

【令和3年度実績】

1. 陽子の電荷半径不定性解決に向けた原子核研究の推進

No.20 ①-2 世界トップレベル研究の推進

No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実

No.25 ③-1 新たな研究フロンティアの開拓

No.41 ①-2 国際発信力の強化

No.43 ②-1 外国人留学生の戦略的受入れと修学環境の整備

実績報告

水素原子の原子核である陽子は、宇宙を構成する物質の基本粒子である。水素原子や陽子は、量子力学や量子電磁力学の確立や量子色力学の発見の舞台であり、現代物理学の最も重要な研究対象であり続けている。陽子の最も基本的な物理量である大きさの深刻な不定性が2010年に指摘された。これが素粒子物理・原子核物理・原子物理それぞれに大きな影響を与えるため、現代物理学が決着すべき大問題として現在世界中で鎬を削る研究が展開されている。

陽子などの原子核の大きさ(電荷半径)を測定するには、原子核用の「電子顕微鏡」に相当する電子加速器を利用した電子散乱が最適である。高精度での電荷半径には極限的低エネルギーの電子ビームによる測定が必要であることは知られていたが、世界中の素粒子・原子核研究用加速器は全て高エネルギー化されたため、この種の測定は電子光物理学研究センター保有のRI製造用に利用されている低エネルギー電子加速器でのみ可能であり、この世界的な大問題である陽子電荷半径測定を、当センターのフラグシップ研究と位置付け推進している。



現代物理学上重要問題が、世界で電子光物理学研究センターでのみ実施可能であることから、大型科研費を含む多くの科研費を獲得している。それらは、連続2回の基盤研究(S)(2016-2019, 2020-2024、代表者 須田利美)、基盤研究(A)(2020-2024 塚田暁(京大に准教授として転出)、基盤研究(B)(2020-2023, 本多佑記)であり、これら科研費により大型装置建設を含む本研究を強力に推進している。高分解能電子ビーム輸送系と世界初の2連 twin スペクトロメータを建設し実験室内に設置、立ち上げ実験を進めている(図1)。

この研究は世界的にも大変高い注目を浴びており、関連国際会議への招待はもちろん、関連研究者で構成される国際検討グループの報告書では、重要性からそのトップで我々の計画が紹介されている(図2)。

国内物理研究者の注目度も大変高く、関連学術コミュニティである加速器、原子核そして高エネルギーの学術誌から依頼を受け寄稿している(図3)。

米国の研究者が電子光センターに学振外国人招聘(長期)プログラムの下で米国・Hampton 大学 Michael Kohl 教授は電子光物理学研究センターに長期間(10ヶ月)滞在し共同研究を進めた。同研究者を再度招聘するため、今年度から新たに開始した本学の「外国人研究者招聘フェローシップ制度」に応募し幸いなことに採択された。令和4年度に3ヶ月滞在し国際共同研究として陽子半径研究を進める。

またフランスの大学院生が本研究で学位をとるため来日(博士課程から本学に編入)、同研究の主要メンバーとして活躍中。また南アフリカの理論研究者である Steven Karataglidis 教授を招聘する学振外国人招聘(短期)プログラムが採択され、コロナで延期されたが令和4年9月に来日予定である。加えて、イギリス・East Anglia 大学の学生から JYPE プログラムを利用し交換留学生として本研究に参加したいとの申し出があり、手続きを進めている。したがって、来年度は海外からの研究者+学生3名が加わった体制での研究を進めることになる。

国内では、宮崎大の准教授(女性)がクロスアポイントメント教員として本研究に加わり、また検出器は JPARC の素粒子研究グループと共同開発した。

令和3年度に、陽子電荷半径決定に向けた電子・陽子弾性散乱観測を開始し、設計通りビーム輸送系並びに測定系が緒性能を有することを確認(図4)、来年度以降本格的な測定を開始する。世界的に見ても本研究は電子光センターでのみ推進可能であり、本学が誇る基礎研究の一つであると考えている。

 [ulq2.png](#)

