な課題に取り組んでいたし私個人にとって役に立つ内容であった。
- ◇ データの縮約演習が難しかったですが、初めて詳しく演習を行う良い機会でした。
- ◇ 相澤先生の講義と演習がとても難しかったです。

シェアリングタイムは役に立ちましたか？ (不参加の場合: 0, つまらなかった:1)

39 件の回答



シェアリングタイムの感想・ご意見をお聞かせください。

- ◇ 各々の取り組んでいる研究内容について意見交換を行ったほか、これからの炉物理および原子力業界の展望について語り合いを行い、有意義な時間であったと感じた。
- ◇ 直接話す機会の少ない中、個人との対話ができる貴重な機会が得られてよかった
- ◇ 門外漢でしたが、炉物理の状況を少し聞けて良かったです。技術継承の話が面白かったです。
- ◇ 他大学の研究室と交流ができたのが良かった。
- ◇ 感想を人と共有したことで、より自分の考えを深めることができた。

- ◇ 講義を振り返った感想や自身の研究への取り組み方などを共有しました。解散前に進行役の割り振りと役割説明などあれば短い時間でよりスムーズにディスカッションが進められるかと思いました。
- ◇ 短かった
- ◇ 事前に最低限互いに話す項目が決められていたら良かったなと思いました。その後は、その場のノリで話すみたい。
- ◇ もっと長くてもよかったです。
- ◇ 遠藤先生の Google Colaboratory を用いた講義が好評であった。研究内容やプログラミング言語をどう決めたかといった夏季セミナーと直接関係のない話題も上がり、有意義であった。
- ◇ オンライン開催の弊害で新しい人とコミュニケーションがとれなかったが、シェアリングタイムのおかげで少しコミュニケーションがとれて、また他の人の意見、講義への感じ方を知ることができてとても良い時間であった。また、自分自身が講義を振り返って頭を整理するよい機会となった。
- ◇ 他の参加者がセミナーの内容をどのように理解したかは参考になったが、個別グループでの対話形式とする必要はあまり感じなかった
- ◇ 音声が届きにくかった方がいたため、チャットでのやり取りとなり、少し物足りなかった
- ◇ 最初は oVice のような形式でもいいのでは？と思いました。普段話さない方と話せて良かったです。
- ◇ 非常に有意義な時間であったと感じている。今回の講義について振り返ることができただけでなく、所属の違うメンバー間での情報交換を活発に行うことができ、参考になった。
- ◇ Sharing time にて学生さんたちはお互いにやりとりして、いいと思います。
- ◇ 同業他社の方と意見交換できる機会は少ないため、大変良かったが、できれば対面でできた方が好ましいと感じた
- ◇ お年寄りで愚痴をこぼしあっていました。
- ◇ 各企業の方々と意見交換でき、セミナー全体を振り返る良い機会であったと思う。
- ◇ 他者の方が注目したポイントがそれぞれ異なっていて、自分の感性と違い非常に興味深いものだった
- ◇ 他大学の学生と交流できよかった
- ◇ 社外の方々と意見交換が出来る貴重な時間でした。
- ◇ 意見交換ができてよかった。盛り上がり始めるまでに時間がかかったので、もう少し長く時間設定しても良いかと思った。
- ◇ 同じ学問を学ぶ者同士で交流ができ、とても有意義だった。
- ◇ 生々しい会話ができて満足です
- ◇ 小人数なので議論しやすいが、もう少し参加人数が多いほうがよかったのではと感じる。
- ◇ 特に無し

- ◇ ある程度の年齢と社会人等適切な分類で分けられていたので気兼ねなく話せてのが意見交換としてよかった。
- ◇ 他大学の学生さんと意見交換できたのは良かったです。
- ◇ このご時世で他大の学生と関わる機会がほとんどないので、色々な話ができ楽しかったです。

