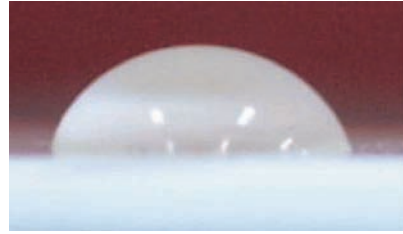
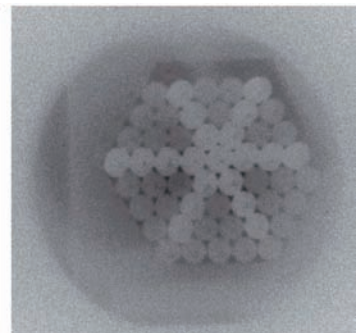
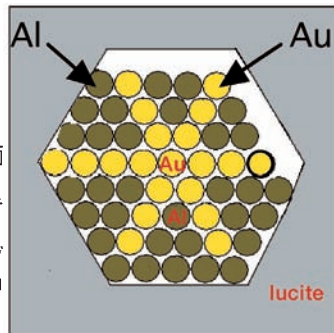


## CONTENTS

- ニュースバルが作り出す光の新技术
- レーザー推進研究の世界的動向、米ロを相次ぎ訪問  
～アメリカ航空宇宙学会とSPIEレーザー光学会議出席～
- 『光と蔭』Inertia of Brain
- 新入研究員紹介  
レーザービーム伝送研究チーム研究員 砂原淳



- 【図1】テフロン表面を軟X線照射し、規定水滴を滴下した例。条件を変えることで、親水性から超撥水性表面まで制御できる。(上段)
- 【図2】核変換実験用ターゲットのγ線ラジオグラフィ画像。左は直径2mm長さ50mmのAlとAuのロッド配置模式図。(下段)



## ニュースバルが作り出す光の新技术

共同研究員( 姫路工業大学 高度産業科学技術研究所 ) 宮本修治、望月孝晏

### ■来年4月には「兵庫県立大学」

姫路工業大学は、1944年開校の兵庫県立高等工業学校を前身とし、49年に工学部を持つ大学として開学されました。90年代山中千代衛学長のもと90年に理学部、92年には自然・環境科学研究所、93年には附属高等学校、94年には高度産業科学技術研究所、98年には環境人間学部が設置され、大発展を遂げています。来年4月には神戸商科大学、県立看護大学と統合し、「兵庫県立大学」となります。

### ■高い論文の引用度指数

本学の研究水準に対する「あまり知られていない評価」の一面は、論文の引用度指数に表れています。朝日新聞社の「大学ランキング」2003年版に掲載された国内大学・機関別の論文の引用度指数(1990～1999年)では、姫路工業大学は工学分野で第1位、化学分野で第3位、生物学・生化学分野で第5位、総合でも第13位となっています。引用度指数は、分野別の平均引用度(100)に対する各大学の引用度の倍率を示したもので、その分野で世界的に著名な学術雑誌に大学から出された論文の全体的な質を表す指標と考えられています。

### ■高度産業科学技術研究所の附属研究施設「ニュースバル」

高度産業科学技術研究所は播磨科学公園都市にあります。附属研究施設として、1.5GeVの電子ビーム蓄積リングによる放射光源「ニュースバル」が稼働しています。本研究所は、光科学

技術を中心とした先端的かつ独創的な研究を推進すると共に、新しい産業科学技術基盤の創出を図り、産業支援を通して社会の発展に貢献することを目的として設置されました。

ここで発生する光は、主に軟X線、真空紫外領域の光で、産業界への活用が拡大していくと予想される領域の光です。ニュースバルを用いて半導体やマイクロマシンなどの微細加工技術の開発、材料技術の開発、新光源の開発等産業に結びつく技術の開発を行っています。