2. 共同利用・共同研究拠点としての運営実績向上に向けた取り組み

No.33 ②-4 国際共同利用・共同研究拠点及び共同利用・共同研究拠点の機能強化

No.32 ②-3 附置研究所等の機能強化

No.37 ①-1 東北大学復興アクションの着実な遂行

No.67 ①-1 経費の節減の徹底

実績報告

【共同利用・共同研究拠点の期末評価並びに活動向上に向けた取り組み】

令和3年度に第2期共同利用・共同研究拠点の期末評価が行われ、A 評価を獲得した。これは大学保有の大型加速器の柔軟な運用による活発な共同利用・共同研究活動と成果、並びに学術コミュニティへの高い貢献が評価されたものである。また同時に女性教員や外国人教員数の改善に関する指摘を受けている。教員数(承継ポスト)9名の小部局であるため短期間での改善は困難だが、クロスアポイントメント制度利用による女性教員の獲得、並びに採択された2名の日本学術振興会外国人研究者招聘(長期と短期)などにより、国際共同研究推進への努力は継続中である。

【共同利用者数】

令和 3 年度の共同利用者数は、大幅に増加した。アメリカで展開されている理研や KEK、京大グループによる高エネルギー国際共同研究で使用する検出器の開発研究が新たに開始され、主として大学院生を中心とする研究者集団が長期間にわたり共同利用実験を実施したためである。今後も、従来の共同利用者に加え、新しい共同利用研究を呼び込む努力を継続する。

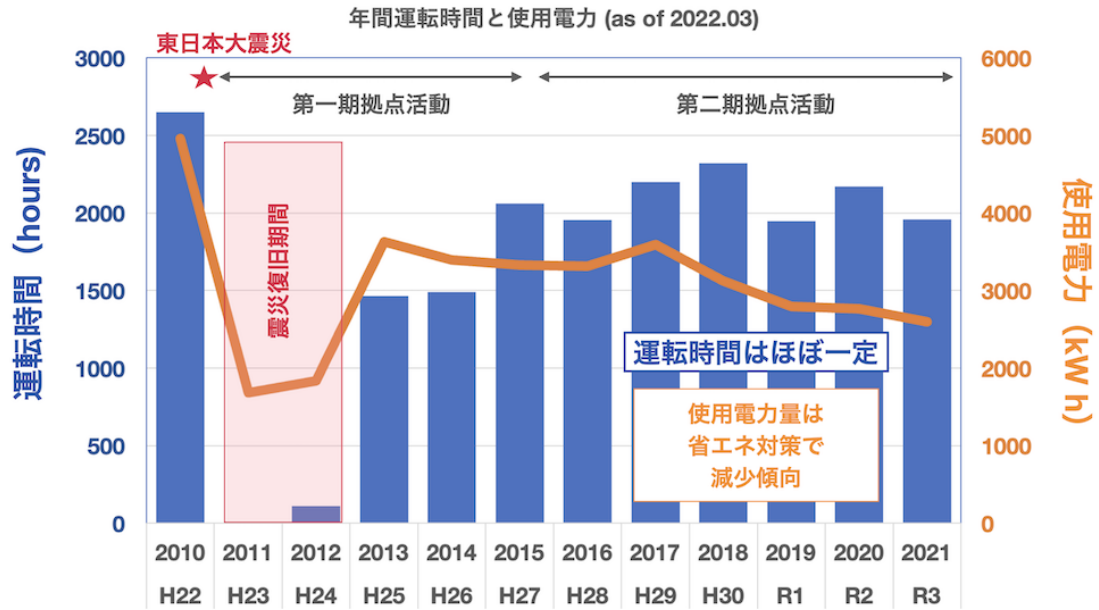


1966 年開設当初から当センターは電子加速器を国内外研究者に開放し実質的に共同利用を実施してきているが、長年の共同利用の経験に基づくきめ細やかな当センターの共同利用・共同研究支援体制は外部利用者に大変好評を博している。特に、原子核・素粒子分野や放射化学分野コミュニティーから高い支持を受けているおり、これが多くの共同利用者に利用されている背景となっている。

原子核・素粒子分野では、KEK や J-PARC、理研、ILC 等の大型加速器施設や SuperKamiokande 等の日本が誇る先端研究施設で使用される検出器は、ほぼ例外なく当センターの電子光ビームを利用した開発研究が行われており、若手研究者育成を始め我が国が牽引する素粒子原子核研究を支えている。これは本学が誇るべき良い実績と考えている。

