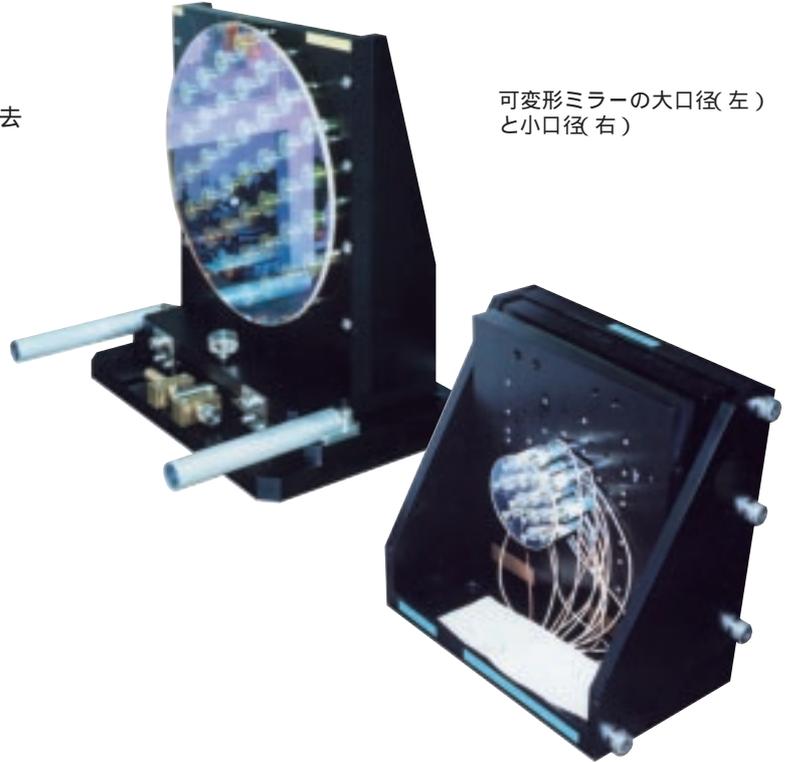


1998, Jun.

No. 123

CONTENTS

- 可変形ミラーによるレーザー光の位相制御
- 広がるレーザーアブレーションの応用・宇宙デブリ除去 High Power Laser Ablation 1998 国際会議の報告
- 『光と蔭』新しい研究のかたち(5)
- 平成9年度研究成果報告会のご案内



可変形ミラーの大口径(左)と小口径(右)

可変形ミラーによる レーザー光の位相制御

レーザービームの不均一性を緩和する手法の開発

大阪大学レーザー核融合研究センターでは、核融合用の大型ガラスレーザーの位相分布を制御して、爆縮用のターゲットを照射する場合の照射均一性を向上するための研究が行われています。核融合用の大型ガラスレーザーでは、使用される光学素子を厳しい仕様で作成したり、システムの構成にも細心の注意を払って設計されるため、多数の構成要素から出来ている装置としては良好な光学特性を持っています。しかし、構成要素の数が通常のレーザー装置や光学系とは比較にならない規模であるため、どうしても出力ビームに収差や強度分布を含んでしまいます。このようなビームでは、ターゲットを照射した場合に照射の不均一性を生じてしまい、ターゲットの爆縮(燃料球の圧縮過程)中に不安定性を生じて圧縮コアの形が崩れ、燃料の温度が上がらない事態を招きます。そこで、このようなレーザービームの不均一性を緩和するための手法が開発されていますが、可変形ミラーはその一環として研究されてきました。

機械式アクチュエーターを特別に設計

センターで開発している可変形ミラーは、使用するレーザー

共同研究員
(大阪大学レーザー核融合研究センター)