### ■軟X線による直接微細加工の研究

微細加工の分野では放射光による高いアスペクト比のパターン形成が可能な「LIGAプロセス」を中核として、マイクロプロセスの研究開発を行っています。光スイッチ、端末用の光学素子、バイオチップなどの要素部品が出来ています(図3)。また、極端紫外リソグラフィ露光装置の開発と共に、プロセスの開発を行っています。世界一微細な50nmのパターン形成に成功しています。さらに、EUV光学系の波面収差を高精度に評価する技術やEUVL用フォトマスクの検査技術の開発研究も行っています。

ニュースバル放射光を使って、軟X線による直接微細加工の研究も進められています。さらに、物質の表面に放射光を照射すると光励起反応により、テフロン表面の組成・構造を変化させ、親水性から超撥水性まで制御できることを見出し

次ページへつづく▶

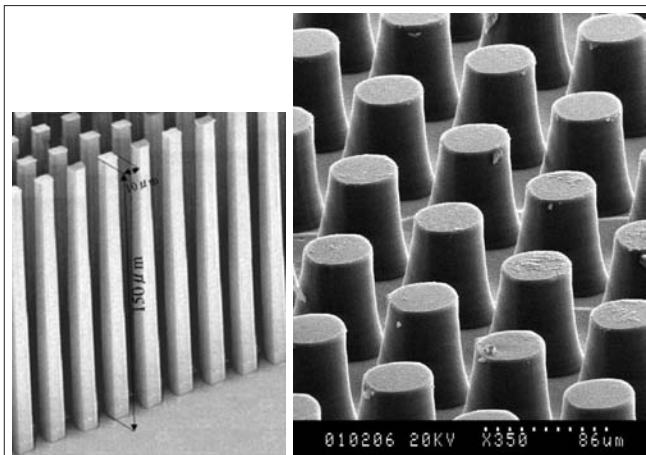
した(図1)。このように、屈折率や親水性などの物性が変化する現象を利用して、光導波路技術や機能性素材の表面改質研究も行われています。

■γ線ビームの発生とその応用研究

新光源の開発では、蓄積電子ビーム流を利用して線ビームの発生とその応用研究を行っています。これまでの線利用は放射性物質からの崩壊線を用いていましたから、ランプのようにあらゆる方向に放射されていました。また、線のエネルギーは用いる放射性物質により決まり、数MeVの線に制限されていました。一方、電子蓄積リングの高エネルギー電子にレーザー光を衝突させることにより、エネルギーの揃った線がビームとして発生させることができます。最近のレーザー装置の性能向上によりこれを利用できることが検証されてきました。ニュースバルで周回している電子ビームにレーザーを正面衝突させると、特殊相対論のローレンツ収縮効果によって逆コンプトンガンマ線は電子の方向に跳ね返され数千万倍ものエネルギーを電子から受け取るのです。

■レーザー総研との共同基礎研究

このビームを原子炉で発生する核廃棄物に照射することによって、核変換を引き起こし、半減期が数千万年のものを数十分にしてしまうという応用が考えられています。これは、(財)レーザー技術総合研究所との共同研究として、基礎研究を開始しています。また、線CTとして、非常に分厚い鋼材を透過



【図3】X線マスクを介してPMMAを露光・現像した例。アスペクト比15。右の微小円錐列は液晶パネルの光拡散板。

して見るという応用も考えられます。図2は長さ50mm、直径2mmの金ロッドとアルミロッドとをアレイ状に束ねた材料をターゲットとしてその線透過像をイメージングプレート(IP)で撮影したものです。この図から、50mm厚の高Z番号物質の透過像が分解能0.2mm程度で得られていることが分かります。また、各ロッドの透過像の中心部に線の収束効果と思われる、強度の強いスポットが観測されました。これらの実験には1~1.5GeVの放射光施設であるニュースバルがエネルギー的に最も適しています。