【加速器運転時間と消費電力】

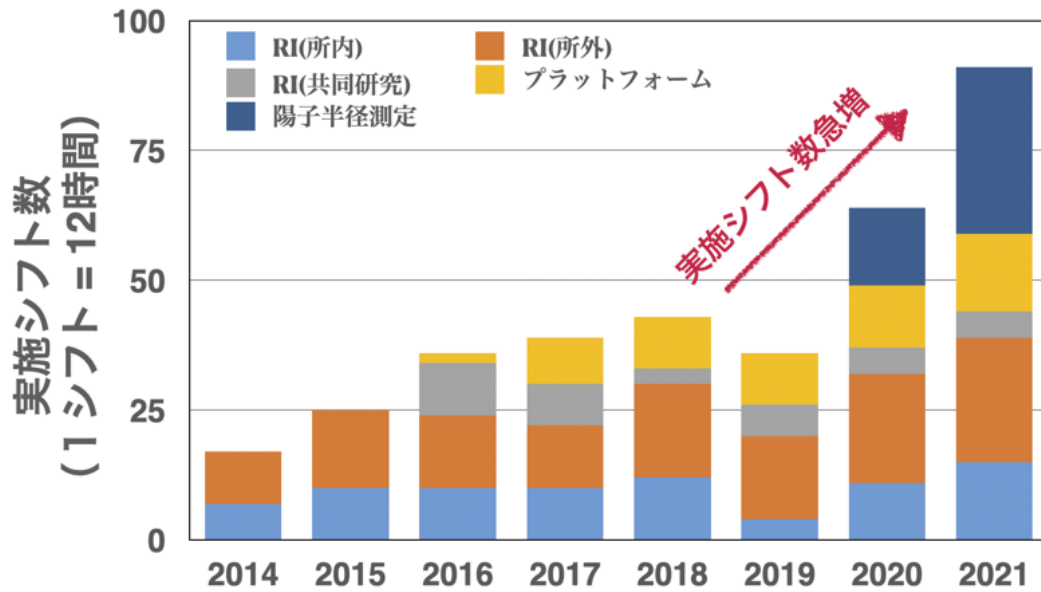
震災以降の電気料金高騰により、震災以前の実績である年間 2500-3000 時間のような長時間加速器運転が極めて難しくなったため、実施する共同利用課題数を制限する一因となっている。参考までに電気代単価の 1 円/kWh の上昇は、年間電気代 250 - 300 万円もの増加に対応してしまう。



この環境下でも、共同利用・共同研究拠点としてより活発な拠点活動を展開するため、センター内のすべての機器の消費電力を調査し効率的な動作条件を検討してきている。消費電力を制限しながら効率よく大型施設を運用するプロトコル、エネルギー効率の高い大型の RF パワー源への置き換え等の取り組みの結果、年間総消費電力を徐々に減少させながらもなんとか年間 ~2000 時間程度の加速器運転時間を維持できている(図2)。

【共同利用・共同研究課題数の増加】

図3に低エネルギー電子加速器を利用する共同利用・共同研究課題の実施実績を示す。基礎研究とともに企業との共同研究や RI 供給プラットフォーム等にも利用され、着実に増加していることがわかるが、ここ数年で実施した共同利用シフト数はほぼ倍増していることがわかる。



これは主として、現代物理学の大問題となっている陽子(水素原子の原子核)の大きさの不定性解決を目指した史上最低エネルギーでの電子・陽子散乱施設が完成(複数の大型科研費(基盤(S) x 2、基盤(B) x 1)で推進)し、立ち上げ期であるためである。本研究は、本学のみで実施可能な世界的に高い注目を集めている基礎物理研究である。本格測定が開始されると今後ますます共同利用・共同研究実績は増加すると予想される。

【異分野融合、広報活動】

拠点シンポジウムの開催: 共同利用・共同研究者の異分野間の交流を更に推進するために、毎年拠点シンポジウム(共同利用成果発表会)を開催している。令和3年度は、3月11日に対面＋リモートのハイブリッド形式で開催し、100名を超えるセンター利用者が集った。企画講演は当センターの共同利用者でもある内閣府原子力委員会委員長である上坂充先生にRIの医学利用についての展望、特別講演は大阪市立大学の神田展行先生に最新の重力波研究についてご講演いただいた。さまざまな分野の共同利用成果の報告や25名を超える大学院生によるポスターセッションも行なった。

