


 インフォメーション

## ■会議報告

### 第44回 European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS)

二谷辰平 (Barcelona Supercomputing Center)  
森 芳孝 (光産業創成大学院大学)

#### 1. 概要

第44回 European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS)は、2017年6月26日から30日まで北アイルランド・ベルファストで行われた。会議場はWaterfront Hallというベルファスト中心部に近いところにあるカンファレンスセンターで、クイーンズ大学ベルファストのCentre for Plasma Physicsがローカルオーガナイザーとして本EPS会議を運営してくれた。今回のEPSは総登録者数732名で基調講演13件、招待講演67件、口頭発表94件、ポスター発表564件という、例年並みの規模で開催された。プログラムのトピックスは、今年も(1)磁場閉じ込め、(2)ビームプラズマと慣性核融合、(3)低温・ダストプラズマ、(4)基礎・天体プラズマの四つのカテゴリーに分けられていた。午前のプログラムは基調講演で始まり、その後、招待講演と口頭発表が4つのカテゴリーに分かれてパラレルセッションで行われた。午後はポスターセッションが行われた後に、再び招待講演と口頭発表のパラレルセッションが続けられた。会議初日にはベルファスト市庁舎でウェルカムレセプションが行われ、4日目の夜には、有名な英豪華客船タイタニック号の建設場跡で今は博物館となっている、Titanic BelfastでのBanquetが行われた。写真はウェルカムレセプション会場およびカ



初日のWelcome Reception会場であった市庁舎内。

ンファレンスディナーの様子である。毎年、Local organizersがたくさんの時間と労力を使って有意義でありながら趣向を凝らした会議イベントを運営してくれるので、感謝している。

会議初日は Hannes Alfvén Prize の受賞式と受賞者の Kurchatov Institute (Moscow, Russia) の Ksenia Aleksandrovna Razumova 氏による記念講演が行われた。講演では内部輸送障壁の発見などのトカマクプラズマの理解の進展を丁寧に説明し、巨視的に安定であるプラズマは自己組織化されていること、熱伝導係数が局所的なパラメータに依存しないことを示した。これらの発見はトカマクプラズマの理解に大きく貢献するものであった。

今年の Innovation Prize は Montréal 大学 (Québec, Canada) の Michel Moisan 氏に与えられた。受賞理由はマイクロ波プラズマ源の理解と発展における先駆的貢献および材料加工、健康管理、環境保全への応用であった。PhD Research Award は Justin Ball 氏、Luca Fedeli 氏、Toon Weyens 氏に与えられ、第13回 Kyushu University Itoh Project Prize は EPFL の Matteo Fontana 氏に与えられた。

会議初日の Alfvén Prize 記念講演に続く Plenary 講演では M. Wischmeier 氏によって磁場閉じ込めプラズマについて、そして P.M. Bellan 氏によって基礎・天体プラズマ



4日目のConference dinner会場であったTitanic Belfastと、Banquetの様子。

についての講演がなされた。これらの発表だけでなく、他の Plenary 講演も、他分野の聴衆が興味を持ち、そして理解しやすい講演であった。

会議期間中の天候は曇り時々雨、しかも我々がイメージする夏とはほど遠く寒いものであった。しかしながら、アイルランドの名物料理であるアイリッシュシチューやビーフアンドギネス(牛肉のギネスビール煮込み)などの温かい料理を堪能するにはちょうど良い気候であった。ベルファストの多くのパブでは、ギネスと牡蠣がセットで勧められているのが興味深かった。牡蠣だけでなく、他のシーフードも絶品であった。夜になるとさらに気温は下がったが、共同研究者や旧友たちと共にアイリッシュミュージックの生演奏を聴きながらギネスを飲んで体温調節に励んだ。ケルト文化を堪能できる環境での会話は、会議場での議論とはまた違った楽しみや発見があった。このように、EPS などの大きな国際会議はとても貴重な国際的、しかも世代を超えた交流の機会なので、今後も積極的に取り組んでいきたい。このような機会での人脈拡大という意味でも、このベルファストでの会議は大変有意義だったと言えるだろう。筆者は普段はスペインにいたので、今後さらにヨーロッパまたは日本で、多くの日本人研究者とも知り合えたら(絶品料理と率直な議論を肴に吞めたら)幸いである。次回の EPS 会議は 2018 年 7 月 1 日から 6 日にかけてチェコ共和国・プラハで開催される。(二谷)

