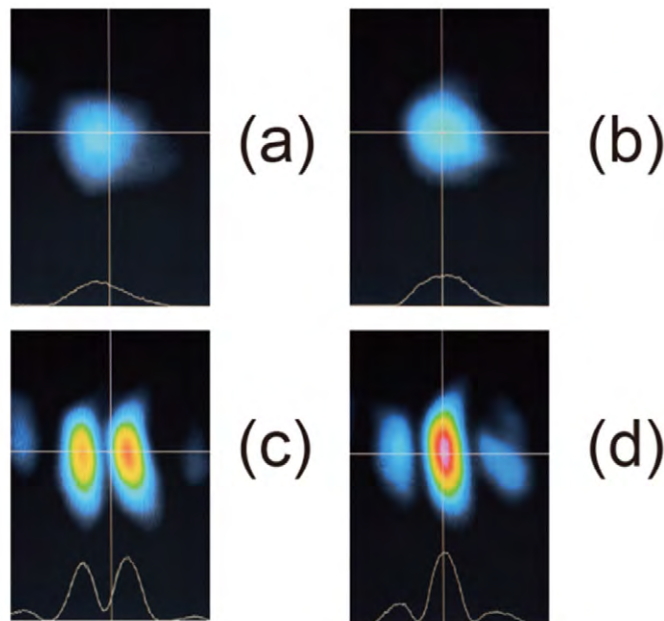


CONTENTS

- 新しいコヒーレントビーム結合技術
- レーザー核融合ロケットの実現に向けて
— 磁気ノズルを用いた推力測定に成功 —
- 【光と蔭】新しい日本とものづくり
- 創立25周年記念事業のご案内
- 「ハイパワーフォトンクス」の将来
- 主な学会等報告予定

【巻頭図】(a, b) 各ビーム単体の遠視野像と、2ビーム結合時((c) 位相差 π 、(d) 位相差 0) の遠視野像



新しいコヒーレントビーム結合技術

レーザープロセス研究チーム ハイク・コスロービアン

■はじめに

高平均出力レーザーは幅広い分野から必要とされている。集光点で高い輝度を得るためには、複数のビームを結合する技術が有効な手段の一つであり、個々のビームの位相を揃えて結合するコヒーレントビーム結合(CBC)や、波長の異なるビームを利用するスペクトル結合(SBC)など多くの研究が行われてきた。高輝度化にはCBCが適しているが、個々のビームの位相を制御して固定する必要がある様々な方式が開発されている。例えば、米国ノースロップグラマン社では、複数ビームをタイル状に配列し、各ビームの位相をヘテロダイン干渉で検出・制御して7ビームのコヒーレント結合によって、出力105 kWを達成している。このような方式では、一般にシステムが複雑となり高価である。レーザー技術総合研究所では、大阪大学レーザーエネルギー学研究センター、三菱重工業株式会社と共同で新しいコヒーレントビーム結合法を考案した。干渉縞を複数の光検出器で検出して各ビームの位相をロック

し、検出器を水平に走査するだけで各ビーム間の位相差を制御する。本方式では、従来のヘテロダイン検出法に必要な周波数変調素子(AOM)や複雑な位相制御アルゴリズムが不要であり、簡易でコンパクトな位相制御法といえる。本稿ではこのCBC技術の原理実証実験結果を報告する。

■原理実証実験

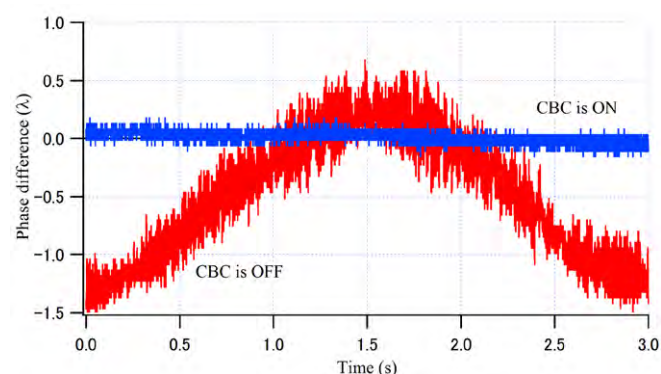
主発振器からのレーザー光を3ビームに分け、1ビームを参照光、2ビームをそれぞれ結合される被増幅光とした。各チャンネルには今後増幅器を導入する予定であるが、熱的、機械的な要因によって位相の時間変化が独立に生じると考えられる。これらの要因の模擬試験として空調の乱れや定盤の揺れを人為的に引き起こし、2ビーム結合状態の動作確認を行った。