REPORT

レーザー推進研究の世界的動向、米口を相次ぎ訪問

～アメリカ航空宇宙学会とSPIEレーザーオプティクス会議出席～

■レーザー推進方式特有の利点

アメリカ航空宇宙学会(AIAA)年会およびSPIEのレーザーオプティクス会議に出席するためフロリダ州オーランドとロシア・サンクトペテルブルグ市を訪問した。アメリカ航空宇宙学会ではレーザー推進においてレーザー照射強度を制御することにより推進剤や必要エネルギーを最小限に抑えることが可能なことを示した。これはエネルギーと推進剤質量を独立に制御できるレーザー推進方式に特有な利点である。将来、レーザービーミング技術が宇宙空間で利用できるようになれば推進器へ外部からエネルギー供給可能となり、出発時に搭載する推進剤を非常に小さくし、より多くのペイロードを低コストで宇宙空間へ運ぶことができるようになる。

■第2回目のISBEPを利用して国際協力体制を立ち上げ

レーザー推進研究の世界的動向はL. MyraboのLight Craft(レーザークロス178号)に代表されるようにパルス繰り返し運転が可能な高尖頭出力レーザー装置を用いたレーザー推進の実証研究が最も目を引くものである。また、後述のように文科省の支援の下、当研究所や(独)航空宇宙技術研究所がロシアの光電子機器総合試験研究所(RICTOD)と協力して進めているレー

レーザービーム伝送研究チーム 内田成明

ザー推進エンジンの開発研究もまもなく実証試験を行うところまでくるなど基礎研究と並行して基盤技術研究も進展している。地球の重力下ではペイロード1g当たり平均1kWのレーザーパワーが必要である。したがって数百kWのレーザー装置を用意すればマイクロ衛星の打ち上げ実証実験が可能であり、このような規模のレーザー推進実証実験の提案もなされている。一方、半導体レーザーなど小出力のレーザーを用いても二重構造ターゲットのような運動量結合効率の高い推進剤を用いることにより、軌道上の衛星の姿勢制御に十分な推進力を発生することができる。



【写真】AIAA会場にて(右:筆者)

これらはレーザー推進技術の応用の一例であるが、その実現には大出力のレーザー装置や宇宙実験に適した国際宇宙ステ

ションのようなプラットホームが必要であるので研究規模は国際的な共同研究体制が必要であると考えられる。昨年のアラバマ州ハンツビルで開催された第1回ビームエネルギー推進国際シンポジウム( ISBEP )の第2回がこの秋に仙台で開催されることになっており、この機会を利用して国際協力体制を立ち上げる方策も議論する予定である。

#### ■レーザー核融合ペレット、EUV光源そしてレーザー推進

レーザー推進に用いられる推進剤には固体(または液体)と気体が用いられる。このうち、固体推進剤を用いる方法はターゲット構造を工夫することによりエネルギー効率重視型や推進剤利用効率重視型など使用環境に適した性能を制御することができる。初めに述べたようにレーザー推進を用いるとエネルギーは外部から供給できるので宇宙空間では特に推進剤の利用効率を高めることが輸送コストの低減につながる。このためには少量の推進剤に大量のレーザーエネルギーを供給することにより推進剤を高速に加速することが必要である。一方、従来主に用いられてきた平面ターゲットにレーザーを照射する方法ではレーザーのスポット周辺にも熱伝導により低温プラズマまたは溶融状態が発生し、推進剤の損失となる。したがって、レーザー核融合のようなペレット状の推進剤を、それらを完全にプラズマ化させるに十分なレーザーエネルギーで照射する方式が有望である。ターゲットの照射技術は将来のレーザー核融合実用炉に必須の技術であり、基礎技術開発の研究が始まっているが、レーザー推進への応用は両研究領域を活性化させる相乗効果が期待できるのでぜひとも進めたいテーマである。

#### ■中央フロリダ大学のM.Richardson研究室も訪問

今回はオーランドを訪れた機会に中央フロリダ大学CREOLのM. Richardson研究室も訪問した。この研究室は米国でEUV(リソグラフィ用極端紫外)光のレーザープラズマからの発生を研究している中心的な研究室である。実用EUV光発生装置では固体ターゲットをプラズマ化するときに発生するデブリ対策が大きな課題である。この問題を解決するため研究室では1ショットあたりのEUV光を発生するのに必要最小限度の固体ターゲットを用いる手法を研究している。通常基礎実験などに使われる板状のターゲットにおいてレーザースポット周辺のプラズマになりきれない物質がデブリとなることを防ぐことがメリットであるが、原理は上記ペレット推進剤やレーザー核融合用燃料ペレットの考え方と共通である。