實野孝久

装置のビーム径が35cmであるため、直径が40cmという大型になっています。この可変形ミラーでは、薄い一体物のミラーの裏面に大きな応力を発生できるアクチュエーターを取り付け、機械的に力を掛けて任意の表面形状を作り出し、レーザービームの収差や強度分布を補正します。直径が40cmもありますので、必要な応力を小さくするためできるだけ薄い基板を使いたいのですが、表面の研磨が十分に行えるだけの厚みが必要ですので、8mmの厚みの基板を用いました。このため、数波長程度の波面収差を補正するためには、アクチュエーターに必要な最大応力は30重kgにもなり、特別に設計した機械式アクチュエーターを使用しました。このアクチュエーターを順次調整して必要な形にミラーを変形させ、入射してきたレーザー光の波面収差を補正したり、任意の集光分布を作り出したりする実験に使用されました。表紙の写真では誘電体多層膜の反射鏡を通してアクチュエーターが見えています。また、この大型可変形ミラーとは異なり、レーザー装置の小口径の部分に用いる電圧制御式の可変形ミラーも作成し、コンピューターによる自動波

次ページへつづく▶

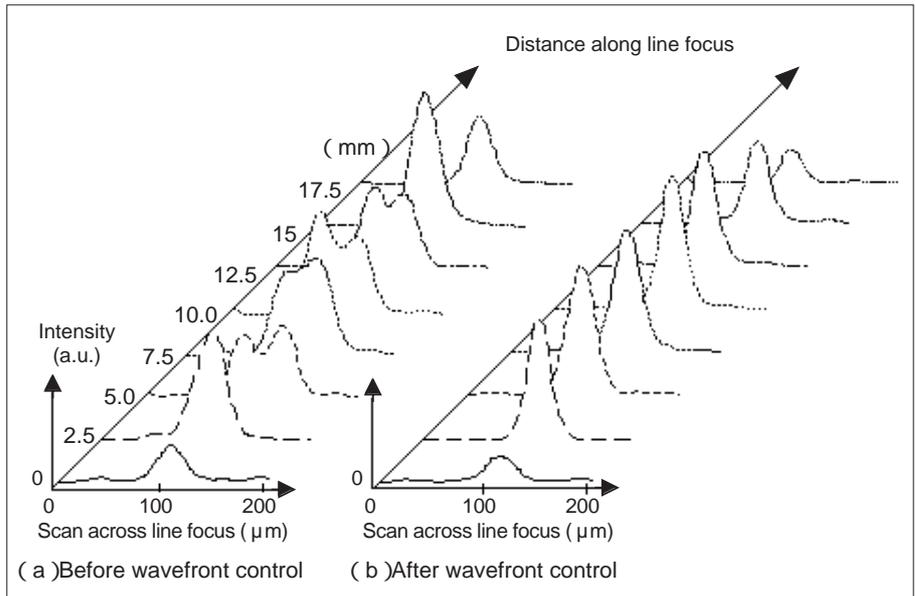


(前ページよりつづく)

面補正を行っています。この装置は、激
光XII号の主増幅器列を作動させた後に発
生する増幅器の発熱による波面収差の補
正を、実時間で補正する実験に使用され
ました。

X線レーザーへの応用において顕著な成果
可変形ミラーを用いた研究で得られた
実験成果の中で、最も顕著な成果がX線
レーザーへの応用です。従来のX線レ
ーザーの実験では、激光XII号の1~2ビ
ームを特殊な円筒状レンズで集光し、長さ
が数cmの線状の集光ビームを作ってAgや
Nd、Geなどの物質の平面ターゲットに照
射し、ライン状のプラズマを生成して波

長数nmから数百nmの波長のX線レーザーを発振させます。こ
の場合、線集光の幅や強度分布にむらがあると、X線レーザー
ビームが曲げられて損失が大きくなり、高い出力が得られな
くなります。実際のX線レーザー励起用の光学系では、加工上の
制約から各種の収差が含まれており、X線レーザーの場合に
は、線集光の幅が両端と中央で異なるようになります。ここ
で、可変形ミラーが威力を発揮することになります。通常の
レーザービームの光路を変更し、集光レンズの横に可変形ミ
ラーを置いてビームを反射し、大型の平面鏡で正規の光路に
ビームを戻すことにより、ビームラインに可変形ミラーが挿入
されます。この可変形ミラーの波面を、線集光用の光学系の収
差を補正するように調整すると、線集光の全長においてシャー