各ビームの位相制御を行うために参照光と各被増幅光との干渉縞を光検出器アレイ上に形成した。検出器アレイにおける強度比や水平方向の位置情報を持った電気信号をピエゾ鏡アクチュエータに送り、アクチュ

次ページへつづく▶

エータを制御して各ビームの位相を固定した。加えて光検出器アレイの位置を水平方向に走査することで2ビームの位相差を調整する。結果として2ビームの位相をロックし、かつ一致させることができ、コヒーレント結合が実現する。

図1に2ビーム位相差の時間変化を示す。赤線はCBCシステムを動作させない場合、青線は動作させた場合の結果であり、オンにした場合、2ビームの位相差安定度 $\lambda/25$ (rms値)を得た。今後、技術的な課題を改善することで位相差安定度は $\lambda/100$ まで向上すると見



【図1】2ビーム位相差の時間変化
(赤線)CBC OFF、(青線)CBC ON

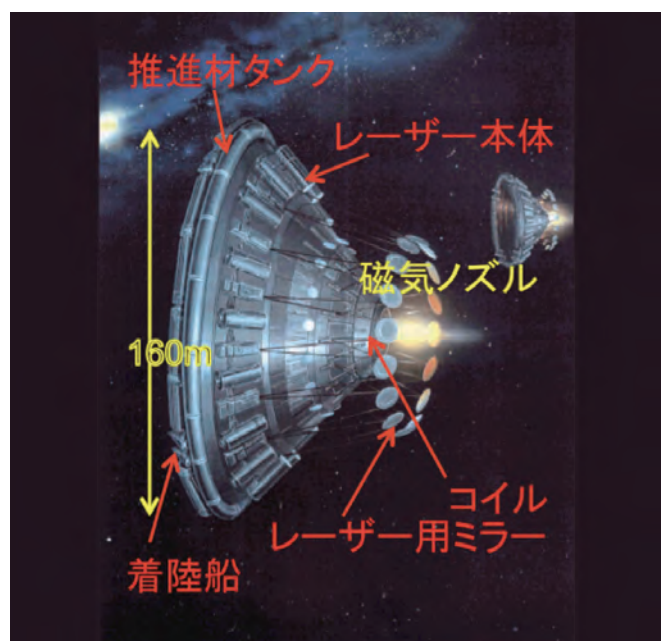
積もっている。

巻頭図にCCDで撮影したCBCの遠視野像を示す。(a)、(b)はそれぞれ各ビーム単体での遠視野像であり、(c)、(d)はそれぞれ各ビームの位相差が π と0の場合の遠視野像である。理想的なコヒーレント結合時のピーク強度は、単ビームのピーク強度の4倍になる。本実験では巻頭図(d)に示すように、結合時に各ビームの3.5倍のピーク強度を得ることができた。各ビームの波面を完全に補償することによって、損失を無くすることができる。

■おわりに

光検出器アレイとピエゾ鏡アクチュエータを用いた新しいコヒーレントビーム結合技術を提案し、原理実証を行った。本技術ではビームの本数に制限はなく、結果として非常に高い結合出力を達成することができるだろう。MOPA構成にとっては非常に適したビーム結合法であり、高速かつ高精度で動作することができる。将来的に、低温冷却Yb:YAGを用いた全反射アクティブミラー増幅器やジグザグアクティブミラー増幅器(Laser Cross No. 254, 266)を導入し、高出力化を図る予定である。