セミナー内容に関して気づいた点、改善が必要な点があればお聞かせください。

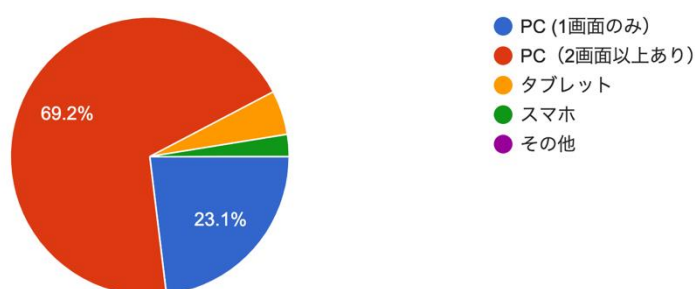
- ◇ 全体を通して非常に内容の濃い講義であり満足している。改善点としては、所々進行スピードが速く理解が追い付かないと見受けられるときがあったので時間的制約が厳しいと感じた次第である。
- ◇ 原則カメラ on の指示はよかったと思う。受講生側からしても他の受講生の姿勢態度が見られたことは励みになった。OVICE の利用も画期的で楽しかった。もっと個人交流の時間が取れるとなおよかったが、スケジュールのない中仕方ないとも思う。
- ◇ 2日目の午前・午後ともに演習が含まれ集中力が切れてしまったので、午前・午後のどちらかは座学ベースの講義内容のほうが受講生の負担が少ないかと感じた
- ◇ 分野の方々が、強い教育や技術継承の意識をもって本セミナーが開催された事に大変関心致しました。技術継承の観点から、炉物理における教育資源やセミナーの開催は非常に貴重に思いました。今後も続けていける様に願っております。
- ◇ セミナーテキストの PDF 版の配布があると良かった。(iPad でノートテイクを主にするため。)
- ◇ 良かったと思います。幹事さん、講師の皆さん、ありがとうございました。
- ◇ 講義では事前に配布された冊子の内容とは異なり、講師の方が別途用意されたパワポで説明されていました。それはそれで分かりやすかったのですが、そのパワポが配布されていないので、スライドのメモ取りに追われてしまいました。可能であれば、事前配布の冊子は講義で映すパワポも載せてもらえると、メモも取りやすくて助かります。あと、やはりパワポのほうが図やグラフが多くて、文字だけの表現より分かりやすかったです。
- ◇ クイズが大変楽しかったと思います(oVice も大変良かったと思います)。
- ◇ 開始時間がもう少し遅いとありがたかった。(特に初日)
- ◇ 炉物理に関しては素人なので、基礎的な内容については何とか理解できたが、2群の拡散方程式や核定数については、導入部分の簡単なサンプル問題を中心に、もう少し基礎を丁寧に教えてもらいたかったです(炉物理の専門家が集まることを前提としたセミナーだと思うので、ある程度限界はあると思いますが)。
- ◇ oVoice での懇親会は、カメラ機能が使いにくいように思いました。
- ◇ 学生さんに質問しながら進められていたので、緊張感を持った講義・演習になったのではないかと思います。

- ◇ 講師の先生方が演習を盛り込んでくださり、アウトプット型の講義になったことは非常に良かった。
- ◇ 懇親会の Quiz 時間が面白いと思うから、今後もこんな形の活動に参加したい
- ◇ 一部仲良しグループが内輪ネタで盛り上がる場面が多々あり、勉強しに参加した身としてはなんとも言えない気持ちになった。
- ◇ 全く満足していない理由はたんに自身の予習不足によるものです。はい。
- ◇ オンライン研修であり、ブラウザ上での演習形式が手軽で実施しやすいと感じた
- ◇ 演習の時間が短く理解が追いつかないことがあった
- ◇ 特になし。
- ◇ 3日にしてほしいです。特に相澤先生の授業は1日かけて授業をして欲しいです。
- ◇ セミナーテキスト、演習用プログラムともに極めて教育的価値(技術伝承価値)の高いものだと思います。関係者の皆様にあらためて御礼申し上げます。
- ◇ オンラインでも十分に学習でき、有意義なセミナーであると感じた。
- ◇ タイトルが、「小型軽水炉における核計算の基礎」とあるが、どの講義も小型軽水炉に言及することはなかった。私としては、「小型軽水炉」というのに引かれたところがあったが。
- ◇ 遠藤先生の講義のように、講義を聴きながらプログラミング演習をできたのはとても良かったです。

オンライン開催について

Zoomに参加したデバイスは？

39件の回答



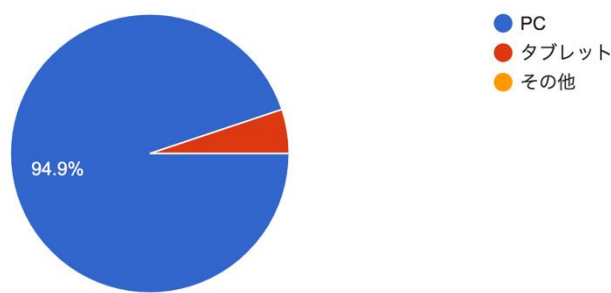
Zoomによる参加で問題はありましたか？(無ければ空欄、あれば具体的に状況をお書き下さい)

- ◇ 数度、回線が途切れた。

- ◇ 自宅から参加したのですが1度だけ切断してしまいました。接続を確認しすぐに再接続することができました。
- ◇ 家庭からつないだので、子供がうるさかったです
- ◇ 社内セキュリティの問題
- ◇ 社内のセキュリティ上、プログラミング演習で計算実行はできなかった。
- ◇ 今回の夏季セミナーはPCのモニターを2画面用意するために家ではなく大学で参加したのですが、学内Wifiの接続が遅く、画面が止まってしまうことがありました。