## 2. 磁場閉じ込め核融合プラズマ

磁場核融合プラズマセッションでの講演についていくつか紹介したい。初日の Plenary 講演の最初の講演者は M. Wischmeier 氏で、核融合炉壁周辺の低温プラズマ層について、最近の実験と理論シミュレーションとの結果が比較された。近年、コンピュータの演算処理能力の向上と数値シミュレーション技術の発展に伴い、実験結果とシミュレーション結果の比較が重要な課題になってると感じる。会議 2 日目の Plenary 講演は A. Hubbard 氏が Alcator C-Mod の結果を用い、高トロイダル磁場・高電流シナリオにおいて高いプラズマ圧力の改善を得られたことを紹介した。

会議 2 日目午前のセッションでは、現在のヨーロッパでの核融合研究のトレンドのひとつである Wendelstein 7-X (W7-X) およびステラレータ装置に関する発表でプログラムが組まれていた。G. Kocsis 氏が W7-X の 4.3 MW ECRH 加熱によるヘリウムと水素プラズマによるリミター配位での最初の実験キャンペーンの成果報告をした。SOL と LCFS 内側での 3D フィラメント構造の美しい計測画像が紹介され、それは 100  $\mu$ s 以下のライフタイムをもち E×B advection によってトロイダル方向に回転していることが示された。

シミュレーションに関しては、今回の EPS でも X-point を含んだ領域での非線形 MHD コード JOREK の話題が多く、周辺領域の理解が徐々に進展していると感じた。様々な MHD および ELM 関係の結果が筆者 (Futatani) を含む、Hu, Liu, Meshcheriakov, Orain, Sommariva, van Vugt,

Zielinski らによって紹介された。F. Orain 氏は ASDEX Upgrade プラズマにおける ELM 抑制が ELM と RMP のトロイダルモードカップリングによるもので、それが圧力勾配の低下だけによるものではないことを示した。ついで、N. Aiba 氏は、拡張 MHD モデルに基づく ELM 安定性解析の進展を報告した。具体的には、線形解析コード MINERVA-DI により、イオン反磁性ドリフトによる ELM 安定化がプラズマ回転により緩和される影響が JET-ILW 装置における ELM 発生条件の同定に重要であること、また、JOREK による JT-60U 装置における ELM によるダイバータへの熱負荷評価結果を示した。さらに、これらのコードを用いた JT-60SA の ELM 安定性予測結果も報告され、モデル拡張による同予測の信頼性向上への試みが示された。(二谷)

## 3. ビームプラズマ・慣性核融合

ビームプラズマならびに慣性核融合プラズマ (BPIF: Beam Plasma and Inertial Fusion) 関連で、4 件のプレナリー講演:「実験室におけるウオームデンスマターの生成と特性」(Centre for Plasma Physics, Queen's University : D. Riley),「国立点火施設 NIF における高フット爆縮のための放射駆動環境の改良と開発」(Lawrence Livermore National Laboratory: D. E. Hinkel),「高出力レーザーを用いた高強度場古典および量子電磁気学の可能性」(Max-Planck-Institute for Nuclear Physics : A. D. Piazza),「電子及び陽電子駆動プラズマ加速の最近の実験結果の概要」(LOA, Ecole polytechnique : S. Cordec)があった。17 件の招待講演と 24 件の口頭発表が行なわれた。また、BPIF のポスターセッションで約 96 件のエントリーがあった。日本から BPIF 関連での発表は、報告者の知る限り、口頭発表 1 件とポスター 4 件であった。以下、報告者の聴講した講演をもとに述べる。

