

お知らせ

(1) 核データ部会だより

2020 年核データ研究会報告

理化学研究所
仁科加速器科学研究センター
大津 秀暁
otsu@ribf.riken.jp

1. はじめに

2020 年の核データ研究会（日本原子力学会核データ部会主催）は、11/26-27 の日程で、埼玉県和光市の理化学研究所和光キャンパス RIBF 棟大会議室をオンサイト会場として、一部 Web 接続を併用する形式で行われました。本研究会はルーツとしては 1978 年、ちょうど JENDL-1 の発表の年に当時の日本原子力研究所およびシグマ研究委員会の主催で行われたことに端を発し、ほぼ毎年欠かさず開催されてきました。2006 年からは主催が日本原子力学会核データ部会となり、原子力機構と国内の大学、他研究機関が年度毎に交代して開催する形式になっています。

今回理研で開催されるようになった経緯は若干込み入っておりました。2020 年度原子力学会秋の大会が九州大学で行われる予定（実際はコロナの影響でオンライン開催）でこれと重複してしまうことから、2019 年度は交代の順としては本来原子力機構で行われるはずだったものを九州大学と交代して開催されました。2020 年度は、素直に考えると原子力機構で開催されるはずだったものが、これまた前例踏襲する必要はない(?)ということで、理研でどうでしょうか、という打診がなされました。理研でできるなら新たな人的交流が促進され、分野をまたぐ研究の種を創出できるかもしれない、その可能性を広げるためにも、理研でやってみましょう、ということとなり、開催地として決定した次第です。

しかしながら、2020 年 2 月頃から新型コロナウイルス COVID-19 という非常に厄介な感染症と社会が向き合わざるを得ない状況下となりました。国内外の多くのシンポジウム、ワークショップがオンラインのツールを用いた開催に切り替わり、ある意味スマートな形式でかつ多くの参加者が交通インフラを使わずに会議参加できるようになりました。核データ研究会も実行委員と現地委員（後述）の事前打ち合わせの段階で何度となくオン

ライン開催でよいのでは？という声が挙がりました。それと同時にオンライン開催で本当によいのか？この研究会のもつ「研究の種の創出」の可能性はオンライン開催では著しく損なわれないか、という懸念の声も挙がりました。オンラインのみでの開催であれば、それはすでに分野として並進対称性が行き届いてしまっているのではないか、という強い懸念を筆者としては抱き、その懸念を委員のみなさまに共有していただいたこともあり、今回は開催の直前までオンサイトでの現地開催にこだわったという経緯があります。

本報告書は、今回の特殊性を踏まえ、前半に研究会の内容の紹介、後半に研究会開催方式の概要を加える形の構成といたしました。

本研究会の開催にあたり、理化学研究所仁科加速器科学研究センターはもとより、加速器実験の課題採択等で研究協力協定のある東京大学原子核科学研究センター、KEK 和光センター、東京大学理学部、日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センターからも共催を得ることができました。理研内部では、理研シンポジウムからもサポートを得ることができました。

2. 準備、構成

例年に比べると、実行委員会および現地委員会の立ち上げは早く、4月頃には始動していました。これは筆者が核データ研究会等の開催にとっても不慣れなもので、それをリカバーするべく早めたものでした。しかしながら、その時期はまだコロナの状況が非常に不透明かつどのようにするのがよいのかの糸口がつかめない状況でもあり、結局実際にメール議事が開始されたのが7月に入ってからでした。実行委員会 (Executive Committee) は、核データ部会運営小委員会の企画担当者を中心に、部会長の渡辺幸信氏 (九州大学) を含めた全12人で組織しました。委員長は力不足ながら筆者が務め、副委員長は次年度開催予定の J-PARC の明午伸一郎氏にお願いすることとしました。実行委員会の役割は、研究会全体構成の決定、チュートリアルを含む依頼講演のテーマの決定および講師の選定、ポスター講演の決定とポスター賞の選考、あとは学生への旅費サポートに関わる予算の決定です。今年度はこれらに加えて、開催形式の決定も実行委員会での重要な役割となりました。現地委員会 (Local Organizing Committee で LOC と称されました) は、理研仁科センターおよび東京大学原子核科学研究センター(東大 CNS)、高エネルギー加速器研究機構和光原子核科学センター(KEK WNSC)に加え、東京大学理学部からも参画いただき、筆者を含めると合計10名で組織されました。現地委員会の仕事は多岐にわたり、当日にむけた研究会の準備、研究会案内のホームページや Circular の作成、ポスター発表の方式の提案、ポスター賞の副賞の手配など細々としたことまで含まれます。この執筆時点では終了していませんが、Proceedings の編集にも LOC は協力することとなります。今回は最終的に現地開催をベースとした Zoom 接続を含むハイブリッド形式による開催となりましたが、LOC メンバーによるアイデア出しから最適化までの努力がなければ実現でき