oVice に参加したデバイスは？

39件の回答

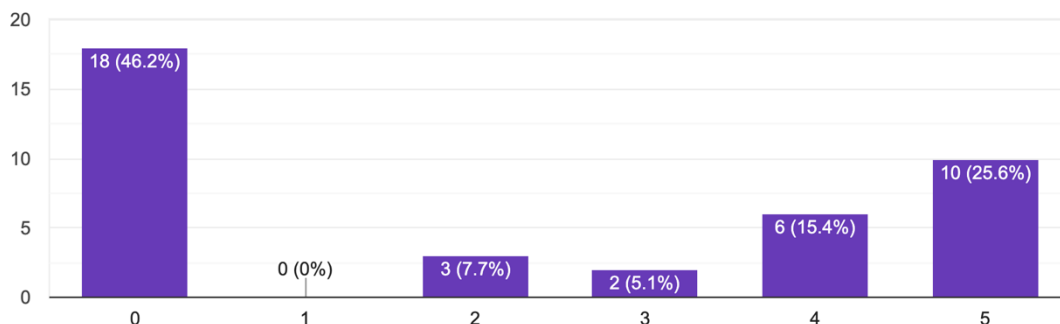


oVice による参加で問題はありましたか？(無ければ空欄、あれば具体的に状況をお書き下さい)

- ◇ アカウント登録が上手くできず、ログインのたびに情報を再度入力しておりました
- ◇ 面白味なし
- ◇ 回線が途切れた。
- ◇ 事前に社内の利用申請が必要であったが、問題なかった。
- ◇ 組織のネットワークの制約のせい、個別チャット以外はほとんど動画も音声も繋がりませんでした。
- ◇ 社内セキュリティの問題
- ◇ 登録の問題なのかログオンできなかった。

懇親会は楽しみ顶けましたか？ (不参加の場合: 0, つまらなかった:1)

39 件の回答



オンライン開催(懇親会も含む)に対する感想をお聞かせ下さい。

- ◇ 問題は半分でよかったですよ、お疲れ様
- ◇ クイズはマニアックすぎた。
- ◇ 良かったです
- ◇ 1日目の終了時刻が遅めだったので2日目が大変だった。
- ◇ オンライン開催であっても、うまくセミナーを行えていたと思いました。
- ◇ コスト面で助かったと思う。一方で、立ち話や食事など個人同士の交流機会が少なかったことは残念ではあった。
- ◇ 会場までの往復の時間がないことから、遠隔地からは参加しやすかった。
- ◇ 活発な意見交換が行われており良かったと感じる。
- ◇ 使うアプリなど試行錯誤されていたのがよく伝わりました。
- ◇ オンライン開催のため、インターネット環境が整備されており、自分がプログラミング演習で実際に手を動かすことができ、良かった。
- ◇ 懇親会のクイズ大会の時に炉物理に関する色々な小話が聞けてとても面白かったです！
- ◇ googlecolaboratory は優秀な機能であると感心した。一方、講義については全員の進行状況を把握しづらいことからやはりリアルで行う方がよいと感じた。
- ◇ 手計算やプログラミングなどオンラインでも可能(むしろオンラインの方がやりやすい)内容が盛りだくさんで、講義に関してはオンラインでも十分に高い質のものを受けることができたので、今後またオンライン開催となった場合は、ぜひ同様にオンラインの強みを生かした内容を発展させていってほしいと感じた。 また、oVice は非常に面白いツールであったが、今回初めての利用ということと、あまり時間がなかったという点で十分にコミュニケーションをとるという点で改善していけたらよいと感じた。例えば、oVice は全員が集まっているんだけど、個々にミーティングを開いてグループを作って何かグループワークしたりチーム

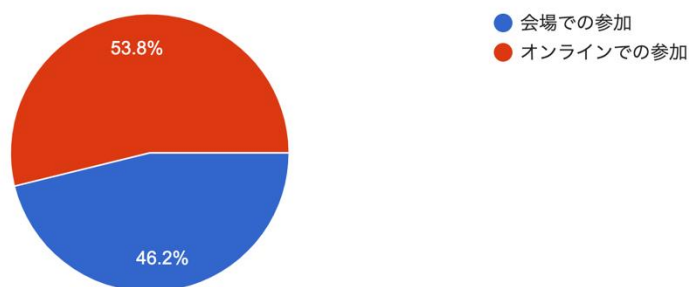
戦でゲームしたり、といった利用が向いていると感じた(グループを作ったほうが知らない人ともコミュニケーションをとりやすい)。若手研究会でも、今回は発表形式であったが、oViceを上手く使えばグループワーク的な内容でも十分にできると感じた。あとは、できるだけカメラをONにして交流する雰囲気をつくりたいが、なかなか貢献できなかったのは申し訳なかった。