レーザー核融合ロケットの実現に向けて — 磁気ノズルを用いた推力測定に成功 —



【図1】レーザー核融合ロケット¹⁾

九州大学 中島秀紀、山本直嗣
阪大レーザー研 藤岡慎介
広島大学 城崎知至
光産業創成大学院大学 森 芳孝
レーザー総研 砂原 淳

火星にかつて水が存在していたことを示唆する観測データが発表され、火星に対する関心が高まりを見せている。米国航空宇宙局NASAでは2030年代実施を目指して有人火星探査が計画され、高性能ロケットエンジンの開発が進められている。その一つの候補となるのが図1に示すレーザー核融合ロケットである。

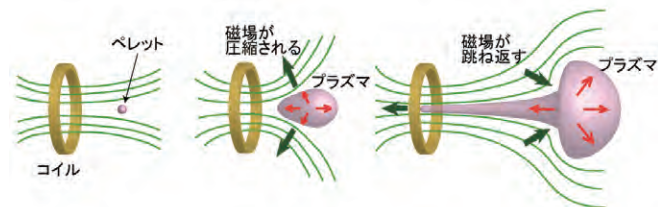
核融合ロケットは、核融合反応で生じた膨大なエネルギーを推進力に変換するロケットであり、従来の化学ロケットを用いて往復500日以上かかる火星への往

復を僅か100日にスピードアップできる^{1, 2)}。レーザー核融合ロケットの推進原理は図2に示すようにレーザー核融合燃焼プラズマのエネルギーを磁気ノズルを用いて推進力へと変換する。

我々は九州大学を中心に、阪大レーザー研、レーザー総研等の共同研究として阪大レーザー研のデータベースレーザー及び激光XII号レーザーを用いて実験を行い、世界に先駆けて磁気ノズルを用いた推力の直接計測を行い、磁気ノズルによる推進力への変換を実証した(図3)。1 kJのレーザー照射により、10mNsの力積が得られているが、今後、実験体系の最適化により、

効率の更なる向上が可能である。

現在は、レーザーアブレーションプラズマを用いた実験であるが、米国国立点火施設(NIF)において実証間近である核燃焼プラズマを用いた、より実機に近い推



【図2】磁気ノズルの原理

山中千代衛



新しい日本とものづくり

東日本大震災から1年、タイの洪水がそれに追い打ちをかけ、円高の環境下、わが国のものづくり産業は不況にあえいでいる。

如何にすればこの状態から再浮上できるのだろうか。目下のデフレ脱出が何よりも至上命令である。最近になって日銀の対応もようやく効果があらわれ、円高が一休みの状況になり、自動車産業には光がさしてきている。一方電器産業は韓国の追い上げがきびしく、まことに前途が見えない今日である。

このような不景気に会ったものづくりはもう限界だ。これからはサービス産業に移行しなければならないという諸説が流される。しかし貿易立国日本のものづくりはやめられない。人口1億3000万人の日本国民がサービス産業だけで生き延びることなど到底不可能である。

この1月、米国のバラク・オバマ大統領も一般教書演説で製造業の復活によって経済成長と雇用創生を目指す旨を強調している。ものづくりのためには研究開発から、原材料の入手、生産、市場開拓、販売、アフターケアという一連のプロセスが不可欠となる。

単なるものづくりに特化しては世界の進運に乗ることが出来ない。今日ではものづくりとそのサービスを一体化して初めて活路が開ける。しかもそのものづくりの方向は在来の経験にしばられた旧路線ではだめなのだ。

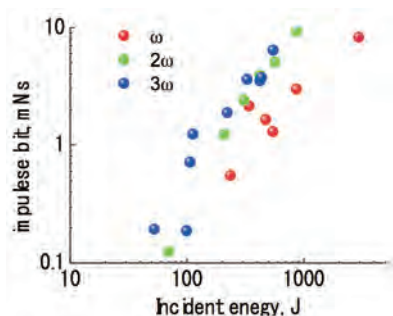
早い話、アップル社はまさにユーザーの新しい志向を先取りして新しい製品を生み出した。デジタル携帯音楽プレーヤー「iPod」はソニーのwalkmanを超えるものだし、スマートフォン「iPhone」、タブレット「iPad」と次々に革新的製品を生み出し、一躍世界第一級の会社に成長した。まさにものづくりの新幹線路線を突っ走っているのだ。