#### ■ISTCプロジェクトによるレーザーロケットエンジンの開発

続いて大西洋を渡って建都300周年を祝うロシア第二の都市サンクトペテルブルグを訪れた。目的は現在、宇宙開発事業団を中心として検討を進めているレーザーによる宇宙太陽エネルギー利用システム(L-SSPS)の紹介と前述のRICTODとの共同研究に関するディスカッションである。L-SSPSの発表はProf. Makの率いるレーザー物理研究所(ILP)が主催するLaser Optics会議で行った。L-SSPSについてはレーザークロス184号に報告したので参照いただきたい。会議で目を引いたのはプレナリセッションで発表があった高出力ファイバーレーザーである。これはドイツIRE-Polusグループの製品でYbドープファイバーからシングルモードで400W、300μm コアからは10kWが出

山中千代衛



## Inertia of Brain

筆者は長年慣性核融合の研究に従事してきた。燃料とする重水素三重水素のペレットターゲットにレーザー光を周囲から照射し、燃料球の表面がプラズマ化し、外向に噴出することを利用する。その現象をアブレーション(融除)というが、この時発生する内向の反作用を燃料の圧縮・加熱に使い、核融合反応をひきおこすのである。磁場閉じ込め核融合方式と違い、燃料が自らの慣性で存在する間にエネルギーを取り出す方式である。

物体にはすべて慣性があり静止物体は常に静止をつづけ、運動する物体は不断に運動をつづける。これが物理学のいうInertia(慣性)の法則である。

ところで慣性のもっとも大なるものは何か、まさにそれは頭脳の慣性ではなかるうか。一旦すりこまれた思考はちょっとやそっとで変更されることはない。昭和20年以降7年に及ぶ占領とその後の影響は日本人の頭脳に深く、広く動かし難い慣性でもって定着している。

GHQ(連合軍総司令部)から与えられた憲法を拳々服膺し、未だに改定出来ないでいる。1990年代のパブル経済の後始末も一向に進まない。時代がとうとうと流動しているのに政府の機構は実質何も変更がない。むしろ硬直化している面もある。政党も旧態依然のまま一向に変わらない。ということは国民全体が大きな慣性力に支配されている何よりの証拠である。

かつてエドワード・テラーは慣性力支配に米国では二つ例外があると言った。それはペンタゴンとユニバーシティだと。両者とも烈しい国際競争に勝ち抜くため不断に新天地を模索しているから、頭脳の慣性を克服しているのだとのご託宣である。しかし、最近のイラク問題ではペンタゴンも同様慣性力が強いようだ。ところで、わが国の大学は残念ながら最も強い慣性力の支配下にある。ボトムアップの習慣がこれを支えているのはまことに妙な取り合わせと言えるのではなかるうか。大学の独立行政法人化が吉と出るか凶と出るかまさに思案の為所だ。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

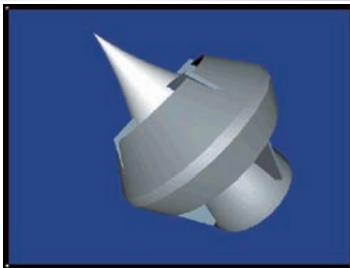
力可能である。コンクリートを切断したり、厚さ8mmのアルミ板を毎分3mの速度で溶接するなど本格的産業応用が可能なファイバーレーザーが現れた。これはCLEO Europeなど他の会議でも「宣伝」されていたようで、各地で話題となった。