- ◇ 仕事の都合で懇親会には出席できなかったが、オンライン開催で特に問題ない。もう少し全体で議論する時間があつた方がよい。時間にゆとりがあつた方がよいかも。演習は少なめ(1~2問程度)にした方がよりよく理解できると思います。
- ◇ 講師(遠藤)の立場からすると、学外出張行く手間が無いいため参加しやすかったです
- ◇ オンラインでも聴講に支障なく、むしろチャット等で質問しやすい雰囲気であつたように感じた。逆に懇親会への参加はハードルが高く参加しなかった。
- ◇ 対面によりオンライン形も役立つと思う
- ◇ 懇親会も大変楽しかったです。
- ◇ 懇親会の中では、炉物理クイズだけではなく他企業の方と会話する時間を頂きたかった。
- ◇ 移動が不要で、気軽に参加できるところがいい。しかし、参加者間のコミュニケーションは活性化しにくい。
- ◇ 業務都合に合わせて参加できる点や、移動時間が不要な点は大きなメリットかと思えます。
- ◇ ZoomだけでなくoViceやSlackといったツールを駆使してオンライン開催がよい内容になるように工夫されていると感じました。
- ◇ 参加費用が安かつたので、参加しやすかつたです。今後も可能であれば、オンラインも併用してもらえると助かります。でも、個人的には行けるなら実際に行つて交流したり、飲んだりしたいです！
- ◇ 解決できない問題だが、対面とは違いどうしても他者との交流が希薄になってしまう点が気になつた。しかし、コミュニケーションがとりやすいようにブレイクアウトセッションやoviceというzoomよりコミュニケーションの取りやすいツールの利用等、工夫が凝らされていた点が良いと感じた。
- ◇ 部屋が分かれており、リアリティがあつた。
- ◇ オンラインならではの楽しみ方があると思うので、コロナが落ち着いてもやっても良いのではないかと思ひました。
- ◇ 運営の配慮と面着とは違ふ難しさを感じました。

今後の夏期セミナー開催について

次回セミナーは、会場開催かオンラインかのどちらか一択ならば、どちらを希望しますか？

39件の回答



上記の理由について何かあればお願いします。

- ◇ 直接の交流ができる方が楽しい
- ◇ 会場一択ですが、、でも note pc を使う機会があるほうがいいですね。
- ◇ どちらでも良いがどちらかというとなんかオンライン。移動時間がない、他の業務と両立させやすい。
- ◇ 多くの人との滑らかな会話がしやすい
- ◇ 移動に時間がかからない
- ◇ 移動が不要であるのでスケジュールの調整が容易であるので。
- ◇ 気軽に参加できるから
- ◇ ネット環境、PC があることで演習の一部をスムーズに行えたから。
- ◇ 利用側として、oVice や Zoom の利用をもっと工夫することで、リモート開催のデメリットを更に軽減できると思った。
- ◇ 開催地が遠方の場合、学生に参加を勧めにくいこと
- ◇ 来年は就職しているため、参加するとしたらオンラインの方がしやすいと思います。
- ◇ 都合が付きやすいので、オンラインでは何かと不便ですが、やりようによっては十分カバーできる可能性があると感じました。
- ◇ やはり現場でスムーズな意見交換が大事だと思います。
- ◇ 相手に会って話したいこともあり、特に炉物理夏期セミナーは本音でじっくり話すのにいい機会であるため。
- ◇ 参加者同士の交流がより活発となることが予想されるため
- ◇ 対面の方が気軽に話ができると思うので。
- ◇ 参加者・講師との交流がしやすい
- ◇ リアルで行う方がその場で意見交換しやすく講義の理解が進みやすいと考えている。

- ◇ 旅費などが不要なため社内で参加希望しやすいため。
- ◇ まだコロナの問題がくすぶる可能性がありそうだから。
- ◇ 新型コロナウイルス状況の季節変動性を考慮すると、来年度も同様の状況が訪れるだろうと予期されたため。
- ◇ 炉物理に関する業務に普段は関係しておらず、知識の幅広げのため参加したため、オンラインでなければ、出張してまで参加することはしづらい
- ◇ わからないことについての質問、交流などがしやすいから
- ◇ やはり直接コミュニケーションがとれる方がよいと思った。事務局の方は大変とは思いますが、会場でやりながらオンラインで中継とかもやり方としてはあるのかもしれない
- ◇ コロナが1年で解決すると思わないため
- ◇ 遠方での開催でも手軽に参加できるため
- ◇ オンラインであれば業務調整しやすく、参加可能であるため。
- ◇ 業務都合に合わせて参加できる点や、移動時間が不要な点は大きなメリットかと思えます。
- ◇ 参加する時間・場所に制約がなく業務の合間を利用できるので、参加しやすい。
- ◇ 仕事から完全に離れて、講義と飲み会に没頭したい。
- ◇ オンラインだとどうしても受け身になってしまいがちなので
- ◇ 参加に対するハードルの差異

次回のテーマとして希望する内容があれば教えてください。

- ◇ 炉物理実験技術
- ◇ Multi-physics ただし、それを深掘しないとだめですね
- ◇ 過去と同じ内容を数年おきに繰り返すのも良いと思います。
- ◇ 最近の研究やトレンドをピックアップして欲しい
- ◇ 原子炉主任者の問題を中心にしてほしいです
- ◇ Google Colabatory のようなオンラインツールを活用した計算演習
- ◇ 炉心安全、反応度フィードバック、燃料デブリや再処理施設での臨界管理など
- ◇ 原子炉設計
- ◇ 原子炉雑音解析
- ◇ 核データ(理論・基礎知識の初歩的などところから核データファイルの最新知見までとことん学ぶ)
- ◇ 今後は環境問題も絡んで政府の方針は20%程度原子力というのが、中身はない。安全で社会に有益な新たな原子力概念を提供できるよう炉物理、流体、材料、機械分野を含めたマルチフィジックス的な議論に取り組んではどうか。文科省公募などでもマルチフィジックスは一つの柱となっている。ミクロからマクロの視点でもよい。

