

## マックスプランク・プラズマ物理研究所・ガルヒン滞在記

西浦正樹

「電磁波」は携帯電話などのコミュニケーションツールとして使用したり、電子レンジで食品を温めて調理することに使われたり、私たちの生活の様々な場面で有効に利用されています。核融合プラズマ研究においては、電磁波はプラズマを点火・加熱するために利用され、また微弱な電磁波により非接触で密度や温度などプラズマの状態を調べるために使われています。ここ数年、私はこの電磁波による加熱とそれを使った計測によりプラズマの物理現象の理解を深めることを念頭に、核融合科学研究所において研究を進めていますが、総合研究大学院大学若手教員派遣事業の支援により、新しい環境に身を置き研究する機会を得ることができました。派遣先はドイツのマックスプランク・プラズマ物理研究所(Max Planck Institute for Plasma Physics、通称IPPガルヒン)です。その訪問客員研究員として派遣期間は2013年4月1日から9月16日、執筆時点で約3ヶ月が経過したことになります。

IPPガルヒンはミュンヘン中心部から地下鉄で北へ30分ほどの所にあります。この研究所ではASDEX Upgradeと呼ばれる核融合プラズマ実験装置を使い、この分野を先導する研究成果を挙げています。その中でも「電磁波」を使った加熱と計測の研究やプラズマ物理現象の本質の理解を目指した研究に取り組んでいるということ、我々の研究所と交流があるという理由から派遣先として選びました。

ASDEX Upgradeは4月末までプラズマ実験を行い、その後6ヶ月程度の装置の改修・メンテナンス期間に入っています。私は滞在期間中にトカマクシナリオ開発部門(代表Zohm教授)の電子サイクロトロン加熱グループ(グループリーダーStober博士)に所属し、ジャイロトロンと呼ばれる電磁波を使ったプラズマ加熱装置を使用した実験に参加しました。様々なプラズマ実験提案をプロジェクトとして、どのように進めているのかという点は非常に参考になりました。



デンマーク工科大のグループとASDEX Upgrade電子サイクロトロン加熱グループの人たちと実験後に電子サイクロトロン加熱機器制御室にて

私は核融合科学研究所において、電磁波の散乱波を利用してプラズマ中の荷電粒子の速度分布を計測する協同トムソン散乱計測に関する研究を進めています。デンマーク工科大のグループはASDEX Upgradeにおいて同様の研究を進めているため、彼らの実験準備とプラズマ実験に参加しました。更に、実験期間が終了した5月には彼らと共にASDEX Upgradeの真空容器内に入り、機器調整を行いました。これらの実験結果はデンマーク工科大とIPPガルヒン間をテレビ会議で結び、継続的に議論を行っています。私は昨年度に得られた大型ヘリカル装置の協同トムソン散乱計測の進展について議論し、意見交換を行いました。その結果を7月にフィンランドで開催されたプラズマ物理に関する欧州物理学会会議において報告しました。

普段の外国出張は国際会議に参加するために1週間程度外国に滞在するだけなので、研究内容について議論するなど話題が限定的です。しかし、長期滞在となると様々なイベントに出くわします。研究所は博士課程の学生に研究の場を提供し、研究者は大学で講義をしたり、その学生の指導教官になったりしています。5月にその指導した学生の博士の学位取得を祝うささやかなパーティーに参加しました。ドイツでは博士の学位を取得すると修了時に黒い四角い博士帽を被ることになるのですが、その帽子に研究に縁のあった人がめいめいに好きなものを飾り付け、それを眺めながら指導教官をはじめ、ASDEX Upgradeチームのメンバーや学生達で思い出話をしてティータイムを楽しむのです。こういった習慣は日本の博士課程修了時には無いもので、非常に興味深いイベントでした。

滞在期間も残り数ヶ月となりちょうど折り返し地点です。今後はジャイロトロンを使ったプラズマ不安定性制御実験について研究をまとめたいと考えています。(プラズマ加熱物理研究系 助教)



ASDEX Upgradeの真空容器内における作業

## 3rd East-Asian School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas (第3回 東アジアの実験室・宇宙空間・天体プラズマに関する学校と研究会) 居田克巳

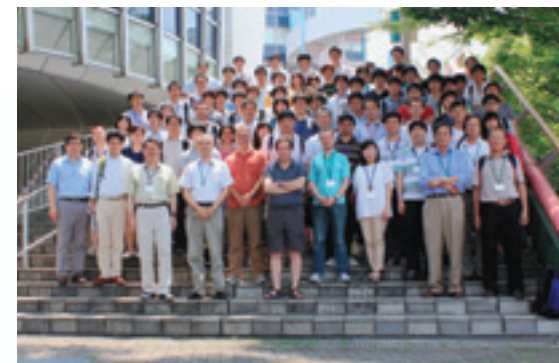
この会議は、実験室・宇宙空間・天体プラズマの各分野から第一線の研究者を招いて、学生・若手研究者を対象に講演を企画、プラズマ物理に対する広い視野をもった東アジア(日本、韓国、中国等)の研究者を育てることを目的として、3年前に始まりました。第1回は中国の北京、第2回は韓国の済州島で開催されました。今回は2013年7月8日から12日までの5日間、東京代々木・国立オリンピック記念青少年総合センターで開催され、校長は常田佐久氏(国立天文台教授・宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所長)、副校長は小野靖氏(東京大学教授)と筆者が務めました。参加者は日本(58名)、中国(8名)、韓国(17名)、アメリカ(5名)、台湾(5名)からの計93名でした。