線集光パターンの可変形ミラーによる強度分布の改善例

プで均一な分布が得られます。この様子を上図に示します。こ
のような均一な線集光を用いると、従来の光学系を使用した場
合に比べて、6倍程度のX線レーザーの強度の増加が得られま
した。

核融合実験においても応用の期待

可変形ミラーは、X線レーザーへの応用のみならず、核融合
実験において重要な球ターゲットへの照射時に一様性を改善す
るために、自由なビームパターンを作り出すことができるとい
う大きな長所を活かして、爆縮実験の精度向上に大きく寄与す
るものと期待されます。



広がるレーザーアブレーションの応用・宇宙デブリ除去

High Power Laser Ablation 1998 国際会議の報告

副主任研究員

内田成明

レーザーアブレーション現象の応用技術について討論

アメリカのニューメキシコ州サンタフェで、4月26日から
30日にかけて表記国際会議に出席した。目的は、現在当研究
所で進めている宇宙デブリのレーザーアブレーションによる除
去に関して、欧米の研究動向を調査することであった。

レーザーアブレーションは約 10^8 W/cm^2 以上の強度のレ
ーザー光を固体表面に照射すると、高温・高密度のプラズマが噴
出する現象で、これを利用して推力を得たり、材料の表面の加
工や改質ができる。このレーザーアブレーション現象の応用技

術に関する研究を集め、討論しようというのが当会議の目的で
ある。会議では17カ国から約150編の論文が発表された。会議
の議長は米国Photonics Associates Inc.のC. R. Phippsである。
彼はORION計画というレーザーアブレーションによる宇宙デ
ブリの除去を行う研究プロジェクトを提案しており、今回の会
議でも、欧米から関連の研究発表が多数あったことが特徴で
ある。会議では、フェムト秒レーザーを用いた新しいレーザー加
工技術に関する報告も多数あったが、本報告では各国で行われ
ている宇宙デブリ対策に関する研究の概要を述べる。

宇宙デブリの除去の必要性

宇宙デブリは、人類の長年の宇宙開発活動の間に不要となり宇宙空間に漂っているロケットや人工衛星の破片である。数mmの微小デブリでも高速(7km/s)で飛行しているため、その破壊力は時速数十kmで走行している乗用車の衝突に匹敵する。スペースシャトルの活動など地球の周回軌道での活動が活発になるにつれ、宇宙デブリによると考えられる事故が報告されるようになり、また、国際宇宙ステーション(ISS)の建設や運用にも支障をきたすことが懸念され注目を集めている。当会議でのデブリ除去に関する報告は、宇宙デブリの状況、デブリ除去システムに関する考察、そしてレーザーアブレーションによる推力発生に関するものに分けられる。宇宙デブリの状況では、大きき10cm以上のものについては地上からレーダーなどによる観測が可能で、その軌道もデータベースになっており、あらかじめ回避することができる。一方、宇宙ステーションなどの運用に支障となると予想されるのは10cm以下のものであるが、これらの分布については推測の域を出ておらず、人々の間の危機意識にも大きな幅がある。

レーザーを使った宇宙デブリ除去

レーザーを使ったデブリ除去はアブレーションによってデブリの軌道を変更し、大気圏との摩擦によって自然消滅させる方法がもっとも効果的であると考えられている。これに基づいてシステムについてはレーザーを地上に置く方法と宇宙に打ち上