- ◇ 令和3年度原子力システム研究開発事業として「革新型原子炉開発のための核データ整備基盤の構築」が採択されているので、上記研究に研究に携わっておられる先生方を講師にお招きし、関連する研究内容についてご講演頂くと、学生・若手研究者にとって関心ある内容になるのでは？
- ◇ 今回の内容は、炉物理の解析コードの開発のようなところにフォーカスされているように感じたが、実際の炉心設計がどのようなモデルで行われているのか、といった内容も含めてもらえれば良いと思う
- ◇ 炉物理発展まとめ
- ◇ 炉心設計
- ◇ 原子炉の挙動(通常時、異常な過渡変化時)と紐づけた炉物理
- ◇ マルチフィジックス
- ◇ 別の部会とのコラボ。炉物理の輪を拡げたい。
- ◇ テクニカルなコーディングのコツなど
- ◇ 将来炉(高速炉、ガス炉等)

皆様、ご協力ありがとうございました！

以上

第52回炉物理夏期セミナー開催報告
(2) 講師の立場から

炉物理夏期セミナーの振り返り

名古屋大学 遠藤 知弘

炉物理部会 HP に纏められた <https://rpg.jaea.go.jp/else/rpd/seminar/index.html> に整理された情報に基づくと、遠藤が炉物理夏期セミナーの講師を務めたのも、2014 年度から数えて今回で 4 回目である。過去メールを紐解いて振り返ると、2019 年 12 月頃に本夏期セミナー講師について依頼のご依頼を承ったようである。その当時は『2018 年度の「Python を利用した核計算 (1) 決定論的手法」の講義内容にて、Python を利用した拡散計算コード作成については概ね説明したつもりで、率直に言って二番煎じになりそうだと大変悩ましく、なかなか筆が進まない生みの苦しみを感じた。今にして振り返ると、少しでも新規性を出そうと『受講生が Python 計算環境を各自 PC に構築する必要のない形で講義・演習をできるように、Google Colaboratory に活用することができないか?』との着想に至った点が、今年度の夏期セミナー講義・演習を構築するにあたっての糸口となったかと思う。

演習資料の作成には、相応の時間・労力を要した。2020 年 3 月ごろからプロトタイプ版を試作し始めたが、3 時間という限られた講義・演習時間内で決定論的計算コードを 1 から全て自作できるよう指導/教育する資料を作成するのは極めてハードルが高かった。プロトタイプ版では、「私のほうで事前に作成した多群拡散/S_N 輸送計算プログラムを活用してもらって、①手計算で解ける解析解との比較による Verification、②Godiva 体系を対象とした Validation、③KUCA-C 架台を対象とした無限反射体厚さや臨界寸法のサーベイしてもらおう」といった演習内容を構築してみた。残念ながら、受講生の手で試行錯誤できる余地が少なく (Google Colaboratory 上でほとんど記述済みの Python プログラムを単に実行するだけ)、正直言って面白味の無い演習資料に仕上がってしまい、あまり受けが良くなかったと記憶している。

その後、COVID-19 状況も続き、研究室内における Python プログラムの指導法の一つとして、Google Colaboratory を活用したチョイプロ作成を積極的に使うようになったこともあり、不幸中の幸いとして、Google Colaboratory 上での Python プログラミング技術 (例: Numba/JIT の有効活用) も日々磨くことができた。以上のような経験を踏まえて、2021 年 3 月頃に再度講師依頼を受けたのを機として、もう一度、新鮮な気持ちで演習資料を作り直すこととした。プロトタイプ版の反省を踏まえ、「①決定論的拡散計算コード内で使用する部品 (関数) のみを事前に作成しておき、②受講生のほうでそれを組み合わせて多群拡散計算コードを自作してもらい、③種々の検討 (無限反射体厚さや臨界寸法のサーベイ、二分割炉心の解析、随伴計算を利用した摂動論による反応度値計算) に取り組んでもらおう」といった内容に作り変えてみた。また、いきなり高度なプログラムに着手してもらう前に、繰り返し処理に関する簡単な例題 (未臨界増倍による子孫中性子の総和計算) や、無限均質体系におけるべき乗法の実装例も盛り込むことで、受講生の理解を促せるよう極力配慮した。なお、本演習資料の改訂にあたっては事前に研究室学生・OB にも一通り内容を見ていただき、特に、貴重なご助言を下さった NEL 辻田 浩介さんには深くお礼を申し上げたい。