ませんでした。

3. 研究会の概要

本年度の研究会は11月26日、27日の2日間を会期とし、16件の依頼講演（15件は講演25分+質疑5分、1件は講演30分+質疑10分）、2件のチュートリアル（講演50分および40分）、公募による26件のポスター講演、および理研RIBF加速器施設の見学、で構成されました。以下にその概要を報告いたします。なお、研究会ホームページ(<https://indico2.riken.jp/e/snd2020>)が作成され、プログラムや講演要旨が掲載されているので、ご参照いただければ幸いです。

(1) 第1日（11月26日）

セッション1「加速器施設と核データ」

- 櫻井博儀：仁科センターの核データ活動/Nuclear Data Activities in Nishina Center
- 明午伸一郎：J-PARCにおける核変換に関連した核データ研究/ Nuclear data study for Accelerator Driven System at J-PARC
- 奥野広樹：大強度重陽子加速器 ImPACT2017 の提案/ Proposal of 1 A class deuteron single cell linac

加速器施設は核データを供給しうる強力なツールです。理研のRIBF施設は重イオン、J-PARCは高エネルギーおよび大強度陽子を加速し、様々な施設で物理実験を行なっている。物理実験を行うとその核反応データが取得できることから、核データの供給源ともなっている。櫻井氏はRIBFの現状と2次ビームを用いた核データ取得の可能性について紹介されました。明午氏からはJ-PARCの施設の現状と3 GeVまでの陽子ビームをもちいたDPA断面積測定、今後の展望について紹介がありました。奥野氏はImPACTプロジェクトで行った1 Aクラスの重陽子加速器の設計の紹介し、それを用いたさまざまな可能性について言及されました。

セッション2「核分裂、重イオン核分光」

- 岩元大樹：高励起原子核の核分裂確率の統一的な記述/ Unified description of the fission probability for highly excited nuclei
- 平山賀一：KISSでの核分光実験/ Nuclear spectroscopy at KISS
- 廣瀬健太郎：JAEA タンデム加速器でのアインスタイニウムを用いた核分裂実験

初日午後最初に行われたこのセッションでは、重い領域での原子核反応についての講演が行われました。岩元氏の講演は、核データ部会賞学術賞講演で、高い励起状態からの

核分裂に際して統一的に記述できるモデルが紹介されました。平山氏は理研 RIBF 施設に導入された KISS で行われている深部非弾性散乱による核分光の実験について紹介されました。廣瀬氏は JAEA タンデム加速器での Es (アインスタイニウム)標的を用いた核分裂実験について、最新の結果を紹介されました。

セッション 3「核医学、核薬学」

- 羽場宏光：理研 RI ビームファクトリーにおける RI の製造と応用 ～新元素の探索からがんの診断・治療まで~/Production and Applications of Radioisotopes at RIKEN RI Beam Factory - Search for New Elements through Diagnosis and Therapy of Cancer -
- 合川正幸：荷電粒子入射反応による医療用 RI 生成断面積測定実験/Measurements of production cross sections of medical radioisotopes via charged-particle induced reactions
- 金政浩：九州大学における加速器中性子源を用いた RI 製造研究の進捗 2020/Development of Radioisotopes Production Method by Accelerator-based Neutron: Activity at Kyushu University 2020