リバモアからは、ホーラムターゲットを用いた NIF の間接照射慣性核融合実験の進捗が報告された。従来問題とされてきたレーザー光がホーラム入り口で交差する際に生じるエネルギー損失及び、レーザー光がホーラム内壁を照射する前に燃料アブレータをかすめることによるエネルギー損失を改善するために、新たに Larger Longer Less gas : LLL ホーラムを考案した。実験した結果、レーザーから X 線放射への変換効率が従来の標準ホーラムの達成値 63% から 87% に改善し、発生中性子イールドも  $5.8 \times 10^{15}$  n/shot を得たが、ホットスパーク形状が縦長となり問題が残っていると報告がなされた。一方、別のキャンペーンで、高密度カーボン(HDC)をアブレータに採用したターゲットをショットした結果、中性子イールド  $1.5 \times 10^{16}$  n/shot (出力 34 kJ) を得、これまでの記録 26 kJ を更新したと触れられ、地道ながら進展している様子とうかがわせた。

超短パルスチタンサファイアレーザーを用いて研究開発が進められているレーザー粒子加速については、電子加速及びイオン加速の報告がなされた。電子加速については、レーザー航跡場電子加速によるエネルギー 1 GeV を超える電子発生の状況及びレーザー航跡場の電場構造

をレーザー加速電子ビームでプローブする報告などがあった。イオン加速の報告はDNAへの照射など医療応用などを視野にいたった報告が目立つ中、レーザー加速イオンを用いて、ターゲット裏面の密度の薄いプリプラズマ領域に発生する2流体電磁ワイベル不安定性に起因する磁場を検出した実験結果及び数値シミュレーション結果が印象に残った。

ワイベル不安定性については、我々の報告を含め、複数のグループから、実験及び理論シミュレーションの口頭発表報告がなされており、プラズマ中に励起されるビーム不安定性というプラズマ物理を意識したプログラム編成であったと理解している。

レーザーではなく加速粒子を用いるプラズマ加速については、CERNから報告されたプロトン駆動プラズマ加速(AWAKE)の初実験の結果報告を述べておきたい。陽子シンクロトロン加速器SPSからの450 GeV陽子ビームを、今回新たに導入した長さ10 mのルビジウムプラズマ(密度 $10^{14-15} \text{ cm}^{-3}$ )源へ入射し、プラズマ中の密度変調を捉えたという内容であった。ここ1, 2年の目標は、プラズマ自己変調による1 GV/mの加速勾配の達成とのことである。AWAKEは、プロトン駆動プラズマ加速の可能性を探る基礎実験を目的としており、将来的に、LHCのリング内を周回している加速粒子エネルギー7 TeV、総バンチエネルギー100 kJ以上のプロトンビームを活用し、プラズマ加速によりエネルギー1 TeVの電子及び陽電子加速を実現することを目指したものである。インフラはLHCとして既に整備されているため、

実現できれば、現在、設計がすすめられている新規建設の国際リニアコライダーILCよりも、経済的にTeV電子を手に入れることができるとのこと。

ここ数年、発表件数が増えている量子電磁気学(QED)を想定した超高強度場関連からは、Queen's Collegeからの実験報告：レーザー航跡場加速電子へ集光強度 $10^{21} \text{ W/cm}^2$ 以上の超高強度レーザーを対向照射させることで、超高強度場による加速電子エネルギーの減衰を探る試みが興味を引いた。このような基礎実験が展開される背景には、現在、東欧3拠点で展開中のELI (Extreme Light Infrastructure:極限光施設)プロジェクトがあるものとおもわれる。

最終日に、日本から参加した「ビームプラズマと慣性核融合」セッションの数名が集まり、夕食を兼ねたブリーフィングを行った。出席者の感想は、以下のとおりである。欧州は、積極的に若手に招待講演及び口頭発表の機会を提供する傾向にある：ELIプロジェクトが立ち上がっているため、超高強度場関連の理論ないし実験報告が目立つようになった。一方、レーザー核融合の発表件数は減少しており、仏で建設中のLMJの立ち上げを待つ段階にある等。レーザーに代表されるビームプラズマは、駆動源のレーザービーム技術が発展途上であるため、慣性核融合の進展はもとより、技術発展にともなった新たなプラズマ物理やプラズマ応用が開拓される可能性が高い。欧州はその装置インフラ開発を積極的に進めている。(森)

(原稿受付：2017年7月15日)