また、これまでの遠隔講義経験を通じて、①オンデマンド型で各学生に指導すべき内容と、②参加者全員の時間を共有するリアルタイムの遠隔講義で指導すべき内容(講師-受講生の質疑応答、あるいは受講生間のコミュニケーションが重要となる講義内容)を分けるべきだと、の考えにも至った。例えば、理解度に差がある大多数の受講生を対象とした講義演習を考えた場合、①双方向形式で実施する際には、取り組む演習内容は本質を突いた単純な内容のみに絞る、②時間をじっくりかけて各自に試行錯誤させたい内容はオンデマンド型の課題とする、といった形でメリハリをつけることが肝要だ、と個人的に感じている。そこで、夏期セミナー開催日の2週間前(2021/8/17)に「第52回炉物理夏期セミナーGoogle Colab 演習に向けた準備」という形で、受講生の方々に宿題を出すこととした。この宿題を通じて、当日の演習を円滑に進めることができるよう、「演習1: 演習1 べき乗法による k_{eff} 固有値計算ソルバーの作成」までについては、オンデマンド型の課題として各受講生が事前に取り組むことを期待していた。

以上のような準備を踏まえて夏期セミナー当日を迎え、事務局を務めて下さった NEL 巽さんらのご尽力もあり、大きなトラブルもなく当日講義を終えることができた。講師としてはやり切った思いもあるが、当日の反省点としては以下の点が挙げられる。

- ✓ 参加した社会人の方の場合、所属機関内のアクセス制限などもあり、Google drive や Google Colaboratory を利用できないケースもあり、必ずしも全受講生にとってフレンドリーな演習とはならなかった。
- ✓ 演習資料を全て日本語で作成しており、外国人留学生に対する配慮が十分ではなかった。
 - DeepLなどを活用することで、日本語⇄他言語への翻訳も随分容易となっているので、最初から英語で作成しておけば良かったかもしれない。
- ✓ 予習無しで参加した受講生(演習資料 RPDSummerExercise.ipynb や夏期セミナーテキスト内容を事前にチェックしていない学生)にとっては、当日の演習内容に対する解説が不足しており、難易度が高かった。
- ✓ 当日の演習内容については、やはり内容を盛り込み過ぎており、また講義後半に差し掛かるにつれて私自身の説明疲れも現れ始め、やや消化不良となった。

以上で挙げた反省点は今後の糧にするとして、Google Colaboratory そのものに関する紹介・有用性については、十分アピールできたのではないかと講師としては感じている。

別の話題となるが、2021年度は大学院生実験・上級コースの講義として、北大・東海大・京大の学生を対象とした zoom 形式の講義を実施し、その講義内において、「Google Colaboratory を用いて炉雑音解析処理プログラムの作成演習」を zoom により実施する経験も積むことができた。上記講義を通じて、炉物理実験でも極めてマニアックな内容となる Feynman- α 法による炉雑音解析を、上級コース実験に参加した院生が自ら実施できるよう指導できた点(また C 先生が楽しそうに Feynman- α 法解析に取り組んでおられる姿を拝見できた点)は、炉雑音解析に約 20 年近く取り組んできた私にとって、大変嬉しくやりがいのあった取り組みであった。

願わくは、本夏期セミナーを通じて知った内容を頭の片隅に留めてくださり、何かの機会を得られた知識を有効活用して下さると、講師としては幸甚である。

炉物理夏期セミナーの振り返り

北海道大学 千葉 豪

演習を織り交ぜたセミナーとする、という大方針の下、竹田先生は拡散方程式の解析解導出の演習、遠藤先生は拡散方程式のプログラミングの演習、相澤先生は断面積の空間均質化・群縮約の演習ということで、各講師がそれぞれの構想に基づいて準備を進められている中で、私は「演習ばかりでは受講者も疲れるだろうから、自分のパートは、まあ、あまり受講者が疲れるようなこともない、あっさりしたものにしてしまおうかな」という結論に至り、演習を織り交ぜない説明資料を粛々と準備した。セミナーには職場から繋げる予定だったので、当日、職場に向かいながらいろいろ考えていたところ、「ゲストを招聘したラジオ形式にしよう！」というアイデアが浮かび、職場に着いてすぐにゲスト候補にメールで「特別ゲスト出演」のお願いをし、それぞれからご快諾の連絡をいただき、当日のセミナー講演を「ラジオ形式」で粛々と終えた、というのが、今回のセミナーの振り返りである。こうして 2 か月前に行われたイベントを振り返ると、自分自身、あまりよく覚えていないので、受講者もきっと殆どよく覚えていないことであろう。「他の講演が素晴らしかったので自分の講演は記憶に残らなかった」ということで、私の振り返りは記録にも残すようなものではないと言えるかもしれない。ただ、「炉物理夏期セミナー」には、私自身、いろいろな思い出があるので、以降ではその「振り返り」を行ってみたい。ここからは脱線モードなので、時間の無駄と思われる方はここで閲覧を終えて欲しい。