次いで、核医学、核薬学の分野から 3 講演が行われました。羽場氏は理研の重イオン加速器を駆使して RI 製造の高度化、および多種化について、また RI 応用研究の例として、超重元素領域での化学的性質を調べる研究について紹介されました。合川氏は荷電粒子を用いた医学用同位体生成について紹介されました。金氏は九州大学での中性子を用いた医学用同位体生成について紹介されました。

ポスターセッション

ポスターセッションは、Zoom の個別部屋機能 (Break-out Room) を用いることによって開催されました。コロナウイルスによるクラスター発生を防止する観点から、対面による議論が行えず、このような手法を取らざるを得ませんでした。多くのポスター発表者が現地参加されました。一方オンライン参加のポスター発表も可能でした。ポスターは現地に掲示した上でリモートでポスター発表される参加者もいました。現地参加のポスター発表者はポスターセッション中は、別室に移動しそれぞれのノート PC などの前でポスターの内容の説明することとなりました。

ポスター自体は会議室の壁一面にそれぞれが掲示されました。現地参加の聴衆はポスターセッションの時間だけでなく、Coffee break などの時間を使ってポスターの内容を吟味することができました。

ポスター賞への投票は現地参加者だけでなくオンライン参加者も可能としました。ただし、前年度までは無記名投票でしたが、今回はメールアドレスに紐づいた記名投票ということとなりました。



写真1 RIBF 大会議室では左右および後壁にポスター26枚が掲示されました。写真はポスターセッション中の様子です。現地発表者は別室に移動しています。発表者も参加者も Zoom でリモート接続しました。ポスターに向かいながら(PCを持って)質問する人、席に戻って議論する人などさまざまでした。

(2) 第2日 (11月27日)

セッション4「原子核反応データ」

- 中野敬太： ^{93}Zr 及び ^{93}Nb に対する陽子・重陽子入射核破碎反応からの同位体生成/
Isotope production in spallation reaction of ^{93}Zr and ^{93}Nb induced by proton and deuteron
- 道正新一郎：減速 RI ビームによる原子核物理の展開/Development of energy-degraded RI beam and expansion of nuclear reaction studies
- 中山梓介：重陽子入射反応の理論解析と重陽子核反応データベースの開発/
Theoretical analysis of deuteron-induced reactions and development of deuteron nuclear database

2日目の最初のセッションでは、原子核反応データ取得および理論解析についての講演が行われました。中野氏の講演は、核データ部会奨励賞講演で、理研 RIBF で取得された、 ^{93}Zr および2次ビームに含まれる ^{93}Nb について同位体毎断面積を比較し、反応の初期状態、直接反応および前平衡過程と、平衡状態からの蒸発過程のバランスにより決まること、 $N=50$ の魔法数が同位体毎断面積のトレンドに寄与することを示されました。道正氏は、東京大学 CNS により RIBF に新たに建設された減速 RI ビーム施設 OEDO の紹介と初期実験の結果の紹介、減速 RI ビームを使った物理の可能性について紹介されました。中山氏は重陽子入射反応を重陽子が分解する過程を取り入れた DEURACS の紹介とそれを用いた評価データベースの開発について紹介されました。

セッション5「チュートリアル」

- 遠藤知弘：原子炉理論の入門/Introduction to Nuclear Reactor Theory
- 卞(Pyeon)哲浩(Cheol Ho)：研究炉における炉物理実験の役割と現状について/Roles and current status of reactor physics experiment in research reactors

2日目の第2セッションはチュートリアルセッションでした。マクロな体系である原子炉がどのように成立しているのかを、常日頃ミクロスコピックに物理現象を捉えている核物理の研究者にでも理解できるようにというコンセプトで、炉物理の専門家であるお二方からご講演いただきました。遠藤氏は原子炉がマクロな体系として成立する理論を、素過程である核分裂現象からステップバイステップに積み上げる形で紹介されました。炉内で核分裂反応がどれほど局在化しているか、あるいは反応過程の時間スケールの広がりなどがどれほどになるかなど、核物理の知識とつながる形で説明され、非常に意義深いものでした。卞氏は研究炉で実際に行われている炉物理実験について、京大原子炉のもつ燃料集合体や加速器駆動型に改造した炉心でどのような研究がなされているのかを紹介されました。