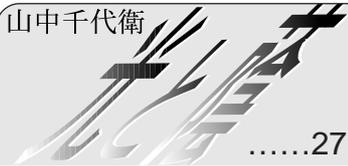
げて用いる二つの方法が検討されている。前者のシステムはORION計画に代表されるような大出力のレーザー装置(パルスエネルギー15kJ/繰り返し周波数2Hz)と大口径(6m)の集光鏡を用いる。このシステムを使うと高度1500km以下のデブリが2年間で全て除去できるという。この地上システムに対する課題としては地上からのデブリの検知と軌道の把握、レーザービームに対する大気擾乱の影響への対策などが挙げられる。一方、軌道上でレーザーを運用する場合には大気擾乱への対策や大きな集光鏡の建設という足かせはなくなり、小型の装置でシステムが構成でき、必要な軌道構造物だけをデブリから守るといったコストパフォーマンスの高い使い方ができるメリットがある。しかしながら、デブリの軌道を十分変更するにはパルスエネルギー1kJが必要とされており、システムの打ち上げや軌道上での電源措置などが必要である。デブリの軌道を変更する推力についてはレーザー核融合の研究で得られた多くの理論的考察や実験データが蓄積されており、それらを元に必要なレーザーの仕様が検討されている。

注目を集めた米国空軍研究所で行われた実験

本会議で注目を集めたのは米国空軍研究所で行われた実験で、繰り返し30Hzのパルス炭酸ガスレーザーで発生させたアブレーションにより50gのアルミカプセルを約30mまで垂直に打ち上げたものである。1kgの質量なら平均出力1MWのレー

次ページへつづく▶

山中千代衛



新しい研究のかたち(5)

研究を人に先駆けて展開し、新しい成果をもたらす原動力は何だろう。自然に対し強い好奇心を持つことも必要だし、一つのテーマを継続して思考し続ける耐久力も大

切である。さらには競争者に打ち勝って、名声をわがものとしたという功名心もあっていい。

これら研究推進の動機はいろいろ挙げられるが、その根源に存在するパワーは、一言で表せばハングリー精神だった。現状に不満を抱いて、その厳しい状況から脱け出し、理想を表現したいという願望こそ、研究のみならず、あらゆる分野で見られた戦う若者の姿であったと思う。

ところが、今やこの気風は全く消滅したと言っても過言ではない。大学の講義室の最前列に陣取って熱心に勉強しているのは、大抵『向学心』に燃えたハングリーな留学生である。教室の後ろの方で私語したり、ぼんやり聴講しているのがわが一般の学生諸君という風景がよく見られる。論より証拠、筆者に身近な阪大電気系の各学科を見ると、首席卒業生に与えられる名誉ある楠本賞は、多分に留学生が獲得している。

わが国の教育は、戦後50年嘗々として世界に例のない無競争、平等、共生を旨とする柔和な若者を育ててきた。経済大国日本特有の風潮として、「頑張るなど格好が悪い」と思い、自分の人生に別に何の目標も持たないリッチな青年が巷に増えている。教育の荒廃は、誠に憂慮すべきものである。文部省、学校、父兄の責任は大きい。

今こそ若者に、人生に対するインセンティブを与えることが第一である。ハングリーよりもっと高次の起動力が求められる。何のために、なぜ、この研究をやるのか。ここ30年、筆者はわが国のエネルギー開発を旗印に、レーザー核融合の研究に有志の青年をスカウトするのに成功してきた。研究の目的、方法、成果でもって若者の『向学心』を燃え立たせ、人生を捧げても悔いないという若い情熱に点火することが大切である。まだまだやり方によっては、わが国も捨てたものではない。若者にミッションを与えよう。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

(前ページよりつづく)

ザーで軌道まで打ち上げることができるという。衛星などを集積化し小型軽量にすれば、レーザーによるこのようなシステムは打ち上げコストを低減する方法として有望であろう。

対等に国際協力できる研究体制が必要

宇宙デブリ除去に関する研究はNASAをはじめ欧米の数多くの機関で研究が開始されているが、今後、国際宇宙ステーションの建設などが始まると問題は現実のものとなってくる可能性が高い。宇宙デブリ対策には莫大な経費が予想されることも相まって、国際協力のもと、問題の解決に取り組みたい様子が