前半の2日間は国内外の著名な講師を招いての講義、後半の3日間は若手研究者の発表、ポスターセッション、国立天文台へのテクニカルツアーを行いました。講義は特に実験室プラズマと天体プラズマに共通したテーマに特化し、1)乱流、2)リコネクション、3)波と粒子との相互作用、4)ダイナモ、5)運動量輸送、6)高ベータプラズマの物理に関するものでした。各テーマに

ついて実験室プラズマから1件、天体プラズマから1件の講義がありました。印象に残った話題としては、太陽フレア、差動回転、太陽粒状斑の話でした。これらの現象において重要な役割を果たしている物理機構は、磁気リコネクション、運動量輸送、乱流ですが、これらはまさに実験室プラズマで今話題になっている研究テーマです。天体プラズマと実験室プラズマは空間スケールや時間スケールこそ全く異なるプラズマですが、その物理メカニズムには共通の多いことに驚かされました。核融合科学研究所からは、伊藤公孝教授が「磁化プラズマの乱流と輸送」の講義を、後藤基志准教授が「大型ヘリカル装置を使った分光による原子分子プロセスの研究」、渡邊智彦教授が「プラズマの乱流と輸送」、石澤明宏助教が「共鳴磁気流体学不安定性の理論」についての招待講演を行いました。筆者は「実験室プラズマの運動量輸送」という内容の講義を行いました。第4回は2014年に中国の北京で開催される予定となっています。

(ホームページ <http://easw3.nifs.ac.jp>)

(高温プラズマ物理研究系 研究主幹・教授)



参加者の記念写真



講義風景

## 第40回プラズマ物理に関する欧州物理学会会議

鈴木康浩

2013年7月1日から5日までの5日間、フィンランド・エスポーにて第40回プラズマ物理に関する欧州物理学会会議(40th European Physical Society Conference on Plasma Physics)が開催されました。この会議は欧州物理学会のプラズマ分科会が開催する会議ですが、米国・日中韓からの参加者を含め約500人という多数の参加者がありました。

会議初日には恒例のAlfvén賞の授賞式があり、マサチューセッツ工科大学のMiklos Porkolab博士が、プラ

ズマの高周波誘導加熱の物理研究と技術開発への貢献を評価され受賞されました。

会議は、磁場閉じ込めプラズマ、ビームプラズマ・慣性核融合、低温プラズマ、宇宙プラズマの4つの分野に分かれて、興味深い発表が行われました。核融合プラズマの発表では、前半にイギリスのJETトカマクに設置されたタングステンダイバータに関する研究成果とそれに関する話題が配置され、プラズマ・材料の相互作用、タングステンダイバータの閉じ込めへ

## 会議報告

の影響が議論されました。後半は3次元磁場構造の物理、電磁流体力学や輸送などの話題が議論されました。特に3次元磁場構造の物理に関する議論はトカマク・ヘリカルが一堂に会したセッションが企画され、議論が大変盛り上がりしました。

筆者は、「大型ヘリカル装置を用いた3次元磁場構造に対するプラズマ応答の実験的研究」というタイトルで、プラズマ周辺部で観測される電場構造が複雑な周辺磁場構造を反映したものであるという作業仮説を、実験的に検証した研究成果を招待講演として発表しました。建設が始まった国際熱核融合実験炉ITERでは、プラズマ周辺部に局在化したプラズマ不安定性の制

御方法が大きな課題となっています。プラズマ外部から共鳴擾動磁場を重畳すると制御できるという報告が数多くなされていますが、磁力線構造を直接、目で見て確認することはできません。そこで筆者らは、磁場構造を反映した電場の構造を調べることで磁場構造を推定できることを、大型ヘリカル装置(LHD)を用いた実験で検証することに成功しました。この研究は、LHD装置がもつ3次元磁場構造を活用した独創的な研究として注目を集めました。

次回は2014年6月23日から27日までドイツ・ベルリンで開催予定です。

(核融合理論シミュレーション研究系 助教)