2021年度電子光物理学研究拠点共同利用成果報告会



ELPH symposium 2022

Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University

2022.3.11

(オンライン & 現地)

東北大学電子光物理学研究センター 三神峯ホール
(宮城県仙台市太白区三神峯 1-2-1)

登録締切：2022年3月4日 [金] (参加費無料)

■企画講演 11:00～



上坂 充 Dr. Mitsuru UESAKA
(内閣府原子力委員会委員長)

「医療用等ラジオアイソトープ製造利用の促進について」

■特別講演 13:00～

神田 展行 Prof. Nobuyuki KANDA
(大阪市立大学 教授)



「重力波の初観測から現状」

●プログラム

9:40 拠点シンポジウム	16:40 利用者の会 総会
成果報告 (加速器・RI利用)	
企画講演	
特別講演	
成果報告 (原子核・高エネルギー)	
ポスターセッション	

ELPH シンポジウム実行委員会
Email : elphsympo@ins.tohoku.ac.jp
TEL : 022-743-3400

▶右記の QR コードまたは下記 URL からご登録ください
<http://ins.tohoku.ac.jp/workshop/symposium2022/>



主催：東北大学 電子光物理学研究センター 共催：ELPH 利用者の会

講演終了後、共同利用者の会を開催し、センターの加速器次期計画を議論した。センターの加速器は単なる老朽化のみならず先端的なビーム性能を維持できないことも明らかであることから、よ

り研究を高度化し、また新たな課題開拓に最も相応しい超伝導電子加速器の設置可能性等について意見交換を行った。

【学術コミュニティへの貢献】

当センターは国立大学附置研・センター会議に所属しており、令和3年度は第一部会(理工系、54研究所・センターで構成)の常置委員として活動している。令和4年度は、同会議の副会長並びに第一部会長として、同会議の運営に関わることになっている。

 [ELPHsymp2022.png](#),  [共同利用者数.png](#),  [実施シフト数.png](#),  [運転時間.png](#)

3. 大型科研費を含む科研費の採択実績の学内トップの維持・更なる向上

No.65 ①-1 外部研究資金の拡充

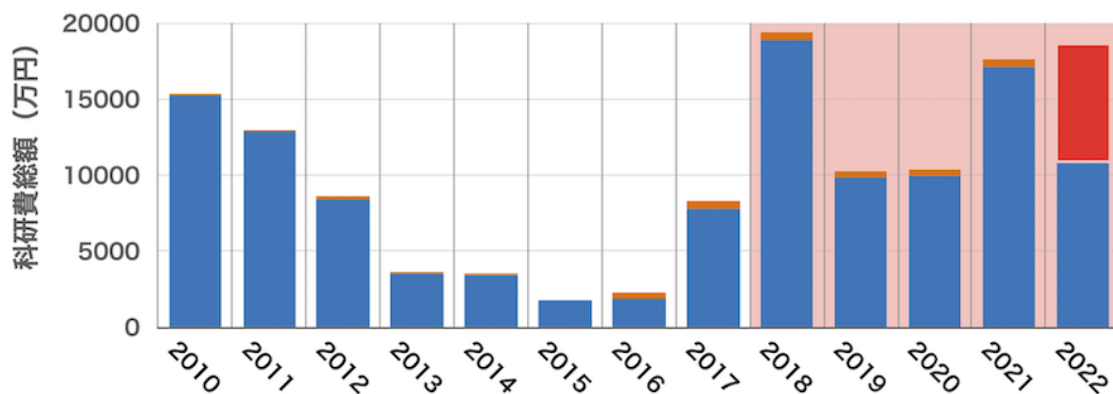
実績報告

共同利用を展開しつつ、当センターの職員自身もこの加速器を利用したユニークな研究を展開している。それらは、世界的にみても学術的な価値の高いものであり、特別推進や基盤研究(S)、(A)などの大型種目を含めて多くの科研費を獲得している。