#### ■RICTODとの共同研究に関する議論

サンクトペテルブルグを訪れたもう一つの目的であるRICTODとの共同研究に関する議論は場所を移し、80km西にあるSosnovy Bor市で行った。ここはソビエト連邦崩壊までは原子力や軍事用大型光学素子の研究開発などを行っていた秘密都市で、現在も市境通過時に身分証明書と外国人には内部からの訪問確認書の提示が求められる。ここを訪れるのは今回で3度目だが、プーチン大統領の地元ということもあって大統領の別荘や沿道の廃墟も立て直されて整備が進んでいた。デコボコだった道も補修され経済が立ち直ってきているという印象であった。以前は建物も森も湖もくすんだ暗いイメージであったが、今回はそれぞれに鮮やかな色彩が蘇ってきている印象であった。

#### ■レーザーロケットエンジンのモデル機実証試験

共同研究は国際科学技術センター(ISTC)を通じて日本の文科省の研究支援を得ながら行っているものである。今年3年プロジェクトの最終年度でレーザーロケットエンジンのモデル機実証試験を最終目標としている。これまでに設計されたプロトタイプを図に示す。これはレーザー推進システムの噴射部であり、尖っているのは回転放物面鏡である。この面に入射したレーザー光はそれを取り囲む半円錐内面で反射され後方のノズル内部へ円盤状に集光し、そこに供給されるガスをプラズマ化して推進力を発生する仕組みである。この方法により光学面をプラズマにさらすことなく集光ができる。この設計に沿ったベンチテスト機が製作され実証実験に必要な推進力が得られつ



【図】開発中のレーザー推進エンジンの集光部と噴射ノズル(左図)およびベンチテストモデル(右図)



ある。この結果は設計に用いたコンピューターシミュレーションと比較し、修正を加えた後モデル機の最終設計を行う。実証実験は今年の冬に実験室内でワイヤーガイドされたモデル機を約20m上昇させる計画である。

#### ■仙台市で第2回ビームエネルギー推進国際シンポジウム開催

これらの研究成果が発表される第2回ビームエネルギー推進国際シンポジウム( ISBEP 2 )が10月20日から23日にかけて仙台市で開催される。この会議は日米欧の研究者が中心となってレーザーのみならずマイクロ波やX線など指向性を持たせたパワービームを用いて宇宙から人体内部までさまざまな飛行体を推進させる技術に関するユニークな会議である。またサテライト会議として同24日にはISTCプロジェクトに関するワークショップが航空宇宙技術研究所(10月1日からは宇宙航空技術開発機構)の角田支所において開催される。

関連する情報は<http://nana.ifs.tohoku.ac.jp/isbep2/>、または [uchida@ile.osaka-u.ac.jp](mailto:uchida@ile.osaka-u.ac.jp)にお尋ねください。

### 【新入研究員紹介】

## EUV光源開発の数値シミュレーション

レーザービーム伝送研究チーム 研究員 砂原 淳



新しく研究員に採用されました砂原淳と申します。どうぞよろしくお願ひ致します。研究テーマはExtreme Ultra Violet (EUV)光源開発のための数値シミュレーションです。専門はレーザープラズマの流体およびエネルギー輸送の数値シミュレーションであり、以前は爆縮の流体不安定性と非局所電子熱伝導の研究に従事しておりました。EUV光源用のレーザープラズマは原子過程、輻射輸送、電子熱伝導と流体が密に結合した物理的に面白い系であります。

また、数値計算的にはチャレンジングな分野でもあります。レーザー爆縮プラズマとの共通点も非常に多いため、爆縮計算で培われてきた数値計算手法が活用できればと思いますが、さらなるモデルの構築が必要となるかもしれません。数値シミュレーションコード開発、並びに実験の解析を通じてEUVにおける物理を明らかにし、EUV光源の最適化に貢献したいと思います。EUV研究は世界中でさまざまなグループが今まさに先陣を争っている分野でもあり、時間との勝負であることも認識していますので、今新たに気を引き締めているところです。他の研究員の方々とも協力し、着実に、そして素早く目標に到達できるよう、日々元気にEUV研究を進めていきたいと思ひます。皆様の御指導、御鞭撻を賜りますようよろしくお願ひ致します。