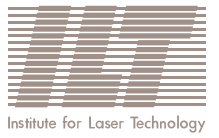


# LASER

ISSN 0914-9805



Institute for Laser Technology

レーザー・クロス

# CROSS

2005, Jan.

No. 202

## CONTENTS

- レーザー技術総合研究所職員一同
- 【謹賀新年】年頭所感「叩け さらば開かれん」
- レーザーで描く2005年初夢
- レーザーを核とした高品質エネルギー利用社会の構築



【写真】レーザー技術総合研究所職員一同

# 謹賀新年

## 年頭所感 「叩け さらば開かれん」

(財)レーザー技術総合研究所 所長 山中千代衛

2005年平成17年乙酉(きのととり)の新年を迎え、改めて、ひるまず、倦むことなく科学技術と産業に寄与できる年初の計を立て、新しい世紀に向け所員一同智慧を絞りたいものである。

戦後60年、わが国も還暦を迎え、新しい時代に突入した。かつての日本伝来の面影を伝える儒教的素養を持つ人々は次第に責任体制から退き、いわゆる新制教育の洗礼を受けた人達が、上から下まで国の舵取りを行う時代になってきた。

黒船来訪の節、明治の人々は西欧の文物を導入し、国を興すのにいみじくも「和魂洋才」を唱え、わが国の歴史と伝統に基づく醇風を保有しようと試みたが、平成の人材は心身ともに米国流の民主主義を体現するよう教育され育ってきた。

本来の「アメリカンスピリッツ」は自由・進取の気性に富み、冒険を恐れず、勤勉・平等を旨とし、宗教的にはプロテスタンティズムに裏打ちされた立派な気質であるが、わが国に移植されたアメリカ風は本物とは似て非なるもので、個人主義は自己中心に置き換わり、自由主義はアナーキーに走るといふ混乱が生じている。宗教がなおざりになった時代の影響で人々はよって立つフィロソフィーに欠け、人生の意義が不明化し無気力と混迷に向かうかに見える。

それでもわが国がなお世界の経済大国の地位を保っているのは、伝統的な大和民族のディシプリンが残存しているからに他ならない。新しい日本の将来は新日本人の叡智に懸かっている。

わがレーザー技術総合研究所でも所員の気力と努力と智慧がその将来を決定することは言うまでもない。各人の研究領域の確立、学会報告、研究論文、特許による研究業績の積み上げ、さらには適切な研究テーマの選定とそれを通じての研究推進が強く望まれる。年間のロードマップはもとより5年間の展望を持つことを全員に求めたい。

これらの努力により国の繁栄に役立つ寄与が産み出されることを心より祈念する次第である。  
「求めよ さらば与えられん」

# レーザーで描く2005年初夢

## —レーザーを核とした高品質エネルギー利用社会の構築—

レーザービーム伝送研究チーム 内田成明

### ■2004年はSPS04とISBEP3

昨年はレーザービーム伝送応用研究に関して重要な出来事(国際会議)がいくつかあった。6月にスペイン・グラナダで開催されたSPS04(Solar Power from Space '04)と、11月に米国トロイで開催されたISBEP3(3rd International Symposium on Beamed Energy Propulsion)である。これら二つの会議は2月にブッシュ大統領が発表した米国の有人火星探査計画をその背景として開催された。これらの出来事をもとに2005年の初夢を描いてみたい。

### ■マイクロ波に加えてレーザーをパワー媒体としたシステム

まず、二つの会議のハイライトトピックスから紹介する。SPS04は今回ESA(European Space Agency)が主催した。この会議は今回で4回目となったが、前回は1997年、カナダ・モントリオールで開催された。会議の主題は宇宙空間で得られる太陽エネルギーの利用価値を検証し、必要ならば経済的、技術的実現可能性を評価することである。SPS研究のモチベーションはその時々の世界のエネルギー情勢、各国政府の政策や経済状況などに大きく影響を受けながら長い時間的スパンで状況が変化するので、会議の開催も不定期であった。今回はESAが進めている太陽エネルギー利用計画のレビューも兼ねて行われた。主な参加国は日本、米国、EUである。

