

2014, Jan.

No. 310

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

■ レーザー技術総合研究所所員一同

■ 【謹賀新年】新年のご挨拶

■ 2013 International Workshop on EUV and Soft X-ray Sources,
55th American physical society DPP (Division of Plasma Physics)

■ 参加報告

■ 【新入研究員】極端紫外光発生の高効率化を目指したシミュレーション研究

■ 主な学会報告予定



レーザー技術総合研究所所員一同

【表紙写真】

前列左より 本越伸二、中塚正大、山中千代衛、井澤靖和、三宅浩史、藤田雅之

中列左より 片岡紀子、幸脇朱美、小野田理恵、李 大治、古河裕之、コスロービアン ハイク、コチャエフ オレグ、中村龍史、高山大輔

後列左より 櫻井俊光、染川智弘、谷口誠治、砂原 淳、島田義則

謹賀新年

新年のご挨拶

所長 井澤靖和

2014年の新年を迎え、ご挨拶を申し上げます。

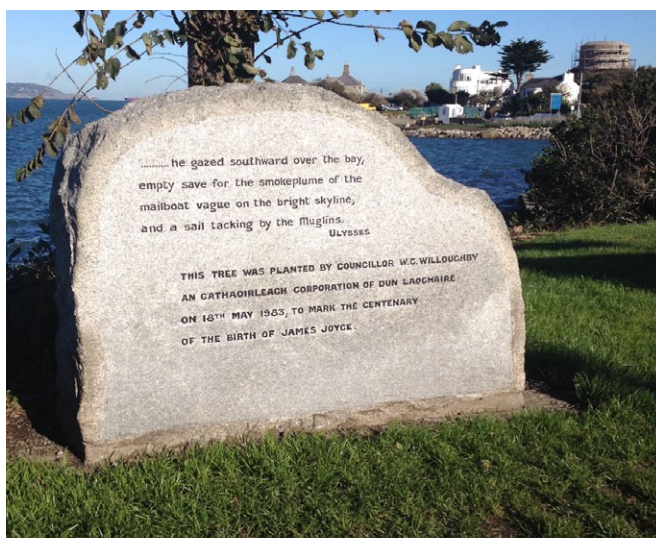
わが国は、震災からの復興、エネルギー・資源の確保と環境問題、高齢化対策と安全・安心社会の実現など多くの課題を抱えおり、その解決に向けて科学技術の果たす役割はますます重要となっています。本格的な「光の時代」を迎え、これまでレーザー産業の発展を支えてきた、光通信・光情報処理技術やものづくり産業技術に加えて、新しい分野へ進出できるレーザー産業の創成が求められています。当研究所は、光・レーザー技術を通してわが国の科学技術の発展と新しい産業創成に貢献すべく研究開発を推進してまいりました。

昨年の当研究所の研究開発状況を概観してみますと、NEDOプロジェクトでは、平成22年度に開始された「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」に加えて、25年度より新たに「革新的省エネルギー技術革新プログラム/実証開発/高効率LLP法EUV光源の実証開発」にも参画することになりました。前者では大阪大学が中心となって進めている高出力パルスファイバレーザー開発に協力し、多ビームコヒーレント結合技術と波長変換技術を分担しています。後者では実用化間近の13.5 nm EUV露光技術開発のため、EUV光源プラズマのシミュレーション精緻化を通してレーザーからEUV光への変換向上を図り、装置設計の指針を確立すべくシミュレーション技術向上の努力を続けています。JR西日本などとの共同研究によるレーザー超音波によるトンネル欠陥検出技術は、山陽新幹線トンネルにおける実地試験を経て実用化に向けた装置開発段階に入りました。この成果に対し、昨年5月、レーザー学会より学術進歩賞を授与され、企業をはじめとする各所から問い合わせや共同研究の申し出などが相次いでいます。また、レーザーミラーなどの耐力向上と耐力評価の標準化をめざす高耐力光学素子研究会も多くの光学素子メーカーの参加を得てデータベースの構築が進展し、国際的にも高い評価が得られるようになりました。フェムト秒レーザー加工、レーザー分光による微量分析、光活性蛋白質の機能解明研究などを継続するとともに、これまで理論研究のみであったTHz分野でも欠陥検査への応用をめざして実験研究を開始しました。