今年度(2021年度)は松村准教授が基盤(S)を獲得した。今年度走っている大型科研費は、基盤(S)x2本(須田、村松)、新学術領域計画研究(大西)である。その他の科研費を加えた本年度の科研費獲得額は1億7000万円強であり、ほぼ当センターの年間の運営費交付金に相当する。一人当たりの科研費獲得額は1200万円/教員であり大学からの資料によれば全部局で一位、これで4年連続学内一位を維持しているようである。

また令和4年2月28日に発表された来年度の科研費新規採択課題は、基盤(A)x3、基盤(B)x2他である。教員わずか10名程度の当センターだが、基盤(B)以上の大型科研費が8本走ることになる。現段階で判明している来年度の科研費獲得額も表示してある(赤棒は来年度以降の新規採択分)。今年度の科研費獲得額を超えるようで、来年度も科研費獲得実績1位はほぼ確実である。

これは当センター教員の優れた研究実績を背景としたユニークな基礎科学研究展開とともに、当センターの日本学術振興会システム研究員経験者を中心とする大型科研費獲得に向けての議論や申請書書き方に関する日々のアドバイス等も生きているのであろう。



図の説明: 青棒は電子光物理学研究センター教員が代表者として獲得した科研費の総額、オレンジ色は分担金総額を表す。赤棒は、令和4年2月28日付で内定の出た新規採用科研費課題の科研費。オレンジ色で示しているのは、一人当たりの科研費獲得額が全学トップの期間(2022年度分は推察)。2010年度前後も全学一位であった可能性は高い。

 科研費獲得.png

4. サイクロンセンターとの連携強化による短寿命 RI 利用の新展開を目指した取り組み

No.32 ②-3 附置研究所等の機能強化

No.23 ②-2 イノベーション創出を実践する研究の推進

No.25 ③-1 新たな研究フロンティアの開拓

実績報告

放射性同位元素、RI (radioactive isotopes) は広範な基礎研究分野並びに医学も含めた応用研究で使用されている。東北大学は国内で唯一、大型の電子加速器とサイクロトロンを有する大学である。電子、イオンビームでは生成可能な RI 種が全く違うため、多種多様な RI を生成し学内外の様々な研究者に供給している。これら加速器利用による多様な RI 生成や分離・供給の技術的の長年の蓄積のおかげで、多様な RI 種への対応が可能で、それを背景とした RI で標識化した薬剤や放射線イメージングを先駆けて進めてきた。

最近では、細胞殺傷能力の高い α 線を放出する RI を薬剤により直接がん細胞に送り届け、がん細胞のみを殺傷する RI (Ac (アクチニウム) や At (アスタチン)) を利用した新しい治療法が注目を集めており、Ac は電子光センターで、At はサイクロトロンでそれぞれ生成可能である。両 RI が自前で生成可能なのは国内で本学のみで、生成や生成に向けた開発研究が企業との共同研究で進んでいる(プレスリリース参照)。

そのほかに、当センターとサイクロトロンとの連携(電子光で生成、サイクロでイメージングなど)による動植物内での元素の挙動を RI を利用したリアルタイムイメージングも進んでいる。

令和3年度は、両加速器の連携を加速させ、既存の研究の深化とともに異なる学術研究の融合による新しい研究の芽の創出を進めるべく、組織的な変革も視野にサイクロトロンセンター渡部センター長と定期的な会合(1-2回/月)を重ね、下図のような検討案を作成した。

令和4年度以降はこの計画を具体化すべく、大学本部を含め関係部署と協議を始めたい。



ELPH+CYRIC.png

5. インタビュー・動画配信・プレスリリース・出前授業・集中講義

No.36 ②-2 知縁コミュニティの創出・拡充への寄与
No.23 ②-2 イノベーション創出を実践する研究の推進
実績報告

令和3年度は以下のようなアウトリーチ活動を行なった。

- 1) 当センター並びに当センターで推進している陽子電荷半径研究に関するインタビュー(国立大学附置研・センター会議)
- 2) 当センターで推進している原子核研究に関する YouTube 動画配信(国立大学共同利用・共同拠点協議会)
- 3) グリーンシーズラウンジでの講演(東北大・クリーンプラネット)
- 4) プレスリリース: 原子核の新しい状態の発見(東北大・KEK)
- 5) プレスリリース: アルファ線を利用した放射線がん治療用放射性同位体生成技術の確立(東北大・日立)