Phippsらの報告からうかがえた。日本でも早急に本格的な研究を立ち上げ、資金の拠出だけを求められるのではなく、対等の立場でこの問題に対して国際協力に参加できるような体制の必要性を感じた。宇宙デブリの除去に関する研究は今後、人類の宇宙活動が本格化するに伴い、人類全体の問題として、その重要度が増し活発になるものと考えられる。西暦2000年に予定された次回Santa Fe High Power Laser Ablation Conferenceでの再会を約束して、会議は幕を閉じた。

最後に、この米国出張の機会を与えていただいた(財)日本宇宙フォーラムに感謝の意を表する。

INFORMATION

(財)レーザー技術総合研究所 平成9年度研究成果報告会のご案内

大阪会場

とき 7月1日(水)10:00~

ところ メルパルクOSAKA 4階 松の間
(大阪市淀川区宮原4-2-1 TEL(06)350-2111)

プログラム

- 10:00~ 財団の研究活動展開について 井澤靖和
- 10:30~ レーザー除染の研究 - 超短パルスレーザーによる除染率の向上 - 今崎一夫
- 11:00~ レーザーによる高輝度X線・線発生法の効率化 藤田雅之
- 11:30~ FELを用いたホウ素の同位体分離 橋田昌樹
- 13:00~ 半導体レーザー励起ジグザグラブレーザー増幅器の開発 山中正宣
- 13:30~ 固体レーザーにおける3次元熱効果解析 古河裕之
- 14:00~ 休憩・ポスター発表
- 15:00~ 生体関連系光分子科学の研究 - 光活性蛋白質PYPの超高速反応 - ハイク・コスロービアン
- 15:30~ レーザー誘雷野外実験の成果と今後の展望 島田義則
- 16:00~ 特別講演「宇宙開発とレーザー技術」
宇宙開発事業団 理事 三浦秀一氏
- 17:00~ 懇親会(2階 桐の間)

東京会場

とき 7月13日(月)10:00~

ところ 虎ノ門パストラル本館8階 しらかばの間
(東京都港区虎ノ門4-1-1 TEL(03)3432-7261)

プログラム

- 10:00~ 財団の研究活動展開について 井澤靖和
- 10:30~ 特別講演「高強度レーザーによる実験室天体物理」
大阪大学レーザー核融合研究センター 教授 高部英明氏
- 11:30~ レーザー誘雷野外実験の成果と今後の展望 内田成明

- 13:00~ レーザー除染の研究 - 超短パルスレーザーによる除染率の向上 - 今崎一夫
- 13:30~ レーザーによる高輝度X線・線発生法の効率化 藤田雅之
- 14:00~ 休憩・ポスター発表
- 15:00~ 半導体レーザー励起ジグザグラブレーザー増幅器の開発 山中正宣
- 15:30~ 固体レーザーにおける3次元熱効果解析 古河裕之
- 16:00~ 高調波変換用非線形結晶の劣化に関する研究 本越伸二
- 16:30~ 生体関連系光分子科学の研究 - ポルフィリン類の光励起ダイナミクスと電子移動 - 柴田 稊
- 17:00~ 懇親会(新館4階 松の間)

ポスター発表

- 1 J レーザー誘雷野外実験の成果と今後の展望
- 2 J 固体レーザーにおける3次元熱効果解析
- 3 J レーザー除染シミュレーション
- 4 J レーザーによる高輝度X線・線発生法の効率化
- 5 J FELに関するシミュレーションコードの開発
- 6 J 生体関連系光分子科学の研究
- 7 J FELを用いたホウ素の同位体分離
- 8 J レーザー超音波探傷法の基礎研究
- 9 J 高平均出力レーザー用波長変換の安定化に関する研究

参加費 報告会：理事、賛助会員会社、官界、学界関係者/無料
一般会社/3,000円(資料代含む)

懇親会：無料

定員 両会場ともに80名

問い合わせ・申し込み先

(財)レーザー技術総合研究所
〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4
TEL(06)443-6311 FAX(06)443-6313
E-mail:ilt@ks.kiis.or.jp