当研究所を取り巻く環境は依然として厳しい状況が続いておりますが、未知・未踏へ挑戦する心を忘れることなく、わが国のレーザー技術及び光科学技術の発展と振興に貢献すべく、所員一同初心に還り、今までにもまして積極的に研究開発に取り組んで参ります。皆様方には、本年もなお一層のご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

2013 International Workshop on EUV and Soft X-ray Sources, 55th American physical society DPP (Division of Plasma Physics) 参加報告

理論・シミュレーションチーム 砂原 淳



【写真】ダブリンの海岸にある小説家ジェイムズ・ジョイス「ユリシーズ」の碑。彼の著書「フィネガンズ・ウェイク」はダブリンが舞台であり、この作品中で鳥がクオークと三回鳴いたところから、後に「素粒子」がクオークと命名されることとなった。

昨春秋、筆者は上記2つの国際会議に参加、発表を行った。本稿では、それぞれの会議で報告された最新の研究動向について述べる。

◆極端紫外光源および軟X線源に関する国際研究会

11月3日～7日にアイルランドのダブリンで開かれた、極端紫外光源および軟X線源に関する国際研究会(2013 International Workshop on EUV and Soft X-ray Sources)に出席した。本会議はUniversity College DUBLIN (UCD)と米国EUV Litho社の共催であり、取りまとめ役は同社代表のDr. Bakshiである。議題の中心は波長13.5nmのEUV光源と、波長6.7nmを主とした短波長域の光源の研究開発およびプラズマモデリングであり、日米欧露を中心に各国の研究者約70名が集合した。

EUV光源では、米国のCYMER社および日本のギガフォトン社からそれぞれ光源開発の取り組みが報告された。両社とも光源の高出力化に苦勞しており、CYMER社が光源出口のEUV出力50～55Wを報告し

ているが、まだ目標の180W、250Wレベルには到達できていない。高出力化の鍵は、メインレーザーに使用する炭酸ガスレーザーの高出力化と、EUV発光の高効率化である。特に後者に関しては、両社ともダブルパルス照射方式を採用しており、スズドロップレットにプリパルスを照射する際のダイナミクスの理解が非常に重要になる。スズドロップレットの挙動解析についてはロシアと我々日本チーム(レーザー総研、阪大、原研)からそれぞれ発表があり、さながらシミュレーション勝負の様相を呈した。ロシアからはスズドロップレットの3次元シミュレーションが報告された。一方、我々日本チームは2次元軸対称計算ではあるが、スズの状態方程式に気液混合状態、相変化を取り入れたスズドロップレットシミュレーションの結果を報告した。スズドロップレットのモデリングは容易ではないが、着実に進化している印象を受けた。シミュレーションの精度検証および解析結果を実際のプラズマ生成条件にいか

に反映させていくかが今後の課題であると感じた。波長6.7nmおよび短波長域の光源に関しては、宇都宮大とUCDからそれぞれ広範囲の波長、物質を対象にした実験結果および理論計算の発表があり、両者が6.7nm域を中心とする基礎研究を牽引している。13.5nmの波長域のみならず、3～6nm域についても理論的なモデリングと実験結果が比較され始めている。

◆米国物理学会プラズマ分科会

次の週、11月10日～15日には米国コロラド州デンバーにて開催された第55回米国物理学会プラズマ分科会(American Physical Society, Division of Plasma Physics (ACS-DPP))に出席した。米国内のプラズマ研究に対する予算が削減されていることもあり、米国研究者と話をすると先行きの厳しさに話がいく。そのような状況下で、国立点火施設(NIF)の点火に向けた詳細な解析結果が多数の研究者から報告された。詳細はプラズマ・核融合学会誌(2014年1月号)に掲載予定であり、そちらの方も参照していただきたい。ここでは要点を述べる。NIFのレーザー核融合点火に向けた実験は今年の夏以降、大きな研究の進展が見られた。昨