セッション6「深層学習/機械学習と原子核物理、核データへの応用」

- 瀧雅人：深層学習と基礎科学研究への応用について/Deep Learning for Basic Science
- 清水則孝：原子核殻模型におけるデータ駆動型アプローチ/Data-driven approaches for nuclear shell-model calculations
- 岩元大樹：機械学習を用いた核データの生成/Nuclear data generation using machine learning
- 川瀬頌一郎：核データ量産化を目指した RI ビーム実験データ自動較正手法の探求/Exploration of automated data processing for mass production of nuclear data at RIBF

2日目の午後の最終セッションは、深層/機械学習の基礎と原子核物理、核データへの応用について、4講演が行われました。機械学習は多変数を取り扱う原子核物理や核データにとって、今後非常に重要な役割を果たすと期待されています。構成として最初に瀧氏が深層学習の基本となる考え方を紹介し、追って原子核物理と核データ、実験データ取得への機械学習の応用例を紹介していただくことになりました。瀧氏は深層学習の起源と発展の歴史、コンピューティングパワーとの関係など基礎的な部分を紹介し、深層学習でできること、よく陥る落とし穴の例、今後の期待などを丁寧に解説されました。清水氏はShell model 計算へのベイズ統計の導入およびその評価のための機械学習の適用について紹介されました。岩元氏は機械学習の一つであるガウス過程回帰モデルを用いて、データの存在する入射エネルギーでの断面積の測定点からデータの存在しない入射エネルギー

での断面積を予想し、核データとする手法について具体例を示しながら紹介されました。川瀬氏は、RIBFなどで取得される大量のデータのうち、課題申請時に研究対象とした核種以外のデータについても機械学習の導入により短時間で解析が行える可能性とその手法について紹介されました。

Closing remark

第6セッションの終了後、Closing remarkが行われました。佐波副部長から本研究会の総括、ポスター賞の表彰があり、引き続き明午副実行委員長から次回2021年度の核データ研究会の開催の説明がありました。最後に残念ながらオンライン出席が叶わなかった渡辺部長がオンライン接続され、終会の挨拶がなされました。

加速器施設の見学

Closingののち、加速器施設の見学が行われました。LOCの木村氏、炭竈氏のもと、19名が2班にわかれ、超電導リングサイクロトロンSRC、2次ビーム生成分離装置BigRIPS、および大口径広帯域磁気スペクトロメータSAMURAIを見学されました。当初予定では、70Znビーム供給と重なっており、SRCとBigRIPSは見学できないことになっていましたが、Uビーム供給中の加速器トラブルによるマシンタイムスケジュールの変更により、研究会参加者が見学できることとなりました。

4. ポスター賞

ポスター賞は、核データ分野の将来を担う学生を含む若手研究者の優れた研究成果を顕彰するために設けられています。全ポスター発表者26名のうち、ポスター賞審査へのエントリーは21名でした。学生以外の一般参加者による投票を行いました。今回はZoom併用であったため、審査する側は必ずしも現地参加に限らず、リモート参加の方も含めた投票を行いました。ただし審査結果は記名にて収集されました。厳正な評価の結果、以下の課題に対して最優秀ポスター賞、優秀ポスター賞が授与されました。

最優秀ポスター賞 (1件)

網谷 達輝 氏 (東京工業大学)

「原子炉廃止措置におけるクリアランス検認に必要な放射化放射エネルギーの核データに由来する不確かさ評価手法の開発」

優秀ポスター賞 (4件、順不同)

天野 翔太 氏 (近畿大学) :