会場の様子

## 第28回 International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions

加藤 太治

中国の蘭州市内のホテルで開催(7月24日~30日)された第28回 International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions(ICPEAC)に出席しました。本国際会議は、原子衝突過程についての研究情報を交換する場として、当該分野では最も規模の大きなものです。今回の参加者総数は約450名で、核融合科学研究所(NIFS)からは筆者を含めて2名ですが、国内外の大学等から共同研究者が多数参加しました。筆者は、国際熱核融合実験炉ITERのプラズマ対向壁に用いられるタングステン表面での水素原子の反射と励起状態に関する理論研究の成果をポスターで発表しました。参加者と情報交換を行い、今後の実験的検証に役立つ知見を得ることができました。また、NIFSの坂上裕之助教は、小型電子ビームイオントラップ(CoBIT)を用いたタングステン多価イオンの分光実験の成果をポスターで発表し、参加者の関心を集めました。

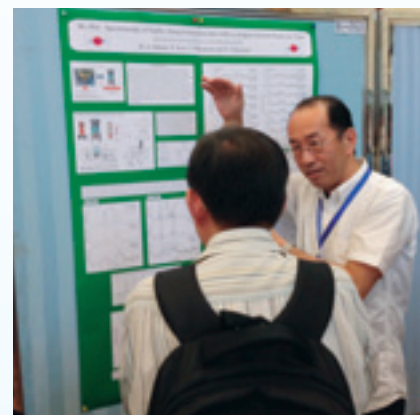
本会議では、核融合プラズマ、天体プラズマおよびプラズマ応用の観点から注目される新しい原子分子過程データについての発表も多数あり、参加者との議論は大変有意義なものでした。また、オークリッジ国立研究所から参加したFred Meyer氏が、核融合分野で注目されているタングステンへのヘリウム照射で生じる微細構造(ナノバブル、Fuzz)について招待講演を

行い、原子物理の専門家の関心を得ていました。

最後に、会期中に開催されたGeneral Committee会で委員メンバーの改選が行われ、筆者が本委員会メンバーに新任されました。今後、プラズマ・核融合研究分野からICPEACへの参加が増えることを願っています。

次回は、2015年7月22日~28日にスペインの古都、トレドで開催される予定です。

(核融合システム研究系 准教授)



ポスターの前で説明する坂上助教

## TOPICS トピックス

### 市民学術講演会を開催しました

核融合科学研究所は、7月20日(土)にセラミックパークMINO(多治見市)において、「科学技術最前線 スペースガードとフュージョン」をテーマに市民学術講演会を開催しました。

前半は、吉川 真 宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所准教授が、「小惑星が地球に衝突する!?…避けられるか?—小惑星インパクトとスペースガード—」と題して、太陽系小天体の最新観測情報をまとめ、地球に衝突してくる可能性のある天体を対象に、スペースガードの観点から現状の理解と活動について、今年の2月にロシアに落下した隕石の例などを挙げて、分かりやすく解説されました。

後半は、小森彰夫 核融合科学研究所長が、「世界の核融合—世界をリードする日本と、アジアの台頭—」と題して、将来の基幹エネルギーとして期待されている核融合エネルギーの世界の最新研究と、目覚ましい進展をみせているアジア諸国の研究の現状について、講演しました。

講演会には多治見市、土岐市、瑞浪市の市民の方を中心に270名が参加し、熱心に耳を傾けていました。



講演会の様子



会場の様子

### 市民説明会を開催しました

核融合科学研究所は、土岐市(6月25日(火)~7月11日(木))、多治見市(7月16日(火)~8月1日(木))および瑞浪市(8月2日(金))において、核融合研究の進展と核融合科学研究所の重水素実験計画について、市民説明会を開催しました。

説明会には、期間全体にわたって、土岐市8会場で236名、多治見市14会場で152名、瑞浪市1会場で49名の方にご参加をいただき、大型ヘリカル装置(LHD)における研究の進展状況および重水素実験の必要性とその安全性について、研究所から説明を行いました。

また核融合発電の仕組みと実用化に向けた展望も説明いたしました。

### 総研大 アジア冬の学校のご案内

2013年12月10日(火)から13日(金)までの日程で総合研究大学院大学(総研大)アジア冬の学校を核融合科学研究所(NIFS)にて開催いたします。この総研大冬の学校は、総研大物理科学研究科の5専攻で行っている研究・教育活動を、日本国内を含むアジア諸国の大学生、大学院生および若手研究者の育成に広く供するために、2004年度より毎年開催されています。本年度の研究科共通テーマは「世界を眺める新しい目」です。核融合科学専攻では、「プラズマ物理と核融合科学における複合的アプローチ」をサブテーマとして掲げ、例年と同様にシミュレーション科学教育講座との共催で、プラズマ物理の基礎から核融合を目指したプラズマ実験、核融合プラズマやプラズマ複雑現象のシミュレーションまで幅広い講義を行うことを予定しています。また、参加者の研究に関するポスター発表や、参加者とNIFSの学生や所員との交流の場としての懇親会、大型ヘリカル装置(LHD)の見学会や仮想現実装置(CompleXcope)の体験実習等の企画も予定しています。

核融合研究・プラズマ科学研究に関心をお持ちの学生・若手研究者の方の参加をお待ちしています。詳細については下記ウェブサイトをご覧ください。

<http://www.nsrp.nifs.ac.jp/aws/index-j.shtml>