私が初めて参加した夏期セミナーは、福井県芦原温泉「政竜閣」で実施されたものである。なぜ開催場所までしっかり覚えているかというと、このセミナーでいただいた「爪切り」が、それ以来、我が家の「エース」の爪切りだからである（ここまで書いて、もしかして施設の備品を拝借してしまっていたのでは、という疑念が湧いてきたが、若い時分の自分を信じるということで、とりあえずこのままにしておく）。実はこのセミナー自体の思い出はそれほどないのであるが、セミナー終了後、会場から最寄りの駅に移動するバス車中で竹田敏一先生の隣に座らせていただいたことを強烈に覚えている。当時、私にとって竹田先生は「神様と人間の間」のような方だった（勿論、人間寄りですが）ので、大変緊張はしたものの、角度依存の群全断面積の話を決して振ってみたことを覚えている。

夏期セミナーと言えば「テキスト」も外せないであろう。札幌の定山溪で行われた「炉物理の苦労話」のテキストは、炉物理部会報の「私の Eureka!」と並ぶ、「日本炉物理界の出版部門の双璧」と言えよう。また、アソシアリゾートの「基礎から学ぶ炉心解析」も大変素晴らしいテキストであるし、最近では「炉物理ルネッサンス」を読んだりもしている。

私がこの業界に入った 20 年前は、セミナーテキストも、部会報も、原子力学会の年会も、自分の仕事も、全てが本当に面白くて、日々を夢中になって過ごしたものである（土日は月曜日が待ち遠しかった）。そんなことを思い出した夏休みであった。

炉物理夏期セミナーの振り返り～1 群拡散計算～

大阪大学大学院工学研究科 竹田 敏

1. はじめに

炉物理夏期セミナーでは1群拡散計算の演習を実施した。大学1年生でも解けるように意識をして説明を行ったが、微分方程式や極限を用いた解法を理解するためには、学生がある程度数学に慣れている必要があると感じた。また、解法の説明において、極限が不定形となる項に対して、どのような説明が理解しやすいか悩んだ場面があった。その場では“ロピタルの定理を使えばよい”と説明したが、あまり理解できなかった参加者も多かったと思う。そこで、セミナーで用いた問題の紹介も兼ねて、説明の不足していた不定形となる極限について解法を補足する。

2. 不定形となる極限が得られる問題

問題は以下のとおりである。

単位時間あたり S 個の中性子を放出し、体積を無視できる点中性子源を原点に配置した。

原点からの距離を r 、拡散係数を D 、拡散距離を L とする。

- (1) 中性子束 ϕ が従う拡散方程式を示し、 $\phi=w/r$ を代入して整理せよ。
- (2) (1)で示した拡散方程式が満たすべき(境界)条件を示せ。
- (3) $r > 0$ での中性子束分布 ϕ を求めよ。

(1)については、以下の拡散方程式に対し、 $\phi=w/r$ を代入すればよい。

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) = \frac{1}{L^2} \phi$$

整理すると以下が得られる。

$$\frac{d^2 w}{dr^2} = \frac{1}{L^2} w$$

(2)については、以下が条件となる。

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} \phi(r) = 0, \lim_{r \rightarrow +0} \left(4\pi r^2 \left(-D \frac{d\phi}{dr} \right) \right) = S$$

(3)について、 w の一般解に $w=r\phi$ を代入することで以下が得られる。

$$\phi(r) = C_1 \exp\left(\frac{1}{L}r\right)/r + C_2 \exp\left(-\frac{1}{L}r\right)/r$$

次に、(2)で求めた条件を用いることで定数 C_1 、 C_2 が求まるが、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} \phi(r)$ に含まれる

$\lim_{r \rightarrow +\infty} \exp\left(\frac{1}{L}r\right)/r$ が不定形となる。

3. $\lim_{r \rightarrow +\infty} \exp(Ar)/r$ ($A > 0$)の求め方

$\lim_{r \rightarrow +\infty} \exp(Ar)/r$ ($A > 0$)については、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} \exp(Ar) \rightarrow +\infty$ 、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} r \rightarrow +\infty$ となるため、不定形となる。解法は複数があるが、まずはセミナーで言及したロピタルの定理について説明する。

ロピタルの定理は、不定形となる極限に対し、ある条件下において、 $\lim_{x \rightarrow a} f(x)/g(x) = \lim_{x \rightarrow a} f'(x)/g'(x)$ が成立する定理である。詳細は数学教材を参考にしてもらいたい。ロピタルの定理が使えない場合も多くあるため、適用の可否を慎重に判断すべきである。今回の場合は、 $\lim_{r \rightarrow a} g'(x) = 1$ であり、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} f'(r)/g'(r) = A \exp(Ar) = +\infty$ となり、適用できる。

また、当日はチャット欄で“テイラー展開を使える”とのコメントがあったため紹介する。 $\exp(Ar)$ を展開すると

$$\exp(Ar) = 1 + Ar + \frac{A^2}{2!}r^2 + \frac{A^3}{3!}r^3 + \dots$$

となる。よって、以下が得られる。

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} \frac{\exp(Ar)}{r} = \lim_{r \rightarrow +\infty} \frac{1 + Ar + \frac{A^2}{2!}r^2 + \frac{A^3}{3!}r^3 + \dots}{r} = \lim_{r \rightarrow +\infty} \left(\frac{1}{r} + A + \frac{A^2}{2!}r + \frac{A^3}{3!}r^2 + \dots \right) = +\infty$$