日本ではJAXAが行っているレーザーによる宇宙太陽光利用システム(SSPS=Space Solar Power System)の検討が始まり(「レーザークロス」194号参照)、これまでのマイクロ波を利用した方式に加えてレーザーをパワー媒体としたシステムの検討状況が報告されたことが従来の会議と大きく異なる。同様の文脈で米国からも太陽光励起レーザーの概念が報告されたが、こちらは太陽光のスペクトルに適合した励起特性を持つチタンサファイアをレーザー媒質として採用している。太陽励起レーザーの原理実証研究はこれまでも行われてきたが、パワーを供給する高効率システムとしての研究は始まったばかりである。EUでは地中海沿岸のふんだんな地上太陽光を利用して電力を発生し利用する構想が検討中である(写真1)。地上太陽エネルギーの利用はSPSとは手法を異にするが、ESAにおいて検討が進められている軌道上で集めた太陽光を地上で利用するプロジェクトも含まれている。筆者の見るところ、太陽励起レーザーシステムの研究が進み出した日本と米国の状況をうかがっている模様である。

### ■レーザーを利用した推進システムの可能性

ISBEP3はレーザーなどビーム状パワー(レーザー、マイクロ

波、X線など)を利用して従来の技術では実現できない推進システムの可能性を追究する会議である。現在はレーザーを用いる研究が大部分を占めている。この会議は2002年に第一回が米国アラバマ大学ハンツビル校で開催された後、続いて第二回が2003年に仙台で開催されるなど、近年のレーザー推進研究の活況を示す会議である。レーザー推進の研究は1970年代に地上打ち上げシステムへの適用が提案されて以来さまざまな研究が行われてきたが、米国のSDI研究(いわゆるスターウォーズ構想)が終了した後、MyraboなどのLight Craftに触発された研究が日本で活発化している。レーザー技術は近年その高出力化が進み、kW級の装置が産業分野でも実用化されつつあるが、まだまだシャトルのような大きなものを打ち上げるには力不足である。例えばレーザーアブレーションを用いると、1kgの荷物を軌道まで持ち上げるために1MWの平均パワーが必要とされている。従って、従来はレーザー推進の最初の実用技術として低推力で実現可能な軌道上の姿勢制御や軌道修正などの応用技術が有望であった。それに対してレーザーを熱源とする推進方式が新たに提案されている。これはレーザーを熱に変換して水素などの推進剤を加熱し推力を得るものである。これは熱交換や熱から運動エネルギーへの変換など既存技術を応用できるので実現化に近い技術と言える。この方式はレーザープラズマを生成する必要がないため高強度集光のためのレーザーのパルス化や高品質ビーム伝送技術が不要となるのでレーザー技術への課題が大幅に軽減される。推進器技術から見るとこれは太陽熱推進システムの光源をレーザーに置き換えたものであるが、レーザーのビーム状パワーを利用できるので大きな集光器を搭載する必要がなく大気が存在する地上打ち上げ技術にも適用可能となる。連続発振レーザーが利用可能となるので現存するkWレベルの装置で数kgの地上打ち上げの可能性が出てくる。液体水素はクライオ技術など取り扱いが困難であるが、推進剤効率をある程度犠牲にすることを設計に考慮すれば液体窒素など取り扱いの容易な推進剤も視野に入ってくる。

### ■地球から月面基地へ、レーザービームでパワー伝送

ISBEP3でもう一つ、目を引いた発表は米国の有人火星探査計画に直接関連したものである。この計画はいくつかのマイルストーンを設定しているが、その一つに2010年から2015年の間に恒久的な月面基地を建設するというものがある。これは火星有人探査に必要な長期間の宇宙活動に必要な技術を月面で実証するなどの基盤としての位置付けである。このような恒常的



【写真1】EUでの地上太陽光を利用した電力開発構想

このレーザーは高い量子効率と半導体受光素子との高い波長結合効率期待される。2 MW地上レーザーを想定し、複数のリレー衛星を介して月面へパワーを送る。レーザーは地上基地を使う着実な構想であるが、大気中伝送やリレー衛星など大きな技術課題も含まれている。ただし要素技術開発は開始されており、直径5 mの高効率フレネル回折レンズなどの開発が進んでいる模様である(写真2)。