年までの実験条件を変更し、新しい「高フットパルス条件」で実験を進めた結果、爆縮性能が大幅に向上した。圧縮燃料部に注入されたエネルギー以上の核融合出力が得られ、20kJの核融合出力が得られた。効率としては1.8MJの入力に対して20kJであるので、まだ1%程度であるが、より重要なことは、アルファ粒子による自己加熱が確認され、爆縮による外部からのエネルギー注入を超えて自己加熱が支配的になる領域に入りつつある、ということである。また、爆縮性能を低下させる最大の要因である流体不安定性の成長についての解析が飛躍的に進んだ。モード1から4までの低次の不安定性について、最大圧縮時だけでなく、あらゆる時刻で極方向および赤道方向から観測され、各不安定性モードの振幅の時間発展がシミュレーションと比較されるよ

うになった。これにより流体不安定性の時間発展に対する理解が格段に進んだ。しかし一方で、ドーナツ型(トーラス型)のコア形状が計測されるなど、今までの予想以上に流体不安定性によるコアの球対称性の崩れが大きいことがわかってきた。今さらではあるが、流体不安定性の抑制の難しさを痛感した。しかし、この事実をポジティブにとらえるならば、まだNIFの爆縮実験は点火に向けて「伸びしろ」があるということでもある。目先すぐの点火は困難だが、流体不安定性、レーザープラズマ相互作用、キャビティ壁の流体ダイナミクスなど、定量的な物理理解と最適化を進め、ダイヤモンドアブレーターなどを利用して爆縮速度を向上させることができれば、来年度の会議までには核融合点火に一段と迫っているに違いない。

新入研究員

極端紫外光発生の高効率化を目指したシミュレーション研究

なかむら たつふみ

理論・シミュレーションチーム 中村龍史



昨年10月1日よりレーザー技術総合研究所の理論・シミュレーションチームのメンバーになりました中村龍史と申します。これまで私は、原子力機構・関西光科学研究所において超高強度レーザーによる電子やイオン、X線・ガンマ線等の新しい量子線源の提案をめざした理論シミュレーション研究を行ってまいりました。また最近では、放射反作用過程を利用した超高強度レーザーによる超高出力ガンマ線発生とその応用に関する研究等にも携わりました。

当研究所におきましては、レーザープラズマによる極端紫外(EUV)光発生に関するシミュレーション研究を行ってまいります。具体的には、EUV光への変換効率の上昇を目指した実験提案や、これまでの手法では解析が難しい現象を対象とした新しいシミュレーションコード開発を目指した研究を行っていく予定です。研究所の皆様のご指導も賜りつつ、当研究所ならびにEUV研究の発展に貢献できればと存じますので、何とぞよろしくお願いいたします。

主な学会報告予定

- | | |
|-----------------|---|
| 1月20日(月)~22日(水) | レーザー学会学術講演会 第34回年次大会(北九州国際会議場)
染川 智弘「レーザーラマン分光法による変圧器油中アセチレン分析」
島田 義則「レーザーを用いた碍子表面塩分計測」
ハイク コスロービアン「高出力、タイル状開口コヒーレントビーム結合のための新技術」(招待講演)
井澤 靖和「レーザーの原子力応用」(創立40周年記念講演) |
| 3月17日(月)~20日(木) | 第61回応用物理学会春季学術講演会(青山学院大学相模原キャンパス)
染川 智弘「レーザーラマン分光法による変圧器油中フルフラールの分析」
谷口 誠治「液中レーザーアブレーション法による還元鉄ナノ粒子の作成と水素生産への応用」
李 大治「負の屈折率平板表面電磁モード解明」
ハイク コスロービアン「単一検出器とSPGDアルゴリズムを用いた重ねアパーチャコヒーレントビーム結合技術」 |
| 3月27日(木)~30日(日) | 日本物理学会第69回年次大会(東海大学湘南キャンパス)
砂原 淳「レーザー駆動高カレントによる高強度磁場生成時のコイルの輻射流体力学的特性と磁場強度」
古河 裕之「レーザー核融合炉チェンバー第一壁の液体金属のアブレーションに関する2次元シミュレーション」
中村 龍史「レーザー生成プラズマからのEUV光発生に関するシミュレーション研究」 |
| 3月27日(木)~30日(日) | 日本化学会第94春季年会(名古屋大学東山キャンパス)
谷口 誠治「液中レーザーアブレーション法による還元金属ナノ粒子の作成と水素生産への応用」 |