「準核分裂における質量と角度の相関の起源」

奥林 瑞貴 氏（近畿大学）：

「動力学モデルによる中性子過剰核の核分裂計算：r プロセスシミュレーションに向けて」

青木 計志 氏（大阪大学）：

「BNCT のための絶対熱外・高速中性子束強度測定検出器の開発」

竹原 峻平 氏（大阪大学）：

「14MeV 中性子による大角度弾性散乱反応断面積ベンチマーク実験のための放射化検出器の最適化」

5. COVID-19 対策について

現地開催の実現にあたっては COVID-19 への対策が必要となりました。日本政府による指針、それをうけた理研の非常事態対策本部から提示されるガイドラインに従うものとなりました。LOC の委員として理研仁科センターの安全業務室の田中氏が参画しており、意思決定においては非常にご助力いただきました。田中氏は RIBF マシントイム遂行の上で必要になるガイドライン策定のキーマンであり、このガイドラインは加速器スタッフから実験参加者まで、それぞれの立場で制限のある中において最大限の活動ができるものとなっています。このガイドラインを研究会用にアレンジし、制限のある中において研究会として十分成果が得られるよう研究会開催用のガイドラインを策定しました。

ポイントとなる項目としては、コロナ感染者が発生するのは確率過程でもあり発生を抑制すること自体を目的としないこと、一方で発生した場合に、クラスター源とならないために最大限可能な手立てを講じるということでした。これを実現するべく、一般的な感染防止対策に加え、研究会において発生する局面として対面での短時間ではない会話(による飛沫の拡散)を避けるてだてを講じました。ひとつは、対面によるポスター発表を Zoom の Break-out room を用いたものにするということでした。それ以外にも、研究会参加者の動線を決め、研究会以外、主には実験参加で来訪する人との動線の区分けをすること、Coffee break においては、Coffee のみを提供し、必ずコップにはキャップをつける(飛沫が混入することを避けるため)ことの徹底をはかること、などがありました。一般的な感染防止対策としては、大会議室の換気を連続的に行うこと、使用したマイクは逐一ウェットティッシュで拭き取りが可能とすること、参加者は両日とも体温測定をすること、現地参加者に COCOA アプリのインストールを依頼すること、などを実施しました。研究会の会期においては幸いなことに、会場となる RIBF 大会議室の収容定員(100 人)についての制限がはずれており、現地参加者の全員が会場に入ることができました(本稿執筆時には 50% にもどされている)。本研究会で感染が拡散されることがなかったのは、参加者全員が感染防止のために意識し十分な対策が講じられたからだと考えています。

6. オンライン併用について

完全オンライン開催は Zoom もしくはオンライン開催用のソフトを導入することにより、現在では比較的平易になっています。一方オンサイト開催メインな環境にオンライン併用を導入する方式は、1) 発表者がオンサイト、2) 発表者がリモート、3) ポスターセッション などのパターンが重畳されるため、非常に複雑となります。今回は LOC の委員として東大理学部の新倉氏が、オンライン授業に導入する予定であったシステムを提示し、RIBF 大会議室で準備されている映像、音響インフラと接続することにより、その実現が計られました。具体的には別記事 (<https://qiita.com/niikura> の 2020/11/29 の記事) にまとめられていますが、最終形態にたどり着くまでに、何度となく試行錯誤がありました。研究会の準備段階における実行委員会の開催は、このオンライン併用のテストも兼ねており、最後の実行委員会においてやっと映像、音響共に満足いくものとなりました。結果として、現地講演もリモート講演もほぼ問題なく現地およびリモートに配信され、質疑についても遜色なく行えました。注意点としては、現地講演とリモート講演の切り替え、ポスターセッションの break-out room への切り替えなど、切り替えには時間と注意が必要となります。セッションを組む段階で、リモート講演はひとかたまりにするなどの工夫も必要でした。