■ローバーを用いた活動にはパワー供給技術の確立が不可欠

月面へのパワー伝送技術は月極域に存在すると言われる水資源の開発に必要なパワーの供給にも利用可能である。極域には1年中太陽光線の届かない極寒のクレーター底部が存在し、これがすなわち水(氷)の存在する理由であるが、ローバーなどを用いた活動にはパワー供給技術の確立が不可欠である。これに関してもクレーター縁部または月周回軌道上で運用する太陽励起レーザーシステムからのパワー供給などが提案されている。こちらの方は想定されるレーザー出力が数十kWであるのでレーザーシステム衛星の規模もHIIロケット1回で打ち上げ可能となる。

■月面パワービーミング技術を利用して必要な技術開発を行う

月面へのパワービーミング技術の開発には以下に述べる第二の意義もある。宇宙空間でのレーザーパワービーミング技術実現のためには太陽励起レーザーの発振技術はもとより、伝送性能の高い大出力レーザー光を発生するための光品質制御技術や受電地への正確なビーム制御技術をはじめ数多くの技術開発課題を解決しなければならない。これらの課題を宇宙空間で解決するためには多くの開発段階を踏んで技術を積み上げていく必要がある。一方、SSPS技術開発が目指している地上への電力供給は商用技術であり、他のエネルギー供給源とのコスト競争を勝ち抜くために集めた太陽パワーから地上で利用可能なパワーへのシステム総合効率に厳しい条件が課される。SSPSの開発は数多くの技術課題の解決と厳しい低コスト条件のクリアをバランスさせながら進めていかなければならない非常に

で大規模な月面基地の構築には2週間続く夜間のエネルギーを確保しなければならない。このエネルギーを貯蔵した燃料により賄うのは困難で、太陽光を起源としたパワービーミングの技術が必要となる。米国の計画は地球からレーザービームでパワー伝送し、月面基地に供給するという構想である。光源は半導体レーザー励起を想定したアルカリレーザーである。この

挑戦的なものとなる。一方、月面ローバーへの電力供給では競争技術が存在しないため、低コスト性能への要求は幾分緩和される。すなわち月面へのパワービーミング技術の開発を利用して地上向けSSPSに必要な技術開発が行えるわけである。もちろん、将来の低コストシステム実現と整合する技術開発を行うことは当然である。

■輸送システムの低コスト化がSSPS実現のカギ

SSPSの建設コストの大部分は静止軌道への輸送費が占めており、輸送システムの低コスト化がSSPS実現の成否のカギを握っている。輸送コストの低減はシステムの信頼性の向上、輸送効率の向上などが中心課題である。前者は輸送機の再使用性を担保するとともに全輸送フリート(機数)の総量をコンパクトにすることなどに貢献する。後者は輸送機一機で運搬可能なペイロードの向上や輸送速度の増強などである。レーザー推進の地上打ち上げ技術については熱推進で述べたが、軌道上(周回軌道から静止軌道へ)の運搬(軌道遷移機)についてもレーザー推進技術は大きな貢献を成し得る。その根源はレーザー推進技術がレーザープラズマの高エネルギー密度を利用して成し得る高い推進剤の利用効率である。軌道遷移機の効率化は地上打ち上げシステムの効率にも波及し、ひいてはSSPS全体の実現可能性を大きく開くものと考えられる。

■与えられたエネルギーから取り出せる“仕事”の効率が高い

レーザー光は高品質のエネルギー(低エントロピー)であり、与えられたエネルギーから取り出せる“仕事”の効率が高いことを示す。これはSSPS構築の意義の一つである。すなわち、究極の再生可能エネルギーである太陽光を宇宙空間でレーザーに変換し地上へ送ることにより、低エントロピー化に付随する廃熱を地上に残さず地球環境へのインパクトの少ないエネルギー源を人類が手に入れることになる。レーザー技術はエントロピー変換装置として高品質エネルギー供給手段を手に入れる中心的役割を果たす。宇宙太陽光を利用したレーザーを核とした宇宙エネルギーネットワークと輸送システムおよび地上での高品質エネルギーの利用社会の構築、が2005年の初夢である。



【写真2】米国で開発が進む高効率フレネル回折レンズ