さらに、本稿を書きながら、高校数学でも解けることに気が付いた。 $A > 0$ かつ $r > 1/A$ となる場合、 $(rA^2)/2 < \exp(Ar)/r < A \exp(Ar)$ が成立する。 $(rA^2)/2 < \exp(Ar)/r$ については、 $f(x) = \exp(Ar)/r - (rA^2)/2 > 0$ が成立することを r についての微分式により証明すればよい。 $\lim_{r \rightarrow +\infty} (rA^2)/2 = +\infty$ 、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} A \exp(Ar) = +\infty$ であるため、 $\lim_{r \rightarrow +\infty} \exp(Ar)/r = +\infty$ となる。

4. まとめ・所感

本稿では、セミナーで用いた問題の紹介も兼ねて、セミナーの補足を示した。不定形となる極限の求め方のように、拡散方程式の解析解を得るためには、最低限の数学の知識・経験が必要となる。炉物理を活用したエンジニアリングにおいて、数学のテクニックはあま重要とならない場合もある。ただし、パラメータ値の大雑把な推定や傾向を予測するうえでは、数学のテクニックが活用できる場面も多くあり、“ある程度は使える”ことが期待されていると感じる。

夏期セミナー講師を担当して

東北大学 相澤 直人

今回、私は初めて夏期セミナー講師を担当させていただいた。元々、2020年の夏期セミナーということでのお話であったため、確か講師の担当について軽い打診があったのが2019年の秋頃だったかと思う。その際には、軽い気持ちでお受けすることにした気がするが、2021年夏期セミナーまでの道のりを振り返ると、かなりヘビーだったな、と感じる。(ですので、複数回に渡って講師を担当している先生方を非常に respect しています。) また、実は私が学会関係の場で講師を担当することは今回が初めてであり、炉物理部会の夏期セミナーの講師を担当することを光栄に感じるとともに、錚々たる炉物理のスペシャリストも参加される場でもあるので内心大きなプレッシャーを感じていた。私の担当した講義は「断面積作成」であったが、自分自身が断面積作成に関連したコード設計に携わった経験がなく、教科書などで勉強した知識だけだったので、引き受けた後によくよく考えてみると、「この講義、断面積作成にバリバリ携わっているスペシャリストも聞くんだよな…」 「果たして、私が担当しても良いものなのかな…」 と、色々と心の葛藤があったものの、最終的には「ええい、テーマが核計算の基礎だから、基礎に振り切ってやってやろう！大学の教員を講師にするということは、基礎を分かりやすく教えろということだろう！」 と、半ば自分を奮い立たせながら準備を進めたのであった。さて、講義の準備についてだが、これも色々と頭を悩ませた。教科書を読んでは、あっちの教科書は難しい、こっちの教科書は詳しい内容が書かれていない、かみ砕いて分かりやすく説明するにはどうしたものか、と、時には堂々巡りをしていた。色々と思案しながら講義資料をまとめたが、曲がりなりにも資料として纏められたのは、断面積作成について分かりやすくまとめていた第36回夏期セミナーの宇根崎先生のテキストと、炉物理の研究 第72号の山本章夫先生の寄稿を非常に参考にさせていただいたおかげだと思う。宇根崎先生、山本先生に深く御礼申し上げます。

さて、肝心の講義の方だが、私の講義はセミナーの最後の講義であったが、その前までの講師の先生方の説明が素晴らしく、かつかなり双方向的な講義をされていたのに比べて、元来からの東北人の口下手気質もあり、講義の段取りの準備不足もあり(ここが一番致命的でした)、聞き苦しいところが多々あったかと思う(ところで、北大の千葉先生も東北人ですが、非常に弁が立つので見習わなければ、と思います。爪の垢でも煎じて飲ませてもらった方が良いかもしれませんね。)。特に、後半の演習については、「熱炉体系の均質化、ダメゼツタイ」を感じてもらうところから始まり、最終的に「NR近似バンザイ、等価原理バンザイ」を実感できれば、と考えていたが、準備した演習の設問が多かったことや、双方向的な取り組みを中途半端に取り入れたことで時間的な余裕がなく消化不良になってしまい、皆様には分かりにくかった部分が多かったのでは、と感じている。

以上、今回の夏期セミナー講師を振り返ると反省ばかりであり、参加された皆様には色々

と手際の悪さ等でご迷惑をお掛けしたと思う。しかしながら、今回講義のテーマである断面積作成に関して、私が説明したのは序の口も序の口の部分であるが、私の拙い講義を通して、断面積作成の基礎を雰囲気だけでも理解してもらえていれば、また、さらに断面積作成の深淵へ興味を持ち、研究として取り組まれる方が現れれば幸甚である。