わが国も1970年代は新興国として敗戦の桎梏を脱して、欧米の思考の外にある新幹線を展開したが、その成功体験の下で20年を無駄に過ごしたとも言えるのである。今や中国やインドその他の新興国が新しいビジネスモデルを作り出そうとしている。

日本は自らもつ職人的才能の上に今こそ新しいイノベーションを起こさなければならない。「ものづくり」と「サービス」を一体化したニューモデルで、日本のきめの細かい配慮を活かし、再び新路線を開拓するためイマジネーションを発揮することが不可欠である。かつてのJapan as No.1の古い体験から一刻も早く脱却して新しい視点で未来を展望しなければならないのである。世界に打って出よう。

3・11の復興特需をテコにしてわが国の再生と復活を計りたいものだ。これこそ「禍を転じて福となす」の道である。

【名誉所長】



【図3】推進力測定結果³⁾

進実験に向けた準備もスタートしている。また、九州大学では燃焼効率のさらに高い高速点火方式を用いたレーザー核融合ロケットの高効率・小型化の研究も進めている。

我々は核融合工学と宇宙推進工学を結びつけた核融合宇宙工学という学際的学問分野の開拓も視野に入れながら磁気ノズルのモデリングと最適化を精力的に進めている。レーザー総研として、引き続きレーザープラズマシミュレーションを中心として本共同研究を精力的に推進していく。

参考文献

- 1) C. D. Orth, VISTA-A Vehicle for Interplanetary Space Transport Applications Powered by Inertial Confinement Fusion, UCRL-TR-110500, 2003
- 2) 中島秀紀他、レーザー核融合ロケットの設計、核融合研究, 66, 291 (1991)
- 3) A. Maeno et al., to be submitted.

INFORMATION

創立25周年記念事業のご案内 「ハイパワーフォトニクスの将来」

◆平成23年度研究成果報告会(ILT2012)

東京会場

日時／平成24年7月5日(木) 13:00～17:00
場所／KKRホテル東京 10階 平安の間
東京都千代田区大手町1-4-1
TEL 03-3287-2921

大阪会場

日時／平成24年7月18日(水) 9:30～13:15
場所／千里ライフサイエンスセンター5階 サイエンスホール
大阪府豊中市新千里東町1-4-2
TEL 06-6873-2010

◆記念講演会

日時／平成24年7月18日(水) 15:00～17:00
場所／千里ライフサイエンスセンター 5階 サイエンスホール

・泰山賞贈呈式

◇レーザー功績賞

レーザーマイクロプロセスの研究とレーザー科学技術の発展に対する貢献 豊田 浩一 氏

◇レーザー進歩賞

超短パルス高強度レーザーとコヒーレント短波長光発生に関する先駆的研究 渡部俊太郎 氏

・記念講演

◇「レーザー総研25年とレーザー産業」

レーザー技術総合研究所 所長 井澤 靖和

◇「レーザー科学研究の将来」

光産業創成大学院大学 学長 加藤 義章 氏

■問い合わせ

公益財団法人レーザー技術総合研究所 総務部
TEL 06-6443-6311 FAX 06-6443-6313 E-mail kinen@ilt.or.jp

主な学会等報告予定

6月25日(月)～29日(金) 26th International Laser Radar Conference (Porto Heli, Greece)
染川 智弘「Development of Raman lidar for water dissolved CO₂ detection」

Laser Cross No.290 2012, May.

<http://www.ilt.or.jp>

発行／公益財団法人レーザー技術総合研究所 編集者代表／谷口誠治 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表・谷口誠治までお願いいたします。
(TEL:06-6879-8761, FAX:06-6877-0900, E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)