上記以外にも当センターでは、大型加速器に対する関心の高さから公開講座を定期的開催するなど積極的にアウトリーチ活動を展開している。令和3年度は、宮城第一高等学校の生徒79名の見学会ならびに講義を行なった。また例年通り埼玉県熊谷高校で250人を対象とした原子核物理に関する出前授業とともに、慶應義塾大学での量子水素エネルギーに関する特別講義や陽子半径問題に関する千葉大学のオムニバスセミナーでの講演への招待に対応している。

また令和2年度に立ち上げた「バーチャル施設見学会」は引き続き運用をしている。コロナ禍で実施できない一般公開のため、ドローン等を利用した加速器や実験装置等の360°動画がいつでも見ることができるHPを準備しており、一般市民への原子核物理に関する理解を深める取組を行っている。



 アウトリーチ.png

6. 教員の研究時間確保に係る取組

No.64 ①-1 効率的かつ効果的な事務等の構築・機能強化

実績報告

大型加速器を有する共同利用・共同研究拠点である当研究センターでは、加速器からの電子ビームやガンマビームを様々な研究分野の国内外の研究者にを提供し基礎研究を中心として共同研究を展開している。共同利用推進と並行して、当センター教員自身も特徴ある研究を推進している。教員自体の研究時間を確保するため今までに様々な取り組みを行っており、それが一人当たりの科研費獲得額が長年の全部局中一位という成果に現れているものと考えている。今後も、IT技術等の活用や日常的な業務見直し等を通じて、共同利用・共同研究を推進しながら教員の研究の更なる活性化につなげたいと考えている。

1) 外部利用者に対する年一度の放射線再教育は、従来は共同利用時の来所に合わせて所内担当者が個別に対応し毎回 1 時間の再教育を実施していたが、**再教育用動画を作成しかつオンデマンド対応とすることで所内対応者の負担が大幅に軽減された**

2) 加速器の共同利用課題申請や認可された課題実施時の加速器運転計画書等は、インターネットを利用したオンライン提出・処理としている。毎年、多くの課題申請並びに認可課題を実施しているため、**従来の紙ベースの処理に比べ、事務員による課題審査委員会用資料作成作業だけでなく複数の担当教員による申請書決済などの負担を軽減することができた。**

3) 小部局だが大型施設を維持管理しているため、さまざまところで IT や DX 技術を最大限活用し、教員の研究時間捻出の努力をしている。安全第一として、少人数で加速器運転や長期間の測定そしてオンラインでのデータ解析も行えるよう IT 技術を駆使し自動化を進めている。他部局にも参考になると思われる一例を紹介する。建屋や実験室に大きなダメージを受けた先日 3 月 16 日に発生した地震対応である。煙突上部や建屋高所などの被害調査は、以前は足場を組む必要上、時間と費用がかかっていた。当センターではドローン技術を導入し、大幅に時間(労力)だけでなく費用も大幅に削減している。高さ 20m 強の煙突も、わずか 1 時間程度で被害状況を調査し、今後の対策も素早く講じることができた。

4) 共同利用・共同研究拠点である当センターが主催・共催する研究会について、**オンライン中心のハイブリット形式での実施を支援することで、主として移動時間を節約し研究に割り当てることができるようにした。**研究会実施は技術職員の支援で実現しており、教員は研究に関する議論に集中できる環境とした。

5) **会議数の削減の努力を継続している。**長年センター教員による教員会議と技術職員や事務職員も参加するセンター会議が独立に開催されていた。教員の研究時間確保にも資する会議数軽減の取り組みの一つとして、教務以外は共通点が多いことから両者をコンバインする試みを実施した。現時点で大きな不都合はなく、実質的に教員の会議拘束時間をほぼ半分とすることができた。

6) 現在走っている大型科研費の、発注等の事務作業、研究を進める上でのデータ整理や資料作成、研究者交流関連の作業が大幅に増加した。そのため研究者が研究に集中できるようにデータ整理や資料作成等をサポートする技術補佐員 1 名を新たに雇用した(雇用費用は科研費)。



 Chousa.png