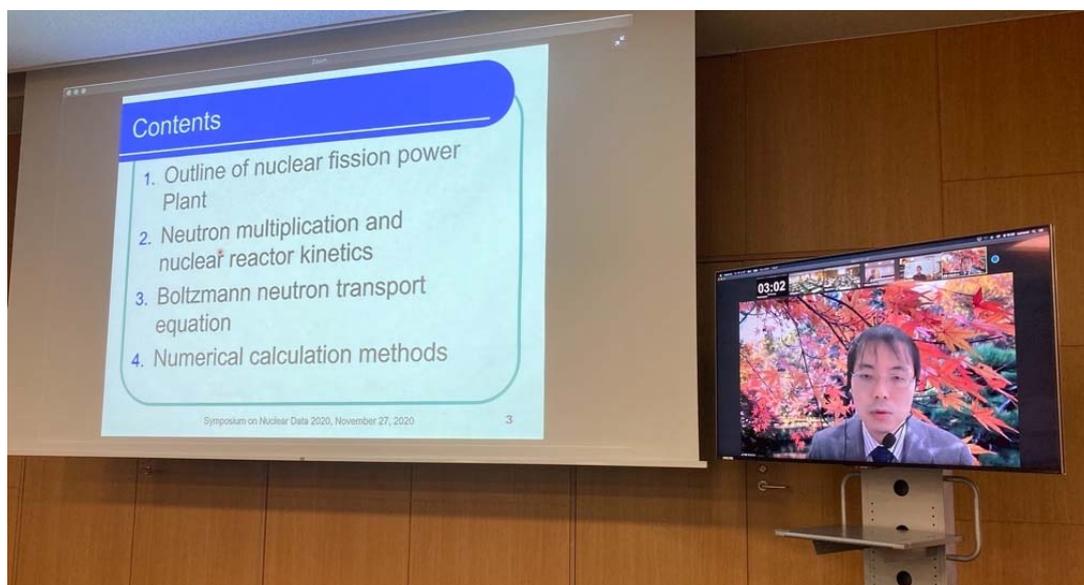


写真2 遠藤氏のチュートリアル講演の際のオンサイト会場の様子。今回4講演がリモート接続により行われた。オンサイト会場では、プロジェクタに講演スライド、サブディスプレイのメインパネルに講演者が写しだされた。サブディスプレイには Zoom 接続による参加者や会場の様子も表示されている。

7. おわりに

2020 年度の核データ研究会は理化学研究所和光キャンパスでオンライン接続を併用した形で開催され、総参加者数 119 名（現地参加 62 名、オンライン参加 59 名）、チュートリアルを含む依頼講演 18 件、ポスター発表 26 件という統計データを残し終了しました。口頭発表およびポスター発表に関するプロシーディングスは、例年通り JAEA-Conf として今年中に出版予定です。

核データの分野は、QCD を用いた第一原理計算からマクロな体系での現象、原子炉や加速器を用いた病気の治療、福島での除染活動など非常に広い分野にわたり、各分野での専門家の知見とその共有が必要となっています。理工連携を基軸に数学、薬学、医学あるいは社会科学、社会心理学など多くの分野の研究者を巻き込む形の展開が期待されます。毎年の核データ研究会に参加するとその期待が間違いではないことを強く感じさせられます。来年度の核データ研究会でも、さまざまな分野から新しい切り口での研究展開が紹介され、また多くの若手研究者が研究推進の主人公となることを期待します。

コロナウィルス感染症による災禍は研究活動、主に研究交流による共同研究遂行などに著しく影響をあたえました。そんな最中、新しい取り組みとして、多くのシンポジウム、ワークショップがオンラインで開催されるようになりました。今回の研究会は感染症の様子からオンサイト現地開催ができませんでした、オンライン併用の試みを余儀なくされたことから、逆に普段なら遠方で参加できない人も参加できることとなり研究会として十二分に意味深いものとなったと考えています。コロナウィルスは今後もしばらくは影を落とすと考えられます。本稿執筆時の状況を鑑みるとしばらくはオンサイト開催が困難であるとも懸念されます。リモートで可能なことは食欲に取り入れるとして、特に若い研究者にとって、膝を付き合わせた研究交流の機会、本音のぶつかり合いの機会が失われることに強い懸念を抱きます。来年度の研究会がどのような形式での開催になるかは不透明ですが、可能であれば現地に赴き、膝を付き合わせた濃い議論の場が設けられることを祈らざるを得ません。

末筆になりますが、日本原子力学会核データ部会並びに東京大学 CNS から参加学生の旅費およびポスター賞副賞の財政的支援をいただきました。研究会の全発表者および参加者、実行委員会委員および現地委員会委員の方々、会場設営および安全確保にご協力下さった理研、KEK 和光の皆さまに、この場を借りて心より感謝申し上げます。



写真 3 2020 年度核データ研究会の集合写真。RIBF 大会議室にて。Zoom 接続参加者はスクリーンに表示されている。